مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۲۹۳ تا ۳۰۴

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب واحد پلی‌اتیلن سنگین شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی مرکز اراک با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

رضا باقری، سهیل سبحان اردکانی*، بهاره لرستانی
گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۱۰
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۲
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۹/۲۱

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره، فاضلاب صنعتی، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی، نرخ ناسازگاری

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
s_sobhan@iauh.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: در کشورهایی مانند ایران که با بحران کمبود آب مواجه هستند، توجه به کمیت، کیفیت و بهره‌برداری پایدار این منابع از اهمیتی بسزا برخوردار است. صنایع پتروشیمی از قابلیت تخلیه آلاینده‌ها به محیط و آلودگی منابع آب سطحی برخوردارند. لذا، این پژوهش با هدف انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب واحد پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی مرکز اراک با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌واسطه برخورداری از قابلیت‌هایی همچون تعمیم‌پذیری، لحاظ کردن پارامترهای مختلف، انتخاب چند بعدی و کمی کردن پارامترهای کیفی توسط افراد متخصص در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

روش بررسی: دو گزینه لجن فعال با هوادهی گسترده (EAAS) و راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) براساس معیارهای محیط‌زیستی، فنی-کاربردی، اقتصادی و مدیریتی و زیرمعیارهای مربوطه، با نظر کارشناسان وزن‌دهی شد و پس از ارزیابی مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها نسبت به هر معیار، نتایج توسط نرم‌افزار Expert Choice11 برای انتخاب مناسب‌ترین روش تصفیه فاضلاب تحلیل شد.

یافته‌ها: نسبت سازگاری در همه اولویت‌بندی‌ها در بازه قابل قبول ۰ تا ۰/۱ قرار گرفته بود. از طرفی براساس نتایج تحلیل حساسیت، روش SBR بیشترین اولویت معیارهای اقتصادی و محیط‌زیستی و روش EAAS نیز بیشترین اولویت معیارهای مدیریتی و فنی-کاربردی را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: با استناد به نتایج حاصل، علیرغم این‌که روش EAAS از قابلیت نگهداری و راهبری ساده‌تر در مقایسه با روش SBR برخوردار بود، ولی روش SBR به‌واسطه تطابق بیشتر کیفیت پساب خروجی با استانداردهای محیط‌زیستی و نیاز به زمین کمتر برای استقرار سیستم تصفیه، به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای تصفیه فاضلاب واحد HDPE انتخاب شد.

Please cite this article as: Bagheri R, Sobhanardakani S, Lorestani B. Selection of the best wastewater treatment alternative for HDPE unit of petrochemical research and technology company-Arak center based on the analytical hierarchy process. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):293-304

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

مقدمه

آب مایــه حیات و از مهمترین منابــع طبیعی در جهان محسوب می‌شود. زندگی همه موجودات زنده و از طرفی رشد و پیشرفت جوامــع در زمینه‌هــای صنعتی و کشاورزی بــه آب بستگی دارد (۳-۱). بــا توجه به جمعیــت رو به افزایش جهان به‌خصوص در کشورهایــی که بــا محدودیت منابع آب مواجــه هستند، بررسی و کنتــرل کمیــت و کیفیت منابع آب، می‌تواند ایــن جوامع را در رویارویــی با بحرانی که در آینده‌ای نه‌چندان دور گریبان‌گیر بشر خواهد شد، یاری کند (۱). امروزه و با توجه به افزایش روند ورود انواع آلاینده‌ها به منابع آب پذیرنده ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کشــاورزی، تجاری و شهری، برای جلوگیری از اثرات نامطلوب ورود پساب‌ها به محیط‌زیست، الزامات قانونی جدید تصفیه پساب و تعیین حــد قابل قبول پارامترهای فیزیکی و شیمیایی فاضلاب تصفیه شده برای ورود به محیط وضع شده است (٤). این موضوع سبب افزایش روند طراحی و احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب با فرایندهای متفاوت تصفیه در اکثر کشورها شده است.

در چند دهــه گذشتــه از مدل‌هایی ماننــد برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریــزی پویــا و برنامه‌ریزی غیرخطی بــرای انتخاب بین گزینه‌های تصفیه فاضلاب استفاده شده است (۸-۵). با این حال تعداد کمی از این مدل‌ها، به‌غیر از شاخص‌های اقتصادی، سایر شاخص‌ها از جمله به حداقــل رساندن آلودگی محیط‌زیست، کاهش هزینه‌های تصفیه و حداکثر مزایای فرهنگی - اجتماعی را هم مدنظر داشته‌اند (۹).

امروزه روش‌هــای تصمیم‌گیری چند شاخصــه به‌ویژه فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process (AHP)) از اهمیتــی ویــژه در علــم تصمیم‌گیــری که در آن انتخــاب و یــا اولویت‌بندی یــک راهکار از بیــن راهکارهای موجــود مطرح است، از اهمیتی ویژه برخــوردار است. فرایند AHP بــه ما امکان می‌دهد تــا شاخص‌ها را به‌صورت زوجی بــا یکدیگر مقایسه کرده و امتیاز آنها را نسبت به یک شاخص بسنجیــم تا درنهایــت به یک امتیاز مجموع دســت یابیم (۱۰، ۱۱). این فرایند قادر است معیارهای محیط زیستی، اجتماعی- فرهنگی و غیره را با همان اهمیت معیار اقتصادی در نظر بگیرد و از طرفــی با ارزیابی گزینه‌های مختلــف، تفاوت گزینه‌ها را به‌وسیله نمودار، اولویت‌بندی کند (۱۱).

روش‌های EAAS و SBR، نمونه‌هایی از روش‌های زیستی هوازی تصفیه فاضلاب هستنــد. روش EAAS گونه اصلاح شده‌ای از روش لجن فعال است که در آن پایداری و مقاومت سیستــم نسبت به نوسانــات کیفی و کمی فاضــلاب ورودی افزایش یافته است. از طرفی در این روش با افزایش زمان ماند هیدرولیکــی و هوادهی فاضلاب مقدار لجن تولیدی به حداقل رسانده می‌شود (۱۲، ۱۳).

تصفیــه فاضلاب به روش SBR یک سیستــم لجن فعال پر و خالی شونده برای تصفیه فاضلاب است که در آن برای حذف اجزای نامطلوب، فاضلاب به یــک راکتور منقطع واحد منتقل می‌شود. متعادل‌سازی، هوادهی و زلال‌سازی همگی می‌تواند با به‌کارگیری یک واحد راکتور منقطع حاصل شوند. لازم به ذکر اســت که سیستم تصفیه فاضلاب SBR بــا سیستم لجن فعال متعــارف اختلافی ندارد، جز آن‌که ایــن سیستم به‌جای آنکه با فضا عمل کند، با زمان عمل می‌کند (١٤، ١٥).

Guangming و همکــاران (۲۰۰۷) از فرایند تحلیل سلسله مراتبــی به‌منظور انتخاب بهترین گزینه تصفیه فاضلاب استفاده کردنــد (۹). Anagnostopoulos و همکاران (۲۰۰۷) طی مطالعه خود نتیجه گرفتند کــه روش (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) FAHP بهتریــن روش تصفیــه فاضــلاب است (١٦). Tarkian و همکاران (٢٠١٤) از روش AHP برای انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب پژوهشگاه صنعــت نفت تهران استفاده کردند (۱۱). Karimi و همکاران (۲۰۱۱) نیز با استفاده از فرایند AHP نسبت به انتخاب روش بهینه تصفیه فاضلاب شهرک‌های صنعتی اقدام کردند (۱۷). از طرفی Dabbaghian و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی توسط فراینــد AHP نسبت به ارزیابی فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی روش‌های تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری اقدام کردند (۱۸).

هرچنــد از نظر اولویت در انتخــاب فرایند تصفیه، ممکن است نکاتــی ملاک عمل قــرار گیرد که در بیشتــر تصفیه‌خانه‌ها قابل استفاده باشد، ولی انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب، معمولا

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

پیچیده بوده و برحسب مواردی از قبیل ظرفیت و شرایط خاص محلی با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه است (۱۷).

با توجه به این‌که پساب صنایع پتروشیمی در زمره مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست محسوب می‌شود، استفاده از روشی کارا و به لحاظ محیط‌زیستی، اقتصادی، مدیریتی و فنی- کاربردی مناسب برای تصفیه فاضلاب این صنعت از اهمیتی بسزا برخوردار است. از این‌رو، این پژوهش با هدف استفاده از فرایند AHP برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب واحد HDPE شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی مرکز اراک به‌ویژه با اولویت قراردادن پارامترهای محیط‌زیستی و اقتصادی از بین روش‌های EAAS و SBR انجام یافت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه با هدف انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب واحد HDPE شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی مرکز اراک با لحاظ کردن معیارهای فنی - کاربردی، اقتصادی، محیط‌زیستی و مدیریتی، از روش AHP، به‌عنوان روشی قابل انعطاف و کمی برای انتخاب گزینه‌ها براساس عملکرد نسبی آنها نسبت به یک یا چند معیار که قادر است اهداف محیط‌زیستی و اجتماعی- فرهنگی را نیز با همان اهمیت اهداف اقتصادی در انتخاب فرایند بهینه تصفیه فاضلاب در نظر بگیرد، طی چهار گام مدلسازی، قضاوت ترجیحی (مقایسه‌های زوجی)، محاسبات وزن‌های نسبی و ادغام وزن‌های نسبی استفاده شد (۲۲-۱۸). بدین منظور، ابتدا نوسانات دبی و شدت آلودگی پساب واحد HDPE با استفاده از نمونه‌برداری و آنالیز آزمایشگاهی مطابق الگوی مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب تعیین شد (۲۳). پس از بررسی نرمال بودن داده‌های حاصل از آنالیز پارامترهای مورد ارزیابی در نمونه پساب با استفاده از نسخه SPSS 20 و توسط آزمون آماری شاپیرو- ویک (Shapiro-Wilk)، این اطلاعات به انضمام نقشه‌های مربوط به شبکه جمع‌آوری پساب و فلودیاگرام واحد HDPE در اختیار کارشناسان خبره تصفیه فاضلاب قرار گرفت. لذا با توجه به تولید نسبتا کم پساب (۰/۰۲ تا ۰/۰۳ m^3/h) در واحد مدنظر روش‌های زیستی تصفیه فاضلاب یعنی روش‌های EAAS و SBR که در آنها نیاز به طراحی مجزای واحدهای هوادهی و ته‌نشینی وجود ندارد، توسط کارشناسان برای ادامه تحقیق انتخاب شدند.

سپس به‌منظور تعیین میزان اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها نسبت به عامل دیگر، با استناد به مقیاس ۹ گانه ترجیحات بین دو عنصر برای مقایسه‌های زوجی (جدول ۱)، پرسشنامه‌ای با هدف تعیین میزان اهمیت بین معیارها نسبت به هم، تعیین میزان اهمیت بین زیر معیارهای هر معیار نسبت به هم و تعیین میزان اهمیت هر یک از گزینه‌ها در زیرمعیارهای یک شاخص تهیه و در اختیار کارشناسان قرار گرفت و پس از آن ساختار سلسله مراتبی تشکیل شد. در گام بعد نسبت به تکمیل پرسشنامه‌ها و محاسبه میانگین هندسی امتیازات با هدف تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها با در نظر گرفتن وابستگی میان آنها اقدام شد (۲٤).

پس از آن، وزن نسبی و نرخ ناسازگاری (Inconsistency Ratio) ماتریس‌های تشکیل شده با استخراج مقادیر شاخص تصادفی از جدول ۲ برای مشخص کردن سازگاری و تعیین نرخ اعتماد به اولویت‌های حاصل از مقایسه‌ها توسط نرم‌افزار Expert Choice 11 محاسبه شد. در این راستا، نسبت سازگاری برابر یا کوچک‌تر از ۰/۱، سازگاری مقایسه‌ها را بیان می‌کند (۱۱).

جدول ۱- مقیاس ترجیحات بین دو عنصر برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دوبه‌دو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا نسبتا قابل ترجیح
۳	نسبتا قابل ترجیح
٤	نسبتا تا قویا قابل ترجیح
٥	قویا قابل ترجیح
٦	قویا تا بسیار قوی قابل ترجیح
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه قابل ترجیح
۹	بی‌اندازه قابل ترجیح

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

جدول ۲- شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی

n	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
I.I.R	۰	۰	۰/٥۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٥۱

n: Matrixes dimension

I.I.R: Inconsistency Index of Random matrix

یافته‌ها

در گام بعدی، نتایج حاصل از پرسشنامه برای مقایسه زوجی عناصر در سطح معیارها و زیرمعیارها و از طرفی تعیین ارجحیت هرکدام از گزینه‌ها در هر معیار یا زیرمعیار به نرم‌افزار Expert Choice وارد و ماتریس‌های مقایسات زوجی تشکیل شد. سپس برای محاسبه وزن هر یک از معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، میانگین هندسی مقادیر موجود در هر سطر ماتریس محاسبه شد (۲۵). در نهایت نسبت به نرمال کردن، محاسبه وزن نسبی با روش بردار ویژه، محاسبه وزن‌های نهایی و حداکثر مقدار ویژه (λmax) برای هر ماتریس اقدام شد (۱۷).

مقادیر کمینه و بیشینه مربوط به پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، کل جامدات محلول (TDS)، کل جامدات معلق (TSS)، pH، روغن، هدایت الکتریکی (EC) و عنصر تیتانیوم و همچنین درجه حرارت و نوسانات دبی پساب واحد HDPE در جدول ۳ ارائه شده است. از طرفی، وزن نسبی هر یک از معیارها و زیرمعیارها و وزن نسبی هر معیار برای گزینه‌های مختلف تصفیه نیز به‌ترتیب در جداول ٤ و ٥ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه پساب واحد HDPE

پارامتر	کمینه	بیشینه
اکسیژن مورد نیار بیوشیمیایی (BOD_5) (mg/L)	٤۰۰	٤٤۹
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) (mg/L)	۸۰۰	۸۸٥
کل جامدات محلول (TDS) (mg/L)	۹۰۰	۱۱۰۰
کل جامدات معلق (TSS) (mg/L)	۷۰۰	۸۲۰
pH	۷/٦	۸/٤
چربی و روغن (mg/L)	٥۰	۱۰۰۰
هدایت الکتریکی (EC) (ms/cm)	۷٥۰	۹٥۰
تیتانیوم (Ti) (mg/L)	۸	۱۲
دما (°C)	۲۸	۳۲
دبی (m^3/h)	۰/۰۲	۰/۰۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

جدول ٤- وزن معیارها و زیرمعیارهای منتخب برای گزینش بهترین روش تصفیه هوازی واحد HDPE

معیار	زیر معیار
محیط‌زیستی (۰/٦۹۵)	درجه تصفیه مورد نیاز (۰/۱۵۵)
	توانایی مطابقت با استاندارد (۰/۲۸۹)
	ایجاد بو (۰/۰۷۱)
	ایمنی (۰/۳۰۹)
	زیبایی منظر (۰/۰۳۷)
	بهداشت کارکنان (۰/۱۳۹)
اقتصادی (۰/۱۵۱)	زمین مورد نیاز (۰/٦۷۵)
	هزینه سرمایه‌ای (۰/۲۱۰)
	هزینه تعمیر و نگهداری (۰/۰۷۲)
	هزینه دفع زائدات جامد (۰/۰٤۳)
مدیریتی (۰/۰۵٦)	نیاز به مهارت‌های تخصصی (۰/۱۲۱)
	سادگی نگهداری (۰/۰۸٤)
	دسترسی به تجهیزات (۰/۰۸۲)
	پایش آنلاین (۰/۱۳۰)
	قابلیت استفاده مجدد از پساب (۰/۳۰۱)
	عدم وابستگی خارجی (۰/۲۸۲)
فنی- کاربردی (۰/۰۹۸)	ثبات فرایند (۰/۱۷۵)
	انعطاف‌پذیری سیستم (۰/۱٤۱)
	سادگی راهبری (۰/۰٦۲)
	قابلیت حذف ازت (۰/۳۱٤)
	بلوغ فناوری (۰/۳۰۸)

نتایج اولویت‌بندی فرایندهای مختلف تصفیه هوازی نسبت به معیارهای اصلی محیط‌زیستی، اقتصادی، مدیریتی و فنی- کاربردی و مقادیر مربوط به نسبت سازگاری آنها به‌ترتیب در زیربخش‌های a تا d نمودار ۱ ارائه شده است. براساس نتایج حاصل، نسبت سازگاری در همه اولویت‌بندی‌ها در بازه قابل قبول ۰ تا ۰/۱ قرار گرفته بود. همچنین نتایج وزن‌دهی معیارها نشان داد که معیارهای محیط‌زیستی و اقتصادی به‌ترتیب با وزن برابر با ۰/٦۹۵ و ۰/۱۵۱ در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفته و معیارهای فنی-کاربردی و مدیریتی نیز در رتبه‌های سوم و چهارم قرار گرفتند. همچنین زیرمعیارهای ایمنی و توانایی مطابقت با استاندارد به‌ترتیب با وزن برابر با ۰/۳۰۹ و ۰/۲۸۹ اولویت‌های اول و دوم معیار محیط‌زیستی؛ زیرمعیارهای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

زمین مورد نیاز و هزینه سرمایه‌ای به‌ترتیب با وزن برابر با ۰/۶۷۵ و ۰/۲۱۰ اولویت‌های اول و دوم معیار اقتصادی؛ زیرمعیارهای قابلیت استفاده مجدد از پساب و عدم وابستگی خارجی به‌ترتیب با وزن برابر با ۰/۳۰۱ و ۰/۲۸۲ اولویت‌های اول و دوم معیار مدیریتی و در نهایت زیرمعیارهای قابلیت حذف ازت و بلوغ فناوری به‌ترتیب با وزن برابر با ۰/۳۱٤ و ۰/۳۰۸ اولویت‌های اول و دوم معیار فنی-کاربردی را به خود اختصاص دادند (جدول ٤). از طرفی برای روش‌های SBR و EAAS وزن نهایی معیار محیط‌زیستی به‌ترتیب برابر با ۰/۵۵۲ و ۰/٤٤۸؛ وزن نهایی معیار اقتصادی به‌ترتیب برابر با ۰/۵۲۷ و ۰/٤۷۳؛ وزن نهایی معیار مدیریتی به‌ترتیب برابر با ۰/٤۸۷ و ۰/۵۱۳ و وزن نهایی معیار فنی-کاربردی به‌ترتیب برابر ۰/٤۳۸ و ۰/۵٦۲ بود (جدول ۵). همچنین نتایج مربوط به اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها نسبت به هدف اصلی به همراه مقادیر مربوط به نسبت سازگاری آن در نمودار ۲ ارائه شده است. بر این اساس، نسبت سازگاری در این اولویت‌بندی نیز در بازه قابل قبول ۰ تا ۰/۱ قرار گرفته بود. مندرجات نمودار ۲ بیان‌گر آن است که روش SBR با وزن کلی ۰/۵۳۲ در اولویت اول و روش EAAS با وزن کلی ۰/٤٦۸ در اولویت بعدی برای تصفیه فاضلاب واحد HDPE قرار می‌گیرد.

برای تحلیل حساسیت معیارها نسبت به هدف کلی، وزن هر یک از معیارها در نرم‌افزار به‌صورت تدریجی افزایش یا کاهش داده شد. بدین صورت‌که در اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به معیارهای محیط‌زیستی و اقتصادی، با تغییر درصد وزنی به‌ترتیب از ٦۹/۷ تا ۱۰۰ درصد و از ۱۲/٦ تا ۱۰۰ درصد، همچنان گزینه SBR انتخاب شد و در اولویت فرایندها تغییری مشاهده نشد. در صورتی‌که در اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به معیارهای مدیریتی، با تغییر درصد وزنی از ٦/۵ تا ۷۵ درصد، اولویت‌بندی ثابت باقی ماند و سپس با افزایش درصد وزنی به بالای ۷۵ درصد، اولویت فرایندها به گزینه EAAS تغییر یافت. از طرفی در اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به معیار فنی- کاربردی نیز مانند معیار مدیریتی، با تغییر درصد وزنی از ۱۱/۳ تا ٤۳ درصد، اولویت‌بندی ثابت باقی ماند و سپس با افزایش درصد وزنی به بالای ٤۳ درصد، اولویت فرایندها به گزینه EAAS تغییر یافت. نمودار تحلیل حساسیت نسبت هدف کلی در نمودار ۳ ارائه شده است.

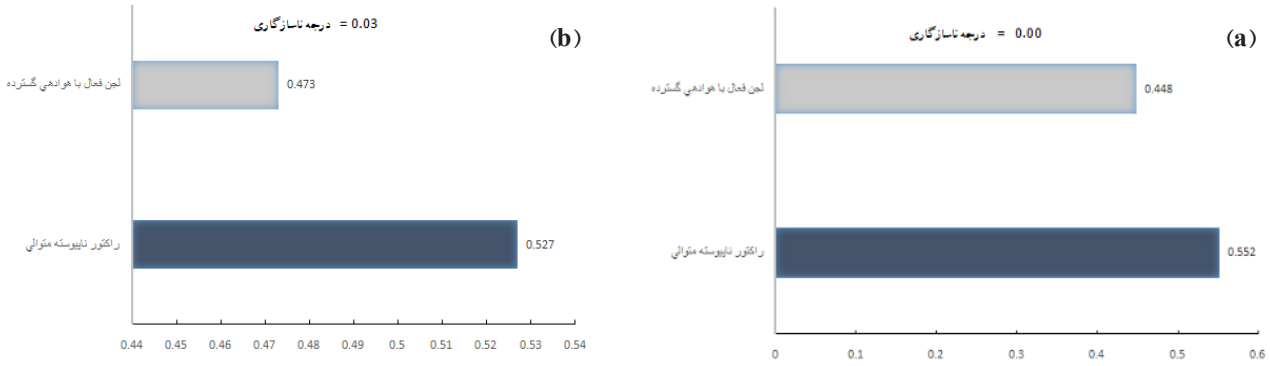
جدول ۵- وزن نسبی گزینه‌های تصفیه هوازی فاضلاب نسبت به معیارها و زیر معیارها

معیارها و زیر معیارها	SBR	EAAS
معیار محیط‌زیستی	۰/۵۵۲	۰/٤٤۸
زیر معیار درجه تصفیه موردنیاز	۰/۵۸۷	۰/٤۱۳
زیر معیار توانایی مطابقت با استاندارد	۰/٦۳۵	۰/۳٦۵
زیر معیار بو	۰/٤۵۰	۰/۵۵۰
زیر معیار ایمنی	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰
زیر معیار زیبایی منظر	۰/۱۰۱	۰/۸۹۹
زیر معیار بهداشت کارکنان	۰/٦۱۲	۰/۳۸۸
معیار اقتصادی	۰/۵۲۷	۰/٤۷۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

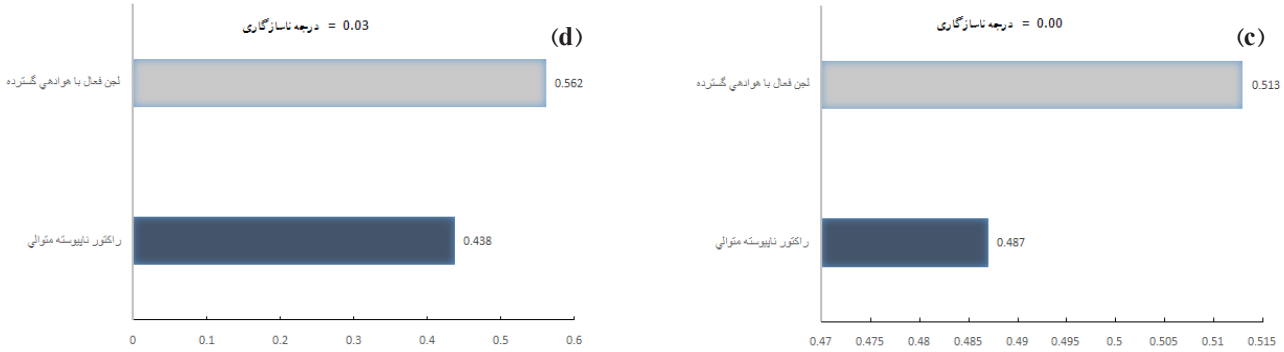
ادامه جدول ۵- وزن نسبی گزینه‌های تصفیه هوازی فاضلاب نسبت به معیارها و زیر معیارها

معیارها و زیر معیارها	SBR	EAAS
زیر معیار زمین مورد نیاز	۰/۵۸٦	۰/٤۱٤
زیر معیار هزینه سرمایه‌ای	۰/٤۵۰	۰/۵۵۰
زیر معیار هزینه تعمیر و نگهداری	۰/٤۱٤	۰/۵۸٦
زیر معیار هزینه دفع زائدات جامد	۰/۳٦۳	۰/٦۳۷
معیار مدیریتی	۰/٤۸۷	۰/۵۱۳
زیر معیار نیاز به مهارت‌های تخصصی	۰/۵٤۷	۰/٤۵۳
زیر معیار سادگی نگهداری	۰/۳۹۸	۰/٦۰۲
زیر معیار دسترسی به تجهیزات	۰/٤۹٦	۰/۵۰٤
زیر معیار پایش آنلاین	۰/٦۱۲	۰/۳۸۸
زیر معیار قابلیت استفاده مجدد از پساب	۰/۵۱۲	۰/٤۸۸
زیر معیار عدم وابستگی خارجی	۰/۳۸۰	۰/٦۲۰
معیار فنی و کاربردی	۰/٤۳۸	۰/۵٦۲
زیر معیار ثبات فرایند	۰/۳۰۹	۰/٦۹۱
زیر معیار انعطاف‌پذیری سیستم	۰/۳۰۹	۰/٦۹۱
زیر معیار سادگی راهبری	۰/۳۲۰	۰/٦۸۰
زیر معیار قابلیت حذف ازت	۰/۵۳۸	۰/٤٦۲
زیر معیار بلوغ فناوری	۰/۳۰۹	۰/٦۹۱

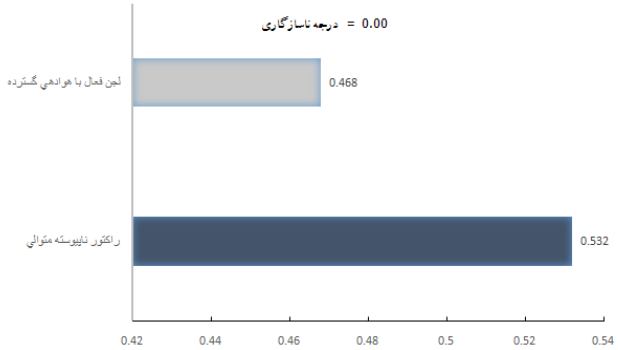


نمودار ۱- نمودار اولویت‌بندی گزینه‌های تصفیه فاضلاب نسبت به معیارهای محیط‌زیستی (a)، اقتصادی (b)، مدیریتی (c) و فنی-کاربردی (d)

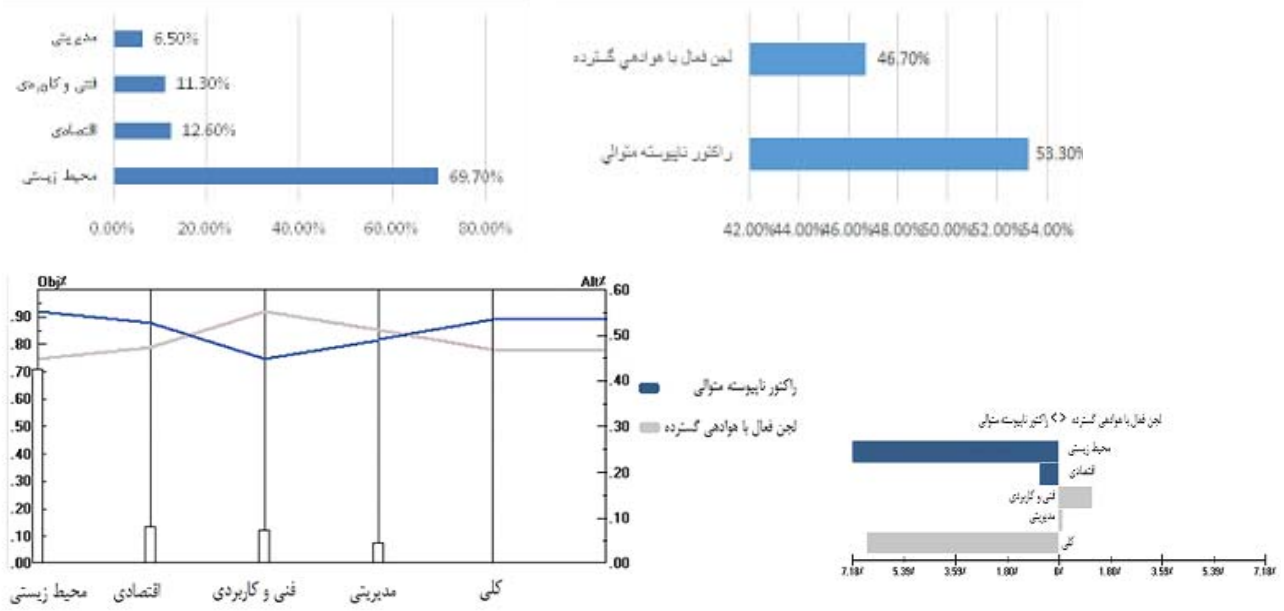
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]



ادامه نمودار ۱- نمودار اولویت‌بندی گزینه‌های تصفیه فاضلاب نسبت به معیارهای محیط‌زیستی (a)، اقتصادی (b)، مدیریتی (c) و فنی-کاربردی (d)



نمودار ۲- نمودار اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به هدف کلی



نمودار ۳- نمودار تحلیل حساسیت نسبت به هدف کلی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

بحث

با توجــه به این‌که هزینه اجرا و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های متمرکــز بسیــار زیاد اســت، در این پژوهش در گــام اول در خصــوص ارزیابی یا پیش‌بینــی دقیق از وضعیت کمی و کیفی فاضلاب‌هــای تولیدی وارد شده به حوضچــه تبخیر از جمله پارامترهایی مانند دبی، چربی، pH، COD، BOD_5، TDS، TSS و فلزات سنگیــن بررسی شد. در این راستا، با توجه به تنوع معیارهای اصلی تاثیرگذار از جمله معیارهای محیط‌زیستی، اقتصادی، مدیریتی و فنــی - کاربردی و زیرمعیارهای آنها، از فنــون تصمیم‌گیــری چند معیــاره استفاده شــد. از آنجا که در حال حاضــر پساب واحد HDPE شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمــی مرکز اراک بدون رعایت معیارهای محیط‌زیستی و بهداشتی لازم، پس از وارد شدن به حوضچه تبخیر برای آبیاری بخشی از فضای سبز شرکت استفاده می‌شود، لذا، در این مطالعه به‌دلیل اهمیت و اولویــت حفظ محیط‌زیست در شرکت و نیز با توجه به وجــود الزامات قانونی در خصوص رعایت مسائل محیط‌زیستــی از جمله لزوم مطابقت کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه با استاندارد، معیارهای محیط‌زیستی و زیرمعیارهای آن بیشتریــن امتیــاز را توسط کارشناسان بــه خود اختصاص دادند. بــر این اساس، فرایند SBR بــا دریافت بیشترین وزن نسبــی معیارهای محیط‌زیستــی (۰/۵۵۲) و همچنین اقتصادی (۰/۵۲۷) و با وزن کلی ۰/۵۳۲ در مقابل روش EAAS با وزن کلــی ۰/٤٦٨، در اولویت قرار گرفــت. در سایر پژوهش‌ها نیز از فرایند AHP به دلیل برخــورداری از قابلیت‌هایی همچون تعمیم‌پذیــری، لحاظ کردن پارامترهــای مختلف، انتخاب چند بعــدی و کمی کردن پارامترهای کیفــی توسط افراد متخصص در مقایســه بــا سایر روش‌هــای تصمیم‌گیری، بــرای انتخاب مناسب‌تریــن روش تصفیه فاضلاب واحدهای صنعتی استفاده شده است. در این رابطه، Tarkian و همکاران (۲۰۱٤) نسبت به مقایسه روش‌های MBR چرخان، MBR ثابت، SBR و EAAS بــرای تصفیه فاضلاب پژوهشگاه صنعت نفت تهران اقــدام کرده و نتیجه گرفتند کــه روش MBR چرخان با وزن نسبــی معیارهای محیط‌زیستــی، اقتصــادی، مدیریتی و فنی- کاربــردی به‌ترتیب برابر بــا ۰/٤۱٦، ۰/۳٤۲، ۰/۳۸۹ و ۰/۳۲۳، در مقایسه با سایر روش‌هــا از اولویت انتخاب برخوردار بود. از طرفــی در مطالعه این پژوهشگــران به‌دلیل حساسیت بالای منطقه ۲۲ تهــران، معیار محیط‌زیستی بــا وزن ۰/۷۱۲ در رتبه اول معیارهــا طبقه‌بندی شد، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۱). Karimi و همکــاران (۲۰۱۱) نیــز با لحاظ کردن معیارهــای محیط‌زیستــی، اقتصــادی، مدیریتی و فنــی فرایند راکتــور بی‌هوازی بستر ثابت با جریــان رو به بالا (UAFB) را در مقایســه با روش‌های راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR)، بستر لجــن بی‌هوازی با جریان رو به بــالا (UASB)، لاگون بی‌هــوازی و فرایند تماس بی‌هــوازی به‌عنــوان مناسب‌ترین روش تصفیه فاضلاب شهرک‌های صنعتی معرفی کردند (۱۷). از طرفــی Dabbaghian و همکــاران (۲۰۰۹) نیز با در نظر گرفتن معیارهــای فنی- کاربردی، اقتصــادی، محیط‌زیستی و اجتماعی، روش اسمــز معکوس با وزن کلی برابر با ۰/۳۰۵ را در مقایســه با روش‌های رسوب‌دهــی شیمیایی، تعویض یونی و نانوفیلتراسیون به‌عنــوان مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری معرفی کردند (۱۸).

نتیجه‌گیری

انتخــاب فنــاوری مناســب بــرای تصفیــه فاضــلاب صنایع پتروشیمی به‌علــت وجود عوامل مداخله‌گــر متنوع، مساله‌ای پیچیده و زمان‌بر است. در ایــن پژوهش پارامترهای تاثیرگذار در تصمیم‌گیــری بــرای انتخــاب یکــی از روش‌های SBR و EAAS به‌عنــوان مناسب‌تریــن گزینــه تصفیــه فاضلاب واحد پلی‌اتیلــن سنگین (High Density Polyethylene (HDP)) شرکــت پژوهش و فنــاوری پتروشیمی مرکز اراک بــا استفاده از نظــرات متخصصان و کارشناســان توسط فرایند AHP با دقت بــالا اولویت‌بندی و گزینه برتر انتخاب شد. بر ایــن اساس، علی‌رغم این‌که روش EAAS از فناوری بالاتر و راهبــری ساده‌تر در مقایسه با روش SBR برخوردار بود، ولی روش SBR به‌واسطه تطابــق بیشتر کیفیت پساب خروجی با استانداردهــای محیط‌زیستی و نیاز به زمین کمتر برای استقرار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

سیستم تصفیه، به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای تصفیه فاضلاب واحد HDPE انتخاب شد. در این پژوهش به‌دلیل محدودیت‌های زمانی و همچنین منابع مالی، صرفا روش‌های SBR و EAAS برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب واحد پلی‌اتیلن سنگین شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی مرکز اراک توسط فرایند AHP مورد ارزیابی قرار گرفتند. بنابراین، توصیه می‌شود در مطالعات آتی، توسط سایر فرایندهای تصمیم‌گیری، دیگر روش‌های رایج تصفیه فاضلاب نیز ارزیابی شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با عنوان "بررسی روش‌های لجن فعال و راکتور ناپیوسته متوالی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه تصفیه فاضلاب صنایع پتروشیمی با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی" با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹٤۲۰۱۲ است.

منابع

1. Sobhanardakani S, Jamali M, Maanijou M. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS. Journal of Environmental Science and Technology. 2014;16(2):25-38 (in Persian).
2. Sobhanardakani S, Razban SS, Maànijou M. Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 2014;18(6):339-48 (in Persian).
3. Sobhanardakani S, Talebiani S, Maànijou M. Evaluation of As, Zn, Pb and Cu concentrations in groundwater resources of Toyserkan Plain and preparing the zoning map using GIS. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014;24(114):120-29 (in Persian).
4. Tchobanoglous G, Burton FL. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
5. Lynn WR, Logan JA, Charnes A. Systems analysis for planning wastewater treatment plants. Journal of Water Pollution Control Federation. 1962;34(6):565-81.
6. Evenson DE, Orlob GT, Monser JR. Preliminary selection of waste treatment systems. Journal of Water Pollution Control Federation. 1969;41(11):1845-58.
7. Shih CS, DeFilippi JA. System optimization of waste treatment plant process design. Journal of Environmental Engineering Division. 1970;96:409-21.
8. Rossman LA. Synthesis of waste treatment systems by implicit enumeration. Journal of Water Pollution Control Federation. 1980;52(1):148-60.
9. Guangming Z, Ru J, Huang G, Xu M, Li J. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. Journal of Environmental Management. 2007;82(2):250-59.
10. Sharifzadegan MH, Fathi H. Environmental vulnerability strategies policies related to development projects in Albroz environmental areas. Environmental Science. 2006;3(2):1-20 (in Persian)
11. Tarkian F, Ghaderi S, Esfahani MM, Sharifi A, Mashhoon F. Selection of the best wastewater treatment alternative for RIPI based on analytical hierarchy process (AHP) and expert choice software. Journal of Water and Wastewater. 2014;25(2):114-21 (in Persian).
12. Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of activated sludge process (extended aeration) in removal of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) from municipal wastewater-case study: wastewater treatment of Paveh City. Journal of Health. 2013;4(3):249-59 (in Persian).
13. Pirsaheb M, Mohamadi M. Evaluation of nitrogen and phosphorous simultaneous removal from hospital wastewater by intermittent cycle extended aeration system (ICEAS). Toloo-e-Behdasht. 2015;14(3):38-50 (in Persian).
14. Mohseni-bandpi A, Bazzari H. Biological treatment of milk factory wastewater by sequencing batch reactor. Journal of Water and Wastewater. 2001;12(3):28-32 (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

15. Monajemi P, Kazemi H. Treatability of petrochemical waste using a pilot scale SBR system. Journal of Water and Wastewater. 2005;16(1):48-53 (in Persian).
16. Anagnostopoulos KP, Gratziou M, Vavatsikos AP. Using the fuzzy analytic hierarchy Process for selecting wastewater facilities at prefecture level. European Water. 2007;19-20:15-24.
17. Karimi AAR, Mehrdadi N, Hashemian SJAD, Nabi Bidhendi GR, Tavakoli Moghadam R. Using AHP for selection the best wastewater treatment process. Journal of Water and Wastewater. 2011;21(4):2-12 (in Persian).
18. Dabbaghian MR, Hashemi SH, Ebadi T. Technical, economical and environmental evaluation of plating industrial wastewater treatment methods using AHP. Journal of Environmental Science and Technology. 2009;11(3):107-15 (in Persian).
19. Tang SL, Ellis KV. Wastewater treatment optimization model for developing world. II: Model testing. Journal of Environmental Engineering. 1994;120(3):610-24.
20. Linkov I, Satterstrom FK, Steevens J, Ferguson E, Pleus RC. Multi-criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. Journal of Nanoparticle Research. 2007;9(4):543-54.
21. Peniwati K. Criteria for evaluating group decision-making methods. Mathematical and Computer Modelling. 2007;46(7-8):935-47.
22. Boroushaki S, Malczewski J. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. Computers & Geosciences. 2008;34(4):399-410.
23. Eaton AD, Franson MAH. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
24. Saaty RW. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. Mathematical Modelling. 1987;9(3-5):161-76.
25. Ghodsipour H. Analytical Hierarchy Process (AHP). Tehran: Amirkabir University of Technology Publication; 2016 (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Selection of the best wastewater treatment alternative for HDPE unit of petrochemical research and technology company-Arak center based on the analytical hierarchy process

R Bagheri, S Sobhanardakani*, B Lorestani

Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 1 July 2017
Revised: 19 September 2017
Accepted: 24 September 2017
Published: 12 December 2017

Key words: Multi-criteria decision-making approach, Industrial wastewater, Petrochemical research and technology company, Inconsistency ratio

***Corresponding Author:**
s_sobhan@iauh.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: In countries such as Iran that are facing with water scarcity and water crisis, paying attention to the quantity, quality and sustainable use of water resources is very significant. Petrochemical processes discharge pollutants into the environment, contaminating surface water resources. Therefore, treatment of the wastewater of these industries is necessary. Due to the capabilities of AHP process such as generalization, consideration of various parameters, multi-dimensional selection and quantifying the qualitative parameters by experts, the current study was carried out to select the best wastewater treatment alternative for HDPE plant of petrochemical research and technology company-Arak center based on AHP in 2016.

Materials and Methods: In this study, both sequencing batch reactors (SBR) and extended aeration activated sludge (EAAS) systems based on environmental, technical-functional, economic and management criteria's according to the expert's opinion were weighted. Then, the paired comparisons of the selected wastewater treatment systems for each criterion were developed. Finally, the results were analyzed to select the best wastewater treatment systems for HDPE unit of petrochemical industries using Expert Choice11 Software.

Results: The results showed that the SBR wastewater treatment system was the best method for the wastewater treatment of HDPE plant of petrochemical research and technology company-Arak center as compared with the ESSA system. Also, consistency ratio was ranged from 0 to 0.10 in all emphases. Based on the results of the sensitivity analysis, the SBR system had the highest priority of economic and environmental criteria. The ESSA system had the highest priority of technical-functional and management criteria.

Conclusion: Based on the results, although ESSA method requires more maintainance and management than the SBR method, due to increasing requirement for the compliance of the output effluent quality with permissible limits and the need for less land for the establishment of the treatment plant, the SBR method was selected to be the most suitable process for HDPE plant wastewater treatment.

Please cite this article as: Bagheri R, Sobhanardakani S, Lorestani B. Selection of the best wastewater treatment alternative for HDPE unit of petrochemical research and technology company-Arak center based on the analytical hierarchy process. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):293-304.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-08]