Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره چهار، تیرماه ۹۸

تدوین شاخص کیفی پساب تصفیه شده شهری با رویکرد استفاده مجدد از پساب

ملیحه فلاح نژاد تفتی [۱] *

m_falahnezhad@yahoo.com

ناصر مهردادی [۲]

علی ترابیان [۳]

حسین نایب [٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۸ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۲/۰۱**

چکیده

زمینه و هدف: تعیین کیفیت پساب تصفیه خانه شهری جهت استفاده مجدد و یا دفع همواره با اهمیت بوده و بدین منظور آزمایشات گوناگونی صورت می گیرد. تدوین شاخص کیفی پساب تصفیه شده شهری امکان بررسی سریع و آسان جهت انتخاب بهترین گزینه استفاده مجدد و دفع پساب را فراهم می کند. بدین منظور شناخت پارامترهای کیفی مهم و موثر و تعیین میزان اهمیت هر پارامتر با توجه به کاربری پساب مورد نظر امری ضروری است.

روش بررسی: در این مطالعه پس از تشخیص پارامترهای کیفی مهم در پساب شهری با استفاده از روش دلفی با بهره گیری از ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره، اوزان این پارامترها به منظور تدوین شاخص کیفی پساب تعیین شده است. سپس با تهیه زیرشاخص های هر پارامتر با استفاده از استانداردهای موجود در استفاده مجدد و دفع پساب و بهره گیری از روش‌های تجمیع، ماتریس شاخص کیفی پساب تهیه شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که متغیرهای BOD,COD,TSS,TDS,NH4,PO4و کلی‌فرم‌های مدفوعی، مهم‌ترین پارامترهای کیفی پساب بوده و تدوین شاخص کیفی پساب با توجه به روش‌های استفاده مجدد و دفع پساب و استفاده از اوزان متفاوت برای هر متغیر روش بسیار دقیق‌تری محسوب شده و امکان بررسی سریع و ساده برای پساب هر تصفیه خانه و یا مقایسه بین تصفیه خانه های فاضلاب شهری مختلف را ممکن می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفی پساب، فاضلاب شهری، استفاده مجدد، دفع، پارامترهای کیفی.

۱- دکتری مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- دکتری مهندسی محیط زیست-آب و فاضلاب دانشگاه عباس‌پور، تهران، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.4, June, 2019

Developing Wastewater Quality Index (WWQI) for treated municipal wastewater with the wastewater reuse approach

Maliheh Falah Nezhad Tafti [1*]
m_falahnezhad@yahoo.com
Nasser Mehrdadi [2]
Ali Torabian [3]
Hossein Nayeb [4]

Admission Date: April 21, 2015 Date Received: July 1, 2015

Abstract

Background and Objective: Determining the wastewater quality index of municipal wastewater treatment plant for reuse or disposal purposes has always been an important issue. Therefore, developing a wastewater quality index facilitates the investigation and selection of the best option for wastewater reuse or disposal. Thus, determining the important quality parameters and the level of importance of each parameter in terms of the application of the wastewater are essential.

Method: In this study, after determining the important quality parameters by Delphi method, the weight of each factor was calculated using the multi-criteria decision making tools in order to develop the wastewater quality index. Then, the matrix for wastewater quality index was presented by defining the sub-indices for each parameter using the standards for wastewater reuse and disposal and by integration methods.

Findings: Results indicated that the quality parameters including BOD, COD, TSS, TDS, Fecal Coliform, pH, NH4 PO4 are the most important parameters. Also, developing the wastewater quality index through different methods for reuse and disposal and application of various weights for each parameter was found to be a more accurate and reliable method. This method allows for fast and simple evaluation of wastewater in each treatment plant and comparison of different municipal wastewater treatment plants.

Keywords: Wastewater Quality Index, Municipal wastewater, Reuse, Disposal, Quality parameters.

1- PhD Graduated of Environmental Engineering, Faculty of Environment, Tehran University, Tehran, Iran.
* *(Corresponding Author)*
2- Professor of Environmental Engineering, Faculty of Environment, Tehran University, Tehran, Iran.
3- Professor of Environmental Engineering, Faculty of Environment, Tehran University, Tehran, Iran.
4- Ph.D. Graduated of Environmental Engineering, Abbaspoor University, Tehran, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب مهم‌ترین جز تشکیل دهنده بدن انسان است. بدون آب هیچ‌گونه حیاتی بر روی کره زمین وجود ندارد. کشورهای مختلف و به ویژه کشورهای در حال توسعه، درصدد توسعه یک شاخص ملی هستند که در حوضه قلمرو و براساس شرایط منطقه‌ای دارای اعتبار باشند. در این کشورها،استفاده گسترده-ای از شاخص‌های کیفیت آب درمدیریت یکپارچه منابع آب صورت می‌گیرد. اما در زمینه تهیه شاخص کیفی پساب در کشورهای مختلف تلاش به خصوصی صورت نگرفته است. لذا ارایه شاخص‌هایی که در عین سادگی و دقت، متغیرهای کیفی محدودتری نیاز داشته باشند و در نتیجه با صرف وقت و هزینه کمتر، بتوان منابع تولید پساب تصفیه شده شهری را مورد پایش مستمر قرار داد امری ضروری است. این شاخص به منظور تخمین سریع کیفیت پساب، مقایسه سریع سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب و ارزیابی سریع بهبود کیفیت پساب بسیار مفید است. هم‌چنین با استفاده از این شاخص تعیین کاربری پساب مورد نظر ممکن شده و قابلیت استفاده از پساب در بحث کشاورزی، صنعتی، چاه جاذب، آب سطحی و مصارف عمومی و شهری به طور هم‌زمان بررسی می‌شود که از نوآوری‌های این تحقیق است. در ذیل چند تحقیق صورت گرفته در خصوص تدوین و کاربرد شاخص‌های کیفیت آب ارایه می‌گردد.

پسکه و واندلین (۱) از شاخص‌های مختلف کیفیت آب (WQI) برای بررسی اثر شهر کوردوبا بر آب رودخانه سوکویا[1] در کشور آرژانتین استفاده نمودند. تعداد ۲۰ متغیر اندازه‌گیری شده شامل بسیاری از متغیرهای توصیه شده توسط سیستم پایش جهانی محیط زیست و برنامه محیط زیست ملل متحد می‌باشند که عبارتند از دما، سختی، DO، pH، هدایت الکتریکی(EC)، کدورت، نیتریت، نیترات، آمونیاک، کلرید، سولفید، BOD_5، کلسیم، COD، منیزیم، روغن و چربی، فسفر، TDS، TS و کل کلی‌فرم موجود در آب.

سانچز و همکاران (۲) متغیرهای pH، DO، دما، آمونیاک، نیتریت، نیترات، فسفر، BOD_5، COD و TSS را مطابق استاندارد (APHA,1999) مورد سنجش قرار دادند. کریمیان و همکاران (۱۳۸۵) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه زهره را پس از نمونه‌برداری ماهانه از ۹ ایستگاه در طول یک سال بررسی کردند و آنالیز پارامترهای DO، pH، TDS ، BOD، EC، کدورت، دما، نیترات، کل فسفات و کلی‌فرم را با استفاده از NSF انجام دادند(۳).

در بحث فاضلاب تصفیه شده شهری ورلیچی و همکاران در ۲۰۱۰ (۴) شاخص کیفی پساب در ایتالیا را با توجه به استانداردهای این کشور تخمین زدند. در این تحقیق ۶ متغیر کیفی BOD، COD، SS، Total P، NH4، E.Coli در نظر گرفته شد که دلیل انتخاب این پارامترها مطالعات قبلی بوده (۵) و البته وزن این متغیرها یکسان در نظر گرفته شد، به استثنای E.coli که به دلیل اهمیت بیشتر، وزن ۱/۴ به آن تخصیص داده شد.

به صورت قانونی برای تخلیه و دفع پساب یا استفاده مجدد از آن، باید استانداردهای استفاده مجدد و دفع کاملا رعایت شود. تحلیل و آنالیز پارامترهای بسیار زیاد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بسیار دشوار و پیچیده است. لذا جهت تخمین شاخص کیفی پساب تصفیه شده باید پارامترهای کیفی مهم و موثر بر کیفیت پساب شناسایی و بر اساس میزان اهمیت وزن دهی و اولویت بندی شوند.

یکی از مراحل اساسی تدوین شاخص کیفیت پساب، تعیین متغیرهای مهم و تاثیرگذار می‌باشد. نوع متغیرهای مهم بر حسب به نوع مصرف آب متفاوت خواهد بود. در بسیاری از پروژه‌های مطالعاتی و رفتارسنجی تعدد متغیرهای مورد اندازه‌گیری به منظور بیان کیفیت، یک موضوع مورد بحث بوده و بعضی اوقات تعیین کیفیت آب از روی تعداد زیاد نمونه‌ها که هر یک شامل غلظت تعداد زیادی از متغیرهاست، دشوار می‌باشد. لذا در این تحقیق، محقق به دنبال ارایه شاخصی است که در عین سادگی و دقت، متغیرهای کیفی محدودتری نیاز داشته باشد و در نتیجه با صرف وقت و هزینه کمتر، بتوان منابع آبی را مورد پایش مستمر قرار داد. هورتون به‌عنوان اولین کسی

1-Suquia

www.SID.ir

که شاخص کیفیت آب را در سال ۱۹۶۵ معرفی نمود، برای انتخاب متغیرهایی که در شاخص وارد می‌شود رعایت موارد ذیل را لازم دانسته است (۶).

- تعداد متغیرها باید محدود شود تا از پراکندگی شاخص جلوگیری شود.
- متغیرهای انتخاب شده در اغلب مناطق کشور دارای اهمیت باشند.
- متغیرها انتخاب شده بازتابی از بانک داده‌های موجود باشند.

اگرچه هورتون انتخاب ۱۰ متغیر برای شاخص کیفیت آب را بر اساس کارهایش در کمیته بهداشت رودخانه اوهیو انجام داد، لیکن این شاخص در سایر قسمت‌های کشور آمریکا نیز به‌کار گرفته شد. سپس در سال ۱۹۷۰ براون با همکاری همکاران خود شاخص کیفیت آب دیگری براساس روش دلفی بنا نهاد که در سال ۱۹۷۴ توسط بنیاد بهداشت ملی آمریکا شاخص مزبور مورد تایید قرار گرفته و بعد از آن به نام NSFWQI مشهور گردید(۷). شاخص ارگان نیز در ۱۹۷۰ بر پایه روش دلفی تدوین شد(۸).

بررسی سابقه اولیه اکثر شاخص‌ها نشان داد که انتخاب متغیرهای مهم به منظور ورود به سیستم تصمیم‌گیری کیفیت آب بر پایه نظرات کارشناسی استوار بوده است. بر این اساس و به منظور دخیل و شریک نمودن کارشناسان و محققین ، انتخاب متغیرهای دخیل در شاخص کیفیت پساب براساس روش دلفی صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه بررسی و شناخت پارامترهای کیفی پساب تصفیه شده و انتخاب گزینه های با اهمیت و وزن دهی به این پارامترها انجام می شود. سپس با به دست آوردن وزن هر متغیر و هم‌چنین زیر شاخص هر متغیر و با استفاده از روش‌های تجمیع ماتریس شاخص کیفی پساب حاصل می شود. روش انجام این مطالعه به صورت گام به گام به شرح زیر است:

۱. تعیین متغیرهای مهم و اثر گذار در کیفیت پساب: بدین منظور گام نخست، روش دلفی و انتخاب کارشناسان مربوطه در خصوص موضوع مورد تحقیق می‌باشد. لذا با بررسی لیست کارشناسان آب و فاضلاب و نیز بررسی نویسندگان مقالات مختلف در خصوص کیفیت آب و پساب در سطح دانشگاهیان، مهندسین مشاور، مراکز تحقیقاتی کشور و اپراتورهای تصفیه خانه های فاضلاب اقدام به انتخاب حدود ۱۰۰ نفر کارشناس خبره در امر کیفیت آب و فاضلاب گردید. سپس پرسش‌نامه مناسب تنظیم شدکه حاوی جداول مختلفی بود که در مراحل تست روایی از رده خارج شدند و در نهایت جدولی برای غربال گری و انتخاب متغیرهای مهم و تاثیرگذار در کیفیت پساب ایران با توجه به مصارف مختلف تنظیم گردید. با توجه به این که اساس اجرای روش دلفی بر توافق حداکثری کارشناسان استوار می‌باشد، لذا در دسترس بودن کارشناسان و اعلام آمادگی و همکاری آنان در طول اجرای پروژه از مشکلات انجام تحقیق حاضر بوده است. پس از ارسال پرسش‌نامه‌ها، حدود ۸۰ پرسش‌نامه تکمیل شده بازگشت داد شد. سپس نظرات این کارشناسان جمع بندی و پارامترهای مهم شناسایی گردید.

۲. استفاده از روش AHP و تهیه ماتریس مقایسات زوجی: با روش سلسله مراتبی و تعیین معیارهای اهمیت پارامترها، با توجه به مصارف مختلف پساب تصفیه شده(آب سطحی، آب زیر زمینی، کشاورزی و آبیاری، مصارف صنعتی و تفرجی) وزن نهایی پارامترهای کیفی مهم مشخص شد.

۳. تهیه زیر شاخص متغیرهای کیفی: روش‌های مختلفی جهت به دست آوردن زیر شاخص متغیرهای کیفی وجود دارد که از آن میان روش زیر شاخص خطی با توجه به سهولت و روان بودن آن انتخاب شد.

۴. استفاده از روش‌های تجمیع و تهیه ماتریس شاخص کیفی پساب: روشه‌ای تجمیع

در نهایت، پس از بدست آوردن وزن هر پارامتر با استفاده از روش AHP و با استفاده از روشهای تجمیع، ماتریسی جهت تخمین کیفیت پساب و بهترین گزینه استفاده مجدد از آن حاصل می‌شود.

نتایج و بحث

استفاده از روش دلفی در به‌دست آوردن پارامترهای کیفی مهم پساب

www.SID.ir

Archive of SID

در این بخش با بررسی لیست کارشناسان آب و فاضلاب و نیز بررسی نویسندگان مقالات مختلف در خصوص کیفیت آب و پساب در سطح دانشگاهیان، مهندسین مشاور، مراکز تحقیقاتی کشور و اپراتورهای تصفیه خانه های فاضلاب اقدام به انتخاب حدود ۱۰۰ نفر کارشناس خبره در امر کیفیت آب و فاضلاب گردید. سپس پرسش‌نامه مناسب تنظیم شدکه حاوی جداول مختلفی بود که در مراحل تست روایی از رده خارج شدند و در نهایت جدولی برای غربال‌گری و انتخاب متغیرهای مهم و تاثیرگذار در کیفیت پساب ایران با توجه به مصارف مختلف تنظیم گردید. با توجه به این که اساس اجرای روش دلفی بر توافق حداکثری کارشناسان استوار می‌باشد، لذا در دسترس بودن کارشناسان و اعلام آمادگی و همکاری آنان در طول اجرای پروژه از مشکلات انجام تحقیق حاضر بوده است. پس از ارسال پرسش‌نامه‌ها حدود ۸۰ پرسش‌نامه تکمیل شده بازگشت داده شد. سپس نظرات این کارشناسان جمع بندی و پارامترهای مهم شناسایی گردید. به منظور اجرای این تحقیق لیستی از کلیه پارامترهای اندازه گیری شده در تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری تهیه شد و در جداول پرسش‌نامه قرار گرفت. جدول (۱) میانگین وزنی به دست آمده توسط هر پارامتر را نشان می دهد.

جدول ۱- میانگین وزنی به دست آمده از روش دلفی

Table1- Average weight of quality parameters from Delphi method

پارامتر	کل جامدات معلق(TSS)	کل جامدات محلول(TDS)	pH	COD	قلیائیت	BOD	کلی فرم مدفوعی	آمونیاک	فسفر کل	فسفات	TKN	نیترات	دما
میانگین وزنی	۳/۰۲	۲/۹۷	۲/۹۷	۲/۵۳	۲/۴	۲/۵۴	۴/۰۵	۳/۲۸	۳	۳/۲۷	۲/۱۲	۲/۶۲	۲/۶۳

با توجه به میانگین‌های به دست آمده از دسته پارامترهای بیولوژیک BOD و کلی‌فرم مدفوعی، از دسته پارامترهای فیزیکی TSSو TDS ، از دسته پارامترهای شیمیایی COD و pH ، از دسته پارامترهای معدنی آمونیاک و فسفات بیشترین میانگین وزنی را داشته و به‌عنوان پارامترهای موثر در کیفیت پساب انتخاب شدند.

استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی جهت تعیین میزان اهمیت هر متغیر در کیفیت پساب

اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر یک ساختار سلسله مراتبی است که به خوبی تعریف شده و می‌تواند مساله تصمیم را به خوبی شفاف نماید. این ماتریس سپس مبنای شکل دهی به ماتریس های قضاوت زوجی (ماتریس های توافقی) واقع می‌شود که در صورت سازگاری مناسب منجر به ارایه وزن‌های مناسب و منطقی برای گزینه ها خواهد شد. از آن‌جا که اهمیت هر متغیر با توجه به نوع کاربری پساب مشخص می شود، لذا در این تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی و تعیین ماتریس مقایسات زوجی میزان اهمیت پارامترهای کیفی بر اساس نوع کاربری پساب تعیین می‌شود.

اولین مرحله در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تجزیه مساله به ساختار سلسله مراتبی شامل هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها است. براساس مطالعات انجام شده پنج نوع کاربری زیر به عنوان مصارف اصلی پساب‌های خروجی از تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری معرفی می‌شوند: کشاورزی و آبیاری، مصارف تفرجی آبزی پروری و شهری، تخلیه به آب سطحی، تغذیه مصنوعی سفره های زیرزمینی،و مصارف صنعتی.

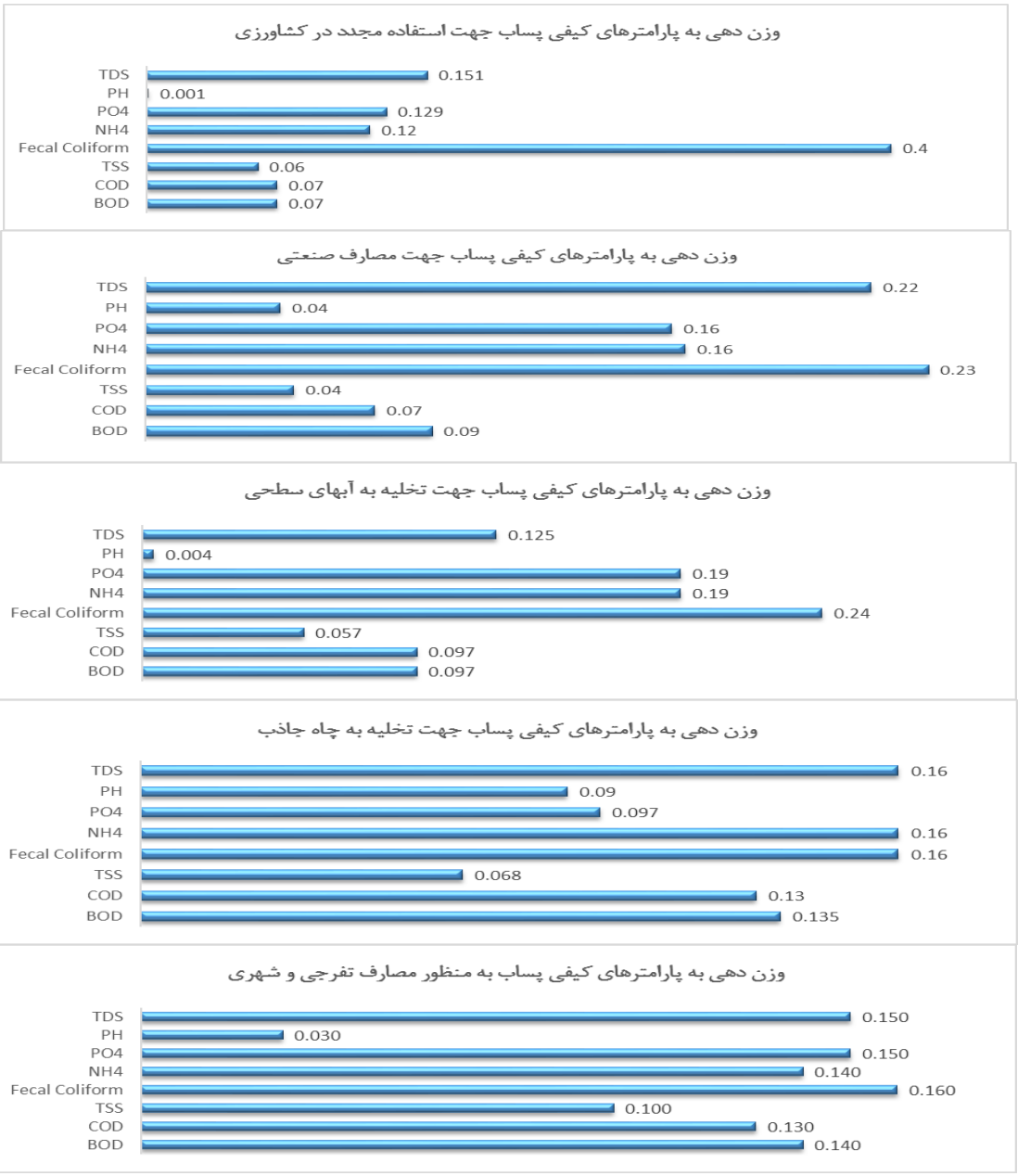
www.SID.ir

پس از تعریف ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها و شاخصها، پرسشنامه هایی تهیه و توسط کارشناسان تکمیل شد و نتایج توسط نرم افزار Expert choice بدست آمد.

معیار های وزن دهی

بر اساس مطالعات انجام شده معیارهای اثر گذار بر اهمیت پارامترهای کیفی پساب ها به شرح زیر انتخاب شدند: نوع فرایند، هزینه تصفیه، مخاطرات بهداشتی، زیبا شناختی و محیط زیست

نتایج تحلیل سلسله مراتبی



شکل۱- نتایج تحلیل سلسله مراتبی جهت تعیین میزان اهمیت پارامترها با در نظرگرفتن گزینه‌های استفاده مجدد از پساب

Figure 1- The results of AHP analysis for defining the importance of quality parameters considering reuse options

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در نمودارها مشاهده می شود، با توجه به هر نوع کاربری پساب میزان اهمیت متغیرهای کیفی مختلف به دست آمد.

تهیه زیرشاخص های متغیرهای کیفی پساب

در اکثر شاخص‌ها و در شاخص‌های مهمی چون NSF و Oregon کیفیت آب بر مبنای هر متغیر آب به صورت یک عدد بر مبنای مقیاس شاخص نهایی ارایه می‌گردد. در واقع زیر شاخص نشان‌گر کیفیت آب بر مبنای هر متغیر کیفی است که به‌صورت منحنی تغییرات و یا رابطه ریاضی ارایه می‌شود. توابع مختلفی برای محاسبه زیرشاخص‌ها به‌کار برده می‌شود که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

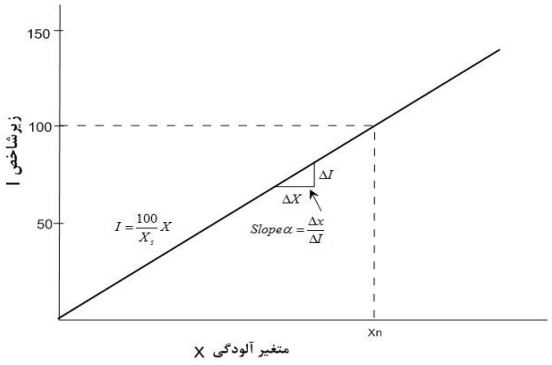
۱- تابع خطی[1] ۲- تابع خطی قطعه‌ای[2] ۳- تابع غیرخطی[3]

۴- تابع غیرخطی قطعه‌ای[4]

زیرشاخص‌های خطی دارای مزیت سهولت محاسبات و فهم می‌باشند. لذا مفاهیم خطی احتمالاً شناخته شده‌تر هستند. این خط از مبداء مختصات می‌گذرد که به ازای میزان آلودگی صفر مقدار زیر شاخص صفر می‌گردد و با افزایش میزان آلودگی عدد زیرشاخص افزایش می‌یابد. تابع خطی، ساده‌ترین تابع زیرشاخص می‌باشد که به‌صورت رابطه ذیل خواهد بود:

$$I=\alpha X \qquad (1)$$

که در آن I: زیرشاخص، X: متغیر آلودگی و α: ضریب ثابت است.



شکل۲- تابع خطی زیرشاخص افزایشی (۹)

Figure 2- Linear form of increasing sub-index

از آن‌جایی که متغیرهای کیفی مختلف رنج تغییرات و واحدهای متفاوتی دارند، نرمال سازی باید انجام شود تا زیرشاخص ها در یک بازه تغییر کنند. به منظور ترسیم منحنی های امتیاز دهی دو نقطه اصلی برای هر پارامتر در نظر گرفته شد (۴).

-کمترین مقدار برابر یک

- بیشترین مقدار برابر میزان استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت استفاده مجدد از پساب در کشاورزی :زیرا سایر کاربری های پساب استاندارد سختگیرانه تری داشته و در بازه استاندارد کشاورزی قرار می گیرند.

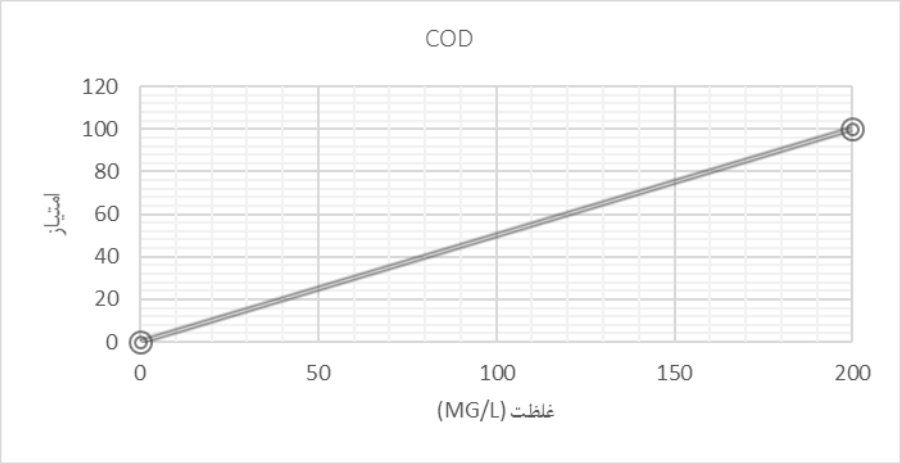
با توجه به مطلب فوق برای هر ۸ متغیر منحنی های امتیاز دهی ترسیم شد به شکلی که کمترین مقدار آن یک و بیشترین مقدار آن برابر با استاندارد استفاده از پساب در کشاورزی باشد. در شکل ۲ منحنی امتیاز دهی برای متغیر COD و با در نظر گرفتن استانداردکاربری کشاورزی رسم شده است. برای سایر متغیرها نیز منحنی امتیاز دهی مشابه با در نظر گرفتن استاندارد کشاورزی رسم می شود. میزان استاندارد استفاده مجدد و تخلیه پساب از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران و در نبود استاندارد ایران از استاندارد اردن و WHO استفاده شده است.(جدول ۲)

با توجه منحنی‌های امتیازدهی به دست آمده برای سایر کاربری‌های پساب میزان غلظت استاندارد جدول (۱) را درنمودارهای امتیازدهی قرار داده و زیر شاخص کیفی برای هر متغیر بدست می‌آید.

منحنی pH به صورت خطی پله ای تعریف گردید، به گونه‌ای که برای pH بین ۶ تا ۹ امتیاز یک و برای pH کمتر از ۶ و بیشتر از ۹ امتیاز ۱۰۰ در نظر گرفته شد.

1- Linear Function
2- Segmented Linear Function
3- Nonlinear Function
4- Segmented Nonlinear Function

www.SID.ir



شکل۳- منحنی امتیازدهی پارامترهای کیفی مختلف جهت تعیین زیرشاخص‌ها
Figure 3- Rating curve of quality parameters for defining sub-indice

جدول۲-محدوده مجاز پارامترهای کیفی پساب (استاندارد ایران، اردن و WHO)

Table 2- Permissible thresholds of effluent quality index standards (Iran, Jordanian, WHO)

	BOD(Mg/l)	COD(Mg/l)	TSS(Mg/l)	Fecal Coliform	NH4(Mg/l)	PO4(Mg/l)	pH	TDS(Mg/l)
مصارف کشاورزی	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۵۰	۱۵	۸-۶/۵	۱۵۰۰
مصارف تفرجی،شهری و ابزی پروری	۵	۱۰	۳۰	۴۰۰	۰/۰۲	۱	۹-۶	۷۵۰
استفاده صنعتی	۳۰	۷۵	۳۰	۲۰۰	۲	۴	۹-۶	۱۰۰۰
تخلیه به آب سطحی	۳۰	۶۰	۴۰	۴۰۰	۲/۵	۶	۶/۸-۵/۵	۱۵۰۰
تخلیه به چاه جاذب	۳۰	۶۰	۴۰	۴۰۰	۱	۶	۹-۵	۱۵۰۰

استفاده از روش‌های تجمیع و تخمین تابع شاخص کیفی

مراحل تجمیع یکی از مهم‌ترین مراحل محاسبه هر شاخص زیست محیطی می‌باشد و در ذیل برخی از روش‌های ساده‌سازی و جمع زیرشاخص‌ها که شاخص نهایی را نتیجه می‌دهد، ارایه خواهد شد. برخی از روش‌ها و توابعی که در فرآیند جمع بندی و جمع زیرشاخص به کار می‌روند عبارتند از:

۱- شکل جمع وزنی زیرشاخص‌ها

۲- ریشه جمع توان[1]

۳- ریشه میانگین مجذور[2]

۴- شکل حاصل ضربی[3]

شکل جمع وزنی زیر شاخص‌ها یکی از پر کاربردترین فرم‌های تجمیع در تخمین شاخص‌های زیست محیطی می باشد. جمع وزنی زیرشاخص‌ها ضرب هر زیرشاخص در یک ضریب و یا فاکتور وزنی می‌باشد. معمولاً فاکتورهای وزنی چنان اختیار می‌گردد که جمع آنها برابر واحد گردد. شکل عمومی جمع خطی وزنی به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

4 Root Sum Power

2 Root Mean Square
3 Multiplicative form

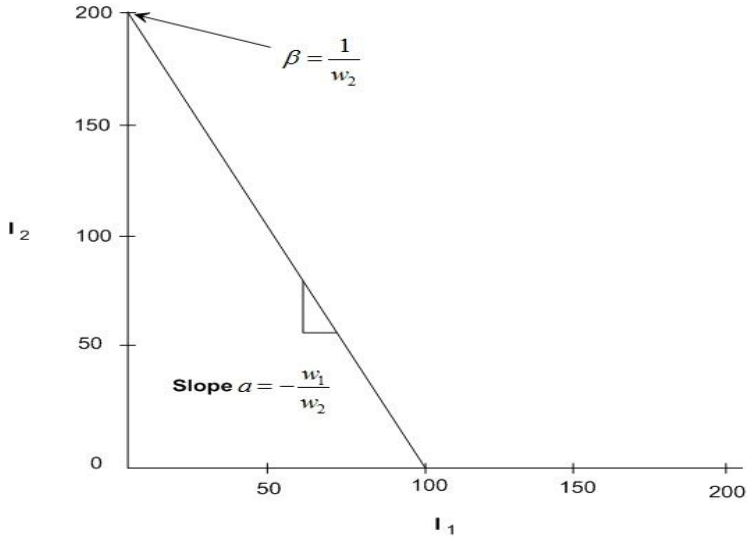
www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \quad (۲)$$

به طوری که $WQI = \sum_{i=1}^{n} W_i I_i$

اگرچه در جمع خطی وزنی محدوده ابهام حذف می‌شود، لیکن مشکل جدید و جدی‌تری پیش می‌آید. این مشکل که به نام تاریکی نامیده می‌شود، زمانی رخ می‌دهد که حداقل یکی از متغیرهای کیفی به ضعیف‌ترین حد خود رسیده باشد اما شاخص کلی این حقیقت را بازگو نمی‌کند. شکل(۴) نمودار کلی جمع خطی وزنی را برای دو متغیر X_1 و X_2 نشان می‌دهد.



شکل۴- فرم کلی جمع خطی وزنی $I=W_1I_1+W_2I_2$

Figure 4- Typical form of linear sum of weights

با در نظر گرفتن مطالب فوق روش تجمیع خطی وزنی بعنوان روش جمع بندی زیر شاخص‌ها انتخاب شد.

بدین ترتیب ماتریسی مطابق جدول (۳) تشکیل شده و برای هر نمونه پساب تصفیه شده شاخص کیفی آن برای کاربری‌های مختلف پساب و با استفاده از اوزان به دست آمده از تحلیل سلسله مراتبی محاسبه می شود و بهترین کاربری برای هر نمونه از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری قابل شناسایی می‌شود.

نظر به این‌که در بحث فاضلاب تصفیه شده شهری کلاسه بندی خاصی در قوانین و استانداردهای محیط زیستی وجود ندارد، با استفاده از این روش هر کاربری جداگانه می‌تواند بررسی شود و در صورتی که میزان شاخص کیفی نمونه پساب از شاخص کیفی حد استاندارد آن کاربری بیشتر نشود قابل استفاده در آن کاربری شناخته می‌شود.

www.SID.ir

جدول۳- ماتریس حاصل از اوزان بدست آمده از AHP و زیرشاخص‌های متغیرهای کیفی پساب

Table3- The net weight of parameters from AHP and sub-indices from effluent quality variables

متغیرهای کیفی	کشاورزی		آب سطحی		تغذیه زیر زمینی		تفرجی وشهری		صنعتی	
	وزن(w)	WQ	وزن(w)	WQ	وزن(w)	WQ	وزن(w)	WQ	وزن(w)	WQ
BOD	۰/۰۷	۷	۰/۰۹۷	۳	۰/۱۳۵	۴/۱۴	۰/۱۴	۰/۸۳	۰/۰۹	۲/۶۱
COD	۰/۰۷	۷	۰/۰۹۷	۳	۰/۱۳	۳/۹۹	۰/۱۳	۰/۷۷	۰/۰۷	۲/۵۹
TSS	۰/۰۶	۶	۰/۰۵۷	۲/۳	۰/۰۶۸	۲/۷۶	۰/۱	۳/۰۷	۰/۰۴	۱/۳۵
Fecal Coliform	۰/۴	۴۰	۰/۲۴	۲۴	۰/۱۶	۱۶	۰/۱۶	۱۶	۰/۲۳	۱۱/۷۲
NH4	۰/۱۲	۱۲	۰/۱۹	۱/۱	۰/۱۶	۰/۴۸	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۷۹
PO4	۰/۱۲۹	۱۲/۹	۰/۱۹	۷/۷	۰/۰۹۷	۳/۹۴	۰/۱۵	۱/۱۴	۰/۱۶	۴/۲۷
PH	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴
TDS	۰/۱۵۱	۱۵/۱	۰/۱۲۵	۱۲/۵	۰/۱۶	۱۶	۰/۱۵	۷/۵۸	۰/۲۲	۱۴/۴۱
شاخص کیفی نهایی پساب(ΣWQ)		۱۰۰		۵۳/۶		۴۷/۴		۲۹/۵		۳۷/۸

با توجه به آستانه شاخص کیفی پساب بـه دسـت آمـده در هـر کاربری در جدول (۳) مـی‌تـوان بـرای هـر نمونـه پسـاب روش استفاده مجدد از آرا با استفاده از این ماتریس انتخاب نمود. بـه عنوان نمونه با قرار دادن پارامترهای کیفی یک نمونه پسـاب در ماتریس فوق نتایج جدول (۴) حاصل شد.

جدول۴- بررسی شاخص کیفی برای یک نمونه پساب و تعیین گزینه های ممکن جهت استفاده مجدد از پساب

Table4- Assessing quality index for one sample and defining probable options for reusing effluent

پارامترهای کیفی پساب		(زیر شاخص) Q	کشاورزی		آب سطحی		تغذیه زیرزمینی		تفرجی وشهری		صنعتی	
			w	WQ	w	WQ	w	WQ	w	WQ	w	WQ
BOD	۳	۳/۹۷	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۱	۰/۳۹	۰/۱۴	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۵۶	۰/۰۹	۰/۳۴
COD	۱۰	۵/۹۵	۰/۰۷	۰/۴۲	۰/۱	۰/۵۸	۰/۱۳	۰/۷۷	۰/۱۳	۰/۷۷	۰/۰۷	۰/۴
TSS	۴	۴/۹۶	۰/۰۶	۰/۳	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۱	۰/۵	۰/۰۴	۰/۲۲
Fecal Coliform	۶۰۰	۱۴۹/۵	۰/۴	۵۹/۸	۰/۲۴	۳۵/۸۸	۰/۱۶	۲۳/۹۲	۰/۱۶	۲۳/۹۲	۰/۲۳	۳۴/۶۸
NH4	۳	۶/۹۴	۰/۱۲	۰/۸۳	۰/۱۹	۱/۳۲	۰/۱۶	۱/۱۱	۰/۱۴	۰/۹۷	۰/۱۶	۱/۱۱
PO4	۳/۱	۲۱/۴۶	۰/۱۳	۲/۷۷	۰/۱۹	۴/۰۸	۰/۱	۲/۰۸	۰/۱۵	۳/۲۲	۰/۱۶	۳/۳۵
PH	۱۰	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰۰۱.۰	۰۰۱.۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴
TDS	۵۵۰	۳۷/۳	۰/۱۵	۵/۶۳	۰/۱۳	۴/۶۶	۰/۱۶	۵/۹۷	۰/۱۵	۵/۶	۰/۲۲	۸/۰۲
				۷۰/۰۳		۴۷/۱۹		۳۴/۸۲		۳۵/۵۶		۴۸/۱۶
گزینه های ممکن جهت استفاده مجدد از پساب				TRUE		TRUE		TRUE		FALSE		FALSE

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول (۴) نمونه پساب مذکور جهت تغذیه آب‌های زیر زمینی، آب سطحی و کشاورزی مناسب بوده اما جهت مصارف صنعتی و تفرجی نامناسب می‌باشد.

نتیجه گیری

با انجام این مطالعه و بررسی نتایج به دست آمده جهت تدوین شاخص کیفی پساب با رویکرد استفاده مجدد از پساب مزایای استفاده از این روش جهت تخمین شاخص کیفی پساب عبارتند از:

۱. با توجه به هر نوع کاربری پساب، وزن‌های متفاوتی به پارامترهای کیفی داده می شود که نشان دهنده میزان اهمیت آن پارامتر در آن کاربری خاص است و از وزن‌های یکسان (اهمیت یکسان) در همه کاربری-های مختلف استفاده نمی‌شود. در نتیجه به صحت نتایج به دست آمده اطمینان بیشتری می‌توان داشت.

۲. جهت بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری این شاخص قابل استفاده است و به سهولت و سرعت امکان بررسی کیفیت پساب در زمانهای مختلف را فراهم می‌کند.

۳. از آن‌جا که جهت تهیه زیر شاخص‌ها از استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست، اردن، WHO و .. استفاده شده و از اطلاعات موجود پساب تصفیه شده استفاده نشده است، لذا شاخص به دست آمده قابلیت استفاده برای همه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری کشور را داشته و به دلیل استفاده نکردن از داده‌های کیفی پساب جهت تخمین زیر شاخص‌ها، از تلورانس کمتری برخوردار است.

۴. با استفاده از شاخص کیفی به دست آمده به راحتی می‌توان قابلیت استفاده مجدد از پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های مختلف را با سیستم‌های تصفیه متفاوت مقایسه کرد.

Reference

1. Pesce, S.F., D.A. Wunderlin, 2000, Use Of Water Quality Indices To Verify The Impact Of C0rdoba City (Argentina) On Suquõâ River, Wat. Res. Vol. 34, No.11, Pp. 2915-2926.
2. Sanchez, E.M., F. Colmenarejo, J. Vicente, A. Rubio, M.G. Garcı´a, L. Travieso, R. Borja, 2007,Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollutionECOL INDIC 7 (2) pp 315-328 .
3. Karimian, A., Jafarzade, N., Nabizadeh, R., Afkhami, M.,2006, developing data bank of riverwater quality index, Case study of ZOHRE river, 7th international congress in river engineering, in CHAMARAN university.
4. Verlicchi, P. Masotti , L. Gallett, A. 2010, Wastewater polishing index: a tool for a rapid quality assessment of reclaimed wastewater, Environ Monit Assess (2011) 173:267–277.
5. Metcalf & Eddy, 1991. Wastewater engineering Treatments, disposal and reuse (3rd ed.). Singapore:McGraw-Hill.
6. Horton Horton RK (1965). An index number system for rating water quality. JWat. Pollut. Con. Fed., 37(3): 300–305.
7. NSF water quality index 1970 data available at http://www.nsf.org/ consumer/earth_day/ wqi.asp.
8. Oregon Secretary of State (1998), Oregon Administrative Rules, 1998 Compilation, State of Oregon, Oregon: Salem, OAR, 9, pp 340-41-470.
9. Ott,W.R.,1978,Environmental Indices: Theory and Practice. Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers Inc.

www.SID.ir