2021, Vol.8, No.3, Pages 11 to 22
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۱۱ تا ۲۲
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Investigation and Ranking of Water Security in Study Areas of South Khorasan Province Using Gray Analysis

M. Baharshahi[1], H. Khozeymehnezhad[2*], N. Niknia[3], A. Khashei Siouki[2]

1,2- MSc. Student in Irrigation and Drainage and Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran. 3- PhD. in Water Resources Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

*(Corresponding Author Email: hkhozeymeh@birjand.ac.ir)

Received: 29-05-2021 Revised: 16-08-2021
Accepted: 12-09-2021 Available Online: 06-12-2021

بررسی و رتبه‌بندی امنیت آبی محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی به کمک تحلیل خاکستری

مهدی بهارشاهی[1]، حسین خزیمه‌نژاد[2*]، ناصر نیک‌نیا[3]، عباس خاشعی سیوکی[2]

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی و دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. ۳- دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: hkhozeymeh@birjand.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

Abstract

In South Khorasan province, water shortage is one of the main limiting factors for the development of economic activities in the coming decades. In this province, similar to other parts of the country, the optimal use of water in the form of culture has not yet found its special place, so achieving a relative equilibrium in the supply and demand of water is a basic and essential principle. This is not possible except by creating a comprehensive system in water management and consequently water security. to prevent crises caused by water insecurity, it is necessary to identify rapid developments and defective trends in current water management based on the climate, social, economic, and other realities in each region. In this regard, the current state of water resources in this province was monitored and evaluated by creating a set of indicators. Then, with the help of gray analysis, which is a kind of hierarchical ranking method, the plains of the province were ranked in terms of water security. The results of the gray analysis also showed that the highest score of water security level is in the Deh-e-Salm plain (0.524), Dehno_mighan plain (0.519), and chahak-Mousavieh plain (0.504). Their degree of Security is mainly interpreted by their ability to reduce the risks of water shortage and water scarcity, although it will never be secure to study unless there is a risk of water shortage and water scarcity. There are important study areas such as Birjand Plain (0.462) that are currently in water insecurity. The highest levels of Water insecurity are observed in the South Khorasan Province, Sarayan (0.268) and Boshrouyeh (0.363).

Keywords: South Khorasan Province, Gray Theory, Ranking, Water Security.

چکیده

در استان خراسان جنوبی کمبود آب از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به‌شمار می‌رود. در این استان مانند سایر نقاط کشور هنوز استفاده مطلوب از آب به شکل يك فرهنگ جایگاه خاص خود را پیدا نکرده است؛ به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و تقاضای آب يك اصل اساسی و ضروری است. این مهم جز با ایجاد يك نظام جامع در مدیریت آب و در نتیجه امنیت آبی میسر نمی‌باشد. به‌منظور پیشگیری از وقوع بحران‌های ناشی از عدم امنیت آبی، شناسایی تحولات سریع و روندهای معیوب در مدیریت کنونی آب و آن هم مبتنی بر واقعیت‌های اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی و غیره در هر منطقه الزامی به نظر می‌رسد. در این راستا با ایجاد مجموعه‌ای از نشانگرها، وضعیت فعلی منابع آب در این استان پایش و ارزیابی شد. سپس با کمک تحلیل خاکستری که یک نوع روش رتبه‌بندی سلسله مراتبی است، دشت‌های استان از نظر امنیت آب رتبه‌بندی شد. نتایج تحلیل خاکستری نشان داد، بالاترین امتیاز سطح امنیت آبی در محدوده‌های دەسلم (۰/۵۲۴)، دەنو میغان (۰/۵۱۹) و چاهک موسویه (۰/۵۰۴) است. درجه امنیت آنها عمدتاً توسط توانایی آنها در کاهش مخاطرات کم‌آبی و کمیابی آب تفسیر می‌شود، هرچند که تا زمانی‌که خطر کم‌آبی و کمیابی وجود نداشته باشد، محدوده مطالعاتی امن نخواهد بود. محدوده مطالعاتی مهمی همچون دشت بیرجند (با امتیاز ۰/۴۶۲) وجود دارند که در حال حاضر دچار ناامنی آبی هستند. بیشترین سطح ناامنی آبی نیز در استان خراسان جنوبی، محدوده‌های در حال توسعه سرایان (۰/۲۶۸) و بشروئیه (۰/۳۶۳) دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استان خراسان جنوبی، تئوری خاکستری، رتبه‌بندی، امنیت آبی.

How to cite this article: Baharshahi M., Khozeymehnezhad H., Niknia N. and Khashei Siouki A. 2021. Investigation and Ranking of Water Security in Study Areas of South Khorasan Province Using Gray Analysis. Journal of Water and Sustainable Development, 8(3): 11-22. doi: 10.22067/jwsd.v8i3.2105.1049

مقدمه

جوامع انسانی برای بخش‌های شرب و خدمات، آبیاری زمین‌های کشاورزی و صنایع نیازمند آب هستند. با این حال، در بسیاری از نقاط جهان، تقاضا برای آب از عرضه آن فراتر رفته و دسترسی به آب با کیفیت به شدت محدود شده است. این امر منجر به افزایش تعارضات آبی شده است؛ زیرا کاربران زیادی برای منابع محدود رقابت می‌کنند (Wang و همکاران، ۲۰۱۵).

ایران با واقع شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک، یکی از کشورهایی است که با بیشترین آسیب‌پذیری در برابر کم‌آبی روبه‌رو است (WorldBank، ۲۰۱۷). در حال حاضر براساس شاخص فالکن مارک استان‌های شرق کشور به‌ویژه استان خراسان جنوبی در وضعیت تنش آبی قرار دارد. اصطلاح «تنش آبی» معمولاً برای تشریح نسبت آب مورد استفاده (میزان آب برداشتی از سامانه طبیعی) به کل آب تجدیدپذیر استفاده می‌شود. بنابراین، بهره‌برداری بیش از حد منابع آب تجدیدپذیر، تنش بیشتری را به سامانه عرضه آب وارد می‌کند. برخی پژوهشگران و سازمان‌ها، تنش آبی یک حوضه آبریز را با ترکیب مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی، در مقابل منابع تجدیدپذیر نظیر بارندگی، رودخانه‌ها و غیره محاسبه کرده‌اند (WorldBank، ۲۰۱۷).

در استان خراسان جنوبی کمبود آب از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به‌شمار می‌رود، اما هنوز استفاده مطلوب از آب به شکل یك فرهنگ جایگاه خاص خود را پیدا نکرده است؛ به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و تقاضای آب (ابتدا دست یافتن به ۱= تقاضا / عرضه سپس ۱< تقاضا/ عرضه) یك اصل اساسی و ضروری است. این مهم جز با ایجاد یك نظام جامع در مدیریت آب و در نتیجه امنیت آبی میسر نمی‌باشد. مطالعات نشان داده است، ادامه روند و عدم توجه به امنیت آبی در سال‌های آینده در ایران و از جمله استان خراسان جنوبی تا سال ۲۰۲۵ میلادی، به کمیابی فیزیکی آب منجر خواهد شد. براساس آنچه ذکر شد بررسی امنیت آبی و راه‌های افزایش امنیت آبی در ایران و به‌ویژه استان‌های شرق کشور که تنها به منابع آب زیرزمینی وابسته هستند، بسیار ضروری است. بنابراین موضوع امنیت آبی، در استان خراسان جنوبی که سالانه دشت‌های آن با افت ۱۷۰/۴ میلیون متر مکعب مواجه است، بسیار حیاتی و نیازمند پیگیری می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۹۴).

• ارزیابی امنیت آبی

مفهوم سنتی برآورد میزان «امنیت آبی» یک منطقه بر پایه دسترسی به منابع آب در آن منطقه تعریف شده است؛ حال آنکه وجود عدم قطعیت‌های مختلف در محیط‌های طبیعی و انسانی، موجب کاهش اعتماد به مفهوم فوق می‌شود. در حقیقت آنچه امنیت یک منطقه را تهدید می‌کند، آسیب‌پذیر بودن منطقه به کاهش منابع آب است (میر و همکاران، ۱۳۹۹). به‌این‌معنی که هر چه منطقه نسبت به کاهش منابع آب آسیب‌پذیرتر باشد تهدید بیشتری متوجه آن خواهد شد و روند توسعه منطقه ناپایدارتر خواهد بود. ازاین‌رو درک درست از آسیب‌پذیری منطقه نسبت به کاهش منابع آب جهت اتخاذ تصمیم مناسب در جهت افزایش امنیت آبی منطقه و پایداری منطقه بسیار ضروری به نظر می‌رسد (Abdel-Javad و Al-Otaibi، ۲۰۰۷).

چگونگی تحلیل آسیب‌پذیری و داشتن یک تعریف جامع از آن در ارزیابی امنیت آبی منطقه بسیار مهم می‌باشد. مفهوم آسیب‌پذیری بسیار پیچیده[1] و پویا بوده و جهت درک آن نیاز به ابزاری مفید است که بتواند این پیچیدگی را به خوبی بیان نماید (فلکی ایلخچی و همکاران، ۱۳۹۹). در حقیقت امنیت آبی به خوبی مفهوم وسیع بودن دامنه آن (وسعت دامنه آسیب‌پذیری) و تاثیر آن بر جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، و سیاسی را در بر دارد (Ingram و همکاران، ۲۰۰۶؛ Steckley، ۲۰۰۶)

تاکنون بیشتر تحقیقات متمرکز بر روی آسیب‌پذیری بوده است (Deliang و همکاران، ۲۰۱۸). پژوهشگران در برخورد با مفهوم آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات مختلف و نحوه برآورد آن، تعاریف متفاوتی ارائه داده‌اند. عده‌ای برآورد آسیب‌پذیری را به‌صورت کمی در نظر گرفته و آن را در قالب روابط ریاضی که منجر به مقادیر عددی می‌شوند، بیان کرده‌اند (صفوی و گل محمدی، ۱۳۹۵). عده‌ای دیگر از پژوهشگران مفهوم آسیب‌پذیری را پیچیده‌تر از یک رابطه دانسته و بیان آن را به‌صورت کیفی در نظر گرفته‌اند (Adger، ۲۰۰۷؛ Kaynia، ۲۰۰۸). محوریت فکری مشترک در این دسته از پژوهش‌ها، بر پایه این اصل بنا شده است که آسیب‌پذیری بسیار پیچیده و پویا بوده و برای برآورد آن باید اثر پویایی آن در ارتباط با مخاطرات را نیز در نظر گرفت (Ingram و همکاران، ۲۰۰۶؛ Doeffinger و Hall، ۲۰۲۱).

تاکنون روش‌های متعددی همچون روش ارزیابی فازی (Chu، ۲۰۱۷)، تحلیل سلسله مراتبی (Nazif) (AHP و همکاران، ۲۰۱۳)، روش آنتروپی وزنی (Sahoo و همکاران، ۲۰۱۷) و روش ردپای آب[2] (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Veettil و Mishra، ۲۰۱۶)، و تحلیل مجموعه زوجی (Wang و همکاران، ۲۰۱۵) برای ارزیابی امنیت آبی استفاده شده است. بدون شک این روش‌ها به درک ما از امنیت آبی کمک می‌کند، اما کارایی آنها به دلایل زیادی همچون جزء نگری، عدم یکپارچگی در موضوعات مورد مطالعه محدود است (Xia و همکاران، ۲۰۱۶؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۶).

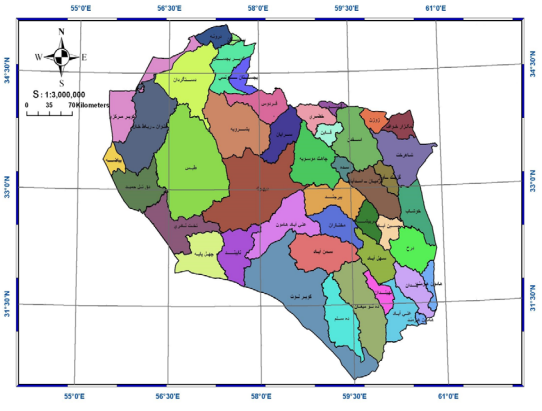
بسیاری از روش‌های ارزیابی یاد شده در زمینه آسیب‌پذیری، تغییرات آسیب‌پذیری را تنها در یک بخش و غیر پویا مورد بررسی قرار داده‌اند (Ginkel و همکاران، ۲۰۱۸). لذا در این پژوهش به‌منظور درک تعاملات بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و سیاسی و درک بازخورد آنها از چارچوب DPSIR استفاده شده است. با کمک چارچوب DPSIR و باتوجه‌به اینکه مفهوم آسیب‌پذیری با امنیت آبی همسو است، می‌توان امنیت آبی را بررسی نمود (OECD،

۱۹۹۳؛ Nezami و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین جهت اولویت‌بندی سطح امنیت آبی در محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی از نظریه سیستم خاکستری استفاده شده است.

• استان خراسان جنوبی

استان خراسان جنوبی با مساحت ۱۵۰۸۰۰ کیلومتر مربع و با اقلیم خشک و نیمه‌خشک در شرق ایران واقع شده است. این استان با مرکزیت بیرجند، از شمال به خراسان رضوی و از شرق به طول ۳۳۱ کیلومتر دارای مرز مشترک با کشور افغانستان بوده و از غرب به استان یزد، اصفهان و سمنان و از جنوب به استان‌های کرمان و سیستان‌وبلوچستان محدود می‌باشد. استان خراسان جنوبی براساس تقسیمات کشوری، در سال ۸۳ با مصوبه‌ی هیأت دولت و مجلس شورای اسلامی با حضور ۴ شهرستان از خراسان بزرگ جدا شد. در حال حاضر این استان ۱۱ شهرستان، ۲۸ شهر، ۲۵ بخش، ۶۱ دهستان و ۳۵۵۵ آبادی دارد. شهرستان‌های این استان شامل بیرجند، قاینات، طبس، فردوس، نهبندان، سرایان، سربیشه، درمیان، بشرویه، خوسف و زیرکوه می‌باشد. از نظر تقسیمات آب کشور، استان خراسان جنوبی قسمتهایی از چهار حوضه بزرگ کویر لوت، هامون هیرمند و نمکزار خواف و کویر مرکزی را در بر می‌گیرد.

تعداد محدوده‌های مطالعاتی واقع در مرز استان ۴۴ محدوده می‌باشد که از این تعداد ۲۹ محدوده ممنوعه و بحرانی است. تعداد محدوده‌های مطالعاتی که این استان متولی آن است ۳۵ محدوده بوده که از این تعداد ۲۴ محدوده مطالعاتی ممنوعه و بحرانی می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه محدوده‌های مطالعاتی در استان خراسان جنوبی

چارچوب انجام پژوهش

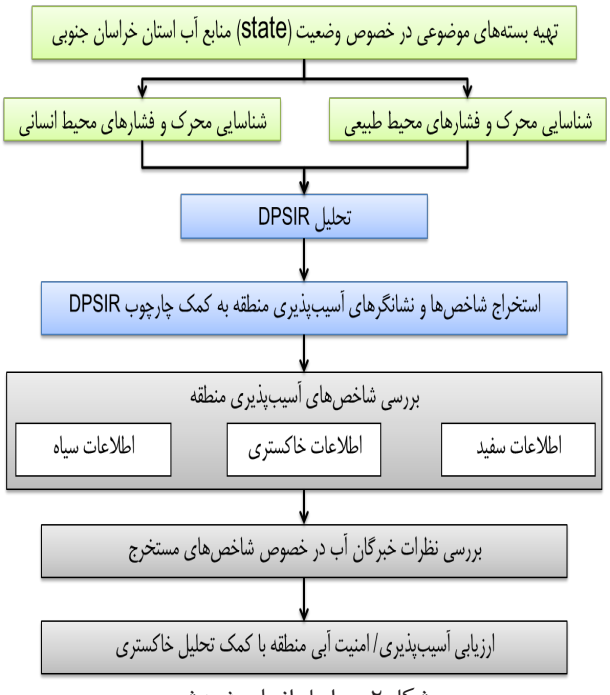
در این پژوهش چارچوب DPSIR به‌عنوان یک مدل علّی-معلولی اولیه برای ایجاد ارتباط یک به یک میان مولفه‌های تنش‌های آبی خراسان جنوبی طراحی شده است. این چارچوب روابط «علت-معلول» بین بخش‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیطی را ترسیم می‌نماید. با کمک چارچوب DPSIR معیارهای آسیب‌پذیری محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی استخراج شده است. در نهایت معیارهای مذکور به‌وسیله نظریه سیستم خاکستری، براساس نظرات خبرگان کمی شد. در انتها نیز میزان آسیب‌پذیری منطقه با کمک نظریه سیستم خاکستری ارزیابی شد. روش مورد استفاده در روش تحلیل خاکستری روش Deliang و همکاران (۲۰۱۸) است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

تئوری خاکستری یکی از مفاهیم ریاضی است که کاربرد گسترده‌ای در تصمیم‌گیری چند معیاره پیدا کرده است. این تئوری روشی بسیار موثر در مواجهه با بررسی میزان عدم قطعیت اطلاعات ناشناخته و ناکامل دارد. اطلاعات مربوط به ترجیحات تصمیم گیرندگان در مورد معیارها و به دلایل مختلف براساس قضاوت کیفی آنها بیان می‌شود و همچنین در عمل نیز قضاوت تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن بوده و به‌وسیله مقادیر عددی دقیق قابل بیان نیستند. تئوری خاکستری یکی از روش‌هایی است که برای بررسی میزان عدم قطعیت و ناکامل بودن اطلاعات به‌کار می‌رود و استفاده از آن در تحلیل ریاضی سیستم‌های با اطلاعات ناقص، روند رو به رشدی دارد. در واقع اگر اطلاعات واضح و شفاف چارچوب DPSIR را با رنگ سفید و اطلاعات کاملاً ناشناخته با رنگ سیاه تجسم شود، در این صورت قسمتی از اطلاعات مربوط به محیط انسانی و طبیعی که مخلوطی از اطلاعات سفید (کاملاً شناخته شده) و یا سیاه (کاملاً ناشناخته) هستند به رنگ خاکستری تعریف می‌شوند. اینگونه اطلاعاتی که خبرگان آب نسبت به دیگران بر آنها اشراف بیشتری دارند به‌عنوان سیستم‌های خاکستری تعریف می‌شوند. اصلی‌ترین مشخصه آن‌ها، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن سیستم است. مراحل مختلف پژوهش به‌صورت چارت نشان داده شده در شکل (۲) ذکر شده است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

همانطور که ذکر شد، درک آسیب‌پذیری و در نتیجه ارزیابی وضعیت امنیت آبی در هر منطقه‌ای با کمک در نظر گرفتن تعاملات و پسخورهای محیط طبیعی و انسانی قابل بررسی می‌باشد. از این‌رو، یک چارچوب علّی و معلولی از محرک‌های آسیب‌پذیری نسبت به کم‌آبی تهیه خواهد شد که در آن تعاملات بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و نیز پاسخ افراد یا جامعه به نمایش در خواهد آمد. در حقیقت برای داشتن یك تفکر سیستمیك باید موارد ذیل را در نظر گرفت:

• مشاهده و درك روابط درونی پدیده‌ها به‌جای روابط خطی آنها؛

• شناخت ریشه‌های تغییرات در سیستم به‌جای اقدامات فوری و عاجل



شکل ۲- مراحل انجام پژوهش

شناسایی نشانگرها و شاخص‌های امنیت آبی استان

نشانگرها[۳] و شاخص‌های کمی و کیفی به‌صورت منحصر بفرد و یا در مقایسه با مقادیر آستانه، می‌توانند به‌عنوان یکی از ابزارهای اصلی شناسایی روند مخاطرات به‌کارگرفته شوند. در این پژوهش به‌منظور شناسایی و تشریح وضعیت امنیت آبی استان خراسان جنوبی، از نشانگرها و شاخص‌ها مرتبط با مولفه‌های منابع آب استفاده شده است. این نشانگرها به‌صورت موضوعی براساس مطالعات کتابخانه‌ای (گزارشات فنی) استخراج شده است. پس از شناسایی نشانگرها و ایجاد چارچوب DPSIR، داشبوردی از نشانگرها به‌دست آمده است، که مولفه‌های موثر بر امنیت آبی استان را نموده است. در انتها ارتباط مولفه‌های موثر بر وضعیت امنیت آبی استان به کمک تحلیل خاکستری ارزیابی خواهد شد.

• تحلیل خاکستری

تحلیل رابطه‌ای خاکستری[۴] را نخستین بار، Deng مطرح کرد (Mahmoudi و همکاران، ۲۰۲۰). این تئوری برای حل مسائل مبهم و مسائلی که داده‌های گسسته و اطلاعات ناقص دارند به‌کار می‌رود. این تئوری با استفاده از اطلاعات نسبتاً کم و با تغییرپذیری بسیار در معیارها، خروجی‌های رضایت‌بخش و مطلوبی را ایجاد می‌کند. تئوری خاکستری، همچون تئوری فازی، یک مدل ریاضی اثربخش برای حل مسائل نامشخص و مبهم است (Mahmoudi و همکاران، ۲۰۲۰). این تئوری در زمینه‌های بسیار، نظیر حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، با نام تحلیل رابطه‌ای خاکستری به‌کار گرفته شده است. تحلیل رابطه‌ای خاکستری جزئی از تئوری خاکستری، است که برای حل مسائلی به‌کار می‌رود که روابط پیچیده‌ای بین عوامل و متغیرهایشان دارند. تئوری سیستم‌های خاکستری، الگوریتمی است که روابط غیرقطعی اعضای یک سیستم با یک عضو مرجع را تحلیل می‌کنند و قابلیت استفاده در حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره را دارد.

رتبه رابطه‌ای خاکستری (x_{0j},x_{ij}) را با استفاده از رابطه (۱) می‌توان محاسبه نمود:

$$\Gamma(x_0,x_i)=\sum_{j=1}^{n} w_{j\gamma}(x_{0j},x_{ij}) \quad i=1,2,\ldots,m \qquad (۱)$$

رابطه (۱)، رتبه رابطه‌ای خاکستری رابطه بین x_i و x_0 (میزان همبستگی سری مرجع هدف و سری مقایسه‌ای) را نشان می‌دهد. w_j، وزن شاخص j است که معمولاً به قضاوت تصمیم‌گیرنده یا به ساختار مساله پیشنهادی بستگی دارد $(\sum_{j=1}^{n} wj = 1)$. بر روی هر شاخص، سری مرجع هدف، نشان‌دهنده بهترین عملکردی است که در میان سری‌های مقایسه‌ای قابل حصول است. بنابراین، اگر یک سری مقایسه‌ای برای یک گزینه، بالاترین رتبه رابطه‌ای خاکستری را با سری مرجع هدف داشته باشد، به‌این معناست که این سری مقایسه‌ای، بیشترین شباهت با سری مرجع هدف را دارد و ازاین‌رو این گزینه، بهترین انتخاب است.

در این پژوهش به‌منظور بهره‌مندی از روش تحلیل خاکستری از نظرات ۷ نفر از خبرگان حوزه مدیریت آب، بیلان منابع آب و حفاظت از منابع آب استفاده شده است.

نتایج

• تحلیل وضعیت موجود منابع آب با کمک چارچوب DPSIR

عوامل موثر بر وضعیت[۵] نابه‌هنجار کمی و کیفی منابع آب استان در قالب مجموعه‌ای از شاخص و نشانگرهای محتمل بررسی شده است (جداول ۱ تا ۴). در صورتی‌که مقادیر نشانگرهای مشاهده شده در جداول ذیل متفاوت از مقادیر آستانه یا مقادیر هدف باشد، آنگاه در قالب چارچوب DPSIR بررسی می‌شود.

در ادامه با کمک چارچوب DPSIR در خصوص وضعیت منابع آب به چهار پرسش پاسخ داده شده است:

x۱) برای منابع آب استان چه اتفاقی می‌افتد؟؛ ۲) چرا اتفاق می‌افتد؟؛ ۳) آیا تغییرات قابل توجه هستند؟؛ ۴) پاسخ به این تغییرات چیست یا چه می‌تواند باشد؟

بر این اساس با کمک نشانگرهای موجود در جداول (۱ تا ۴) روندهای موجود در وضعیت منابع آب استان بررسی شده است. لازم به ذکر است، فرضیات مرتبط با مشکلات منابع با به‌کارگیری چارچوب DPSIR به‌صورت جدول (۵) تجزیه و تحلیل شد.

جدول ۱- نشانگرهای بخش هواشناسی، هیدروژئولوژی و هیدرولوژی

نشانگر		مقدار مشاهده‌شده	مقدار هدف	مقدار آستانه	ملاحظات
بارندگی متوسط در سطح استان		۱۰۰ میلیمتر	ندارد	۲۵۰ میلیمتر	بارندگی متوسط ۲۰ ساله در سطح حوضه‌های استان بین ۵۳ تا بیش از ۱۵۰ میلیمتر متغیر است.
اثر تغییراقلیم بر بارندگی حوضه‌ها		-٪۴/۸	ندارد	ندارد	طی سال‌های ۷۸-۱۳۷۷ تا ۹۸-۱۳۹۷ (دوره ۲۰ ساله) مقدار بارندگی در حوضه به ۹۴ میلی متر کاهش یافته است.
پراکنش بارندگی در سطح استان	بهار تابستان پاییز زمستان	٪۳۸/۲ ٪۳/۶ ٪۲۶/۵ ٪۳۱/۸	ندارد	ندارد	در بخش جنوبی استان نزولات جوی بیشتر به‌صورت پراکنده رخ می‌دهند.
نسبت آب‌های سطحی تجدیدشونده به آب‌های زیرزمینی‌تجدیدشونده		٪۴۴		ندارد	
وسعت رسوبات تبخیری از کل سازندهای سخت			ندارد	ندارد	
تغییرات حجم ذخیره مخازن (براساس بیلان ۱۰ ساله)		-۱۵۰/۷ (McM)	ندارد	۰	تعداد محدوده‌های مطالعاتی که این استان متولی آن می‌باشد ۳۵ محدوده بوده که از این تعداد ۲۴ محدوده مطالعاتی ممنوعه و بحرانی می‌باشد
بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی	چاه چشمه	۸۷۸/۸۲ (٪۷۳) ۶۵/۹ (٪۵)	ندارد	۴۸۸۳۷ (٪۶۶) ۶۶۵۷ (٪۹)	سرانه آب در دسترس در این حوضه ۱۱۳۷ مترمکعب در سال بوده و پیش‌بینی شده که این میزان در سال ۱۴۰۰ تنزل خواهد یافت.

جدول ۲- نشانگرهای بخش کشاورزی

نشانگر	مقدار مشاهده‌شده	مقدار هدف	مقدار آستانه	ملاحظات
راندمان آبیاری	۴۴ درصد		٪۳۰*	عدم توسعه تشکل‌های بخش کشاورزی، عدم‌وجود مکانیزم‌های ایجاد تحول و ارتقاء سطح دانش، تغییرنگرش و بهبود مهارت روستائیان و عدم توسعه نیروی انسانی ترویج و فعالیت‌های محدود اداره ترویج از عوامل مؤثر بر رویه مصرف آب کشاورزی بوده‌است. (* متوسط کشوری)
افزایش سطح زیرکشت	۰ درصد	ندارد	ندارد	سطح زیرکشت محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۱ تا ۹۵ از روندی صعودی برخوردار نبوده‌است.
بهره‌وری مصرف آب	۰/۳۶۴ برای غلات (کیلوگرم/ متر مکعب)	ندارد	۰/۶۴۵* برای غلات (کیلوگرم/ متر مکعب)	متوسط کارآیی مصرف آب محصولات اصلی کشاورزی در حوضه ۰/۳۷ تا ۱/۶۶ کیلوگرم در مترمکعب متغیر بوده که کمترین آن مربوط به یونجه و بیشترین آن مربوط به چغندرقند می‌باشد. (* متوسط کشوری)
بهره‌وری اقتصادی آب	۱۶۷۹ (مترمکعب/ریال)	ندارد	ندارد	بیشترین آن ۱۶۷۹ ریال مربوط به گندم و کمترین آن ۷۷۹ ریال مربوط به محصول یونجه به‌ازاء هرمترمکعب آب مصرفی می‌باشد.
اراضی تحت پوشش شبکه‌های آبیاری و زهکشی	٪۴		٪۱۵*	طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی واقع در استان خراسان جنوبی بالغ بر ۷۱۰ هکتار می‌باشد. (*متوسط کشوری)
تأمین نیازآبی در سطح حوضه‌های استان	٪۹۰	ندارد	ندارد	

جدول ۳- نشانگرهای بخش اجتماعی

نشانگر		مقدار مشاهده‌شده	مقدار هدف	مقدار آستانه	ملاحظات
توسعه سیستم‌های نوین آبیاری		٪۶		٪۰/۵*	متوسط بهره‌برداران حقیقی برخوردار از سیستم‌های نوین آبیاری (قطره‌ای و بارانی) در سطح کشور حدود ٪۰/۵ می‌باشد.
تعداد شرکت‌های تعاونی روستایی		۳۴ شرکت تعاونی تولید ۷ شرکت سهامی زراعی	ندارد	ندارد	تأسیس شرکت‌های تعاونی روستایی در استان خراسان جنوبی طی دهه ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است.
نرخ رشد	شهرنشینی	٪۴,۸	ندارد	٪۰/۷۴*	متوسط نرخ رشد شهرنشینی در کشور (٪۲/۷۴) می‌باشد.
	روستانشینی	-٪۰/۲۱	ندارد	-٪۰/۴۴*	متوسط نرخ رشد روستانشینی در کشور (٪۰/۴۴-) می‌باشد.
تراکم نسبی جمعیت		۷ نفر در هرکیلومترمربع	ندارد	۴۳ نفر در هرکیلومترمربع	بیشترین میزان تراکم جمعیت مربوط به شهرستان بیرجند و کمترین آن در شهرستان نهبندان می‌باشد.
مرگ‌ومیر مرتبط با بیماری‌های آبی		-	ندارد	٪۸/۹۴*	متوسط سهم بیماری‌های مرتبط با آب در مرگ و میر جمعیت کشور ٪۸/۹۴ بوده‌است.
تشکل آب‌بران و تعاونی‌تولید کشاورزی		۱/۴ واحد بر هر ۱۰۰۰۰ هکتار	ندارد	ندارد	-
مالکیت اراضی‌کشاورزی	آبی	۱۲۰۰۰۰ هکتار	ندارد	-	میانگین مالکیت اراضی آبی کشور ۲/۴ هکتار می‌باشد.
	دیم	۳/۶ هکتار	ندارد	۳/۶* هکتار	میانگین مالکیت اراضی دیم کشور ۳/۶ هکتار می‌باشد.
نرخ بیکاری	شهری	٪۱۰/۸	ندارد	٪۱۰*	متوسط نرخ بیکاری جمعیت شهری در کشور (٪۱۰) می‌باشد.
	روستایی	٪۸,۹	ندارد	٪۱۴/۷۳*	متوسط نرخ بیکاری جمعیت روستایی کشور (٪۱۴/۷۳) می‌باشد.

جدول ۴- نشانگرهای بخش اقتصاد آب

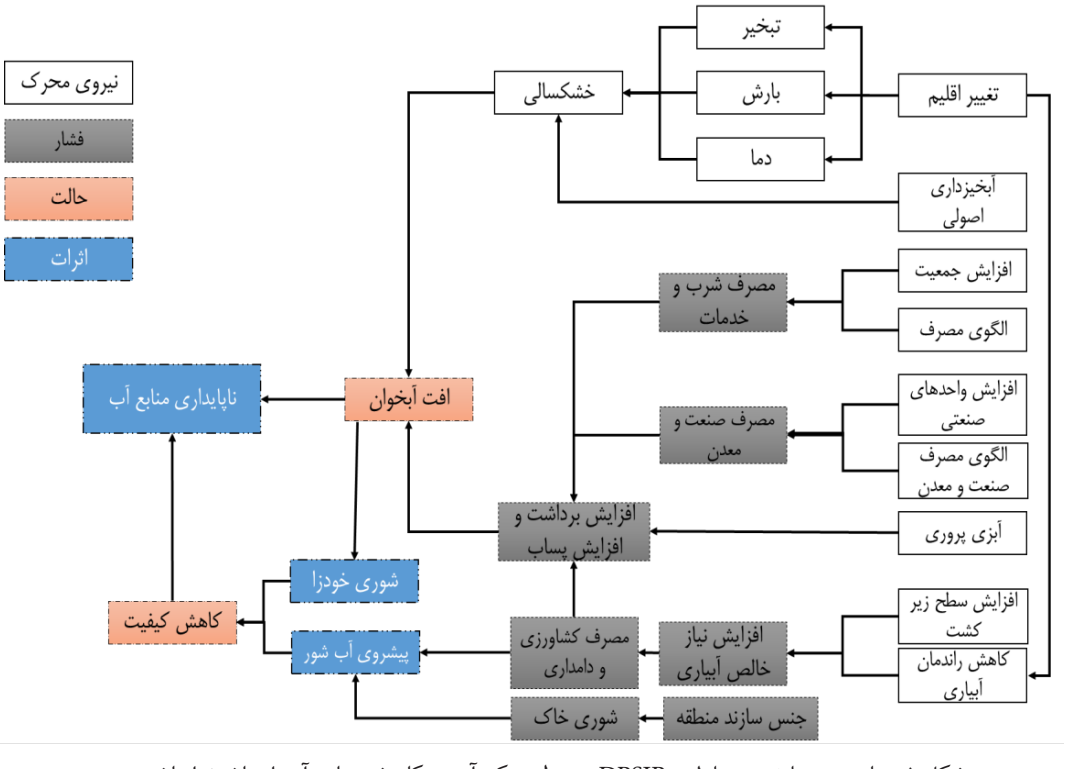
نشانگر		مقدار مشاهده‌شده	مقدار هدف	مقدار آستانه	ملاحظات
نرخ رشد تولید ناخالص		٪۰/۹		ندارد	متوسط نرخ رشد مشابه در کل‌کشور ٪۹/۹ بوده‌است.
سرانه تولید ناخالص داخلی		۸۸/۸ میلیون ریال	ندارد	ندارد	استان خراسان جنوبی کمترین سهم سرانه تولید ناخالص داخلی را در کشور دارا است.
سرمایه‌گذاری بخش آب		٪۱۳	ندارد	ندارد	
هزینه آب از تولید ناخالص		٪۲/۹	ندارد	ندارد	
نسبت هزینه به درآمد خانوار	شهری	٪۱۲۳/۸	ندارد	٪۱۰۲/۷*	* متوسط کشوری ٪۱۰۲/۷ می‌باشد.
	روستایی	٪۱۲۹/۵	ندارد	٪۱۰۶/۷*	* متوسط کشوری ٪۱۰۶/۷ می‌باشد.
سهم هزینه آب از هزینه‌های خانوار	شهری	٪۴/۷	ندارد	٪۵*	(* متوسط کشوری)
	روستایی	٪۱۰	ندارد	ندارد	
ارزش هرمترمکعب آب‌کشاورزی استان		٪۴۳	ندارد	٪۳۵*	(* متوسط کشوری)
پوشش هزینه‌ها در شرکت آبفا برای دفع يك مترمکعب فاضلاب		٪۹۹	ندارد	٪۹۹*	(* متوسط کشوری)
دسترسی جمعیت شهری به خدمات فاضلاب		٪۵۶	ندارد	٪۷۲*	(* متوسط کشوری)
دسترسی جمعیت به خدمات آب	شهری	۱۲۷/۵ لیتر در روز	ندارد	۱۸۴* لیتر/ روز	(* متوسط کشوری)
	روستایی	۹۷ لیتر در روز	ندارد	۱۵۰* لیتر/روز	(* متوسط کشوری)
سرانه مصرف آب	شهری	٪۲۴/۵	ندارد	٪۲۷*	آب بدون درآمد شهری ۷۲/۵ میلیون‌مترمکعب است.
	روستایی	٪۳۹/۸	ندارد	ندارد	آب بدون درآمد روستایی ۲۴/۶ میلیون‌مترمکعب است.
درصد آب بدون درآمد	شهری	٪۶۲	ندارد	ندارد	
	روستایی	٪۲۵	ندارد	ندارد	
پوشش هزینه‌های تأمین آب	شهری	۱۶۷۳ ریال	ندارد	۱۶۸۰*ریال	(* متوسط کشوری)
	روستایی	٪۵۳	ندارد	ندارد	

جدول ۵- تشریح چارچوب DPSIR مساله

محرک	فشار	حالت	اثر	پاسخ
افزایش مصارف بخش کشاورزی (افزایش سطح زیرکشت، تغییر الگوی کشت)	کاهش تغذیه آب زیرزمینی	افت سطح ایستابی آب زیر زمینی و افزایش شوری منابع آب	شوری خاک و پیشروی آب شور	ارائه راهکارهای رفع شوری آب و خاک
افزایش مصارف بخش خانگی (افزایش جمعیت و تغییر الگوی مصرف خانگی)				افزایش راه‌حل‌های تغذیه مصنوعی
افزایش مصارف بخش صنعت (تعداد واحدهای صنعتی و الگوی مصرف)	افزایش برداشت آب در بخش کشاورزی، خانگی و صنعتی		کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی	افزایش واردات محصولات کشاورزی از سایر استان‌های کشور
توسعه افسار گسیخته				
افزایش تواتر و شدت خشکسالی			فقر، بیکاری	مهاجرت به شهرها

باتوجه‌به مطالعات کتابخانه‌ای، افت سطح ایستابی و کاهش کیفیت آب از مسائل اصلی آب استان به‌شمار می‌آید. بر اساس جدول (۵) جهت بررسی فرضیه‌های موثر بر وضعیت کنونی منابع آب استان خراسان جنوبی از دو عامل طبیعی (کاهش آب تجدیدپذیر) و دخالت انسان (افزایش برداشت) استفاده شده است.

بر اساس فرضیات ارائه شده در شکل (۱) عوامل موثر بر وضعیت پایایی کمی و کیفی منابع آب استان تبیین شده است؛ سپس با استفاده از بررسی روند داده‌ها، درستی و نادرستی فرضیه‌ها در زمینه پیشرانه‌های موثر (محرک‌ها و پاسخ‌ها) یا تأثیرات آنها (اثر یا پاسخ) بررسی شد.



شکل ۱- چارچوب علت و معلولی DPSIRمربوط به کم آبی و کاهش منابع آب استان خراسان جنوبی

تحلیل کلی چارچوب DPSIR به‌صورت توصیفی در جدول (۶) خلاصه شده است. در این جدول فشار بر منابع آب از دو منظر کمیت آب مصرفی و پتانسیل آلوده‌کنندگی بررسی شد. همچنین نرخ رشد فشار بخش‌های مصرف کننده بر منابع آب نیز از همین دو منظر ارائه شده است. علاوه‌بر این، وضعیت (اندازه و نرخ رشد) پیشرانه اقتصادی نیز در این جدول گزارش شده است.

جدول ۶- توصیفی پیشرانه‌های ایجاد فشار در بخش‌های مختلف

بخش	کمیت آب مصرفی		پتانسیل آلوده کنندگی		پیشرانه اقتصادی	
	اندازه	نرخ رشد	اندازه	نرخ	اندازه	نرخ
کشاورزی	فوق العاده زیاد	ثابت	کم	ثابت	کم	ثابت
شهری و خدمات	کم	++	فوق‌العاده زیاد	++	فوق‌العاده زیاد	++
صنعت	خیلی کم	+	کم	+	کم	+

باتوجه‌به جدول (۶)، اگرچه کمیت آب مصرفی کشاورزی زیاد است، اما نرخ رشد آن صفر بوده و مخاطره آلودن منابع آب نیز از سوی این بخش کم می‌باشد. همانگونه که در فرضیه افزایش سطح زیر کشت زراعی بخش کشاورزی گفته شد، این بخش (از سال ۱۳۶۰) رشد فیزیکی نداشته است. در آینده باتوجه‌به وضعیت پیشرانه اقتصادی این بخش، توسعه‌ای در این بخش نخواهیم داشت. با این وجود، شایان ذکر است این بخش به دلیل کمیت بالای آب مصرفی همچنان یکی از مؤلفه‌های اصلی فشار بر منابع آب خواهد بود.

سهم بخش خدمات و شهری از حیث کمیت مصرف آب کوچک می‌باشد، اما نرخ رشد مصرف در آن بسیار قابل ملاحظه می‌باشد. در نتیجه، نرخ سریع رشد مصرف در این بخش باعث تولید آلودگی با همان نرخ خواهد شد. باید توجه داشت پیشرانه اقتصادی (دستیابی به منافع مالی بیشتر) این بخش با نرخ بسیار زیاد باعث تشدید فشار بر منابع آب (از لحاظ کمیت و بسیار بیش از آن از لحاظ آلودن) خواهد شد. آنچه در این میان به راحتی توجیه می‌شود، میزان آب مصرفی این بخش نسبت به ارزش افزوده تولیدی آن است. در نتیجه وجود این پیشرانه قوی، در سال‌های آینده با رشد سریع آب مصرفی این بخش مواجه خواهیم شد و پس از این فشار بر منابع آبی (کمی و کیفی) افزایش شدید خواهد یافت.

بخش صنعت و معدن در سال‌های اخیر در استان خراسان جنوبی رشد جدی نداشته است. بنابراین کمیت مصرف آب و پتانسیل آلوده کنندگی این بخش کوچک برآورد شده است. دلیل این امر عدم توجیه اقتصادی تولید صنعتی (ضعف پیشرانه اقتصادی) در حال حاضر می‌باشد. طبق نظر کارشناسان احتمال تغییر وضعیت صنعت از رکود فعلی به شرایط رونق و فعالیت بسیار بالا است. بنابراین یافته‌های این مطالعات (مبنی بر داده‌های اخیر) ممکن است قابل اتکاء نباشد. در هر حال این بخش از تشدید کنندگان فشار بر منابع آب محسوب می‌شود.

باتوجه‌به نتایج تحلیل DPSIR، بخش کشاورزی از سال‌ها پیش توسعه‌ای نداشته است. گرچه مصارف این بخش مولفه اصلی مصارف استان را تشکیل می‌دهد اما این نتیجه توسعه‌های گذشته بوده و مهمترین عامل فشار بر منابع آب محسوب می‌شود. با این وجود این عامل درحال حاضر تشدید کننده فشار بر منابع آب نیست؛ یعنی در سال‌های اخیر بر شدت برداشت‌ها و مصارف افزوده نشده است. در مقابل، بخش‌های دیگر (به‌ویژه بخش شهری و خدمات) در سال‌های اخیر توسعه جدی را تجربه می‌نمایند و به همین دلیل از عوامل اصلی تشدید فشار بر منابع آب به حساب می‌آیند. بسیار روشن است بخش‌های «شهری و خدمات» و «صنعت و معدن» در استان خراسان جنوبی باید توسعه یابند. اما به‌طورکلی و به دلیل محدود بودن ظرفیت تجدیدپذیری منابع آب، مجموع مصارف آب هر سه بخش باید در سقف معینی محدود شود. بنابراین چاره‌ای جز کاهش مصارف کشاورزی به ازای توسعه بخش‌های دیگر نیست.

• رتبه‌بندی محدوده‌های مطالعاتی

به‌منظور بررسی وضعیت امنیت آبی در استان خراسان جنوبی، ۴۴ محدوده مطالعاتی بر اساس فرضیه‌های موثر بر وضعیت منابع استان بررسی و در نهایت رتبه‌بندی شدند. به این منظور شاخص‌های «خشکسالی» و «بارش» به‌عنوان محرک، شاخص‌های «افزایش برداشت» و «افزایش مصرف» به‌عنوان عوامل فشار بر منابع آب، شاخص «شوری» و «کاهش آب تجدیدپذیر» به‌عنوان عوامل وضعیت منابع، شاخص «C/RW» به‌عنوان اثر و عامل اعلام «ممنوعیت آبخوان» به‌عنوان عامل پاسخ در نظر گرفته شد.

لازم به ذکر است شاخص C/RW به‌عنوان عامل اثر در نظر گرفته شده است. منظور از شاخص C/RW بررسی وضعیت «نابودی کمّی و کیفی منابع آب» است. زمانی‌که شاخص C/RW بزرگتر از ۱ باشد به معنی نابودی منابع آب از لحاظ کمی خواهد بود. زیرا مجموع آب مصرفی در تمامی بخش‌ها، برداشت از منابع آب مشترک بوده و تجاوز آن از ظرفیت تجدیدپذیری موجب اضمحلال منابع آب خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر شاخص C/RW باید کوچکتر از ۰/۷≈ باشد تا موجبات نابودی کمی منابع فراهم نشود. زمانی‌که شاخص C/RW بزرگتر از ۰/۴≈ باشد، «نابودی کیفی منابع آب» اتفاق خواهد افتاد. به‌عبارت‌دیگر، عدم رهاسازی بخشی از آب تجدیدپذیر به‌عنوان زهاب به پایین‌دست (برای تضمین تعادل کیفی/نمک منابع آب) موجب نابودی کیفی منابع آب خواهد شد. بنابراین، جهت جلوگیری از مخاطره «ناپایداری توسعه» در وقایع خشکسالی، باید سقف مجموع مصارف آب به حدی تنظیم شود که برای برگشت‌پذیری/ تاب‌آوری[۶] فرصت وجود داشته باشد.

جدول ۷- ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری امنیت آبی استان

ردیف	محدوده مطالعاتی	D	P			S	I	R
		معادل خشکسالی	بارش	برداشت آب	کل مصارف	کیفیت آب (EC)	C/RW	معادل ممنوعیت
۱	دستگردان	۱	۹۷/۴	۴۱/۲۶	۴۱/۲۵	۱۹۸۰	۰/۹۸	۱
۲	طبس	۳	۸۵/۶	۵۲/۵	۵۲/۵	۵۰۷۰	۰/۹۹	۱
۳	گزیك آواز	۲	۱۳۸/۶	۱۷	۱۴	۴۴۱۵	۱/۰۸	۲
۴	بشرویه	۳	۱۰۳/۰۴	۱۳۲	۱۰۵	۲۹۴۳	۱/۲۲	۱
۵	سرایان	۳	۲۱۰/۳	۹۲	۶۹	۴۶۵۳	۱/۶۸	۱
۶	سده	۲	۱۴۲/۳	۳۲	۲۶	۶۷۹۲	۱/۳۷	۱
۷	قاین	۲	۱۸۶/۲	۴۰	۳۰	۳۹۶۳	۱/۱۵	۲
۸	سمن‌آباد-سرچاه‌عماری	۳	۹۸/۹	۱۴	۱۲	۵۳۲۶	۰/۸۶	۳
۹	نایبند	۲	۵۹/۲۸	۱/۷۹	۱/۴	۲۲۶۱	۰/۷۴	۲
۱۰	درمیان اسدآباد	۲	۱۳۸/۱۲	۶۴	۵۴	۴۳۷۵	۱/۱۵	۱
۱۱	اسفدن	۲	۱۶۴/۹	۱۰۲	۸۹	۴۶۴۱	۱/۰۳	۲
۱۲	فردوس	۳	۱۷۶/۶	۸۳	۶۲	۶۵۱۴	۱/۱۱	۱
۱۳	مختاران	۲	۱۳۷/۲	۱۰۴	۷۷	۵۱۵۴	۱/۱۳	۲
۱۴	شاهرخت- دق پترگان	۲	۱۴۹/۴	۶۱	۵۳	۴۵۵۷	۱/۱	۲
۱۵	ده سلم	۱	۸۸/۰۴	۷/۰۵	۳/۳	۱۳۰۶۸	۰/۶۶	۳
۱۶	علی آباد هامون	۱	۹۳/۳	۲/۰۸	۰/۷۹	۲۶۱۳	۰/۴۹	۳
۱۷	علی آباد سفیدابه	۲	۱۰۹/۳	۷	۶	۵۲۳۱	۰/۷۵	۳
۱۸	قاسم‌آباد کویر بجستان (کویر نمک)	۱	۹۷/۸۲	۶	۵	۶۶۲۱	۰/۵۶	۳
۱۹	بجستان یونسی	۱	۱۱۶/۴	۱۰۱/۶	۱۰۱/۶	۴۱۱۲	۰/۹۷	۲
۲۰	دیهوک	۳	۱۰۳/۶	۰/۰۸۸	۰/۰۶۵	۳۲۸۳	۰/۶۵	۲
۲۱	چاهك موسویه	۲	۱۵۰/۱	۸۳	۶۹	۷۴۴۰	۱/۰۳	۲
۲۲	زوزن	۲	۱۶۰/۷	۴۳/۲۲	۳۸	۶۲۳۵	۰/۸۴	۳
۲۳	بیرجند	۲	۱۴۴/۳	۱۲۸	۹۶	۴۷۹۸	۱/۰۸	۲
۳۰	حسین آباد	۲	۱۶۸/۹	۱۸	۱۷	۶۳۹۸	۱/۰۶	۲
۳۱	بندان	۱	۱۰۹/۳	۱۹	۱۵	۵۶۲۱	۰/۹۴	۲
۲۴	ده نو میغان	۱	۱۰۱,۱۶	۴۵	۳۷	۷۱۲۳	۱/۱۲	۲
۲۵	سربیشه	۲	۱۶۸/۵	۳۶	۳۰	۴۶۳۸	۱/۰۷	۲
۲۶	سهل آباد	۳	۱۴۱/۴	۳۶	۲۸	۵۷۹۰	۱/۰۸	۲
۲۷	درح	۳	۱۴۲/۷	۳۱	۲۸	۵۳۳۷	۱/۱	۲
۲۸	قائنات خضری	۲	۲۳۷/۱	۶۵	۵۶	۳۷۲۸	۱/۳	۱
۲۹	نهبندان	۱	۱۰۹/۳	۳۴	۲۶	۵۰۵۳	۱/۱	۲
۳۲	جهت معیار	بزرگتر بهتر	بزرگتر بهتر	کوچکتر بهتر	کوچکتر بهتر	کوچکتر بهتر	بزرگتر بهتر	۰/۷	بزرگتر بهتر
۳۳	وزن معیار	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
۳۴	مجموع	۵۶	۳۸۰۸	۱۳۸۷/۸	۱۱۳۵/۲	۱۴۸۲۶۸	۱۰۳۲/۰۲	۲۸,۴	۵۶

همانگونه‌که ذکر شد، جهت بررسی وضعیت امنیت آبی از روش تئوری خاکستری استفاده شده است. در ابتدا اقدام به ایجاد ماتریس تصمیم نموده اکه اعداد آن به شرح جدول (۷) نمایش داده شده است. محدوده‌های مطالعاتی استان نیز به‌عنوان گزینه در سطرهای ماتریس در نظر گرفته شده‌اند.

لازم به ذکر است از میان شش شاخص در نظر گرفته شده، به‌ترتیب شاخص خشکسالی و ممنوعیت دشت کیفی هستند که معادل آنها در جدول (۸) نمایش داده شده است. سایر شاخص‌ها به‌صورت اعداد کمّی نمایش داده شده است.

جدول ۸- معادل‌گذاری شاخص‌های کیفی در ماتریس تصمیم‌گیری (بر اساس نظر خبرگان)

ردیف	معادل‌گذاری ممنوعیت دشت		معادل‌گذاری خشکسالی	
۱	آزاد	۳	نسبتاً شدید	۳
۲	بحرانی	۲	شدید	۲
۳	ممنوعه بحرانی	۱	بسیار شدید	۱

باتوجه‌به اینکه واحدهای شاخص‌های امنیت آبی با یکدیگر متفاوت هستند، ممکن است تأثیر برخی از شاخص‌ها نادیده گرفته شوند. همچنین، جهت این شاخص‌ها با هم متفاوت هستند که این امر منجر به ایجاد نتایج نادرست در تحلیل‌ها می‌شود. بنابراین، تبدیل کلیه ارزش‌های امنیت آبی برای هر محدوده مطالعاتی به یک «ارزش بی بُعد»، در فرآیندی مشابه نرمالیزه کردن امری ضروری به نظر می‌رسد. ازاین‌رو به‌منظور نرمال‌سازی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری در خصوص شاخص‌هایی همچون شاخص «معادل خشکسالی»، «ممنوعیت دشت»، «بارش» و «آب تجدیدپذیر» که کمی و مثبت هستند، از رابطه (۲) استفاده شده است. برای شاخص‌های «افزایش مصرف»، «افزایش برداشت» و «شوری» که کمی و منفی هستند، از رابطه (۳) استفاده شده است. برای شاخص‌های شاخص «C/RW» که نزدیک بودن به مقدار مطلوب (۰/۷) اهمیت دارد از رابطه (۴) استفاده شده است.

بر اساس نظر خبرگان آب اهمیت شاخص‌ها در تاثیر بر روی امنیت آبی در جدول (۹) نمایش داده شده است. بر اساس این جدول شاخص کیفیت آب و آب تجدیدپذیر بالاترین امتیازها را دارد و معیارهای بارش و ممنوعیت دشت کمترین تاثیرات را دارند. در نهایت با استفاده از مجموع وزن‌ها در هر محدوده مطالعاتی، رتبه مربوط به آن محدوده به لحاظ امنیت آبی به‌صورت جدول (۱۰) محاسبه شده است.

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \mathrm{Min}\left\{y_{ij}, i = 1,2, \dots, m\right\}}{\mathrm{Max}\left\{y_{ij}, i = 1,2, \dots, m\right\} - \mathrm{Min}\left\{y_{ij}, i = 1,2, \dots, m\right\}} \qquad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \qquad (۲)$$

$$x_{ij} = \frac{\mathrm{Max}\left\{y_{ij}, i=1,2,\dots,m\right\} - y_{ij}}{\mathrm{Max}\left\{y_{ij}, i=1,2,\dots,m\right\} - \mathrm{Min}\left\{y_{ij}, i=1,2,\dots,m\right\}} \qquad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \qquad (۳)$$

$$x_{ij} = \frac{\left|y_{ij} - y_j^*\right|}{\mathrm{Max}\left\{\mathrm{Max}\left\{y_{ij}, i=1,2,\dots,m\right\} - y_{ij}^*, y_{ij}^* - \mathrm{Min}\left\{y_{ij}, i=1,2,\dots,m\right\}\right\}} \qquad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \qquad (۴)$$

جدول ۹- نمره معیارهای کارشناسی

	خشکسالی	بارش	کل برداشت	کل مصارف	کیفیت آب	کل آب تجدیدشونده	C/RW	ممنوعیت دشت
نمره معیار	۰/۱۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۱۰۰	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰	۰/۳۰۰	۰/۰۵۰

جدول ۱۰- رتبه امنیت آبی محدوده مطالعاتی در استان

رتبه	محدوده مطالعاتی	امتیاز
۱	ده سلم	۰/۵۲۴
۲	ده نو میغان	۰/۵۱۹
۳	چاهك موسویه	۰/۵۰۴
۴	بندان	۰/۵۰۴
۵	قاسم آباد کویر بجستان (کویر نمک)	۰/۴۹۹
۶	نهبندان	۰/۴۹۱
۷	زوزن	۰/۴۸۰
۸	مختاران	۰/۴۷۹
۹	درمیان اسدآباد	۰/۴۷۶
۱۰	شاهرخت- دق پترگان	۰/۴۷۳
۱۱	دستگردان	۰/۴۶۹
۱۲	حسین آباد	۰/۴۶۸
۱۳	سربیشه	۰/۴۶۴
۱۴	اسفدن	۰/۴۶۲
۱۵	بیرجند	۰/۴۶۲
۱۶	بجستان یونسی	۰/۴۵۵
۱۷	علی آباد سفیدابه	۰/۴۵۱
۱۸	سده	۰/۴۴۸
۱۹	گزیك آواز	۰/۴۴۷
۲۰	قاین	۰/۴۴۳
۲۱	علی آباد هامون	۰/۴۴۲
۲۲	طبس	۰/۴۳۱
۲۳	فردوس	۰/۴۲۹
۲۴	نایبند	۰/۴۲۳
۲۵	قائنات خضری	۰/۴۱۴
۲۶	سهل آباد	۰/۴۰۹
۲۷	درح	۰/۳۹۸
۲۸	سمن آباد - سرچاه عماری	۰/۳۸۵
۲۹	دیهوک	۰/۳۷۴
۳۰	بشرویه	۰/۳۶۳
۳۱	سرایان	۰/۲۶۸

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد، در رابطه با امنیت آبی محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی بینش سیستماتیک ایجاد شود که این بینش منجر به درک پویایی امنیت سیستم منابع آب استان شود. همان‌گونه‌که ذکر شد، آسیب‌پذیری وضعیت منابع آب و در نتیجه نا امنی آبی ریشه در مخاطرات طبیعی و انسانی دارد. آسیب‌پذیری به روش‌های بسیار مختلفی در گستره علوم مختلف تفسیر شده است. نتایج پژوهش نشان داد، بالاترین سطح امنیت آبی در محدوده‌های ده سلم (۰/۵۲۴)، ده نو میغان (۰/۵۱۹) و چاهک موسویه (۰/۵۰۴) است. درجه امنیت آنها عمدتا توسط توانایی آنها در کاهش مخاطرات کم‌آبی و کمیابی آب تفسیر می‌شود، هرچند که تا زمانی‌که خطر کم‌آبی و کمیابی وجود نداشته باشد، هرگز محدوده مطالعاتی امن نخواهد بود. نتایج نشان داد یک محدوده با آب تجدیدپذیر کمتر از میزان مصرف هم ممکن است به سطح معقولی از امنیت آبی برسد. محدوده‌های مطالعاتی مهمی همچون دشت بیرجند (۰/۴۶۲) هستند که در حال حاضر دچار ناامنی آبی هستند. بیشترین سطح ناامنی آبی نیز در محدوده‌های در حال توسعه سرایان (۰/۲۶۸) و بشرویه (۰/۳۶۳) دیده می‌شود.

باتوجه به نتایج امنیت آبی در استان خراسان جنوبی به سختی از ۵۰٪ فراتر می‌رود و این به منزله آسیب‌پذیری بالا و در نتیجه ناامنی آبی در محدوده‌های استان خراسان جنوبی است. با این وجود، ماهیت امنیت آب در حقیقت پاسخ به محرک‌ها و فشار سیستم منابع آب (تا حدی اجتناب ناپذیر) است. در اثر یک عملکرد مناسب در مقابل محرک‌ها و فشارها، تا حد زیادی می‌توان آسیب‌پذیری ناشی از کاهش امنیت آبی را پاسخ داد. به‌عنوان‌مثال در مقابل محرک خشکسالی‌های متواتر استان، تنها راه‌حل سازگاری با کم آبی خواهد بود. با این حال، محدوده‌های مطالعاتی که در معرض فشار بیشتری قرار دارند، هرگز به سطح امنیتی یکسانی با محدوده‌های که این فشارها در آن‌ها وجود دارد، نخواهند رسید؛ زیرا ایجاد فشار در زنجیره علت و معلول همیشه وجود دارد.

تهیه داشبوردهای امنیت آبی راهی آسان برای تشخیص پروسه‌های پیچیده اقتصادی، اجتماعی و ... است که منجر به درک سطوح امنیت آب استان می‌شود. در این پژوهش تلاش شد ابعاد پنهان امنیت آب نشان داده شود و مفهوم امنیت آب به‌صورت عملی استفاده شود.

پی‌نوشت

1- Complicated
2- Water Footprint
3- Indicator
4- Grey Relational Analysis (GRA)
5- State
6- Resilience

منابع

شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی. ۱۳۹۴. گزارش سیمای منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی، http://www.skhrw.ir.

صفوی ح. و گل محمدی م. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد سیستم های منابع آب با استفاده از معیارهای اطمینان پذیری, برگشت پذیری و آسیب پذیری فازی. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲(۱): ۶۸-۸۳.

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

فلکی ایلخچی، ق.، و احمدی، ح.، و حصاری، ب. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر تغییراقلیم و سیاست های اجرایی بر آسیب پذیری سیستم منابع آب. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۳): ۸۸۱-۸۹۳.

میر، ر.، و عزیزیان، غ.، و مساح بوانی، ع.، و گوهری، ع. ۱۳۹۹. ارزیابی سیستمی راهکارهای سیاستی کاهش آسیب پذیری دشت سیستان به نوسان و کاهش منابع آب. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۴(۳): ۱۳۱-۱۴۹.

Adger W.N. 2007. Vulnerability, Global Environmental Change, 16: 268–281.

Al-Otaibi A. and Abdel-Jawadm M. 2007. Water security for Kuwait. Desalination, 214: 299-305.

Chu H.D., Xu G.L., Yasufuku N., Yu Z., Liu P.L. and Wang J.F. 2017. Risk assessment of water inrush in karst tunnels based on two-class fuzzy comprehensive evaluation method. Arab J Geosci, 10: 179.

Deliang S., Jianping W., Fengtai. Z., Weici. .S. and Hong H. 2018. Evaluating Water Resource Security in Karst Areas Using DPSIRM Modeling, Gray Correlation,and Matter–Element Analysis. Sustainability, 10.3934.

Doeffinger T. and Hall J. H. 2021. Assessing water security across scales: A case study of the United States. Applied Geography, 134: 102500

Ginkel K. C.H., Hoekstra Y., Buurman. J. and Hogeboom R. J. 2018. Urban Water Security Dashboard: Systems Approach to Characterizing the Water Security of Cities. Journal of Water Resources Planning and Managemen, 144: 10.1061.

Ingram J.C., Franco G., Rumbaitis-del Rio C. and Khazai B. 2006. Post-disaster recovery dilemmas: challenges in balancing short-term and long-term needs for vulnerability reduction, International Journal of Environmental Science and Policy, 9: 607-613.

Kaynia A.M. 2008. Probabilistic Assessment of Vulnerability to Landslide: Application to the village of Lichtenstein, Baden-Wurttemberg, Germany. Engineering Geology, 101 (2008): 33–48.

Mahmoudi A. Javed S. A. ., Liu S. and Deng X. 2020. Distinguishing coefficient driven sensitivity analysis of GRA model for intelligent decisions: application in project management. Technological and Economic Development of Economy, 26(3): 621-641.

Nazif S. Karamouz M. Yousefi M. and Zahmatkesh Z. 2013. Increasing Water Security: An Algorithm to Improve Water Distribution Performance, Water Resources Management: An International Journal, Published for the European Water Resources Association (EWRA), Springer;European Water Resources Association (EWRA), 27(8): 2903-2921.

Nezami R.S. Nazariha M. Moridi A. and Baghvand A. 2013. Environmentally Sound Water Resources Management in Catchment Level using DPSIR Model and Scenario Analysis. International Journal of Environmental Research, 7(3): 569-580.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1993. Environmental indicators: basic concepts and terminology, background paper no.1 OECD Core Set, OECD, Paris. A synthesis report by the Group on the State of the Environment OCDE/GD(93)179.

Sahoo M.M. Patra K.C. Swain J.B. and Khatua K.K. 2017. Evaluation of water quality with application of Bayes rule and entropy weight method. European Journal of Environmental and Civil Engineering. 21: 730–752.

Steckley M. 2006. The he Impact of Governance on Disaster Vulnerability. UWSpace. Ontario, Canada, Thesis.

Veettil A.V. and Mishra A.K. 2016. Water security assessment using blue and green water footprint concepts. J. Hydrology, 542: 589–602.

Wang W. Tang D. Pilgrim M. and Liu J. 2015. Water Resources Compound Systems: A Macro Approach to Analysing Water Resource Issues under Changing Situations, Water:8: 2–12.

World Bank. 2017. Iran Economic Monitor.

Xia X.F. Sun Y. Wu K. and Jiang Q.H. 2016. Optimization of a straw ring-die briquetting process combined analytic hierarchy process and gray correlation analysis method. Fuel Process. Technol, 152: 303–309.

Zhang F. Wang L. and SuW. 2016. Evaluation of land ecological security in Chongqing based on the matter–element analysis-DPSIR model. China Environmental Sciencece, 36: 3126–3134.