مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۸، آبان ۱۳۹۸، ۷۹۶-۷۸۳

کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جهت انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی شهرستان میبد یزد در سال ۱۳۹۷: یک مطالعه توصیفی

سیدهادی موسوی بفروئی[۱]، محسن امرالهی[۲]، هادی اسلامی[۳]

دریافت مقاله: ۹۷/۹/۲۵ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۷/۱۲/۱۸ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۸/۲/۲ پذیرش مقاله: ۹۸/۲/۳

چکیده

زمینه و هدف: امروزه استفاده از سیستم‌های تصفیه فاضلاب در مناطق شهری و روستایی با هدف حفظ سلامت و بهداشت جوامع، جلوگیری از آلودگی منابع آبی و استفاده مجدد از پساب ضروری می‌باشد. بنابراین این مطالعه با هدف تعیین بهترین روش تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی شهرستان میبد یزد بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی، در سال ۱۳۹۷، به بررسی و مقایسه چهار روش تصفیه فاضلاب شامل وتلند، برکه تثبیت، هوادهی گسترده بتنی و هوادهی گسترده پیش ساخته جهت تصفیه فاضلاب روستاهای شهرستان میبد یزد پرداخته است. ابزار گردآوری اطلاعات پرسش‌نامه محقق ساخته و جامعه آماری تعداد ۲۰ نفر از اساتید و کارشناسان متخصص بوده است. در نهایت فرآیندها بر اساس معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی و از طریق مقایسه t زوجی وزن دهی شده و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: روش وتلند با وزن ۰/۳۷ به عنوان بهترین گزینه برای تصفیه فاضلاب روستایی بوده و برکه تثبیت، هوادهی گسترده پیش ساخته و هوادهی گسترده بتنی به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۷۶، ۰/۱۷۹ و ۰/۱۷۵ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. هم‌چنین مهم‌ترین معیارها در انتخاب روش تصفیه فاضلاب به ترتیب معیار زیست محیطی (۵۶/۶ درصد) و فنی (۲۳/۹ درصد) بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به معیارهای زیست محیطی، فنی و اقتصادی روش‌های تصفیه فاضلاب مورد مطالعه، روش وتلند بهترین روش جهت تصفیه فاضلاب روستاهای مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت فاضلاب، تصفیه فاضلاب، تحلیل سلسله مراتبی، روستاهای میبد

۱- معاون نظارت بر بهره‌برداری، شرکت آب و فاضلاب روستایی یزد، ایران

۲- اداره کنترل کیفی و امور آزمایشگاه‌ها، شرکت آب و فاضلاب روستایی یزد، ایران

۳- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی رفسنجان، ایران

تلفن: ۰۳۴-۳۴۲۵۹۱۷۶، دورنگار: ۰۳۴-۳۴۲۵۹۱۷۶، پست الکترونیکی: hadieslami1986@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.17353165.1398.18.8.5.5]

مقدمه

امروزه با افزایش سریع جمعیت و صنعتی شدن و کمبود منابع آب، انسان‌ها با آلوده ساختن منابع آب، حیات خویش را به‌صورت جدی تهدید کرده‌اند [۱]. یکی از عوامل آلوده کننده محیط زیست به‌خصوص منابع آبی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی هستند که با ورود به آب‌های سطحی می‌توانند سلامت انسان‌ها و محیط زیست را تهدید کنند [۳-۲]. تأثیرات نامطلوب زیست محیطی ناشی از دفع نادرست فاضلاب شهری و صنعتی در حدی است که امروزه اجرای طرح‌های تصفیه فاضلاب در مناطق شهری و روستایی کشور امری ضروری و بنیادی تلقی می‌گردد [۴]. مهم‌ترین هدف از تأسیس سیستم‌های تصفیه فاضلاب در مناطق شهری و روستایی شامل حفظ سلامت و بهداشت جوامع، حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از آلودگی منابع آب و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و صنعت می‌باشد [۵]. جوامع کوچک و روستایی بخش عمده‌ای از جمعیت و عرصه های طبیعی کشور را به خود اختصاص داده اند و نقش اساسی در حیات اقتصادی و اجتماعی کشور دارند. مدیریت اجرایی پایدار و مناسب فاضلاب در جوامع روستایی یک اولویت محسوب می‌شود، چرا که منجر به حفظ فاکتورهای محیط زیستی و مبانی بهداشت عمومی می‌گردد [۶]. سیستم‌های تصفیه فاضلاب در مناطق روستایی را می‌توان در دو گروه از روستاها مورد بررسی قرار داد. گروه اول روستاهایی که فاقد شبکه جمع‌آوری فاضلاب هستند، در این روستاها از سیستم تصفیه و دفع در محل نظیر چاه‌های جاذب استفاده می‌شود. گروه دوم روستاهایی که دارای شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌باشند. در این روستاها از سیستم‌های مختلفی نظیر سپتیک تانک، ترانشه جاذب، نیزارها یا وتلندهای طبیعی و مصنوعی، سیستم‌های یک‌پارچه و پیش ساخته فرآیندهای لجن فعال و غیره استفاده می‌شود [۷]. بررسی وضعیت موجود سیستم‌های تصفیه فاضلاب روستایی نشان می‌دهد که مدیریت این سیستم‌ها در مناطق روستایی و اجتماعات کوچک با چالش‌های متعدد روبه‌رو می‌باشد [۸]. چالش‌های مهم موجود در این زمینه که باید در مدیریت فاضلاب روستایی مدنظر قرار گیرد شامل مشکلات ناشی از عوامل ساختاری روستاها شامل تعداد زیاد روستاهای کشور، پراکندگی آن‌ها، تعداد و تراکم نامتناسب جمعیت، وجود محدودیت‌های مالی و بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری می‌باشد [۷-۶]. لذا برای مدیریت صحیح و کاهش این چالش‌ها نیاز به انتخاب سیستم مناسب برای هر منطقه است.

