

EXTENDED ABSTRACT

Investigating and Selecting of Assessment Indexes for Sustainable Water Management at Watershed Scale

M. Rahmani¹, K. Davary^{2*}, L. Abolhasani³, M. S. Teimori⁴ and M. Shafiei⁵

1- Ph.D. Student of Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

2*- Corresponding Author, Professor Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (K.davary@gmail.com).

3- Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

4- Assistant Professor of Ecology, ACECR, Mashhad, Iran.

5- Member Research Staff of the Hydroinformatic Department, East Water and Environmental Research Institute (EWERI), Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23 June 2019

Revised: 10 December 2019

Accepted: 14 December 2019

Keywords:

Socio-Economic component,
Decision making, Sustainability,
Water resources.

TO CITE THIS ARTICLE:

Rahmani, M., DAVARY, K., Abolhasani, L., Sabet teimouri, M., Shafiei, M. (2021). 'Investigating and Selecting of Assessment Indexes for Sustainable Water Management at Watershed Scale', *Irrigation Sciences and Engineering*, 44(1), pp. 141-154. doi: 10.22055/jise.2019.29535.1852.

Introduction

In recent years, water resources management has faced many challenges due to poor water governance and management, increasing demand, industrial and agricultural development, and unbalanced water allocations for various uses (Global Water Partnership, 2006). Sustainable development provides solutions for development in order to solve economic, social and environmental problems. The study of the relationship between economic, social and environmental processes in management approaches has been accepted as a sustainable development, but managers and decision makers still have difficulty in applying and evaluating this relationship. In order to evaluate a system, a set of indicators is needed that can be used to examine a system in different aspects, reflecting current or future issues. The World Water Assessment Program (WWAP) (2003) reports on the importance of indicators in streamlining information about integrated water resources management and the establishment of effective communication between different departments in water management. So far, several studies have been conducted in the country on the evaluation of the results of plans for management of water resources and consumptions (Arshadi & Bagheri, 2014; Karamouz & Mohammadpour, 2017). In these studies, most of the researchers have not had a basin view, and have not been consistent with all the components of sustainability, especially the environmental and institutional components. The present study was carried out by reviewing previous studies with some concepts, with the aim of identifying important indicators in water management assessment, assessing the performance of indicators related to water management against a set of sustainability components, and finally extracting and introducing indexes appropriate to dry and semi-dry conditions.

Methodology

By reviewing the common indicators of water management in the world, 200 indicators for sustainable water management were identified and the evaluation matrix was designed to identify and describe the indicators and to define new indicators based on their classification (main information in each index, including the name, a brief description, the calculation method and the scale of application were formed). In order to evaluate the indicators based on the components of sustainability, it was necessary that the views of different groups as decision makers, including executive managers, experts, water sector experts, university professors and people with diverse specializations in the field of economic, social, environmental and institutional sciences on the aspects of the use of indicators be studied and group consensus be reached to achieve the results. The method of selecting experts in this study was purposeful and the data collection tool was oral interview and questionnaire using Delphi method. In the first stage, the selection and evaluation of indicators was aimed at eliminating indices with the same concept and selecting indicators that were proportional to the SMART criterion. In the second stage, the evaluation of the indicators was based on the suitability of each indicator to be used in the basin scale, and in the third stage, the final indices should be selected from among the primary indicators, so that they can be analyzed by taking the components of stability into account. To this end, decision makers were asked to evaluate the evaluation process for the indicators for the management of the catchment basin based on the fuzzy numbers for the nine-point scale according to the four components of development (economic, social, environmental and institutional) Likert's (Habibi *et al.*, 2015). In order to reach consensus in the opinions of decision-makers, the data obtained from the questionnaire were classified and analyzed using the principles of descriptive statistics and the fuzzy Delphi method.

Results and discussion

In this study, the indices of sustainable water management have been studied based on sustainability components analysis at watershed scale. About 200 indices were selected from the literature and presented in the form of evaluation matrix and questionnaire to decision makers. In total, 10 questionnaires were distributed among decision-makers and interviewees. In the first stage of the study, in which the SMART scale of indices and the removal of indices with similar meanings were considered, 120 indexes were left for the second stage, based on their suitability for use in the watershed scale (54 indices were excluded). In the third stage, 66 indices were used as indices of water management with the aim of determining the sustainability components, by completing the questionnaire and considering the meanings obtained by considering experts' opinions and the fuzzy Delphi approach. The results of analyzing the questionnaires show that 30 indices (45%) are consistent with most of the components of sustainability. These indices describe a wide range of issues related to water resources. Thirty indices are two-dimensional, which means that they are consistent with two components of sustainability. These indices are distinguished by considering more than one aspect of sustainability, such as the "the number of existing and operational participatory guidelines", which is one of the highest scores for the institutional component (8.66). Six indexes are one-dimensional that satisfy a sustainability component. One-dimensional indices should not be recognized as a constraint as a feature because they are interesting tools that are from the angle specific aspects taking into account the different aspects of water consumption and management. An interesting example is the nitrate and the nitrite index in groundwater. This is a very relevant index of the environmental quality of water and, in fact, it has obtained a very high score for the environmental components (8.88). The index with the highest average score (7.8) was the "Relative water stress" index, which measures water withdrawal of drinking, industrial, and agricultural sectors relative to water reserves. The "Relative water stress", along with the "dependency ratio to adjacent basins" and the "index of non-sustainable water use", were the only indices that were consistent with all the four dimensions of sustainability. In the main text of the article, the list of the indices is given.

Conclusion

The results showed that 55% of the indices did not meet most of the sustainability components and did not consider the comprehensive and multidimensional perspectives of sustainability. However, 30 key indicators of water consumption and management among the existing indicators have satisfied the majority of sustainability components. Identifying these indicators can provide a significant contribution to assessing sustainability in water sector. Water managers can use these indicators for setting targets, and monitoring progress in water management programs and water management information systems.

Acknowledgments

The authors would like to thank the experts of regional water company of Khorasan Razavi, Khorasan Razavi agricultural jihad organization and other organizations for their consultation and cooperation in completing the questionnaires and providing the information and facilities needed for this research.

References

- 1- Arshadi, M. and Bagheri, A., 2014. A system dynamic approach to sustainability analysis in karun river basin, Iran, *Water Resources Research*, 9(3), pp. 1-13. (In Persian).
- 2- Global Water Partnership (GWP), 2006. Setting the Stage for Change. *Second Informal Survey by the GWP Network Giving the Status of the 2005 WSSD Target on National Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*. 84 pp.
- 3- Habibi, A., Firouzi Jahantigh, F. and Sarafrazi, A., 2015. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*. 5(2), pp. 130-143.
- 4- Karamouz, M. and Mohamadpour, P., 2017. Water balance based sustainability analysis of supply and demand, towards developing a hybrid index (case study: aharchay watershed). *Iran Water Resources Research*, 12(4), pp. 1-11. (In Persian).
- 5- WWAP- World Water Assessment Program., 2003. Water for People, Water for life. *The 1st edition of this report was launched on World at the 3rd World Water Forum in Kyoto, Japan*.



© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

بررسی و انتخاب شاخص‌های ارزیابی مدیریت پایدار آب در حوضه‌های آبریز

مهسا رحمانی¹، کامران داوری²، لیلی ابوالحسنی³، مژگان ثابت تیموری⁴ و مجتبی شفیع⁵

1- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

2- نویسنده مسئول، استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. K.davary@gmail.com

3- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

4- استادیار پژوهش گروه مدیریت و برنامه‌ریزی گردشگری، پژوهشکده گردشگری، جهاد دانشگاهی مشهد.

5- استادیار پژوهش، گروه هیدروانفورماتیک، مرکز پژوهشی آب و محیط‌زیست شرق مشهد.

پذیرش: 1398/9/23

بازنگری: 1398/9/19

دریافت: 1398/4/2

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین محورهای توسعه و زیربنای رفاه اقتصادی و اجتماعی هر کشوری می‌باشد و ارزیابی مدیریت آب، بخشی ضروری از فرایند پیاده‌سازی و اجرای برنامه‌ها و پروژه‌ها محسوب می‌شود. شاخص‌های ارزیابی ابزاری قوی برای تصمیم‌گیران و مدیران آب در سطح حوضه‌های آبریز، به منظور فهم نقاط ضعف و قوت تصمیمات بوده و همچنین سبب اتخاذ سیاست‌های مناسب برای بهبود مدیریت منابع می‌باشند. هدف پژوهش حاضر بررسی و انتخاب شاخص‌هایی منطبق بر مؤلفه‌های پایداری (شامل اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی) در ارزیابی مدیریت آب در مقیاس حوضه آبریز می‌باشد. روش پژوهش بر مبنای توصیفی - پیمایشی و با ابزار مصاحبه و پرسش‌نامه بوده است. پس از بررسی و استخراج شاخص‌های اولیه، شاخص‌های پایداری نهایی از طریق پرسش‌نامه‌های دلفی جمع‌آوری و با استفاده از روش دلفی فازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. الگوی ارائه شده متشکل از 200 شاخص مدیریت آب بر مبنای تعریف چهار مؤلفه پایداری در مقیاس حوضه آبریز می‌باشد. نتایج نشان داد که از 200 شاخص بررسی شده، در مرحله نهایی، تنها 66 شاخص با در نظر گرفتن مؤلفه‌های پایداری انتخاب شدند. بر مبنای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی مؤلفه‌های پایداری، 30 شاخص مطابق با حداقل سه مؤلفه پایداری (سه یا چهاربعدی)، 30 شاخص دویبعدی (مطابق با دو مؤلفه) و شش شاخص یک‌بعدی (تنها مطابق با یک مؤلفه) به دست آمده‌اند. شاخص‌های به دست آمده می‌توانند به عنوان مبنایی در ارزیابی برنامه‌های مدیریت آب در حوضه‌های آبریز کشور مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: مؤلفه‌های اقتصادی - اجتماعی، تصمیم‌گیری، پایداری، منابع آب.

مقدمه

ارزیابی یکی از ارکان اصلی مدیریت می‌باشد. «ارزیابی» بررسی نظام‌مند و بی‌طرفانه در مورد یک برنامه طرح‌ریزی شده، در حال اجرا یا پایان‌یافته است. هدف ارزیابی تبیین رابطه اهداف، کارایی، اثربخشی، اثرات و پایایی سیاست‌ها، به منظور تجمیع و ترکیب درس‌های آموخته‌شده و ارائه آن به فرایند تصمیم‌گیری است (Kusek and Rist, 2004; Anonymous, 2007). مدیران می‌توانند با توجه به نتایج ارزیابی از جهت و سرعت حرکت خود به سمت اهداف، اطمینان حاصل نمایند. برای ارزیابی یک سیستم نیاز به مجموعه‌ای از شاخص‌ها است که بتواند یک سامانه را از جنبه‌های مختلف بررسی نماید و انعکاس‌دهنده مسائل حال و یا بیان‌گر ناپایداری در آینده باشد. در حقیقت، شاخص را می‌توان سنجه‌ای دانست که وضعیت یک سیستم را منعکس می‌کند. به عبارت دیگر، یک شاخص یک پارامتر یا مقدار به دست آمده از پارامترها است که با توجه به وضعیت سیستم (جامعه، اقتصاد، محیط‌زیست و ...) اطلاعاتی را در مورد آن ارائه داده و موقعیت پدیده‌ها و محیط‌زیست و همچنین اهمیت توسعه‌ای که مستقیماً به مقدار پارامتر مرتبط

یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها در بسیاری از کشورهای جهان، تأمین آب در راستای توسعه پایدار است. در سال‌های اخیر به دلیل حکمرانی و مدیریت نامناسب منابع آب، افزایش تقاضا، توسعه صنعتی و کشاورزی و تخصیص نامتعادل آب به مصارف مختلف، مدیریت حوضه‌های آبریز با چالش‌های بسیاری مواجه شده است (Global Water Partnership (GWP), 2006). توسعه پایدار راه‌کارهایی را برای توسعه در جهت حل مشکلات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارائه می‌نماید. بررسی روابط میان فرایند-های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در رویکردهای مدیریتی به عنوان توسعه پایدار پذیرفته شده اما مدیران و تصمیم‌گیران هنوز در به کارگیری و ارزیابی آن با مشکل مواجه هستند. یک اصل قدیمی و به خوبی اثبات شده بیان می‌کند که «اگر نتوانید چیزی را اندازه‌گیری کنید، نمی‌توانید آن را بهبود ببخشید». این اصل به همان اندازه برای مدیریت پایدار منابع آب صادق است که برای مدیریت هر نوع دیگری از فعالیت‌های انسانی صدق می‌کند. لذا

ارزش‌های مشترک، مقررات و قوانین) می‌باشد که چارچوب تعامل بین سازمان‌ها را توصیف می‌نماید (Lundvall and Tomlinson, 2002).

محققان مختلف در مطالعات خود به شاخص‌های متعددی با توجه به اهدافشان اشاره نموده‌اند (Hak et al., 2012). به طور مثال در برنامه ارزیابی آب سازمان ملل متحد یک آرایش بسیار وسیع از شاخص‌ها به منظور پایش وضعیت، کاربرد و مدیریت منابع آب برای طیف وسیعی از اهداف ارائه شده است (WWAP, 2012). Vollmer et al. (2016) بررسی جامعی روی کاربردهای مورد نظر برای شاخص‌های مدیریت آب از نظر استفاده برای کاربران نهایی، مشارکت ذی‌نفعان و مقیاس جغرافیایی برای هر شاخص ارائه دادند. شاخص‌های مناسب برای ارزیابی بایستی با اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوطه (کمی و کیفی) اطلاعات را به شیوه‌ای آسان و قابل درک انتقال دهند (Kurka and Blackwood, 2013).

Alsalmi et al. (2013) در تحقیقات خود، مجموعه‌ای از شاخص‌های پایداری آب برای امارات متحده عربی را تعریف نمودند. چارچوب پیشنهادی آن‌ها شامل 19 نشانگر بود که به چهار دسته شامل: دسترسی به آب، کیفیت آب، بهره‌وری استفاده از آب، و سیاست و حکمرانی آب تقسیم می‌شدند. این محققان با استفاده از یک رویکرد علت یک‌پارچه (DSR - نیروی محرک، وضعیت، پاسخ) شاخص‌ها را از لحاظ وابستگی متقابل آن‌ها با یک دید کلی در چرخه آب شهری مرتبط نمودند.

قابل ذکر است در مراجع مختلف جهت ارزیابی از مفهوم نشانگر (indicator) و شاخص (index) و گاهی هر دو استفاده شده است. نشانگر و شاخص دو واژه با معانی مختلف می‌باشند. نشانگرها تغییرات و تحولات یک پدیده را نشان می‌دهند، اما به طور صریح و دقیق نمی‌توانند درباره نوسان‌ها قضاوت کنند. اما شاخص‌ها قادر هستند که در مورد نوسان‌ها قضاوت‌های ارزشی کنند و بر مبنای آن‌ها پژوهشگر یا تحلیل‌گر می‌تواند به صراحت پدیده‌ای را مورد ارزیابی قرار دهد. برای پی‌بردن دقیق به تحولات یک پدیده با کمک نشان‌گرها نیاز است که تحلیل‌هایی نیز صورت گیرد. اما شاخص‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که نیازی به تحلیل نداشته باشد و حداقل حالت ممکن را متصور می‌شوند (Anonymous, 2006). بر اساس این ویژگی خاص، طی دو دهه اخیر سعی شده که کمتر از نشانگرها در سیاست‌گذاری‌ها و بررسی‌ها استفاده شود. در این مطالعه نیز واژه شاخص مد نظر است. در شکل (1) ارتباط بین داده‌ها، نشانگر و شاخص و همچنین نحوه تبدیل دانش و علم به سیاست‌گذاری نشان داده شده است (Monzonís et al., 2015).

می‌شود را توصیف می‌نماید (Spangenberg, 2004; Vrba and Lipponen, 2007).

در سال 1992 در دوبلین در کنفرانس آب و محیط‌زیست سازمان ملل، کارشناسان خواستار رویکردهای جدید برای ارزیابی و مدیریت منابع آب شدند. نتیجه این کنفرانس اطلاعیه دوبلین در مورد آب و توسعه پایدار بود (United Nations, 1992). هم‌چنین کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد محیط‌زیست و توسعه در ریو در ژوئن 1992، به کشورها توصیه می‌کند که اصل دوبلین را اعمال کنند و آن را به برنامه عملیاتی برای مدیریت منابع آب خود اضافه نمایند. براساس برنامه ارزیابی جهانی آب سازمان ملل متحد یک چالش جهانی برای قرن بیست و یکم، مدیریت منابع آب موجود و دسترسی به آب آشامیدنی و بهداشت است (United Nations, 2010). در گزارش سال (2003) این برنامه به اهمیت وجود شاخص‌ها در ساده‌سازی اطلاعات در مورد مدیریت یک‌پارچه منابع آب و ایجاد ارتباط مؤثر بین بخش‌های مختلف در مدیریت آب اشاره شده است. با این وجود، برای فرمول‌بندی شاخص‌ها، آن‌ها نباید تنها به عنوان یک مسئله فنی در نظر گرفته شوند، بلکه باید شامل ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، نهادی و اقتصادی مربوط به پایداری نیز باشند (Spangenberg, 2004). اغلب ابزارهای ارزیابی بر مفاهیم پایداری و توسعه پایدار استوار هستند، بنابراین برای تعیین و استفاده از شاخص‌های مناسب، نیاز به تبیین مفاهیم پایداری و توسعه به صورت قابل توصیف (کمی و کیفی) است. از طرفی پیچیدگی مسائل مربوط به منابع آب در حال افزایش است، لذا مطالعات گسترده‌ای برای ترکیب مفاهیم پایداری صورت گرفته است که مرتبط با مدیریت آب هستند (Loucks and Ashley et al., 2000; Gladwell, 1999; Giupponi et al., 2004; Starkl and Brunner, 2004; et al., 2006). با پذیرش اصول پایداری، انتظار می‌رود که منابع آب در دسترس، نه فقط برای نسل‌های حاضر باید استفاده شود، بلکه برای نسل‌های آتی نیز بایستی حفظ گردد. یکی از مهم‌ترین اصول پایداری شناخته‌شده بر مبنای مؤلفه‌های سه‌گانه شامل پایداری محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد (Cui et al., 2004; Farsari and Ekins et al., 2003; et al., 2004). در واقع پایداری محل تلاقی این سه مؤلفه می‌باشد. ایجاد تعادل و انجام تلفیق بین مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی مستلزم همکاری‌های ضروری، عقد قراردادهای و پیوستن به پیمان‌ها و بالاخره ترتیبات نهادی و مدیریتی می‌باشد و این خود محیط و مؤلفه اصلی دیگری را مشخص می‌کند که همان بعد «نهادی» نام دارد و منظور از آن، هنجارهای رسمی و غیررسمی (عادات مشترک، عرف‌ها، رویه‌های مورد توافق، قواعد،

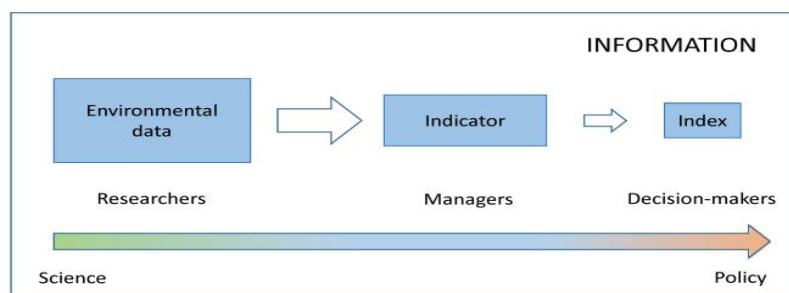


Fig. 1- The relationship between data, indicators and index (Monzonís et al., 2015)
 شکل 1- ارتباط بین داده، نشانهگر و شاخص (Monzonís et al., 2015)

مربوط به مدیریت پایدار آب شناسایی و در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد، ماتریس ارزیابی با هدف شناسایی و توصیف شاخص‌ها و همچنین تعریف شاخص‌های جدید براساس طبقه‌بندی آن‌ها (اطلاعات اصلی در مورد هر شاخص، شامل نام، توضیحات مختصر، روش محاسبه و مقیاس کاربرد) تشکیل گردید. خلاصه مراحل روش‌شناسی در شکل (2) نشان داده شده است. ادامه مراحل پژوهش به طور جزئی شرح داده شده است.

بررسی و انتخاب اولیه شاخص‌ها و چگونگی گزینش نهایی شاخص‌ها با رویکرد دلفی فازی

به منظور بررسی و انتخاب شاخص‌های جمع‌آوری شده براساس مؤلفه‌های پایداری، لازم بود که نظرات گروه‌های مختلف به‌عنوان تصمیم‌گیران از جمله مدیران دستگاه‌های اجرایی، خبرگان بخش آب، استادان دانشگاه و افراد دارای تخصص‌های متنوع در زمینه علوم اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی در مورد جنبه‌های استفاده از شاخص‌ها بررسی شده و اجماع گروهی برای دستیابی به نتایج با توجه به مشکل پیچیده بودن و میان‌رشته‌ای بودن موضوع مورد مطالعه حاصل شود (تعداد 10 نفر). روش انتخاب متخصصین (تصمیم‌گیران) در این مطالعه، به صورت هدفمند و ابزار گردآوری اطلاعات مورد نظر، مصاحبه شفاهی و پرسش‌نامه با استفاده از روش دلفی فازی بود. لذا پس از برگزاری نشست‌های متعدد و تبیین مسئله و بررسی شاخص‌های متعدد، پایایی و روایی محتوای پرسش‌نامه‌ها بررسی و تأیید شد. پس از آن طی سه مرحله مصاحبه‌ها انجام و پرسش‌نامه‌ها تکمیل گردید. در مرحله اول، بررسی و انتخاب شاخص‌ها با هدف حذف شاخص‌های تکراری و با مفهوم مشابه و گزینش شاخص‌های متناسب با معیار SMART مد نظر بود. یکی از روش‌های ارزیابی اولیه شاخص‌ها، استفاده از معیار SMART است که برگرفته از کلمات خاص، قابل اندازه‌گیری، قابل دسترسی، مرتبط و متناسب و داشتن محدوده زمانی بوده که در ذیل تشریح شده‌اند (Bertule et al., 2017). خاص (Specific): یعنی شاخص، مخصوص، معین و صریح باشد به‌طوری که برداشت یکسانی از مفاهیم ایجاد کند.

قابل اندازه‌گیری (Measurable): هر شاخصی که شناسایی می‌شود باید به سادگی قابلیت اندازه‌گیری و سنجش داشته باشد

شناخت و انتخاب مجموعه شاخص‌هایی که توسط آنها امکان ارزیابی وضعیت مدیریت آب در یک حوزه آبریز فراهم باشد بسیار ضروری است. امروزه مفهوم «توسعه پایدار» و بخصوص «مدیریت پایدار منابع آب» توجه بسیاری از تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های آبریز را به خود جلب نموده است و شاخص‌ها و نشانگر-های متعددی در این زمینه ارائه و توصیه شده‌اند. تاکنون در کشور مطالعات متعددی در مورد ارزیابی نتایج طرح‌ها و برنامه‌های مدیریت منابع و مصارف آب انجام شده است (Arshadi and Karamouz and Mohammad pour, Bagheri, 2014). در مطالعات انجام شده، اغلب آنها دیدگاه حوضه‌ای نداشته و منطبق با همه مؤلفه‌های پایداری به خصوص محیط‌زیستی و نهادی نبوده است. پژوهش حاضر با بررسی مطالعات گذشته ضمن بیان برخی مفاهیم، با هدف شناسایی شاخص‌های مهم در ارزیابی مدیریت آب، ارزیابی نحوه عملکرد شاخص‌های مربوط به مدیریت آب در برابر مجموعه‌ای از مؤلفه‌های پایداری و در نهایت استخراج و معرفی شاخص‌های متناسب با شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور انجام شده است. در این مطالعه برای تدوین شاخص‌های پایداری، نشان داده می‌شود که ارتباط مؤلفه‌ها و شاخص‌ها در تحلیل نتایج یک سویه نمی‌باشد و ممکن است آنها با یکدیگر ارتباط و وابستگی متقابل داشته باشند که ارتباط متقابل بین مؤلفه‌ها با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصین مشخص شده و تعیین می‌شود که هر یک از مؤلفه‌ها با کدام یک از مؤلفه‌های دیگر ارتباط دارند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با روش توصیفی - پیمایشی انجام شده است. به‌منظور انتخاب شاخص‌های مناسب برای ارزیابی مدیریت آب، ابتدا مرور گسترده‌ای بر شاخص‌های مرسوم در مدیریت آب در دنیا از طریق بررسی منابع انجام شد (FAO, 2003; GWP, 2006; OECD, 2008; UN, 2017; WWAP, 2003). همچنین به بررسی مقالات مرتبط علمی مربوط به موضوع، از جمله (Aldaya and Llamas, 2008; Hoekstra, 2010; Ding et al., 2010; Bradfor, 2008; Lawrence et al., 2002; Shilling et al., 2014) پرداخته شد. پس از این بررسی، تعداد 200 شاخص به عنوان شاخص‌های

پیچیده در این فرایند به علت عدم وجود داده مورد نیاز برای محاسبه برخی شاخص‌ها در این مقیاس بود. در نهایت شاخص‌هایی که برای این مقیاس کاربرد نداشتند، حذف گردیدند.

در مرحله سوم، می‌بایست شاخص‌های نهایی از بین شاخص‌های باقی‌مانده در مرحله دوم انتخاب شوند تا با در نظر گرفتن مؤلفه‌های پایداری مورد تحلیل قرار گیرند. علت انتخاب شاخص‌های نهایی، استفاده از شاخص‌های با اهمیت بیشتر در فرایند تصمیم‌گیری نهایی، کاهش عدم قطعیت و ایجاد سهولت در فرایند تحلیل تصمیم‌گیری می‌باشد. به این منظور به تصمیم‌گیران در زمینه محتوای پرسش‌نامه از نظر مؤلفه‌های پایداری مورد نظر توضیح داده شد و ضمن ارایه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای شاخص‌ها، از تصمیم‌گیران خواسته شد تا با توجه به چهار مؤلفه پایداری (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی)، فرایند بررسی را از نظر کارایی شاخص‌ها برای مدیریت حوضه آبریز براساس اعداد فازی مثلثی جدول (1) انجام دهند.

و چنانچه نتوان شاخص را اندازه‌گیری کرد عملاً نمی‌توان از آن استفاده کرد.

قابل دسترسی (Attainable): شاخص باید قابل حصول و دست‌یافتنی بوده و داده‌های لازم برای محاسبه آن موجود باشد.

مرتبط (Relevant): شاخص‌ها بایستی با مسائلی که نیاز به ارزیابی دارند، هم‌خوانی داشته و مرتبط باشند.

زمان‌دار بودن (Time-bound): هر شاخص باید برای یک محدوده یا بازه زمانی مورد استفاده قرار گیرد و به هنگام باشد. در این میان تعیین محدوده زمانی شاخص‌ها به عوامل متعددی مثل نوع و ماهیت شاخص، ارتباط آن با سایر شاخص‌ها، به وجود یا عدم وجود اطلاعات مورد نیاز، فواصل جمع‌آوری و استخراج داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز و ... ارتباط دارد.

در مرحله دوم، بررسی شاخص‌ها براساس متناسب بودن هر شاخص برای استفاده در مقیاس حوضه آبریز مطرح بود که یک گام

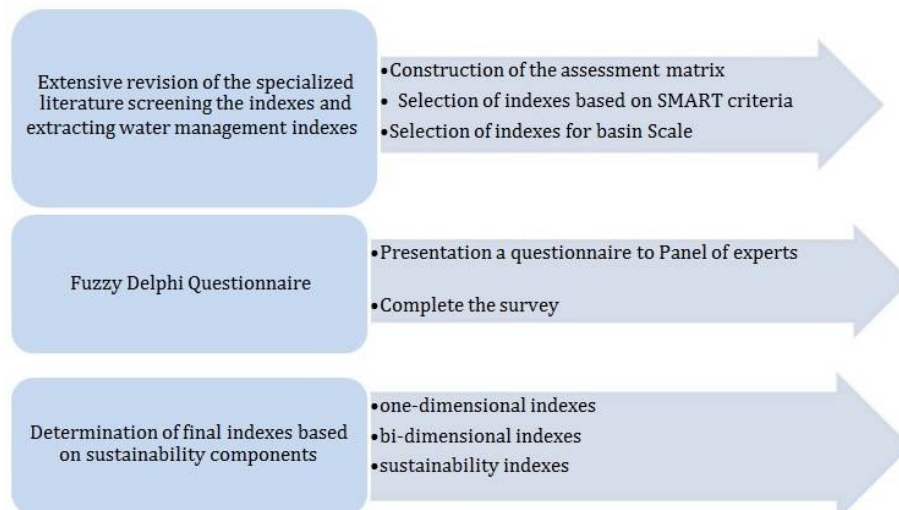


Fig. 2- Methodology identifying and selecting appropriate water management indexes

شکل 2- روش‌شناسی تعیین و انتخاب شاخص‌های مناسب در ارزیابی مدیریت پایدار آب

جدول 1- اعداد فازی مثلثی برای مقیاس نه تایی (Habibi et al., 2015)

Table 1- Triangular fuzzy numbers for nine-point scale (Habibi et al., 2015)

Linguistic expressions	Fuzzy numbers
Extremely important	(8, 9, 9)
Between very and extremely important	(7, 8, 9)
Very important	(6, 7, 8)
Between moderately and Very important	(5, 6, 7)
Moderately important	(4, 5, 6)
Between very unimportant and Moderately important	(3, 4, 5)
Very unimportant	(2, 3, 4)
Between extremely and very unimportant	(1, 2, 3)
Extremely unimportant	(1, 1, 1)

برای استفاده در مقیاس حوضه آبریز، بررسی شدند. نتیجه بررسی مرحله دوم، انتخاب 66 شاخص بود که در بررسی مرحله سوم این 66 شاخص تحت عنوان شاخص‌های مدیریت آب با هدف تعیین مؤلفه‌های پایداری، توسط تکمیل پرسش‌نامه و با توجه به میانگین به‌دست‌آمده از نظرات تصمیم‌گیران و رویکرد دلفی فازی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بر اساس مراحل که در روش تحقیق مطرح شده، در ادامه مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. در جدول (3) لیست شاخص‌های پایداری (آنها که با سه یا چهار مؤلفه از پایداری مطابقت دارند و بر اساس نظر تصمیم‌گیران انتخاب شده‌اند)، در جدول (4) فهرست شاخص‌هایی که با یک مؤلفه پایداری (یک‌بعدی) مطابقت دارند و در جدول (5) شاخص‌هایی که با دو مؤلفه پایداری مطابقت دارند (دو‌بعدی) آورده شده است.

طبقه‌بندی شاخص‌ها بر اساس مؤلفه‌های پایداری، نشان می‌دهد که 30 شاخص (45 درصد از شاخص‌ها) با اکثریت مؤلفه‌های پایداری مطابقت دارند که طبق نظر (WWAP, 2009)، کاربرد شاخص‌هایی که مؤلفه‌های پایداری را در نظر می‌گیرند، یک ابزار قدرتمند برای شناسایی و نظارت بر مشکلات آب، تعیین راه‌حل‌ها و ارزیابی دستاوردها و یا شکست سیاست‌ها و برنامه‌ها می‌تواند باشد. این شاخص‌ها، طیف گسترده‌ای از موضوعات مربوط به منابع آب را توصیف می‌نمایند و مسائلی مانند رشد مصرف، جمعیت بدون دسترسی به آب آشامیدنی و یا بهداشت، قرار گرفتن در معرض آلودگی منابع آب و بیماری‌های مرتبط با آب که با عدم تعادل در دسترسی به آب پاک و سالم همراه است را بیان می‌کنند. این 30 شاخص دو‌بعدی هستند، به این معنی که با دو مؤلفه پایداری مطابقت دارند. این شاخص‌ها، با در نظر داشتن بیش از یک جنبه از پایداری متمایز می‌شوند. بنابراین، این تحقیق، مطالعات بیشتری در مورد این شاخص‌ها را توصیه می‌کند، به خصوص آن‌هایی که امتیاز برجسته‌ای را ارائه می‌دهند، مانند «شاخص تعداد دستورالعمل‌های مشارکتی موجود و عملیاتی‌شده» که این شاخص یکی از بالاترین امتیازها را برای مؤلفه نهادی (8/66) دریافت کرد. این امر، وجود قوانین مربوط به مسائل مربوط به پایداری و مدیریت آب، رویکرد مشارکتی، ارزش جنسیتی و اقتصادی را اندازه‌گیری می‌کند. شش شاخص، شاخص یک بعدی بوده که یک مؤلفه پایداری را برآورده می‌کنند.

غریبال‌گری شاخص‌ها در مؤلفه‌های پایداری

در نهایت برای دسته‌بندی شاخص‌ها از نظر مؤلفه‌های پایداری (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی) و تعیین این که هر شاخص شامل کدام یک از مؤلفه‌های پایداری است، حدی برای قبول یا عدم قبول مقدار امتیاز آن شاخص در نظر گرفته می‌شود. این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند روش محاسبه می‌شود. در این مطالعه با توجه به قانون 50-50، مرز قابل قبول بودن شاخص کسب امتیاز در حدود پنج و بالاتر از آن است. برای این کار بعد از این که مقادیر فازی مثلثی نظرهای متخصصین محاسبه شد، برای محاسبه میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده باید میانگین فازی آن‌ها محاسبه شود.

اگر مقدار دی‌فازی شده عدد فازی مثلثی با توجه به نظر تصمیم‌گیران پنج یا بالاتر از آن باشد، به‌عنوان شاخص قابل قبول در آن مؤلفه پذیرش شده و در غیر این صورت مورد قبول واقع نمی‌شود. بدین ترتیب، پس از ارزیابی، شاخص‌ها در چهار دسته طبق جدول (2) دسته‌بندی شدند. شاخص‌های انتخاب شده به‌عنوان شاخص پایداری (به طور مثال شاخص تنش آبی نسبی، شاخص سرانه آب در دسترس، شاخص کیفیت آب زیرزمینی و ...) آن‌هایی هستند که بیشتر مؤلفه‌های پایداری (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی) را در بر می‌گیرند (سه مؤلفه یا بیشتر).

نتایج و بحث

در این مطالعه همان‌گونه که مطرح شد، به بررسی و انتخاب شاخص‌های مدیریت پایدار آب در حوضه‌های آبریز براساس مؤلفه‌های پایداری پرداخته شده است. به این منظور مراحل انجام پژوهش مطابق با مراحل که در روش‌شناسی شرح داده شد، مرحله به مرحله انجام گردید. ابتدا 200 شاخص از بررسی منابع موجود انتخاب و در قالب ماتریس ارزیابی و پرسش‌نامه به تصمیم‌گیران (ارزیابان) ارائه شد. در مجموع ده پرسش‌نامه بین تصمیم‌گیران توزیع و مصاحبه‌های حضوری جهت رفع ابهامات انواع شاخص‌ها انجام شد. در بررسی مرحله اول که مقیاس SMART بودن شاخص‌ها و حذف شاخص‌های با مفهوم مشابه مد نظر بود، از 200 شاخص اولیه تعداد 120 شاخص باقی ماند که در مرحله دوم براساس متناسب بودن

جدول 2- دسته‌بندی‌های ارزیابی پایداری

Table 2- Categories of the sustainability assessment

Category	Meaning	Number of sustainability component complied
Sustainability indexes	Fulfil the majority of the sustainability component	3 or more component
Other multi- component index (or bi-dimensional)	Fulfil two sustainability component	2 component
Uno- component index (or one-dimensional)	Fulfil one sustainability component	1 component

جدول 3- فهرست 30 شاخص که اکثریت مؤلفه‌های پایداری را برآورد می‌کنند

Table 3- The 30 indexes that fulfil the majority of the sustainability component

List of indexes		
Dependency on renewable ground water	Major drought events and their consequences	Budget allocation for water risk mitigation
Index of non-sustainable water use	Reused water quality	Flood potential
Ratio of wastewater used in each sector	Surface water quality	Water reuse index
Dependency on surface water	Ground water quality	Water availability per capita
Demand changes (sectoral) and distribution	Water productivity (agricultural sector)	Water productivity (Industrial sector)
Water productivity (urban and services)	Irrigation efficiency	Water use by industry sector
Spatial quality of ground water	Water use by agriculture sector	Water use by urban sector
Water requirement of rivers and wetlands	Relative water stress	Groundwater development stress
Water footprint	Investment in water management	Aquifer qualitative sustainability
Water provision resilience	Dependency ratio to adjacent basins	Emissions of water pollutants by sector

جدول 4- فهرست شاخص‌هایی که با یک مؤلفه پایداری مطابقت دارند (یک‌بعدی)

Table 4 – Indexes that comply with one sustainability component (one-dimensional)

List of indexes	
Number of conflicts	nitrate and nitrite in groundwater
Impact of sediment trapping by large dams and reservoirs	Water lending for irrigation and drainage
Total actual renewable water resources	Climate change (temperature and precipitation)

Table 5 – Indexes that comply with two sustainability component (bi-dimensional).

جدول 5- فهرست شاخص‌هایی که با دو مؤلفه پایداری (دو‌بعدی) مطابقت دارند

List of indexes		
Water efficiency index in the industrial sector	Virtual water	Density hydrological monitoring stations
Access to safe drinking water	Metals in groundwater	Increased stakeholder awareness in water use decisions
Number of deaths due to water sickness	Groundwater as a percentage of total use of drinking water	Existence of participatory framework and operational guidelines
Potential to retrieve aquifer	Ammonium in groundwater	Ratio of income to expense
Water supply cost related to users income	Existence of water quality standards	Uptake of strategies/legislation for environmental protection
Dependence of agricultural population on water	The share of water costs from production costs in the agricultural sector	Land converted to agriculture
Water use by landscape	The extent of agricultural land development	Number of quality monitoring stations
Population exposed polluted water	Productivity in terms of jobs per m ³	Intensive crop area
Total investment (private, state, development agencies) in irrigation and drainage	Economic value of agricultural and industrial water	Water sector share in total public spending
Transparency in the realization of justice	Unaccounted for water (water losses)	Price of water charged to farmers for irrigation

کلی بررسی نمودارها نشان می‌دهد که مؤلفه اجتماعی نسبت به سایر مؤلفه‌ها کمتر در انتخاب تصمیم‌گیران نقش داشته است و یا می‌توان گفت که کمتر به آن توجه داشته‌اند، درحالی‌که مؤلفه محیط‌زیستی دارای فراوانی حداکثر در کسب امتیازهای 8 و 9 جهت امتیازدهی بوده است و این نشان می‌دهد که یا اکثر شاخص‌ها متناسب با نقش این مؤلفه انتخاب شده‌اند و یا تصمیم‌گیران به این مؤلفه گرایش بیشتری از نظر انتخاب شاخص برای ارزیابی نشان داده‌اند. مؤلفه‌های محیط‌زیستی و نهادی از 66 شاخص بررسی شده، تعداد قابل توجهی از نتایج را بین پنج تا ده نشان دادند. این مقادیر نشان می‌دهد که شاخص‌های مربوط به مصرف و مدیریت آب که در این تحقیق بررسی شده‌اند، معمولاً برای مطالعات محیط‌زیستی و سازمانی ساخته شده‌اند و نتایج مطالعه Pires et al (2017) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. شاخص با بالاترین امتیاز متوسط (7/08) شاخص «تنش آبی نسبی» است که برداشت آب بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی را نسبت به ذخایر آب اندازه‌گیری می‌کند. «شاخص تنش نسبی آبی» همراه با شاخص «نسبت وابستگی حوضه به حوضه‌های مجاور» و شاخص «استفاده ناپایدار از آب» تنها شاخص‌هایی بودند که با تمام چهار بعد پایداری موافقت داشتند و امتیاز هر یک از چهار مؤلفه پایداری آن شاخص‌ها بالاتر از حد آستانه بود.

شاخص‌های یک بعدی نباید به عنوان یک محدودیت در نظر گرفته شوند و باید به عنوان یک ویژگی شناخته شوند، زیرا آن شاخص‌ها ابزارهای جالبی هستند که از زاویه‌ای خاص یکی از جنبه‌های مختلف مصرف و مدیریت آب را در نظر می‌گیرند. یک نمونه جالب، شاخص نیترات و نیتريت در آب آشامیدنی است. این یک شاخص بسیار مرتبط با شرایط محیط‌زیستی کیفیت آب بوده و در حقیقت، امتیاز بسیار بالایی برای مؤلفه‌های محیط‌زیستی (8/88) کسب نموده است. قابل توجه است که در بین شاخص‌های منتخب، شاخص‌هایی نظیر تنش آبی نسبی، پایداری کیفی آبخوان و وابستگی به آب زیرزمینی وجود دارند که بیان‌گر اهمیت ویژه منابع آب زیرزمینی تجدیدپذیر و نیز نسبت برداشت‌ها به ذخایر موجود در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور است که با نتایج مطالعات Javidi Sabaghian et al., (2017) همخوانی دارد. همچنین نتایج نظرات تصمیم‌گیران نشان داد که بیشترین امتیاز شاخص‌ها، مربوط به مؤلفه محیط‌زیستی است و به دنبال آن مؤلفه نهادی و پس از آن مؤلفه اجتماعی و اقتصادی دارای بیشترین امتیاز بودند. شکل (3) خلاصه مراحل بررسی و انتخاب شاخص‌ها در این تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل (4) نمودار فراوانی پاسخ به 66 شاخص مصرف و مدیریت آب توسط هر چهار مؤلفه بررسی شده این تحقیق را نشان می‌دهد. نتیجه



Fig. 3- Summary of the evaluation process of the indexes

شکل 3- خلاصه مراحل بررسی و انتخاب شاخص‌ها

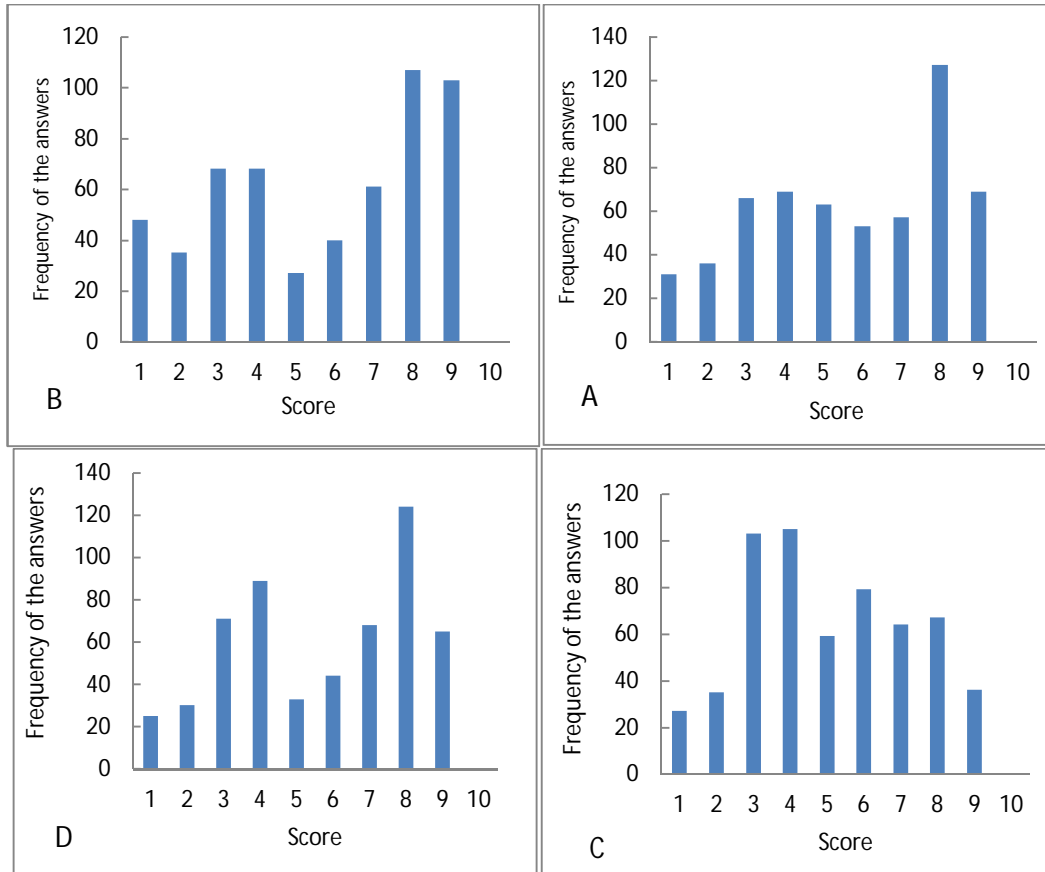


Fig. 4- Frequency histograms for the scores of the 66 indexes related to water by each of the four sustainability

شکل 4- نمودار فراوانی برای امتیازات 66 شاخص مدیریت آب با هر یک از چهار مؤلفه پایداری (A: مؤلفه اقتصادی، B: مؤلفه اجتماعی، C: مؤلفه نهادی و D: مؤلفه محیط‌زیستی)

این مطالعه یک چارچوب روش‌شناسی قابل تکرار را فراهم می‌کند که می‌تواند توسط جامعه علمی برای شناسایی، انتخاب و ارزیابی شاخص‌های مصرف و مدیریت آب مورد استفاده قرار بگیرد. ارزیابی مؤلفه‌های پایداری ارائه شده در این‌جا، نتیجه کار گروهی تصمیم‌گیران منتخب در داخل کشور با در نظر داشتن شرایط حوضه‌های آبریز واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بود. بنابراین مطالعات آینده می‌توانند در مورد چگونگی ارزیابی این شاخص‌ها توسط یک گروه وسیع، از جمله کارشناسان سایر نقاط کشور، انجام شود. مطالعات بیشتر می‌تواند با هدف مقایسه نتایج و حتی تعمیم‌های احتمالی یافته‌ها انجام گیرد. علاوه بر این، این تکرار ممکن است به تفاوت‌ها و یا شباهت میان نتایج اشاره کند و با این کار دامنه این مطالعه گسترش یابد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی و سایر سازمان‌ها بابت همکاری لازم در تکمیل پرسش‌نامه‌ها و تأمین اطلاعات و امکانات مورد نیاز این پژوهش، نهایت تشکر و سپاس را دارند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، شاخص‌ها به‌عنوان ابزار قدرتمند تصمیم‌گیری و عناصر کلیدی نظارت بر پیشرفت به سوی توسعه پایدار در بخش آب معرفی شدند که باید چهار مؤلفه پایداری (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی) را مد نظر قرار دهند. به این منظور شاخص‌های مرتبط با مدیریت یک‌پارچه منابع آب شناسایی شده و سپس در یک ماتریس ارزیابی، با مصاحبه و ارزیابی توسط پرسش‌نامه و تجمیع نظرات تصمیم‌گیران، طبقه‌بندی و سازمان‌دهی شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که 55 درصد از شاخص‌ها اکثریت مؤلفه‌های پایداری را برآورده نکرده و چشم‌انداز جامع و چندبعدی از پایداری را در نظر نمی‌گیرند. همچنین این تحقیق نشان داد که 30 شاخص کلیدی مصرف و مدیریت آب اکثریت مؤلفه‌های پایداری را برآورده می‌کنند. شناسایی این شاخص‌ها می‌تواند سهم قابل توجهی در عملکرد پایدار برای بخش منابع آب داشته باشد. مدیران آب حوضه‌های آبریز می‌توانند از این شاخص‌ها به‌عنوان عناصر مربوط به تعیین اهداف و نظارت بر پیشرفت در برنامه‌های مدیریت آب و همچنین در سیستم‌های اطلاعات مدیریت آب استفاده کنند.

