

مدیریت پایدار استفاده از پساب فاضلاب شهرکرد با بهره‌مندی از مدل یکپارچه آنتروپی شانون فازی و مالتی موری فازی

اکبر نیک‌خواه^۱ و مهدی کرمی دهکردی^{۲*}

چکیده

لزوم بهره‌گیری از منابع آبی غیرمتعارف و پساب‌ها، موضوعی است که امروزه به‌عنوان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر به‌ویژه در کشور ایران نمایان شده است و محدودیت منابع آب، توجه محققین را به استفاده اصولی از آب‌های غیرمتعارف مانند پساب فاضلاب به خود معطوف کرده است. هدف کلی پژوهش حاضر، استفاده بهینه از پساب فاضلاب در کشت درختان غیرمثمر، صنعت و کاربری اکوپارک با بهره‌مندی از شاخص‌های توسعه پایدار است. در پژوهش حاضر به‌منظور تحقق اهداف و همچنین اولویت‌بندی استفاده از پساب (درکشت درختان، احداث اکوپارک یا کاربری صنعت) از روش آنتروپی شانون فازی برای تعیین اهمیت معیارهای ارزیابی و روش مولتی موری فازی برای ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است. با توجه به اینکه عدم قطعیت در نظرات خبرگان وجود دارد از مفاهیم و تئوری فازی برای انعکاس عدم قطعیت در فرآیند ارزیابی گزینه‌ها استفاده شد. در راستای استخراج معیارها از ادبیات و پیشینه تحقیق بهره گرفته و پرسشنامه‌ای طراحی و در اختیار خبرگان قرار داده شد. درنهایت ۱۰ نفر به‌عنوان تیم خبره از بین افراد متخصص در مسائل مرتبط با استفاده بهینه از پساب فاضلاب با بهره‌مندی از روش نمونه‌گیری هدفمند و تکنیک گلوله‌برفی انتخاب شدند. یافته‌ها نشان داد استفاده بهینه از پساب در دشت شهرکرد ابتدا باید در صنعت متمرکز شود. دومین اولویت برای استفاده از پساب دشت شهرکرد در ساخت اکوپارک و سومین اولویت نیز استفاده از پساب دشت شهرکرد برای درختان غیرمثمر بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: پساب، توسعه پایدار، درختان غیرمثمر، شهرکرد، صنعت، کاربری اکوپارک.

ارجاع: نیک‌خواه ا. و کرمی دهکردی م. ۱۴۰۳. مدیریت پایدار استفاده از پساب فاضلاب شهرکرد با بهره‌مندی از مدل یکپارچه آنتروپی شانون فازی و مالتی موری فازی. مجله پژوهش آب ایران. ۵۵: ۵۳-۶۵. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14923.2635>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مدیریت و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- دانشیار گروه مدیریت و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

* نویسنده مسئول karami596@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

مقدمه

استفاده بیش‌ازحد از منابع آبی موجب بروز مشکلاتی می‌شود؛ با این حال استفاده مجدد از فاضلاب راه‌کاری برای رفع این مشکلات است (Helmi & Shahidi, 2023). استفاده غیراصولی از فاضلاب ناپایداری در تولید محصول، آسیب به محیط‌زیست (Rastgoo et al, 2022)، افت تراز سطح ایستابی و اختلاط آب‌شور و شیرین در نواحی ساحلی (Rabbaniha et al., 2020) می‌گردد. در بهره‌برداری تلفیقی، نیازهای آبی توسط دو منبع سطحی و زیرزمینی تأمین می‌گردد (Karbasi maroof et al., 2022). کشور ایران سرزمین خشکی است که نزولات جوی آن از یک‌سوم متوسط نزولات جهان کمتر است (Rabbaniha et al., 2020). بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی، ایران جزو کشورهایی است که در حال حاضر در تنش آبی به سر می‌برد و هرساله برداشت این تنش افزوده می‌گردد. طبق استانداردهای جهانی، شهرهایی که سهم سرانه آب آن‌ها بین ۱۷۰۰-۱۰۰۰ مترمکعب در سال است، شهرهای تحت فشار و شهرهایی که سهم سرانه آن‌ها کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال است، شهرهای در تنگنای آبی تلقی می‌گردند.

استفاده مجدد از پساب فاضلاب تصفیه‌شده بخصوص در کشورهای در حال توسعه‌ای که محدودیت منابع آب شیرین دارند، در حال افزایش است. به‌خوبی مشخص‌شده که تصفیه ناکافی و عدم مدیریت مناسب فاضلاب، باعث ایجاد مشکلات بهداشتی از طریق شیوع بیماری‌های عفونی می‌گردد. ضرورت مدیریت یکپارچه وقتی بیشتر جلوه‌گر می‌شود که کیفیت محیطی آب مصرفی در هر بخش با یکدیگر متفاوت بوده و میزان اتلاف و نیز پساب هر یک با یکدیگر متفاوت باشد؛ لذا نحوه دفع، تصفیه، بازیابی و استفاده مجدد بر اساس انواع نیازها، جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی متفاوت می‌گردد (Ansari et al., 2019). مدیریت یکپارچه منابع آبی، در راستای تضمین استفاده پایدار از منابع آبی است. مدیریت یکپارچه منابع آب تنها راه‌حل جامع برای اقداماتی نظیر کاهش مصارف سنتی آب، اعمال محدودیت‌هایی در مورد کمیت و کیفیت محیطی آب مصرفی، ایجاد تغییرات در الگوهای جمعیتی و تولیدی برای نیل به توسعه پایدار است.

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده و فرستادن آن در شبکه شهری به‌ویژه برای آبیاری فضای سبز و مصارف

صنعتی از سال ۱۹۲۸ در آمریکا آغاز شده است. در کشورهای مثل ژاپن، کشورهای عربی حاشیه خلیج‌فارس و برزیل که با مشکل کم‌آبی مواجه هستند، روزبه‌روز استفاده مجدد از فاضلاب برای مصارف شهری و کشاورزی افزایش می‌یابد (Khodabakhshi, 2022). استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در بخش کشاورزی خطرات جدی به دنبال دارد؛ به‌گونه‌ای که سلامت مصرف‌کنندگان این محصولات را تهدید خواهد کرد. همچنین فاضلاب‌های شهری نیز می‌توانند دارای ترکیبات مختلفی از آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی باشند که در اغلب کشورهای کم‌درآمد مقدار آلودگی در فاضلاب‌های انسانی بسیار بالا گزارش‌شده است.

با توجه به بحران آب پیش‌رو مدیریت منابع آب امری ضروری است. یکی از ابزارهای مدیریت پایدار منابع آب استفاده از پساب شهری و کشاورزی برای صنعت، ساخت اکوپارک و کشت درختان چوب‌ده - غیرمثمر - (Anbir and Nori, 2018 و Khamisabadi et al, 2019) است که هدف اصلی پژوهش حاضر می‌باشد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

(Esfandiyari, 2021) تحقیقی در رابطه با اجرای طرح Rs^3 (کاهش، استفاده مجدد و بازیافت) در مصرف آب و استفاده از پساب در دانشگاه بجنورد با تمرکز روی آب خاکستری و استفاده مجدد از پساب رستوران انجام دادند. در این مقاله با استفاده از طرح Rs^3 راه‌های کاهش مصرف آب در دانشگاه بجنورد بررسی و سپس امکان استفاده از آب‌های خاکستری که بخش مهمی از فاضلاب محیط دانشگاه را شامل می‌شود، ارزیابی شد.

(Bayat afshari and Danesh Yazdi, 2020) تحقیقی در رابطه با چارچوب استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری در احیای تالاب‌های خشک‌شده انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد در صورت ورود پساب تصفیه‌شده شهر اشتهارد به تالاب‌های صالحیه، حجم ذخیره آبی نسبت به وضعیت فعلی ۴۷ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، از آنجایی که سیستم‌های تصفیه طبیعی به‌طور کلی به مساحت بیشتری نسبت به سیستم‌های تصفیه مکانیکی نیاز دارند، تنظیم نرخ جریان ورودی پساب در مقایسه با افزایش دمای پساب ورودی به‌عنوان مؤثرترین راه‌حل برای کاهش مساحت و عرض مورد نیاز تالاب مصنوعی شناسایی شد.

بیوشیمیایی (BOD) دارد و مطابق استاندارد WHO این پساب می‌تواند برای آبیاری استفاده شود. Wilson *et al.* (2018) به بررسی پتانسیل استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه جردن در آبیاری فضای سبز پرداختند. نتایج نشان داد که پساب تصفیه‌شده با در نظر گرفتن ملاحظات خاص زیست‌محیطی قابلیت استفاده در آبیاری را دارد.

چارچوب مفهومی پژوهش

با بررسی فضایی منطقه مورد مطالعه با توجه وجود اراضی منابع طبیعی (برای کشت درخت یا درختچه به صورت چوب‌ده)، وجود قطب صنعتی شهرکرد و بهرام‌آباد (و کمبود منابع آبی این نواحی صنعتی) و همچنین پتانسیل اکوپارک شاه‌نظر امکان استفاده از پساب تصفیه شده در منطقه وجود دارد. هدف کلی از پژوهش حاضر استفاده بهینه از پساب فاضلاب منطقه مورد مطالعه در کشت درختان غیرمثمر، صنعت و کاربری اکوپارک با بهره‌مندی از شاخص‌های توسعه پایدار بوده که شاخص‌های مورد بررسی با استناد به پیشینه پژوهش و بررسی منابع مرتبط به طور خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است.

مواد و روش‌ها

روش و ابزار گردآوری داده‌ها

پژوهش حاضر، از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات در حیطه پژوهش‌های پیمایشی قرار دارد. اطلاعات مورد نیاز تحقیق با بررسی منابع متعدد همچون مقالات، بازدهی‌های میدانی، طرح‌ها و پایان‌نامه‌های موجود و مصاحبه با افراد متخصص و کارشناسان سازمان‌های مرتبط اعم از سازمان صنعت، معدن و تجارت، شرکت شهرک‌های صنعتی، جهاد کشاورزی، آب منطقه‌ای و اساتید متخصص دانشگاهی جمع‌آوری گردید. به منظور شناسایی و استخراج شاخص‌های مرتبط با موضوع تحقیق، با بررسی منابع داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق و فراوانی بالای آن، عناصر مرتبط با موضوع شناسایی و منطبق با چارچوب مفهومی تحقیق در ۳ گزینه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی (ابعاد توسعه پایدار) و ۹ زیرگزینه منطبق با شکل ۱ تعریف شد. میزان پایداری، ثبات سنجش و دقت شاخص‌ها با استفاده از

Quaddus and Siddique (2001) با مطرح کردن این موضوع که برنامه‌ریزی توسعه پایدار، وظیفه بسیار پیچیده‌ای است، استفاده از روش AHP را در این حوزه پیشنهاد کرده‌اند. آن‌ها در بررسی خود برای انتخاب بهترین پروژه توسعه کشاورزی در کشور بنگلادش بر اساس ۱۵ معیار توسعه پایدار که عبارت‌اند از: تولید، هزینه، درآمد، سلامت، تغذیه، جایگاه زنان، سیلاب‌های مداوم، استهلاک جنگل، ضایعات صنعت، آب آشامیدنی، تأثیرات آفتی/ حاصلخیزی و کیفیت هوا ارزیابی و انتخاب را انجام داده‌اند.

Chiou *et al.* (2005) با به‌کارگیری روش AHP فازی و انتگرال فازی غیر جمعی به اتخاذ استراتژی مناسب مبتنی بر توسعه پایدار در حوزه فرآیند تولید محصولات دریایی در کشور تایوان پرداختند. در این پژوهش، از ۱۲ معیار توسعه پایدار شامل: امکان‌پذیری فنی، کارایی، هزینه/منفعت، توانایی مدیریتی، پذیرش فناوری جدید، پشتیبانی مالی و امتیاز مالیاتی، پشتیبانی فنی و آموزشی، تمامیت قانون‌گذاری، ارائه دانش، شبکه پردازش ضایعات، بارگذاری محیطی، خلق و حفظ شغل و تأثیر گروه‌های ذی‌نفع استفاده شد.

Amerasinghe *et al.* (2013) به امکان‌سنجی استفاده از فاضلاب شهری تصفیه‌شده برای آبیاری کشاورزی سه محصول زیتون، انگور و کاهو در جزیره کریت یونان پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب نباید به صورت نامحدود انجام شود و هر گیاه بسته به نیاز آبی و کیفیت محیطی آب مورد نیاز آن باید آبیاری شود. استفاده مجدد از پساب برای آبیاری در فصل تابستان منجر به حفظ حدود ۱۹/۱۶ میلی‌مترمربع آب شیرین شد. آنها بیان کردند که بهره‌برداری از این منابع آب جایگزین می‌تواند برای مقابله با کم‌آبی مناسب باشد.

Zarei *et al.* (2016) استفاده از تکنیک‌های MADM به اولویت‌بندی صنایع مختلف به منظور پیاده‌سازی اینترنت اشیاء برای تحقق اهداف توسعه پایدار پرداختند. آن‌ها در این پژوهش از سه معیار اقتصادی، اجتماعی و محیطی برای ارزیابی صنایع مختلف استفاده کردند.

Gu *et al.* (2017) به بررسی قابلیت استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری در الجزایر پرداختند. نتایج نشان داد که فرایند تصفیه قابلیت بالایی در حذف مواد معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و اکسیژن مورد نیاز

زیر به شرح بیان‌شده استفاده شد. شناسایی شاخص‌های پژوهش با استفاده از مرور جامع مبانی نظری پژوهش و استفاده از روش دلفی تاییدی؛ و جمع‌آوری نظرهای متخصصان تصمیم‌گیرنده به کمک پرسشنامه لازم به ذکر است پرسشنامه‌ها به‌منظور تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی‌شده با موضوع اصلی پژوهش و غربالگری توسط تیم خبرگان تکمیل گردید که در آن متغیرهای زبانی جدول ۱ برای بیان اهمیت هر شاخص استفاده شد. همچنین در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده‌شده است.

جدول ۱- عبارات زبانی و اعداد دلفی فازی (Nasaji and Mousavi, 2015)

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰/۲۵ و ۰ و ۰)
کم	(۰/۵۰ و ۰/۲۵ و ۰)
متوسط	(۰/۷۵ و ۰/۵۰ و ۰/۲۵)
زیاد	(۱/۰۰ و ۰/۷۵ و ۰/۵۰)
خیلی زیاد	(۱/۱۰ و ۰/۷۵ و ۰)

آنتروپی شانون فازی (Fuzzy Entropy Shannon)

تکنیک آنتروپی شانون فازی یکی از تکنیک‌های شناخته‌شده برای استخراج وزن معیارها از اطلاعات ماتریس تصمیم‌گیری است. Hosseinzadehlotfi and Fallahnejad (2010) این روش را هنگامی که دیتاهای ماتریس تصمیم به‌صورت بازه‌ای یا اعداد فازی باشند بسط داده و تکنیک آنتروپی شانون فازی را معرفی کردند. در این پژوهش به‌منظور دسترسی به وزن معیارها (معیارهای ۹ گانه منطبق با چارچوب مفهومی پژوهش) با توجه به اینکه داده‌های ماتریس تصمیم فازی هستند، از روش آنتروپی شانون فازی بهره برده می‌شود. روش آنتروپی از روش‌های محاسبه وزن شاخص‌ها در مدل‌های شاخص‌گزینه است که به نقل از Dorkhosh et al. (2023) و Jamshidi et al. (2023) مراحل این روش بر اساس روش مورد استفاده شامل: تشکیل ماتریس تصمیم، تبدیل ماتریس تصمیم فازی به ماتریس فاصله‌ای، نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، تعیین آنتروپی هر شاخص، تعیین درجه انحراف هر شاخص و تعیین وزن شاخص‌ها بود. گام‌های

تکنیک دلفی تاییدی^۱ نیز بررسی و مورد تایید متخصصان امر قرار گرفت. از آنجایی که هدف کلی از پژوهش حاضر، مدیریت پایدار استفاده از پساب فاضلاب شهرکرد در تعیین سناریوهای استفاده از پساب برای آبیاری درختان غیرمثمر، استفاده در صنعت و استفاده در اکوپارک است، از تکنیک‌های آنتروپی شانون فازی و مالتی مورای فازی استفاده شد.

