معرفی روشهای تصمیم گیری چند معیاره برای تصفیه خانه فاضلاب

حسین گل

دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی محیط زیست، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

H_gol@civileng.iust.ac.ir

مجید حسین زاده [1]

استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

Hosseinzadeh_m@iust.ac.ir

چکیده

تصفیه خانه های فاضلاب با اهداف رساندن کیفیت فاضلاب ورودی به استاندارد های تعیین شده ساخته می‌شوند. در برخی مناطق با توجه به افزایش مصرف سرانه آب و استفاده بی رویه از منابع آن و با توجه به نیاز آبی، استفاده مجدد از پساب مورد توجه قرار می‌گیرد. پیش از طراحی و اجرای تصفیه خانه های فاضلاب بایستی با استفاده از روش های مبتنی بر فرضیات علمی، فرآیند تصفیه بهینه را تعیین نمود. عدم توجه کافی به انتخاب روش تصفیه مناسب، منجر به افزایش هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری می شود. روش های تحلیل چند معیاره با مدنظر قرار دادن معیار های کمی و کیفی متعدد، بهترین گزینه را از میان چندین گزینه میتوانند انتخاب کنند. از جمله معیارهای انتخاب گزینه بهینه تصفیه خانه میتوان به کیفیت و کمیت آب ورودی، کیفیت پساب، معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اشاره کرد. در این تحقیق انواع روش های متداول تصفیه فاضلاب مانند SBR, IFAS, MBR و مزایای هر کدام اشاره شده است. در این مطالعه تکنیک های SAW, TOPSIS و AHP معرفی شده است. با توجه به وجود روش های متعدد تصفیه، و همچنین اهداف مختلف تصفیه خانه، نمی‌توان تصمیم گیری درستی بدون داشتن ابزاری که بتواند همه معیارها و زیر معیارها را با توجه به اهمیت نسبی در نظر بگیرد انجام داد، در هر تصفیه خانه با توجه به داده های موجود، شرایط خاص هر تصفیه خانه، استاندارد های تخلیه، خبرگان و تصمیم گیرندگان باید با در نظر گرفتن معیارهای صحیح و انتخاب مناسب ترین ابزار تصمیم گیری، اقدام به انتخاب و رتبه بندی گزینه های رقیب کنند تا به بهینه ترین انتخاب با توجه به معیار ها دست یابند.

واژه‌های کلیدی: تصفیه خانه فاضلاب، تصمیم گیری چند معیاره، TOPSIS، AHP

[1] نویسنده مسئول

www.SID.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر، افزایش جمعیت و تمرکز آن در مناطق شهری به طور طبیعی افزایش نیاز به منابع آب را موجب شده است. افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، گسترش زمین‌های تحت آبیاری، توسعه صنعتی و افزایش مصرف سرانه آب را می توان در زمره اثرات غیرمستقیم افزایش جمعیت شهری بر منابع آب در دسترس برشمرد(س. ع. قاسمی.۱۳۸۹). خشکسالی یکی از پدیده‌های هواشناختی و جدایی ناپذیر از شرایط اقلیمی در کشورهای واقع در عرض-های جنب حاره‌ای مانند ایران است. در مناطق خشک و نیمه خشک، اثرات کمبود بارندگی بر روی منابع آب به سرعت آشکار میشود. به بیان دیگر در مناطقی که به طور طبیعی دارای محدودیت منابع آب هستند، بروز خشکسالی تأثیرات منفی بیشتری به دنبال داشته و حتی میتواند به بحران منتهی شود. خشکسالی بر خلاف سیل، پدیده‌ای آرام و خزنده است که به تدریج محیط را تسخیر و به یک بلای طبیعی تبدیل میگردد (Kotwicki and Al-Otaibi 2011) . افزایش مصرف سرانه و نیز استفاده بی‌رویه از منابع آب سبب شده است که در بسیاری از مناطق جهان به خصوص نقاطی مانند ایران که به طور طبیعی با اقلیم نامناسب و محدودیت منابع آب روبرو هستند شرایط بحرانی کمی و کیفی منابع آب بروز نماید(ش. دانش و الف. علیزاده.۱۳۸۷). استفاده مجدد از پساب به خصوص در مناطقی که با کمبود کمی و کیفی آب مواجه هستند، به عنوان یک رویکرد مهم در مدیریت منابع آب مورد توجه قرار گرفته است (Mahmoudian 2001). لذا پساب تصفیه خانه های فاضلاب به عنوان یک منبع آب غیرمتعارف میتواند در بسیاری از مصارف مورد استفاده قرار گیرد و برداشت بی رویه منابع آب با کیفیت را محدود نماید. علاوه بر این در حال حاضر تولید حجم بالایی از فاضلاب خانگی و تخلیه کنترل نشده‌ی آن به محیط زیست، مشکلات جدی و قابل توجهی را پیش روی برنامه ریزان کشور قرار داده است(س. شیرزاد، م. تجریشی و م. برقعی.۱۳۷۸).

ورود میلیون‌ها لیتر فاضلاب به رودخانه‌ها دریاها و منابع آب زیرزمینی باعث آلودگی شدید و خطرناک محیط زندگی انسان و سایر موجودات زنده میشود. به منظور جلوگیری از انواع آلودگی‌ها سیستم‌های جمع آوری فاضلاب مورد استفاده قرار میگیرند(ف. بهمن.۱۳۹۵).

علاوه بر این به عنوان یک اقدام پیشگیرانه و به منظور جلوگیری از رها کردن فاضلاب در محیط زیست، صنایع مختلف ملزم به احداث تصفیه خانه فاضلاب شده اند (Ilangkumaran, Sasirekha et al. 2013). با توجه به مطالب ذکر شده، احداث تصفیه خانه های فاضلاب به منظور اجرای طرح های جایگزینی پساب و حفظ محیط زیست در دستور کار مدیران صنعت آب کشور قرار دارد. اما تنوع فرآیند های تصفیه فاضلاب و ویژگی های منحصر به فرد هر یک ازآن ها مسئله انتخاب روش تصفیه مناسب را به مسئله ای پیچیده و چالش برانگیز تبدیل کرده است. لذا پیش از طراحی و اجرای تصفیه خانه های فاضلاب بایستی با استفاده از روش های مبتنی بر فرضیات علمی مستدل، فرایند تصفیه ی مناسب را تعیین نمود (Karimi, Mehrdadi et al. 2010). انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب در هر منطقه از جنبه های مختلفی حائز اهمیت است. انتخاب روش نامناسب میتواند روند تصفیه فاضلاب را با اختلال مواجه ساخته و کیفیت پساب تولیدی را تحت تأثیر قرار دهد. لازم به توضیح است که دفع پساب بی کیفیت به محیط زیست می

www.SID.ir

تواند از طریق انتشار عوامل بیماری‌زا بیولوژیکی، سلامت عمومی را به مخاطره اندازد (Melad 2002).

از طرف دیگر، عدم توجه کافی به مسئله انتخاب روش تصفیه مناسب موجب افزایش هزینه‌های سرمایه گذاری و بهره‌برداری شده و توجیه اقتصادی طرح‌های تصفیه فاضلاب را از بین می برد. از این رو استفاده از روش های تحلیل چند معیاره در انتخاب دقیق روش تصفیه می تواند راه‌گشای مؤثری جهت تصمیم گیری باشد. روش‌های تحلیل چند معیاره روش‌هایی هستند که به کمک آن‌ها می توان با مدنظر قرار دادن معیارهای کمی و کیفی متعدد، بهترین گزینه را از میان چندین گزینه انتخاب نمود. در دهه‌های اخیر مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] متعددی توسعه یافته است که هر یک از آن‌ها ساختار، پیچیدگی و دامنه کاربرد متفاوتی را دارند. همچنین با ترکیب روش‌های مذکور و منطق فازی و اعمال عدم قطعیت‌های موجود در تصمیم‌گیری‌ها مجموعه جدیدی از روش‌های تصمیم‌گیری تلفیقی به وجود آمده است. به همین دلیل با فرض اعمال ورودی‌های یکسان، امکان متفاوت بودن خروجی مدل‌های مذکور وجود دارد(حاجی زادگان ۱۳۹۴).

فرآیند انتخاب در زندگی آدمی به اندازه‌ای برجسته است که نمیتوان زندگی را بدون آن در نظر گرفت. دست زدن به عمل انتخاب بدون در نظر داشتن معیارهای انتخاب امری غیرقابل توجیه است. ارزش گزینه‌های مختلف بر مبنای معیارها سنجش میگردد. بر این اساس تصمیم‌گیری‌های مختلف را میتوان در دو گروه تصمیم گیری‌های تک معیاره و تصمیم گیری‌های چندمعیاره جای داد. انتخاب کوتاه‌ترین فاصله میان منزل تا محل کار، نمونه ای از تصمیم گیری های تک معیاره و انتخاب شغل، انتخاب محل سکونت و خرید کالا از یک تأمین کننده، مثال‌هایی از تصمیم گیری های چند معیاره هستند(س.ح. قدسی پور.۱۳۸۵).

در ساده ترین شکل تصمیم‌گیری یعنی تصمیم‌گیری با یک معیار کمی، تصمیم گیری معمولاً بدون مشکل خواهد بود. اما افزایش تعداد معیارها و وجود معیارهای کیفی موجب دشواری فرآیند تصمیم‌گیری میشود. بر همین اساس پیچیده‌ترین حالت تصمیم‌گیری زمانی به وجود خواهد آمد که تعداد بیشتری از معیارهای کمی و کیفی در نظر گرفته شوند. در این حالت فرآیند تصمیم‌گیری با دو مشکل اصلی فقدان استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی و عدم وجود واحد برای تبدیل معیارها به یکدیگر دست به گریبان است(س.ح. قدسی پور.۱۳۸۷).

روش‌های تصمیم گیری چند معیاره از رویکردی منطقی و ساختاریافته برای مدل سازی مسائل تصمیم‌گیری پیچیده استفاده میکند(حاجی زادگان ۱۳۹۴).

هنگامی که چندمعیار در تصمیم گیری وجود داشته باشد تصمیم‌گیری چند معیاره خواهیم داشت که این نیز شامل دو قسمت تصمیم گیری چند شاخصه و تصمیم گیری چند هدفه است. هدف اصلی در تصمیم‌گیری‌های چند هدفه، بهینه کردن تابع کلی مطلوبیت برای تصمیم گیرنده است. این تابع مطلوبیت در برخی از روش‌های ارزیابی به‌صورت عینی و در برخی دیگر به‌صورت ضمنی مورد بررسی و بهینه شدن قرار میگیرد. همچنین مقیاس سنجش برای هر هدف در این مدل‌ها، ممکن است با مقیاس سنجش برای بقیه اهداف متفاوت باشد. هر مسئله تصمیم‌گیری چند شاخصه از تعدادی گزینه و شاخص تشکیل شده است. اگر گزینه‌های یک مسئله -

[1] MCDM

www.SID.ir

تصمیم‌گیری را با Ai [i=1,2,3,...,] و شاخص‌ها را با Xj [j=1,2,3,...,n] و نیز ارزش گزینه‌ها به ازای شاخص‌ها را با aij نمایش دهیم و هنگامی که در محاسبات بعضی تکنیک‌های تصمیم‌گیری نیازمند ضریب اهمیت یا وزن شاخص‌ها هستیم، این ضرایب اهمیت یا اوزان را با Wj [j=1,2,3,...n] نمایش می‌دهیم، ماتریس تصمیم‌گیری به صورت ماتریس ۱ خواهد بود.

ماتریس ۱- ماتریس تصمیم گیری چند شاخصه

	X_1	X_2	⋯	X_n
A_1	a_{11}	a_{12}	⋯	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	⋯	a_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
A_m	a_{m1}	a_{m2}	⋯	a_{mn}
w_j	w_1	w_2	⋯	w_n

هنگامی که این ماتریس تصمیم وجود ندارد، با استفاده از خبرگان، اطلاعاتی از جمله ماتریس مقایسات زوجی یا ساختار ترجیحی برای شاخص‌ها و گزینه‌ها به ازای شاخص‌ها ایجاد می شود.

شاخص

هر مفهوم ملاک ویژگی عنصر یا عامل که بر مبنای آن گزینه‌های رقیب ارزیابی می‌شوند شاخص نام دارد شاخص‌ها غالباً با xj یا با cj نمایش داده می‌شود. مبحث مهمی که درباره شاخص ها بیان می شود این است که شاخص های موجود در یک مسئله‌ی معین باید جامع و مانع باشند یعنی اول تمام شاخص‌هایی که برای مقایسه گزینه‌ها در نظر گرفته شده اند با توجه به هدف تصمیم‌گیری با اهمیت باشند و دوم شاخص مهم دیگری وجود نداشته باشد. شاخص ها باید دارای ویژگی‌های ۱- انطباق هدف با شاخص تصمیم‌گیری۲- قابل فهم بودن شاخص۳- قابل اندازه گیری بودن۴- زائد نبودن شاخص‌ها۵- مشخص بودن مستقل بودن شاخص‌ها۶- عملیاتی بودن شاخص ها، باشند. (اصغری زاده و محمدی بالانی.۱۳۹۸.).

معیارهای انتخاب گزینه بهینه تصفیه فاضلاب

همان‌طور که گفته شد، عوامل بسیار زیادی درتعیین مناسب ترین روش تصفیه فاضلاب دخیل هستند. این عوامل به نیازها و مشخصات خاص هر منطقه بستگی دارند و لذا اهمیت هر یک از آن‌ها از یک مکان به مکان دیگر دچار تغییر می شود (Curiel-Esparza and Canto-Perello 2012) و (Singhirunnusorn and Stenstrom 2009). به علت تفاوت‌های فاحشی که در بین کشورهای مختلف وجود دارد، روش تصفیه فاضلاب مناسب برای یک منطقه‌ی خاص ممکن است برای مکانی دیگر گزینه مطلوبی نباشد. لذا انتخاب روش مناسب برای هر پروژه باید بر مبنای عوامل بسیاری شامل کیفیت و حجم آب بازیافتی، کیفیت پساب، هزینه‌های سرمایه گذاری، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، نیاز به زمین، قابلیت اعتماد و معیارهای اجتماعی و زیست محیطی صورت گیرد. بنابراین، روش مناسب روشی است که نه تنها عملکرد بالاتری را با هزینه‌ی کمتر به نمایش بگذارد، بلکه میبایست آنچه را که از نظر مواجهه با نیازهای اجتماعی پایدار است، به حساب آورد(حاجی زادگان ۱۳۹۴).

www.SID.ir

بنابراین مسأله اساسی، انتخاب فناوری بهینه‌ی قابل دسترس برای اجرا در یک مکان مشخص و رسیدن به یک هدف تصفیه فاضلاب معین می‌باشد. مشکل مضاعف تصمیم گیرندگان این است که میبایست بطور همزمان هزینه های تصفیه، اهداف کیفی آب و معیارهای پایداری را لحاظ کنند. بنابراین، بسیاری از معیارهای محسوس و نامحسوس یا کمی و کیفی بایستی به صورت همزمان تجزیه و تحلیل شوند (Curiel-Esparza, Cuenca-Ruiz et al. 2014). گرچه هر یک از عوامل، از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است اما برخی از آن‌ها از وزن بالاتر و تأثیرگذار بیشتری برخودار می باشد.

کاربرد روش‌های تصمیم گیری چند معیاره در انتخاب فرایند تصفیه فاضلاب

با توجه به اینکه اثرات زیست محیطی و مسائل فنی و اقتصادی با معیارها و ابعاد متفاوتی سنجیده می شوند لذا مقایسه این معیارها به همان صورت اولیه غیرممکن می باشد. در نتیجه مدلی برای تصمیم گیری مناسب است که بتواند معیارهای مختلف را وزن دهی کرده و سپس آن‌ها را هم بعد نماید تا از این طریق قابلیت مقایسه‌ی آن‌ها فراهم گردد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] از چنین قابلیتی برخوردار بوده و می توانند در مسائل اولویت بندی مورد استفاده قرار گیرند. این مدل‌ها در مسایل چند بعدی کاربرد داشته و با کمی کردن معیارهای کیفی، امکان مقایسه فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب را فراهم می کنند(دباغیان و دیگران.۱۳۸۸). تصمیم-گیری چند معیاره با فراهم نمودن یک روش تحلیل سیستماتیک، مسائل فنی موجود را با اطلاعات اقتصادی ترکیب نموده و گزینه ها را رتبه بندی می نماید (Huang, Keisler et al. 2011). بنابراین در حالت کلی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود با توجه به چندین شاخص تصمیم به کار می رود (Mianabadi and Afshar 2008). در فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره، اهداف، معیارها، گزینه‌ها، تبدیل مقیاس معیارها به واحدهای متناسب، تعیین وزن معیارها برای تعیین اهمیت نسبی آن‌ها، انتخاب و کاربرد الگوریتم ریاضی برای رتبه بندی گزینه‌ها و انتخاب گزینه برتر تعریف میشوند(A. Karimi.et al. 2010).

فرآیند تصمیم گیری چند معیاره شامل چهار مرحله اساسی زیر است:

۱- شناسایی و ارزیابی: در این مرحله شناسایی تصمیم گیران، انتخاب معیارها و مشخص کردن گزینه‌ها انجام شده و ارزیابی گزینه‌ها در مقابل معیارها و زیرمعیارها توسط شرکت کنندگان صورت می گیرد.

۲- وزن دهی: یکی از مهمترین و مشکل‌ترین مراحل تصمیم-گیری چند معیاره، مرحله وزن دهی شاخص ها است .روش های مختلفی برای برآورد وزن نسبی شاخص‌ها وجود دارد.

۳- انتخاب گزینه‌ی برتر: با استفاده از یک روش تصمیم-گیری چند شاخصه۲ برای انتخاب بهترین گزینه از بین یک مجموعه گزینه‌ها، روش‌های متعددی وجود دارد.

۴- تحلیل حساسیت و انتخاب گزینه نهایی(م. میرابی و همکاران.۱۳۹۰): بطور کلی تحلیل حساسیت نشان دهنده میزان تغییر نتایج مدل نسبت به تغییر یا جابه جایی وزن

[۲] MADM

www.SID.ir

معیارهای تصمیم گیری است(م.رستگار و همکاران.۱۳۹۳) به دلیل وجود عدم قطعیت در مراحل مختلف تصمیم گیری چند معیاره، لازم است که قبل از انتخاب گزینه نهایی، آنالیز حساسیت بر روی مسئله مورد نظر صورت گیرد (Ishizaka and Labib 2011).

مسائل تصمیم گیری گسسته شامل مجموعه محدودی از گزینه های تعریف شده هستند که با روش‌های تصمیم گیری چندشاخصه بررسی میشوند. گزینه های تعریف شده ای در روشهای تصمیم گیری چند شاخصه وجود دارند که می-بایست با استفاده از مجموعه ای از شاخص‌ها ارزیابی شوندفرایند تحلیل سلسله مراتبی۳ و روش ترجیح براساس مشابهت به راه حل ایده ال۴ متداول ترین روش‌های تصمیم-گیری چندمعیاره به حساب می آیند.

مواد و روش ها

روش‌های متداول تصفیه فاضلاب

سیستم IFAS

از سال ۱۹۹۴ ، سیستم لجن فعال تلفیقی با بستر ثابت(IFAS، همچنین بعنوان راکتور بیولوژیکی هیبریدی شناخته میشود) به عنوان یک گزینه مطلوب جهت تصفیه فاضلاب استفاده میشود.(عظیمی و همکاران ۱۳۹۸) سیستم IFAS، ترکیبی از ویژگی‌های فرایندهای رشد معلق و متصل با استفاده از بایومس طراحی شده، که بایومس در بیوراکتور متصل و پر میشود. افزودن حامل بایومس، موجودی بایومس و ظرفیت بیوراکتور را افزایش میدهد(Oladipo, Adeleye et al. 2017). ویژگی اصلی فرایند IFAS، شامل سطح بالایی از رشد میکروبی است که منجر به افزایش میزان نیتریفیکاسیون و همچنین توانایی تحمل بارهای آلی و شوک هیدرولیکی میشود. دو نوع ماژول در سیستم‌های IFAS در حال اجرا هستند: راکتور زیستی فیلم متحرک۵ که در آن حامل آزادانه داخل راکتور حرکت میکند و سیستم های لجن فعال فیلم ثابت که در آن حامل در داخل راکتور ثابت میشود (Köck-Schulmeyer, Villagrasa et al. 2013).

سیستم MBR

فناوری بیوراکتور غشایی۶ یک تکنولوژی کارآمد برای تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی است. بیوراکتور غشایی ترکیبی از فرایند لجن فعال با فرایند جداسازی غشا است (Stasinakis 2008). این سیستم شبیه فرایند لجن فعال متداول عمل میکند، اما به تهنشینی ثانویه و مراحل سوم تصفیه مانند فیلتر شن و ماسه نیاز ندارد. برای فیلتر کردن از میکروفیلتراسیون یا اولترافیلتراسیون برای جداکردن پساب از لجن فعال استفاده میشود. دو ساختار برای MBR وجود دارد که شامل غشاهای غوطه‌ور و جانبی میباشد. غشاهای غوطه‌ور اغلب برای تصفیه فاضلاب شهری استفاده میشود (Al-Jlil 2009).

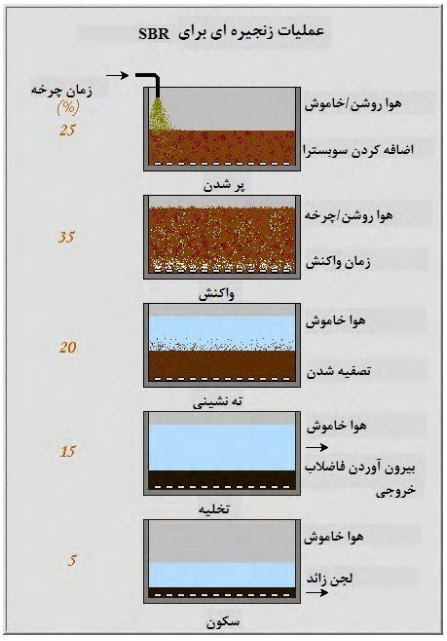
سیستم SBR

راکتور ناپیوسته متوالی۷ یکی از فرآیندهای هوازی تصفیه فاضلاب است که بدلیل پایین بودن هزینه و بازده مطلوب در حذف آلاینده‌ها در سال‌های اخیر جهت تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی کاربرد فراوانی یافته است. این فرآیند دارای ۵ مرحله پر شدن، واکنش، ته نشینی، تخلیه پساب و لجن مازاد

[۳] AHP
[۴] TOPSIS
[۵] MBBR
[۶] MBR
[۷] SBR

www.SID.ir

و مرحله سکون می باشد. شکل ۱ راکتور ناپیوسته متوالی را در هر یک از مراحل بهره‌برداری یاد شده طی یک سیکل زمانی کامل نشان میدهد (تکدستان, مهردادی et al. 2011))



شکل ۱- مراحل روش SBR

سیستم های SBR به علت مزایای زیاد خود، به عنوان جایگزینی برای سیستم های متعارف جهت تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های خانگی و صنعتی عمل می کنند. چنان که با ساختار فیزیکی بسیار ساده، از نظر عملیاتی جهت رسیدن به اهداف تصفیه، انعطاف پذیری زیادی دارند. از دیگر مزایای آن ها، می توان هزینه احداث پایین، بازده بالا، عدم نیاز به تانک ته نشینی، راهبری آسان و ... را نام برد. در نتیجه استفاده از این نوع راکتورها، برای تصفیه فاضلاب صنایع و اجتماعات کوچک به سرعت در حال افزایش است(عظیمی علی اکبر و همکاران ۱۳۸۵). از SBR جهت تصفیه پیشرفته فاضلاب به منظور حذف ازت و فسفر نیز استفاده می شود. سیستم های SBR علاوه بر بازده بسیار بالا در حذف کربن، توانایی قابل توجهی نیز در حذف نیتروژن در فرایند دنیتریفیکاسیون دارند. یعنی قادر به کاهش آلودگی ناشی از کربن و نیتروژن به میزان ۹۵ تا ۹۸٪ میباشند (Vuoriranta, Haile Mariam et al. 1993)

روش‌های تصمیم گیری چند معیاره

طبقه بندی‌های تکنیک‌های تصمیم گیری چند شاخصه

از نظر نویسندگان، هنوز طبقه قابل قبول جامع و مانعی برای تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه ارائه نشده است اما بعضی صاحب نظران تصمیم گیری چند شاخصه مانند (هوانگ) و (یون) تکنیک ها را به دو دسته ی غیر جبرانی و جبرانی تقسیم کرده اند. تکنیک‌های غیرجبرانی آن دسته از تکنیک‌ها هستند که در آن‌ها تبادل بین شاخص‌ها وجود ندارد، به عبارت دیگر، ضعف یا قوت یک گزینه در یک شاخص قوت یا ضعف آن گزینه در شاخص‌های دیگر را پوشش نمی‌دهد. تکنیک‌های جبرانی بر خلاف تکنیک‌های غیرجبرانی تبادل بین شاخص ها را در نظر میگیرند. همچنین جبرانی ها را به سه گروه امتیازی سازشی و هم خوانی تقسیم کرده اند (اصغری زاده و محمدی بالانی.۱۳۹۸.).

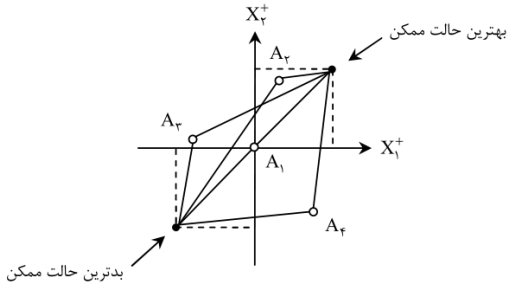
اکثرا از تکنیک های جبرانی برای غربالگری گزینه‌ها استفاده می‌شود.

مدل‌های جبرانی روش‌هایی هستند که در آنها اجازه مبادله در بین معیارها مجاز است. یعنی تغییری هرچند کوچک در یک معیار میتواند توسط تغییری مخالف در معیار یا معیارهای دیگر جبران شود. تکنیک‌های جبرانی به چهار دسته کلی، امتیازی، سازشی، برتری و مقایسات زوجی تقسیم می‌شوند.

رویکرد امتیازی به دنبال این است که با توجه به داده‌های ورودی، امتیازی مبتنی بر یک تابع مطلوبیت به هر گزینه

www.SID.ir

نسبت بدهد که برآوردی از مجموع عملکرد آن گزینه در تمام شاخص ها باشد و در آخر بتوان گزینه ها را بر حسب امتیازشان رتبه بندی کرد. در واقع این تکنیک ها با سنجش مطلوبیت گزینه ها به دنبال بدست آوردن بیشترین مطلوبیت اند که متعلق به بهترین گزینه است. اساس کار تکنیک های سازشی محاسبه ی میزان نزدیکی گزینه ها به بهترین و گاهی همزمان با بدترین حالت ممکن است. شکل۲ حالت کلی مسائل تصمیم گیری چند معیاره سازشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- حالت کلی مسائل تصمیم گیری چند معیاره سازشی

تکنیک‌های برتری به طور کلی از مفهوم روابط برتری و ترجیح بین دو گزینه استفاده میکنند. رابطه ی برتری Al→Ah بیان میکند که از نظر ریاضی Al کاملا بر Ah برتری ندارد؛ اما در نظر گرفتن برتری Al بر Ah ریسک کمتری نسبت به برتری Ah بر Al دارد. به عبارت دیگر، Al به طور مطلق بر Ah برتر نیست، اما برتری Al بر Ah به واقعیت نزدیک تر است(اصغری زاده و محمدی بالانی.۱۳۹۸.).

هنگامی که تصمیم گیرنده اطلاعات کافی درباره عملکرد گزینه‌ها نداشته باشد، یکی از زمینه‌های جمع‌آوری اطلاعات درباره ارزش گزینه ها نسبت به شاخص‌ها استفاده از ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها نسبت به هم برحسب شاخص‌ها است. اگر تصمیم گیرنده قادر به تخمین زنی گزینه‌ها نباشد، تصمیم گیرنده تنها می تواند ارجحیت گزینه‌ها را به صورت دوبه‌دو معین کند. بدین ترتیب، تنها اطلاعاتی که می‌تواند ارائه کند این است که در مقایسه دو گزینه یا شاخص نسبت به هم کدام یک بر دیگری ارجحیت دارد و شدت این ارجحیت چقدر است. (اصغری زاده و محمدی بالانی.۱۳۹۸.)

تکنیک SAW

تکنیک مجموع موزون ساده، که گاهی به آن مجموع موزون نیز گفته میشود، مفهومی برابر با امید ریاضی در آمار، و مفهوم ارزش مورد انتظار در نظریه تصمیم را دارد؛ بنابراین در تکنیک های مطرح شده در تصمیم گیری چند شاخصه است. این تکنیک از قابل فهم ترین تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه است که محاسبات آن به سهولت انجام می گیرد. به همین دلیل در عمل از آن بسیار استفاده می شود. ورودی های این تکنیک ماتریس تصمیم و بردار وزن شاخص ها است.

گام های محاسباتی این تکنیک به ترتیب زیر است:

گام اول: ماتریس تصمیم به روش خطی بی بعد میشود.

گام دوم: با ضرب کردن وزن هر شاخص در ستون متناظر با آن شاخص در ماتریس تصمیم بی بعد، طبق رابطه ۱ ماتریس تصمیم بی بعد موزون تشکیل می شود.

$$tij = rij * wj \qquad (۱)$$

گام سوم: مجموع سطری ماتریس بی بعد موزون طبق رابطه ۲ محاسبه می شود.

$$U_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \qquad (۲)$$

www.SID.ir

گام چهارم: کشور ها به ترتیب نزولی امتیاز(مجموع سطری) رتبه بندی می شود.

تکنیک TOPSIS

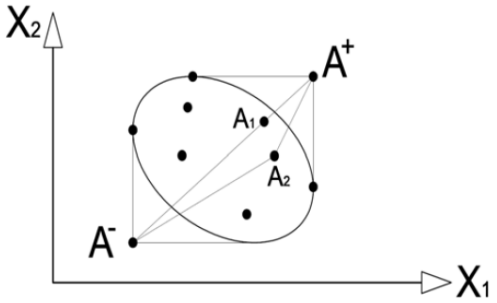
همانطور که در بخش مقدمه اشاره شد تکنیک روش ترجیح براساس مشابهت به راه حل ایده آل، یکی از متداول‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. روش ترجیح بر اساس مشابهت به راه حل ایده آل توسط هوانگ و یون درسال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه به وسیله ی n شاخص ارزیابی میشوند و هر مسئله را میتوان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفته می شود.

اصول کلی روش ترجیح بر اساس مشابهت به راه حل ایده آل این است که با استفاده از گزینه های موجود، دو راه حل فرضی تعریف شده و تعیین گزینه ی بهینه از طریق آنها صورت میگیرد. منظور از این دو راه حل به ترتیب مجموعه ای از بهترین و بدترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم گیری است که به ترتیب به عنوان راه حل‌های ایده آل مثبت و ایده آل منفی شناخته میشوند. گزینه‌ی بهینه در این روش، گزینه ای است که کمترین فاصله از راه حل ایده آل مثبت و درعین حال بیشترین فاصله از راه حل ایده آل منفی را دارا باشد.

فاصله ی یک گزینه از ایده آل های مثبت یا منفی، ممکن است به صورت فاصله‌ی اقلیدسی و یا مجموع قدر مطلق فواصل خطی محاسبه گردد(م. اصغرپور.۱۳۹۰). بدین ترتیب با تخصیص نمراتی برای گزینه ها، امکان رتبه بندی آنها فراهم میشود. به عبارت دیگر در رتبه بندی گزینه ها به کمک این روش، گزینه هایی که بیشترین تشابه با راه حل ایده آل مثبت و کمترین تشابه با راه حل ایده آل منفی را داشته باشند، رتبه ی برتر را به خود اختصاص می دهند.

فضای هدف بین دو معیار فرضی X1 و X2، در شکل۳ نشان داده شده است. در اینجا A+ و A- به ترتیب، راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی هستند. چنان که مشاهده میگردد، گزینه ی A1 به نسبت گزینه ی A2 فاصله ی کمتری تا راه حل ایده آل مثبت و فاصله ی بیشتری تا راه حل ایده آل منفی دارد و لذا گزینه ی برتر است.

شکل۳- فضای هدف با دو معیار مثبت برای TOPSIS مسئله



گام های محاسباتی این تکنیک به ترتیب زیر است:

گام اول: آماده سازی ماتریس تصمیم: در این گام مقادیر کیفی موجود در مسئله بصورت کمی در آمده و ماتریس تصمیم با استفاده از روش بی مقیاس سازی نُرم نرمالیزه میشود.

گام دوم: ماتریس بی مقیاس موزون[v] (رابطه ۳): برای این منظور ماتریس بی مقیاس شده ی[ND] در ماتریس قطری وزن‌ها[Wn*n] ضرب میگردد.

$$V = N_D \times W_{n\times n} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

گام سوم: تعیین راه حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی: برای تشکیل گزینه ی ایده آل مثبت[A+] باید در هر یک از ستون های ماتریس بی مقیاس موزون، بهترین مقدار انتخاب گردد. بهترین مقدار در معیارهای با جنبه ی منفی، برابر کمترین و در معیارهای با جنبه ی مثبت برابر بیشترین مقدار خواهد بود. برای تشکیل گزینه ی ایده آل منفی [A-] نیز عکس روش فوق عمل میشود.

گام چهارم: به دست آوردن فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت[di+]از رابطه ۴ و فاصله هر گزینه از ایده آل منفی [di-]براساس رابطه ۵ محاسبه می شوند.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(V_{ij} - V_j^+\right)^2}\;; \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(V_{ij} - V_j^-\right)^2}\;; \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (۵)$$

گام پنجم: تعیین نزدیکی نسبی[CLi] یک گزینه به راه حل ایده آل: جهت تعیین نسبت نزدیکی هر گزینه به راه حل ایده آل [نمرات هر گزینه] از رابطه ۶ استفاده می شود.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}; 0 \le CL_i \le 1 \;\; ; \;\; i = 1,2,\dots,n \qquad (۶)$$

تکنیک AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین روش های طراحی شده برای تصمیم گیری های چند معیاره است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این فرآیند براساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به تصمیم گیرنده می دهد(س.ح. قدسی پور.۱۳۸۷). در این روش پس از مشخص شدن هدف مسئله، معیارهایی به عنوان مبنای قضاوت میان گزینه های مختلف، تعیین میگردند. به این ترتیب که با تشکیل درخت سلسله مراتبی متشکل از گزینه ها، معیارها و زیرمعیارها، ماتریس های مقایسات زوجی برای هر کدام از سطوح نسبت به سطح بالاتر تشکیل شده و وزن نسبی هر کدام از پارامترهای تشکیل دهنده ی معیارها و زیرمعیارها تعیین میشود. در نهایت بر اساس وزن های نسبی، وزن نهایی هر کدام از گزینه ها به دست می آید (Reza, Sadiq et al. 2011). گام های اصلی روش تحلیل سلسله مراتبی را شامل پنج گام زیر دانسته اند:

- تبدیل کردن مسئله به سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها
- ارزیابی وزن نسبی معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها
- تعیین وزن نهایی و رتبه بندی گزینه ها (وزن نهایی در واقع نمره هر گزینه بوده و عددی بین صفر و یک است. گزینه ای که عدد بیشتری را دارا گردد به عنوان گزینه ی برتر معرفی میشود.)

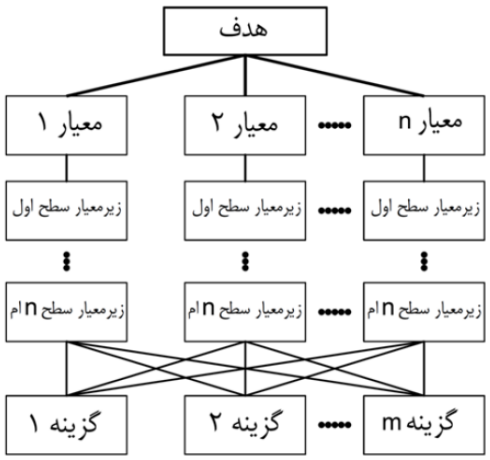
به طور کلی، اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، پس از تعیین معیارها و زیرمعیارهای لازم برای سنجش گزینه ها جهت دستیابی به هدف؛ ایجاد نمایشی گرافیکی از مسئله است که در آن هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها نشان داده میشوند.

www.SID.ir

تشکیل درخت سلسله مراتبی

در نمایش گرافیکی درخت تصمیم گیری شکل، هدف در سطح نخست، معیارها و زیرمعیارها در سطحهای بعدی و گزینه‌ها در سطح آخر قرار میگیرند(س.ح. قدسی پور. ۱۳۸۷). نمودار کاملی از ساختار سلسله مراتبی در شکل ۴ نشان داده شده است. چنانکه در این شکل مشاهده میگردد گاهی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی معیارها نیز باید بهصورت جزئیتر مورد تجزیه و تحلیل واقع شوند. در اینگونه موارد سطح دیگری شامل زیرمعیارها، به ساختار سلسله مراتبی اضافه میگردد. هرچند لزومی ندارد که تمام معیارها دارای زیرمعیار باشند اما در یک ساختار سلسله مراتبی، محدودیتی برای تعداد سطوح وجود ندارد. به عبارت دیگر در شرایطی که عناصر یک سطح را نتوان با عناصر سطح بالاتر مقایسه نمود، لازم است جهت تکمیل سلسله مراتبی یک سطح دیگر به ساختار اضافه شود(س.ح. قدسی پور. ۱۳۸۷). طبق قاعدهای سرانگشتی تعداد زیرمعیارهایی که از یک معیار اصلی به وجود میآیند نباید از ۷ مورد بیشتر باشند زیرا مغز انسان قادر نیست درآن واحد بر روی بیش از ۷ مورد تمرکز نماید(ع. خاتمی فیروزآبادی ۱۳۸۷).

شکل ۴- نمایش گرافیکی درخت تصمیم گیری



انجام مقایسات زوجی

برای تعیین وزن و ارزش نسبی پارامترهای هر سطح نسبت به سطح بالاتر خود در هر قسمت از ساختار سلسله مراتبی، پارامترها دو به دو و بهصورت زوجی با یکدیگر مقایسه میشوند. منظور از مقایسات زوجی در گزینهها، تشخیص ارزش نسبی یک گزینه در مقایسه با سایر گزینه‌ها در ارتباط با یک معیار و یا زیرمعیار مشخص است(ع. خاتمی فیروزآبادی ۱۳۸۷). به عبارت ساده‌تر، گزینه ها نسبت به یکدیگر به ازای زیرمعیارها، زیرمعیارها نسبت به یکدیگر به ازای معیارها و معیارها نسبت به یکدیگر بهازای هدف ارزشگذاری میشوند.

انجام مقایسات زوجی از طریق پر کردن ماتریسی به نام ماتریس مقایسات زوجی مشابه ماتریس۲ صورت می گیرد. در حالت مثبت این ماتریس aij ترجیح گزینه i ام نسبت به گزینهی j ام و در حالت منفی ترجیح گزینه ی j ام نسبت به گزینهی iام است(ع. خاتمی فیروزآبادی ۱۳۸۷).

ماتریس۱ - ماتریس مقایسات زوجی

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ a_{12}^{-1} & 1 & a_{23} \\ a_{13}^{-1} & a_{23}^{-1} & 1 \end{pmatrix}$$

به طور کلی با نشان دادن n عنصر، $\frac{n\times[n-1]}{2}$ مقایسه ی زوجی مورد نیاز است تا میان اعضای ماتریس مقایسات زوجی، ارتباط مناسبی ایجاد شوند. در این ماتریس تنها لازم است عناصر بالا یا پایین قطر اصلی مشخص شوند. ماتریس کامل را میتوان با جایگزینی وارونه عناصر بالا یا پایین قطر اصلی در طرف دیگر آن به دست آورد(ع. خاتمی فیروزآبادی ۱۳۸۷).

نتایج و بحث

www.SID.ir

دباغیان و همکاران در سال ۱۳۸۶ جهت انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب در صنایع آبکاری با استفاده از نظرات کارشناسان، مشاوران و آبکاران از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. این پژوهشگران با در نظر گرفتن چهار گزینه (رسوب دهی شیمیایی، تعویض یونی، اسمز معکوس[۸] و نانوفیلتراسیون) به عنوان گزینه های رقیب و با در نظر گرفتن سه پارامتر اصلی ۱- اقتصادی ۲- فنی و کاربردی ۳- زیست محیطی و اجتماعی که هر کدام شامل زیر پارامترهایی از قبیل ابعاد زمین مورد نیاز، هزینه ساخت و نصب، تعمیر و نگهداری، دستیابی به استانداردها، سادگی فن آوری، بومی بودن و ... می‌باشند، به مقایسه گزینه ها با یکدیگر پرداختند. جهت وزن دهی شاخص ها ۵۳ پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به آنها وزن شاخص های اقتصادی، فنی و کاربردی و زیست محیطی و اجتماعی به ترتیب ۰/۳۶۱، ۰/۳۱۳ و ۰/۳۲۶ محاسبه گردید. در پایان با استفاده از نرم افزار Expert Choice به ترتیب گزینه های اسمز معکوس، نانوفیلتراسیون، ترسیب شیمیایی و در نهایت تعویض یونی رتبه بندی شدند.

(Karimi, Mehrdadi et al. 2011) نیز فرایند تحلیل سلسله مراتبی متداول و فازی را به منظور انتخاب فرایند بهینه تصفیه فاضلاب به کار بردند .در این تحقیق با درنظر گرفتن معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی برای روش های تصفیه لجن فعال با هوادهی گسترده ، لجن فعال دومرحله ای[۹] فرایند تلفیقی لجن فعال با رشد چسبیده، رآکتورهای ناپیوسته ی متوالی و لاگون هوادهی با یکدیگر مقایسه شدند .نتایج به دست آمده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی متداول به صورت زیر گزارش شده است:

<لجن فعال با هوادهی گسترده <لاگون هوادهی < IFAS SBR > A/B

نتیجه اولویت بندی انجام شده با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی نیز به صورت زیر بوده است :

لاگون < SBR <لجن فعال با هوادهی گسترده < IFAS A/B <هوادهی

علاوه بر محاسنی که تحقیقات فوق داشته اند، اما با توجه به این که موضوع تغییر اقلیم و همچنین ارزیابی چرخه عمر اهمیت بالایی دارند، پیشنهاد میشود در مطالعات آتی این عوامل به عنوان زیرمعیار در نظر گرفته شوند.

نتیجه گیری

در صنعت تصفیه فاضلاب مراحل و فرایند های مختلفی وجود دارد؛ مدیران و تصمیم گیران در هر مرحله، از قبل از احداث تصفیه خانه تا مرحله دفع پساب، با گزینه‌های متعددی روبرو هستند. روش‌های تصفیه با توجه به شرایط مختلف اولویت یکسانی ندارند؛ در فرایند تصمیم گیری، هدف تعیین بهینه‌ترین گزینه از میان گزینه‌های رقیب است که این انتخاب بدون داشتن ابزاری که بتواند معیارهای مختلف با درنظر گرفتن اهمیت نسبی آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد ممکن نیست. روش‌های تصمیم گیری چند معیاره با داشتن این ویژگی می‌تواند به انتخاب گزینه بهینه کمک کند که توصیه می‌شود تصمیم گیرندگان و مدیران از این ابزار استفاده کنند.

[۸] RO

[۹] A/B

www.SID.ir

مراجع

اصغری زاده، عزت الله، محمدی بالانی، عبدالکریم.۱۳۹۸." تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه" تهران: انتشارات دانشگاه تهران

بهمن، فرشید.۱۳۹۵."بررسی انتخاب بهینه محل و نوع فرآیندتصفیه فاضلاب شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی.(مطالعه مورد: شهر پرند)". پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جاسب.

تکدستان, ا., ن. مهردادی and ع. ترابیان (۲۰۱۱). "بررسی کارایی راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) در تصفیه فاضلاب در شرایط مختلف بهره برداری و راهبری." فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۱۳(۲): ۱-۱۲.

حاجی زادگان، سعیده. ۱۳۹۴. "مقایسه و کاربرد روش های تصمیم گیری چند معیاره در انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب". پایان نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه بیرجند.

خاتمی فیروزآبادی سید محمدعلی. ۱۳۸۷."تصمیم گیری چند معیاره". تهران: دانگشاه علامه طباطبایی، چاپ اول، نشر مرندیز.

دانش شهناز، علیزاده امین. ۱۳۸۷. "کاربرد پساب در کشاورزی، فرصت ها و چالش ها". اولین سمینار جایگاه آبهای بازیافتیو پساب در مدیریت منابع آب، مشهد.

دباغیان محمدرضا، هاشمی سیدحسین، عبادی تقی. ۱۳۸۸."ارزیابی فنی اقتصادی و زیست محیطی روش های تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری به روشAHP". فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره یازدهم، شماره سه.

رستگار مهسا، مقصودلو بیژن، قانعیان محمد تقی.۱۳۹۳."بهره مندی از مدل تصمیم گیری چند معیاره چند شاخصه تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در بهینه سازی عملکرد سیستم های تصفیه فاضلاب شهری(مطالعه موردی : تصفیه خانه فاضلاب شهری بجنورد.همدان، اولین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار.

شیرزاد سیامک، تجریشی مسعود، برقعی سیدمحمود. ۱۳۷۸."مقایسه اقتصادی روش های تصفیه فاضلاب شهری در شرایط اقلیم ایران". مجله انسان و محیط زیست، جلد۱،صفحات ۳ الی ۱۲.

عظیمی، سیدسجاد و موسوی، سیده طیبه و امینی، حامد و اشرفیان، بهنام ۱۳۹۸."بررسی سیستم های تصفیه فاضلاب شهری، A2/O، MLE، IFAS، MBR و AOPs و فاضلاب خروجی جهت استفاده در کشاورزی و صنعت توسط نرم افزار"GPS-X 7.0 . ،سومین کنفرانس بین المللی معماری،عمران، کشاورزی و محیط زیست.

عظیمی، علی اکبر و ترابیان، علی و تکدستان، افشین. ۱۳۸۵. "روشهای کاهش تولید لجن بیولوژیکی در فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب". اولین همایش ملی بهره برداری در بخش آب و فاضلاب،تهران

قاسمی، سیدعلی.۱۳۸۹."بررسی و ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه ها به منظور استفاده در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه خانه های شهر مشهد)". پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.

قدسی پور سیدحسن. ۱۳۸۵." برنامه ریزی چند هدفه(روش های وزن دهی بعد از حل)". تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

www.SID.ir

قدسی پور سیدحسن. ۱۳۸۷."مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)". تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

میرابی مهرداد، میان آبادی حجت، شریفی محمدباقر. ۱۳۹۰"کاربرد تصمیم گیری چند شاخصه در انتخاب گزینه مناسب جهت جمع آوری فاضلاب شهر نیاسر." سمنان، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

Al-Jlil, S. A. (2009). "COD and BOD reduction of domestic wastewater using activated sludge, sand filters and activated carbon in Saudi Arabia." Biotechnology **8**(4): 473-477.

Curiel-Esparza, J. and J. Canto-Perello (2012). "Understanding the major drivers for implementation of municipal sustainable policies in underground space." International Journal of Sustainable Development & World Ecology **19**(6): 506-514.

Curiel-Esparza, J., M. A. Cuenca-Ruiz, M. Martin-Utrillas and J. Canto-Perello (2014). "Selecting a sustainable disinfection technique for wastewater reuse projects." Water **6**(9): 2732-2747.

Huang, I. B., J. Keisler and I. Linkov (2011). "Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends." Science of the total environment **409**(19): 3578-3594.

Ilangkumaran, M., V. Sasirekha, L. Anojkumar, G. Sakthivel, M. B. Raja, T. R. S. Raj, C. Siddhartha, P. Nizamuddin and S. P. Kumar (2013). "Optimization of wastewater treatment technology selection using hybrid MCDM ".Management of Environmental Quality: An International Journal.

Ishizaka, A. and A. Labib (2011). "Review of the main developments in the analytic hierarchy process." Expert systems with applications **38**(11): 14336-14345.

Karimi, A., N. Mehrdadi, S. Hashemian, G. N. Bidhendi and R. T. Moghaddam (2011). "Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods." International Journal of Environmental Science & Technology **8**(2): 267-280.

Karimi, A., N. Mehrdadi, S. J. Hashemian, G. R. Nabi Bidhendi and R. Tavakkoli-Moghaddam (2010). "Using AHP for selecting the best wastewater treatment process." J. of Water and Wastewater **76**: 2-12.

Köck-Schulmeyer, M., M. Villagrasa, M. L. de Alda, R. Céspedes-Sánchez, F. Ventura and D. Barceló (2013). "Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact." Science of the total environment **458**: 466-476.

Kotwicki, V. and M. Al-Otaibi (2011). "Drinking water saving potential of dual networks in Kuwait." Management of Environmental Quality: An International Journal.

Mahmoudian, S. (2001). "Water from Water: A Review of Wastewater Reuse in Iran." Country Paper for the "Joint FAO/WHO Consultation for Launching the Regional Network on Wastewater Reuse". Amman, Jordan.

Melad, K. (2002). "Evaluation of groundwater pollution with wastewater microorganisms in Gaza Strip, Palestine." Egypt: MSc thesis, Ain Shams University: 995-998.

Mianabadi, H. and A. Afshar" .(۲۰۰۸) Multi-attribute decision-marking to rank urban water supply schemes." J. of Water and Wastewater **66**: 34-45.

Oladipo, A. A., O. J. Adeleye, A. S. Oladipo and A. O. Aleshinloye (2017). "Bio-derived MgO nanopowders for BOD and COD reduction from tannery wastewater." Journal of water process engineering **16**: 142-148.

Reza, B., R. Sadiq and K. Hewage (2011). "Sustainability assessment of flooring systems in the city of Tehran: An AHP-based life cycle analysis." Construction and Building Materials **25**(4): 2053.٢٠٦٦-

Singhirunnusorn, W. and M. Stenstrom (2009). "Appropriate wastewater treatment systems for developing countries: criteria and indictor assessment in Thailand." Water science and technology **59**(9): 1873-1884.

Stasinakis, A. (2008). "Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment–a mini review." Global NEST journal **10**(3): 376-385.

Vuoriranta, P., D. Haile Mariam and E. Kautia (1993). "Organic carbon and nitrogen removal from wastewaters of single houses and small separate establishments using a simple sequencing batch reactor." Water Science and Technology **28**(10): 243-249.

www.SID.ir

Abstract

Wastewater treatment plants are built with the aim of bringing the quality of influent to the set standards. In some areas, due to the increase in per capita water consumption and excessive use of its resources and due to water needs, the reuse of wastewater is considered. Before designing and implementing wastewater treatment plants, the optimal treatment process should be determined using methods based on scientific hypotheses. Insufficient attention to choosing the right treatment method leads to increased investment and operation costs. Multi-criteria analysis methods can choose the best option from several options by considering multiple quantitative and qualitative criteria. Among the criteria for selecting the optimal treatment plant option are the quality and quantity of influent, economic, social and environmental criteria. In this research, common types of wastewater treatment methods such as SBR, IFAS, MBR and the benefits of each have been mentioned. In this study, SAW, TOPSIS and AHP techniques are introduced. Due to the existence of various treatment methods, as well as different purposes of the treatment plant, it is not possible to make the right decision without having a tool that can consider all the criteria and sub-criteria according to their relative importance, in each treatment plant according to Based on the available data, the specific conditions of each treatment plant, discharge standards, experts and decision makers should select and rank the competing options by considering the correct criteria and choosing the most appropriate decision-making tool in order to make the most optimal choice with Achieve attention to criteria.

Keywords: WWTPs, MCDM, TOPSIS, AHP

www.SID.ir