یادداشت فنی

انتخاب سیستم مناسب جمع‌آوری فاضلاب شهری با رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه

مهرداد میرابی[۱] حجت میان‌آبادی[۲] محمدباقر شریفی[۳]

(دریافت ۹۱/۷/۲۶ پذیرش ۹۲/۳/۱۵)

چکیده

اجرای شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب یکی از راههای موثر در مدیریت کمّی و کیفی منابع آب است. در این مقاله، گزینه مناسب شبکه فاضلاب شهری با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای مختلف کمّی و کیفی انتخاب و تأثیر میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیران در انتخاب تصمیم نهایی بررسی شد. انتخاب سیستم مناسب جمع‌آوری فاضلاب شهری به‌عنوان یک مطالعه کاربردی با استفاده از چهار روش تصمیم‌گیری مجموع ساده وزین (SAW)، روش برنامه‌ریزی سازشی (CP)، TOPSIS و عملگر میانگین وزنی مرکب (HWA) مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر انتخاب روش تصمیم‌گیری در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از روشهای ذکر شده بررسی و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب، تصمیم‌گیری چند شاخصه، ریسک‌پذیر، ریسک گریز، شهر نیاسر

Multi Attribute Decision Making Approach for the Selection of Urban Wastewater System

M. Mirabi[1] *H. Mianabadi*[2] *M.B. Sharifi*[3]

(Received Oct. 17, 2012 Accepted Dec. 5, 2013)

Abstract

Implementation and operation of municipal wastewater collection systems is an essential part of qualitative water resource management. In this paper, the most appropriate alternative among a set of limited of wastewater collection systems was selected using different quantitative and qualitative attributes. Moreover, the impact of risk attitudes of decision makers (DMs) on selection of the most preferred alternative was evaluated. As a case study the best alternative was examined using four MADM methods including Simple Additive Weighting (SAW), Compromise Programming (CP), TOPSIS, and Hybrid Weighted Averaging (HWA) to validate the application of RB-MADM methods in wastewater collection systems. Then, the impact of selection of MADM method on the final outcome was studied and the results were compared.

Keywords: Sewage Collection Systems, Multi Criteria Decision Making, Risk Prone, Risk Aversion, Niasar City.

۱- کارشناس ارشد عمران آب، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی دکترای منابع آب، دانشگاه دلفت هلند (نویسنده مسئول)
hmianabadi@tudelft.nl
۳- دانشیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

1. Senior Expert of Water and Civil Eng., Ferdowsi University, Mashhad
2. PhD Student of Water Resources Management, Faculty of Civil Eng. and Geosciences, TU Delft (Corresponding Author) hmianabadi@tudelft.nl
3.Assoc. Prof., Dept. of Eng., Ferdowsi University, Mashhad

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

مدیریت و برنامه‌ریزی طرح‌های فاضلاب با زندگی اجتماعی و اقتصادی جوامع ارتباط مستقیم پیدا کرده است و هر نوع تصمیم‌گیری در مورد مدیریت فاضلاب در شهرها و کلان‌شهرها، دارای تبعات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی خواهد بود. بدیهی است در نظر نگرفتن هر یک از این ابعاد و تبعات آن در یک طرح مدیریت فاضلاب، ممکن است سبب عدم موفقیت آن طرح در دراز مدت شود. لذا استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] برای در نظر گرفتن معیارها و شاخص‌های دخیل در فرایند تصمیم‌گیری، امری ضروری است.

مطالعات صورت گرفته در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی شبکه‌های فاضلاب به‌کمک روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه[2] بسیار محدود است. آلیناس و همکاران رویکرد دانش بنیان به‌منظور حمایت از تصمیم‌گیری در انتخاب سیستم‌های فاضلاب شهری را توسعه دادند [۱]. خدابخشی و جعفری در سال ۱۳۸۹ اثرات محیط‌زیستی طرح‌های منابع آب را با استفاده از روش Electre_III بررسی کردند [۲]. کریمی و همکاران در سال ۱۳۸۸ برای انتخاب بهترین فرایند بی‌هوازی فاضلاب در شهرکهای صنعتی از روش فرایند سلسله مراتبی[3] استفاده کردند[۳]. گومز لوپز و همکاران در سال ۲۰۰۹ از روش TOPSIS در شهر کارتاژنا[4] اسپانیا برای انتخاب روش مناسب از بین شش گزینه موجود برای ضد عفونی قبل از استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، بهره گرفتند [۴].