جامعه آماری

جامعه آماری در تحقیق حاضر، شامل محققین و پژوهشگران حوزه مربوط و مدیران نهادهای مرتبط مانند سازمان صمت، شرکت شهرک‌های صنعتی، سازمان جهادکشاورزی و دیگر متخصصان بود که طی نمونه‌گیری هدفمند تعداد آن‌ها مشخص شد.

روش نمونه‌گیری

روش نمونه‌گیری در پژوهش حاضر، از نوع غیر احتمالی است که در این روش، نمونه به‌جای تکیه بر عامل شانس به مدد قضاوت انسانی انتخاب می‌شود؛ بنابراین شانس وارد شدن هر یک از واحدهای جمعیت در نمونه، نامعین و نامعلوم است. لذا روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند و با بهره‌مندی از تکنیک گلوله برفی تا رسیدن به نقطه اشباع، ۱۰ نفر به عنوان متخصص در این زمینه شناسایی شد، لازم‌به‌ذکر است این امر تا رسیدن به مرحله اشباع انتخاب شوندگان ادامه یافت.

تئوری فازی و روش دلفی فازی

قضاوت‌های افراد در مورد ارجحیت‌ها اغلب برای تخمین ارزش عددی دقیق غیر شفاف است، ضمن اینکه منطق فازی برای به دست آوردن مسائلی که دارای ابهام و عدم قطعیت هستند مفید است؛ بنابراین با توجه به ماهیت پژوهش حاضر و عدم قطعیت در پاسخ‌ها از روش فازی استفاده شد. روش دلفی فازی، ترکیبی از روش دلفی و نظریه مجموعه‌های فازی است (Nasaji and Mousavi, 2015). در پژوهش حاضر در روش دلفی فازی گام‌های

۱- تکنیک دلفی برای شناسایی و غربال مهم‌ترین شاخص‌های تصمیم‌گیری قابل استفاده است؛ بنابراین باوجوداینکه روش دلفی یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره نیست، اما در بسیاری موارد قبل از به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از این تکنیک برای غربال شاخص‌ها یا رسیدن به یک توافق در زمینه اهمیت شاخص‌های تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned}
 x_{ij}^m &= \frac{[x_{ij}^m]}{\sqrt{\sum m[x_{ij}^l]^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2}} \\
 x_{ij}^l &= \frac{[x_{ij}^l]}{\sqrt{\sum m[x_{ij}^l]^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2}} \\
 x_{ij}^u &= \frac{[x_{ij}^u]}{\sqrt{\sum m[x_{ij}^l]^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2}}
 \end{aligned} \quad (۷)$$

گام سوم: تشکیل ماتریس تصمیم نرمال شده موزون در این گام ماتریس تصمیم نرمال شده موزون که با نماد V نمایش داده می‌شود، از طریق ضرب ماتریس وزن W در ماتریس نرمال شده X_{ij} محاسبه می‌شود.

گام چهارم: محاسبه مقادیر عملکردی نرمال با روش نقطه مرجع فازی

روش نقطه مرجع فازی بر مبنای خروجی‌های سیستم نسبت فازی عمل می‌کند. تک‌تک دریاچه‌های ماتریس نرمال‌سازی شده با توجه به مختصات نقطه مرجع انتخابی، تعدیل گردیده و میزان انحراف با استفاده از معادله (۸) محاسبه می‌گردد:

$$\text{Min}(\max_d(r_i, x_{ij})) \quad (۸)$$

گام پنجم: رتبه‌بندی نهایی مالتی مورای در روش مالتی مورای همان‌طور که گفته شد سه رویکرد آن سه رتبه برای گزینه‌ها ارائه می‌دهند که برای ادغام رتبه‌بندی‌ها از تئوری تسلط استفاده می‌شود. تسلط غالب، زمانی روی می‌دهد که رتبه گزینه‌ای بر رتبه سایر گزینه‌ها سلطه یابد. در فن مالتی مورای فازی تسلط غالب تحت شرایط ۱-۱-۱ رؤیت می‌شود. سلطه عمومی هنگامی اتفاق می‌افتد که دو رتبه از سه رتبه گزینه، بر گزینه‌های دیگر برتری داشته باشند. به‌عنوان مثال $d-a-a$ بر $c-b-b$ تسلط عمومی دارد. از آنجاکه انتقال‌پذیری در این تئوری صادق است، اگر a بر b تسلط داشته باشد و b بر c نیز مسلط باشد، آنگاه a بر c تسلط خواهد یافت. این قوانین برای هر سه رتبه‌بندی فن مالتی مورای فازی اجرا و رتبه‌بندی نهایی ارائه می‌شود.

استخراج وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون فازی به‌صورت زیر می‌باشند:

گام اول: تبدیل داده‌های فازی به داده‌های بازه‌ای با استفاده از مجموعه‌های برش آلفا.

$$(X_{ij}) = \{x_{ij} \mid \mu_{X_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\} \quad (۱)$$

مجموعه سطح آلفا را می‌توان به فرم بازه‌ای به‌صورت زیر بیان کرد:

$$[X_{ij}^l, X_{ij}^u] = [(X_{ij})_\alpha^l, (X_{ij})_\alpha^u] \quad (۲)$$

گام دوم: ماتریس بالا را نرمال و هر دریاچه نرمال شده p_{ij} نامیده می‌شود. برای نرمال شدن، دریاچه هر ستون بر مجموع آن ستون تقسیم می‌شود.

گام سوم: کران پایین و بالای بازه آنتروپی با استفاده از معادلات زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned}
 h_i^l &= \min \{-h_0 \sum p_{ij}^l, -h_0 \sum p_{ij}^m, -h_0 \sum p_{ij}^u\} \\
 h_i^m &= \max \{-h_0 \sum p_{ij}^l, -h_0 \sum p_{ij}^m, -h_0 \sum p_{ij}^u\}
 \end{aligned} \quad (۳)$$

گام چهارم: کران پایین و بالای درجه تنوع به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$d_i^l = 1 - h_i^u, d_i^u = 1 - h_i^l, i = 1, \dots, n \quad (۴)$$

گام پنجم: کران بالا و پایین برای وزن معیار λ_i از طریق معادله زیر محاسبه می‌شوند.

$$W_i^l = \frac{d_i^l}{\sum_{i=1}^M d_i^M}, W_i^M = \frac{d_i^M}{\sum_{i=1}^M d_i^l}, i = 1, \dots, n \quad (۵)$$

روش مالتی مورای فازی

این تکنیک در زمره روش‌های رتبه‌بندی است که هدفش تعیین رتبه گزینه‌های پژوهش با در نظر گرفتن تعدادی شاخص است که مراحل مختلف آن منطبق با مراحل زیر پیاده‌سازی می‌شود:

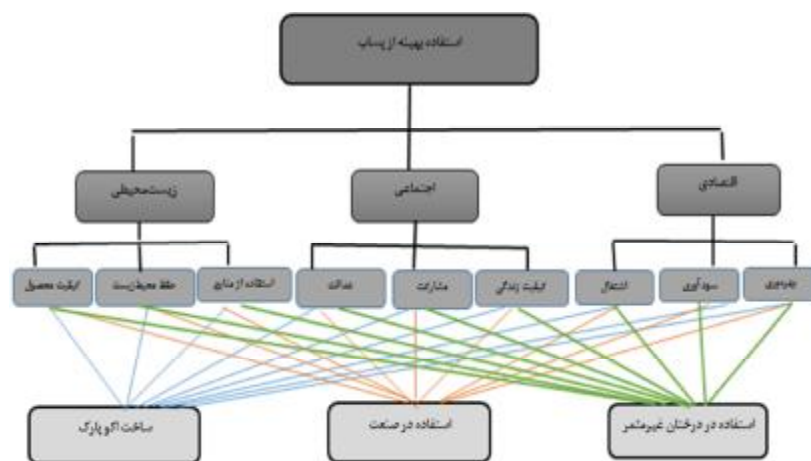
گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

در نخستین مرحله از فرایند حل مسئله با استفاده از روش نسبی می‌بایست با استفاده از اعداد فازی مثلی مطابق با معادله (۶) ماتریس تصمیم را ایجاد نمود.

$$X = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^u] & \dots & [x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^u] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^u] & \dots & [x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^u] \end{bmatrix} \quad (۶)$$

گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

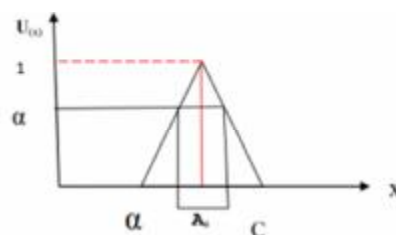
در این گام برای نرمال‌سازی از معادله (۶) استفاده می‌شود. به این رابطه نرمال‌سازی از طریق نرم گفته می‌شود. در این رابطه هر دریاچه بر مجذور مربعات دریاچه‌های هر ستون تقسیم می‌شود.



شکل ۱- چارچوب مفهومی پژوهش با بهره‌مندی از مفهوم نمودار درختی

نتایج و بحث

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و با استفاده از نظرات خبرگان و با توجه به متفاوت بودن این نظرات می‌توان گفت که متغیرهای کیفیت محیطی، آزادی عمل بیشتری را به خبرگان می‌دهد. نظر افراد نسبت به متغیرهای کیفیت محیطی مانند کم یا زیاد، یکسان نیست، از آنجاکه خبرگان دارای خصوصیات متفاوت هستند؛ بنابراین از ذهنیت‌های متفاوتی نیز برخوردارند و اگر به گزینه‌ها بر اساس ذهنیت‌های متفاوت پاسخ داده شود، تجزیه و تحلیل متغیرها فاقد ارزش است. ولی با تعریف دامنه متغیرهای کیفیت محیطی، خبرگان با ذهنیت یکسان به سوال‌ها پاسخ خواهند داد. لذا متغیرهای کیفیت محیطی به صورت اعداد فازی مثلثی شکل تعریف می‌شود (شکل ۲): خیلی کم (۰ و ۰ و ۰/۲۵)، کم (۰ و ۰/۲۵ و ۰/۵)، متوسط (۰/۵ و ۰/۲۵ و ۰/۵)، زیاد (۰/۲۵ و ۰/۵ و ۰/۷۵) و خیلی زیاد (۰/۷۵ و ۰/۷۵ و ۱).



شکل ۲- تابع عضویت متغیرهای زبانی

پس از تعیین خبرگان سه دور روش دلفی تکرار شد. در دور اول فهرستی از معیارهای موثر بر سنجش اثربخشی که از ادبیات تحقیق استخراج شده بود، در اختیار خبرگان

قرار گرفت. در گام بعدی میانگین مربوط به نظرات خبرگان در مورد میزان اهمیت هر معیار طبق معادلات زیر محاسبه شد.

$$(a_{m1} - a_1^i, a_{m2} - a_2^i, a_{m3} - a_3^i, a_{m4}) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)} - a_1^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)} - a_2^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{(i)} - a_3^i \right) \quad (9)$$

$$A^i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}), \quad n \quad (10)$$

$$A_{ave} = (m_1, m_1, m_1) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{(i)} \right) \quad (11)$$

در معادله (۹)، A^i بیانگر دیدگاه خبره i ام و در معادله (۱۰)، A_{ave} بیانگر میانگین دیدگاه‌های خبرگان است. a_1, a_2, a_3 نیز نشانگر عدد فازی مثلثی هستند.

در این مرحله از خبرگان خواسته شد که میزان اهمیت هر معیار را به صورت گزینه‌های خیلی کم، کم، متوسط و زیاد و خیلی زیاد انتخاب کنند. در مرحله بعد، نظر جدید هر فرد خبره با توجه به اطلاعات کل خبرگان و نظر قبلی خود است (Azar and Faraji, 2001). اختلاف نظر هر یک از خبرگان طبق معادله (۱۰) محاسبه می‌شود. در حقیقت بر اساس این رابطه هر یک از خبرگان می‌توانند نظر خود را با میانگین نظرات بسنجند و در صورت تمایل نظرات قبلی خود را تعدیل کنند. با استفاده از معادله (۱۱) اختلاف نظر خبرگان محاسبه و در پرسشنامه‌ای تنظیم شد. سپس هر یک از خبرگان با توجه به ارزیابی مجدد نظر قبلی خود، نظرات جدید را اعلام کردند.

در این مرحله با محاسبه اختلاف میانگین‌های دور اول و دوم، با استفاده از روابط فاصله‌ی میان اعداد فازی میزان

جدول ۲- اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور اول و

ردیف	معیارهای مؤثر	میانگین اختلافات
۱	بهره‌وری	۰
۲	گسترش صنعت	۱/۵۹
۳	سودآوری	۰
۴	اشتغال	۰
۵	هدر رفت آب و ایجاد بیماری	۱/۵۹
۶	کیفیت محیطی زندگی	۰
۷	عدالت	۰
۸	آلودگی آب‌های زیرزمینی	۰
۹	آلودگی آب‌های سطحی	۰
۱۰	آلودگی محیط‌زیست	۰
۱۱	مشارکت سازمانی	۰
۱۲	مشارکت مردم	۱/۲۶
۱۳	کیفیت محیطی	۰
۱۴	استفاده بهینه از منابع	۰
۱۵	استفاده کشاورزانی که از مضرات آن بی‌خبرند	۰
۱۶	مصرف بهینه در کشاورزی	۰/۹۵۸
۱۷	کاشت جنگل	۰
۱۸	حفاظت محیط‌زیست	۱/۵۸
۱۹	ساخت اکو پارک	۰/۳۲۳
۲۰	تغذیه آب‌های زیرزمینی	۰

اجماع نظر خبرگان محاسبه می‌شود. در صورتی که اختلاف محاسبه شده کمتر از ۰/۲ باشد، فرایند دلفی فازی متوقف می‌شود. در این تحقیق مؤلفه‌های که در بازه‌ی خیلی کم قرار داشتند بر اساس نظر خبرگان از تحقیق حذف شدند. با توجه به اینکه اختلاف میانگین‌ها برای برخی از معیارها در ارتباط با استفاده بهینه از پساب بیش از ۰/۲ است، می‌توان نتیجه گرفت هنوز اجماع قابل قبولی بین نظر خبرگان وجود ندارد؛ بنابراین پس از محاسبه اختلاف نظر هر فرد خبره نسبت به میانگین طبق معادله (۱۱) و جدول ۲، با اعمال تغییرات لازم در عوامل، پرسشنامه‌ی جدید طراحی و همراه با نقطه نظر قبلی فرد و میزان اختلاف آن‌ها با میانگین دیدگاه سایر خبرگان مجدداً به خبرگان ارسال شد.

پس از جمع‌بندی پرسشنامه‌های این مرحله، اختلافات محاسبه شد که نتایج آن نشان می‌دهد که اختلاف تمام عوامل کمتر از ۰/۲ بوده و فرایند دلفی فازی متوقف می‌شود.

با توجه به نتایج حاصله نهایی تنها مولفه‌های با اهمیت بالاتر از ۰/۷ به عنوان معیارهای سنجش اثربخشی پروژه‌های تحقیقاتی در نظر گرفته شدند که در جدول ۳ مشاهده می‌شوند.

جدول ۳- اهمیت هر معیار بعد از دی فاز شدن

ردیف	معیارهای مؤثر	معیارهای فازی	امتیاز غیر فازی	وضعیت
۱	بهره‌وری	(۰/۷۷ و ۰/۸۸ و ۰/۶۰)	۰/۷۵	تایید
۲	گسترش صنعت	(۰/۶۷ و ۰/۸۰ و ۰/۶۷)	۰/۶۷	رد
۳	سودآوری	(۰/۶۷ و ۰/۸۳ و ۰/۹۳)	۰/۸۱	تایید
۴	اشتغال	(۰/۷۵ و ۰/۸۹ و ۰/۵۴)	۰/۷۳	تایید
۵	هدر رفت آب و ایجاد بیماری	(۰/۴۱ و ۰/۵۶ و ۰/۷۱)	۰/۵۶	رد
۶	کیفیت محیط زندگی	(۰/۴۸ و ۰/۷۳ و ۰/۵۸)	۰/۷۲	تایید
۷	عدالت	(۰/۹۴ و ۰/۸۴ و ۰/۶۸)	۰/۸۲	تایید
۸	آلودگی آب‌های زیرزمینی	(۰/۴۸ و ۰/۶۷ و ۰/۸۰)	۰/۶۵	رد
۹	آلودگی آب‌های سطحی	(۰/۷۰ و ۰/۵۰ و ۰/۳۱)	۰/۵۰	رد
۱۰	آلودگی محیط‌زیست	(۰/۶۸ و ۰/۵۴ و ۰/۳۷)	۰/۵۳	رد
۱۱	مشارکت سازمانی	(۰/۹۰ و ۰/۸۰ و ۰/۶۴)	۰/۷۸	تایید
۱۲	مشارکت مردم	(۰/۸۶ و ۰/۷۶ و ۰/۵۸)	۰/۷۳	تایید
۱۳	کیفیت محیطی	(۰/۹۶ و ۰/۸۶ و ۰/۷۰)	۰/۸۴	تایید
۱۴	استفاده بهینه از منابع	(۰/۹۵ و ۰/۸۵ و ۰/۶۹)	۰/۸۳	تایید
۱۵	استفاده کشاورزانی که از مضرات آن بی‌خبرند	(۰/۶۷ و ۰/۵۳ و ۰/۳۶)	۰/۵۵	رد
۱۶	مصرف بهینه در کشاورزی	(۰/۷۱ و ۰/۵۷ و ۰/۴۰)	۰/۵۶	رد
۱۷	کاشت جنگل	(۰/۶۴ و ۰/۵۰ و ۰/۳۳)	۰/۴۹	رد
۱۸	حفاظت محیط‌زیست	(۰/۸۸ و ۰/۷۸ و ۰/۶۰)	۰/۷۵	تایید
۱۹	ساخت اکو پارک	(۰/۶۹ و ۰/۵۴ و ۰/۳۰)	۰/۵۴	رد
۲۰	تغذیه آب‌های زیرزمینی	(۰/۷۰ و ۰/۵۶ و ۰/۳۹)	۰/۵۸	رد

یکدیگر نمی‌شوند از تکنیک آنتروپی شانون فازی برای وزن‌دهی این شاخص‌ها با توجه به این امتیازدهی‌ها پرداخته شد.

در این تکنیک به جای ۱۰ شاخص مؤثر به‌دست‌آمده به ترتیب از علامت‌های انگلیسی X^1 و X^2 و ... و X^{10} برای معرفی آن‌ها استفاده شد. جدول شاخص‌های مؤثر و علامت‌های معرف آن‌ها (جدول ۵) و همچنین در ادامه جدول نهایی وزن این شاخص‌ها با تکنیک آنتروپی فازی نمایش داده شده است.

جدول ۵- شاخص‌های مؤثر بر اثربخشی	
نماد شاخص	شاخص‌های مؤثر
X1	بهره‌وری
X2	سودآوری
X3	اشتغال
X4	کیفیت محیطی زندگی
X5	مشارکت مردم
X6	مشارکت سازمانی
X7	عدالت
X8	استفاده بهینه از منابع
X9	حفاظت محیط‌زیست
X10	کیفیت محیطی

در این بخش براساس گام‌های ذکر شده در بخش روش پژوهش در ارتباط با روش آنتروپی شانون فازی، وزن نهایی هر یک از ابعاد به عنوان معیار، با توجه به گزینه‌ها و براساس داده‌های دریافتی از خبرگان با پرسشنامه فازی محاسبه شده است. در جدول ۶ ماتریس تصمیم تشکیل شده نشان داده شده است. در پژوهش حاضر منظور از معیارها همان شاخص‌های ۱۰ گانه بوده و منظور از گزینه‌ها ۳ گزینه استفاده در درختان غیرمثمر، استفاده در صنعت و استفاده در ساخت اکوپارک است که به ترتیب با علائم I1 تا I3 نشان داده شده‌اند.

جدول ۶- ماتریس تصمیم مربوط به شاخص‌های مؤثر نسبت به گزینه‌ها

شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I1	(۹ و ۷ و ۵)	(۷ و ۵ و ۳)	(۵ و ۳ و ۱)	(۳ و ۱ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)	(۱ و ۱ و ۱)	(۳ و ۱ و ۱)	(۷ و ۵ و ۳)	(۵ و ۳ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)
I2	(۵ و ۳ و ۱)	(۵ و ۳ و ۱)	(۱ و ۱ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)	(۱ و ۱ و ۱)	(۷ و ۵ و ۳)	(۵ و ۳ و ۱)	(۳ و ۱ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)	(۱ و ۱ و ۱)
I3	(۷ و ۵ و ۳)	(۳ و ۱ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)	(۵ و ۳ و ۱)	(۳ و ۱ و ۱)	(۵ و ۳ و ۱)	(۹ و ۷ و ۵)	(۱ و ۱ و ۱)	(۷ و ۵ و ۳)	(۷ و ۵ و ۳)

و روش‌ها به ماتریس فاصله‌ای تبدیل گردید و به‌منظور نرمال‌سازی این ماتریس، تک‌تک اعداد هر ستون ماتریس

درنهایت با استفاده از روش دلفی فازی ۱۰ معیار به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر سنجش استفاده بهینه از پساب فاضلاب در کشت درختان غیرمثمر، صنعت و کاربری اکو پارک با بهره‌مندی از شاخص‌های توسعه پایدار شناسایی شدند که در حقیقت، شاخص‌هایی هستند که در جدول ۲ مورد تایید واقع شده و در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- معیارهای مؤثر بر سنجش استفاده بهینه از پساب

ردیف	معیارهای مؤثر
۱	بهره‌وری
۲	سودآوری
۳	اشتغال
۴	کیفیت محیط زندگی
۵	مشارکت مردم
۶	مشارکت سازمانی
۷	عدالت
۸	استفاده بهینه از منابع
۹	حفاظت محیط‌زیست
۱۰	کیفیت محیطی

تعیین وزن شاخص‌های مؤثر بر سنجش اثربخشی با استفاده از روش آنتروپی شانون فازی

مرحله بعد از شناسایی معیارهای مؤثر با توجه به نظر کارشناسان، وزن‌دهی بااهمیت نسبی است. در این مرحله از کار با توجه به پرسشنامه‌هایی که برای هر پروژه با این معیارها و با طیف لیکرت ۵تایی آماده شده است را در اختیار کارشناسان و ناظران و افراد قرارگرفت. با توجه به تعداد خبرگان این بخش که ۱۰ نفر بوده‌اند، ۱۰ نفر به معیارها، بر اساس شاخص‌های مؤثر به‌دست‌آمده از مرحله قبل، امتیاز دادند.

با توجه به این امر که ذهنیت افراد متفاوت می‌باشد و همچنین معیار و شاخص‌ها هر کدام دارای معیار و ویژگی خاصی هستند که در مجموع باعث تداخل نتایج بر

در این گام، ماتریس تصمیم آنتروپی فازی که در جدول ۶ آورده شده است، منطبق با روابط ذکرشده در بخش مواد

فاصله‌ای بر جمع کران بالای هر ستون تقسیم شد. نتایج حاصل از این امر در جداول ۷ و ۸ آورده شده است، لازم‌به‌ذکر است مقدار آلفا در این رابطه برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۷- تبدیل ماتریس فازی به ماتریس فاصله‌ای

شاخص/گزین	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I1	(۶ و ۸)	(۴ و ۶)	(۲ و ۴)	(۱ و ۲)	(۶ و ۸)	(۱ و ۱)	(۱ و ۲)	(۴ و ۶)	(۲ و ۴)	(۶ و ۸)
I2	(۲ و ۴)	(۲ و ۴)	(۱ و ۱)	(۶ و ۸)	(۱ و ۱)	(۴ و ۶)	(۲ و ۴)	(۱ و ۲)	(۶ و ۸)	(۱ و ۱)
I3	(۴ و ۶)	(۱ و ۲)	(۶ و ۸)	(۲ و ۴)	(۱ و ۲)	(۲ و ۴)	(۶ و ۸)	(۱ و ۱)	(۴ و ۶)	(۴ و ۶)

جدول ۸- نرمال‌سازی ماتریس فاصله‌ای

شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I1	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۷۷ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹
I2	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۱۶
I3	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۷۴ و ۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۶۲ و ۰/۰۰۹۲

I1: استفاده در درختان غیرمثمر / I2: استفاده در صنعت / I3: ساخت اکو پارک

در ادامه به‌منظور تعیین آنتروپی هرکدام از شاخص‌ها، ماتریس نرمال فاصله‌ای به دو ماتریس تبدیل می‌گردد که ماتریس اول درایه‌های اول و ماتریس دوم درایه‌های دوم را تشکیل می‌دهد (جدول ۹). به‌منظور تعیین انحراف هر شاخص نیز که در مرحله قبل (تعیین آنتروپی) اعداد آن محاسبه شد، موارد را از عدد یک کم نموده تا میزان انحراف (جدول ۱۰) به دست آید. در ادامه به‌منظور تعیین وزن هر شاخص، بر اساس رابطه‌های ذکرشده در بخش مواد و روش‌ها، حد پائین و حد بالای اعداد بازه‌ای نیز در جداول ذکرشده آورده شده است.

جدول ۹- حد پایین اعداد بازه‌ای (تعیین آنتروپی هر شاخص ((Ej))

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Ej	۰/۰۸۹۵	۰/۰۹۱۲	۰/۰۹۷۲	۰/۰۹۴۵	۰/۰۹۶۲	۰/۰۹۴۵	۰/۰۹۸۵	۰/۰۹۲۰	۰/۰۹۶۷	۰/۰۹۷۹
Dj	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۰
Wj	۰/۰۹۵۹	۰/۰۸۳۰	۰/۰۲۵۷	۰/۰۵۰۵	۰/۰۳۴۲	۰/۰۵۰۲	۰/۰۱۳۸	۰/۰۷۳۴	۰/۰۲۹۹	۰/۰۱۸۷

جدول ۱۰- حد بالای اعداد بازه‌ای (تعیین انحراف هر شاخص ((Ej))

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Ej	۰/۹۸۹۵	۰/۹۹۱۲	۰/۹۹۷۲	۰/۹۹۴۵	۰/۹۹۶۲	۰/۹۹۴۵	۰/۹۹۸۵	۰/۹۹۲۰	۰/۹۹۶۷	۰/۹۹۷۹
Dj	۰/۲۱۰۴	۰/۱۰۸۷	۰/۱۰۲۷	۰/۱۰۵۴	۰/۱۰۳۷	۰/۱۰۵۴	۰/۱۰۱۴	۰/۱۰۷۹	۰/۱۰۳۲	۰/۱۰۲۰
Wj	۰/۱۹۵۹	۰/۱۸۰۳	۰/۰۳۵۷	۰/۰۷۰۵	۰/۰۵۴۲	۰/۰۶۰۲	۰/۰۲۳۸	۰/۰۸۳۴	۰/۱۲۹۹	۰/۰۳۸۷

با توجه به تحلیل انجام‌شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با استفاده از روش آنتروپی شانون فازی بیشترین وزن برای شاخص بهره‌وری و بعد از آن به ترتیب شاخص‌های سودآوری و استفاده بهینه از منابع آب، کیفیت محیطی زندگی و ... دارای بیشترین وزن در بین شاخص‌ها هستند.

پس از تعیین وزن شاخص‌ها، باید اوزان شاخص‌ها را به عدد قطعی تبدیل کرد چراکه همان‌گونه که در جداول ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود، هر شاخص یک حد پایین وزن و یک حد بالای وزن دارد که به منظور قطعی کردن وزن‌ها باید میانگین حد پایین و حد بالا را برای هر شاخص محاسبه کرد. نتایج مربوط به آن در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۱- تعیین وزن نهایی معیارها

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
وزن قطعی	۰/۰۹۵۸۸۴	۰/۰۸۰۲۹۶	۰/۲۵۵۶۹	۰/۰۵۰۴۶۲	۰/۰۳۴۲۴۵	۰/۰۵۰۲۳۶	۰/۰۱۳۷۵۴	۰/۰۷۳۳۵۸	۰/۰۲۹۸۶۹	۰/۰۱۸۶۵۱

نقطه مرجع انتخابی، تعدیل و میزان انحراف با استفاده از روابط تشریح شده در قسمت مواد و روش‌ها محاسبه شد. درنهایت در جدول ۱۴ رتبه‌بندی بر اساس سیستم نقطه مرجع مشخص شده است.

در جدول ۱۵ محاسبه مطلوبیت نهایی گزینه نأم با به‌کارگیری روش فرم کامل ضریبی صورت گرفت. رتبه‌بندی نهایی بر اساس روش مولتی مورافازی در جدول ۱۶ مشخص شده است.

نتایج نشان داد استفاده بهینه از پساب در دشت شهرکرد ابتدا باید در صنعت متمرکز شود. همچنین دومین رتبه برای استفاده از پساب دشت شهرکرد به استفاده از پساب در ساخت اکوپارک اشاره دارد. سومین رتبه نیز به استفاده از پساب دشت شهرکرد برای درختان غیرمثمر اختصاص یافته است.

تعیین رتبه‌بندی مکان‌های مورد استفاده از پساب با توجه به شاخص‌های مؤثر با روش مولتی مورافازی

پس از تعیین وزن قطعی و در پی آن وزن نرمال شاخص‌های ۱۰ گانه تحقیق که توسط روش آنتروپی شانون فازی انجام شد، در ادامه با استفاده از روش آراس فازی به رتبه‌بندی ۳ گزینه موجود در تحقیق پرداخته شد. به‌منظور دسترسی به هدف مذکور، ابتدا ماتریس تصمیم و مقدار ایده‌آل تعیین شد، در ادامه شاخص‌های منفی به مثبت تبدیل و نرمال شدند و در انتها ماتریس وزن‌دار تشکیل و امتیاز هر گزینه محاسبه شد.

در جدول ۱۳ در روش نقطه مرجع فازی بر مبنای خروجی‌های سیستم نسبت فازی باید عمل کرد. تک‌تک درایه‌های ماتریس نرمال‌سازی شده با توجه به مختصات

جدول ۱۲- ماتریس گزینه/شاخص بر اساس نتایج سیستم نقطه مرجع

گزینه/شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I1	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۳۱
	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۳۰	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۴
I2	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۴
	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۱
I3	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۲
	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۲۱
	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۶

جدول ۱۳- نتایج نهایی ماتریس گزینه/شاخص بر اساس نتایج سیستم نقطه مرجع

گزینه/شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I1	۰/۰۰۴۱۰	۰/۰۰۳۰۸۱	۰/۰۰۳۱۵۸	۰/۰۰۲۹۰۲	۰/۰۰۲۸۱۶	۰/۰۰۲۶۱۱	۰/۰۰۲۵۲۷	۰/۰۰۲۰۲۸	۰/۰۰۱۸۰۳	۰/۰۰۱۵۰۹
I2	۰/۰۰۴۱۰	۰/۰۰۳۰۸۵	۰/۰۰۳۱۵۹	۰/۰۰۲۹۰۵	۰/۰۰۲۸۱۷	۰/۰۰۲۶۱۶	۰/۰۰۲۵۲۹	۰/۰۰۲۰۲۶	۰/۰۰۱۸۰۱	۰/۰۰۱۴۹۶
I3	۰/۰۰۴۲۱	۰/۰۰۳۰۸۸	۰/۰۰۳۱۵۹	۰/۰۰۲۹۰۹	۰/۰۰۲۸۱۹	۰/۰۰۲۶۱۸	۰/۰۰۲۵۳۰	۰/۰۰۲۰۲۱	۰/۰۰۱۷۹۸	۰/۰۰۱۴۷۵

جدول ۱۴- رتبه‌بندی براساس سیستم نقطه مرجع

رتبه	مقدار نهایی	گزینه
۳	۰/۰۱۲۲۹۱۳	استفاده در درختان غیرمثمر
۱	۰/۰۰۹۳۳۹۵	استفاده در صنعت
۲	۰/۰۱۱۰۰۵	ساخت اکو پارک

جدول ۱۵- محاسبه مطلوبیت نهایی گزینه نام

رتبه	مقادیر دی فازی شده	خروجی نهایی سیستم فازی	گزینه
۳	9.39355E-64	9.59127E-71	استفاده در درختان غیرمثمر
۱	E-63۲.۶۳۲۵۹	7.67389E-71	استفاده در صنعت
۲	2.05512E-63	7.6577E-72	ساخت اکو پارک

جدول ۱۶- رتبه‌بندی نهایی بر اساس روش مولتی مورا فازی

رتبه در مولتی مورا فازی	رتبه در فرم کامل مضربی	رتبه در نقطه مرجع فازی	گزینه
۳	۳	۳	استفاده در درختان غیرمثمر
۱	۱	۱	استفاده در صنعت
۲	۲	۲	ساخت اکو پارک

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی آب از هر منبعی که تأمین گردد دارای عناصر و ترکیبات مضر برای صنایع است. برای انتخاب مهم‌ترین شاخص‌های آب صنعتی باید به پارامترهایی توجه کرد که برای اکثر مصارف صنعتی حساسیت ایجاد می‌کنند و غلظت بیشتر از میزان استاندارد توصیه شده برای آن‌ها سبب آسیب‌های جزئی تا عمده به تجهیزات و کارخانه‌ها و تاثیر بر کیفیت مواد تولیدی می‌شود.

استفاده از روش مولتی‌مورا فازی برای اولویت‌بندی پساب در صنعت، کشت درختان غیرمثمر و کاربری در اکوپارک بر اساس سیستم نقطه مرجع مشخص شده است. با توجه به آنچه در بخش قبل مشخص گردید، استفاده بهینه از پساب در دشت شهرکرد ابتدا باید در صنعت متمرکز شود. در ایران که اندازه‌ی بارندگی سالانه کم و نیاز آبی آن رو به افزایش است استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آب موردنیاز برای کاربردهای خانگی بخشی اندک (کمتر از ده درصد) از تمام نیاز آبی کشور را در برمی‌گیرد، این درحالیست که ۹۰ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی، فضای سبز و مصارف صنعتی می‌گردد. باتوجه به موارد ذکر شده، بهره‌مندی از فاضلاب تصفیه شده گام مهمی در زمینه رفع نیازهای بشری ضرورت می‌یابد. با توجه به اینکه فاضلاب جزو آب‌های شیرین ولی آلوده به حساب می‌آید، کاربرد دوباره فاضلاب به‌مراتب ارزان‌تر از شیرین کردن آب دریا در شهرهای کرانه خلیج فارس و دریای خزر یا ارزان‌تر از شیرین کردن آب‌های لب شور چاه‌ها در شهرهای مرکزی ایران است. افزون بر این فاضلاب تصفیه‌شده منبعی است نزدیک به محل‌های مسکونی،

مقدار آن در ماه‌های سال تقریباً یکسان و خشک‌سالی هم تأثیر چندانی در تولید آن ندارد. استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری کشاورزی به‌جز صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین به علت وجود مواد کودی در آن می‌تواند منبع غذایی خوبی برای گیاهان شود.

دومین رتبه برای استفاده از پساب دشت شهرکرد، استفاده در ساخت اکوپارک است. اکوپارک، محیطی است که در آن فعالیت‌های تفریحی، همگام با شناسایی و چگونگی برخورد با مسایل زیست محیطی از جنبه‌های گوناگون آموزش داده می‌شود. فرضیه اصلی طراحی اکوپارک فراهم آوردن پشتوانه‌های اقتصادی، علمی و زیست‌محیطی مناسب برای آموزش عمومی و ایجاد فرهنگ صحیح محیط زیستی است. با توجه به زمینه‌ها و روند توسعه در کشور و با توجه به مشکلات زیست‌محیطی موجود و نیز تأثیر افزایش روزافزون جمعیت و رشد پرشتاب فن‌آوری و در پی آن افزایش مصرف و تولید انواع زباله و پساب‌های خانگی و صنعتی، ضرورت طراحی و اجرای اکوپارک اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین با تکیه بر قابلیت‌های موجود و کاربری‌های متنوع و مفید اکوپارک، تاسیس این‌گونه فضاهای تفریحی- زیست‌محیطی برای حرکت در راستای توسعه پایدار شهری لازم می‌باشد. امروزه اکوپارک‌ها نقش اساسی در کاهش روند تخریب محیط‌زیست، افزایش آگاهی‌های مردمی و ارتقای شاخص‌های تأثیرگذار بر محیطی که در آن زندگی می‌کنیم و در مقیاس وسیع‌تر کره خاکی ایفا می‌کنند. با توجه به رشد روزافزون جمعیت و افزایش توان بالقوه حضور انسان در محیط طبیعی می‌توان این‌گونه بیان کرد که بدون وجود برنامه‌ریزی‌های عملگرایی جدید و متناسب

باید برای آبیاری درختان غیر مثمر نظیر سرو و کبوده و فضای سبز شهری استفاده شود. کشاورزان باید به خاطر سلامت جامعه و امنیت غذایی از پساب‌های فاضلاب برای آبیاری اراضی خود استفاده نکنند. در برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری و استفاده از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و استفاده از پساب‌ها باید استانداردهای ملی رعایت شود.

منابع

1. Amerasinghe P. Bhadwaj R. M. Scott C. Jella K. and Marshall F. 2013. Urban wastewater and agricultural reuse challenges in India, IWMI Research report.
2. Anbir L. and Noori, Z. 2018. Investigation of Effluent Quality of Ekbatan Wastewater Treatment Plant for Farm and Green Space Irrigation. Land Management Journal, 6(1): 95-102. (In Persian).
3. AnsariMahabadi S. Massah Bavan A. and Bagheri A. 2019. Evaluation of Adaptation Strategies to Climate Change based on Social, Economic and Environmental Resilience Indicators. Iran-Water Resources Research, 14(5): 265-277. (In Persian).
4. Azar H. and Faraji H. 2001. Fuzzy management science. Iran Productivity and Studies Center, Tehran, Ejtam Publications. (In Persian).
5. Bayat Afshari N. and Danesh Yazdi M. 2020. The framework of the use of urban treated wastewater in the restoration of dried wetlands. The third national conference on environmental engineering and management. (In Persian).
6. Chiou H. K. Tzeng G. H. and Cheng D. C. 2005. Evaluating sustainable fishing development strategies using fuzzy MCDM approach. Omega, 223-234.
7. Dorkhosh M. Karami dehkordi M and Layani Gh. 2023. Regional priorities for the establishment of transformation and complementary industries in the agricultural sector in the villages of Shahrekord. Journal of Space economics and rural development, 12(44): 25-44. (In Persian).
8. Esfandyari M. Esfandyari M. and Azami H., 2021. Implementation of 3'Rs project on water use and wastewater treatment at Bojnord University focusing on gray water and reuse of restaurant effluent'. Journal of Renewable and New Energy, 8(1): 56-62. (In Persian).
9. Helmi M. and Shahidi A. 2023. The Using of SPI and SPEI Indices in Evaluating the Effect of Drought on Quality of Surface Water Resources (Case Study: Kashafroud

و بر پایه دانش زیستی و علمی و با توجه به توان محیط موجود، نمی‌توان انتظار دستیابی به توسعه پایدار داشت. سومین رتبه نیز به استفاده از پساب دشت شهرکرد برای کشت درختان غیرمثمر پیشنهاد شده است. آبیاری زمین‌های کشاورزی با فاضلاب خام و پسماندهای آلوده معضلی است که پیامدها و عوارض متعددی دارد که نه‌تنها سلامت مردم را به دلیل تولید محصولات آلوده تهدید می‌کند، بلکه کیفیت خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. تهدید آب‌های زیرزمینی، خاک و زمین‌های کشاورزی ازجمله مسائل و چالش‌های زیست محیط و بهداشتی است که کم‌وبیش به‌واسطه رعایت نکردن نکات اصولی و ضرورت‌های کشت و زرع بعضاً در برخی نقاط مشاهده می‌شود. باید توجه داشت که شرط استفاده موفقیت‌آمیز از فاضلاب و پساب در کشاورزی، در نظر گرفتن اثرات آن بر محیط‌زیست و محصولات کشاورزی و بهداشت و تندرستی انسان‌ها است. در صورتی که شروط استفاده از پساب‌ها اعم از فاضلاب‌های شهری و صنعتی رعایت نشود آسیب‌های جدی به طبیعت و جوامع انسانی وارد می‌شود. با توجه به کمبود منابع آب در بسیاری از مناطق کشور و افزایش حجم فاضلاب‌های شهری، استفاده مجدد از آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. سیاست دولت‌ها در استفاده از فاضلاب در کشاورزی مبنی بر اخذ تصمیمات مؤثر و به کنترل درآوردن محل و محصولات تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده است. تصمیم‌گیری برای استفاده نامحدود از پساب‌ها توسط کشاورزان و همچنین استفاده از پساب برای آبیاری پارک‌ها و مناطق شهری، مستلزم اتخاذ تدابیر و اثرات سوء زیست‌محیطی است. مناسب‌ترین شرایط از نظر بهداشتی و زیست‌محیطی وقتی فراهم می‌شود که استفاده از پساب‌ها در مناطق مشخص و محدودی با رعایت فاصله استاندارد از محل زندگی افراد تعیین گردد. با توجه به سلامت و امنیت غذایی، رعایت استانداردهای سلامت از سوی سازمان‌های مرتبط در کشور برای استفاده از پساب‌ها در کشاورزی ضروری است. هم‌اینک از پساب‌های تصفیه‌شده فاضلاب برای کشاورزی در استان چهارمحال بختیاری استفاده می‌شود که تمامی استانداردهای بهداشت سلامت و زیست‌محیطی برای تصفیه رعایت می‌شود. از پساب‌های تصفیه‌شده برای محصولات مثمر مثل سیب‌زمینی، گندم و جو و سبزی‌ها و میوه‌جات نباید استفاده شود. پساب‌ها

- Geography and Environmental Studies, 11(42): 136-150. (In Persian).
20. Wilson D. C. Velis C. A. and Rodic M. 2018. Integrated sustainable waste management in developing countries. *Waste and Resource Management*, 166(WR2): 52-68.
 21. Zarei M. Mohammadian A. and Ghasemi R. 2016. Internet of Things in Industries: a Survey for Sustainable Development. *Innovation and Sustainable Development*, 10(4): 419-442.
 - River). *Journal of Drought and Climate change Research*, 1(1): 83-96. (In Persian).
 10. Jamshidi S. F. Karami dehkordi M. karbasioun M. and Layani G. 2023. Identification of Leveling of the Rural Ecotourism Areas in Chaharmahal va Bakhtiari Province. *Journal of Tourism Planning and Development*, 12(46): 145-167. doi: 10.22080/jtpd.2023.24307.3740. (In Persian).
 11. Gu Y. Li Y. Li X. Pengzhou L. Wang H. Zoe R.P. Xin W. Jiang W. and Fengting, L. 2017. The feasibility and challenges of energy self-sufficient wastewater treatment plants. *Applied Energy*, 204(C): 1463-1475.
 12. Hosseinzadehlotfi H and Fallahnejad R. 2010. A way to rank all the working units in Tv. *Basic Science Journal*, 20(2): 101-108. (In Persian).
 13. Karbasi maroof M. Nassery T. and Alijani F. 2022. 'Effect of Bar Dam On Neyshabur Aquifer in Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources'. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 16(2): 399-412. (In Persian).
 14. Khamisabadi A. Parvanak K. and Nasrabadi M. 2019. Effect of the Use Treated Wastewater on Microbial Contamination of Soils of Urban Landscapes. *Environmental health engineering*, 7(1): 42-52. (In Persian).
 15. Khodabakhshi A. Mohammadi-Moghadam F. Motaghi K. and Bagherzadeh F. 2022. Investigating the Feasibility of Reuse of Effluent from Wastewater Treatment Plant in Borujen City, Iran, for Agricultural and Irrigation Uses. *Journal of Health System Research*, 18(1): 66-74. (In Persian).
 16. Nasaji M. and Mousavi M. 2015. Investigating the role of sports tourism in the development of Iranian tourism. *International conference on man, architecture, civil engineering and the city*. Center for Strategic Studies of Architecture and Urban Planning, Tabriz. (In Persian).
 17. Quaddus M. and Siddique M. 2001. Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach. *Environment International*, 27(2-3): 89-95. (In Persian).
 18. Rabbaniha H. and Liaghat A. Soltani M. 2020. Experimental study of shallow saline water and freshwater interference on distribution of salinity in the saturated and unsaturated zone using physical model. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 14(5): 1677-1685. (In Persian).
 19. Rastgoo P. Ramezani B and Rezaei P. 2022. Drought Evaluation and Climatic Impact Assessment in Guilan Province. *Journal of*

