فصلنامه مطالعات مدیریت شهری
سال ششم/ شماره هجدهم/ تابستان ۱۳۹۳

اولویت‌بندی انتخاب مکان مناسب برای ساخت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در راستای برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری با رویکرد مدل تسلط تقریبی[1]
(مطالعه‌ی موردی: شهر قزوین)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۸/۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۰

عبدالرحیم رحیمی
عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب *a_rahimi@azad.ac.ir* (مسئول مکاتبات)
رمضانعلی محمودی
کارشناس برنامه ریزی – سازمان بنادر و دریانوردی
مجید کلانتری
رییس گروه تدوین دستورالعمل های فنی مرکز تحقیقات و ارتباط با صنعت - شرکت مادر تخصصی مهندسی آب و فاضلاب کشور
محمد داودآبادی
کارشناس مالی و بودجه - شرکت مادر تخصصی مهندسی آب و فاضلاب کشور.
پگاه محمدپور
دانشجوی دکترای محیط زیست – دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم و تحقیقات تهران

چکیده

مقدمه و هدف پژوهش: جمع‌آوری، تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب یکی از موضوعات حساس در مدیریت، برنامه-ریزی و توسعه‌ی شهری می‌باشد. حساسیت فاضلاب به جزء ارتباط آن با بهداشت و سلامت عمومی جامعه، مربوط به سرمایه گذاری کلان، محدودیت زمین، آلودگی منابع آبی، محیط مناسب برای دفع پساب و امکانات جانبی می‌باشد. بنابر این در تدوین برنامه‌ریزی و توسعه‌ی جامع شهری، انتخاب مکان مناسب برای تجهیز و ساخت تصفیه خانه‌ی فاضلاب با لحاظ کردن معیارهای توسعه‌ی شهری پایدار، محدودیت‌ها و استانداردهای زیست محیطی بسیار ضرروری به نظر می‌رسد. بیش‌تر سازمان‌هایی که به نوعی با این موضوع سر و کاردارند از روش‌های غیر علمی استفاده می‌نمایند که این خود موجب کم‌رنگ شدن نقش تصمیم‌گیری‌ها و به تبع آن برنامه‌ها می‌شود. این پژوهش با هدف انتخاب مکان مناسب (تصمیم‌گیری بهینه) برای احداث تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب با رویکرد مدل‌های کمی در مقایسه با روش‌های غیر علمی می‌باشد. مدل لحاظ شده نظر به ماهیت موضوع و داده‌های اولیه‌ی مدل تسلط تقریبی انتخاب شده است.

روش پژوهش: این پژوهش از لحاظ هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه تجربی و رویکرد پس رویدادی استفاده می‌کند. همچنین روش تحقیق از لحاظ جنبه‌ی گردآوری، مبانی نظری، اطلاعات و داده‌ها از نوع توصیفی می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهد استفاده از مدل‌های علمی تأثیر بسیار زیادی بر بهبود و ارتقای تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری با توجه به منابع و امکانات موجود می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدل‌های تصمیم گیری چند معیاره، مدل تسلط تقریبی، کارآمدی، برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تصمیم‌گیری با توجه به محدودیت‌ها در بیش‌تر مسایل و به خصوص مدیریت برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری[۲] و نظر به نقش فاضلاب در بهداشت، سلامت عمومی، حفظ محیط زیست و ... بسیار با اهمیت جلوه می‌نماید، به طوری که به اعتقاد بسیاری از صاحبنظران مدیریت امروزه تصمیم گیری معادل فرآیند مدیریت و آلودگی معادل فاضلاب تعریف می‌شود.

هم اکنون در بیش‌تر سازمان‌هایی که به نوعی مسؤولیت مدیریت و توسعه‌ی شهری را بر عهده دارند در برنامه‌ریزی، تعیین اهداف و طرح‌ها با توجه به شاخص‌ها و معیارهای محیطی موجود از تکنیک‌ها و روش‌های غیر علمی استفاده می‌شود که دلیل آن از حوصله‌ی این پژوهش خارج است. هر چند استفاده از روش‌های فوق منجر به تولید اطلاعاتی برای تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف می‌شود، ولی به دلیل در نظر نگرفتن کلیه‌ی شاخص‌ها، نتایج مطلوبی حاصل نمی‌شود. نظر به این که شاخص‌ها و معیارهای محیطی حوزه‌های متفاوتی را پوشش می‌دهند که هر یک دارای قوت و ضعف خاصی می‌باشد، لذا استفاده از مدل‌های علمی در زمینه‌های مختلف به لحاظ داشتن شاخص‌های گوناگون در حوزه‌های مختلف، تأثیر زیادی بر تصمیم‌گیری خواهد داشت.

مدل‌های کمی بسیار متنوعی در زمینه‌های مختلف وجود دارد که هر یک شرایط و کاربردهای خاص خود را دارند که یکی متداول‌ترین آن‌ها از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره است که برای انتخاب بهترین گزینه با توجه به چندین معیار و شاخص به صورت همزمان می‌باشد. مطابق هدف پژوهش و شرایط موجود در این پژوهش از مدل کمی تسلط تقریبی که یکی از مدل‌های کمی تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد برای حل یک مسئله‌ی مدیریتی شهری واقعی استفاده شده است.

موضوع پژوهش در قلمرو مدل‌های کمی برای تصمیم‌گیری بهینه‌ی مدیریت و با هدف شناسایی مکان مناسب از برای احداث تصفیه‌خانه شهر قزوین (محدوده-ی مکانی) با توجه به ۲۰ شاخص انجام شده و فاقد محدوده‌ی زمانی بوده و نظر به حجم بسیار زیاد محاسبات از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

برنامه‌ریزی، توسعه‌ی شهری و اهمیت فاضلاب

نقش و اهمیت فاضلاب از دیدگاه بهداشت عمومی، حفظ محیط زیست، برنامه‌ریزی شهری، توسعه‌ی پایدار شهری و استفاده‌ی مجدد بسیار مورد توجه می‌باشد. حفاظت از محیط زیست طبیعی (زندگی در چارچوب ظرفیت تحمل آن)، استفاده‌ی حداقل ازمنابع غیر قابل تجدید و بقای اقتصادی که به نوعی با مسئله‌ی فاضلاب ارتباط مستقیمی دارند، سه رکن اساسی در توسعه‌ی پایدار شهری بر اساس گزارش ابرانتلند[۳] می‌باشد. در این بیانیه با توجه به مسایل و مشکلات حاکم بر کشورهای در حال توسعه . بنابراین

طی یک قرن گذشته با رشد جمیعت و توسعه‌ی شهرها، رشد صنعتی، عدم دفع بهداشتی فاضلاب‌ها، موضوع آلودگی محیط زیست و به خصوص منابع آبی اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است. مطابق گزارش‌های منتشر شده از سوی نهادهای بین‌المللی بهداشت عمومی، بیش از ۸۰ درصد از کل بیماری‌های کشورهای کم توسعه مربوط به آب بوده (۱/۵ میلیارد بیماری) که بیش‌تر از طریق عدم دفع بهداشتی فاضلاب و ورود فاضلاب‌ها به منابع آبی منتقل می‌شوند و در حدود یک سوم از تخت‌های بیمارستان‌ها ناشی از بیماری‌های مرتبط به آب می‌باشد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که هر ساله بیش از ۱/۵ میلیون کودک در سراسر دنیا بر اثر مبتلا به بیماری اسهال خونی از بین می‌روند. صرفه نظر از زیان‌های اقتصادی ناشی از بیماری‌های آب، کاهش توان و ظرفیت تولید افراد، هزینه‌های تأمین و توزیع آب آشامیدنی سالم برای کلیه‌ی جمعیت جهان را تا سال 2010 سالانه در حدود ۵۰ میلیارد دلار تخمین زده شده است. (سازمان سلامت جهانی، ۲۰۰۰ و یونسکو،۲۰۱۰).

فاضلاب‌ها یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط زیست می‌باشند به طوری که بسیاری از منابع آبی قابل دسترس در نواحی شهری به دلیل عدم رعایت عوامل زیست محیطی و دفع بهداشتی فاضلاب‌ها به دلایل عدم برنامه‌های شهری آلوده شده‌اند. این در حالی است که در بسیاری از مناطق شهری با توجه به محدویت‌های منابع آبی می‌توان از فاضلاب‌های تصفیه شده به عنوان یک منبع آب مطمئن و دایم در آبیاری فضای سبز شهری، کشاورزی و صنعتی استفاده کرد.

الزامات و هدف‌ها

سازمان‌ها و حتی افراد در کوچک‌ترین تصمیم به دنبال برقراری تعادل بین نیازها و هدف‌ها می‌باشند و این ضرورت آن‌ها را به استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره به عنوان یک راه‌حل نیازمند می‌کند و هنر امروزه‌ی مدیریت استفاده از هدف‌های چندگانه و

Archive of SID
www.SID.ir

متضادی است که خیلی پیچیده‌تر از مسائل گذشته می‌باشند. بنابر این نظر به محدودیت منابع امکانات، سازمان‌ها بایستی هدف‌های مورد نظر خود را با شاخص‌های متعددی در نظر بگیرند که در این حالت نقش مدل‌های کمی بسیار احساس می‌شود. ضرورت انتخاب مکان مناسب برای احداث و تجهیز تصفیه خانه‌های فاضلاب به جزء مسایل بهداشتی و زیست محیطی در بستر مدل‌های علمی از جمله مدل تسلط تقریبی به شرح زیر حایز اهمیت می‌باشد:

- ارتقاء و بهبود کارآمدی تصمیم‌های مرتبط با برنامه‌ها و طرح‌های شهری.
- رعایت استانداردهای زیست محیطی (بو، آلودگی هوا، آلودگی منابع آبی و ...).
- محدودیت منابع از جمله فضای محدوده‌ی زمین شهری، تأمین منابع مالی.
- امکان سنجی استفاده‌ی مجدد از پساب فاضلاب در زمینه‌های مختلف با توجه به محدودیت و کمبود منابع آبی.

روش تحقیق (متدولوژی)

یک پژوهش به لحاظ هدف به سه دسته‌ی پژوهش توسعه‌ای، کاربردی و بنیادی قابل دسته بندی است. این پژوهش از لحاظ هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه تجربی و رویکرد پس رویدادی استفاده می‌کند. زمانی از این روش استفاده می‌شود که داده‌های محیطی به گونه‌ای طبیعی وجود داشته باشد یا از واقعیت‌هایی که بدون دخالت مستقیم محقق رخ داده فراهم شود. این روش برای انجام پژوهش‌هایی استفاده می‌شود که پژوهش‌گر در جستجوی علت‌های روابط معینی است که در گذشته رخ داده است. بنابراین این نوع پژوهش‌ها از روایی بسیار بالایی برخوردار می‌باشند. همچنین روش تحقیق از لحاظ جنبه‌ی گردآوری، مبانی نظری، اطلاعات و داده‌ها از نوع توصیفی می‌باشد.

مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (مبانی نظری)

از فنون مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[4] که جزیی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[5] است در بسیاری از سازمان‌ها استفاده می‌شود. این مدل‌ها که به صورت کمی هستند، مدیریت می‌تواند بر اساس آن‌ها بهترین تصمیم یا انتخاب را از بین چندین گزینه و شاخص (کمی و کیفی) به نحو مطلوب اتخاذ کند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مستلزم وجود تعدادی گزینه و شاخص است که بر اساس آن‌ها بتوان بهترین راه حل را برگزید.

در این مدل‌ها چندین معیار که گاه با هم متضاد هستند در تصمیم‌گیری‌ها در نظر گرفته می‌شوند. برای مثال یک فرد در انتخاب مسکن، مبلغ، موقعیت جغرافیایی، مساحت، فرصت‌های پیشرفت، شرایط وام مسکن و... به عنوان معیار در نظر می‌گیرد.

نمونه‌ی دیگری از مسایل تصمیم‌گیری چند شاخصه مانند انتخاب محل بهینه برای استقرار واحدهای صنعتی است که در آن مدیریت باید معیارهایی مانند دسترسی به مواد اولیه و برآورد بازار مصرف داخلی و خارجی، دسترسی به نیروی کار، دسترسی به ناوگان حمل و نقل، دسترسی آسان به انرژی مصرفی، شرایط اقلیمی و منطقه‌ای، رعایت مسایل زیست محیطی و دفع ضایعات، الزام به رعایت قوانین و مقررات، محدویت‌های بودجه و مالی و در نهایت منابع سرمایه‌گذاری در نظر بگیرند.

در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مد نظر است. در یک تعریف کلی تصمیم‌گیری چند شاخصه به تصمیم‌های خاصی از نوع ترجیحی مانند ارزیابی، اولویت‌گذاری یا انتخاب از بین گزینه‌های موجود که باید بین چند شاخص متضاد انجام شود، اطلاق می‌گردد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه از مزایای خاص زیر برخوردارند:

۱) الگوریتم آن‌ها بر اساس منطق ریاضیات بنا شده است و مبنای تئوری قوی دارند.
۲) گزینه‌ها و شاخص‌ها همزمان لحاظ می‌شوند.
۳) شاخص‌ها و معیارهای مورد نظر، مستلزم وزن نسبی و درجه‌ی اهمیت می‌باشند.
۴) شرایط و متغیرهای کمی و کیفی به طور همزمان لحاظ می‌شوند.
۵) سنجش نظر تصمیم‌گیرنده‌ها و امکان تلفیق قضاوت‌ها بر اساس شاخص‌های عملکرد.
۶) سهولت توسعه‌ی مدل در کاهش و یا افزایش تعداد شاخص‌ها.
۷) قابلیت ارزیابی راهبردی بدون وجود استانداردها.
۸) تبدیل داده‌های خام و گاه متعارض به اطلاعات مفید و قابل استفاده برای مدیریت. (اصغرپور، ۱۳۸۸)

مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به دو گروه جبرانی (تعاملی)[6] و غیرجبرانی (غیرتعاملی)[7] تقسیم می‌شوند. در مدل‌های جبرانی نقطه‌ی قوت یک شاخص

Archive of SID
www.SID.ir

می‌تواند نقاط ضعف شاخص‌های دیگر را پوشش دهد و در واقع وزن نسبی شاخص‌ها مد نظر می‌باشد. مهم‌ترین مدل‌های جبرانی شامل روش میانگین ساده[۸]، برنامه‌ریزی توافقی[۹]، شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل[۱۰]، تسلط تقریبی، تحلیل سلسله مراتبی[۱۱]و تحلیل شبکه می‌باشد. در مدل‌های غیرجبرانی پیش فرض این مدل‌ها آن است که هر شاخص مستقل از دیگری است و هر کدام از شاخص‌ها، به تنهایی در انتخاب و تصمیم‌گیری با اهمیت هستند. به تعبیر دیگر مبادله‌ی بین شاخص‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری مجاز نیست و نقطه‌ی ضعف یک شاخص توسط مزیت شاخص دیگری جبران نمی‌شود. مهم‌ترین روش‌ها و مدل‌های غیرجبرانی شامل روش تسلط[۱۲] و جایگشت[۱۳] است. (همان منبع)

ضریب اهمیت (وزن) شاخص‌ها

یکی از ویژگی‌های منحصر مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، در نظر گرفتن ضریب اهمیت شاخص‌ها است. ضریب اهمیت معمولاً دارای مقیاس ترتیبی یا اصلی است و اهمیت نسبی هر شاخص را بیان می‌دارد. وزن‌های مربوط به شاخص‌ها می‌تواند مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده‌ها، نظرسنجی یا به وسیله‌ی روش‌های علمی مانند روش کم‌ترین مجذورات موزون[۱۴]، بردار ویژه[۱۵]، آنتروپی شانون[۱۶] و روش برنامه‌ریزی خطی گزینه‌های ترجیحی چند منظوره[۱۷]تعیین شود. (اصغرپور، ۱۳۸۸)

تئوری آنتروپی شانون

یکی از روش‌های استخراج وزن و درجه‌ی اهمیت شاخص‌ها با معیارهای چند گانه مدل آنتروپی شانون است. مزیت نسبی این روش در مقایسه با سایر روش‌های وزن دهی، قطعیت آن است و سوگیری نظرهای خبرگان در آن وجود ندارد. بنابر این اگر شرایط به گونه‌ای باشد که احتمال خطا در قضاوت خبرگان وجود داشته باشد (مانند تعهد و تخصص)، استفاده از این روش می‌تواند جایگزین خوب و قابل قبلی باشد. مدل آنتروپی شانون نشان دهنده‌ی مقدار عدم اطمینان موجود در محتوای مورد انتظار اطلاعات است و به تعبیری معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته است به طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع بیش‌تر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد. این عدم اطمینان در یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه مطابق با نظریه‌ی احتمالات به صورت رابطه‌ی ۱ به دست می‌آید.

(رابطه‌ی ۱):

$$E_i = S(P_1, P_2, \dots, P_n) = -K \sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \qquad (i = 1, 2, \dots, m)$$

مطابق رابطه‌ی ۱ مقدار K به عنوان یک مقدار ثابت به صورت رابطه‌ی ۲ محاسبه می‌شود که مقدار E_j را بین صفر و یک نگه می‌دارد.

(رابطه‌ی ۲)

$$K = \frac{1}{LN_m}$$

مقدار درجه‌ی انحراف (d_j) مطابق رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شود و بیان می‌دارد شاخص j چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی شاخصی به هم نزدیک باشد نشان‌دهنده‌ی آن است که سایر گزینه‌ها از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند، لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

(رابطه‌ی ۳)

$$d_j = 1 - E_j \qquad \forall j$$

مقدار وزن شاخص‌ها در نهایت مطابق رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌شود و مجموع آن برابر یک می‌باشد. (اصغرپور، ۱۳۸۸)

(رابطه‌ی ۴)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \quad \forall j \qquad \sum_{i=1}^{n} W_J = 1$$

تشریح مدل تسلط تقریبی

این روش بر مبنای مفهوم رابطه غیر رتبه‌ای است و جواب به دست آمده از این روش بر اساس یک مجموعه از رتبه‌ها است. در این روش $A_p \rightarrow A_q$ گزینه‌های p و q هیچ برتری نسبت به یکدیگر ندارند و تصمیم‌گیرنده ریسک برتری A_p به A_q را می‌پذیرد. مراحل این روش در هشت مرحله به صورت زیر است. (مؤمنی، ۱۳۸۵)

۱. نرمال‌سازی

مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مستلزم تعدادی شاخص می‌باشند و از آن جایی که ممکن است شاخص‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

نسبت به یک دیگر مقیاس‌های متفاوتی داشته باشند، بنابر این برای همگن‌سازی[18]، با استفاده از روش‌های علمی، بی‌مقیاس می‌شوند، به گونه‌ای که اهمیت نسبی آن‌ها حفظ شود. مهم‌ترین روش‌های همگن‌سازی عبارت است از نرم خطی، نرم ساعتی و نرم اقلیدسی[19]. در این پژوهش روش نرم اقلیدسی طبق رابطه‌ی ۵ انتخاب شده است.

(رابطه‌ی ۵)

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_i r_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

۲. ماتریس بی‌مقیاس موزون

این ماتریس از حاصل ضرب ماتریس تصمیم‌گیری اولیه با ماتریس قطری (وزن شاخص‌ها) ماتریس بی‌مقیاس موزون به دست می‌آید.

۳. مشخص کردن مجموعه هماهنگ[20] و ناهماهنگ[21]

تمام گزینه‌ها در این مرحله به صورت زوجی نسبت به تمام شاخص‌ها ارزیابی می‌شوند و مجموعه‌ی هماهنگ و ناهماهنگ طبق رابطه‌های ۶ و ۷ تشکیل می‌شود. مجموعه‌ی هماهنگ (S_{kl}) از گزینه‌های K و L مشتمل بر تمام شاخص‌هایی خواهد بود که گزینه‌ی A_k بر گزینه‌ی A_l به ازای آن‌ها مطلوبیت بیش‌تری داشته باشد، یعنی به ازای A_{ij}دارای مطلوبیت افزایشی باشند (شاخص مثبت) و به ازای r_{ij}دارای مطلوبیت کاهشی باشند. (شاخص منفی)

(رابطه‌ی ۶)

$$S_{kl} = \{j | r_{kj} \geq r_{lj}\} \quad j=1,2,..,m$$

(رابطه‌ی ۷)

$$S_{kl} = \{j | r_{kj} \leq r_{lj}\} \quad j=1,2,..,m$$

مجموعه‌ی ناهماهنگ مشتمل برشاخص‌هایی است که در آن‌ها گزینه‌ی A_k نسبت به گزینه‌ی A_l مطلوبیت کم‌تری داشته باشد، یعنی به ازایr_{ij} مطابق رابطه‌ی ۸ دارای مطلوبیت افزایشی باشند (شاخص مثبت) و به ازای r_{ij} مطابق رابطه‌ی ۹ دارای مطلوبیت کاهش باشند (شاخص منفی).

(رابطه‌ی ۸)

$$D_{kl} = \{j | r_{kj} < r_{lj}\} \quad j=1,2,..,m$$

(رابطه‌ی ۹)

$$D_{kl} = \{j | r_{kj} > r_{lj}\} \quad j=1,2,..,m$$

۴. محاسبه‌ی ماتریس هماهنگ

ماتریس هماهنگی، ماتریسی است به ابعاد M×M که قطر ماتریس فاقد عنصر و سایر عنصرها از مجموعه وزن‌های به‌دست آمده برای شاخص‌های متعلق به مجموعه هماهنگ K و L مطابق رابطه‌ی ۱۰ حاصل می‌شوند. یعنی:

(رابطه‌ی ۱۰)

$$I_{kl} = \sum W_j$$

معیارهای هماهنگ I_{kl} منعکس کننده‌ی اهمیت نسبی A_k به A_lاست به طوری که $0 \leq I_K \leq 1$خواهد بود. ارزش بیش‌ترI_{kl} به آن مفهوم است که A_k به A_l برتری بیش‌تر دارد.

۵. محاسبه ماتریس ناهماهنگ

ماتریس ناهماهنگ با N_I تعریف می‌شود که یک ماتریس M×M است عناصر این ماتریس با استفاده از عنصرهای بی‌مقیاس موزون ماتریس V طبق رابطه‌ی ۱۱ محاسبه می‌شود.

(رابطه‌ی ۱۱)

$$NI_{kl} = \frac{\underset{j \in D_{kl}}{MAX} |v_{kj} - v_{lj}|}{\underset{j \in J_{kl}}{MAX} |v_{kj} - v_{lj}|}$$

ماتریس N_I نسبت عدم مطلوبیت مجموعه نا هماهنگ K و L را به کل ناهماهنگی در شاخص‌ها بیان می‌کند. به بیان ساده، طبق ماتریس ناهماهنگ تعیین می‌شود که به ازای چه مقادیری از j بیش‌ترین اختلاف در مجموعه‌ی ناهماهنگ رخ می‌دهد و در مخرج بیش-ترین مقدار اختلاف ممکن بین دو گزینه‌ی K و L تعیین می‌گردد. نتیجه‌ی رابطه مشخص می‌کند که چند درصد از بیش‌ترین اختلاف ممکن بین گزینه‌ی K و L وجود دارد.

Archive of SID
www.SID.ir

۶. تعیین ماتریس هماهنگ مؤثر

برای استخراج ماتریس هماهنگ مؤثر ابتدا باید حد آستانه‌ای را مشخص کرد. اگر هر عضو ماتریس Iبزرگ‌تر یا مساوی آن باشد، آن مؤلفه در ماتریس H مقدار یک خواهد گرفت و گرنه مقدار صفر می‌گیرد. تعیین آستانه برای ماتریس هماهنگ مؤثر به سلیقه تصمیم‌گیرنده بستگی دارد و یکی از روش‌های متفاوت محاسبه آن متوسط‌گیری از عناصر ماتریس هماهنگ به صورت رابطه‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ است.

(رابطه‌ی ۱۲)

$$I = \sum_{l=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} I_{kl}/m(m-1)$$

(رابطه‌ی ۱۳) $H_{lk}=0 \;\; if \;\; I_{kl} > I$

(رابطه‌ی ۱۴) $H_{lk}=1 \;\; if \;\; I_{kl} \le I$

قطر ماتریس H فاقد عنصر خواهد بود، بنابراین هر عنصر واحد در ماتریس H نشان دهنده‌ی یک گزینه‌ی مؤثر و مسلط بر دیگری است.

۷. مشخص کردن ماتریس ناهماهنگ مؤثر

این ماتریس با نماد G نمایش داده می‌شود و برای استخراج آن از یک حد آستانه استفاده می‌شود که طبق رابطه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ محاسبه می‌گردد.

(رابطه‌ی ۱۵)

$$NI = \sum_{l=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} NI_{kl}/m(m\ \ 1)$$

عناصر ماتریس N_i با حد آستانه‌ای N_i مقایسه می‌شود، به گونه‌ای که هر مؤلفه‌ای که کوچک‌تر یا مساوی آن باشد یک و گرنه مقدار صفر به خود می‌گیرد.

(رابطه‌ی ۱۶) $G_{lk}=0 \;\; if \;\; NI_{kl} > NI$ ، (رابطه‌ی ۱۷) $G_{lk}=1 \;\; if \;\; NI_{kl} \le NI$

۸. محاسبه‌ی ماتریس کلی و مؤثر

محاسبه این ماتریس که F نام دارد مطابق رابطه ۱۸ است.

(رابطه‌ی ۱۸) $F_{kl}=H_{kl}\times G_{kl}$

این ماتریس نشان دهنده‌ی ترتیب ارجحیت‌های نسبی از گزینه‌ها است. به آن معنی که اگر $F_{kl} = ۱$ باشد یعنی A_k بر A_l هم از نظر معیارهای هماهنگ و ناهماهنگ ارجح است ولی A_k ممکن است تحت تأثیر گزینه‌های دیگر باشد. شرط این که A_k یک گزینه مؤثر باشد، مطابق رابطه‌های ۱۹ و ۲۰ عبارت است از:

(رابطه‌ی ۱۹)

برای حداقل یک **L** ، **$F_{kl}=1$**

(رابطه‌ی ۲۰)

برای تمام **L** **$F_{kl}=0$**

احتمال رخداد دو شرط فوق به‌طور همزمان کم است و گزینه مؤثر را می‌توان به سادگی تعیین کرد هر ستون از ماتریس که حداقل یک عنصر واحد دارد حذف می‌شود زیرا آن ستون تحت تسلط ردیف یا ردیف‌هایی می‌باشد، لذا گزینه‌ای مطلوب است که ستون آن دارای حداکثر صفرها یا سطر آن دارای حداکثر یک‌ها باشد. (مؤمنی، ۱۳۸۵)

یافته‌های پژوهش (حل مسئله)

مطابق مطالب ارایه شده در این پژوهش، هدف انتخاب مکانی مناسب برای احداث محل تصفیه خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین است و مطابق مطالعات انجام شده تعداد ۷ منطقه مشخص شده است. به همین منظور تعداد ۲۰ شاخص شناسایی شده است که فهرست آن‌ها، مطابق جدول ۱می‌باشد.

جدول ۱: شاخص‌های منتخب برای انتخاب مکان ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین

ردیف	شرح	مقیاس	مشخصه	مطلوبیت
1	موقعیت نسبت به شبکه جمع آوری فاضلاب و خطوط انتقال اصلی (نزدیک بودن)	کیلومتر	کمی پیوسته	صعودی
2	نیاز حداقل به ایستگاه بالابر در قسمت ورودی تصفیه خانه	فقره	کمی گسسته	صعودی
3	قیمت زمین	میلیارد ریال	کمی پیوسته	صعودی
4	امکان تملک و کاربری	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
5	وسعت زمین از لحاظ نوع فرآیند انتخابی و توسعه‌ی آتی تصفیه خانه	هکتار	کمی پیوسته	نزولی
6	رعایت فاصله‌ی مناسب از فرودگاه، کارخانجات، خطوط انتقال آب، نفت و ...	کیلومتر	کمی پیوسته	نزولی
7	دسترسی به خدمات عمومی، برق، آب، گاز و تلفن	امتیاز	کیفی ترتیبی	نزولی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: شاخص‌های منتخب برای انتخاب مکان ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین

ردیف	شرح	مقیاس	مشخصه	مطلوبیت
8	دسترسی به جاده‌ی اصلی	کیلومتر	کمی پیوسته	نزولی
9	سیل گیر نبودن محل تصفیه خانه (مقایسه ۱۰۰ سال)	امتیاز-	کیفی ترتیبی	صعودی
10	جهت وزش بادهای غالب	امتیاز-	کیفی ترتیبی	صعودی
11	عمق آب‌های زیر زمینی	متر	کمی پیوسته	نزولی
12	رعایت فاصله‌ی مناسب از اماکن مسکونی	کیلومتر	کمی پیوسته	نزولی
13	امکان انتقال ثقلی فاضلاب تا محل تصفیه خانه	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
14	میزان دسترسی به آب‌های پذیرنده‌ی سطحی (فاصله از رودخانه، دریاچه، سد و...)	کیلومتر	کمی پیوسته	نزولی
15	امکان استفاده‌ی مجدد از پساب برای تغذیه‌ی آب زیر زمینی	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
16	امکان استفاده‌ی مجدد از پساب برای تغذیه‌ی باغات سنتی به روش ثقلی	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
17	امکان استفاده‌ی مجدد از پساب برای آبیاری فضای سبز و پارک جنگلی	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
18	عدم وجود عوارض طبیعی و مصنوعی در مسیر خطوط انتقال به تصفیه‌خانه	امتیاز-	کیفی ترتیبی	صعودی
19	سازگاری با کاربرد اراضی مجاور (روش‌های پیش بینی تصفیه لجن، بو و سر و صدا)	امتیاز+	کیفی ترتیبی	نزولی
20	وجود مسیل پذیرنده در نزدیکی محل	امتیاز-	کیفی ترتیبی	صعودی

لازم به توضیح است با توجه به حجم محاسبات بسیار زیاد و محدودیت تعداد صفحات، فقط جدول ضریب شاخص‌ها (جدول ۲)، ماتریس کلی مؤثر (جدول ۳) و ماتریس ارجهیت گزینه‌ها (جدول ۴) ارایه شده است.

مطابق ماتریس کلی مؤثر (جدول ۳) ارجهیت گزینه‌ها (تسلط و مغلوب) بر اساس رابطه‌های انجام شده که نتایج آن مطابق جدول ۴ است.

جدول ۲: ضریب اهمت و وزن نسبی شاخص‌ها (ارقام برحسب درصد)

رتبه	شاخص	وزن	رتبه	شاخص	وزن	رتبه	شاخص	وزن
۱	In-02	15.78	۸	In-10	5.12	۱۵	In-13	2.11
۲	In-17	12.00	۹	In-08	3.78	۱۶	In-11	1.62
۳	In-01	11.89	۱۰	In-04	3.63	۱۷	In-15	1.60
۴	In-05	7.87	۱۱	In-16	2.87	۱۸	In-20	1.58
۵	In-18	7.31	۱۲	In-07	2.82	۱۹	In-12	0.94
۶	In-03	6.96	۱۳	In-06	2.40	۲۰	In-19	0.85
۷	In-09	6.75	۱۴	In-14	2.12			

جدول ۳: ماتریس کلی مؤثرگزینه‌های انتخاب مکان مناسب برای ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین

C	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7
G-1		1	0	0	0	0	1
G-2	0		0	0	0	0	1
G-3	1	1		0	0	0	1
G-4	1	1	1		1	1	1
G-5	0	1	0	0		0	0
G-6	1	1	0	0	0		1
G-7	0	0	0	0	0	0	

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴: ماتریس ارجهیت گزینه‌ها (تسلط و مغلوب) گزینه‌های انتخاب مکان مناسب برای ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین

رتبه	اختلاف	مغلوب	تسلط	گزینه
	(تعداد)	(تعداد)	(تعداد)	
۱	6	0	6	G-4
۲	2	1	3	G-3
۳	2	1	3	G-6
۴	0	1	1	G-5
۵	(۱)	3	2	G-1
۶	(۴)	5	1	G-2
۷	(۵)	5	0	G-7

مطابق اطلاعات جدول ۴ مشاهده می‌شود که گزینه‌ی شماره‌ی ۴ (موقعیت ۹/۲ کیلومتری جنوب شهر قزوین و ضلع غربی جاده بوئین زهرا) مطابق با شاخص-های لحاظ شده (۲۰ شاخص) بهترین محل برای احداث تصفیه خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین می‌باشد. گزینه‌های ۳ و ۶ انتخاب یکسانی دارند و گزینه‌ی شماره‌ی ۷ بدترین وضعیت را دارد. نتایج پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که منطقه‌ی شماره‌ی ۴ بهترین انتخاب بر اساس ۲۰ شاخص مورد نظر است و بهترین نتیجه و مطلوبیت را در برنامه‌ریزی و توسعه‌ی قلمرو پژوهش (شهر قزوین) دارد.

بحث و نتیجه

همان گونه که گفته شد تصمیم‌گیری بر اساس تعداد زیادی شاخص کار بسیار پیچیده‌ای است و بدون استفاده از مدل های علمی، انجام صحیح آن امکان پذیر نیست و نتایج حاصل از مدل‌های علمی از جمله تسلط تقریبی می‌تواند راهنمای مناسبی باشد. مطابق آنچه در این پژوهش گزارش شد، بهترین مکان مناسب برای احداث و تجهیز تصفیه خانه‌ی فاضلاب شهر قزوین منطقه‌ی شماره‌ی ۴ است. این انتخاب بهترین گزینه برای متصدیان و برنامه‌ریزان شهر قزوین است و این اطمینان را به آن‌ها می‌دهد که بهترین تصمیم را اتخاذ خواهند نمود. نظر به آنچه در این پژوهش گزارش شد، می‌توان نکات زیر را مد نظر قرار داد:

- برنامه‌ریزی شهری و یا ایجاد هر پروژه، مستلزم سرمایه گذاری (تخصیص منابع محدود برای حصول اهداف) است، لذا اطمینان از این که صرف منابع محدود مهم است بسیار ضروری می‌باشد. این اهمیت ناظر بر دو وجه نیل به هدف‌های سرمایه گذاری و دیگر مقرون به صرفه‌ترین برنامه برای رسیدن به اهداف است.
- سازمان‌ها در راستای تحولات و متغیرهای حاکم بر محیط (سیاسی، اجتماعی و اقتصادی) و به منظور افزایش بهره‌وری و برقراری ارتباط میان هدف‌ها با برنامه‌های عملیاتی باید نظام‌های مدیریتی خود را طی یک فرآیند تغییر به یک نظام عملکرد محور که در آن ارتباط بین برنامه‌های هدف‌گذاری شده و عملکرد شفاف و قابل درک است نزدیک‌تر سازند و زمینه‌های لازم برای استفاده از اطلاعات قابل اطمینان و مدل‌های کمی را در تدوین تصمیم‌گیری فراهم نمایند..
- اطلاعاتی که بر مبنای نتایج عملکرد، شاخص‌ها و روش‌های علمی تهیه شده باشد، به عنوان یک ابزار مفید مورد استفاده‌ی مدیریت قرار می‌گیرد و و مادام که تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مدیریت بر مبنای شاخص‌ها باشد، موجب هماهنگی واحدهای سازمانی، تحقق هدف‌ها و افزایش استفاده‌ی بهینه از منابع می‌شود.
- نگهداری نتیجه‌های حاصل از بررسی و تحلیل‌های انجام شده و تصمیم‌هایی که بر اساس آن‌ها اتخاذ شده منجر به ایجاد دانش سازمانی می‌شود که در تصمیم‌گیری‌های آینده مفید واقع خواهد شد.

اگر چه کاربرد این مدل و سایر مدل‌های مشابه نیاز به جمع‌آوری اطلاعات فراوان و تخصص‌های برنامه نویسی پیشرفته دارد، اما مزایای بسیار ناشی از کاربرد آن‌ها، مشکلات تدوین را توجیه می‌نماید و توصیه می‌شود کلیه سازمان‌ها، کاربرد مدل‌های علمی را به صورت نظام یافته در نظر بگیرند.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع و مآخذ

اصغرپور، محمد جواد (۱۳۸۸)، "تصمیم‌گیری چند معیاره"، انتشارات دانشگاه تهران

مؤمنی، منصور (۱۳۸۵)، "مباحث نوین تحقق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران

کاظمی محمدی، سید مهدی (۱۳۷۸)، "ارزیابی توسعه-ی پایدار در توسعه شهری"، دانشگاه تربیت مدرس

گروه مهندسان مشاور شارمند، (۱۳۷۹)، "تدوی شیوه-های تهیه‌ی طرح‌های شهری در ایران- جلد سوم"، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری وزارت کشور، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور

The United Nations World Water Development, (2010) "Water In A Changing World" ,Unesco Publishing

World Health Organization (WHO), UNICEF, (2000), "Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report", Geneva: WHO

"Wastewater Engineering- Treatment And Reuse" ,Vol 1 To 6,

یادداشت‌ها

[1] Elimination Et Choice Translation Reality (ELECTRE)

[۲] توسعه‌ی شهری به معنی تغییرات در کاربری زمین و سطوح تراکم برای رفع نیازهای ساکنان در زمینه مسکن، حمل و نقل، اوقات فراغت و غذا و غیره، تعریف کرد چنین توسعه‌ای زمانی پایدار خواهد بود که، در طول زمان، شهری از نظر زیست محیطی قابل سکونت و زندگی (هوای پاک، آب آشامیدنی سالم، اراضی و آب‌های سطحی و زیرزمینی بدون آلودگی و)، از نظر اقتصادی بادوام و از نظر اجتماعی همبسته (الگوهای کاربری زمین، همبستگی اجتماعی و احساس شهروندی) باشد

[۳] گزارش فوق، مجموعه‌ای از پیشنهادها و اصول قانونی برای دستیابی به توسعه‌ی پایدار برای کشورهای در حال توسعه است و توسعه‌ی پایدار را رفع نیازهای نسل حاضر بدون تضییع توانایی‌های نسل‌های آینده برای رفع نیازهایشان را تعریف می‌کند

[4] Multiple Attribute Decision Making (MADM)

[5] Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

[6] Compensatory

[7] Non Compensatory

[8] Simple Additive Weighting (SAW)

[9] Compromise Programming

[10] Technique For Order Preferneces By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS)

[11] Analytical Hierarchy Process

[12] Dominanace

[13] Permutation

[14] least Supuare Weighted

[15] Eigen Vector

[16] Shannon Entropy

[17] Linear Programming For Multidimensional Of Preference

[18] Homogenization

[19] Euclidean Norm

[20] Concordance

[21] Discordance

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir