2021, Vol.8, No.2, Pages 21 to 32
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ۲، ۱۴۰۰، صفحات ۲۱ تا ۳۲
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Investigating the Status of the Combined Water Security Index of Iranian Provinces in the Period of 2012-2017: Application of Multi-Criteria Analysis Methods

N. Maleki[1], R. Shakeri Bostanabad[2*], M. Salehi Komroudi[3], S. Seyedabadi[4]

1- MSc of Economics, Management and Planning Organization of Semnan Province, Iran. 2- PhD Student, Department of Agricultural Economics, University of Tehran, Iran. 3- PhD, Agricultural Economics, University of Tabriz, Iran. 4- Undergraduate Student, Shahroud University of Technology, Iran.

*(Corresponding Author Email: reza.shakeri@ut.ac.ir)

Received: 08-03-2021
Accepted: 06-05-2021

Abstract

Drought and water shortage in Iran is a climatic reality and due to the increasing need for water in various sectors, especially the agricultural sector, the problem of drought will become more acute in the coming years. Meanwhile, the approach of maintaining water security is less seen in the country's development policies, especially in the agricultural sector, and development policy in Iran has led to the threat of the country's water resources and has posed a serious challenge to establishing water security in the country. Therefore, the management of water resources and how to use it in Iran needs a serious review and therefore it is necessary that the water resources of different regions in terms of physical, social and economic factors and development policies based on it to be continuously assessed. Therefore, the purpose of this study is to investigate the situation of water security in the provinces of the country in 2012 and 2017 based on water security indicators and identify the most important variables affecting it. For this purpose, first, using the method of hierarchical analysis and the opinions of experts and researchers, the relative importance of water security indicators was determined and using multi-criteria analysis methods, the combined water security index of the provinces of Iran in 2012 and 2017 was constructed. According to the results, the provinces of Khuzestan, Tehran, East Azerbaijan, Kurdistan and Mazandaran are in a better situation and the provinces of Qom, Yazd, Kerman and Sistan and Baluchestan are in a worse situation in terms of water security than other provinces in the country.

Keywords: Combined Water Security Index, Iran, Water Resources, Multi-Criteria Analysis, Spearman-Shannon Index.

بررسی وضعیت شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۰-۱۳۹۵: کاربردی از روش‌های تحلیل چندمعیاره

نادر مالکی[۱]، رضا شاکری بستان آباد[۲*]، محسن صالحی کمرودی[۳]، سعیده سیدآبادی[۴]

۱- کارشناسی ارشد اقتصاد، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان سمنان، ایران. ۲- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران. ۳- دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران. ۴- دانشجوی کارشناسی اقتصاد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: reza.shakeri@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶

چکیده

خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و باتوجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب به‌ویژه بخش کشاورزی، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادتر خواهد شد. این در حالی است که رویکرد حفظ امنیت آبی در سیاست‌های توسعه کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی کمتر دیده می‌شود و سیاست‌گذاری توسعه در ایران منجر به تهدید منابع آب کشور شده و برقراری امنیت آبی را در کشور با چالش جدی مواجه نموده است. از این رو مدیریت منابع آبی و چگونگی به‌کارگیری آن در ایران نیازمند بازنگری جدی است و ضروری است منابع آب مناطق مختلف از لحاظ فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مورد سنجش مستمر قرار گرفته و براساس آن سیاست‌های توسعه‌ای صورت پذیرد. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی وضعیت امنیت آبی استان‌های کشور در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ براساس شاخص‌های امنیت آبی و شناسایی مهمترین متغیرهای موثر برآن است. به‌این‌منظور ابتدا بااستفاده‌از روش تحلیل سلسله مراتبی و نظرات کارشناسان و پژوهشگران اهمیت نسبی شاخص‌های امنیت آبی تعیین شد و با استفاده از روش‌های تحلیل چند معیاره شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های ایران در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ ساخته شد. براساس نتایج استان‌های خوزستان، تهران، آذربایجان شرقی، کردستان و مازندران در وضعیت بهتر و استان‌های قم، یزد، کرمان و سیستان و بلوچستان در وضعیت بدتری از نظر امنیت آبی نسبت به سایر استان‌های کشور دارند.

واژه‌های کلیدی: شاخص ترکیبی امنیت آب، ایران، منابع آبی، تحلیل چند معیاره، شاخص اسپیرمن-شانون.

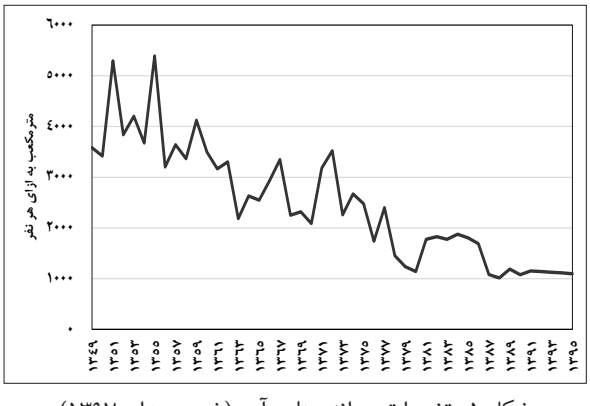
DOI: 10.22067/jwsd.v8i2.1028

مقدمه

موقعیت جغرافیایی، میزان بارش دریافتی و شرایط دما موجب حاکمیت اقلیم خشك و نیمه‌خشك در ایران شده است. در کشورهایی با این اقلیم، کمبود و محدودیت منابع آب امری طبیعی است، اما به آن معنی نیست که شرایط فعلی بحران آب فقط زاییده شرایط طبیعی است؛ بلکه حکایت از نقش مهم و پررنگ عوامل انسانی، دست‌اندازی، زیاده‌خواهی، بی‌برنامگی و اجرای برنامه‌های غلط در ایجاد و عمق این بحران دارد (نصرآبادی، ۱۳۹۴).

بررسی مقدار آب استحصال‌شده در کشور، افزایش جمعیت، روند تخریب جنگل‌ها و مراتع طی سال‌های گذشته، برداشت بیش از حد و بدون برنامه‌ریزی از منابع آب زیرزمینی و عدم الگوی بهینه مصرف موجب کاهش چشمگیر منابع آب شده و زمینه بروز خشکسالی در مناطقی از کشور را فراهم آورده‌است. خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و باتوجه‌به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب به‌ویژه بخش کشاورزی، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادتر خواهد شد. به‌طوری‌که براساس گزارش موسسه بین‌المللی مدیریت آب کشور ایران برای حفظ وضع فعلی تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

بررسی آمار و ارقام نشان می‌دهد میانگین بارش در ایران از ۳۲۵ میلیمتر در سال ۴۸-۱۳۴۷ به ۲۳۸/۴ میلی متر در سال ۹۵-۹۴ رسیده است و میزان رواناب از ۱۸۲ میلیارد مترمکعب در سال ۴۸-۱۳۴۷ به ۵۹ میلیارد متر مکعب کاهش یافته است. ماکزیمم رواناب در کل این دوره معادل ۱۸۲ میلیارد مترمکعب در سال ۴۸-۱۳۴۷ رخ داده است اما متوسط رواناب در ۵ سال اخیر به ۴۸ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. کاهش رواناب باعث افزایش شدت برداشت از منابع آب زیرزمینی شده است، به‌طوری‌که اثرات این کاهش در تغییرات میزان سرانه منابع آبی به خوبی قابل لمس است. در شکل (۱) مشاهده می‌شود در بازه ۱۳۴۹-۱۳۹۵ سرانه منابع آبی به حدود ۱۰۰۰ متر مکعب رسیده است که تقریبا یک پنجم مقدار اولیه آن در دوره مورد بررسی است (شریعتمدار، ۱۳۹۷).



شکل ۱- تغییرات سرانه منابع آب (شریعتمدار، ۱۳۹۷)

در سال‌های اخیر افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، خسارت‌های غیرقابل جبرانی بر منابع آب زیرزمینی کشور وارد کرده است. برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افزایش سفره‌های آب شور و شور شدن منابع آب شیرین در نقاط مختلف کشور شده است. تداوم افت بارندگی در کشور در مقایسه با روند بلندمدت و بهره‌برداری نادرست از منابع آب کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی منجر شده در چند دهه گذشته سطح آب سفره‌های زیرزمینی کشور حدود ۱۸ متر کاهش یابد.

امروزه دستیابی ایمن به منابع آب برای رسیدن به هدف رشد و توسعه اقتصادی پایدار، به‌عنوان یکی از هدف‌های اصلی جوامع بشری مطرح می‌باشد. به‌طوری‌که در اهداف توسعه هزاره سوم بر دسترسی کافی به منابع آب و کاهش خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از ناامنی‌های آبی تأکید شده است (Sullivan و همکاران، ۲۰۰۳). در این راستا محققان انجمن جهانی اقتصاد در سال ۲۰۰۹ معتقدند باتوجه‌به ارتباط نزدیک امنیت آبی و تولید مواد غذایی، انرژی، آب‌وهوا، رشد اقتصادی و امنیت انسانی، عمده‌ترین خطری که جهان امروز را به چالش می‌کشاند، ناامنی آبی است. از این‌رو صیانت و حفظ منابع آبی، بهره‌برداری اقتصادی و عادلانه از آب و برقراری امنیت آبی یک مسئله مهم جهانی است (Pan و همکاران، ۲۰۱۴).

تعاریف متعددی از مفهوم امنیت آب توسط طیف وسیعی از سازمان‌های بین‌المللی به‌ویژه مشارکت جهانی آب و مجمع جهانی اقتصاد صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه از دیدگاه برنامه ارزیابی جهانی آب سازمان ملل متحد چهار شاخص اصلی به‌عنوان مؤلفه‌های امنیت آبی بیان می‌شود. این چهار شاخص عبارتند از: تأمین آب برای نیاز پایه انسانی، تأمین آب برای امنیت تمدنی، تأمین آب برای حفظ محیط‌زیست و تأمین آب برای صنعت و انرژی. در کشورهایی که امنیت آب مترادف با خودکفایی در تولید آب است، مساله آب بسیار حساس و استراتژیک می‌شود. در این کشورها، آب یک مساله شناخته شده است و امنیت آب در دسته سیاست‌های با اولویت اصلی قرار دارد. در طول دو دهه گذشته توجه به مفهوم امنیت آب هم از لحاظ سیاسی و هم از لحاظ دانشگاهی افزایش قابل توجهی داشته است. ایران نیز باتوجه‌به شرایط اقلیمی خود در این دسته از کشورها قرار می‌گیرد. سازمان آموزش آب یونسکو با پی‌بردن به اهمیت این موضوع، مفهوم امنیت آب را جز اولویت‌های پژوهشی خود قرار داده است (UNESCO، ۲۰۰۹). انجمن آب آسیا و اقیانوسیه اولین نشست خود را تحت عنوان امنیت آب، رهبری و تعهد در سال ۲۰۰۷ برگذار کرد (Noriko، ۲۰۰۷). در دهه اخیر امنیت آب به موضوع مورد بحث داخلی برنامه‌های مدیریتی تبدیل شده است. به ویژه ارتباط موضوع امنیت آب با تروریسم منجر شده این موضوع به یکی از موضوعات کلیدی مورد بحث در مجامع دولتی و غیر دولتی تبدیل شود.

درحالی‌که رویکرد حفظ امنیت آبی در سیاست‌های توسعه کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی کمتر دیده می‌شود. به‌عنوان نمونه، مقایسه

چگونگی رشد سطح زیرکشت محصولات زراعی آبی با وضعیت اقلیمی استان‌های مختلف نشان می‌دهد در برخی از استان‌های کشور توسعه سطح زیرکشت محصولات، هماهنگ با شرایط اقلیمی مناطق صورت نگرفته است. برای نمونه در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان که باتوجه‌به آمارهای متوسط بلندمدت بارندگی از استان‌های کم‌آب کشور محسوب می‌شوند (متوسط بارندگی به‌ترتیب ۱۳۸ و ۸۵ میلیمتر) سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای آبی که محصولی آب‌بر است به‌ترتیب از ۱۰۵۸ و ۶۶۴ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۲۵۴۵۲ و ۵۷۶۳ هکتار در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. به‌طور مشابه سطح زیرکشت گندم آبی در استان‌های یزد و هرمزگان متوسط بارندگی ۶۷ و ۲۱۰ میلیمتر، به‌ترتیب از ۱۴۵۲۵ و ۵۵۰۳ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۲۶۵۷۳ و ۱۳۷۱۳ هکتار در سال ۲۰۱۳ توسعه یافته است. در مورد محصولات و استان‌های دیگر هم، وضعیت مشابه‌ای مشاهده می‌شود. این عدم همخوانی نشان می‌دهد، در تدوین و اجرای سیاست‌های گوناگون از سوی دولت جهت توسعه فعالیت‌های مختلف اقتصادی در مناطق مختلف، ملاحظات محیط زیستی مرتبط با منابع آب کمتر مدنظر قرار می‌گیرد. این‌گونه سیاست‌گذاری توسعه در ایران منجر به تهدید منابع آب کشور شده و برقراری امنیت آبی را در کشور با چالش جدی مواجه نموده است. وقوع چالش‌های پرشمار همچون تخلیه آب‌های زیرزمینی، نشست زمین، خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه‌ها و آب دریاچه‌ها، آلودگی آب و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی بر این حقیقت اشاره دارد که مدیریت منابع آبی و چگونگی به‌کارگیری آن در ایران نیازمند بازنگری جدی است. این بازنگری نیامند سازگار نمودن سیاست‌های توسعه بخش‌های مختلف با وضعیت منابع موجود استان‌های کشور است. بنابراین ضروری است، منابع آب مناطق مختلف از لحاظ فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی سنجش مستمر شوند و براساس آن سیاست‌های توسعه‌ای صورت پذیرد. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی وضعیت امنیت آبی استان‌های کشور در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ براساس شاخص‌های امنیت آبی و شناسایی مهمترین متغیرهای موثر برآن است.

پیشینه پژوهش

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد، ارزیابی وضعیت منابع آبی و سنجش امنیت آبی در مناطق مختلف مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. مرور این مطالعات می‌تواند در شناسایی شاخص‌های مناسب برای اندازه‌گیری امنیت آبی مفید باشد. Hailu و همکاران (۲۰۲۰) شاخص‌های امنیت آب خانوارها را براساس موجودی منابع آب، دسترسی به آب، مصرف آب، ظرفیت، و محیط‌زیست و موسسات آب در اتیوپی بررسی کردند. نتایج نشان داد، اکثر خانوارها با ناامنی آب مواجه هستند و علت اصلی آن موسسات ضعیف سازمان یافته و همچنین عدم وجود سیستم و دانش کافی در مورد سیستم‌های مدیریت آب است. Arreguin-Cortes و همکاران (۲۰۲۰) امنیت آب ایالت‌های مکزیک را براساس روش تجزیه و تحلیل جهانی مطالعه کردند، در این زمینه شاخص‌های دسترسی به آب، ایمنی و کیفیت و همچنین مدیریت آب را لحاظ کردند. براساس شاخص جهانی محاسبه شد، ایالت‌های بحرانی از منظر امنیت آب شامل سونورا، باخا کالیفرنیا و گوآناجواتو هستند و پس از آنها مکزیکو سیتی، کولیما، آگواسکالینتس و سینالوآ قرار دارند. López Álvarez و همکاران (۲۰۱۵) بااستفاده‌از شاخص فقر آبی منابع آب مناطق نیمه گرمسیری در هوآستکا پوتوسینا مکزیک را ارزیابی کردند. برای این منظور آنها از مجموع وزنی استاندارد شده شش مؤلفه منابع آبی، دسترسی، مصرف، ظرفیت، کیفیت و محیط‌زیست استفاده نمودند. برای محاسبه این مؤلفه‌ها از متغیرهای منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، حجم مصرف، سهم جمعیتی که به آب آشامیدنی دسترسی دارند، سهم جمعیتی که به آب پاکیزه دسترسی دارند، سهم اراضی آبی از کل نواحی کشاورزی، درآمد، نرخ مرگ و میر در کودکان زیر پنج سال، شاخص آموزش، ضریب جینی، مصرف آب داخلی، مصارف آب کشاورزی، مصرف آب صنعتی، اراضی به‌کار گرفته شده، مناطق حفاظت شده و اطلاعات کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی استفاده کردند. نتایج نشان داد، ارزش نهایی شاخص فقر آبی برای حوضه آبریز والم ریو برابر با ۵۹ از ۱۰۰ می باشد.

Pan و همکاران (۲۰۱۴) امنیت آبی و ارزیابی مشکلات اصلی پیش‌روی مدیریت و بهره‌برداری آب در حوضه‌های رودخانه‌های هایه[1]، شیول[2] و شیانگ[3] در استان گانسو[4] چین را بررسی کردند. برای این منظور آنها از شاخص فقر آبی استفاده نمودند که پنج مؤلفه منابع آبی، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست در آن مد نظر قرار گرفت. در این مطالعه مؤلفه منابع شامل متغیرهای منابع آب سرانه و ضریب جریان سطحی، مؤلفه دسترسی شامل متغیرهای تعداد پزشکان به ازای هر هزار نفر، عرضه آب سطحی و عرضه آب زیرزمینی؛ مؤلفه مصرف شامل متغیرهای آب مصرفی در بخش‌های کشاورزی، خانگی، صنعت و بوم شناختی؛ مؤلفه ظرفیت شامل متغیرهای سطح آموزش، تولید ناخالص داخلی، درآمد خالص سالانه روستاییان و درآمد قابل تصرف سالانه شهرنشینان و مؤلفه محیط‌زیست شامل متغیرهای نرخ رقیق‌سازی[5]، تخریب مراتع، اراضی جنگلی حمایت شده، میزان مناطق دارای خاک شور، اراضی کویری و اراضی ماسه‌ای تثبیت شده بوده است. نتایج پژوهش آنها نشان داد، حوضه رودخانه شیول وضعیت مناسبی از نظر امنیت آبی دارد و وضعیت مؤلفه محیط‌زیست در حوضه رودخانه هایه و وضعیت مؤلفه‌های ظرفیت و منابع در حوضه رودخانه شیانگ مساعد نیست. Zhang و همکاران (۲۰۱۲) با به‌کارگیری شاخص فقر آبی میزان تنش آبی حوضه رودخانه شیانگ در چین را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد منطقه مین کین با مقدار شاخص فقر آبی ۲۶/۳ وضعیت مناسبی ندارد اما منطقه جینگ چانگ با ارزش نهایی

۶۶/۹ برای شاخص فقر آبی وضعیت نسبی بهتری دارد. سلامی و طاهری ریکنده (۱۳۹۸) وضعیت امنیت آبی استان‌های ایران را سنجیدند. براساس شاخص فقر آبی محاسبه شده برای استان‌های مختلف کشور، استان‌های سیستان و بلوچستان، قم، کرمان، هرمزگان و گلستان با ناامنی آبی شدید و استان‌های تهران و گیلان با امنیت آبی ضعیف روبه‌رو می‌باشند. همچنین پنج استان آذربایجان شرقی، زنجان، سمنان، کرمانشاه و لرستان در طبقه امنیت آبی بالا و پنج استان بوشهر، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، کردستان و مرکزی در طبقه امنیت آبی کامل می‌باشند. عربی یزدی و همکاران (۱۳۹۳) امنیت آبی در اقلیم‌های خشک را از دیدگاه شاخص رد پای آب با تاکید بر استان خراسان جنوبی بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد، برای به‌دست آوردن امنیت غذایی، نیاز به تأمین حدود ۴۴۸ هزار تن انواع محصولات غذایی است که با درنظر گرفتن شرایط واقعی و راندمان ۳۵ درصد، معادل ۲۰۶۵ میلیون متر مکعب آب به شکل مجازی است. کل حجم شاخص ردپای آب در استان ۱۱۴۲ میلیون متر مکعب است که به ازا هر نفر ۱۷۲۳/۷متر مکعب در سال برآورد شد. محمدجانی و یزدانیان (۱۳۹۳) وضعیت بحران آب در کشور را با بررسی شاخص‌های بین‌المللی آب تحلیل کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد در شرایطی که بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد از مصرف آب در کشور را به خود اختصاص می‌دهد، به واسطه مشکلات ساختاری حاکم بر این بخش، روند رو به رشد جمعیت و مصرف مواد غذایی و باوجود فشار گسترده به منابع آب‌های زیرزمینی کشور، کسری تراز بازرگانی این بخش به بیش از ۸ میلیارد دلار در سال ۱۳۹۲ رسیده است. مرور مطالعات نشان داد: ۱- ساخت شاخص ترکیبی برای وضعیت امنیت آبی استان‌های ایران با استفاده از روش‌های تحلیل چند معیاره کمتر مورد توجه پژوهشگران بوده است، ۲- به اهمیت روش جمع‌سازی در ساخت شاخص امنیت آبی پرداخته نشده است. از این رو نوآوری مطالعه حاضر آن است که با استفاده از روش‌های مختلف شاخص ترکیبی برای استان‌های ایران را محاسبه می‌کند و با مقایسه نتایج دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵، تصویر قابل اعتمادی از وضعیت امنیت آبی استان‌های کشور ارائه کند.

روش بررسی

ارزیابی منابع آب همواره اقدامی دشوار بوده، زیرا مستلزم آن است که ابعاد مختلف فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، سازمانی و محیط زیستی به‌صورت همه جانبه ملاحظه شود. (Manandhar و همکاران، ۲۰۱۲؛ Van Ty و همکاران، ۲۰۱۰). در طول سال‌های اخیر پیش‌بینی تشدید وضعیت بحرانی و تداوم روند نامطلوب وضعیت منابع آبی در سطح جهان موجب شد، محققان و سازمان‌های بین‌المللی جهت ارزیابی وضعیت امنیت آبی رویکردهای متفاوتی را ارائه کنند. یکی از رویکردهای متداول در این زمینه، تدوین، توسعه و استفاده از شاخص‌ها در سطوح مختلف می‌باشد، (Jonsson و Wilk، ۲۰۱۴) زیرا امنیت آبی یک مفهوم چندبعدی است و امکان استفاده از یک متغیر برای نشان دادن ابعاد مختلف آن وجود ندارد. بنابراین از روش شاخص‌سازی برای بیان این کمیت استفاده می‌شود (Sullivan، ۲۰۰۲). باتوجه‌به چارچوب توصیه شده توسط مشارکت جهانی آب، به‌منظور مشخص کردن اجزا شاخص کمی امنیت آبی باید مراحل چندگانه‌ای طی شود. ابتدا باید ابعاد کلیدی مرتبط با امنیت آبی تعیین شود. سپس باتوجه‌به آمار و اطلاعات در دسترس، شاخص‌ها و زیرشاخص‌هایی که این ابعاد کلیدی را به خوبی منعکس می‌کنند، انتخاب شود. پس از آن باید از میان رویکردهای آماری موجود در ادبیات روش مناسبی برای استانداردسازی این شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها تعیین شود. در ادامه معادلات مناسبی برای ترکیب شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها در هر یک از ابعاد امنیت آبی تدوین شده و در نهایت به‌منظور ارزیابی و مقایسه وضعیت مناطق مختلف امنیت آب کلی محاسبه شود (سلامی و طاهری، ۱۳۹۸).

تاکنون شاخص‌های متعددی جهت بررسی وضعیت منابع آبی در سطوح مختلف، توسط محققان ارائه شده که یکی از مناسب‌ترین آنها شاخص فقر آبی می‌باشد. این شاخص که برای نخستین بار توسط Sullivan (۲۰۰۲) معرفی شد به‌عنوان یک ابزار چندبعدی و جامع با یکپارچه‌سازی جنبه‌های فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی مرتبط با آب در مقیاس‌های جغرافیایی مختلف، می‌باشد. این شاخص درک بهتری از پیچیدگی‌های مربوط به مدیریت بهینه منابع آب را فراهم می‌کند (Korc و Ford، ۲۰۱۳؛ Sullivan و همکاران، ۲۰۰۳). از این‌رو می‌توان به واسطه آن وضعیت منابع آبی مناطق مختلف را سنجش کرد و جایگاه‌شان را از لحاظ فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی مرتبط با کمبود آب رتبه‌بندی کرد و از این طریق به اولویت‌بندی تمرکز سرمایه‌گذاری بخش‌های خصوصی و عمومی پرداخت. همچنین می‌توان از آن به‌عنوان یک شاخص عملکرد در جهت نظارت و ارزیابی سیاست‌های دولت در حوزه آب استفاده نمود (Pandey و همکاران، ۲۰۱۱).

شاخص فقر آبی از پنج مؤلفه اصلی مرتبط با آب تشکیل شده است که عبارتند از: ۱- منابع، ۲- دسترسی، ۳-ظرفیت، ۴-مصرف و ۵-محیط‌زیست. هر کدام از این مؤلفه‌ها توسط شاخص‌ها و متغیرهایی اندازه‌گیری می‌شوند. باتوجه‌به اینکه هر کدام از شاخص‌های تشکیل دهنده مؤلفه‌ها واحدهای متفاوتی دارند، جهت تجمیع، مقایسه و تفسیر، ابتدا مقدار آنها استانداردسازی می‌شود تا اندازه عددی هر کدام از این شاخص‌ها در بازه ۰ تا ۱۰۰ قرار گیرد. برای این منظور در رابطه با متغیرهایی که دارای واحد هستند از روش حداقل-حداکثر[۶] استفاده می‌شود (Van Ty و همکاران، ۲۰۱۰).

مؤلفه منابع از طریق شاخص دستیابی ارزیابی می‌شود. کاهش

دستیابی به منابع آب به مفهوم افزایش فقر آبی و دستیابی به آب بیشتر، موجب انعطاف‌پذیری بیشتر جامعه در رابطه با منابع آب می‌شود. این شاخص از طریق متغیر حجم منابع آب زیرزمینی و سطحی سالانه بر حسب متر مکعب به‌دست می‌آید و به‌صورت سرانه در نظر گرفته می‌شود تا فشار جمعیت را برروی منابع آب نشان دهد (Sullivan، ۲۰۰۱؛ Sullivan و همکاران، ۲۰۰۳؛ سلامی و طاهری، ۱۳۹۸).

مؤلفه دسترسی دومین مؤلفه شاخص فقر آبی است که دسترسی کافی به آب در بخش‌های مختلف تقاضاکننده و سیستم‌های تخلیه و تصفیه فاضلاب را مد نظر قرار می‌دهد. این مولفه موجب بهبود وضعیت اقتصادی و بهداشت مناطق مختلف می‌شود که جهت حفظ رشد اقتصادی و ارتقا سلامت جامعه بسیار ضروری است. عدم کفایت در دسترسی به منابع آب علاوه‌بر کاهش روند توسعه بخش‌های مختلف اقتصادی مناطق، موجب اتلاف زمان و هزینه بیشتر افراد جهت به‌دست آوردن آب می‌شود که می‌توانست در فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی صرف شود. ازاین‌رو در مؤلفه دسترسی میزان منابع آب در دسترس بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعتی مد نظر قرار گرفته که براساس شاخص‌هایی مانند سرانه تعداد انشعاب آب در نقاط شهری و روستایی تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی و درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت در تجزیه و تحلیل‌ها وارد می‌شوند (Sullivan و همکاران، ۲۰۰۶؛ سلامی و طاهری، ۱۳۹۸).

مؤلفه ظرفیت بیانگر توانایی و کارایی سیستم مدیریت منابع آب است. باتوجه‌به ارتباط میان شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی مناطق مختلف و مدیریت منابع آب آن‌ها، اهمیت این شاخص‌ها در مطالعات متعددی مورد تأیید قرار گرفته است. این مؤلفه شامل دو شاخص ظرفیت‌های اجتماعی و ظرفیت‌های اقتصادی می‌باشد. جهت ارزیابی ظرفیت‌های اجتماعی مناطق، می‌توان از متغیرهای نرخ باسوادی و نرخ مشارکت اقتصادی استفاده نمود. متغیر نرخ باسوادی به‌صورت درصد جمعیت باسواد شش سال به بالا تعریف می‌شود. ارزش بالاتر این متغیر بیانگر ظرفیت اجتماعی بالاتر افراد مناطق مختلف در تطبیق شرایط زندگی آن‌ها با شرایط کم‌آبی و نقش مثبت در مدیریت منابع آب می‌باشد (Sullivan و همکاران، ۲۰۰۳؛ Brooks و همکاران، ۲۰۰۵). متغیر نرخ مشارکت اقتصادی، از تقسیم جمعیت فعال ۱۰ ساله و بیشتر بر کل جمعیت ۱۰ ساله و بیشتر به‌دست می‌آید. این متغیر به نوعی بیانگر توان فیزیکی بالاتر افراد در واکنش به تنش کم‌آبی بوده که ارزش بالاتر آن موجب افزایش ظرفیت‌های اجتماعی مناطق خواهد شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت‌های اقتصادی مناطق می‌توان از متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه و میزان اشتغال غیرکشاورزی استفاده نمود. متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه بیانگر توان اقتصادی مناطق مختلف در دستیابی به تکنولوژی، انجام سرمایه‌گذاری در پروژه‌های آب، افزایش توانایی عرضه آب و بهبود وضعیت مدیریت منابع آب می‌باشد (Pandey و همکاران، ۲۰۱۱).

باتوجه‌به اینکه فعالیت‌های کشاورزی معمولا همراه با ریسک بالا و بازدهی پایین هستند، افزایش کسب و کار غیرکشاورزی می‌تواند ظرفیت اقتصادی جامعه را در مدیریت منابع آب افزایش می‌دهد؛ لذا متغیر میزان اشتغال غیرکشاورزی در تجزیه و تحلیل‌ها وارد خواهد شد. در مؤلفه مصارف باید میزان آب مورد استفاده در بخش‌های مختلف مصرف کننده آب خانگی، کشاورزی و صنعتی در تجزیه و تحلیل‌ها وارد شود. بنابراین، از متغیر سرانه مصرف آب خانگی در مناطق شهری و روستایی مترمکعب به‌ازای هر نفر استفاده خواهد شد. اما باتوجه‌به نبود اطلاعات آماری قابل اطمینان در مورد مصارد آب در بخش کشاورزی از متغیر درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت استفاده خواهد شد. اساسا مناطق مختلف جهت در امان ماندن از خشکسالی‌ها و افزایش عملکرد به کشت آبی روی می‌آورند. از این رو افزایش سهم اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت می‌تواند بیانگر تنش آبی موجود در منطقه باشد. لذا این متغیر دارای تأثیر منفی بر اندازهٔ شاخص فقر آبی است (سلامی و طاهری، ۱۳۹۸).

باتوجه‌به اینکه بقای سیستم‌های محیط‌زیستی یکی از پیش‌نیازهای توسعه پایدار است در محاسبه شاخص فقر آبی، مؤلفه محیط‌زیست مد نظر قرار می‌گیرد. زیرا یکپارچگی محیطی موجب افزایش ظرفیت غلبه‌بر تنش‌های ناشی از کم‌آبی و تداوم منافع اقتصادی کالاها و خدمات اکوسیستم‌ها خواهد شد (Van Ty و همکاران، ۲۰۱۰). در مؤلفه محیط‌زیست مقدار توزیع کودهای شیمیایی، میزان فروش سموم شیمیایی به‌ازای هر هکتار از اراضی زیرکشت و شاخص پوشش گیاهی در تجزیه و تحلیل‌ها وارد می‌شود. کودها و سموم شیمیایی در صورتی که به‌طور بی‌رویه مصرف شوند از طریق هرز آب‌ها موجب آلودگی منابع آب زیرزمینی و سطحی خواهند شد. از این‌رو می‌توان مصرف کودها و سموم شیمیایی بیشتر در واحد سطح را به منزله افزایش احتمال آلودگی منابع آب و ایجاد تنش‌های محیط زیستی بیشتر پذیرفت. بنابراین، متغیرهای مقدار مصرف کودها و سموم شیمیایی به‌ازای هر هکتار از اراضی زیرکشت در استان‌های مختلف جهت تجزیه و تحلیل مؤلفه محیط‌زیست استفاده می‌شود (Sullivan و همکاران، ۲۰۰۳؛ سلامی و طاهری، ۱۳۹۸).

در شاخص پوشش گیاهی، میزان حفاظت از یکپارچگی محیط‌زیستی ارزیابی می‌شود. محققان معتقدند روی آوردن به اقدامات ناپایداری از قبیل تغییر کاربری اراضی، به زیر کشت بردن زمین‌های غیرکشاورزی، کشت غیرعلمی و چرای بیش از حد دام موجب تخریب پوشش گیاهی مناطق مختلف می‌شود. ازاین‌رو باید میزان پوشش گیاهی استان‌های مختلف در محاسبات شاخص فقر آبی مد نظر قرار گیرد. اما باتوجه‌به عدم دسترسی به آمارهای مورد نیاز در طول دوره تحت بررسی، از درصد مساحت مناطق حفاظت

شده تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست از کل مساحت استان به‌عنوان متغیر جایگزین استفاده شده است. زیرا هر چقدر سهم بیشتری از مساحت استان‌ها تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست مورد محافظت قرار گیرد، آن استان‌ها در نهایت می‌توانند پوشش گیاهی مناسب‌تری داشته باشند (Pandey و همکاران، ۲۰۱۱؛ Manandhar و همکاران، ۲۰۱۲).

برای ساخت شاخص کلی جهت بررسی وضعیت امنیت آبی از شاخص‌های ترکیبی استفاده می‌شود. شاخص‌های ترکیبی، تجمیعی از شاخص‌های منفرد می‌باشند و مسئله مورد بررسی را از ابعاد مختلف اندازه‌گیری می‌کنند. امروزه شاخص‌های ترکیبی با مزیت توانایی در خلاصه کردن مقدار فراوان اطلاعات، در جهت دستیابی به سادگی در درک و فهم عمومی و ارائه تحلیل نهایی، بیشتر محل توجه پژوهشگران قرار دارد. در سال‌های اخیر استفاده از شاخص‌های ترکیبی در حال افزایش است؛ به‌طوری‌که Bandura (۲۰۰۶) به ۱۶۰ نمونه از این شاخص‌ها اشاره کرده است و این شاخص‌های ترکیبی، مقایسه عملکرد کشورها یا عملکرد سال‌های مختلف کشوری خاص را به‌صورتی ساده و فهم‌پذیر فراهم می‌کند؛ به‌طوری‌که برای تشریح و توصیف مسائل پیچیده و مختلف در زمینه‌های گوناگون از جمله اقتصاد کاربرد دارد (Joint Research Centre-European Commission، ۲۰۰۸).

مسئله قابل توجه در تجمیع و وزن‌دهی شاخص‌های منفرد در ساخت شاخص ترکیبی نهایی این است که روش‌های مورد استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات به‌ویژه تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[۷] و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA)[۸] استخراج شدند (Zhou و Ang، ۲۰۰۹). درحالی‌که طیف وسیعی از روش‌های MCDA از قبیل تاپسیس، روش مجموع ساده وزین، ستانده وزنی، ایده‌آل جانشین وزنی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و همچنین تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل عاملی و انحراف از اپتیمم وجود دارد (Nardo و همکاران، ۲۰۰۵)، اما هیچکدام نمی‌تواند به‌عنوان یک روش برتر برای ساخت شاخص ترکیبی استفاده شود (Guitouni و Martel، ۱۹۹۸). جهت انتخاب روش‌های مناسب ساخت و تجمیع شاخص‌ها روش‌های کیفی و کمی مختلف تدوین شده است. روش‌های کیفی، مبتنی بر وجود مبانی نظری قوی، قابل فهم بودن، سهولت استفاده و اعتبار شاخص‌ها است اما روش‌های کمی، مبتنی بر مقایسه نتایج از طریق معیارهایی نظیر ضریب همبستگی، ضریب اختلاف، درصد تغییر نتایج، شدت تغییرات رتبه و معیار اسپیرمن-شانون[۹] است (Zhou و Ang، ۲۰۰۹، بدری و اکبریان رونیزی، ۱۳۸۵). برخی پژوهشگران بااستفاده‌از تحلیل همبستگی رتبه‌بندی‌های به‌دست‌آمده روش‌های مختلف را مورد آزمون قرار دادند و براساس شدت همبستگی بین روش‌ها نسبت به هم‌راستا بودن نتایج تحقیق خود قضاوت کردند (بدری و اکبریان رونیزی، ۱۳۸۵؛ تقوایی و شیخ بیگلو، ۱۳۹۲). در برخی تحقیقات معیار ضریب تغییرات، ملاک انتخاب روش‌های تجمیعی قرار گرفته است و روش‌های با ضریب اختلاف کمتر قدرت بیشتری در تمایز واحدهای مورد مطالعه داشتند (سلیمی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸). بر مبنای معیار از دست رفتن اطلاعات، Zhou و همکاران (۲۰۰۷) معیار اسپیرمن-شانون را برای مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی تدوین کردند. اثربخشی این معیار در مقایسه روش‌های MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی در برخی از مطالعات آزمون شده است (Zhou و Ang، ۲۰۰۹). بنابراین ضرورت دارد، طبق معیار بیان شده که مبتنی بر حفظ ماهیت اطلاعات اصلی، روش‌های مختلف ساخت شاخص ترکیبی مقایسه شده و مزیت آن‌ها برای به‌کارگیری در تحقیقات آینده تبیین شود.

• روش‌های رتبه‌بندی شاخص‌ها

در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی و از روش‌های تاپسیس، تاکسونومی عددی، میانگین وزنی برای رتبه‌بندی استان‌ها از نظر شاخص‌های امنیت آبی استفاده می‌شود. علاوه‌بر این، با روش اسپیرمن-شانون این سه روش با یکدیگر مقایسه می‌شوند. این روش‌ها جز معروف‌ترین و معتبرترین روش‌های رتبه‌بندی شاخص‌ها هستند (Zhou و Ang، ۲۰۰۹). عبداللهزاده و همکاران (۱۳۹۴) برای رتبه‌بندی استان‌ها از نظر شاخص‌های توسعه و مهدیار اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۸) برای ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی کشورهای تک محصولی از این روش استفاده کردند. روش‌های مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین اهمیت نسبی معیارها و مقایسات زوجی در ساختارهای سلسله مراتبی چند لایه استفاده می‌شود (Saaty و Vargas، ۲۰۱۲). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از جامع‌ترین تکنیک‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم کرده و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد. در این روش انجام مقایسات زوجی منتهی به محاسبه اهمیت نسبی هر یك از معیارها در سطوح مختلف طبقه‌بندی می‌شود. و گزینه‌ها را در سطوح پایین به‌منظور تعیین بهترین گزینه ارزیابی می‌کند. همچنین این روش برای حل مسائلی که معیارها و زیر معیارهای مسئله تصمیم‌گیری ساختار سلسله مراتبی دارد، بسیار مناسب خواهد بود (Tuzmen و Sipahi، ۲۰۱۱). در این مطالعه جامعه آماری شامل پژوهشگران و کارشناسان در زمینه منابع آبی و امنیت آبی می‌باشند که با استناد بر نظرات ایشان و روش تحلیل سلسله مراتبی وزن شاخص‌های امنیت آبی مورد مطالعه به‌دست می‌آید. به‌این‌منظور پرسشنامه‌ای مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی تهیه شد و از مصاحبه با ۱۲۰ نفر از جامعه آماری در دانشگاه تهران، وزارت نیرو و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری تکمیل شد.

جدول ۱- روش‌های مورد استفاده

روش	فرمول
میانگین وزنی ساده	$CI_c^t = \sum_{i=1}^{N} w_i r_{ic} \quad , \quad x_{ic}^t = \frac{r_{ic}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} r_{ic}^2}}$
تاپسیس	$CI_{ic}^t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(w_i r_{ic} - \min\{w_i r_{ic}\}\right)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(w_i r_{ic} - \min\{w_i r_{ic}\}\right)^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(w_i r_{ic} - \max\{w_i r_{ic}\}\right)^2}}$
تاکسونومی	$CI_c^t = \frac{C_{io}}{C_o} \quad , \quad C_o = \bar{C}_{io} + 2\sigma C_{io} \quad , \quad C_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(Z_{ic} - Z_{oc}\right)^2}$

x_{ic}^t ارزش شاخص i برای واحد مورد مقایسه (استان) c در زمان t است. W_i وزن تخصیص یافته به شاخص i در شاخص ترکیبی کل است. r_{iC} نیز ماتریس نرمال x_{ic}^t است. Z_{iC} مقادیر استانداردشده، Z_{OC} بیشترین مقدار از مقادیر استانداردشده است.

شاخص اسپیرمن-شانون به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d = \left| \sum_{j=1}^{n} w_j \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^{m} P_{ij} \ln P_{ij}\right) r_{sj} - \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^{m} P_i \ln P_i\right) r_s \right| \quad (۱)$$

که در آن:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \left(i = 1,2,\ldots,m : j = 1,2,\ldots,n\right) \quad (۲)$$

$$P_i = \frac{CI_i}{\sum_{i=1}^{m} CI_i} \left(i = 1,2,\ldots,m\right) \quad (۳)$$

و در آن i شاخص‌ها، j استان‌ها، w وزن شاخص‌ها و x مقدار شاخص است. نماد r_{sj} ضریب همبستگی اسپیرمن بین وزن شاخص sام و jام است که از روش آنتروپی به‌دست آمده و رتبه شاخص sام را مشخص می‌کند. نماد rj ضریب همبستگی بین مقدار شاخص‌ها و رتبه‌ها در هر روش نشان می‌دهد. هر چقدر مقدار d در روش مورد نظر کمتر باشد، اطلاعات کمتری از دست رفته است و آن روش می‌تواند به‌عنوان روش برتر شناخته شود (Zhou و Ang، ۲۰۰۹). آمار مورد نیاز پژوهش از شرکت مدیریت منابع آب، سالنامه‌های آماری سازمان آمار و سازمان جهاد کشاورزی ایران برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به تفکیک استان‌های ایران جمع‌آوری شد.

یافته‌ها و بحث

برای ساخت شاخص ترکیبی امنیت آبی برای استان‌های ایران، ابتدا بااستفاده‌از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن و اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌های تشریح شده استفاده شده است. به‌این‌منظور پرسشنامه طراحی شده در قالب این روش با مصاحبه با کارشناسان و پژوهشگران تکمیل شده و بعد از انجام مقایسات زوجی نتایج به‌دست آمده در جدول (۲) گزارش شده است. همانگونه‌که در این جدول مشاهده می‌شود، شاخص‌های منابع آب سطحی سرانه، منابع آب زیرزمینی سرانه و مصرف آب سرانه به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۲۷، ۰/۲۶ و ۰/۱۴ رتبه‌های اول تا سوم اهمیت را از نظر کارشناسان دارند و نرخ باسوادی، درصد مناطق حفاظت شده در هر استان و سرانه انشعاب آب و فاضلاب کمترین اهمیت را به‌خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۲-. وزن محاسبه شده برای شاخص‌های امنیت آبی براساس رهیافت تحلیل سلسله مراتبی

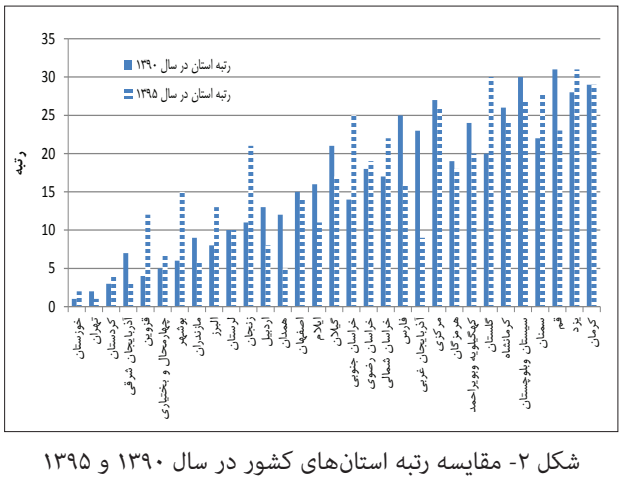
شاخص‌ها	وزن
منابع آب سطحی سرانه	۰/۲۷
منابع آب زیرزمینی سرانه	۰/۲۶
مصرف آب سرانه	۰/۱۴
نرخ شهرنشینی	۰/۰۶۷
درصد اراضی زیار کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت	۰/۰۵۱
تولید ناخالص واقعی به قیمت سال ۹۰ سرانه	۰/۰۴۶
نرخ مشارکت اقتصادی	۰/۰۴۰
میزان اشتغال غیرکشاورزی	۰/۰۳۰
مصرف کود شیمیایی به‌ازای یک هکتار	۰/۰۳۰
مصرف سموم شیمیایی به‌ازای هر هکتار	۰/۰۲۵
نرخ باسوادی	۰/۰۲۰
درصد مناطق محافظت شده	۰/۰۱۱
سرانه انشعاب آب و فاضلاب روستایی و شهری	۰/۰۱۰

بعد از محاسبه وزن‌ها و اهمیت هر یک از شاخص‌ها، شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌ها در سال ۱۳۹۰ با استفاده از سه رهیافت تاپسیس، تاکسونومی و میانگین وزنی محاسبه شده است و نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده است. براساس نتایج محاسبه شده استان‌های خوزستان، تهران و کردستان در روش تاپسیس و میانگین وزنی رتبه‌های اول تا سوم و استان‌های خوزستان، بوشهر و تهران رتبه‌های اول تا سوم را در روش تاکسونومی به‌خود اختصاص دادند. همچنین قم، یزد و کرمان در روش تاپسیس، سیستان و بلوچستان، قم و کرمان در روش تاکسونومی و میانگین وزنی بدترین وضعیت امنیت کشور را در سطح کشور داشته‌اند. به‌منظور کاربرد شاخص اسپیرمن-شانون برای مقایسه روش‌ها، مقدار این شاخص برای هر سه روش مورد استفاده محاسبه شد. مشاهده می‌شود که شاخص به‌دست‌آمده از روش میانگین وزنی کمترین مقدار را دارد، درحالی‌که شاخص تاکسونومی بیشترین مقدار را دارد. در روش‌های تاپسیس و تاکسونومی میزان محاسبات برای رسیدن به شاخص‌های ترکیبی بسیار بیشتر از میانگین وزنی است، به همین علت میزان از دست رفتن اطلاعات نیز بالاتر است. بنابراین شاخص میانگین وزنی کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات را در بین روش‌های مورد استفاده در این مطالعه داشته است که منطبق بر نتیجه مهدیار اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۸) است. نتایج به‌دست آمده از سه روش با همدیگر همبستگی مثبت و بالایی دارند که این موضوع بیانگر همراستا بودن نتایج سه روش مورد نظر است.

در ادامه شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های کشور در سال ۱۳۹۵ نیز محاسبه شده است تا تغییر وضعیت استان‌های کشور در این بازه زمانی بررسی شود. براساس شاخص اسپیرمن-شانون مقدار شاخص به‌دست آمده از روش میانگین وزنی کمترین مقدار را دارد (مانند نتایج سال ۱۳۹۰)، بنابراین شاخص میانگین وزنی کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات را در بین روش‌های مورد استفاده در این مطالعه داشته است.

همانطور که در نتایج گزارش شده در جدول (۴) مشاهده می‌شود، براساس هر سه روش استفاده شده، استان‌های تهران، خوزستان و آذربایجان شرقی بهترین وضعیت را از نظر امنیت آبی در بین استان‌های کشور در سال ۱۳۹۵ داشته‌اند. استان‌های یزد، قم، کرمان و سیستان و بلوچستان همانند سال ۱۳۹۰ وضعیت مناسبی در سطح کشور ندارد و در آخرین رتبه‌های این اولویت‌بندی قرار دارند. استان کردستان نسبت به سال ۱۳۹۰ کاهش رتبه داشته است و به رتبه‌های پایین‌تری افت کرده است. استان همدان وضعیت نسبی بهتری پیدا کرده است و رتبه آن از محدوده ۱۲ در سال ۱۳۹۰ به محدوده ۵ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. آذربایجان‌غربی در سال ۱۳۹۰ وضعیت نامناسبی داشت و در رتبه‌های آخر مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۹۵ وضعیت نسبی بهتری پیدا کرده است و رتبه این استان به محدوده بالاتری رسیده است. اردبیل نیز شرایط مشابه داشته است و رتبه نسبی آن در سطح کشوری بهبود یافته است. اما این نتایج بیانگر بهبود وضعیت امنیت آبی کشور نیست. بلکه مقایسه میانگین شاخص ترکیب امنیت آبی در سال ۱۳۹۵ با سال ۱۳۹۰ در هر سه روش استفاده شده بیانگر آن است که امنیت آبی تمام استان‌های کشور در این بازه کاهش پیدا کرده است و میانگین کشوری نیز افت کرده است. این امر بیانگر وضعیت نامناسب مدیریت منابع آب کشور و امنیت آب استان‌ها در این بازه کوتاه بوده است.

برای بررسی بهتر تفاوت رتبه‌های استان‌های کشور در دوره مورد بررسی، رتبه‌های استان‌ها در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ براساس روش میانگین وزنی مقایسه شده است. براساس شکل (۲)، بدترین افت نسبی وضعیت امنیت آبی استان‌ها در این بازه، مربوط به استان‌های خراسان جنوبی، زنجان و گلستان می‌باشد که به‌ترتیب از رتبه‌های ۱۴، ۱۱ و ۲۰ به رتبه‌های ۲۵، ۲۱ و ۳۰ رسیده‌اند. همچنین بهترین بهبود نسبی متعلق به استان‌های آذربایجان غربی و فارس است که از رتبه‌های ۲۳ و ۲۵ کشوری به رتبه ۹ و ۱۶ رسیدند. این تفاوت در وضعیت استان‌ها نشان می‌دهد استان‌های کشور وضعیت متفاوتی در زمینه شاخص‌های امنیت آبی دارند و اتفاقات این دوره موجب تغییرات وضعیت نسبی استان‌ها نسبت به همدیگر شده است، همچنین این وضعیت ممکن است ناشی از تفاوت در مدیریت و عملکرد سازمان‌های مرتبط با مدیریت آب در استان‌های مختلف باشد. ثانیاً کاهش میانگین شاخص امنیت آبی در کل کشور بیانگر افزایش بحران منابع آبی کشور است و فارغ از تغییرات رتبه استان‌ها، میانگین کشور در زمینه آبی روند نزولی دارد.



شکل ۲- مقایسه رتبه استان‌های کشور در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ براساس روش میانگین وزنی

جدول ۳- نتایج محاسبه شاخص ترکیبی امنیت آبی برای استان‌های ایران در سال ۱۳۹۰

استان	تاپسیس		تاکسونومی		میانگین وزنی	
	مقدار شاخص	رتبه	مقدار شاخص	رتبه	مقدار شاخص	رتبه
خوزستان	۰/۵۸۶	۱	۰/۴۶۳	۱	۰/۶۳۶	۱
تهران	۰/۴۶۵	۲	۰/۶۳۰	۳	۰/۴۹۵	۲
کردستان	۰/۲۹۸	۳	۰/۷۱۱	۵	۰/۳۳۸	۳
آذربایجان شرقی	۰/۲۴۴	۴	۰/۷۷۱	۶	۰/۲۳۴	۷
قزوین	۰/۲۱۴	۵	۰/۹۲۳	۱۹	۰/۲۶۴	۴
چهارمحال و بختیاری	۰/۲۱۱	۶	۰/۸۳۲	۷	۰/۲۴۱	۵
بوشهر	۰/۱۹۵	۷	۰/۶۱۴	۲	۰/۲۳۵	۶
مازندران	۰/۱۸۲	۸	۰/۶۳۴	۴	۰/۱۷۲	۹
البرز	۰/۱۶۷	۹	۰/۸۸۴	۱۱	۰/۲۱۷	۸
لرستان	۰/۱۲۵	۱۰	۰/۹۰۲	۱۳	۰/۱۵۵	۱۰
زنجان	۰/۱۱۱	۱۱	۰/۸۶۱	۸	۰/۱۵۱	۱۱
اردبیل	۰/۱۰۱	۱۲	۰/۸۶۳	۹	۰/۱۳۸	۱۳
همدان	۰/۱۰۰	۱۳	۰/۸۹۹	۱۲	۰/۱۵۰	۱۲
اصفهان	۰/۰۹۹	۱۴	۰/۹۰۷	۱۵	۰/۱۲۹	۱۵
ایلام	۰/۰۹۸	۱۵	۰/۸۷۶	۱۰	۰/۱۲۰	۱۶
گیلان	۰/۰۸۶	۱۶	۰/۹۲۱	۱۷	۰/۰۹۵	۲۱
خراسان جنوبی	۰/۰۸۱	۱۷	۰/۹۲۳	۲۰	۰/۱۳۱	۱۴
خراسان رضوی	۰/۰۸۰	۱۸	۰/۹۰۵	۱۴	۰/۱۱۰	۱۸
خراسان شمالی	۰/۰۷۵	۱۹	۰/۹۲۵	۲۱	۰/۱۱۵	۱۷
فارس	۰/۰۷۰	۲۰	۰/۹۳۴	۲۲	۰/۰۸۵	۲۵
آذربایجان غربی	۰/۰۷۰	۲۱	۰/۹۵۲	۲۵	۰/۰۹۱	۲۳
مرکزی	۰/۰۶۵	۲۲	۰/۹۴۱	۲۳	۰/۰۷۶	۲۷
هرمزگان	۰/۰۶۴	۲۳	۰/۹۲۰	۱۶	۰/۱۰۴	۱۹
کهگیلویه وبویراحمد	۰/۰۵۹	۲۴	۰/۹۶۲	۲۸	۰/۰۸۵	۲۴
گلستان	۰/۰۵۱	۲۵	۰/۹۵۹	۲۷	۰/۱۰۱	۲۰
کرمانشاه	۰/۰۵۰	۲۶	۰/۹۴۲	۲۴	۰/۰۸۰	۲۶
سیستان وبلوچستان	۰/۰۴۵	۲۷	۰/۹۶۲	۲۹	۰/۰۴۹	۳۰
سمنان	۰/۰۴۴	۲۸	۰/۹۲۲	۱۸	۰/۰۹۵	۲۲
قم	۰/۰۴۳	۲۹	۰/۹۷۶	۳۰	۰/۰۳۴	۳۱
یزد	۰/۰۴۳	۳۰	۰/۹۵۷	۲۶	۰/۰۷۵	۲۸
کرمان	۰/۰۴۳	۳۱	۰/۹۸۴	۳۱	۰/۰۶۰	۲۹
میانگین	۰/۱۳۴		۰/۸۶۶		۰/۱۶۳	
شاخص اسپیرمن-شانون	۰/۲۱		۰/۲۴		۰/۱۷	

جدول ۴- نتایج محاسبه شاخص ترکیبی امنیت آبی برای استان‌های ایران در سال ۱۳۹۵

استان	تاپسیس		تاکسونومی		میانگین وزنی	
	مقدار شاخص	رتبه	مقدار شاخص	رتبه	مقدار شاخص	رتبه
تهران	۰/۴۵۷	۱	۰/۴۹۵	۱	۰/۵۰۷	۱
خوزستان	۰/۴۱۹	۲	۰/۴۹۶	۲	۰/۴۴۸	۲
آذربایجان شرقی	۰/۲۱۳	۳	۰/۵۲۶	۳	۰/۲۵۳	۳
مازندران	۰/۲۰۸	۴	۰/۵۷۸	۶	۰/۱۹۷	۶
کردستان	۰/۱۷۱	۵	۰/۵۶۲	۵	۰/۲۲۱	۴
همدان	۰/۱۷۰	۶	۰/۵۶۱	۴	۰/۲۰۰	۵
اردبیل	۰/۱۱۹	۷	۰/۶۱۲	۷	۰/۱۵۹	۸
ایلام	۰/۱۱۱	۸	۰/۶۷۹	۱۰	۰/۱۴۰	۱۱
چهارمحال و بختیاری	۰/۱۱۰	۹	۰/۶۶۰	۹	۰/۱۵۹	۷
البرز	۰/۱۰۵	۱۰	۰/۶۳۲	۸	۰/۱۳۵	۱۳
لرستان	۰/۱۰۰	۱۱	۰/۶۹۷	۱۱	۰/۱۴۰	۱۰
قزوین	۰/۰۹۸	۱۲	۰/۷۴۳	۱۴	۰/۱۳۸	۱۲
آذربایجان غربی	۰/۰۹۸	۱۳	۰/۷۴۲	۱۳	۰/۱۴۸	۹
بوشهر	۰/۰۹۸	۱۴	۰/۷۶۵	۱۶	۰/۱۲۸	۱۵
اصفهان	۰/۰۹۱	۱۵	۰/۷۶۱	۱۵	۰/۱۳۱	۱۴
گیلان	۰/۰۹۱	۱۶	۰/۷۳۱	۱۲	۰/۱۲۰	۱۷
کهگیلویه وبویراحمد	۰/۰۹۰	۱۷	۰/۸۱۲	۱۹	۰/۱۰۱	۲۰
هرمزگان	۰/۰۸۹	۱۸	۰/۸۰۱	۱۷	۰/۱۱۹	۱۸
فارس	۰/۰۸۸	۱۹	۰/۸۱۶	۲۱	۰/۱۲۸	۱۶
خراسان جنوبی	۰/۰۸۸	۲۰	۰/۸۷۲	۲۳	۰/۰۷۸	۲۵
خراسان شمالی	۰/۰۸۸	۲۱	۰/۸۱۳	۲۰	۰/۰۸۸	۲۲
خراسان رضوی	۰/۰۸۷	۲۲	۰/۸۴۶	۲۲	۰/۱۱۷	۱۹
کرمانشاه	۰/۰۸۰	۲۳	۰/۸۹۳	۲۴	۰/۰۸۱	۲۴
گلستان	۰/۰۵۵	۲۴	۰/۸۹۶	۲۵	۰/۰۴۵	۳۰
زنجان	۰/۰۵۰	۲۵	۰/۸۱۱	۱۸	۰/۱۰۰	۲۱
سمنان	۰/۰۳۵	۲۶	۰/۹۱۲	۲۶	۰/۰۶۵	۲۸
مرکزی	۰/۰۳۴	۲۷	۰/۹۳۴	۲۷	۰/۰۷۴	۲۶
سیستان وبلوچستان	۰/۰۳۳	۲۸	۰/۹۴۶	۲۹	۰/۰۷۰	۲۷
قم	۰/۰۳۳	۲۹	۰/۹۷۴	۳۰	۰/۰۸۳	۲۳
کرمان	۰/۰۳۳	۳۰	۰/۹۷۸	۳۱	۰/۰۶۳	۲۹
یزد	۰/۰۳۰	۳۱	۰/۹۳۴	۲۸	۰/۰۲۳	۳۱
میانگین	۰/۱۱۵		۰/۷۵۷		۰/۱۴۳	
شاخص اسپیرمن-شانون	۰/۲۴		۰/۲۸		۰/۱۹	

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر وضعیت امنیت آبی استان‌های مختلف با به‌کارگیری شاخص فقر آبی و روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، تاکسونومی، تاپسیس و میانگین وزنی ارزیابی شد و در ادامه رتبه‌بندی شدند. ابتدا با استفاده از مصاحبه با کارشناسان و پژوهشگران در زمینه امنیت آبی اهمیت شاخص‌های امنیت آبی در ایران به‌دست آمد. براین اساس مهمترین شاخص‌ها به‌ترتیب منابع آب سطحی سرانه، منابع آب زیر

زمینی سرانه، مصرف آب سرانه، نرخ شهر نشینی، درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت، تولید ناخالص واقعی سرانه، نرخ مشارکت اقتصادی، میزان اشتغال غیر کشاورزی، مصرف کود شیمیایی به‌ازای یک هکتار، مصرف سموم شیمیایی به‌ازای هر هکتار، نرخ باسوادی، درصد مناطق محافظت شده و سرانه انشعاب آب و فاضلاب روستایی و شهری می‌باشد.

براساس شاخص ترکیبی به‌دست‌آمده استان‌های خوزستان، تهران، آذربایجان شرقی، کردستان و مازندران وضعیت بهتر و استان‌های قم، یزد، کرمان و سیستان و بلوچستان در وضعیت بدتری از نظر امنیت آبی نسبت به سایر استان‌های کشور قرار دارند. مقایسه نتایج سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ نشان داد در طول این دوره اگرچه وضعیت نسبی بعضی از استان‌ها تغییر پیدا کرده و بعضی استان‌ها بهتر و بعضی استان‌ها بدتر شده‌اند، اما وضعیت امنیت آبی تمام استان‌های کشور نامناسب‌تر شده و شاخص محاسبه شده کاهش پیدا کرده است.

باتوجه‌به اینکه مولفه‌های منابع آب و دسترسی به آب یعنی منابع آب سطحی و زیرزمینی سرانه و مصرف آب سرانه از نظر کارشناسان بیشترین اهمیت امنیت آبی کشور را دارند، به‌نظر می‌رسد در طول بازه مورد بررسی هم از طرف جامعه و هم دولت، مدیریت مناسب و توجه شایانی برای این شاخص‌های کلیدی در تعیین وضعیت امنیت آبی وجود نداشته است که موجب کاهش شاخص ترکیبی در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۰ شده است.

علاوه‌بر این به نظر می‌رسد که وضعیت واقعی برخی از استان‌های مختلف کشور با آنچه که عقیده عموم افراد بر آن است، متفاوت بوده است. به‌عنوان نمونه استان گیلان که وضعیت چندان مناسبی را در این ارزیابی‌ها نداشته است و یا استان فارس که بار زیادی از تولید محصولات کشاورزی و مصرف منابع آبی را به‌خود اختصاص می‌دهد، در وضعیت تنش آبی قرار گرفته است. این بیانگر آن است که قضاوت‌های تک بعدی در مورد وضعیت منابع آبی و پتانسیل‌های مناطق ممکن است نادرست باشد. لذا پیشنهاد می‌شود در راستای برقراری مدیریت یکپارچه منابع آب به‌طور مداوم بااستفاده‌از رویکردهای جامع‌نگر به ارزیابی وضعیت امنیت آبی مناطق پرداخته شود تا منابع مالی محدود دولت به مناطق واقعی درگیر با مسائل ناشی از ناامنی‌های آبی اختصاص داده شود.

باتوجه‌به بدتر شدن وضعیت امنیت آبی استان‌ها و اهمیت مولفه منابع، توصیه می‌شود دولت با استفاده از تجهیزات و امکانات کنترلی بر میزان مصرف منابع محدود آبی نظارت کند. انجام این مورد در بخش کشاورزی که مصرف‌کننده بیش از ۹۰ درصد منابع آب کشور می‌باشد، اهمیت فراوانی دارد. به‌کارگیری سیاست‌های حمایتی از پروژه‌های تأمین و انتقال منابع آب، تدوین الگوی کشت آب اندوز و ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب در راستای برقراری مدیریت یکپارچه منابع آب بسیار ضروری است.

پی‌نوشت

1-Heihe

2-Shule

3-Shiyang

4-Gansu

5-Dilution-ratio

۶-رابطه محاسبه این روش به‌صورت $X_{norm}=\frac{X-X_{min}}{X_{max}-X_{min}}\times 100$ است که در آن در این رابطه X_{min} کوچکترین مقدار هر شاخص و X_{max} بیشترین مقدار هر شاخص و X_{norm} مقادیر شاخص نرمال شده است.

7-Data envelopment analysis

8-Multiple-criteria decision analysis

9-Spearman -Shannon

منابع

بدری، س. و اکبریان رونیزی، س. ۱۳۸۵. مطالعه تطبیقی کاربرد روش‌های سنجش توسعه یافتگی در مطالعات ناحیه‌ای. مجله جغرافیا و توسعه، (۷)۴: ۵–۲۲.

تقوایی، م. و شیخ بیگلو، ر. ۱۳۹۲. ابداع و معرفی مدل RALSPI: مدلی جدید جهت ارزیابی گزینه‌ها و سنجش سطح توسعه سکونتگاه‌ها. مطالعات پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۴(۱۶):۱-۲۲.

سلامی، ح. و طاهری ریکنده، ع. ۱۳۹۸. سنجش وضعیت امنیت آبی در استان‌های ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۳(۱): ۷۵-۹۴.

سلیمی‌فر، م.، نوروزی، ر. و مطهری، م. ۱۳۸۸.سنجش توسعه صنعتی و توسعه منطقه‌ای استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی، پژوهش‌های اقتصادی، ۹(۴): ۱۷۵-۱۹۶.

شریعتمدار، م.ح. ۱۳۹۷. مدیریت آب، خشکسالی و عوارض اقلیمی در اقتصاد مقاومتی. سازمان برنامه و بودجه کشور، معاونت امور اقتصادی و هماهنگی برنامه و بودجه (دبیرخانه ستاد فرماندهی اقتصاد مقاومتی). آب و اقتصاد مقاومتی. یازدهمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه تهران، تهران.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. جلد اول. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. نوبت چاپ اول. تهران. ایران.

عبداللهزاده، غ.، شریف‌زاده، م. و ترحمی، ب. ۱۳۹۴. مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای، مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای، ۷(۲۷): ۱-۲۰.

عربی یزدی، ا.، نیک‌نیا، ن.، مجیدی، ن. و امامی، ح. ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۸(۴):۷۳۵-۷۴۶.

محمدجانی، ا. و یزدانیان، ن، ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. روند (روند پژوهش‌های اقتصادی)، ۲۱(۶۵-۶۶): ۱۱۷-۱۴۴.

مهدیار اسماعیلی،م.،صالحی کمرودی،م.و شاکری بستان‌آباد،ر.۱۳۹۸.ارزیابی

و تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی برای کشورهای تک‌محصولی. دوفصلنامه جستارهای اقتصادی، ۱۶(۳۲):۲۱۱-۲۳۷.

نصرآبادی، ا. ۱۳۹۴. شواهد زیست‌محیطی بحران آب ایران و برخی راه‌حل‌ها. فصلنامه راهبرد اجتماعی فرهنگی، ۴(۱۵):۶۵-۸۹.

Arreguin-Cortes F.I., Saavedra-Horita J.R., Rodriguez-Varela J.M., Tzatchkov V.G., Cortez-Mejia P.E., Llaguno-Guilberto O. J. and Sainos-Candelario A. 2020. State level water security indices in Mexico. Sustainable Earth, 3: 1-14.

Bandura R. 2006. A Survey of Composite Indices Measuring CountryPerformance: 2006 Update, United Nations Development Programme -Office of Development Studies.

Brooks N., Adger W.N. and Kelly P.M. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. Global environmental change, 15(2): 151-163.

Guitouni A. and Martel J.M. 1998. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. European Journal of Operational Research, 109(2): 501-521.

Hailu R., Tolossa D. and Alemu G. 2020. Household Water Security Index: Development and Application in the Awash Basin of Ethiopia. International Journal of River Basin Management, 9: 1-17.

Joint Research Centre-European Commission.2008. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. OECD publishing.

Jonsson A.C. and Wilk J. 2014. Opening Up the Water Poverty Index—Co-Producing Knowledge on the Capacity for Community Water Management Using the Water Prosperity Index. Society & Natural Resources, 27(3): 265-280.

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

López Álvarez B., Santacruz de León G., Ramos Leal J. A. and Morán Ramírez J. 2015. Water poverty index in subtropical zones: The case of Huasteca Potosina, Mexico. Revista internacional de contaminación ambiental, 31: 173-184.

Manandhar S., Pandey V.P. and Kazama F. 2012. Application of water poverty index (WPI) in Nepalese context: A case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management, 26(1): 89-107.

Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., Hoffman H. and Giovannini E. 2005. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Statistics Working Paper JT00188147, OECD, France.

Noriko Yamaguchi. 2007. Asia Pacific Water Forum. Asia-Pacific Water Summit, Beppu, Japan.

Pan Y.H., Gu C.J., Ma J.Z., Zhang T.S. and Zhang H. 2014. Water Poverty Index in the inland river basins of Hexi Corridor, Gansu province. In Advanced Materials Research, 864: 2371-2375.

Pandey V.P., Babel M.S., Shrestha S. and Kazama F. 2011. A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. Ecological Indicators, 11(2): 480-488.

Saaty T.L. and Vargas L.G. 2012. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Springer Science & Business Media,175: 23-40.

Sullivan C. 2001. The potential for calculating a meaningful water poverty index. Water international, 26(4): 471-480.

Sullivan C. 2002. Calculating a water poverty index. World development, 30(7): 1195-1210.

Sullivan C.A., Meigh J.R. and Giacomello A.M. 2003. The water poverty index: development and application at the community scale. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. In Natural resources forum, 27(3): 189-199.

Sullivan C., Meigh J. and Lawrence P. 2006. Application of the Water Poverty Index at Different Scales: A Cautionary Tale: In memory of Jeremy Meigh who gave his life's work to the improvement of peoples lives. Water international, 31(3): 412-426.

Tuzmen S. and Sipahi S. 2011. A multi-criteria factor evaluation model for gas station site selection. 2nd International Conference on Business and Economic Research, Kedah, Malaysia

UNESCO-IHE. 2009. Research Themes. Water Security. http://www.unesco-ihe.org/Research/Research-Themes/Water-security(accessed 15.06.11).

Van Ty T., Sunada K., Ichikawa Y. and Oishi S. 2010. Evaluation of the state of water resources using Modified Water Poverty Index: A case study in the Srepok River basin, Vietnam–Cambodia. International Journal of River Basin Management, 8(3-4): 305-317.

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

Zhou P., Ang B.W. and Poh K.L. 2007. A mathematical programming approach to constructing composite indicators. Ecological Economics, 62: 291–297.

Zhou P. and Ang B. W. 2009. Comparing MCDA aggregation methods in constructing composite indicators using the Shannon-Spearman measure. Social Indicators Research, 94(1): 83-96.