References

- 1- Aldaya, M.M. and Llamas, M.R., 2008. Water footprint analysis for the Guadiana river basin, Value of Water Research Report Series, *UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands*.
- 2- Alsalmi, H., Elkadi, H. and Leao, S., 2013. Urban growth in arid environments: Developing water sustainability indicators for Abu Dhabi (UAE). In *6th Making Cities Liveable Conference, in conjunction with the Sustainable Transformation Conference, Melbourne, Australia*.
- 3- Anonymous, 2006. Theoretical survey and methodology of designing indicators. *Secretariat of the Expediency Council, Supervision Commission*. (In Persian)
- 4- Anonymous, 2007. Evaluation guideline: between past and future.: Ministry for foreign Affairs Finland, Helsinki. *Hakapaino Oy*.
- 5- Arshadi, M. and Bagheri, A., 2014. A system dynamic approach to sustainability analysis in karun river basin, *Iran, Water Resources Research*, 9(3), pp. 1-13. (In Persian)
- 6- Ashley, R., Blackwood, D., Butler, D. and Jowitt, P., 2004. *Sustainable water services*. London: IWA Publishing.
- 7- Bradfor, A., 2008. An ecological flow assessment framework: building a bridge to implementation in Canada. *Canadian Water Resources Journal*, 33(3), pp. 215–232.
- 8- Bertule, M., Koefoed Bjørnsen, P.K., Costanzo, S.D., Escurra, J., Freeman, S., Gallagher, L., Kelsey, R.H. and Vollmer, D., 2017. Using indicators for improved water resources management. *Guide For Basin Managers And Practitioners*, 82 pp.
- 9- Cui, Y., Hens, L., Zhu, Y. and Zhao, J., 2004. Environmental sustainability index of shandong province, China. *International Journal Sustainability Development World*, 11(3), pp. 227–233.
- 10- Ding, Y. Widhalm, M. Hayes, M.J., 2010. *Measuring economic impacts of drought: a review and discussion*. Papers in Natural Resources.
- 11- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C. and De Groot, R., 2003. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(3), pp. 165–185.
- 12- Farsari, Y. and Prastacos, P., 2002. Sustainable development indicators: an overview. *Foundation for the Research and Technology Hellas*.
- 13- FAO- Food and agriculture organization of the United Nations, 2003. *Review of world water resources by country*, Rome.
- 14- Giupponi, C., Jakeman, A.J., Karrsenberg, D. and Hare, M.P., 2006. Sustainable management of water resources. *Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited*.
- 15- Global Water Partnership (GWP), 2006. Setting the Stage for Change. *Second Informal Survey by the GWP Network Giving the Status of the 2005 WSSD Target on National Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*, 84 pp.
- 16- Habibi, A., Firouzi Jahantigh, F. and Sarafrazi, A., 2015. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 5(2), pp. 130-143.
- 17- Hak, T., Kovanda, J. and Weinzettel, J., 2012. A method to assess the relevance of sustainability indicators: application to the indicator set of the Czech Republic's sustainable development strategy. *Ecology Indicators*, 17, pp. 46–57.

- 18- Hoekstra, A.Y., 2010. The global dimension of water governance: Why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed. *Water*, 3(1), pp. 21– 46.
- 19- Javidi Sabbaghian, R., Sharifi, M.B., Zarghami, M. and Nejadhashemi, A.P., 2017. Developing a risk-based multi-attribute group decision-making model for effective watershed management based on the combinational method of IOWA-CP case study: Mashhad plain. *Iran-Water Resources Research*, 13(1), pp.1-19. (In Persian)
- 20- Karamouz, M. and Mohamadpour, P., 2017. Water balance based sustainability analysis of supply and demand, towards developing a hybrid index (case study: aharchay watershed). *Iran Water Resources Research*, 12(4), pp. 1-11. (In Persian)
- 21- Kurka, T. and Blackwood, D., 2013. Participatory selection of sustainability criteria and indicators for bioenergy developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, pp. 92-102.
- 22- Kusek, J.Z. and Rist, R.C., 2004. *Ten steps to a results-based monitoring and evaluation system: A Handbook for Development Practitioners*, World Bank.
- 23- Lawrence, P., Meigh, J., and Sullivan, C, 2002. The water poverty index: an international comparison. *United Nations Journal*, 27(3), pp. 189-199.
- 24- Loucks, D.P. and Gladwell, J.S., 1999. *Sustainability criteria for water resource systems*. Cambridge University Press.
- 25- Loucks, D.P. Stakhiv, E.Z. and Martin, L.R., 2000. Sustainable water resources management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 126(2), pp. 43–47.
- 26- Lundvall, B.A. and Tomlinson, M., 2002. International benchmarking as a policy learning tool. *In The new knowledge economy in Europe: A strategy for international competitiveness with social cohesion*. Edward Elgar.
- 27- Mays, L.W., 2006. *Water resources sustainability*. McGraw-Hill Professional.
- 28- Monzonís, M.P., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T. and Paredes-Arquiola, J., 2015. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, pp. 482-493.
- 29- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2008. *OECD key environmental indicators*. Paris, France.
- 30- Pires, A., Morato, J., Peixoto, H., Botero, V., Zuluaga, L. and Figueroa, A., 2017. Sustainability assessment of indicators for integrated water resources management. *Science of the Total Environment*, 578(6), pp. 139–147.
- 31- Shilling, F., Khan, A., Jurichich, R., Fong, V., and Hodge, D., 2014. The california water sustainability indicators framework. Reference Guide. *Final Rep.*
- 32- Spangenberg, J.H., 2004. Reconciling sustainability and growth — criteria, indicators, policies. *Sustainable Development*, 12(2), pp. 74–86.
- 33- Starkl, M. and Brunner, N., 2004. Feasibility versus sustainability in urban water management. *Journal of Environmental Management*, 71(3), pp. 245–260.
- 34- United Nations (UN), 1992. The Dublin statement on water and sustainable development. *Conference on Environment and Development, Ireland*.
- 35- United Nations (UN), 2010. *The millennium development goals report*. New York.

- 36- United Nations (UN), 2017. Revised list of global Sustainable Development Goal indicators, Annex III. *Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators (E/CN.3/2017/2)*.
- 37- Vollmer, D. and Regan, H. M. and Andelman, S. J., 2016. Assessing the sustainability of freshwater systems: A critical review of composite indicator. *Ambio*. 45(7), pp. 765-780.
- 38- Vrba, J. and Lipponen, A., 2007. Groundwater resources sustainability indicators, report 14, *Working Group UNESCO IAEA-IAH*.
- 39- World Water Assessment Program (WWAP)., 2003. Water for People, Water for life. *The 1st edition of this report was launched on World at the 3rd World Water Forum in Kyoto, Japan*.
- 40- World Water Assessment Program (WWAP)., 2009. Water in a Changing World. *The Third edition of the United Nations World Water Development Report (WWDR3), was officially launched at the 5th World Water Forum in Istanbul, Turkey*.
- 41- World Water Assessment Program (WWAP)., 2012. The 4th edition of the UN World Water Development Report (WWDR4). *In the 6th World Water Forum in Marseille, UNESCO Director General, and Michel Jarraud, UN-Water Chair*.