نقطه ضعف مهم مطالعات صورت گرفته آن است که بسیاری از این مطالعات، میزان ریسک تصمیم‌گیران را در فرایند تصمیم‌گیری در نظر نگرفته‌اند. هدف از این مطالعه، معرفی بررسی کاربرد روشهای تصمیم‌گیری چندشاخصه مبتنی بر ریسک(RB-MADM) در انتخاب گزینه برتر اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب بود. در این مطالعه، گزینه‌های مناسب برای اجرای یک شبکه فاضلاب شهری با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای مختلف کمّی و کیفی رتبه‌بندی و انتخاب شدند و تأثیر میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیران در انتخاب تصمیم نهایی بررسی شد. نوآوری این مطالعه نسبت به سایر مطالعات صورت گرفته، در نظر گرفتن میزان ریسک تصمیم‌گیران و تأثیرگذاران در فرایند تصمیم‌گیری و تحلیل حساسیت نتایج نهایی نسبت به میزان ریسک تصمیم‌گیران بود.

۲- تصمیم‌گیری چندشاخصه

مدل‌های مختلف MADM به‌صورت ماتریس تصمیم‌گیری فرموله می‌شوند که این ماتریس از m گزینهٔ از قبل معلوم و n شاخص یا مشخصه برای سنجش مطلوبیت هر گزینه و عناصر r_{ij} که بیانگر مقادیر خاص از شاخص jام برای گزینه iام است، تشکیل شده است. فرایند تصمیم‌گیری چندشاخصه شامل چهار مرحله اساسی شناسایی و ارزیابی، وزن‌دهی، انتخاب و آنالیز حساسیت است [۵].

برای انتخاب بهترین گزینه/گزینه‌ها از بین یک مجموعه گزینه، روشهای متعددی وجود دارد. در این مطالعه، برای بررسی و مقایسه نتایج حاصل از روشهای مختلف، از روشهای CP، TOPSIS و عملگر میانگین وزنی مرکب (HWA) استفاده شد. به‌دلیل وجود عدم قطعیت در مراحل مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه، لازم است که قبل از انتخاب گزینه نهایی، آنالیز حساسیت بر روی میزان ریسک‌پذیری تصمیم‌گیران و همچنین روش انتخاب شده صورت گیرد.

۳- روشهای مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه

۳-۱- روش SAW

این روش یکی از قدیمی‌ترین روشهای MADM است. در این روش، مقادیر ارزیابی شده باید"بی مقیاس" شوند تا بتوان نتایج آنها را با یکدیگر مقایسه نمود.

$$FW_1(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i \qquad (۱)$$

که در این رابطه w_i بردار وزن و x_i مقدار تابع است.

۳-۲- روش CP

این روش جزء روشهای زیرگروه سازشی است که به روشهای فاصله‌محور معروف هستند. در این روش، گزینه برتر گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از گزینه ایده‌آل داشته باشد، برای سنجش نزدیکی یک راه حل موجود نسبت به راه حل ایده‌آل، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد

$$\text{Minimize}: L_p(x) = \left\{ \sum_{i=1}^{l} \gamma_i{}^p \left[\frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_{*i}} \right]^p \right\}^{1/p} \qquad (۲)$$

که در این رابطه

f_i^* بیانگر مقدار ایده‌آل شاخص i، $(i = 1,2,...,l)$ $f_i(x)$ بیانگر مقدار ارزش گزینه x به‌ازاء شاخص i و P عددی است که بیانگر اهمیت ماکسیمم انحراف از مقدار نقطه ایده‌آل است. هر گزینه‌ای که دارای کمترین مقدار L–P باشد، به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود [۶].

[1] Multi Criteria Decision Making (MCDM)
[2] Multi Attribute Decision Making (MADM)
[3] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[4] Cartagena

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۳- روش TOPSIS

در این روش علاوه بر درنظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایده‌آل، فاصله آن از نقطه ضد ایده‌آل هم در نظر گرفته می‌شود. یعنی گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از ایده‌آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از ضد ایده‌آل باشد. روش TOPSIS تنها زمانی قابل استفاده است که مقدار ارزش شاخص‌ها و وزن نسبی آنها به‌صورت مقادیر عددی قطعی قابل بیان باشند [۷]. الگوریتم حل مسئله به این صورت است که ابتدا پس از بی‌مقیاس نمودن ماتریس تصمیم و با مفروض بودن بردار وزن شاخص‌ها (W) ، ماتریس بی‌مقیاس وزین با کمک رابطه ۳ محاسبه می‌شود

$$V = N_D . W_{n*n} \qquad (۳)$$

که در این رابطه

W ماتریس قطری وزن شاخص‌هاست که تنها عناصر اصلی آن غیر صفر است، N_D ماتریس تصمیم و V ماتریس بی‌مقیاس وزنی است [۸]. سپس راه حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی بر اساس رابطه ۴ محاسبه می‌شوند

$$\begin{cases} J = \{j = 1,2,...,n | j \in BENEFIT\} \\ J' = \{j = 1,2,...,n | j \in COST\} \end{cases}$$

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | i = 1,2,...,m\} = \{V_1^+, V_2^+, ..., V_n^+\}$$
$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | i = 1,2,...,m\} = \{V_1^-, V_2^-, ..., V_n^-\} \qquad (۴)$$

پس از آن محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل به‌صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \qquad (۵)$$

که در آن d_i^+ و d_i^- اندازه جدایی بوده و از روابط ۶ و ۷ محاسبه می‌شوند:

$$d_i^+ = \left\{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2\right\}^{0.5} ; i = 1,2,...,n \qquad (۶)$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2\right\}^{0.5} ; i = 1,2,...,n \qquad (۷)$$

۳-۴- عملگر میانگین‌گیری وزنی مرکب[1]

عملگر OWA[2] تنها مقدار و رتبه‌بندی متغیرها را وزن‌دهی می‌کند و از اهمیت وزن شاخص‌ها صرفنظر می‌کند. عملگر SAW وزن‌دهی خود را تنها بر اساس اهمیت شاخص‌ها انجام می‌دهد و از اهمیت مقادیر متغیرها صرفنظر می‌کند. برای حل این مسئله، ژو و دا یک عملگر میانگین‌گیری وزن دهی مرکب معرفی کرده‌اند که هم اهمیت متغیرها و هم مقدار آنها را در وزن دهی آنها در نظر می‌گیرد [۹]. عملگر HWA به‌صورت رابطه ۸ تعریف می‌شود:

$$HWA_{V,W}(a_1, a_2, ...a_n) = \sum_{j=1}^{n} v_j . b_j \qquad (۸)$$

که در آن

v_j بردار وزن عملگر و $\sum_{j=1}^{n} v_j = 1$ است. بردار وزن v_j همانند بردار وزن عملگر OWA به‌دست می‌آید. b_j امین مقدار بزرگ مجموعه مرتب شده صعودی به نزولی مجموعه $nw_i a_i$ است. بردار $W = (w_1, w_2, ..., w_n)^T$ بردار وزن متغیرهای $(n$ ..... ۲،۱$)$ a_i $(i=$ ..... ۲،۱$)$ بوده و $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$ $(j=$ ..... ۲،۱$)$ و n ضریب تعادل است که نقش یک متعادل کننده را بازی می‌کند.

در یک تصمیم‌گیری چندشاخصه، اگر تصمیم‌گیر نظرات خود را درباره S گزینه باتوجه به n شاخص، به صورت r_{ij} ارائه دهد، ارزش نهایی هر گزینه به‌وسیله عملگر HWA به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r_i = HWA_{v,w}(r_{i1}, r_{i2}, ..., r_{in}), i = 1,2,...,s, j = 1,2,...,n \qquad (۹)$$

که در روابط بالا

r_{ij} ارزیابی تصمیم‌گیر از گزینه i بر اساس شاخص j و $(n$ ..... ۲،۱$)$ w_j $(j=$ ..... ۲،۱$)$ بردار وزن نسبی شاخص‌هاست که $w_j \geq 0$ و $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$. بردار $v = (v_1, ..., v_t)^T$ نیز بردار وزن عملگر HWA است.

در این پژوهش برای محاسبه بردار وزن از کمیت‌سنج‌های زبانی استفاده شد. در این روش که توسط یاگر پیشنهاد شده است، برای محاسبه بردار وزن از کمیت‌سنج‌های زبانی استفاده شده که از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۰ و ۱۱]:

$$w_i = Q(\frac{i}{n}) - Q(\frac{i-1}{n}), i = 1,2,...,n \qquad (۱۰)$$

که در آن

[1] Hybrid Weighted Averaging (HWA)
[2] Ordered Weighted Averaging (OWA)

Archive of SID
www.SID.ir

i شمارنده شاخص و n تعداد کل شاخص‌ها و Q یک کمیت‌سنج زبانی است. تابع عضویت، یک کمیت‌سنج زبانی است که مفهوم اکثریت فازی را منعکس نموده و برای محاسبه بردار وزن عملگر تجمیعی استفاده می‌شود. برای محاسبه تابع کمیت‌سنج Q می‌توان از رابطه اکیداً یکنوای $Q(r) = r^{\alpha}$ که دارای کاربرد زیادی در محاسبه تابع عضویت یک کمیت‌سنج است نیز بهره گرفت. لازم به ذکر است که تابع Q رابطه بسیار نزدیکی با مقدار خوش‌بینی دارد:

$$\text{orness}(w) = \int_0^1 Q(r)dr = \int_0^1 r^{\alpha}dr = \frac{1}{\alpha+1} \qquad (۱۱)$$

که در آن درجه oRness بیانگر میزان خوش‌بینی و α درجه‌خوشبینی است. اگر $\alpha > 1$ باشد $\text{orness}(w) < 0.5$ خواهد شد که بیانگر بدبینی و یا ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر است. اگر $\alpha = 1$ در نظر گرفته شود، $\text{orness}(w) = 0.5$ خواهد شد که معرف تصمیم‌گیر خنثی است و به ازای $\alpha < 1$، $\text{orness}(w) > 0.5$ خواهد شد که معرف تصمیم‌گیر خوش‌بین و یا ریسک‌پذیر است [۱۲].

۴- روشهای جمع‌آوری فاضلاب

روشهای جمع‌آوری فاضلاب را می‌توان در دو قالب سنتی و نوین بررسی کرد. شیوه سنتی یا روش متداول، روشی است که به‌طور ثقلی، آب مصرف شده را جمع‌آوری و به تصفیه‌خانه منتقل می‌کند، که خود به دو روش کانال‌های جدا از هم و روش درهم تقسیم می‌شود. روشهای نوین یا غیر متعارف در مناطقی که روشهای متعارف غیر اجرایی و پر هزینه هستند، جایگزین می‌شوند از جمله روشهای غیر متعارف جمع‌آوری فاضلاب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۳-۱۵]: ۱- سپتینک تانک با خروجی ثقلی STEG[1] یا SDGS[2]، ۲- سپتیک تانک با خروجی تحت فشار STEP[3]، ۳- شبکه تحت فشار با پمپ‌های خردکننده GP[4]، ۴- شبکه مکشی VSS[5]، ۵- شبکه ساده جمع‌آوری فاضلاب[6].

۵- مطالعه موردی

به‌منظور بررسی کاربرد و کارایی روشهای ارائه شده و لزوم استفاده از روشهای MADM در مدیریت به‌هم‌پیوسته فاضلاب، پروژه مدیریت فاضلاب شهر نیاسر به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد. شهر نیاسر مرکز بخش نیاسر از توابع شهرستان کاشان و استان اصفهان است و در فاصله ۲۴ کیلومتری شمال غربی شهر کاشان قرار دارد. در طرح هادی شهر نیاسر جمعیت شهر که خود شامل دو بخش جمعیت بومی و گردشگر است با دوره طرح ۲۵ سال تا سال ۱۴۱۲ در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به مطالعات مربوط به سرانه تولید فاضلاب این شهر؛ اجرای شبکه فاضلاب در این شهر امری ضروری به نظر می‌رسد [۱۶]. اما در مناطقی از شهر نیاسر با توجه به سنگی بودن زمین، امکان اجرای شبکه متعارف فاضلاب وجود ندارد. از این‌رو، چهار گزینه مختلف شبکه جمع‌آوری فاضلاب به‌صورت روشهای غیر متعارف و تلفیقی از متعارف- غیر متعارف بررسی و از بین آنها بهترین گزینه انتخاب شد. در گزینه‌های اول و سوم به‌ترتیب از روشهای STEG و شبکه ساده برای جمع‌آوری کل فاضلاب شهر استفاده شده و در گزینه‌های دوم و چهارم نیز به‌صورت تلفیقی به‌ترتیب از روش STEP و مکشی در مناطقی که زمین آنها کاملاً سنگی باشد استفاده شده است [۱۳]. با توجه به نقطه نظرات مقامات استانی و مطالعات صورت گرفته توسط شرکت آب و فاضلاب کاشان در مورد شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب شهر نیاسر، نه شاخص از میان شاخص‌های مطرح شده در نظر گرفته شد که عبارت‌اند از: شاخص‌های اقتصادی، سهولت بهره‌برداری، سهولت اجراء، مصرف انرژی، زمان اجراء، اثرات زیست محیطی، سازگاری نوع سیستم با فرهنگ عمومی، امکانات ساخت داخل و انعطاف‌پذیری. وزن نسبی و درجه اهمیت آنها نیز که توسط مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان محاسبه گردیده در جدول ۱ ارائه شده است [۱۶]. همچنین ارزیابی چهار گزینه معرفی شده در برابر این شاخص‌ها نیز در جدول ۱ ارائه شده است، که این ارزیابی‌ها به‌صورت کیفی بوده و تنها در مورد شاخص هزینه به‌صورت کمّی ارزیابی شده است.

در این ماتریس با توجه به تغییراتی که در طول زمان در شاخص اقتصادی ایجاد می‌شود، از مقادیر نرمال شده استفاده شد. لازم به ذکر است که در گذشته، رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط رازی و همکاران و تنها با استفاده از روش SAW صورت گرفته بود [۱۳].

۶- روش تحقیق

نتایج مربوط به روشهای SAW و CP و TOPSIS در جدول ۲ نشان داده شده است. در روش CP مقادیر گزینه‌ها به ازاء P= ۱، ۲، ۳، ۱۰، ۱۰۰ محاسبه شده است و در این روش، گزینه‌ای مناسب‌تر است که مقدار کمتری را به خود اختصاص داده باشد.

۶-۱- روش HWA

برای محاسبه وزن عملگر HWA از رابطه $Q(r) = r^{\alpha}$ که $\alpha > 0$ استفاده شد. برای بررسی میزان تأثیر ریسک‌پذیری و

[1] Septic Tank Effluent Gravity (STEG)
[2] Small Diameter Gravity Sewers (SDGS)
[3] Septic Tank Effluent Pressure (STEP)
[4] Pressure Sewers With Grinder Pumps
[5] Vacuum Sewerage System (VSS)
[6] Simplified Sewerage

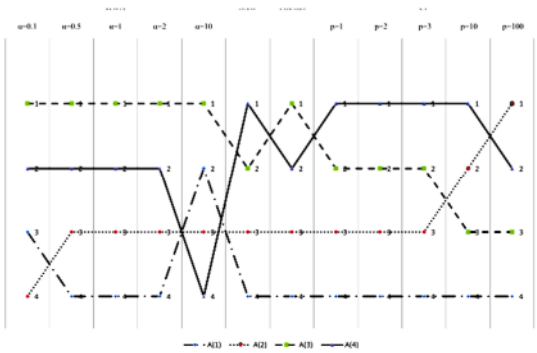
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- درجه اهمیت شاخص‌ها و ماتریس تصمیم [۱۳]

شاخص‌ها	اقتصادی	سهولت بهره برداری	سهولت اجرا	مصرف انرژی	زمان اجرا	اثرات زیست محیطی	سازگاری نوع سیستم با فرهنگ عمومی‌جامعه	امکانات ساخت داخل	انعطاف پذیری
اهمیت شاخص‌ها	۹	۸	۱۰	۵	۴	۸	۵	۶	۴
گزینه اول	۰/۱۰۴	۲	۳	۹	۴	۴	۱۰	۷	۴
گزینه دوم	۰/۲۱۹	۴	۶	۵	۵	۶	۵	۳	۳
گزینه سوم	۰/۴۶۷	۳	۷	۸	۸	۳	۴	۱۰	۸
گزینه چهارم	۰/۲۱۰	۷	۱۰	۷	۱۰	۸	۲	۲	۷

جدول ۲- مقادیر عددی گزینه‌ها با روشهای SAW، CP، TOPSIS، HWA با درجات ریسک‌پذیری مختلف [۱۳]

α	HWA						CP			
	ریسک‌پذیر		خنثی	ریسک‌گریز						
	۰/۱	۰/۵	۱	۲	۱۰	SAW	Topsis	P=1	P=2	P=3	P=10	P=10
A1	۲/۱۹	۱/۶۶	۱/۳۱	۱/۰۰	۰/۶۵	۱۱/۷۷	۰/۳۱	۴۲/۸۵	۱۷/۸۱	۱۳/۷۷	۱۰/۳۹	۱۰
A2	۲/۱۷	۱/۷۶	۱/۴۱	۱/۰۴	۰/۶۱	۱۲/۷۲	۰/۳۶	۳۷/۳۳	۱۲/۸۰	۹/۱۱	۶/۰۹	۵/۷۱
A3	۳/۷۶	۲/۶۱	۱/۹۱	۱/۴۰	۱/۰۲	۱۷/۲۳	۰/۵۷	۲۵/۰۲	۱۱/۸۶	۹/۶۹	۸/۰۸	۸
A4	۳/۵۳	۲/۶	۱/۹۱	۱/۲۶	۰/۵۵	۱۷/۲۶	۰/۵۴	۱۷/۴۶	۸/۸۳	۷/۳۰	۶/۰۹	۶



شکل ۱- رتبه‌بندی مختلف گزینه‌ها با استفاده از روشهای مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه

ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر بر روی ارزش نهایی هر گزینه، مقادیر α=۰/۱ ،۰/۵ (معرف تصمیم‌گیر ریسک‌پذیر) و α=۱ (معرف تصمیم‌گیر خنثی) و α= ۲ ،۱۰ (معرف تصمیم‌گیر بدبین و ریسک‌گریز) در نظر گرفته می‌شود. همچنین مقادیر عددی حاصل برای گزینه‌های مختلف با استفاده از این روش در جدول ۲ ارائه شده است.

۷- تفسیرنتایج روشهای مختلف

نتایج حاصل از روشهای مختلف در شکل ۱ مقایسه شده‌اند. همانطور که مشخص است نتایج روش TOPSIS در این مثال خاص مبتنی بر ریسک‌گریزی است که این مسئله باید در تصمیم‌گیری به‌ویژه مدیریت ریسک مورد توجه قرار گیرد. نتایج روش SAW نیز با تصمیم‌گیر خنثی برابری می‌کند.

۸- نتیجه‌گیری

در این مقاله، ضرورت در نظر گرفتن شاخص‌های فرهنگی، اجتماعی و جغرافیایی به‌همراه محدودیتهای اقتصادی در طرح‌های مدیریت فاضلاب مطرح و بررسی شد. کارایی و کاربرد روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه طرح مدیریت فاضلاب شهری شهر نیاسر کاشان، به‌عنوان یک مطالعه موردی، بررسی شد و هدف آن انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود، برای جمع‌آوری فاضلاب بود. به این منظور از چهار روش تصمیم‌گیری چندشاخصه: SAW، CP، TOPSIS و HWA برای انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود با توجه به شاخص‌های مختلف استفاده و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شد. بررسی نتایج این روشها در حالات مختلف و انجام آنالیز حساسیت بر روی نتایج، نشان داد که گزینه سوم (شبکه تحت فشار با پمپ‌های خردکننده)، گزینه مناسب با توجه به شاخص‌های مختلف

www.SID.ir

است. نتایج حاصل بیانگر آن است که روشهای MADM به‌ویژه روش HWA به‌عنوان یک روش مبتنی بر ریسک، که قادر است میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیران را در فرایند تصمیم‌گیری در نظر بگیرد، می‌توانند به‌عنوان ابزار مناسب در تصمیم‌گیری و تحلیل ریسک مدیران در مدیریت فاضلاب شهری استفاده شوند.

۹- مراجع

1. Aulinas, M., Nieves, J.C., Cortés, U., and Poch, M. (2011). "Supporting decision making in urban wastewater systems using a knowledge-based approach." *J. Environmental Modelling and Software*, 26, 562-572.
2. Khodabakhshi, B., and Jafari, H.R. (2010). "Environmental impact assessment of water resources development projects using the electre_TRI model (A case study of Ardebil reservoir, drainage, and irrigation network)." *J. Water and Wastewater*, 75, 64-74. (In Persian)
3. Karimi, A.R., Mehrdadi, N., Hashemian, S.J., Nabi Bidhendi, Gh.R., and Tavakoli-Moghaddam, R. (2010). " Using AHP for selecting the best wastewater treatment process." *J. Water and Wastewater.*, 76, 2-12. (In Persian)
4. Gomez-Lo´pez, M.D., Bayo, J., Garcı´a-Cascales, M.S., and Angosto, J.M. (2009). "Decision support in disinfection technologies for treated wastewater reuse." *J. Cleaner Production*, 17, 1504-1511.
5. Mianabadi, H., and Afshar, A. (2008). "Multi-attribute decision-making to ranking urban water supply schemes." *J.Water and Wastewater*, 66, 34-45. (In Persian)
6. Mirabi, M., Mianabadi, H., and Sharifi, M.B. (2011). "'Using of multi attribute decision-making in select a suitable option for sewerage methods, case study: Niasar city." *6th Congress On Civil Engineering*, Semnan University, Semnan, Iran. (In Persian)
7. Xu, Z.S., and Chen, J. (2007). "An interactive method for fuzzy multiple attribute group decision making." *J. Information Sciences*, 177, 248-263.
8. Hwang, C-L., and Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications: A state-of-the-art survey*, Springer-Verlag, Berlin, New York.
9. Xu, Z.S., and Da, Q.L.(2003). "An overview of operators for aggregating information." *International J. Intelligent Systems*, 18, 953-969.
10. Yager, R.R. (1994). "On weighted median aggregation." *International J. Uncertainty*, *Fuzziness and Knowledge-based Systems*, 2, 101-113.
11. Yager, R.R. (1996). "Quantifier guided aggregation using OWA operators." *International J. Intelligent Systems*, 11, 49-73.
12. Mianabadi, H., and Afshar, A. (2008). "Application of Ordered Weighted Averaging (OWA) method in risk management." *The First International Conference onStrategic Project Management*, Sharif University of Tech., Tehran, Iran. (In Persian).
13. Razi, P., Kazemi, M.A., and Abbaszade, A. (2009). "Assessment and comparison of different methods of sewerage system in niasar." *Second Congress of Water Resources Management*, Isfahan University of Tech., Isfahan, Iran. (In Persian)
14. U.S. EPA. (1991). *Alternative wastewater collection systems*, EPA 625/1-91/24. Center for Environmental Research Information, Cincinnaty, OH.
15. AIRVAC. (1989). *Vacuum sewerage systems*, Design Manual, Rochester.IN.
16. Water and Wastewater Consulting Engineers of Design and Researches. (2004). *The report of first stage studies of sewerage system and wastewater transfer of Niasar*, WWCERD, Isfahan, Iran. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir