الگوی پایشِ آلاینده‌هایِ صنایعِ پیرو متالورژی در مناطقِ مختلف

سید ابراهیم وحدت[1*]، ناصر توحیدی[2]

۱- مربی دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی (پست الکترونیک: e.vahdat@iauamol.ac.ir)

۲- استاد دانشکده مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران (پست الکترونیک: ntowhidi@ut.ac.ir)

The Model for Monitoring of Pollutants in Pyrometallurgy Industries Located in Different Regions

S. E. Vahdat[*1], N. Towhidi[2]

1- Department of Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, E-Mail: e.vahdat@iauamol.ac.ir

2- Professor, Department of Metallurgical and Materials, Tehran University, E-Mail: ntowhidi@ut.ac.ir

چکیده

حفظ و تعادل زیست محیطی، از جمله ارکان توسعه پایدار است. در این مقاله با کمک منطق فازی الگویی برای پایش آلاینده‌های صنعت به تفکیک منطقه به همراه یک مطالعه موردی شـامل پایش آلاینده دی اکسـید کربن در صنایع پیرومتالورژی تولید آهن و فولاد، تولید آلومینیم، تولید روی و تولید سـرب در برخی از مناطق جهان در دِسـامبر سـال ۲۰۰۵، ارایه می‌شود؛ بطوریکه مشخص می‌شـود کدام صنعت در کدام منطقه در تولید کدام آلاینده به چه میزان با محیط زیسـت، سـازگار است. برای سنجش سـازگاری با محیط زیست ابتدا مجموعه صنایع، مجموعه مناطق، مجموعه آلاینده‌ها و مجموعه سـازگاری با محیط زیسـت تعریف شده و سـپس برای محاسبه درجه عضویت اعضای مجموعه سـازگاری با محیط زیست، تابع عضویت سازگاری با محیط زیست تعریف می‌شود. با درجه بندی صنایع مختلف در مناطق مختلف در ایجاد آلاینده‌های مختلف به صورت ارقامی‌پیوسته، سازگاری با محیط زیسـت صنایع مختلف در تولید آلاینده مختلف در مناطق مختلف، به طور دقیق و صحیح مقایسـه می‌شـود. با توجه به درجه سازگاری با محیط زیست در مکان، نوع آلودگی و صنعت مرتبط، کمترین درجه سـازگاری با محیط زیسـت باید در اولویت اول بررسـی قرار گیرد. در مطالعه موردی انجام شده، بدون احتسـاب ضریب منطقه، صنعت تولید آلومینیم کشـوری در قاره آمریکا، عضو C_{241}، در دسامبر سال ۲۰۰۵ با درجه سازگاری با محیط زیست برابر با ۰/۰۵۵۹، بحرانی‌ترین شرایط را در تولید آلاینده هوا، دی اکسید کربن، دارد در حالیکه با احتساب ضریب منطقه، صنعت تولید فولاد کشوری در خاور دور، عضو C_{121}، در دسامبر سال ۲۰۰۵ با درجه سازگاری با محیط زیست برابر با ۰/۰۶۵۵، بحرانی‌ترین شرایط را در تولید آلاینده هوا، دی اکسید کربن، دارد. بنابراین بایستی تمرکز بیشتری بر روی کنترل آلاینده دی اکسید کربن در صنعت فولاد کشوری در خاور دور، صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلومینیم، دی اکسید کربن، روی، سرب، فولاد، مدیریت، منطق فازی

Abstract

Ecological sustainability and balance are the elements of sustainable development. In this paper, using fuzzy logic, a model is presented to monitor region wise industrial pollutants in pyrometallurgy industries. The model has been used in a case study that will determine which industry, in which region, producing which and how much pollutants, is compatible with ecology. To assess the ecological compatibility, first, the set of industries, regions, pollutants and ecological compatibility were defined, then to calculate the membership degree of the members of the ecology compatibility set, the membership function of ecological compatibility was defined. By ranking different industries in various regions, creating different pollutants, as continuous figures, the ecological compatibility of these industries was accurately compared. Given the degree of ecological compatibility in a region, the type of pollution, and the related industry, identification of the lowest degree of ecological compatibility was the first priority of this case study. Results of the conducted case study, without considering the region coefficient, show that member C241, in December 2005 with an ecological degree of compatibility equivalent to 0.0559 has the most critical condition in producing the air pollutant, carbon dioxide. However, on considering the region coefficient, member C121, in December 2005 with an ecological degree of compatibility equivalent to 0.0655 has the most critical condition in producing the air pollutant, carbon dioxide.

Keywords: Aluminum, Carbon Dioxide, Zinc, Lead, Steel, Management, Fuzzy Logic

(کد: ۹۱۱۰۶۲)

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بـا توجه به گسـتردگی و قابلیت توسـعه پایدار در مناسـبات زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و صنعتی، این پدیده به سرعت به مهمترین مناظره و نیز یکی از مهمترین چالش‌های قرن بیسـت و یکم تبدیل شد. با وجود هزاران آلاینده ساز که هر کدام چند آلاینده تولیـد می‌کننـد و هر کـدام در منطقه‌ای با مقـدار آلودگی متفاوت قرار دارند، بسـیار مشـکل اسـت که در مدتی کوتاه به طور دقیق و صحیـح به تمام آنها پرداخـت. اما با اولویت بنـدی آنها از نظر زیست سـازگاری به صورت ارقامی پیوسـته، می‌توان تعیین کرد کدام آلاینده سـاز در کدام منطقه و برای کـدام آلاینده در اولویت بررسی قرار دارد.

الگـوی مقایسـه شـاخص‌های مختلف بر اسـاس منطق فازی (fuzzy logic) بیان گر نسـبی بودن ویژگیهای مختلف است و برای هـر ویژگی یک مجموعه تعریف می‌کند و میزان مطلوبیت هر متغیر را برای تامین ویژگـی مورد نظر با درجه‌ای بین صفر و یک تعیین می‌کند. ایـن مقدار به نام درجـه تعلق متغیر مورد نظر نسـبت به ویژگی ذکر شـده، سـنجش می‌شـود. درجه مطلوبیت صفر یعنی ویژگی مـورد نظر برای متغیر مورد نظر اصلا تامین نمی‌شـود و یـا متغیر مورد نظر برای ویژگی مورد نظر اصلا مطلوب نیسـت و درجه مطلوبیت یک یعنی ویژگـی مورد نظر برای متغیر مورد نظر کاملا تامین می‌شـود و یا متغیر مورد نظر برای ویژگی مورد نظر کاملا مطلوب اسـت و درجه مطلوبیت بین صفر و یک، یعنی ویژگی مورد نظر تاحدی برای متغیر مورد نظر تامین می‌شـود و یا متغیر مورد نظر برای ویژگی مورد نظر تاحدی مطلوب است.

پژوهشـگران اندکی از منطق فازی برای بررسـی آلاینده‌ها در محیط زیسـت اسـتفاده کردند. بطور مثال وحدت و توحیدی [۱] از منطق فازی در بررسی توسعه پایدار صنعت آهن و فولاد در ایران از دیدگاه محیط زیسـت اسـتفاده کردند. صولت و همکارانش [۲] بخوبی آلاینده‌های هوا را در پنج منطقه از شـهر تهران درجه بندی کردنـد منتهی اثر آلاینده‌های موجود در منطقه مورد ارزیابی را در الگوی خود لحاظ نکردند. بعبارت دیگر، اثر تولید آلاینده در منطقه‌ای که آلاینده کمتری دارد نسـبت به منطقه‌ای که آلاینده بیشتری دارد متفاوت است و این مهم باید در الگو لحاظ شود. Mintz و همکارانش [۳] از منطق فـازی برای پیش بینی غلظت اُزون اسـتفاده کردند و الگـوی خود را با داده‌های اداره هواشناسـی کانـادا تطبیق دادند. Pokrovsky و همکارانـش [٤] از منطق فـازی برای کمّی کردن مدل فُتوشیمیایی و همچنین پیش بینی آلاینده‌ها استفاده کردند و الگوی خود را با داده‌های اداره هواشناسـی هُنگ کُنک تطبیق دادند. Astel [٥] نحوه اسـتفاده از اصول منطق فازی را بـرای مطالعات محیط زیست ارایه داد. Chen و همکارانش [٦] از منطق فازی برای سیستم تهویه هوا تونل‌های طویل اسـتفاده کردنـد. Icaga [۷] برای تعیین میزان آلایندگی آب، الگویی بر اساس منطق فازی ارایه داد و سپس الگوی خود را با داده‌هـای اداره آب منطقه Eber Lake ترکیه تطبیق داد. به این ترتیب، هیچکدام از آنها الگویی جامع برای بررسی درجه سازگاری با محیط زیستِ صنایع مختلف بویژه با تاثیر منطقه، ارایه ندادند.

در مقاله حاضر، از ویژگی سـازگاری با محیط زیست استفاده می‌شود بطوریکه درجه سازگاری با محیط زیست هر صنعت در هر منطقه (در یک زمان معین) در تولید هر آلاینده به طور کَمّی و نِسبی قابل پایش اسـت. به این ترتیب، کمترین درجه سـازگاری با محیط زیست مشخص می‌کند که کدام صنعت در کدام منطقه در تولید کدام آلاینده باید در اولویتِ اولِ بررسی و کنترل قرار گیرد.

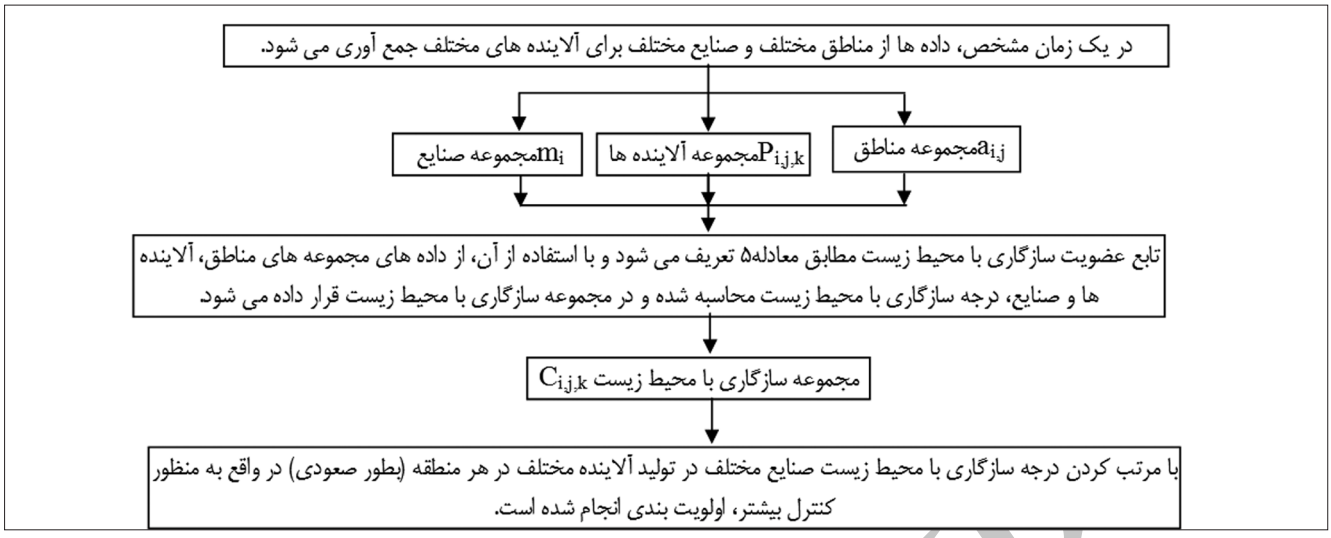
منطـق فازی در کلیه زمینه‌ها کاربـرد دارد. در این مقاله، هدف تعیین درجه سـازگاری با محیط زیسـت صنایع در مناطق مختلف جهان می‌باشد. مجموعه آلاینده‌ها می‌تواند در حالت‌های جامد (مانند گرد و غُبار، دودِه، و غبار سرب)، مایع (مانند جیوه محلول در آب)، گازی (مانند گازکربنیک، اکسـید کربـن، مِتان) و نیز صدا و موج (مانند آشـعه‌های رادیو آکتیو) وجود داشـته باشد. مجموعه مناطق در جهان از مجموعه قاره‌های مختلف (آسیا، اروپا، افریقا، آمریکا و اقیانوسـیه) و قاره‌ها از مجموعه کشورهای مختلف (روسیه، چین، هندوستان و ایران،...) و کشورها از مجموعه نواحی مختلف (شهرها، دهات، مناطق صنعتی) و الی آخر تشـکیل می‌شود. مجموعه آلاینده سازها از مجموعه صنایع خانگی (سیسـتم گرمایش، ...)، مجموعه صنایع حمل و نقل (خـودرو، ...)، مجموعه صنایع هیدرومتالورژی (فاضلاب‌ها، ...)، مجموعه صنایع پیرو متالورژی (صنایع تولید آهن و فولاد، مس، سرب، روی و آلومینیم و ...) و سایر تشکیل می‌شود.

