کاربرد روش ارزیابی همگذاشت فازی در انتخاب گزینه مناسب آبگیری از لجن تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران

عفت سادات کمالی[1] مسعود طاهریون[2] علی‌اکبر عظیمی[3] سارا نظیف[4]

(دریافت ۹۱/۸/۲۰ پذیرش ۹۲/۸/۱٤)

چکیده

برای طراحی و ارتقای مؤثر سیستم‌های تصفیه فاضلاب و لجن، انتخاب سیستم مناسب از میان گزینه‌های موجود اهمیت زیادی دارد. این مسئله با توجه به توسعه تکنولوژی و افزایش تنوع گزینه‌ها با قابلیت‌های مختلف، در حال حاضر اهمیت ویژه‌ای یافته است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، یکی از روش‌های رو به توسعه‌ای است که با در نظر گرفتن کلیه معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری، اقدام به تعیین گزینه برتر می‌نماید. قرارگیری تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس در غرب تهران در مجاورت نواحی مسکونی و نارضایتی شهروندان به‌دلیل بوی منتشره از بسترهای ماسه‌ای آبگیری لجن، جایگزینی سیستم آبگیری لجن این تصفیه‌خانه را اجتناب ناپذیر نموده است. به‌منظور تعیین روش مناسب برای سیستم آبگیری لجن این تصفیه‌خانه از تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌روش ارزیابی همگذاشت فازی استفاده شد. روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به معیارهای ذهنی شامل معیارهای اجتماعی، محیط زیستی و مدیریتی و مفهوم آنتروپی برای وزن‌دهی به معیارهای عینی شامل معیارهای اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت. در این روش با در نظر گرفتن توابع عضویت فازی مثلثی برای مقادیر شاخص‌ها، عدم قطعیت پارامترهای تصمیم‌گیری لحاظ شد. نتایج تحقیق نشان داد برای تصفیه‌خانه شهرک قدس، سیستم آبگیری فیلتر فشاری نواری و فیلتر فشاری نسبت به سایر گزینه‌ها ارجحیت دارند.

واژه‌های کلیدی: آبگیری لجن، تصمیم‌گیری چند معیاره، ارزیابی همگذاشت فازی، آنتروپی

Application of Fuzzy Synthetic Evaluation in Selection of Best Sludge Dewatering Option in Ghods Town WWTP in Tehran

E. S. Kamali [1] *M. Taheriyoun [2]* *A.A. Azimi [3]* *S. Nazif [4]*

(Received Nov. 10, 2012 Accepted Nov. 5, 2013)

Abstract

The design and upgrade of sludge treatment systems generally depend on the decision made regarding the appropriate system from among the options available. The selection process has become increasingly important and complex due to recent technological developments that have led to increased diversity in the available options which offer a wide variety of capabilities. The multi-criteria decision making method is one of the techniques recently developed which takes into account all the criteria involved in the decision making process. The Ghods Town WWTP in the west of Tehran located in the vicinity of residential areas has given rise to claims by citizens due to the odors emitted by the sludge sand drying bed, which justifies the replacement of the present sludge dewatering system. For this purpose, the multi-criteria decision making method based on the fuzzy synthetic evaluation method was used to identify the optimal sludge dewatering system appropriate for the WWTP under consideration. Furthermore, weighting of the subjective (social, environmental, and administrative) criteria was accomplished using the analytical hierarchy process and the objective (i.e., economic) criteria were weighted using the entropy concept. In this method, the triangular fuzzy membership function was also used to take into account the uncertainty associated with each of the decision making parameters. Based on the results obtained, the belt filter press dewatering system and the filter press were identified as the preferred solutions.

Keywords: Sludge Dewatering, Multi Criteria Decision Making, Fuzzy Synthetic Evaluation, Entropy.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط‌زیست، دانشگاه خوارزمی، تهران
۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان (نویسنده مسئول)
taheriyoun@cc.iut.ac.ir (۰۳۱) ۳۳۹۱۳۸۲۲
۳- استادیار، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران
۴- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس فنی، دانشگاه تهران

1. Grad. MSc of Civil and Environmental Eng., Kharazmi University, Tehran
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Eng., Isfahan University of Tech., Isfahan (Corresponding Author) (+98 31) 33913822
taheriyoun@cc.iut.ac.ir
3. Assist. Prof., Dept. of Environmental Eng., Tehran University, Tehran
4. Assist. Prof., Dept. of Civil Eng., Tehran University, Tehran

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در یک فرایند تصفیه فاضلاب، لجن حاصل از تصفیه معمولاً حاوی مواد آلی، پاتوژن‌ها و بیش از ۹۵ درصد آب است. سیستم‌های فراوری و دفع لجن عمدتاً شامل فرایندهای هضم برای حذف مواد آلی و پاتوژن‌ها و تغلیظ و آبگیری برای کاهش حجم لجن و دفع آب اضافی هستند. آبگیری لجن یک فرایند انتهایی در تصفیه لجن است که با تبدیل لجن به مواد جامد و نیمه جامد، مدیریت آن را آسان‌تر نموده و کاربرد لجن را در فرایندهایی نظیر کمپوست، سوزاندن و دفن بهداشتی تسهیل می‌نماید. در حال حاضر سیستم‌های مختلفی نظیر بسترهای ماسه‌ای، فیلتر فشاری نواری و فیلتر فشاری، لاگون‌های لجن، فیلتر خلأ و سانتریفوژ برای آبگیری لجن در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب قابل کاربرد می‌باشند. تنوع گزینه‌ها وخصوصیات و قابلیت‌های متفاوت هر یک از سیستم‌ها، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب گزینه مناسب برای یک تصفیه‌خانه را مشکل می‌نماید[۱].

متغیرهای اصلی در هر فرایند آبگیری، غلظت جامدات و میزان جریان لجن ورودی، مواد شیمیایی مورد نیاز، غلظت جامدات کیک لجن آبگیری شده و جریان لجناب است. آبگیری از لجن، بخش اعظمی از هزینه‌های تصفیه لجن را شامل می‌شود در نتیجه انتخاب روش مناسب باید با دقت کافی انجام پذیرد [۲]. ولی باید توجه نمود که ممکن است گزینه با حداقل هزینه، بهترین گزینه نباشد. در انتخاب بهترین گزینه، معیارهای فنی، اقتصادی، محیط زیستی و مدیریتی تأثیرگذار است؛ ارتباط بین این معیارها پیچیده بوده و معمولاً یک معیار بر دیگر معیارها تأثیرگذار است. ساختن مدل و یافتن بهترین راه حل با استفاده از معیارهای مستقل توسط روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] امکان‌پذیر خواهد بود [۳ و ۴]. منطق فازی ابزاری مؤثر در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره است که می‌تواند عدم قطعیت موجود در مقدار امتیاز تخصیص داده شده به هر گزینه را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ نموده و نتایج واقع‌گرایانه‌تری در این رابطه ارائه نماید. به‌عبارت دیگر، تئوری تصمیم‌گیری فازی تلاش می‌کند ابهام و عدم قطعیت‌های ذاتی موجود در ترجیحات، اهداف و محدودیت‌های موجود در مسائل تصمیم‌گیری را مدل‌سازی نماید [۵].

