فصلنامه علمی اقتصاد و مدیریت شهری، ۱۴(۱(پیاپی ۵۳))، ۱۵۷-۱۴۳
www.iueam.ir
نمایه در ISC، EconLit، Econbiz، EBZ، GateWay-Bayern، SID، Google Scholar، Noormags، Magiran، Ensani، RICeST، Civilica
شاپا: ۲۸۷۰-۲۳۴۵

فصلنامه علمی
اقتصاد و مدیریت شهری

اولویت‌بندی عوامل کلیدی در پیاده‌سازی مدل همسویی استراتژی‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی مبتنی بر روش BWM فازی

زهرا موسوی — دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
مهرداد حسینی شکیب* — دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
سید جواد ایرانبان فرد — دانشیار گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

چکیده:

با توجه به چالش‌های فزاینده مدیریت منابع آب شهری و ضرورت انتقال به مدل‌های پایدار، همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب با رویکرد اقتصاد چرخشی اهمیت ویژه‌ای یافته است. هدف این پژوهش، اولویت‌بندی عوامل کلیدی در پیاده‌سازی مدل همسویی استراتژی‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی با استفاده از روش بهترین-بدترین (BWM) فازی است. روش پژوهش آمیخته کیفی-کمی بوده و در مرحله اول، ابعاد و مؤلفه‌های مدل از طریق پنل خبرگان متشکل از ۱۳ متخصص حوزه آب با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند شناسایی شد. در مرحله دوم، اولویت‌بندی عوامل با استفاده از روش BWM فازی انجام گردید. نتایج نشان داد که از میان هشت بُعد اصلی، استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف با وزن ۰/۲۸۱ در رتبه اول، استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها با وزن ۰/۲۰۱ در رتبه دوم و استراتژی‌های اقتصاد چرخشی با وزن ۰/۱۵۳ در رتبه سوم اهمیت قرار گرفتند. در بررسی مؤلفه‌ها، تحلیل الگوهای مصرف، بهینه‌سازی و هوشمندسازی شبکه توزیع، و بازیافت و استفاده مجدد به عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های هر بُعد شناسایی شدند. شاخص‌های سازگاری فازی کمتر از ۰/۱۰ نشان‌دهنده اعتبار مطلوب نتایج است. یافته‌های این پژوهش چارچوبی علمی برای اولویت‌گذاری سرمایه‌گذاری‌ها و تخصیص منابع در جهت پیاده‌سازی موثر مدل همسویی استراتژی‌های آب شهری ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: مدیریت آب شهری، اقتصاد چرخشی، روش بهترین-بدترین فازی، همسویی استراتژی‌ها، اولویت‌بندی

* نویسنده مسئول: Mehrdad.shakib@kiau.ac.ir

۱- مقدمه

مدیریت منابع آب شهری در دهه‌های اخیر با چالش‌های پیچیده و چندبُعدی مواجه شده است که ناشی از تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت شهری، توسعه صنعتی و کاهش کیفیت منابع آبی می‌باشد (Ahmadi et al., ۲۰۲۱). این چالش‌ها ضرورت بازنگری در الگوهای سنتی مدیریت آب را آشکار کرده و مدیران و سیاست‌گذاران را به سوی پذیرش رویکردهای نوین و پایدار سوق داده است. در این راستا، رویکرد اقتصاد چرخشی به عنوان پارادایم جدید توسعه پایدار، توجه فزاینده‌ای در حوزه مدیریت منابع آب به خود جلب کرده است (Al-Saidi et al., ۲۰۲۱).

اقتصاد چرخشی در بخش آب بر اصول کاهش، بازاستفاده و بازیافت آب استوار است و هدف آن ایجاد حلقه‌های بسته در چرخه آب شهری، کاهش هدررفت منابع، و تبدیل ضایعات به منابع قابل استفاده است (Fernandes & Cunha Marques, ۲۰۲۳). این رویکرد نه تنها به حفظ منابع آب کمک می‌کند، بلکه فرصت‌هایی برای ایجاد ارزش اقتصادی، کاهش آلودگی محیط زیست، و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های آبی شهری فراهم می‌آورد (Smol et al., ۲۰۲۰).

در کشور ایران، با توجه به قرارگیری در منطقه خشک و نیمه‌خشک، تجربه خشکسالی‌های طولانی مدت، و فشار فزاینده بر منابع آب شهری، ضرورت انتقال به مدل‌های پایدار مدیریت آب بیش از پیش احساس می‌شود (Ardalan et al., ۲۰۱۸). شرکت‌های آب و فاضلاب کشور با چالش‌هایی نظیر فرسودگی زیرساخت‌ها، هدررفت بالای آب در شبکه‌های توزیع، افزایش تقاضای آب در مناطق شهری، و محدودیت‌های مالی برای توسعه زیرساخت‌های جدید مواجه هستند (Karimi Alavijeh et al., ۲۰۲۱).

علی‌رغم اهمیت موضوع، مطالعات انجام شده در زمینه پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در بخش آب شهری ایران محدود بوده و بیشتر بر جنبه‌های تئوریک و مفهومی متمرکز شده‌اند. همچنین، عدم وجود چارچوب جامع و منسجم برای همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب با اصول اقتصاد چرخشی، یکی از موانع اصلی پیاده‌سازی موثر این رویکرد محسوب می‌شود (Ranjbari et al., ۲۰۲۱). در این زمینه، ضرورت شناسایی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی موثر بر همسویی استراتژی‌ها به منظور تدوین برنامه‌های عملیاتی مؤثر احساس می‌شود.

مسئله اساسی که این پژوهش به دنبال پاسخ‌گویی به آن است این است که "کدام عوامل در پیاده‌سازی مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی دارای بیشترین اهمیت و اولویت هستند؟" پاسخ به این سؤال می‌تواند مسیر مشخصی برای مدیران و سیاست‌گذاران جهت تخصیص منابع محدود و تمرکز بر اولویت‌های کلیدی فراهم آورد.

مطالعات پیشین در زمینه اقتصاد چرخشی آب عمدتاً بر جنبه‌های فنی و تکنولوژیکی متمرکز بوده‌اند (Koseoglu-Imer et al., ۲۰۲۳). برخی پژوهش‌ها به بررسی فناوری‌های بازیافت و تصفیه آب پرداخته‌اند (Guerra-Rodríguez et al., ۲۰۲۰)، در حالی که مطالعات دیگر بر جنبه‌های اقتصادی و مالی تمرکز کرده‌اند (Bouramdane, ۲۰۲۳). با این حال، کمبود پژوهش‌های جامع که به طور همزمان ابعاد مختلف همسویی استراتژی‌ها را مورد بررسی قرار دهند، مشهود است.

از منظر روش‌شناختی، اکثر مطالعات انجام شده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره سنتی استفاده کرده‌اند که قابلیت مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های خبرگان را ندارند (Fatimah et al., ۲۰۲۴)، در حالی که تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت آب شهری ذاتاً با عدم قطعیت‌های زیادی همراه است که ناشی از پیچیدگی سیستم‌های آبی، تنوع ذینفعان، و تغییرات شرایط محیطی است (Fu et al., ۲۰۲۳).

نوآوری اصلی این پژوهش در ارائه رویکردی جامع و منسجم برای اولویت‌بندی عوامل کلیدی در پیاده‌سازی مدل همسویی استراتژی‌های آب شهری با اقتصاد چرخشی تحت شرایط عدم قطعیت است. استفاده از روش BWM فازی امکان در نظرگیری عدم قطعیت‌های ذاتی در قضاوت‌های خبرگان را فراهم کرده و نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی ارائه می‌دهد. همچنین، این پژوهش برای نخستین بار در ایران، چارچوب جامعی از ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر همسویی استراتژی‌های آب شهری ارائه می‌دهد که می‌تواند مبنای تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی قرار گیرد.

سهم علمی این پژوهش در سه بُعد قابل تبیین است: اول، توسعه چارچوب مفهومی جامع برای همسویی استراتژی‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی که شامل ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی، و محیط زیستی است؛ دوم، ارائه رویکرد منحصربه‌فرد برای اولویت‌بندی عوامل کلیدی با استفاده از روش BWM فازی که قابلیت مدیریت عدم قطعیت را دارد؛ و سوم، فراهم‌سازی یافته‌های عملی برای مدیران و سیاست‌گذاران جهت تخصیص بهینه منابع و تدوین برنامه‌های اولویت‌دار در حوزه آب شهری.

۲ - مبانی نظری

۲-۱- مفهوم اقتصاد چرخشی و کاربرد آن در مدیریت آب

اقتصاد چرخشی به عنوان الگویی اقتصادی تعریف می‌شود که در آن ارزش محصولات، مواد و منابع در اقتصاد تا حد امکان طولانی حفظ می‌شود و تولید زباله به حداقل می‌رسد(Schröder et al., 2020; Zamany et al., ۲۰۲۵). این مدل در تضاد با اقتصاد خطی سنتی قرار دارد که بر الگوی "استخراج-تولید-مصرف-دفع" استوار است. در بخش آب، اقتصاد چرخشی به دنبال بستن چرخه‌های آب از طریق کاهش مصرف، بازاستفاده، بازیافت، و بازیابی منابع است (Smol et al., ۲۰۲۰).

مفهوم همسویی استراتژیک به معنای هماهنگی و یکپارچگی اهداف، سیاست‌ها و فعالیت‌های مختلف سازمان برای دستیابی به اهداف کلان است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۹). در حوزه مدیریت آب شهری، همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضا به معنای ایجاد تعادل و هماهنگی میان اقدامات افزایش عرضه آب (توسعه منابع، زیرساخت‌ها) و مدیریت تقاضا (کنترل مصرف، افزایش کارایی) است که در چارچوب اصول اقتصاد چرخشی صورت می‌گیرد (Bouramdane, ۲۰۲۳).

۲-۲- اصول بنیادین اقتصاد چرخشی در چرخه آب شهری

در چرخه آب شهری، سه اصل اساسی اقتصاد چرخشی قابل تطبیق است. اصل اول، "طراحی برای حذف ضایعات" به معنای کاهش هدررفت آب در شبکه‌های توزیع، بهینه‌سازی مصرف، و جلوگیری از آلودگی منابع آبی است. اصل دوم، "نگهداری محصولات در چرخه استفاده" در حوزه آب به معنای بازاستفاده از آب‌های خاکستری و فاضلاب تصفیه شده در کاربردهای مختلف است. اصل سوم، "احیای سیستم‌های طبیعی" شامل حفظ و بازسازی منابع آب طبیعی و کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی و سطحی است (Silva, ۲۰۲۳).

مدل چرخشی در بخش آب شهری فراتر از صرف بازیافت آب است و شامل بازیابی انرژی، مواد مغذی، و سایر منابع ارزشمند از فاضلاب نیز می‌شود (Fernandes & Cunha Marques, ۲۰۲۳). این رویکرد جامع می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های عملیاتی، کاهش آثار زیست‌محیطی، و ایجاد جریان‌های درآمدی جدید شود.

۲-۳- چارچوب نظری همسویی استراتژیک در مدیریت آب شهری

همسویی استراتژیک در مدیریت آب شهری مستلزم یکپارچگی چهار بُعد اصلی است: بُعد فنی-عملیاتی که شامل زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و فرآیندهای

تصفیه و توزیع است؛ بُعد اقتصادی-مالی که شامل نظام قیمت‌گذاری، تأمین مالی پروژه‌ها و بهینه‌سازی هزینه‌ها است؛ بُعد اجتماعی-نهادی که شامل مشارکت شهروندان، حکمرانی مشارکتی و چارچوب‌های قانونی است؛ و بُعد زیست‌محیطی که شامل حفظ منابع طبیعی، کاهش آلودگی و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های آبی است (Bouramdane, ۲۰۲۳).

در این چارچوب، استراتژی‌های تقاضا-محور بر کاهش و بهینه‌سازی مصرف آب از طریق ابزارهای اقتصادی، فنی و اجتماعی متمرکز هستند، در حالی که استراتژی‌های عرضه-محور بر توسعه منابع جدید، بهبود زیرساخت‌ها و افزایش کارایی شبکه‌های توزیع تأکید دارند (Xiang et al., ۲۰۲۱). همسویی این دو دسته استراتژی با اصول اقتصاد چرخشی ایجاب می‌کند که هر دو به طور همزمان در راستای اهداف پایداری، کارایی اقتصادی و عدالت اجتماعی حرکت کنند.

۴-۲- عوامل کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی همسویی استراتژیک

مطالعات نشان می‌دهند که پیاده‌سازی موفق همسویی استراتژیک در مدیریت آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی منوط به وجود عوامل کلیدی متعددی است. از جمله این عوامل می‌توان به وجود چارچوب‌های قانونی و نظارتی مناسب، تعهد سیاسی و نهادی، دسترسی به فناوری‌های مناسب و بومی، مشارکت فعال ذینفعان، تأمین منابع مالی کافی، و ظرفیت‌سازی نیروی انسانی اشاره کرد (Guerra-Rodríguez et al., 2020; Fatimah et al., ۲۰۲۴).

عدم توجه به یکپارچگی این عوامل و اولویت‌بندی نادرست آن‌ها می‌تواند منجر به شکست یا اثربخشی پایین برنامه‌های اجرایی شود (Koseoglu-Imer et al., ۲۰۲۳). از این رو، شناسایی و اولویت‌بندی علمی این عوامل با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پیشرفته که قادر به مدیریت عدم قطعیت‌های ذاتی در قضاوت خبرگان باشند، ضرورت می‌یابد.

۳- پیشینه پژوهش

در سطح بین‌المللی، پژوهش‌های متعددی به بررسی جنبه‌های مختلف اقتصاد چرخشی در بخش آب پرداخته‌اند. اسمول و همکاران (۲۰۲۰) چارچوب جامعی برای پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب اروپا ارائه دادند که بر تغییر پارادایم از رویکرد خطی به چرخشی در تمام سطوح تأکید داشت. آن‌ها نشان دادند که موفقیت این تحول نیازمند تغییرات ساختاری در سیاست‌گذاری، فناوری و فرهنگ سازمانی است.

فرناندز و کانهامارکوس (۲۰۲۳) مطالعه مروری گسترده‌ای در زمینه بازاستفاده آب از منظر اقتصاد چرخشی انجام دادند و نشان دادند که علاوه بر مزایای زیست‌محیطی، این رویکرد می‌تواند منافع اقتصادی قابل توجهی از جمله کاهش هزینه‌های تأمین آب، ایجاد اشتغال، و کاهش هزینه‌های تصفیه فاضلاب داشته باشد. کوسئوگلو-ایمر و همکاران (۲۰۲۳) چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی اجرای کامل اقتصاد چرخشی آب در کشورهای اروپایی را بررسی کردند و موانعی همچون نبود استانداردهای یکپارچه، محدودیت‌های فنی، و مقاومت‌های اجتماعی را شناسایی کردند.

بورامدان (۲۰۲۳) به بررسی استراتژی‌های بهینه مدیریت آب در شهرهای هوشمند پرداخت و نشان داد که ترکیب استراتژی‌های مدیریت تقاضا با استراتژی‌های توسعه منابع جدید کلیدی‌ترین عامل موفقیت در دستیابی به پایداری است. وی بر اهمیت استفاده از فناوری‌های هوشمند برای پایش مصرف و شناسایی الگوهای رفتاری تأکید کرد.

شاهنگیان و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش رفتارهای حفاظت از آب در سطح خانوار پرداختند و نشان دادند که موفقیت برنامه‌های مدیریت تقاضا به شدت تحت تأثیر عوامل روان‌شناختی، هنجارهای اجتماعی، و انگیزه‌های اقتصادی است. آن‌ها

بر ضرورت طراحی برنامه‌های آموزشی و فرهنگ‌سازی متناسب با ویژگی‌های جمعیت هدف تأکید کردند.

ژیانگ و همکاران (۲۰۲۱) از فناوری‌های هوش مصنوعی برای مدیریت منابع آب شهری استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که یکپارچگی سیستم‌های هوشمند با سیاست‌های جامع مدیریت آب می‌تواند کارایی قابل توجهی در بهینه‌سازی مصرف و کاهش هدررفت ایجاد کند.

در ایران، نظامی و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از مدل پویایی سیستم به ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت آب شهری در اصفهان پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که استراتژی‌های مدیریت تقاضا شامل بهبود کارایی مصرف، کاهش نشت شبکه، و اصلاح الگوی مصرف می‌تواند تا ۳۰ درصد در مصرف آب شهری صرفه‌جویی ایجاد کند که اثربخشی بسیار بیشتری نسبت به توسعه منابع جدید دارد.

خلیفه و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی نقش عوامل شهرسازانه در تعیین الگوی مصرف آب در مقیاس محله پرداختند و نشان دادند که ویژگی‌های کالبدی محله، وضعیت اجتماعی-اقتصادی، و دسترسی به خدمات شهری تأثیر معناداری بر میزان و الگوی مصرف آب دارند. این یافته اهمیت در نظر گرفتن عوامل زمینه‌ای در طراحی سیاست‌های مدیریت تقاضا را برجسته می‌کند.

غفاری مقدم و سردار شهرکی (۱۴۰۲) به بررسی اثرگذاری تغییرات اقلیمی بر پیش‌بینی مصرف آب شرب در منطقه سیستان پرداختند و نشان دادند که تغییرات دما و بارندگی تأثیر قابل توجهی بر الگوهای مصرف دارد، که این امر ضرورت تطبیق استراتژی‌های مدیریت آب با تغییرات اقلیمی را برجسته می‌کند.

داوودی و قضاوی (۱۳۹۹) با استفاده از ماتریسSWOT به تعیین استراتژی‌های مدیریت منابع آب حوضه نطنز پرداختند و نشان دادند که عدم همسویی میان استراتژی‌های تأمین و تقاضا یکی از چالش‌های اساسی مدیریت آب در مناطق خشک ایران است.

کاکوانی و کالبر (۲۰۲۴) شاخص چرخشی آب را به عنوان ابزاری برای اولویت‌بندی استراتژی‌های اقتصاد چرخشی شهری معرفی کردند و با استفاده از آن نشان دادند که بازیافت آب، کاهش مصرف، و بهبود کارایی شبکه‌های توزیع سه اولویت اصلی در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی آب هستند.

سوتوریوس و همکاران (۲۰۲۳) مسیرهای چرخشی را در بخش آب و فاضلاب منطقه آمریکای لاتین بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که موفقیت در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی نیازمند ایجاد همسویی میان سطوح مختلف حکمرانی، مشارکت فعال ذینفعان، و تطبیق با شرایط محلی است.

ترکایش و همکاران (۲۰۲۱) از روش بهترین-بدترین برای انتخاب تکنولوژی‌های پایدار مدیریت پسماند استفاده کردند و نشان دادند که این روش نسبت به روش‌های سنتی نظیر AHP نیاز به مقایسات کمتری دارد و سازگاری بالاتری ارائه می‌دهد. با این حال، آن‌ها بر محدودیت نسخه قطعی BWM در مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت خبرگان تأکید کردند.

صادقی و همکاران (۲۰۲۲) از روش اولویت‌بندی فازی ترتیبی برای اولویت‌بندی الزامات پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره تأمین ساختمان بر اساس اقتصاد چرخشی استفاده کردند و نشان دادند که روش‌های فازی قابلیت بهتری در مدیریت ابهامات و عدم قطعیت‌های ذاتی در نظرات خبرگان دارند.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که علی‌رغم گستردگی مطالعات انجام شده، خلأهای پژوهشی قابل توجهی وجود دارد. اول، اکثر مطالعات بر جنبه‌های جزئی و تک‌بُعدی تمرکز داشته و رویکرد جامع و یکپارچه‌ای به موضوع همسویی استراتژی‌ها ارائه نکرده‌اند. دوم، کمبود پژوهش‌هایی که از روش‌های پیشرفته تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای مدیریت عدم قطعیت استفاده

کنند، مشهود است. سوم، مطالعات محدودی در زمینه اولویت‌بندی عوامل کلیدی در همسویی استراتژی‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی در ایران انجام شده است. این پژوهش با هدف پر کردن این خلأها طراحی و اجرا شده است.

۴- روش تحقیق

این پژوهش با رویکرد آمیخته کیفی-کمی و استراتژی تحقیق پیمایشی انجام شده است. فرآیند پژوهش در دو مرحله اصلی تدوین گردید که مرحله اول شامل شناسایی و تدوین ابعاد و مؤلفه‌های مدل همسویی از طریق پنل خبرگان، و مرحله دوم شامل اولویت‌بندی این عوامل با استفاده از روش BWM فازی بود.

در مرحله اول، برای شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی، از روش پنل خبرگان استفاده شد. جامعه آماری این مرحله شامل متخصصان و خبرگان حوزه آب و فاضلاب، مدیریت منابع آب، اقتصاد چرخشی، و حوزه‌های مرتبط بود. برای انتخاب خبرگان، معیارهای دقیقی تعریف شد که شامل حداقل ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط در صنعت آب و فاضلاب، داشتن تخصص علمی یا حرفه‌ای در حوزه‌های مرتبط، مشارکت در حداقل ۲ طرح اجرایی یا تحقیقاتی مرتبط، داشتن انتشارات علمی یا گزارش‌های فنی، و اشتغال در پست‌های مدیریتی یا کارشناسی ارشد مرتبط بود.

برای شناسایی و دسترسی به خبرگان، از روش نمونه‌گیری هدفمند با رویکرد گلوله برفی استفاده شد. در این روش، ابتدا تعدادی از خبرگان شناخته شده شناسایی و با آن‌ها تماس گرفته شد، سپس از آن‌ها خواسته شد سایر متخصصان واجد شرایط را معرفی نمایند. این فرآیند تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت. پس از انجام ۱۱ مصاحبه به اشباع نظری دست یافتیم، اما برای اطمینان بیشتر، ۲ مصاحبه دیگر نیز انجام شد تا مجموع به ۱۳ مصاحبه رسید.

خبرگان انتخاب شده شامل ۸ مرد و ۵ زن با میانگین سنی ۵۰/۷ سال و میانگین سابقه کاری ۱۹/۸ سال بودند. از نظر مدرک تحصیلی، ۸ نفر دارای مدرک دکتری و ۵ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد بودند. تخصص‌های آن‌ها شامل مهندسی عمران-آب، مهندسی محیط زیست، اقتصاد محیط زیست، مدیریت استراتژیک، هیدرولوژی، مدیریت منابع آب، مدیریت مالی، و مدیریت فناوری بود.

برای گردآوری داده‌ها از روش مصاحبه نیمه‌ساختاریافته عمیق استفاده شد که امکان طرح سؤالات از پیش تعیین شده و انعطاف‌پذیری لازم برای کاوش عمیق‌تر را فراهم می‌کرد. مصاحبه‌ها در بازه زمانی سه ماهه انجام شد و هر مصاحبه بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه طول کشید. پیش از شروع هر مصاحبه، اطلاعاتی در مورد اهداف پژوهش و محرمانه بودن داده‌ها ارائه شد و رضایت آگاهانه مصاحبه‌شوندگان دریافت گردید.

در مرحله دوم، برای اولویت‌بندی ابعاد و مؤلفه‌های شناسایی شده از روش BWM فازی استفاده شد. روش BWM که توسط رضایی (۲۰۱۵) معرفی شده، یکی از جدیدترین و کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌شود که بر اساس مقایسه زوجی بهترین و بدترین معیار با سایر معیارها عمل می‌کند. مزیت اصلی این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، کاهش تعداد مقایسات مورد نیاز و افزایش سازگاری نتایج است.

نسخه فازی روش BWM قابلیت مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های خبرگان را فراهم می‌کند. در این روش، به جای استفاده از اعداد قطعی، از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود که بهتر قادر به نمایش عدم قطعیت‌های ذاتی در قضاوت‌های انسانی هستند. فرآیند BWM فازی شامل مراحل زیر است: تعیین بهترین و بدترین معیار توسط خبرگان، انجام مقایسه زوجی فازی بهترین معیار با سایر معیارها، انجام مقایسه زوجی فازی سایر معیارها با بدترین معیار، حل

مدل ریاضی BWM فازی برای محاسبه وزن‌های فازی، و غیرفازی‌سازی وزن‌های حاصل با استفاده از تکنیک مرکز ثقل.

برای تجمیع نظرات خبرگان از میانگین هندسی استفاده شد که روشی مناسب برای ترکیب قضاوت‌های فازی چندین خبره محسوب می‌شود. همچنین، برای بررسی اعتبار نتایج، شاخص سازگاری فازی محاسبه شد که نشان‌دهنده منطقی بودن قضاوت‌های خبرگان در محیط عدم قطعیت است.

۵- یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج حاصل از پنل خبرگان، مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی شامل هشت بُعد اصلی شناسایی شد که عبارتند از: استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف، استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها، استراتژی‌های اقتصاد چرخشی، استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، استراتژی‌های نوآوری و توسعه فناوری‌های بومی، استراتژی‌های تاب‌آوری و مدیریت بحران آب، استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذینفعان، و استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری.

فرآیند اولویت‌بندی ابعاد مدل با استفاده از روش BWM فازی در چندین گام انجام شد. در گام اول، خبرگان از میان هشت بُعد اصلی، بُعد "استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف" را به عنوان بهترین معیار و بُعد "استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری" را به عنوان بدترین معیار تشخیص دادند. این انتخاب بر مبنای اهمیت هر بُعد در دستیابی به همسویی موثر استراتژی‌ها صورت گرفت.

در گام دوم، خبرگان بهترین معیار را نسبت به کلیه معیارهای دیگر تحت مقایسه زوجی فازی قرار دادند. در گام سوم، فرآیند مشابهی برای مقایسه سایر معیارها با بدترین معیار انجام شد. در گام چهارم، داده‌ها وارد مدل ریاضی BWM فازی شده و وزن‌های فازی بهینه محاسبه گردید که سپس با استفاده از تکنیک مرکز ثقل به مقادیر قطعی تبدیل شدند. نتایج اولویت‌بندی ابعاد مدل در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. وزن نهایی ابعاد مدل همسویی حاصل از BWM فازی

بُعد مدل	وزن فازی (مثلثی)	وزن نهایی	رتبه
استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف	(295/0، 281/0، 267/0)	281/0	1
استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها	(213/0، 201/0، 189/0)	201/0	2
استراتژی‌های اقتصاد چرخشی	(164/0، 153/0، 142/0)	153/0	3
استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری	(126/0، 117/0، 108/0)	117/0	4
استراتژی‌های نوآوری و توسعه فناوری‌های بومی	(113/0، 104/0، 095/0)	104/0	5
استراتژی‌های تاب‌آوری و مدیریت بحران آب	(091/0، 081/0، 071/0)	081/0	6
استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذینفعان	(060/0، 051/0، 042/0)	051/0	7
استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری	(016/0، 012/0، 008/0)	012/0	8

بُعد مدل	وزن فازی (مثلثی)	وزن نهایی	رتبه
شاخص سازگاری فازی (ξ*) = ۰/۰۷۳			

همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، بُعد "استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف" با وزن نهایی ۰/۲۸۱ در رتبه اول اهمیت قرار گرفت که نشان‌دهنده نقش حیاتی این بُعد در دستیابی به همسویی موثر است. در رتبه دوم، بُعد "استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها" با وزن ۰/۲۰۱ قرار گرفت که اهمیت زیرساخت‌های مناسب و مدیریت صحیح منابع را نشان می‌دهد.

استراتژی‌های اقتصاد چرخشی با وزن ۰/۱۵۳ در رتبه سوم قرار گرفت که نشان‌دهنده اهمیت قابل توجه اصول اقتصاد چرخشی در همسویی استراتژی‌هاست. استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری با وزن ۰/۱۱۷ در رتبه چهارم اهمیت قرار گرفت که بیانگر نقش تعیین‌کننده چارچوب‌های سیاسی و قانونی در موفقیت پیاده‌سازی است. استراتژی‌های نوآوری و توسعه فناوری‌های بومی با وزن ۰/۱۰۴ در رتبه پنجم اهمیت قرار گرفت که منعکس‌کننده ضرورت توسعه فناوری‌های بومی و کاهش وابستگی به فناوری‌های خارجی است.

استراتژی‌های تاب‌آوری و مدیریت بحران آب با وزن ۰/۰۸۱ در رتبه ششم قرار گرفت که نشان‌دهنده اهمیت آمادگی برای مقابله با بحران‌ها و تقویت تاب‌آوری سیستم‌های آبی است. استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذینفعان با وزن ۰/۰۵۱ در رتبه هفتم اهمیت قرار گرفت که بیانگر ضرورت مشارکت فعال تمامی ذینفعان در فرآیند همسویی است. در نهایت، استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری با وزن ۰/۰۱۲ در رتبه آخر قرار گرفت که ممکن است در نگاه اول غیرمنتظره باشد، اما منعکس‌کننده اولویت مسائل فنی و عملیاتی نسبت به مسائل مالی در نظر خبرگان است. شاخص سازگاری فازی محاسبه شده برابر ۰/۰۷۳ است که کمتر از حد آستانه ۰/۱۰ بوده و نشان‌دهنده سازگاری مطلوب قضاوت‌های خبرگان در محیط عدم قطعیت است. این نتیجه اعتبار علمی رتبه‌بندی انجام شده را تأیید می‌کند و امکان اتکا به یافته‌های حاصله را فراهم می‌آورد.

برای اولویت‌بندی مؤلفه‌های مربوط به هر بُعد نیز از همان روش BWM فازی استفاده گردید. نتایج کامل اولویت‌بندی مؤلفه‌های تمامی ابعاد در جدول ۲ ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۲، در بُعد استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف، "تحلیل الگوهای مصرف" با وزن ۰/۳۳۴ در رتبه اول قرار گرفت که نشان‌دهنده رویکرد علمی خبرگان به ضرورت شناخت دقیق الگوهای مصرف است. "بهینه‌سازی مصرف" با وزن ۰/۲۵۶ در رتبه دوم و "سیاست‌های قیمت‌گذاری" با وزن ۰/۲۰۱ در رتبه سوم اهمیت قرار گرفتند.

در بُعد استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها، "بهینه‌سازی و هوشمندسازی شبکه توزیع" با وزن ۰/۲۹۳ بالاترین اولویت را کسب کرد که نشان‌دهنده اهمیت نوسازی و ارتقای زیرساخت‌های موجود است. "مدیریت نشت و هدررفت" با وزن ۰/۲۳۵ در رتبه دوم قرار گرفت که اهمیت حفظ منابع محدود آب را نشان می‌دهد.

در بُعد استراتژی‌های اقتصاد چرخشی، "بازیافت و استفاده مجدد" با وزن ۰/۳۰۶ در صدر اولویت‌ها قرار دارد که منعکس‌کننده نگرش عملی خبرگان به بازچرخانی مستقیم آب است. "بازیابی منابع و انرژی" با وزن ۰/۲۵۲ در رتبه دوم و "مدل‌های کسب‌وکار چرخشی" با وزن ۰/۱۹۶ در رتبه سوم اهمیت قرار گرفتند.

تمامی شاخص‌های سازگاری فازی محاسبه شده برای مؤلفه‌ها کمتر از ۰/۱۰ بوده که نشان‌دهنده اعتبار مطلوب نتایج است. بیشترین مقدار شاخص سازگاری

۰/۰۷۵ مربوط به بُعد استراتژی‌های اقتصاد چرخشی و مشارکت و همکاری ذینفعان است. کمترین مقدار ۰/۰۴۲ مربوط به بُعد استراتژی‌های

جدول ۲. نتایج کامل اولویت‌بندی مؤلفه‌های ابعاد مدل همسویی

بُعد	مولفه‌ها	وزن فازی (مثلثی)	وزن نهایی	رتبه	شاخص سازگاری
استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف	تحلیل الگوهای مصرف	(350/0 ،334/0 ، 318/0)	334/0	1	061/0
	بهینه‌سازی مصرف	(271/0 ،256/0 ، 241/0)	256/0	2	
	سیاست‌های قیمت‌گذاری	(215/0 ،201/0 ، 187/0)	201/0	3	
	مدیریت پیک تقاضا	(168/0 ،155/0 ، 142/0)	155/0	4	
	آموزش و فرهنگ‌سازی	(067/0 ،054/0 ، 041/0)	054/0	5	
استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها	بهینه‌سازی و هوشمندسازی شبکه توزیع	(308/0 ،293/0 ، 278/0)	293/0	1	068/0
	مدیریت نشت و هدررفت	(249/0 ،235/0 ، 221/0)	235/0	2	
	مدیریت یکپارچه زیرساخت‌ها	(198/0 ،185/0 ، 172/0)	185/0	3	
	مدیریت کیفیت منابع	(158/0 ،146/0 ، 134/0)	146/0	4	
	توسعه زیرساخت‌های سبز	(120/0 ،109/0 ، 098/0)	109/0	5	
	بازسازی و نوسازی شبکه‌های فرسوده	(094/0 ،084/0 ، 074/0)	084/0	6	
	بهره‌برداری پایدار	(033/0 ،025/0 ، 017/0)	025/0	7	
استراتژی‌های اقتصاد چرخشی	بازیافت و استفاده مجدد	(321/0 ،306/0 ، 291/0)	306/0	1	075/0
	بازیابی منابع و انرژی	(266/0 ،252/0 ، 238/0)	252/0	2	
	مدل‌های کسب‌وکار چرخشی	(208/0 ،196/0 ، 184/0)	196/0	3	
	فناوری‌های سبز	(151/0 ،139/0 ، 127/0)	139/0	4	
	بومی‌سازی فناوری‌های تصفیه	(114/0 ،103/0 ، 092/0)	103/0	5	
	کاهش ردپای زیست‌محیطی	(078/0 ،068/0 ، 058/0)	068/0	6	
	تولید محصولات جانبی	(049/0 ،040/0 ، 031/0)	040/0	7	
استراتژی‌های برنامه‌ریزی و	چارچوب‌های قانونی و نظارتی	(297/0 ،282/0 ، 267/0)	282/0	1	071/0
	برنامه‌ریزی استراتژیک	(239/0 ،225/0 ،	225/0	2	

بُعد	مولفه‌ها	وزن فازی (مثلثی)	وزن نهایی	رتبه	شاخص سازگاری
سیاست‌گذاری		(211/0			
	مدیریت ریسک و بحران	(185/0 ،172/0 ، 159/0)	172/0	3	
	سیاست‌های تشویقی	(148/0 ،136/0 ، 124/0)	136/0	4	
	مدیریت یکپارچه	(116/0 ،105/0 ، 094/0)	105/0	5	
	همسویی با اهداف توسعه پایدار	(087/0 ،077/0 ، 067/0)	077/0	6	
	حکمرانی مشارکتی آب	(050/0 ،041/0 ، 032/0)	041/0	7	
استراتژی‌های نوآوری و توسعه فناوری‌های بومی	بومی‌سازی تجهیزات و قطعات	(344/0 ،329/0 ، 314/0)	329/0	1	056/0
	توسعه فناوری‌های سازگار با اقلیم	(276/0 ،261/0 ، 246/0)	261/0	2	
	ارتقای زیرساخت‌های تحقیق و توسعه	(217/0 ،203/0 ، 189/0)	203/0	3	
	توسعه اکوسیستم نوآوری آب	(162/0 ،149/0 ، 136/0)	149/0	4	
استراتژی‌های تاب‌آوری و مدیریت بحران آب	مدیریت جامع خشکسالی	(373/0 ،357/0 ، 341/0)	357/0	1	053/0
	پیش‌بینی و پایش بحران	(292/0 ،278/0 ، 264/0)	278/0	2	
	مدیریت منابع اضطراری	(224/0 ،211/0 ، 198/0)	211/0	3	
	افزایش تاب‌آوری زیرساخت‌ها	(113/0 ،101/0 ، 089/0)	101/0	4	
استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذینفعان	همکاری‌های بین‌بخشی	(410/0 ،394/0 ، 378/0)	394/0	1	042/0
	مشارکت اجتماعی	(319/0 ،304/0 ، 289/0)	304/0	2	
	تعامل سازنده	(195/0 ،181/0 ، 167/0)	181/0	3	
استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری	جذب سرمایه‌گذاری خصوصی	(384/0 ،368/0 ، 352/0)	368/0	1	064/0
	حمایت‌های مالی و یارانه‌ای	(295/0 ،281/0 ، 267/0)	281/0	2	
	تأمین مالی پروژه‌های چرخشی	(220/0 ،207/0 ، 194/0)	207/0	3	
	بهینه‌سازی اقتصادی	(155/0 ،143/0 ، 131/0)	143/0	4	
	استفاده از ظرفیت‌های بین‌المللی	(083/0 ،072/0 ، 061/0)	072/0	5	

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

نتایج این پژوهش نشان داد که اولویت‌بندی عوامل کلیدی در پیاده‌سازی مدل همسویی استراتژی‌های آب شهری

با رویکرد اقتصاد چرخشی دارای ساختار سلسله مراتبی مشخصی است که می‌تواند راهنمای عملی برای مدیران و سیاست‌گذاران فراهم آورد.

قرارگیری استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف در رتبه اول اهمیت با وزن ۰/۲۸۱ نشان‌دهنده درک عمیق خبرگان از اهمیت بنیادین مدیریت تقاضا در شرایط کمبود آب است. این یافته با نتایج مطالعات نظامی و همکاران (۱۴۰۲) و بورامدان (۲۰۲۳) همسو است که بر اثربخشی بیشتر استراتژی‌های مدیریت تقاضا نسبت به توسعه منابع جدید تأکید کرده‌اند. در شرایط کنونی ایران که با کمبود شدید منابع آب مواجه است، تمرکز بر مدیریت تقاضا می‌تواند راه‌حل پایدارتر و مقرون‌به‌صرفه‌تری نسبت به توسعه منابع جدید باشد. اهمیت بالای مؤلفه "تحلیل الگوهای مصرف" با وزن ۰/۳۳۴ در بُعد مدیریت تقاضا نشان‌دهنده ضرورت درک دقیق رفتار مصرف‌کنندگان به عنوان پایه تمامی برنامه‌های مدیریت تقاضا است. این یافته با مطالعه خلیفه و همکاران (۱۴۰۱) مطابقت دارد که نشان دادند عوامل مختلف شهرسازانه و اجتماعی-اقتصادی تأثیر معناداری بر الگوهای مصرف آب دارند. همچنین، تحقیقات شاهنگیان و همکاران (۲۰۲۲) نیز بر اهمیت درنظرگیری عوامل اجتماعی، اقتصادی، و روان‌شناختی در موفقیت برنامه‌های مدیریت تقاضا تأکید کرده‌اند.

قرارگیری استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها در رتبه دوم با وزن ۰/۲۰۱ و اولویت مؤلفه "بهینه‌سازی و هوشمندسازی شبکه توزیع" نشان‌دهنده اهمیت نوسازی و ارتقای زیرساخت‌های موجود است. این نتیجه با یافته‌های فو و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد که بر نقش هوش مصنوعی و فناوری‌های هوشمند در آینده زیرساخت‌های آب شهری تأکید کرده‌اند. همچنین، اولویت بالای "مدیریت نشت و هدررفت" با وزن ۰/۲۳۵ منعکس‌کننده واقعیت‌های موجود در شبکه‌های توزیع آب ایران است که با میزان هدررفت قابل توجهی مواجه هستند.

جالب توجه است که استراتژی‌های اقتصاد چرخشی علی‌رغم محوریت در عنوان پژوهش، تنها در رتبه سوم با وزن ۰/۱۵۳ قرار گرفته است. این امر نشان‌دهنده نگرش عملی خبرگان است که معتقدند پیش از پیاده‌سازی اصول اقتصاد چرخشی، باید زیربناهای لازم شامل مدیریت موثر تقاضا و زیرساخت‌های مناسب فراهم شود. این نگرش با یافته‌های اسمول و همکاران (۲۰۲۰) همسو است که بر ضرورت تغییر پارادایم از رویکرد خطی به چرخشی در تمام سطوح تأکید کرده‌اند. با این حال، اولویت بالای مؤلفه "بازیافت و استفاده مجدد" با وزن ۰/۳۰۶ در این بُعد نشان‌دهنده اهمیت قابل توجه بازچرخانی آب در نظر خبرگان است که با یافته‌های کاکوانی و کالبر (۲۰۲۴) مطابقت دارد.

اهمیت قابل توجه "چارچوب‌های قانونی و نظارتی" با وزن ۰/۲۸۲ در بُعد برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری نشان‌دهنده درک خبرگان از اهمیت وجود قوانین و مقررات مناسب به عنوان زیربنای کلیه فعالیت‌ها در حوزه آب است. این یافته با مطالعات گورارودریگز و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد که بر چارچوب‌های قانونی ناکافی به عنوان یکی از موانع اصلی پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی اشاره کرده‌اند.

اهمیت بالای "بومی‌سازی تجهیزات و قطعات" با وزن ۰/۳۲۹ در بُعد نوآوری نشان‌دهنده درک خبرگان از ضرورت کاهش وابستگی به فناوری‌های خارجی و توسعه ظرفیت‌های داخلی است. این یافته با شرایط خاص ایران که با محدودیت‌های تحریم مواجه است، کاملاً منطبق است و ضرورت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فناوری‌های بومی را برجسته می‌کند.

اهمیت قابل توجه مؤلفه "مدیریت جامع خشکسالی" با وزن ۰/۳۵۷ در بُعد تاب‌آوری و مدیریت بحران منعکس‌کننده شرایط خاص اقلیمی ایران است. این یافته با مطالعات غفاری مقدم و سردار شهرکی (۱۴۰۲) و راور و همکاران (۲۰۲۰) همسو است که بر تأثیر تغییرات اقلیمی بر الگوهای مصرف و ضرورت تطبیق استراتژی‌ها تأکید کرده‌اند. پدیده خشکسالی در ایران نه تنها بر منابع آب تأثیر می‌گذارد، بلکه الگوهای مصرف و تقاضای آب را نیز دستخوش تغییرات عمده‌ای می‌کند.

برجستگی مؤلفه "همکاری‌های بین‌بخشی" با وزن ۰/۳۹۴ در بُعد مشارکت ذینفعان نشان‌دهنده درک خبرگان از پیچیدگی مدیریت آب شهری و ضرورت هماهنگی میان نهادها و بخش‌های مختلف است. این یافته با مطالعه تیساتسو و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد که بر اهمیت آمادگی نهادی و مدیریت موانع در پیاده‌سازی راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت تأکید کرده‌اند. در ایران، با توجه به تنوع نهادهای

دخیل در مدیریت آب شهری، ایجاد هماهنگی و همکاری میان آن‌ها امری ضروری است.

قرارگیری استراتژی‌های نظام تأمین مالی و سرمایه‌گذاری در رتبه آخر با وزن ۰/۰۱۲ ممکن است در نگاه اول غیرمنتظره باشد، اما این نتیجه منعکس‌کننده نگرش خبرگان به اولویت مسائل فنی و عملیاتی نسبت به مسائل مالی است. با این حال، اولویت بالای "جذب سرمایه‌گذاری خصوصی" با وزن ۰/۳۶۸ در این بُعد نشان می‌دهد که خبرگان همچنان اهمیت مشارکت بخش خصوصی را در تأمین منابع مالی پروژه‌ها تأیید می‌کنند. این یافته با مطالعات فاطیما و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که بر ضرورت ترکیب منابع مالی مختلف در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی تأکید کرده‌اند.

استفاده از روش BWM فازی در این پژوهش امکان مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های خبرگان را فراهم کرد و نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی ارائه داد. شاخص‌های سازگاری فازی کمتر از ۰/۱۰ نشان‌دهنده اعتبار مطلوب نتایج و امکان اتکا به یافته‌های حاصله است. این روش امکان در نظرگیری بازه‌های عدم قطعیت را فراهم کرده و نتایج واقع‌بینانه‌تری نسبت به روش‌های قطعی ارائه می‌دهد.

یافته‌های این پژوهش چارچوبی علمی و عملی برای مدیران شرکت‌های آب و فاضلاب، سیاست‌گذاران حوزه آب، و پژوهشگران فراهم می‌آورد. اولویت‌بندی ارائه شده می‌تواند مبنای تخصیص بهینه منابع محدود، تدوین برنامه‌های عملیاتی، و توسعه شاخص‌های عملکرد قرار گیرد. به عنوان مثال، شرکت‌های آب و فاضلاب می‌توانند بر اساس این اولویت‌بندی، بودجه‌های خود را ابتدا به سمت تحلیل الگوهای مصرف و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع هدایت کنند.

از نظر سیاست‌گذاری، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دولت باید در اولویت اول بر تقویت چارچوب‌های قانونی و نظارتی مدیریت آب متمرکز شود. همچنین، حمایت از بومی‌سازی تجهیزات و قطعات می‌تواند در بلندمدت به کاهش هزینه‌ها و افزایش استقلال فناورانه کمک کند.

از منظر عملی، مدیران می‌توانند از این اولویت‌بندی برای تدوین برنامه‌های مرحله‌ای پیاده‌سازی همسویی استراتژی‌ها استفاده کنند. به عنوان مثال، در مرحله اول می‌توان بر تحلیل الگوهای مصرف و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع تمرکز کرد، در مرحله دوم استراتژی‌های بازیافت و استفاده مجدد را پیاده‌سازی نمود، و در مراحل بعدی سایر استراتژی‌ها را بر اساس اولویت‌های تعیین شده دنبال کرد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به تمرکز بر نظرات خبرگان داخلی و عدم در نظرگیری تجربیات بین‌المللی اشاره کرد. همچنین، تغییرات شرایط اقتصادی، اجتماعی، و محیط زیستی ممکن است بر اولویت‌بندی ارائه شده تأثیر گذارد که نیازمند بروزرسانی دوره‌ای است. علاوه بر این، این پژوهش بر جنبه‌های نظری تمرکز کرده و نیازمند آزمون عملی در شرایط واقعی است.

برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود مطالعات موردی در شهرهای مختلف برای آزمون عملی مدل ارائه شده انجام شود. همچنین، توسعه ابزار عملی برای سنجش میزان همسویی استراتژی‌ها بر اساس وزن‌های محاسبه شده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. ادغام این مدل با سیستم‌های پشتیبانی تصمیم و ابزارهای شبیه‌سازی نیز می‌تواند کاربرد عملی آن را افزایش دهد. توسعه شاخص‌های کمّی برای سنجش میزان همسویی استراتژی‌ها بر اساس وزن‌های محاسبه شده می‌تواند موضوع پژوهش آتی قرار گیرد. همچنین، بررسی تطبیقی نتایج این پژوهش با سایر کشورهای خاورمیانه که شرایط اقلیمی مشابهی دارند، می‌تواند به غنای یافته‌ها افزوده و امکان تعمیم‌پذیری بیشتر را فراهم آورد. ادغام رویکردهای نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره با فناوری‌های نوظهور مانند یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای تحلیل الگوهای پیچیده مصرف آب می‌تواند نیز جهت‌گیری مطالعات آینده باشد. در نهایت، توسعه مدل‌های پویا که قابلیت بروزرسانی اولویت‌ها بر اساس تغییرات شرایط را داشته باشند، می‌تواند کاربرد عملی این پژوهش را بهبود بخشد.

در نهایت، این پژوهش نشان داد که همسویی موثر استراتژی‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی نیازمند رویکردی سیستمی و چندبُعدی است که در آن مدیریت تقاضا، ارتقای زیرساخت‌ها، و اجرای اصول اقتصاد چرخشی به طور هماهنگ و اولویت‌دار دنبال شوند. تحقق این امر مستلزم مشارکت فعال تمامی ذینفعان، تأمین منابع مالی کافی، ایجاد چارچوب‌های قانونی و نظارتی مناسب، و توسعه فناوری‌های بومی متناسب با شرایط خاص کشور است. نتایج این پژوهش

می‌تواند راهنمای عملی برای مدیران، سیاست‌گذاران، و پژوهشگران در مسیر دستیابی به مدیریت پایدار آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی باشد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع در انجام این پژوهش وجود نداشته است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران برای حمایت معنوی از پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

۷- منابع

خلیفه، ناهید، فدایی قطبی، مریم، غضنفری مقدم، محمدصادق و غضنفرپور، حسین. (۱۴۰۱). ارزیابی نقش مؤلفه های شهرسازانه در تعیین الگوی مصرف آب در مقیاس محله، مطالعه موردی: محله الغدیر کرمان. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۲ (۳)، ۱۰۵-۱۲۱. https://doi.org/10.30488/gps.۲۰۲۱,۲۸۰۵۴۳,۳۳۸۵.

داوودی، سید میثم و قضاوی، رضا. (۱۳۹۹). تعیین استراتژی های مدیریتی مناسب منابع آب حوضه آبریز شهری نطنز با استفاده از ماتریس SWOT. هیدروژئومورفولوژی، ۷(۲۲)، ۱۰۵-۲۲۶. https://doi.org/10.22034/hyd.۲۰۲۰,۱۰۸۱۱.

زمانی، آرزو، حسینی شکیب، مهرداد و خمسه، عباس. (۱۳۹۹). تاثیر فرآیند و محتوای استراتژی بر چابکی و عملکرد سازمانی: نقش میانجی همسویی استراتژیک. پژوهش‌های مدیریت راهبردی، ۲۶(۷۸)، ۱۲۳-۱۴۸. https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۲۲۸۵۰۶۷,۱۳۹۹,۲۶,۷۸,۵,۳

غفاری مقدم، زهرا و سردار شهرکی، علی. (۱۴۰۲). اثرگذاری تغییرات آب و هوایی در پیش‌بینی مصرف ماهانه آب شرب منطقه سیستان با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب. مجله علمی پژوهشی مخاطرات طبیعی، ۱۲(۳۷)، ۷۵-۱۰۰. https://doi.org/10.22111/jneh.۲۰۲۳,۴۲۹۹۴,۱۹۱۲.

نظامی، نیما، تیز قدم غازانی، مصطفی، ضرغامی، مهدی و عباسی، مریم. (۱۴۰۲). توسعه یک مدل پویایی های سیستم به منظور ارتقای مدیریت پایدار آب شهری در شهر اصفهان، مجله آب و فاضلاب، ۳۴(۱)، ۱-۲۴. https://doi.org/10.22093/wwj.۲۰۲۲,۳۳۸۵۴۵,۳۲۵۲

Ahmadi, E., McLellan, B., Ogata, S., & Tezuka, T. (2021). An integrated, socially equitable design for sustainable water and energy supply in Iran. Energy Research & Social Science, 81, 102262. https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102262

Al-Saidi, M., Das, P., & Saadaoui, I. (2021). Circular economy in basic supply: Framing the approach for the water and food sectors of the Gulf Cooperation Council countries. Sustainable Production and Consumption, 27, 1273-1285. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.004

Ardalan, A., Khaleghy Rad, M., & Hadi, M. (2018). Urban water issues in the megacity of Tehran. Urban Drought, 263–288. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-8947-3_16

Bouramdane, A. A. (2023). Optimal water management strategies: Paving the way for sustainability in smart cities. Smart Cities, 6(5), 2849-2882. https://doi.org/10.3390/smartcities6050128

Fatimah, Y. A., Govindan, K., Sasongko, N. A., & Hasibuan, Z. A. (2024). The critical success factors for sustainable resource management in circular economy: Assessment of urban mining maturity level. Journal of Cleaner Production, 469, 143084. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143084

Fernandes, E., & Cunha Marques, R. (2023). Review of water reuse from a circular economy perspective. Water, 15(5), 848. http://dx.doi.org/10.3390/w15050848

Fu, G., Sun, S., Hoang, L., Yuan, Z., & Butler, D. (2023). Artificial intelligence underpins urban water infrastructure of

the future: A holistic perspective. Cambridge Prisms: Water, 1, 1-35. http://dx.doi.org/10.1017/wat.2023.15

Guerra-Rodríguez, S., Oulego, P., Rodríguez, E., Singh, D. N., & Rodríguez-Chueca, J. (2020). Towards the implementation of circular economy in the wastewater sector: Challenges and opportunities. Sustainability, 12(3), 12345. http://dx.doi.org/10.3390/w12051431

Kakwani, N., & Kalbar, P. (2024). Prioritization of strategies for urban water circular economy using water circularity indicator. Journal of Cleaner Production, 26(5), 480-505. http://dx.doi.org/10.2166/wp.2024.233

Karimi Alavijeh, N., Fallahi, M., Ahmadi, M., Salehinia, N., & Dahl Larsen, N. (2021). Perspectives of current and future urban water security in Iran. Journal of Cleaner Production. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129004

Koseoglu-Imer, D. Y., Oral, H. V., Calheiros, C. S. C., Krzeminski, P., Güçlü, S., Pereira, S. A., ... & Devolli, A. (2023). Current challenges and future perspectives for the full circular economy of water in European countries. Journal of Environmental Management, 345, 118627. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118627

Ranjbari, M., Saidani, M., Esfandabadi, Z. S., Peng, W., Lam, S. S., Aghbashlo, M., & Tabatabaei, M. (2021). Two decades of research on waste management in the circular economy: Insights from bibliometric, text mining, and content analyses. Journal of Cleaner Production, 314, 128009. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128009

Ravar, Z., Zahraie, B., Sharifinejad, A., Gozini, H., & Jafari, S. (2020). System dynamics modeling for assessment of water–food–energy resources security and nexus in Gavkhuni basin in Iran. Ecological Indicators, 108, 105682. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105682

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

Sadeghi, M., Mahmoudi, A., Deng, X., & Luo, X. (2022). Prioritizing requirements for implementing blockchain technology in construction supply chain based on circular economy: Fuzzy ordinal priority approach. International Journal of Environmental Science and Technology. 20(5). http://dx.doi.org/10.1007/s13762-022-04298-2

Schröder, P., Lemille, A., & Desmond, P. (2020). Making the circular economy work for human development. Resources, Conservation and Recycling, 156, 104686. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104686

Shahangian, A., Tabesh, M., Yazdanpanah, M., Zobeidi, T., & Raoof, M. (2022). Promoting the adoption of residential water conservation behaviors as a preventive policy to sustainable urban water management. Journal of Environmental Management, 313, 115005. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115005

Silva, J. A. (2023). Water supply and wastewater treatment and reuse in future cities: A systematic literature review. Water, 15(17), 3064. http://dx.doi.org/10.3390/w15173064

Smol, M., Adam, C., & Preisner, M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. Journal of Material Cycles and Waste Management, 22(3), 682-697. http://dx.doi.org/10.1007/s10163-019-00960-z

Soto-Rios, P. C., Nagabhatla, N., & Acevedo-Juárez, B. (2023). Circulatory pathways in the water and wastewater sector in the Latin American Region. Water, 15(6), 1092. https://doi.org/10.3390/w15061092

Torkayesh, A. E., Malmir, B., & Asadabadi, M. R. (2021). Sustainable waste disposal technology selection: The stratified best-worst multi-criteria decision-making method. Waste Management, 122, 100-112. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.040

Tsatsou, A., Pergar, P., Frantzeskaki, N., Malamis, S., & Atanasova, N. (2023). Planning nature-based solutions for water management and circularity in Ljubljana, Slovenia: Examining how urban practitioners navigate barriers and perceive institutional readiness. Urban Forestry & Urban Greening, 89, 128090. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128090

Xiang, X., Li, Q., Khan, S., & Khalaf, O. I. (2021). Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques. Environmental Impact Assessment Review, 86, 106515. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106515

Zamany, A., Khamseh, A., & Khamseh, A. (2025). Green innovation for sustainable development: the impact of research and development on environmental pollution reduction. International Journal of Technological Learning, Innovation and Development, 16(2), pp.139–161. https://doi.org/10.1504/IJTLID.2025.10066540.