2023, Vol.10, No.3, Pages 75 to 86
Journal of Water and Sustainable Development

سال دهم، شماره ۳، ۱۴۰۲، صفحات ۷۵ تا ۸۶
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Investigating the Different Dimensions of Water Poverty in the Provinces of Iran

S. Safarpour[1], M. Maddah[2*]

1, 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran.

*(Corresponding Author Email: majid.maddah@semnan.ac.ir)

Received: 09-04-2023 Revised: 24-05-2023
Accepted: 23-06-2023 Available Online: 21-12-2023

بررسی ابعاد مختلف فقر آب در استان‌های ایران

سحر صفرپور[1]، مجید مداح[2*]

۱و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: majid.maddah@semnan.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰

Abstract

Water is important as a prerequisite for the development and survival of the human race and plays a fundamental role in providing and achieving the social, economic, and environmental goals and priorities of any country. With the continuation of the unfavorable trend of the situation of water resources in the world and the prediction of the continuation of the water crisis, the problem of water shortage is continuously increasing. In this framework, this article tries to identify the factors affecting it by examining the various dimensions of water poverty, including driving forces, pressure, states, and impact, using the structural equation modeling approach - partial least squares method (PLS-SEM) in 2019. The results of the estimation of the model show that, firstly, the driving forces have a positive and significant effect on the pressure structures and the impact of water poverty at the level of the provinces of the country. Secondly, the pressure structure has a negative and significant effect on the state of water poverty. Thirdly, the structure of the states, which expresses environmental changes, has a negative and significant effect on the impacts of water poverty. Also, among the factors affecting water poverty in 2019, the variables are the number of doctors per ten thousand people with a coefficient of 0.934, the ratio of irrigated land to total cultivated land with a coefficient of 0.893, total drinking water consumption with a coefficient of 0.888, and desert phenomena with a coefficient of 1 are the most important influencing factors.

Keywords: Water Poverty, Partial Least Squares, Water Resources Management, WPI Components, Iran.

چکیده

آب به‌عنوان یک پیش‌نیاز در توسعه و بقای نسل بشر اهمیت دارد و نقش اساسی در تأمین و دستیابی به اهداف و الویت‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی هر کشوری ایفا می‌کند. با ادامه روند نامطلوب وضعیت منابع آبی در سطح جهان و پیش‌بینی تداوم بحران آب، مسأله کمبود آب به‌طور پیوسته در حال افزایش است. در این چارچوب، این مقاله تلاش دارد ابعاد مختلف فقر آب شامل نیروهای محرک، فشار، وضعیت و اثر، عوامل مؤثر بر آن را بررسی و با استفاده از رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری- روش حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) در سال ۱۳۹۸ را شناسایی نماید. نتایج به‌دست آمده از تخمین مدل نشان می‌دهند ۱- نیروهای محرک اثر مثبت و معناداری روی سازه‌های فشار و اثر فقر آبی در سطح استان‌های کشور دارند، ۲- سازه فشار اثر منفی و معناداری روی وضعیت فقر آبی دارد و ۳- سازه وضعیت که بیان‌کننده تغییرات محیط‌زیستی است اثر منفی و معناداری بر روی اثرات فقر آبی دارد. همچنین در میان عوامل مؤثر بر فقر آبی در سال ۱۳۹۸ متغیرهای تعداد پزشکان در هر ده هزار نفر با ضریب ۰/۹۳۴، نسبت اراضی زیر کشت آبی به کل زمین‌های زیر کشت با ضریب ۰/۸۹۳، مصرف آب شرب کل با ضریب ۰/۸۸۸ و پدیده‌های بیابانی با ضریب ۱ مهمترین عوامل اثرگذار به‌شمار می‌آیند.

واژه‌های کلیدی: فقر آبی، حداقل مربعات جزئی، مدیریت منابع آب، مؤلفه‌های شاخص فقر آب، ایران.

How to cite this article: Safarpour, S., & Maddah, M. (2023). Investigating the Different Dimensions of Water Poverty in the Provinces of Iran . Journal of Water and Sustainable Development, 10(3), 75-86. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v10i3.2304-1231

مقدمه

امروزه دستیابی ایمن به منابع آب برای رسیدن به هدف رشد و توسعه اقتصادی پایدار به‌عنوان یکی از هدف‌های اصلی جوامع بشری مطرح می‌باشد. به‌طوری که در اهداف توسعه هزاره سوم[1] بر دسترسی کافی به منابع آب و کاهش خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از ناامنی‌های آبی تأکید شده است (سلامی و طاهری ریکنده،۱۳۹۸). این اهداف در کنفرانس ملل متحد در ژوهانسبورگ[2] در سال ۲۰۰۲ و انجمن جهانی آب[3] در کیوتو[4] در سال ۲۰۰۳ مورد تأکید قرار گرفته است. در این راستا محققان انجمن جهانی اقتصاد در سال ۲۰۰۹ معتقدند که باتوجه‌به ارتباط نزدیک امنیت آبی و تولید مواد غذایی، انرژی، آب‌وهوا، رشد اقتصادی و امنیت انسانی، مهمترین خطری که جهان امروز را به چالش می‌کشاند ناامنی آبی است (سلامی و طاهری ریکنده، ۱۳۹۸). این مسأله در ایران که از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و آب در آن به‌عنوان یک نهاده کمیاب مطرح بوده اهمیت بیشتری دارد. در چنین شرایطی آن‌چه که به‌عنوان اصل راهبردی در مسیر توسعه پایدار باید مورد توجه قرار گیرد، ایجاد توازن میان سیاست‌گذاری‌های توسعه و وضعیت منابع پایه موجود می‌باشد. کمیته فنی مجمع جهانی آب معتقد است منابع آب باید به‌صورت یکپارچه مدیریت شود. مدیریت یکپارچه منابع آب فرایندی است که توصیه می‌کند روند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها باید به‌طور هماهنگ و سازگار با منابع آب و زمین بوده، به‌نحوی که پایداری اکوسیستم‌های حیاتی، قدرت تولید آینده آن‌ها و تحقق نیازهای آبی را به مخاطره نیندازد (سلامی و طاهری ریکنده،۱۳۹۸). درحالی‌که چنین رویکردی در سیاست‌های توسعه کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی کمتر دیده می‌شود. به‌عنوان نمونه مقایسه چگونگی رشد سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی با وضعیت اقلیمی استان‌های مختلف حاکی‌از آن است که در برخی از استان‌های کشور، توسعه سطح زیر کشت محصولات، هماهنگ با شرایط اقلیمی مناطق صورت نگرفته است. این عدم هم‌خوانی نشان می‌دهد در تدوین و اجرای سیاست‌های گوناگون از سوی دولت برای توسعه فعالیت‌های مختلف اقتصادی در مناطق مختلف، ملاحظات محیط‌زیستی مرتبط با منابع آب کمتر مد نظر قرار می‌گیرد. این‌گونه سیاست‌گذاری توسعه در ایران به تهدید منابع آب کشور منجر شده و برقراری امنیت آبی را با چالش جدی مواجه ساخته است. وقوع چالش‌هایی 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 نیازمند سازگار نمودن سیاست‌های توسعه بخش‌های مختلف با وضعیت منابع موجود استان‌های کشور است. لذا ضروری است منابع آب مناطق مختلف از لحاظ فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی مورد سنجش مستمر قرار گرفته و بر اساس آن سیاست‌های توسعه‌ای صورت پذیرد. امنیت آبی یک مفهوم چند بعدی است که امکان استفاده از یک متغیر برای نشان دادن ابعاد مختلف آن وجود ندارد (سلامی و طاهری، ۱۳۹۸). این پژوهش معیارهای مؤثر بر فقر آبی شامل نیروهای محرک[5]، فشار[6]، وضعیت[7] و اثر[8] برای استان‌های ایران در سال ۱۳۹۸ را با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM)[9] بررسی و متغیرهای مؤثر بر آن‌ها را شناسایی می‌کند (Forouzani و همکاران، ۲۰۱۲). سوابق قبلی پژوهش در زمینه تجزیه و تحلیل فقر آب در کشور نشان می‌دهد، فقر آبی در یک استان و با در نظر گرفتن چند شاخص تحلیل شده است. این مطالعه با در نظر گرفتن ابعاد مختلف فقر آبی و کمی‌سازی آن در سطح استان‌های کشور در چارچوب مدل‌سازی معادلات ساختاری (PLS-SEM) فقر آبی در استان‌های کشور را برای اولین بار تجزیه و تحلیل می‌کند.

