

Article Type: Methodology

نوع مقاله: روش‌شناسی

Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management

ارزیابی پایداری با استفاده از شاخص‌ها برای مدیریت یکپارچه منابع آب

Translated by: M. Rahmani

ترجمه: مهسارحمانی

PhD candidate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

Email: mahsarahmani39@gmail.com

E-Mail: mahsarahmani39@gmail.com

Received: 01-01-2018

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۱

Accepted: 14-09-2018

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۳

Abstract

The scientific community strongly recommends the adoption of indicators for the evaluation and monitoring of progress towards sustainable development. Furthermore, international organizations consider that indicators are powerful decision-making tools. Nevertheless, the quality and reliability of the indicators depends on the application of adequate and appropriate criteria to assess them. The general objective of this study was to evaluate how indicators related to water use and management perform against a set of sustainability criteria. Our research identified 170 indicators related to water use and management. These indicators were assessed by an international panel of experts that evaluated whether they fulfil the four sustainability criteria: social, economic, environmental, and institutional. We employed an evaluation matrix that classified all indicators according to the DPSIR (Driving Forces, Pressures, States, Impacts and Responses) framework. A pilot study served to test and approve the research methodology before carrying out the full implementation. The findings of the study show that 24 indicators comply with the majority of the sustainability criteria; 59 indicators are bi-dimensional (meaning that they comply with two sustainability criteria); 86 are one-dimensional indicators (fulfilling just one of the four sustainability criteria) and one indicator do not fulfil any of the sustainability criteria.

Keywords: Criteria, Water use, Socio-economic, Decision-making, IWRM.

چکیده

استفاده از شاخص‌ها برای ارزیابی و پایش پیشرفت در جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار توسط محققین زیادی پیشنهاد شده است. علاوه بر این، سازمان‌های بین‌المللی معتقدند که شاخص‌ها، ابزاری قدرتمند در تصمیم‌گیری‌ها هستند. با این وجود، کیفیت و قابلیت اطمینان شاخص‌ها بستگی به کاربرد معیارهای کافی و مناسب برای ارزیابی آنها دارد. هدف کلی از این مطالعه، ارزیابی نحوه عملکرد شاخص‌های مرتبط با مصرف و مدیریت آب در برابر مجموعه‌ای از معیارهای پایداری است. در این تحقیق تعداد ۱۷۰ شاخص مربوط به استفاده و مدیریت از آب، شناسایی شده و یک ماتریس ارزیابی که تمام شاخص‌ها را طبق چارچوب DPSIR (نیروهای محرکه، فشار، وضعیت، اثرات و پاسخ‌ها) تحلیل می‌کند، بکار گرفته شد و یک هیئت بین‌المللی از کارشناسان، پایداری شاخص‌ها را از نظر معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی ارزیابی نمودند. همچنین یک مطالعه موردی برای آزمایش و تأیید روش کار قبل از اجرای کامل تحقیق انجام شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که از کل شاخص‌های مورد بررسی، ۲۴ شاخص با اکثر معیارهای پایداری (مطابق با سه یا چهار معیار پایداری) تطابق داشته، ۵۹ شاخص دو بعدی (مطابق با دو معیار پایداری)، ۸۶ شاخص یک بعدی (تنها مطابق با یک معیار پایداری) بوده و یک شاخص با هیچ یک از معیارهای پایداری مطابقت ندارد.

واژه‌های کلیدی: معیار، مصرف آب، اجتماعی و اقتصادی، تصمیم‌گیری، IWRM.

ترجمه و تلخیص از:

Pires A., Morato J., Peixoto H., Botero V., Zuluaga L. and Figueroa A. 2016. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. *Science of the Total Environment*, 578: 139-147.

Pires و Fidélis، ۲۰۱۵)، چارچوب سیاسی (Girois و Blanchet، ۲۰۱۲) و مدیریت (Taugourdeau و همکاران، ۲۰۱۴) به کار برد. تعدادی از محققان (Juwana و همکاران، ۲۰۱۲)، (Spangenberg، ۲۰۰۸) و (Stankey و McCool، ۲۰۰۴) بیان می‌کنند که افزایش مفاهیم توسعه پایدار و نگرانی‌های زیست‌محیطی، منجر به استفاده گسترده از شاخص‌ها توسط طیف وسیعی از کاربران در زمینه‌های مختلف شده است. به طور کلی عملکرد اصلی شاخص‌ها، ارزیابی شرایط و روندها در طول زمان، مقایسه مکان‌ها و موقعیت‌ها، کمک به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه، ارزیابی شرایط و روند مرتبط با اهداف، ارائه‌ی اولیه اطلاعات هشدار، پیش‌بینی شرایط و روندهای آینده می‌باشد. تاکنون، هیچ تحلیل جامعی در مورد تعداد دقیق شاخص‌های مرتبط با توسعه پایدار، محیط‌زیست یا منابع آب یافت نشده است، اما نویسندگان مختلف به انواع شاخص‌ها در تحقیقاتشان به صورت موردی اشاره نموده‌اند (Hak و همکاران، ۲۰۱۲). برنامه ارزیابی آب سازمان ملل متحد (WWAP، ۲۰۱۲) اظهار می‌کند که یک آرایش بسیار وسیع از شاخص‌ها برای پایش وضعیت، کاربرد و مدیریت منابع آب برای طیف وسیعی از اهداف توسعه یافته است. ارتباط شاخص‌ها با فرآیند تصمیم‌گیری، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آنها در رابطه با سایر اشکال اطلاعات است و شاخص‌ها می‌توانند ابزاری قدرتمند در تصمیم‌گیری‌ها باشند (Nicholson، ۲۰۱۲). بنابراین، شاخص‌ها باید ویژگی‌هایی را که توسط تصمیم‌گیرندگان مورد توجه هستند، و نه لزوماً توسط مخاطبان خاص، نشان دهند (Klug و Kmoch، ۲۰۱۴). همچنین شاخص‌های توسعه یافته باید با اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوطه (کمی و کیفی) اطلاعات را به شیوه‌ای آسان و قابل درک انتقال دهند (Kurka و Blackwood، ۲۰۱۳).

