Journal of Water and Wastewater Science and Engineering (JWWSE)
DOI: 10.22112/JWWSE.2023.388611.1354

نشریه علمی
علوم و مهندسی آب و فاضلاب

شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای سازگاری با کم‌آبی با بهره‌گیری از مدل تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس (مطالعه موردی استان بوشهر)

مسعود حراقی [1*]
مریم حراقی [2]
علی درویشی [3]

کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی،دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران (نویسنده مسئول)، .
Haraghy@yahoo.com
کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران .
کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران .

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵
تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

چکیده

یکی از مهم‌ترین رویکردهای سال‌های اخیر حکمرانی در حوزه آب، گذار از سیاست‌های مقابله با خشکسالی به سازگاری با کم‌آبی است. مهار عواقب ناشی از خشکسالی و سازگاری با کم‌آبی مستلزم اعمال مدیریت کاربردی و اتخاذ سیاست‌های صحیح در حوزه تقاضا و نحوه مصرف است. انتخاب روش مناسب برای سازگاری با کم‌آبی به علت وجود پارامترها و عوامل تأثیرگذار متنوع به‌عنوان یکی از مسائل پیچیده مطرح می‌باشد. در این پژوهش ضمن مطالعه وضعیت منابع و مصارف آبی استان بوشهر و شناسایی راهکارهای سازگاری با کم‌آبی در استان و معیارهای مؤثر بر آن، یک روش تصمیم‌گیری جامع نیز ارائه شد. نخست معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی شناسایی و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی شدند. سپس با استفاده از تکنیک تاپسیس، راهکارها رتبه‌بندی شدند. جامعه آماری پژوهش کارشناسان و روسای ادارات شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای هستند که ۴۰ نفر از کارشناسان مربوطه به‌صورت تصادفی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. مطابق با یافته‌های پژوهش، توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی و آبشیرین‌کن‌ها، مدیریت مصرف و کاهش هدر

رفت آب و اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها به‌عنوان سه راهکار حائز اهمیت در سازگاری با کم‌آبی شناسایی شدند.
واژه‌های کلیدی: سازگاری با کم‌آبی، مدیریت مصرف آب، تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، استان بوشهر

پذیرفته شده / ویرایش نشده

Identifying and prioritizing strategies to adapt to dehydration using the model Hierarchical analysis and TOPSIS

(Case study of Bushehr province)

Masoud Haraghi [1*]

Maryam Haraghi [2]

Ali Darvishi [3]

1. Master of Business Administration, Persian Gulf University, Bushehr, Iran (corresponding author), Haraghy@yahoo.com
1. Master of Business Administration, Lorestan University, Lorestan, Iran

. Master of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran1

Received: 06/03/2023
Revised: 18/10/2023
Accepted: 08/11/2023

Abstract

One of the most important approaches of governance in the water sector in recent years is the transition from policies to deal with drought to adaptation to water scarcity. Curbing the consequences of drought and adapting to water scarcity requires applying practical management and adopting correct policies in the field of demand and consumption. Choosing the right method to adapt to water scarcity is considered as one of the complex issues due to the existence of various parameters and influencing factors. In this research, while studying the status of water resources and uses in Bushehr province and identifying strategies to adapt to water scarcity in the province and effective criteria, a comprehensive decision-making method was also presented. First, the criteria effective on water scarcity adaptation strategies were identified and prioritized using hierarchical analysis. Then, using TOPSIS technique, the solutions were ranked. The statistical population of the research is the experts and the heads of departments of water and sewage and regional water companies, 40 of the relevant experts were randomly selected and examined. According to the findings of the research, the development of desalination systems and water softeners, management of water consumption and reduction of water wastage, and the implementation of emergency projects for the supply and management of water consumption in cities and villages as three important solutions in adapting to Dehydration was identified.

keywords: Adaptation to water scarcity, water consumption management, hierarchical analysis, TOPSIS, Bushehr province

۱- مقدمه

بحران آب از نوع بحران‌های خزنده و تدریجی است. این شکل از بحران از نابسامانی‌های موجود در یک سیستم آغاز می‌شود و به دلیل بی‌توجهی و نادیده گرفتن، به‌تدریج دامنه، گستره و سطح آن افزایش می‌یابد. همچنین امکان انتقال از یک حوزه تعریف‌شده مثل حوزه اقتصادی به حوزه‌های دیگر همچون سیاسی و اجتماعی را دارد که این ویژگی مدیریت آن را با مشکل مواجه می‌نماید. این شکل از بحران‌ها معمولاً حالتی مزمن دارند و با تأثیر منفی در زیرساخت‌های اجتماعی در ترکیب با انواع دیگر بحران‌ها موجب وخامت و تشدید شرایط بحران می‌شوند. در این نوع بحران مدتی زمان می‌برد تا تغییرات کوچک پله‌پله به نتایج اساسی منتهی شود(Nasrollahi, 2015).

منابع آبی، به‌عنوان سرمایه‌های طبیعی هر سرزمین، نقش عمده‌ای در چرخش اقتصادی و محیطی دارند و ازاین‌رو همواره موردتوجه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران می‌باشند. نحوه ارزیابی و مدیریت این سرمایه‌های طبیعی برحسب نوع و الگوی آن‌ها در مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است(پاکزاد و همکاران، ۱۳۹۷). دسترسی به منابع آب با اطمینان و پایدار از محدودیت‌های اصلی توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع به شمار می‌رود(عطایی و ایزدی، ۱۳۹۳). از سوی دیگر با افزایش جمعیت انتظار می‌رود میزان مصرف آب در همه بخش‌ها افزوده شود که این امر همراه با توسعه صنایع و افزایش سریع جمعیت باعث ایجاد رقابت برای دستیابی به منابع آب خواهد شد(Hartley, 2015). لذا چالشی به‌منظور مدیریت مصرف و از سوی دیگر سازگاری با کم‌آبی پیش خواهد آمد. بهبود وضعیت منابع آب مستلزم اقدامات یکپارچه ترویجی، آموزشی، پژوهشی، عمرانی و زیرساختی است. این اقدامات در صورتی اثربخش خواهد بود که هم زمینه مشارکت متصدیان در مدیریت پایدار آب فراهم و هم راهبردهای مقتضی و سازوکارهای نهادی متناسب با شرایط اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی هر منطقه و حوزه آبریز تدوین شود. در ادامه برخی از پژوهش‌هایی که اخیراً در خصوص سازگاری با کم‌آبی انجام‌شده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

زارع‌پور موشیزی و همکاران(۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان آسیب‌پذیری روستایی در برابر کمبود آب در ایران: روشی یکپارچه برای ارزیابی مواجهه، حساسیت و ظرفیت تطبیقی، به بررسی بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در مناطق روستایی که کشاورزی اصلی‌ترین معیشت کشاورزان است، می‌پردازند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که علت اصلی کمبود آب، مدیریت ضعیف است و سرمایه‌های طبیعی مستقر در روستاها عمدتاً تفاوت‌هایی در ظرفیت سازگاری در مناطق روستایی ایجاد کرده‌اند و وضعیت به‌گونه‌ای است که روستاهای واقع در پایین‌دست سرمایه طبیعی خود را به دلیل کاهش کیفیت آب ناشی از خشک شدن رودخانه‌ها و بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی از دست داده‌اند.

سروری و مرادی(۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان اثربخشی راهبردهای سازگاری با خشکسالی در تبیین زیست پذیری خانوارهای روستایی ایران، با مطالعه بر خانوارهای مناطق روستایی، شش استراتژی سازگاری با خشکسالی را تعریف و آن‌ها را مبتنی بر اثربخشی، اولویت‌بندی نمودند. اولویت‌ها از مهم‌ترین به ترتیب شامل مدیریت مزرعه، مدیریت محصول، مدیریت مالی، مدیریت آبیاری و آب، فعالیت‌های اجتماعی و مدیریت زیرساخت‌های فیزیکی می‌باشند.

جوادنیا و همکاران(۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان تحلیل و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کشاورزان در شرایط تغییر اقلیم و خشکسالی که در کالیفرنیا صورت گرفت، واکنش‌های مختلف کشاورزان به خشکسالی و نیز میزان خسارات ناشی از آسیب‌های اجتماعی-اقتصادی، محیطی و میزان مقاومت کشاورزان در این خصوص را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها شاخص تاب‌آوری جمعیت و گروه‌های انسانی درگیر در برابر بحران تحت تغییرات اقلیمی را اولویت‌بندی نمودند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری آن‌ها در برابر خشکسالی و تغییرات اقلیمی توسعه بیمه کشاورزی، سپس استقرار سامانه‌های پایش خشکسالی، تغییر اقلیم و ارزیابی خسارت و در نهایت دانش می‌باشد.