برای انتخاب بهترین روش در مدیریت و تصفیه فاضلاب روستایی باید به عوامل و نکات مختلفی نظیر عوامل فیزیکی مثل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، نوع و جنس خاک، مناطق تحت حفاظت، گونه‌های گیاهی موجود و دیگر عوامل محیط زیستی توجه کرد [۱۰-۹]. تصمیمگیری چند شاخصه یا MCDM (Multiple Criteria Decision Making) یک امر ضروری و مهم در بسیاری از فعالیت‌ها و زمینه‌های مختلف علمی‌است که شامل پیدا کردن گزینه ارجح از بین یک مجموعه از گزینه‌های موجود می‌باشد [۱۲-۱۱]. یکی از

پرکاربرد ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند متغیره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP (Analytic Hierarchy Process) است. روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش سازگار با معیارها و اهداف چندگانه در تصمیم‌گیری است [۱۴-۱۳]. در مطالعات مختلف نظیر مطالعه Heidari و همکاران [۶] و مطالعه Fataei و همکاران [۱۵] از روش تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب بهترین فرآیند تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی و شهری استفاده شده است.

استان یزد به عنوان منطقه‌ای خشک و کویری با بارندگی سالانه ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر در قلب کویر مرکزی ایران، نیاز به سیستم تصفیه فاضلاب در روستاها با هدف کنترل مشکلات زیست محیطی و استفاده مجدد از آب کاملاً واضح است [۱۶]. هدف از این تحقیق تعیین وضع موجود دفع فاضلاب روستاهای شهرستان میبد و مقایسه روش‌های مختلف پر کاربرد تصفیه فاضلاب جهت انتخاب بهترین روش بر اساس سه معیار اقتصادی، فنی و زیست محیطی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی در سال ۱۳۹۷ با هدف انتخاب بهترین روش جهت تصفیه فاضلاب روستایی بر اساس روش AHP انجام گرفت. مطالعه حاضر دارای کد اخلاق از دانشگاه آزاد اسلامی میبد یزد به شماره ثبتی IR.SSRC.REC.1397.011 می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه روستاهای کم‌تر از ۱۰۰ خانوار (۵ روستا) بخش‌های بفرویيه و ندوشن شهرستان میبد بود که اساس این انتخاب، اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن منتشر شده در سال ۱۳۹۵ بوده است. ابتدا بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی متون چهار روش تصفیه فاضلاب شامل وتلند، برکه‌های تثبیت، هوادهی گسترده بتنی و هوادهی گسترده پیش ساخته که بیش‌ترین کاربرد را جهت تصفیه فاضلاب در مناطق روستایی دارند، انتخاب شد. در مرحله بعد با بررسی مطالعات مشابه و کتب مربوطه در زمینه پارامترهای تأثیرگذار در انتخاب روش تصفیه فاضلاب شناسایی و در سه معیار با عناوین اقتصادی، فنی و زیست محیطی طبقه بندی شد که هر معیار شامل پنج زیر معیار بود و سپس با مشورت اساتید متخصص تصفیه فاضلاب صحت معیارها تأیید شد. سپس اطلاعات و نقشه جغرافیایی و مکانی روستاهای انتخاب شده از بنیاد مسکن اخذ شده و اطلاعات مربوط به مصرف آب و تولید فاضلاب نیز از شرکت آب و فاضلاب روستایی یزد اخذ شد. سپس پرسشنامه مرحله اول (مقایسات t زوجی) جهت یافتن وزن معیارهای انتخاب شده تهیه شد. برای این کار بعد از تعیین معیارها و زیر معیارهای هر بخش، پرسش‌نامه مقایسات زوجی معیارها تدوین و در اختیار ۲۰ نفر از اساتید رشته بهداشت محیط دانشگاه‌های یزد، گناباد و رفسنجان و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی یزد و مشاوران شرکت‌های مشاور مهرآب سپاهان، سازه آب شرق، و طرح افرا قرار گرفت تا وزن معیارها بر اساس جمع‌بندی نظرات محاسبه گردد. سپس پرسش‌نامه مرحله دوم جهت اولویت بندی روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب تهیه شد. در پرسش نامه مرحله دوم روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب در سه معیار

[DOR: 20.1001.1.17353165.1398.18.8.5.5]

اصلی و ۱۵ زیر معیار با هم مقایسه شده و در اختیار افراد مرحله قبل قرار گرفت و بر اساس امتیازات داده شده به هر روش، روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب اولویت‌بندی شد. در این پژوهش وزن دهی به معیارها، زیرمعیارها به منظور اولویت بندی گزینه‌ها مدنظر بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی AHP بود [۷].

در روش AHP، اولین قدم ساختن سلسله مراتبی و ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسأله می‌باشد. سطح اول هدف، سطح دوم معیارهای اصلی، سطوح بعد زیرمعیارها و در سطح آخر گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ماتریس مقایسات زوجی تشکیل و عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که وزن مطلق نام دارد. در این مقایسه‌ها تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود، تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j بر اساس یکی از حالت‌های کاملاً مرجح یا کاملاً مهمتر یا کاملاً مطلوب‌تر، ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی، ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی، کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب‌تر و ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان می‌باشد. این قضاوت‌ها به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده اند (جدول ۱). برای محاسبه وزن نسبی در فرآیند AHP ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی برای محاسبه وزن عناصر تشکیل می‌گردد [۷- ۸].

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی برای انتخاب روش مناسب تصفیه فاضلاب بر اساس تحلیل سلسله مراتبی [۷- ۸]

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	(Extremely Prefered)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very Strongly Prefered)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strongly Prefered)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(Moderately Prefered)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Prefered Prefered)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۲، ۴، ۶ و ۸

هر ماتریس مقایسه زوجی ممکن است سازگار و یا ناسازگار باشد. در حالت ماتریس سازگار محاسبه وزن w_i ساده بوده و از نرمالیزه کردن عناصر هر ستون به دست می‌آید. اما در حالتی که ماتریس ناسازگار باشد، محاسبه وزن به چهار روش عمده شامل روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تقریبی انجام می‌شود و وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها به‌دست می‌آید [۶- ۱۷].

سپس معیارها و زیر معیارهای مؤثر در انتخاب روش تصفیه فاضلاب شرح داده شده و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نسخه 11.0 اطلاعات به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها، تجزیه و تحلیل شده و در نهایت گزینه برتر جهت تصفیه فاضلاب روستایی پیشنهاد شد.

نتایج

از مجموع ۲۰ پرسش‌نامه توزیع شده، همگی تکمیل و جمع‌آوری شد. در مجموع ۶ نفر دارای مدرک دکترا، ۹ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۵ نفر دارای مدرک کارشناسی بودند. پس از ساخت سلسله مراتبی، جهت محاسبه وزن نسبی معیارها به روش AHP ماتریس مقایسات زوجی هر گروه تشکیل و با استفاده از پرسش‌نامه مرحله اول، نظرات اساتید و کارشناسان و مشاوران صنعت آب و فاضلاب اخذ شد. نرخ ناسازگاری ماتریس سلسله مراتبی محاسبه که کم‌تر از ۰/۱ و قابل قبول بود و نیازی به تجدید نظر در قضاوت‌ها نبود [۷]. در جدول ۲ نتایج وزن نسبی محاسبه شده هر معیار و زیر معیارهای آن ارائه شده است. نتایج نشان داد بر اساس جمع بندی نظرات کارشناسان صنعت آب و فاضلاب وزن نسبی معیار اقتصادی ۰/۱۹۵ بوده و زیر معیارهای هزینه‌های نگهداری و تعمیرات با وزن نسبی ۰/۳۶۸ بیش‌ترین تأثیر را روی معیار اقتصادی داشته و نظر به اینکه زمین روستایی ارزش ریالی چندانی ندارد، هزینه تأمین زمین با وزن نسبی ۰/۰۴۸ مورد نیاز کم‌ترین تأثیر را داشته است. وزن نسبی معیار فنی ۰/۲۳۹ بوده و زیر معیار سادگی و سهولت سیستم و سادگی بهره برداری با وزن نسبی ۰/۳۹۳ بیش‌ترین تأثیر را در این معیار دارد. وزن نسبی معیار زیست محیطی ۰/۵۵۶ بوده و زیر معیار اثرات مخرب زیست محیطی با وزن نسبی ۰/۳۵۱ بیش‌ترین تأثیر و میزان تولید لجن با وزن نسبی ۰/۰۷۵ کم‌ترین تأثیر را در این معیار دارد. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، وزن نسبی معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی به ترتیب برابر با ۲۳/۱۹،۹/۵ و ۵۶/۶ درصد بوده و بنابراین معیار زیست محیطی با عدد ۵۶/۶ درصد (وزن ۰/۵۶۶) بیش‌ترین تأثیر را در انتخاب روش تصفیه فاضلاب داشته است.

جدول ۲- وزن نسبی محاسبه شده برای معیارها و زیر معیارهای مؤثر برای انتخاب روش مناسب تصفیه فاضلاب بر اساس تحلیل سلسله مراتبی جهت روستاهای شهرستان میبد در سال ۱۳۹۷

معیارها	وزن نرمال	زیر معیارها	وزن نرمال
معیار اقتصادی	۰/۱۹۵	هزینه اولیه	۰/۲۷۴
		هزینه تأمین زمین مورد نیاز	۰/۰۴۸
		هزینه‌های نگهداری و تعمیرات	۰/۳۶۸
		هزینه دفع لجن	۰/۱۰۴
		هزینه انرژی و مواد مصرفی	۰/۲۰۵
معیار فنی	۰/۲۳۹	سهولت اجرا	۰/۱۱۲
		مقاومت در برابر شوک آلی و هیدرولیکی	۰/۱۲۱
		هماهنگی با اقلیم و امکانات محلی	۰/۲۴۸
		سادگی و سهولت سیستم و سادگی بهره برداری	۰/۳۹۳
		عدم وابستگی به تکنولوژی کشور سازنده	۰/۱۲۶
معیار زیست محیطی	۰/۵۶۶	رسیدن به درجه تصفیه مورد نیاز	۰/۳۱۳
		تولید بو	۰/۱۰۶
		ایمنی کارگران	۰/۱۵۵
		میزان تولید لجن	۰/۰۷۵
		اثرات مخرب زیست محیطی	۰/۳۵۱

بر اساس مطالعات صورت گرفته جهت اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف تصفیه فاضلاب، سیستم‌های تصفیه فاضلاب وتلند، برکه تثبیت، هوادهی گسترده بتنی و هوادهی گسترده پیش ساخته جهت مقایسه و اولویت‌بندی در نظر گرفته شد. در نهایت اطلاعات دریافتی به نرم‌افزار Expert Choice داده و با استفاده از وزن‌های نسبی به‌دست آمده برای

معیارها در مرحله قبل محاسبات انجام شد. مقایسه روش‌های تصفیه فاضلاب با توجه به کلیه معیارها با استفاده از نتایج نرم افزار در جدول ۳ آمده است. با در نظر گرفتن زیر معیارهایی که برای معیار اقتصادی تعریف شده است برکه تثبیت با امتیاز ۳۹/۴ درصد (وزن ۰/۳۹۴) بالاترین امتیاز را در معیار اقتصادی به‌دست آورده و وتلند، هوادهی گسترده بتنی و هوادهی گسترده پیش ساخته به ترتیب با امتیازهای ۳۷/۲، ۱۰/۱ و ۱۳/۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. برکه تثبیت با امتیاز ۴۷/۴ درصد (وزن ۰/۴۷۴) بالاترین امتیاز را در معیار فنی به‌دست آورده و وتلند، هوادهی گسترده بتنی و هوادهی گسترده پیش ساخته به ترتیب با امتیازهای ۳۷/۲، ۱۰/۱ و ۱۳/۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. هم‌چنین وتلند با امتیاز ۳۷/۷ درصد (وزن ۰/۳۷۷) بالاترین امتیاز را در معیار زیست به‌دست آورده و هوادهی گسترده بتنی، هوادهی گسترده پیش ساخته و برکه تثبیت به ترتیب با امتیازهای ۲۳/۷، ۲۳/۲ و ۱۵/۱ در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۳).

جدول ۳- امتیازات روش‌های تصفیه فاضلاب در معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی بر اساس تحلیل سلسله مراتبی جهت روستاهای شهرستان میبد در سال ۱۳۹۷

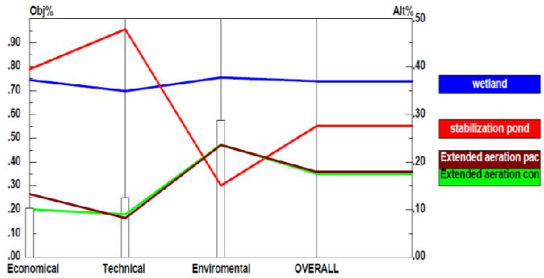
معیارهای اصلی	درصد وزنی	وتلند	برکه تثبیت	هوادهی گسترده بتنی	هوادهی گسترده پیش ساخته
معیار اقتصادی	۰/۱۹۵	۰/۳۷۲	۰/۳۹٤	۰/۱۰۱	۰/۱۳۳
معیار فنی	۰/۲۳۹	۰/۳۷۰	۰/٤۷٤	۰/۰۹	۰/۰٦٦
معیار زیست محیطی	۰/٥٦٦	۰/۳۷۷	۰/۱٥۱	۰/۲۳۷	۰/۲۳۲

در جدول ۴ نتیجه محاسبات وزن نهایی هر کدام از گزینه‌ها را نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روش وتلند با ۳۷ درصد (وزن ۰/۳۷۰) بیش‌ترین امتیاز را در نهایت به خود اختصاص داده و روش پیشنهادی جهت تصفیه فاضلاب روستایی در روستاهای مورد مطالعه بوده و برکه تثبیت، هوادهی گسترده پیش‌ساخته و هوادهی گسترده بتنی به ترتیب با امتیازهای ۲۷/۶، ۱۷/۹ و ۱۷/۵ در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرد. در نتیجه روش وتلند بیش‌ترین امتیاز نهایی را با احتساب وزن نسبی معیارهای مختلف کسب نموده است. اولویت دوم روش برکه تثبیت، اولویت سوم روش لجن فعال هوادهی گسترده پیش ساخته و روش لجن فعال هوادهی گسترده بتنی در اولویت آخر قرار می‌گیرد.

جدول ۴- اولویت بندی روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب بر اساس تحلیل سلسله مراتبی جهت روستاهای شهرستان میبد در سال ۱۳۹۷

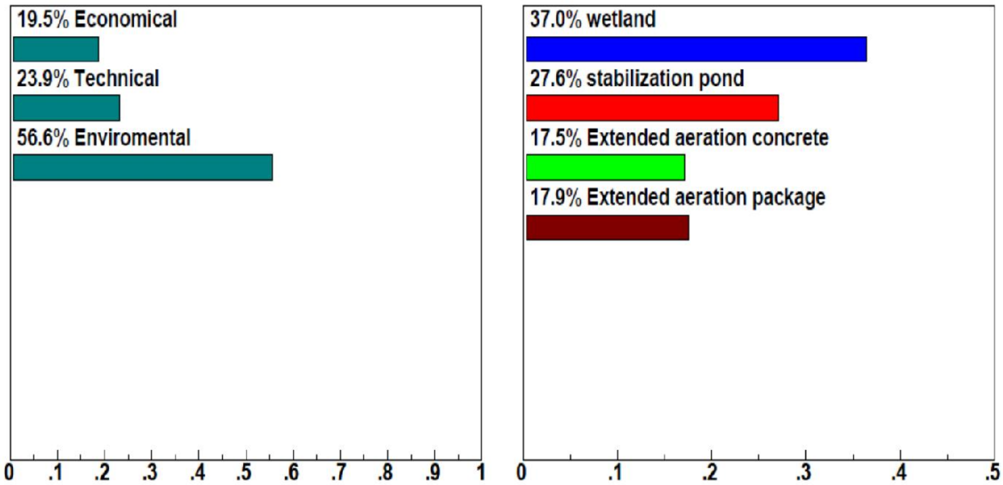
ردیف	گزینه های مختلف تصفیه فاضلاب	وزن نهایی
۱	وتلند	۰/۳۷۰
۲	برکه تثبیت	۰/۲۷٦
۳	هوادهی گسترده بتنی	۰/۱۷٥
٤	هوادهی گسترده پیش ساخته	۰/۱۷۹

در نمودار ۳ تحلیل حساسیت بر اساس کارآیی سیستم و رتبه بندی گزینه‌های مختلف تصفیه در ارتباط با معیارها نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرآیند وتلند بیش‌ترین حساسیت را نسبت به معیار زیست محیطی، فرآیند برکه تثبیت بیش‌ترین حساسیت را نسبت به معیار فنی و فرآیند برکه تثبیت بیش‌ترین حساسیت را نسبت به معیار اقتصادی دارد.



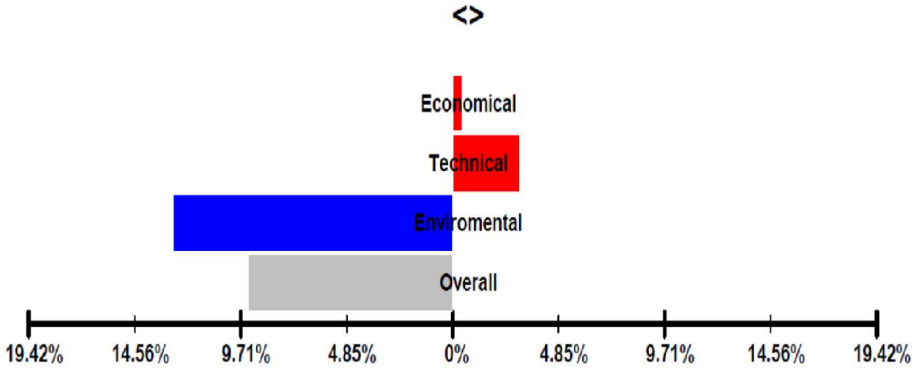
نمودار ۳- تحلیل حساسیت بر اساس کارآیی نسبت به هدف کلی

همان‌طور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، در تحلیل حساسیت بر اساس پویایی نسبت به هدف کلی، بیش‌ترین حساسیت به ترتیب مربوط به معیار زیست محیطی (۵۶/۶ درصد)، فنی و اقتصادی (۲۳/۹ درصد) بوده است. یعنی در اولویت‌بندی فرآیندها و انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب روستایی، معیار زیست محیطی بیش‌ترین تأثیر را داشت. در این نمودار علاوه بر اولویت‌بندی معیارها، اولویت بندی گزینه‌های تصفیه نسبت به هدف کلی (انتخاب بهترین فرآیند تصفیه فاضلاب) نیز نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده شد، وتلند رتبه اول را به‌دست آورده و برکه تثبیت، هوادهی گسترده پیش ساخته و هوادهی گسترده بتنی در رتبه‌های بعدی قرار دارد.



