

انتخاب رهنمود مناسب جهت کاربرد لجن فاضلاب شهری در کشاورزی با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی

رضا براتی رشوانلو^۱، مهدی فرزادکیا^{۲*}، محمد ماروسی^۴

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

^۲ مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

^۳ استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

^۴ گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت لجن فاضلاب به لحاظ اقتصادی، طراحی و زیست محیطی از پرچالش ترین قسمت های تصفیه فاضلاب محسوب می شود. یکی از روش های معمول دفع لجن کاربری آن در زمین های کشاورزی است. با توجه به وجود آلاینده های مختلف در لجن فاضلاب، کاربری ایمن و موثر آن در زمین کشاورزی نیازمند تدوین رهنمود ویژه است.

روش بررسی: این مطالعه به منظور بررسی رهنمود کشورهای مختلف در زمینه کاربرد لجن فاضلاب در زمین و اولویت بندی آنها با توجه به شرایط بومی ایران با استفاده از آنالیز چند متغیره و بهره گیری از نظر خبرگان و استفاده از روش AHP صورت گرفت.

یافته ها: با اعمال مجموعه امتیاز شاخص ها و در نظر گرفتن وزن معیارها در مجموع به ترتیب استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحد آمریکا، استرالیا، کانادا، چین، ژاپن، اتحادیه اروپا، روسیه، ترکیه و آفریقا جنوبی حائز بالاترین امتیاز می باشند.

نتیجه گیری: آنالیز نتایج این مطالعه نشان داد که در میان رهنمودهای مختلف مورد بررسی رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا از نظر قابلیت اجرایی، جامعیت، شفاف بودن و دقیق بودن، بیشترین قابلیت اجرایی را در ایران دارد.

کلمات کلیدی: لجن، فاضلاب، استاندارد، کاربرد در زمین، AHP

مقدمه

دفع لجن یک مسئله جهانی است و روشهای دفع متنوع با توجه به شرایط محلی انتخاب می‌شوند. روش دفع لجن معمولاً به روش دفع نهایی پساب وابسته است و از آن تاثیر می‌پذیرد. با اینحال وضع مقررات برای انتخاب روش دفع متناسب لجن بطوریکه موجب آسیب رساندن به محیط زیست نشود، ضروری است.^{۱-۴}

یکی از روش‌های مدیریت لجن کاربرد آن در اصلاح خاک و کشاورزی است. لجن باعث بهبود بافت خاک، افزایش مواد مغذی و حاصلخیزی خاک می‌شود. معمولاً برای دفع لجن در زمین بایستی به توپوگرافی زمین، نوع گیاه مدنظر همچون درختان، محصولات علوفه ای و محصولات کشاورزی توجه نمود. تعیین خصوصیات فیزیکی لجن نیز برای انتخاب روشهای کاربری و انتقال لجن ضروری است همچنین خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی لجن نیز در انتخاب روش دفع مناسب ضرورت دارد.^{۱ و ۵}

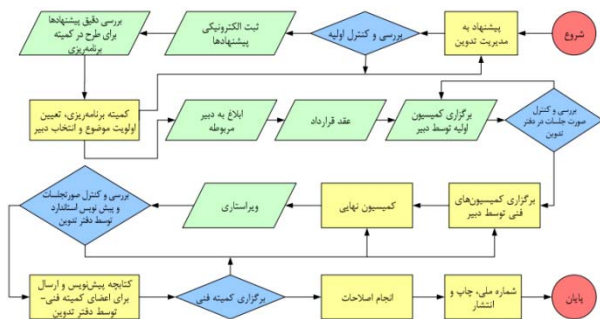
از لحاظ اقتصادی کاربرد لجن در زمین به عنوان کود از یک طرف باعث کاهش اتکا به کودهای کشاورزی و صرفه جویی در انرژی صرف شده برای تولید کودهای شیمیایی می‌شود و در عین حال در هزینه‌های تصفیه لجن صرفه جویی می‌شود.^۶

اگرچه لجن فاضلاب دارای مواد مغذی بوده و می‌تواند باعث اصلاح و بهبود خاک گردد، اما ممکن است حاوی باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزوئرها، پارازیت‌ها، فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی نظیر PCBs باشد که کاربرد این لجن می‌تواند برای محصولات، حیوانات و انسان خطرناک باشد.^۷ مطالعه فرزادکیا و همکاران بر روی چهار تصفیه‌خانه فاضلاب در شهر تهران که به روش هوادهی گسترده لجن فعال کار می‌کردند، نشان داد که این لجن‌ها در اکثر موارد، خام و تثبیت نشده به محیط دفع می‌شود.^۸

در حال حاضر بسیاری از کشورها مقرراتی را جهت استفاده و دفع لجن فاضلاب وضع نموده‌اند. اما در ایران لجن دفعی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب غالباً بدون هیچ کنترل بهداشتی به عنوان کود برای مصارف کشاورزی به کار گرفته می‌شوند و هیچ معیار یا استاندارد مناسبی برای لجن‌های دفعی در کشور وجود ندارد.^{۳ و ۷} از این رو، رشد روزافزون شمار تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و عدم وجود قوانین و استانداردهایی درباره کاربرد لجن در زمین نیاز به وضع قوانین و استانداردهای ملی و منطقه‌ای برای شرایط آب و هوایی ایران بسیار ضروری به نظر می‌رسد.^۴

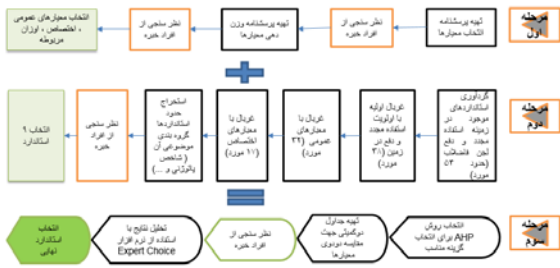
راهکار تدوین استاندارد ملی

در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره گرفته می‌شود. سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) است که علاوه بر وظیفه تدوین استانداردهای ملی، همکاری زیادی با سازمانهای بین‌المللی دارد. تدوین استاندارد در ایران شامل مراحل متعددی است و در این مسیر کمیسیون‌های مختلفی به بررسی استاندارد پیشنهاد شده و جنبه‌های مختلف آن می‌پردازند. شکل شماره ۱ مراحل مختلف تدوین استاندارد در ایران را نشان می‌دهد.^۹



شکل ۱: فرآیند اجرایی تدوین استاندارد ملی در ایران

راهکار گزینش استاندارد



شکل ۲: روند کاری انجام شده تا انتخاب استاندارد نهایی

مواد و روش‌ها

برای رسیدن به فهرست کاملی از استانداردهای مناسب و گزینش استاندارد نهایی، فرآیندی از گردآوری، پردازش و اولویت دهی استانداردها مطابق شکل شماره ۲ در سه مرحله انجام شده است.

مرحله اول: تهیه پرسشنامه، بررسی روایی و پایایی آن توسط پانل متخصصان.

مهمترین عامل در انتخاب استانداردهای پیشنهادی انتخاب معیارهای مناسب است. به همین منظور پرسشنامه‌های برای شناسایی معیارهای مدنظر افراد متخصص و خبره در این امر طراحی گردید سپس روایی و پایایی آن توسط گروه متخصصین بررسی و تایید شد. براساس کارشناسی و نظرات این افراد و حذف معیارهای تکراری، ۱۳ معیار نهایی انتخاب شد. این معیارها به دو دسته عمومی و اختصاصی تقسیم می‌شوند.

معیارهای عمومی آن دسته از معیارهایی را شامل می‌شود که رعایت نشدن آنها، کل استاندارد را از روند بررسی و اولویت‌دهی خارج می‌کند.

معیارهای اختصاصی شامل آن دسته از معیارهایی می‌شود که اولویت بندی استانداردها را معین می‌کنند. در انتخاب این معیارها رویکردهایی نظیر کمک به گسترش پروژه های زیست محیطی و بهداشتی از جمله تصفیه خانه فاضلاب و

در این راهکار پیشنهاد می‌گردد با گردآوری استانداردهای موجود و بررسی کارشناسی با توجه به شرایط فنی، بهداشتی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و ... یکی از استانداردهای مورد مطالعه انتخاب و به عنوان رهنمود به سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نیرو و سایر ارگان‌های ذیصلاح جهت حل مشکل فقدان استاندارد ارائه گردد.

برای دستیابی به این هدف، در بین روش‌های مختلف ارزیابی استاندارد، روش‌های ارزیابی چندمعیاره (Multi-Criteria Evaluation) این امکان را فراهم می‌آورد که معیارهای گوناگون به طور همزمان در تعیین بهترین گزینه و مناسبترین شرایط به کار گرفته شوند. روش‌های ارزیابی را در سه گروه: ۱- رویهم گذاری به کمک کامپیوتر، ۲- روش‌های ارزیابی چند معیاره، شامل تصمیم‌گیری چند معیاره، تصمیم‌گیری چند صفتی و ۳- روش‌های هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) از جمله، الگوریتم‌های تکاملی (Evolutionary Algorithm)، برنامه‌ریزی ژنتیک (Genetic Programming)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks)، شبکه‌های خودکار (Cellular Automaton) و سیستم‌های فازی (Fuzzy Systems) تقسیم‌بندی می‌شوند. در میان روش‌های ذکر شده، روش ارزیابی چندمعیاره رایج‌تر و کاربرد بیشتری در این گونه مطالعات دارد^{۱۰}.

فرایند تصمیم‌گیری چند معیاره شامل چهار مرحله اصلی: شناسایی و ارزیابی، وزن دهی، انتخاب گزینه برتر و تحلیل حساسیت و انتخاب گزینه نهایی است. تحلیل سلسله مراتبی ((Analytical Hierarchy Process (AHP))، روش مفیدی برای کار با فرایندهای تصمیم‌گیری چند معیاره است. این روش قادر است که اهداف زیست محیطی و اجتماعی- فرهنگی را نیز با همان اهمیت اهداف اقتصادی، در انتخاب فرایند گزینه بهینه در نظر بگیرد^{۱۱}.

جدول ۱: معیارها منتخب برای ارزیابی استانداردها

| ردیف | معیار |
|------|---|
| ۱ | قابلیت اجرا |
| ۲ | مشخص و شفاف بودن روش‌های آزمایش |
| ۳ | دقیق بودن حدود راهنما |
| ۴ | استاندارد از نظر فنی جامع و کامل است |
| ۵ | استاندارد سهولت اجرا دارد |
| ۶ | قابلیت ویرایش و بازبینی از جنبه آینده‌نگری در استاندارد گنجانده شده است |
| ۷ | چند جانبه‌نگر بودن استاندارد |
| ۸ | همخوانی با سایر استانداردها در راستای کاهش هزینه‌ها |
| ۹ | استاندارد از نظر کاربرد قابلیت انتخابی دارد |
| ۱۰ | نیروی انسانی متخصص جهت اجرای استاندارد در دسترس می‌باشد |
| ۱۱ | تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای استاندارد در دسترس می‌باشد |
| ۱۲ | جنبه‌های بهداشت ایمنی و محیط زیست |
| ۱۳ | در استاندارد به مباحث آب، خاک، هوا و سلامت مردم توجه شده است |

براساس نظر خبرگان شاخصهای منتخب برای ارزیابی استانداردها در دو بخش عمومی و اختصاص بدست آمده است که شاخص‌های عمومی شامل قابلیت اجرا، مشخص و شفاف بودن روش‌های آزمایش، دقیق بودن حدود راهنما، سهولت اجرا استاندارد، قابلیت ویرایش و چند جانبه نگر بودن استاندارد می‌باشد.

معیارهای اختصاص شامل جامع و کامل بودن، همخوانی با سایر استانداردها، قابلیت انتخابی داشتن استاندارد، در دسترس بودن نیروی انسانی و تجهیزات جهت اجرای استاندارد، جنبه‌های بهداشت و ایمنی و توجه به سلامت مردم مد نظر قرار گرفت.

درجه اهمیت معیارهای انتخابی با توجه به نظر گروه کارشناسان به صورت مقایسه زوجی در نمودار (۱) ارائه شده است.

آزمایشگاه مرجع در کشور لحاظ شده است^۹. لازم به ذکر است که در این پژوهش تعیین وزن معیارها نیز به کارشناسان واگذار گردیده است.

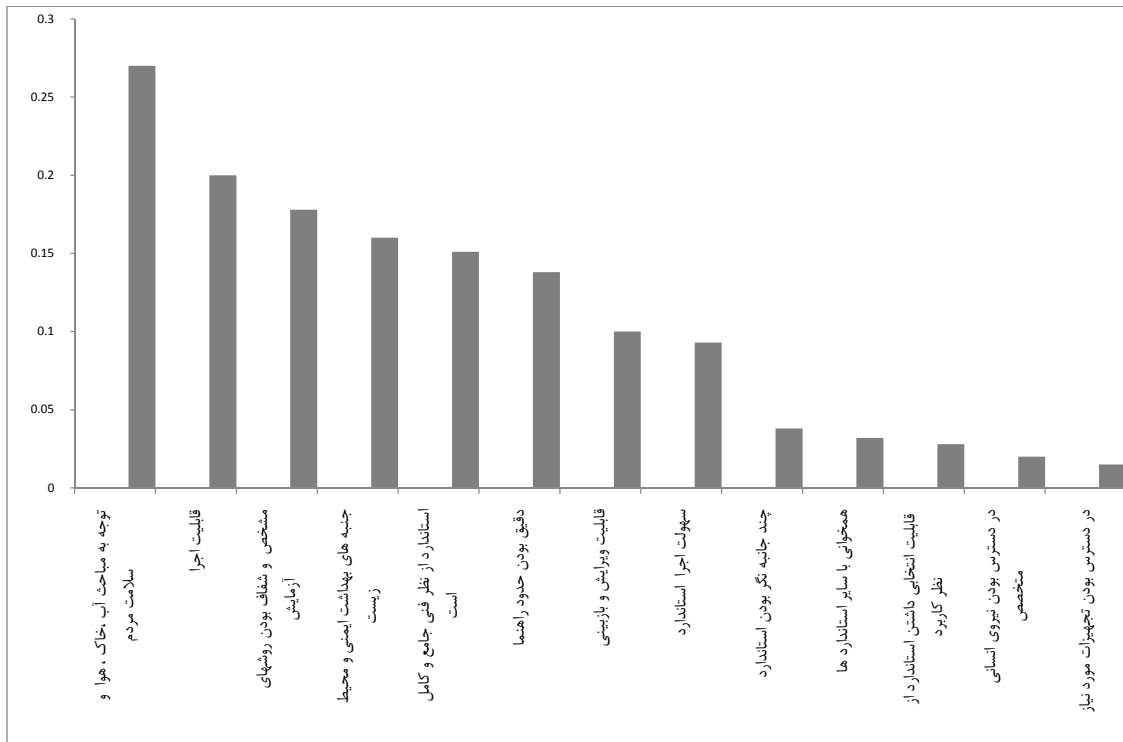
مرحله دوم: به موازات فرآیند انتخاب معیار، مجموعاً ۵۴ استاندارد گردآوری، در غربال اولیه با اولویت استانداردهای استفاده مجدد و دفع زیست محیطی لجن، ۳۸ استاندارد و در غربال با معیارهای عمومی، ۳۲ استاندارد برای مرحله امتیازدهی باقی ماند که با تطبیق، پس از مطالعات و تطبیقی نهایی ۳۲ استاندارد با معیارهای اختصاصی، فهرست ۱۷ استاندارد نهایی مشخص شد. از میان این فهرست نیز با نظر نهایی خبرگان و مطالعه دقیق تر محتوای آنها، ۹ استاندارد که شامل استرالیا، کانادا، چین، اتحادیه اروپا، ژاپن، روسیه، آفریقای جنوبی، ترکیه و سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (US EPA) از دیدگاه شاخص‌های پاتوزنی، فلزات سنگین، ترکیبات آلی و شیمیایی، نوترینت‌ها و میزان بارگذاری در زمین برای بررسی در دستور کار پژوهشگران دانشگاه علوم پزشکی ایران قرار گرفت.

مرحله سوم: در این مرحله جهت انجام مقایسات زوجی که پایه و اساس فرایند AHP می‌باشد، فرم‌هایی در قالب پرسشنامه تهیه و در اختیار تعدادی از کارشناسان فنی و مدیران اجرایی صاحب نظر قرار گرفت. این فرم‌ها توسط کارشناسان و مدیران خبره تکمیل گردید نهایتاً نتایج فرم‌های پر شده توسط نرم افزار Expert Choice مورد پردازش قرار گرفت و با تعیین وزن گزینه‌ها، اولویت‌بندی بر اساس وزن هر گزینه و در نهایت انتخاب گزینه برتر صورت پذیرفت.

یافته‌ها

نتایج بررسی کارشناسان در خصوص بررسی معیارها انتخابی، جهت ارزیابی استانداردها در جدول ۱ ارائه شده است.

رضا براتی رشوانلو و همکاران



نمودار ۱: مقایسه معیارها از نظر درجه اهمیت

جدول ۲: مقایسه استاندارد ها با لحاظ نمودن معیارهای انتخابی

| ردیف | معیار* | آفریقای جنوبی | ترکیه | روسیه | اتحادیه اروپا | ژاپن | چین | کانادا | استرالیا یا آمریکا | محیط زیست |
|------|---|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|--------|--------------------|-----------|
| ۱ | قابلیت اجرا | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۱ | ۰/۲۳۲ | ۰/۲۵۲ | ۰/۲۲۴ | ۰/۴۴۷ | ۰/۶۸۷ | ۰/۹۹۶ | ۱ |
| ۲ | مشخص و شفاف بودن روشهای آزمایش | ۰/۰۹۹ | ۰/۱۱ | ۰/۱۶۷ | ۰/۲۷۳ | ۰/۲۷۷ | ۰/۲۰۶ | ۰/۴۸۲ | ۱ | ۰/۹۲۹ |
| ۳ | دقیق بودن حدود راهنما | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۵۱ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۳۹۱ | ۰/۲۷۵ | ۰/۳۸۳ | ۱ |
| ۴ | جامع و کامل استاندارد از نظر فنی | ۰/۰۹۱ | ۰/۱۴۶ | ۰/۱۳۸ | ۰/۳۲۸ | ۰/۲۰۹ | ۰/۳۷۹ | ۰/۶۶۴ | ۱ | ۱ |
| ۵ | قابلیت ویرایش و بازمینی | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۳ | ۰/۲۲۸ | ۰/۱۹۲ | ۰/۳۹۹ | ۰/۱۴۹ | ۰/۷۶۴ | ۰/۶۲ | ۱ |
| ۶ | سهولت اجرای استاندارد | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۸۸ | ۰/۱۳۶ | ۰/۱۳ | ۰/۱۴۴ | ۰/۲۳۷ | ۰/۴۸ | ۰/۵۳۴ | ۱ |
| ۷ | چند جانبه نگر بودن | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۸ | ۰/۱۹۹ | ۰/۰۹۸ | ۰/۲۰۸ | ۰/۱۶۹ | ۰/۴۷۲ | ۰/۶۸۵ | ۱ |
| ۸ | همخوانی با سایر استانداردها | ۰/۰۸۶ | ۰/۱۳۹ | ۰/۲۷۳ | ۰/۱۳۵ | ۰/۴۱۹ | ۰/۲۱۷ | ۱ | ۰/۵۸۱ | ۰/۹۰۳ |
| ۹ | قابلیت انتخابی از نظر کاربرد | ۰/۰۹۴ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۶۲ | ۰/۴۲۱ | ۰/۱۴۶ | ۰/۹۰۶ | ۱ | ۰/۹۱۸ |
| ۱۰ | در دسترس بودن نیروی انسانی مورد نیاز | ۰/۱۶۱ | ۰/۰۷۲ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۶۴ | ۰/۲۶۷ | ۱ | ۰/۶۰۳ | ۰/۸۵۳ |
| ۱۱ | توجه به مباحث آب، خاک، هوا و سلامت مردم | ۰/۰۶۶ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۲۲۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۳۱۶ | ۰/۵۲۳ | ۰/۶۸۱ | ۱ |
| ۱۲ | در دسترس بودن تجهیزات مورد نیاز | ۰/۱۳ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۵۷ | ۰/۲۸۴ | ۰/۱۶۵ | ۰/۴۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۸۷۴ | ۱ |
| ۱۳ | جنبه های بهداشت ایمنی و محیط زیست | ۰/۰۹۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۶۷ | ۰/۴۲ | ۰/۲۰۵ | ۰/۲۹۵ | ۰/۶۳۳ | ۰/۸۶۴ | ۱ |
| ۱۴ | مجموع امتیازها | ۱/۲۷۵ | ۱/۵۴۷ | ۲/۴۰۱ | ۲/۹۱۵ | ۳/۱۱۸ | ۳/۶۷۶ | ۰/۶۵۷ | ۰/۸۱۹ | ۱۲/۶ |

بحث

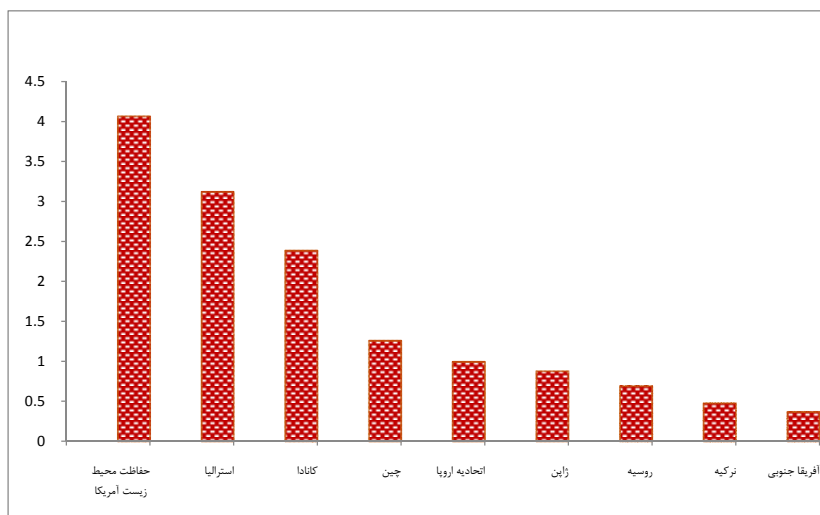
مهمترین عامل در انتخاب استانداردهای پیشنهادی انتخاب معیارهای مناسب است این معیارها به دو دسته عمومی و اختصاصی تقسیم که معیارهای عمومی شامل فعال بودن، دسترس پذیری استاندارد، همپوشانی نداشتن موضوع استانداردها و... و معیارهای اختصاص شامل مرتبط به موضوع بودن استاندارد، ارجاع متولیان امر (تولید و بی خطر ساز و استفاده کننده از لجن) به استاندارد و تشابه نداشتن با استانداردهای تدوین شده در ایران می باشد.^۹

براساس بررسی های بعمل آمده علوی و همکاران در مطالعه "ترکیب مؤلفه های اقتصادی و غیراقتصادی در انتخاب تمرکز یا عدم تمرکز احداث تصفیه خانه های فاضلاب با رویکرد مدل تسلط تقریبی"^{۱۲} محمدی و همکاران در مقاله "گردآوری و اولویت بندی استانداردهای جهانی فتوولتائیک برای تدوین استانداردهای ملی با تمرکز بر کاربرد نیروگاهی"^۹ همچنین فتایی و همکاران،^{۱۳} عبدلهی،^{۱۴} شاه منصور و همکاران^{۱۵} نیز در روند انتخاب فرایند از معیارهای مشابه ای استفاده نموده اند.

از نظر اهمیت شاخص توجه به سلامت مردم، قابلیت اجرایی داشتن استاندارد، مشخص و شفاف بودن روش آزمایش، جنبه های بهداشتی و ایمنی و محیط زیست، جامع و کامل بودن، دقیق بودن حدود راهنما، قابلیت ویرایش و بازبینی داشتن، سهولت اجرا، چند جانبه نگر بودن، همخوانی با سایر استانداردها، قابلیت انتخابی داشتن، در دسترس بودن نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرا استاندارد به ترتیب حائز بالاترین امتیاز می باشند.

نتایج مقایسه استانداردها با لحاظ معیارها در جدول ۲ ارائه شده است.

نتیجه مقایسه استانداردها با لحاظ نمودن معیاره به صورت گرافیکی نشان می دهد که استاندارد US EPA، استرالیا، کانادا، چین، ژاپن، اتحادیه اروپا، روسیه، ترکیه و آفریقا جنوبی به ترتیب دارای بیشترین امتیاز می باشند. با اعمال مجموعه امتیاز شاخص ها و در نظر گرفتن وزن معیارها در مجموع به ترتیب استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحد آمریکا، استرالیا، کانادا، چین، ژاپن، اتحادیه اروپا، روسیه، ترکیه و آفریقا جنوبی حائز بالاترین امتیاز می باشند (نمودار ۲).



نمودار ۲: نمودار نهایی حاصل از جمع معیارها با اعمال اهمیت آن

بررسی کیفیت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر نوشهر، شاخص‌هایی نظیر pH، نسبت جامدات فرار به کل جامدات، رنگ و بوی لجن و محتمل ترین تعداد کلی فرم و کلی فرم مدفوعی و شمارش تعداد تخم انگل‌زیایی شد که با شاخص‌های این تحقیق همپوشانی دارد.

تاثیرگذاری ملاحظات سیاسی در الگوبرداری از یک استاندارد فنی^۴ حمایت علم‌پشتیبانی فنی از اهمیت زیادی برخوردار است. بر این اساس بدلیل تحریم‌های موجود از طرف برخی کشورها، استاندارد کشور کانادا از نظر دسترسی به پشتیبانی‌های فنی گزینه مطلوب‌تری محسوب می‌گردد.

در استاندارد حفاظت محیط زیست آمریکا دامنه مقادیر حداقل و حداکثر در برخی از معیارها بیش از سایر استانداردها بوده است. بنابراین با توجه به نظر متخصصان این گزینه از منظر قابلیت ویرایش مقبولیت بیشتری خواهد داشت. در انتخاب استاندارد قابل قبول، توجه به ملاحظات ایمنی، بهداشت و محیط زیست و سلامت مردم یکپاز الزامات اصلی محسوب می‌گردد. در این راستا از گروه متخصصان درخواست شد که ضمن مطالعه رهنمودهای مصوب پیوست سلامت کشور، فاکتورهای مورد نظر در این پیوست را جهت ارزیابی استانداردهای مورد نظر ملحوظ دارند.^{۲۰}

نتیجه گیری

استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند متغیره در این مطالعه نشان داد که از نظر خبرگان جامعیت، دقت و شفاف بودن یک رهنمود و نیز وجود دستورالعمل‌های پشتیبان مانند دستورالعمل آزمایشات، آیین‌نامه‌های اجرایی و تعیین مشخصات وظایف سازمانی از عوامل اصلی تاثیر گذار بر انتخاب یک رهنمود و پیاده‌سازی آن محسوب می‌شوند. در این مطالعه، در مجموع جنبه‌ها، استاندارد ۵۰۳ سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا با نمره ۲۸ بالاترین امتیاز را بدست آورد که با نتایج مطالعات دیگر همخوانی دارد. با در

از میان معیارهای عمومی، قابلیت اجرایی و جامع و کامل بودن نسبت به معیارهای اختصاص از جمله نیروی انسانی در دسترس و سهولت اجرا استاندارد اهمیت بیشتری دارند اگرچه نتایج این تحقیق به دلیل تفاوت ماهیت آن نسبت به بعضی از تحقیقات گذشته^۹ به لحاظ ساختاری متفاوت بوده اما با تحقیق انجام شده توسط علویو همکاران^{۱۲} از نظر اهمیت معیارها همخوانی دارد. همچنین مقصود لوکمالی و همکاران نیز از مدل‌های AHP و Topsis جهت بهینه‌سازی فرایند تصمیم‌گیری استفاده مجدد از لجن تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری از شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و وضعیت آلودگیهای محیط زیست استفاده کردند که با شاخص‌های انتخابی این تحقیق شباهت دارد.^{۱۶}

در متن استانداردهای مورد مقایسه حدود معیارهای پاتوزنی، فلزات سنگین، مواد شیمیایی، نوترینت‌ها و نرخ بارگذاری لجن در زمین کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. از آنجائیکه روش اندازه‌گیری این معیارها بطور دقیق در مراجع معتبر ارائه شده^{۱۷} کارشناسان خوبی می‌توانند در خصوص مشخص و شفاف بودن روش آزمایش قضاوت نمایند.

با توجه به انتخاب گروه خبرگان از میان افراد مطلع و دارای سابقه اجرایی در بخش آب و فاضلاب و حیطه‌های وابسته به آن، به نظر می‌رسد که استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ضمن داشتن ویژگیهای یک استاندارد خوب مانند قابلیت اجرایی، جامعیت، شفاف بودن و دقیق بودن،^۹ بیشترین قابلیت اجرایی را در ایران دارد.^۷

در این تحقیق که با هدف انتخاب استاندارد مناسب کاربرد لجن در زمین انجام پذیرفت، مشخص شد که بر اساس نظر خبرگان در گزینه پیشنهادی به صراحت استانداردهای استفاده از لجن در زمین کشاورزی ارائه شده است که این نتایج با مطالعه تکدستان^۷ و اخباریو همکاران^{۱۸} همخوانی دارد. همچنین در مطالعه نیک منش و همکاران^{۱۹} در خصوص

ظرفیت‌های بومی مد نظر باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران به دلیل حمایت مالی این تحقیق با کد طرح ۳۰۱۴۹-۲۱۲-۰۴-۹۵، مراتب تشکر و قدردانی را دارند.

نظر گرفتن معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی، مدیریتی، حقوقی، اجتماعی و زیست محیطی در این مطالعه توصیه می‌شود در کوتاه مدت رهنمود سازمان محیط زیست ایالات متحده در زمینه کاربرد لجن در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته و در تدوین رهنمود بومی نیز معیارهای جامعیت، شفاف بودن وظایف سازمانی، دقیق بودن روش اجرایی و در عین حال سادگی اجرای آن و تعیین معیارهای کمی بر اساس

References

1. Basim Y, Farzadkia M, Jaafarzadeh N, Hendrickx T. Sludge reduction by lumbriculus variegatus in Ahvas wastewater treatment plant. *Iranian J Environ Health Sci Eng* 2012;9(1): 4.
2. Farzadkia M. Evaluation of Sludge Management in Sewage Treatment Plant in Hamadan Province. *J Mazandaran U Med Sci* 2005;15(47): 19-25.
3. Farzadkia M, Jafarzadehghahighifard N, Loeimi A, Ghalambor A. Wastewater Sludge Stabilization using lime a case study of West Ahwaz Wastewater treatment plant 2009.
4. Farzadkia M, Jafarzadehghahighifard N, Lovymi al. Optimization of bacteriological quality of biosolids by lime addition 2009.
5. Farshad A, Gholami H, Farzadkia M, et al. The safety of non-incineration waste disposal devices in four hospitals of Tehran. *Int J Occup Environ Health* 2014;20(3): 258-63.
6. Emamjomeh MM, Tahergorabi M, Farzadkia M, Bazrafshan E. A Review of the Use of Earthworms and Aquatic Worms for Reducing Sludge Produced: An Innovative Ecotechnology. *Waste Biomass Valorization* 2017: 1-15.
7. Takdastan A. requirements and standard of environmental about reus and dispose of sludge in the land. Third National Conference on Environmental Health.
8. Farzadkia M, Jafarzadehghahighifard N, Loeimi A, Ghalambor A. Wastewater Sludge Stabilization using lime a case study of West Ahwaz Wastewater treatment plant. *Bimonthly J Water Wastewater* 2009;19(4(68)): 67-71.
9. Mohammadi M, Najmi A, Noori J, Hossein S. Collection and prioritization of global photovoltaic standards for the development of national standards focusing on the use of power plants. *Industrial Technology Development. Technol Dev Technol* (21): 123-07.
10. Jafari Z, MikaealiTabrizy A, Mohammadzadeh M, Abdi O. Evaluation of ecotourism competence in golestan national park through weighted linear combination method. *Renew Nat Resour Res* 2012;2(4): 25-37(in Persian).
11. Delbari SA, Davoodi SA. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) Technique in Ranking of Tourist Attraction Evaluation Indicators. *Research Journal in Operations and Applications. J Res Oper Appl* 2011;9(2): 57.
12. Alavi SE, Shalposh S, Barati R. Construction of sewage treatment plants with approximate model of mastery model (case study: Bojnurd city). Combining economic and non-economic components in choosing concentration or decentralization. First National Conference on Water Economics 2016 (in Persian).
13. Fataei E, Torabian A, Hosseinzadeh Kalkhoran M, et al. Selection of Optimum Municipal Wastewater Treatment Process Using AHP (Case Study: Ardebil, Tabriz, and Uremia). *J Health* 2013;4(3): 260-72 (in Persian).
14. Abdullahi T. The decision to reuse sludge from urban wastewater treatment plants based on (Topsis) Ideal Euclidian Distance (Case Study: Urban Wastewater Treatment Plant in Ardabil). First International Comprehensive Conference on the Environment; Holds a Webinar 2015.
15. Shahmansouri A, Sabahi MS, Rezaei AR, et al. The application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in the selection of type and location of water treatment plant. *Water and wastewater* 2012;4: 134-9.
16. Maqsdulo Kamali B, Ghaneian MT, Abdollahi T. Utilization of Topsis and AHP models in order to optimize the decision making process of reuse of sludge in municipal wastewater treatment plants (Case study: Urban Wastewater Treatment Plant of Ardabil). Sixteenth National Conference on Environmental Health ; Bushehr 2013.
17. Federation WE, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA 2005.

18. Muchuweti M, Akhbari M, Alavi Moghaddam SMR. Examining US EPA Standards on the Use of Sewage Treatment Plants in Agricultural Land. CESC 2004 2004(1): 657-68 (in Persian).
19. Nikmanesh MS, Vajj Kazemi K. Evaluation of sewage sludge quality in Nowshahr city and its comparison with environmental standards for reuse in 1394.Eighth National Conference and Exhibition of Environmental Engineering; Tehran 2016.
20. National Health Standards. Health and Environment Center 2014.

Selection of Suitable Guidelines for the Application of Sewage Sludge in Agricultural Using Hierarchical Analysis System (AHP)

Reza Barati Rashvanlou¹, Mehdi Farzadkia^{2,3*}, Mohammad Marousi³

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Department of Environmental Health, Neyshabur University of Medical Science, Neyshabur, Iran

* E-mail: mehdifarzadkia@yahoo.com & Email: farzadkia.m@iums.ac.ir

Received: 30 Jan. 2018; Accepted: 5 May 2018

ABSTRACT

Background: Sewage sludge management is one of the most challenging parts of sewage treatment in terms of economic, design and environmental issues. One of the common ways of disposing of sludge is its use in agricultural land. Due to the presence of various contaminants in sludge, its safe and effective use in agricultural land requires the development of a special Guidance.

Methods: This study was carried out to survey the guidelines of different countries regarding the application of sewage sludge on the ground and prioritize them according to the native conditions of Iran using multivariate analysis and expert opinion and using the AHP method.

Results: The United States, Australia, Canada, China, Japan, the European Union, Russia, Turkey, and South Africa have the highest rating by applying the scores of indexes and taking into account the weight of the criteria in accordance with the standards of the US Environmental Protection Agency, respectively.

Conclusion: The analysis of the results of this study showed that among the various guidelines examined, the US Environmental Protection Agency (EPA) has the most executive capacity in terms of executive capacity, comprehensiveness, transparency and precision.

Keywords: Sludge, Wastewater, Standard, Land application, AHP