بـه علت محدودیت آمـار در این مقاله از مجموعـه آلاینده‌ها: گازکربنیک، از مجموعه آلاینده سـازها : صنایـع پیرو متالورژی، از مجموعـه صنایع پیرو متالـورژی: صنایع تولیـد آهن و فولاد، آلومینیم، سرب و روی و از مجموعه مناطق: کشوری در خاور دور، کشوری در خاورمیانه، کشوری در اروپا و کشوری در قاره امریکا به صورت موردی مورد ارزیابی قرار گرفته و درجه سـازگاری با محیط زیسـت آنها محاسبه و مقایسه می‌گردد. به منظور جلوگیری از پیش داوری از نام کشورها صرف نظر شد.

مواد و روش تحقیق

برای سـنجش سازگاری با محیط زیست ابتدا مجموعه صنایع، مجموعه مناطق، مجموعه آلاینده‌ها و مجموعه سـازگاری با محیط

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱: الگوریتم استنتاج فازی برای تعیین درجه سازگاری با محیط زیست صنایع مختلف در تولید آلاینده مختلف در مناطق مختلف

زیست تعریف شده و سپس برای محاسبه درجه عضویت اعضای مجموعه سازگاری با محیط زیست، تابع عضویت سازگاری با محیط زیست تعریف می‌شود. برای بیان ساده‌تر، الگوریتم روش کار در شکل۱ ارایه می‌شود.

۱- تعریف مجموعه‌ها

در این تحقیق، برای سنجش سازگاری با محیط زیست صنایع پیرو متالورژی در مناطق مختلف با استفاده از منطق فازی، سه مجموعه تعریف و بررسی می‌شود:

مجموعه نوع اول M : شامل فرآیندهای تولید آهن و فولاد، آلومینیم، مس، سرب، روی و ... هستند که از جمله آلاینده گازکربنیک ایجاد می‌کنند و بر اساس معادله۱ تعریف می‌شوند. مجموعه M می‌تواند شامل m عضو باشد و m_i فرآیند متالورژی i است که مورد مطالعه قرار می‌گیرد:

$$M = \{i \in N, i \in [1, m], m_i\} = \{m_i\} \quad (1)$$

مجموعه نوع دوم: A مناطقی است که آلاینده‌ها در آن مناطق، تولید و توزیع و بر اساس معادله شمارهٔ (۲) تعریف و بررسی می‌گردند. مجموعه A می‌تواند مجموعه مناطق محصور در کارخانه‌های متالورژی در جهان مانند کارخانه‌های ذوب آهن اصفهان، فولاد هامبورگ، ... یا مجموعه شهرهای ایران مانند خوزستان، اصفهان، ... یا مجموعه استان‌های جهان مانند مازندران، فلوریدا، ... یا مجموعه کشورهای جهان مانند ایران، ژاپن،... یا مجموعه استان‌های ایران مانند استان‌های مازندران، گیلان، ... باشد. قطعا هر چه مناطق مورد تحقیق گسترده‌تر (کل جهان) و اجزای آن مجموعه، جزئی‌تر (نواحی محصور شده) باشند برآوردها منطقی‌تر خواهند بود. مجموعه A می‌تواند شامل a عضو باشد و $a_{i,j}$ فرآیند i در منطقه j است که مورد مطالعه قرار می‌گیرد:

$$A = \{j \in N, j \in [1, a], a_{i,j}\} = \{a_{i,j}\} \quad (2)$$

مجموعه نوع سوم: P مربوط به نوع آلاینده است که منجر به تشکیل مجموعه‌ای مانند گازکربنیک، مونواکسید کربن، دی اکسید گوگرد، سرب، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی قابل تبخیر، آرسنیک، سرب و مس در آب و ... می‌شود و بر اساس معادله۳ تعریف می‌شود و می‌تواند شامل p عضو باشد. $P_{i,j,k}$ کمیت آلاینده k متعلق به فرآیند i در منطقه j است:

$$P = \{k \in N, k \in [1, p], P_{i,j,k}\} = \{P_{i,j,k}\} \quad (3)$$

دقت شود که میزان آلاینده‌ها باید نرمال شوند لذا $P_{i,j,k,Normalized}$ یعنی آلاینده k به ازای واحد محصول فرآیند i، در منطقه j باید ارائه شود. برای محاسبه $P_{i,j,k,Normalized}$ از معادله ٤ استفاده می‌شود:

$$P_{i,j,k,Normalized} = \frac{\text{total k pollution in the } a_{i,j}}{\text{total mass production of } a_{i,j}} \quad (4)$$

