Journal of Agricultural Economics Research

Spring 2023. Vol 15. Issue 1

ISSN (Print): 2008-6407 - ISSN (Online): 2423-7248

Research Paper

Water Poverty Index and Its Influential Factors in Iran

Reza Ranjpour[1] *, Seyad Kamal Sadeghi[2], Mohammad Ali Motafakkr Azad[3], Davod Behboodi[4] and Amin Taslimi[5]

1-Associate Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz.
2- Associate Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz.
3- Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz.
4- Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz.
5- Ph.D. candidate in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz.

Received:2018/9/27
Accepted:2019/2/16
PP:1-25

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/JAE.2023.19222.1920

Keywords:
Water poverty, Gross Domestic Production, Value added of agriculture sector, population, and human development index

Abstract

Introduction: Population growth, followed by rising water and food consumption, as well as disruptions such as the disparity of population distribution patterns with the distribution of time and place of water, have caused water-security access to Iran in crisis.

Materials and Methods: This paper is the first to accurately calculate the Poverty Index for Iran over the period from 1989 to 2015. In this paper, a new model called the Water Multiplier Evaluation System with the Disaster Theory approach is used to calculate the water poverty index. For the first time using the censored regression econometric model, the effect of economic factors affecting the water poverty index during the period of 1989-2015 has been evaluated.

Findings: The results of calculating the water poverty index indicate the upward trend of this indicator and its components. The results of estimating the coefficients of the sensed regression model indicate that population growth, GDP, human development index and added value of the agricultural sector have worsened the water poverty index in Iran

Conclusion: In other words, the current and past trends of the human development index, GDP growth, population growth, increased agricultural production, insecurity and rising water poverty in Iran are inevitable.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Citation: Ranjpour R, Sadegh S K, Motafakker Azad M A, Behboodi D, Taslimi A. .(2023)Indicator and Measurement of Water Poverty Index and the Impact of Economic Factors on it in Iran Using Censored Regression Models.Journal of Agricultural Economics Research.15(1):1-25

***Corresponding author:** Reza Ranjpour
Address: Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Iran
Tell: 00989141300145
Email: r.ranjpour@tabrizu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

During the last century, the use of natural resources has increased sharply due to population growth and the need for economic growth of societies. Among these sources are water sources. Indiscriminate use of available resources depending on the situation of the countries can cause some of them to face serious problems. In many countries demand for water to supporting the population needs has increased considerably. But, due to lack of water resources and water crisis in world, the concept of water security and water poverty entered into the economic literature of countries which facing water crisis. Iran is among the countries that have moderate levels of water scarcity. This issue shows the existence of water poverty in Iran in recent years, and the worsening of the water poverty situation in coming years. Water poverty is one of the greatest challenges of this century and the multidimensional crisis of the next incoming decades in the world, especially in countries with low level of water resources. This crisis can lead to many changes in the world. This paper tries to calculate water poverty index on the base of "*Catastrophe theory multi-criteria evaluation system*" and "*fuzzy logic method*". The sub-indices which used to calculate the water poverty are including: access to water (per capita water resources, price elasticity of water demand, Gini coefficient for domestic use), water resources (water deficit ratio, surface water supply ratio, the proportion of other factors in water supply), capacity of Underground aquifers (groundwater utilization rates, surface water utilization rates, dilution rates), environmental integrity (surface water drying, desertification rate, create desert rate) and using of water resources (per capita consumption of water for irrigation in the agricultural sector, per capita consumption of drinking water, per capita consumption of water in Industrial sector). The results of calculating the water poverty index during the period from 1989 to 2015 indicate the upward trend of this indicator and its subset components, which indicates the worsening of the state of water security in Iran in recent years and possibly the deterioration and continuation of this complicated situation for next decades. In other words, if the current consumption and management process continues, Iran will gradually become poor in terms of water resources. In addition and for the first time, using the censored regression econometric model, the effect of economic factors on the water poverty index during the period of 1989 to 2015 has been evaluated.

Materials and methods

The water poverty index is an aggregated index for water management that tries to present a comprehensive picture of the water management challenge. The water poverty index is a weighted average of five variables: water resources, access to water, capacity of underground aquifers, use of water resources and environmental integrity. In general, the purpose of calculating the water poverty index is to use a method to measure the well-being of households in relation to access to water, which provides degrees for the effects of water scarcity on the human population in Iran and in the world. Water poverty index seeks to measure access to water in the region and to measure the capacity of people to access it. It is possible that people have to walk a long distance to reach water, or it is possible that water is near them but its use is limited for various reasons. The existing facts regarding the state of Iran's water resources and uses indicate the necessity of compiling and calculating more comprehensive criteria than the usual indicators.

In this study, unlike the method of the previous studies mentioned in paper, a weighted average is not used to calculate the water poverty index. Rather, in this study, the Disaster System Theory based on the indicators and sub-indices of the main variable of water poverty will be used to calculate the final Scalogram of water poverty. In this method, the common Fuzzy Logic in mathematical sciences is used to make a Scalogram for water poverty, which will eventually include a value between zero and one. The sub-indices which used to calculate the water poverty are including: access to water (per capita water resources, price elasticity of water demand, Gini coefficient for domestic use), water resources (water deficit ratio, surface water supply ratio, the proportion of other factors in water supply), capacity of Underground aquifers (groundwater utilization rates, surface water utilization rates, dilution rates), environmental integrity (surface water

drying, desertification rate, create desert rate) and using of water resources (per capita consumption of water for irrigation in the agricultural sector, per capita consumption of drinking water, per capita consumption of water in Industrial sector). After calculating the water poverty index in Iran, the course of changes in water poverty in Iran is analyzed. And finally using the censored regression econometric model, the effect of economic factors on the water poverty index during the period of 1989 to 2015 has been evaluated.

Findings and Discussion

Table (5) and (6) shows the results of water poverty index calculation and the results of estimation. The findings shows that the growth of the country's population in the past decades, along with the improvement of the country's economic and welfare indicators, has caused an increase in water consumption in various sectors, including agriculture, drinking and industry. Due to the continued increase in population in the coming years, the growth of water consumption will be inevitable. Under the influence of the structural problems prevailing in the agricultural sector (small ownership system, low literacy level of farmers, non-formation of sufficient and productive gross fixed capital and the continuation of drought conditions in recent years), the of the country's population growth and the increase in food consumption lead to pressure on resources. It is natural, especially the underground water resources of the country. The increase in population, the increase in urbanization and the growth of water demand aggravate the water crisis. Urbanization threatens water and food security. As shown in Table 5, the water poverty index has increased from 0.5 in 1989 to 0.7 in 2015, which is a proof of the deterioration of the water resources situation in Iran. All sub-indices of water poverty show a worse situation at the end of the period compared to the beginning of the period under review. The situation below the indicators of water poverty alone has shown alarming statistics about the state of water resources and environmental degradation. According the estimation, the value added of the agricultural sector to the GDP, human development index, and the logarithm of the GDP and the population logarithm have a statistically significant effect on water poverty at the significant level of 99%. In terms of the direction of influence, based on the results of the estimation model, population index, human development index, GDP, the value added of the agricultural sector have positive effect on the water poverty index.

Conclusion

In this article, after a comprehensive review of previous empirical studies in the field of water security and water poverty, and stating the precise definitions of the category of water poverty as an indicator of water security, which was carried out by relevant international organizations and expert researchers in this field, The importance of the issue of water poverty and the current water crisis facing our country was discussed.

Then, using the multi-index disaster system theory and using the fuzzy membership function, the water poverty index for Iran was calculated and compared due to the unavailability of necessary data and information for some years during the period from 1989 to 2015. According of the estimation results, the effect of population, GDP, human development index and the value added of the agricultural sector on the water poverty index in Iran is positive. From this point of view, the findings of this study are consistent with the findings of the studies of Chau et al. (22), Asiaei Heer et al. (13), Xiao Jun et al (9).

As it is clear from the results, the situation of water poverty and the sub-set of indicators of the water security system has been fluctuating and in most cases declining and unfortunately it has worsened. The growing trend of using water resources during the period under review due to population growth, economic growth, as well as construction policies after the war, as well as environmental factors and climate changes have led to an increase in water poverty in Iran. The absence or weakness of proper management of water resources is not limited to the cases mentioned above and it should be added to the long list of structural management like as: limited investment and its unfair distribution in the agricultural sector, lack of monitoring of water withdrawal from sources, lack of development model. Based on the findings of the regression model of the research, it was concluded that economic growth along with economic development that brings industrialization and expansion of urbanization and causes water insecurity and the spread of water poverty. If the situation

continues in the same way and the management of water resources continues in the same way, it will reduce water security and worsen water poverty. Based on this, it is suggested that instead of having high economic growth as a goal or achieving economic development in any way, more attention should be paid to the category of sustainable economic development and green economic growth.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

In this study, the ethical principles of research have been respected.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Reza Ranj pour, Habib Aghajani, Akbar Salmani; Methodology and data analysis: Reza Ranj pour, Akbar Salmani; Supervision and final writing: Reza Ranj pour, Akbar Salmani.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی

بهار۱۴۰۲.دوره ۱۵. شماره ۱

شاپا چاپی: ۶۴۰۷ -۲۰۰۸ – شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۲۴۸

مقاله پژوهشی

شاخص فقر آب و عوامل اقتصادی موثر بر آن در ایران

رضا رنج پور[1*]، سید کمال صادقی[2] ، محمد علی متفکر آزاد[3]، داود بهبودی[4]، امین تسلیمی[5]

۱. دانشیار علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز.

۲. دانشیار علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز.

۳. استاد علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز.

۴. استاد علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز.

۵. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۵

تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۱۱/۲۸

شماره صفحات:۲۵-۱

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

DOI: 10.30495/JAE.2023.19222.1920

واژه‌های کلیدی:

فقر آب، تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش کشارزی، جمعیت، شاخص توسعه انسانی

چکیده

مقدمه و هدف: رشـد جمعیت و به دنبال آن افزایش مصـرف آب و غذا و نیز معضـلاتی نظیر عدم تطابق الگوی توزیع جمعیت با توزیع زمانی و مکانی آب سبب شده‌اند که د ستر سی ایمن به آب در ایران دچار بحران شود. این مقاله برای اولین بار به محاسبه دقیق شاخص فقر آب برای ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۴ می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: در این مقاله از یک مدل جدید به نام سیسـتم ارزیابی چندشـاخصـه آب با رویکرد نظریه فاجعه برای محاسبه شاخص فقر آب کمک گرفته اشده ست. برای نخستین بار با استفاده از مدل اقتصاد سنجی رگرسیون سانسور شده تأثیر عوامل اقتصادی مؤثر بر شاخص فقر آب طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۸ ارزیابی شده است.

یافته‌ها: نتایج حا صل از محا سبه شاخص فقر آب ن شان‌دهنده سیر صعودی روند این شاخص و مؤلفه‌های آن ا ست. نتایج حا صل از تخمین ضرایب مدل رگر سیونی سن سور شده حاکی از آن ا ست که افزایش جمعیت، تولید ناخالص داخلی، شاخص توسعه مورد استفاده و سهم ارزش‌افزوده بخش کشاورزی سبب بدتر شدن شاخص فقر آب در ایران شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های حاصل از محاسبه شاخصهای مربوط به فقر آب و نیز تخمین تابع تصـریح شـده در این زمینه، ادامه روند گذشـته و کنونی مصـرف و مدیریت منابع آبی کشـور در بخ شهای مختلف اعم از ک شاورزی، صنعت و خانوار و غیره، ت شدید نا امنی و افزایش فقر آب در ایران اجتناب ناپذیر ا ست. لذا لازم ا ست م سئولان امر با ا ستفاده از سیا ستهای قیمتی و غیر قیمتی این خطر بسیار مهم را مدیریت و کنترل کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* **نویسنده مسوول:** رضا رنج پور

نشانی: گروه علوم اقصادی، دانشکده اقتصادو مدیریت، دانشگاه تبریز ، تبریز، ایران

تلفن: ۰۹۱۴۱۳۰۰۱۴۵

پست الکترونیکی: r.ranjpour@tabrizu.ac.ir

مقدمه

در طی یک قرن گذشته استفاده از منابع طبیعی به علت افزایش جمعیت و نیاز به رشد اقتصادی جوامع، افزایش شدیدی یافته است. از جمله این منابع، منابع آب هستند. استفاده بی رویه و خارج از توان منابع قابل دسترس بسته به وضعیت کشورها می-تواند برخی از آن‌ها را با مشکلات جدی مواجه کند. در بسیاری از کشورها تقاضا برای آب به منظور تأمین نیازهای جمعیتی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است (۱). از طرفی کمیابی آب و بحران آبی که امروزه جهان با آن مواجه است، موجب پیدایش مفهوم امنیت آب و فقر آب در ادبیات اقتصادی کشورهائی شده است که با بحران آب مواجه هستند. در صورت تداوم روند فعلی سهم جمعیت مواجه با تنش آبی شدید از کل جمعیت جهان از ۲۶/۲ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۴۲/۴ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت و تعداد افرادی که در سال ۲۰۵۰ شرایط "تنش آبی شدید" را تجربه خواهند کرد، به حدود ۳/۹ میلیارد نفر خواهد رسید. بر اساس گزارش سازمان توسعه و همکاری اقتصادی هر چند انتظار می رود میزان دسترسی به آب آشامیدنی بهداشتی در جهان در دهه‌های آینده افزایش پیدا کند، اما در افق سال ۲۰۵۰ همچنان نزدیک به ۳۰۰ میلیون نفر از دسترسی به آب آشامیدنی و بهداشتی در جهان محروم خواهند بود. همچنین تحت تأثیر افزایش جمعیت، رشد مصرف سرانه و ثابت بودن منابع آب تجدیدپذیر، روند میزان برداشت سرانه منابع آب شیرین (سطحی و زیرزمینی) تا افق سال ۲۰۵۰ روند صعودی خواهد داشت و انتظار بر این است که در افق سال ۲۰۵۰ منطقه خاورمیانه و بخش‌هایی از قاره آفریقا، آمریکا و جنوب شرقی آسیا در وضعیت تنش آبی قرار گیرند (۱).

بر مبنای طبقه‌بندی مرکز اکولوژیکی و هیدرولوژیکی والینگفورد[1] ایران جزو کشورهائی قرار دارد که از لحاظ فقر آب در حد متوسط است. این مسئله نشان دهنده وجود فقر آب در سال‌های گذشته و بدتر شدن آن طی سال‌های اخیر و وخیم تر شدن وضعیت فقر آب ایران طی سال‌های آینده است. سازمان مشارکت جهانی برای آب ۲اقدام به پیش‌بینی وضعیت آب در ۱۶۷ کشور جهان در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ کرده است. بر اساس این پیش‌بینی، افزایش جمعیت، افزایش مصرف و گسترش شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای آب در سراسر جهان خواهد شد. گزارش مذکور بسیار نگران‌کننده است و چشم‌اندازِ خطرناکی را از آینده جهان به نمایش می‌گذارد. اما آن‌چه آن‌را نگران‌کننده‌تر می‌کند، فهرست ۳۳ کشوری است که تا سال ۲۰۴۰ «به شدت» دچار تنش آبی خواهند شد. منطقه خاورمیانه هم‌اکنون نیز از لحاظ فقر آب در شمار فقیرترین مناطق جهان است. کشورهای این منطقه با نرخ بسیار بالایی از سفره‌های آب زیرزمینی و سایر منابع آبی خود بهره‌برداری می‌کند. ایران نیز در اوایل لیست این فهرست جای دارد. (۱).

در ایران بخش صنعت فقط یک درصد و بخش خانوار ۷ درصد از آب کشور را مصرف می‌کند. در شرایطی که بخش کشاورزی ۹۲ درصد از مصرف آب را به خود اختصاص می‌دهد، به واسطه مشکلات ساختاری حاکم بر این بخش، روند رو به رشد جمعیت و مصرف مواد غذایی و به رغم تنش گسترده به منابع آب های زیرزمینی، کسری تراز بازرگانی این بخش به بیش از ۸ میلیارد دلار در سال ۱۳۹۲ رسید (۲). استقرار صنایع پر مصرف آب در مناطق مرکزی و کویری ایران و هم سوئی اوج مصرف آب و برق در تابستان بحران آب را شدیدتر می‌کند. ایران در حال حاضر در وضعیت بحران آب قرار داشته و با توجه به ثابت بودن منابع آبی، افزایش جمعیت و عدم توجه کافی به مدیریت منابع آب، در صورت اتخاذ نشدن سیاست های مناسب و به هنگام مدیریت منابع آب در هر دو بعد عرضه و تقاضا، تشدید شرایط نامطلوب منابع آب کشور و تأثیرپذیری شاخص های امنیتی و اقتصادی از این بحران امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

در ایران به دلیل نبود یک الگوی مصرف مناسب و وجود دیدگاه انحصاری در بخش خانوار و بخش صنعتی در مصرف آب، آسیب‌های غیر قابل جبرانی به منابع آب وارد شده است. علی‌رغم بحران حال حاضر آب در ایران مسئله فقر آب آن چنان مورد توجه مطالعات اقتصادی و دانشگاهی قرار نگرفته است. با توجه به نقش آب در اقتصاد و ضرورت افزایش بهره‌وری آب در رشد بخش کشاورزی و صنعت و ضرورت مقابله با بحران حتمی آب در آینده و با توجه به ضرورت برنامه ریزی در جهت ایجاد، تحقق و حفظ امنیت آب و امنیت غذائی و کاهش فقر آب انجام این تحقیق در زمینه اطلاع از وضعیت حال حاضر و گذشته فقر آب در ایران ضروری است.

اهمیت شاخص فقر آب در ایران به دلیل تغییر پذیری زمانی و مکانی دسترسی به منابع آب است و شاخص‌های ساده‌ای نظیر نسبت منابع آب در دسترس بر تعداد جمعیت نمی‌تواند شاخص مناسبی برای نشان دادن فقر آب در ایران باشد. مسئله کیفیت و

1 Wallingford Center of Ecology and Hydrology

کمیت پایین منابع آب در ایران موضوع بسیار مهمی است که متاسفانه در بررسی وضعیت منابع آب توجه چندان زیادی را به خود معطوف نمی‌کند. روند تخریب این اندک منابع آب در ایران توسط منابع آلاینده شهری، صنعتی و کشاورزی نیز به شدت در حال گسترش است. توجه فزاینده در فرایند توسعه و مدیریت منابع آب کشور امری بسیار ضروری و از نظر حیاتی فوری به نظر می‌رسد. شاخص فقر آب به عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش وضعیت منابع آب در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه فقر آب در سه دهه گذشته، به این مقوله پرداخته‌اند که یکی از چالش های حتمی آتی بین دولت‌ها بر سر مسئله آب خواهد بود. مشکلات زیست محیطی که خود معلول عوامل مرتبط با آب نظیر کم آبی، تغییر اقلیم، تغییر الگوی بارش است در نهایت منجر به ضعیف شدن حکومت ها و تغییر و شکست دولت‌ها می‌گردد فقر آب می‌تواند ناشی از نا امنی در آب باشد (۳).

فالکن مارک و همکاران (۴) در مطالعه خود کشورها را از جهت تأمین آب، بر حسب حجم سرانه منابع آب سالانه تجدید پذیر رده بندی کردند. ایشان در مطالعه خود کشورهای با حجم سرانه سالانه بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای تنش آب، کشورهای با حجم سرانه سالانه کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای کمبود آب و کشورهای با حجم سرانه سالانه کمتر از ۵۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای تنش شدید آب به مردم معرفی نمودند.

وسکات و همکاران (۵) در مطالعه ای با عنوان آب و فقر در ایالات متحده مشاهده نمودند که در کشورهای توسعه یافته توجهی به وضعیت آب آشامیدنی و بهداشت فردی مرتبط با آب افراد فقیر نمی‌شود. بیش از یک میلیارد نفر در جهان فاقد دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بیش از دو میلیارد نفر در دنیا فاقد دسترسی به بهداشت پیشرفته می‌باشند.

شاکیا (۶) در مطالعه خود تحت عنوان تجزیه و تحلیل و نقشه برداری از فقر آب حوزه آبخیز ایندراواتی در نپال پرداخت. وی در مطالعه خود به محاسبه شاخص فقر آب برای این حوزه آبخیز پرداخته و نقشه فقر آبی را برای این حوزه رسم نموده است. نتایج حاصل از محاسبات وی در مورد شاخص فقر آب حوزه مذکور حاکی از این بوده که این حوزه از لحاظ فقر آب در حد متوسط قرار دارد. هم چنین یافته‌های حاصل از برآورد وی نشان داد که موجودی منابع آب و ظرفیت منابع آب از حوزه‌های بالادستی و پائین دستی با هم تفاوت معنی داری دارد.

ماناندار و همکاران (۷) در پژوهش خود با عنوان کاربردهای شاخص فقر آب در نپال مطالعه موردی حوزه آبخیز رودخانه کالی گاندالی به محاسبه شاخص فقر آب برای این حوزه آبخیز و به مطالعه و محاسبه دامنه تغییرات برای مولفه‌ها و زیر مقیاس‌های شاخص فقر آب در این منطقه پرداختند. نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق ایشان بیانگر این مطلب بود که دامنه تغییرات شاخص فقر آب چیزی در حدود ۲۰ واحد مقیاس در داخل حوزه است. اما در مورد مولفه‌های تشکیل دهنده شاخص فقر آب نتایج ایشان نشان دهنده تغییرات بیشتر شاخص‌های دسترسی و منابع در سطح حوزه آبخیز و تغییرات شدیدتر شاخص‌های مصرف، محیط زیست و ظرفیت در زیر واحدهای حوزه آبخیز بود.

ون در ویر (۸) در مقاله خود تحت عنوان محاسبه شاخص فقر آب به عنوان یک تابع جمع پذیر یا ضربی با استفاده از یک راه حل ریاضی به مقایسه مقدار شاخص فقر آب در دو حالت کلی ضربی و جمع پذیری پرداختند. ایشان در مطالعه خود به محاسبه و مقایسه شاخص فقر آب در دو حالت محتلف (الف: زمانی که شاخص فقر آب به صورت یک تابع جمع پذیر خطی نوشته شود و ب: زمانی که شاخص فقر به صورت یک تابع ضربی و تصاعدی نوشته شود) پرداختند. وی شاخص فقر آب را در این دو حالت برای سه شهر مختلف در منطقه وان ترینگل در جنوب افریقا محاسبه و مقایسه نمودند. نتایج حاصل از محاسبات و تخمین وی نشان داد که مقادیر شاخص فقر آب برای هر شهر با استفاده از دو روش مختلف و بر اساس دو تابع ریاضی متعدد تفاوت معنی داری با هم ندارند. در پایان ایشان پیشنهاداتی را برای تصحیح و توسعه توابع ریاضی موجود برای شاخص فقر آب را برای مطالعات سایرین ارائه نمود.

ژیائو جون و همکاران (۹) امنیت آب را با استفاده از نظریه فاجعه دریکی از استان‌های کشور چین مطالعه کرده‌اند. ایشان به دنبال یک استراتژی جهت انطباق با تغییرات زیست محیطی بودند. ایشان با استفاده از مدل ارزیابی چند شاخصه نظریه فاجعه به محاسبه یک شاخص برای امنیت آب پرداختند و با ارائه راهکارهای متفاوت در زمینه حل بحران آب به توصیه یک سری استراتژی جهت دست یابی به امنیت آب در بستر جهانی تغییرات زیست محیطی پرداختند. مدل ارزیابی ایشان شامل سناریوهای محتمل آینده در مورد تغییرات آب و هوا و جمعیت و رشد و توسعه اقتصادی بود. ایشان مجموعا از ۱۶ شاخص مربوط به آب و هوا، اقتصادی–اجتماعی، در دسترس بودن آب و مصرف آب جهت اندازه گیری شاخص امنیت آب استفاده نمودند.

رجبی هشجین و عرب (۱۰) در مطالعه خود تحت عنوان شاخص فقر آبی؛ ابزاری کارآمد برای ارزیابی وضعیت منابع آبی جهان، شاخصی را برای اندازه گیری فقر آب معرفی نمودند که شامل معیارهائی از قبیل سطح آموزش، اقتصاد، مصرف و سلامت جامعه را در بر می‌گیرد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار شاخص

فقر آب در رتبه ۵۸ ام در جهان قرار دارد. بر اساس یافته‌های مطالعه ایشان و بر مبنای طبقه بندی CEH ایران دارای فقر آبی متوسط است. هم چنین نتایج محاسبه بین شاخص فقر آبی و شاخص توسعه انسانی در مطالعه ایشان نشان داد که ضریب همبستگی بین شاخص فقر آب با شاخص توسعه انسانی به مراتب بالاتر از ضریب هم بستگی آن شاخص با شاخص توسعه انسانی بود.

زرگرپور و نورزاد (۱۱) در پژوهش خود به ارایه یک مدل مفهومی و تدوین الگوی مدیریت یکپارچه منابع آب کشور پرداختند. آن‌ها با مراجعه به مدیران ارشد آب ایران، اساتید دانشگاه، مدیران ارشد کشاورزی و متخصصین آب ایران با استفاده از مدل تصمیم گیری چند منظوره چند معیاره با رویکرد فازی، شاخص های اصلی مدیریت یکپارچه منابع آب و میزان همبستگی بین آن‌ها را تبیین نمودند. نهایتاً الگو و مدل مفهومی مدیریت یکپارچه منابع آب در کشور با استفاده از کلیه مراجع بین المللی و اسناد بالادستی بخش آب را ارایه نمودند. نتایج تحقیق ایشان حاکی از آن بود که الگوی مدیریت یکپارچه منابع آبی کشور متشکل از ۱۴ محور یا شاخص اساسی است. محققین ۷۰ استراتژی مورد عمل که با رعایت درجه اهمیت و اولویت هرکدام و استقرار این الگوها، مدیریتی علمی و کارآمد و پویا را در مدیریت آب کشور به ارمغان خواهد آورد پیشنهاد دادند.

جابرزاده (۱۲) به تدوین تحقیق خود با عنوان برآورد شاخص فقر آب در استان‌های کشور پرداخت. شاخص فقر آبی که وی در مقاله خود مورد مطالعه قرار داد نسبت سلامتی و رفاه خانوارها را با میزان آب در دسترس می سنجد و برای این امر رابطه بین ۵ عامل اساسی متصل به هم منابع آب را مورد آزمون قرار می دهد که این عوامل شامل: منابع آب، دسترسی، ظرفیت، مصرف و محیط زیست می‌شدند. در پژوهش ایشان هر کدام از این زیر شاخص های تشکیل دهنده فقر آب دارای چندین زیر مجموعه بودند که با توجه به اهمیت هر کدام وزن دهی می شوند. همچنین وی در مطالعه خود اشاره می‌کند که شاخص فقر آب قادر است تا جوامع و جمعیت‌های مختلف را از لحاظ میزان تاثیر پذیری فاکتورهای فیزیکی و اجتماعی _اقتصادی از میزان کمیابی آب رده بندی کند که این مطلب ارگان‌های ملی و فرا ملی مربوط به مدیریت منابع آب را قادر می سازد تا این فاکتورها را مدیریت کنند و آسیب‌های وارده از ناحیه کمیابی آب را به حداقل برسانند. نتایج حاصل از تخمین شاخص فقر آب در این مقاله، حاکی از آن بود که استان ایلام بالاترین رتبه را از لحاظ داشتن کمترین مقدار فقر آب و استان سیستان و بلوچستان در ایران دارای پائین ترین رتبه و بدترین وضعیت از لحاظ شاخص فقر آب قرار دارند.

آسیائی و هیر و همکاران (۱۳) به نگارش مقاله ای با عنوان شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب پرداختند. ایشان در این مطالعه مروری ضمن بررسی ضرورت و اهمیت مسئله کم آبی در ایران و جهان صرفا به بررسی ادبیات و مطالعات تجربی در زمینه فقر آب پرداخته و نهایتا شاخص فقر آب را بر اساس مطالعات صورت گرفته گذشته معرفی نمودند.

همتی و همکاران (۱۴) در پژوهش خود با عنوان مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقرآبی کشاورزی: مورد مطالعه شهرستان دزفول با هدف اولویت بندی مولفه ها و زیرمعیارهای اصلی شاخص فقر آبی کشاورزی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه (ANP) و مقایسه آن با فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در شهرستان دزفول پرداختند. ایشان برای این منظور، نمونه ای هدفمند شامل پنج نفر از کارشناسان مراکز ترویج و خدمات جهاد کشاورزی که دارای صلاحیت علمی و تجربی بالایی در مراکز سطح شهرستان بودند، برای تکمیل انجام مقایسات زوجی انتخاب نمودند. مدل طراحی شده ANP، وزن ها در قالب مولفه ها (۵ گره یا نود)، معیارها (۹ گره) و زیرمعیار های شاخص (۲۷ گره) بر اساس فرایند مقایسات زوجی، پردازش، محاسبه و تحلیل کردند. به منظور تجزیه وتحلیل داده های جمع آوری شده از نرم افزارهای Excel، Super Decisions و Expert choice استفاده کردند. نتایج مطالعه ایشان گویای آن است که مدل ANP در مقایسه با مدل AHP از کارایی بیشتری برای تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی در منطقه برخوردار است. همچنین، از میان زیرمعیارهای موثر بر هدف پژوهش، سیستم های زهکشی، مصرف کود شیمیایی و فاصله بین منبع آب و مزرعه به ترتیب از مهم ترین زیرمعیارها، و بالادست بودن زمین در توزیع و تخصیص آب، تسطیح اراضی و شرکت در کلاس های آموزشی مدیریت آب، کمترین وزن را کسب کرده و کم اهمیت ترین زیر معیارها به شمار می آیند.

سازماندهی مقاله حاضر بدین صورت می‌باشد: در بخش ابتدایی مقدمه مقاله ارائه شده است. بخش دوم به بررسی منابع در زمینه فقر آب و عوامل مؤثر بر آن و مرور پیشینه تجربی در زمینه فقر آب اختصاص دارد. در بخش سوم به معرفی مدل مطالعه حاضر برای محاسبه شاخص فقر آب و نحوه جمع‌آوری داده‌ها و روش کلی تحقیق و تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش پرداخته می‌شود. بخش پایانی نیز با استفاده از مدل رگرسیونی توبیت به بررسی تأثیر عوامل اقتصادی بر فقر آب و نتیجه گیری نهایی اختصاص یافته است.

مواد و روش‌ها

فقر آب یکی از اصلی‌ترین چالش‌های قرن حاضر و بحران چند بعدی دهه‌های آینده به ویژه در کشورهای کم آب است. بحرانی که می‌تواند منجر به بسیاری از تحولات در جهان باشد. شاخص

فقر آب برای اولین بار توسط سولیوان (۲۰۰۲) ارائه شد (۱۵). این شاخص یک معیار سنجش میان رشته‌ای است که بیان کننده روابط متقابل رفاه جوامع و دسترسی به آب و میزان تأثیرات کمبود آب بر روی جوامع انسانی است.

هدف از محاسبه شاخص فقر آب به کار گیری روشی برای اندازه-گیری رفاه خانوارها در رابطه با دسترسی به آب است که درجاتی را برای اثرات کمبود آب بر جمعیت انسانی ارائه می‌دهد. شاخص فقر آب به دنبال اندازه‌گیری دسترسی به آب در منطقه و اندازه-گیری ظرفیت مردم در دستیابی به آن است. ممکن است مردم برای دستیابی به آب فاصله زیادی را پیاده طی کنند و یا ممکن است آب در نزدیکی آنها باشد اما به دلایل مختلفی استفاده از آن برایشان محدود شده باشد. ممکن است مردم به دلیل فقر درآمد دچار «فقر آب» باشند. چرا که بین « فقر آب» و« فقر درآمد» رابطه ای قوی وجود دارد (۱۶).

تنوع جغرافیایی در رابطه با آب و میزان دسترسی به آن از اهمیت بالائی برخوردار است، به طوری که بین مناطق مختلف از لحاظ میزان دسترسی به آب تفاوت‌های محسوسی وجود دارد. بعضاً این تفاوت‌ها آن‌قدر شدید است که بین جوامع، روستاها و حتی حوزه‌های هم‌جوار نیز مشهود است. برای تعریف فقر آب ملاک‌های سنجش متفاوتی وجود دارد. از جمله این که: اگر مردم به دلیل عدم در دسترس بودن منابع آب کافی دچار بحران شوند یا مجبور باشند برای به دست آوردن آب مسافت طولانی طی کنند و یا اگر منابع آب به مقدار کافی در نزدیکی محل زندگی آن‌ها وجود نداشته باشد از فقر آب رنج می‌برند. حتی اگر منابع آب به وفور در محل سکونت آن‌ها وجود داشته باشد اما به دلایل گوناگون از جمله عدم تأمین بودجه کافی برای سرمایه گذاری در زیر ساخت‌های مورد نیاز برای ذخیره، انتقال و توزیع آب و یا توان مالی برای پرداخت قیمت‌های بالای آب را نداشته باشند از فقر آب رنج می‌برند (۱۷).

به دلیل عدم وجود الگوی مصرف مناسب و هدفمند، آشنایی با الگوهای مدیریتی و مصرفی به روز و نو در سطح جهان و البته تطابق داده شده با شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی می‌تواند دریچه‌ای متفاوت و مناسب در زمینه مدیریت آب نسبت به گذشته به روی مسئولین و مردم هر کشور بگشاید. واقعیت‌های موجود در رابطه با وضعیت منابع و مصارف منابع آب بیانگر ضرورت تدوین و محاسبه معیارهای به مراتب جامع تر نسبت به شاخص‌های معمول است. با توجه به ماهیت چندبعدی شاخص فقر آب و در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر دسترسی یا کمبود منابع آب و نیز ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی این شاخص می‌تواند ابزار مفیدی در جهت برنامه‌ریزی استفاده‌ی بهینه از منابع آب باشد. این شاخص نشان‌دهنده تأثیر ترکیبی عوامل موثر بر کمبود و تنش منابع آبی است که امکان اولویت‌بندی و تدوین نسخه‌های مدیریتی برای مناطق مختلف را فراهم می‌نماید (۱۸). بر اساس تعریف فقر آب یک شاخص تجمیع شده برای مدیریت آب است که تلاش می‌کند تا تصویری جامعی از چالش مدیریت آب را مطرح کند و در عمل یک میانگین وزنی از پنج متغیر: منابع آب، دسترسی به آب، ظرفیت سفره‌های زیر زمینی، استفاده از منابع آبی و تمامیت زیست محیطی است (۱۹).

فقر آب شدیداً تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله: رشد جمعیت، شهرنشینی، توسعه اقتصادی، تغییرات در استاندارد زندگی، افزایش آلودگی آب، برداشت بیش از اندازه از منابع آب‌های زیرزمینی و تغییرات آب و هوائی است. تغییرات آب و هوائی ناامنی آب را شدید تر می‌کند. تغییرات آب و هوایی جهانی منجر به افزایش پیچیدگی و هزینه های کاهش فقر آب می‌شود. به طور کلی تغییرات آب و هوائی منجر به کاهش دسترسی به آب در کشورهای که در حال حاضر از کمبود آب و افزایش تنوع محیط زیستی در کشورهائی که به آب دسترسی دارند می‌شود. رشد جمعیت جهانی و توسعه اقتصادی، منجر به کمبود آب در تمام سطح کره زمین می‌گردد. یکی از جنبه های کلیدی فقر آب ارتباط آن با امنیت غذایی و توسعه اقتصادی است. رشد جمعیت فشار بر عرصه‌های طبیعی را افزایش داده است. بهره برداری غیر اصولی از منابع آب و تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و سپس به فضاهای شهری منجر به تخریب اکو سیستم و ایجاد ناامنی در منابع آبی شده است (۲۰).

رشد جمعیت کشور در دهه‌های گذشته، در کنار بهبود شاخص-های اقتصادی و رفاهی کشور سبب افزایش مصرف آب در بخش-های مختلف شامل کشاورزی، شرب و صنعتی شده است. با توجه به تداوم افزایش جمعیت در سال‌های آتی، رشد بیشتر مصرف آب اجتناب ناپذیر خواهد بود. تحت تأثیر مشکلات ساختاری حاکم بر بخش کشاورزی (نظام خرده مالکی، سطح سواد پایین کشاورزان، تشکیل نشدن سرمایه ثابت ناخالص کافی و مولد و تداوم شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر)، رشد جمعیت و افزایش مصرف مواد غذایی منجر به فشار به منابع طبیعی به ویژه منابع آب های زیرزمینی می‌گردد. افزایش جمعیت، رشد ضریب شهرنشینی و رشد تقاضای آب بحران آب را تشدید می‌کنند. با گسترش شهرها، در اثر انبوه سازی و در نتیجه تغییر پوشش گیاهی، نیاز به مصرف آب افزایش می‌یابد و این امر منجر به افزایش برداشت از منابع آب زیر زمینی و روزمینی می‌گردد. علاوه بر آن مهاجرت قشر جوان و تحصیل کرده به شهرها، تعداد متخصصین در بخش کشاورزی در روستاها را نیز کاهش داده و در نتیجه روش‌های سنتی کشت و آبیاری منجر به برداشت غیر

اصولی و بیش از اندازه از منابع آب می‌شو که این امر به نوبه خود امنیت آب را تهدید کرده و فقر آب را تشدید می‌کند.

با رشد اقتصادی، نیاز به انرژی بسیار افزایش یافته و این در حالی است که منابع انرژی محدود است، یکی از منابع اصلی انرژی آب است و از آن‌جا که آب به عنوان نهاده در تولید سایر منابع انرژی نظیر برق نقش اساسی دارد، لذا در نتیجه افزایش مصرف برق، مصرف آب نیز به ویژه در ماه‌های گرم سال شدت افزایش می‌یابد. روند کنونی فعالیت شهرها در جهان سوم با توجه به تغییرات آب و هوا هشدار دهنده است، چرا که شهرها نقش به سزائی در تعداد ماشین‌ها، ساختمان‌ها و صنایع دارد. رشد اقتصادی، تغییرات آب و هوائی و گسترش شهرنشینی از عوامل تشدید کننده فقر آب محسوب می‌شوند. گرم شدن کره زمین موجب کاهش بارش برف در زمستان می‌شود که بر الگوی فصلی جریان آب رودخانه‌ها تاثیر می‌گذارد. تغییر الگوی فوق الذکر می‌تواند بر کلیه فعالیت‌هائی که از آب مربوطه بهره برداری می‌کنند تأثیرات منفی داشته باشد. رودخانه‌ها به دلیل تغییرات در میزان دما و بارندگی تحت تاثیر قرار می‌گیرند که نهایتاً میزان آب موجود از نظر مقدار تبخیر با نوسانات همراه می‌شود. تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب تأثیر می‌گذارد که نهایتاً هزینه تصفیه آب را افزایش می‌دهد. فقر آب در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران که منابع آب تجدیدپذیر محدودتری دارند، بیشتر نمود پیدا کرده و ضرورت مدیریت منابع آب با نگرشی جامع و دقیق را ایجاب می‌کند. در ایران این مسئله به نگرانی دولت و ملت تبدیل شده است. با توجه به وجود نوسانات منفی شدید در بارش‌های مناطق مختلف ایران، گوی وقوع کم آبی‌های ضعیف تا شدید در کشور امری اجتناب ناپذیر شده است. وقوع این کم آبی‌ها اثرات زیان باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند. ایران در منطقه‌ای از جهان قرار دارد که فقر آب در آن نسبت به سایر کشورها شدیدتر است. افزون بر رشد جمعیت، در حدود ۷۳ درصد از مناطق ایران با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک با بحران آب رو به رو است. این امر باعث ایجاد تراز منفی در منابع آب زیر زمینی شده است (۲). زیرا که دسترسی به این ماده حیاتی، با کیفیت مناسب و در محل و زمان مورد نظر یکی از لوازم توسعه و پیشرفت هر کشوری محسوب می گردد. در کنار کاهش کمیت منابع آب انتشار پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری نیز از عوامل دیگر تشدید کننده فقر آب در ایران محسوب می‌شود. هرچند در دو دهه اخیر اقدامات قابل توجهی برای تصفیه پساب‌های شهری و صنعتی صورت گرفته و نشان‌دهنده توجه دولت به حفاظت از کیفیت منابع آب است، اما با توجه به رشد اقتصادی، گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی شتاب بخشیدن به این اقدامات ضروری است.

در بخش مصرف خانوار، الگوی نادرست مصرف و به هدر رفتن آب در مرحله انتقال از مبدأ تا مصرف‌کننده نهایی و تفکیک نشدن آب شرب از آب غیر شرب به بحران آب بیشتری دامن می‌زند.

با توجه به حساسیت خاص مدیریت و توسعه منابع آبی، تا به حال شاخص های مختلفی برای سنجش وضعیت منابع آبی و امنیت آب در کشورهای مختلف ارایه شده است که هر کدام دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود می باشند. این مطالعه روش جدیدی در محاسبه و شاخص سازی فقر آب ارائه نموده است که معیارهای گسترده‌تری از جمله تمامیت زیست محیطی، منابع آب، دسترسی به آب، استفاده از منابع آب و ظرفیت سفره‌های زیر زمینی را در بر می گیرد. این شاخص برای ایران از آنجا اهمیت پیدا می‌نماید که دسترسی زمانی و مکانی به آب در آن بسیار متفاوت است و شاخص های ساده ای از فقر آب نظیر نسبت منابع آب در دسترس بر تعداد جمعیت، چندان نشان دهنده واقعیت‌های موجود در زمینه وضعیت منابع آب مناطق مختلف نیستند. در پژوهش حاضر بر خلاف روش‌های معمول مطالعات پیشین صورت گرفته بر مبنای پژوهش‌های سولیوان (۲۱) و پیروان مکتب او در محاسبه فقر آب، از سیستم فاجعه بر اساس مقاله ژیائو جون و همکاران (۹) برای محاسبه شاخص فقر آب استفاده می‌گردد. در مطالعه حاضر بر خلاف روش مطالعات پیشین برای محاسبه شاخص فقر آب از یک میانگین وزنی استفاده نمی‌گردد. بلکه در این مطالعه از نظریه سیستم فاجعه بر اساس مولفه‌ها و زیر شاخص‌های اصلی فقر آب برای محاسبه نهائی شاخص فقر آب استفاده خواهد شد. از مهم‌ترین مزایای شاخص فقر آب در نظر گرفتن ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع به همراه تغییرپذیری ابعاد مختلف منابع آب سطحی است که می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی و در طی دوره‌های زمانی مورد استفاده قرار گیرد. در این روش از منطق فازی رایج در علوم ریاضی برای ساختن یک شاخص برای فقر آب که نهایتاً مقداری بین صفر و یک را برای آن لحاظ خواهد کرد کمک گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر به چگونگی محاسبه شاخص فقر آب پرداخته خواهد شد و در ادامه عوامل مؤثر در تعیین میزان فقر آب برای ایران مورد بررسی قرار می‌گیرند. پس از محاسبه دقیق فقر آب در ایران، سیر تغییرات فقر آب در ایران مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از مدل رگرسیونی توبیت به مطالعه عوامل اقتصادی اثر گذار بر شاخص فقر آب پرداخته می‌شود.

در شاخص فقر آب بر خلاف سایر شاخص‌های مرتبط با مسئله بحران آب، ابعاد مختلف تأثیرگذار بر مدیریت و توسعه منابع آب در نظر گرفته می‌شود و این شاخص ابزاری مؤثر و جامع برای

تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط زیست است (۲۲).

سیستمی که در این مطالعه برای محاسبه فقر آب برای ایران استفاده می‌شود "نظریه فاجعه بر اساس سیستم ارزیابی چند شاخصه" و برگرفته از مقاله ژیائو جون (۹) است. نظریه فاجعه از یکی از شاخه های روش شناسی نشات گرفته شده است. نظریه فاجعه برای مقابله با سیستم‌های پویای تحت کنترل یک تابع انرژی بالقوه طراحی شده است (۲۰). در نظریه فاجعه و در حالت کلی متغیرهای سیستم به دو نوع تقسیم می‌شوند: ۱- متغیرهای درون زا؛ که این متغیرها، متغیرهائی هستند که از درون مدل به دست می‌آیند. ۲- متغیرهای کنترل؛ که این متغیرها، متغیرهائی هستند که در حالی که سیستم در حال اجرا است، از خارج مدل روی متغیرهای درون زا اثر می‌گذارند.

شکل کلی تابع عضویت به صورت $V(x_i, c_a)$ است. در این رابطه x_i متغیر وابسته و c_a پارامتر کنترل است. فرض می‌شود که با تغییر متغیرهای کنترل متغیر وابسته به آهستگی تغییر می-کند. در طی یک قرن گذشته استفاده از منابع طبیعی به علت افزایش جمعیت و نیاز به رشد اقتصادی جوامع، افزایش شدیدی یافته است. از جمله این منابع، منابع آب هستند. استفاده بی رویه و خارج از توان منابع قابل دسترس بسته به وضعیت کشورها می‌تواند برخی از آن‌ها را با مشکلات جدی مواجه کند. در بسیاری از کشورها تقاضا برای آب به منظور تأمین نیازهای جمعیتی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است (۱). از طرفی کمیابی آب و بحران آبی که امروزه جهان با آن مواجه است، موجب پیدایش مفهوم امنیت آب و فقر آب در ادبیات اقتصادی کشورهائی شده است که با بحران آب مواجه هستند. در صورت تداوم روند فعلی سهم جمعیت مواجه با تنش آبی شدید از کل جمعیت جهان از ۲۶/۲ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۴۲/۴ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت و تعداد افرادی که در سال ۲۰۵۰ شرایط "تنش آبی شدید" را تجربه خواهند کرد، به حدود ۳/۹ میلیارد نفر خواهد رسید. بر اساس گزارش سازمان توسعه و همکاری اقتصادی هر چند انتظار می رود میزان دسترسی به آب آشامیدنی بهداشتی در جهان در دهه‌های آینده افزایش پیدا کند، اما در افق سال ۲۰۵۰ همچنان نزدیک به ۳۰۰ میلیون نفر از دسترسی به آب آشامیدنی و بهداشتی در جهان محروم خواهند بود. همچنین تحت تأثیر افزایش جمعیت، رشد مصرف سرانه و ثابت بودن منابع آب تجدیدپذیر، روند میزان برداشت سرانه منابع آب شیرین (سطحی و زیرزمینی) تا افق سال ۲۰۵۰ روند صعودی خواهد داشت و انتظار بر این است که در افق سال ۲۰۵۰ منطقه خاورمیانه و بخش‌هایی از قاره آفریقا، آمریکا و جنوب شرقی آسیا در وضعیت تنش آبی قرار گیرند (۱).

بر مبنای طبقه‌بندی مرکز اکولوژیکی و هیدرولوژیکی والینگفورد[1] ایران جزو کشورهائی قرار دارد که از لحاظ فقر آب در حد متوسط است. این مسئله نشان دهنده وجود فقر آب در سال‌های گذشته و بدتر شدن آن طی سال‌های اخیر و وخیم تر شدن وضعیت فقر آب ایران طی سال‌های آینده است. سازمان مشارکت جهانی برای آب ۲اقدام به پیش‌بینی وضعیت آب در ۱۶۷ کشور جهان در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ کرده است. بر اساس این پیش‌بینی، افزایش جمعیت، افزایش مصرف و گسترش شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای آب در سراسر جهان خواهد شد. گزارش مذکور بسیار نگران‌کننده است و چشم‌اندازِ خطرناکی را از آینده جهان به نمایش می‌گذارد. اما آن‌چه آن‌را نگران‌کننده‌تر می‌کند، فهرست ۳۳ کشوری است که تا سال ۲۰۴۰ «به شدت» دچار تنش آبی خواهند شد. منطقه خاورمیانه هم‌اکنون نیز از لحاظ فقر آب در شمار فقیرترین مناطق جهان است. کشورهای این منطقه با نرخ بسیار بالایی از سفره‌های آب زیرزمینی و سایر منابع آبی خود بهره‌برداری می‌کند. ایران نیز در اوایل لیست این فهرست جای دارد. (۱).

در ایران بخش صنعت فقط یک درصد و بخش خانوار ۷ درصد از آب کشور را مصرف می‌کند. در شرایطی که بخش کشاورزی ۹۲ درصد از مصرف آب را به خود اختصاص می‌دهد، به واسطه مشکلات ساختاری حاکم بر این بخش، روند رو به رشد جمعیت و مصرف مواد غذایی و به رغم تنش گسترده به منابع آب های زیرزمینی، کسری تراز بازرگانی این بخش به بیش از ۸ میلیارد دلار در سال ۱۳۹۲ رسید (۲). استقرار صنایع پر مصرف آب در مناطق مرکزی و کویری ایران و هم سوئی اوج مصرف آب و برق در تابستان بحران آب را شدیدتر می‌کند. ایران در حال حاضر در وضعیت بحران آب قرار داشته و با توجه به ثابت بودن منابع آبی، افزایش جمعیت و عدم توجه کافی به مدیریت منابع آب، در صورت اتخاذ نشدن سیاست های مناسب و به هنگام مدیریت منابع آب در هر دو بعد عرضه و تقاضا، تشدید شرایط نامطلوب منابع آب کشور و تأثیرپذیری شاخص های امنیتی و اقتصادی از این بحران امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

در ایران به دلیل نبود یک الگوی مصرف مناسب و وجود دیدگاه انحصاری در بخش خانوار و بخش صنعتی در مصرف آب، آسیب‌های غیر قابل جبرانی به منابع آب وارد شده است. علی‌رغم

1 Wallingford Center of Ecology and Hydrology

بحران حال حاضر آب در ایران مسئله فقر آب آن چنان مورد توجه مطالعات اقتصادی و دانشگاهی قرار نگرفته است. با توجه به نقش آب در اقتصاد و ضرورت افزایش بهره‌وری آب در رشد بخش کشاورزی و صنعت و ضرورت مقابله با بحران حتمی آب در آینده و با توجه به ضرورت برنامه ریزی در جهت ایجاد، تحقق و حفظ امنیت آب و امنیت غذائی و کاهش فقر آب انجام این تحقیق در زمینه اطلاع از وضعیت حال حاضر و گذشته فقر آب در ایران ضروری است.

اهمیت شاخص فقر آب در ایران به دلیل تغییر پذیری زمانی و مکانی دسترسی به منابع آب است و شاخص‌های ساده‌ای نظیر نسبت منابع آب در دسترس بر تعداد جمعیت نمی‌تواند شاخص مناسبی برای نشان دادن فقر آب در ایران باشد. مسئله کیفیت و کمیت پایین منابع آب در ایران موضوع بسیار مهمی است که متاسفانه در بررسی وضعیت منابع آب توجه چندان زیادی را به خود معطوف نمی‌کند. روند تخریب این اندک منابع آب در ایران توسط منابع آلاینده شهری، صنعتی و کشاورزی نیز به شدت در حال گسترش است. توجه فزاینده در فرایند توسعه و مدیریت منابع آب کشور امری بسیار ضروری و از نظر حیاتی فوری به نظر می‌رسد. شاخص فقر آب به عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش وضعیت منابع آب در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه فقر آب در سه دهه گذشته، به این مقوله پرداخته‌اند که یکی از چالش های حتمی آتی بین دولت‌ها بر سر مسئله آب خواهد بود. مشکلات زیست محیطی که خود معلول عوامل مرتبط با آب نظیر کم آبی، تغییر اقلیم، تغییر الگوی بارش است در نهایت منجر به ضعیف شدن حکومت ها و تغییر و شکست دولت‌ها می‌گردد فقر آب می‌تواند ناشی از نا امنی در آب باشد (۳).

فالکن مارک و همکاران (۴) در مطالعه خود کشورها را از جهت تأمین آب، بر حسب حجم سرانه منابع آب سالانه تجدید پذیر رده بندی کردند. ایشان در مطالعه خود کشورهای با حجم سرانه سالانه بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای تنش آب، کشورهای با حجم سرانه سالانه کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای کمبود آب و کشورهای با حجم سرانه سالانه کمتر از ۵۰۰ متر مکعب آب را به عنوان کشورهای دارای تنش شدید آب به مردم معرفی نمودند. وسکات و همکاران (۵) در مطالعه ای با عنوان آب و فقر در ایالات متحده مشاهده نمودند که در کشورهای توسعه یافته توجهی به وضعیت آب آشامیدنی و بهداشت فردی مرتبط با آب افراد فقیر نمی‌شود. بیش از یک میلیارد نفر در جهان فاقد دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بیش از دو میلیارد نفر در دنیا فاقد دسترسی به بهداشت پیشرفته می‌باشند.

شاکیا (۶) در مطالعه خود تحت عنوان تجزیه و تحلیل و نقشه برداری از فقر آب حوزه آبخیز ایندراواتی در نپال پرداخت. وی در مطالعه خود به محاسبه شاخص فقر آب برای این حوزه آبخیز پرداخته و نقشه فقر آبی را برای این حوزه رسم نموده است. نتایج حاصل از محاسبات وی در مورد شاخص فقر آب حوزه مذکور حاکی از این بوده که این حوزه از لحاظ فقر آب در حد متوسط قرار دارد. هم چنین یافته‌های حاصل از برآورد وی نشان داد که موجودی منابع آب و ظرفیت منابع آب از حوزه‌های بالادستی و پائین دستی با هم تفاوت معنی داری دارد.

ماناندار و همکاران (۷) در پژوهش خود با عنوان کاربردهای شاخص فقر آب در نپال مطالعه موردی حوزه آبخیز رودخانه کالی گاندالی به محاسبه شاخص فقر آب برای این حوزه آبخیز و به مطالعه و محاسبه دامنه تغییرات برای مولفه‌ها و زیر مقیاس‌های شاخص فقر آب در این منطقه پرداختند. نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق ایشان بیانگر این مطلب بود که دامنه تغییرات شاخص فقر آب چیزی در حدود ۲۰ واحد مقیاس در داخل حوزه است. اما در مورد مولفه‌های تشکیل دهنده شاخص فقر آب نتایج ایشان نشان دهنده تغییرات بیشتر شاخص‌های دسترسی و منابع در سطح حوزه آبخیز و تغییرات شدیدتر شاخص‌های مصرف، محیط زیست و ظرفیت در زیر واحدهای حوزه آبخیز بود.

ون در ویر (۸) در مقاله خود تحت عنوان محاسبه شاخص فقر آب به عنوان یک تابع جمع پذیر یا ضربی با استفاده از یک راه حل ریاضی به مقایسه مقدار شاخص فقر آب در دو حالت کلی ضربی و جمع پذیری پرداختند. ایشان در مطالعه خود به محاسبه و مقایسه شاخص فقر آب در دو حالت مختلف (الف: زمانی که شاخص فقر آب به صورت یک تابع جمع پذیر خطی نوشته شود و ب: زمانی که شاخص فقر به صورت یک تابع ضربی و تصاعدی نوشته شود) پرداختند. وی شاخص فقر آب را در این دو حالت برای سه شهر مختلف در منطقه وان ترینگل در جنوب افریقا محاسبه و مقایسه نمودند. نتایج حاصل از محاسبات و تخمین وی نشان داد که مقادیر شاخص فقر آب برای هر شهر با استفاده از دو روش مختلف و بر اساس دو تابع ریاضی متعدد تفاوت معنی داری با هم ندارند. در پایان ایشان پیشنهاداتی را برای تصحیح و توسعه توابع ریاضی موجود برای شاخص فقر آب را برای مطالعات سایرین ارائه نمود.

ژیائو جون و همکاران (۹) امنیت آب را با استفاده از نظریه فاجعه دریکی از استان‌های کشور چین مطالعه کرده‌اند. ایشان به دنبال یک استراتژی جهت انطباق با تغییرات زیست محیطی بودند. ایشان با استفاده از مدل ارزیابی چند شاخصه نظریه فاجعه به محاسبه یک شاخص برای امنیت آب پرداختند و با ارائه

راهکارهای متفاوت در زمینه حل بحران آب به توصیه یک سری استراتژی جهت دست یابی به امنیت آب در بستر جهانی تغییرات زیست محیطی پرداختند. مدل ارزیابی ایشان شامل سناریوهای محتمل آینده در مورد تغییرات آب و هوا و جمعیت و رشد و توسعه اقتصادی بود. ایشان مجموعا از ۱۶ شاخص مربوط به آب و هوا، اقتصادی–اجتماعی، در دسترس بودن آب و مصرف آب جهت اندازه گیری شاخص امنیت آب استفاده نمودند.

رجبی هشجین و عرب (۱۰) در مطالعه خود تحت عنوان شاخص فقر آبی؛ ابزاری کارآمد برای ارزیابی وضعیت منابع آبی جهان، شاخصی را برای اندازه گیری فقر آب معرفی نمودند که شامل معیارهائی از قبیل سطح آموزش، اقتصاد، مصرف و سلامت جامعه را در بر می‌گیرد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار شاخص فقر آب در رتبه ۵۸ ام در جهان قرار دارد. بر اساس یافته‌های مطالعه ایشان و بر مبنای طبقه بندی CEH ایران دارای فقر آبی متوسط است. هم چنین نتایج محاسبه بین شاخص فقر آبی و شاخص توسعه انسانی در مطالعه ایشان نشان داد که ضریب همبستگی بین شاخص فقر آب با شاخص توسعه انسانی به مراتب بالاتر از ضریب هم بستگی آن شاخص با شاخص توسعه انسانی بود.