آب، بدون آسیب رساندن به پایداری اکوسیستم است. Hooper (۲۰۰۶) در مورد مدیریت یکپارچه منابع آب توضیحات بیشتری می‌دهد و آن را "بخش متقابل همکاری و مدیریت تطبیقی به جای یک بخش تکی، مدیریت خطی و برنامه‌ریزی منابع زمین و آب بیان می‌کند". یکی از اصول IWRM، ایجاد ارتباط بین چندین جنبه است: به عنوان مثال بالادست و پایین‌دست حوضه آبریز، کیفیت و کمیت منابع آب، نیازهای اقتصادی و زیست‌محیطی، تصمیمات فنی، سیاسی و غیره (Ludwig و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از موضوعات مهم و کلیدی در برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب نیاز به مشارکت گرداران از گروه‌های مختلف (طراحان، سیاست‌گذاران، مدیران، محققان و عموم مردم) است (UN، ۱۹۹۲). برای ترویج شرکت کافی در مدیریت یکپارچه منابع آب از گروه‌های متفاوت باید ابزارها، برای ارتباط مؤثر آنها گسترش یابد. Dahl (۲۰۱۲) جامعه علمی را برای یافتن شاخص‌های بیشتر

در مدیریت پایدار منابع آب، شاخص‌ها راه مؤثر و ساده‌ای را برای مرتبط کردن اطلاعات با مراحل مختلف حرکت به سوی هدف فراهم می‌کنند. به بیانی ساده، شاخص را می‌توان سنجه‌ای دانست که وضعیت یک سیستم را منعکس می‌کند. برای نمونه، وضع یک سیستم (مثلاً اجتماع محلی، اقتصاد، محیط‌زیست، حوضه آبریز) را آشکار می‌کند، که آیا به جلو پیش می‌رود یا رو به عقب؟ رو به افزایش است یا رو به کاهش؟ رو به بهبود است یا رو به تنزل، یا به همان وضع باقی است؟

استفاده از شاخص‌های مصرف و مدیریت آب بدون شک می‌تواند به تخصیص بهتر منابع محدود آب کمک کند (Lee و Kang، ۲۰۱۱). همچنین شاخص‌ها می‌توانند به ساده‌سازی اطلاعات در مورد مدیریت یکپارچه منابع آب و ایجاد ارتباط مؤثر بین گروه‌های مختلف در زمینه آب کمک نمایند (WWAP، ۲۰۰۳). با این وجود، برای فرمول‌بندی 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، ۲۰۰۴). شاخص‌ها را می‌توان برای عناصر طبیعی مانند محیط‌زیست (Zhang، ۲۰۱۵)، اکوسیستم‌ها (Fu و همکاران، ۲۰۱۵)، مدیریت جنگل (Gossner و همکاران، ۲۰۱۴)، مدیریت آب (Lobato و همکاران، ۲۰۱۵؛ Perez و همکاران، ۲۰۱۴) و زمین (Zhao و همکاران، ۲۰۱۳؛ Rosén و همکاران، ۲۰۱۵) و همچنین موارد مربوط به مسائل اجتماعی و اقتصادی سازمانی مربوط به منابع آب، یعنی ارزش اقتصادی آب (Hellegers و همکاران، ۲۰۱۰)، سیستم‌های آب شهری (Spiller، ۲۰۱۶)، دولت (Norman و همکاران، ۲۰۱۳)؛

مدیریت یکپارچه منابع آب، توسعه پایدار و شاخص‌ها

شاخص‌هایی که برای بیان نگرانی‌های کلیدی مدیران آب انتخاب شده‌اند، اطلاعات مهمی را برای حکمرانی آب ارائه می‌دهند. حکمرانی آب مجموعه‌ای از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اداری است که مدیریت یکپارچه منابع آب را امکان‌پذیر می‌سازد (Hooper، ۲۰۰۶). مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) یک دید از توسعه پایدار و بکارگیری آن برای بخش آب را نشان می‌دهد. این مفهوم در اواخر دهه ۱۹۸۰ آشکار شد و در واقع یک مفهوم شامل اصول چندگانه‌ای است که هدف آن مدیریت منابع آب به صورت یکپارچه می‌باشد (Benson و همکاران، ۲۰۱۴). تعریف WWAP (۲۰۰۳) از مدیریت یکپارچه منابع آب، رویکردی جامع است که هدف آن، به حداکثر رساندن مزایای اقتصادی و رفاه اجتماعی استفاده از

جهت پیش‌رفت در پایداری تشویق کرد و در مقاله خود نشان داد که شاخص‌های در دسترس عمدتاً برای رسیدن به پایداری و در سنجش روندهای ناپایدار می‌توانند توسط اقدامات مدیریتی مورد استفاده قرارگیرند، اما شرایط لازم برای حصول اطمینان از رسیدن به پایداری را ندارند. این محدودیت همچنین در مورد پایداری منابع آب نیز صادق است (Mays، ۲۰۰۶).

علیرغم مقالات مختلف و تحقیقات در این زمینه، تاکنون هیچ فهرست جامعی از شاخص‌های موجود برای ارزیابی پایداری مصرف و مدیریت آب یافت نمی‌شود. مطالعه حاضر، مجموعه‌ای از ۱۷۰ شاخص مربوط به مصرف و مدیریت آب ارائه شده توسط موسسات بین‌المللی و جامعه علمی را مشخص

روش‌شناسی

این مطالعه به بررسی شاخص‌های مدیریت پایدار منابع آب می‌پردازد. برای انجام این بررسی، در ابتدا مرور گسترده‌ای بر شاخص‌های مرسوم در مدیریت آب در دنیا از طریق جستجوهای الکترونیکی از وبگاه‌های مختلف انجام شد. سپس ماتریس ارزیابی با هدف شناسایی و توصیف شاخص‌ها براساس چارچوب DPSIR تعریف گردید. یک مطالعه آزمایشی برای تست و تأیید روش تحقیق و تجزیه و تحلیل داده‌ها قبل از اجرای کامل، انجام شد. یک هیئت بین‌المللی از کارشناسان، ارزیابی شاخص‌ها براساس معیارهای پایداری را انجام دادند. در نهایت طبقه‌بندی شاخص‌ها براساس معیارهای پایداری شامل معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی و مدیریت پایدار آب به چهار دسته‌ی شاخص‌های پایداری، شاخص‌های دویبعدی، شاخص‌های یک بعدی و شاخص‌های بدون ارتباط با معیار پایداری انجام شد. آنهایی که اکثریت معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی را برآورده نمودند، به عنوان شاخص‌هایی مناسب برای اندازه‌گیری پایداری مصرف و مدیریت آب انتخاب گردیدند.

۱- شناسایی شاخص‌ها

به منظور شناسایی مجموعه اولیه شاخص‌ها برای شرکت در این مطالعه، چندین جستجوی الکترونیکی از وبگاه‌های مجلات و سازمان‌ها و نیز پایگاه‌های داده و موتورهای جستجوی دانشگاهی، انجام شد و در مجموع ۵۴ منبع بررسی شد، از جمله آنها نشریات موسسات بین‌المللی مشهور و قابل اعتماد در شاخص‌ها، منابع آب و یا پایداری مانند FAO (۲۰۰۳)، GWP (۲۰۰۶)، IISD (۱۹۹۹)، OECD (۲۰۰۴)، UN (۲۰۰۹)، WHO و UNICEF (۲۰۱۰)، World Bank (۲۰۰۷)، WRI (۱۹۹۸) و WWAP (۲۰۰۹). در این مطالعه همچنین مقالات مرتبط

و توصیف می‌کند. این تحقیق تاکنون در هیچ مجله علمی دیگری چاپ نشده و شامل لیست گسترده‌ای از شاخص‌های مربوط به مصرف و مدیریت آب می‌باشد. لازم به ذکر است که مطالعات قبلی در مورد اینکه شاخص‌های منابع آب اجزای اصلی پایداری را برآورده می‌کنند یا خیر، بررسی نشده‌اند و مجموعه‌ای محدود از شاخص‌ها را تجزیه و تحلیل نموده‌اند (Juwana و همکاران، ۲۰۱۲؛ Kang و Lee، ۲۰۱۱؛ Perez و همکاران، ۲۰۱۴؛ Spiller، ۲۰۱۶). در این مقاله سعی بر این است که شکاف‌های موجود برای ارزیابی شاخص‌ها حل شده و ارزیابی ۱۷۰ شاخص مربوط به مصرف و مدیریت آب توسط معیارهای پایداری صورت گیرد.