مقاله در پنج بخش سازماندهی شده است که پس از مقدمه در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه پژوهش ارائه می‌شود. بخش سوم روش پژوهش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی برای برآورد روابط بین متغیر پنهان فقر آب با شاخص‌های آن را معرفی می‌کند. در بخش چهارم نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل ارائه می‌شود. بخش پنجم به نتیجه‌گیری تحقیق اختصاص دارد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱- مبانی نظری

باتوجه‌به آنچه در سال ۲۰۰۳ در اجلاس جهانی کیوتو بر آن تأکید شد مهمترین مشکل آب در دنیا مسأله مدیریت منابع آب است (سلامی و طاهری ریکنده، ۱۳۹۸). بنابراین با ادامه روند نامطلوب منابع آب در جهان و پیش‌بینی وخیم تر شدن اوضاع، نهادهای مختلف برای سنجش وضعیت کمی و کیفی منابع آب شاخص‌های متنوعی را پیشنهاد می‌دهند. در اکثر این شاخص‌ها بر منابع آبی موجود در کشورها تأکید شده و از معیارهایی مانند سرانه آب یا درصد تجدیدپذیری سالانه استفاده می‌شود که باتوجه‌به وجود عوامل مؤثر بر وضعیت منابع آبی در یک کشور یا منطقه و حساسیت‌های خاص مدیریت و توسعه منابع آبی، هر کدام از شاخص‌ها نقاط ضعف و قوت دارد. بنابراین لازم است شاخص‌های مناسب‌تر و جامع‌تری برای بیان وضعیت واقعی منابع و مصارف آب استفاده شود. از سوی دیگر تأثیرات تغییر اقلیم بر روی منابع آب را نمی‌توان نادیده گرفت. افزایش درجه حرارت منجر به افزایش تقاضا برای آب کشاورزی به‌دلیل تبخیر و تعرق فراوان می‌شود. لازم به ذکر است افزایش درجه حرارت، مقدار تبخیر و تعرق و کاهش بارندگی باعث افزایش پدیده بیابان‌زایی و شوری خاک می‌شود. کاهش تغذیه

آب‌های زیرزمینی و منابع آب‌های سطحی از پیامدهای دیگر تغییر اقلیم است (طالبی و امینی، ۱۳۹۷). میان‌کنش منابع آب و توسعه پایدار فقط به سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست محدود نمی‌شود و مسائلی مانند سلامت بشر، تأمین غذا و انرژی، شهری شدن و توسعه صنعتی از طریق سیاست‌ها و اقدامات اجرایی به تقویت یا تضعیف توسعه پایدار خواهد انجامید. ازاین‌رو در این پژوهش کوشش بر آن است با شاخصی چند بعدی وضعیت کم‌آبی سنجیده شود (شریف‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۵). از میان شاخص‌های موجود شاخص فقر آبی به‌عنوان شاخصی کل‌نگر، از یک‌سو مباحث منابع آب را پوشش داده و از سویی دیگر، ابعاد برنامه‌ای و توسعه‌ای کم‌آبی را مد نظر قرار می‌دهد. در تعریف این شاخص سالیوان نظریه‌پرداز اصلی این حوزه از تعریف فقر آمارتیا سن بهره گرفته است. براین‌اساس اگر فقر به‌صورت محرومیت از قابلیت‌های اساسی و نه صرفا کم بودن درآمد که ضابطه متعارف شناسایی فقر است تعریف شود، آن‌گاه فقر آبی محرومیت از مجموعه عواملی که کمبود منابع آب تنها مؤلفه شناخته شده آن است، تعریف می‌شود. فقر آبی شاخصی است که در مطالعات اخیر درباره کم‌آبی مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گرفته است (شریف‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۵). از اولین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به پژوهش Salameh (۲۰۰۰) اشاره نمود. وی شاخص فقر آبی را به‌عنوان نسبت آب تجدیدپذیر در دسترس به حجم مورد نیاز برای تأمین مواد غذایی و مصارف خانگی در سال تحت شرایط اقلیمی یک منطقه تعریف کرده است. Feitelson و Chenoweth (۲۰۰۲) با نگاهی متفاوت به این بحث فقر آبی را برای یک کشور یا منطقه شرایطی تعریف می‌کنند که در آن امکان تأمین هزینه لازم برای دسترسی به آب پایدار برای همه مردم و در تمامی فصول سال وجود نداشته باشد. این پژوهش‌گران بر مفاهیم هزینه و توانایی مالی پرداخت تأکید داشتند. در مطالعات بعدی که در این حوزه صورت گرفت، Lawrence و همکاران (۲۰۰۲) فقر آبی را به‌عنوان یک شاخص چند بعدی که مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی دارد، معرفی کردند (شریف‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۵). در این پژوهش از تعریف لاورنس و همکاران استفاده شده است که فقر آبی را شاخصی چند بعدی که مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی دارد، می‌داند.

مرور پژوهش‌های مرتبط انجام شده نشان می‌دهد درحالی‌که مطالعات متعددی در خارج از کشور با هدف سنجش امنیت آبی و کمیابی آبی مناطق مختلف انجام شده اما در ایران مطالعه‌ای با هدف بررسی همه جانبه وضعیت امنیت آبی استان‌های مختلف کشور انجام نشده است. ازاین‌رو پژوهش حاضر در تلاش است با پر کردن کمبودهای تجربی، عوامل مؤثر بر فقر آبی در استان‌های کشور را شناسایی کند. در این پژوهش ۴ مؤلفه اصلی فقر آب شامل نیروهای محرک، فشار، حالت و اثر می‌باشند که هر کدام از این مؤلفه‌ها چندین زیر شاخص دارند (Forouzani و همکاران، ۲۰۱۲). در این چارچوب عوامل مؤثر بر فقر آبی را می‌توان به نیروهای محرک و عوامل فشار تقسیم کرد، لازم به ذکر است فقر آبی تابع وضعیت آب‌وهوایی و اثرات محیط‌زیستی است. با در نظر گرفتن مجموعه این عوامل و رابطه‌ای که بین پدیده‌های مختلف مؤثر بر فقر آبی وجود دارد، وضعیت فقر آبی قابل بررسی و تحلیل است که این مقاله تلاش دارد با شناسایی عوامل مؤثر بر فقر آبی ابعاد آن را در سطح استان‌های ایران ارزیابی نماید.

۲- 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. به برخی از این مطالعات در داخل کشور در ادامه اشاره شده است.

جابرزاده (۱۳۹۳) در پژوهشی تحت عنوان "برآورد شاخص فقر آبی در استان‌های ایران" نسبت سلامتی و رفاه خانوارها را با میزان آب در دسترس بررسی کردو به این منظور رابطه بین ۵ مؤلفه اصلی (منابع آب، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست) را مورد آزمون قرار داد. هر کدام از این مؤلفه‌ها چندین زیرشاخص دارند که باتوجه‌به اهمیت هر کدام وزن‌دهی می‌شوند. نتایج این مطالعه برای ۳۰ استان کشور نشان داد استان ایلام بالاترین رتبه (۵۴,۷۵ یعنی فقر آبی کم) و استان سیستان و بلوچستان کمترین رتبه (۲۸,۹۵ یعنی فقر آبی زیاد) را به‌خود اختصاص داده‌اند.

شریف‌زادگان و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان "شناسایی موانع توسعه منطقه‌ای با به‌کارگیری شاخص فقر آبی (نمونه موردی: استان قزوین)" به‌صورت چند بعدی و در قالب پنج محور اصلی شامل منابع، مصارف، دسترسی، ظرفیت و محیط‌زیست مجموعه عوامل اثرگذار در بحران آب استان قزوین را بررسی کردند. نتایج پژوهش حاکی‌ازآن است که نیمه جنوبی استان شامل شهرستان‌های آوج، تاکستان و بویین زهرا به دلیل ضعف در دو محور ظرفیت (تعداد زیاد مرگ اطفال و نسبت بی‌سوادی) و محیط‌زیست (مصرف زیاد کود و سموم و کیفیت کم‌آب) وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارد. شهرستان قزوین به‌دلیل بهره‌مندی از منابع آب، ظرفیت و مصرف بهینه و شهرستان البرز به‌دلیل دسترسی مطلوب و کسب امتیاز زیاد در محور محیط‌زیست از دیدگاه شاخص فقر آبی وضعیت نسبی بهتری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارند. سپس با استفاده از روش تحلیل همبستگی و به‌کمک نرم‌افزار SPSS، برای شناسایی پیشران‌های اثرگذار در سطح کل استان اقدام شده است که در این‌باره دو محور ظرفیت و محیط‌زیست بیشترین اثرگذاری را دارند.

طالبی و امینی (۱۳۹۷) در پژوهشی تحت عنوان "بررسی ابعاد کم آبی با استفاده از روش شاخص فقر آبی (WPI) و تحلیل مقایسه‌ای

آن در بخش‌های شهرستان قم" وضعیت شهرستان قم و بخش‌های آن را ارزیابی کردند. در این مطالعه مبنای تعیین شاخص فقر آبی روش سالیوان بوده که یک ترکیب خطی وزنی از اجزای آن شامل: منابع، مصارف، دسترسی، ظرفیت و محیط‌زیست است. نتایج حاکی‌ازآن است در میان بخش‌های شهرستان از نظر ابعاد پنج‌گانه شاخص فقر آبی تفاوت وجود دارد. بخش مرکزی با شاخص ۱۲۶ پایین‌ترین رتبه و جعفرآباد با شاخص ۲۱۷,۶ بالاترین رتبه را در شاخص فقر آبی به خود اختصاص دادند.