زرگرپور و نورزاد (۱۱) در پژوهش خود به ارایه یک مدل مفهومی و تدوین الگوی مدیریت یکپارچه منابع آب کشور پرداختند. آن‌ها با مراجعه به مدیران ارشد آب ایران، اساتید دانشگاه، مدیران ارشد کشاورزی و متخصصین آب ایران با استفاده از مدل تصمیم گیری چند منظوره چند معیاره با رویکرد فازی، شاخص های اصلی مدیریت یکپارچه منابع آب و میزان همبستگی بین آن‌ها را تبیین نمودند. نهایتاً الگو و مدل مفهومی مدیریت یکپارچه منابع آب در کشور با استفاده از کلیه مراجع بین المللی و اسناد بالادستی بخش آب را ارایه نمودند. نتایج تحقیق ایشان حاکی از آن بود که الگوی مدیریت یکپارچه منابع آبی کشور متشکل از ۱۴ محور یا شاخص اساسی است. محققین ۷۰ استراتژی مورد عمل که با رعایت درجه اهمیت و اولویت هرکدام و استقرار این الگوها، مدیریتی علمی و کارآمد و پویا را در مدیریت آب کشور به ارمغان خواهد آورد پیشنهاد دادند.

جابرزاده (۱۲) به تدوین تحقیق خود با عنوان برآورد شاخص فقر آب در استان‌های کشور پرداخت. شاخص فقر آبی که وی در مقاله خود مورد مطالعه قرار داد نسبت سلامتی و رفاه خانوارها را با میزان آب در دسترس می سنجد و برای این امر رابطه بین ۵ عامل اساسی متصل به هم منابع آب را مورد آزمون قرار می دهد که این عوامل شامل: منابع آب، دسترسی، ظرفیت، مصرف و محیط زیست می‌شدند. در پژوهش ایشان هر کدام از این زیر شاخص های تشکیل دهنده فقر آب دارای چندین زیر مجموعه بودند که با توجه به اهمیت هر کدام وزن دهی می شوند. همچنین وی در مطالعه خود اشاره می‌کند که شاخص فقر آب قادر است تا جوامع و جمعیت‌های مختلف را از لحاظ میزان تاثیر پذیری فاکتورهای فیزیکی و اجتماعی _اقتصادی از میزان کمیابی آب رده بندی کند که این مطلب ارگان‌های ملی و فرا ملی مربوط به مدیریت منابع آب را قادر می سازد تا این فاکتورها را مدیریت کنند و آسیب‌های وارده از ناحیه کمیابی آب را به حداقل برسانند. نتایج حاصل از تخمین شاخص فقر آب در این مقاله، حاکی از آن بود که استان ایلام بالاترین رتبه را از لحاظ داشتن کمترین مقدار فقر آب و استان سیستان و بلوچستان در ایران دارای پائین ترین رتبه و بدترین وضعیت از لحاظ شاخص فقر آب قرار دارند.

آسیائی و هیر و همکاران (۱۳) به نگارش مقاله ای با عنوان شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب پرداختند. ایشان در این مطالعه مروری ضمن بررسی ضرورت و اهمیت مسئله کم آبی در ایران و جهان صرفا به بررسی ادبیات و مطالعات تجربی در زمینه فقر آب پرداخته و نهایتا شاخص فقر آب را بر اساس مطالعات صورت گرفته گذشته معرفی نمودند.

همتی و همکاران (۱۴) در پژوهش خود با عنوان مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقرآبی کشاورزی: مورد مطالعه شهرستان دزفول با هدف اولویت بندی مولفه ها و زیرمعیارهای اصلی شاخص فقر آبی کشاورزی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه (ANP) و مقایسه آن با فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در شهرستان دزفول پرداختند. ایشان برای این منظور، نمونه ای هدفمند شامل پنج نفر از کارشناسان مراکز ترویج و خدمات جهاد کشاورزی که دارای صلاحیت علمی و تجربی بالایی در مراکز سطح شهرستان بودند، برای تکمیل انجام مقایسات زوجی انتخاب نمودند. مدل طراحی شده ANP، وزن ها در قالب مولفه ها (۵ گره یا نود)، معیارها (۹ گره) و زیرمعیار های شاخص (۲۷ گره) بر اساس فرایند مقایسات زوجی، پردازش، محاسبه و تحلیل کردند. به منظور تجزیه وتحلیل داده های جمع آوری شده از نرم افزارهای Excel، Super Decisions و Expert choice استفاده کردند. نتایج مطالعه ایشان گویای آن است که مدل ANP در مقایسه با مدل AHP از کارایی بیشتری برای تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی در منطقه برخوردار است.

همچنین، از میان زیرمعیارهای موثر بر هدف پژوهش، سیستم های زهکشی، مصرف کود شیمیایی و فاصله بین منبع آب و مزرعه به ترتیب از مهم ترین زیرمعیارها، و بالادست بودن زمین در توزیع و تخصیص آب، تسطیح اراضی و شرکت در کلاس های آموزشی مدیریت آب، کمترین وزن را کسب کرده و کم اهمیت ترین زیر معیارها به شمار می آیند.

سازماندهی مقاله حاضر بدین صورت می‌باشد: در بخش ابتدایی مقدمه مقاله ارائه شده است. بخش دوم به بررسی منابع در زمینه فقر آب و عوامل مؤثر بر آن و مرور پیشینه تجربی در زمینه فقر آب اختصاص دارد. در بخش سوم به معرفی مدل مطالعه حاضر برای محاسبه شاخص فقر آب و نحوه جمع‌آوری داده‌ها و روش کلی تحقیق و تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش پرداخته می‌شود. بخش پایانی نیز با استفاده از مدل رگرسیونی توبیت به بررسی تأثیر عوامل اقتصادی بر فقر آب و نتیجه گیری نهایی اختصاص یافته است.

مواد و روش‌ها

فقر آب یکی از اصلی‌ترین چالش‌های قرن حاضر و بحران چند بعدی دهه‌های آینده به ویژه در کشورهای کم آب است. بحرانی که می‌تواند منجر به بسیاری از تحولات در جهان باشد. شاخص فقر آب برای اولین بار توسط سولیوان (۲۰۰۲) ارائه شد (۱۵). این شاخص یک معیار سنجش میان رشته‌ای است که بیان کننده روابط متقابل رفاه جوامع و دسترسی به آب و میزان تأثیرات کمبود آب بر روی جوامع انسانی است.

هدف از محاسبه شاخص فقر آب به کار گیری روشی برای اندازه-گیری رفاه خانوارها در رابطه با دسترسی به آب است که درجاتی را برای اثرات کمبود آب بر جمعیت انسانی ارائه می‌دهد. شاخص فقر آب به دنبال اندازه‌گیری دسترسی به آب در منطقه و اندازه-گیری ظرفیت مردم در دستیابی به آن است. ممکن است مردم برای دستیابی به آب فاصله زیادی را پیاده طی کنند و یا ممکن است آب در نزدیکی آنها باشد اما به دلایل مختلفی استفاده از آن برایشان محدود شده باشد. ممکن است مردم به دلیل فقر درآمد دچار «فقر آب» باشند. چرا که بین « فقر آب» و« فقر درآمد» رابطه ای قوی وجود دارد (۱۶).

تنوع جغرافیایی در رابطه با آب و میزان دسترسی به آن از اهمیت بالائی برخوردار است، به طوری که بین مناطق مختلف از لحاظ میزان دسترسی به آب تفاوت‌های محسوسی وجود دارد. بعضاً این تفاوت‌ها آن‌قدر شدید است که بین جوامع، روستاها و حتی حوزه‌های هم‌جوار نیز مشهود است. برای تعریف فقر آب ملاک‌های سنجش متفاوتی وجود دارد. از جمله این که: اگر مردم به دلیل عدم در دسترس بودن منابع آب کافی دچار بحران شوند یا مجبور باشند برای به دست آوردن آب مسافت طولانی طی کنند و یا اگر منابع آب به مقدار کافی در نزدیکی محل زندگی آن‌ها وجود نداشته باشد از فقر آب رنج می‌برند. حتی اگر منابع آب به وفور در محل سکونت آن‌ها وجود داشته باشد اما به دلایل گوناگون از جمله عدم تأمین بودجه کافی برای سرمایه گذاری در زیر ساخت‌های مورد نیاز برای ذخیره، انتقال و توزیع آب و یا توان مالی برای پرداخت قیمت‌های بالای آب را نداشته باشند از فقر آب رنج می‌برند (۱۷).

به دلیل عدم وجود الگوی مصرف مناسب و هدفمند، آشنایی با الگوهای مدیریتی و مصرفی به روز و نو در سطح جهان و البته تطابق داده شده با شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی می‌تواند دریچه‌ای متفاوت و مناسب در زمینه مدیریت آب نسبت به گذشته به روی مسئولین و مردم هر کشور بگشاید. واقعیت‌های موجود در رابطه با وضعیت منابع و مصارف منابع آب بیانگر ضرورت تدوین و محاسبه معیارهای به مراتب جامع تر نسبت به شاخص‌های معمول است. با توجه به ماهیت چندبعدی شاخص فقر آب و در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر دسترسی یا کمبود منابع آب و نیز ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی این شاخص می‌تواند ابزار مفیدی در جهت برنامه‌ریزی استفاده‌ی بهینه از منابع آب باشد. این شاخص نشان‌دهنده تأثیر ترکیبی عوامل موثر بر کمبود و تنش منابع آبی است که امکان اولویت‌بندی و تدوین نسخه‌های مدیریتی برای مناطق مختلف را فراهم می‌نماید (۱۸).

بر اساس تعریف فقر آب یک شاخص تجمیع شده برای مدیریت آب است که تلاش می‌کند تا تصویری جامعی از چالش مدیریت آب را مطرح کند و در عمل یک میانگین وزنی از پنج متغیر: منابع آب، دسترسی به آب، ظرفیت سفره‌های زیر زمینی، استفاده از منابع آبی و تمامیت زیست محیطی است (۱۹).

فقر آب شدیداً تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله: رشد جمعیت، شهرنشینی، توسعه اقتصادی، تغییرات در استاندارد زندگی، افزایش آلودگی آب، برداشت بیش از اندازه از منابع آب‌های زیرزمینی و تغییرات آب و هوائی است. تغییرات آب و هوائی ناامنی آب را شدید تر می‌کند. تغییرات آب و هوایی جهانی منجر به افزایش پیچیدگی و هزینه های کاهش فقر آب می‌شود. به طور کلی تغییرات آب و هوائی منجر به کاهش دسترسی به آب در کشورهای که در حال حاضر از کمبود آب و افزایش تنوع محیط زیستی در کشورهائی که به آب دسترسی دارند می‌شود. رشد جمعیت جهانی و توسعه اقتصادی، منجر به کمبود آب در تمام سطح کره زمین می‌گردد. یکی از جنبه های کلیدی فقر آب ارتباط آن با امنیت غذایی و توسعه اقتصادی است. رشد جمعیت فشار بر عرصه‌های طبیعی را افزایش داده است. بهره برداری غیر اصولی از منابع آب و تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و سپس به فضاهای شهری منجر به تخریب اکو سیستم و ایجاد ناامنی در منابع آبی شده است (۲۰).

رشد جمعیت کشور در دهه‌های گذشته، در کنار بهبود شاخص-های اقتصادی و رفاهی کشور سبب افزایش مصرف آب در بخش-های مختلف شامل کشاورزی، شرب و صنعتی شده است. با توجه به تداوم افزایش جمعیت در سال‌های آتی، رشد بیشتر مصرف آب

اجتناب ناپذیر خواهد بود. تحت تأثیر مشکلات ساختاری حاکم بر بخش کشاورزی (نظام خرده مالکی، سطح سواد پایین کشاورزان، تشکیل نشدن سرمایه ثابت ناخالص کافی و مولد و تداوم شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر)، رشد جمعیت و افزایش مصرف مواد غذایی منجر به فشار به منابع طبیعی به ویژه منابع آب های زیرزمینی می‌گردد. افزایش جمعیت، رشد ضریب شهرنشینی و رشد تقاضای آب بحران آب را تشدید می‌کنند. با گسترش شهرها، در اثر انبوه سازی و در نتیجه تغییر پوشش گیاهی، نیاز به مصرف آب افزایش می‌یابد و این امر منجر به افزایش برداشت از منابع آب زیر زمینی و روزمینی می‌گردد. علاوه بر آن مهاجرت قشر جوان و تحصیل کرده به شهرها، تعداد متخصصین در بخش کشاورزی در روستاها را نیز کاهش داده و در نتیجه روش‌های سنتی کشت و آبیاری منجر به برداشت غیر اصولی و بیش از اندازه از منابع آب می‌شو که این امر به نوبه خود امنیت آب را تهدید کرده و فقر آب را تشدید می‌کند.

با رشد اقتصادی، نیاز به انرژی بسیار افزایش یافته و این در حالی است که منابع انرژی محدود است، یکی از منابع اصلی انرژی آب است و از آن‌جا که آب به عنوان نهاده در تولید سایر منابع انرژی نظیر برق نقش اساسی دارد، لذا در نتیجه افزایش مصرف برق، مصرف آب نیز به ویژه در ماه‌های گرم سال شدت افزایش می‌یابد. روند کنونی فعالیت شهرها در جهان سوم با توجه به تغییرات آب و هوا هشدار دهنده است، چرا که شهرها نقش به سزائی در تعداد ماشین‌ها، ساختمان‌ها و صنایع دارد. رشد اقتصادی، تغییرات آب و هوائی و گسترش شهرنشینی از عوامل تشدید کننده فقر آب محسوب می‌شوند. گرم شدن کره زمین موجب کاهش بارش برف در زمستان می‌شود که بر الگوی فصلی جریان آب رودخانه‌ها تاثیر می‌گذارد. تغییر الگوی فوق الذکر می‌تواند بر کلیه فعالیت‌هائی که از آب مربوطه بهره برداری می‌کنند تأثیرات منفی داشته باشد. رودخانه‌ها به دلیل تغییرات در میزان دما و بارندگی تحت تاثیر قرار می‌گیرند که نهایتاً میزان آب موجود از نظر مقدار تبخیر با نوسانات همراه می‌شود. تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب تأثیر می‌گذارد که نهایتاً هزینه تصفیه آب را افزایش می‌دهد. فقر آب در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران که منابع آب تجدیدپذیر محدودتری دارند، بیشتر نمود پیدا کرده و ضرورت مدیریت منابع آب با نگرشی جامع و دقیق را ایجاب می‌کند. در ایران این مسئله به نگرانی دولت و ملت تبدیل شده است. با توجه به وجود نوسانات منفی شدید در بارش‌های مناطق مختلف ایران، گوی وقوع کم آبی‌های ضعیف تا شدید در کشور امری اجتناب ناپذیر شده است. وقوع این کم آبی‌ها اثرات زیان باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند. ایران در منطقه‌ای از جهان قرار دارد که فقر آب در آن نسبت به سایر کشورها شدیدتر است. افزون بر رشد جمعیت، در حدود ۷۳ درصد از مناطق ایران با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک با بحران آب رو به رو است. این امر باعث ایجاد تراز منفی در منابع آب زیر زمینی شده است (۲). زیرا که دسترسی به این ماده حیاتی، با کیفیت مناسب و در محل و زمان مورد نظر یکی از لوازم توسعه و پیشرفت هر کشوری محسوب می گردد. در کنار کاهش کمیت منابع آب انتشار پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری نیز از عوامل دیگر تشدید کننده فقر آب در ایران محسوب می‌شود. هرچند در دو دهه اخیر اقدامات قابل توجهی برای تصفیه پساب‌های شهری و صنعتی صورت گرفته و نشان‌دهنده توجه دولت به حفاظت از کیفیت منابع آب است، اما با توجه به رشد اقتصادی، گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی شتاب بخشیدن به این اقدامات ضروری است. در بخش مصرف خانوار، الگوی نادرست مصرف و به هدر رفتن آب در مرحله انتقال از مبدأ تا مصرف‌کننده نهایی و تفکیک نشدن آب شرب از آب غیر شرب به بحران آب بیشتری دامن می‌زند.