علمی بررسی شده مربوط به موضوع، از جمله Llamas و Hoekstra (۲۰۱۰)، Ding (۲۰۰۸)، Bradfor (۲۰۰۸)، Aldaya و همکاران (۲۰۱۰)، Lawrence و همکاران (۲۰۰۲)، Maneta و همکاران (۲۰۰۹)، Milman و Short (۲۰۰۸)، Scudder (۲۰۰۵)، Sullivan و Huntingford (۲۰۰۹) و Vörösmarty (۲۰۰۵) و انتشارات رسمی دولت‌های کلیدی نیز از جمله برزیل (MMA، ۲۰۰۶)، اسپانیا (OSE، ۲۰۰۸)، کاتالونیا (De Felipe و همکاران، ۲۰۰۸)، اتحادیه اروپا (Eurostat، ۲۰۰۹) بررسی شده است.

شاخص‌های مورد توجه این مطالعه مربوط به مصرف و مدیریت آب از منظر چرخه آب یکپارچه گرفته شده است، اما محدود به آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، آب باران و آب تصفیه شده نمی‌شود. مقیاس جغرافیایی این مطالعه، حوضه رودخانه بوده و با این وجود شاخص‌های شناسایی شده در اینجا به این مقیاس محدود نمی‌شوند. شاخص‌های تعیین شده توسط این مطالعه، دارای یک یا چند مورد از جنبه‌های زیر می‌باشند:

شاخص‌هایی که میزان مصرف آب را اندازه‌گیری می‌کنند: مانند شاخص‌های مربوط به مصارف (کشاورزی، صنعتی و خانگی).

شاخص‌هایی که سایر مصارف آب را اندازه‌گیری می‌کنند: مانند مصارف آب برای تفریح، حمل و نقل، آلودگی‌ها و استفاده‌های مذهبی و فرهنگی از آب.

شاخص‌هایی که مربوط به نقش محیط‌زیستی منابع آب هستند: به عنوان مثال حفاظت از زندگی آبزیان، تنوع زیستی و حفاظت از تالاب‌ها)، کیفیت آب و حفاظت از منابع طبیعی.

شاخص‌هایی که مربوط به حکمرانی آب هستند: مانند قوانین، ایجاد ظرفیت نهادی، مشارکت آب‌بران، آموزش زیست‌محیطی، تولید و مدیریت دانش، اقتصاد آب، فرهنگ آب و غیره.

شاخص‌هایی که شرایط هیدرولوژیکی را شرح می‌دهند: مانند بارش، تبخیر و تعرق، جریان آب، رطوبت خاک، وضعیت هیدرولوژیکی و غیره که برای برنامه‌ریزی و کارایی مصرف آب ضروری است.

۲- ساخت ماتریس ارزیابی

ماتریس ارزیابی یک ابزار مفید برای سازماندهی اطلاعات پیچیده در ارزیابی است (Meitne و Sheppard, ۲۰۰۵). در این مطالعه ماتریس ارزیابی با هدف سازماندهی اطلاعات شناسایی شده شاخص‌ها و به عنوان یک ابزار ارزیابی معیار پایداری ایجاد شده است. شاخص‌ها به طور منظم در زمینه‌های مختلف از جمله پایداری (Graymore و همکاران، ۲۰۰۸) و محیط‌زیست (Canter, ۱۹۹۹) در نظر گرفته شده‌اند. ماتریس ارزیابی، اطلاعات اساسی در مورد هر شاخص شامل نام و توضیحات مختصر، موقعیت تحت چارچوب DPSIR را ارائه می‌نماید. لازم به ذکر است که برخی از منابع اصلی، نام شاخص را ارائه داده‌اند، اما تعریف آن را ارائه نکرده‌اند. این در مورد چندین شاخص که توسط برنامه ارزیابی آب جهانی سازمان ملل ارائه شده است، صدق می‌کند (WWAP, ۲۰۰۳). در صورت نیاز، توصیف خلاصه‌ای از این شاخص‌ها برای مطالعه بیشتر پیشنهاد می‌شود. این ماتریس با هدف ارائه اطلاعات کافی به اعضای گروه کارشناسان برای ارزیابی شاخص‌ها بر اساس یک توضیح واقعی به منظور کاهش ابهام و سوء تفاهم می‌باشد.

۳- طبقه‌بندی تحت چارچوب DPSIR

در قدم بعدی این مطالعه، شاخص‌ها بایستی طبق چارچوب DPSIR طبقه‌بندی شوند. تعدادی از محققان چنین استدلال می‌کنند که شاخص‌ها اگر در یک چارچوب منسجم و نه جداگانه، سازماندهی شوند، می‌توانند به عنوان یک مجموعه ساده از عناصر مفید باشند (Constantino و همکاران، ۲۰۰۴؛ Mendoza و Prabhu, ۲۰۰۳؛ Niemeijer و de Groot, ۲۰۰۸؛ Niemi و McDonald, ۲۰۰۴؛ Vacik و Wolfslehner, ۲۰۱۱). تعیین یک چارچوب به ویژه در مورد شاخص‌های مربوط به توسعه پایدار که شامل بسیاری از موضوعات و ابعاد هستند، مهم است (IISD, ۲۰۰۸؛ WWAP, ۲۰۰۶).

طبقه‌بندی شاخص‌ها تحت این چارچوب در اصل براساس تعریف منبع اصلی ارائه شاخص است. در مواردی که این اطلاعات در دسترس نبود، نویسندگان این شاخص را تجزیه و تحلیل نموده و طبقه‌بندی پیشنهاد کردند. EEA (۱۹۹۹) در چارچوب DPSIR طبقه‌بندی هر شاخص را تعریف نموده و WWAP (۲۰۰۶) سازگاری آنها با بخش منابع آب را براساس مطالعات Constantino و همکاران (۲۰۰۴) انجام داد (جدول ۱).

جدول ۱- تحلیل شاخص‌ها با استفاده از تعاریف EEA (DPSIR, ۱۹۹۹؛ WWAP, ۲۰۰۶؛ Constantino و همکاران، ۲۰۰۴)

شاخص‌ها	تعریف اصلی توسط EEA (۱۹۹۹)	توافق WWAP (۲۰۰۶) با بخش منابع آب
شاخص نیروهای محرک	تحولات اجتماعی، جمعیت شناختی و اقتصادی در جوامع و تغییرات مربوط به سبک‌های زندگی، سطح کلی مصرف و الگوهای تولید را شرح می‌دهند. این نیروهای محرک محیط‌زیست را تحت فشار قرار می‌دهند.	روند اصلی، عوامل اساسی و ریشه عوامل مؤثر بر توسعه جامعه، اقتصاد و شرایط محیطی را توضیح می‌دهند.
شاخص‌های فشار	عوامل فیزیکی و بیولوژیکی، استفاده از منابع و استفاده از زمین را توصیف می‌کنند. فشارها توسط جامعه تحت تأثیر تغییرات شرایط محیطی در فرآیندهای مختلف طبیعی تحول می‌یابند.	فعالیت‌های انسانی که به طور مستقیم بر تامین منابع آب تأثیر می‌گذارد، کمیت یا کیفیت یا استفاده از آب؛ عوامل تنش فوری یا علل تقریبی
شاخص‌های وضعیت	توصیف کمیت و کیفیت پدیده‌های فیزیکی (مانند دما)، پدیده‌های بیولوژیکی (مانند ذخایر ماهی) و پدیده‌های شیمیایی (مانند غلظت CO2 اتمسفر) در یک منطقه خاص	شرایط و روند فعلی، موقعیت یا وضعیت منابع یا بخش مربوط به آب در حال حاضر
شاخص‌های اثر	تأثیرات بر عملکرد اجتماعی و اقتصادی محیط‌زیست، مانند فراهم آوردن شرایط مناسب برای سلامتی، دسترسی به منابع و تنوع زیستی، را توصیف می‌کند. این تأثیرات ناشی از تغییرات در وضعیت محیط است	تغییرات مرتبط با آب در سیستم‌های انسان و طبیعت، تلفات فیزیکی و اقتصادی به دلیل شرایط آب و هوایی وخیم، در نتیجه تأثیر وضعیت تغییر یافته منابع و یا استفاده از آن
شاخص‌های پاسخ	به پاسخ‌های گروه‌ها و افراد در جامعه و همچنین تلاش‌های دولت برای جلوگیری، جبران، بهبود یا سازگاری با تأثیر تغییرات در وضعیت محیط‌زیست برمی‌گردد. برخی از پاسخ‌های اجتماعی ممکن است در کاهش یا رفع موانع حرکتی منفی، و یا پاسخ‌های دیگر ممکن است به افزایش بهره‌وری محصولات و فرآیندها کمک کنند.	واکنش یا تلاش‌های جامعه در همه سطوح برای تغییر شرایط نامطلوب، حل مشکلاتی که توسعه یافته‌اند یا مقابله با تنش و تأثیرات بر سیستم‌های انسانی و مکانیسم‌های مقابله‌ای در تغییرات سیاست‌ها و نهادها، شیوه‌های تولید و رفتار انسان

در این مطالعه معیار نهادی به عنوان ستونی از معیارهای چهارگانه پایداری که Juwana و همکاران (۲۰۱۲)، IISD (۲۰۰۸)، و UNDP (۱۹۹۵)، Spangenberg (۲۰۰۸)، WWAP (۲۰۰۳) و سایرین ارائه نمودند، در نظر گرفته شد. سپس چهار معیار پایداری براساس دیدگاه‌های پیشین مصرف و مدیریت آب تعریف شد (Juwana و همکاران، ۲۰۱۲): پایداری اجتماعی: برای اطمینان از دسترسی به آب با کمیت و کیفیت لازم برای رفع نیازهای انسانی پایداری اقتصادی: برای اطمینان از مدیریت و استفاده مؤثر از آب جهت توسعه و ترویج شهری و روستایی پایداری محیط‌زیستی: برای اطمینان از حفاظت مناسب از منابع طبیعی، خاک، محیط‌زیست و آب پایداری نهادی (سازمانی): برای تضمین چارچوب سازمانی مناسب برای ترویج اصول IWRM.

۴- ارزیابی شاخص‌ها

شاخص‌ها توسط یک هیئت بین‌المللی از کارشناسان با استفاده از ماتریس ارزیابی، بررسی شدند و ارزیابی هر شاخص با توجه به اهمیت آنها در ارتباط با هر یک از چهار معیار پایداری شاخص‌ها، انجام گرفت.

• هیئت کارشناسان

گروهی از کارشناسان برای ارزیابی شاخص‌های پایداری و ارائه نظرات و یا مشاهدات خود بر روی شاخص‌ها انتخاب شدند (چهارده نفر). هیئت‌های کارشناسی، به وسیله محققان دیگر هم برای ارزیابی شاخص‌ها به کار گرفته شده است (Singh و همکاران، ۲۰۰۹). به منظور انتخاب کارشناسان، اصول زیر که Cloquell-Ballester و همکاران (۲۰۰۶) تصویب نمودند، در نظر گرفته شد: الف) سطح دانش در مورد موضوع (ب) توانایی پیش‌بینی شده برای انجام کار و (ج) علاقه به مشارکت در فرآیند. کارشناسان تجربه حرفه‌ای مربوط به خود را در منابع آب و از شبکه‌های بین‌المللی مربوط به موضوع تحقیق کسب نموده بودند. اعضای هیئت کارشناسی هفت زن و هفت مرد بودند که دارای مدرک دکتری یا در حال تحصیل در مقطع دکتری بودند و از دامنه‌های سنی متنوعی با زمینه‌های مختلف از کشورهای مختلف ایرو آمریکا انتخاب گردیدند. پس از انتخاب هیئت کارشناسی، آنها با استفاده از ماتریس ارزیابی و بر اساس مقیاس ارزیابی چگونگی لحاظ نمودن هر شاخص برای هر معیار پایداری را بیان نمودند. کارشناسان ارزیابی مستقلی را از راه دور و به صورت شخصی انجام دادند. برای حمایت از کار کارشناسان، تمام مواد ارائه شده به آنها (ماتریس ارزیابی، دستورالعمل، ایمیل، و غیره) به صورت کاربرپسند طراحی گردید.

یک مطالعه موردی به منظور آزمایش روش‌شناسی و روش‌های آماری مورد استفاده در این تحقیق قبل از اجرای کامل در مقیاس بزرگ انجام شد. این بررسی به منظور اینکه تحقیق طراحی شده به صورت مورد انتظار کار می‌کند یا خیر انجام شده است. مطالعات آزمایشی، مانند آنچه که در اینجا انجام شده است، در تحقیقات کیفی به دلیل توانایی آنها در کشف محدودیت‌های روش‌شناختی و نقص و اهمیت بهبود طراحی (Van Teijlingen و Hundley، ۲۰۰۱) اهمیت حیاتی دارند. مطالعات آزمایشی به محققان امکان تجدیدنظر لازم را قبل از اجرای کامل طرح می‌دهد تا احتمال موفقیت را افزایش دهند (Turner، ۲۰۱۰). این مطالعه آزمایشی استفاده از ماتریس ارزیابی را با استفاده از مقیاس ارزیابی و تنظیمات، همانطور که در بالا ارائه شد، به یک گروه از هشت کارشناس شبکه یونسکو در زمینه پایداری، ارائه نمود. شرکت‌کنندگان در آزمایش تعداد محدودی بودند، اما در نمایندگی خود، از جمله اساتید و دانشجویان دکتری، مرد و زن از دامنه‌های سنی متنوع با زمینه‌های مختلف، از چندین کشور ایرو آمریکا را داشتند. نمونه‌ای از ۱۰ شاخص مربوط به مصرف و مدیریت آب به صورت تصادفی برای این مطالعه آزمایشی انتخاب شد. نتایج به دست آمده از لحاظ آماری به همان شیوه‌ای که نتایج نهایی می‌تواند تحلیل شود، بررسی شد. شرکت‌کنندگان در این پروژه آزمایشی از طرح و نتایج پیشنهادی استقبال کردند. با این وجود، آنها بازخوردهای مربوطه و پیشنهادات مربوط به بهبود آنها، همچون ورود اطلاعات مربوط به واحدهای اندازه‌گیری برای هر شاخص در ماتریس ارزیابی و تنظیم دنباله‌ای از شاخص در ماتریس به منظور دسته‌بندی شاخص‌ها، با توجه به موضوع مورد بحث را آماده نمودند. روش‌شناسی از طریق مطالعات آزمایشی معتبر بوده و پیشنهادات اصلی مطالعه آزمایشی در طرح تحقیق گنجانده شده است.

• مقیاس ارزیابی

فرآیند ارزیابی شامل مقیاس کیفی دارای سه سطح بود که اعضای هیئت کارشناسان هر شاخص را به سطوح با عنوان: بی معنی، قابل توجه و یا بسیار مهم، بر اساس سطح انطباق شاخص با معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی (جدول ۲) طبقه‌بندی نمودند. این نتایج به شکل عددی و به صورت زیر اندازه‌گیری شدند: بی معنی معادل صفر؛ قابل توجه برابر با هفت؛ و بسیار مهم برابر با ده بود. کاربرد مقیاس صفر تا ده به این دلیل است که کارشناسان می‌توانند به راحتی از آن استفاده کنند و از طرفی مقیاس عمومی است و به طور گسترده‌ای برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود (Dominick و Wimmer، ۲۰۱۰).

جدول ۲- سه سطح مقیاس کیفی برای طبقه‌بندی معیارهای پایداری

پایداری اجتماعی	پایداری اقتصادی	پایداری محیط‌زیستی	پایداری نهادی
بی معنی			
هیچ مولفه اجتماعی قابل توجهی وجود ندارد	هیچ مولفه اقتصادی قابل توجهی وجود ندارد	هیچ مولفه محیط‌زیستی قابل توجهی وجود ندارد	هیچ مولفه نهادی قابل توجهی وجود ندارد
قابل توجه			
شامل اجزای اجتماعی است که به بهبود دسترسی به آب با کمیت و کیفیت برای نیازهای انسانی کمک می‌کند	شامل اجزای اقتصادی است که به وسیله ارتقای توسعه شهری و روستایی به استفاده مؤثر آب کمک می‌کند	این جزء شامل اجزاء محیطی است که به حفاظت از منابع طبیعی، خاک، محیط‌زیست و آب کمک می‌کند	شامل اجزای سازمانی است که به ترویج اصول IWRM کمک می‌کند
بسیار مهم			
برای اطمینان از دسترسی به آب با کمیت و کیفیت برای نیازهای انسانی است	هدف آن تضمین بهره‌وری مدیریت و استفاده از آب، ترویج توسعه شهری و روستایی است	برای حصول اطمینان از حفاظت کافی از منابع طبیعی - خاک، محیط‌زیست و آب (به ویژه چشمه‌ها و آب‌های زیرزمینی) است	هدف آن تضمین چارچوب سازمانی مناسب برای ترویج اصول IWRM است

• تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده از تحلیل هیئت کارشناسان با استفاده از اصول آمار توصیفی طبقه‌بندی، پردازش و تجزیه و تحلیل شدند. خلاصه‌ای از نتایج براساس میانگین نمرات تعیین شده توسط هر ارزیابی به یک معیار داده شده، انجام شده است. میانگین حسابی متوسط اندازه‌گیری‌ها برای نشان دادن مقدار مرکزی مجموعه داده‌ها محاسبه شد. معادله زیر نشان می‌دهد که چگونه میانگین نمرات برای هر شاخص در رابطه با هر معیار (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی) محاسبه شده است.

$$Si_{(c)} = \frac{\sum_{i=1}^n Si_{(c)}}{n} \quad (1)$$

که در آن: $Si_{(c)}$ امتیاز شاخص i و معیار c (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی) و n تعداد کارشناسان است. همچنین هیستوگرام‌های فراوانی داده‌های به دست آمده برای ارزیابی جهت نمایش گرافیکی، استفاده شدند.

• انتخاب شاخص‌ها

به منظور انتخاب شاخص‌ها، برای تعیین اینکه یک شاخص معیار پایداری را برآورده می‌کند یا خیر، میانگین امتیاز هفت به عنوان حد آستانه شناخته شد. در ارزیابی مقیاس پذیرفته شده توسط این مطالعه، این مقدار (هفت) مربوط به طبقه‌بندی قابل توجه است. بنابراین هر شاخص با میانگین نمره برابر یا بزرگتر از هفت برای هر معیار پایداری (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و نهادی) برآورد مناسبی است.

• رویکرد سیستم

ارزیابی چهار دسته از معیارهای پایداری، طبقه‌بندی شاخص‌ها را ممکن نمود. رویکرد سیستم بر پایه مفهوم پویایی سیستم استوار بود و به داشتن یک دید کلی از پایداری کمک نمود (Gallopın, ۲۰۰۶; Sterman, ۲۰۰۰; Sanò و Medina, ۲۰۱۲; WWAP, ۲۰۰۳). این پژوهش چارچوب سیستم ۴ مولفه‌ای (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی) را براساس معیارهای پایداری ارائه شده در بالا، پذیرفته است.

• طبقه‌بندی‌های ارزیابی پایداری

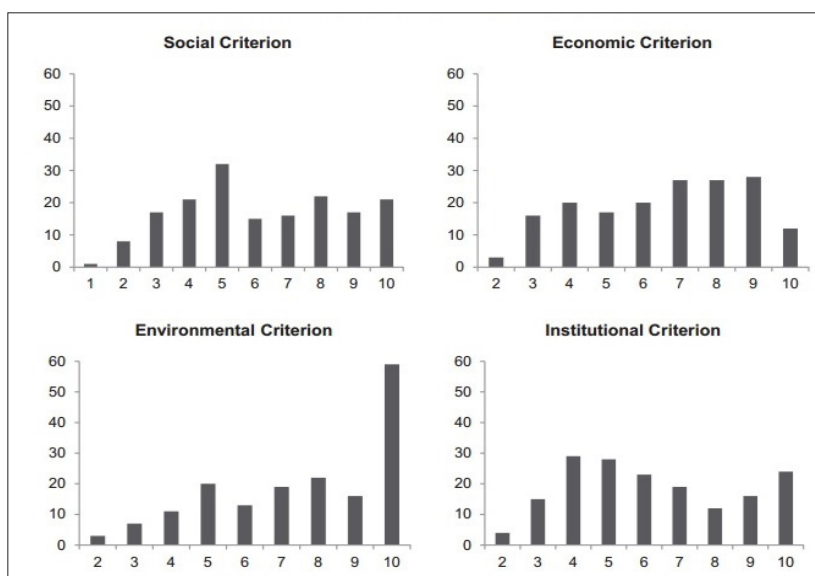
نتایج بدست آمده، شاخص‌ها را در ۴ دسته (شاخص‌های پایداری، شاخص‌های دوبردی، شاخص‌های تک بعدی و شاخص‌هایی که با هیچ یک از معیارهای پایداری مطابقت ندارند) همانطور که در جدول (۳) شرح داده شده است، طبقه‌بندی نمود. طبقه‌بندی این دسته‌ها براساس تعداد معیارهایی است که توسط شاخص برآورده می‌شود. شاخص‌های انتخاب شده برای پایداری، آنهایی هستند که اکثریت معیارهای پایداری را برآورده می‌کنند (۳ معیار یا بیشتر).

جدول ۳- دسته‌بندی‌های ارزیابی پایداری

تعداد مطابق با معیارهای پایداری	معنی	طبقه‌بندی
۳ معیار یا بیشتر	مطابق با کل معیارها	شاخص‌های پایداری
۲ معیار	مطابق با ۲ معیار	شاخص‌های دو بعدی
۱ معیار	مطابق با ۱ معیار	شاخص‌های یک بعدی
-	هیچ تطبیقی با معیارها ندارد	بی‌ربط

هستند، به این معنی که آنها با دو معیار پایداری مطابقت دارند و ۸۶ شاخص، شاخص یک بعدی هستند که یک معیار پایداری را برآورده می‌کنند. آخرین شاخص، تنها شاخصی را نشان می‌دهد که هیچ یک از معیارهای پایداری را برآورده نمی‌کند.

نتایج نشان داد که بیشترین امتیاز مربوط به معیار محیط‌زیستی است (۷/۱)، به دنبال آن معیار اقتصادی (۶/۱)، معیار نهادی (۵/۸) و معیار اجتماعی (۵/۷) دارای بیشترین امتیاز بودند. ۲۴ شاخص مربوط به معیار پایداری طیف امتیازی (۷/۳ - ۸/۴) را دارا بودند. علاوه بر این در مورد بعدی، معیار اجتماعی امتیاز حداکثر ۸/۴ را دارد و به دنبال آن معیارهای اقتصادی و محیط‌زیستی (۷/۶) برای هر مورد و امتیاز نهادی (۷/۳) را دارد. شکل (۱) هیستوگرام فراوانی ۱۷۰ شاخص مصرف و مدیریت آب توسط هر چهار معیار ارزیابی شده این تحقیق را نشان می‌دهد. مهم‌ترین یافته‌های آن در زیر خلاصه شده است.



شکل ۱- هیستوگرام فراوانی برای میانگین نمرات ۱۷۰ شاخص مربوط به مصرف و مدیریت آب با هر یک از چهار معیار پایداری (محور عمودی نشان دهنده فراوانی پاسخ‌ها و محور افقی نشان دهنده نمرات است).

و نهادی). از مجموعه اولیه ۱۷۰ شاخص، ۵۸ درصد (۹۸ شاخص) به معیارهای محیط‌زیستی اشاره داشتند، که بالاترین نتیجه در میان چهار جزء بود. با این وجود، معیار اجتماعی بیشترین موارد را در مجموعه نهایی ۲۴ شاخص نشان داد (۹۶٪ آنها یعنی شاخص). جدول (۵) نتایج طبقه‌بندی برای مجموعه اولیه ۱۷۰ شاخص و مجموعه نهایی ۲۴ شاخص برای چارچوب DPSIR را نشان می‌دهد. از طرف دیگر، برای هر دو مجموعه، تعداد اندکی از شاخص‌ها، مربوط به نیروهای محرک بوده که قابل توجه است (۷٪ از مجموعه اولیه و هیچ‌کدام از نهایی). به عبارت دیگر، شاخص‌هایی که وضعیت محیط‌زیست را توصیف می‌کنند، اکثریت مجموعه اولیه (۵۳٪) و نیمی از مجموعه نهایی شاخص‌ها را تشکیل می‌دهند.

در این مطالعه ۱۷۰ شاخص مربوط به مصرف و مدیریت آب شناسایی شده است. در مجموع، ۱۴ عضو هیئت کارشناسان، ۹۵۲۰ نتیجه را ارائه دادند که مربوط به ارزیابی چهار معیار پایداری برای هر یک از ۱۷۰ شاخص است. توزیع فراوانی نتایج در جدول‌ها و نمودارهای زیر تجزیه و تحلیل شده است. روند ارزیابی بدست آمده از این لیست اولیه، شامل ۲۴ شاخص کلیدی است که اکثریت معیارهای پایداری را برآورده می‌کنند. در مرحله اول، بیش از ۲۴۰ شاخص مربوط به منابع آب در ادبیات تخصصی یافت شد. از آن شاخص‌ها، تعداد ۱۷۰ شاخص به عنوان ابعاد مربوط به مصرف و مدیریت آب شناسایی گردید. از این لیست اولیه ۱۷۰ شاخص مصرف و مدیریت آب، ۲۴ شاخص (۱۴٪) با اکثریت معیارهای پایداری مطابقت دارند. ۵۹ شاخص دوبعدی

۴۵ درصد امتیازها برای معیار پایداری اجتماعی بیشتر یا مساوی هفت بود. کمترین امتیاز (بین ۱ و ۲) خیلی غیرممکن بود. بیشترین امتیاز تکرار شده، ۵ بود. در معیار اقتصادی، امتیاز بین ۴ و ۱۰ برای ۸۹٪ موارد صدق می‌کند. ۵۵٪ امتیازها بین ۷ و ۱۰ بود. برای معیار محیط‌زیستی، ۶۸٪ شاخص‌ها امتیاز بین ۷ و ۱۰ را داشتند. مقدار حداکثر این مقیاس ۱۰ با ۳۵٪ نتایج بود. هیستوگرام برای معیار پایداری نهادی نشان داد که ۴ و ۵ بیشترین امتیازات به ترتیب با ۱۷٪ و ۱۶/۵٪ بودند. ۴۲٪ از شاخص‌ها امتیازی مساوی یا بزرگتر از هفت را داشتند. جدول (۴) نتایج حاصل از طبقه‌بندی رویکرد سیستم از مجموعه اولیه ۱۷۰ شاخص و مجموعه نهایی ۲۴ شاخص را نشان می‌دهد که مربوط به درصد شاخص‌هایی است که هر جزء چارچوب سیستم ارائه می‌دهد (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی

جدول ۴- اجزای رویکرد سیستم از مجموعه اولیه

۱۷۰ شاخص و مجموعه نهایی از ۲۴ شاخص

اجزاء	مجموعه اولیه ۱۷۰ شاخص	مجموعه نهایی ۲۴ شاخص
اجتماعی	٪۳۶	٪۹۶
اقتصادی	٪۳۹	٪۸۳
محیط‌زیستی	٪۵۸	٪۷۱
نهادی	٪۳۲	٪۶۷

جدول ۵- اجزای چارچوب DPSIR از مجموعه اولیه

۱۷۰ شاخص و مجموعه نهایی ۲۴ شاخص

اجزاء	مجموعه اولیه ۱۷۰ شاخص	مجموعه نهایی ۲۴ شاخص
نیروی محرکه	٪۷	-
فشار	٪۲۷	٪۴۲
وضعیت	٪۵۳	٪۵۰
اثر	٪۳۶	٪۵۰
پاسخ	٪۲۹	٪۲۵

بحث

• شاخص‌های مصرف و مدیریت پایدار آب

به منظور شناسایی شاخص‌های مصرف و مدیریت آب که معیارهای پایداری را برآورده می‌کنند، ادبیات تخصصی بررسی شد، سپس ماتریس ارزیابی ایجاد و گروهی از کارشناسان بین‌المللی دعوت شدند. یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن است که ۱۴٪ (۲۴ شاخص) شاخص‌های مصرف و مدیریت آب، معیارهای پایداری دارند. ۸۶ درصد از شاخص‌ها اکثریت معیارهای پایداری را برآورده نمی‌کنند و نشان‌دهنده این است که اکثر شاخص‌های مصرف و مدیریت آب دید محدودی داشته و به چند بعدی بودن پایداری توجهی نمی‌کنند. طبق نظر WWAP (۲۰۰۹)، استفاده از شاخص‌هایی که معیارهای پایداری را ادغام می‌کنند، یک ابزار قدرتمند برای شناسایی و نظارت بر مشکلات آب، تعیین راه‌حل‌ها و ارزیابی دستاوردها و یا شکست سیاست‌ها و برنامه‌ها است. با این حال، برای تعیین آنها، باید چشم‌انداز چند بعدی از پایداری را در نظر گرفت که شامل جنبه‌های مربوط به اثرات محیط‌زیستی (مثبت و منفی)، مسائل اجتماعی، اقتصادی و جنبه‌های نهادی شاخص‌ها است.

همانطور که در یافته‌های این مطالعه اشاره شد، معیار محیط‌زیستی از ۱۷۰ شاخص ارزیابی، تعداد قابل توجهی از نتایج را بین ۹ تا ۱۰ نشان داد. این نتیجه نشان می‌دهد که به

طور کلی کارشناسان در نمرات خود هماهنگ شده‌اند و این مقادیر در نظر گرفته می‌شوند (۶۸٪ از نمرات بالاتر یا برابر ۷). این مقادیر نشان داد که شاخص‌های مربوط به مصرف و مدیریت آب معمولاً برای مطالعات محیط‌زیستی ساخته شده‌اند.

به طور کلی، ۲۴ شاخص که معیارهای پایداری را برآورده می‌کنند، طیف گسترده‌ای از موضوعات مربوط به منابع آب را توصیف می‌نمایند. این شاخص‌ها 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.

شاخص با بالاترین نمره متوسط (۹/۲) شاخص "فقر آب" است که روابط چند جزء از جمله میزان فیزیکی موجودیت آب، سهولت برداشت و سطح رفاه اجتماعی را شامل می‌شود (Sullivan و Meigh، ۲۰۰۵). "شاخص فقر آب" همراه با شاخص "آسیب‌پذیری اقلیم"، "کمبود آب" و "بار سلامتی ناشی از کمبود مواد غذایی" تنها شاخص‌هایی بودند که با تمام چهار بعد پایداری موافقت داشتند و میانگین نمره هر یک از چهار معیار پایداری بالاتر از حد آستانه بود.

در میان ۲۴ شاخص پایداری شاخص رد پای آب (WF) قابل توجه است. رد پای آب یک شاخص چند جزئی است که Hoekstra و Hung (۲۰۰۲) معرفی نموده و شامل سه جزء: آب سبز، آب آبی و آب خاکستری می‌باشد. Hoekstra (۲۰۰۹) در مطالعه خود اشاره نموده که آب آبی مربوط به آب شیرین یا آب زیرزمینی، آب سبز بارندگی ذخیره شده در خاک به عنوان رطوبت خاک و آب خاکستری مربوط به آلودگی آب است. Pellicer-Martínez و Martínez-Paz (۲۰۱۶) اشاره می‌کنند که رد پای آب، شاخصی است که دیدگاه جامعی از پایداری استفاده از آب را می‌دهد و می‌تواند در چارچوب IWRM ارزیابی شود. مطالعات بیشتری در مورد این شاخص، به ویژه با هدف غلبه بر محدودیت‌های مربوط به روش‌های محاسبه آن، همانطور که Lovarelli و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کردند، توصیه می‌شود.

لازم به ذکر است که این مطالعه همچنین ۵۹ شاخص را شناسایی کرده که دو معیار پایداری را برآورده می‌کنند. در میان آنها شاخص‌هایی مانند دسترسی به آب آشامیدنی سالم می‌باشد که یکی از شاخص‌هایی بوده که سازمان ملل متحد برای نظارت بر پیشرفت در جهت اهداف توسعه هزاره (UN، ۲۰۱۰) استفاده می‌نماید. این ۵۹ شاخص دو بعدی 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 نمرات برجسته‌ای را ارائه می‌دهند، مانند "وجود قوانین حمایت از اصول دوبلین برای آب" که این شاخص یکی از بالاترین نمرات را برای معیار نهادی (۹/۸ به عنوان میانگین) دریافت کرد. این امر، وجود قوانین مربوط به مسائل مربوط به پایداری و مدیریت آب، رویکرد مشارکتی، ارزش جنسیتی و اقتصادی را اندازه‌گیری می‌کند (ICWE، ۱۹۹۲).

۸۶ شاخص که مطابق با یکی از چهار معیار پایداری است نیز شناسایی شدند. آنها شاخص‌های یک بعدی هستند؛ که نباید به عنوان یک محدودیت به عنوان یک ویژگی شناخته شوند. آنها با استفاده از یکی از چهار معیار پایداری، به شیوه‌ای مناسب به کار گرفته می‌شوند، به این معنی که ابزارهای جالبی هستند که از زاویه ای خاص یکی از جنبه‌های مختلف مصرف و مدیریت آب را در نظر می‌گیرند. یک نمونه جالب، "شاخص روند جمعیت در گونه‌های آب شیرین" است. تغییرات در گونه‌های آب شیرین موجود در اکوسیستم‌های آب شیرین، از سال پایه ۱۹۷۰، از جمله داده‌ها در ۲۷۵۰ جمعیت از ۷۱۴ گونه ماهی، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران (WWF، ۲۰۱۰) یافت شده است. این یک شاخص بسیار مرتبط با شرایط محیط‌زیستی جریان‌های آب است، در حقیقت، نمره بسیار خوبی برای معیارهای محیط‌زیستی (۹/۳) دارد.

ارزیابی معیارهای پایداری ارائه شده در اینجا، نتیجه کار گروهی کارشناسان بین‌المللی از ایبری آمریکا بود. بنابراین مطالعات آینده می‌توانند در مورد چگونگی ارزیابی این شاخص‌ها توسط یک گروه وسیع، از جمله کارشناسان سایر نقاط جهان، 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.

• چارچوب DPSIR

یافته‌های این مطالعه، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در تعداد شاخص‌هایی که تحت "نیروی محرک" و "وضعیت" طبقه‌بندی شده‌اند، را نشان می‌دهد. مقدار بسیار بالایی از شاخص‌ها (نصف یا بیشتر از آنها) به مولفه "وضعیت" مربوط می‌شوند و فقط تعداد محدودی (کمتر از ۷ درصد) مولفه "نیروهای محرک" هستند. این عدم تعادل بر نیاز به توسعه بیشتر شاخص‌ها برای ارزیابی نیروهای محرک در ارتباط با چالش مصرف و مدیریت پایدار آب تأکید می‌کند. این نوع شاخص‌ها مهم هستند، زیرا طبق نظر WWAP (۲۰۰۶)، عوامل اصلی و علل ریشه‌ای که بر توسعه جامعه، اقتصاد و شرایط محیطی تأثیر می‌گذارد را ارزیابی می‌کنند. بنابراین، این تحقیق پیشنهاد می‌کند که توسعه‌دهندگان شاخص‌ها، تلاش‌های خود

را برای تولید شاخص‌های مصرف و مدیریت آب با تمرکز بر نیروی محرک انجام دهند. اختصاص یک خوشه DPSIR به هر یک از ۱۷۰ شاخص انجام شده توسط این مطالعه، یک کار پیچیده بود و Vacik و همکاران (۲۰۰۶) تأیید کردند که این مسأله همواره موضوع دیدگاه‌ها است. چشم انداز پذیرفته شده توسط این مطالعه بر تعیین شاخص‌هایی است که می‌توانند مصرف و مدیریت پایدار آب را اندازه‌گیری کنند. بنابراین، مطالعات دیگر می‌تواند طبقه‌بندی‌های مختلف چارچوب برای این شاخص‌ها را پیدا کنند.

تعدادی از شاخص‌های ارزیابی شده در این مطالعه در واقع شاخص‌های ساخته شده از چند زیرشاخص هستند. با توجه به ماهیت چند بعدی از پایداری (معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی که به یکدیگر متصل هستند)، این شاخص‌ها در بیش از یک موقعیت از چارچوب DPSIR طبقه‌بندی شدند. برای مثال، شاخص آسیب‌پذیری اقلیم (CVI) شاخصی است که ۶ زیر مجموعه را شامل می‌شود (منابع، دسترسی، مصارف، ظرفیت، محیط‌زیست و آسیب‌پذیری). این طبقه‌بندی از چهار موقعیت DPSIR مختلف یعنی فشار، وضعیت، اثر و پاسخ، عمدتاً به این علت است که زیرمجموعه‌های آن، مسائل بسیار متنوعی را مطرح می‌کنند و آنها را به منظور ارزیابی جامع از آسیب‌پذیری‌های انسانی در زمینه تهدیدات منابع آب بیان می‌کنند (Sullivan و Huntingford، ۲۰۰۹).

• مفید برای محققان و سیاست‌گذاران

فهرست ۱۷۰ شاخص مصرف و مدیریت آب و مجموعه ۲۴ شاخص که معیار پایداری را برآورده می‌کنند، نقش مهمی در مطالعه حاضر دارند. کاربران نهایی، مانند موسسات مدیریت آب، کمیته‌های حوضه رودخانه، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان، می‌توانند با استفاده از فهرست شاخص‌ها با توجه به نیازهای خاص خود، به شناسایی و انتخاب شاخص‌ها بپردازند. استفاده از شاخص‌ها می‌تواند به تشخیص و نظارت شیوه‌های ناپایدار مصرف آب، تعریف راه حل‌ها و ارزیابی پایداری مصرف و مدیریت آب کمک کند. مدیران آب می‌توانند از این شاخص‌ها به عنوان عناصر مربوط به تعیین اهداف و نظارت بر پیشرفت در برنامه‌های مدیریت آب و همچنین در سیستم‌های اطلاعات مدیریت آب استفاده کنند. سایر امکانات برای استفاده از این شاخص‌ها، شامل پشتیبانی از تصمیم‌گیری در مورد امتیازات مجوزهای آب برای استفاده پایدار از آب است. 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 استفاده شوند.

می‌تواند سهم قابل توجهی در تحقیق و عملکرد پایدار برای بخش منابع آب داشته باشد. این شاخص‌ها همچنین باید اطلاعات بحرانی برای مدیریت آب را ارائه دهند.

تاکنون هیچ نشریه علمی دیگری که ارزیابی مشابهی را انجام داده باشد، یافت نشده است. علاوه بر این، توسعه شاخص‌ها یک فرآیند مستمر است و بنابراین این فهرست یک نتیجه نهایی نیست و سایر شاخص‌ها ممکن است با مطالعات آینده در آن گنجانده شوند. اگرچه شناسایی این شاخص‌ها اهمیت دارد، اما برای رفع نگرانی‌های کلیدی مدیران آب، شاخص‌ها باید از منظر معیارهای دیگری که فراتر از معیارهای پایدار می‌باشند، نیز ارزیابی شوند. به منظور ارزیابی شاخص‌های انتخاب شده براساس معیارهای اضافی، توصیه‌هایی را برای توسعه مطالعات بیشتر پیشنهاد می‌کنیم. این معیارها باید به جامعه مدیریت آب مربوط باشند و می‌تواند مسائلی مانند اعتبار مقیاس جغرافیایی مناسب و اینکه آیا شاخص بر اساس استانداردهای علمی در حال حاضر صحیح و مورد پذیرش بین‌المللی را شامل شود. علیرغم شناخت گسترده مرتبط بودن شاخص‌ها با پایدار آب در سراسر جهان، هنوز چالش‌های مهمی باقی می‌ماند. پیشرفت دانش، تحقیق و نوآوری در زمینه این موضوع برای ترویج و انتقال جهت استفاده و مدیریت پایدار آب ضروری است.

شاخص‌ها ابزار قدرتمند تصمیم‌گیری و عناصر کلیدی نظارت بر پیشرفت به سوی توسعه پایدار در بخش آب هستند و باید چهار معیار پایداری (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی) را مدنظر قرار دهند. هدف از این مطالعه، پرکردن شکاف‌های معیارهای پایداری با ارائه دانش جامع و قابل اعتماد در مورد شاخص‌های مصرف و مدیریت پایدار آب است. در این مطالعه، شاخص‌های مرتبط با مدیریت یکپارچه منابع آب شناسایی شده و سپس در یک ماتریس ارزیابی، طبقه‌بندی و سازماندهی شده و براساس چارچوب DPSIR دسته‌بندی شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ۸۶ درصد از آنها اکثریت معیارهای پایداری را برآورده نکرده‌اند، و این نشان می‌دهد که آنها چشم‌انداز جامع و چند بعدی از پایداری را در نظر نمی‌گیرند. لازم به ذکر است که ۱۴۵ شاخص با یک یا دو مورد از چهار مؤلفه پایداری به طور کافی مرتبط هستند، به این معنی که آنها ابزار جالبی هستند که به محققان امکان می‌دهند، بعضی از جنبه‌های متعدد استفاده و مدیریت آب از زوایای مختلف را مدنظر قرار دهند. این مطالعه نشان داد که ۲۴ شاخص کلیدی مصرف و مدیریت آب اکثریت معیارهای پایداری را برآورده می‌کنند. شناسایی این شاخص‌ها