مجموعه M می‌تواند شامل m عضو باشد، مجموعه A می‌تواند شامل a عضو و مجموعه P می‌تواند شامل p عضو باشد. به این ترتیب تعداد اعضا مجموعه C، حداکثر برابر با m×a×p خواهد بود.

۲- الگوی تعیین درجه سازگاری با محیط زیست

هدف تعیین درجه سازگاری با محیط زیست صنعت i در تولید آلاینده k برای تامین درجه ایمنی در منطقه j می‌باشد. به این دلیل مجموعه C، مجموعه سازگاری با محیط زیست به معنی فرآیندهای سازگار با محیط زیست در تولید آلاینده‌های مختلف در مناطق مختلف، تعریف می‌شود. در این مجموعه، هر عضو با درجه‌ای به مجموعه C تعلق دارد. این عامل، درجه سازگاری با محیط زیست

Archive of SID
www.SID.ir

یا درجه ایمنی در فرآیندی خـاص (i)در تولید آلاینده‌ای خاص (k) در منطقه‌ای خاص (j)، یعنی $C_{i,j,k}$ اسـت. معادله۵، تابع سـازگاری با محیط زیسـت صنایـع در تولید گازکربنیـک در مناطق مختلف برای تعیین درجه عضویت اعضای مجموعه C، یعنی $C_{i,j,k}$ می‌باشد. معادله۵ اصلاح شده معادله استفاده شده در مطالعه قبلی است[۸].

$$C = \{C_{i,j,k}\} \quad \text{and} \quad C_{i,j,k} = \left(\frac{\text{Min}\{P_{i,j,k,\text{Normalized}}\}}{\{P_{i,j,k,\text{Normalized}}\}} \times \left(\frac{G_{k,\text{critical}}}{G_{k,j}}\right)\right) \quad (5)$$

$G_{k,j}$ کمیت آلاینـده k در ناحیهj که از طریق اندازه‌گیری آلاینده در هر منطقه گزارش می‌شـود و تابع شرایط زمانی و مکانی است. $G_{k,\text{critical}}$ کمیت بحرانی آلاینده k می‌باشد که مقدار ثابتی است و تابع شـرایط زمانی و مکانی نیست و توسط سـازمان محیط زیست از طریق اسـتانداردهای مجاز برای آلاینده‌ها تعیین می‌شـود. به این ترتیب تمامی فرآیندها بر حسـب آلاینده‌هایـی که تولید می‌کنند در ارتبـاط با منطقـه‌ای که در آن قرار دارند به طور نسـبی بین صفر و یک به طور پیوسـته درجه بندی می‌شوند. بطوریکه درجه صفر برای عضو $C_{i,j,k}$ یعنی تولید آلاینده k در فرآیند i که در ناحیهj قرار دارد اصلا با محیط زیسـت، سازگار نیست و درجه یک برای عضو $C_{i,j,k}$ یعنـی تولید آلاینده k در فرآیند i که در ناحیهj قرار دارد کاملا با محیط زیسـت، سـازگار اسـت و درجه‌ای بین صفر و یک برای عضو $C_{i,j,k}$ یعنی تولیـد آلاینده k در فرآیندi که در ناحیهj قرار دارد تاحدودی با محیط زیست، سازگار است.

چنانچه مقـدار آلاینـده k ام در منطقه jام یعنـی $G_{k,j}$، از مقدار بحرانی آن آلاینده یعنی $G_{k,\text{critical}}$، بیشـتر باشـد درجه سازگاری با محیط زیست کوچکتر می‌شود زیرا ضریب منطقه، یعنی $\frac{G_{k,\text{critical}}}{G_{k,j}}$، از یک کوچکتر است. هر چه درجه سازگاری با محیط زیست کوچکتر می‌شود تغییرِ شرایط برای سازگار شدن با محیط زیستِ فرآیند i ام که در منطقه jام در تولید آلاینده k ام نقش دارد مُشکل‌تر می‌شود. از طرف دیگر، وقتی مقدار آلاینده در منطقه از مقدار بحرانی آن آلاینده کمتر باشد ضریب منطقه از یک بزرگتر می‌شود بنابراین ممکن است برخی از اعضا، درجه سازگاری با محیط زیست بزرگتر از یک پیدا کنند. اگرچه در فازی درجات عضویت بزرگتر از یک تعریف نشـده اسـت اما اینجا معنی دارد. هر چه درجه سازگاری با محیط زیست بزرگتر می‌شـود به این معنی اسـت که تغییر شرایط برای سازگار نشدن با محیط زیستِ عضو مورد نظر مُشکل‌تر می‌شود.

سازگارترین فرآیند با محیط زیست (فرآیند i ام در تولید آلاینده k ام در منطقه jام)، فرآیندی اسـت که بیشـترین درجه سازگاری با محیط زیست را در تولید آلاینده k ام در ناحیه jام دارد. به همین دلیل $C_{i,j,k,\text{Environmental}}$ از قانون فصل فازی، مطابق معادله۶، حاصل می‌شود.

$$C_{i,j,k,\text{Environmental}} = \text{Max}\{C_{i,j,k}\} \quad (6)$$

ناسـازگارترین فرآیند با محیط زیسـت (فرآینـد i ام در تولید آلاینـده k ام در منطقـه jام)، فرآینـدی اسـت کـه کمترین درجه سـازگاری با محیط زیسـت را در تولید آلاینده k ام در ناحیه jام دارد. به همین دلیل $C_{i,j,k,\text{critical}}$ از قانون عطف فازی، مطابق معادله۷، حاصل می‌شود.

$$C_{i,j,k,\text{critical}} = \text{Min}\{C_{i,j,k}\} \quad (7)$$

شاید به نظر برسد پایش آلاینده‌ها فقط از طریق مجموعه فرآیند، گمراه کننده باشـد. بطور مثال، مناطقی که از فناوری‌های پیشرفته برخوردار هستند درجه سازگاری با محیط زیستِ بالایی دارند زیرا مقدار نرماله شده آلاینده پایین است اما ممکن است آنقدر مقدار کل تولیـد فرآیند در واحد زمان، زیاد باشـد که عملا بخش عمده‌ای از تولیـد آلاینده را به خود اختصاص دهد. نکته قابل توجه این اسـت که چنانچه حجم محصول در مناطق صاحب فناوری‌های پیشـرفته کاهش یابد کمبود ناشی از کاهش تولید، با چه فناوری تولید خواهد شـد؟ اگر فناوری مورد نظر در حد فناوری پیشـرفته نباشد، مقدار آلاینده کُل بیش از پیش، رَوَندِ افزایشـی پیـدا خواهد کرد. به همین دلیل متغیر مقدار کل تولید محصول در یک منطقه با توجه به گذشت زمان در جمله دوم معادله۵ یعنی $\frac{G_{k,\text{critical}}}{G_{k,j}}$ ، گنجانده شد.

۳- مطالعه موردی تعیین درجه سـازگاری با محیط زیست در صنایع پیرو متالورژی

در ایـن مطالعه موردی، داده‌ها از آمار منتشـر شـده در ماه دسامبر سال ۲۰۰۵ برای چهار صنعت پیرومتالورژی، یکی صنعت تولید آهن و فـولاد، دومی صنعت تولید آلومینیم، سـومی صنعت تولید روی و چهارم صنعت تولید سرب، استخراج شد یعنی مجموعه M شـامل چهار عضو (m=4) می‌باشد. همچنین در مجموعه مناطق، مجموعه کشـورها مطالعه شد که شامل ٤ عضو (a=4) کشوری در خاور میانه، کشـوری در خاور دور، کشوری در اروپا و کشوری در قاره امریکا می‌باشـد. به منظور اجتناب از هر گونه پیش داوری، از نام کشورها صرف نظر شد. همچنین برای ساده سازی و یکسان سازی داده‌ها، فقط آلاینده هوا، دی اکسید کربن، مورد بررسی قرار می‌گیـرد. یعنی مجموعه عوامل آلاینده فقـط یک عضو (p=1) دارد. بـه این ترتیب تعداد اعضا مجموعـه C، حداکثر برابر با 4×4×1=16 می‌شود.

۳-۱- درجه سـازگاری با محیط زیست در صنعت تولید آهن و فولاد

عوامـل عمده آلاینده صنعت پیرومتالـورژی تولید آهن و فولاد

Archive of SID

www.SID.ir

شـــامل آلاینده‌های گازی: گازکربنیک، گازهای گلخانه‌ای، مونوکسید کربن، دی‌اکســـید گوگرد، اکســـیدهای نیتروژن، کلریدها و فلوریدها، ترکیبات آلی فرار، هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک، دیوکســـین و فوران‌ها و آلاینده‌های جامد: ذرات غبار، فلزات ســـنگین شـــامل آهن اســـفنجی، روی، کادمیم، ســـرب، نیکل، جیوه، منیزیم و کُرُم، دوده و آلاینده‌های مایع: فاضلاب و پســـاب‌های صنایـــع تولید آهن و فولاد یعنی آب خنک کننده، از باران، آب شستشو و سایر فاضلاب‌ها است که به طور عمده حاوی ذرات معلق، غبار و مواد روانســـاز هســـتند. آلودگی‌های صوتی نیز در واحدهای تولید آهن و فولاد ایجاد می‌شود که علت آن جابجایی محصولات و فولاد قراضه، فن‌های خنک کننده، آسیاها، سیســـتم‌های غبارگیر، بارگیری کوره، فرایند ذوب در کورهٔ قوس الکتریکی، مشعل‌های سوخت، عملیات شکل دادن و بُرِش سیم و میلگرد و سیستم‌های تهویه و حمل و نقل است[۱]. برای ساده سازی و یکسان سازی داده‌ها، فقط آلاینده هوا، گاز کربنیک، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یعنی مجموعـــه عوامل آلاینده مربوط به صنعت تولید آهن و فولاد فقط یک عضو (k=1) دارد.

۳-۲-درجـه ســازگاری بـا محیـط زیســت در صنعــت تولید آلومینیم

عوامل عمـــده آلاینده صنعـــت پیرومتالورژی تولیـــد آلومینیم شـــامل دی اکســـید کربن در هوا، هگزا فلئورومتان، تترافلئورومتان به صورت گازی و غبار، دی اکســـید گوگرد، دی اکســـید نیتروژن و جیوه می‌باشـــد [۹]. برای ساده ســـازی و یکسان سازی داده‌ها، فقط آلاینده هوا، دی اکسید کربن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یعنی مجموعـــه عوامل آلاینده مربوط به صنعـــت تولید آلومینیم فقط یک عضو (k=1) دارد.

۳-۳-درجه سازگاری با محیط زیست در صنعت تولید روی

عوامل عمده آلاینده صنعت پیرومتالورژی تولید روی شامل دی اکسید کربن در هوا، ترکیبات گوگرد و اکسیدهای نیتروژن می‌باشد [۱۰،۱۱]. برای ساده سازی و یکسان سازی داده‌ها، فقط آلاینده هوا، دی اکســـید کربن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یعنی مجموعه عوامل آلاینده مربوط به صنعت تولید روی فقط یک عضو (k=۱) دارد.

۳-٤-درجه سازگاری با محیط زیست در صنعت تولید سرب

عوامل عمده آلاینده صنعت پیرومتالورژی تولید ســـرب شامل دی اکســـید کربن در هوا، ســـرب در آب و هـــوا، ترکیبات گوگرد و اکســـیدهای نیتروژن می‌باشـــد[۱۲]. برای ساده ســـازی و یکسان سازی داده‌ها، فقط آلاینده هوا، دی اکسید کربن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یعنی مجموعه عوامل آلاینده مربوط به صنعت تولید سرب فقط یک عضو (k=1) دارد.

۳-۵-محاسـبه درجـه سـازگاری بـا محیـط زیسـت صنایـع پیرومتالورژی

کمیـــت گازکربنیک در مناطق مختلف، $G_{k,j}$، در جدول۱ فهرســـت شـــد. بنابرایـــن ضریـــب منطقه بـــرای اعضا مختلـــف در مجموعه سازگاری با محیط زیست یعنی برای $C_{i,j,k}$ها، مقدار متفاوتی دارد.

$$M = \{i \in N, i \in [1,2,3,4]\} = \{\text{تولید سرب ، تولید روی ، تولید آلومینیم ، تولید آهن و فولاد}\}$$
$$A = \{j \in N, j \in [1,2,3,4]\} = \{\text{کشوری در قاره آمریکا ،کشوری در اروپا ، کشور خاور دور ، کشور خاور میانه}\}$$
$$P = \{k \in N, k \in [1]\} = \{\text{دی اکسید کربن}\}$$

نتایج و بحث

مطابق معادلات ۱ تا ۵ و داده‌های ارایه شده در جدول۱، مقادیر درجه ســـازگاری با محیط زیست با و بدون ضریب منطقه محاسبه و در همان جدول فهرست شده است.

مطابق معادله٦ با احتســـاب ضریب منطقه، سازگارترین عضو با محیط زیســـت در مجموعه C، عضـــو C_{341}، صنعت تولید روی در کشوری در قاره آمریکا در دسامبر سال ۲۰۰۵ در تولید آلاینده دی اکسید کربن با درجه ۱/۵۰۰۰ است زیرا داریم:

$$C_{i,j,k,Environmental}=\underline{Max}\{0.0912,0.0655,0.1056,0.0990,0.0838,1.5000,1.0962\}=C_{341}=1.5000$$

مطابق معادله۷ با احتساب ضریب منطقه، ناسازگارترین عضو با محیط زیست در مجموعه C، C_{121}، صنعت تولید فولاد در کشوری در خاور دور در دســـامبر ســـال ۲۰۰۵ در تولید آلاینده دی اکسید کربن با درجه ۰/۰٦٥٥ است زیرا داریم:

$$C_{i,j,k,critical}=\underline{Max}\{0.0912,0.0655,0.1056,0.0990,0.0838,1.5000,1.0962\}=C_{121}=0.0655$$

درجه سازگاری با محیط زیست سایر نواحی و صنایع در تولید دی اکسید کربن در دسامبر ســـال ۲۰۰۵ در مجموعه سازگاری با محیط زیســـت، C، با و بدون احتســـاب ضریب منطقه در شـــکل۲ مقایسه شد.

نتیجه گیری

در دسامبر سال ۲۰۰۵، در مناطقی از جهان که مقدار دی اکسید کربن در جهان بیشـــتر از مقدار مجاز است تولید آلاینده دی اکسید کربن حتی به مقدار بسیار ناچیز مخاطره آمیز خواهد بود.

۱- زیـــرا $\frac{G_{k,critical}}{G_{k,j}}$ کوچکتر از یک اســـت یعنـــی اصلا مطلوب نیســـتند. اولا عملاً مقدور نیســـت که فولاد و آلومینیـــم، تولید نکرد زیرا در حال حاضر وابستگی بشر به این محصولات اجتناب ناپذیر اســـت. ثانیا در حقیقت، مقدار این ضریـــب در مناطق مختلف (برای اعضا مختلف) متفاوت اســـت. یعنی منطقه‌ای که از آلایندگی کمتری برخوردار است شـــرایط مطلوب‌تری برای تولید این فلزات را دارد.

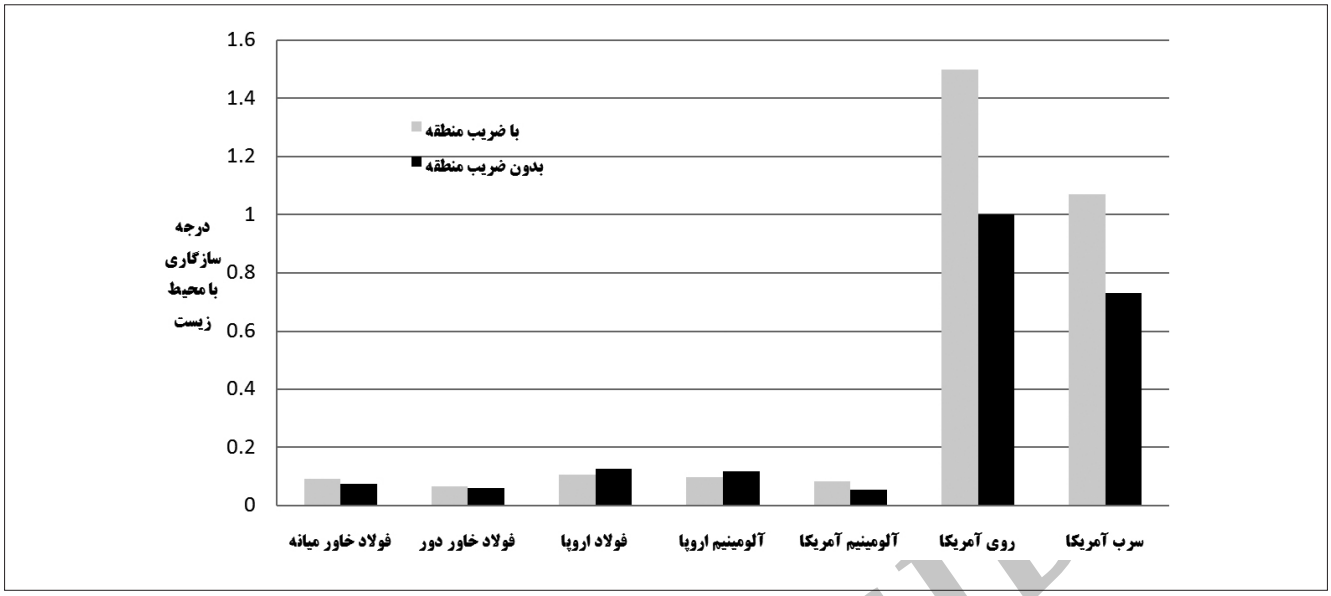
www.SID.ir
Archive of SID

جدول۱: مقدار متغیرها و مقدار درجه سازگاری با محیط زیست صنایع در مناطق مختلف با و بدون ضریب منطقه

صنایع							
نوع	k آلاینده	j منطقه	i روش	$P_{i,j,2,Normalized}$ میانگین تولید CO2 (تن CO_2 به ازای تن محصول) [۱۳]	$Min\{P_{i,j,k,Normalized}\}$ $\{P_{i,j,k,Normalized}\}$	مقدار بحرانی آلاینده گاز کربنیک ppm $G_{kcritical}$ [۱۴]	مقدار آلاینده گاز کربنیک در منطقه ppm G_{kj} [۱۵]	$G_{kcritical}$ ، G_{kj}	$C_{i,j,k}$ درجه سازگاری با محیط زیست با ضریب منطقه $\frac{Min\{P_{i,j,k,Normalized}\}}{\{P_{i,j,k,Normalized}\}} \times \left(\frac{G_{kcritical}}{G_{kj}}\right)$
آهن و فولاد در کشوری از خاور میانه	۱	۱	۱	$P_{1,1,2,Normalized}$ ۲/۵	۰/۰۷۶۰	۳۰۰	۲۵۰	۱/۲	$C_{1,1,1}$ ۰/۰۹۱۲
آهن و فولاد در کشوری از خاور دور	۱	۲	۱	$P_{1,2,2,Normalized}$ ۳/۱	۰/۰۶۱۳	۳۰۰	۲۸۰	۱/۰۷	$C_{1,2,1}$ ۰/۰۶۵۵
آهن و فولاد در کشوری از اروپا	۱	۳	۱	$P_{1,3,2,Normalized}$ ۱/۵	۰/۱۲۶۷	۳۰۰	۳۶۰	۰/۸۳	$C_{1,3,1}$ ۰/۱۰۵۶
آلومینیم کشوری از قاره اروپا	۱	۳	۲	$P_{2,3,2,Normalized}$ ۱/۶	۰/۱۱۸۷	۳۰۰	۳۶۰	۰/۸۳	$C_{2,3,1}$ ۰/۰۹۹۰
آلومینیم کشوری از قاره آمریکا	۱	۴	۲	$P_{2,4,2,Normalized}$ ۳/۴	۰/۰۵۵۹	۳۰۰	۲۰۰	۱/۵	$C_{2,4,1}$ ۰/۰۸۳۸
روی کشوری از قاره آمریکا	۱	۴	۳	$P_{3,4,2,Normalized}$ ۰/۱۹	۱/۰۰۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱/۵	$C_{3,4,1}$ ۱/۵۰۰۰
سرب کشوری از قاره آمریکا	۱	۴	۴	$P_{4,4,2,Normalized}$ ۰/۲۶	۰/۷۳۰۸	۳۰۰	۲۰۰	۱/۵	$C_{4,4,1}$ ۱/۰۹۶۲

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲: مقایسه درجه سازگاری با محیط زیست صنایع تولید فلزات در مناطق مختلف در تولید آلاینده دی اکسید کربن در دسامبر سال ۲۰۰۵ ، بدون ضریب منطقه و با ضریب منطقه

به همین دلایل بررسی می‌شود که کدام صنعت در کدام منطقه در تولید آلاینده دی اکسید کربن، کمترین سازگاری با محیط زیست را دارد. به عبارت دیگر، تغییرِ شرایط برای سازگار شدن با محیط زیست برای کدام فرآیند در کدام منطقه در تولید آلاینده دی اکسید کربن، مُشکل‌تر است.

۲- در مجموعه سازگاری با محیط زیست، در بین صنایع آلومینیم، مس، روی و فولاد و در بین مناطق کشوری در خاور میانه، کشوری در خاور دور، کشوری در اروپای غربی و کشوری در قاره آمریکا، بدون احتساب ضریب منطقه، صنعت تولید آلومینیم کشوری در قاره آمریکا، عضو C_{241}، در دسامبر سال ۲۰۰۵ با درجه سازگاری با محیط زیست برابر با ۰/۰۵۵۹، بحرانی‌ترین شرایط را در تولید آلاینده هوا، دی اکسید کربن، دارد در حالیکه با احتساب ضریب منطقه، صنعت تولید فولاد کشوری در خاور دور، عضو C_{121}، در دسامبر سال ۲۰۰۵ با درجه سازگاری با محیط زیست برابر با ۰/۰۶۵۵، بحرانی‌ترین شرایط را در تولید آلاینده هوا، دی اکسید کربن، دارد. بنابراین بایستی تمرکز بیشتری بر روی کنترل آلاینده دی اکسید کربن در صنعت فولاد کشوری در خاور دور، صورت گیرد. روشهای کنترل بیشتر می‌تواند شامل آموزش نیروی انسانی، استفاده از دستگاه‌های جدید و یا نوسازی دستگاه‌ها، نوآوری در ایجاد تکنولوژی پاک‌تر، پاکسازی محیط (مانند کاشت درخت)، استفاده از مواد جایگزین فولاد و افزایش کیفیت محصولات در جهت کاهش مصرف فولاد باشد. درجه سازگاری با محیط زیست سایر صنایع با احتساب ضریب منطقه در مجموعه مورد بررسی به ترتیب صعودی عبارت است از:

- آلومینیم کشوری در قاره آمریکا ، C_{241}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۰/۰۸۳۸ بنابراین در اولویت دوم بررسی است.
- آهن و فولاد کشوری در خاورمیانه، C_{111}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۰/۰۹۱۲ بنابراین در اولویت سوم بررسی است.
- آلومینیم کشوری در اروپا، C_{231}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۰/۰۹۹۰ بنابراین در اولویت چهارم بررسی است.
- آهن و فولاد کشوری در اروپا، C_{131}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۰/۱۰۵۶ بنابراین در اولویت پنجم بررسی است.
- سرب کشوری در قاره آمریکا، C_{441}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۱/۰۹۶۲ بنابراین در اولویت ششم بررسی است.
- روی کشوری در قاره آمریکا، C_{341}، با درجه سازگاری با محیط زیست ۱/۵۰۰۰ بنابراین در اولویت هفتم بررسی است.

۳- در این تحقیق برای ساده سازی، تنها تعداد محدودی از صنایع و مناطق و همچنین تعداد محدودی از آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش تعداد اعضای مجموعه‌های انواع آلاینده‌ها، انواع صنایع و مناطق در زمان‌های مختلف، پایش در محدوده گسترده‌تری صورت خواهد گرفت و به شرایط واقعی نزدیک خواهد شد. بطور مثال چنانچه تعداد اعضا مجموعه m، M و تعداد اعضا مجموعه a، A بوده و تعداد اعضا مجموعه p، P باشد تعداد اعضا مجموعه C، حداکثر برابر با $m\times a\times p$ خواهد بود. اگر چه در این تحقیق از این الگو برای پایش آلاینده‌های صنعت تولید فلزات استفاده شد اما این الگو برای تمام صنایع و تمام آلاینده‌ها در اقصی نقاط جهان قابل استفاده است. بطور مثال برای پایش و مدیریتِ آلایندگی در خودروهای مختلف با توجه به هر منطقه، کاربرد دارد.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع و مراجع

۱-وحـدت س.ا.، توحیـدی ن.، ۱۳۸۸، توسـعه پایدار تولید آهن و فـولاد در ایران از جنبه زیسـت محیطی با اسـتفاده از منطق شـلال، مجله محیط شناسـی، شماره ۵۱، صفحات ۱۱۱ تا ۱۲۲

2-Sowlat M.H., Gharibi H., Yunesian M., Tayefeh Mahmoudi M., Lotfi S., 2011. A novel fuzzy-based air quality index (FAQI) for air quality assessment, Atmospheric Environment, Volume 45, Issue 12, pages 2050-2059

3-Mintz R., Young B. R., Svrcek W. Y., 2005. Fuzzy logic modeling of surface ozone concentrations, Computers & Chemical Engineering, Volume 29, Issue 10, pages 2049-2059

4-Pokrovsky O.M., Kwok R. H. F., Ng C. N., 2002, Fuzzy logic approach for description of meteorological impacts on urban air pollution species: a Hong Kong case study, Computers & Geosciences, Volume 28, Issue 1, pages 119-127.

5-Astel A., 2007. Chemometrics based on Fuzzy logic principles in environmental studies, Talanta, Volume 72, Issue 1, pages 1-12

6-Chen P.H., J.-H. Lai and C.-T. Lin., 1998. Application of Fuzzy control to a road tunnel ventilation system, Fuzzy Sets and Systems, Volume 100, Issues 1-3, pages 9-28.

7-Icaga Y., 2007.Fuzzy evaluation of water quality classification, Ecological Indicators, Volume 7, Issue 3, pages 710-718

8-Vahdat S.E., Nakhaee F.M., 2011, Air Pollution Monitoring using Fuzzy Logic in Industries, Advanced Air Pollution, chapter2, InTech publication, pages 21-30

9-URL: http://www.world-aluminium.org, 2005

10-Lamm K., 2010. The CO2 - Story – A Fairy – Tale – (Or a Nightmare?, Lead Zinc 2010 conference, A john and Sons Inc., MetSoc, COM2010, 953-959.

11-Moradkhani D., Sedaghat B., Rashtchi A., Khodadadi A., 2010. Heavy metal pollution potential of zinc leach residues discarded in IZMDC, Lead Zinc 2010 conference book, A john and Sons Inc., MetSoc, COM2010, 141-149.

12-URL: http://www.lead.org, 2005

13-Geir O. Braathen, 2005. An overview of the 2005. Antarctic Ozone Hole, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 49, WMO TD No. 1312, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, pages 76.

14-URL: http://epa.gov/air/emissions/index.htm, 2005

15-URL: http://www.sdapcd.org, 2005

Archive of SID

www.SID.ir