با توجه به حساسیت خاص مدیریت و توسعه منابع آبی، تا به حال شاخص های مختلفی برای سنجش وضعیت منابع آبی و امنیت آب در کشورهای مختلف ارایه شده است که هر کدام دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود می باشند. این مطالعه روش جدیدی در محاسبه و شاخص سازی فقر آب ارائه نموده است که معیارهای گسترده‌تری از جمله تمامیت زیست محیطی، منابع آب، دسترسی به آب، استفاده از منابع آب و ظرفیت سفره‌های زیر زمینی را در بر می گیرد. این شاخص برای ایران از آنجا اهمیت پیدا می‌نماید که دسترسی زمانی و مکانی به آب در آن بسیار متفاوت است و شاخص های ساده ای از فقر آب نظیر نسبت منابع آب در دسترس بر تعداد جمعیت، چندان نشان دهنده واقعیت‌های موجود در زمینه وضعیت منابع آب مناطق مختلف نیستند. در پژوهش حاضر بر خلاف روش‌های معمول مطالعات پیشین صورت گرفته بر مبنای پژوهش‌های سولیوان (۲۱) و پیروان مکتب او در محاسبه فقر آب، از سیستم فاجعه بر اساس مقاله ژیائو جون و همکاران (۹) برای محاسبه شاخص فقر آب استفاده می‌گردد. در مطالعه حاضر بر خلاف روش مطالعات پیشین برای محاسبه شاخص فقر آب از یک میانگین وزنی استفاده نمی‌گردد. بلکه در این مطالعه از نظریه سیستم فاجعه بر اساس مولفه‌ها و زیر شاخص‌های اصلی فقر آب برای محاسبه نهائی شاخص فقر آب استفاده خواهد شد. از مهم‌ترین مزایای شاخص فقر آب در نظر گرفتن ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع به همراه تغییرپذیری ابعاد مختلف منابع آب سطحی است که می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی و در طی دوره‌های زمانی مورد استفاده قرار گیرد. در این روش از منطق فازی رایج در علوم ریاضی برای ساختن یک شاخص برای فقر

آب که نهایتاً مقداری بین صفر و یک را برای آن لحاظ خواهد کرد کمک گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر به چگونگی محاسبه شاخص فقر آب پرداخته خواهد شد و در ادامه عوامل مؤثر در تعیین میزان فقر آب برای ایران مورد بررسی قرار می‌گیرند. پس از محاسبه دقیق فقر آب در ایران، سیر تغییرات فقر آب در ایران مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از مدل رگرسیونی توبیت به مطالعه عوامل اقتصادی اثر گذار بر شاخص فقر آب پرداخته می‌شود.

در شاخص فقر آب بر خلاف سایر شاخص‌های مرتبط با مسئله بحران آب، ابعاد مختلف تأثیرگذار بر مدیریت و توسعه منابع آب در نظر گرفته می‌شود و این شاخص ابزاری مؤثر و جامع برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط زیست است (۲۲).

سیستمی که در این مطالعه برای محاسبه فقر آب برای ایران استفاده می‌شود "نظریه فاجعه بر اساس سیستم ارزیابی چند شاخصه" و برگرفته از مقاله ژیائو جون (۹) است. نظریه فاجعه از یکی از شاخه های روش شناسی نشات گرفته شده است. نظریه فاجعه برای مقابله با سیستم‌های پویای تحت کنترل یک تابع انرژی بالقوه طراحی شده است (۲۰). در نظریه فاجعه و در حالت کلی متغیرهای سیستم به دو نوع تقسیم می‌شوند: ۱- متغیرهای درون زا؛ که این متغیرها، متغیرهائی هستند که از درون مدل به دست می‌آیند. ۲- متغیرهای کنترل؛ که این متغیرها، متغیرهائی هستند که در حالی که سیستم در حال اجرا است، از خارج مدل روی متغیرهای درون زا اثر می‌گذارند.

شکل کلی تابع عضویت به صورت $V(x_i, c_a)$ است. در این رابطه x_i متغیر وابسته و c_a پارامتر کنترل است. فرض می‌شود که با تغییر متغیرهای کنترل متغیر وابسته به آهستگی تغییر می-کند.

جدول ۱- مدل فاجعه بر اساس تعداد مختلف پارامترهای کنترل و متغیرهای حالت یک زیر سیستم.

Table 1- Catastrophe model based on different number of control parameters and state variables of a subsystem

مدل فاجعه	پارامترهای کنترل	متغیرهای حالت	تابع بالقوه عضویت
Catastrophe model	Control Parameters	State variables	potential membership function
برابر fold	۱	۱	$V_a(x) = \frac{1}{3}x^3 + ax$
نوک هلالی cusp	۲	۱	$V_{ab}(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx$
دم چلچله ای swallowtail	۳	۱	$V_{abc}(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx$
پروانه‌ای butterfly	۴	۱	$V_{abcd}(x) = \frac{1}{6}x^6 + \frac{1}{4}ax^4 + \frac{1}{3}bx^3 + \frac{1}{2}cx^2 + \mathrm{d}x$
تخم مرغی نقطه وسط Oval umbilici point	۳	۲	$V_{abc}(x,y) = x^3 + y^3 + axy + bx + cy$
بیضی نقطه وسط Elliptic umbilici point	۳	۲	$V_{abc}(x,y) = x^3 - xy^2 + y^3 + a(x^2 + y^2) + bx + cy$
سهمی در نقطه وسط Parabolic umbilici point	۴	۲	$V_{abc}(x,y) = x^2y + y^4 + ax^2 + by^2 + cx + dy$

منبع: (۹)

Source: (9)

داده‌های هر یک از زیر شاخص‌ها با استفاده از مدل فاجعه مربوطه برای دست یابی به یک تابع عضویت نظیر به نظیر با آن زیر شاخص استاندارد می‌شود. این فرایند برای توابع عضویت که متعلق به یک زیر شاخص هستند، تکرار می‌شود و به طور متناظر این فرایند برای تمامی زیر شاخص‌ها تکرار می‌شود. سپس نظریه

فاجعه برای ارزیابی فقر آب به صورتی که در مراحل زیر مطرح می‌شود، مورد محاسبه قرار می‌گیرد (۹).

مرحله اول: استقرار سیستم شاخص‌ها

در تحقیق حاضر تاثیر عوامل مختلف محیطی، اقتصادی و اجتماعی روی فقر آب به طور جداگانه بررسی می‌شود. اما این عوامل در آن واحد با یکدیگر تعامل دارند و هم چنین بر کلیت سیستم نیز تاثیر گذارند. در نتیجه این عوامل روی فقر آب موثر هستند.

وقتی که ارتباط این عوامل با هم در مراحل خاص برای دست یابی به مقادیر معینی از فقر آب در نظر گرفته می‌شود، می توان یک سیستمی را یافت که شامل چند بخش مستقل از هم است که به صورت طبیعی با هم در ارتباط هستند تا به یک تابع قطعی برسند. بنابراین ترکیب مفهومی و ماهیت ارتباط مدل منجر می-شود تا در مطالعه حاضر شاخص فقر آب به پنج زیر شاخص امنیت محیطی خارجی، امنیت منابع آب، امنیت اجتماعی آب، امنیت اقتصادی آب و امنیت زیست محیطی آب تقسیم شود. این زیر شاخص‌ها به صورت جداگانه و مستقل از هم اما در ارتباط با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. این موضوع محقق را قادر خواهد ساخت تا انعکاس هر یک از نهادها و پیامدهای متعاقب آن را برای مدیریت آب جداگانه بررسی کند. هر زیر شاخص شامل تعدادی معیار می‌شود. این معیارها برای دست یابی به فقر آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. فهرست این زیر شاخص‌ها و معیارها مرتبط با آن در جدول ۲ آورده شده است. داده‌های تمامی شاخص های ذکر شده در پایگاه‌های داده بانک مرکزی ایران، مرکز آمار ایران، وزارت نیرو سازمان جهاد کشاورزی و سازمان آب و فاضلاب کشور اخذ شده است.

جدول ۲- زیر شاخص ها و معیار ها جهت دستیابی به شاخص فقر آب

Table 2- Sub-indices and criteria to achieve the water poverty index

زیر شاخص	معیار ها		نحوه استاندارد سازی معیارها	
Sub Index	States		Standardizing	
تمامیت زیست محیطی Environmental integrity	خشک شدن منابع آب سطحی	drying up of surface water sources	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	وابستگی به منابع آب خارجی	Dependence on external water sources	بیشتر بهتر است.	Larger is better
	نرخ کویر زائی	Desertification rate	کمتر بهتر است.	Smaller is better
منابع آب water resources	سرانه ذخیره آب	Water storage per capita	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	نسبت تامین آب سطحی	Surface water supply ratio	بیشتر بهتر است.	Larger is better
	نسبت تامین آب زیر زمینی	Groundwater supply ratio	بیشتر بهتر است.	Larger is better
دسترسی به آب Access to water	منابع آب شیرین سرانه	Fresh water resources per capita	بیشتر بهتر است.	Larger is better
	قیمت آب (از منظر فقر آب)	The price of water	بیشتر بهتر است.	Larger is better
	سرانه تصفیه خانه‌های آب	Water treatment plants per capita	کمتر بهتر است.	Smaller is better
استفاده از منابع آب Use of water resources	مصرف آب در بخش کشاورزی	Water consumption in agriculture	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	مصرف آب در بخش خانگی	Water consumption in the domestic sector	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	مصرف آب در بخش صنعت	Water consumption in industry	کمتر بهتر است.	Smaller is better
ظرفیت سفره‌های زیر زمینی capacity of underground aquifers	تعداد چاه‌ها	Number of wells	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	نرخ دفع فاضلاب	Wastewater disposal rate	کمتر بهتر است.	Smaller is better
	بارش در حوزه‌ها	Rainfall in the fields	هر چه باشد خوب است.	All is ok

منبع: (۹)

Source: (9)

مرحله دوم: استاندارد کردن معیارها

از آن جائی که دامنه و واحدهای داده‌های اصلی با هم متفاوت هستند، ارزش هر معیار به یک متغیر جدید که دامنه تغییر آن بین صفر و یک است تبدیل می‌شود تا تمامی متغیرها استاندارد شوند. استاندارد کردن با استفاده از فرمول‌های متفاوت برای انواع مختلف معیارها انجام می‌شود.

جدول ۳- نحوه استاندارد سازی معیار های و معیارهای شاخص فقر آب در نظریه فاجعه و فرمول استاندارد سازی معیارها بر اساس ماهیت معیارها

Table 3- standardize water poverty index criteria and criteria in disaster theory and criteria standardization formula based on the nature of criteria

برای معیارهائی که مقادیر بهترشان زمانی است که آن‌ها بیشتر می‌شوند از ضابطه بزرگتر، بهتر است استفاده می‌شود. It is used for criteria whose values are better when they are greater than "the larger is better" rule.	$Y=\begin{cases}1 & X \geq a_2 \\ \frac{X-a_1}{a_2-a_1} & a_1 < X < a_2 \\ 0 & 0 < X < a_1\end{cases}$
در معیارهائی که مقادیر بهترشان زمانی است که آن‌ها کمتر می‌شوند، از فرمول "کوچکتر، بهتر است " استفاده می‌شود که به صورت مقابل است. In criteria's whose values are better when they are less, the formula "smaller is better" is used, which is opposite.	$Y=\begin{cases}1 & 0 < X < a_1 \\ \frac{a_2-X}{a_2-a_1} & a_1 < X < a_2 \\ 0 & X \geq a_2\end{cases}$
برای معیارهائی که نمی‌توان آن ها را در هیچ کدام از دو طبقه بندی بالا قرار داد، از فرمول "هر چه باشد خوب است " استفاده می‌شود که به صورت مقابل است. For criteria that cannot be placed in any of the above two classifications, the formula "All is good" is used, which is opposite.	$Y=\begin{cases}\frac{2(X-a_1)}{a_2-a_1} & a_1 \leq X \leq \frac{a_1+(a_2-a_1)}{2} \\ \frac{2(a_2-X)}{a_2-a_1} & \frac{a_1+(a_2-a_1)}{2} < X < a_2 \\ 0 & X > a_2 \text{ or } X < a_1\end{cases}$

a_2 به عنوان حد بالا و بیشترین مقدار هر معیار و a_1 به عنوان حد پائین و کمترین مقدار هر معیار در داده‌های خام است.

مرحله سوم: متغیرهای تابع عضویت بالقوه

پس از استاندارد کردن داده‌ها، تابع عضویت بالقوه فاجعه هر شاخص به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

فاجعه نوک هلالی: برای زیر سیستم‌های دو شاخصی: $x_b = b^{1/3}, x_a = a^{0.5}$

فاجعه دم چلچله‌ای: برای زیر سیستم‌های سه شاخصی

$$x_c = c^{1/4}, x_b = b^{1/3}, x_a = a^{0.5}$$

فاجعه پروانه‌ای: زیر سیستم‌های چهار شاخصی

$$x_d = , x_b = b^{1/3}, x_a = a^{0.5}, x_c = c^{1/4} \; d^{1/5}$$

ضمن محاسبه تابع عضویت بالقوه مدل فاجعه اصول زیر رعایت می‌گردد:

اصل غیر مقایسه‌ای: تابع متغیرهای کنترل نمی‌تواند با هیچ یک از سایر توابع در سیستم جایگزین شود. بنابراین کوچک ترین مقادیر متغیرهای کنترل (a, b, c, d) در هر سیستم استفاده می‌شوند. برای مثال:

$$x = \min\{x_a, x_b, x_c, x_d\}$$

اصل مقایسه‌ای: متغیرهای کنترل می‌توانند کمبود یکدیگر را جبران کنند. لذا میانگین آن‌ها می‌تواند در سیستم استفاده گردد.

$$x = \frac{x_a + x_b + x_c + x_d}{4}$$

مرحله چهارم: محاسبه فقر آب

همان طور که در جدول ۲ مشخص است هر زیر شاخص از سه معیار اصلی تشکیل شده است. در ابتدا معیارها با استفاده از ضوابط توابع ریاضی داده شده در جدول ۳ استاندارد سازی شده تا بین صفر و یک تعریف شوند. پس از استاندارد سازی معیارها بر اساس

اصل مقایسه‌ای از معیارهای استاندارد شده میانگین گرفته می‌شود. سپس با توجه به تعداد معیارها برای هر زیر شاخص با استفاده از توابع عضویت بالقوه در جدول ۱ مقادیر زیر شاخص‌ها محاسبه می‌گردد. در نهایت با تکرار این روش برای زیر شاخص‌ها، شاخص اصلی فقر آب به عنوان یک شاخص بین صفر و یک محاسبه می‌گردد. مقادیر شاخص فقر آب و زیر شاخص‌های آن در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ٤-زیر شاخص ها و معیار ها جهت دستیابی به فقر آب

Table 4: Sub-indices and criteria to achieve water poverty

زیر شاخص	معیارها	استاندارد شده	نحوه محاسبه زیر شاخص‌های امنیت آب
Sub-Indexes	States	Standardizing	Calculation of water security indicators
$V_1(X)$: تمامیت زیست محیطی Environmental integrity	a: خشک شدن منابع آب سطحی	$x_a = a^{1/2}$	$X = \frac{x_a + x_b + x_c}{3}$
	b:وابستگی به منابع خارجی	$x_b = b^{1/3}$	$V_1(X) = \frac{1}{5}X^5 + \frac{1}{3}aX^3 + \frac{1}{2}bX^2 + cX$
	c: نرخ کویر زدائی	$x_c = c^{1/4}$	
$V_2(X)$: منابع آب water resources	a: سرانه ذخیره آب	$x_a = a^{1/2}$	$X = \frac{x_a + x_b + x_c}{3}$
	b: نسبت تامین آب سطحی	$x_b = b^{1/3}$	$V_2(X) = \frac{1}{5}X^5 + \frac{1}{3}aX^3 + \frac{1}{2}bX^2 + cX$
	c: نسبت تامین آب زیرزمینی	$x_c = c^{1/4}$	
$V_3(X)$: دسترسی به آب Access to water	a: منابع آب سرانه	$x_a = a^{1/2}$	$X = \frac{x_a + x_b + x_c}{3}$
	b: قیمت آب	$x_b = b^{1/3}$	$V_3(X) = \frac{1}{5}X^5 + \frac{1}{3}aX^3 + \frac{1}{2}bX^2 + cX$
	c:سرانه تصفیه خانه‌های آب	$x_c = c^{1/4}$	
$V_4(X)$: استفاده از منابع آب Use of water resources	a: مصرف آب در بخش کشاورزی	$x_a = a^{1/2}$	$X = \frac{x_a + x_b + x_c}{3}$
	b: مصرف آب در بخش خانگی	$x_b = b^{1/3}$	$V_4(X) = \frac{1}{5}X^5 + \frac{1}{3}aX^3 + \frac{1}{2}bX^2 + cX$
	c: مصرف سرانه آب در بخش صنعت	$x_c = c^{1/4}$	
$V_5(X)$: ظرفیت سفره‌های زیر زمینی capacity of underground aquifers	a:تعداد چاه ها	$x_a = a^{1/2}$	$X = \frac{x_a + x_b + x_c}{3}$
	b:نرخ دفع فاضلاب	$x_b = b^{1/3}$	$V_5(X) = \frac{1}{5}X^5 + \frac{1}{3}aX^3 + \frac{1}{2}bX^2 + cX$
	c:بارش در زحوه ها	$x_c = c^{1/4}$	
شاخص فقر آب Water Powerty	$W = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{5}$		$\mathrm{WPI}(W) = \frac{1}{6}V_1W^6 + \frac{1}{5}V_2W^5 + \frac{1}{4}V_3W^4 + \frac{1}{3}V_4W^3 + \frac{1}{2}V_5W^3$

مدل رگرسیونی سانسور شده

مدل مفهومی پیشنهادی محققین برای مطالعه تاثیر عوامل اقتصادی موثر بر فقر آب که برگرفته از مطالعات صورت گرفته در زمینه امنیت و فقر آب می‌باشد به صورت رابطه (۱) در نظر گرفته شده است:

$$WPI = f(GDP, AVA, HDI, POP) \quad (۱)$$

متغیرهای اقتصادی که انتظار می‌رود بر فقر آب در ایران موثر باشند به صورت زیر معرفی می‌گردند: در این رابطه WPI ، شاخص فقر آب و متغیر وابسته تحقیق است. در سمت راست مدل متغیرهای مستقل به شرح زیر تعریف می‌شوند: AVA : شاخص ارزش افزوده بخش کشاورزی به تولید ناخالص داخلی است که از آن به عنوان شاخصی در جهت نشان دادن توسعه بخش کشاورزی کمک گرفته شده است، HDI: شاخص توسعه انسانی است که به عنوان شاخصی برای توسعه اقتصادی و شهرنشینی کشور در نظر گرفته شده است. POP : جمعیت است.

GDP : لگاریتم تولید ناخالص داخلی است. مدل رگرسیونی پیشنهادی محققین به قرار رابطه (۲) است:

$$WPI_t = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 AVA_t + \\ + \beta_3 HDI_t + \beta_4 POP_t + \varepsilon_t \quad \text{رابطه ۲)}$$

با توجه به هدف مطالعه حاضر یعنی بررسی عوامل اقتصادی موثر بر فقر آب [که یک مقدار بین صفر و یک است].مدل مناسب برای این گونه متغیرهای وابسته که بین صفر و یک قرار می‌گیرند، مدل رگرسیون سانسور شده است که در تحقیق حاضر از آن استفاده شده است. چرا که مقادیر متغیر وابسته را در مقداری بین صفر تا یک نگه داشته و مقادیر کمتر از صفر و بیشتر از یک را سانسور می‌نماید. به عبارت دیگر مقادیر شاخص فقر آب خارج از بازه صقر تا یک باید سانسور یا حذف شوند.

یافته ها

همان طور که در جدول ۵ مشخص است شاخص فقر آب از حدود ۰/۵ در سال ۱۳۶۸ به ۰/۷ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است که این گواهی بر وخیم تر شدن وضعیت منابع آب در ایران است. تمامی زیرشاخص‌های تشکیل دهنده فقر آب وضعیت بدتری را در انتهای دوره نسبت ابتدای دوره مورد بررسی نشان می دهند. وضعیت زیر شاخص‌های فقر آب به تنهائی آمار نگران کننده ای را از وضعیت منابع آب و تخریب محیط زیست را به نمایش گذاشته است.

جدول ۵- محاسبه شاخص فقر آب و زیر شاخص‌های تشکیل دهنده آن برای ایران

Table 5: Calculation of the water poverty index and its constituent sub-indices for Iran

تمامیت زیست محیطی	استفاده از منابع آب	منابع آب	دسترسی به آب	ظرفیت سفره‌های زیر زمینی	فقر آب	سال
Environmental integrity	Use of water resources	water resources	Access to water	capacity of underground aquifers	Water Powerty	Year
0.869	0.433	0.797	0.845	0.628	0.49	1368
0.858	0.426	0.783	0.821	0.615	0.51	1369
0.847	0.405	0.761	0.789	0.599	0.51	1370
0.836	0.484	0.753	0.713	0.576	0.54	1371
0.825	0.544	0.735	0.656	0.554	0.56	1372
0.854	0.571	0.727	0.689	0.568	0.57	1373
0.803	0.739	0.689	0.738	0.558	0.55	1374
0.792	0.778	0.681	0.74	0.553	0.56	1375
0.781	0.698	0.673	0.751	0.551	0.55	1376
0.77	0.549	0.655	0.691	0.529	0.61	1377
0.759	0.748	0.637	0.628	0.506	0.6	1378
0.748	0.638	0.669	0.618	0.509	0.62	1379
0.767	0.869	0.671	0.523	0.49	0.65	1380
0.726	0.487	0.673	0.61	0.502	0.66	1381
0.715	0.771	0.685	0.588	0.497	0.65	1382
0.704	0.752	0.697	0.597	0.499	0.64	1383
0.693	0.582	0.609	0.639	0.485	0.65	1384
0.682	0.434	0.591	0.597	0.468	0.68	1385
0.661	0.701	0.583	0.573	0.454	0.69	1386
0.66	0.885	0.565	0.592	0.454	0.67	1387
0.649	0.577	0.547	0.486	0.421	0.68	1388
0.658	0.713	0.539	0.441	0.41	0.69	1389
0.627	0.398	0.531	0.436	0.398	0.71	1390
0.636	0.581	0.543	0.401	0.395	0.7	1391
0.645	0.741	0.565	0.415	0.406	0.69	1392
0.694	0.739	0.513	0.473	0.42	0.71	1393
0.637	0.738	0.551	0.456	0.398	0.71	1394

نتایج تخمین رابطه (۲) به شرح جدول ۶ است.

جدول ٦- نتایج برازش الگوی رگرسیونی توبیت تاثیر عوامل اقتصادی بر فقر آب

Table 6: The results of fitting the Tobit regression model, the effect of economic factors on water poverty

متغیر	ضرایب	آماره z	احتمال
Variabl	Coefficient	Z Stat	Probability
HDI	0.04356	4.16507	0.0008
AVA	0.17815	4.39412	0.0006
LGDP	0.04988	5.28961	0.0002
LPOP	0. 77848	5.12493	0.0001
C	-1.71623	-5.42525	0.0000
میانگین متغیر وابسته Mean of Dep Variable	0.63470	انحراف معیار متغیر وابسته Standard Deviation of Dep Variable	0.7549
انحراف معیار رگرسیون Regression Standard Deviation	0.01101	معیار آکائیک Akaick Criterion	5.98721
مجموع مربعات خطاها ESS	0.00254	معیار شوارتز Schoartz Criterion	5.69924
حداکثر درست نمائی Max likelihood	86.8273	معیار حنان کوئین Hannan-QuinneCriterion	5.90158

منبع: یافته‌های پژوهش

Source: Research Findings

مقدار حداکثر راست نمائی ۸۶/۸۲۷ شده است. لذا با توجه به مقدار احتمال آماره نسبت درست نمائی (α=۰/۰۰) ارائه شده کل الگوی رگرسیونی برآوردی از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقدار این آماره نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل مدل، متغیر وابسته را در سطح بالائی توضیح می‌دهند. مقادیر مربوط به آماره نیکوئی برازش مدل مقادیر قابل قبولی را نشان می‌دهند. با توجه به شاخص های فوق الذکر مدل فوق قابل اطمینان برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی است.

ستون ارزش احتمال یا معنی داری ضرایب در جدول ۶ نشان می‌دهد که نسبت ارزش افزوده بخش کشاورزی به تولید ناخالص داخلی (شاخص سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی)، شاخص توسعه انسانی و لگاریتم تولید ناخالص داخلی و لگاریتم جمعیت از لحاظ آماری در سطح آزمون ۱ درصد تاثیر معنی داری بر فقر آب دارد. از نظر جهت تاثیر، بر اساس نتایج حاصل از تخمین مدل جهت تاثیر شاخص جمعیت بر شاخص فقر آب مثبت است. یعنی با افزایش جمعیت، فقر آب افزایش می‌یابد. جهت تاثیر شاخص توسعه انسانی مورد استفاده بر شاخص فقر آب مثبت است. یعنی با افزایش شاخص توسعه انسانی، فقر آب افزایش یافته است. هر چند که در نگاه اول مثبت شدن این ضریب عجیب است ولی اگر این شاخص را به عنوان شاخص توسعه‌ای و شهرنشینی کشور در نظر بگیریم، به راحتی ملاحظه می‌شود که توسعه اقتصادی، اجتماعی و شهرنشینی که در طی سالها و دهه-های گذشته تجربه کرده‌ایم سبب افزایش بی‌رویه تقاضای مصرفی همه کالاها و خدمات از جمله آب شده است که به نوبه خود سبب به خطر افتادن امنیت آب و به سخن دیگر سبب افزایش فقر آب شده است. جهت تاثیر تولید ناخالص داخلی بر شاخص فقر آب مثبت است. یعنی با افزایش تولید ناخالص داخلی، فقر آب افزایش می‌یابد. جهت تاثیر نسبت ارزش افزوده بخش کشاورزی به تولید ناخالص داخلی بر شاخص فقر آب مثبت است. یعنی با افزایش سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی، فقر آب افزایش می‌یابد.

بحث و بررسی

بر اساس مباحثی که در مقدمه و بررسی مطالعات تجربی پیشین مرورگردید و با توجه به بررسی منابعی که در مورد عوامل موثر بر فقر آب و مطالعه تجربیات پیشین سایر محققین در سایر مناطق، کشورها و اقتصادها بررسی شد. اثر جمعیت، تولید ناخالص داخلی، شاخص توسعه انسانی و ارزش افزوده بخش کشاورزی بر شاخص فقر آب در ایران مثبت است. از این جهت یافته‌های این مطالعه با یافته‌های مطالعات یافته‌های چاو و همکاران (۲۲)، آسیائی هیر و همکاران (۱۳)، ژیائو جون و همکارن (۹) و مانانداز (۷) سازگاری دارد.

روند رو به گسترش استفاده از منابع آب طی دوره مورد بررسی به علت رشد جمعیت، رشد اقتصادی و نیز سیاست‌های سازندگی

پس از جنگ و همچنین عوامل زیست محیطی و تغییرلات اقلیمی منجر به افزایش فقر آب در ایران شده‌اند. تلاش‌های بسیاری از مدیران با عناوینی هم چون احیای تمدن کهن و زیرساخت‌های شگفت انگیز گردشگری خراسان به قطب کشاورزی و صنعتی و تبدیل این استان با شرایط بحرانی منابع آب سطحی و زیر زمینی که با آن رو به روست به قطب صنایع غذائی و استقرار صنایع آب بری مانند فولاد و تبدیل شهرستان یزد در قلب فلات خشک و نیمه خشک ایران مرکزی به قطب صنعت فولاد، تنها نمونه‌ای از از موارد ضعف مدیریت در عدم توجه به توان‌های اکولوژیکی مناطق در ایران است. نبود و یا ضعف مدیریت صحیح منابع آب محدود به موارد ذکر شده در بالا نیست و به آن باید فهرست بلند بالای مدیریت سازه‌ای، سرمایه گذاری محدود و توزیع ناعادلانه آن در بخش کشاورزی، عدم نظارت بر برداشت آب از منابع، عدم تدوین الگوی کلان کشت مناسب با شرایط محیطی، تمرکز جمعیت در کلان شهرها، حمایت ناکافی از روش‌های آبیاری نوین را نیز اضافه نمود.

نتیجه گیری

در این مطالعه پس از مروری بر مطالعات تجربی پیشین در زمینه فقر آب و بیان تعاریف دقیق از مقوله فقر آب که توسط سازمان-های بین المللی مربوطه و محققان متخصص در این زمینه در سایر مناطق جهان صورت گرفت، به اهمیت موضوع مسئله فقر آب و بحران آبی حال حاضر و پیش روی کشورمان پرداخته شد. سپس با استفاده از نظریه سیستم چند شاخصه فاجعه و استفاده از تابع عضویت بالقوه شاخص فقر آب برای ایران به خاطر در دسترس نبودن داده‌ها و اطلاعات لازم برای برخی از سال‌ها طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۴ محاسبه و مقایسه گردید. سپس با استفاده از مدل رگرسیونی توبیت به برآورد تاثیر متغیرهای اثر گذار بر فقر آب طی این دوره پردا خته شد. همان طور که از جدول ۵ مشخص است، وضعیت فقر آب و شاخص‌های زیر مجموعه سیستم فقر آب سیر پر نوسان و در بیشتر موارد نزولی دارند. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان دهنده این موضوع است که وضعیت منابع آبی کشور به مرور در حال بدتر شدن است و به عبارت دیگر ایران از نظر منابع آب در حال فقیرتر شدن است. بحرانی بودن وضعیت منابع آب ایران حتی بدون نگاه به آمار و ارقام نیز ملموس به نظر می‌رسد. تجربه نامناسب سال‌های اخیر نظیر خشک شدن رودخانه‌ها و دریاچه‌های طبیعی کشور بیانگر وضعیت بحرانی فقر آب در ایران است. موضوعی که اگر با نگاه کارشناسانه و دقیق به آن پرداخته نشود و راه حل مدیریتی برای آن در نظر گرفته نشود، قطعاً به بهتر شدن اوضاع موجود کمک نکرده و منجر به بدتر شدن شرایط کنونی نیز خواهد شد. متأسفانه در ایران در سال‌های گذشته تنها راه حل این مشکل را ایجاد سدهای گوناگون در مسیر رودخانه‌های بزرگ و مهم که شریان حیاتی محیط زیست مناطق حاشیه‌ای آن رودخانه‌ها هستند، تلقی نموده‌اند. به عبارت دیگر احداث سدهای گوناگون و غیرضروری در سرتاسر مسیر رودخانه ها چرخه طبیعی اکو سیستم منطقه را بر هم زده است. مسئله‌ای که حتی بدون مراجعه به آمار و اطلاعات می‌توان به آن پی برد یا کافی است فقط به حافظه تاریخی خود مراجعه کرد این است که در سال‌های نه چندان دور میزان نزولات جوی در فصول بارشی بسیار بیشتر از وضعیت حال حاضر بود.

بر اساس یافته‌های تحقیق وضعیت فقر آب در ایران تشدید شده است. بر اساس محاسبات زیر شاخص‌های تشکیل دهنده شاخص فقر آب، نتایج نشان می‌دهند که استفاده از منابع آب روند به شدت فزاینده‌ای را در دوره مورد بررسی طی کرده است. زیر شاخص تمامیت زیست محیطی از ۰/۸۷ در سال ۱۳۶۸ به ۰/۶۴ در سال ۱۳۹۴ رسیده است. خشک شدن اکثر تالاب‌ها، دریاچه‌ها، تجربه خشک شدن زاینده رود، دریاچه ارومیه، تالاب گاو خونی، دریاچه هیرمند و بسیاری دریگر از منابع آب سطحی در سال‌های اخیر موید این مطلب است. کاهش زیر شاخص منابع آب و افزایش زیرشاخص استفاده از منابع آب طی دوره مورد مطالعه، دلیلی به جز سو مدیریت منابع و مصارف آب و عدم کنترل تقاضای آب بر اساس عرضه آب ندارد.

بر اساس یافته‌های حاصل از مدل رگرسیونی تحقیق این نتیجه حاصل شد که رشد اقتصادی در کنار توسعه اقتصادی که صنعتی شدن و گسترش شهر نشینی را به همراه می‌آورد و موجب ناامنی آب و گسترش فقر آب می‌گردد. اگر وضع به همین منوال ادامه پیدا کند و مدیریت منابع آب به همین صورت ادامه یابد موجب کاهش امنیت آب و بدتر شدن فقر آب می گردد. بر این اساس پیشنهاد می گردد که به جای نگرش به داشتن رشد اقتصادی بالا به عنوان هدف و یا رسیدن به توسعه اقتصادی به هر نحوی، به مقوله توسعه اقتصادی پایدار و رشد اقتصادی سبز بیش از پیش توجه شود. در غیر این صورت ادامه روند کنونی در برداشت بی رویه از منابع آب، ارمغانی به جز از بین رفتن منابع طبیعی، منابع انرژی خشک شدن دریاچه ها تالاب‌ها و رودخانه ها ندارد. پیشنهاد می‌گردد صادرات محصولات آب‌بر متوقف و تأمین آن از محل واردات حتی با قیمت تمام‌شده بالاتر صورت گیرد.

بر اساس یافته‌های حاصل از مطالعات تحقیق به نظر می‌رسد، هنوز در رفتار و عملکرد اجرایی دولتمردان و برنامه ریزان کشور نشانه های درک ارزش واقعی آب، پیچیدگی موضوع، قبول بروز بحران آب، نیاز به تغییر پارادایم، مسئولیت پاسخگویی و نیاز به مشارکت واقعی و همه جانبه تمام اقشار و آحاد جامعه را آن‌چنان‌که انتظار می‌رود متأسفانه شاهد نیستیم. به علاوه کوتاه

بینی، نگاه بخشی و تک بعدی همین مدیران موجب تمرکز بر نشانه های بحران به جای علل بحران و اعمال مدیریت انفعالی به جای مدیریت فعالانه و پیشگیرانه شده است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که با پذیرش وقوع بحران، تغییر در پارادایم، لزوم استفاده از تجربیات دیگر کشورها در مدیریت منابع آب، بومی سازی تجربیات جهانی، مهار رشد شهرنشینی، بهینه سازی توزیع جمعیت، تغییرات بنیادی در زیرساخت‌های کشاورزی، بالا بردن بهره‌وری کشاورزی، تدوین الگوی مناسب کشت، خرید تضمینی محصولات تولیدی بر اساس الگوی کشت، واقعی شدن قیمت انرژی و آب، ارائه مشوق های لازم به تعاونی های تولیدی روستایی بخش کشاورزی، راه اندازی بازار آب و حمایت از سرمایه گذاری در این بخش و پایش مصرف آب در بخش های مختلف به دغدغه فکری و اجرایی مدیران منجر شده و نرم افزارها و سخت افزارهای مورد نیاز فراهم گردد تا بتوان انتظار بهبود در شرایط و عبور از بحران را داشت. به طور مثال در مورد زاینده رود، جلوگیری از برداشت‌های بی رویه، حمایت مالی و فکری از کشاورزان، مدیریت مصرف آب و اقداماتی از این قبیل می تواند آب را به زاینده رود برگرداند.

بر اساس یافته‌های حاصل از تخمین مدل تحقیق پیشنهاد می‌گردد: سیاست‌مداران، روشنفکران، گروه‌های مرجع و آحاد جامعه خود را برای انتخاب های سخت و پذیرش نظرات کارشناسانه و ریاضتی آماده کرده و تا دیر نشده دست به اقدام عملی بزنند. بر اساس مطالعات تحقیق به نظر می‌رسد: دولت‌مردان این مرز و بوم راه عبور از بحران و رسیدن به شرایط مطلوب را ساده، سطحی، کوتاه مدت و بدون مشارکت همگانی و عزم ملی می‌پندارند و از عمق بحران، پیچیدگی و چند بعدی بودن موضوع آگاهی لازم را ندارند. هم چنین صداقت و دلسوزی واقعی نسبت به آینده کشور و مردم آن‌چنان‌که باید و شاید وجود ندارد و قادر به گره گشایی از بحران نیست.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر اصول اخلاقی پژوهش رعایت شده است.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: رضا رنج پور، سید کمال صادقی، امین تسلیمی؛ روش شناسی و تحلیل داده‌ها: رضا رنج پور، امین تسلیمی؛ نظارت و نگارش نهایی: رضا رنج پور، سید کمال صادقی، محمد علی متفکر آزاد، داود بهبودی، امین تسلیمی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. OECD. Water: The environmental outlook to 2050. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) Pub. 2015; https://www.oecd.org/env/resources/49006778.pdf
2. Mohammad Jani E & Yazdanian N. Analysis of the water crisis situation in the country and its management requirements. Ravand. 2014; 21 (65): 117-144. (In Persian) https://www.sid.ir/paper/202249/fa
3. Mascarenhas M. Redefining water security through social reproduction: lessons learned from Rajasthan's Ocean of Sand. IDS Bulletin. 2012; 43 (2): 51–58. https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/20.500.12413/7476
4. Falkenmark M, Berntell A, Ja¨gerskog A, Lundqvist J, Matz M & Tropp H. On the verge of a new water scarcity: A call for good governance and human ingenuity. SIWI Policy Brief. Stockholm International Water Institute (SIWI) Pub. Stockholm. 2007. https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/handle/10535/5086 or: https://siwi.org/publications/on-the-verge-of-a-new-water-scarcity/
5. Wescoat JL, Headington L & Theobald R. Water and poverty in the United States. Geoforum. 2008; 38 (5): 801–814. https://www.researchgate.net/publication/2

48433932_Water_and_Poverty_in_the_United_States
6. Shakya B. Analysis and mapping water poverty of Indrawati Basin. World Wide Fund for Nature Nepal Report 70. 2012. https://wwf.panda.org/wwf_news/?205791/Water-Poverty-of-Indrawati-Basin---Analysis-and-Mapping
7. Manandhar S, Pandey VP & Kazama F. Application of water poverty index (WPI) in Nepalese context: a case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management. 2012; 26 (1): 89-107. https://ideas.repec.org/a/spr/waterr/v26y2012i1p89-107.html
8. Van der Vyer C. Water poverty index calculation: additive or multiplicative function. Journal of South African Business Research. 2013; 2013: 1-11. https://www.researchgate.net/publication/277888785_Water_Poverty_Index_Calculation_Additive_or_Multiplicative_Function
9. Xiao-jun W, Jian-yun, Z, Shahid S, Xing-hui X, Rui-min H & Man-ting S. Catastrophe theory to assess water security and adaptation strategy in the context of environmental change. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2014; 19 (4), 463-477. https://econpapers.repec.org/article/sprmasfgc/v_3a19_3ay_3a2014_3ai_3a4_3ap_3a463-477.htm
10. Rajabi Hashtjin M & Arab D. Water poverty index: An efficient tool to assess the state of the world's water resources. 2nedWater Resources Management Conference. Isfahan, Feb. 2008. (In Persian) https://www.sid.ir/paper/815730/fa
11. Zargar Pour R. & Nourzad A. Presenting a conceptual model and formulating an integrated water resources management model with an emphasis on the country's water security. Iran's Water Resources Research. 2009; (5) 3: 1-13. (In Persian) https://www.sid.ir/paper/463196/fa
12. -Jaberzadeh M. Estimation of water poverty index in the provinces of the country. Proceedings of the 7th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering. Tehran. Dec. 2014. (In Persian) https://civilica.com/doc/318899.
13. -Asiabi Hir R, Mostafazadeh R, Raoof M & Esmali Ouri A. Predicting drought using statistical methods and large-scale climate signals. Journal of Extension and Development of Watershed Management. 2015; 11 (3): 23-17. (In Persian) https://www.magiran.com/paper/1667989
14. Hemmati B, Foruzani M, Yazdanpanah M & Kosravipour B. Comparison application of the analytic network process (ANP) and analytic hierarchy process (AHP) in analysis of the agricultural water poverty index: The case of Dezful county. Iranian Agricultural Extension and Education Journal. 2015; 2 (2): 203-221. (In Persian) http://www.iaeej.ir/article_13961.html
15. Sullivan C, Meigh J & Lawrence P. Application of the water poverty index at different scales: A cautionary tale. Water International. 2006; 31 (3): 412–426. https://www.researchgate.net/publication/43996252_Application_of_the_Water_Poverty_Index_at_Different_Scales_A_Cautionary_Tale
16. Jemmali H & Sullivan C. A. Multidimensional analysis of water poverty in MENA region: An empirical comparison with physical indicators. Social Indicators Research. 2014; 115 (1): 253-277. https://www.jstor.org/stable/24720226
17. Gleick PH, Chalecki EL & Wong A. Measuring water well-being: water indicators and indices. In: Gleick, P. (Ed.): The World's Water. Island Press Pub, Washington. 2002. https://www.researchgate.net/publication/284160099_On_methods_for_assessing_water-resource_risks_and_vulnerabilities
18. Rockström J, Falkenmark M, Karlberg L, Hoff H, Rost S & Gerten D. Future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change. Water Resources Research. 2009; 45 (7):125-232. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2007WR006767
19. Komnenic V, Ahlers R & Zaag P. 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, Parts A/B/C. 2009; (34): 219-224.

https://www.researchgate.net/publication/223325377_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

20. Wang W, Liu S, Zhang S & Chen J. Assessment of a model of pollution disaster in near-shore coastal waters based on catastrophe theory. Ecological Modelling. 2011; 222 (2): 307-312 . https://www.researchgate.net/publication/251562264_Assessment_of_a_model_of_pollution_disaster_in_near-shore_coastal_waters_based_on_catastrophe_theory
21. Sullivan, C. Calculating a water poverty index. World Development. 2002; 30 (7): 1195–1210. https://www.ircwash.org/sites/default/files/Sullivan-2002-Water_0.pdf
22. Cho, D. I., Ogwang, T., & Opio, C. (2010). Simplifying the water poverty index. Social indicators research, 97(2), 257-267. https://www.jstor.org/stable/40649368

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی