سال ششم، شماره ۳، ۱۳۹۸، صفحات ۶۳ تا ۷۲
نشریه آب و توسعه پایدار

2020, Vol.6, No.3, Pages 63 to 72
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: روش‌شناسی/ مطالعه موردی

Article Type: Methodology / Case Study

رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری از مخازن آب چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

الهه آهنی[۱]، محمود احمدپور برازجانی[۲*]، سامان ضیایی[۳]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: mahmadpour@uoz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۴

چکیده

حل مسائل پیچیده مربوط به منابع آب، نیازمند روش‌هایی است که رویکردهای مختلف مدیریتی را در یک قالب به‌هم پیوسته گردآوری نماید. در این میان، برای مدیریت همه‌جانبه در چنین مسائلی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MCDM)[۱]، جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. هدف پژوهش حاضر، تعیین اولویت‌های مصارف منابع آب مخازن چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با رویکردهای مدیریتی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سال‌های آبی ۹۴-۱۳۹۲ با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)[۲] می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده درصورتی‌که تخصیص آب با رویکرد اقتصادی انجام شود، به دلیل نقش اساسی بخش‌های کشاورزی و محیط زیست در تأمین معاش ساکنین استان سیستان و بلوچستان، کشاورزی و محیط‌زیست به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۳ و ۰/۱۴۶ در اولویت‌های اول و دوم قرار می‌گیرند. اگر رویکرد اجتماعی باشد، باز هم بخش کشاورزی در اولویت اول و بخش‌های گردشگری و محیط‌زیست به‌ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند. درصورتی‌که تخصیص آب با رویکرد زیست‌محیطی انجام شود، بخش محیط‌زیست به دلیل اهمیت در این رویکرد، با وزن ۰/۳۵۲، بالاترین اولویت را برای دریافت آب دارد.

واژه‌های کلیدی: تخصیص بهینه منابع آب، تصمیم‌گیری چندشاخصه (MCDM)، رویکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی.

Managerial Approaches for the Use of Chah-Nimeh Water Reservoirs in Sistan and Baluchestan Province Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

E. Ahani[1], M. Ahmadpour Borazjani[2*], S. Ziaee[3]

1, 2, 3- PhD Student, Assistant Professor, Associated Professor of Agricultural Economics, Agricultural Department, University of Zabol, Iran.

*(Corresponding Author Email: mahmadpour@uoz.ac.ir)

Received: 09-12-2019
Accepted: 13-02-2020

Abstract

Solving complex water resource issues requires methods that collect different managerial approaches in an interconnected format. Meanwhile, for the comprehensive management of such issues, multi-criteria decision-making methods (MCDM) have found a special place. The main objective of the present research is to determine the priorities of the water resource uses of the Chah-Nimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan province with the economic, social, and environmental management approaches in the water year of 2014-15 using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) techniques. According to the results, if water allocation is carried out based on an economic approach, the agricultural and environmental sectors due to their essential role in providing livelihoods for residents of Sistan and Baluchestan province will have a weight of 0.3 and 0.146 and are prioritised as the first and second, respectively. If it is a social approach, then the agricultural sector is the first priority, and the tourism and environmental sectors are in the second and third priorities, respectively. However, if water allocation is carried out with an environmental approach, the environmental sector, due to its importance in this approach, with a weigh of 0.352, has the highest priority to receive water.

Keywords: Optimal allocation of water resources, Multi-criteria decision-making (MCDM), economic, social, and environmental approach.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i3.84539

مقدمه

کشور ایران از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه کشور۲۵۰ میلی‌متر و بسیار کمتر از متوسط بارندگی آسیا و جهان (به‌ترتیب ۷۳۲ و ۸۳۱ میلی‌متر) است. میزان بارش در ایران حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد که ۲۷۰ میلیارد مترمکعب آن تبخیر می‌شود و ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آن در سال می‌تواند به‌عنوان آب‌های تجدیدپذیر بهره‌برداری شود. با ادامه روند کنونی با فرض ثابت بودن سرانه مصرف آب و پیش‌بینی ۹۰/۴ میلیون نفر جمعیت در سال ۱۴۰۰ مقدار آب مورد نیاز ۱۳۰ میلیارد متر مکعب خواهد بود. بدیهی است تأمین این مقدار آب از منابع تجدیدپذیر کشور امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین کمبود و کاهش کیفیت منابع آب، چالش مهم برنامه‌های توسعه کشور در آینده خواهد بود (وزارت نیرو، ۱۳۹۰). مفهوم مدیریت منابع آب در پاسخ به موضوعاتی در مورد استفاده نامناسب از منابع آب و اثرات مخرب زیست‌محیطی و اقتصادی کشاورزی سنتی ظاهر شده است (Madani و همکاران، ۲۰۱۴b).

در استان سیستان و بلوچستان حوادثی نظیر سیل و خشکسالی به وفور به وقوع می‌پیوندد و شرایط ویژه هیدرولوژیکی و مکانی آن، تعیین کننده خصوصیات منحصر به فرد این استان می‌باشد. قرار گرفتن استان سیستان و بلوچستان در انتهای یک حوضه آبخیز بسته، سیستم پیچیده هیدرولوژیکی رودخانه هیرمند و تأمین نیاز زیست‌محیطی هامون در شرایط حاد، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، بارندگی ناچیز سالانه (۵۰ میلی‌متر)، درجه حرارت بالا، خاک با نفوذپذیری کم و محدودیت منابع آب زیرزمینی از یک سو و منابع آب سطحی مشترک با کشور همسایه و عدم تسلط بر سرچشمه رود هیرمند در منطقه متعلق به ایران از سوی دیگر موقعیت ویژه این ناحیه را رقم زده است. بنابراین توجه به مفهوم تصمیم‌گیری چند معیاره و استفاده از تحلیل آن، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت یکپارچه منابع آب در استان سیستان و بلوچستان خواهد داشت. برای تصمیم‌گیری صحیح در بیشتر مسائل مدیریتی، عموماً اهداف و عوامل متعددی مطرح است و تصمیم‌گیران سعی دارند بین چند گزینه موجود بهترین گزینه را انتخاب نمایند (Hyde و همکاران، ۲۰۰۵). مدیریت پیچیده منابع آب نیز یکی از مسائل و نگرانی‌های مهم در هر کشور یا منطقه می‌باشد. مدیریت منابع آب، مجموعه‌ای از اقدامات با هدف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و کاهش خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد. تصمیم‌گیری در مورد مدیریت پایدار و یکپارچه منابع، نیازمند نگرش جامع به اثرات اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی می‌باشد (میان‌آبادی و افشار، ۱۳۹۰). مدیریت یکپارچه و سیاست‌گذاری آب در سطح جهان تا آغاز دهه ۱۹۸۰، صرفاً به دنبال عرضه آب بیشتر برای تأمین تقاضای جمعیت روبه‌رشد بود. متأثر از این رویکرد، مبنای توسعه منابع همواره تک‌منظوره بود و چنین رویکردی به روابط درونی و پیچیدگی‌های محیط طبیعی و انسانی و برهم کنش آنها توجهی نداشت. به‌عبارت‌دیگر طرح‌های توسعه صرفاً در پی کنترل فیزیکی آب در راستای منافع اقتصادی بودند و به تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی توجه چندانی نمی‌شد. علاوه‌براین مشارکت مردمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری به ندرت وجود داشت. چنین رویکردی آثار نامطلوب و گاه جبران‌ناپذیری را بر اکوسیستم‌ها و جوامع بر جای می‌گذاشت (Madani و همکاران، ۲۰۱۴a). این امر جامعه جهانی را به واکنش و اتخاذ نگرشی جدید در مدیریت بخش آب وادار کرد. بنابراین ضرورت دارد افرادی با تخصص و مهارت مختلف همچون اقتصاد، محیط‌زیست، کشاورزی، جامعه شناختی و ... در تصمیم‌گیری منابع آب مداخله نمایند.

خلاصه گزاره‌های مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)[۳] در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱- گزاره‌های مدیریت یکپارچه منابع آب (سردار شهرکی و همکاران، ۱۳۹۵).

گزاره‌ها	توضیحات
هدف IWRM	تلاش جهت برقراری تعادل و توازن میان عرضه و تقاضای آب، برقراری تعادل نیازهای اجتماعی، اقتصادی و محافظت زیست‌بوم.
معیارهای اصلی IWRM	بازدهی اقتصادی در استفاده، پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی و مساوات.
رهیافت‌ها و خط‌مشی IWRM	مدیریت مبتنی بر عرضه آب: تاکید بر برداشت از منابع آب جهت تأمین نیازهای آبی با محوریت پاسخ به تقاضای در حال رشد. مدیریت جامع منابع آب: با هدف حفظ پایداری آب و اکوسیستم با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیطی. رهیافت راهبردی (استراتژیک): سه هدف حفظ کارایی اکوسیستم منابع آب شیرین، مدیریت مبتنی بر اکوسیستم و بررسی نحوه تخصیص آب.
محدودیت‌های IWRM	محدودیت طبیعی آب: توجه به منابع آب تجدید شونده با تاکید بر رشد جمعیت و سهم سرانه آب؛ محدودیت اجتماعی و فرهنگی: تأکید بر ویژگی‌های اجتماعی و فرهنگی بهره‌برداران مانند سن و تحصیلات آن‌ها. محدودیت اقتصادی: توجه به قیمت‌گذاری منطقی آب براساس ارزش کمیابی آب. محدودیت‌های طرف تقاضا: تأکید بر مالکیت، اصلاح و یکپارچه‌سازی اراضی و نظام بهره‌برداری کشاورزی. محدودیت آلودگی منابع آب: بررسی حجم پساب‌های کشور در بخش‌های مختلف بهره‌برداری آب.
چالش‌های عمده IWRM	عدم اولویت‌بندی و اجرای طرح‌های توسعه آبی، تهدید فزاینده در تخریب کیفیت منابع سطحی و زیرزمینی، محدودیت‌های اطلاعات پایه، گزینه‌های جدید توسعه با تاکید بر فن‌آوری نوین، بومی کردن فن‌آوری‌ها، تحلیل اثرات، محدودیت منابع آب، محدودیت‌های عمومی و ویژه اجتماعی، فرهنگی، ساختار بخش کشاورزی، زیرساخت‌های ضعیف مدیریت منابع آب.
اصول و قوانین حاکم بر IWRM	تخصیص تعادل، لزوم حل مسائل به طور صلح‌آمیز، لزوم آسیب نرساندن به مناطق ساحلی دیگر، مبادله اطلاعات، داده‌ها و آگاهی از تغییرات هیدرولوژیکی سایر حوضه‌ها.
ضرورت بهینه‌سازی IWRM	تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب، اقدامات مدیریتی برای دستیابی به این سیاست‌ها، ارزیابی اثرات آن‌ها.

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در محیط تصمیم‌گیری است و با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم، مسائل را بررسی می‌نماید. این معیار به دو دسته کلی تصمیم‌گیری چند منظوره و تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم می‌شود. هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، انتخاب بهترین گزینه از بین مجموعه‌ایی محدود از گزینه‌های موجود باتوجه‌به معیارها و شاخص‌های تصمیم است.

دلایل استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب به شرح ذیل می‌باشد:

- دستیابی به اهداف و محورهای مختلف اسناد بالادستی موجود منابع آب،
- ارتباط موثر و مستقیم مسائل مدیریت منابع آب با سایر حوضه‌ها از قبیل: اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و...،
- وجود شاخص‌ها و معیارهای متضاد در مسائل مدیریت منابع آب، و وجود سازمان‌ها، نهادها و مصرف‌کنندگان مختلف در مدیریت منابع آب،
- لزوم در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح‌ها و برنامه‌های پیشنهادی به‌منظور انتخاب گزینه‌های برتر،
- وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب (میان‌آبادی و افشار،۱۳۹۰).