در زمینه کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در اولویت‌بندی گزینه‌های سیستم‌های تصفیه فاضلاب، مطالعات مختلفی صورت گرفته است. کریمی و همکاران در سال ۱۳۸۹، برای انتخاب بهترین فرایند تصفیه بی‌هوازی فاضلاب شهرک‌های صنعتی از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی[2] استفاده کردند [۶].

در تحقیق دیگری کریمی و همکاران در سال ۲۰۱۱ انتخاب بهترین فرایند را با استفاده از روش‌های تاپسیس فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام داده و نتایج را مقایسه نمودند [۷]. شاه‌منصوری و همکاران در سال ۱۳۹۱ برای انتخاب نوع و محل تصفیه‌خانه آب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی بهترین گزینه را در غالب گزینه‌های تصفیه‌خانه متمرکز و غیر متمرکز و برای ۱۴ گزینه مختلف انجام دادند [۸].

گانگمینگ و همکاران در سال ۲۰۰۷، به منظور انتخاب بهترین فرایند تصفیه فاضلاب، از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل نسبی خاکستری[3] به‌صورت توأمان استفاده کردند [۹].

روش ارزیابی همگذاشت فازی[4]، یک روش تحلیل چند معیاره مبتنی بر منطق فازی است که در برخی مطالعات قبلی استفاده شده است. همچنین برای وزن‌دهی به معیارها، علاوه بر روش‌های نظری و ذهنی نظیر مقایسه زوجی که متکی بر نظر کارشناس است، از مفهوم آنتروپی نیز برای وزن‌دهی به معیارهای عینی که مبتنی بر مقدار و داده است نیز استفاده شده است. چادهاری و حسین[5] در سال ۲۰۰۶، متدولوژی برای مدیریت ریسک بهداشتی برای چند روش گندزدایی آب آشامیدنی تدوین نمودند. در این مطالعه، توابع عضویت فازی برای لحاظ نمودن عدم قطعیت‌های پارامترها تعریف شده و وزن اهمیت معیارها بر اساس روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان وزن ذهنی[6] و مفهوم آنتروپی به‌عنوان وزن عینی[7] هر معیار محاسبه شده است[۱۰].

از قابلیت‌های روش ارزیابی همگذاشت فازی می‌توان به کاربرد آن در مسائل مهم محیط زیستی و سلامتی انسان اشاره نمود. از این روش در طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه‌ها و مخازن بر پایه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و بر اساس معیارهای پارامترهای کیفیت آب استفاده شده است [۱۱ و ۱۲]. همچنین در زمینه تحلیل کیفیت آب زیرزمینی نیز روش ارزیابی همگذاشت فازی و وزن‌دهی آنتروپی[8] به‌کارگرفته شده است[۱۳و۱۴]. از روش ارزیابی همگذاشت فازی در تحلیل ریسک محیط زیستی ناشی از تخلیه ضایعات حاصل از استخراج نفت و همچنین ریسک سلامتی محصولات جانبی گندزداهای کلردار در آب آشامیدنی نیز استفاده شده است [۱۵ و ۱۶].

در مطالعات قبلی تاکنون به‌گزینی سیستم آبگیری لجن مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین استفاده از روش ارزیابی

[1] Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)
[2] Analytical Hierarchy Process (AHP)

[3] Grey Relational Analysis
[4] Fuzzy Synthetic Evaluation (FSE)
[5] Chowdhury & Hussain
[6] Subjective
[7] Objective
[8] Antropy

Archive of SID
www.SID.ir

همگذاشت فازی و آنتروپی محدود به تعیین شاخص‌های کیفی و تحلیل ریسک بوده و در تعیین گزینه مناسب کمتر استفاده شده است. در این تحقیق برای بررسی و تعیین گزینه مناسب مربوط به سیستم آبگیری از لجن در تصفیه‌خانه شهرک غرب تهران، از روش ارزیابی همگذاشت فازی استفاده شد.

۲- مطالعه موردی- تصفیه‌خانه شهرک قدس

تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران در سال ۱۳۷۴ به بهره‌برداری رسیده و مناطق ۲ و ۵ شهر تهران را با مساحت ۷۰۰ هکتار و جمعیت ۸۵۰۰۰ نفر تحت پوشش قرار داده است. به هنگام طراحی، سرانه مصرف آب ۳۵۰ تا ۴۰۰ لیتر به ازای هر نفر در روز در نظر گرفته شد، از این رو این تصفیه‌خانه قابلیت تحت پوشش قرار دادن جمعیتی تا ۱۳۰۰۰۰ نفر را داراست. ظرفیت طراحی تصفیه‌خانه ۳۰۰۰۰ مترمکعب در روز و حداکثر جریان فاضلاب ورودی ۲۲۰۰ لیتر در ثانیه است. نوع فرایند تصفیه فاضلاب این تصفیه‌خانه، لجن فعال بوده و شامل واحدهای آشغالگیر، دانه‌گیر، ته‌نشینی اولیه، هوادهی و ته‌نشینی ثانویه است. لجن ته‌نشینی اولیه و ثانویه توسط ایستگاه پمپاژ به حوض تغلیظ منتقل شده و سپس تحت شرایط تثبیت هوازی قرار گرفته و از آنجا به بسترهای روباز لجن خشک‌کن انتقال داده می‌شود.

۳- مواد و روش‌ها

تصمیم‌گیری چندمعیاره، یک چارچوب ساختاری برای تحلیل مسائل تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه پیچیده است.

در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مسائل محیط زیستی، مهم‌ترین مسئله وجود عدم قطعیت در معیارهای تصمیم‌گیری و بعضاً ماهیت متضاد در برخی از آنهاست. یکی از روش‌های در نظر گرفتن عدم قطعیت در تصمیم‌گیری، استفاده از منطق فازی است. منطق فازی ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سیستم‌های پیچیده که درک آن‌ها مشکل است و یا مسائلی که وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری هستند، به شمار می‌آید.

روش ارزیابی همگذاشت فازی نیز از روابط موجود در منطق فازی و توابع عضویت مجموعه‌های فازی برای تعریف امتیازات و رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌کند. گام‌های اصلی برای استفاده از روش ارزیابی همگذاشت فازی عبارت‌اند از:

۱- تعیین گزینه‌ها، معیارها و زیرمعیارها؛

۲- فازی‌سازی معیارها و زیرمعیارها؛

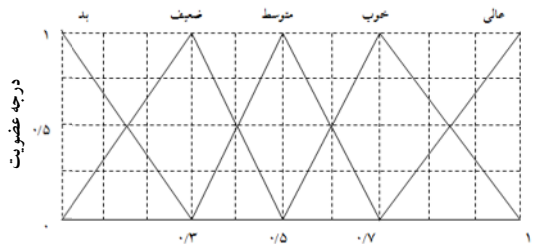
۳- وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها؛

۴- تجمیع یعنی ضرب توابع عضویت بدست آمده در وزن معیارها

۵- مرحله غیرفازی نمودن و اولویت‌بندی گزینه‌ها.

الف- فازی سازی

فازی‌سازی فرایندی است که در آن معیارها با توجه به زیرمجموعه‌های فازی از قبل تعریف شده به مقیاس یکسان و همانندی تبدیل می‌شوند. به‌طور معمول، پنج تا یازده مقیاس زبانی به‌منظور بیان نظرات کارشناسان وجود دارد. در این روش، از پنج مقیاس زبانی: بد (B)، ضعیف (P)، متوسط (F)، خوب (G) و عالی (E) به‌منظور انعکاس نظرات متخصصان استفاده شد. اعداد فازی تعریف شده برای مقیاس‌های زبانی فوق در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱- محدوده‌های عددی مقیاس زبانی مورد استفاده در روش ارزیابی همگذاشت فازی

پس از اعلام نظرات کارشناسان در مورد امتیاز گزینه‌ها به‌صورت اعداد فازی و میانگین‌گیری از نظرات آنها، اعداد فازی به‌دست آمده بر روی شکل ۱ ترسیم می‌شوند و محل‌های تقاطع نمودار ترسیم شده بر روی نمودار پایه به‌صورت توابع عضویت فازی ($\mu B, \mu P, \mu F, \mu G, \mu E$) به‌دست می‌آید، که μ درجه عضویت یک مجموعه فازی است که در اثر برخورد نمودار حاصل از عدد فازی با هریک از پنج مجموعه فازی یک درجه عضویت به‌دست می‌آید. البته در صورت برخورد در دو نقطه و حاصل شدن دو عدد، از عدد بزرگ‌تر به‌عنوان درجه عضویت استفاده می‌شود [۳].

ب- تعیین وزن معیارها

از مراحل اصلی فرایند تصمیم‌گیری، وزن‌دهی معیارها است که برای تعیین اهمیت نسبی هر معیار به‌کار می‌رود. وزن‌دهی بر اساس دو مفهوم معیارهای ذهنی و عینی انجام می شود. معیار ذهنی به معیاری گفته می‌شود که قضاوت راجع به آن وابسته به ذهن بشر و نظر کارشناس باشد و معیار عینی معیاری است که وزن‌دهی آن بر اساس داده‌ها و واقعیات موجود انجام می‌پذیرد. در این مطالعه برای معیارهای ذهنی از روش تحلیل سلسله مراتبی و برای معیارهای عینی از روش آنتروپی استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

۱) وزن دهی ذهنی

روش تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه شد [۱۷]. هدف از استفاده از این روش، شناسایی گزینه برتر و همچنین تعیین رتبه گزینه‌ها با لحاظ همزمان کلیه معیارهای تصمیم‌گیری است. این روش بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل نموده و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. سه گام اصلی در این روش شامل تعریف ساختار سلسله مراتبی، محاسبه وزن‌ها و محاسبه نرخ ناسازگاری است که در مرحله اول، اولویت عناصر در هر سطح تعیین می‌شود و سپس مقایسات زوجی برای عناصر هر سطح بر اساس اینکه عنصر اول چقدر نسبت به عنصر دوم مهم‌تر است، صورت می‌گیرد. ترجیحات حاصل از این مقایسه با استفاده از مقیاس ۹ نقطه‌ای که عدد یک معادل ترجیح برابر و عدد ۹ معادل ترجیح بی‌نهایت است، کمی می‌شوند. نتیجه نهایی آن به‌صورت وزن نسبی می‌باشد. از آنجایی‌که مقایسه زوجی بر اساس نظر و ذهن کارشناس انجام می‌شود، این وزن‌دهی به‌عنوان وزن‌دهی ذهنی به حساب می‌آید [۳ و ۱۷].

۲) وزن‌دهی عینی

آنتروپی، معیاری از عدم قطعیت و دامنه اطلاعات مفید در دسترس است. زمانی که محتوای آنتروپی یک معیار کوچک باشد به معنای آن است که معیار مورد نظر قادر به تولید اطلاعات مفید بیشتر بوده و بنابراین وزن اهمیت مربوط به آن معیار باید بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. در مقابل، آنتروپی بیشتر به معنای وزن اهمیت کمتر برای شاخص مورد نظر خواهد بود. در نتیجه، آنتروپی یک ابزار عینی در تعریف وزن معیارها به‌شمار می‌رود. برای یک ماتریس ارزیابی شامل m گزینه و n معیار، مراحل وزن‌دهی عینی معیارها به روش آنتروپی به شرح زیر است [۱۸ و ۱۹]:

ابتدا مؤلفه‌های اصلی ماتریس ارزیابی بر اساس روش ارائه شده در مرجع [۱۸ و ۱۹] برای معیارهای حداکثر و حداقل به شکل رابطه ۱ نرمال (دامنه صفر و ۱) می‌شوند

$$r_{ik} = \frac{X_{ik}}{\max\{X_{ik}\}_k} : \text{for maximum criterion}$$
$$r_{ik} = \frac{\min\{X_{ik}\}_k}{X_{ik}} : \text{for minimun citrerion} \qquad (۱)$$

که در آن

X_{ik} و r_{ik} به ترتیب مؤلفه‌های اصلی و نرمال شده مؤلفه‌ها در این ماتریس و نشان‌دهنده i امین گزینه (مجموعه داده) برای k امین معیار است. محاسبه احتمال وقوع معیار (P_{ik}) بر اساس رابطه ۲ و اندازه آنتروپی معیار (شاخص) k ام بر اساس رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

$$P_{ik} = \frac{r_{ik}}{\sum_{k=1}^{m} r_{ik}} \qquad (۲)$$

$$E_k = -\frac{1}{Lnm}\sum_{i=1}^{m}[P_{ik}.LnP_{ik}] \qquad (۳)$$

نهایتاً اهمیت عینی شاخص k ام به‌صورت وزن آنتروپی شاخص مورد نظر مطابق رابطه ۴ محاسبه می‌شود [۱۸]

$$W_k = \frac{1-E_k}{n-\sum_{k=1}^{n} E_k} \qquad (۴)$$

ج- مرحله تجمیع[1]

در این مرحله باید توابع عضویتی پنج مؤلفه‌ای که از ترسیم کردن اعداد فازی به‌دست آمده و بر روی نمودار پایه حاصل شده‌اند را در وزن معیار و زیرمعیار مربوطه ضرب نمود. در صورتی‌که تعداد معیارها n_1 باشد $i=1,2,3,\ldots,n_1$ و برای معیار i ام تعداد زیرمعیارها n_2 باشد $j=1,2,3,\ldots,n_2$، در این صورت تابع عضویت گزینه k ام نسبت به معیار i ام ($Alt_{k,i}$) به‌صورت زیر قابل محاسبه است

(۵)

$$Alt_{k,i} = [w_{i1}\ w_{i2}\ \ldots\ w_{in_2}]\times\begin{bmatrix} \mu_B^{i1} & \mu_P^{i1} & \mu_F^{i1} & \mu_G^{i1} & \mu_E^{i1} \\ \mu_B^{i2} & \mu_P^{i2} & \mu_F^{i2} & \mu_G^{i2} & \mu_E^{i2} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ \mu_B^{in_2} & \mu_P^{in_2} & \mu_F^{in_2} & \mu_G^{in_2} & \mu_E^{in_2} \end{bmatrix}$$

که در آن

w_{ij} وزن زیرمعیار j ام از معیار اصلی i ام است که شامل معیارهای عینی و ذهنی است. به‌همین صورت تابع عضویت گزینه k ام نسبت به هدف نهایی (Alt_k) به صورت رابطه ۶ قابل محاسبه است.

(۶)

$$Alt_k = [w_1\ w_2\ \ldots\ w_i\ldots w_{n1}]\times\begin{bmatrix} Alt_{k,1} \\ Alt_{k,2} \\ . \\ . \\ Alt_{k,n_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_B^k & \mu_P^k & \mu_F^k & \mu_G^k & \mu_E^k \end{bmatrix}$$

[1] Aggregation

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن
w_i وزن اهمیت معیار اصلی i ام است که از مقایسه زوجی به‌دست می‌آید و μ_k درجه عضویت فازی گزینه kام به هر یک از مجموعه‌های فازی بد (B)، ضعیف (P)، متوسط (F)، خوب (G) و عالی (E) است [۱۶].

د- مرحله غیرفازی‌سازی[1]

غیرفازی کردن، فرایند محاسبه مقدار کلاسیک یک مجموعه فازی است. از بین روش‌های مختلف غیرفازی‌سازی، روش مرکز ثقل، پرکاربردترین روشی است که تاکنون برای غیرفازی‌سازی استفاده شده است. برای یک مجموعه فازی مقدار غیرفازی آن با تعیین مرکز ثقل تابع عضویت مطابق رابطه ۷ به‌دست می‌آید[۳ و ۱۰].

در این تحقیق براساس روش مرکز ثقل، مقدار امتیازغیرفازی هر گزینه از مجموع حاصلضرب مراکز سطح مجموعه‌های فازی شکل ۱ در درجات عضویت متناظر هر گزینه که از رابطه ۶ به دست آمده، محاسبه می‌شود.

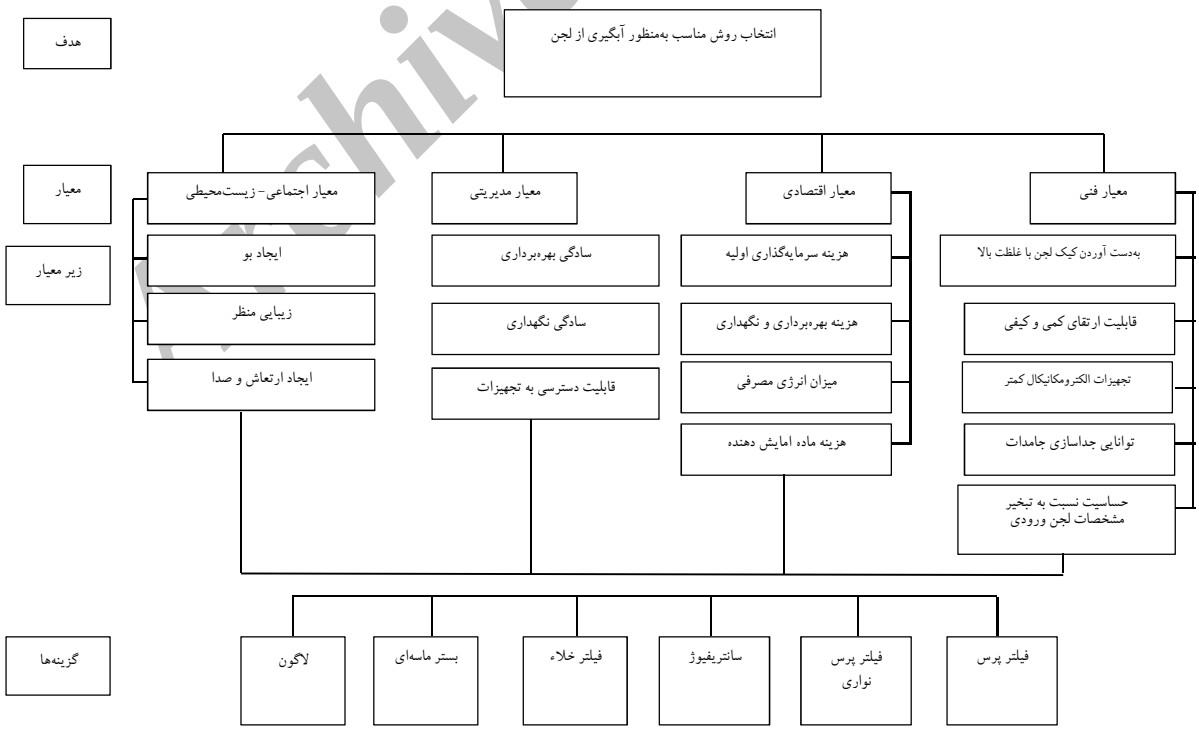
۴- نتایج

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش آبگیری از لجن تصفیه‌خانه شهرک قدس، شش روش آبگیری شامل فیلترپرس فشاری، فیلترپرس نواری، سانتریفوژ، فیلترخلأ، بستر ماسه‌ای و لاگون خشک‌کننده انتخاب شد. ساختار سلسله مراتبی انتخاب مناسب‌ترین روش در شکل ۲ ارائه شده است. انتخاب مناسب‌ترین روش، به‌عنوان هدف اصلی، در سطح اول سلسله مراتبی، معیارها و زیرمعیارها در سطوح دوم و سوم و شش گزینه آبگیری در سطح چهارم قرار گرفتند. معیارهای فنی، اجتماعی-محیط‌زیستی و مدیریتی، که وابسته به نظر مختصص و کارشناس است به‌عنوان معیارهای ذهنی و معیار اقتصادی، که قابل محاسبه کمی است، به‌عنوان معیار عینی در نظر گرفته شد. لازم به‌ذکر است معیارهای تعریف شده همگی به‌عنوان معیارهای مثبت تعریف شده‌اند؛ به‌عبارت دیگر، افزایش مقدار عددی امتیاز مترادف با افزایش مطلوبیت گزینه در معیار مربوطه است.

به‌منظور به‌دست آوردن اعداد فازی معیارهای ذهنی از سه نفر متخصص شامل یک کارشناس طراح فرایند، مدیر بهره‌برداری و کارشناس تجهیزات مکانیکی تصفیه‌خانه فاضلاب درخواست شد تا بر طبق سیستم مقیاس زبانی بد(B)، ضعیف(P)، متوسط(F)، خوب(G) و عالی(E) در مورد گزینه‌های آبگیری اظهار نظر نمایند.

میانگین نظر این سه متخصص به‌عنوان عدد فازی در نظر گرفته می‌شود که در جدول ۱ بخش معیارهای ذهنی ارائه شده است.

[1] Deffuzification



شکل۲- ساختار سلسله مراتبی انتخاب مناسب‌ترین روش آبگیری

www.SID.ir

جدول۱- اعداد فازی معیارهای ذهنی و عینی (اقتصادی)

نوع معیار	معیار	زیر معیار	فیلترپرس	بلت فیلترپرس	سانتریفوژ	فیلترخلأ	بسترماسه‌ای	لاگون
ذهنی	فنی	به‌دست آوردن کیک لجن با غلظت بالا	۰/۵۶۷ ،۰/۷۱۳ ،۰/۸	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰/۶۳۳ ،۰/۹ ،۱	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹
		قابلیت ارتقای کمی و کیفی	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰ ،۰/۱ ،۰/۳۶۷	۰ ،۰/۱ ،۰/۳۶۷	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰/۵۶۷ ،۰/۸ ،۱	۰/۵ ،۰/۷۱
		نیاز به تجهیزات الکترومکانیکال کمتر	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰/۵۶۷ ،۰/۸ ،۱	۰/۵ ،۰/۷۱
		توانایی جداسازی جامدات	۰/۶۳۳ ،۰/۹ ،۱	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۱۰ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷
		حساسیت نسبت به تغییر مشخصات لجن ورودی	۰/۴۳۳,۰/۶۳۳,۰/۹	۰ ،۰/۳ ،۰/۵	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۶۳۳ ،۰/۹ ،۱	۰/۶۳۳ ،۰/۹۱
	مدیریتی	سادگی بهره برداری	۰/۲۶۷ ،۰/۵ ،۰/۷۳۳	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۵۶۷ ،۰/۸ ،۱	۰/۵ ،۰/۷۱
		سادگی نگهداری و تعمیرات	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۱ ،۰/۲۶۷ ،۰/۵	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۵ ،۰/۷ ،۱	۰/۵ ،۰/۷۱
		قابلیت دسترسی به تجهیزات	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۲ ،۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳	۰/۵ ،۰/۷ ،۱	۰/۵ ،۰/۷۱
	اجتماعی محیط زیستی	ایجاد بو	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷	۰ ،۰/۳	۰ ،۰/۳
		زیبایی منظر	۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰ ،۰/۳ ،۰/۵	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰/۱ ،۰/۳۶۷
		ایجاد ارتعاش و صدا	۰/۴۳۳ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹	۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸	۰ ،۰/۲ ،۰/۴۳۳	۰/۱ ،۰/۳۶۷ ،۰/۵۶۷	۰/۶۳۳ ،۰/۹ ،۱	۰/۶۳۳ ،۰/۹۱
عینی	اقتصادی	هزینه سرمایه گذاری اولیه	۰/۳۱۳ ،۰/۲۵۰ ،۰/۲۰۸	۰/۸۵ ،۰/۶۸۶ ،۰/۵۷۲	۰/۹۳۳ ،۰/۷۴۷ ،۰/۶۲۲	۱ ،۰/۸ ،۰/۶۷۷	۰/۰۱۷ ،۰/۰۱۳ ،۰/۰۱۱	۰/۰۱۷ ،۰/۰۱۳ ،۰/۰۱۲
		هزینه بهره برداری و نگهداری	۰/۲۴۲ ،۰/۱۹۴ ،۰/۱۶۱	۰/۳۵۴ ،۰/۲۸۳ ،۰/۲۳۶	۰/۳۲۴ ،۰/۲۵۹ ،۰/۲۱۶	۰/۳۶۸ ،۰/۲۹۴ ،۰/۲۴۵	۰/۹۷۸ ،۰/۷۸۳ ،۰/۶۵۲	۱ ،۰/۸ ،۰/۶۶۷
		میزان انرژی مصرفی	۰/۱۸۹ ،۰/۱۵۲ ،۰/۱۲۶	۰/۴۵ ،۰/۳۶ ،۰/۳	۱۴۲ ،۰/۱۱۴ ،۰/۰۹۵	۰/۱ ،۰/۰۸ ،۰/۶۶۷	۰/۱ ،۰/۰۸ ،۰/۰۶۶	۰/۱ ،۰/۰۸ ،۰/۰۶۶
		هزینه ماده آمایش دهنده	۰/۷۲۵ ،۰/۵۸ ،۰/۴۸۴	۰/۴۱۲ ،۰/۳۳ ،۰/۲۷۵	۰/۵۱۵ ،۰/۴۱۲ ،۰/۳۴۳	۱ ،۰/۸ ،۰/۶۶۷	۰/۶۸۷ ،۰/۵۵ ،۰/۴۵۸	۰/۶۸۷ ،۰/۵۵ ،۰/۴۵۸

www.SID.ir

۴-۱- معیارهای اقتصادی

معیارهای عینی در انتخاب مناسب‌ترین روش آبگیری معیارهای اقتصادی شامل هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه بهره‌برداری، هزینه انرژی مصرفی و هزینه ماده آمایش‌دهنده است. میزان واقعی هزینه‌ها برای ظرفیت دبی لجن ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس برابر ۸۵ مترمکعب در روز بر اساس استعلام‌های انجام شده از شرکت‌های سازنده تجهیزات و فروشنده مواد شیمیایی در پاییز ۱۳۹۰ به‌دست آمد. این نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

هزینه سرمایه‌گذاری اولیه فرایندهای مکانیکی آبگیری شامل قیمت اصلی دستگاه، پمپ تزریق لجن، پمپ شستشو، کمپرسور هوا در صورت نیاز، تجهیزات تزریق شامل تانک اختلاط، همزن و کلیه لوله‌ها و شیرآلات و کنترل پنل است. در مورد فرایندهای آبگیری مکانیکی، هزینه‌ها بر اساس استعلام قیمت از شرکت‌های سازنده این دستگاه‌ها و بر مبنای هر یورو معادل ۱۸۰۰۰ریال (پاییز ۹۰) محاسبه شد. بخش عمده هزینه سرمایه‌گذاری در فرایندهای لاگون و بستر ماسه‌ای مربوط به هزینه زمین مورد استفاده بود که در هر دو فرایند تقریبا یکسان بوده و قیمت آن بر اساس مساحت مورد نیاز ۹۰۰۰ مترمربع برآورد شد.

هزینه بهره‌برداری و نگهداری شامل هزینه میزان ساعات کارکرد تکنیسین و در صورت نیاز کارشناس مکانیک به‌همراه میزان هزینه لازم برای نگهداری فرایند آبگیری در طول یک‌سال است. در این زمینه تعداد ساعات مورد نیاز برای عملکرد کارشناس و تکنیسن بهره‌بردار دستگاه‌های آبگیری مکانیکی، طبق پیشنهاد سازنده، یک ساعت برای کارشناس و حدود۴ تا ۵ ساعت برای تکنیسین و برای سیستم‌های آبگیری طبیعی فقط برای تکنیسین معادل ۳ ساعت در نظر گرفته شده است. همچنین هزینه نگهداری سالانه تجهیزات، طبق نظرات سازندگان دستگاه‌ها معادل یک درصد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه محاسبه شده است.

میزان انرژی مصرفی هریک از دستگاه‌ها شامل مصرف انرژی پمپ تزریق لجن، همزن تانک تهیه ماده آمایش‌دهنده، پمپ تزریق ماده آمایش‌دهنده و انرژی مصرفی خود دستگاه در جدول ۲ نشان داده شده است.

هزینه میزان ماده آمایش‌دهنده برای هر یک از فرایندهای آبگیری به ازای هر گرم بر کیلوگرم مواد جامد محاسبه شد. ماده آمایش‌دهنده مصرفی فیلترپرس و فیلترخلأ کلرورفریک و آهک بوده در حالی که ماده مصرفی فرایندهای بلت فیلترپرس، سانتریفوژ، بسترهای ماسه‌ای و لاگون پلیمر است. میزان ماده لازم برای آمایش لجن هر یک از فرایندهای آبگیری بر اساس مراجع به‌دست آمده است. هزینه‌های محاسبه شده در جدول ۲ بر اساس استعلام قیمت از شرکت‌های تولیدکننده به قرار هر کیلوگرم کلرورفریک ۳۷۰ تومان، هر کیلوگرم آهک ۸۵ تومان و هر کیلوگرم پلیمر ۹۵۰۰ تومان است.

برای آن‌که معیارهای اقتصادی در تحلیل، به‌عنوان معیار مثبت در نظر گرفته شود (رابطه مستقیم مقدار امتیاز با مطلوبیت معیار)، مشابه رابطه ۱ مقدار امتیاز هر یک از زیرمعیارهای اقتصادی از تقسیم کمترین هزینه موجود بین گزینه‌ها به هزینه گزینه مورد نظر محاسبه می‌شود. این مقادیر به‌عنوان نقطه راس در توابع فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور تعیین کران بالا و پایین توابع مذکور، لازم است برآوردی از حدود تغییرات هزینه‌های هر یک از زیر معیارها در نظر گرفته شود. به این منظور با بررسی شاخص‌های اقتصادی اعلام شده برای سال ۹۰ نظیر نرخ تورم، نرخ افزایش دستمزد و هزینه‌های برق مصرفی و کسب نظر از متخصصان مربوطه، این نتیجه حاصل شد که ۲۰٪ ± نسبت به نقطه راس، دامنه معقولی برای بیان عدم دقت و فازی‌سازی شاخص‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری، انرژی و ماده آمایش مصرفی است. نتایج اعداد فازی معیارهای عینی در انتهای جدول ۱ آورده شده است.

۴-۲- تعیین درجات عضویت

در مرحله بعدی با تصویر اعداد فازی به‌دست آمده بر روی نمودار پایه شکل ۱، مجموعه درجات عضویت فازی پنج مؤلفه‌ای هر گزینه تعیین شد.

جدول ۲- هزینه‌های محاسبه شده برای گزینه‌ها در معیارهای اقتصادی

معیارهای اقتصادی	فیلترپرس	بلت فیلترپرس	سانتریفوژ	فیلترخلأ	بستر ماسه‌ای	لاگون
هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (میلیارد ریال)	۴/۶۹۲	۱/۷۱۱	۱/۵۷۳	۱/۴۶۹	۹۰/۱	۹۰/۱
هزینه بهره‌برداری و نگهداری (میلیون ریال)	۹۴/۳۷۲	۶۴/۵۶۹	۷۰/۴۸۳	۶۲/۱۴۴	۲۳/۴	۲۲/۹
توان فرایندها (کیلووات)	۳۱	۱۱/۱	۳۵	۴۵	۵	۵
بهای روزانه برق مصرفی هریک از فرایندهای آبگیری (میلیون ریال)	۴/۱۳	۱/۵	۴/۷۴	۶/۱	۰/۶۷	۰/۶۷
هزینه ماده آمایش‌دهنده (ریال به ازای هر gr/kgDS)	۲۷۰	۴۷۵	۳۸۰	۱۹۶	۲۸۵	۲۸۵

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۳- تعیین وزن اهمیت معیارها و زیرمعیارها

برای وزن‌دهی زیرمعیارهای اقتصادی به روش آنتروپی ابتدا بر اساس رابطه ۱ مقادیر هزینه‌های محاسبه شده مندرج در جدول۴ به‌صورت مقادیر نرمال شده (P_{ik}) به‌دست آمد. سپس بر اساس رابطه ۳، مقدار آنتروپی و بر اساس رابطه ۴، وزن اهمیت معیار محاسبه شد. این مقادیر در جدول ۳ نمایش داده شده است. در بین زیرمعیارهای اقتصادی به‌عنوان معیارهای عینی، مقدار آنتروپی معیار سرمایه‌گذاری از سایر معیارها کمتر و در نتیجه دارای وزن اهمیت بیشتری است.

جدول ۳- محاسبه وزن اهمیت زیر معیارهای اقتصادی بر اساس مقادیر آنتروپی

زیر معیار	آنتروپی Ej (رابطه ۳)	wj (رابطه ۴)
هزینه سرمایه‌گذاری	۰/۵۱۲۶	۰/۶۶۰۶
هزینه بهره‌برداری و نگهداری	۰/۹۳۶۶	۰/۰۸۵۹
هزینه انرژی مصرفی	۰/۸۴۵۶	۰/۲۱۲۴
هزینه ماده آمایش‌دهنده	۰/۹۷۸۲	۰/۰۲۹۵

در جدول ۴، وزن اهمیت معیارها و زیر معیارها به‌دست آمده از تحلیل سلسله مراتبی نشان داده شده است. مطابق نتایج، در ستون معیارهای اصلی، وزن اهمیت معیار اجتماعی- محیط‌زیستی بیشتر از سایر معیارها به‌دست آمده است و این نشانگر این موضوع است که از نظر کارشناسان، با توجه به قرارگیری تصفیه‌خانه شهرک قدس در ناحیه پرتردد و نزدیکی به نواحی مسکونی تجاری، موضوع اجتماعی و محیط‌زیستی از اهمیت بالاتری نسبت به سایر معیارها برخوردار است. یکی از نکات قابل توجه مورد نظر کارشناسان در این ارزیابی، تعویض سیستم آبگیری از لجن در این تصفیه‌خانه به‌دلیل مشکلات اجتماعی و بهداشتی و بوی بسیار نامطلوب ناشی از بسترهای لجن خشک‌کن ماسه‌ای موجود در تصفیه‌خانه بوده است.

۴-۴- توابع عضویت

توابع عضویت چهار معیار اصلی برای گزینه‌ها بر اساس رابطه ۵ از حاصل‌ضرب وزن اهمیت زیرمعیارها در توابع عضویت فازی محاسبه می‌شود. پس از این مرحله توابع عضویت به‌دست آمده در وزن معیارهای اصلی ضرب می‌شوند تا تابع عضویت نهایی به‌دست آید (رابطه ۶).

در جدول ۵ توابع عضویت نهایی گزینه‌ها به تفکیک معیارهای عینی و ذهنی به‌همراه مقادیر غیرفازی شده گزینه‌ها نشان داده شده است. امتیاز نهایی هر گزینه از مجموع امتیاز غیرفازی معیار عینی و

جدول ۴- وزن اهمیت معیار و زیرمعیارها بر اساس مقایسه زوجی

معیارها و زیرمعیارها	وزن اهمیت معیار	وزن اهمیت زیر معیار
معیارهای اقتصادی	۰/۲۷۵	جدول ۳
معیارهای فنی	۰/۲۳۵	
بدست آوردن کیک لجن با غلظت بالا		۰/۲۰۵
قابلیت ارتقای کمی و کیفی		۰/۳۴۵
تجهیزات الکترومکانیکال کمتر		۰/۰۹۱
توانایی نگهداشت جامدات		۰/۲۸۹
حساسیت نسبت به تغییر مشخصات لجن ورودی		۰/۰۷۰
معیارهای مدیریتی	۰/۱۷۶	
سادگی بهره برداری		۰/۵۵۰
سادگی نگهداری تجهیزات		۰/۲۱۰
در دسترس بودن تجهیزات یدک		۰/۲۴۰
معیارهای اجتماعی-زیست محیطی	۰/۳۱۴	
ایجاد بو		۰/۶۳۴
زیبایی منظر		۰/۱۷۴
ایجاد ارتعاش و صدا		۰/۱۹۲

ذهنی به‌دست آمده و بر اساس مقدار آن اولویت نهایی هر گزینه تعیین می‌شود. غیر فازی سازی به‌روش مرکز ثقل و بر اساس توضیحات قبلی انجام شد. به‌طور مثال غیرفازی‌سازی برای گزینه فیلترپرس به شرح زیر است:

۰/۲۱۱ ، ۰/۵۰۹ ، ۰/۴۸۹ ، ۰/۱۹۶ ، ۰/۰۱۸ = تابع عضویت معیارهای ذهنی

۰/۰۰۰۴ ، ۰/۰۰۵ ، ۰/۰۱۹۶ ، ۰/۲۰۲ ، ۰/۰۹۷= تابع عضویت معیار عینی

مراکز سطح پنج مجموعه فازی مثلثی تعریف شده بد، ضعیف، متوسط، خوب و عالی در نظر گرفته، مقدار غیر فازی نهایی از مجموع حاصلضرب مجموع وزنی مراکز سطح این مجموعه‌های فازی به‌دست می‌آید که وزن تعریف شده در این رابطه همان درجات عضویت فازی به‌دست آمده از تصویر نمودن اعداد فازی بر نمودار پایه به‌دست آمده است (شکل ۱).

بر اساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ گزینه‌های فیلتر پرس نواری و فیلترپرس به‌ترتیب مناسب‌ترین گزینه‌های آبگیری لجن در تصفیه‌خانه شهرک قدس محسوب می‌شوند. مقایسه نتایج امتیازهای عینی و ذهنی نشان می‌دهد، سیستم فیلترپرس بالاترین امتیاز را از نظر معیارهای ذهنی (فنی، مدیریتی و اجتماعی) داراست، لیکن از نظر معیارهای عینی و هزینه‌های اقتصادی، سیستم فیلترپرس نواری مناسب‌تر بوده و در مجموع گزینه فیلترپرس نواری اولویت اول است.

گزینه‌های آبگیری طبیعی شامل آبگیری به‌روش لاگون و بستر ماسه‌ای، به‌دلیل مشکلات بهره‌برداری و تولید بو و اهمیت بالای معیار اجتماعی و محیط‌زیستی در مطالعه حاضر، پایین‌ترین اولویت را در میان گزینه‌های موجود داشتند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵- توابع عضویت نهایی گزینه‌های آبگیری

فرایند آبگیری	معیار	تابع عضویت فازی	امتیاز غیرفازی	کل امتیاز گزینه	اولویت
فیلترپرس	ذهنی	۰/۲۱۱ ،۰/۵۰۹ ،۰/۴۸۹ ،۰/۱۹۶ ،۰/۰۱۸	۰/۸۵۸	۰/۹۳۸	۲
	عینی	۰/۰۰۰۴ ،۰/۰۰۵ ،۰/۰۱۹۶ ،۰/۲۰۲ ،۰/۰۹۷	۰/۰۸۰		
بلت‌فیلتر پرس	ذهنی	۰/۱۰۱ ،۰/۳۷۸ ،۰/۵۰۸ ،۰/۳۲۵ ،۰/۱۱۰	۰/۷۱۹	۰/۹۷۶	۱
	عینی	۰/۰۵۹ ،۰/۱۷۸ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۷۴ ،۰/۰۰۷۶	۰/۲۵۷		
سانتریفوژ	ذهنی	۰/۱۱۱ ،۰/۳۲۰ ،۰/۴۱۵ ،۰/۳۶۲ ،۰/۱۷۹	۰/۶۵۷	۰/۸۹۴	۳
	عینی	۰/۰۸۷ ،۰/۱۶۰ ،۰/۰۴۹ ،۰/۰۵۰۳ ،۰/۰۴۷	۰/۲۳۷		
فیلتر خلأ	ذهنی	۰/۰۱۵ ،۰/۲۱۰ ،۰/۵۱۲ ،۰/۴۹۱ ،۰/۱۸۴	۰/۵۷۶	۰/۸۰۷	۴
	عینی	۰/۱۱۳ ،۰/۱۴۶ ،۰/۰۱۶ ،۰/۰۳۸ ،۰/۰۵۲	۰/۲۳۱		
بستر ماسه ای	ذهنی	۰/۲۵۰ ،۰/۳۳۹ ،۰/۱۸۶ ،۰/۲۰۲ ،۰/۲۴۹	۰/۶۴۳	۰/۷۶۹	۵
	عینی	۰/۰۵ ،۰/۰۷۲ ،۰/۰۱۷ ،۰/۰۱۲ ،۰/۱۷۸	۰/۱۲۶		
لاگون	ذهنی	۰/۱۱۵ ،۰/۳۷۱ ،۰/۲۷۶ ،۰/۱۹۹ ،۰/۲۵۹	۰/۵۹۰	۰/۷۱۴	۶
	عینی	۰/۰۵۱ ،۰/۰۷۰ ،۰/۰۱۵ ،۰/۰۱۰ ،۰/۱۷۴	۰/۱۲۴		

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات و تجربیات جهانی همخوانی دارد زیرا فیلترپرس نواری در حال حاضر یک از پرکاربردترین روش‌های آبگیری لجن در دنیا است. دلیل اصلی توسعه سریع این سیستم، توانایی آن در آبگیری ارزان لجن ثانویه و انرژی مورد نیاز کمتر نسبت به دیگر وسایل مکانیکی آبگیری بوده است [۱و ۲۰].

توجه به نقاط ضعف ساختار توسعه داده شده در این تحقیق از جهت توسعه و تکمیل کار اهمیت دارد. در وزن‌دهی معیارهای ذهنی به روش AHP ، مقادیر وزن‌ها به‌شدت وابسته به نظر کارشناس بوده و امکان دارد با تغییر تیم کارشناسی، مقادیر وزن‌ها و در نتیجه گزینه منتخب تغییر نماید. این مسئله در به‌دست آوردن اعداد فازی معیارهای ذهنی نیز وجود دارد. در این موارد انجام تحلیل حساسیت مقادیر به‌دست آمده بر اساس نظرات کارشناسی برای شناسایی دامنه تغییرات گزینه نهایی و میزان عدم قطعیت در تصمیم‌گیری بسیار مفید است.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای انتخاب سیستم مناسب آبگیری لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران از روش ارزیابی همگذاشت فازی استفاده شد که یک روش مبتنی بر منطق فازی برای لحاظ نمودن داده‌ها و قضاوت کارشناسی در تصمیم‌گیری است. در این روش، معیارهای تصمیم‌گیری شامل معیارهای فنی، مدیریتی و اجتماعی- محیط زیستی به‌عنوان معیارهای ذهنی و معیارهای اقتصادی به‌عنوان معیارهای عینی مد نظر قرار گرفت. وزن‌دهی معیارهای ذهنی به روش مقایسه زوجی و معیارهای عینی از روش آنتروپی انجام شد. فرایندهای آبگیری مورد مطالعه در این تحقیق، روش‌های مکانیکی از جمله فیلترفشاری، بلت فیلترپرس، سانتریفوژ و فیلترخلأ و فرایندهای طبیعی از جمله بستر ماسه‌ای و لاگون خشک کننده بودند که بر اساس تحلیل نتایج، سیستم آبگیری فیلتر فشاری نواری بالاترین امتیاز را به‌دست آورد. مقایسه نتایج با اطلاعات مراجع معتبر و تجربیات سیستم‌های موجود نشان دهنده منطقی بودن جواب‌های به‌دست آمده از تحلیل حاضر بر اساس شرایط تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس بود.

۶- پیشنهاد

در ادامه این تحقیق پیشنهاد می‌شود، میزان عدم قطعیت ناشی از نظر کارشناسی و تأثیر آن در تعیین گزینه نهایی با انجام تحلیل حساسیت وزن‌ها و اعداد فازی به‌دست آمده از نظر کارشناسان مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین استفاده از روش‌های دیگر تصمیم‌گیری فازی نظیر تحلیل سلسله مراتبی فازی و مقایسه نتایج حاصله از دو روش نیز مفید خواهد بود.

۷- مراجع

1. TurovskiyIzrail S., and Mathai P. K., (2006). *Wastewater sludge processing*, John Wiley and Sons, Inc., Publication, N.Y.
2. Elimam, A. A., and Dodin, B. (1994). "Optimum selection and operation of sludge dewatering processes." *IIE Transactions*, 26, (3), 89-100.

Archive of SID

www.SID.ir

3. Keeny, R. L., and Raiffa, H. (1993). *Decision making with multiple objectives*, Preference and value tradeoffs, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
4. Peniwati, K. (2007). "Criteria for evaluating group decision making method." *Math. Comput. Model*, 46 (7-8), 935-947.
5. Koorepazan Dezfuli, A. (2008). *Principles of fuzzy set theory and its applications in the modeling of water engineering problems*, 2nd Ed., Publishing of Collegiate Jahad Uni. of Amirkabir University, Tehran. (In Persian).
6. Karimi, A. R., Mehrdadi, N., Hashemian, S. J., Nabi-bidhendi Gh.R., and Tavakkoli, R. (2010). "Using AHP for selecting the best wastewater treatment process." *J. of Water and Wastewater*, 76, 2-12. (In Persian)
7. Karimi A. R., Mehrdadi N., Hashemian S. J., Nabi-bidhendi Gh.R., and Tavakkoli, R. (2011). "Using of the fuzzy topsis and fuzzy AHP methods for wastewater treatment process selection." *International J. of Academic Research*, 3(1), 737-749.
8. Shahmansouri, A., Salman Sabahi M., Rezaei Adryani, R., Lotfi, A., and Khodadadi, A. (2012). "The application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in the selection of type and location of water treatment plant." *J. of Water and Wastewater*, 84, 134-139. (In Persian)
9. Guangming, Z., Ru, J., Guohe, H., Min, X., and Jianbing, L. (2007). "Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis." *J. of Environmental Management*, 82, 250-259.
10. Chowdhury, Sh., and Husain, T. (2006). "Evaluation of drinking water treatment technology: An entropy-based fuzzy application." *J. of Environmental Engineering*, 132(10), 1264-1271.
11. Taheriyoun, M., Karamouz, M., and Baghvand, A. (2010). "Development of an entropy- based fuzzy eutrophication index for reservoir water quality evaluation." *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng*., 7 (1), 1-14.
12. Lu, R., Lo, L., and Hu, J. (1999). "Analysis of reservoir water quality using fuzzy synthetic evaluation." *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 13, 327-336.
13. Dahiya, S. (2007)."Analysis of groundwater quality using fuzzy synthetic evaluation." *J. of Hazardous Materials*, 147(3), 938-946.
14. Chen, S.J., and Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy multiple attribute decision-making*, Springer-Verlag, New York.
15. Sadiq, R., Husain, T., Veitch, B., and Bose, N. (2004). "Risk-based decision making for drilling waste discharges using a fuzzy synthetic evaluation technique." *Ocean Eng*., 31, 1929-1953.
16. Sadiq, R., and Rodriguez, M. J. (2004). "Fuzzy synthetic evaluation of disinfection by-products a risk-based indexing system." *J. of Environmental Management*, 73, 1-13.
17. Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting*, *resource allocation*, McGraw-Hill, New York.
18. Zeleny, M. (1974). *Linear multi-objective programming*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
19. Asgharpour, M. J. (1998). *Multiple criteria decision making*, University of Tehran Press, Tehran. (In Persian)
20. WEF and ASCE/EWRI. (2010). *Design of municipal wastewater treatment plants*, Vol. 3: Solids Processing and Management, WEF manual of practice No. 8, ASCE Manaul No. 76, Mc Graw Hill, New Yourk.

Archive of SID

www.SID.ir