



فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

۱۶۷-۱۸۰

انتخاب بهترین روش ساماندهی پساب کارخانه فراوری ماهی با توجه به مدل (AHP) کارخانه فراوری ماهی میرود

مرضیه آقاسی* و ناصر مهردادادی

^۱ گروه شیلات و محیط زیست، موسسه آموزش عالی تجن، قائمشهر، مازندران، ایران

^۲ گروه عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷

آقاسی، م. و ن. مهردادادی. ۱۳۹۷. انتخاب بهترین روش ساماندهی پساب کارخانه فراوری ماهی با توجه به مدل (AHP) کارخانه فراوری ماهی میرود. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۳): ۱۶۵-۱۷۸.

سابقه و هدف: صنعت فراوری ماهی تولید کننده مقدار زیادی از مواد زائد جامد و پساب است. پساب فراوری ماهی به طور عمده شامل پساب حاصل از پردازش اولیه ماهی خام، شستشوی کارخانه و زائدات خام باقی مانده (خون، امعا و احشا و...) است. چربی بالای موجود در پساب شهرک صنعتی میرود باعث ایجاد مشکل تصفیه، دفع و بحران‌های محیط زیستی گردیده است. هدف از این مطالعه انتخاب بهترین روش ساماندهی و استفاده از پساب کارخانه فراوری ماهی با توجه به پرکاربردترین تکنولوژی‌های جهانی مدیریت پساب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process) AHP و شناسایی روش‌های ممکن تصفیه فاضلاب، از بین گزینه‌های صافی چکنده، لاگون هوادهی، هضم بی هوازی و لجن فعال با استفاده از معیارهای فنی، اقتصادی، محیط زیستی و مدیریتی به تشخیص بهترین روش ساماندهی این پساب پرداخته شد.

نتایج و بحث: با توجه به نتایج حاصل از AHP روش لجن فعال با امتیاز ۰/۴۱۷ در اولویت اول و لاگون هوادهی، هضم بی هوازی و صافی چکنده به ترتیب با امتیازهای ۰/۲۸۴، ۰/۲۴۶ و ۰/۰۵۲ در اولویت‌های بعدی با توجه به نظر متخصصین قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: بررسی‌های نهایی نشان داد که بهترین روش استفاده از پساب کارخانه فراوری با توجه به معیارها و زیر معیارهای فنی، مدیریتی، محیط زیستی و اقتصادی، روش لجن فعال بود.

واژه‌های کلیدی: AHP، آلودگی زیست محیطی، پساب فراوری ماهی، مدیریت پساب.

مقدمه

* Corresponding Author. E-mail Address: Marziyeh.aghasi@gmail.com

(COD)، مواد جامد محلول کل (TSS)، نیترژن کجدال کل (TKN) و BOD می‌باشد (Mines Jr and Robertson, 2003). بار آلودگی فاضلاب کارخانه‌های کنسرو به شدت به نوع ماهی فراوری شده بستگی دارد. علاوه بر این، حجم و ویژگی‌های تغییر پساب نهایی به طور قابل توجهی در طول روز، به جریان راه اندازی، پساب پخت و پز، فاضلاب تولید شده در طول استریلیزاسیون، مواد پاک کننده موجود در پساب و غیره وابسته است. اولین قدم برای اجرای یک راه حل جامع در یک صنعت این است که بررسی احتمالات برای جلوگیری و یا کاهش ضایعات در منبع را، از طریق اقدامات پیشگیرانه مانند حذف مواد خام و تغییرات تکنولوژیک، رویه‌های تولیدی مناسب و غیره ایجاد نماییم. بسیاری از این اقدامات به سادگی قابل انجام و دارای هزینه‌های پایین هستند. استفاده از این اقدامات حجم و محتوای زباله را کاهش داده و در نتیجه اجازه می‌دهد اشکال استفاده از ضایعات ساده‌تر و مقرون به صرفه‌تر باشد (Wang *et al.*, 2007) در سال‌های گذشته مطالعات و مدل‌های بهینه سازی زیادی برای یافتن بهترین گزینه تصفیه فاضلاب ارائه شده است که توجه اکثر آن‌ها فقط به هزینه‌های سرمایه گذاری و بهره برداری بوده است، در حالی که همواره بهترین گزینه تصفیه، ارزان‌ترین گزینه نیست (Mara *et al.*, 2017; Parvathy *et al.*, 2003) آنالیز استوپولوس و همکاران در سال ۲۰۰۷ ارزیابی روند تصفیه فاضلاب را با استفاده از معیارهای اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی به وسیله AHP فازی انجام دادند (Gratziou *et al.*, 2007). پوفالی و همکاران در سال ۲۰۱۱ تلفیقی از روش‌های AHP و GRA را به منظور دستیابی به گزینه بهینه تصفیه فاضلاب صنعت دباغی مورد استفاده قرار دادند. در این مطالعه اطلاعات مربوط به هفت صنعت دباغی و فرآیندهای تصفیه آن‌ها بر اساس عملکرد فنی، سود اقتصادی و معیارهای مدیریتی ارزیابی و مقایسه گردیده و بهترین فرآیند تصفیه انتخاب شده است (Chelani *et al.*, 2011). انتخاب بهترین فرآیند برای

با توسعه صنعت آبرزی پروری، توجه به بهره برداری، روش های مقرون به صرفه، کارا و سازگار با محیط‌زیست و همچنین زیست پایایی، جهت پیشگیری از آلودگی و بهبود کیفیت پساب قبل از تخلیه آن به مناطق حساس لازم خواهد بود (Quitain *et al.*, 2001) گسترش جهانی پرورش انواع ماهی‌های دریایی و همچنین رشد سراسری تولید آبریان در ۳۰ سال گذشته باعث افزایش نگرانی و آگاهی از اثرات محیط زیستی آن گشته است (Lupatsch, 2003). فاضلاب تولید شده از فعالیت های کشاورزی و صنایع غذایی دارای ویژگی‌های متمایزی است که می‌توان آن را جدا از فاضلاب شهری برای کارخانه‌های دولتی و یا خصوصی در کل جهان مدیریت کرد. این پساب حاوی غلظت بالایی از اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و مواد جامد معلق (SS) می‌باشد. ترکیبات موجود در مواد غذایی و پساب کشاورزی تحت تاثیر تفاوت BOD و pH موجود در پساب، فصل پردازش کارخانه های مواد غذایی و زمان برداشت محصولات بوده و پیش بینی این ترکیبات نیز کار پیچیده ای می‌باشد. صنایع غذایی و کشاورزی خود را نیازمند روش‌های نوین برای مقابله با مشکل رو به رشد و پر هزینه فاضلاب و دفع آن می‌بیند (Metcalf and Eddy, 2003). فاضلاب حاصل از صنایع فرآوری محصولات غذایی دریایی، حاوی غلظت‌های بالایی از آلاینده‌ها شامل مواد معلق، مواد آلی و مواد مغذی می‌باشد. با تخلیه این فاضلاب به دریا، ممکن است کیفیت آب و اکوسیستم‌های آبی رو به زوال رود (Viraraghavan *et al.*, 2010). صنعت فراوری ماهی یکی از مهم‌ترین صنایع از نظر غلظت آلاینده‌های آلی و ترکیبات سمی در بین صنایع غذایی می‌باشد (Wang *et al.*, 2007). آلودگی‌های موجود در فاضلاب این صنایع عمدتاً به شکل محلول، کلوئیدی و معلق هستند که درجه این آلودگی‌ها به نوع فرآیند تولید، مانند شستن، تمیز کردن و قطعه قطعه کردن ماهی‌ها بستگی دارد. درجه آلودگی‌ها با چندین پارامتر قابل بررسی است که مهم‌ترین آن‌ها شامل فسفر کل (TP)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی

هضم بی‌هوازی (Kim et al., 2003; Garrido et al., 2003) و ترکیبی شامل بیوراکتور با غشاء اولترافیلتراسیون است (Belkacem et al., 2007). استفاده از روش آناموکس (اکسیداسیون بی‌هوازی اتوتروف آمونیاک) پس از هضم بی‌هوازی و تصفیه در یک راکتور شارون توسط مورا و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (Campos et al., 2006) در رابطه با تصفیه هوازی، سیستم لجن فعال هواده بیشتر اوقات استفاده شده است (Viraraghavan et al., 2010) به علت وجود غلظت‌های بالایی از مواد معلق در این فاضلاب‌ها، تصفیه مقدماتی امری ضروری است. این تصفیه توانایی حذف ۸۵ درصد مواد معلق و ۶۵ درصد BOD را داراست. همچنین این نوع فاضلاب‌ها دارای مقادیر زیادی COD، روغن و چربی هستند که به جدا سازی ثقلی نیازمندند. هر چند انعقاد و لخته سازی برای حذف نمک از فاضلاب‌های شور مثل فاضلاب حاصل از فرآوری محصولات غذایی دریایی مناسب نیست، اما می‌توان با استفاده از این فرآیند به عنوان پیش تصفیه، میزان زیادی بار آلی فاضلاب را حذف نمود (Atwell et al., 1997).

هدف از این مطالعه انتخاب بهترین روش ساماندهی و استفاده از پساب کارخانه فراوری ماهی با توجه به پرکاربردترین تکنولوژی‌های جهانی مدیریت پساب می‌باشد که به این منظور از مدل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌گردد.

مواد و روش‌ها

روش تصمیم‌گیری چند معیاره

تصمیم‌گیری چند معیاره با فراهم نمودن یک روش تحلیل سیستماتیک، مسائل فنی موجود را با اطلاعات اقتصادی ترکیب نموده و گزینه‌ها را رتبه بندی می‌نماید (Keisler et al., 2011). تصمیم‌گیری چند معیاره، برای انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود با توجه به چندین شاخص تصمیم‌گیری به کار میرود (Mianabadi and Afshar, 2008) فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره،

تصفیه فاضلاب اهمیت بسیاری دارد، اما در این راستا مطالعات کمی با استفاده از تکنولوژی علمی صورت گرفته است. کریمی و همکاران با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS فازی فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی موجود در شهرک‌های صنعتی ایران را مورد بررسی قرار دادند (Mehrdadi et al., 2010). فرآیند بی‌هوازی برای تصفیه فاضلاب و هضم لجن قابل استفاده است. این فرآیند یک روش تصفیه بیولوژیکی کارآمد بوده که قادر به تصفیه انواع پسماندهای آلی است. به دلیل اینکه در فرآیندهای بی‌هوازی محدودیت‌های انتقال اکسیژن که در فرآیندهای هوازی وجود دارد، دیده نمی‌شود، این فرآیند برای تصفیه فاضلاب‌های با بار آلی بسیار بالا مناسب است. جهت پیشگیری از آلودگی‌های ناشی از فرآوری محصولات غذایی دریایی، تصفیه این گونه فاضلاب‌ها امری ضروری است که روش تصفیه بستگی به شرایط زیست محیطی هر منطقه دارد (Sanders et al., 2004). مهم‌ترین روش‌های پیشنهادی شامل لجن فعال، لاگون هواده‌ی، برکه تثبیت، صافی چکنده، دیسک‌های بیولوژیکی چرخان و همچنین روش‌های بی‌هوازی می‌باشد. متداول‌ترین روش تصفیه این گونه فاضلاب‌ها روش لجن فعال است، اما وجود نمک با غلظت‌های بالا باعث کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی و در نتیجه کاهش راندمان تصفیه می‌شود (Hung et al., 2004). با توجه به تخریب مواد آلی، فاضلاب صنایع غذایی به طور عمده توسط فرآیند بیولوژیکی مورد تصفیه قرار می‌گیرد، زیرا این پساب به طور معمول غنی از مواد آلی و مواد غذایی می‌باشد. هدف اصلی از این تصفیه عمدتاً کاهش مقدار ماده آلی با استفاده از میکروارگانیزم یا با اکسیداسیون و یا الحاق به سلول‌های جدید است. اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به طور قابل توجهی با کاهش فعالیت‌های میکروبی کاهش می‌یابد. تصفیه بیولوژیکی به طور کلی شامل استفاده از هضم بی‌هوازی و یا فرآیندهای هوازی می‌باشد. حذف COD پساب حاصل از پردازش ماهی شامل فرآیندهای

جهت حرکت کمتر نمونه در ساعت ۱۰:۳۰ صبح از شهرک صنعتی می‌رود واقع در بابلسر با استفاده از ظروف شیشه‌ای نمونه‌گیری شد و پس از یک ساعت به آزمایشگاه منتقل گردید و اندازه‌گیری‌های اولیه پساب برای BOD، COD و TDS بر اساس روش‌های استاندارد آب و فاضلاب تعیین گردید. pH به وسیله pH متر قلمی (مدل ۹۹۷۲۰) مجهز به تنظیم دما اندازه‌گیری شد (Sanders et al., 2004). روش نمونه‌گیری به صورت سرشماری انجام گرفت که در کل شامل ۵۰ پرسشنامه بود بر اساس تحقیقات میدانی که توسط پرسشنامه انجام شد، در مجموع ۳۱ پرسشنامه توسط ۴ گروه از متخصصین شیلات، محیط زیست، مدیریت پسماند و بهداشت محیط با مدارک کارشناسی ارشد و دکترای مورد ارزیابی قرار گرفت و تعداد ۱۹ پرسشنامه به دلایل برخی نواقص و اشتباه حذف گردید. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه بود که توسط محقق و با توجه به مقالات جمع‌آوری گردید.

پرسشنامه

پرسش‌نامه شامل ۵ ماتریس مقایسه زوجی بود. در ماتریس اول که یک ماتریس ۴×۴ بود میزان اهمیت ۴ معیار (زیست محیطی، فنی، مدیریتی و اقتصادی) نسبت به هدف (انتخاب بهترین روش ساماندهی پساب) ارزیابی شد. در این ماتریس‌ها میزان اهمیت گزینه‌ها نسبت به معیارها و زیر معیارها بررسی شد. نحوه امتیاز دهی به پارامترها نیز به صورت ماتریس‌های مقایسه زوجی و به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه و سپس با توجه به جدول ۱ امتیاز دهی شدند.

اهداف، معیارها، گزینه‌ها، تبدیل مقیاس معیارها به واحدهای متناسب، تعیین وزن معیارها برای تعیین اهمیت نسبی آن‌ها، انتخاب و کاربرد الگوریتم ریاضی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها و انتخاب گزینه برتر را تعریف می‌کند (Mehrdadi et al., 2010). فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره شامل چهار مرحله اساسی است: ۱- شناسایی و ارزیابی، ۲- وزن دهی، ۳- انتخاب گزینه برتر با استفاده از یک روش MADM و ۴- آنالیز حساسیت و انتخاب گزینه نهایی، می‌باشد. در مرحله شناسایی و ارزیابی، شناسایی تصمیم‌گیران، انتخاب معیارها و مشخص کردن گزینه‌ها انجام شده و ارزیابی گزینه‌ها در مقابل معیارها و زیر معیارها توسط شرکت کنندگان صورت می‌گیرد. (Fogel et al., 1988) هدف از این روش، شناسایی گزینه برتر و همچنین تعیین رتبه گزینه‌ها با لحاظ نمودن هم‌زمان کلیه معیارهای تصمیم‌گیری می‌باشد (Jiang et al., 2007)

مطالعه موردی

شهرک صنعتی می‌رود فاز ۱ واقع در استان مازندران، شهرستان بابلسر، جاده بهنمیر، روستای می‌رود شهرک صنعتی می‌رود است. این شهرک دارای تعداد ۷ واحد کنسروسازی، ۵ واحد پودر ماهی ۲ واحد قوطی سازی ۲ واحد فیله و بسته‌بندی و ۱ واحد خوراک آبزیان - ۱ واحد روغن ماهی و ۲ واحد متفرقه می‌باشد.

روش نمونه‌گیری

این مطالعه از نوع تحلیلی توصیفی می‌باشد که به انتخاب بهترین روش تصفیه پساب کارخانه ماهی پرداخته است. جهت بررسی کیفیت پساب ۵ لیتر از پساب نهایی کارخانه ماهی واحد کنسروسازی که از ماهی هوور استفاده می‌کردند و ۵ لیتر از پساب نهایی واحد کنسروسازی که به پخت زرده مشغول بودند با رعایت اصول نمونه‌گیری و سعی در ثابت بودن شرایط

جدول ۱- مقایسه مقیاس‌های AHP

Table 1. Comparisons between AHP scales

مقادیر بینابینی Intermediate values	ترجیح بی نهایت Absolute (extreme) Importance	ترجیح خیلی قوی Very strong importance	ترجیح قوی Strong importance	ترجیح متوسط Moderate importance	ترجیح برابر Equal importance	طبقه بندی Classification
8, 6, 4, 2	9	7	5	3	1	شدت وزن Intensity of weight

جدول ۲- مقایسه میانگین پساب کارخانه فراوری ماهی با کیفیت فاضلاب صنایع غذایی بر اساس استانداردهای محیط زیست
 Table 2. Comparison between the mean wastes of the fish processing plant and the quality of industrial wastewater based on environmental standards

Tss (Mg/l)	pH -	BOD (Mg/l)	COD (Mg/l)	
7137	6.73	30460.67	60906	میانگین در کارخانه شماره ۱ Average at factory number 1
575	6.73	8649	17858.33	میانگین در کارخانه شماره ۲ Average at factory number 2
473	8.7	1412	1494	میانگین کیفیت فاضلاب صنایع غذایی (استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست) Mean quality of Food industry waste water (Environmental Protection Agency Standards Life)

شد. سپس وزن نسبی مربوط به شاخص‌های هر معیار تعیین و ماتریس‌های مربوطه تشکیل شد. وزن نسبی معیارهای اصلی با توجه به هدف اصلی و با استفاده از نرم افزار Expert choice 11 انجام شد.

پس از گردآوری اطلاعات و ایجاد ماتریس زوجی، هدف اصلی در بالاترین بخش و بعد از آن معیارها و زیر معیارها و در پایین‌ترین بخش گزینه‌ها قرار گرفتند. انجام مقایسات زوجی معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم افزار Expert Choice 11 که به منظور تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود، انجام شد. ماتریس حاصل از مقایسه‌های زوجی با استفاده از فرمول زیر نرمال شد:

$$n_{ij} = \left[\frac{a_{ij}}{j} = t_0 \dots 1n \sum n_{ij} \right] (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

پس از محاسبه ماتریس نرمال، وزن نهایی گزینه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$W = [j = 1 \text{ to } n \sum \frac{n_{ij}}{nx}] \quad (2)$$

وزن گزینه‌ها پس از تکمیل توسط خبرگان مشخص شد و سپس سلسله مراتب مقایسه‌ها ایجاد و نتایج مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۲ و جدول ۳).

آنالیزهای آماری

در این تحقیق، ابتدا با توجه به مشکلات محیط زیستی ایجاد شده توسط پساب تولیدی کارخانه فراوری به اندازه گیری کیفیت آن پرداخته و سپس این نتایج با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه شد (جدول ۱).

با توجه به این نتایج، میزان بالای BOD، COD، بار آلودگی بالای موجود و عدم تصفیه مناسب در شهرک صنعتی می‌رود، امکان ورود این پساب به چرخه آب‌های زیرزمینی و آلودگی آن‌ها وجود دارد. در نهایت برای حل این مشکل نیازمند به انتخاب روش مناسبی جهت تصفیه می‌باشیم بنابراین به بررسی و انتخاب بهترین روش ساماندهی پساب کارخانه کنسرو ماهی با استفاده از روش AHP پرداخته شد. پس از اندازه گیری وزن معیارهای اصلی که شامل معیار زیست محیطی، فنی، مدیریتی و اقتصادی بودند، ماتریس مربوطه تشکیل و میانگین گیری

نتایج و بحث

مورد نیاز، در اهمیت‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده از نظر متخصصین و وزن داده‌ها لجن فعال در قسمت زیست محیطی بیش‌ترین وزن و به عبارتی بهترین انتخاب با توجه به این معیار می‌باشد. بعد از آن هضم بی‌هوازی، لاگون هوادهی و صافی چکنده به ترتیب قرار گرفتند. این نتیجه با نتایج کالبار و همکاران مطابقت داشت (Kalbar, Karmakar *et al.*, 2012). در تحقیقات مشابه نیز هزینه‌های سرمایه و عملیاتی (Ashtiani, Jamshidi *et al.*, 2015) خطرات محیط زیستی مصرف انرژی و تولید، و پتانسیل احیاء و درآمدهای آن به عنوان پارامترهای تاثیرگذار برای انتخاب فرآیند اعلام شد (Jamshidi, Ardestani *et al.*, 2016 a; Jamshidi, Ardestani *et al.*, 2016 b; Jamshidi, Niksokhan *et al.* 2016c)

نتایج وزن دهی نشان می‌دهد که در معیار مدیریتی لاگون هوادهی از درجه اهمیت بالایی ۰/۴۱۷ قرار گرفت و بعد از آن لجن فعال و هضم بی‌هوازی به ترتیب در اولویت قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که بهترین گزینه از لحاظ مدیریتی برای انتخاب بهترین فرایند تصفیه لاگون هوادهی می‌باشد. صافی چکنده با امتیاز ۰/۰۷ در پایین‌ترین درجه اهمیت قرار گرفت. در تحقیقی دیگر منزوی به بررسی صافی چکنده و معایب و مزایای آن پرداخت (Monzavi, 2014). با توجه به امتیاز صافی چکنده توسط متخصصین به عنوان کم اهمیت‌ترین روش نسبت به بقیه و کم‌وزن‌تر بودن این روش نسبت به سیستم لجن فعال، نتایج با نتایج ترکاشوند و شهیدی مبنی بر بهتر بودن امکان بهینه‌سازی عملکرد صافی چکنده نسبت به لجن فعال، مطابقت نداشت (2008, Shahidi and Torkashvand)

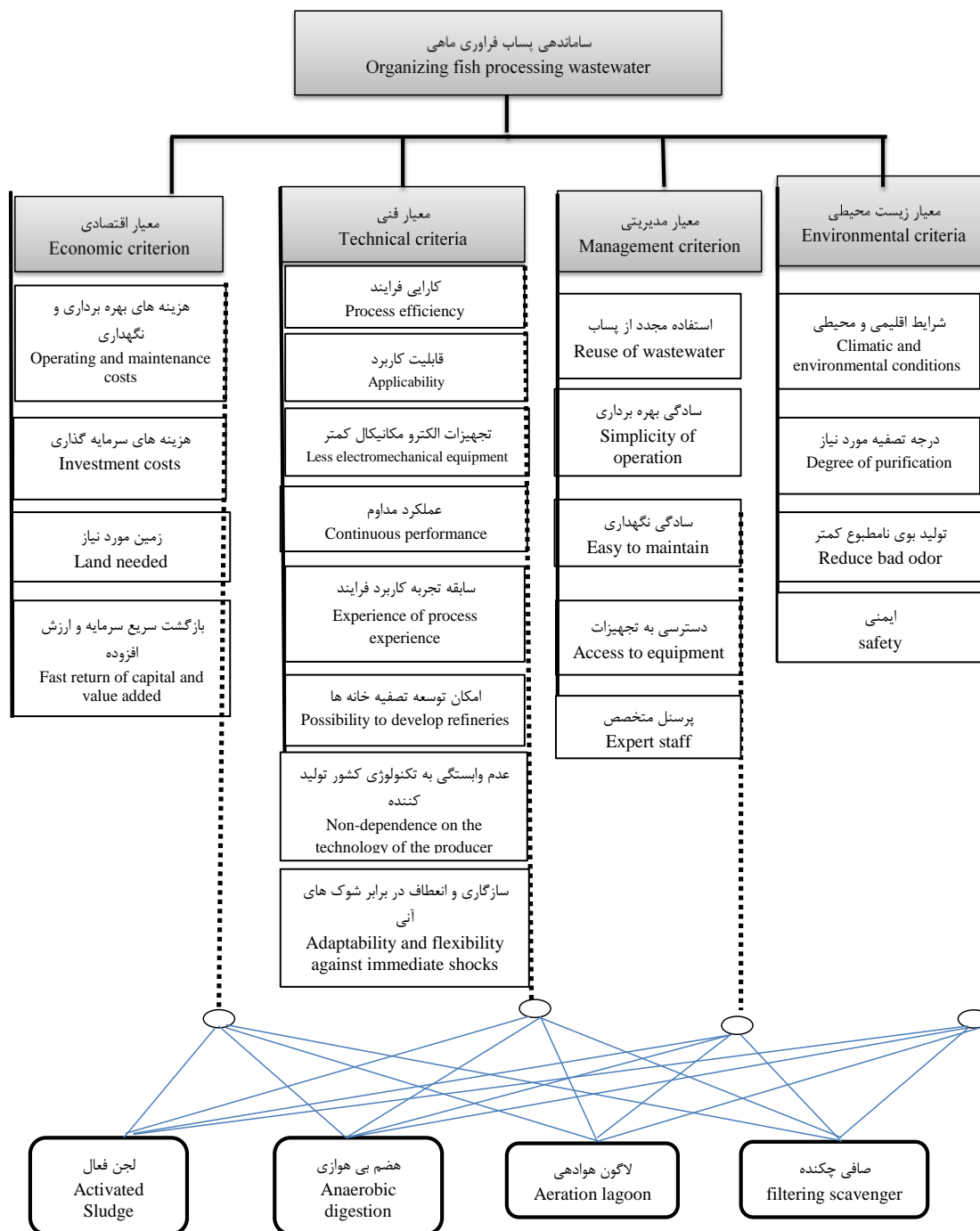
به دلیل قطعی نبودن نتایج در مراحل مختلف تصمیم‌گیری و با توجه به اینکه وزن نهایی گزینه‌ها دارای بیش‌ترین تاثیر در انتخاب است، نیازمند این هستیم که قبل از انتخاب گزینه نهایی تحلیل حساسیت انجام دهیم. در انجام تحلیل

با توجه به نتایج مربوطه (تصویر ۲)، شرایط اقلیمی و محیطی منطقه با بیش‌ترین وزن مهم‌ترین عامل زیست محیطی است که باید در انتخاب فرایند تصفیه پساب با توجه به شرایط جغرافیایی شهرک صنعتی مورد توجه قرار گیرد. پس از شرایط اقلیمی و محیطی منطقه درجه تصفیه مورد نیاز و تولید نامطبوع کمتر قرار گرفتند و زیر معیار ایمنی برای از بین‌گزینه‌های انتخاب شده با توجه به نظر متخصصین (تصویر ۲) زیر معیار سادگی بهره‌برداری در معیار مدیریتی با امتیاز ۰/۳۸۸ مهم‌ترین زیر معیار شناخته شده برای اخذ تصمیمات بعدی در رابطه با معیار مدیریتی قرار گرفت. پس از آن زیر معیار دسترسی به تجهیزات با اختلاف اندکی ۰/۳۱۵ مبنای نظر متخصصین را در بر گرفت. استفاده مجدد از پساب، نیاز به پرسنل متخصص در اهمیت‌های بعدی و در آخر سادگی نگهداری دارای کمترین اهمیت بود. در تحقیقی که توسط کریمی و همکاران صورت گرفت نیز زیر معیارهای سادگی بهره‌برداری، سادگی نگهداری مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۲) کارایی فرایند با امتیاز ۰/۲۵۶ در رتبه‌ی اول زیر معیار فنی قرار گرفت. پس از آن قابلیت کاربرد با امتیاز ۰/۲۲۵ در درجه‌ی دوم اهمیت قرار گرفت. در زیر معیار فنی سابقه و تجربه کاربرد فرایند با امتیاز ۰/۰۲۱ در آخرین درجه از اهمیت در بین زیر معیارهای فنی با توجه به نظر متخصصین قرار گرفت. در بررسی کریمی و همکاران نیز کارایی فرایند در تصفیه بی‌هوازی بیش‌ترین امتیاز را کسب نمود (Mehrdadi *et al.*, 2010)

از بین گزینه‌های انتخاب شده با توجه به نظر متخصصین زیر معیار هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری با امتیاز ۰/۶۴۷ مهم‌ترین زیر معیار شناخته شده برای اخذ تصمیمات بعدی در رابطه با معیار اقتصادی قرار گرفت (جدول ۲). پس از آن زیر معیار هزینه‌های سرمایه‌گذاری با اختلاف زیادی و با امتیاز ۰/۲۰۷ نظر متخصصین را در بر گرفت. بازگشت سریع سرمایه و ارزش افزوده و زمین

های اصلی پایداری گزینه‌ها بررسی شد و لجن فعال در تحلیل حساسیت نیز در اولویت اول قرار گرفت.

حساسیت امکان تغییر اولویت بندی ها وجود دارد (Mehrdadi et al., 2010) در تحلیل حساسیت انجام شده که با توجه جدول ۳ با تغییر درصد وزنی بین اولویت بندی



شکل ۱ - ساختار سلسله مراتبی انتخاب بهترین فرایند تصفیه پساب کارخانه ماهی

Fig. 1- Hierarchical structure selection of the best fish wastewater treatment

جدول ۳- وزن معیارها و شاخص ها برای انتخاب بهترین فرایند تصفیه پساب کارخانه کنسرو ماهی

Table 3. The weight of criteria and indices for selecting the best process of wastewater treatment in a canned fish factory

وزن شاخص	شاخص ها	وزن معیارها	معیارها
۰ / ۴۶۰	شرایط اقلیمی و محیطی منطقه Climatic and environmental conditions		
۰ / ۳۲۵	درجه تصفیه مورد نیاز Degree of purification	۰ / ۵۴۰	زیست محیطی Environmental
۱۴۹ / ۰	تولید بوی نامطبوع کمتر Reduce bad odor		
۰ / ۰۶۷	ایمنی safety		
۰ / ۳۸۸	سادگی بهره برداری Simplicity of operation		
۰ / ۳۱۵	دسترسی به تجهیزات Access to equipment		
۰ / ۱۷۶	استفاده مجدد از پساب Re-use of wastewater	۰ / ۲۷۴	مدیریتی administration
۰ / ۰۷۷	نیاز به پرسنل متخصص Expert staff		
۰ / ۰۴۴	سادگی نگهداری Easy to maintain		
۰ / ۲۵۶	کارایی فرآیند Process efficienc		
۰ / ۲۲۵	قابلیت کاربرد Applicability		
۰ / ۱۹۷	عملکرد مداوم Continuous performance		
۰ / ۱۲۳	سازگاری و انعطاف در برابر شوک های آنی Adaptability and flexibility against immediate shocks	۰ / ۱۷۸	فنی Technical
۰ / ۰۷۴	عدم وابستگی به تکنولوژی کشور تولید کننده Non-dependence on the technology of the producer country		
۰ / ۰۶۴	تجهیزات الکترو مکانیکال کمتر Less electromechanical equipment		
۰ / ۰۳۹	امکان توسعه تصفیه خانه ها Possibility to develop refineries		
۰ / ۰۲۱	سابقه و تجربه کاربرد فرآیند Experience of process experience		
۰ / ۶۴۷	هزینه های بهره برداری و نگهداری Operating and maintenance costs		
۰ / ۲۰۷	هزینه های سرمایه گذاری Investment costs	۰ / ۰۸۶	اقتصادی Economical
۰ / ۱۰۷	بازگشت سریع سرمایه و ارزش افزوده Investment costs		
۰۳۹ / ۰	زمین مورد نیاز Land needed		

جدول ۴- وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیارها

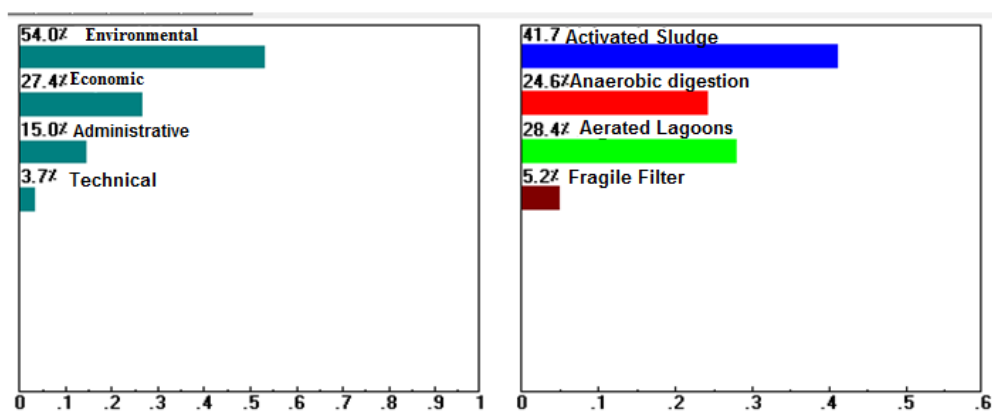
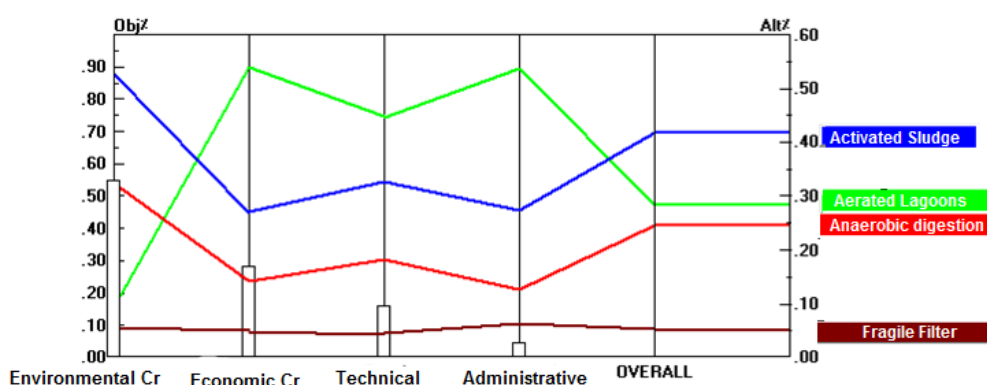
Table 4. The relative weight of options compared to the criteria

صافی چکنده Trickling filter	هضم بی هوازی Anaerobic digestion	لجن فعال Active sludge	لاگون هوادهی Aeration lagoon	معیارها criteria
۰/۰۵۵	۰/۳۲۵	۰/۵۲۷	۰/۰۹۳	معیار های زیست محیطی (C ₁) Environmental
۰/۰۷۰	۰/۳۳۷	۰/۴۸۷	۰/۱۰۶	شرایط اقلیمی و محیطی منطقه (I ₁) Climatic and environmental conditions درجه تصفیه مورد نیاز (I ₂)

۰/۰۴۱	۰/۳۰۸	۰/۵۶۵	۰/۰۸۶	Degree of purification (I ₃) تولید بوی نامطبوع کمتر
۰/۰۳۸	۰/۳۱۸	۰/۵۶۷	۰/۰۷۸	Reduce bad odor (I ₄) ایمنی
۰/۰۵۶	۰/۳۳۰	۰/۵۳۶	۰/۰۷۹	safety
۰/۰۶۳	۰/۱۲۸	۰/۲۷۲	۰/۵۳۸	مدیریتی (C ₂) administration
۰/۰۶۴	۰/۱۱۵	۰/۲۸۴	۰/۵۳۷	سادگی بهره برداری (I ₅) Simplicity of operation
۰/۰۶۸	۰/۱۶۱	۰/۲۵۵	۰/۵۱۶	دسترسی به تجهیزات (I ₆) Access to equipment
۰/۰۵۵	۰/۱۰۲	۰/۲۷۰	۰/۵۷۴	استفاده مجدد از پساب (I ₇) Re-use of wastewater
۰/۰۵۴	۰/۱۰۸	۰/۳۱۷	۰/۵۲۱	نیاز به پرسنل متخصص (I ₈) Expert staff
۰/۰۷۰	۰/۱۲۹	۰/۲۱۵	۰/۵۸۶	سادگی نگهداری (I ₉) Easy to maintain
۰/۰۴۵	۰/۱۸۳	۰/۳۲۴	۰/۴۴۸	فنی (C ₃) Technical
۰/۰۴۴	۰/۱۶۸	۰/۲۷۴	۰/۵۱۳	کارایی فرآیند (I ₁₀) Process efficienc
۰/۰۴۸	۰/۱۶۱	۰/۲۸۶	۰/۵۰۵	قابلیت کاربرد (I ₁₁) Applicability
۰/۰۴۴	۰/۲۷۴	۰/۵۱۳	۰/۱۶۸	عملکرد مداوم (I ₁₂) Continuous performance
۰/۰۴۱	۰/۱۳۸	۰/۲۶۸	۰/۵۵۳	سازگاری و انعطاف در برابر شوک های آنی (I ₁₃) Adaptability and flexibility against immediate shocks
۰/۰۴۸	۰/۱۷۸	۰/۳۰۰	۰/۴۷۴	عدم وابستگی به تکنولوژی کشور تولید کننده (I ₁₄) Non-dependence on the technology of the producer country
۰/۰۴۴	۰/۱۳۴	۰/۲۷۹	۰/۵۴۲	تجهیزات الکترو مکانیکال کمتر (I ₁₅) Less electromechanical equipment
۰/۰۴۵	۰/۱۸۵	۰/۲۴۵	۰/۵۲۴	امکان توسعه تصفیه خانه ها (I ₁₆) Possibility to develop refineries
۰/۰۴۲	۰/۱۴۹	۰/۲۷۲	۰/۵۳۶	سابقه و تجربه کاربرد فرآیند (I ₁₇) Experience of process experience
۰/۰۴۴	۰/۱۴۳	۰/۲۷۲	۰/۵۴۱	اقتصادی (C ₄) Economical
۰/۰۴۱	۰/۱۴۰	۰/۳۱۸	۰/۵۰۱	هزینه های بهره برداری و نگهداری (I ₁₈) Operating and maintenance costs
۰/۰۴۶	۰/۱۶۱	۰/۲۷۶	۰/۵۱۷	هزینه های سرمایه گذاری (I ₁₉) Investment costs
۰/۰۶۳	۰/۱۳۹	۰/۳۱۶	۰/۴۸۲	بازگشت سریع سرمایه و ارزش افزوده (I ₂₀) Investment costs
۰/۱۰۷	۰/۲۷۴	۰/۵۳۲	۰/۰۵۷	زمین مورد نیاز (I ₂₁) Land needed



شکل ۲- اولویت بندی گزینه‌های ساماندهی پساب فرآوری ماهی نسبت به هدف کلی
 Fig. 2- Prioritizing the options for managing the fish processing waste relative to the general objective



شکل ۳- نمودار حساسیت نسبت به هدف کلی
 Fig. 3- Sensitivity diagram relative to the general objective

چکنده با امتیاز ۰/۲۸۴، ۰/۲۴۶ و ۰/۰۵۲ به عنوان فرایند بعدی برای تصفیه فاضلاب انتخاب شدند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت انتخاب فرایند تصفیه پساب‌های صنعتی و همچنین پساب‌های صنایع غذایی جهت کاهش بحران‌های زیست محیطی، کاهش بوی ایجاد شده توسط آن، کمبود و یا عدم وجود سیستم تصفیه مناسب فاضلاب‌های صنایع غذایی در شهرک صنعتی می‌رود، انتخاب بهترین روش جهت ساماندهی آن امری ضروری است. با استفاده از روش سلسله مراتبی AHP و بررسی

وزن نهایی گزینه‌ها نشان داد که روش لجن فعال با امتیاز ۰/۴۱۷ به عنوان بهترین روش برای تصفیه فاضلاب کارخانه کنسرو از نظر متخصصین شناخته شد. در تحقیقی دیگر Kalbar et al. (2012) جهت انتخاب بهترین فرایند تصفیه فاضلاب شهری در هند از روش TOPSIS با بررسی چهار فرایند تصفیه شامل لجن فعال UASB، RBC و تلند بر اساس معیارهای فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی انجام شد، در نهایت لجن فعال به عنوان بهترین فرایند انتخاب گردید. که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. پس از لجن فعال به ترتیب روش لاگون هوادهی، هضم بی هوازی و صافی

چکنده، استفاده نماید که این امر می‌تواند باعث کاهش آلودگی تصفیه خانه مرکزی شهرک، مدیریت صحیح و بهینه و همچنین باعث کاهش و یا حتی حذف بوی حاصل از چربی و ترکیبات موجود در پساب کارخانه فراوری ماهی در محیط شهرک گردد.

معیارهای زیست محیطی، اقتصادی، فنی و مدیریتی و زیر معیارهای مؤثر در انتخاب روش تصفیه، این شهرک در اولویت اول خود نیازمند استفاده از روش لجن فعال و در اولویت‌های بعدی می‌تواند برای تصفیه فاضلاب خود از روش‌های لاگون هوادهی، هضم بی هوازی و صافی

منابع

- Anagnostopoulos, K., M. Gratziou and A. Vavatsikos., 2007. Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting wastewater facilities at prefecture level. *European Water*. 19(20), 15-24.
- Ashtiani, E. F., S. Jamshidi, H. Niksokhan and A. F. Ashtiani., 2015. Value index, a novel decision making approach for waste load allocation. *Int J Environ Chem Ecol Geol Geophys Eng*. 9, 624-628.
- Bensadok, K., M. Belkacem and G. Nezzal., 2007. Treatment of cutting oil/water emulsion by coupling coagulation and dissolved air flotation. *Desalination*. 206(1-3), 440-448.
- Cao, L., W. Wang, Y. Yang, C. Yang, Z. Yuan, S. Xiong and J. Diana., 2007. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research-International*. 14, 452-462.
- Chowdhury, P., T. Viraraghavan and A. Srinivasan., 2010. Biological treatment processes for fish processing wastewater—A review. *Bioresource Technology*. 101(2), 439-449.
- Dapena-Mora, A., J. Campos, A. Mosquera-Corral and R. Méndez ., 2006. Anammox process for nitrogen removal from anaerobically digested fish canning effluents. *Water Science and Technology*. 53, 265-274.
- Ertz, D., J. Atwell and E. Forsht, 1977. Dissolved air flotation treatment of seafood processing wastes--an assessment." *Environmental Protection Technology Series EPA (USA)*.
- Fuentes, L., B. Sanders, A. Lorenzo and S. Alber., 2004. AWARENET: Agro-Food Wastes Minimisation and Reduction Network. *Total Food*. 3, 233-244.
- 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.
- Jamshidi, S., M. Ardestani and M. H. Niksokhan., 2016 a. A seasonal waste load allocation policy in an integrated discharge permit and reclaimed water market." *Water Policy*. 18, 235-250.
- Jamshidi, S., M. Ardestani and M. H. Niksokhan., 2016 b. Upgrading wastewater treatment plants based on reuse demand, technical and environmental policies (a case study). *Environmental Energy and Economic Research*. 1, 101-112.
- Jamshidi, S., H. Niksokhan and M. Ardestani., 2016 c. Wastewater Reuse, an Opportunity to Expand Nitrogen Discharge Permit Markets. *Journal of Environmental Studies*.
- Kalbar, P. P., S. Karmakar and S. R. Asolekar., 2012. Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-

attribute decision-making approach. *Journal of Environmental Management*. 113, 158-169.

Karimi, A., N. Mehrdadi, J. Hashemian, G. Nabi Bidhendi and R. Tavakkoli-Moghaddam ., 2010. Investigation of wastewater treatment plants of Iran's industrial estates and proposed a suitable model for optimum wastewater treatment process selection, Thesis for degree of Ph. D in Environmental Engineering. Tehran University, Faculty of Environment. 2010, 56-61.

Lim, J., T. Kim and S. Hwang ., 2003. Treatment of fish-processing wastewater by co-culture of *Candida rugopelliculosa* and *Brachionus plicatilis*. *Water research*. 37, 2228-2232.

Lupatsch, I., 2003. Predicting nutrient flow in integrated aquaculture systems using a nutritional approach: comparison between gilthead seabream (*Sparus aurata*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*). *Beyond Monoculture*. EAS, Trondheim, Norway.

Metcalf, E. and E. Eddy ., 2003. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGrawHill. Inc., New York.

Mianabadi, H. and A. Afshar ., 2008. Multi attribute decision making to rank urban water supply schemes. *Water & Wastewater Journal*. 19, 34-45.

Mines Jr, R. O. and R. R. Robertson., 2003. Treatability study of a seafood-processing wastewater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 38(9), 1927-1937.

Monzavi, M., 2014. *Sewage treatment*. Tehran, University of Tehran.

Oyanedel, V., J. Garrido, J. Lema and R. Méndez ., 2003. A membrane assisted hybrid bioreactor for the post treatment of an anaerobic effluent from a

fish canning factory. *Water Science and Technology*. 48(6), 301-309.

Parvathy, U., K. Rao, A. Jeyakumari and A. Zynudheen (2017). "Biological Treatment Systems for Fish Processing Wastewater-A Review." *Nature Environment and Pollution Technology*. 16, 447.

Pophali, G. R., A. B. Chelani and R. S. Dhodapkar., 2011. Optimal selection of full scale tannery effluent treatment alternative using integrated AHP and GRA approach. *Expert Systems with Applications*. 38, 10889-10895.

Quitain, A. T., N. Sato, H. Daimon and K. Fujie., 2001. Production of valuable materials by hydrothermal treatment of shrimp shells. *Industrial & engineering chemistry research*. 40, 5885-5888.

Shahidi, A. and A. Torkashvand., 2008 . Investigating wastewater treatment methods. *Water industry research*.

Teclé, A., M. Fogel and L. Duckstein., 1988. Multicriterion selection of wastewater management alternatives. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 114, 383-398.

Tsagarakis, K., D. Mara and A. Angelakis., 2003. Application of cost criteria for selection of municipal wastewater treatment systems." *Water, Air, & Soil Pollution*. 142, 187-210.

Wang, L. K., Y.-T. Hung, H. H. Lo and C. Yapijakis., 2004. *Handbook of industrial and hazardous wastes treatment*, CRC Press.

Zeng, G., R. Jiang, G. Huang, M. Xu and J. Li., 2007. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. *Journal of environmental management*. 82, 250-259.





Environmental Sciences Vol.16 / No.3 / Autumn 2018

167-180

Selection of the best wastewater treatment method in fish processing plants according to the AHP model (case study: Mirod fish processing planet)

Maeziyeh Aghasi^{1*} and Naser Mehrdadi²

¹ Department of Seafood Science and Technology, Faculty of Environment and Fishery, Tajan High Education Institute, Qaemshahr, Mazandaran, Iran

² Department of Environmental Engineering Water and Wastewater, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2018.04.18

Accepted: 2018.09.29

Aghasi, M. and Mehrdadi, N., 2018. Selection of the best wastewater treatment method in fish processing plants according to the AHP model (case study: Mirod fish processing planet). *Environmental Sciences*. 16 (3), 165-178.

Introduction: Fish processing industry produces a lot of solid waste and wastewater. This wastewater consists of preliminary processing of raw fish, washing planet and offal products of raw waste (blood, viscer...). High fat of the industrial wastewater causes the problem of treatment, disposal and environmental crises. The purpose of this study is to select the best method for organizing and using wastewater treatment of fish processing planet based on the most widely used wastewater management technologies worldwide.

Material and methods: This research was done by AHP method. Based on the general conditions in fish wastewater treatment plants in industrial estates and on expert judgments and using technical, economic, environmental, and administrative criteria, the processes are weighted. Treatment of wastewater included trickling filter, aeration lagoon, anaerobic digestion and active sludge. The results obtained are assessed using the Expert Choice Software.

Results and discussion: Finally the active sludge method with a score of 0/417 in the first priority and aeration lagoon, anaerobic digestion and trickling filter with a score of 0/284, 0/264 and 0/052 in the following priorities according to the opinion experts.

Conclusion: According to the technical, managerial, environmental and economical criteria and sub-criteria, the final studies showed that the best way to use the wastewater treatment of the fish factory was the active sludge.

Keywords: AHP, Environmental pollution, Fish processing wastewater, Wastewater management.

* Corresponding Author. *E-mail Address:* Marziyeh.aghasi@gmail.com