سلامی و طاهری ریکنده (۱۳۹۸) در پژوهشی تحت عنوان "سنجش وضعیت امنیت آبی در استان‌های ایران"، با استفاده از اطلاعات و آمار اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در طول دوره ۱۳۹۴-۱۳۸۷ و به‌کارگیری شاخص فقر آبی سطح امنیت آبی استان‌های ایران را ارزیابی کردند. نتایج حاکی‌ازآن است که 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 استان‌های آذربایجان شرقی، زنجان، سمنان، کرمانشاه و لرستان در طبقه امنیت آبی بالا و استان‌های بوشهر، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، کردستان و مرکزی در طبقه امنیت آبی کامل می‌باشند.

سبحانی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی تحت عنوان "سنجش نوآورانه شاخص فقر آبی بر پایه مدل‌های ریاضی- تحلیلی مؤثر و داده محور در استان آذربایجان غربی" ارزیابی کمی و کیفی فقر منابع آب زیرزمینی بر اساس دو روش نوآورانه ریاضی- تحلیلی مؤثر و داده محور با در نظر گرفتن فاکتورهای شش‌گانه ظرفیت، محیط‌زیست، زیرساخت‌ها و دسترسی‌ها، منابع آب، مدیریت و اقلیم را در استان آذربایجان‌غربی در طول دوره ۱۳۹۸-۱۳۹۰ بررسی کردند. ارزش شاخص فقر آبی جامع در دو مدل ریاضی- تحلیلی مؤثر و داده محور به ترتیب ۵۳/۰۳ و ۵۳/۶۷ به‌دست آمد. نتایج نشان داد در مدل‌های مذکور فاکتورهای منابع آب، مدیریت و اقلیم باعث ایجاد ناپایداری نسبی در سامانه‌های منابع آب زیرزمینی، می‌شود. بر اساس نتایج، شاخص فقر آبی جامع از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۶ روند صعودی داشته است، در حالی‌که بعد از اجرای طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط با مدیریت منابع آب زیرزمینی مقدار این شاخص به وضعیت نسبتا ثابتی رسیده است. سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب نقطه عطف تغییر حالت شاخص فقر آبی جامع از حالت خیلی کم به کم، کم به متوسط و متوسط به زیاد، می‌باشد.

موضوع فقر آب در چند مطالعه خارجی نیز مورد توجه قرار گرفته است که از آن جمله به مطالعات زیر می‌توان اشاره نمود.

Namara و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی تحت عنوان "روابط بین فقر و مدیریت آب کشاورزی" رابطه بین مدیریت منابع آب کشاورزی و فقر را بررسی کردند. نتایج حاکی‌ازآن است که سرمایه‌گذاری در بخش مدیریت منابع آب به‌منظور افزایش بهره‌وری آب، مهمترین اقدام در کاهش اثر منفی کمیابی آب بر فقر روستایی است.

Manandhar و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان "کاربرد شاخص فقر آب در نپال (مطالعه موردی: حوضه رودخانه کالی گانداکی (KGRB))" شاخص فقر آب در جهت ارزیابی منابع آبی در حوضه آبخیز رودخانه کالی گانداکی در نپال را بررسی کردند. در این پژوهش ۱۰ شاخص و ۱۲ متغیر تعیین شد. نتایج نشان داد شاخص‌های دسترسی و منابع در سطح حوضه آبخیز و شاخص‌های مصرف و ظرفیت و محیط‌زیست در زیر واحدهای تغییرات بیشتری دارند.

Forouzani و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان "شاخص فقر آب کشاورزی برای جهانی پایدار" وضعیت آب در بخش کشاورزی در سطح مزرعه با استفاده از شاخص فقر آب کشاورزی (AWPI) را بررسی کردند. این شاخص شامل جنبه‌های مختلف مربوط به آب ازجمله در دسترس بودن و دسترسی به منابع آب، ظرفیت برای مدیریت استفاده از آب موجود و در نهایت عوامل محیطی مؤثر بر در دسترس بودن منابع آب است. برای رسیدن به این هدف، چارچوب‌های مفهومی مختلف متداول برای قالب‌بندی فرایند انتخاب شاخص پیشنهاد شده است، ازجمله این چارچوب زنجیره علیت، سلسله مراتبی و یکپارچه می‌باشد. این بررسی نشان می‌دهد چارچوب‌های زنجیره علیت به مرور زمان به‌دلیل معرفی مفاهیم اضافی و فقدان برنامه مشخص برای ساخت چنین مدل‌هایی بهبود یافته و توسعه ساختارهایشان پیچیده شده است. اگرچه چارچوب سلسله مراتبی ساده‌تر است، اما شامل مفاهیم کلی است که برای شناسایی شاخص‌های عملی و مفید به اندازه کافی قوی نیستند. بنابراین، این پژوهش بر استفاده از شبکه علیت یکپارچه و چارچوب شبکه سلسله مراتبی اکولوژیکی برای توسعه شاخص‌های فقر آب کشاورزی متمرکز است، زیرا همه موارد ویژه که ممکن است مورد توجه ساخت شاخص باشد را در بر می‌گیرد. برای اصلاح این چارچوب یک مسیر مفهومی برای توسعه شاخص‌های فقر آب کشاورزی ارائه شده است، که در آن توالی مراحل پیشنهاد شده است. این مسیر مفهومی منجر به ساخت شاخص‌های واقعی و انتزاعی فقر آب کشاورزی می‌شود و از روش کمی (برنامه نویسی عدد صحیح دودویی) برای انتخاب شاخص‌های نهایی استفاده شده است. همچنین یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی برای تعیین وزن‌های شاخص انجام می‌شود و الزامات معیار مدل در نظر گرفته می‌شود.

El-Gafy (۲۰۱۵) در پژوهشی تحت عنوان "شاخص فقر آب به‌عنوان یک ابزار ارزیابی برای ترسیم استراتژی‌های بخش آب مصر" با استفاده از شاخص فقر آب تلاش کرده است با افزودن زیرشاخص‌ها در ابعادی مانند انرژی، بهره‌وری اقتصادی آب و سویه‌های جنسیتی این شاخص را توسعه دهد و سپس با بررسی روند تغییرات شاخص میان دولت‌های مختلف حاکم در مصر، الویت‌های مدنظرشان و تغییرات ناشی از آن را در شاخص فقر آبی نمایان سازد.

López Álvarez و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی تحت عنوان "شاخص فقر آب در مناطق نیمه گرمسیری (مطالعه موردی: هوآستکا پوتوسینا)" با استفاده از شاخص فقر آبی، منابع آب مناطق نیمه گرمسیری در هوآستکا پوتوسینا مکزیک را ارزیابی کردند. در این مطالعه از مجموع وزنی استاندارد شده شش مؤلفه منابع، دسترسی، مصارف، ظرفیت، کیفیت و محیط‌زیست استفاده شده است. برای محاسبه این مؤلفه‌ها از متغیرهای منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، حجم مصرف، درصد جمعیتی که به آب آشامیدنی دسترسی دارند، درصد جمعیتی که به آب سالم دسترسی دارند، سهم اراضی آبی از کل زمین‌های کشاورزی، درآمد، نرخ مرگ و میر کودکان زیر پنج سال، شاخص آموزش، ضریب جینی، مصرف آب داخلی، مصرف آب کشاورزی، مصرف آب صنعتی، اراضی به‌کار گرفته شده، مناطق حفاظت شده و اطلاعات کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی استفاده شده است. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد ارزش نهایی شاخص فقر آبی برای حوضه آبریز والس ریو برابر با ۵۹ از ۱۰۰ می‌باشد.

Thakur و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان "فقر آب در حوضه بالادست رودخانه باگماتی در نپال" شاخص فقر آب در حوضه بالادست رودخانه باگماتی در نپال را بررسی کردند. نتایج نشان داد شاخص فقر آب می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در مدیریت یکپارچه منابع آب و طرح جامع بهره‌برداری از آب به‌منظور دستیابی به اهداف توسعه پایدار استفاده شود.

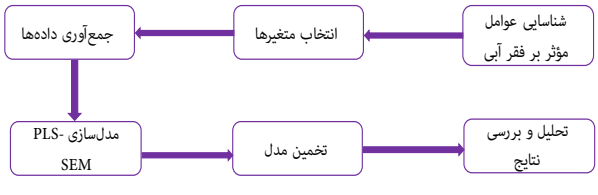
Caizhi Sun و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل فقر آب روستایی در چین با استفاده از مدل DPSIR-PLS" رابطه علیت شاخص‌های فقر آب با استفاده از مدل DPSIR (نیروی محرک، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ) را بررسی کردند. سپس سیستم شاخص و مدل معادلات ساختاری با هم ترکیب شدند و رویکرد حداقل مربعات جزئی برای مدل معادلات ساختاری، فرضیه‌ها را براساس رابطه علیت مدل DPSIR آزمون کردند. لازم به‌ذکر است وزن هر متغیر با استفاده از مدل اصلاح شده و نرم‌افزار معادلات ساختاری به‌دست آمده و امتیازات فقر آب برای هر منطقه محاسبه شده است. نتایج تجزیه و تحلیل اکتشافی فضایی حاکی‌ازآن است که توزیع فقر آب در مناطق روستایی چین خوشه‌بندی کم- کم و بالا- بالا را نشان می‌دهد.

Yuan و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تحت عنوان "توسعه فقر آب چند بعدی در کمربند اقتصادی رودخانه یانگ تسه، چین" به ایجاد و بررسی چارچوبی از فقر آب چند بعدی از شش بعد مدیریت آب، فناوری آب، دارایی‌های آب، رفاه آب، منابع آب و محیط آب می‌پردازد. مدل اندازه‌گیری فقر آب چند بعدی براساس شبکه عصبی بوده و از ابزار تحلیل همبستگی فضایی برای تجسم اثرات فضایی فقر آب چند بعدی استفاده شده است. نتایج حاکی‌از آن است که از نظر توزیع زمانی سطح فقر آب چند بعدی در کمربند اقتصادی رودخانه یانگ تسه به‌تدریج افزایش یافته است و شکاف فقر بین مناطق بالادست، پایین دست و میانی روند افزایشی را نشان می‌دهد. همچنین فقر آب چند بعدی در منطقه مورد بررسی بیشتر تحت تأثیر این شاخص‌ها در سه بعد متشکل از منابع آب، فناوری آب و مدیریت آب است. به‌طور خاص هزینه تحقیق و توسعه به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی، ظرفیت تصفیه روزانه فاضلاب شهری و سرانه منابع آب سطحی و زیرزمینی نقش مهمی در فقر آب چند بعدی دارند.

Jinlong و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تحت عنوان "بررسی اثر کاهشی احیای پوشش گیاهی بر فقر آب منطقه‌ای: بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های تابلویی ۹ استان در حوزه رودخانه زرد چین از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹" از چارچوب شاخص فقر آب برای محاسبه WPI هر استان و ارزیابی وضعیت فقر آب استفاده کردند. در این مطالعه از مدل حداقل مربعات تعمیم یافته جامع (FGLS) برای تحلیل اثر پوشش گیاهی بر فقر آب استفاده شد. نتایج نشان داد هیچ رابطه خطی خالصی بین پوشش گیاهی و فقر آب وجود ندارد. در حالی‌که یک رابطه U شکل وجود داشت. همچنین تأثیر پوشش گیاهی بر هر یک از اجزای WPI تفاوت‌های خاصی دارد.

روش پژوهش

مراحل انجام کار به‌صورت فلوچارت نشان داده شده در شکل (۱) می‌باشد.



شکل ۱- مراحل روش پژوهش

۱- جامعه و نمونه

جامعه آماری این پژوهش استان‌های ایران هستند. نمونه آماری این پژوهش داده‌های استان‌های ایران برای سال ۱۳۹۸ می‌باشد که این داده‌ها در جدول (۱) معرفی شده‌اند.

۲- ابزارها و روش‌های گردآوری اطلاعات

در پژوهش حاضر برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای استفاده شده است. اطلاعات مربوط به مبانی نظری و پیشینه پژوهش به‌روش کتابخانه‌ای و با مطالعه کتاب‌ها، مقالات منتشره در پایگاه‌های اطلاعات علمی و مجلات علمی گردآوری شده است. همچنین نیازهای اطلاعاتی برای بررسی و آزمون فرضیات پژوهش و برازش مدل از وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، مرکز آمار ایران، سازمان ثبت احوال

کشور، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی و وزارت جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده است. باتوجه‌به مدل مفهومی پژوهش، متغیرهای پنهان شامل نیروهای محرک، فشار، وضعیت و اثر می‌باشند که برای سنجش هر کدام از تعدادی شاخص استفاده شده است (جدول ۲). این شاخص‌ها در چارچوب پیشینه تحقیق ازجمله مطالعات انجام شده توسط Caizhi Sun و همکاران (۲۰۱۸) تحت عنوان "تجزیه و تحلیل فقر آب روستایی در چین با استفاده از مدل DPSIR-PLS"، مطالعه El-Gafy (۲۰۱۵) تحت عنوان "شاخص فقر آب به‌عنوان یک ابزار ارزیابی برای ترسیم استراتژی‌های بخش آب مصر، مطالعه Thakur و همکاران (۲۰۱۷) تحت عنوان "فقر آب در حوزه رودخانه باگماتی در نپال" و ... انتخاب شدند. در این مطالعات شاخص فقر آبی در نمونه‌های جداگانه با استفاده از متغیرهای نرخ بیکاری، تولید ناخالص داخلی، میانگین سالانه ارتفاع بارندگی، پدیده‌های بیابانی و ... ارزیابی و تحلیل شدند که این متغیرها با جزییات بیشتر در جدول (۱) معرفی شده‌اند.

۳- آزمون مدل مفهومی پژوهش

برای آزمون مدل مفهومی پژوهش، از الگوریتم تحلیل مدل‌ها به‌روش PLS-SEM با استفاده از نسخه ۳ نرم‌افزار Smartpls به‌شرح زیر استفاده و تحلیل‌های لازم در سه بخش شامل برازش مدل‌های اندازه‌گیری، برازش مدل ساختاری و برازش مدل کلی انجام شد. به‌این‌ترتیب ابتدا از صحت روابط موجود در مدل‌های اندازه‌گیری با استفاده از معیارهای پایایی و روایی اطمینان حاصل کرده و سپس به بررسی و تفسیر روابط موجود در بخش ساختاری پرداخته و در مرحله آخر برازش مدل کلی بررسی شده است. لازم به ذکر است مزیت اصلی روش PLS نسبت به سایر روش‌ها عدم نیاز به حجم بالای نمونه و نرمال بودن توزیع داده‌ها است (داوری و رضازاده، ۱۳۹۶).

- برازش مدل‌های اندازه‌گیری

برازش مدل‌های اندازه‌گیری شامل بررسی پایایی و روایی سازه‌های پژوهش است. پایایی آزمون به دقت اندازه‌گیری و ثبات آن مربوط است. مطابق الگوریتم تحلیل داده‌ها در روش PLE-SEM برای بررسی برازش مدل‌های اندازه‌گیری سه معیار پایایی، روایی همگرا و روایی واگرا استفاده شده است. برای بررسی پایایی دو معیار پیشنهاد شده است: الف) پایایی ترکیبی[۱۰] (CR)، ب) میانگین واریانس استخراج شده[۱۱] (AVE).

الف) پایایی: برای بررسی پایایی مدل‌های اندازه‌گیری معیارهای ضرایب بارهای عاملی و پایایی ترکیبی محاسبه می‌شوند.

سنجش بارهای عاملی: پایایی هر یک از سازه‌ها به مقدار بارهای عاملی هر یک از متغیرهای آشکار اشاره دارد و برای مشخص کردن این‌که متغیرهای آشکار تا چه اندازه برای سنجش متغیرهای پنهان قابل قبول هستند پایایی سازه‌ها مورد استفاده قرار گرفته و حداقل مقدار قابل قبول آن ۰/۳ و بارهای عاملی ۰/۴ سطح معناداری متوسط را نشان می‌دهد. در تحلیل‌های عاملی تأییدی مقادیر بارهای عاملی بیشتر از ۰/۵ نشانگر سطح معناداری قوی و همبستگی زیاد بین متغیرهای آشکار و پنهان بوده است و نیز بیانگر آن است که سازه خوب تعریف شده است. البته با افزایش حجم نمونه و تعداد متغیرها، بارهای عاملی کمتر از ۰/۲۵ نیز معنادار است. برای مواردی که تعداد نمونه ۱۰۰ باشد، بارهایی که حداقل ۰/۱۹ و ۰/۲۶ هستند به‌ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنادار تلقی می‌شوند. در حجم نمونه ۲۰۰ تایی مقادیر ۰/۱۴ و ۰/۱۸ به‌ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنادار تلقی می‌شوند (کلانتری، ۱۳۸۸).

پایایی ترکیبی (CR): یکی از معیارهای مدرن برای تعیین پایایی هر یک از سازه‌ها پایایی ترکیبی می‌باشد. برتری این معیار نسبت به ضریب آلفای کرونباخ این است که پایایی سازه‌ها نه به‌صورت مطلق بلکه باتوجه‌به همبستگی سازه‌هایشان با یکدیگر محاسبه می‌شوند. مقدار پایایی ترکیبی بالای ۰/۷ برای هر سازه، نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل‌های اندازه‌گیری داشته و مقدار کمتر از ۰/۶ عدم وجود پایایی را نشان می‌دهد (داوری و رضازاده، ۱۳۹۶).

ب) روایی همگرا: پس از بررسی معیار پایایی، دومین معیار برازش مدل‌های اندازه‌گیری روایی همگرا است. معیار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) برای سنجش روایی همگرا معرفی شده است که توسط آن میزان همبستگی هر سازه با شاخص‌های خود بررسی می‌شود. معیار AVE نشانگر میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده بین هر سازه با شاخص‌های خود است که مقدار بالای ۰/۴ برای آن مناسب در نظر گرفته شده است. مقدار AVE در سازه‌ای با سه شاخص به‌صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$AVE = \frac{\text{Communality}\ (Y_1) + \text{Communality}\ (Y_2) + \text{Communality}\ (Y_3)}{3} \quad (۱)$$

که مقدار Communality مربوط به هر شاخص نیز به‌صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$\text{Communality}(Y)=(X)^2 \quad (۲)$$

که در رابطه فوق X بار عاملی[۱۲] و Y متغیر شاخص می‌باشد.

ج) روایی واگرا: سومین معیار سنجش برازش مدل‌های اندازه‌گیری در تحلیل‌های PLS، روایی واگرا است که با روش بارهای عاملی متقابل[۱۳] و روش Fornell-Larcker بررسی می‌شود. در روش بارهای عاملی متقابل، میزان همبستگی بین شاخص‌های یک سازه با آن سازه و میزان همبستگی بین شاخص‌های یک سازه با سازه‌های دیگر مقایسه می‌شود. اگر مشخص شود میزان همبستگی بین یک شاخص با سازه دیگری غیر از سازه خود بیشتر از میزان همبستگی آن شاخص با سازه مربوط به خود است، روایی زیر سؤال می‌رود. ردیف‌های ماتریس بارهای عاملی متقابل به شاخص‌ها و ستون‌های آن نیز به سازه‌های مدل پژوهش تعلق دارد. مقادیری که درون خانه‌های این ماتریس جای دارند، بیانگر میزان همبستگی شاخص‌ها با سازه‌ها

هستند. در روش فورنل لارکر، میزان رابطه یک سازه با شاخص‌هایش در مقایسه رابطه آن سازه با سایر سازه‌ها است. به‌طوری‌که روایی واگرای قابل قبول یک مدل حاکی‌از آن است که یک سازه در مدل تعامل بیشتری با شاخص‌های خود دارد تا با سازه‌های دیگر. این موضوع توسط یک ماتریس بررسی می‌شود که خانه‌های آن حاوی مقادیر ضریب همبستگی بین سازه‌ها و جذر مقادیر AVE مربوط به هر سازه است. این مدل در صورتی روایی واگرای قابل قبولی دارد که اعداد مندرج در قطر اصلی از مقادیر زیرین خود بیشتر باشند.

- برازش مدل ساختاری

مطابق با الگوریتم تحلیل داده‌ها در روش PLS، پس از برازش مدل‌های اندازه‌گیری، برازش مدل ساختاری پژوهش انجام می‌شود. برخلاف مدل‌های اندازه‌گیری که در آن روابط بین متغیر پنهان با متغیرهای آشکار مورد توجه است، در بررسی مدل ساختاری روابط بین متغیرهای پنهان با همدیگر تجزیه و تحلیل شده و معیارهای ضرایب معناداری t-values، معیار R Squares یا R^2، معیار اندازه تأثیر (f^2)، معیار استون گیزر[۱۴] (Q^2) و معیار Redundancy برای برازش مدل ساختاری بررسی می‌شوند (عباسی اسفنجانی، ۱۳۹۶).

الف) مقادیر معناداری t: برای ارزیابی برازش بخش ساختاری مدل از چندین معیار استفاده می‌شود که اولین و اساسی‌ترین آن ضرایب معناداری Z یا همان مقادیر t-values است که در صورتی‌که مقادیر t از ۱/۹۶ بیشتر باشد بیانگر صحت رابطه بین سازه‌ها و در نتیجه تأیید فرضیه‌های پژوهش در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

ب) معیار R Squares یا R^2: دومین معیار برای بررسی برازش بخش ساختاری بررسی ضرایب تعیین (R^2) مربوط به متغیرهای پنهان درون‌زای مدل است. این معیار برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل‌سازی معادلات ساختاری به‌کار رفته و بیانگر تأثیر یک متغیر برون‌زا بر یک متغیر درون‌زا است. Chin (۱۹۹۸) مقادیر R^2 را سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ را به‌عنوان ملاکی برای برازش ضعیف، متوسط و قوی معرفی می‌کند.

ج) معیار Redundancy: این معیار از حاصل‌ضرب مقادیر اشتراکی سازه‌ها در مقادیر R^2 مربوط به آن‌ها به‌دست می‌آید و نشانگر مقدار تغییرپذیری شاخص‌های یک سازه درون‌زا است که از یک یا چند سازه برون‌زا تأثیر می‌پذیرد. در مورد مقدار ملاک برای این شاخص عددی بیان نشده و میانگین این شاخص یک معیار کلی کیفیت مدل ساختاری است که برای همه سازه‌های درون‌زا به‌کار می‌رود و تنها برای استفاده در فرمول محاسبه برازش مدل کلی و شاخص نیکویی برازش[۱۵] محاسبه می‌شود.

در ارزیابی مدل ساختاری یکی از رویه‌های ارزیابی، ارزیابی مدل ساختاری برای مسأله هم‌خطی است. برای ارزیابی هم‌خطی از معیار VIF[۱۶] استفاده می‌شود. نحوه محاسبه VIF به‌صورت رابطه (۳) می‌باشد:

$$VIF = 1/(1-R^2) \quad (۳)$$

اگر مقدار این معیار کمتر از ۰/۲ (VIF بالاتر از ۵) در سازه‌های پیش‌بین باشد نشان‌دهنده هم‌خطی است اگر هم‌خطی به‌وسیله VIF مشخص شد، حذف سازه‌ها، ادغام سازه‌های پیش‌بین در یک سازه، یا خلق سازه‌های مرتبه بالاتر برای برخورد با مسأله هم‌خطی باید مدنظر قرار گیرد (آذر و غلام‌زاده، ۱۳۹۸).

- برازش مدل کلی

پس از بررسی برازش بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری، برازش بخش کلی بررسی می‌شود که برای این‌کار از معیار GOF استفاده می‌شود. این معیار اعتبار هر دو مدل اندازه‌گیری و ساختاری را بررسی می‌کند و قدرت توضیح‌دهندگی مدل را نشان می‌دهد. معیار GOF در ارزیابی مدل‌های PLS-SEM اهمیت بالایی دارد تا جاییکه در برخی مطالعات تنها به مقدار بالای GOF اکتفا می‌شود (مداح و سینائیان، ۱۳۹۹). معیار GOF به‌صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$GOF = \sqrt{\overline{\text{Communalities}} * \overline{R^2}} \quad (۴)$$

که در رابطه فوق $\overline{Communalities}$ نشان‌دهنده میانگین مقادیر اشتراکی هر سازه می‌باشد و $\overline{R^2}$ مقدار میانگین مقادیر ضریب تعیین سازه‌های درون‌زای مدل است. Wetzels و همکاران (۲۰۰۹) برای GOF سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ را به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی معرفی نموده‌اند.

پس از بیان روش پژوهش باتوجه‌به این‌که ویژگی‌های استانی نیز می‌توانند روی مدل اثر بگذارند، از متغیرهای مجازی استفاده شده است. در این‌خصوص برای در نظر گرفتن اثرات استانی طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره صورت گرفت. به این‌صورت که یک دسته ۹ متغیره آب‌وهوایی در ۴۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در ایران با تحلیل عاملی و تجزیه خوشه‌ای مطالعه شد. روش تحلیل عاملی، ۳ عامل مهم را نشان داد: عامل رطوبت، دما و جهت‌گیری باد. تغییرپذیری فضایی امتیازات عاملی توصیف و تفسیر شد و سپس گروه‌بندی امتیازات عاملی با تکنیک گروه‌بندی فاصله‌ای، ایران را به ۶ ناحیه اقلیمی همگن تقسیم نمود. لذا به‌منظور جلوگیری از پیچیدگی مدل استان‌های کشور به ۶ ناحیه به‌صورت زیر تقسیم شدند:

ناحیه اقلیمی مرطوب و معتدل (خزر)، ناحیه اقلیمی نیمه خشک کشور، ناحیه اقلیمی زاگرس، ناحیه اقلیمی بیابانی خیلی گرم ساحلی، ناحیه اقلیمی بیابانی معتدل تا شدید خیلی گرم داخلی، ناحیه اقلیمی بیابانی نیمه گرم تا گرم (حیدری و علیجانی، ۱۳۷۸).

پس از برآورد مدل با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی رابطه بین فقر آب و متغیرهای مؤثر بر آن تحلیل می‌شود. دلایل انتخاب مدل PLS-SEM به ماهیت پنهان فقر آب و رابطه آن با متغیرهای

آشکار وابسته است که استفاده از رویکرد معادلات ساختاری را توجیه می‌کند. علاوه‌براین طبق نظر محققان، SEM قابلیت آن دارد تا به آزمون هم‌زمان فرضیه‌های اقتصادی از روابط متعدد بین متغیر پنهان و علل و آثار آن با استفاده از یک روش آماری واحد بپردازد (مداح و سینائیان، ۱۳۹۹). لذا باتوجه‌به آن‌که فقر آب یک پدیده چند بعدی است که اندازه آن تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد، از مدل‌سازی معادلات ساختاری برای تحلیل روند آن استفاده شده است.

برآورد مدل و تحلیل تجربی

در این قسمت نتایج برآورد مدل فقر آب به روش PLS-SEM ارائه می‌شود.

۱- برازش مدل‌های اندازه‌گیری و ساختاری

پیش از برآورد مدل، ابتدا متغیرهای پژوهش در جدول (۱) معرفی و سپس آمارهای توصیفی تحقیق در جدول (۲) آورده شده است.

در مرحله برآورد مدل فقر آب به روش حداقل مربعات جزئی، اطلاعات متغیرها برای سال ۱۳۹۸ استفاده شدند که در جدول (۲) معرفی‌شدند.

جدول ۲- آمارهای توصیفی تحقیق در سال ۱۳۹۸

LVs	MVs	Min	Max	Mean	Std.Error
D	U_{1398}	۶/۹	۱۵/۷	۱۰/۷۹۳	۲/۵۱۸
	ND_{1398}	۴/۲۶	۱۰/۶۹	۶/۸۱۴	۱/۵۴۳
P	R_{1398}	۷۸	۸۵۰/۷	۳۲۴/۳۱۲	۱۷۴/۴۸۶
	IL_{1398}	۱۵/۷۲	۹۹/۹	۶۴/۹۸۷	۲۵/۱۷۸
	RG_{1398}	۰/۰۰۰۱۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۰۲
	CP_{1398}	۰	۰/۱۲۸	۰/۰۲۳۱	۰/۰۳۵۷
	FE_{1398}	۰/۰۸	۰/۲۵۵	۰/۱۴۳	۰/۰۴۶۵
S	TAW_{1398}	۰	۲۹۲۹۸	۲۶۵۰/۶۴	۵۵۵۵/۲۹
	GNW_{1398}	۰	۳۲/۸۷	۳/۹۱۳	۶/۶۷۸
	P_{1398}	۱۱	۹۶	۴۸/۶۱	۲۱/۸۵۳
	GW_{1398}	۱۷/۲۴	۷۱۸/۱۳	۱۵۳/۶۸	۱۴۳/۱۴۳
	VDW_{1398}	۳۵/۷۹	۸۴۱/۹۹	۱۴۷/۷۸۷	۱۵۱/۲۵۷
	TW_{1398}	۰	۱۶۲۸	۲۷۱/۴۸	۳۴۴/۵۲۳
	TIW_{1398}	۰	۴۵۰۵	۲۱۳/۸	۷۸۸/۰۸۶
I	DPH_{1398}	۰/۰۰۲۵۷	۷۸۶/۰۵۵	۱۰۵/۰۸۵	۱۹۳/۳۸

جدول ۱- معرفی متغیرهای پژوهش

محل اخذ	نام متغیر	MVs[۱۷]	LVs[۱۸]
مرکز آمار ایران، سالنامه آماری (۱۳۹۸)	نرخ بیکاری	U_{1398}	D (نیروی محرک)
	تعداد پزشکان در هر ده هزار نفر	ND_{1398}	
مرکز آمار ایران، سالنامه آماری (۱۳۹۸)	میانگین سالانه ارتفاع بارندگی	R_{1398}	P (فشار)
وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۸)	درصد اراضی زیرکشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت	IL_{1398}	
	نسبت بارش به هر هکتار زمین کشاورزی	RG_{1398}	
	مصرف سموم در هر هکتار زمین	CP_{1398}	
	مصرف کود شیمیایی در هر هکتار سطح زیرکشت	FE_{1398}	
شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۳۹۸)	مصرف آب کشاورزی کل	TAW_{1398}	S (وضعیت)
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، صورت‌های مالی (۱۳۹۸)	مصرف آب فضای سبز	GNW_{1398}	
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سالنامه آماری آب کشور (۱۳۹۸)	درصد جمعیت تحت پوشش خدمات جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب شهری	P_{1398}	
	حجم کل آب زیرزمینی	GW_{1398}	
	حجم کل فروش آب خانگی	VDW_{1398}	
شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۳۹۸)	آب شرب کل	TW_{1398}	
	آب صنعتی کل	TIW_{1398}	
وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۸)	پدیده‌های بیابانی	DPH_{1398}	I (اثر)

حال پس از بیان روش تحقیق، در چارچوب دلایل تجربی و نظری ارائه شده در قسمت ادبیات پژوهش و بر مبنای روش معادلات ساختاری متغیرهای فقر آب در هریک از سازه‌های مدل نهایی، بهترین برازش به‌صورت زیر معرفی می‌شود (جداول ۳ تا ۶).

طبق تعاریف انجام شده در قسمت قبل، سازه‌های S، P، D و I از نوع انعکاسی هستند (Caizhi Sun و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج به‌دست آمده از برآورد سازه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS3 در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۳- متغیرهای مفهومی سازه نیروی محرک (D)

متغیرهای سازه	ضریب عاملی	P-Value
U	۰/۶۲۹	۰/۰۰۰
ND	۰/۹۳۴	۰/۰۰۰

جدول ۴- متغیرهای مفهومی سازه فشار (P)

متغیرهای سازه	ضریب عاملی	P-Value
R	۰/۶۸۶	۰/۰۰۰
IL	۰/۸۹۳	۰/۰۰۰
CP	۰/۴۷۱	۰/۰۰۰
FE	۰/۴۱۰	۰/۰۰۰
RG	۰/۲۱۳	۰/۰۰۰

جدول ۵- متغیرهای مفهومی سازه وضعیت (S)

متغیرهای سازه	ضریب عاملی	P-Value
P	۰/۱۱۹	۰/۰۰۰
GW	۰/۶۸۵	۰/۰۰۰
VDW	۰/۷۴۹	۰/۰۰۰
TAW	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰
TW	۰/۸۸۸	۰/۰۰۰
TIW	۰/۴۹۴	۰/۰۰۰
GNW	۰/۷۵۳	۰/۰۰۰

جدول ۶- متغیرهای مفهومی سازه اثر (I)

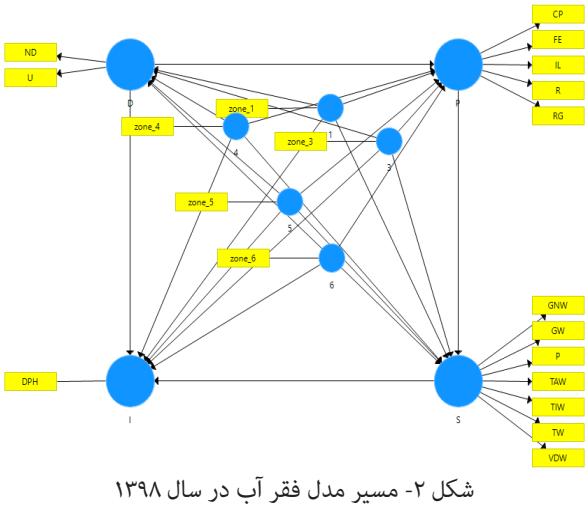
متغیرهای سازه	ضریب عاملی	P-Value
DPH	۱	۰/۰۰۰

جدول ۷- نتایج پارامترهای CR و AVE در سال ۱۳۹۸

سال		D	P	S	I
۱۳۹۸	CR	۰/۷۶۹	۰/۶۸۴	۰/۷۷۰	۱
	AVE	۰/۶۳۴	۰/۳۴۱	۰/۳۸۰	۱

طبق اطلاعات مندرج در جدول متغیرهای مفهومی بار عاملی متغیرها مثبت و معنی‌دار به‌دست آمده است که رابطه مستقیم بین متغیرها و سازه‌ها را تأیید می‌کند. در ادامه برای ارزیابی مدل اندازه‌گیری با شاخص‌های انعکاسی مقدار AVE سازه‌ها در سال ۱۳۹۸ در جدول فوق گزارش شد که اطلاعات مندرج در جدول فوق حاکی‌از آن است که در مجموع روایی همگرای مناسب در مورد سازه‌ها وجود دارد.

نمودار مسیر به‌دست آمده از برآورد فقر آب در سال ۱۳۹۸ در شکل (۲) ارائه شده است. در این شکل نیروهای محرک شامل نرخ بیکاری و تعداد پزشکان در هر ده هزار نفر می‌باشد که نشان‌دهنده تحولات اقتصادی در جامعه، رشد جمعیت و تغییرات در زندگی افراد است. تغییر این عوامل، تولید و مصرف جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت فشار (سازه P) بر منابع طبیعی و محیط‌زیستی ایجاد می‌کند. در این شکل فشار شامل متغیرهای میانگین سالانه ارتفاع بارندگی، درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیر کشت، نسبت بارش به هر هکتار زمین کشاورزی، مصرف سموم در هر هکتار زمین و مصرف کود شیمیایی در هر هکتار سطح زیر کشت است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم توسط نیروهای محرک و به‌دلیل عوامل بیرونی مرتبط با نیروهای محرک ایجاد می‌شوند که این نیز از پیامدهای فعالیت‌های انسانی است. متغیرهای تشکیل‌دهنده سازه فشار در نهایت وضعیت محیط‌زیستی را در استان‌های کشور تحت تأثیر قرار می‌دهند. سازه وضعیت با متغیرهای مصرف آب کشاورزی کل، مصرف آب فضای سبز، درصد جمعیت تحت پوشش خدمات جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب شهری، حجم کل آب زیرزمینی، حجم کل فروش آب خانگی، آب شرب کل و آب صنعتی کل در شکل مشخص شده است. در نهایت سازه اثر در شکل مشاهده می‌شود که تغییرات آن متأثر از وضعیت محیط‌زیستی و نیروهای محرک است. این سازه با متغیر پدیده‌های بیابانی در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- مسیر مدل فقر آب در سال ۱۳۹۸

یکی دیگر از معیارهای برازش مدل اندازه‌گیری معیار روایی واگراست که نتایج آن در چارچوب ماتریس فورنل و لارکر در جدول (۸) ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده است عناصر روی قطر اصلی از مقادیر زیرین خود بیشتر است که این امر روایی واگرای قابل قبول مدل را نشان می‌دهد.

مدل فقر آب از یک مدل ساختاری تشکیل شده است که ارتباط بین سازه‌ها را تبیین می‌کند. در جدول (۹) اطلاعات مربوط به برآورد مدل ساختاری پژوهش ارائه شده است که طبق آن اثر معنی‌دار نیروهای محرک بر فشار و اثر و هم‌چنین اثر معنی‌دار فشار بر وضعیت و نیز اثر معنی‌دار وضعیت بر اثر تأیید می‌شود.

جدول ۸- ماتریس سنجش روایی واگرا به‌روش فورنل و لارکر در سال ۱۳۹۸

سازه‌ها	D	I	P	S
D	۰/۷۹۶			
I	۰/۱۲۴	۱		
P	-۰/۰۸۲	۰/۶۲۴	۰/۵۸۴	
S	-۰/۱۵۸	-۰/۰۷۴	۰/۱۷۲	۰/۶۱۶

جدول ۹- نتایج برآورد مدل ساختاری در مقاطع زمانی ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸

سال	مسیر	ضریب	p-Value	نتیجه
۱۳۹۸	D ⟶ P	۰/۲۲۵	۰/۰۰۰	تأیید معنی‌داری
	P ⟶ S	-۰/۵۷۳	۰/۰۰۰	تأیید معنی‌داری
	S ⟶ I	-۰/۴۰۶	۰/۰۰۰	تأیید معنی‌داری
	D ⟶ I	۰/۲۹۵	۰/۰۰۰	تأیید معنی‌داری

باتوجه‌به نتایج جدول (۹) علامت ضرایب مسیر در سال ۱۳۹۸ مطابق انتظار بوده و لذا فرضیه‌های تحقیق تأیید می‌شوند.

در بررسی برازش مدل ساختاری مقدار R^2 اهمیت دارد که میزان توضیح دهندگی متغیر درون‌زا توسط متغیر برون‌زا را نشان می‌دهد. مقادیر R^2 سازه‌ها در جدول (۱۰) نشان داده می‌شود. باتوجه‌به نتایج به‌دست آمده در جدول (۱۰) می‌توان گفت متغیرهای برون‌زا به‌خوبی تغییرات متغیر درون‌زا را توضیح می‌دهند.

همچنین مقادیر VIF سازه‌ها در جدول (۱۱) گزارش شده است. باتوجه‌به این‌که مقادیر VIF برای سازه‌های مدل کوچکتر از ۵ می‌باشد نشان‌دهنده عدم هم‌خطی بوده و لذا سازه‌ها در مدل حفظ می‌شوند (آذر و غلام‌زاده، ۱۳۹۸).

جدول ۱۰- مقادیر ضریب تعیین سازه‌های تحقیق در سال ۱۳۹۸

LVs	D	P	S	I
R^2	۰/۳۰۰	۰/۷۴۹	۰/۳۷۰	۰/۴۸۶

جدول ۱۱- مقادیر VIF سازه‌های مدل در سال ۱۳۹۸

مسیر	D ⟶ P	P ⟶ S	S ⟶ I	D ⟶ I
VIF	۱/۴۲۹	۳/۴۸۸	۱/۴۱۶	۱/۴۶۵

در بین عوامل انعکاس‌دهنده سازه نیروهای محرک، تعداد پزشکان در هر ده هزار نفر با ضریب ۰/۹۳۴ با شدت بیشتری نسبت به نرخ بیکاری با ضریب ۰/۶۲۹ تغییرات نیروهای محرک را نشان می‌دهند[19] و این نتایج منطبق با یافته‌های Wenxin Liu و همکاران (۲۰۱۸) می‌باشد. همچنین درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیر کشت با ضریب ۰/۸۹۳ مهمترین عامل انعکاس‌دهنده سازه فشار است. علاوه‌بر آن متغیر مصرف آب شرب کل با ضریب ۰/۸۸۸ مهمترین متغیر توضیح دهنده تغییرات سازه وضعیت می‌باشد. در این سازه متغیرهای دیگری مثل مصرف آب کشاورزی کل، مصرف آب فضای سبز، درصد جمعیت تحت پوشش خدمات جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب شهری، حجم کل آب زیرزمینی و ... تغییرات وضعیت را تشریح می‌کنند که درجه اهمیت آن‌ها نسبت به مصرف آب شرب کل کمتر است. در مطالعات انجام شده توسط Caizhi Sun و همکاران (۲۰۱۸)، El-Gafy (۲۰۱۵) و سلامی و طاهری ریکنده (۱۳۹۸) درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت و مصرف آب شرب کل به‌عنوان متغیرهای نشان دهنده فشار و وضعیت مورد استناد قرار گرفته است.

۲- برازش مدل کلی

پس از بررسی برازش بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری، برازش بخش کلی مدل بررسی شده است که برای این‌کار از معیار GOF استفاده می‌شود. با استفاده از مقادیر $\overline{R^2}$ و $\overline{Communalities}$ محاسباتی در قسمت‌های قبل، مقدار GOF در سال ۱۳۹۸ به‌صورت زیر قابل محاسبه است. براین اساس به‌دست آمدن مقدار ۰/۵۲۹۴ برای GOF نشان از برازش کلی قوی مدل دارد (Wetzels و همکاران، ۲۰۰۹).

در سال ۱۳۹۸:

$$\text{Communality (D)} = \frac{0/934^2+0/629^2}{2} = 633999/0$$

$$\text{Communality (p)} = \frac{0/471^2+0/410^2+0/893^2+0/686^2+0/213^2}{5} = 340671/0$$

$$\text{Communality (S)} = \frac{0/753^2+0/685^2+0/119^2+0/121^2+0/494^2+0/888^2+0/749^2}{7} = 0/379802$$

$$\text{Communality (I)} = 1$$

$$\overline{Communalities} = \frac{0/633999+0/340671+0/379802+1}{4} = 0/588618$$

$$\overline{R^2} = \frac{0/300+0/749+0/370+0/486}{4} = 0/47625$$

$$GOF = \sqrt{\overline{\text{Communalities}} * \overline{R^2}} = \sqrt{0/588618 * 0/47625} = \sqrt{0/2803293225} = 0/5294$$

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر بر فقر آب در استان‌های ایران برای سال ۱۳۹۸ است. به‌این‌ترتیب با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) فقر آب را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج برآورد اعتبار سازه شامل بار عاملی، AVE، روایی همگرا، روایی واگرا و شاخص‌های CR و GOF بیانگر کیفیت و برازش مناسب مدل اندازه گیری فقر آب است. این پژوهش فقر آب را از چشم انداز چهار محرک ارزیابی می‌کند: نیروهای محرک، فشار، وضعیت و اثر. نیروهای محرک، به شکل توسعه اجتماعی، اقتصادی، یا محیط‌زیستی، فشارهایی را روی محیط‌زیست اعمال می‌کنند، در نتیجه، وضعیت محیط‌زیست تغییر می‌کند که می‌تواند شامل کاهش منابع طبیعی، کاهش تنوع زیستی، و تخریب کیفیت محیط‌زیست شود. سپس این تغییرات اثراتی را روی اکوسیستم، سلامت بشر، و سایر مواد دارند. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل نشان می‌دهند ۱- نیروهای محرک

اثر مثبت و معنادار روی سازه‌های فشار و اثر فقر آبی در سطح استان‌های کشور دارند، ۲- سازه فشار اثر منفی و معناداری روی وضعیت فقر آبی دارد و ۳- سازه وضعیت که بیان‌کننده تغییرات محیط‌زیستی است و اثر منفی و معنادار بر روی اثرات فقر آبی دارد. از طریق نتایج به‌دست آمده در خصوص عوامل اثرگذار بر فقر آب در سال ۱۳۹۸ می‌توان گفت که در سازه‌های نیروهای محرک، فشار، وضعیت و اثر متغیرهای تعداد پزشکان در هر ده هزار نفر، درصد اراضی زیر کشت آبی از کل زمین‌های زیر کشت، مصرف آب شرب کل و پدیده‌های بیابانی به‌ترتیب با ضریب اهمیت ۰,۹۳۴، ۰,۸۹۳، ۰,۸۸۸ و ۱ مشخص می‌شوند. لذا لازم است به‌جای دید سطحی موجود اقدام به تدوین یک سلسله شاخص‌های چند بعدی و جامع شود تا یک دید عمیق و وسیع نسبت به وضع موجود و پیش‌بینی وضعیت آینده ایجاد شود. چنین کاری مستلزم وجود و کسب اطلاعات کامل‌تر و جامع در زمینه‌های مختلف مانند حجم منابع، میزان آلودگی، سطح اطلاعات جامعه، فرهنگ مصرف و بسیاری از موارد دیگر می‌باشد. وجود چنین معیارهایی می‌تواند کمک قابل توجهی به امر سیاست‌گذاری در سطح ملی و بین‌المللی و حتی در سطح محلی و مقیاس‌های کوچک‌تر نماید. به بیان دیگر شاخص‌های جامع و چند بعدی ابزار غیر قابل اجتناب مدیریت به‌هم پیوسته منابع آب هستند. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان اظهار داشت صرف وجود منابع آبی کافی در یک استان نمی‌تواند نشان‌دهنده وضعیت مناسبی از عدم محدودیت‌های آبی در آن استان باشد چرا که عوامل دیگری مثل نرخ بیکاری، درصد اراضی زیر کشت، پدیده‌های بیابانی نیز وضعیت فقر آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. براین‌اساس رفع فقر آبی نیازمند برنامه‌ریزی در حوزه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی و محیط‌زیستی می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها

1-Third Millennium Development Goals
2-Johannesburg 3-World Water Forum
4-Kyoto 5-Driving Forces
6-Pressure 7-State 8-Impact
9-Partial Least Squares Structural Equation Modeling
10-Composite Reliability
11-Average Variance Extracted
12-Loading 13-Cross Loadings
14-Stone & Geisser Critrion
15-Goodness of Fit 16-Variance Inflation Factor
17-Manifest Variables 18-Latent Variables
۱۹- همچنین درصد افراد تحت پوشش سازمان تأمین اجتماعی هم می‌تواند به‌عنوان نیروی محرک در فقر آبی مؤثر باشد.

منابع

آذر، عادل، و غلام‌زاده، رسول. (۱۳۹۸). مدل‌سازی معادلات ساختاری کمترین مربعات جزیی (PLS-SEM). انتشارات نگاه دانش. چاپ دوم. تهران، ایران.

جابرزاده، محمد. (۱۳۹۳). برآورد شاخص فقر آبی در استان‌های کشور. هفتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران. ایران.

حیدری، حسن، و علیجانی، بهلول. (۱۳۷۸). طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۷، ۵۷-۷۴.

داوری، علی. و رضازاده، آرش. (۱۳۹۶). مدل‌سازی معادلات ساختاری با نرم‌افزار PLS. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی. چهارم ۱۳۹۶. تهران، ایران.

سبحانی، رضا، عمادی، علیرضا، فضل اولی، رامین، و زمان زاد قویدل، سروین. (۱۴۰۱). سنجش نوآورانه شاخص فقر آبی بر پایه مدل‌های ریاضی-تحلیلی مؤثر و داده‌محور در استان آذربایجان غربی. تحقیقات منابع آب ایران، ۶۵(۲)، ۵۴-۷۰. doi: 20.1001.1.1 7352347.1402.19.2.4.1

سلامی، حبیب‌اله، و طاهری ریکنده، عمران. (۱۳۹۸). سنجش وضعیت امنیت آبی در استان‌های ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۳(۱)، ۷۵-۹۴. doi: 20.1001.1.20084722.13 98.33.1.6.2

شریف‌زادگان، محمدحسین، ندایی طوسی، سحر، و جمالی، فرناز. (۱۳۹۵). شناسایی موانع توسعه‌ی منطقه‌ای با به‌کارگیری شاخص فقر آبی (نمونه موردی: استان قزوین). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۶۵(۱)، ۱۵۱-۱۷۰. doi: 10.22108/GEP.2017.98243.0

طالبی، حسین، و امینی، عباس. (۱۳۹۷). بررسی ابعاد کم آبی با استفاده از روش شاخص فقر آبی (WPI) و تحلیل مقایسه‌ای آن در بخش‌های شهرستان قم. آمایش سرزمین، ۱۰(۲)، ۳۴۵-۳۶۶. doi: 10.22059/jtcp.2019.272853.669940

عباسی اسفنجانی، حسین. (۱۳۹۶). طراحی الگوی تجاری سازی تحقیقات دانشگاهی با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزیی (PLS-SEM). فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ۸۲(۲۱)، ۱-۲۱. doi: 20.1001.1.17350794.1396.21.82.2.6

کلانتری، خلیل. (۱۳۸۸). مدل‌سازی معادلات ساختاری در تحقیقات اجتماعی اقتصادی. انتشارات فرهنگ صبا. چاپ اول. تهران، ایران.

مداح، مجید، و سینائیان، مهلا. (۱۳۹۹). تحلیل تجربی روند پولشویی در ایران (رهیافت روش معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزیی). فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۱۱(۴۰)، ۹۹-۱۲۲. doi: 10.29252/jemr.10.40.99

مرکز آمار ایران. سالنامه آماری کشور. (۱۳۹۸). اطلاع رسانی به آدرس:

https://www.amar.org.ir

وزارت جهاد کشاورزی. آمارنامه کشاورزی. (۱۳۹۸). اطلاع رسانی به آدرس: https://amar.maj.ir

وزارت نیرو. شرکت مدیریت منابع آب ایران. صورت‌های مالی. (۱۳۹۸). اطلاع رسانی به آدرس: https://www.wrm.ir

وزارت نیرو. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. سالنامه آماری آب کشور. (۱۳۹۸). اطلاع رسانی به آدرس: https://www.nww.ir

Breeanna, C., Prince Luke, J., Venkataramana, S., Anamaria, B., & Morgan, C. M. (2020). A statistical and spatial analysis of water poverty using a modified Water Poverty Index. International Journal of Water Resources Development, 37(2), 339-356. https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1768829

Caizhi, S., Yongjie, W., Wei, Z., Liangshi, Zh., & Wenxin, L. (2018). A Rural Water Poverty Analysis in China Using the DPSIR-PLS Model. Springer Science. Water Resour Manage, 32, 1933-1951. https://doi.org/10.1007/s11269-017-1819-y

Chin, W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. In G.A. Marcoulides [Ed.]. Modern Methods for Business Research. Mahwah. NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 295-336.

El-Gafy, I. K. E. D. (2015). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. Ain Shams Engineering Journal, 9(2), 173-186. https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.09.008

Feitelson, E., & Chenoweth, J. (2002). Water poverty: towards a meaningful indicator. Water Policy, 4(3), 263-281. https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00029-6

Fornell, C., & Larcker, D. F. .(1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of marketing research, 18(1), 39-50. https://doi.org/10.1177/0022243781018001

Forouzani, M., Karami, E., Zibaei, M., & Zamani, G.H. (2012). Agricultural Water Poverty Index for a Sustainable World. In: Lichtfouse, E. (eds) Farming for Food and Water Security. Sustainable Agriculture Reviews. vol 10. Springer, Dordrecht, Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4500-1_6

Jinlong, Sh., Hanying, Zh., Yekun, Zh., & Jianfeng, S. (2023). An examination of the mitigation effect of vegetation restoration on regional water poverty: Based on panel data analysis of 9 provinces in the Yellow River basin of China from 1999 to 2019. Ecological indicators, 146(2023), 109860. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109860

Lawrence, P., Meigh, J., & Sullivan, C. (2002). The water poverty index: an international comparison. Keele Economics Research Papers. Keele University. Keele. Staffordshire, United Kingdom.

López Álvarez, B., Santacruz de León, G., Ramos Leal, J. A., & Morán Ramírez, J. (2015). Water poverty index in subtropical zones: The case of Huasteca Potosina. Mexico. Revista internacional de contaminación ambiental, 31(2), 173-184.

Manandhar, S., Pandey, V. P., & Kazama, F. (2012). Application of water poverty index (WPI) in Nepalese context: A case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management, 26(1), 89-107. https://doi.org/10.1007/s11269-011-9907-x

Namara, R. E., Hanjra, M. A., Castillo, G. E., Ravnborg, H. M., Smith, L., & Van Koppen, B. (2010). Agricultural water management and poverty linkages. Agricultural water management, 97(4), 520-527. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.007

Salameh, E . (2000). Redefining the water poverty index. Water International, 25(3). 469-473. https://doi.org/10.1080/02508060008686855

Thakur, J. K., Neupane, M., & Mohanan, A. A. (2017). Water poverty in upper Bagmati River basin in Nepal. Water Science, 31(1), 93-108. https://doi.org/10.1016/j.wsj.2016.12.001

Wenxin, L., Minjuan, Zh., & Tao, X. (2018). Water Poverty in Rural Commiunities of Arid Areas in China. Water, 10(4), 505. https://doi.org/10.3390/w10040505

Wetzels, M., Odekerken-Schroder, G., & Van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. MIS Quarterly, 33(1), 177-195. https://doi.org/10.2307/20650284

Yuan, L., Yang, D., Wu, X., He, W., Kong, Y., Ramsey, T. S., & Degefu, D. M. (2023). Development of multidimentional water poverty in the Yangtze River Economic Belt, China. Journal of Environmental Management, 325, 116608. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116608