کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره۱۰،دوره۴ ، فصل بهار سال ۱۴۰۳،
صص ۱۶-۱
Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol.4,No. 10, Spring 2024, pp. 1-16

کاربرد تلفیقی MCDM-AHP و استراتژی‌های آینده پژوهانه در تأمین و مدیریت آب شهری (محدوده مورد مطالعه: منطقه ۵ کلانشهر تبریز)

محمد رضا پورمحمدی [*۱]، شهریور روستایی [۲]، مهری سعادت جو عصر [۳]

۱- استاد گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل pourmohammadi@tabrizu.ac.ir

۲- استاد گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل srostaei@tabrizu.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت شهری، گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل sadatjoumahrokh@gmail.com

چکیده

رشد شهرها همواره با رشد جمعیتی و افزایش مصارف آبی همراه بوده است، با افزایش میزان مصرف منابع آبی و خطر تجدید نشدن آنان همواره شهرها را دچار چالش می‌کند. منطقه ۵ شهرداری تبریز با افزایش جمعیت و بروز مشکلاتی در تهیه منابع آبی مورد نیاز شهروندان دچار چالش شده و هرساله در زمینه تأمین و مدیریت آب شهری با مشکل روبرو می‌شود. در این پژوهش سعی شده است تا با برآورد جمعیت، میزان مصرف شهروندان در منطقه ۵ و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر تأمین و مدیریت آب شهری به ارائه‌ی استراتژی‌های آینده پژوهانه در تأمین و مدیریت آب شهری دست یافت و بهترین استراتژی آینده پژوهانه را برای استفاده در کوتاه مدت در منطقه ۵ تبریز به کار بست. در این پژوهش ابتدا با استفاده از نرم‌افزار People به پیش بینی جمعیت پرداخته شد و سپس با استفاده از مدل Ahp هریک از مؤلفه‌ها وزن دهی شدند و علاوه بر آن با استفاده از نرم‌افزار ExpertChoice بهترین استراتژی انتخاب گردید. در بین استراتژی‌های (استراتژی‌های کاهش هدر رفت آب، هوشمندسازی زیرساخت‌های آبی، آموزش و اطلاع‌رسانی، سیاست‌های تشویقی و تنبیهی، افزایش دانش آب، فناوری‌های صرفه جویانه و منابع آب نوین) ارائه شده در راستای بهبود شرایط، استراتژی هوشمندسازی زیرساخت‌های آبی با ضریب ۰,۳۱۰ به عنوان بهینه‌ترین راهبرد معرفی شده است.راهبردهای سنتی و قدیمی سازوکارهای تأمین و مدیریت آب شهری برای شهرهای آینده و رشد جمعیتی آنان پاسخگو نخواهند بود؛ لذا برای بهبود زمینه‌های تامین کننده آب شهری به ارائه‌ی استراتژی‌های آینده پژوهانه در این باره پرداخته شده و

* نویسنده مسئول E-mail: pourmohammadi@tabrizu.ac.ir

در صدد تغییر در سازمندی‌های سنتی غیرکارآ مطالعاتی صورت پذیرد. در این مقاله سعی شده تا با ارائه‌ی چند استراتژی فعال و غیرفعال در زمینه تأمین و مدیریت و شناسایی عوامل عمده تأثیرگذار در روند تأمین آب شهر تبریز بهینه‌ترین راهبرد را برای منطقه ۵ تبریز انتخاب کرد.

کلمات کلیدی: جمعیت، آب، رشد شهری، مدیریت شهری

۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان، همگام با گسترش فعالیت های کشاورزی و صنعتی از یک سو و خشک سالی های پی در پی در اکثر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک از سووی دیگر موجب شده است که در سال های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد گردد(دادفر و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۶). از طرف دیگر، توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن سبب گردیده همه ساله بخش قابل توجهی از منابع آب، به علت تغییر کیفیت آنها، از چرخه مصرف خارج شوند که نمونه بارز آن فاضلاب های شهری می باشد(پارسافر و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۱). در حالی که دیگر منابع در حال کاهش هستند، فاضلاب ها تنها منابع آب در حال افزایش می باشند. بنابراین نیاز مبرم به حف و حفاظت از منابع آب تازه و استفاده از منابع آب با کیفیت پایین تر است (Ladwani & et al, 2012;65). ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و بنابراین آب با کیفیت مناسب یکی از موانع اصلی توسعه کشاورزی است(اگدرنژاد و همکاران، ۱۴۰۰: ۸۰) که در حال حاضر حدود ۸۷ میلیارد مترمکعب از ۹۵ میلیارد مترمعکب آبه های مهار شده تجدید شونده در این بخش مصرف می شود. این در حالی است که به طور میانگین بازده آبیاری در کشور بین ۳۳ تا ۳۷ درصد متغیر است بازدهی اقتصادی آب نیز در بخش کشاورزی در مقایسه با بازدهی آب در بخش صنعت، بسیار ناچیز است(اسفندیاری، ۱۳۸۰: ۴۶). با این شرایط پیش بینی مصرف آب در برنامه ریزی و مدیریت منابع آبی نقش اساسی ایفا می کند، به ویژه در شرایط کنونی که الگوی مصرف و شناخت آن توجه کافی نمی شود و نیاز شدید به شناخت میزان مصرف و عوامل موثر بر آن کاملا محسوس است (سلیمی و حکیمیان، ۱۳۹۴: ۱۱۲). شهر تبریز به عنوان یکی از کلانشهر ایران، به علت افزایش روزافزون جمعیت و گسترش شهری از این قاعده مستثنا نیست و یکی از مشکلاتی که در آینده با آن روبرو خواهد بود، مسائل مربوط به آب و مصارف آن می باشد. اهمیت این مسئله و همچنین فقدان الگو و توصیف مشخص از نحوه و میزان مصرف آب در کشور، استفاده از سیستم های پردازش اطلاعات را در مدیریت منابع آب ضروری می نماید همچنین در جهت مدیریت مصرف آب شهری و ارائه تمهیدات گذر از بحران، لازم است اطلاعات لازم را در رابطه با الگوی مصرف شهروندان بررسی شود. این اطلاعات شامل میزان مصرف هر یک از مصارف شهری به خصوص مصرف آب مسکونی، پراکندگی فضایی میزان مصرف آب و عوامل موثر بر الگوی مصرف می باشد. براین اساس، بررسی الگوی مصرف آب شهری و استفاده اصولی از نتایج آن ، می تواند به حل مسئله کمبود آب در تأمین آب شهری کمک و زمینه های لازم به منظور مدیریت تقاضای آب را فراهم نماید(شهرستانی، ۱۳۹۳: ۴۴). سازو کار های سنتی در تأمین آب شهری (استفاده از منابع آبی در دسترس) دارد آمار ها نشانگر این است

که در شهر تبریز ۳۳ درصد از آب مورد نیاز شهر توسط آب های زیرزمینی (۸۶ حلقه چاه و ۱۱ رشته قنات) و ۶۷ درصد باقی مانده آب شهری توسط آب های سطحی (۲ تصفیه خانه سد) تأمین می گردد که ۱۱۵۱۳۳۰۳۳ متر مکعب آب در سال ۱۳۹۹ توسط ۷۴۳۳۹۰ اشتراک به مصرف رسیده است؛ بیشترین دوره مصرف در دو ماه مهر و آبان بوده است(سالنامه آماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۹: ۵۳). لذا اتخاذ تمهیدات لازم برای بهبود شرایط تأمین آب شهر تبریز نیازمند راهکار و رویکردی است که چرخه آب را در این شهر پایدار نموده و برای تأمین آب شهری به طور کارآمد عمل نمایند. بنابراین هدف پژوهش حاضر ارزیابی تأمین و مدیریت آب شهری منطقه پنج شهر تبریز با استفاده از استراتژی‌های آینده پژوهانه می باشد.

۲- مبانی نظری

آب یکی از مهمترین و درعین حال محدودترین نهاده مورد استفاده در تمام بخش های اقتصادی است و به همین دلیل استفاده بهینه از آن ضروری به نظر می رسد. روند افزایش تقاضا برای آب در همه مناطق جهان مسئله ای اجتناب ناپذیر است. با توجه به رشد جمعیت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی، سرانه منابع تجدید شونده منابع آب رو به کاهش است (سلیمی و حکیمیان، ۱۳۹۴: ۱۱۰). از طرفی گسترش زندگی شهرنشینی و افزایش روزافزون جمعیت و به دنبال آن نیاز این جمعیت به تأمین انرژی، آب و غذا، محیط زیست پایدار برای زندگی، رشد و توسعه فعالیت های اقتصادی جامعه که پایه و اساس تأمین همه این نیاز ها، عنصر تأثیرگذار آب است، سبب گردیده است تا نسبت به تأمین، توزیع و مصرف آب در مناطق شهری توجه و دقت ویژه ای به عمل آید، چرا که عدم مدیریت همه جانبه به ویژه در مناطق در حال توسعه مثل کشور ایران زندگی انسان ها را با مخاطرات عدیده ای مواجه می سازد (Arfanuzzaman and Rahman, 2017;15). در صورت نبود یک برنامه جامع و مدون برای مدیریت صحیح منابع تأمین آب و همچنین مصرف آن، تصمیماتی که برای مقابله با بحران در یک منطقه گرفته می شود، سایر مناطق را نیز تحت تأثیر قرار داده و تلاش برای احیا و رشد یک منطقه سبب خسارت به بخش های دیگر شده و سرانجام این وضعیت، سبب در پیش گرفتن راه های مقابله کوتاه مدت و کم اثر، نا بهینه و افزایش جمعیت متاثر از کمبو آب می گردد(شرافت و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۵). بنابراین رفته رفته نیاز به منابع آبی بیشتر شده و از طرفی دیگر عواملی نظیر تغییرات بد آب و هوایی و در نتیجه کاهش ریزش‌های جوی و عدم استفاده بهینه از منابع در دسترس بر شدت کمبود این منابع افزوده، پس ضرورت مدیریت صحیح این شبکه عظیم و پیچیده روز به روز آشکارتر می شود(حنیف دوخت غیور و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۹). در دهه های اخیر، مسئله کمبود آب به یک مشکل اصلی برای دستیابی به کیفیت زندگی بهتر و توسعه جوامع تبدیل شده است، بنابراین رویکردی یکپارچه برای بهره برداری مستمر و پایدار از منابع آب مورد نیاز است، این رویکرد یکپارچه برای مدیریت منابع تأمین آب به طور ویژه برای مناطق خشک و نیمه خشک و مخصوصا نواحی که منابع تأمین آب آنها بسیار اندک می باشند، کاملا ضروری است (Liu & et al, 2011;32). مدیریت زنجیره تأمین آب موضوعی بسیار مهم برای

دسترسی به توسعه پایدار است. بسیاری از پژوهشگران بخش های مختلفی از زنجیره تأمین آب را مورد مطالعه قرار داده اند و به بررسی مشکلات آن پرداخته اند، سیستم آبیاری در بخش کشاورزی یکی از زمینه ها است که یک مدل تخصیص بهینه برای تأمین آب و به حداکثر رساندن سود حاصله برای سرمایه گذاران در بخش های مرتبط ارائه شده است(Saif and Almansoori, 2014;48). با بهره مندی از اصول و قواعد توسعه پایدار در زمینه سازوکارهای تأمین آب شهری علاوه بر بهبود مدیریت آب شهری و تأمین نظام مند آب برای شهر ، شهر توانایی پایش منابع آبی خود را به دست آورده و چرخه آب درون شهری را ایجاد خواهد نمود که با مطابق با اصول آینده نگری، محیط گرایی، عدالت گرایی و مشارکت گرایی توسعه پایدار می‌باشد(WorldBank.org ,2023).

۳- پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات متعددی در رابطه با تأمین و مدیریت آب های شهری انجام گرفته است.

قنبری و همکاران (۱۴۰۱)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به مدل سازی و پیش بینی الگوی مصرف آب شهری تبریز پرداخته اند.نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان داد که در مدیریت مصرف آب در سطح شهر و سازمان ها بهتر و دقیق تر باید تصمیم گیری کنند.

حسین زاد و همکاران (۱۳۹۲)، با استفاده از تحلیل عاملی به سازو کار های مدیریت آب کشاورزی دشت تبریز پرداخته اند. نتایج نشان داد که کاهش میزان تخلیه چاه ها و استفاده بهینه از آب های سطحی در جهت افزایش سطح زیر کشت آبی در مدیریت منابع آبی منطقه موثر خواهد بود.

بهشتی و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از رویکرد آینده پژوهی به ارزیابی سناریو های مدیریت منابع آب شهر تبریز پرداخته اند. نتایج نشان داد که با توجه به وضعیت موجود، شکاف قابل توجهی تا تحقق اهداف بنیادین توسعه و دستیابی به سناریوهای مطلوب وجود داشته و از این رو راهبرد ها و تدابیر لازم در دستیابی به مطلوب ترین آینده ها معرفی گردید.

ژو[1] و همکاران (۲۰۱۳) ، با استفاده از رویکرد برنامه ریزی تصادفی چند مرحله ای فاکتوریلی به بررسی مدیریت تأمین آب تحت شرایط عدم قطعیت پرداخته اند. نتایج نشان داد که رویکر FMSP برای رسیدگی به پیچیدگی سیستم نه تنها در عدم قطعیت بلکه در تعامل با پارامتر های گوناگون مدل سازی اعمال می شود.

صفوی[2] و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از سناریو های تعریف شده در حوزه رودخانه زاینده رود اصفهان به عنوان منبع تأمین آب تحت شرایط عدم اطمینان در سال ۲۰۱۵ پرداخته اند که در آن پاسخگویی کامل به تقاضای مناطق مصرف منجر به تعریف سناریویی ناپایدار و نامطلوب با ایجاد هزینه های کمبود منابع آب سطحی و زیرزمینی می شده و در سال بعدی با هدف تصحیح سیاست های مدیریتی، مدل ارائه شده خود را توسعه داده و سناریو های مدیریت تقاضای شهری و مدیریت منابع تأمین آب و مدیریت توامان این دو را نیز به آن افزودند. نتایج نشان داد که مدیریت تقاضای شهری بسیار موثرتر از مدیریت منابع تأمین آب عمل می کند.

---

[1] Xu
[2] Safavi

با توجه به مطالعات انجام گرفته در سال های اخیر توجه محققین با استفاده از سایر روش های بهینه سازی برای مدیریت منبع تأمین آب شهری و هم چنین از لحاظ عوامل اجتماعی و زیست محیطی در قالب مدل سازی ریاضی بوده است ولی پژوهش حاضر در نظر دارد با استفاده از استراتژی‌های آینده پژوهانه به مدیریت بهینه و تأمین منابع آب شهری در منطقه پنج تبریز که با کمبود آب مواجه می باشد، مورد ارزیابی قرار دهد.

۴- شبکه توزیع آب شهری

- شبکه توزیع آب

شبکه توزیع آب عبارت است از تمامی تسهیلات و تاسیساتی که در کنار هم امکان توزیع و هدایت آب را از محل ذخیره یا تولید به مشترکین آب به مقدار لازم و با حداقل فشار مورد نیاز فراهم می سازد و آب را به محل مشترکین توزیع می کند و سرانجام به ۴ روش سریالی، شاخه ای، حلقوی و مختلط در میان مناطق مصرف توزیع می شود(خلیلیان، ۱۳۹۳: ۵۵).

- ویژگی های زنجیره تأمین شبکه آب شهری

به دلیل گستردگی تحقیقات انجام شده در زمینه های مختلف حوزه زنجیره تأمین آب، کارهای انجام شده با توجه به معیارهای موجود در شبکه به شش سطح اصلی تقسیم بندی شده است:

۱. مدیریت منابع تأمین شبکه آب شهری
۲. طراحی شبکه های آب شهری با توجه به منابع تأمین
۳. بررسی عملیات مخازن ذخیره سازی
۴. شبکه توزیع آب شهری
۵. مدیریت تقاضای آب شهری
۶. بررسی یکپارچه زنجیره تأمین شبکه آب شهری(حنیفه دوخت غیور و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۸).

۵- روش پژوهش

فرایند تحلیل سلسله مراتبیAHP از پرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط فردی عراقی الاصل به نام (توماس ال ساعتی) در دهه 1980پیشنهاد شد (ایزدبخش و دیگران، ۱۳۸۸: ۸۵). مسایل پیچیده را از طریق تجزیه آن به عناصر جزیی و سلسله مراتبی در ارتباط با هدف مسأله به شکل ساده‌تری در می‌آید (زبردست،۱۳۸۰: ۱۵). در حقیقت عملکرد این مدل آن همانند مغز انسان در تجزیه و تحلیل مسایل است (مؤمنی، ۱۳۸۷: ۴۰). که توسط آن می‌توان تصمیم هایی که وابسته به معیارهای مختلف است را اتخاذ کرد (رهنما، ۱۳۸۸: ۴۵۳).

تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) دارای مراحل مختلفی می‌باشد. شناسایی مسائل، تعیین اولویت ها، ارزیابی گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه به منظور تصمیم گیری توسط تکنیک‌های(MCDM) اولین مرحله

تعیین تعداد شاخص‌ها و معیارهای مسئله می‌باشد. مرحله بعدی جمع آوری اطلاعات و داده‌های موردنیاز است به طوری که این داده‌ها نظرات تصمیم گیرنده را منعکس کند. سپس بر اساس آن‌ها گزینه‌ها و آلترناتیوهای مختلف مشخص خواهد شد. این گزینه‌ها می‌تواند تصمیم گیرنده را به اهداف برساند. در نهایت، انتخاب بهترین روش برای ارزیابی و اولویت بندی گزینه‌ها می‌باشد .

- مرحله ۱: ایجاد ساختار سلسله مراتبی برای مسئله

برای ساختن سطوح سلسه مراتب، باید سطوح مختلف و مرتبط بین اجزای تشکیل دهنده هر سطح با سطوح بالاتر و پایین‌تر مشخص گردد. در ساده‌ترین حالت، سطح اول مربوط به هدف، سطح دوم مربوط به معیارهای موردنظر و سطح سوم نشان دهنده گزینه‌های مورد بررسی است.

- مرحله ۲: تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی

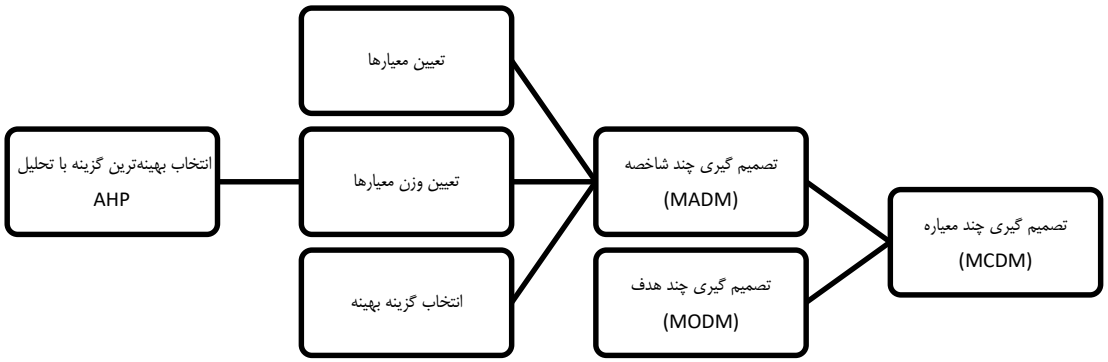
پس از مشخص شدن ساختار سلسله مراتبی باید ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس نظر شخص تصمیم گیرنده تعیین گردد. این عمل، برای اجرا، در هر سطح به صورت جداگانه انجام می‌گیرد. در مقایسه گزینهi با گزینه، j تعیین اهمیت i برj به کمک خاصی صورت می‌پذیرد.

- مرحله ۳: محاسبه وزن نسبی و اهمیت وزنی گزینه‌ها و معیارها

محاسبه وزن معیارها نقش بسیار تعیین کننده ای در حل مسائل تصمیم گیری دارد. روش های محاسبه وزن نسبی ماتریس تصمیم به طور عمده به دو گروه روش های دقیق (روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی و روش بردار ویژه) و روش های تقریبی (روش مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی) تقسیم می‌شوند.

- مرحله ۴: محاسبه وزن نهایی

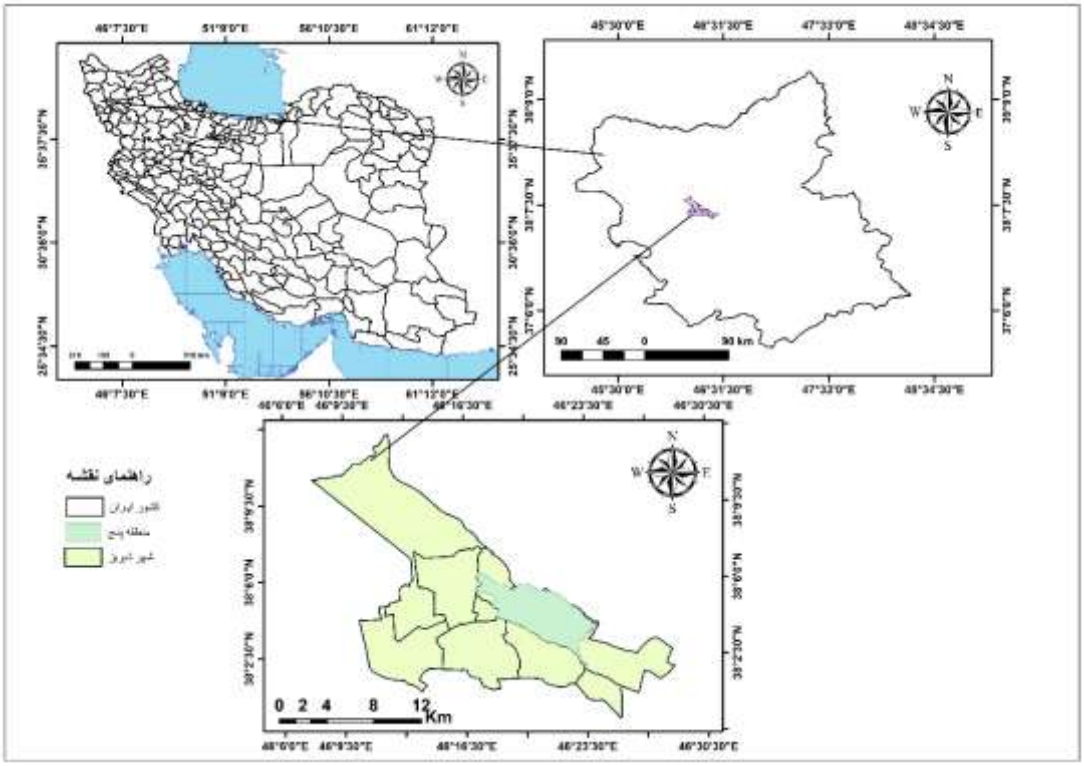
وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها به دست می آید(زبردست، ۱۳۸۰: ۱۵).



نمودار ۱ مراحل مدل MCDM (مأخذ:parsmodir.com)

٦- محدوده مورد مطالعه

منطقه ۵ شهرداری تبریز، به وسعت ۳۲۳۰ هکتار در حدود ۱۴/۶ درصد از کل وسعت شهر تبریز را شامل شده است. به لحاظ موقعیت قرارگیری منطقه ۵ در شرق و شمال شرقی تبریز در مجاورت مناطق ۱، ۲، ۹ قرارگرفته است، شکل شماره (۱) موقعیت قرار گیری منطقه پنج شهر تبریز را نشان می دهد. این منطقه شهری با مساحتی حدود ۳۲۹۷/۷ هکتار، حدود ۱۲۶۱۲۴نفر در آن ساکن هستند. تراکم ناخالص جمعیتی این منطقه در بافت پر شهری و در کل معادل ۳۹ نفر در هکتار است. مساحت کاربری مسکونی در این منطقه ۲۶۹ هکتار بوده و تراکم خالص جمعیتی در آن معادل ۴۶۸ نفر در هکتار است. منطقه ۵ شهرداری تبریز، شامل محلات و شهرک‌های جدیدالاحداث (مصلی، نصر، نیاوران، شهرک سرم سازی، کوی بانک صادرات، کوی استانداری، کوی گاز، ولی عصر ۲ یا همان کوشن بارنج، فرشته الهیه، رشدیه) و نسبتا قدیمی تر (نظیر شهرک باغمیشه، زمرد، ولی امر، روستای بارنج، دانشگاه آزاد اسلامی، میدان بسیج، مرزداران، فرهنگیان، آرپادره سی، سه راهی اهر، کرکج، اتوبان پاسداران، شهید فهمیده و جماران) می باشد(ستارزاده صالحی و جعفری،۱۴۰۲: ۸).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (مأخذ:: نگارنده)

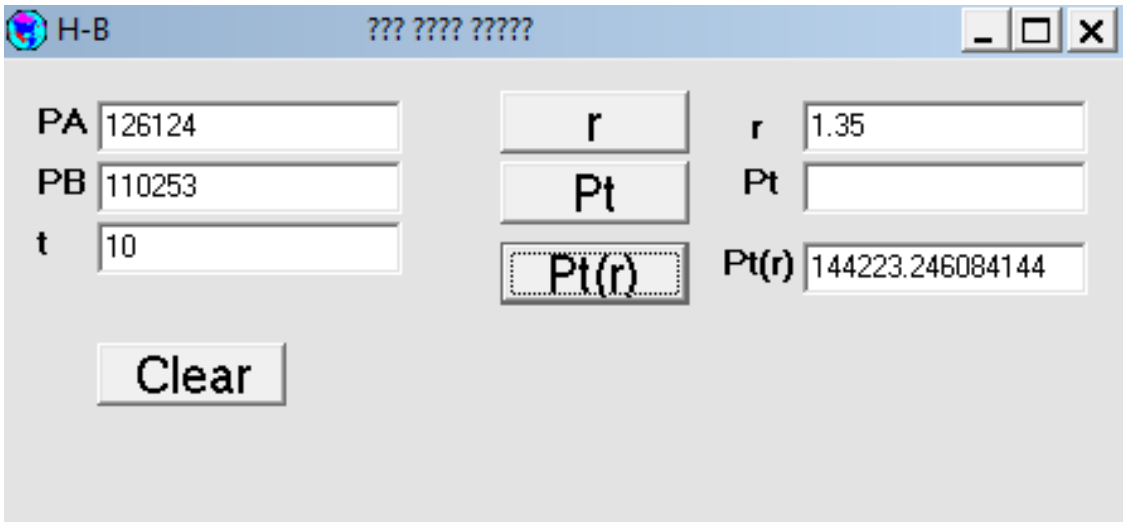
محدوده منطقه ۵ شهرداری تبریز با وجود نسبت جمعیت کمتر نسبت به مناطق دیگر شهر تبریز و بهره‌مندی از آب و هوای مناسب نسبت به سایر نقاط شهری تبریز در طی سه سال اخیر شاهد بیشترین قطعی‌های سیستم آب و کمبود مفرط آب در این منطقه بوده است؛ که در طی برداشت‌های میدانی و مصاحبه با افراد صورت گرفته شد، این منطقه در طی یکسال اخیر شاهد بیش از ۲۰ بار قطعی آب در یک ماه بوده است؛ ضعف در مدیریت و تأمین آب منطقه ۵ شهر تبریز به عوامل و زمینه‌های متفاوتی مربوط می‌شود که با توجه به پیشینه قطعی‌های مکرر و کمبود آب در این منطقه علاوه بر بررسی میزان کمبود آب در این منطقه به بررسی بهترین زمینه‌های تأمین و مدیریت آب در داخل این منطقه شهری پرداخته می‌شود.

۷- یافته‌های پژوهش

میزان رشد جمعیت منطقه ۵ شهرداری تبریز

در سال ۱۳۹۰ جمعیت شهر تبریز ۱۴۹۴۹۹۸ نفر بوده و این تعداد در سال ۱۳۹۵ به ۱۵۸۴۸۵۵ نفر رسیده است که نرخ رشدی معادل ۱/۱۷ دارد. با توجه به نرخ رشد جمعیتی شهر تبریز جمعیت این شهر در سال ۱۴۰۰ به ۱۶۷۹۷۶۴ و در سال ۱۴۱۰ به ۱۹۹۹۹۷۴ نفر خواهد رسید که تأثیر بسیار زیادی در تغییر الگوی مصرف آب داشته و اشتراکات و مصرف آب نهان بسیار بیشتری را به زنجیره تأمین آب شهر تبریز اعمال خواهد کرد.

در سال ۱۳۸۹ جمعیت منطقه ۵ شهرداری تبریز ۱۱۰۲۵۳ نفر بوده است که در سال ۱۳۹۹ این میزان جمعیت به ۱۲۶۱۲۴ نفر رشد یافته و نرخ رشد ۱,۳۵ را داراست که در بازه زمانی ۱۰ ساله (۱۴۰۹) جمعیت این منطقه شهری به ۱۴۴۲۲۳ نفر رشد خواهد یافت و چالش‌های جدیدی برای مدیریت آب شهر تبریز به وجود خواهد آورد.

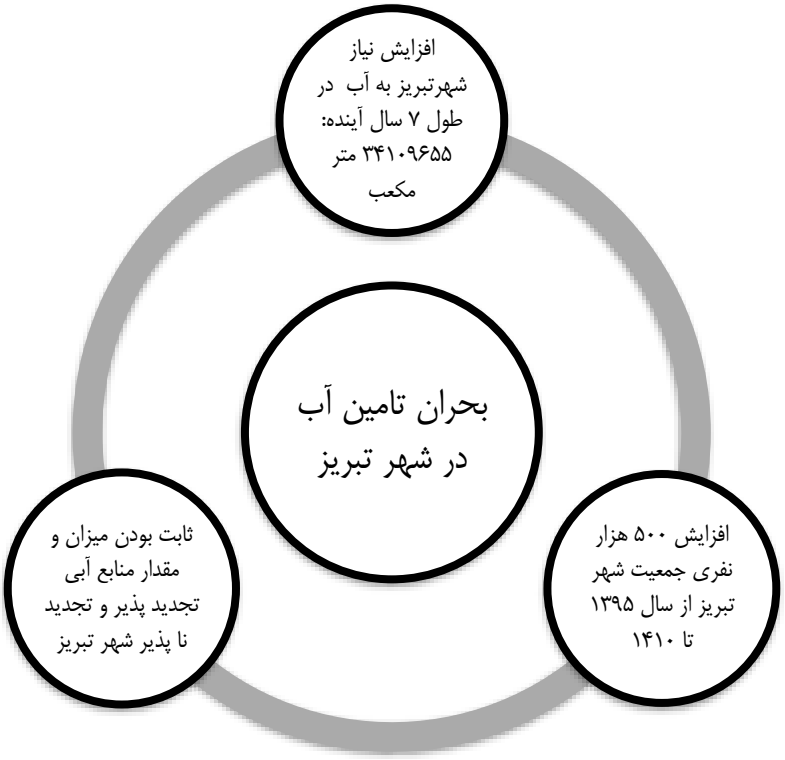


شکل ۲ محاسبه رشد جمعیتی منطقه ۵ شهرداری تبریز در نرم افزار People (ماخذ: نگارنده)

۸- میزان مصرف آب در شهر تبریز

با استناد به داده‌های آماری برگرفته از سالنامه آماریش شهرداری تبریز سال ۱۳۹۵ و سالنامه آماری شهرداری تبریز سال ۱۳۹۹ می‌توان دریافت که منابع آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۵ در مجموع ۱۲۶۴۸۸۲۵۷ مترمکعب بوده است و به ازای هر شهروند تبریزی در این سال حدود ۷۹/۸ مترمکعب در سال می‌باشد که روزانه با ۲۱۸ لیتر آب به ازای هر شهروند تبریزی معادل بوده است. میزان منابع آب در سال ۱۳۹۹ به ۱۳۹۰۷۹۶۳۴ مترمکعب درسال رسیده است که با توجه به جمعیت شهر تبریز در این بازه زمانی به ازای هر شهروند تبریزی ۸۲/۷ متر مکعب در سال آب وجود داشته است که به طور روزانه ۲۲۶/۸ لیتر آب برآورد می‌شود. باتوجه به این آماره‌ها پیش بینی می‌شود که جمعیت شهر تبریز در سال ۱۴۱۰ به ۱۹۹۹۹۷۴ رسیده و میزان متوسط آب به ازای هر شهروند تبریزی بدون در نظر گرفتن عوامل جوی و مسائل جهانی ۲۲۰ لیتر برآورد می‌شود. میزان متوسط مصرف شهروندان منطقه ۵ شهرداری تبریز در افق دید سال ۱۴۱۰ به ازای هر فرد ۲۰۸ لیتر برآورد می‌شود که این منطقه شهری در سال ۱۴۱۰ به ۳۰ میلیون متر مکعب آب در سال ۱۴۱۰ نیاز خواهد داشت؛ که این آمار معادل یک سوم میزان مصارف خانگی در سال ۱۳۹۹ در شهر تبریز بوده است و که ۵۸ لیتر در روز بیشتر از استاندارد سازمان جهانی آب(۱۵۰ لیتر در روز)، آب مصرف شده است؛ با توجه به میزان بارش‌های دهه‌های

اخیر و افزایش جمعیت در شهر تبریز و به ویژه منطقه ۵ شهرداری تبریز بدون ایجاد استراتژی‌هایی برای تأمین و مدیریت آب شهری تبریز، این شهر با مشکلات کم آبی و قطعی مکرر آب و انرژی برق روبرو خواهد بود.



نمودار ۲عوامل بحران آب شهر تبریز (مأخذ: نگارنده)

جدول ۱ تعداد مشترکین (فقره) و میزان مصرف آب (مترمکعب) به تفکیک نوع اشتراک در شهر تبریز در سال های ۱۳۹۹-۱۳۹۵

سال		۱۳۹۵		۱۳۹۶		۱۳۹۷		۱۳۹۸		۱۳۹۹	
شهر تبریز		اشتراک	آحاد	اشتراک	آحاد	اشتراک	آحاد	اشتراک	آحاد	اشتراک	آحاد
کل	مشترکین	۵۵۳۸۷۸	۶۵۳۲۵۰	۵۷۲۷۶۴	۶۷۴۱۷۹	۵۹۷۶۶۰	۷۰۱۶۲۴	۶۱۳۰۱۸	۷۲۱۳۹۸	۶۲۹۲۰۲	۷۴۳۳۹۰
	میزان مصرف	۱۰۶۶۷۴ ۷۲۷	۱۰۶۶۷۴ ۷۲۷	۱۰۸۸۸۵۴ ۲۰	۱۰۸۸۸۵۴ ۲۰	۱۰۷۹۲۵۱ ۰۴	۱۰۷۹۲۵۱ ۰۴	۱۱۲۱۹۸۲ ۳۳	۱۱۲۱۹۸۲ ۳۳	۱۱۵۱۳۳۰ ۳۳	۱۱۵۱۳۳۰ ۳۳
خانگی	مشترکین	۴۸۹۳۶۸	۵۶۲۸۹۰	۵۰۴۱۹۶	۵۷۷۷۴۹	۵۲۵۴۱۸	۵۹۹۰۲۲	۵۳۶۶۶۷	۶۱۰۶۳۷	۵۴۸۲۵۲	۶۲۳۶۰۱
	میزان مصرف	۹۱۲۹۴۳ ۳۲	۹۱۲۹۴۳ ۳۲	۹۱۸۵۶۰۸ ۲	۹۱۸۵۶۰۸ ۲	۹۰۸۹۵۱۳ ۲	۹۰۸۹۵۱۳ ۲	۹۴۸۸۱۱۹ ۲	۹۴۸۸۱۱۹ ۲	۱۰۱۳۴۵۹ ۵۱	۱۰۱۳۴۵۹ ۵۱
	مشترکین	۲۷۹۶۰	۲۸۹۱۱	۳۰۱۰۰	۳۱۰۶۲	۳۲۵۱۸	۳۳۳۳۸	۳۴۲۲۴	۳۵۰۳۷	۳۵۹۰۸	۳۶۶۱۳

مصارف عمومی	میزان مصرف	۳۰۹۸۸۴۸	۳۰۹۸۸۴۸	۳۷۳۶۰۰۷	۳۷۳۶۰۰۷	۴۴۲۹۶۷۲	۴۴۲۹۶۷۲	۴۲۹۴۶۷۹	۴۲۹۴۶۷۹	۴۲۶۵۵۷۰	۴۲۶۵۵۷۰
فضای سبز	مشترکین	۲۵۹۹	۳۳۹۲	۲۶۳۲	۳۴۳۰	۲۸۶۰	۳۷۲۴	۳۰۰۵	۳۸۹۶	۳۰۱۵	۳۹۱۷
	میزان مصرف	۵۱۷۹۹۳۹	۵۱۷۹۹۳۹	۵۲۹۰۶۳۸	۵۲۹۰۶۳۸	۵۲۹۹۲۶۱	۵۲۹۹۲۶۱	۶۱۹۵۲۶۴	۶۱۹۵۲۶۴	۲۶۷۳۹۴۱	۲۶۷۳۹۴۱
تولیدی (صنعتی)	مشترکین	۱۲۰۸	۱۵۰۴	۱۳۹۰	۱۷۱۵	۱۴۷۹	۱۸۱۶	۱۶۲۶	۲۰۰۰	۱۷۰۷	۲۰۹۶
	میزان مصرف	۳۹۶۷۶۸۶	۳۹۶۷۶۸۶	۴۵۶۴۷۵۷	۴۵۶۴۷۵۷	۴۱۹۹۲۶۴	۴۱۹۹۲۶۴	۳۹۴۳۵۱۹	۳۹۴۳۵۱۹	۳۹۶۵۴۹۶	۳۹۶۵۴۹۶
تجاری	مشترکین	۲۷۲۴۶	۵۰۲۴۹	۲۹۱۰۵	۵۴۰۶۳	۳۱۶۴۵	۵۹۳۳۸	۳۳۵۵۰	۶۵۲۹۷	۳۵۲۵۵	۷۱۲۹۷
	میزان مصرف	۲۳۶۱۹۶۶	۲۳۶۱۹۶۶	۲۶۱۶۷۶۹	۲۶۱۶۷۶۹	۲۵۹۹۹۹۴	۲۵۹۹۹۹۴	۲۵۶۲۳۸۱	۲۵۶۲۳۸۱	۲۵۱۱۱۳۸	۲۵۱۱۱۳۸
آزاد	مشترکین	۵۴۹۷	۶۳۰۴	۵۳۴۱	۶۱۶۰	۳۷۴۰	۴۳۸۶	۳۹۴۶	۴۵۳۱	۵۰۶۵	۵۸۶۶
	میزان مصرف	۷۷۱۹۵۶	۷۷۱۹۵۶	۸۲۱۱۶۷	۸۲۱۱۶۷	۵۰۱۷۸۱	۵۰۱۷۸۱	۳۲۱۱۹۸	۳۲۱۱۹۸	۳۷۰۹۳۷	۳۷۰۹۳۷

(مأخذ: شرکت آب و فاضلاب آذربایجان شرقی)

جدول ۲وضعیت منابع تأمین آب شهر تبریز در سال ۱۳۹۹

نوع منبع		واحد	تعداد	ظرفیت تولید (مترمکعب)	درصد تأمین آب
آب زیرزمینی	چاه	حلقه	۸۶	۴۶۱۲۴۶۳۵	۳۳
	قنات	رشته	۱۱		
	چشمه	دهنه	۰		
آب سطحی	تصفیه خانه (سد)	واحد	۲	۹۲۹۵۴۹۹۹	۶۷
جمع			۹۹	۱۳۹۰۷۹۶۳۴	۱۰۰

(مأخذ: شرکت آب و فاضلاب آذربایجان شرقی)

جدول ۳میزان مصرف و تغییرات مصرف آب در شهر تبریز بین سال‌های ۹۳ الی ۹۵ (واحد: مترمکعب)

سال	۱۳۹۳	۱۳۹٤		۱۳۹۵	
	مصرف	مصرف	درصد تغییر	مصرف	درصد تغییر
جمع	۱۰۸۰۲۰۳۵۸	۱۰۶۹۷۸۰۷۷	-۰,۹۷	۱۰۶۶۷۴۷۲۷	-۰,۲۸

(مأخذ: شرکت آب و فاضلاب آذربایجان شرقی)

جدول ۴برداشت آب از منابع سطحی و زیرزمینی در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵ (واحد: مترمکعب)

منابع آب زیرزمینی	منابع آب سطحی	سایر	جمع منابع	مصرف
۵۲۰۳۸۳۷۳	۷۴۴۴۹۸۸۴	۰	۱۲۶۴۸۸۲۵۷	۱۰۶۶۷۴۷۲۷

(مأخذ: شرکت آب و فاضلاب آذربایجان شرقی)

۹- عوامل اثر گذار بر تأمین و مدیریت آب شهری منطقه ۵ شهرداری تبریز

عوامل بسیار زیادی در تأمین و مدیریت آب شهری نقش دارند که هر کدام از آنان در راستای مؤلفه‌های انسانی و طبیعی قرار می‌گیرند؛ این عوامل در درجات متعدد و زمینه‌های گوناگون به تأمین و مدیریت آب شهری ارتباط پیدا می‌کنند که زمینه ساز تغییرات آبی در شهر خواهند بود. شاخصه‌های انتخابی به شرح جدول زیر عنوان می‌گردند:

جدول ۵ عوامل تأثیر گذار بر تأمین و مدیریت آب شهری

مؤلفه	شاخص	اسم اختصاری شاخص
انسانی	افزایش اشتراکات آبونمانی	Q1
	افزایش جمعیت	Q2
	فرسودگی سیستم‌های انتقال آب	Q3
	نحوه تجدید چرخه آب	Q4
طبیعی	میزان بارش	E1
	نوع منبع ذخیره کننده آب	E2
	میزان ذخایر آب زیر زمینی	E3

(ماخذ: نگارنده)

۱۰- استراتژی‌های آینده پژوهانه تأمین و مدیریت آب شهری

استراتژی‌های فعال

استراتژی کاهش هدر رفت آب(s1): اعمال فناوری‌های کاهنده ضایعات آبی در شبکه‌های آبرسانی شهری، تعمیر و نگهداری دقیق‌تر شبکه‌های آبیاری و بهره برداری از علوم و تکنولوژی‌های به روز و کاهنده هدر رفت آب یکی از مهم‌ترین زمینه‌های مدیریت آب شهری به شمار می‌رود که در این زمینه بهره برداری از متریال‌ها و مواد مختلف می‌توانند کارا باشند. برخی از ساز و کارهای لوله کشی و کاهنده هدر رفت آب با مزایا و معایب به شرح جدول زیر اند:

جدول ۶انواع متریال‌های مورد استفاده در شبکه آبرسانی

متریال	مزایا	معایب
PVC (پلی‌وینیل کلرید)	ارزان قیمت، سبک، مقاومت در برابر فشار، مقاوم در برابر زنگ‌زدگی، عایق الکتریکی، سادگی نصب.	محدودیت در دما و نقاط زیرزمینی، ممکن است به مرور زمان کمیتالی را ایجاد کند.

فولاد ضد زنگ	مقاوم در برابر فشار، مقاوم در برابر زنگ‌زدگی، مقاوم در برابر دماهای بالا و پایین، مدت عمر طولانی.	هزینه بالا، وزن بالا، نیاز به نگهداری منظم برای جلوگیری از زنگ‌زدگی.
پلی‌اتیلن (PE)	انعطاف‌پذیری بالا، مقاوم در برابر ضربه، مقاوم در برابر زنگ‌زدگی، عایق الکتریکی، عمر طولانی.	هزینه بالا تر نسبت به PVC، ممکن است در دماهای بسیار پایین مشکلاتی ایجاد کند.

(ماخذ: نگارنده، براساس مصاحبه با متخصصین سازه‌های آبی، سازمان نظام مهندسی)

هر کدام از عومل فوق به تنهایی دارای مزایا و معایب گوناگونی می‌باشند که با استفاده ترکیبی از آنان در سطح شهر و بهره برداری از سیستم‌های بهینه شده علاوه بر کاهش هزینه‌های نگهداری به افزایش راندمان سیستم‌های آبرسانی و بهبود زمینه‌های هدر رفتی آب پرداخت.

استراتژی هوشمندسازی زیرساخت‌های آبی(s2): شبکه‌های آب هوشمند که مبتنی بر سیستم‌های حسگر، اینترنت اشیا(IOT)، و سیستم‌های هوشمند برای کنترل و مدیریت بهینه مصرف و توزیع آب هستند می‌توانند در زمنیه‌های متنوع و متعدد به کمک مدیریت شهری بیایند؛ بهره برداری از حسگرهای آبی از بروز بحران های هدر رفتی و بروز مشکلات آب و حوادث آبی جلوگیری می‌کند. بهره‌مندی از اینترنت اشیا به شبکه آبی شهری این امکان را می‌دهد تا علاوه بر کنترل میزان آب ورودی و خروجی به شبکه به بهبود مصرف آب در شبکه آبرسانی منجر شده و میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف را تحت کنترل داشته باشد تا در مواقع لزوم هدایت جریان آب به سمت تراکم بالا از تراکم کم را عهده دار شود.علاوه بر آن سیستم‌های هوشمند برای کنترل آب نظیر سیستم‌های آبیاری هوشمند، سیستم‌های حساس به فرسودگی شریان‌های شبکه آبی ، سیستم‌های کنترل تهویه‌های آبی و موارد دیگر به خوبی می‌توانند در زمینه‌های بهبود میزان مصرف و افزایش برآیند مصرف آب نقش ایفا کنند.

استراتژی افزایش دانش آب(s3): سرمایه‌گذاری در تحقیقات و توسعه فناوری‌های جدید در زمینه تأمین و مدیریت آب، بهره‌برداری از شرکت های دانش بنیان در راستای بهبود زمینه‌های بازیافت آب و استحصال آب از منابع بارشی، مه گیر، بهره برداری از شبکه شبنم و حتی ذخیره سیل و رواناب‌ها همگی توانایی بهبود شرایط تأمین و مدیریت منابع آبی را دارند.

استراتژی‌های غیرفعال

استراتژی‌های غیرفعال برای تأمین و مدیریت آب شهری بر اساس کاهش مصرف آب یا مدیریت منابع آب موجود است. این استراتژی‌ها معمولاً بر تغییر رفتارها، فرهنگ‌سازی، و سیاست‌های تشویقی تمرکز دارند تا مصرف آب به صورت غیرفعال کاهش یابد. برخی از استراتژی‌های غیرفعال برای تأمین و مدیریت آب شهری عبارتند از:

استراتژی آموزش و اطلاع‌رسانی(s4): توسعه برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی به مردم درباره مصرف مسئولانه و بهینه آب، تعمیم اصول ذخیره آب و کاهش ضایعات، و تشویق به رفتارهای مدیرانه در استفاده از آب.

استراتژی سیاست‌های تشویقی و تنبیهی(s5): اعمال تخفیف‌های مالی و طرح‌های تشویقی اقتصادی برای کسانی که از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب استفاده می‌کنند، اجرای مالیات‌ها و جریمه‌ها برای مصرف غیر مسئولانه و هدررفت آب، و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی برای ارتقاء بهره‌وری آب در زمینه‌های بهبود شرایط مدیریتی نقش خواهند داشت.

استراتژی فناوری‌های صرفه جویانه(s6): وجود ابتکارهای صرفه جویانه در فناوری‌های به روز دنیا که در صنعت، کشاورزی، زمینه‌های ساختمان‌سازی و حتی در تأمین آب شرب خانه‌های مسکونی کاربرد دارند میتواند علاوه بر کاهش مصرف آب به صورت غیر مستقیم به بهبود وضعیت مصرف آب نیز منجر گردد و توان بازیابی ذخایر آب را به شهر اعطا کند.

استراتژی منابع آب نوین(s7): از جمله روش‌هایی مانند دسالیناسیون، افزایش تولید آب از فرآیندهای دیگر مثل تبخیر، تصفیه هوا، و استخراج آب از گازهای هوا می‌تواند منجر به تنوع منابع آب شده و توانایی لازم برای تجدید منابع و ذخایر آبی شهر را ایجاد می‌کند. در جدول زیر به چند نمونه از منابع آب نوین پرداخته می‌شود.

جدول ۷ منابع آب نوین

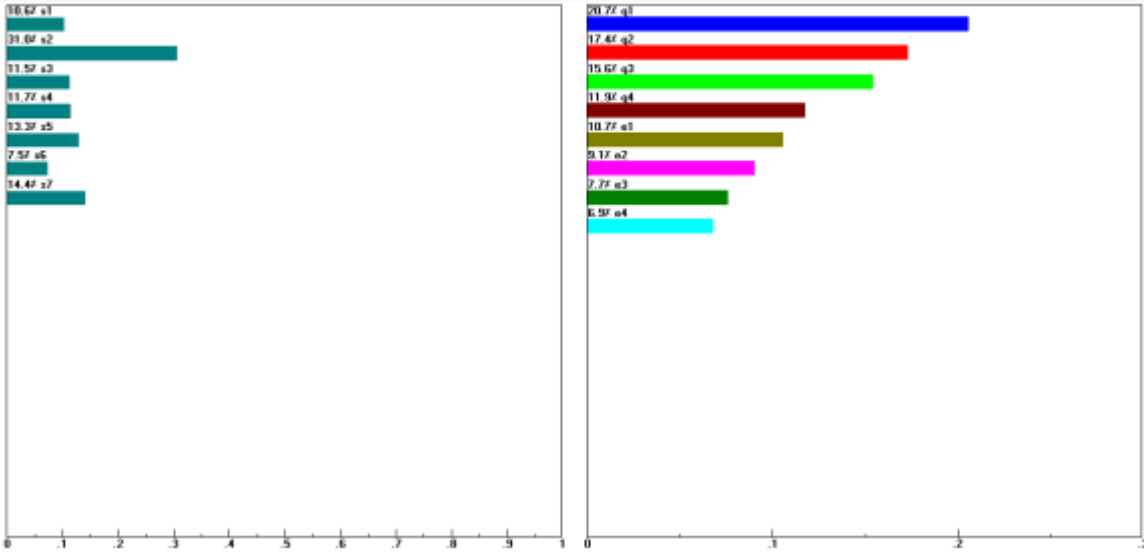
منبع آب نوین	مزایا	معایب
آب باران	منبع تازه‌ای از آب در نقاط خشک و کم آبی کاهش جریان سطحی و سیلاب‌ها با جمع‌آوری و استفاده از آب باران امکان استفاده در زمینه‌هایی مانند آبیاری فضای سبز و غسیل خودروها	وابستگی به شرایط جوی و میزان بارندگی نیاز به زیرساخت‌های مناسب برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب
آب شور	امکان استفاده از فناوری‌های تصفیه برای تبدیل آب شور به آب شیرین کاهش فشار بر منابع آب شیرین	هزینه بالای تصفیه آب شور نیاز به مصرف انرژی بالا برای فرآیندهای تصفیه
سیستم مه‌گیر (Fog Collection)	استفاده از منابع نوین آب استفاده از فناوری پایدار	وابستگی به شرایط آب‌وهوایی تولید محدود هزینه نصب و نگهداری

(ماخذ: نگارنده)

تحلیل: در بین استراتژی‌های آینده پژوهانه ارائه شده برای منطقه ۵ شهرداری تبریز در راستای بهبود شرایط تأمین و مدیریت آب شهری، استراتژی شماره ۲ (استراتژی هوشمند سازی زیرساخت‌های آبی) با بیشترین وزن در میان استراتژی‌های دیگر به عنوان گزینه برگزینه در نرم افزار Expertchoice انتخاب شده است؛

که شاخص‌های عوامل تأثیر گذار بر تأمین و مدیریت آب شهری به عنوان زیر معیارهای فرعی در راستای ارزیابی معیارهای اصلی (استراتژی‌های آینده پژوهانه) به کار گرفته شده‌اند.

شکل ۳ انتخاب بهترین گزینه استراتژیآینده پژوهانه برای تاین و مدیریت آب منطقه ۵ تبریز(ماخذ: نگارنده)



شکل ۴اولویت بندی عوامل تأثیر گذار بر تأمین و مدیریت آب شهری(ماخذ: نگارنده)

۱۱- نتیجه گیری

چرخه‌های نامتوازن آب در شهرها و بروز تر سالی و خشکسالی‌های متعدد و متغییر چرخه‌های تامین کننده آب سنتی و طبیعی و عدم اطمینان از نحوه تامین آب در شهرهای بزرگ و کوچک مشکل تامین آب را به یک بحران جدی مبدل ساخته‌است. سازمان جهانی آب سرانه مصرف در شهرهای مختلف جهان را به طور میانگین برای هر فرد روزانه ۱۵۰ لیتر گزارش کرده است، این رقم در کشورهای مخلتلف بسته به نحوه استفاده آنان از

آب و نوع تامین آن مقداری متفاوت است که در کشور ایران این میزان به طور میانگین ۲۳۵ لیتر توسط مدیرکل شرکت آب و فاضلاب گزارش شده است؛ رشد روز افزون جمعیتی و کاهش روند تجدید پذیری آب در شهرها با توجه به کمبود منابع آبی در کشور منجر به افزایش فشار بر شبکه آبی در شهرها می‌گردد که علاوه بر مسائل و مشکلات آب شرب و آب مورد استفاده بر چرخه‌ی انرژی و زیست محیطی نیز اثر گذار است. توجه به زیرساخت‌های آبی در شهرها و زمینه‌های تأمین و مدیریت آب در یک شهر با استفاده از روش‌های سنتی و پیشین مسیر نبوده و نیازهای آبی در حال رشد شهرها را محار و مدیریت نمی‌کنند؛ از این رو ارائه‌ی استراتژی‌های تأمین و مدیریت آب شهری و استفاده از آنان در افق‌های کوتاه مدت و بلند مدت برای بهبود شرایط آبی یک شهر می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد؛ ارائه راهبردهای ساده و پیچیده در پژوهشات و افق‌های دید آتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و زمینه ساز بهبود روند مدیریت در حوزه آب شهرها می‌گردند، علاوه برآن می‌توانند در تأمین آسایش روزهای کم آبی و تأمین آب در فصول خشک بسیار کارآ باشند. در این مقاله سعی شده تا با ارائه‌ی چند استراتژی فعال و غیرفعال در زمینه تأمین و مدیریت آب شهری و شناسایی عوامل عمده تأثیرگذار در روند تأمین آب شهر تبریز بهینه‌ترین راهبرد را برای منطقه ۵ شهر تبریز انتخاب کرد.

۱۲- منابع

- اسفندیاري، م (۱۳۸۰). شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دفتر اقتصاد آب، اقتصاد آب: گزینش سازگاري با تنگناها، ۱۲-۱۴.
- اگدرنژاد، ا، ابراهیمی پاک، ن.ع، محمدی والا، ه، قربانی، ز، و احمدی، م (۱۴۰۰). پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت مختاران به منظور آبیاری با استفاده از روش تحلیل شبکه ای (ANP)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۶)، ۴۶-۳۳.
- بهشتی، محمدباقر، بهبودی، داود، زالی، نادر و احمدزاده دلجوان، فهمیه(۱۳۹۹). سناریو های مدیریت منابع آب بر مبنای رویکرد آینده پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز، سامانه مدیریت نشریات علمی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، دوره ۵، شماره ۲.
- پارسافر، ن (۱۳۹۰). بررسی اثر فاضلاب شهری و پساب تصفیه شده آن بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک، آب زهکشی و ویژگی های کمی- کیفی سیب زمینی (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران.
- حسین زاد، جواد، کاظمیه، فاطمه، جوادی، اکرم و غفوری، هوشنگ (۱۳۹۲). زمینه ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۴ شماره ۲.
- حنیفه دوخت غیور، سحر، سلیمانپور، مسعود و بابازاده، رضا (۱۳۹۷). ارایه یک مدل بهینه سازی ریاضی برای مدیریت شبکه زنجیره تأمین آب شهری شهر ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه ارومیه، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع.
- خلیلیان، م (۱۳۹۳). مهندسی آب رسانی شهری، انتشارات دانشگاه ارومیه، ارومیه ۱۴۸.
- دادفر، حسن، الباجی، محمد، برومند نسب، سعید، جلیلیان، ستار و جعفری نیا، هوشنگ(۱۴۰۱). بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب شهری تصفیه شده و زه آب کشاورزی بر روی هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک. ششمین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی با تاکید بر بهره داری پایدار، دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۷۸۰.
- ستارزاده صالحی، شیوا و جعفری، فیروز(۱۴۰۲). ارزیابی آسیب پذیری منطقه پنج شهر تبریز در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، مطالعات عمران شهری،شماره ۱۰۲، صص۷.
- شهرستانی ح،(۱۳۹۳). سازماندهی و مدیریت مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵.

- زبر دست، الف،(۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزي شهري و منطقه‌اي، هنرهاي زيبا، شماره ۱
- مؤمنی، م،(۱۳۸۷). مباحث نوین تحقیق در عملیات«، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- سالنامه آماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۵
- سالنامه آماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۹

- Arreguin-Cortes, F., Ochoa-Alejo, L. (1997). Evaluation of Water Losses in Distribution Networks. J. Water Resource Plan Management, 123, pp.284-291.

- Arfanuzzaman, M., Rahman, A. (2017). Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social–ecological resilience building. Global Ecology and Conservation 10 (2017), pp.9–22.

- Liu, S., Konstantopoulou, F., Gikas, Petros., G., Lazaros. (2011). A mixed integer optimization approach for integrated eater resources management. Computers and Chemical Engineering, 35 (2011), 858–875.

- Analysis for Safavi, H., Golmohammadi, M., Sandoval-Solis, S. (2016). Scenario Integrated Water Resources Planning and Management under Uncertainty in the Zayandehrud River Basin. Journal of Hydrology, pp. 1-48.

- Ladwani, K.D., Manik, V.S. and Ramteke, D.S., 2012. Impact of domestic wastewater irrigation on soil properties and crop yield. International Journal of Scientific and Research Publications, 2 (10), pp.1-7.

- Saif. Y., Almansoori, A. (2014). Design and operation of water desalination supply chain using Mathematical modelling approach. Desalination, 351 (2014), pp. 184–201.

- Xu, T. Y., Qin, X. S., ASCE, A.M. (2014). Integrating Decision Analysis with Fuzzy Programming: Application in Urban Water Distribution System Operation. Journal of Water Resources Planning and Management. vol. 140, no. 5, pp. 638-648.

parsmodir.com