نمودار ۴- تحلیل حساسیت بر اساس پویایی نسبت به هدف کلی

همان‌طور که در نمودار ۵ تحلیل حساسیت سر به سری دو فرآیند وتلند و برکه تثبیت مشاهده می‌شود، در وتلند، معیار زیست محیطی بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است و به عنوان مؤثرترین معیار در انتخاب فرآیند وتلند مشخص شده است و فرآیند برکه تثبیت از نظر فنی بیش‌ترین وزن را به‌دست آورده است و معیار فنی بیش‌ترین تأثیر را در انتخاب برکه تثبیت دارد.



نمودار ۵- تحلیل حساسیت بر اساس سر به سری نسبت به هدف کلی

بحث

در این مطالعه روش وتلند بیش‌ترین امتیاز نهایی را با احتساب وزن نسبی معیارهای مختلف کسب نمود. اولویت دوم روش برکه تثبیت، اولویت سوم روش لجن فعال هوادهی گسترده پیش ساخته و روش لجن فعال هوادهی گسترده بتنی در اولویت آخر قرار گرفت. در مطالعه Heidari و همکاران از روش تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب بهترین فرآیند تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی در استان خراسان رضوی انجام گرفت. نتایج نشان داد که روش وتلند با وزن ۰/۳۶، بهترین گزینه برای این مناطق پیشنهاد شده است [۶]. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه ما هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد برای مناطق روستایی، روشهای تصفیه طبیعی بسیار مناسب‌تر از سایر روش‌ها نظیر لجن فعال و هوادهی گسترده می‌باشد. سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ناشی از برهمکنش آب، خاک، گیاه، میکروارگانیسم و اتمسفر در طبیعت برای تصفیه فاضلاب استفاده می‌کنند [۲۰-۱۸] و در نتیجه استفاده از سیستم‌های تصفیه فاضلاب طبیعی با تکنولوژی پایین مانند وتلند، علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی و کاهش مصرف انرژی به کاهش آلودگی‌های محیط زیست نیز کمک می‌کنند [۲۴-۲۱]. مهم‌ترین مزیت‌های سیستم‌های وتلندی شامل بهره برداری و نگهداری بسیار ساده و ارزان قیمت، اقتصادی و مقرون به صرفه و دوست‌دار محیط زیست بودن می‌باشد [۲۵-۲۶]. در کشورهای توسعه یافته برای تصفیه فاضلاب خانگی و رواناب‌های کشاورزی، تصفیه فاضلاب صنایع، تصفیه شیرابه محل دفن زباله، تصفیه سیلاب و رواناب شهری و تصفیه آب‌های آلوده به مواد مغذی نظیر نیترات و فسفات از سیستم‌های وتلندی استفاده می شود [۳۲-۲۷].

بر اساس آنالیز حساسیت در این مطالعه، بیش‌ترین حساسیت مربوط به معیار زیست محیطی و سپس فنی و اقتصادی بوده است. بنابراین معیار زیست محیطی نسبت به سایر معیارها تاثیر بیش‌تری در انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب روستایی داشته است. این معیار نشان می‌دهد که حتی اگر هزینه‌های زیر بنایی و سرمایه گذاری برای راه‌اندازی یک سیستم تصفیه فاضلاب روستایی در دسترس باشند، وجود مشکلات زیست محیطی و یا عدم در دسترس بودن یک

سیستم تصفیه فاضلاب مناسب (معیار فنی) می‌تواند منجر عدم کارآیی مناسب فرآیند تصفیه شود و مدیریت یک سیستم تصفیه فاضلاب با مشکل روبرو شود [۱۷]. در مطالعه Fataei و همکاران که در زمینه انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب شهری در شهرهای اردبیل، تبریز و ارومیه بر ساس روش AHP، انجام گرفت، معیار فنی نسبت به معیار زیست محیطی و معیار اقتصادی تأثیر بیش‌تری در تصمیم گیری داشت [۱۵]. در نتیجه می‌توان گفت معیارهای زیست محیطی و فنی از مهم‌ترین عوامل تأثیر گذرا در انتخاب نوع سیستم بهینه تصفیه فاضلاب می‌باشند. به عبارتی دیگر در انتخاب نوع سیستم تصفیه پارامترهایی نظیر اثرات مخرب زیست محیطی کمتر، رسیدن به درجه تصفیه مورد نیاز، سادگی و سهولت سیستم و سادگی بهره برداری، عدم وابستگی به تکنولوژی کشور سازنده و هماهنگی با اقلیم و امکانات محلی بایستی بیش‌تر مورد توجه قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که از بین معیارهای تأثیرگذار در انتخاب روش تصفیه فاضلاب معیار زیست محیطی بیش‌ترین اهمیت و تأثیر را داشته و از آنجایی که در روش تصفیه فاضلاب به روش وتلند معیارهای زیست محیطی بیش‌تر رعایت شده است و از لحاظ پارامترهای اقتصادی و فنی نیز امتیاز قابل قبولی کسب کرده است بنابراین روش وتلند بهترین روش جهت تصفیه فاضلاب روستاهای مورد مطالعه در این تحقیق و روستاهای دیگر با همین شرایط آب و هوایی و جغرافیایی می‌باشد. همچنین با توجه به اهمیت انتخاب فرآیند تصفیه فاضلاب روستایی، لازم است که قبل از انتخاب فرآیند مناسب تصفیه، ارزیابی فرآیندها با ضوابط زیست محیطی و فنی صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد میبد یزد با کد ۱۷۹۴۰۴۳۶۹۵۱۰۲۴ می‌باشد. بنا برا ین از تمامی‌حمایت‌های مادی و معنوی این دانشگاه نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

References

[1] Eslami H, Sedighi Khavidak S, Salehi F, Khosravi R, Fallahzadeh R, Peirovi R, et al. Biodegradation of methylene blue from aqueous solution by bacteria isolated from contaminated soil. *J Adv Environ Health Res* 2017; 5(1): 4-6.

[2] Jazayeri SR, Sadeghi M, Hasani A, Javid A. Determination of the design parameters for making urban wastewater plants in cold regions of Iran. *J Shahrekord Univ Med Sci* 2010; 11(4): 92-100. [Farsi]

[3] Eslami H, Hematabadi PT, Ghelmani SV, Vaziri AS, Derakhshan Z. The Performance of Advanced Sequencing Batch Reactor in Wastewater Treatment Plant to Remove Organic Materials and Linear Alkyl Benzene Sulfonates. *Jundishapur J Health Sci* 2015; 7(3): 33-9.

[4] Shahi DH, Eslami H, Ehrampoosh MH, Ebrahimi A, Ghaneian MT, Ayatollah S, et al. Comparing the efficiency of Cyperus alternifolius and Phragmites australis in municipal wastewater treatment by subsurface constructed wetland. *Pakistan j bio sci* 2013; 16(8): 379-84.

[5] Zazouli M, Ghahramani E, Ghorbanian AlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial TownWastewater in Golestan Province in 2007. *Iranian J Health Environ* 2010; 3(1): 59-66. [Farsi]

[6] Heidari B, Mehdi Nejad M, Najafpour A, Zafarzadeh A, Elahi H. A study on application of analytic hierarchy process in selecting the most appropriate wastewater treatment for rural areas (Case Study Soleimani Village-Firoozeh). *J Res Environ Health* 2016; 2(1): 29-37. [Farsi]

[7] Karimi A, Mehrdadi N, Hashemian SJ, Nabi Bidhendi GR, Tavakkoli-Moghaddam R. Using AHP for Selecting the Best Wastewater Treatment Process. *J Water and Wastewater* 2011; 21(4): 2-12. [Farsi]

[8] Zeng G, Jiang R, Huang G, Xu M, Li J. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. *J Environ Manage* 2007; 82(2): 250-9.

[9] Bottero M, Comino E, Riggio V. Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. *Environ Model Software* 2011; 26(10): 1211-24.

[10] Dabaghian M, Hashemi H, Ebadi T. Tchnical, economical and environmental assessment of wastewater treatment systems in the electroplating industries using AHP. *Environ Sci Technol* 2009; 11(3): 107-15.

[11] Hadipour A, Rajaee T, Hadipour V, Seidirad S. Multi-criteria decision-making model for wastewater reuse application: a case study from Iran. *Desalin Water Treat* 2016; 57(30): 13857-64.

[12] Huang IB, Keisler J, Linkov I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Sci Total Environ* 2011; 409(19): 3578-94.

[13] Gupta S, Dangayach G, Singh AK, Rao P. Analytic hierarchy process (AHP) model for evaluating sustainable manufacturing practices in Indian electrical panel industries. *Procedia Soc Behav Sci* 2015;189:208-16.

[14] Ho W, Ma X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *Eur J Oper Res* 2018; 267(2): 399-414.

[15] Fataei E, Torabian A, Hosseinzadeh Kalkhoran M, Alighadri M, Hosseinzadeh S. Selection of Optimum Municipal Wastewater Treatment Process Using AHP (Case Study: Ardebil, Tabriz, and Uremia). *J health* 2013; 4(3): 260-72. [Farsi]

[16] Eslami H, Ghelmani SV, Salehi Vaziri A, Hosseinshahi D, Ghaleaskari S, Talebi-Hemmatabadi P, et al. Comparing the Efficiency of Stabilization Ponds and Subsurface Constructed Wetland in Domestic Sewage Treatment in City of Yazd. *J Water and Wastewater* 2015; 26(6): 100-6. [Farsi]

[17] Hosseinzadeh Kalkhoran M, Hosseinzadeh S, Fataei E. Performing Sensitivity Analysis of Municipal Wastewater Treatment Process Using AHP. *J Environ Sci Technol* 2017; 19(4): 283-94.

[18] Armstrong W, Cousins D, Armstrong J, Turner D, Beckett P. Oxygen distribution in wetland plant roots and permeability barriers to gas-exchange with the rhizosphere: a microelectrode and modelling study with Phragmites australis. *Ann Bot* 2000; 86(3): 687-703.

[19] Nwuche C, Ugoji E. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *Int J Environ Sci Techol* 2008; 5(3): 409-14.

[20] Nwuche C, Ugoji E. Effect of co-existing plant specie on soil microbial activity under heavy metal stress. *Int J Environ Sci Technol* 2010; 7(4): 697-704.

[21] Brix H, Schierup HH. The use of aquatic macrophytes in water-pollution control. *Ambio Stockholm* 1989; 18(2): 100-7.

[22] Cheng XY, Liang MQ, Chen WY, Liu XC, Chen ZH. Growth and contaminant removal effect of several plants in constructed wetlands. *J Integr Plant Biol* 2009; 51(3): 325-35.

[23] von Sperling M. Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries. *Water Sci Technol* 1996; 33(3): 59-72.

[24] Shahi DH, Ebrahimi A, Esalmi H, Ayatollahi S, Dashty N. Efficiency of Straw Plants in Removal of Indicator Pathogens from Sub Surface Flow Constructed Wetlands of Municipal Wastewater in Yazd, Iran. *J Health Dev* 2012; 1(2): 147-55. [Farsi]

[25] Reed S, Parten S, Matzen G, Pohrent R. Water reuse for sludge management and wetland habitat. *Water Sci Technol* 1996; 33(10): 213-9.

[26] Mantovi P, Marmiroli M, Maestri E, Tagliavini S, Piccinini S, Marmiroli N. Application of a horizontal subsurface flow constructed wetland on treatment of dairy parlor wastewater. *Bioresour technol* 2003; 88(2): 85-94.

[27] Chung A, Wu Y, Tam N, Wong M. Nitrogen and phosphate mass balance in a sub-surface flow constructed wetland for treating municipal wastewater. *Ecol Eng* 2008; 32(1): 81-9.

[28] Kivaisi AK. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in

developing countries: a review. *Ecol Eng* 2001; 16(4): 545-60.

[29] Knight RL, Kadlec RH, Ohlendorf HM. The use of treatment wetlands for petroleum industry effluents. *Environ Sci Technol* 1999; 33(7): 973-80.

[30] Vymazal J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Sci Total Environ* 2007; 380(1): 48-65.

[31] Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water* 2010; 2(3): 530-49.

[32] Moore M, Rodgers Jr J, Cooper C, Smith Jr S. Constructed wetlands for mitigation of atrazine-associated agricultural runoff. *Environ Pollut* 2000;110(3): 393-9.

Application of Analytic Hierarchy Process in Selecting the Most Appropriate Method for Wastewater Treatment in Meybod Villages in Yazd, 2018: A Descriptive Study

S. H. Mosavi Bafroei[1], M. Amrollahi[2], H. Eslami[3]

Received: 16/12/2018 Sent for Revision: 09/03/2019 Received Revised Manuscript: 22/04/2019 Accepted: 23/04/2019

Background and Objectives: Today, use of wastewater treatment systems in urban and rural areas is necessary to protect the health of communities, prevent water resources pollution and reuse of wastewater. Therefore, this study aimed to select the best wastewater treatment method for Meybod villages in Yazd based on analytic hierarchy process (AHP).

Materials & Methods: This descriptive study was carried out in 2018 to compare four wastewater treatment methods including Wetland, stabilization pond, concrete extended aeration and pre-made extended aeration for wastewater treatment in the villages of Meybod city, Yazd. Data were collected by a researcher-designed questionnaire and the statistical population included 20 faculty members and experts. Finally, the processes were weighted according to technical, economic and environmental criteria and using paired t-test and analyzed by Expert Choice software.

Results: Wetland method with weight of 0.37 was the best option for the treatment of rural wastewater, and the stabilization pond, pre-made extended aeration and concrete extended aeration with weight of 0.276, 0.179 and 0.175 were next in the rank, respectively. Also, the most important criteria for selecting the wastewater treatment method were environmental (56.6%) and technical (23.9%) criteria, respectively.

Conclusions: According to the environmental, technical and economic criteria of the wastewater treatment methods in this study, Wetland method is the best technology for rural wastewater treatment of the studied villages.

Keywords: Wastewater management; Wastewater treatment; Analytical Hierarchy Process, Meybod villages

Funding: This research was funded by Islamic Azad University, Meybod Branch

Conflict of interest: None declared

Ethical approval: The research was approved by the Ethics Committee of Sports Sciences Research Institute (IR.SSRC.REC.1397.011).

How to cite this article: Mosavi Bafroei S H, Amrollahi M, Eslami H. Application of Analytic Hierarchy Process in Selecting the Most Appropriate Method for Wastewater Treatment in Meybod Villages in Yazd, 2018: A Descriptive Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2019; 18 (8): 783-96. [Farsi]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1398.18.8.5.5]

1- Assistant Supervisor of Operation, Rural Water and Wastewater Company, Yazd, Iran, ORCID: 0000-0002-8765-5194.

2- Quality Control and Affairs of Laboratories Office, Rural Water and Wastewater Company, Yazd, Iran, ORCID: 0000-0002-0086-1391.

3- Assistant Prof., Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0001-5137-4764.

(Corresponding Author) Tel: (034) 34259176, Fax: (034) 34259176, E-mail: hadieslami1986@yahoo.com