در ادامه تعدادی از مطالعات انجام شده مرتبط با پژوهش حاضر بررسی شده است.

کشاورزی و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی بولین (دو ارزشی) و فازی در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منطقه زیاران پرداختند. در این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی، با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی و با استفاده از روش وزن‌دهی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، با روش‌های رایج و سنتی ارزیابی اراضی مانند روش پارامتریک مقایسه شده است. مقایسه شاخص اراضی به‌دست آمده از روش‌های فازی و پارامتریک نشان داد، روش فازی در همه واحدهای اراضی، افزایش شاخص اراضی را به همراه دارد. همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه، برای روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی (r= 0.91) با استفاده از روش AHP، بیشتر از روش پارامتریک (r=0.87) بوده است. برشنده و همکاران (۱۳۹۱) کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت یکپارچه منابع آب غرب دریاچه ارومیه را بررسی کردند. در این تحقیق به‌منظور به‌کارگیری تکنیک‌های چند معیاره برای مدیریت یکپارچه منابع آب در غرب ارومیه، ۸ معیار تعیین شد. سپس وزن معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین و با استفاده از روش SAW[۴] و TOPSIS[۵] رتبه‌بندی شدند. با

ترکیب حالت‌های مختلف گزینه‌ها، ۵ سناریو تعریف شد. اجرای این سناریو موجب ۵۰۰ میلیارد ریال صرفه‌جویی در اعتبارات عمرانی، جلوگیری از زیر آب رفتن روستاها، انتقال سالانه ۲۲۳ میلیون‌مترمکعب (۱۰ سال) زودتر به دریاچه ارومیه، تأمین نیاز آبی ذی‌نفعان، اطمینان حداکثری از کارایی پی سد به‌علت کاهش ارتفاع سد، تأمین آب مورد نیاز دریاچه با حداقل انتقال مستقیم و کاهش فشاراجتماعی بر فعالیت‌های توسعه‌ای وزارت نیرو در حوضه دریاچه ارومیه شده است.

طالبی و همکاران (۱۳۹۲) اولویت‌بندی تخصیص آب سد قشلاق سنندج با استفاده از روش FAHP را بررسی کردند. به‌این منظور نخست ساختار مسأله تصمیم‌گیری طراحی، سپس گزینه‌های مختلف براساس معیارهای مطرح شده در تصمیم‌گیری با هم مقایسه و در نهایت اولویت انتخاب هر یک از آن‌ها مشخص شد. بنابراین سلسله مراتبی با اهداف متفاوت طراحی برای سه معیار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) در نظر گرفته شد. پس از ترسیم درخت سلسله مراتبی و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها و زیرمعیارها، گزینه‌های محاسبات برای تعیین وزن گزینه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد معیار اقتصادی با وزن جزئی ۰/۲۵۱ نسبت به دو معیار دیگر بیشترین اهمیت را دارد. افزون بر این تخصیص آب به بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۲۴۷ در اولویت اول قرار گرفت.

قائمی و همکاران (۱۳۹۵) روش‌های آموزش محیط‌زیست براساس مدل AHP را بررسی کردند. در این پژوهش ابزار نظرسنجی، پرسشنامه با طرح یک سوال در مقیاس چند گزینه‌ای-تک جوابی و جهت سنجش میزان علاقه کارکنان در خصوص انواع روش‌های معمول آموزشی در ادارات صورت پذیرفته است. نتایج حاصل از نظر سنجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با در نظر گرفتن کلیه معیارهای تاثیرگذار در فرایند تصمیم‌گیری ارزیابی شد. در این مدل با روش دلفی و کسب نظر از افراد متخصص دانشگاهی در حوزه علوم تربیتی پارامترهای زمان، هزینه، افزایش سطح دانش، تعداد فراگیران، تغییر رفتار و وجود تعامل بین فراگیران به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب و رتبه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد کارگاه آموزشی با وزن ۰/۵۱۵ دارای بالاترین امتیاز، گزینه‌های آموزش از راه دور با وزن ۰/۲۶۳ و سخنرانی با وزن ۰/۲۲۲ در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند.همچنین در این تحقیق با تغییر در ارجحیت هر یک از معیارهای زمان، هزینه، افزایش سطح دانش، تعداد فراگیران، تغییر رفتار و وجود تعامل بین فراگیران، اولویت روش‌های آموزشی به‌صورت کمی قابل محاسبه می‌باشد. به‌طوری‌که با هدف افزایش تعداد فراگیران (تغییر درصد وزنی معیار فراگیران از ۷/۶ به ۳۷/۸) آموزش از راه دور نسبت به کارگاه‌های آموزشی و سخنرانی اولویت بیشتری دارد. به‌این‌ترتیب با هدف افزایش سطح دانش (تغییر درصد وزنی معیار دانش از ۱۶/۹ به ۶۰/۳) سخنرانی دارای اولویت بالاتری نسبت به کارگاه‌های آموزشی و آموزش از راه دور خواهد داشت.

صادقی گوغری و احمدپور برازجانی (۱۳۹۵) الگوی بهینه زراعی را با تاکید بر پایداری منابع طبیعی و محیط‌زیست در منطقه ارزوئیه تعیین کردند. در این پژوهش چهار آرمان فازی شامل بیشینه کردن سود، کمینه کردن مصرف آب آبیاری، کمینه کردن کود و سموم در قالب چهار سناریو بررسی شد و چهار الگوی بهینه کشت با اعمال وزن‌های متفاوت به آرمان‌ها به‌دست آمد. نتایج نشان داد در سناریوهایی که حفظ منابع طبیعی و پایداری تولید در اولویت قرار می‌گیرد، محصولاتی که آب، کود و سم کمتری مصرف می‌کنند بیشتر وارد الگوی کشت می‌شوند.