زبیدی و همکاران(۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان بررسی روش‌های سازگاری روستاییان با کم‌آبی در استان خوزستان به شناسایی و طبقه‌بندی روش‌های سازگاری مبتنی بر داده‌های تجربی می‌تواند به طراحی و اجرای مشوق‌ها، قوانین و یا اصلاحات نهادی کمک کند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که روش‌های سازگاری به چهار دسته کلی شامل تغیر در عملیات کشاورزی، مدیریت آبیاری، مدیریت مالی و اقتصادی و

مدیریت اجتماعی تقسیم‌بندی می‌گردد. روش‌های مدیریت عملیات کشاورزی به‌نوبه خود شامل دو دسته مدیریت محصول و مدیریت مزرعه می‌باشد که مدیریت آب شامل صرفه‌جویی در آب و فناوری تأمین آب، روش‌های مدیریت اقتصادی شامل تنوع بخشی به درآمد یا شغل، بیمه کشاورزی، پس‌انداز کردن و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و دریافت کمک مالی به‌صورت قرض و یا وام می‌باشد. مدیریت اجتماعی نیز در زیر طبقه مهاجرت و شبکه‌سازی و گسترش دانش به‌منظور افزایش آگاهی در مورد روش‌های کاهش آسیب بوده است.

لطیفی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان الگوی کاهش مخاطرات کم‌آبی حوضهٔ هیدرولوژیک دریاچهٔ ارومیه از طریق سازگاری و مدیریت راهبردی با استفاده از روش SWOT و تکنیک QSPM راهبردهای سازگاری با کم‌آبی و خشکسالی در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه را تدوین و اولویت‌بندی نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که از بین راهبردهای تدوین‌شده، اعمال مدیریت یکپارچه با اصلاح ساختار تقسیمات کشوری بر اساس طراحی و استقرار سامانه تصمیم‌یار مدیریت جامع حوزه آبخیز و اعمال مدیریت اکوسیستم‌محور با استفاده از مطالعه و اجرای برنامه حفاظت اکولوژیک پارک ملی دارای بیشترین جذابیت می‌باشند، همچنین استقرار بازار آب از طریق ساماندهی چاه‌ها و نصب کنتورهای هوشمند حجمی، کمترین جذابیت را از نظر خبرگان داشت.

عبداله‌زاده و شریف‌زاده(۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان تحلیل انتظارات ذینفعان در برنامه سازگاری با کم‌آبی، با استفاده از اظهارات متخصصان در قالب گروه کانونی و اسناد مرتبط با برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی استان گلستان، ذینفعان را با دو معیار قدرت تأثیرگذاری و سطح نفوذ برنامه‌ها، در قالب چهار دسته شامل مصرف‌کنندگان/آب‌بران، مجریان/تنظیم‌کنندگان، تدبیر کنندگان/ تصمیم‌گیرندگان و تسهیل‌گران/تأثیرگذاران(که هر یک دارای علاقه و قدرت متفاوتی بودند)، تقسیم نمودند و برای هر یک از ذینفعان ۱۵ نیاز و انتظار شناسایی‌شده و در نهایت اقدامات مدیریتی مقتضی برای سازگاری با کم‌آبی ارائه‌شده است.

انصاری و همکاران(۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان ارزیابی راهکارهای سازگاری با تغیر اقلیم براساس نشانگرهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی امنیت آبی حوزه آبریز طشک بختگان را به‌عنوان نمونه مطالعاتی مورد بررسی قرار داد و نتایج پژوهش نشان داد که به‌منظور افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی، هم‌زمان با افزایش راندمان آبیاری، فعالیت کشاورزی نیز کاهش‌یافته و به‌منظور جبران خسارت اقتصادی و اجتماعی فعالیت در بخش خدمات و صنعت افزایش یابد.

آستانه و همکاران(۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان ارائه مدل مبنی بر استراتژی رسانه به‌منظور سازگاری با کم‌آبی با استفاده از متدولوژی تحلیل سلسله مراتبی به وزن‌دهی شرایط علی و استراتژی‌های رسانه‌ای مرتبط با این موضوع می‌پردازند و مهم‌ترین استراتژی‌ها پس از وزن‌دهی ارتقای سرمایه اجتماعی از طریق رسانه، اعتمادآفرینی رسانه‌ای، برقراری ارتباطات اثربخش، رویکرد علم محور رسانه‌ای و استفاده از تاکتیک‌های رسانه‌ای تعیین شدند.

هرندی(۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان ارزیابی ساختاری مصوبه تشکیل کارگروه سازگاری با کم‌آبی، ضمن مرور محتوای مصوبه به دلایل و عواملی می‌پردازد که عدم توجه به آن احتمال موفقیت مصوبه را به حداقل رسانده است و تغیر رویکرد دولت در برخورد با بحران کم‌آبی و حرکت از مقابله با خشکسالی به سازگاری با آن را نقد و بررسی می‌نماید و نتیجه‌گیری می‌نماید که اصلی‌ترین عنصر غایب در مصوبه سازگاری، حضور ذی‌مدخلان و تبیین روش جلب همکاری و مشارکت است. در پایان قواعدی علمی که بایستی بر قانون‌گذاری رژیم حکمرانی موفق آب حاکم باشد ارائه‌شده است.

دباغیان و همکاران(۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان ارزیابی فنی اقتصادی و زیست‌محیطی روش‌های تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ضمن بررسی پارامترهای اقتصادی، فنی و کاربردی و زیست‌محیطی و اجتماعی، با در نظر گرفتن نظرات کارشناسان، به انتخاب بهترین گزینه برای تصفیه صنایع آبکاری پرداختند.

مهار عواقب ناشی از خشکسالی و سازگاری با کم‌آبی علاوه بر مدیریت کاربردی در حوزه تقاضا و نحوه مصرف، مستلزم به‌کارگیری روش‌های نوین در نحوه تأمین منابع آبی می‌باشد. مرور منابع مرتبط نشان می‌دهد تاکنون پژوهشی در خصوص ارزیابی روش‌های سازگاری با

کم‌آبی در استان‌های کشور به‌خصوص استان بوشهر صورت نگرفته است و با توجه به اینکه نیازها و مشخصات زیست‌محیطی و اقلیمی هر منطقه منحصربه‌فرد می‌باشد، لذا ارزش و اهمیت هر یک از راهکارهای شناسایی‌شده نیز متفاوت و وابسته به اقلیم است و استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند به شناسایی مؤثرترین روش سازگاری با کم‌آبی منطبق بر نظر کارشناسان منجر گردد. لذا در این پژوهش ضمن بررسی وضعیت سیمای آب استان بوشهر به لحاظ عرضه و تقاضا و نوع مصرف، معیارهای تأثیرگذار بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی شناسایی و با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، معیارهای مذکور رتبه‌بندی و با درنظر گرفتن وزن معیارهای مذکور، راهکارهای عملی سازگاری با کم‌آبی با استفاده از تکنیک تاپسیس برحسب اهمیت رتبه‌بندی گردید.

۲- سیمای آب استان بوشهر

در مطالعات و برنامه‌ریزی برای سازگاری با کم‌آبی، سنجش ظرفیت هر یک از منابع آبی ضرورت می‌یابد. در ادامه ظرفیت‌های منابع آبی در دسترس استان بوشهر به‌صورت اجمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- منابع آب استان بوشهر

۲-۱-۱- بارندگی در استان و حوزه‌های آبریز استان‌های مجاور

الگوهای بارشی، زمان و مقدار بارش تقریباً به سامانه‌های جوی و موقعیت‌های جغرافیایی مناطق بستگی دارد؛ بر مبنای تصویرهای اقلیمی، در دهه‌های آینده با فرض آنکه میزان بارش تغیر چندانی نکند، استان بوشهر به لحاظ منابع بارشی، با چالش عمده مواجه خواهد شد. متوسط بارندگی سالانه استان بوشهر در دوره بلندمدت سی سال اخیر، معادل با ۲۵۳/۷ میلی‌متر می‌باشد که از توزیع زمانی و مکانی مناسبی در سطح استان برخوردار نمی‌باشد.

جدول (۱)- وضعیت بارندگی طی دو سال اخیر و بلندمدت (مقادیر بارندگی به میلی‌متر)

مقدار بارندگی در سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۰	مقدار بارندگی در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹	مقدار بارندگی در بلندمدت(۳۰ ساله)	درصد تحقق بارندگی سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱ نسبت به میانگین بارندگی دوره ۳۰ ساله
۲۱۲/۵	۲۰۰/۳	۲۵۳/۷	۸۴ ٪

منبع: آمارنامه‌های اداره پیش‌بینی و تحقیقات اقلیم و هواشناسی

استان بوشهر در پایاب دو حوزه بزرگ مند و حله قرار گرفته است. تقریباً مساحت ۱۸۰۰۰ هکتار از نخلستان‌های قدیمی شهرستان دشتستان که ۹۵ درصد مصرف آب سطحی بخش کشاورزی استان را به خود اختصاص می‌دهند در پایاب حوزه حله قرار داشته و وابستگی شدیدی به وقوع بارندگی در استان فارس دارند. نه تنها بخش غالب آب کشاورزی، بلکه ۸۵ درصد آب شرب استان بوشهر نیز متکی به منابع سطحی و زیرزمینی شهرستان کازرون در استان فارس و سد کوثر در استان کهکیلویه و بویراحمد می‌باشد. بنابراین تغییرات بارندگی در حوزه آبریز حله و زهره بخش شرب و کشاورزی استان را تحت تأثیر قرار خواهد داد(نوروزی و همکاران، ۱۳۸۹).

شهرستان‌های دشتی و دیر نیز در پایاب رودخانه بزرگ مند قرار گرفته اند و مشاغل اهالی مناطق هم‌جوار این رودخانه که کشاورزی و دیم‌کاری می‌باشد، متکی به سیلاب رودخانه می‌باشد. در سال‌های کم بارش که جریان سیلابی رودخانه نتواند اراضی را آبیاری نماید عملکرد محصولات کشاورزی این شهرستان‌ها کاهش‌یافته و به منابع آبی استان فشار مضاعف وارد می‌آورد.

جدول (۲)- وضعیت بارندگی در حوزه‌های آبخیز استان‌های مجاور (مقادیر به میلی‌لیتر)

حوزه آبریز	آمار بارش بلندمدت مشابه	از ابتدای سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰	مدت مشابه سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹	مقدار کاهش نسبت به بلندمدت	درصد کاهش نسبت به بلندمدت
حله	۴۷۰/۱	۳۵۹/۶	۳۲۹/۵	-۱۱۱	-۲۴
مند	۲۷۹/۸	۲۱۳/۵	۱۱۹/۶	-۶۶	-۲۴

منبع: آمارنامه‌های اداره پیش‌بینی و تحقیقات اقلیم و هواشناسی

همان‌گونه که در جدول (۲) نمایش داده شده است، میزان بارش در سال ۱۴۰۰ نسبت به بلندمدت در دو حوزه اصلی آبریز مجاور استان، شامل حوزه حله ۱۱۱ میلی‌لیتر و حوزه مند ۶۶ میلی‌لیتر کاهش یافته است. لذا با توجه به کاهش مذکور می‌توان عنوان نمود که میزان کاهش در حوزه‌ها آبریز مجاور در حدود ۲۴ درصد بوده است.

۲-۱-۲- منابع آب سطحی

اولین منبع آبی که از کاهش یا افزایش بارندگی استان متأثر می‌گردد، منابع سطحی می‌باشد. خشک‌سالی‌های انباشته در دوره‌های ده‌ساله اخیر نه‌تنها جریان پایه رودخانه‌های اصلی استان را کاهش داده و حتی به خشکیدن برخی از رودخانه‌های مهم از جمله شاپور، باغان و اهرم منجر شده، بلکه کاهش آورد رودخانه‌ها نیز درصدهای کاهش به‌مراتب بالاتری بیش از درصد کاهش بارندگی را تجربه می‌نماید، به قسمی که کاهش ۱۶ درصدی بارندگی در محدوده استان و کاهش ۲۴ درصدی در حوزه‌های بالادست باعث کاهش حدود ۴۸/۵ درصدی آورد رودخانه‌های اصلی استان شده است.

جدول (۳)- وضعیت تغییرات منابع آب‌های سطحی در حوزه بوشهر (مقادیر به میلی‌لیتر)

موقعیت	آمار سالانه بلندمدت	از ابتدای سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰	مدت مشابه سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹	درصد کاهش نسبت به بلندمدت
قنطره	۹۱۶/۹	۸۰۹/۹	۲۷۳/۸	-۱۱/۷
باغان	۲۹	۳۰/۳۵	۱۰/۶	+۴/۷
اهرم	۳۵/۱	۷/۲	۲/۴	-۷۹/۵
دالکی(سرقنات+نهر)	۵۱۸/۱	۱۶۷/۶	۲۸۲/۴	-۶۷/۷
شاهپور(سعدآباد+نهر)	۴۷۰	-	-	-
مجموع	۱۹۶۹/۱	۱۰۱۵/۱	۵۶۹/۲	-۴۸/۵

منبع: برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر

۲-۱-۳- منابع آب زیرزمینی

استان بوشهر از پتانسیل قابل‌توجهی در بخش آب زیرزمینی برخوردار نمی‌باشد، بررسی ۱۷ سفره آبخوان استان نشان می‌دهد، تراز مخازن آب دشت‌های استان در مدت فروردین ۱۴۰۱ نسبت به ابتدای سال ۱۴۰۰ دارای کاهش ۴۹۳ سانتی‌متر می‌باشد و تراز شهریور سال ۱۴۰۱، نسبت به تراز بلندمدت حدود ۱۱۶۰۶/۳۶ سانتی‌متر کاهش داشته است، این اتفاق باعث شده که متوسط کسری حجم مخازن سالانه معادل با ۲۴/۱۱ میلیون مترمکعب باشد.

جدول (۴)- وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان بوشهر

نام دشت	تغیر تراز شهریور ۱۴۰۱ نسبت به بلندمدت (سانتی‌متر)	تغیر تراز فروردین ۱۴۰۱ نسبت به ابتدای سال ۱۴۰۰ (سانتی‌متر)	تغییرات تراز سالانه(سانتی-متر)	متوسط کسری حجم مخزن سالانه(م.م.م)
گناوه	-۰/۶۳	۱۵	-۰/۱	-۰/۰۱
پشت‌پر	-۳۱	-۵۴	-۳	-۰/۰۱
دشت‌گور	-۶۹۷	-۳۳	-۵۴	-۱/۷۸
سرقنات	-۱۷۲	-۴۵	-۱۳	-۰/۹۶
برازجان	-۳۴۳	-۲۰	-۱۳	-۱/۴۲
طلحه-فاریاب	-۱۳۹۴	-۱۱۳	-۵۲	-۰/۵۴
بوشکان	-۲۳۶۷	-۹۳	-۱۰۳	-۴/۳۶
دهرود-تنگ ارم	-۱۶۱۸	-۱۰۰	-۱۲۰	-۳/۰۵

نام دشت	تغیر تراز شهریور ۱۴۰۱ نسبت به بلندمدت (سانتی‌متر)	تغیر تراز فروردین ۱۴۰۱ نسبت به ابتدای سال ۱۴۰۰ (سانتی‌متر)	تغییرات تراز سالانه(سانتی-متر)	متوسط کسری حجم مخزن سالانه(م.م.م)
اهرم	-۴۱۱	-۱۶	-۲۴	-۱/۷۹
کاکی-بردخون	-۱۶۷	-۹	-۱۲	-۲/۰۰
خورموج	-۲۱۳	-۱۶	-۱۳	-۳/۳۷
چاهگاه	-۲۳۹	-۳۵	-۱۵	-۰/۹۵
دشت پلنگ	-۱۲۵۵	-۳۱۹	-۷۸	-۱/۸۶
باغان	-۶۳۷	-۲۴۳	-۴۵	-۰/۳۶
ریز	-۱۲۵۰	-۷۶	-۷۴	-۱/۵۴
جم	-۵۴۰	-۱۳۴	-۳۲	-۰/۵۲
آبدان-لمبدان	-۲۷۲	-۲۹	-۱۴	-۱/۵۹

منبع: برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر

علاوه بر فقر کمی، بیشتر آبخوان‌های استان نیز از منظر کیفی دارای شرایط مناسبی نمی‌باشند و تحت تأثیر برداشت‌های بی‌رویه و خشک‌سالی‌های اخیر، همین پتانسیل ضعیف نیز در مرحله نابودی و از دست رفتن قرار دارد. جدول (۶)، وضعیت کیفی مخازن آب استان را نمایش می‌دهد. بررسی منابع آب‌های زیرزمینی استان نشان می‌دهد:

- ✓ صرفاً یک درصد از مساحت آبخوان‌های استان بوشهر دارای آبی باکیفیت شرب و کاملاً مناسب برای کشاورزی می‌باشند.
- ✓ سه درصد مساحت آبخوان‌های استان دارای آبی باکیفیت مناسب و فاقد محدودیت نسبی برای کشاورزی و قابل‌تحمل برای مصارف بهداشتی می‌باشند.
- ✓ چهل و شش درصد از مساحت آبخوان‌های استان از آبی برخوردارند که با اعمال محدودیت‌هایی امکان استفاده برای کشاورزی دارد.
- ✓ پنجاه درصد از آبخوان‌های استان نیز از چنان کیفیت پایینی برخوردارند که صرفاً برای فعالیت‌های شوروزی و آبزی‌پروری قابلیت استفاده داشته و استفاده از آن‌ها در فعالیت‌های کشاورزی، صنعت، شرب و بهداشت مستلزم شیرین‌سازی و بهبود و اصلاح کیفیت می‌باشد.

جدول (۵)- وضعیت کیفی محدوده‌های مطالعاتی استان

دامنه شوری	کاربری ممکن	نام دشت	مساحت(کیلومترمربع)	درصد مساحت
کمتر از ۱۵۰۰	شرب و کشاورزی	پشت‌پر، ججم، طلحه فاریاب	۲۷	۱
۱۵۰۰ -۳۰۰۰	شرب و کشاورزی	جم، ریز، باغان-سرچشمه، دشت پلنگ، طلحه فاریاب، دهرود تنگ ارم، طلحه فاریاب-خون، بوشکان، خورموج، چاهگاه-لاور، مند، سیراف-بردخون کهنه	۱۶۰	۳
۳۰۰۰ -۵۰۰۰	با اعمال محدودیت کشاورزی		۳۱۱	۶
۵۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	کشاورزی با گیاهان مقاوم به شوری	گلدشت-سرقنات-برازجان، بوشهر، اهرم-طلحه- فاریاب، دهرود-تنگ‌ارم، بوشکان، خورموج، مند، دیر، کنگان، عسلویه	۲۰۳۲	۴۰

دامنه شوری	کاربری ممکن	نام دشت	مساحت(کیلومترمربع)	درصد مساحت
بیش از ۱۰۰۰۰۰ آبزی‌پروری و شوروزی	آبزی‌پروری و شوروزی	دیلم، سرقنات–برازجان، اهرم، خورموج، دلوار، گناوه، برازجان–آبپخش، بوشهر، گناوه	۲۵۵۵	۵۰
مجموع			**۵۰۸۵**	**۱۰۰**

منبع: برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر

۲-۱-۴- آبگیری سدهای مخزنی

سد مخزنی رئیسعلی دلواری، تنها سد در دست بهره‌داری استان بوشهر می‌باشد. بهره‌برداری قانونی و اصلی این سد شامل حقابه‌های زیست محیطی‌های تالاب حله و رودخانه‌های شاپور و حله، ۶۵۰۰ هکتار نخیلات و ۳۵۰۰ هکتار زراعت شبکه آبیاری و زهکشی آبپخش، ۷۸۰۰ هکتار شبکه آبیاری و زهکشی دشت شبانکاره و ۸۵۰۰ هکتار حقآبه بران سنتی حاشیه حله می‌باشد. خالی ماندن به‌طور متوسط بیش از ۵۰ درصد از ظرفیت سد مذکور طی سنوات گذشته، بیانگر شرایط نه‌چندان مناسب این سد در تأمین حقابه مناطق تحت پوشش می‌باشد.

جدول (۶)- وضعیت آبگیری سدهای استان بوشهر

سد	حجم مخزن(م.م.م)	حجم ذخیره مخزن(م.م.م)		درصد پر بودن	
		۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱
سد مخزنی رییسعلی دلواری	۶۹۴	۴۰۹	۵۲۹	۵۹	۷۶

منبع: برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر

۲-۲- مصارف آب استان

بنا به آمار منتشره شرکت آب منطقه‌ای استان، حجم کل برداشت از منابع سطحی، زیرزمینی (آبخوان‌های آبرفتی، سازند و چشمه و قنوات) برای مصارف کشاورزی، شرب و خدمات صنعت و معدن و فضای سبز شهری معادل با ۱۰۵۱ میلیون مترمکعب در سال اعلام‌شده است. که توزیع آن در کاربردهای مختلف به شرح جدول (۷) می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، بیشترین مصرف در بخش کشاورزی(۷۷ درصد)، پس از آن شرب(۱۵ درصد) و صنعت(۷درصد) می‌باشد.

جدول (۷)- توزیع آب مصرفی استان بوشهر در کاربری‌های مختلف (مقادیر به میلیون مترمکعب)

ردیف	نوع مصرف آب	منابع آب سطحی	منابع آب زیرزمینی	نمک‌زدایی آب دریا	منابع خارج از استان	مجموع	درصد مصرف به تفکیک کاربری
۱	کشاورزی	۳۶۴	۴۵۰	۰	۰	۸۱۴	۷۷
۲	شرب	۰	۱۵	۲۶	۱۱۳	۱۵۴	۱۵
۳	فضای سبز شهری	ناچیز	۱۳	۰	۰	۱۳	۱
۴	صنعت و معدن	۱۲	۱۶	۴۲	۰	۷۰	۷
مجموع		۳۷۶	۴۹۴	۶۸	۱۱۳	۱۰۵۱	۱۰۰
درصد منابع تأمین آب		۳۶	۴۷	۶	۱۱	۱۰۰	

منبع: برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر

از ۱۵۴ میلیون مترمکعب آب شرب مصرفی استان بوشهر در سال، ۱۱۳ میلیون مترمکعب از خارج از استان (شامل ۲۵ میلیون مترمکعب از استان فارس و ۸۸ میلیون مترمکعب از استان کهگیلویه و بویر احمد) وارد می‌شود، به‌عبارت‌دیگر، تقریباً ۷۳ درصد از آب شرب استان متکی به منابع آبی استان‌های همجوار است. لذا با توجه به وضعیت دارای تنش منابع آبی استان، یافتن راهکاری برای تأمین پایدار این منابع ضروری است.

۳- روش شناسی پژوهش

این پژوهش ازلحاظ هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-پیمایشی می‌باشد. ابتدا از طریق مطالعات اسنادی و نشریات رسمی شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای شناخت اولیه در خصوص موضوع و ضرورت پژوهش و وضعیت عرضه و تقاضای آب در استان بوشهر به دست آمد، سپس با استفاده از مطالعه پیشینه پژوهش و مصاحبه با خبرگان، راهکارهای عملی سازگاری با کم‌آبی و معیارهای اجرایی نمودن این راهکارها جمع‌آوری و تدوین شد. در گام بعدی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به تعیین وزن معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی پرداخته شد. سپس از تکنیک تاپسیس یا روش اولویت‌بندی ترجیحی که اساس آن تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل است برای اولویت‌بندی راهکارهای سازگاری با کم‌آبی استفاده شد.

جامعه آماری پژوهش کارشناسان و روسای ادارات شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای هستند که ۴۰ نفر از کارشناسان مربوطه به‌صورت تصادفی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات جمعیت شناختی کارشناسان مشارکت‌کننده در پژوهش به شرح جدول (۹) می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بیشتر افراد مشارکت‌کننده در پژوهش شاغل در شرکت مهندسی آب و فاضلاب(۶۵درصد)، فوق‌لیسانس(۷۰ درصد)، دارای ۲۰ تا ۳۰ سال سابقه کاری مرتبط (۴۲/۵ درصد) می‌باشند که در واحد طرح و توسعه(۳۵ درصد) مشغول به کار هستند.

جدول (۹)- اطلاعات توصیفی و جمعیت شناختی کارشناسان خبره

حوزه تخصصی فعالیت		سابقه کاری		تحصیلات		محل استخدام	
واحد برنامه‌ریزی و بودجه	۱۲	تا ۱۰ سال	۸	لیسانس و کمتر	۷	شرکت مهندسی آب و فاضلاب	۲۶
واحد طرح و توسعه	۱۴	۱۰-۲۰ سال	۱۳	فوق‌لیسانس	۲۸	شرکت سهامی آب منطقه‌ای	۱۴
واحد حفاظت و بهره‌برداری	۹	۲۰-۳۰ سال	۱۷	دکتری	۵		
سایر واحدها	۵	بیش از ۳۰ سال	۲				

ابزار جمع‌آوری اطلاعات پژوهش پرسشنامه، با ساختار مقایسه زوجی عناصر موجود در یک خوشه می‌باشد. برای اعتبارسنجی نتایج حاصل از این پرسشنامه از محاسبه نرخ ناسازگاری استفاده می‌شود. ارزش‌گذاری پرسشنامه به شرح جدول (۱۰) می‌باشد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS22 و Expert Choice با در نظر گرفتن گام‌های ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند.

۳-۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است؛ زیرا امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد.(قدسی‌پور، ۱۳۸۴) تحلیل سلسله مراتبی به‌صورت گسترده‌ای برای ارزیابی تعدادی از معیارها و حل مسائل چند متغیره بکار می‌رود و این مدل به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد، مسئله را در راستای رسیدن به هدف تعریف‌شده حل نمایند(Chang & et al., 2008). روش تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است که قضاوت و محاسبات را آسان می‌نماید، همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. پس از تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر، نباید نرخ سازگاری[1] نتایج از ۰/۱ بیشتر باشد.(نرخ سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر میانگین شاخص سازگاری محاسبه می‌شود) (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). مراحل اجرای تحلیل سلسله مراتبی به شرح ذیل می‌باشد:

گام نخست: ساخت و ایجاد سلسله‌مراتب هدف: در این مرحله هدف کلی، معیارها و گزینه‌ها به‌صورت یک ساختار سلسله مراتبی ارائه می‌گردد. هرچه تعداد عناصر موجود در یک سطح بیشتر باشد، احتمال وجود ناسازگاری در فرایند مقایسه و مراحل بعدی بیشتر

خواهد بود. تعداد عناصر در هر سطح ترجیحاً بین ۷±۲ می‌باشد(عادل‌آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱). تعداد عناصر این مطالعه در سطوح دو و سه ساختار سلسله مراتبی، به تفکیک برابر با ۵ متغیر می‌باشد.

گام دوم: تنظیم ماتریس مقایسات زوجی: در این مرحله، اهمیت نسبی عناصر هر معیار نسبت به یکدیگر مقایسه و ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردید، سپس ماتریس مذکور نرمال‌سازی و یا بی مقیاس شد. ماتریس نرمال شده از طریق تقسیم هر عنصر به جمع کل عناصر یک سطر به دست آمد. دامنه مقایسات زوجی به شرح جدول (۱۰) می‌باشد.

جدول (۱۰)- عدد ارجحیت پرسشنامه

ارزش	وضعیت	توضیح
۱	ترجیح یکسان	شاخص i و j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه یا شاخص i مطلقاً مهم‌تر است و قابل قیاس با j نیست.
۶-۴-۲	بینابین	ارزش بینابین را نمایش می‌دهد مثلاً ۸ بیانگر اهمیتی بیشتر از ۷ و کمتر از ۹ است.

گام سوم: بررسی سازگاری مقایسه‌ها: ازآنجاکه مقایسه‌های زوجی، بر مبنای قضاوت افراد انجام می‌شود، امکان ناسازگاری میان قضاوت‌ها وجود خواهد داشت. در این راستا با استفاده از کمیت CR(شاخص سازش) برای هر ماتریس می‌توان کمیت C.I (نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها) را مشخص نمود. شاخص ناسازگاری با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد:

رابطه (۱)
$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

رابطه (۲)
$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

جدول (۱۱)- مقادیر شاخص تصادفی سازگاری(R.I) به نسبت تعداد عناصر

N	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

گام چهارم: اولویت‌بندی معیارها: در صورت سازگار بودن مقایسات، اولویت‌بندی معیارها مشخص خواهد شد و تأثیرگذارترین معیارها در تحقق هدف ساختار سلسله مراتبی تعیین خواهد شد.

۳-۲- تکنیک اولویت‌بندی با شباهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS)

الگوریتم تاپسیس در ابتدا توسط هووانگ و یون[۲] (۱۹۸۱) ارائه شد. اساس این روش بدین‌صورت است که گزینه‌ها باید کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت[۳] (PIS) و حداکثر فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی[۴] (NIS) داشته باشند(سامیمی نامین و همکاران، ۲۰۰۸) برای اجرای روش تاپسیس مراحل ذیل اجرا خواهد شد:

گام نخست: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و سپس نرمال کردن ماتریس حاصله با استفاده از رابطه (۳)

رابطه (۳)
$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} f_{ij}^2}}, \qquad i = 1,2,\dots,n \ \& j = 1,2,\dots,m$$

گام دوم: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده موزون (V_{ij})؛ در این مرحله وزن هر یک از شاخص‌ها که در مرحله قبل با استفاده از روش AHP یا تحلیل سلسله مراتبی تعیین گردید و درایه‌های قطر اصلی آن، وزن هر یک از شاخص‌ها می‌باشد و بقیه درایه‌ها صفر است. در ادامه با ضرب ماتریس وزن‌ها در ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌شده، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده موزون به دست می‌آید.

رابطه (۴) $$V_{ij} = W_j \times r_{ij} \qquad i = 1,2, \dots, m$$

گام سوم: مشخص‌کردن گزینه ایده‌آل و گزینه ضد ایده‌آل با استفاده از روابط (۵) و (۶)

رابطه (۵) $$\text{ایده‌آل گزینه } \left(A_j^+\right) = \left\{V_j^+ \middle| V \text{ بردار بهترین مقدار هر شاخص در ماتریس}\right\}$$

رابطه (۶) $$\text{ایده‌آل گزینه } \left(A_j^-\right) = \left\{V_j^- \middle| V \text{ بردار بهترین مقدار هر شاخص در ماتریس}\right\}$$

برای شـــاخص‌های مثبت، بهترین مقدار همان بیشـــترین مقدار اســـت و بدترین مقدار، همان کمترین مقدار اســـت. همچنین برای شاخص‌های منفی، بهترین مقدار، کمترین مقدار و بدترین مقدار، بیشترین مقدار می‌باشد.

گام چهارم: به دست آوردن فاصله هر گزینه از گزینه ایده‌آل(S_i^+) و گزینه ضدایده‌آل(S_i^-). فاصله گزینه i ام با ایده آل با استفاده از روش اقلیدسی با استفاده از روابط (۷) و (۸) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۷) $$S_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{5}(V_{ij} - V_j^+)^2 \forall} \qquad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

رابطه (۸) $$S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{5}(V_{ij} - V_j^-)^2 \forall} \qquad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

گام پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل. با استفاده از رابطه (۹)،شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه به دست می‌آید و در انتها بر اساس مقدار Cl_i^* رتبه‌بندی صورت می‌گیرد..

رابطه (۹) $$Cl_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)}$$

۳-۳- معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی

راهکارهای ســازگاری با کم‌آبی با اســتفاده از معیارهایی باید قابل‌مقایســه شــوند. درواقع هدف اصــلی از زیر مدل اولیه پژوهش پیش‌رو، تعیین کلیدی‌ترین معیارهای مؤثر بر راهکارهای ســازگاری با کم‌آبی و ارزش‌گذاری اهمیت آن‌ها می‌باشــد، بدین منظور مجموعه عوامل مؤثر به پنج معیار شامل موارد ذیل تقسیم می‌گردد:

- ✓ معیارهای اقتصادی(هزینه سرمایه‌ای، هزینه زمین، انرژی مصرفی، هزینه بهره‌برداری و نگهداری)؛
- ✓ معیارهای فنی–اجرایی(کارایی فرایند، سهولت اجرا، انعطاف‌پذیری، قابلیت اعتماد و بومی بودن تجهیزات)؛
- ✓ معیارهای اجتماعی(اثرات اجتماعی – فرهنگی و اشتغال‌زایی)؛ (دباغیان و همکاران، ۱۳۸۸)
- ✓ معیارهای زیست‌محیطی(درجه تصفیه مورد نیاز، ایمنی و توانایی تأمین استاندارد زیست‌محیطی پساب خروجی)؛
- ✓ معیارهای مدیریتی(نیاز به پرسنل متخصص، سهولت بهره‌برداری و نگهداری، دسترسی به تجهیزات) (کریمی و همکاران، ۱۳۸۹).

۳-۴- راهکارهای سازگاری با کم‌آبی

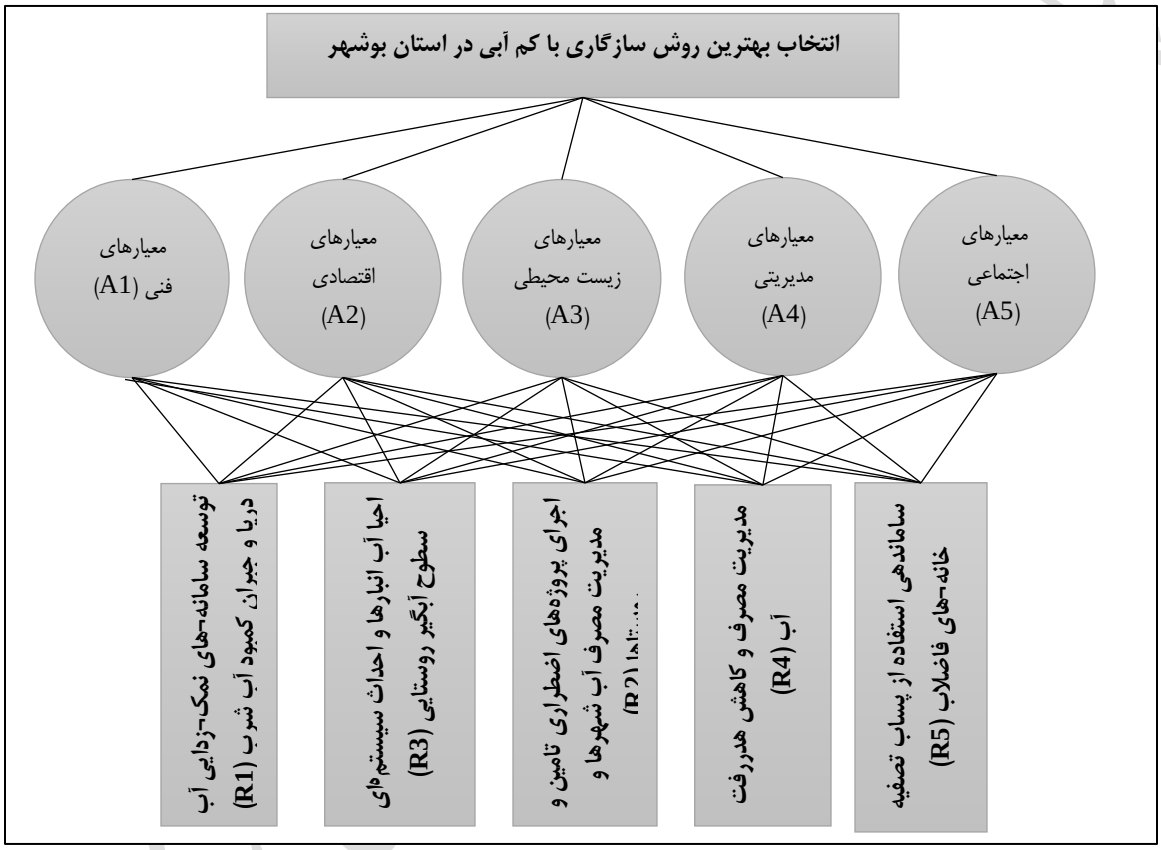
پس از بررسی وضعیت منابع آب استان و تقاضای مصرف آب در بخش‌های مختلف، به بررسی راهکارهای مقابله و سازگاری با کم‌آبی در استان بوشهر پرداخته می‌شود، راهکارهای شناسایی‌شده بر اساس سند ملی سازگاری با کم‌آبی (برش استان بوشهر) و نیز مطالعه برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی عبارتند از:

- ✓ توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی آب دریا و جبران کمبود آب شرب (R1)
- ✓ اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها (R2)
- ✓ احیا آب‌انبارها و احداث سامانه‌های سطوح آبگیر روستایی (R3)

- ✓ مدیریت مصرف و کاهش هدر رفت آب (R4)
- ✓ ساماندهی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (R5) (برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر، ۱۳۹۷)

۳-۵- ساختار سلسله مراتبی در انتخاب مناسب‌ترین راهکار شناسایی‌شده برای سازگاری با کم‌آبی

در ساختار سلسله مراتبی این پژوهش سه سطح در نظر گرفته‌شده است در سطح اول یا سطح هدف، انتخاب مناسب‌ترین راهکار برای سازگاری با کم‌آبی مدنظر می‌باشد. سطح دوم عوامل مؤثر بر انتخاب بهترین راهکار سازگاری با کم‌آبی می‌باشند که در ادامه تحت عنوان معیارها، شامل پنج معیار معرفی‌شده است. در سطح سوم نیز پنج راهکار برای سازگاری با کم‌آبی شناسایی‌شده است. شکل (۱)، ساختار سلسله مراتبی پژوهش را نمایش می‌دهد.



شکل (۱)- ساختار سلسله مراتبی

۴- یافته‌های پژوهش

پس از شناسایی معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کاربرگ‌های مقایسات زوجی تدوین و در اختیارنمونه موردمطالعه متشکل از کارشناسان در حوزه آب و فاضلاب و منابع آب قرار گرفت. نتایج تحلیل مقایسات زوجی بین معیارها در جدول (۱۲) به نمایش درآمده است.

جدول (۱۲)- نتایج نرمال شده اهمیت گذاری معیارها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

معیار	معیارهای فنی (A1)	معیارهای اقتصادی (A2)	معیارهای زیست‌محیطی (A3)	معیارهای مدیریتی (A4)	معیارهای اجتماعی (A5)	میانگین
معیارهای فنی (A1)	۰/۳۷۸	۰/۴۸۵	۰/۲۸۹	۰/۲۲۶	۰/۲۹۲	۰/۳۳۴

معیار	معیارهای فنی (A1)	معیارهای اقتصادی (A2)	معیارهای زیست‌محیطی (A3)	معیارهای مدیریتی (A4)	معیارهای اجتماعی (A5)	میانگین
معیارهای اقتصادی (A2)	۰/۲۴۲	۰/۳۱۰	۰/۵۲۱	۰/۴۰۶	۰/۲۸۰	۰/۳۵۲
معیارهای زیست‌محیطی (A3)	۰/۱۵۱	۰/۰۶۹	۰/۱۱۶	۰/۲۳۵	۰/۲۳۸	۰/۱۶۲
معیارهای مدیریتی (A4)	۰/۱۵۱	۰/۰۶۹	۰/۰۴۵	۰/۰۹۰	۰/۱۲۹	۰/۰۹۷
معیارهای اجتماعی (A5)	۰/۰۷۹	۰/۰۶۷	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۵۶

همان‌گونه که در جدول (۱۰) مشاهده می‌گردد، به ترتیب معیارهای اقتصادی (۰/۳۵۲)، معیارهای فنی(۰/۳۳۴)، معیارهای زیست‌محیطی(۰/۱۶۲)، معیارهای مدیریتی(۰/۰۹۷) و معیارهای اجتماعی(۰/۰۵۶) دارای بیشترین اهمیت در تعیین راهکارهای مؤثر بر سازگاری با کم‌آبی هستند. لذا بردار وزن معیارهای مؤثر بر راهکارهای شناسایی‌شده سازگاری با کم‌آبی به‌صورت (۰/۰۵۶ , ۰/۰۹۷ , ۰/۱۶۲ , ۰/۳۵۲ , ۰/۳۳۴)W می‌باشد. پس از به دست آمدن بردار وزن معیارها، برای اطمینان از صحت نسبت به محاسبه شاخص سازگاری با استفاده از رابطه (۲) اقدام شد و مقدار شاخص ناسازگاری معادل با ۰/۰۷۷ به دست آمد، با توجه به اینکه کمیت به‌دست‌آمده از ۰/۱ کوچک‌تر است لذا ثبات ماتریس پذیرفته می‌شود.

پس از بدست آمدن بردار وزن معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی، برای اجرای تکنیک تاپسیس، ماتریس تصمیم‌گیری معیار–راهکار تشکیل گردید و کارشناسان به مقایسه راهکارها با توجه به معیارها پرداختند جدول (۱۳)، ماتریس نرمال شده موزون را نمایش می‌دهد.

جدول (۱۳)– ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده موزون

معیار	معیارهای فنی (A1)	معیارهای اقتصادی (A2)	معیارهای زیست‌محیطی (A3)	معیارهای مدیریتی (A4)	معیارهای اجتماعی (A5)
راهکار اول(R1)	۰/۱۰۷۱	۰/۱۰۶۷	۰/۲۱۵۰	۰/۰۴۹۹	۰/۰۸۸۹
راهکار دوم(R2)	۰/۱۸۷۰	۰/۱۸۶۳	۰/۲۰۴۷	۰/۱۱۰۵	۰/۲۷۰۰
راهکار سوم(R3)	۰/۱۷۰۴	۰/۳۱۱۳	۰/۳۴۲۲	۰/۵۴۵۸	۰/۲۷۰۰
راهکار چهارم(R4)	۰/۴۱۹۶	۰/۳۲۹۳	۰/۱۱۶۱	۰/۱۹۵۴	۰/۲۷۴۹
راهکار پنجم(R5)	۰/۱۱۵۹	۰/۰۶۶۴	۰/۱۲۲۰	۰/۰۶۸۴	۰/۰۹۶۳

پس از بدست آمدن ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌شده موزون، با استفاده از روابط (۶) و (۵) راهکارهای ایده‌آل و ضد ایده‌آل تعیین گردید و فاصله هر گزینه از راهکارهای ایده‌آل محاسبه شد و در نهایت شاخص نزدیکی نسبی هر راهکار با استفاده از رابطه (۹) محاسبه گردید.

جدول (۱۴)– شاخص نزدیکی و رتبه‌بندی معیارها

رتبه	ضریب	راهکارهای مقابله و سازگاری با کم‌آبی
۱	۰/۹۵۰۷	توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی و آبشیرین‌کن‌ها(R1)

۲	۰/۷۶۲۹	مدیریت مصرف و کاهش هدر رفت آب (R4)
۳	۰/۷۵۹۶	اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها (R2)
۴	۰/۷۵۶۸	احیا آب‌انبارها و احداث سامانه‌های سطوح آبگیر روستایی (R3)
۵	۰/۶۸۴۴	ساماندهی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (R5)

جدول (۱۴) راهکارهای سازگاری با کم‌آبی را با استفاده از کمیت شاخص نزدیکی نمایش می‌دهد، از بین راهکارهای مقابله و سازگاری با کم‌آبی، توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی و آبشیرین‌کن‌ها در رتبه اول، مدیریت مصرف و کاهش هدر رفت آب در اولویت دوم و اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها در اولویت سوم، احیا آب‌انبارها و احداث سامانه‌های سطوح آبگیر روستایی در اولویت چهارم و ساماندهی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در اولویت آخر قرار می‌گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

سازگاری با کم‌آبی به عنوان چالشی اساسی در مواجهه با تغییرات آب و هوایی شناخته شده است. برای شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای موثر در این زمینه، ابتدا نیاز است تا سیاست‌ها و استراتژی‌های منطقه‌ای و ملی براساس راهکارهای مبتنی بر داده‌های علمی و اقتصادی تعیین شود. به‌کارگیری این راهکارها نه‌تنها باعث می‌شود که منابع آب کمیاب حفظ شوند، بلکه نقش مهمی در حفظ محیط زیست و پایداری اقتصادی منطقه نیز دارند.سازگاری با تنش‌های آبی جهت حمایت از معیشت، تضمین تداوم فعالیت‌های اقتصادی و تأمین امنیت از اهمیت بسیاری برخوردار است. انتخاب روش مناسب برای سازگاری با کم‌آبی به علت وجود پارامترهای و عوامل تأثیرگذار متنوع به‌عنوان یکی از مسائل پیچیده مطرح می‌باشد. بااین‌حال، نوع و میزان تأثیر راهبردهای سازگاری با کم‌آبی در مناطق مختلف مبتنی بر بسترهای اجتماعی-اقتصادی آنان متفاوت است. شناسایی و طبقه‌بندی روش‌های سازگاری مبتنی بر داده‌های اجربی می‌تواند به طراحی و اجرای مشوق‌ها، قوانین و یا اصلاحات نهادی کمک نماید. از جمله راهکارهای عمده به‌منظور سازگاری با کم‌آبی می‌توان به مدیریت مصرف منابع آبی، کشاورزی پایدار، استفاده اقتصادی از آب، توسعه منابع آبی متنوع، آموزش و آگاهی بخشی عمومی اشاره نمود. اتخاذ راهکار مناسب نیازمند تدابیر جدی و هماهنگ از سوی دولت‌ها، جوامع محلی و صاحبان صنایع می‌باشد. در این پژوهش ضمن مطالعه وضعیت منابع و مصارف آبی استان بوشهر و شناسایی راهکارهای سازگاری با کم‌آبی در استان، یک روش تصمیم‌گیری جامع مبتنی بر تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس نیز بررسی و ارائه شد. جامعه آماری پژوهش کارشناسان و روسای ادارات شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای بودند که ۴۰ نفر از کارشناسان مربوطه به‌صورت تصادفی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات جمعیت شناختی کارشناسان مشارکت‌کننده در پژوهش نشان می‌دهد که بیشتر افراد مشارکت‌کننده در پژوهش شاغل در شرکت مهندسی آب و فاضلاب(۶۵درصد)، فوق‌لیسانس(۷۰ درصد)، دارای ۲۰ تا ۳۰ سال سابقه کاری مرتبط (۴۲/۵ درصد) می‌باشند که در واحد طرح و توسعه(۳۵ درصد) مشغول به کار می‌باشند. روند اجرای پژوهش بدین‌صورت بود که نخست معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی شناسایی و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی شدند. سپس با استفاده از تکنیک تاپسیس و درنظر گرفتن وزن معیارهای مؤثر بر راهکارهای سازگاری با کم‌آبی، کارشناسان مذکور اقدام به رتبه‌بندی راهکارهای شناسایی‌شده نمودند. با توجه به یافته‌های پژوهش به ترتیب معیارهای اقتصادی (۰/۳۵۲)، معیارهای فنی(۰/۳۳۴)، معیارهای زیست‌محیطی(۰/۱۶۲)، معیارهای مدیریتی(۰/۰۹۷) و معیارهای اجتماعی(۰/۰۵۶) دارای بیشترین اهمیت در تعیین راهکارهای مؤثر بر سازگاری با کم‌آبی هستند و به ترتیب توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی و آبشیرین‌کن‌ها با ضریب ۰/۹۵۰۷)، مدیریت مصرف و کاهش هدر رفت آب(با ضریب ۰/۷۶۲۹)، اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها(با ضریب ۰/۷۵۹۶) سه راهکار با اولویت بالا در سازگاری با کم‌آبی می‌باشند. پیشنهادها در خصوص راهکارهای سازگاری با کم‌آبی در استان بوشهر به شرح ذیل ارائه می‌گردد.

با توجه به یافته‌های پژوهش، از بین راهکارهای مقابله و سازگاری با کم‌آبی، توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی و آبشیرین‌کن‌ها به لحاظ اهمیت در رتبه اول قرار دارد، اگرچه توسعه سامانه‌های نمک‌زدایی هزینه‌بر و زمان‌بر است اما با توجه به لزوم حذف تدریجی آب انتقالی از استان فارس، تخریب کیفیت منابع داخلی، افزایش جمعیت مناطق ساحلی و نیز موقعیت اقلیمی گرم و خشک این نواحی، به‌عنوان یکی از راهکارهای مطمئن برای استان‌های ساحلی به‌عنوان اصلی‌ترین گزینه تأمین منابع آب شرب مطرح می‌باشند. در راستای تحقق این راهکار، هم‌اکنون دو

سـایت نمک‌زدایی آب دریا هر یک به ظرفیت تولید روزانه ۱۰ هزار مترمکعب در شـهرهای کنگان و بوشـهر جهت جبران بخشـی از کمبود آب شهری فعال می‌باشد و سه واحد آب‌شیرین‌کن به ظرفیت روزانه ۷۰ هزار مترمکعب در دست‌ساخت و چندین طرح توسعه یا احداث به ظرفیت روزانه ۸۲ هزار مترمکعب در دست مطالعه و برنامه‌ریزی برای ساخت می‌باشند.

راهکار دوم سـازگاری با کم‌آبی، مدیریت مصـرف و کاهش هدر رفت آب در شـبکه توزیع می‌باشـد که در چهار محور عملیاتی شـامل کاهش هدر رفت واقعی(پرتی شـبکه توزیع)، کاهش هدر رفت ظاهری(انشـعابات غیرمجاز)، مدیریت مصـرف مشـترکین و اطلاع‌رسـانی و آموزش همگانی دسته‌بندی می‌گردد. فرسودگی شبکه ناشی از قدمت بالای این شبکه‌ها و تأسیسات مربوطه، عدم توزیع فشار در شبکه‌های توزیع، نبود یا خرابی کنتورها و تجهیزات اندازه‌گیری، سرریز شدن آب از مخازن ذخیره آب مشترکین و عدم استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف و علاوه بر آن یارانه‌ای بودن نرخ آب‌بها از جمله دلایل مصرف خارج از الگوی آب در استان بوشهر می‌باشد. نوسازی شبکه توزیع، نشت‌یابی و رفع نشت، تعویض کنتورهای فرسوده و تبدیل انشعابات غیرمجاز به مجاز، کنترل مصرف مشترکین، توزیع و نصب شناورهای مخزن مشترکین، توزیع و نصـب تجهیزات کاهنده مصـرف و تدوین برنامه‌های رادیویی-تلویزیونی، برنامه‌های فرهنگی، جشـنواره، مطالعات اجتماعی از جمله راهکارهای عملیاتی، برای تحقق مدیریت مصرف و کاهش هدر رفت می‌باشد.

راهکار سوم سازگاری با کم‌آبی، اجرای پروژه‌های اضطراری تأمین و مدیریت مصرف آب شهرها و روستاها می‌باشد. خشکسالی‌های پیاپی، تغییر کیفیت برخی منابع آبی و افت سطح ایستابی و کاهش آبدهی منابع موجود مانع از برداشت و تأمین آب معادل ظرفیت اسمی هریک از منابع موجود گردیده است. به‌منظور تثبیت حجم برداشت فعلی و یا رساندن ظرفیت برداشت و استحصال آب به ظرفیت اسمی و همچنین فراهم شدن استفاده از منابع محلی، بلاخص مهار رواناب‌های فصلی و استفاده بهنگام از آن‌ها با اصلاح برخی مشخصه‌های کیفی از طریق شیرین‌سازی و یا تصفیه فیزیکی، اجرای طرح‌های اضطراری آب شرب موردنیاز می‌باشد. که از جمله آن می‌توان به راهکارهای عملیاتی از جمله حفر و کف شکنی و تجهیز چاه‌ها، اجرای طرح نکاشت، احداث بندهای ذخیره‌ای، اجرای خطوط آب‌رسانی از چاه‌ها و سدها اشاره نمود.

راهکار چهارم، احیا آب‌انبارها و احداث سامانه‌های سطوح آبگیر روستایی می‌باشد. استفاده از آب باران نسبت به سایر منابع، دارای مزایایی از جمله رایگان بودن ، عدم نیاز به خطوط انتقال و شبکه توزیع، کنترل جریان‌های سیلابی در مناطقی که بارش‌های رگباری و سیل‌آسا دارند، جلوگیری از انتقال و پخش آلودگی در معابر شهری و روستایی می‌باشد. در راستای استفاده بهینه از این منبع آب و به‌عنوان راهکاری برای رفع مشکلات ناشی از کمبود آب در استان بوشهر، احیا آب‌انبارها پیشنهاد می‌گردد. جمع‌آوری آب باران با استفاده از سطوح آبگیر در برخی از نقاط دنیا از جمله استرالیا و کشورهای شرق آسیا غالباً با هدف مصرف در بخش غیرشرب خانگی، آبیاری فضای سبز، آبیاری گیاهانی که نیاز آبی کمی دارند و در کشت‌های گلخانه‌ای انجام می‌شود.

راهکار پنجم، ساماندهی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد. سالانه قریب ۱۵ میلیون مترمکعب پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهرهای بوشهر، گناوه و دیلم به محیط‌زیست پیرامون تخلیه و ضمن ایجاد محیطی نازیبا و آلاینده و مزاحم برای ساکنین هم‌جوار از دسـترس خارج می‌شـود. اسـتفاده از قابلیت‌های پسـاب مذکور در آبیاری فضـای سـبز شـهری، باغ شـهرها و خانه باغ‌های پیرامون، تولید برخی محصولات کشاورزی، استفاده در واحدهای صنعتی مستقر در شهرک‌های صنعتی و منطقه ویژه اقتصادی و تصفیه تکمیلی و به‌کارگیری آن در شهرک شیلاتی دلوار و حتی توسعه زراعت چوب و کشت‌های مکانیزه و گلخانه‌ای در اراضی زراعی کم بازده و ملی به‌عنوان یکی از برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی پیشنهاد می‌گردد.

۶- پی‌نوشت

1. Consistency Ratio (CR)
2. Hwang & Yoon
3. Positive Ideal Solution
4. Negative Ideal Solution

پذیرفته شده / ویرایش نشده

۷- منابع

انصـاری، ث.، مسـاح بوانی، ع. و باقری، ع.، (۱۳۹۹)، "ارزیابی راهکارهای سـازگاری با تغیر اقلیم بر اسـاس نشـانگرهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی امنیت آبی"، تحقیقات منابع آب، ۱۴(۵): ۲۳۷-۲۵۳.

آذر، ع.، رجب زاده، ع.(۱۳۸۱)،" تصمیم‌گیری کاربردی"، چاپ اول، انتشارات نگاه دانو، تهران.

آسـتانه، م.، تقی‌پور، ف. و دوازده امامی، ح.، (۱۳۹۹)، "ارائه مدل مبنی بر اسـتراتژی رسـانه به‌منظور سـازگاری با کم‌آبی"، مجله آب و فاضلاب، ۳۱(۳): ۲۶-۴۲.

آمارنامه‌های اداره پیش‌بینی و تحقیقات اقلیم و هواشناسی کاربردی استان بوشهر، ۱۴۰۱.

برنامه عملیاتی سازگاری با کم‌آبی استان بوشهر، (۱۳۹۷)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر.

پاکزاد، ز.، رامشـت، م. و گندم‌کار، ا.، (۱۳۹۷)، "سـهم منابع آبی ایران از سـامانه‌های جوی"، فصـلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۹(۶۹): ۱۶۴-۱۵۳.

دباغیان، م.، هاشـمی، س. ح. و عبادی، ت.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی فنی اقتصـادی و زیسـت محیطی روش‌های تصـفیه فاضـلاب صـنایع آبکاری به روش AHP"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱ (۳): ۱۰۷-۱۱۵.

زبیدی، ط.، یعقوبی، ج. و یزدان پناه، م.، (۱۴۰۰)، "بررسی روش‌های سازگاری روستاییان با کم‌آبی در استان خوزستان: کاربرد نظریه بنیانی"، پژوهش‌های روستائی، ۱۲(۲)، ۲۴۶-۲۵۷. https://doi: 10.22059/jrur.2020.302235.1497

عبداله‌زاده، غ. و شـریف‌زاده، م.، (۱۳۹۹)، "تحلیل انتظارهای ذینفعان در برنامه سـازگاری با کم‌آبی اسـتان گلسـتان"، فصـلنامه علمی پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی، ۵۴(۳): ۱۶۰-۱۷۵.

عطایی، پ و ایزدی، ن.، (۱۳۹۳)، "تحلیل مسـئولیت‌های تشـکل‌های آب‌بران و زمینه‌یابی موانع ایجاد آن از دیدگاه بهره‌برداران"، پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۴): ۷۴۸-۷۳۷.

کریمی، ع.، مهردادی، ن.، هاشمیان، ج.، نبی بیدهندی، غ. و توکلی‌مقدم، ر. (۱۳۸۹)، "انتخاب فرایند بهینه تصفیه فاضلاب با استفاده از روش AHP"، فصلنامه آب و فاضلاب، (۴):۱-۱۲.

لطیفی، م.، ملکیان، آ.، مقدم نیا، ع.، آذرنیوند، ح. و رحیم صفوی، ی.، (۱۴۰۱)، "الگوی کاهش مخاطرات کم‌آبی حوضهٔ هیدرولوژیک دریاچهٔ ارومیه از طریق سازگاری و مدیریت راهبردی"، مدیریت مخاطرات محیطی، ۹(۲): ۱۸۹-۲۰۴، doi: 10.22059/jhsci.2022.347820.740

نوروزی، م.، و زلفی باوریانی، م. (۱۳۸۹). "تعیین آب مورد نیاز خرما در روش آبیاری قطره ای در اسـتان بوشـهر". پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)، ۲۴(۱): ۲۱-۳۰. https://sid.ir/paper/196661/fa.

هرندی، م.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی ساختاری مصوبه تشکیل کارگروه سازگاری با کم‌آبی"، تحقیقات منابع آب، ۱۴(۴): ۲۸۱-۳۳۸.

Hartley, T. W. (2006), "Public Perception and participation in water resource", Desalination, 187(1-3). 115-126. https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.072.

Javadinejad, S., Dara, R. & Jafary, F. "Analysis and Prioritization the Effective Factors on Increasing Farmers Resilience Under Climate Change and Drought". Agric Res 10, 497–513 (2021). https://doi.org/10.1007/s40003-020-00516-w.

Nasrollahi, A. 2015. "Management of news coverage in crisis, in professional media", Hamshahri Pub., Tehran, Iran. (In Persian)

Savari, M., Moradi, M.,(2022), "The effectiveness of drought adaptation strategies in explaining the livability of Iranian rural households", Habitat International, Volume 124, https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102560.

Zarepour Moshizi, M., Yousefi, A., Amini, A.M. “Rural vulnerability to water scarcity in Iran: an integrative methodology for evaluating exposure, sensitivity and adaptive capacity”. GeoJournal 88, 2121–2136 (2023). https://doi.org/10.1007/s10708-022-10726-0.

پذیرفته شده / ویرایش نشده