

ارزیابی کیفیت محیط زیستی پساب در منطقه ویژه پارس جنوبی (پالایشگاه فاز A) با استفاده از سامانه استنتاج فازی

حمید سرخیل^{۱*}، یوسف عظیمی^۲ و شاهرخ رهبری^۳

^۱ دانشیار گروه زمین‌شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران
^۲ دانشیار گروه پژوهشی مهندسی محیط زیست و پایش آلاینده‌ها، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی HSE، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج

(دریافت: ۹۷/۸/۸، پذیرش: ۹۸/۴/۲۳، نشر آنلاین: ۹۸/۴/۲۳)

چکیده

ارزیابی ریسک محیط زیست، از بخش‌های بسیار مهم در سیستم مدیریت محیط زیستی بوده و نقش بسیار مهمی در بهبود شاخص‌های کیفیت و عملکرد محیط زیستی ایفاء می‌نمایند. در این تحقیق ارزیابی کیفیت محیط زیستی پساب منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ با استفاده از منطق فازی بررسی شده است. در منطق چند ارزشی فازی با کمی‌سازی متغیرهای زبانی و استفاده از سایر داده‌های کمی محیط زیستی و ارائه شاخص‌های فازی می‌توان به ارزیابی کیفیت و ریسک محیط زیستی یک واحد صنعتی دست یافت. شاخص فازی کیفیت پساب FWWQI^۱ در مطالعه موردی از سه آلاینده: COD^۲، BOD^۳، TSS^۴ و خصوصیت pH تشکیل شده است. در مدل ارائه شده در این مقاله حدود سطوح کیفیت فازی در توابع عضویت با بهره‌جویی از نتایج تحقیقات پیشین، استانداردهای محیط زیستی و قضاوت‌های کارشناسان محیط زیست اتخاذ گردیده‌اند. بر اساس نتایج مدل ارائه شده، آلاینده‌های مؤثر در بالا بردن ریسک محیط زیستی، COD و BOD شناخته شده‌اند و شاخص‌های فازی کیفیت محیط زیستی پساب پالایشگاه A در سال ۲۰۱۳ معادل ۴۸/۸ (خوب) و در سال ۲۰۱۴ معادل ۴۴ (خوب) به دست آمده است. این امر نشان‌دهنده استانداردسازی کامل پالایشگاه A در زمینه کنترل آلودگی‌های پساب بوده که دارای روند رو به بهبود شاخص‌های کیفیت و ریسک محیط زیستی بومی است و از جمله مهم‌ترین دستاوردهای سامانه‌های مدیریت ISO14001 و HSE_MS^۵ در منطقه موردنظر به شمار می‌رود.

کلیدواژه‌ها: سیستم استنتاج فازی، شاخص فازی کیفیت محیط زیستی (FEQI)^۶، آلاینده‌های محیط زیستی.

۱- مقدمه

(سرخیل و همکاران، ۱۳۹۳؛ سرخیل و رهبری، ۱۳۹۴). استقرار نظام‌های مدیریت یکپارچه بهداشت، ایمنی و محیط زیست HSE_MS و سامانه مدیریت محیط زیست در سازمان‌ها با کاهش ریسک‌ها و هزینه‌های زیست‌محیطی موجب افزایش سودآوری، اعتبار و رقابت در بازارهای جهانی می‌گردد (Rahbari و Sarkheil, ۲۰۱۶). بسیاری از مواد شیمیایی سمی هنگامی که در محیط منتشر می‌شوند باعث آسیب‌های جدی طولانی‌مدت بر سلامتی انسان و محیط‌زیست می‌شوند (Rahbari و Sarkheil, ۲۰۱۵). از

مدیریت محیط زیست با اجرای اقدامات پایدار محیط زیست و همچنین شناسایی، ارزیابی و کنترل اثرات و ریسک‌های محیط زیستی نقشی حیاتی در حفاظت و سلامتی محیط زیست ایفاء می‌نماید. استقرار سامانه مدیریت زیست‌محیطی ISO 14001 و همچنین نظام مدیریت یکپارچه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS) در محیط کار از اهمیت بسیاری برخوردار بوده و پرداختن به این موضوع از اولویت‌های کسب‌وکار در سازمان‌ها است

1. Chemical Oxygen Demand (COD)
2. Fuzzy Waste Water Quality Index (FWWQI)
3. Biological Oxygen Demand (BOD)
4. Total suspended solids (TSS)
5. HSE_MS
6. Fuzzy Environmental Quality Index (FEQI)

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۲۶۷۳۳۷۰۸

که قضاوت، ارزیابی و تصمیم‌گیری احتمال مینا اهمیت دارند عدم قطعیت وجود دارد (عاقلی و صادقی، ۱۳۸۰).

Rodriguez و Peche (۲۰۱۲) یک شاخص کیفیت زیست-محیطی تحلیلی با استفاده از منطق فازی توسعه داده‌اند. در این تحقیق شاخص‌های اصلی زیست‌محیطی در ابتدا تعریف شده و سپس با توجه به عبارات زبانی و محدوده‌های تعریف‌شده در سامانه استنتاج فازی مرتبه صفرم تاکاگی سوگونو^{۱۰}، سطوح خروجی شاخص کیفیت زیست‌محیطی طراحی و مورد ارزیابی قرار داده شده‌اند. در این مدل اطلاعات لازم برای توسعه شاخص‌های زیست‌محیطی بر اساس نظرات کارشناسان و خبرگان زیست-محیطی و زیست‌بوم‌شناسی گردآوری گردیده است. مقدار نهایی شاخص فازی کیفیت زیست‌محیطی مدل پیشنهادی عدد بدون بعدی در بازه بین ۰ تا ۱ می‌باشد که هرچه به یک نزدیک باشد نشانگر کیفیت و ارزش بالاتر شاخص زیست‌محیطی می‌باشند. کارایی مدل پیشنهادی بر اساس یک مطالعه موردی در زمینه طراحی و ارزیابی شاخص کیفیت فیزیکی-شیمیایی خاک در یک موقعیت جغرافیایی خاص بررسی شده است (Rodriguez, Peche, ۲۰۱۲).

صالحی و مرادی (۱۳۹۰) مدلی را بر اساس منطق فازی برای ارزیابی اثرات محیط زیستی ارائه کرده‌اند که توانایی پشتیبانی، ادغام کامل اطلاعات کمی و کیفی و همچنین تصمیم‌گیری را دارد. نتایج نشان داد که سیستم فازی به جای اعداد با مجموعه‌های فازی سروکار دارد و از آنجا که مجموعه فازی قدرت تبیین بیشتری نسبت به یک عدد دارد استفاده از مجموعه‌های فازی توانایی تصمیم‌گیری را دارد.

Julian و همکاران (۲۰۱۲)، توسط منطق فازی، ریسک زیست‌محیطی ۳۸ آلاینده در ۲۲ کارخانه تصفیه پساب در شهر کاتالونیای اسپانیا در بازه زمانی دو ساله از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ را ارزیابی کرده‌اند. در مطالعه ایشان نیکل^{۱۱}، دیورون^{۱۰}، و اکتیل فنول^{۱۲} دارای بیش‌ترین ریسک در منطقه می‌باشند. مقایسه نتایج مدل Julian و همکاران با مدل متداول، نشان‌دهنده تطابق نتایج هر دو مدل می‌باشد. هرچند نتایج روش فازی به دلیل مدنظر قرار دادن پایداری مواد شیمیایی و استفاده از ضرایب وزنی بر اساس نظرات کارشناسان و خبرگان از اعتبار و دقت بیشتری برخوردار می‌باشد.

مهم‌ترین اثرات آلودگی پساب را می‌توان موارد زیر دانست (Sarkheil و همکاران، ۲۰۱۸):

- آلودگی آب‌های آزاد
- تخریب اکوسیستم

سوی دیگر تصفیه کامل و یا حذف این آلودگی‌ها نیاز به منابع مالی و انسانی زیادی دارد (Rahbari و Sarkheil, ۲۰۱۶).

در برخی موارد نیز این آلودگی‌ها غیرقابل کنترل شده و هزینه‌های سنگینی را از بابت اثرات زیست‌محیطی به کشورهای صنعتی وارد می‌کنند. هزینه آسیب‌ها (هزینه‌های مستقیم، غیر مستقیم و نامحسوس) و پیامدهای ناشی از آلودگی‌ها و حوادث زیست‌محیطی بسیار بالاست و همه‌ساله خسارات زیادی به سازمان‌ها و کشورها وارد می‌نماید (Sarkheil و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین لازم است مدیریت ریسک که شامل شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک است در سطح شرکت‌هایی که دارای ظرفیت بالقوه این نوع حوادث هستند اجرا شود (Mohammadfam و همکاران، ۲۰۱۲). توجه ویژه سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ نفت، گاز و پتروشیمی در جهان به سامانه مدیریت محیط زیست و همچنین HSE_MS حاکی از اهمیت فراوان محیط زیست در طرح‌ریزی و توسعه محصولات، خدمات و فرایندها با در نظر گرفتن ملاحظات بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی آن‌ها است (بهمن‌نیا ۱۳۸۴؛ محمدفام و کیانفر، ۱۳۸۹) نظریه مجموعه‌های فازی^۷ در سال ۱۹۶۵ به منظور تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت معرفی شده است (Zadeh, ۱۹۶۵).

این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی که نادقیق و مبهم هستند را به صورت ریاضی درآورده و شرایطی برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم کند (Ross, ۲۰۰۴؛ Zadeh, ۱۹۶۵).

منطق فازی یک منطق چند ارزشی می‌باشد که امکان درجه-بندی مقادیر را برای کار با مقادیرهای مورد کاربری در یک سامانه فراهم می‌کند؛ بنابراین منطق فازی برخلاف منطق ارسطویی (منطق دو ارزشی صفر و ۱) روش کارآمدتری جهت حل مسائل مختلف در دنیای واقعی است (Sarkheil و همکاران، ۲۰۱۸؛ امام-جمعه و قاسم‌خانی، ۱۳۸۹).

هنگامی از منطق کریسپ (منطق ارسطویی) استفاده می‌شود که فاکتور در سیستم تنها دارای دو مقدار ۰ یا ۱ باشد. در حالی که منطق فازی این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان برای فاکتور مورد نظر، مقادیری بین صفر تا ۱ انتخاب کرد (حسین‌آبادی و بریم‌نژاد، ۱۳۹۲). ابهام در داده‌ها، انحراف معیار آماری، نبود داده‌های کافی، برون‌یابی آماری و دانش محدود در زمینه روابط بین متغیرها از دلایل توجه به منطق فازی است. اغلب ابزارهای تحلیل جهت استدلال و پاسخ‌گویی، قطعی و معلوم هستند؛ یعنی پاسخ مثبت یا منفی دارند (صفر یا یک). ولی در عرصه‌های مختلف از علوم مرتبط با طبیعت و محیط زیست و به‌طور کلی در زمینه‌هایی

10. Diuron
11. Nonyl
12. Octyl Phenol

7. Fuzzy
8. Takagi-Sugeno
9. Nickel

۲-۱- مجموعه فازی

نظریه مجموعه‌های فازی به منظور مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی نامطمئن و پیچیده توسعه یافته است مهم‌ترین قسمت‌های سامانه‌های استنتاج فازی از قبیل: تابع عضویت، عملیات مجموعه فازی و قوانین استنتاج در ذیل تعریف گردیده‌اند. دامنه ورودی را جهان مباحثه نامیده‌اند و محور خروجی تابع عضویت نامیده می‌شود (Mckone و Deshpande، ۲۰۰۵؛ Azimi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Bagheri و Shabakhty، ۲۰۱۴؛ Ghaysari و Shirmohammadi، ۲۰۱۹؛ Azimi، ۲۰۱۸؛ Bayatvarkeshi، ۲۰۱۹؛ Hadadi، ۲۰۱۹).

اگر X را جهان مباحثه و عناصر آن را x بنامیم آنگاه مجموعه فازی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$A = \{X, \mu_A(x); \text{Where: } x \in X\} \quad (1)$$

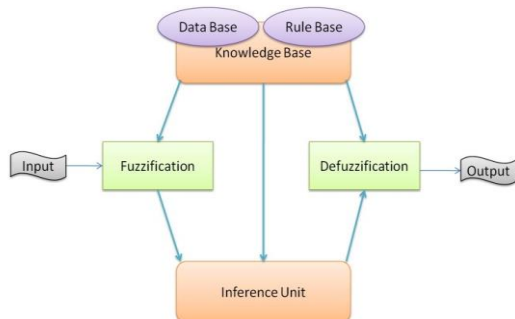
اعمال استاندارد مجموعه‌های فازی شامل اشتراک AND، اجتماع OR و متمم NOT می‌باشند. به ازای عنصر x متعلق به جهان مباحثه X اعمال مذکور بر روی دو مجموعه فازی A و B به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$\mu_A(x) \text{ OR } \mu_B(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \text{Max} \{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (2)$$

$$\mu_A(x) \text{ AND } \mu_B(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \text{Min} \{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (3)$$

$$\text{NOT } \mu_A(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4)$$

در نهایت قوانین استنتاج فازی (اگر، آنگاه) هستند که در فرم "اگر A باشد و Y ، B باشد آنگاه: Z است" می‌باشند. A ، B و C به ترتیب مقادیر زبانی تعریف شده توسط مجموعه‌های فازی در جهان مباحثه X ، Y و Z می‌باشند. در سیستم‌های استنتاج فازی، فرضیه‌ها در قسمت "اگر" و حکم‌ها در قسمت "آنگاه" قرار می‌گیرند و می‌توانند به صورت چند متغیره باشند.



شکل ۱- نمای ساده از یک سامانه استنتاج فازی

- مرگ‌ومیر موجودات آبی
- آلودگی بوهای نامطبوع
- ناپایداری محیط زیستی
- اثر بر روی سلامتی
- تخریب چشم‌اندازهای طبیعی گردشگری
- مشکلات اکولوژیکی- اقتصادی

سرخیل و همکاران (۱۳۹۷) به مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیست‌محیطی هوا با استفاده از منطق فازی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس پرداخته‌اند. در این تحقیق ارزیابی کیفیت محیط زیستی پساب منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ با استفاده از منطق فازی و مدل فازی مددانی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، اقدام به جمع‌آوری داده‌ها از طریق مطالعات میدانی گردید. در ابتدا شاخص‌های عملکرد سازمان و حدود کیفی/ کمی ارزیابی آن‌ها برای هر یک از آلاینده‌های پساب شناسایی شده و در ادامه نتایج پایش عملکرد سازمان در ارتباط با شاخص‌ها در سال ۲۰۱۳ میلادی جمع‌آوری گردید. سپس بر اساس داده‌های موجود در اسناد زیر پایگاه داده‌های سیستم استنتاج فازی FIS^{۱۳} توسعه داده شده است (شکل (۱)):

- استاندارد حدود مجاز تخلیه در آب‌های آزاد توسط سازمان حفاظت محیط زیست
- شاخص کیفیت آب WQI^{۱۴} Kamrani و همکاران، ۲۰۱۶؛ Liou و همکاران، ۲۰۰۴؛ Liou و همکاران، ۲۰۰۳؛ Lurenco و همکاران، ۲۰۱۵
- شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی ارائه شده توسط استاندارد OGP^{۱۵} تولیدکنندگان نفت و گاز
- استاندارد کیفیت آب ارائه شده توسط سازمان ملل متحد
- استاندارد کیفیت آب کشورهای ایتالیا و کانادا
- نظرات کارشناسانه و مطالعات پیشین موجود در ادبیات و پیشینه تحقیق
- داده‌های مطالعه موردی: پالایشگاه فاز یک مجتمع گاز پارس جنوبی توسط منابع و روش شناسی‌های زیر به دست آمده‌اند:
- گزارشات ماهانه، فصلی و سالیانه پایش آلاینده‌ها
- ارزیابی و مدیریت عملکرد زیست‌محیطی فاز یک پارس جنوبی
- تلفیق روش‌های HAZID^{۱۶} و AHP^{۱۷}
- روش مصاحبه و مشاوره با کارشناسان

16. Hazard Methods
17. AHP Methods

13. Fuzzy Interference System (FIS)
14. Water Quality Index (WQI)
15. OGP Standard

نمی‌باشد و معمولاً در محدوده‌های کوچک و حساس یافت می‌شوند و در صورت عدم رسیدگی به‌موقع به سمت حادثه پیش می‌روند.

سطح فازی بسیار پایین (اثرات و پیامدهای آلودگی پساب در مرحله آسیب‌رسانی جدی بوده و وسعت و شدت آسیب‌ها بالا می‌باشد. در این سطح کیفیت حوادث محیط زیستی رخ داده است. در صورت عدم رسیدگی به موقع وضعیت به سمت فاجعه پیش می‌رود. در این طبقه ریسک‌های سلامتی در سطح بسیار ناسالم قرار دارند.

سطح فازی کیفیت خطرناک اثرات و پیامدهای آلودگی پساب به مرحله آسیب‌رسانی فراگیر رسیده و در حالت هم‌افزایی قرار دارند. وسعت و شدت آسیب‌ها بسیار بالاتر از حد تحمل منطقه می‌باشد. در این سطح کیفیت فجایع و بلایای محیط زیستی به وقوع می‌پیوندند و ممکن است نابودی اکوسیستم آبی را به همراه داشته باشند. در این طبقه ریسک‌های سلامتی در سطح خطرناک قرار دارند.

متغیرهای آلودگی در بخش پساب با استفاده از اعداد فازی دوزنقه‌ای در پنج سطح کیفیت به صورت زیر تعریف شده‌اند (نقاط برش دوزنقه (a, b, c, d):

۱- سطح کیفیت خوب پساب (0, 0, 40, 60) معادل است با سطح خوب هوا (0, 0, 40, 60)

۲- سطح کیفیت متوسط پساب (40, 60, 90, 110) معادل است با سطح متوسط هوا (40, 60, 90, 110)

۳- سطح کیفیت پایین پساب (90, 110, 180, 220) معادل است با سطح ناسالم برای قشر حساس هوا (90, 110, 140, 160) و سطح ناسالم هوا (140, 160, 180, 220) به‌صورت ترکیبی. این امر به دلیل وجود عدم قطعیت‌های فراوان در زمینه تعیین قشر حساس یا سطح کیفیت تقریباً پایین بخش پساب انجام پذیرفته است.

۴- سطح کیفیت بسیار پایین پساب (180, 220, 280, 320) معادل است با سطح بسیار ناسالم هوا (180, 220, 280, 320)

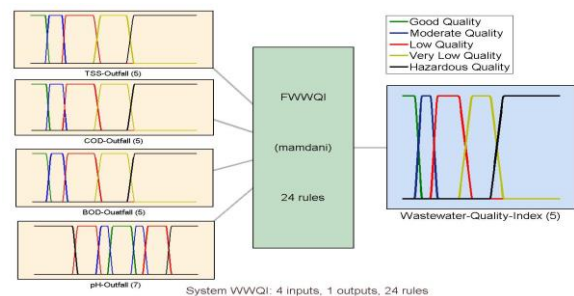
۵- سطح کیفیت خطرناک پساب (280, 320, 500, 500) معادل است با سطح خطرناک هوا (280, 320, 500, 500)

در شکل‌های (۳) و (۴) شاخص‌های فازی خروجی پساب و COD به‌عنوان نمونه‌ای متغیرهای فازی مورد استفاده در سامانه استنتاج فازی ممدانی ارائه شده است. حدود استاندارد مجاز و سطوح فازی شده در این مقاله، که در جدول (۱) نشان داده شده، بر اساس نظرات و تجارب اساتید و کارشناسان زمینه محیط زیست و آب و فاضلاب می‌باشد.

به منظور پادفازی‌سازی داده‌ها در سامانه‌های استنتاج فازی، از روش مرکز ثقل μ_{COG} با رابطه زیر استفاده شده است. به‌طوری‌که این روش به عنوان متداول‌ترین، پرکاربردترین و کارآمدترین روش پادفازی‌سازی، به‌حساب می‌آید و پاسخ‌های همراه با دقت و صحت بالاتر ارائه می‌دهد و یادآور محاسبه مقادیر مورد انتظار یک توزیع احتمالی است (Mckone و Deshpande, ۲۰۰۵).

$$ZCOG = \frac{\int \mu_A(z)zdz}{\int \mu_A(z)dz} \quad (5)$$

در بحث آلودگی پساب متغیرهای موردنیاز شامل، نیاز به اکسیژن شیمیایی COD، نیاز اکسیژن زیستی BOD، میزان ذرات معلق TSS و خصوصیت pH می‌باشد. در شکل (۲) ساختار سامانه استنتاج فازی پیشنهادی بخش پساب نشان داده شده است.



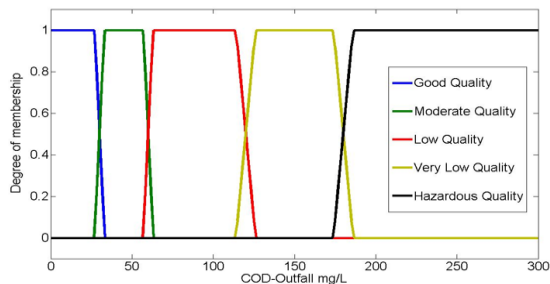
شکل ۲- رسم نمودارهای سیستم شاخص فازی کیفیت پساب در سطوح بالا

۲-۲-۲ مدل فازی

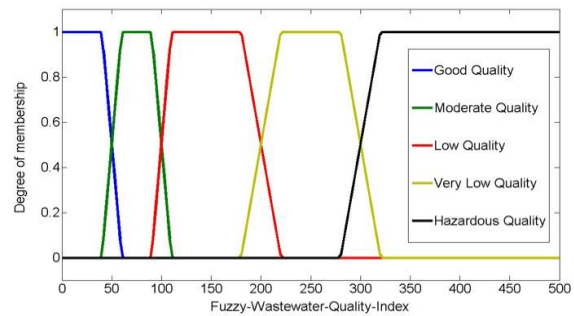
در مدل ارائه‌شده تعاریف و اصطلاحات مرتبط با سطوح فازی کیفیت پساب به صورت زیر تعریف شده‌اند: سطح فازی خوب) اثرات و پیامدهای آلودگی پساب ناچیز بوده و ریسک‌های مرتبط با سطح کیفیت آب منطقه قابل چشم‌پوشی می‌باشد. در این طبقه ریسک‌های سلامتی در سطح سالم می‌باشند.

سطح فازی متوسط) اثرات و پیامدهای آلودگی پساب به مرحله آسیب‌رسانی جدی نرسیده‌اند و می‌توان گفت سطح کیفیت پساب در محدوده مجاز بوده و سطح ریسک‌های مرتبط با آلودگی پساب در محدوده ریسک قابل قبول و قابل تحمل می‌باشد.

سطح فازی پایین) از این سطح به بعد ریسک‌های مرتبط با آلودگی پساب در محدوده قابل قبول و قابل تحمل نمی‌باشند. در سطح فازی پایین اثرات و پیامدهای آلودگی پساب در مرحله ابتدایی آسیب‌رسانی جدی بوده ولی وسعت و شدت آسیب‌ها بالا



شکل ۴- توابع عضویت نیاز اکسیژن شیمیایی به عنوان نمونه در شاخص فازی کیفیت پساب



شکل ۳- توابع عضویت شاخص فازی کیفیت پساب

جدول ۱- استانداردها و سطوح فازی آلاینده‌های کاربردی در پایگاه داده‌های سامانه استنتاج فازی شاخص فازی کیفیت پساب

COD	BOD	TSS	خصوصیت pH	محدوده‌ها
60	30	40	6.5 < pH < 8.5	استاندارد حفاظت محیط زیست ایران
125	25	35	6.5 < pH < 8.5	استاندارد کیفیت آب ایتالیا و کانادا
[0,0,27,33]	[0,0,13,17]	[0,0,18,22]	[6.3,6.7,8.3,8.7]	کیفیت فازی خوب (دوزنقه)
[27,33,57,63]	[13,17,28,32]	[18,22,38,42]	[5.3,5.7,6.3,6.7] [8.3,8.7,9.3,9.7]	کیفیت فازی متوسط (دوزنقه)
[57,63,114,126]	[28,32,57,63]	[38,42,76,84]	[3.3,3.7,5.3,5.7]	کیفیت فازی پایین (دوزنقه)
[114,126,174,186]	[57,63,87,93]	[76,84,116,124]	[9.3,9.7,11.3,11.7]	کیفیت فازی بسیار پایین (دوزنقه)
[174,186,300,300]	[87,93,150,150]	[116,124,200,200]	[0,0,3,3,3,7] [11.3,11.7,14,14]	کیفیت فازی خطرناک (دوزنقه)

۳- نتایج و بحث

با در نظر گرفتن داده‌های ارائه‌شده در جدول (۲) می‌توان دریافت، تمامی سه آلاینده COD, BOD, TSS و تأثیرات مخرب ناشی از خصوصیت pH در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ در محدوده‌های مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست می‌باشند ولی آلاینده‌های COD و BOD در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ دارای غلظت‌های بالاتر از حدود مجاز بوده‌اند. این در حالی است که دو آلاینده TSS و تأثیرات مخرب pH همواره در انطباق با حدود استاندارد بوده‌اند. در جدول (۲) آمار آلاینده‌های پساب در حوزه تخلیه به محیط زیست واحد تصفیه پساب پالایشگاه A به صورت میانگین سالانه از ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ نشان داده شده است. با به کار بستن داده‌های ارائه‌شده در جدول (۲) در مدل فازی توسعه داده شده در این مقاله، مقادیر خروجی شاخص فازی کیفیت پساب محاسبه شده و در جدول (۳) نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که قوانین سامانه استنتاج فازی پساب به تعداد ۲۴ عدد و از نوع تک شرطی انتخاب شده است. ضریب وزنی این قوانین برابر با هم در نظر گرفته شده‌اند که مطابق با نظرات اساتید و کارشناسان زمینه محیط زیست و آب و فاضلاب بوده و نشان‌دهنده اهمیت یکسان آلاینده‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین در قوانین فازی از سطوح کیفیت یکسان و هم ارز برای شاخص‌های ورودی و خروجی استفاده شده است. به عنوان نمونه، اگر سطح فازی کیفیت COD "خوب" باشد آنگاه سطح فازی کیفیت شاخص خروجی پساب نیز "خوب" می‌باشد.

۳-۲- منطقه مورد مطالعه

میدان گازی پارس جنوبی در بخش شرقی بندر بوشهر و ۵۷۰ کیلومتری غرب بندرعباس و تقریباً ۱۰۰ کیلومتری از ادامه گنبد شمالی قطر و در یک محدوده ۳۰۰ کیلومتری از پهنای ساحل خلیج فارس واقع شده است. در این تحقیق اطلاعات مربوط به آلودگی پساب در حوزه تخلیه به محیط زیست برای پالایشگاه A در منطقه ویژه پارس مورد استفاده قرار گرفته است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول‌های (۳) و (۴) می‌توان COD و BOD را مهم‌ترین آلاینده‌های بخش پساب در مطالعه موردی دانست. این نتیجه با توجه به نوع محدوده کاری در مطالعه مورد نظر (شرکت‌های وابسته به صنعت نفت) که بسیار درگیر با آلاینده‌های آلی بوده و پسابی همراه با مقادیر فراوانی از مواد نفتی تولید می‌کنند در تطابق می‌باشد. در واقع آلاینده ذرات معلق و خصوصیت pH هر دو در محدوده سالم (شاخص خروجی ۲۴) برآورد گردیده و شاخص‌های خروجی در هر سال برابر با شاخص-های خروجی COD و BOD (۱۰۷، ۱۰۷، ۱۰۷، ۴۸/۸، ۴۴) در آن سال می‌باشد. با توجه به شاخص فازی کیفیت پساب پروژه با سطح کیفیت فازی پایین معادل ۱۰۷ می‌توان نتیجه گرفت اثرات و پیامدهای آلاینده‌های پساب در مرحله پیدایش و یا در مراحل ابتدایی تأثیرگذاری می‌باشند و همچنین وسعت و شدت تأثیرگذاری این پیامدها بالا نیست و معمولاً در محدوده‌های کوچک و حساس یافت شوند و در صورت عدم رسیدگی به موقع به سمت حادثه پیش می‌روند.

۴- نتیجه‌گیری

منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس دربرگیرنده فعالیت‌های وسیع صنعتی بالادستی و پایین‌دستی همچون مجتمع گاز پارس جنوبی و صنایع پتروشیمیایی می‌باشد که از جمله شهرک‌های اقتصادی کشور به شمار می‌رود. در عین حال این منطقه به دلیل آلودگی بالا و ماهیت ویژه صنعتی خود با مشکلات بزرگ محیط زیستی و پایداری روبه‌رو بوده و نیازمند مطالعات وسیع علمی در زمینه مهندسی و مدیریت محیط زیست می‌باشد. شناسایی و ارزیابی شاخص‌های کیفیت و عملکرد محیط زیستی و متعاقباً ریسک‌های محیط زیستی به عنوان پایه و بنیان مدیریت ریسک محیط زیستی نقشی اساسی در استقرار سیستم‌های مدیریت HSE_MS و ISO 14001 ایفاء نموده و زمینه را برای بهبود و ارتقاء سطوح کیفیت و سلامت محیط زیست منطقه و پایداری زیست‌بوم آماده می‌سازد.

دانش محدود از طبیعت و نبود داده‌های کافی و حجم زیاد داده‌های کیفی از دلایل نگاه ویژه ما به منطق فازی در ارزیابی کیفیت و ریسک محیط زیستی می‌باشد. منطق فازی قابلیت پردازش داده‌های نامطمئن در ابعاد گوناگون را بر اساس مدل‌های زبان محور و ریاضیاتی خود فراهم نموده و باعث ارتقاء توانایی تصمیم‌گیری در مقوله ارزیابی‌های محیط زیستی (با استفاده از شاخص‌های تعریفی محیط زیستی) مانند: ارزیابی کیفیت محیط زیست، ارزیابی ریسک محیط زیستی و ارزیابی پایداری محیط زیستی می‌گردد. منطق فازی در پروژه حاضر توانایی رفع عدم

جدول ۲- داده‌های آلاینده‌های پساب خروجی به آب‌های آزاد

در مطالعه موردی				
TSS Effluent	COD Effluent	BOD Effluent	pH Effluent	سال
۱۲/۸	۹۱/۰	۳۲/۶	۸/۲	۲۰۱۱
۱۲/۴	۷۲/۸	۴۷/۳	۸/۲	۲۰۱۲
۹/۳	۴۰/۹	۲۷/۸	۸/۰	۲۰۱۳
۹/۰	۳۷/۲	۲۶	۸/۰	۲۰۱۴
۴۰	۶۰	۳۰	۶/۵ < pH < ۸/۵	Standard

جدول ۳- داده‌های آلاینده‌های پساب خروجی به آب‌های آزاد

در مطالعه موردی			
آلاینده اصلی	وضعیت	شاخص فازی کیفیت پساب FWWQI	سال
COD	کیفیت پایین (ناسالم قرمز)	۱۰۷	۲۰۱۱
BOD	کیفیت پایین (ناسالم قرمز)	۱۰۷	۲۰۱۲
BOD	خوب (سالم سبز)	۴۸/۸	۲۰۱۳
BOD	خوب (سالم سبز)	۴۴	۲۰۱۴

لازم به ذکر است که، در جدول (۴) داده‌های مرتبط با توابع عضویت هر یک از آلاینده‌های مطالعه موردی به همراه وضعیت و میزان تأثیر هر یک در شاخص نهایی خروجی بدون در نظر گرفتن آلاینده‌های دیگر آورده شده است.

جدول ۴- داده‌های آلاینده‌های پساب خروجی به آب‌های آزاد

در مطالعه موردی				
TSS و تابع عضویت	COD و تابع عضویت	BOD و تابع عضویت	pH و تابع عضویت	سال
۱۲/۸ خوب	۹۱/۰ کیفیت پایین	۳۲/۶ کیفیت پایین	۸/۲ خوب	۲۰۱۱ (غلظت) شاخص فازی بدون احتساب متغیرهای دیگر
۱۲/۴ خوب	۷۲/۸ کیفیت پایین	۴۷/۳ کیفیت پایین	۸/۱ خوب	۲۰۱۲ (غلظت) شاخص فازی بدون احتساب متغیرهای دیگر
۹/۳ خوب	۴۰/۹ متوسط	۲۷/۸ متوسط	۸/۰ خوب	۲۰۱۳ (غلظت) شاخص فازی بدون احتساب متغیرهای دیگر
۹/۰ خوب	۳۷/۲ متوسط	۲۶/۰ متوسط	۸/۰ خوب	۲۰۱۴ (غلظت) شاخص فازی بدون احتساب متغیرهای دیگر
۴۰ خوب	۶۰ خوب	۳۰ خوب	۶/۵ < pH < ۸/۵	Standard

شهرت سازمان، موجب بهبود کیفیت زندگی و پایداری محیط زیستی شده و تضمین کننده توسعه پایدار خواهد بود.

۵- مراجع

- Acosta H, Wu D, Forrest BM, "Fuzzy experts on recreational vessels, a risk modeling approach for marine invasions", *Ecological Modelling*, 2010, 221, 850-863.
- Azimi Y, Osanloo M, Aakbarpour-Shirazi M, Bazzazi AA, "Prediction of the blastability designation of rock masses using fuzzy sets. International", *Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2010, 47, 1126-1140.
- Azimi Y, "Prediction of Seismic Wave Intensity Generated by Bench Blasting Using Intelligence Committee Machines", *IJE TRANSACTIONS A: Basics*, 2019, 32 (4), 617-627.
- Bagheri M, Shabakhty N, "Calculation of Fuzzy Structural Reliability Index Using α -level Optimization Technique", *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2014, 43 (4), 73, 1-12.
- Cabanillas J, Ginebreda A, Guillén D, Martínez E, Barceló D, Moragas L, Robusté J, Darbra RM, "Fuzzy logic based risk assessment of effluents from wastewater treatment plants", *Science of the Total Environment*, 2010, 439, 202-221.
- CCME, "Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's manual. In: Canadian Environmental quality guidelines, 1999", Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Manitoba 2001, http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_usermanual_1.0.pdf.
- CCME, "Canadian Environmental Sustainability Indicators. Freshwater Quality Indicator: Data Sources and Methods", 2005, Catalogue no. 16-256-XIE, <http://www.statcan.ca/bsolc/english/bsolc?catno=16-256-XIE&numberformat=disp>.
- Cieszynska M, Wesolowski M, Bartoszewicz M, Michalska M, Nowacki J, "Application of physicochemical data for water-quality assessment of watercourses in the Gdansk Municipality (South Baltic coast)", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2012, 184, 2017-2029.
- Dahiya S, Singh B, Gaur S, Garg VK, Kushwaha HS, "Analysis of groundwater quality using fuzzy synthetic evaluation", *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 147, 938-946.
- Diriba D, Till S, Feyera S, Steven VP, Azadi H, "Environmental and health impacts of effluents from textile industries in Ethiopia: the case of Gelan and Dukem, Oromia Regional State", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2017, 189, 11.
- Esty DC, Levy MA, Srebotnjak T, de Sherbinin A, Kim CH, Anderson B, Pilot "Environmental Performance Index. New Haven", Yale Center for Environmental Law & Policy, 2006.

قطعیتهای نام برده در ذیل را ایجاد کرده و با دیدی وسیع و ژرف به ارائه نتایج دقیق تر و صحیح تر می انجامد:

- عدم قطعیت در مطالعات مرتبط با محدوده های آسیب و استانداردسازی
 - عدم قطعیت و انحراف معیار در مطالعات آماری (گزارش غلطت ها)
 - عدم قطعیت در پیامدهای آلاینده ها و راهکارهای بهداشتی
 - مهم ترین مزیت های رویکرد فازی ارزیابی کیفیت محیط زیستی، نسبت به رویکرد عادی موارد ذیل می باشد:
 - دقت و صحت بالای نتایج و ارائه پاسخ هایی استدلال محور و منطقی
 - سرعت عمل بالا و جلوگیری از اتلاف زمان محاسبات و ارزیابی ها
 - انعطاف پذیری و قابلیت غلبه بر عدم اطمینان ها در سیستم
 - ارائه پاسخ هایی جامع با در نظر گرفتن تأثیر تمامی پارامترها
 - ایجاد پایگاه علمی جامع و واحد با استفاده از قضاوت های کارشناسان مربوطه بدون دخالت یا تنازع ایشان و یکسویگری (رفع اشتباهات انسانی، کوچک بینی، بزرگ بینی و اغماض)
 - جلوگیری از ایجاد تعابیر و برداشتهای گوناگون از اصطلاحات و واژه های مورد مطالعه
- با توجه به این موضوع که نظام های مدیریت HSE_MS و ISO 14001 بر اساس چرخه بهبود مستمر دمینگ^{۱۸} طرح ریزی گردیده اند؛ می توان اقرار نمود ارزیابی کیفیت و ریسک محیط زیستی قسمتی بسیار مهم و تأثیرگذار در بخش C (چک و ارزیابی) از چرخه PDCA^{۱۹} بوده که برای تکمیل چرخه های مدیریتی عنصری ضروری و الزامی می باشد. از جمله دستاوردهای پژوهش حاضر را می توان موارد زیر به شمار آورد:
- دانستن سطوح فازی ارزیابی شده کیفیت و ریسک محیط زیستی
 - دانستن میزان قابل قبول بودن و قابل بودن سطح ریسک های منطقه
 - برآورد میزان تأثیرگذاری ریسک های محیط زیستی هوا
- بهبتر است در مطالعات هزینه- سود CBA^{۲۰} شرکت های منطقه، بیش از پیش مسائل محیط زیستی از قبیل کیفیت محیط زیست، کیفیت حیات، پایداری محیط زیستی و ریسک های محیط زیستی از طریق حسابداری سبز^{۲۱} لحاظ گردیده تا در این خصوص سرمایه گذاری، بودجه بندی، بهینه سازی و فرهنگ سازی های مقتضی صورت پذیرد. این امر علاوه بر افزایش اعتبار و ارتقاء

20. Cost and Benefit Analysis

21. Green Accounting

18. Deming

19. Plan-Do-Check-Act Cycle

- Management and HSE Conference in vital arteries, Industry and Urban Management, Tehran University, 1393 (In Persian).
- Sarkheil H, Rahbari Sh, "HSE Key Performance Indicators in HSE-MS Establishment and Sustainability: A Case of South Pars Gas Complex, Iran", *International Journal of Occupational Hygiene*, 2016, 8 (1), 45-53.
- Sarkheil H, Azimi Y, Rahbari Sh, "Fuzzy Wastewater Quality Index (FWWQI) Determination for Environmental Quality Assessment under Uncertain and Vagueness Conditions" *IJE TRANSACTIONS B: Applications*, 2018, 31 (8), 1196-1204.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, "Development of Case Historical Logical Air Quality Indices via Fuzzy Mathematics (Mamdani and Takagi-Sugeno Systems), A case Study for Shahre Rey Town", *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75, 1319.
- Sarkheil H, Azimi Y, Rahbari Sh, "Modeling environmental air quality assessment using fuzzy logic in the Pars Special Economic Energy Zone (Case study: Assaluyeh, Bidkhan and Shirino regions)", *Journal of Environmental Science and Technology*, 20 (4), 2019.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, "Environmental Performance Assessment and Management of the South Pars Gas Complex, Comparing Refineries: 1 and 9-10", *Journal of Environmental Science and Technology*, 2017.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, "RRR (Reclamation, Remediation and Recovery): Green Phases of Mining and Drilling Lifecycle Influence on and/or Influenced by Sustainable Development", *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2015, 4 (4).
- Sarkheil H, Azimi Y, Rahbari Sh, Tavakoli J, Shayanfar P, "Evolving Principle Based Fuzzy Inherently Safer Design Index (FISDI) for ISD Assessment, Case Study for Acetic Acid Production Plant", *International Journal of Occupational Hygiene*, 2018, 10 (1), 18-23.
- Shirmohammadi H, Hadadi F, "Prediction and Control of Vehicular Emissions and Fuel consumption at Urban Intersections by Fuzzy logic Inference Intelligent System", *Journal of Civil and Environmental Engineering*, Articles in Press, Accepted Manuscript, Available Online from 24 April 2019.
- Gharibi H, Mahvi AH, Nabizadeh R, Arabalibeik H, Yunesian M, Sowlat MH, "A novel approach in water quality assessment based on fuzzy logic", *Journal of Environmental Management*, 2012, 112, 87-95.
- Ghaysari P, Bayatvarkeshi M, "Application of fuzzy logic and wavelet transform in estimation of ground water level using ENSO indexes", *Articles in Press, Accepted Manuscript, Journal of Civil and Environmental Engineering*. Available Online from 17 November 2018.
- Hosseini-Moghari SM, Ebrahimi K, Azarnivand A, "Groundwater quality assessment with respect to fuzzy water quality index (FWQI): an application of expert systems in environmental monitoring", *Environmental Earth Sciences*, 2015, 74, 7229.
- Hernández JJC, Fernández LPS, Ochoa JAC, Trinidad JFM, "Assessment and prediction of air quality using fuzzy logic and autoregressive models", *Atmospheric Environment*, 2012, 60, 37-50.
- Kamrani S, Rezaei M, Amiri V, Sabernia A, "Investigating the efficiency of information entropy and fuzzy theories to classification of groundwatersamples for drinking purposes: Lenjanat Plain, Central Iran", *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75, 1370.
- Liou S, Lo S, Wang S, "A generalized water quality index for Taiwan", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2004, 96, 35-52.
- Liou SM, Lo SL, Hu CY, "Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan", *Water Research*, 2003, 37, 1406-1416.
- Lourenço RW, Silva DCC, Martins ACG, "Use of fuzzy systems in the elaboration of an anthropic pressureindicator to evaluate the remaining forest fragments", *Environmental Earth Sciences*, 2015, 74, 2481.
- McKone TE, Deshpande AW, "Can fuzzy logic bring complex environmental problems into focus?", *Environmental Science & Technology*, 2005, 39, 42A-47A.
- Mo-Yuen C, "Methodologies of Using Neural Network and Fuzzy Logic Technologies for Motor Incipient Fault Detection", *World Scientific, Singapore*, 1997.
- Nasiri F, Maqsood I, Huang G, Fuller N, "Water quality index: a fuzzy river pollution decision support expert system", *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2007, 133, 95-105.
- Ocampo- Duque W, Ferré- Huguet N, Domingo JL, Schuhmacher M, "Assessing water quality in rivers with fuzzy inference systems: a case study", *Environment International*, 2006, 32, 733-742.
- Peche R, Rodríguez E, "Environmental impact assessment by means of a procedure based on fuzzy logic: a practical application", *Environ Impact Assessment Review*, 2011, 31 (2), 87-96.
- Pesce SF, Wunderlin DA, "Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River", *Water Research* 34: 2000, 2915-2926.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, Nazari B, Tavakoli J, "Evaluate and compare the environmental assessment and environmental risk assessment; the history, methods and application to look to the companions of the northern oil field", *National Disaster*

EXTENDED ABSTRACT

Fuzzy Wastewater Quality Index (FWWQI) for Environmental Quality Assessment of Industrial Wastewater, a Case Study for South Pars Special Economic and Energy Zone

Hamid Sarkheil^a, Yousuf Azimi^b, Shahrokh Rahbari^c

^a Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

^b Environmental Engineering and Pollutant Monitoring Research Group, Research Center for Environment and Sustainable Development, Department of Environment, Tehran, Iran

^c Chemical Engineering- HSE, Human Environment Department, College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran

Received: 31 October 2018; Accepted: 15 July 2019

Keywords:

Water Quality Index WQI, Wastewater, Fuzzy inference, Water Pollutants.

1. Introduction

Environmental risk assessment is one of the most important parts of the environmental management system and plays a significant role in improving the quality indices and environmental performance. The cost of damage (direct, indirect, and intangible), and the consequences of pollution and environmental accidents are very high, causing significant damage to organizations and countries every year. Therefore, it is necessary that risk management, which involves identifying, assessing and controlling risk, is implemented at the level of companies that have the potential capacity for such events. In this research, the environmental quality assessment of the Pars Special Economic Region from 2011 to 2014 has been investigated using fuzzy logic. Fuzzy logic is a multi-valued logic that allows the grading of values to work with the user's values in a system.

2. Materials and Methods

In this research, after library studies, data were collected through field studies. Initially, the performance indicators of the organization and their qualitative / quantitative assessment were identified for each of the wastewater pollutants. In the following, the results of monitoring the performance of the organization in relation to indicators in 2013 were collected. Then, based on the data in the documentation of the FIS Fuzzy Inference System Databases, it has been developed. The most important parts of the fuzzy inference systems, such as membership function, fuzzy set operation, and deduction rules are defined below (Zadeh, 1965). The input domain is called the discussion world, and the output axis is called the membership function. If X is the discussion world and its elements are called x, then the fuzzy set is defined as:

$$A = \{X, \mu_A(x); \text{Where: } x \in X\} \quad (1)$$

The application of the standard fuzzy set contains the AND subset, the OR community, and the NOT complement. For the x element belonging to the world of discussion, the above acts are defined on two fuzzy sets A and B as follows:

$$\mu_A(x) \text{ OR } \mu_B(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \text{Max} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad (2)$$

* Corresponding Author

E-mail addresses: sarkheil_h@yahoo.co.uk (Hamid Sarkheil), yoosfazimi@gmail.com (Yousuf Azimi), rahbari.shahrokh68@gmail.com (Shahrokh Rahbari).

$$\mu_A(x) \text{ AND } \mu_B(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \text{Min} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \tag{3}$$

$$\text{NOT } \mu_A(x) = 1 - \mu_A(x) \tag{4}$$

The Fuzzy inference system (FIS) is a popular computing framework based on the concepts of fuzzy set theory, fuzzy if-then rules, and fuzzy reasoning. In fact, FIS maps a given input to an output(s), which provides a basis from which decisions can be made, or patterns could be distinguished. FISs have been successfully applied in fields such as automatic control, data classification, decision analyses, expert systems and computer vision (Sarkheil et al., 2014 and 2018; Sarkheil, Rahbari, 2016). The process of fuzzy inference can be expressed in four phases: membership functions, inference rules (If-then rules), aggregation, and defuzzification (Cabanilas et al., 2010; Acosta et al., 2010). In this part of the study, FWWQI Mamdani type FIS is prepared for fuzzy wastewater quality assessment. The overview of the FWWQI fuzzy inference system schemes in Fig. 1.

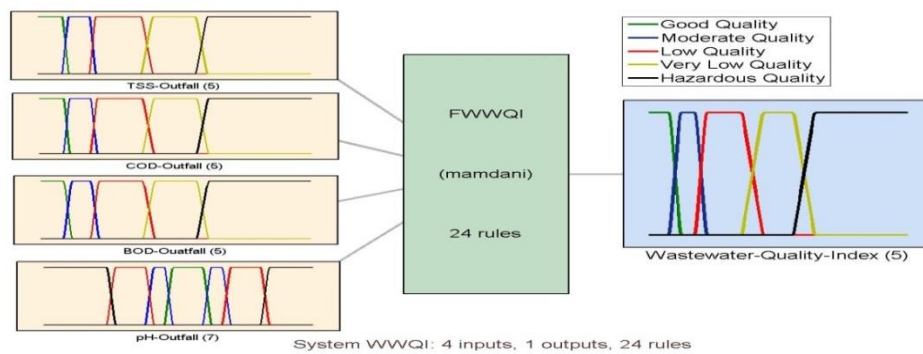


Fig. 1. Overview of FWWQI Fuzzy Inference System characteristics

FWWQI and its parameters are classified into 5 fuzzy classes determined as following (including fuzzy trapezoid number cut points):

1. Good quality wastewater (0, 0, 40, 60)
2. Moderate quality of wastewater (40, 60, 90, 110)
3. Low-quality wastewater level (90, 110, 180, 220)
4. Very low level of wastewater (180, 220, 280, 320)
5. The level of hazardous wastewater (280, 320, 500, 500)

Contamination variables in wastewater are defined by using trapezoidal fuzzy numbers at five levels of quality as follows: {cut points: (a, b, c, d)} (Fig. 2):

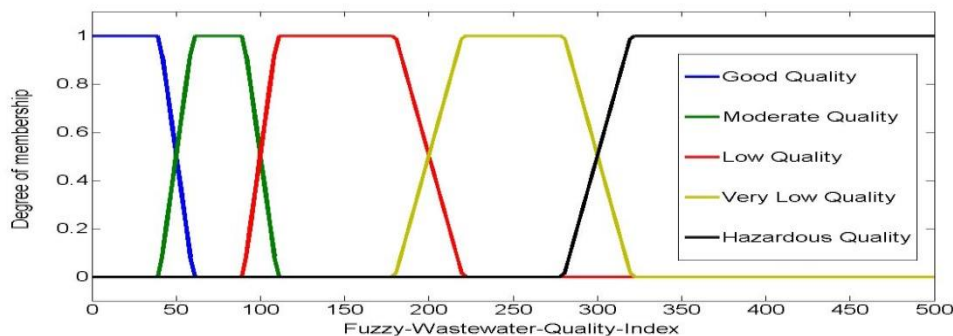


Fig. 2. Membership functions of COD as FWWQI.FIS input

3. Case Study

In this section, information on the pollution of wastewater in the field of discharge into the environment of refinery A in Pars special zone is discussed. Table 1 shows the average annual waste discharges from 2011 to 2014 in the effluent discharges in the area of discharge into the environment of Refinery A treatment plant.

Table 1. The output of pollutants into free waters in the case study

TSS Outfall	Cod Outfall	BOD Outfall	pH Outfall	year
12.8	91.0	32.6	8.2	2011
12.4	72.8	47.3	8.1	2012
9.3	40.9	27.8	8.0	2013
9.0	37.2	26	8.0	2014
40	60	30	6.5<pH<8.5	Standard

4. Results and Discussion

Based on the data presented in Table (1), all four pollutants COD, BOD, TSS, and pH can be received in 2013 and 2014 within the permitted limits of the Environmental Protection Agency, but COD and BOD pollutants in 2011 and 2012 levels have been above the limit. However, the two pollutants pH and TSS have always been in compliance with the standard limits. Using the data presented in Table (1). In the fuzzy model developed in this paper: the output values of the fuzzy wastewater quality index are calculated and shown in Table (2).

Table 2. The output of pollutants into free waters in the case study

Year	Situation	Fuzzy index of wastewater quality FWWQI	The main pollutant
2011	(Low quality Red)	107	COD
2012	(Low quality Red)	107	BOD
2013	Good (green)	48.8	BOD
2014	Good (green)	44	BOD

5. Conclusions

Based on the results presented in table (2), COD and BOD can be considered as the most important pollutants in the wastewater sector in the case study. The fuzzy logic in the present project has the ability to eliminate uncertainties and, with a wider and wider view, results in more accurate and accurate results.

6. References

- Acosta H, Wu D, Forrest BM, "Fuzzy experts on recreational vessels, a risk modeling approach for marine invasions", *Ecological Modelling*, 2010, 221, 850-63.
- Zadeh LA, "Information and control", *Fuzzy sets*, Vol. 8, 1965, 338-353.
- Cabanillas J, Ginebreda A, Guillén D, Martínez E, Barceló D, Moragas L, Robusté J, Darbra RM, "Fuzzy logic based risk assessment of effluents from waste-water treatment plants", *Science of the Total Environment*, 2010, 439, 202-21.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, Nazari B, Tavakoli J, "Evaluate and compare the environmental assessment and environmental risk assessment; the history, methods, and application to look to the companions of the northern oil field", *National Disaster Management and HSE Conference in vital arteries, Industry and Urban Management*, Tehran University, 2014 (In Persian).
- Sarkheil H, Azimi Y, Rahbari Sh, "Fuzzy Wastewater Quality Index (FWWQI) Determination for Environmental Quality Assessment under Uncertain and Vagueness Conditions", *IJE TRANSACTIONS B: Applications*, 2018, 31, 8, 1196-1204.
- Sarkheil H, Rahbari Sh, "Development of Case Historical Logical Air Quality Indices via Fuzzy Mathematics (Mamdani and Takagi-Sugeno Systems), A Case Study for Shahre Rey Town", *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75:1319. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6131-2>.