پورخباز و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری تعاملی AHP و Fuzzy AHP به روش آنالیز سیستمی، به مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهری پرداختند. آن‌ها این مطالعه را با هدف تعیین نقاط مناسب جهت توسعه شهری، براساس شاخص‌های مدل ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری ایران را در حاشیه شهر اراک انجام دادند. به‌این‌منظور از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و فازی AHP جهت تعیین وزن معیارها و توابع عضویت فازی برای استانداردسازی آن‌ها استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که از مجموع کل مساحت منطقه به روش FAHP، ۰/۶۳٪ دارای اراضی با توان درجه یک و ۱۲٪ دارای اراضی نامناسب برای کاربری توسعه شهری هستند. همچنین به روش AHP، ۶۵٪ دارای توان درجه یک و ۲۱٪ دارای اراضی نامناسب است. نتایج کنترل طبقات مدل توسعه شهری در این مطالعه ضمن تأیید مدل تصمیم‌گیری سلسله مراتبی AHP در منطقه مورد مطالعه مشخص نمود که روش تصمیم‌گیری چندمعیاره FAHP بهترین روش ارزیابی است. این روش عمل ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین را با دقت بیشتری مدل‌سازی کرده و تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشته است.

سخدری و ضیایی (۱۳۹۷) اولویت‌های توسعه بخش کشاورزی استان خراسان رضوی را تحت رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بررسی کردند. این مطالعه، تلاش برای رسیدن به یک الگوی کاربردی جهت تدوین اولویت‌ها و تخصیص منابع استان خراسان رضوی در بخش کشاورزی است. باتوجه‌به نتایج پژوهش تولید زعفران به‌عنوان اولویت نخست و تولید غلات، تولید دام، تولید خشکبار، تولید محصولات باغی، تولید زنبور عسل و در نهایت، تولید صیفی‌جات به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی بخش کشاورزی استان خراسان رضوی قرار گرفتند. این

رویکرد در زمینه‌های گوناگون بسیار استفاده شده است. از دیگر دستاوردهای این پژوهش استفاده از یک روش تئوریک به‌صورت کاربردی است که می‌تواند مقدمه‌ای برای گام‌های بعدی و به‌کارگیری این روش در ابعاد گوناگون باشد.

بهمن‌پوری و سلطانی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت یکپارچه منابع آب شهرستان نی‌ریز پرداختند. آن‌ها دریافتند، معیار اقتصادی و اجتماعی به‌ترتیب با وزن ۰/۰۳۵۷ و ۰/۳۵۸ بیشترین تاثیر را در فرآیند ارزیابی دارد و معیارهای زیست‌محیطی و فنی به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۹۳ و ۰/۹۱ رتبه‌های بعدی تاثیرگذاری را دارند. از میان راهکارهای تدوین شده، تغییر کاربری آب با امتیاز ۰/۶۸۲ در رتبه نخست و راهکار افزایش تغذیه و کاهش تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی با امتیاز ۰/۶۳۸ در رتبه دوم قرار دارد.

Chen و Hwang (۱۹۹۲) در کتاب تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، روش‌های مختلفی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها با در نظر گرفتن معیارهای مختلف در شرایطی که فقط یک تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد ارائه کردند. آن‌ها، شاخص‌های کارایی سیستم را به‌صورت مکانی و زمانی تعیین کردند. Bournaski و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور مدیریت کیفیت آب رودخانه مستا در کشور بلغارستان یک مدل حمایتی تصمیم‌گیری طراحی کردند. آنان ضمن معرفی استفاده‌های جایگزین از آب رودخانه، به‌منظور بهبود کیفیت آب رودخانه، دوازده معیار اقتصادی و زیست‌محیطی را در نظر گرفته و در قالب تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل حمایتی تصمیم‌گیری را طراحی و محاسبه کردند. نتایج نشان داد، معیارهای زیست‌محیطی نسبت به معیارهای اقتصادی وزن بیشتری دارند.

Alizadeh و همکاران (۲۰۱۷) مدیریت هیدرو زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی براساس یک رویکرد سازش چند منظوره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی فازی را بررسی کردند. این مطالعه رویکرد جدیدی در رابطه با تعیین سیاست‌های بهینه اجتماعی برای مدیریت هیدرو زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی ارائه می‌دهد، که همزمان درگیری و مذاکره ذی‌نفعان درگیر، عدم قطعیت در ترجیحات تصمیم‌گیرندگان، را مورد توجه قرار می‌دهد. عدم قطعیت در پارامترهای آب زیرزمینی و مشکلات کیفیت و کمیت آب زیرزمینی، مدل بهینه‌سازی شبیه‌سازی چند هدفه فازی بر اساس مدل شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی کمی و کیفی (MODFLOW و MT۳D)، مدل بهینه‌سازی چندهدفه (NSGA-II)، آنالیز مونت کارلو و روش تبدیل فازی (FTM) ساخته شده است. بهترین راه‌حل‌های سازش (بهترین سیاست‌های مدیریتی) در منحنی‌های معامله با استفاده از چهار معیار اجتماعی مختلف انتخاب و به روش فازی (FSC) تعیین می‌شود. سرانجام، روش چانه‌زنی به‌منظور ارائه مطلوب‌ترین روش FSC به‌کار برده می‌شود. نتایج نشان داد پایدارترین سیاست، تخصیص در مدیریت منابع آب زیرزمینی است.

Muhammet و همکاران (۲۰۱۸) چارچوب ارزیابی ریسک را مبتنی بر Fine-Kinney با استفاده از FAHP-FVIKOR طراحی کردند. در این روش، ارزیابی ریسک با استفاده از یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) با VIKOR فازی (FVIKOR) انجام شده است. در این پژوهش با مقایسه روش مذکور با روش کلاسیك و روش فازی برای شباهت يك راه‌حل ایده‌آل (FTOPSIS) بحث شده است. نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی در کمک به ذی‌نفعان برای تعیین سیاست‌های کنترل ریسک برای اعتبارسنجی و اثربخشی کنترل‌های ریسک موثر است.

Bhanu و Amit (۲۰۱۹) حساسیت مدل تصمیم‌گیری فرایند تجزیه و تحلیل فازی (FAHP) برای استخراج معادن زیر زمینی را تجزیه و تحلیل نمودند. هدف از این مطالعه بررسی حساسیت در تصمیم‌گیری است که منجر به انتخاب روش استخراج معادن زیرزمینی مناسب با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) می‌شود. در این مدل شانزده معیار بررسی شد و در نهایت هفت معیار به‌عنوان مناسب‌ترین معیارها انتخاب شد. این مدل از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول نشان‌دهنده معیارها (عوامل تاثیرگذار بر روش معدن)، لایه دوم نشان‌دهنده (طبقه‌بندی عوامل) و لایه سوم نشان‌دهنده جایگزینی (روش استخراج) است. اولویت روش‌های مختلف استخراج معدن بر اساس وزن تعیین شد. وزن هفت روش معدن با استفاده از عامل فزاینده مختلف تحت رویکردهای مختلف تصمیم‌گیری (خوش‌بینانه، بدبینانه و بی‌طرفانه) تعیین و حساسیت نتایج تصمیم‌گیری به‌منظور درک استحکام مدل تجزیه و تحلیل شد.

Abdullah و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) رودخانه کیفیت آب‌های سطحی را با دو رویکرد متفاوت ارزیابی کردند. رویکرد اول، طبقه‌بندی نمونه‌های آب توسط شاخص کیفیت سنتی آب را تعیین می‌کند و رویکرد دوم به کمک طبقه‌بندی فازی (MFL) در تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی آب متمرکز شده است. برای این مورد، وزن نسبی پارامتر کیفیت آب بر اساس فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) محاسبه می‌شود. در روش ارزیابی کیفیت آب فازی، توابع عضویت ذوزنقه‌ای به دلیل بالاترین دقت طبقه‌بندی آن استفاده می‌شود. همچنین، می‌تواند رفتار پویای پارامترهای کیفیت آب را توصیف کند. نتایج حاصل نشان می‌دهد آب‌های سطحی رودخانه وضعیت مطلوبی دارند. علاوه‌براین کیفیت نمونه آب از منطقه معادن به‌طور متوسط تا خوب یافت می‌شود. ازاین‌رو از این روش می‌توان برای نظارت بر مشکل کیفیت آب به‌صورت محلی یا منطقه‌ای استفاده کرد.

مبانی نظری و روش تحقیق

Zadeh (۱۹۶۵) برای بیان متغیرهای زبانی و مفاهیم تقریبی به‌صورت کمی تئوری فازی را مطرح نمود. این تئوری بیان می‌کند اگر x مجموعه مرجع باشد، آنگاه مجموعه A در x به‌صورت مجموعه دو عضوی $A=\{(x,\mu_A(x))|x\in X\}$ بیان می‌شود که $\mu_A(x)$ بیانگر درجه عضویت X در مجموعه فازی A و عددی بین صفر تا یک است. به‌عبارت‌دیگر X جز مجموعه فازی A با یک درجه عضویت است. جهت تعمیم مفاهیم ریاضی قطعی به مجموعه‌های فازی از اصل گسترش استفاده می‌شود. دو عدد متعارف فازی عبارتند از: عدد فازی مثلثی و عدد فازی ذوزنقه‌ای. عدد فازی A= (a, b, c) را یک عدد فازی مثلثی گویند به‌طوری‌که تابع عضویت آن در بازه [a,b] اکیداً صعودی و برابر $\mu_A(x)=(x-a)/(b-a)$ و در بازه [b,c] اکیداً نزولی و برابر $\mu_A(x)=(c-x)/(c-b)$ باشد. در اینجا b بعد میانی a و c به‌ترتیب پای چپ و پای راست عدد فازی مثلثی می‌باشد. همچنین عدد فازی A=(a, b, c, d) را یک عدد فازی ذوزنقه‌ای گویند به‌طوری‌که تابع عضویت آن در بازه [a,b] اکیداً صعودی برابر $\mu_A(x)=(x-a)/(b-a)$، در بازه [b,c] واحد و یکسان، و در بازه [c,d] اکیداً نزولی و برابر $\mu_A(x)=(d-x)/(d-c)$ باشد. b و c به‌ترتیب پای راست و پای چپ عدد فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد (اصغرپور،۱۳۸۱). جهت به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی تحت منطق فازی روش‌های متعددی پیشنهاد شده است.

اولین تلاش‌ها برای فازی کردن AHP توسط Laarhove و Pedrycz (۱۹۸۳) بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی انجام شد. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی در این روش سبب شد که چندان مورد استفاده قرار نگیرد. Chang (۱۹۹۶) روش‌های ساده‌تری برای فازی نمودن AHP به‌صورت فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ایی (EA) ارائه کرد، اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی بودند. Weck و همکاران (۱۹۹۷) با افزودن ریاضیات منطق فازی به روش کلاسیک AHP روشی را جهت ارزیابی گزینه‌های متفاوت سیکل تولیدی ارائه کردند. در این روش ارزیابی هر سیکل تولیدی به‌صورت یک مجموعه فازی به‌دست می‌آید. سپس این ارزیابی‌های فازی با شکل‌دهی مرکز ثقل هر مجموعه فازی، غیرفازی شده و در نهایت سیکل‌های متناوب تولیدی با توجه به هدف اصلی مساله به‌ترتیب رتبه‌بندی می‌شوند. در روش‌های نامبرده بررسی سازگاری فرآیند با مشکل مواجه شده و نیاز به بررسی سازگاری خواهد بود (Weck و همکاران، ۱۹۹۷).

مراحل اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به شرح ذیل می‌باشد:

گام۱) ترسیم درخت سلسله مراتبی، در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم با استفاده از سطوح هدف معیار و گزینه ترسیم می‌شود.

گام۲) تشکیل ماتریس قضاوت زوجی: ماتریس‌های توافقی بر طبق درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی مثلثی تشکیل می‌شود.

گام۳) میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان طبق ماتریس زیر تشکیل می‌شود (اصغرپور، ۱۳۸۱):

$$\begin{bmatrix} (1,1,1) & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & (1,1,1) & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$a_{ij} = {\sum_{k=1}^{p_{ij}} a_{ijk}}\Big/{p_{ij}} \qquad i,j = 1,2,\dots,n \quad (۲)$$

گام ۴) محاسبه مجموع عناصر سطر:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,n \quad (۳)$$

گام ۵) نرمالایز کردن:

$$M_t = S_t \emptyset [\sum_{i=1}^{n} S_t]^{-1} \qquad i = 1,2,\dots,n \quad (۴)$$

درصورتی‌که S_t به‌صورت (I_t, m_t, H_t) نشان داده شود، رابطه فوق به‌صورت ذیل محاسبه خواهد شد:

$$M_t = \left({I_t}\Big/{\sum_{i=1}^{n} H_t}, {m_t}\Big/{\sum_{i=1}^{n} m_t}, {H_t}\Big/{\sum_{i=1}^{n} I_t}\right) \quad (۵)$$

گام ۶) تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر μ_t نسبت به سایر μ_tها محاسبه و بیان می‌شود.

$$d'(A_t) = Min\, V(M_t \geq M_k) \qquad k = 1,2,\dots,n \quad k \neq i \quad (۶)$$

بنابراین بردار وزن ماتریس به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$W' = [\, d'(A_t), d'(A_t), \dots., d'(A_i)]^T \quad (۷)$$

گام ۷) نرمالیزه کردن:

$$w_t = \left({d'(A_1)}\Big/{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, {d'(A_2)}\Big/{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \dots., {d'(A_n)}\Big/{\sum_{i=1}^{n} d'(A_n)}\right)^T \quad (۸)$$

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیرفازی) هستند. با تکرار این فرآیند دوران تمامی ماتریس‌ها به‌دست می‌آید.

گام ۸) ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه و معیارها، وزن نهایی گزینه به‌دست خواهد آمد (زنجیرچی، ۱۳۹۳).

$$u_t = \sum_{j=1}^{n} w_t r_{ij} \;\forall j \quad (۹)$$

در جدول (۲) شاخص‌ها و گزینه‌های به‌کار گرفته شده در این مطالعه ارائه شده است. جهت بررسی و اجرای فرآیند مدل، شاخص‌ها و گزینه‌ها با استفاده از نظرات ۱۰ کارشناس خبره سازمان شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهادکشاورزی و سازمان محیط‌زیست تعیین و مصاحبه حضوری با آنها انجام شد.

جدول ۲- شاخص‌های مورد بررسی جهت اولویت‌بندی تخصیص آب

نام شاخص	شرح	نام شاخص	شرح
C1	درآمدزایی	C6	افزایش جمعیت
C2	سطح زیرکشت	C7	اکوسیستم پایین‌دست
C3	جذب توریسم	C8	کیفیت آب
C4	اشتغال زایی	C9	تثبیت ریزگردها
C5	سطح رفاه		

گزینه‌های مورد مطالعه (ذی‌نفعان) تحت رویکردهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر اساس شاخص‌های مختلف کشاورزی، محیط‌زیست، شرب، صنعت و خدمات و تفریحی و گردشگری در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- گزینه‌های تحت بررسی براساس تکنیک‌های چندشاخصه

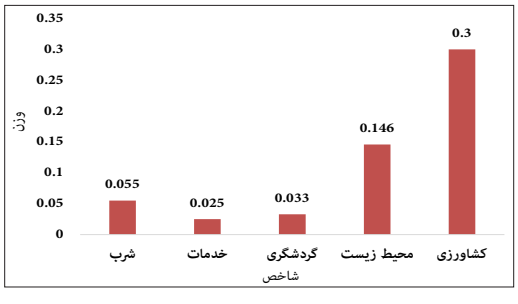
نام گزینه	شرح
A1	کشاورزی
A2	محیط‌زیست
A3	شرب
A4	صنعت و خدمات
A5	تفریحی و گردشگری

نتایج و بحث

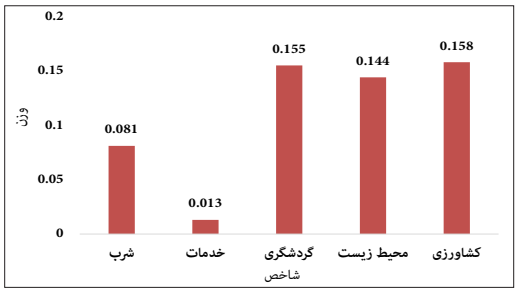
اطلاعات مورد نیاز با تکمیل پرسشنامه و نظرخواهی از ۲۵ کارشناس خبره سازمان‌های مرتبط جمع‌آوری شد. بعد از بررسی روایی و پایایی پرسشنامه‌ها از اطلاعات آن‌ها جهت مدل‌سازی استفاده شد. در ادامه نتایج حاصل از مدل‌سازی تکنیک FAHP تحت رویکردهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارائه شده است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مطالعه حاضر بر اساس سه رویکرد مدیریتی: ۱) اقتصادی؛ ۲) اجتماعی؛ ۳) زیست‌محیطی انجام گرفت. شاخص‌های اقتصادی عبارتند از: سودآوری، سطح زیرکشت و الگوی کشت؛ شاخص‌های اجتماعی عبارتند از: اشتغال‌زایی، سطح رفاه و جمعیت و شاخص‌های زیست‌محیطی عبارتند از: حفظ منابع آب، اکوسیستم پایین‌دست و تثبیت ریزگردها. نتایج نهایی تحلیل سلسله مراتبی فازی براساس رویکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در شکل‌های (۱، ۲ و ۳) ارائه شده است.

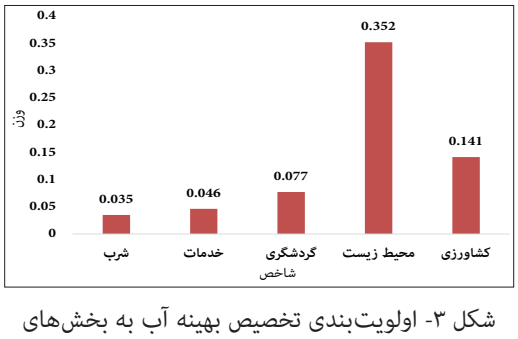
باتوجه‌به شکل (۱)، درصورتی‌که در امر تخصیص آب، جنبه اقتصادی بیشترین اهمیت را داشته باشد، بخش‌های کشاورزی و محیط‌زیست به دلیل داشتن بالاترین سهم در درآمدزایی و تأمین معاش مردم استان سیستان و بلوچستان در اولویت قرار خواهند گرفت.



شکل ۱- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد اقتصادی



شکل ۲- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد اجتماعی



شکل ۳- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد زیست‌محیطی

در شکل (۲)، نتایج حاصل از تخصیص بهینه آب مخازن چاه‌نیمه براساس رویکرد اجتماعی و با استفاده از روش FAHP ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، بر اساس رویکرد اجتماعی، همچنان بخش کشاورزی در اولویت تخصیص منابع آب مخازن چاه‌نیمه در استان سیستان و بلوچستان با وزن ۰/۱۵۸ قرار دارد. اما وزن بخش کشاورزی در رویکرد اجتماعی نسبت به رویکرد اقتصادی کاهش داشته است. اولویت دوم تخصیص آب، در رویکرد اجتماعی به بخش تفریحی و گردشگری تعلق دارد و نشان‌دهنده اهمیت این بخش در این رویکرد است. در این رویکرد، بخش تفریحی و گردشگری نسبت به رویکرد اقتصادی در جایگاه بالاتری قرار گرفته است. در رویکرد اجتماعی بخش محیط‌زیست نسبت به رویکرد اقتصادی در رتبه پایین‌تری قرار گرفت و در رتبه سوم تخصیص منابع آب چاه نیمه قرار دارد.

در شکل (۳)، نتایج حاصل از تخصیص بهینه آب مخازن چاه‌نیمه براساس رویکرد زیست‌محیطی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داده شده است. در این شکل، بر خلاف شکل‌های (۱) و (۲) که نشان‌دهنده رویکردهای اقتصادی و اجتماعی است، در رویکرد زیست‌محیطی، بخش محیط‌زیست به دلیل اهمیت در این رویکرد با وزن ۰/۳۵۲ بالاترین اولویت تخصیص را دارد. بخش کشاورزی در این رویکرد در جایگاه دوم و بخش‌های تفریحی و گردشگری و ... در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از آنجایی‌که در رویکرد زیست‌محیطی اهمیت تالاب‌ها و محیط‌زیست منطقه مدنظر است، توجه و نظارت ویژه کارشناسان مربوطه به این بخش بیشتر است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در پژوهش حاضر اولویت‌بندی تخصیص منابع آب مخازن چاه‌نیمه در استان سیستان و بلوچستان بین مصارف شرب، خدمات، گردشگری، محیط‌زیست و کشاورزی مدنظر بوده است. شاخص‌های بررسی شده طبق نظرات کارشناسان خبره براساس ۴ رویکرد مدیریتی: اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی تنظیم شده است. همچنین مدل‌سازی مورد نظر تحت ۳ رویکرد مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی انجام شد. در این مطالعه اولویت‌بندی بهره‌برداری منابع آب استان سیستان و بلوچستان با استفاده از ۹ شاخص مهم برای تعیین وزن نهایی مصارف مختلف با استفاده از روش FAHP انجام شد. باتوجه‌به اینکه بخش کشاورزی بیشترین وزن را در بین ۲ رویکرد اقتصادی و اجتماعی داشته است؛ لذا عرضه آب به بخش کشاورزی به‌طور مستقیم بر اقتصاد کشاورزی و به‌طور غیرمستقیم بر کل اقتصاد منطقه اثر معنی‌داری دارد. این یافته بیانگر اهمیت بخش کشاورزی در اقتصاد و شرایط اجتماعی منطقه است. باتوجه‌به اینکه شغل اکثریت مردم استان سیستان و بلوچستان کشاورزی می‌باشد، از طرفی در رویکردهای اقتصادی و اجتماعی بخش کشاورزی در رتبه اول قرار گرفت لذا توجه مسئولان مربوطه جهت رونق این بخش را بیش‌ازپیش می‌طلبند. اطلاعات کتابخانه‌ای برای هر تحقیق و مطالعه‌ای ضروری است، عدم وجود این اطلاعات از جمله محدودیت‌هایی است که این تحقیق با آن مواجه بود. در کسب اطلاعات مورد نیاز از سازمان جهاد کشاورزی استان و مدیریت جهادکشاورزی شهرستان‌های استان سیستان و بلوچستان به علت عدم هماهنگی‌ها و عدم توجه مسئولین مربوطه مشکلاتی نظیر عدم دسترسی به جمع‌آوری داده‌های این تحقیق و عدم همکاری کارشناسان مربوطه در پاسخ به پرسش‌های موجود در پرسشنامه وجود داشت. در ادامه جهت بهبود کارهای تحقیقی آینده در زمینه مقاله حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تصمیم‌گیری چند شاخصه، توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مناسب و زمینه تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌آورد. بنابراین به متولیان تخصیص آب در سطح منطقه توصیه می‌شود، جهت مدیریت و بهره‌برداری بهینه از سدهای مخزنی و سایر منابع آبی این روش‌ها را مورد توجه قرار دهند.
- با مصاحبه با کارشناسان مربوط مشخص شد، برنامه مدونی برای بهره‌برداری آب باتوجه‌به شرایط بحرانی آن در استان سیستان و بلوچستان وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاری‌ها، راهبردهای بلندمدت و برنامه‌های آتی در خصوص تخصیص و بهره‌برداری آب، باتوجه‌به شرایط کنونی منطقه تدوین شود.
- باتوجه‌به اولویت‌های به‌دست آمده از نتایج این مطالعه، می‌توان با تجهیز و بازسازی و احداث تفرجگاه‌ها، مکان‌های تفریحی و استراحتگاه‌ها به اهداف متعددی از قبیل جذب گردشگر در استان سیستان و بلوچستان که به نوبه خود در رونق اقتصادی تأثیر به‌سزایی دارد، دست یافت.

پی‌نوشت

1- Multi criteria decision making Method (MCDM).

2- Fuzzy Analytical Hierarchy process (FAHP).

3- Integrated resource water management (IRWM).

4- Simple additive weighting (SAW).

5- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

منابع

اصغرپور، م. ج. ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری چندمعیاره. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه‌تهران.

برشنده، س.، شمسایی، ا. و علی‌محمدی، ع. ۱۳۹۱. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت یکپارچه منابع آب غرب دریاچه ارومیه. یازدهمین کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک ایران. دانشگاه ارومیه، ارومیه.

بهمن‌پوری، ص. و سلطلانی، غ. ۱۳۹۷. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت یکپارچه منابع آب شهرستان نی‌ریز. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات اقتصادکشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۴-۱۰۵.

پورخباز، ح.، کمانی، س.، جوانمردی، س. و یوسفی خانقاه، ش. ۱۳۹۶. مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری تعاملی AHP و AHPFuzzy مطالعه موردی حاشیه شهر اراک. نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، (۲۱)۱۳۳:۱-۱۶۵.

زنجیرچی، س. ۱۳۹۳. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی. چاپ دوم. انتشارات صانعی شهمیرزادی. تهران.

سخدری، ح. و ضیایی، س. ۱۳۹۷. اولویت‌های توسعه بخش کشاورزی استان خراسان رضوی: رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP). مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۱):۲۰۷-۲۲۴.

سردار شهرکی، ع.، شهرکی، ج. و هاشمی منفرد، س. آ. ۱۳۹۵. بررسی رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی. پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۳۱(۹): ۷۳-۹۸.

صادقی گوغری، ب. و احمدپوربرازجانی، م. ۱۳۹۵. تعیین الگوی بهینه زراعی با تأکید بر پایداری منابع طبیعی و محیط‌زیست در منطقه ارزوئیه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۶(۴): ۱۹۵-۱۸۵.

طالبی، ع.، قربانی، م. و دانشفراز، ر. ۱۳۹۲. اولویت‌بندی تخصیص آب سد قشلاق سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.

قائمی، پ.، شبیری، س.م.، لاریجانی، م. و رکرک، ب. ۱۳۹۵. ارزیابی روش‌های آموزش محیط‌زیست بر اساس مدل AHP. نشریه آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۴(۳): ۳۳-۴۴ .

کشاورزی، ع. سرمدیان، ف. و حیدری، ا. ۱۳۹۰. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی بولین (دو ارزشی) و فازی در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (بررسی موردی: منطقه زیاران). نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران). ۶۴(۴): ۴۷۶-۴۶۳.

میان‌آبادی، ح. و افشار،ع. ۱۳۹۰.تصمیم‌گیری چندشاخصه در رتبه‌بندی طرح‌های تامین آب شهری. فصلنامه آب و فاضلاب، ۱۹(۶۶): ۳۴-۴۵.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. گزارش برنامه‌ریزی منابع آب رودخانه و مخازن چاه نیمه‌های سیستان. جلد دوم. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان. زابل.

Alizadeh M.R., Nikoo M.R. and Rakhshandehroo G.Reza. 2017. Hydro-environmental management of groundwater resources: A fuzzy-based multi-objective compromise approach. Journal of Hydrology, 55(1): 540-554.

Abdullah A., MFarhad H. and Azad Sohail MD. 2019. Assessment of surface water quality using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): A case study of Piyain River's sand and gravel quarry mining area in Jaflong, Sylhet. Journal Ground Water for Sustainable Development, 9(2): 100-208.

Bhanu C. and Amit K.G. 2019. Sensitivity analysis of fuzzy-analytic hierarchical process (FAHP) decision-making model in selection of underground metal mining method. Journal of Sustainable Minig, 18(1): 8-17.

Bournaski E.G., Kirilov L.M., Iliev R.S. and Diadovski I. (2006). Decision support for water quality management, International conference on computer systems and technologies. University of Veliko Tarnovo, Bulgaria.

Chen S.J. and Hwang C.L. 1992. Fuzzy multiple attribute decision making. Part of the Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems book series. Springer, 375.

Chang D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 95: 649-655.

Hyde K.M., Maier H.R. and Colby C.B. 2005. A Distance-Based Uncertainty Analysis Approach to Multi Criteria Decision Analysis for Water Resource Decision Making. Journal of Environmental Management, 77(4): 278-290.

Laarhoven V. and Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Journal Of Fuzzy set sand systems, 11(3): 229-241.

Madani K, mohammadi M., Mokhtari S., Moradi.

Fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 5(3): 3-16.

Weck M., Klocke F., Schell H. and Roenauver E. 1997. Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method". European Journal of Operational Research, 100(2): 351-366.

Zadeh L.A. 1965. "Fuzzy Sets." Information and Control, 8(3): 338-353.

M.and Xanthopoulos P. 2014a. Social Planner's Solution for the Caspian Sea Conflict, Group Decision and Negotiation. Journal of Environmental Studies and Sciences, 4(23): 579–596.

Madani K, Zarezadeh M. and Morid S. 2014b. A new framework for resolving conflicts over transboundary rivers using bankruptcy methods. Journal of Hydrology and Earth System Sciences, 18(8): 30-55.

Muhammet G., Busra G. and Ali F.G. 2018. A new