علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیستم، شماره چهار ، زمستان ۹۷

مدل سازی ارزیابی کیفیت زیست محیطی هوا با استفاده از منطق فازی در منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس(مطالعه موردی در مناطق عسلویه، بیدخون و شیرینو)

حمید سرخیل [۱*]

Sarkheil_h@yahoo.co.uk

یوسف عظیمی [۲]

شاهرخ رهبری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۱۹**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به توسعه فازهای مختلف پتروشیمی و پالایش گاهی در مجتمع گازی پارس و به تبع آن افزایش معضلات زیست محیطی ناشی از آن علی الخصوص و تاثیر بر هوای منطقه، انجام مطالعات دانش بنیان، دقیق و کارآمد در زمینه ارزیابی و مدیریت محیط-زیست این مناطق حایز اهمیت می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه به ارزیابی کیفیت زیست محیطی هوای منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ با استفاده از منطق فازی پرداخته شده است. منطق فازی بر خلاف منطق کلاسیک (ارسطویی) که دو ارزشی (صفر یا ۱) است، دارای بازه تغییرات بین صفر تا یک می باشد. در منطق چند ارزشی فازی می توان با متغیرهای زبان شناختی و داده های کیفی و کمی زیست محیطی، کیفیت و ریسک زیست محیطی را ارزیابی نمود. شاخص فازی کیفیت هوا FAQI در مطالعه موردی از دو سامانه استنتاج فازی ۱)کیفیت هوای معیار AQI شامل: ازن O3، ذرات معلق PM2.5، کربن مونواکسید CO، دی اکسید نیتروژن NO2 و دی اکسید سولفور SO2 و ۲) کیفیت هوای خاص BTEXHQI شامل سولفید هیدروژن H2S، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن تشکیل شده است. ضرایب وزنی در سامانه‌ها با بهره جویی از مطالعات پیشینه تحقیق، آنالیز حساسیت و قضاوت های کارشناسان محیط زیست به دست آمده‌اند.

۱- استادیار، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران.

۳- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- HSE، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران.

یافتــه‌ها: آلاینــده‌هــای مــوثر در بــالا بــردن ریســک زیســت محیطــی، SO2 آلاینــده مســوول در AQI و تولــوئن آلاینــده مســوول در BTEXHQI، تعیین شده است. به عنوان نمونه شاخص های فازی کیفیت زیست محیطی هـوای شـهر عسـلویه در سـال ۲۰۱۳ معـادل ۲۰۱ (خیلی ناسالم) و در سال ۲۰۱۴ معادل ۱۷۳ (ناسالم) محاسبه شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج تحقیق، می توان روند رو به بهبود، شاخص های کیفیت و ریسک زیست محیطی را در محدوده مورد بررسی مشاهده نمود که این امر از جمله مهم ترین دستاوردهای سامانه های مدیریت ۱۴۰۰۱ ISO و HSE_MS به شمار می رود.

واژه‌های کلیدی: منطق فازی، کیفیت هوا، ۱۴۰۰۱ ISO ، HSE.

J. Env. Sci. Tech., Vol 20, No.4, Winter 2019

Modeling environmental air quality assessment using fuzzy logic in the Pars Special Economic Energy Zone

(Case study: Assaluyeh, Bidkhon and Shirino regions)

Hamid Sarkheil [1*]

Sarkheil_h@yahoo.co.uk

Yousef Azimi [2]

Shahrokh Rahbari[3]

Admission Date: November 10, 2015 Data Received: August 30, 2015

Abstract

Background and Objective: Considering the increasing development of gas and oil industries in Pars Gas Complex and consequently the increasing environmental problems, especially impacts on air quality, conducting knowledge-base and efficient studies for assessment and management of environmental issues in such region are of high importantance.

Method: In this study, environmental air quality at the Pars Special Economic Energy Zone was evaluated using fuzzy logic in 2013 and 2014. In contrary to classical crisp logic, fuzzy logic is a highly vaulted logic in which variable vary between 0 and 1. In fuzzy logic, it is possible to assess the quality and environmental risk using qualitative (linguistic) and quantitative variables. Two fuzzy inference systems were constructed respectively based on air quality index (AQI) and Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene and H2S Quality index (BTEXHQI) to obtained the fuzzy air quality index (FAQI) in this study. Weighted rules in fuzzy inference system were calculated based on previous studies, sensitively analysis and environmental expert opinions.

Findings: Results show that SO2 and Toluene are the agent pollutant in fuzzy inference systems based on AQI and BTEXHQI, respectively. For instance, fuzzy index of environmental air quality of Assaluyeh was calculated as 201 (very unhealthy) and 173 (unhealthy) in 2013 and 2014.

Discussion and Conclusion: The obtained results indicate that quality indexes and environmental risks are being improved as one of the most important achievements of ISO 14001 and HSE management systems.

Keywords: Fuzzy Logic, Air Quality, ISO 14001.

1- Assistant Professor, Depatrment of Human Environment, Faculty of Environment, Karaj, Iran. * *(Corresponding Author)*
2- Assistant Professor, Depatrment of Human Environment, Faculty of Environment, Karaj, Iran.
3- MSc of Chemical Engineering-HSE, Depatrment of Human Environment, Faculty of Environment, Karaj, Iran.

مقدمه

با توجه به رشد سریع صنایع و شهرسازی و نیز برداشت بی رویه از منابع طبیعی، انتشار آلودگی های مختلف از لحاظ کمی و کیفی افزایش چشم گیری داشته و موجب مشکلات گسترده ی محیط زیستی شده اند (۱). فرآیند مدیریت محیط زیستی سازمان های مدرن و پویا، بر اساس چرخه بهبود مستمر قرار دارد (۲). در این زمینه لازم است شاخص های مناسب عمل کرد برای سیستم محیط زیست تعریف شده، به طور منظم و مداوم تحت نظارت و پایش قرار گرفته و در صورت لزوم اصلاح شوند (۳-۴-۵).

هزینه‌های آسیب‌ها (هزینه‌های مستقیم، غیر مستقیم و نامحسوس) و پیامدهای ناشی از آلودگی‌ها و حوادث زیست محیطی بسیار بالاست و همه ساله خسارات زیادی به سازمان ها و کشورها وارد می نماید. بنابراین لازم است مدیریت ریسک که شامل شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک است در سطح شرکت هایی که دارای ظرفیت بالقوه این نوع حوادث هستند اجرا شود (۶). توجه ویژه سازمان ها و شرکت های بزرگ نفت، گاز و پتروشیمی در جهان به سامانه مدیریت محیط زیست و نیز HSE_MS حاکی از اهمیت فراوان محیط زیست در طرح ریزی و توسعه محصولات، خدمات و فرآیند ها با در نظر گرفتن ملاحظات بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی آن‌هاست (۷). پارس جنوبی به عنوان بزرگ‌ترین میدان گازی مشترک جهان در کنار نقاط قوت اقتصادی و صنعتی موثر می تواند اثرات منفی محیط زیستی ایجاد نماید. بدین منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی از طریق شاخص های عمل کرد زیست محیطی در استقرار و توسعه ی سیستم مدیریت محیط زیستی و در نهایت سیستم مدیریت یکپارچه HSE نقش موثری ایفاء کرده و مشکلات ناشی از اثرات زیست محیطی را کاهش می دهد (۱-۸). با توجه به تابعیت پیچیده ریسک های زیست محیطی و نیز عدم قطعیت های متنوع در زمینه ارزیابی‌های زیست-محیطی، استفاده از منطق فازی می تواند در تصمیم‌گیری دقیق و صحیح در مدیریت محیط زیست نقش مفیدی ایفا نموده و با روش شناسی ریاضیاتی تابعیت پیچیده ریسک زیست محیطی، به تجزیه و تحلیل نظام مند ریسک ها بپردازد.

نظریه مجموعه های فازی در سال ۱۹۶۵ توسط دانشمند ایرانی پروفسور لطفی عسگرزاده ارایه گردید و به منظور تصمیم گیری در شرایط عدم قطعیت می باشد (۹). این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیر ها و سیستم هایی را که نادقیق و مبهم هستند، به شکل ریاضی درآورده و شرایطی برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم کند (۹).

منطق فازی یک منطق چند ارزشی می باشد که امکان درجه-بندی مقادیر را برای کار با ارزش های مورد استفاده در یک سیستم فراهم می کند؛ بنابراین منطق فازی بر خلاف منطق کریسپ (منطق دو ارزشی صفر و یک) روش بهتری جهت رویارویی با مسایل مختلف در دنیای واقعی است (۱۰). هنگامی از منطق کریسپ (منطق ارسطویی) استفاده می شود که عامل در سیستم تنها دارای دو مقدار صفر یا ۱ باشد. در حالی که منطق فازی این امکان را فراهم می کند تا بتوان برای عامل مورد نظر، مقادیری بین صفر تا ۱ انتخاب کرد (۱۰).

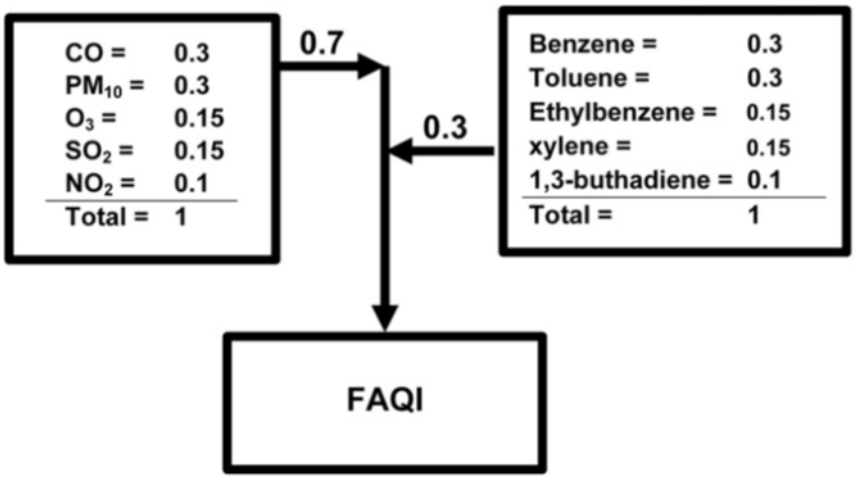
ابهام در داده ها، نبود داده‌های کافی، برون یابی آماری و دانش محدود در زمینه روابط بین متغیر ها از دلایل توجه به منطق فازی است. اغلب ابزارهای تحلیل برای استدلال و محاسبه، قطعی و مشخص هستند؛ یعنی پاسخ مثبت یا منفی دارند. ولی در عرصه های مختلف از زندگی روزانه ما و به طور کلی در زمینه هایی که قضاوت، ارزیابی و تصمیم گیری انسانی اهمیت دارند عدم قطعیت (ابهام) وجود دارد. همان گونه که در زبان طبیعی مفهوم واژه ها مبهم هستند، مانند بلندی و کوتاهی که واژه هایی نامعین و غیر قطعی می باشند، در این مطالعه نیز مفاهیم کیفیت و ریسک واژه هایی ناگویا و نامطمئن به شمار می‌روند (۱۱).

پکه و رودریگز در سال ۲۰۱۲ به توسعه یک شاخص کیفیت زیست محیطی تحلیلی با استفاده از منطق فازی پرداختند. بر این اساس شاخص های اصلی زیست محیطی در ابتدا تعریف

شده و سپس مورد ارزیابی و مدیریت قرار می‌گیرند. ایشان مجموعه ای از تمامی متغیرهایی را که در خواص زیست محیطی تاثیر گذار بوده تعریف نموده و سپس با توجه به عبارات زبانی و محدوده های تعریف شده در سامانه استنتاج فازی، سطوح خروجی شاخص کیفیت زیست محیطی را طراحی و ارزیابی می نمایند (۱۲). اطلاعات مورد نیاز برای توسعه شاخص های زیست محیطی توسط مشاوره و مصاحبه با کارشناسان و خبرگان زیست محیطی و زیست بوم شناسی گرد آوری گردیده است (۱۲). سامانه استنتاج فازی ایشان از روش مرتبه صفرم تاکاگی سوگنو پیروی می نماید. مقدار نهایی شاخص فازی کیفیت زیست محیطی طبق مطالعه ایشان عددی بدون بعد در بازه بین صفر تا یک می باشد، به گونه‌ای که مقادیر نزدیک به یک نشان‌دهنده کیفیت و ارزش بالاتر شاخص زیست محیطی می‌باشند (۱۲). به منظور تعیین کارایی روش-شناسی پیشنهادی، یک مطالعه موردی در زمینه طراحی و ارزیابی شاخص کیفیت فیزیکی-شیمیایی خاک در یک موقعیت جغرافیایی خاص ارایه گردیده است (۱۲).

صالحی و مرادی (۱۳۹۰) در مطالعه ای، کاربرد منطق فازی را در ارزیابی اثرات محیط زیستی که قادر به پشتیبانی، ادغام کامل اطلاعات کمی و کیفی و نیز تصمیم گیری می باشد، معرفی کردند. نتایج نشان داد که سیستم فازی به جای اعداد با مجموعه های فازی سروکار دارد و از آن جا که مجموعه فازی قدرت تبیین بیش تری نسبت به یک عدد دارد، استفاده از مجموعه های فازی توانایی تعمیم اطلاعات ارزیابی را ممکن می سازد (۱۳-۱۴).

محمد حسین صولت و همکارانش، شاخص فازی را برای ارزیابی کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامتی در مناطق شهری ارایه دادند. ایشان از دو مجموعه فازی برای تقسیم بندی آلاینده ها با عنوان آلاینده های معیار و آلاینده های آروماتیک (BTEX) استفاده نمودند (۱۵). آلاینده های معیار CO، PM_{10}، O_3، NO_2 و SO_2 با ضریب وزنی ۰/۷ و آلاینده های آروماتیک بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن و بوتادین با ضریب وزنی ۰/۳ در نظر گرفته شدند (مطابق شکل ۱).



شکل ۱ - توزیع ضرایب وزنی برای آلاینده های هوا (۱۵)

Figure 1- Distribution of weight factors for air pollutants (15)

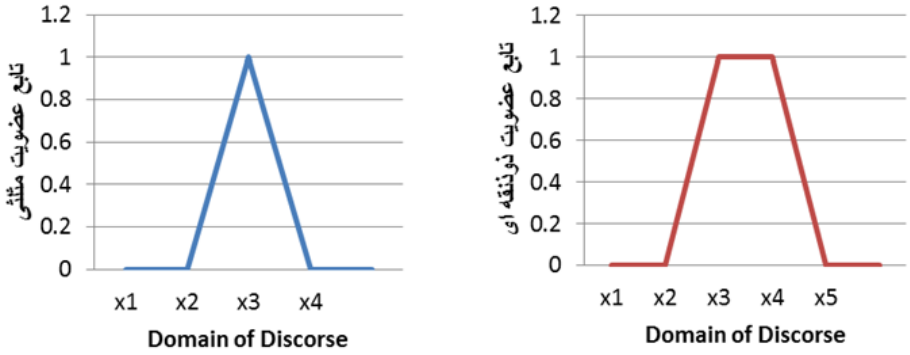
از ویژگی‌های ممتاز طرح ایشان به کارگیری آلاینده‌های موجود در محدوده مورد نظر می‌باشد. این در حالی است که شاخص کیفیت هوای معمول، تنها آلاینده‌های معیار را مورد بررسی قرار داده و گروه آروماتیک یا گروه‌های موجود در مناطق خاص را دربرنمی‌گیرد.

روش بررسی

در این تحقیق پس از انجام مطالعات کتابخانه ای، اقدام به جمع آوری داده ها از طریق مطالعات میدانی گردید. بدین صورت که ابتدا شاخص های عمل کرد سازمان و حدود کیفی/کمی ارزیابی آن ها در هر یک از حوزه های آلودگی هوا و پساب شناسایی شده و در ادامه نتایج پایش عمل کرد سازمان در هریک از دو حوزه ذکر شده در ارتباط با شاخص ها در سال ۲۰۱۳ میلادی جمع آوری گردید.

در این مطالعه، اطلاعات مورد نیاز در پایگاه داده های سامانه استنتاج فازی FIS از داده های موجود در اسناد زیر گرفته شده است

- شاخص کیفیت هوا AQI ارایه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا EPA
- شاخص های عمل کرد زیست محیطی ارایه شده توسط استاندارد OGP تولیدکنندگان نفت و گاز
- کتاب راهنمای محاسبه تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوا توسط پژوهش کده محیط زیست وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی.
- نظرات کارشناسانه و مطالعات پیشین موجود در ادبیات و پیشینه تحقیق
- مطالعات اپیدمیولوژی و ارزیابی های مقدار-پاسخ
- داده های مطالعه موردی پالایش گاه فاز یک مجتمع پارس جنوبی از طریق منابع و روش شناسی های زیر به دست آمده-اند:
- گزارشات ماهانه، فصلی و سالیانه پایش آلاینده ها
- ارزیابی و مدیریت عمل کرد زیست محیطی فاز یک پارس جنوبی موجود در ادبیات و پیشینه تحقیق (۱۶)
- تلفیق روش های HAZID و AHP
- روش مصاحبه و مشاوره با کارشناسان



شکل ۲ - توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه ای

Figure 2 -Triangular and Trapezoid membership functions

دامنه ورودی را جهان مباحثه نامیده‌اند و محور خروجی تابع عضویت نامیده می شود.

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

$A = \{X, \mu_A(x); \text{Where: } x \in X\}$ رابطه (۱)

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

رابطه (۲)

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

رابطه (۳)

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

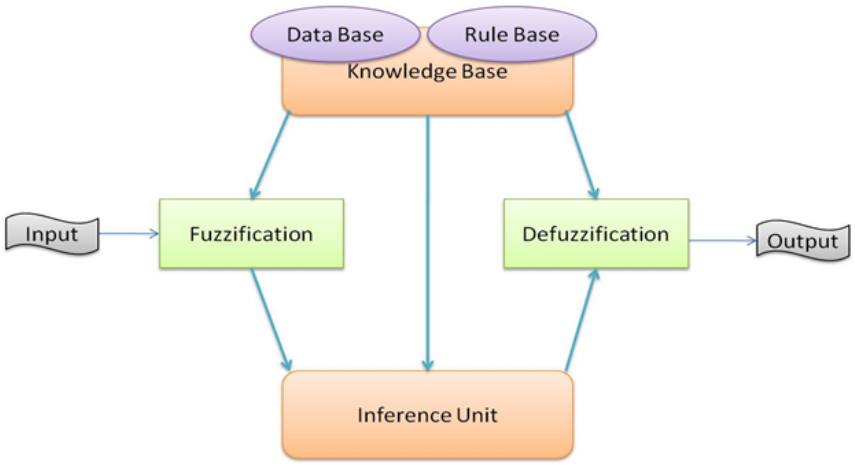
رابطه (۴)

$$NOT\ \mu_A(x) = 1 - \mu_{(A)}(x)$$

در نهایت قوانین استنتاج فازی (اگر، آن‌گاه) هستند که در فرم " اگر X، A باشد و Y، B باشد، آن‌گاه: Z، C است" (۱۷). A، B و C به ترتیب مقادیر زبانی تعریف شده توسط مجموعه های فازی در جهان مباحثه X، Y و Z می باشند. در سیستم-های استنتاج فازی، فرضیه ها در قسمت "اگر" و حکم‌ها در قسمت "آن‌گاه" قرار می‌گیرند و می توانند نقش‌های چندگانه داشته باشند.

-سامانه استنتاج فازی FIS شاخص فازی کیفیت هوا

-سامانه استنتاج فازی شامل ۴ عنصر اصلی می‌باشد که مطابق شکل (۳) با یک دیگر در ارتباط فرآیندی می باشند.



شکل ۳ - نمای ساده از یک سامانه استنتاج فازی

Figure 3 - Schematic view of a Fuzzy Inference System

ضرایب وزنی آلاینده‌ها در شاخص فازی هوا مطابق شکل (۴) می باشند. با توجه به مطالعات پیشینه تحقیق (۱۵) ضرایب اهمیت آلاینده‌های خاص به دلیل تنوع بیش تر بیماری ها و شدت اثرات بالاتر آلاینده‌های هیدروژن سولفید، بنزن و تولوئن به صورت ۰/۴، ۰/۲، ۰/۱ و ۰/۱ تعیین گردیده اند. می توان توجیه نمود که درجه اهمیت بنزن و تولوئن هم ارز (۰/۲ و ۰/۲) بوده که بالاتر از مقادیر هم ارز ضریب وزنی اتیل بنزن و زایلن (۰/۱ و ۰/۱) می باشند. از سوی دیگر سولفید هیدروژن ماده ای بسیار سمی و خطرناک می باشد که دارای بیش ترین ضریب وزنی (۰/۴ عامل غالب) می باشد. در برآورد ضرایب وزنی از مطالعات صولت و همکاران ۲۰۱۱ و اونکال انجین و همکاران ۲۰۰۴ کمک گرفته شده است (۱۴-۱۵).

توابع عضویت در بخش هوا همگی از نوع ذوزنقه ای بوده و برای تمامی داده های ورودی و خروجی در شش سطح زیر از محدوده اعداد بین صفر الی ۵۰۰ استفاده شده است.

۱) خوب

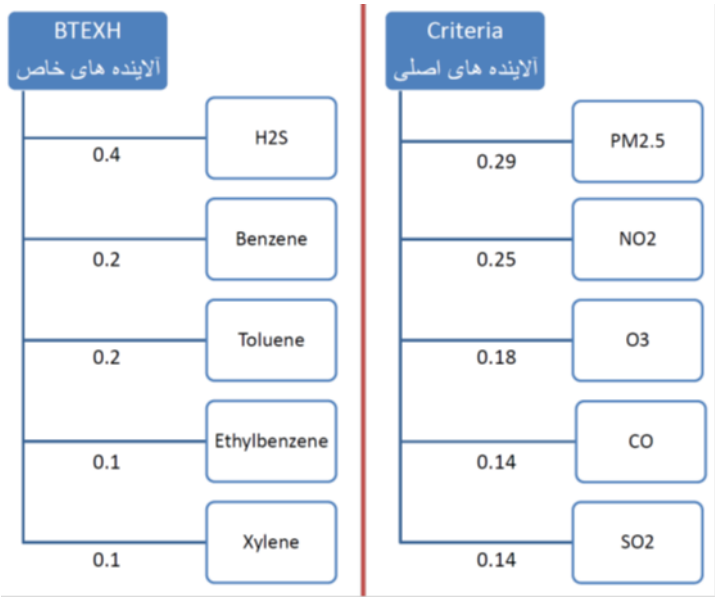
۲) متوسط

۳) ناسالم برای افراد حساس

۴) ناسالم

۵) خیلی ناسالم

۶) خطرناک



شکل ۴ - توزیع ضرایب وزنی برای آلاینده های هوا

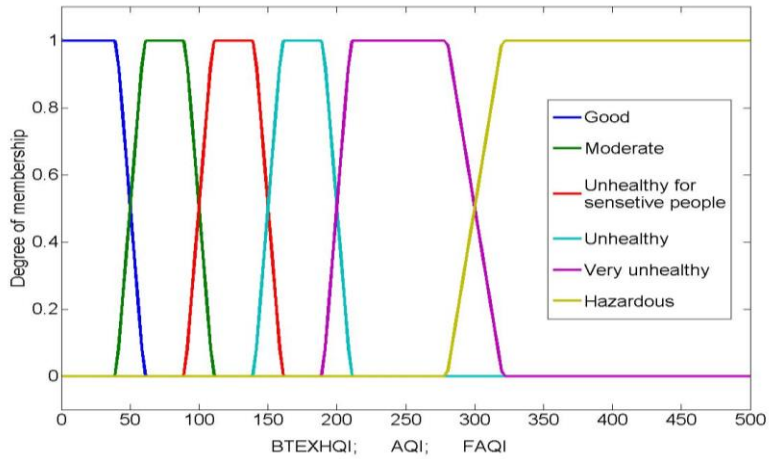
Figure 4 - Distribution of weight factors for air pollutants

در طراحی سامانه استنتاج فازی آلاینده های هوا از حدود آستانه و مقادیر حد استاندارد ارایه شده توسط US EPA با روش شناسی مقتبس از US EPA AQI استفاده گردیده است. مطابق با روش شناسی ذکر شده، حد مجاز استاندارد هر آلاینده برابر با مقدار معادل ۱۰۰ برآورد گردیده و مقیاس بندی ها بر اساس صفر تا ۵۰ خوب، ۵۱ تا ۱۰۰ متوسط، ۱۰۱ تا ۱۵۰ ناسالم برای قشر حساس، ۱۵۱ تا ۲۰۰ ناسالم، ۲۰۱ تا ۳۰۰ بسیار ناسالم و ۳۰۰ تا ۵۰۰ خطرناک طبقه بندی شده است (۱۵).

هر یک از چهار سطح تعریف شده برای توابع عضویت متوسط، ناسالم برای افراد حساس، ناسالم و بسیار ناسالم دارای ۲۰٪ اشتراک از طرفین با سطوح جانبی خود می باشند. توابع عضویت خوب و خطرناک که در ابتدا و انتهای بازه ها قرار می گیرند دارای ۲۰٪ اشتراک با سطح کناری خود بوده و از طرف دیگر خود بدون اشتراک و کامل می باشند. به عنوان مثال تابع عضویت خوب و متوسط در اعداد بین ۴۰ تا ۶۰ و توابع عضویت خیلی ناسالم و خطرناک در اعداد بین ۲۸۰ تا ۳۲۰ دارای اشتراک می باشند.

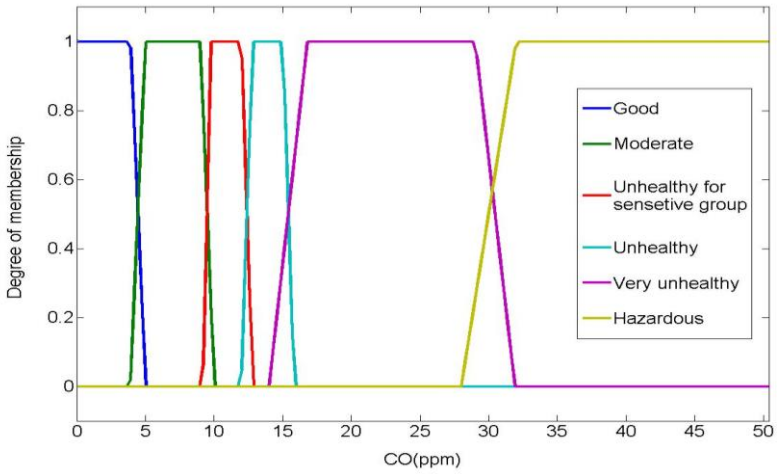
توابع عضویت مربوط به شاخص های فازی AQI، BTEXH و FAQI در شکل (۵) نمایش داده شده اند. در خصوص سطوح آلاینده ها، به عنوان نمونه در شکل (۶) توابع عضویت کربن مونواکسید از گروه آلاینده های اصلی و در شکل (۷) توابع عضویت بنزن از گروه آلاینده های خاص ترسیم گردیده اند (۱۸).

همان گونه که در شکل نیز می توان مشاهده نمود، توابع عضویت دارای هم پوشانی می باشند. این هم پوشانی از جمله مزیت های اصلی مجموعه های فازی نسبت به مجموعه های قطعی به شمار می رود که موجب می شود مقادیر متفاوت از شاخص ها با درجه های عضویت مختلف عضو مجموعه های متفاوت باشند و از بیان صرفاً بلی و خیر (در مجموعه های قطعی) اجتناب شود. در این صورت از قضاوت صرفاً با کیفیت یا صرفاً بی کیفیت یا صرفاً سالم و صرفاً ناسالم پرهیز شده و تصمیم گیری جامع تر، دقیق تر و صحیح تر خواهیم داشت.



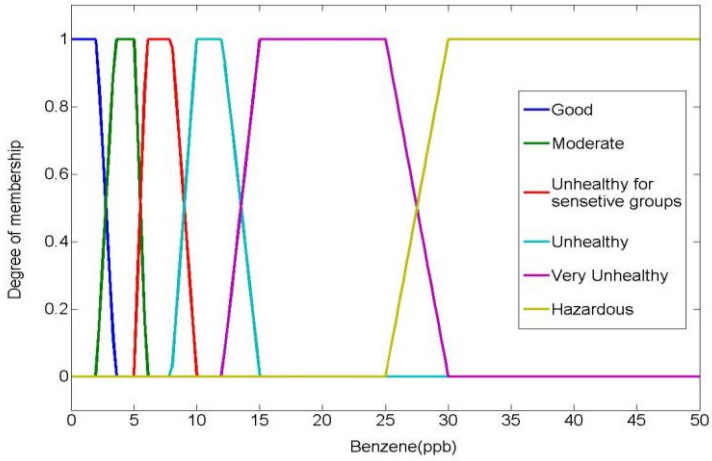
شکل ۵ - رسم توابع عضویت شاخص فازی آلاینده های اصلی هوا

Figure 5 - Plot of membership functions of Fuzzy Criteria Air Index



شکل ۶ - رسم توابع عضویت مونواکسید کربن از گروه شاخص فازی آلاینده های اصلی هوا

Figure 6 - Plot of membership functions of carbon monoxide in Fuzzy Criteria Air Index



شکل ۷ - رسم توابع عضویت بنزن از گروه شاخص فازی آلاینده های خاص هوا

Figure 7 - Plot of membership functions of Benzene in Fuzzy BTEXH Index

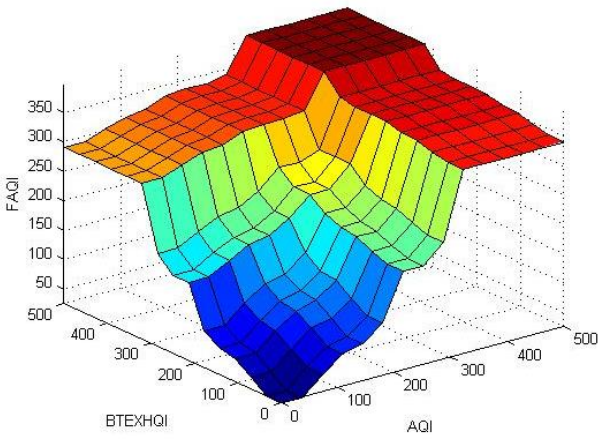
قوانین موجود در شاخص فازی هوا مطابق با جدول (۱) بـرآورد و تعیین شده است.

جدول ۱ - قوانین کاربردی در پایگاه داده های سامانه استنتاج فازی شاخص فازی کیفیت هوا

Table 1- Applied rules in Data base of Fuzzy Air Quality Index FIS

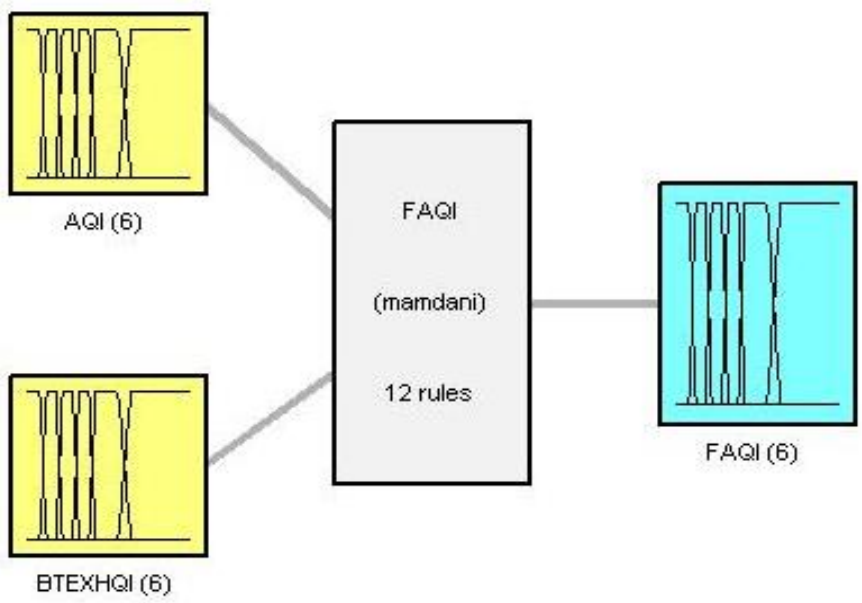
Input (Weight):	AQI (۰/۶)	CO (۰/۱۴)	NO_2 (۰/۲۵)	SO_2 (۰/۱۴)	$PM_{2.5}$ (۰/۲۹)	O_3 (۰/۱۸)
Input (Weight):	BTEXH (۰/۴)	H2S (۰/۴)	Benzene (۰/۲)	Toluene (۰/۲)	Ethylbenzene (۰/۱)	Xylene (۰/۱)
Output:	FAQI	AQI	BTEXH			
Rule 1	If Input is Good then Output is Good (Weight)					
Rule 2	If Input is Moderate then Output is Moderate (Weight)					
Rule 3	If Input is Unhealthy for sensitive people then Output is Unhealthy for sensitive people (Weight)					
Rule 4	If Input is Unhealthy then Output is Unhealthy (Weight)					
Rule 5	If Input is Very unhealthy then Output is Very unhealthy (Weight)					
Rule 6	If Input is Hazardous then Output is Hazardous (Weight)					
Example:	If NO2 is Good then AQI is Good (۰/۲۵)					
Example:	If H2S is Moderate then BTEAXH is Moderate (۰/۴)					
Example:	If AQI is Unhealthy then FAQI is Unhealthy (۰/۶)					

در شکل (۸) نمودار سطوح تغییرات شاخص فازی کیفیت هـوا بر حسـب دو داده ورودی شـاخص فـازی آلاینـده هـای معیـار (AQI با ضـریب ۰/۶) و شـاخص فـازی آلاینـده هـای خـاص (BTEXH با ضریب وزنی ۰/۴) نمایش داده شده است. همان گونه که از نمودار شکل (۸) می توان دریافت، حساسیت سطوح شاخص فازی کیفیـت هـوا FAQI نسـبت بـه شـاخص فـازی آلاینده های اصلی هـوا AQI بـیش تـر بـوده و در ایـن جهـت دارای شیب بیش تری می باشد که نشان دهنده ی ضریب وزنی بیش تر آلاینده های معیار نسبت به آلاینده های خاص منطقـه می باشد (۰/۶ > ۰/۴). به منظور ایجاد یک دیـد سـطح بـالا، از سیستم استنتاج فازی از تابع plotfis مطابق شکل (۹) استفاده می گردد. در این شکل تعداد متغیر های ورودی و خروجی، نوع و تعداد توابع عضویت و هم چنین تعـداد قـوانین مـورد کـاربرد نمایش داده شده است.



شکل ۸ - نمودار سطوح فازی FAQI بر حسب AQI (Criteria) و BTEXH

Figure 8 - FAQI levels versus AQI (Criteria) and BTEXH



شکل ۹ – رسم نمودارهای سیستم در سطوح بالا

Figure 9- Fuzzy System Plots as upstream view

مطالعه موردی (منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس سال ۲۰۱۳)

در این بخش به ارایه مطالعه موردی در محدوده جغرافیایی شهر عسلویه از منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس با استفاده از داده های آلاینده های هوای میانگین شهر می پردازیم. جدول (۲) و جدول (۳) نمایش دهنده گزارش مربوط به آمار آلاینده های هوا در شهر عسلویه، بیدخون و شیرینو به صورت میانگین سال ۲۰۱۳ می باشد.

جدول ۲– داده های آلاینده های اصلی هوا در مطالعه موردی (میانگین سال ۲۰۱۳)

Table 2 -Data for Criteria Air Pollutants in case study (Averages of year 2013)

آلاینده های اصلی هوا Criteria Pollutants					
CO	**SO_2**	**$PM_{2.5}$**	**NO_2**	**O_3**	**آلاینده**
ppb	ppb	Micg/m^3	ppb	ppb	واحد
۷۴۰	۲۱۰	۸	۳۱	۳۲	غلظت شیرینو
۲۴۸۰	۴۴۰	۹	۲۹	۱۳	غلظت عسلویه
۹۸۰	۳۷۰	۹	۲۶	۲۶	غلظت بیدخون
۴۲۰۰	۳۴۰	۸/۶۶	۲۸/۶	۲۳/۶	میانگین

جدول ۳ - داده های آلاینده های خاص هوا در مطالعه موردی (میانگین سال ۲۰۱۳)

Table 3 - Data for special Air Pollutants in case study (Averages of year 2013)

	آلاینده های خاص هوا BTEXH Pollutants				
آلاینده	H_2S	Benzene	Toluene	Ethyl Benzene	Xylene
واحد	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb
غلظت شیرینو	۰/۱	۳/۹	۴/۶	۰/۹	۰/۹
غلظت عسلویه	۱/۴	۵/۴	۰/۷	۱/۶	۱/۲
غلظت بیدخون	۰/۹	۴/۳	۵/۵	۱/۴	۱/۲
میانگین	۰/۸	۴/۵	۵/۷	۱/۳	۱/۱

یافته ها

به منظور محاسبه شاخص فازی کیفیت هوا در مطالعه موردی، به صورت مجزا از مقادیر غلظت آلاینده ها در سه حوزه عسلویه، بیدخون و شیرینو استفاده می نماییم. غلظت های موجود در جدول (۲) در سامانه استنتاج فازی آلاینده های اصلی Criteria و مقادیر جدول (۳) در سامانه استنتاج فازی آلاینده های خاص BTEXH فراخوانی می گردند. در نهایت دو سامانه شاخص آلاینده های اصلی هوا و شاخص آلاینده های خاص با ضرایب وزنی ۰/۶ و ۰/۴ به ترتیب در یک سامانه دیگر ترکیب شده و تشکیل شاخص فازی کیفیت هوای جامع می دهند. نتایج حاصل از استنتاج های فازی مطابق جدول (۴) می باشد. لازم به توضیح است که بر اساس جدول (۴) در هر یک از سه حوزه جغرافیایی عسلویه، شیرینو و بیدخون، مهم ترین آلاینده در شاخص کیفیت هوای معیار دی اکسید گوگرد می باشد. از سوی دیگر عامل اصلی در گروه آلاینده های خاص تولوئن برآورد گردیده است. در نهایت با وجود توزیع ضریب وزنی کم تر برای آلاینده های خاص، ولی عامل اصلی در بالا رفتن شاخص فازی جامع کیفیت هوا، آلاینده های خاص BTEXH تعیین گردیده اند.

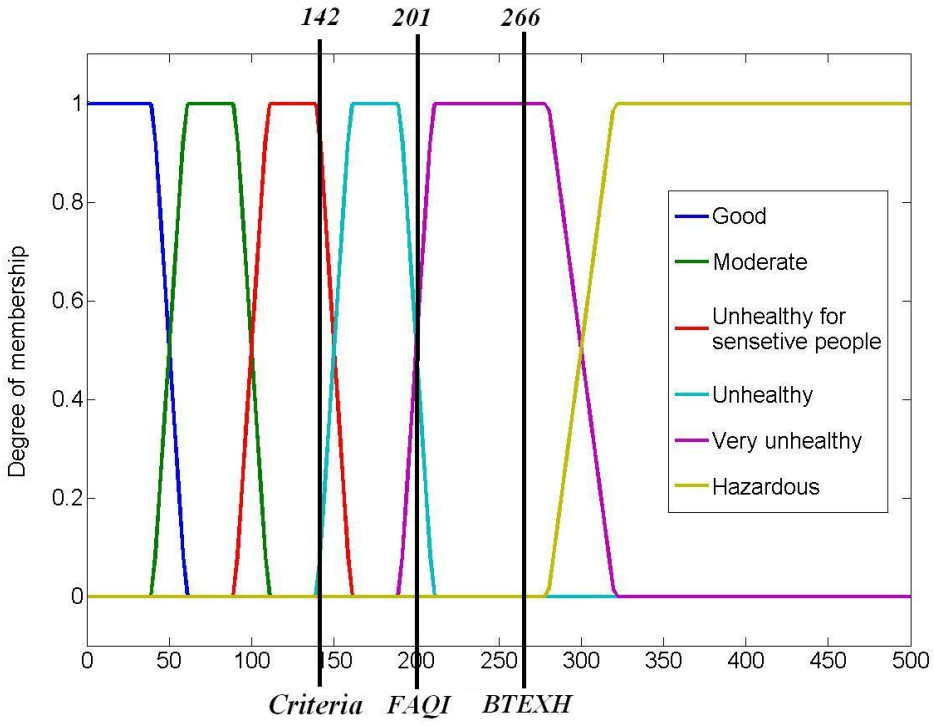
جدول ۴- خروجی های شاخص های فازی کیفیت هوا در مطالعه موردی (میانگین سال ۲۰۱۳)

Table 4 - Outputs of Fuzzy Air Quality Indices in case study

حوزه جغرافیایی		شاخص فازی کیفیت آلاینده های اصلی Criteria	شاخص فازی کیفیت آلاینده های خاص BTEXH	شاخص فازی کیفیت هوا FAQI
شیرینو	شاخص فازی	۶۱	۲۴۳	۱۷۸
	وضعیت	متوسط (زرد)	خیلی ناسالم ()	ناسالم (قرمز)
	عامل اصلی	دی اکسید گوگرد SO_2	تولوئن	آلاینده های خاص
عسلویه	شاخص فازی	۱۴۲	۲۶۶	۲۰۱
	وضعیت	ناسالم برای قشر حساس (نارنجی)	خیلی ناسالم ()	خیلی ناسالم
	عامل اصلی	دی اکسید گوگرد SO_2	تولوئن	آلاینده های خاص
بیدخون	شاخص فازی	۱۴۰	۲۳۸	۱۹۹
	وضعیت	ناسالم برای قشر حساس (نارنجی)	خیلی ناسالم ()	ناسالم (قرمز)
	عامل اصلی	دی اکسید گوگرد SO_2	تولوئن	آلاینده های خاص

بر اساس خروجی های فازی بخش هوا می توان نتیجه گرفت وضعیت گروه آلاینده های خاص در هر سه حوزه عسلویه، بیدخون و شیرینو خطرناک تر از وضعیت گروه آلاینده های اصلی بوده که نشان دهنده فعالیت های وسیع صنعتی در محدوده منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس می باشد. از سوی دیگر با توجه به ترش بودن گاز های موجود و وجود مشعل های متعدد در منطقه مورد مطالعه، محدوده های غلظت دی اکسید گوگرد در هر یک از سه حوزه مورد پایش بالاتر از حد مجاز بوده که این امر نقش به سزایی در بالا رفتن شاخص فازی کیفیت هوای منطقه داشته است. وجود مشعل ها در شهر عسلویه موجب افزایش غلظت مونواکسید کربن در حوزه عسلویه گردیده است، به طوری که غلظت این آلاینده در شهر عسلویه ppb ۲۴۸۰ بوده، در حالی که در حوزه بیدخون و شیرینو به ترتیب دارای مقادیر ppb ۹۸۰و ppb ۷۴۰ می-باشد. در شکل (۱۰) جانمایی شاخص های فازی کیفیت هوا در توابع عضویت برای مطالعه موردی عسلویه سال ۲۰۱۳ نمایش داده شده است.

بر اساس نتایج شاخص های فازی کیفیت هوا، می توان نتیجه گرفت که افزایش علایم تنفسی و تشدید بیماری های قلبی و ریوی برای گروه آلودگی اصلی هوا و بروز اختلالت DNA و تخریب سلولی برای گروه آلاینده های خاص هوا به عنوان مهم ترین ریسک های آلودگی هوا در مطالعه موردی شناخته می شوند. با توجه به این که عامل اصلی در شاخص فازی کیفیت هوای اصلی و شاخص فازی کیفیت هوای خاص به ترتیب آلاینده های SO_2 و تولوئن شناخته شده اند، در نتیجه در خصوص سطوح ریسک هوای منطقه و راه کارهای پیشنهادی جدول (۵) و جدول (۶) ارایه گردیده اند.



شکل ۱۰ - جانمایی شاخص های کیفیت هوا در توابع عضویت در مطالعه موردی (عسلویه سال ۲۰۱۳)

Figure 10 - Presentation of Air Quality Indices on membership functions in the case study (Assaluyeh, year 2013)

جدول ۵ - ریسک های بهداشتی و راه کار های مراقبتی مرتبط با عامل اصلی SO_2 پروژه

Table 5- Health risks and precautions corresponding to dominating pollutant SO_2 in case study

حوزه	تابع عضویت عامل اصلی	ریسک های بهداشتی	راه کار های مراقبتی
عسلویه	دی اکسید گوگرد (بسیار ناسالم)	افزایش قابل توجه علایم تنفسی نظیر بروز تنفس صدادار(خس خس کردن)و نفس های کوتاه در بیماران آسمی، تشدید بیماری های قلبی یا ریوی.	کودکان آسمی و افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی باید از فعالیت های خارج از منزل اجتناب نمایند. افراد دیگر باید فعالیت های سنگین خود را کم کنند.
بیدخون	دی اکسید گوگرد (بسیار ناسالم)	افزایش قابل توجه علایم تنفسی نظیر بروز تنفس صدادار (خس خس کردن) و نفس‌های کوتاه در بیماران آسمی، تشدید بیماری های قلبی یا ریوی.	کودکان آسمی و افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی باید از فعالیت های خارج از منزل اجتناب نمایند. افراد دیگر باید فعالیت های سنگین خود را کم کنند.
شیرینو	دی اکسید گوگرد (ناسالم برای قشر حساس)	احتمال افزایش بروز علایم اختلالات تنفسی نظیر تنگی نفس در بیماران آسمی.	افراد مبتلا به آسم باید فعالیت های خارج از منزل را کاهش دهند.

جدول ۶ - ریسک های بهداشتی مرتبط با گروه BTEXH هوای پروژه

Table 6 - Health risks corresponding to BTEXH group in case study

حوزه	شاخص فازی کیفیت هوای خاص	عامل اصلی	ریسک های بهداشتی
عسلویه	۲۶۶ (بسیار ناسالم)	تولوئن	احتمال بروز آنمی و لوکمیا در دراز مدت در افراد حساس. احتمال پایین اختلال در سیستم تنفسی، تأخیر در استخوان بندی جنین انسان، صدمه به سیستم تولید مثل انسان بروز بیماری های سیتوتاکسیک، تخریب سلول های ریوی و اختلالات DNA در کل افراد جامعه
بیدخون	۲۴۳ (بسیار ناسالم)	تولوئن	
شیرینو	۲۳۸ (بسیار ناسالم)	تولوئن	

بحث و نتیجه گیری

منطقه ویژه اقتصادی و انرژی پارس دربرگیرنده فعالیت های وسیع صنعتی بالادستی و پایین دستی هم چون مجتمع گاز پارس جنوبی و صنایع پتروشیمیایی می باشد که از جمله شاه رگ های اقتصاد جمهوری اسلامی ایران به شمار می رود. در عین حال این منطقه به دلیل آلایندگی بالا و ماهیت ویژه صنعتی خود با مشکلات بزرگ زیست محیطی و پایداری رو به رو بوده و نیازمند مطالعات وسیع علمی در زمینه مهندسی و مدیریت محیط زیست می باشد. شناسایی و ارزیابی شاخص های کیفیت و عمل کرد زیست محیطی و متعاقباً ریسک های زیست محیطی به عنوان پایه و بنیان مدیریت ریسک زیست محیطی نقشی اساسی در استقرار سیستم های مدیریت HSE_MS و ISO ۱۴۰۰۱ (۱۹-۲۰-۲۱) ایفاء نموده و زمینه را برای بهبود و ارتقا سطوح کیفیت و سلامت محیط زیست منطقه و پایداری زیست بوم آماده می سازد. دانش محدود در مورد طبیعت و نبود داده های کافی و حجم زیاد داده های کیفی از دلایل نگاه ویژه ما به منطق فازی در ارزیابی کیفیت و ریسک زیست محیطی می باشد. منطق فازی قابلیت پردازش داده های نامطمئن در ابعاد گوناگون را بر اساس مدل های زبان محور و ریاضیاتی خود فراهم نموده و باعث ارتقا توانایی تصمیم گیری در مقوله ارزیابی های زیست محیطی (با استفاده از شاخص های تعریفی زیست محیطی) مانند ارزیابی کیفیت محیط زیست، ارزیابی ریسک زیست محیطی و ارزیابی

پایداری زیست محیطی می گردد. منطق فازی در پروژه حاضر توانایی رفع عدم قطعیت‌های نام برده در ذیل را ایجاد کرده و با دیدی وسیع و ژرف به ارایه نتایج دقیق تر و صحیح تر می-انجامد:

- عدم قطعیت در مطالعات مقدار-پاسخ و محدوده های آسیب
- عدم قطعیت و انحراف معیار در مطالعات آماری (گزارش غلظت ها)
- عدم قطعیت در پیامد های آلاینده ها و راه کارهای بهداشتی

با توجه به این موضوع که نظام های مدیریت ASE_MS و ISO ۱۴۰۰۱ بر اساس چرخه بهبود مستمر دمینگ طرح ریزی گردیده اند، می توان اقرار نمود ارزیابی کیفیت و ریسک زیست محیطی قسمتی بسیار مهم و تاثیرگذار در بخش C (چک و ارزیابی) از چرخه PDCA بوده که برای تکمیل چرخه های مدیریتی عنصری ضروری و الزامی می باشد. از جمله دستاورد های پژوهش حاضر را می توان موارد زیر به شمار آورد:

- دانستن سطوح فازی ارزیابی شده کیفیت و ریسک زیست محیطی
- دانستن میزان قابل قبول بودن و قابل تحمل بودن سطح ریسک های منطقه
- برآورد میزان تاثیر گذاری ریسک های زیست محیطی هوا

بهتر است در مطالعات هزینه-سود (C-B Analysis) شرکت های منطقه، بیش از پیش مسایل زیست محیطی از قبیل کیفیت محیط زیست، کیفیت حیات، پایداری زیست محیطی و ریسک های زیست محیطی از طریق حسابداری سبز 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 ارتقا شهرت سازمان ها و کشور عزیزمان موجب بهبود کیفیت زندگی و پایداری زیست محیطی گردیده و تضمین کننده توسعه پایدار خواهد بود.

Reference

1- Sarkheil, H., Rahbari, Sh, Nazari, B., Tavakoli, J., 2014. A Study and Comparison of Environmental Assessment and Environmental Risk Assessment, History, Methods and Applications with a Case Study to Northern-Yaran Oilfield, Second National Conference on Crisis Management and HSE in Urban Arteries, Industries and Urban Management, Tehran University. (In Persian)

2- Mohammad fam, I., Nikoomaram. H., Soltanian. A., 2012. Comparative analysis of creative and classic training methods in health, safety and environment (HSE) participation improvement ،Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 25, Issue 2, Pages 250-253.

3- Muhammad fam, I., kianfar, M., 2010. Application of Operational Study and HAZOP Risk Assessment Technique in Assessing Safety, Health and Environment Risks (Case Study: Oil Warehouse, National Oil Distribution Company), Environmental Science and Technology, 12th, No.1. (In Persian)

4- Muhammad Fam, I., Mahmudi, Sh., 2009. Designing and providing a comprehensive system for measuring the performance of the HSE system in the Mapna Group, the first national conference on thermal power plants. (In Persian)

5- Mohammad fam, I. and et al., 2012. Performance assessment and optimization of HSE management systems with human error and ambiguity by an integrated fuzzy multivariate approach in a large conventional power plant manufacturer ،Loss Prevention in the Process Industries ،Volume 25, Issue 3, Pages 594–603.

6- Mohammad fam, I., Mahmoudi, S,

Kianfar. A, 2012. Development of the Health, Safety and Environment Excellence Instrument: a HSE-MS Performance Measurement ،Procedia Engineering, Volume 45, Pages 194-198.

7- Bahman nia, Gh., 2005. Change Management and Its Role in Continuous Improvement of HSE Management Systems, Journal of HSE Strategy, Issue 4, HSE Management, Ministry of Oil. (In Persian)

8- Sarkheil, H., Rahbari, Sh., Nazari, B., 2014. Investigating the Effect of Environmental Performance Indicators on the HSE Integrated Management System in South Pars, The First International Conference on HSE in Construction Projects, Mines, Oil and Gas, Shahid Beheshti University, Vol. I, pp. 79-79. (In Persian)

9- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. Information and control, 8, 338-353.

10- Emam jomeh, A., Qasem Khani, V., 2010. Fuzzy logic and its important applications in everyday life, Letter of the Web, vol. 11, No. 123. (In Persian)

11- Agheli, L., Sadeghi H., 2001. Environmental degradation process in Iran, application of fuzzy logic, agriculture economics and development, year 9, No. 36. (In Persian)

12- Peche, R., Rodríguez, E., 2012. Development of environmental quality indexes based on fuzzy logic. A case study, Ecological Indicators, No. 23, pp. 555–565.

13- Salehi, C., Moradi H., 2011. Fuzzy logic and its application in assessing environmental impacts, environment and development, Issue 3, pp. 37-44. (In Persian)

14- Onkal-Engin, G., Demir, I., Hiz, H., 2004. Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation, Atmospheric Environment, 38, pp. 3809-3815.

15- Sowlat, M.H., Gharibi, H., Yunesian, M., Mahmoudi, M.T., Lotfi, S., 2011. A novel, fuzzy-based air quality index (FAQI) for air quality assessment, Atmospheric Environment, 45, 2050-2059.

16- Central Council for Safety, Health and Environment Monitoring, Ministry of Oil, 2003. Guidance for the Establishment and Development of the Safety Management System, Health and Environment Ministry of Petroleum, Publications on Safety, Health and Environment, National Iranian Oil Company. (In Persian)

17- Ross, T.J., 2004. Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley & Sons, New York.

18- Hooda, S., Kaur, S., 1999. Laboratory manual for environmental chemistry, 1st ed., pp.18–52, S Chand and Company Limited, India.

19- En ISO 15544 ، Petroleum and natural gas industries -offshore production installations- Requirements and guidelines for emergency response ، Edition 2010-11-15.

20- International Standard ISO 17779 ، Petroleum and natural gas industries-offshore production installations-guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment ،first edition 2000-10-15.

21- International Standard ISO 10418 ، Petroleum and natural gas industries – offshore production installations-Basic surface process safety systems ، second edition 2003-10-01.