دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال یازدهم، شماره‌ی ٤٤
پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۵۵-٤۷

تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست

یونس کریمی فردین پور*
گروه ریاضی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email: Younes.karimiFardinpour@iau.ac.ir

ناصر مصلحی میلانی
گروه فیزیک، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email: nmmilani@iau-ahar.ac.ir

چکیده

این مقاله به نقش شیمی ریاضی در مطالعات محیط زیست پرداخته است. هدف مقاله پررنگ‌تر کردن نقش شیمی ریاضی به عنوان یک تفکر ریاضی وار در مطالعات محیط زیست است. تفکر ریاضی وار حاکم بر شیمی ریاضی، مشخص کننده راهبردهای مدلسازی در مطالعات محیط زیست است. پیشینه پژوهشی مطالعات محیط زیست نشان می‌دهند که شیمی ریاضی در حل بسیاری از مسائل محیط زیست تاثیرگذار بوده است. در این مقاله با ارایه مثال‌های پژوهشی و بدون ورود به فرمول نویسی تخصصی شیمی ریاضی، نحوه تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست از ابعاد مختلف آن مورد کنکاش قرار گرفته است تا تعامل شیمی ریاضی با مطالعات محیط زیست واکاوی شده باشد. نتیجه این پژوهش مؤید این مطلب است که مسائل زیست محیطی، موتور پیشران شیمی ریاضی و تفکر ریاضی وار مستتر در شیمی ریاضی کلید حل مسائل زیست محیطی است. در دانشگاه های ایران، امروز دریچه ورود به تعامل سازنده بین شیمی ریاضی و محیط زیست، در قالب فعالیت‌های علمی‌بین گروهی، گشوده شده و کشور در آستانه ورود به دوران تفکر ریاضی وار است.

کلیدواژه: شیمی ریاضی، تفکر ریاضی وار، مدلسازی، آمار و احتمال، محیط زیست.

مقدمه

بزرا[1] و همکارن (۲۰۲۰) با بررسی پیشینه پژوهش‌های حوزه محیط زیست به این نتیجه رسیده‌اند که در گذشته تنها تعامل شیمی ریاضی[2] و محیط زیست به انجام محاسبات از قبیل شمارش و اندازه‌گیری با هدف تحلیل‌های ساده عددی، آزمایشگاهی و مشاهداتی محدود می‌شد [۱]. زونگ و وانگ[3] معتقدند که شیمی ریاضی پیشرفت های زیادی هم از نظر تئوری و هم از نظر عملی داشته و در حال حاضر تعامل شیمی ریاضی با محیط زیست خیلی پیچیده تر از گذشته است [۲].

رسترپو[4] نحوه تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست را به گونه ای توصیف کرده است که حتی برخی سنتگرایان، از روش‌های پژوهشی جدید انتقاد کرده و نگران تخریب و فراموش شدن روش‌های سنتی در انجام پژوهش‌ها هستند [۳].

دوپنت[5] و همکاران معتقند که استفاده بیش از اندازه از روش‌های شیمی ریاضی و وارد کردن پیچیدگی‌های ریاضیات پیشرفته باعث فاصله گرفتن از روش‌های مرسوم پژوهشی شده است [۴].

هر چند که انتقاد مبتنی بر حاکم شدن روش شناسی شیمی ریاضی بر پژوهش‌ها، مورد تایید همه متخصصان نیست [۵] اما کیم[6] و همکاران (۲۰۲۲) باور دارند که این انتقاد می-تواند جدی گرفته شود [۶]. کیم و همکاران ویژگی‌های ریاضی از قبیل نماد ریاضی[7] [۷]، منطق ریاضی[8] [۸] و مدل‌سازی ریاضی[9] [۹] را عوامل اصلی ورود شیمی ریاضی در پژوهش‌های محیط زیست می‌دانند [۶]. ورود شیمی ریاضی به پژوهش‌های محیط زیست باعث شده است روش شناسی پژوهشی شیمی ریاضی آنچنان در مطالعات زیست محیطی ماندگار شود که در حال حاضر راهی برای خروج شیمی ریاضی از صحنه مطالعات زیست محیطی متصور نیست [۱۰]. در سده بیستم از یک طرف پژوهشگران برای حل مسائلی مانند شیوع بیماری‌های واگیردار، دست به دامن شیمی ریاضی شدند و از طرف دیگر شیمی ریاضی برای حل مسائلی مانند آلودگی‌های محیط زیستی توانایی‌هایش را نشان داد. به عنوان نمونه می‌توان تعامل شیمی ریاضی با محیط زیست را در تصفیه هوا [۱۱]، امنیت ملی [۱۲]، ریزگردها [۱۳] و گازهای گلخانه ای [۱۴] مشاهده کرد. از نظر محمدی و همکاران امروزه رخدادهای اجتماعی، سیاسی و بخصوص اقتصادی در محیط زیست تاثیر گذار است[۱۵]. از این روی احساس نیاز به ابزارهای علمی معتبر در پژوهش‌های زیست محیطی بیش‌تر شده است و انگیزه برای تعامل روز افزون محیط زیست با شیمی ریاضی بیش‌تر شده است [۱۶]. امروزه نظریه معادلات دیفرانسیل، نظریه احتمالات، روش‌های هندسی، نظریه لی و بسیاری دیگر از نظریات ریاضی در نحوه تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست دخیل هستند.

---

1 . Bezerra

۲. شیمی ریاضی حوزه‌ای از پژوهش های مربوط به کاربردهای ریاضی در شیمی است. منظور از شیمی ریاضی در واقع مدلسازی پدیده‌های شیمیایی و حل مسئله ریاضی وار آنها است. شیمی ریاضی گاهی شیمی رایانه‌ای نیز نامیده می‌شود. چراکه رایانه به کمک نرم افزارهای آماری و ریاضی نقش موثری در موفقیت شیمی ریاضی داشته است. در این مقاله شیمی محاسباتی به عنوان زیر شاخه‌ای از شیمی ریاضی در نظر گرفته شده است که از روش‌های ریاضی و مفاهیم فیزیکی برای توجیه و تفسیر پدیده‌های شیمیایی استفاده می‌کند.

3 . Zhong & Wang

4 . Restrepo

5 . Dupont

6 . Kim

۷. مفاهیم انتزاعی اگر به صورت سمبل (نماد) استفاده شده باشد، نمادگرا یا نماد گرایی (Symbolism) شناخته می‌شود. برای نمونه شیمی و ریاضی سیستم هایی نمادگرا هستند که در آن از اعداد، عملگرها، توابع، پیکان‌ها و .. به صورت نمادی استفاده می شود.

۸. منطق ریاضی یا منطق جدید (Mathematical logic) شاخه‌ای از ریاضی است که به ارتباط ریاضی و منطق می‌پردازد.

۹. مدلسازی ریاضیاتی، توصیف یک پدیده به کمک زبان ریاضی است که به پژوهشگران کمک می‌کند تا یک پدیده را به صورت نماد بیان، تحلیل و رفتار آن را پیش بینی کنند. مدلسازی، گاهی شامل مدل منطقی نیز می‌شود، چرا که منطق هم جزئی از ریاضی است. هرچه تحلیل و پیش بینی رفتار پدیده با نتایج تجربی هم‌خوانی بیش‌تری داشته باشد، مدل‌سازی بهتری انجام شده است.

در گذشته، نحوه تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست متفاوت از حال حاضر بود بطوریکه می‌توان ادعا کرد نقش شیمی ریاضی به انجام محاسبات ساده ریاضی و آمار محدود می شد [۳].

بررسی پیشینه پژوهشی نشان می‌دهد که در سده نوزدهم و پیش از آن، نقش شیمی ریاضی در مطالعات محیط زیست، محدود به قدرت محاسباتی ریاضی بود [۴].

اما در طی سده بیستم، به تدریج مطالعات محیط زیست به کاربرد شیمی ریاضی پیشرفته روی آورد و به همین خاطر موفق شد که بسیاری از پدیده‌های زیست محیطی را توصیف کند [۱].

با ادامه همین روند و در سده بیست و یکم، علاوه بر نقش شیمی ریاضی در توصیف پدیده‌ها، مسائل زیست محیطی در حال تبدیل شدن به مرجعی الهام بخش برای پیشرفت شیمی ریاضی شده است [۵]. یعنی در حال حاضر، این مسائل زیست محیطی هستند که نیازمندی به مفاهیم جدید شیمی ریاضی را مطرح کرده اند [۷].

به دلیل این نیازمندی مطرح شده، تلفیق‌های جدیدی از شیمی و ریاضی که قبلا در پیشنه پژوهشی وجود نداشته‌اند، در حال شکل‌گیری است. به عبارت دیگر، با تعمیم مدل-های ریاضی پیشرفته و تلفیق آن‌ها با مفاهیم شیمی پیشرفته، ساختارهای ویژه‌ای از شیمی ریاضی برای توصیف پدیده‌های زیست محیطی پدیدار شده‌اند [۵].

یعنی برای پاسخ دادن به پرسش‌های مطرح در محیط زیست، شیمی ریاضی نوینی مورد نیاز است تا بر اساس آن مدل مناسب برای توصیف پدیده‌های زیست محیطی ساخته شود [۱۷]. این نوع تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست نه تنها به کاربرد شیمی ریاضی توسط مطالعات محیط زیست منجر می‌شود، بلکه به شکل‌گیری موتور پیشران برای تحقیقات شیمی ریاضی می انجامد.

در ادامه محورهای کلی تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست با مثال‌هایی از مطالعات زیست محیطی آورده شده است تا نحوه تعامل این مطالعات با شیمی ریاضی واکاوی شود.

چنین واکاوی لازم است تا پژوهشگران علاقمند به کاربرد شیمی در محیط زیست از نحوه تعامل شیمی ریاضی با مطالعات زیست محیطی آگاه شوند.

مواد و روش‌ها

- محورهای کلی تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست

ممکن است تصور بر این باشد که شیمی ریاضی همان مطالعه شیمی از طریق اعداد، شمارش و اندازه گیری است [۳]. اما جنبه‌های پیشرفته‌تر شیمی ریاضی کم‌تر شناخته شده است [۱۶]. کاربرد شیمی ریاضی در مطالعات محیط زیست علاوه بر شمارش و اندازه‌گیری، نوعی مدلسازی است. یعنی کاربرد شیمی ریاضی در مطالعات محیط زیست نوعی تفکر ریاضی وار است [۱۷].

به زبان دیگر، اگرچه محاسبات مورد نیاز پژوهش‌های زیست محیطی با شش عمل اصلی ریاضی (۱) جمع، (۲) تفریق، (۳) ضرب، (۴) تقسیم، (۵) توان و (۶) ریشه شروع می شود اما آن‌ها فقط پیش نمایش ورود به تفکر ریاضی وار است.

با توجه به اینکه در تمام دنیا علاقه فزاینده‌ای در زمینه حل مشکلات زیست محیطی از طریق مدلسازی وجود دارد، تفکر ریاضی‌وار در مطالعات زیست محیطی یک نیاز است [۴].

برای پیش بینی پیامدهایی از قبیل انتشار گازهای گلخانه‌ای [۱۴]، تصویه آب [۱۱]، پاکسازی خاک [۱۸] و ریزگردها [۱۹] شیمی ریاضی به یکی از محورهای پژوهشی حوزه محیط زیست تبدیل شده است. در ادامه محورهای کلی تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست بیان می‌شود.

- مهندسی محیط زیست[10] با محوریت الگوریتم ها

اگرچه پرداختن یا بحث کامل در مورد الگوریتم‌ها از حوصله این مقاله خارج است، اما نمونه‌هایی از محور بودن الگوریتم ها در مهندسی محیط زیست در کتاب‌های متنوعی

[10] . Algorithms and Environmental Engineering

که سال‌های اخیر به چاپ رسیده‌اند، قابل دسترس است که در جدول زیر ارایه شده است. مهندسی محیط زیست با محوریت الگوریتم ها، کاربرد مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها در رابطه با مطالعه و ارزیابی شرایط و بهبود و بهسازی محیط زیست می‌باشد.

این الگوریتم‌ها در امور اجرائی و ساختمانی در زمینه طرح‌های عمرانی زیربنایی، شهری، صنعتی و مسکونی کاربرد دارند.

تخریب محیط‌های طبیعی و افزایش درصد آلودگی‌های مختلف ناشی از اجرای طرح‌های زیربنائی و صنعتی به‌خصوص در نواحی شهری و روستایی و به مخاطره انداختن منابع طبیعی و انسانی از مواردی است که در کاربرد مهندسی محیط زیست در هر طرح عمرانی مورد توجه قرار می‌گیرد.

جدول ۱- کتاب‌های مهندسی محیط زیست با محوریت الگوریتم ها

عنوان کتاب	سال	انتشارات	نویسنده/مترجم
الگوسازی پدیده های محیط زیست با استفاده از متلب	۱۳۹۵	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	مهسا معماریان فرد
مدلسازی زیست محیطی با GIS و دورسنجی	۱۳۹۶	امید مجد	خلیل رضایی
مدلسازی ریاضی پدیده‌های محیط‌زیست	۱۳۹۶	جهاد دانشگاهی واحد اردبیل	ابراهیم فتائی و همکاران

- مطالعه مسائل محیط زیست با محوریت معادلات درجه دوم[11]، نسبت های مثلثاتی[12] و آمار[13]

برای مسائل محیط زیست، حل معادلات درجه دوم به طور عمده در مطالعه زمانی پدیده‌های زیست محیطی کاربرد دارند. تفسیر معادلات درجه دوم ابزار مهمی است که در جعبه ابزار شیمی ریاضی هر متخصص محیط زیست مورد نیاز است [۵].

از طرفی دیگر حل مسائل محیط زیست که شامل استفاده از توابع مختلف مثلثاتی است، نیازمند دانش نسبت‌های مثلثاتی است.

مفهوم آمار نیز با مفهوم تنوع و تنازع بقا در محیط زیست اجین شده است. طیف گسترده‌ای از پروتکل های نمونه-برداری سم شناسی یا بیولوژیکی برای آلودگی هوا و سایر عملکردهای زیست محیطی در کشاورزی، جنگل‌داری و شیلات نیازمند کاربرد آمار است.

علاوه بر این، آمار پیشرفته تمام فرآیندهای انجام پژوهش از طراحی تحقیق، جمع آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل، نتیجه گیری و مهم‌تر از همه، تفسیر یافته‌ها را پوشش می دهد [۱۷].

- محاسبه و اندازه‌گیری ریسک[14] در استراتژی‌های کنترل

متخصصان محیط‌زیست با طیف وسیعی از مسائل زیست‌محیطی و بهداشت عمومی مرتبط با فعالیت‌های روزمره و رویدادهای طبیعی که منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود، مانند ایجاد زباله، انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش منابع، مواجه‌اند [۱۷].

به عبارت دیگر، چون اینها خطرات زیست محیطی هستند که نوع بشر را تهدید می‌کنند، مدیران ریسک زیست

[11] . Quadratic Equations
[12] . Trigonometric Ratios
[13] . Statistics
[14] . Computation and Measurement of Risk

محیطی با محاسبه و اندازه‌گیری ریسک از سلامت انسان و محیط زیست محافظت می کنند.

کنترل و جلوگیری از انتشار آلودگی هوا، حمایت از برنامه های امنیت داخلی با بررسی روش‌های ضد آلودگی ساختمان‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فناوری‌های جدید [۱۸]، شناسایی عوامل کاهش‌دهنده کیفیت آب، حفاظت از آب‌های زیرزمینی، ارائه پشتیبانی فنی در زمینه آلودگی آب‌های زیرزمینی و بازسازی اکوسیستم، تعیین بهترین پراکنده کننده نشت نفت، کمک به جوامع برای دستیابی به اهداف رشد، بهبود کیفیت زندگی ساکنان و افزایش پایداری مالی و زیست محیطی، کار بر روی مسائل آلودگی خاک و رسوبات [۱۹]، پاکسازی آبراه‌ها برای قابل استفاده کردن آن‌ها برای آشامیدن، شنا و ماهیگیری، ارائه گزینه‌هایی برای مدیریت زباله‌ها، کمک به جوامع در تصمیم‌گیری‌های مربوط به کاربری زمین، شناسایی پیامدهای تغییرات فناوری و ارائه جایگزین‌های پایدار، تجزیه و تحلیل فرآیندها یا خدمات محصول و اثرات نامطلوب آن‌ها و توصیه انتخاب‌های سبزتر، نشان دادن شیوه‌هایی که نیازهای زمان حال را برآورده می‌کنند، بدون اینکه نسل های آینده را به خطر بیندازند، برآورد تعداد نسل‌ها در آینده، توسعه رویکردها و ابزارهایی برای نظارت، درمان، حفاظت و بازیابی آبراه‌های آسیب‌دیده، بهبود سیستم‌های آب آشامیدنی و فاضلاب وظایفی است که متخصصان محیط زیست باید با محاسبه و اندازه گیری ریسک و با به کارگیری فناوری ها و با ترکیب تکنیک‌های شیمی ریاضی که منجر به موفقیت در استراتژی ها کنترل می شود، به سرانجام برسانند [۱۷].

– منطق فازی[۱۵] و جبر بولی[۱۶] در بهداشت و ایمنی

تحقق اهداف زیست محیطی درحوزه رقابت‌پذیری اقتصادی، پرداختن به موضوعات بهداشت و ایمنی را به یکی از اولویت‌های صنایع امروز تبدیل کرده است [۸]. بنابراین در پژوهش‌های محیط زیست، از مدل منطق فازی برای ارزیابی عوامل موثر بر عملکرد HSE در پالایشگاه نفت و تأثیر آن‌ها بر حوادث شغلی در محیط کار استفاده می شود.

مزیت مهم استفاده از مدل منطق فازی یا جبر بولی این است که می تواند به صورت یک روش تصمیم‌گیری سازمان یافته، به مدیران در تصمیم‌گیری در مورد حوادث شغلی در محیط کار که بر مبنای عقاید کارکنان و کارشناسان می باشد، کمک کرده و در نهایت با برنامه‌ریزی دقیق‌تر، کاهش حوادث و صرفه‌جویی‌های بیش‌تر زمانی و مالی داشته باشد.

همه می‌دانند که هیچ فرد منطقی نمی‌خواهد به خودش یا به همنوعانش درد یا آسیب برساند. تداوم وقوع حوادث محیطی (و انواع دیگر حوادث) علیرغم فقدان آشکار قصد، نشان دهنده وجود نقص منطقی در بخشی از فرآیند استدلال در بهداشت و ایمنی است.

هنگامی که یک حادثه محیطی رخ می دهد، در واقع نوعی شکست در فرآیند استدلال علت و معلولی از بعد بهداشت و ایمنی کارکنان است. هدف از کاربرد منطق فازی و جبر بولی، توصیف یک روش اساسی برای ارزیابی فرآیند

---

[۱۵]. منطق فازی یا «استدلال مبهم» (به انگلیسی: fuzzy logic) شکلی از منطق‌های چندارزشی بوده که در آن ارزش منطقی متغیرها می‌تواند هر عدد حقیقی بین ۰ و ۱ و خود آن‌ها باشد. این منطق به منظور به‌کارگیری مفهوم تا حدودی درست به‌کارگرفته می‌شود، به طوری که میزان درستی می‌تواند هر مقداری بین کاملاً درست و کاملاً غلط باشد.

[۱۶]. در ریاضیات و به خصوص در منطق ریاضی، جبر بولی (به انگلیسی: Boolean algebra) زیر مجموعه‌ای از جبر است که در آن مقدار متغیرها، درست یا غلط می‌باشد که معمولاً به همین ترتیب با ۱ و ۰ نشان داده می‌شوند. به جای جبر مقدماتی که در آن مقدار متغیرها اعداد هستند و عملگرهای اصلی جمع و ضرب می‌باشند، عملگرهای اصلی جبر بولی عطف منطقی، فصل منطقی و نقیض می‌باشند.

استدلال منطقی و تحلیل ایمنی سیستم است که در فعالیت‌های بهداشت و ایمنی شغلی و بهداشت صنعتی استفاده می‌شود [۱۷].

- ریاضی و آمار و اقتصاد محیط زیست[۱۷]

متخصصان محیط زیست لزوماً نباید اقتصاددان باشند، اما باید درک اساسی از اصول اقتصادی داشته باشند. وقتی بیشتر تصمیمات زیست محیطی بر اساس ملاحظات اقتصادی است، دانش اقتصادی وابسته به دانش ریاضی و آمار الزام آور خواهد بود. علاوه بر این، توجه به این نکته نیز مهم است که حفظ یا حفظ محیط زیست ما در کنار جلوگیری از آسیب های زیست محیطی و اصلاح موقعیت-های مضر بدون متحمل شدن هزینه‌ای امکان‌پذیر نیست. متأسفانه، حتی با تجربه‌ترین متخصصان محیط‌زیست معمولاً هنگام طراحی اقداماتی برای به حداقل رساندن تأثیرات زیست‌محیطی یا هنگام تدوین اقدامات اصلاحی برای کاهش، پیامدهای مالی را فراموش می‌کنند یا نادیده می‌گیرند.

متأسفانه، با انجام این کار، ممکن است این طرح تامین مالی نشود و یا ممکن است کمبود بودجه داشته باشد. اقتصاد محیط زیست یک نیاز و ریاضی و آمار برای درک اقتصاد یک پیشنیاز است [۱۵].

- درک ریاضی وار مفاهیم اساسی مهندسی[۱۸] محیط زیست

دانشگاه تنها می‌تواند در آماده‌سازی مدرک برای یک متخصص محیط‌زیست مفید باشد. فردی که مایل است به یک متخصص حرفه‌ای محیط زیست تبدیل شود، نیازمند تقویت دو ویژگی شخصیتی است. اول، توسعه کامل و گسترده تجربه در بسیاری از زمینه‌ها مورد نیاز است و سرفصل کلاسیک دانشگاهی آن را ایجاد می‌کند. ثانیاً، اگرچه متخصصان محیط زیست نمی‌توانند به اندازه یک ریاضی دان، ریاضی بدانند و یا به اندازه یک شیمی دان، شیمی بدانند و در همه زمینه‌های مهندسی به عمق مطلب دست یابند، اما باید تمایل به انجام این کار را داشته باشند [۲۰].

آن‌ها باید به بسیاری از رشته‌های متنوع علاقه‌مند باشند و به خوبی از آن‌ها مطلع باشند. ضرورت این امر در کاربرد محیطی به آسانی آشکار است. به این دلیل که دامنه مشکلات زیست محیطی به قدری زیاد است که آموزش دانشگاهی لازم است اما کافی نیست [۲۱]. متخصصان محیط زیست باید موقعیت‌هایی را مدیریت کنند که مهارت‌هایی به‌طور گسترده‌ای مانند توانایی حل مشکلات اقتصادی [۱۵] همراه با توانایی انجام محاسبات مورد نیاز در مهندسی خاک، مکانیک و سازه‌ها را مدیریت کنند. رابط ساخت و نگهداری محیط زیست باشند. متخصص محیط زیست حرفه‌ای می‌تواند تقریباً از هر زمینه‌ای آگاهی لازم را کسب کرده باشد، یک آموزش دانشگاهی که منجر به دریافت مدرک شده است، نباید مانع از آن شود که دانشجویان دامنه دانش حرفه ای اشان را گسترش ندهند. در همین راستا نقی زاده (۱۳۸۳) باور دارد که درک مفاهیم اساسی مهندسی محیط زیست نیازمند سازگاری لازم برای درک ریاضی وار است [۲۰].

- کاربرد شیمی ریاضی پیشرفته درکنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای[۱۹] و ریزگردها[۲۰]

[17] . Environmental Economics
[18] . Fundamental Engineering Concepts

[۱۹]. گاز گلخانه‌ای (به انگلیسی: Greenhouse gas) به گازی که در جو یک سیاره وجود دارد گفته می‌شود که در محدوده فرو سرخ به جذب و انتشار پرتوها می‌پردازد. این فرایند سبب اساسی اثر گلخانه‌ای است. گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین که به‌طور طبیعی در آن وجود دارند شامل بخار آب، کربن دی‌اکسید، متان، دی نیتروژن مونوکسید و اوزون می‌باشند اما فعالیت‌های بشری، بر میزان بسیاری از این گازها در جو افزوده‌است. در منظومه شمسی نیز جو ناهید، مریخ و تیتان شامل گازهایی می‌شود که سبب ایجاد اثر گلخانه‌ای در آن‌ها شده‌است. بدون گازهای گلخانه‌ای، میانگین دمای سطح زمین در حدود منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. انتشار کنترل نشده گازهای گلخانه ای موجب

یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیستی امروز که بشر با آن مواجه است، گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی است [۱۸]. دلیل اصلی این موضوع انتشار گازهای گلخانه‌ای است که از احتراق سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود. شکل‌گیری کنوانسیون‌های‌مختلف زیست‌محیطی نیز اهمیت موضوع را نشان می‌دهد. پروتکل کیوتو از مهم‌ترین توافقات جهانی تغییرات اقلیمی است که به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این پروتکل، تنها کشورهای توسعه‌یافته را ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کرده و کشورهای در حال توسعه را در مقطع زمانی خود معاف کرده است. محدود کردن انتشار گازهای گلخانه ای در هوا، هم از نظر فنی دشوار و هم پرهزینه است [۱۴]. اگرچه باران جاروبرقی طبیعت و تنها مکانیسم موجود برای تمیز کردن هوا است، اما چندان کارآمد نیست. کیفیت هوای خوب به پیشگیری، یعنی محدود کردن انتشار آلاینده‌ها بواسطه شیمی ریاضی است [۱۸]. علاوه بر کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای، کنترل انتشار ریزگردها نیز بواسطه شیمی ریاضی امکان پذیر خواهد بود [۲۲]. ریزگرد یکی از پدیده های جوی است که آثار و پیامدهای زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و انسانی نامطلوبی بر جای می‌گذارد. ذرات ریز می‌توانند برای مدت طولانی در هوا معلق بمانند و به اعماق ریه‌ها نفوذ کنند. بیش از یک دهه است که استان‌های جنوب غربی ایران با پدیده ریزگردها مواجه هستند. دامنه این پدیده چنان گسترش پیدا کرده است که به عنوان شایع‌ترین عامل آلودگی هوا و محیط زیست در این مناطق تبدیل شده است [۱۳].

- نحوه تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست

دو دیدگاه وجود دارد. دیدگاه اول می‌گوید، از یک طرف محیط زیست می‌خواهد بداند که چه شیمی ریاضی به کار او خواهد آمد و از طرف دیگر شیمی ریاضی می‌خواهد بداند که چه چیزی به کار محیط زیست خواهد آمد؟ پس در دیدگاه اول تعامل امکان‌پذیر است. چرا که پرسش‌های ذهنی و درونی یکسانی وجود دارد. اما در دیدگاه دوم، پرسش‌های کاملا متفاوتی مطرح می شود که باعث می شود تعامل امکان‌پذیر نباشد. در دیدگاه دوم، از یک طرف متخصص محیط زیست از خودش می‌پرسد که آیا او زبان ریاضیدانان را خواهد فهمید؟ آیا پیچیدگی‌های ریاضی قابل فهم خواهد بود؟ آیا تعاملشان کارکرد واقعی خواهد داشت؟ از همین دیدگاه، هنگامی که یک ریاضیدان به تنهایی به محیط زیست و همفکری با یک مهندس محیط زیست می‌اندیشد، پرسشهایی به ذهنش خطور می‌کند. آیا او خواهد توانست مسئله محیط زیستی را به زبان ریاضی وار ترجمه کند؟ آیا ریاضیاتی که او می‌داند همانی است که آن مسئله بر اساس آن قابل حل خواهد شد؟ طرح شدن چنین سوالاتی طبیعی است [۲۳]. اما توقف برای یافتن پاسخ قطعی به این سوال‌ها سازنده نیست. به جای تلاش برای یافتن پاسخ قطعی برای چنین سوال‌هایی، باید به درکی مشترکی بین شیمی ریاضی و محیط زیست رسید. آن درک مشترک در یک مفهوم مشترک نهفته است و آن تفکر ریاضی وار و یا همان مهارت مدل‌سازی است [۲۴]. در راستای تفکر ریاضی‌وار، همفکری شیمی ریاضی و محیط زیست همزمان تکامل پیدا می‌کند به گونه‌ایی که دو طرف زبان یکدیگر را می‌فهمند و بر مسئله از دیدگاه یکدیگر تسلط پیدا می‌کنند. به علاوه، پیچیدگی شیمی ریاضی نه به عنوان مانع بلکه به عنوان ابزاری پویا، در خدمت تفکر ریاضی وار برای مدلسازی قرار می‌گیرد [۲۵]. به جای بحث در مورد اینکه چه شیمی ریاضی پیشرفته‌ای مورد نیاز

افزایش دما کره زمین می‌شود بنابراین کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای نیازمند شیمی ریاضی پیشرفته است.

[۲۰]. ریزگرد پدیده‌ای جوی است و مجموعه‌ای است از گرد و غبار، دود و دیگر ذره‌های خشک معلق در هوا که باعث کدر شدن آسمان و در اغلب موارد سبب کاهش دید نیز می‌شوند. خاستگاه ریزگرد آلاینده‌های صنعتی، آمدوشد خودروها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، گسترش بیابان‌ها، شخم زدن زمین در آب‌وهوای خشک و ... است. ریزگرد اغلب زمانی رخ می‌دهد که ذرات گردوغبار و دود در هوای خشک افزایش یابد که معمولاً از واکنش‌های شیمیایی پیچیده‌ای به‌وجود می‌آیند. بنابراین کنترل انتشار ریزگردها نیازمند شیمی ریاضی پیشرفته است.

است، فرایندی در پیش گرفته می‌شود که شیمی ریاضی مورد نیاز از درون درک مشترک زاده شود. با تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست می‌توان امیدوار بود که شیمی ریاضی ویژه محیط زیست ساخته می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله مثال‌هایی برای روشن شدن ایده تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست ارائه شد. مثال‌های ارائه شده در این مقاله براساس در دسترس بودن برگزیده شده‌اند و قطعا مثال های دیگر و شاید بهتری نیز وجود داشته باشند. ذکر همه مصادیق تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست در جهان و ایران در چنین نوشته کوتاهی امکان پذیر نیست. هدف اصلی این است که دریچه‌ای جدید برای گفتگوی میان شیمی ریاضی و محیط زیست در میان دانشمندان ایران باز شود و ظرفیت استفاده از تفکر ریاضی وار مورد تذکر قرار گیرد [۲۶]. برای برقراری ارتباط علمی و کاربردی کردن علوم در ایران، پرداختن به شیمی ریاضی در کنار محیط زیست می‌تواند مفید باشد. محیط زیست همواره در حال نو شدن است، مطرح شدن مسائل زیست محیطی نیز از این امر جدا نیست. برای موثر شدن فعالیت های شیمی ریاضی، تعامل ریاضی وار و نه صرفا استفاده از شیمی ریاضی ضرورت یافته است. نادیده گرفتن تفکر ریاضی وار برای مدلسازی مسائل زیست محیطی، با اصرار بر پیروی از پژوهش‌های غیر کاربردی، نتیجه‌ای جز حل نشدن مسائل زیست محیطی نخواهد داشت.

در دانشگاه‌های ایران، امروز دریچه ورود به تعامل سازنده بین شیمی ریاضی و محیط زیست، در قالب فعالیت‌های علمی‌بین گروهی، گشوده شده و کشور در آستانه ورود به دوران تفکر ریاضی وار است [۲۱]. ایستادن در آستانه چنین کار سترگی الزاماتی لازم دارد که در عین دشوار بودن سازنده نیز باشد. در این مقاله به همه پژوهش‌ها و آموزش-های تاثیر گذار برای تعامل سازنده شیمی ریاضی و محیط زیست پرداخته نشد. مطالعه جامع همه پژوهش‌های ایرانی و خارجی و تاثیرات آن‌ها بر یکدیگر نیازمند مطالعه جامع تری است. مقوله تعامل شیمی ریاضی و محیط زیست منحصر به مسائل پژوهشی نیست و از جنبه آموزش نیروی انسانی کارآمد برای آینده نیز باید مورد مطالعه قرار گیرد. درباره تاثیر تمرین تفکر ریاضی وار و کسب مهارت‌های مدلسازی توسط دانشجویان و تاثیر آن بر پژوهش‌های آنها، جای مطالعات زیادی وجود دارد. این موضوع در کشور ما نیازمند کنکاش شایسته‌ای است.

منابع

[1] Bezerra, M. A., Lemos, V. A., Novaes, C. G., de Jesus, R. M., Souza Filho, H. R., Araújo, S. A., & Alves, J. P. S., 2020, Application of mixture design in analytical chemistry. Microchemical Journal, 152, 104336.

[2] Zhong, Y., & Wang, G., 2020, Three-dimensional single particle tracking and its applications in confined environments. Annual Review of Analytical Chemistry, 13, 381-403.

[3] Restrepo, G., 2013, To mathematize, or not to mathematize chemistry. Foundations of Chemistry, 15(2), 185-197.

[4] Dupont, M. F., Elbourne, A., Cozzolino, D., Chapman, J., Truong, V. K., Crawford, R. J., & Latham, K., 2020, Chemometrics for environmental monitoring: a review. Analytical Methods, 12(38), 4597-4620.

[5] Restrepo, G., 2019, Challenges for the periodic systems of elements: chemical, historical and mathematical perspectives. Chemistry–A European Journal, 25(68), 15430-15440.

[6] Kim, S., Kim, D., Jung, M. J., & Kim, S., 2022., Analysis of environmental organic matters by Ultrahigh Resolution mass spectrometry. A review on the development of analytical methods. Mass spectrometry reviews, 41(2), 352-369.

[7] Marandi, A., Nejah, A., Behmaram, A., 2014., Perfect Matchings in Edge-Transitive Graphs. Iranian Journal of Mathematical Chemistry, 5(Supplement 1), 27-33. doi: 10.22052/ijmc.2014.7772.

[8] Hosseini Kebria S S, Mohammadi Golafshani E, Kashefi alasl M, jozi S A., 2014, Predicting the occupational accidents of Tehran's oil Refinery based on HSE using fuzzy logic model . ioh.; 11 (6) :43-54, URL: http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1008-fa.html.

[9] Mandal, S., & Naskar, S. K., 2019, Solving arithmetic mathematical word problems: A review and recent advancements. Information Technology and Applied Mathematics, 95-114.

[10] Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M., 2019, The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. ZDM, 51(6), 869-884.

[۱۱] تبریزی، م.، عتابی، ف.، میرمحمدی، م.، ۱۳۹۷، تعیین کارایی سیستم تصفیه هوا در کاهش غلظت سرب و اثر بخشی بکارگیری اسکرابر با ماده جاذب بر کاهش غلظت گاز SO_2 در واحدهای تولید سرب ثانویه شهرک صنعتی جنت آباد .فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست۱۱، ۶ (۷).

[۱۲] قائم‌مقامی، س.ع.، ۲۰۱۷، بحران آب و آب‌های جاری فرامرزی ترکیه و امنیت ملی و محیط زیست ایران. مطالعات منافع ملی، ۷(۲)، ۹۷-۱۱۷.

[۱۳] یوسفوند، س.، سلمانوندی، ش.، قنبری برزیان، ع.، ۱۳۹۹، مخاطرات اجتماعی-سیاسی و اقتصادی ناشی از پدیده ریزگردها به

عنوان مانعی فراروی پایداری توسعه (مورد مطالعه: استان کرمانشاه) .فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۵۴-۳۹.

[۱۴] تابش، م.، شیرزاد، الف.، کاظم نژاد سنگرودی، ق.، ۱۳۹۶، ارزیابی محیط زیستی سامانه‌های آب و فاضلاب شهری از نظر تولید گازهای گلخانه‌ای: مطالعه موردی شهر ساری .محیط شناسی۱۳۴-۱۱۷.

[۱۵] محمدی، ح.، تیرگری سراجی، م.، (۱۳۹۲)، بررسی ارتباط میان رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری و آلودگی محیط زیست: بررسی کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران،۲۰۷-۱۸۳.

[۱۶] کریمی فردین پور، ی.، مصلحی میلانی.، ۲۰۱۹، تحلیل محتوای مجلهٔ کاربرد شیمی در محیط زیست بر پایه آنتروپی شانون با مفروضه‌های زیست محیطی. کاربرد شیمی در محیط زیست، ۱۰(۴۰)، ۳۷-۲۷.

[۱۷] رضائی، م.، گلبابایی، ف.، بهزادی، م.ح.، ۱۳۹۶، بررسی میزان آگاهی، نگرش و عملکرد کارکنان در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط- زیست در یکی از بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی ایران فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۱۹، (ویژه‌نامه شماره ۴)، ۳۵۵-۳۴۷.

[۱۸] مزینی، ا.ح.، صادقی، ح.، یزدان پناه، ر.، ۱۳۹۸، بررسی اثربخشی پروتکل کیوتو در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (از منظر اقتصاد محیط زیست) .فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی (۷)۳، ۱۱۵- ۱۴۲.

[۱۹] بلوری بزاز، م.ت.، بلوری بزاز، ج.، ۱۳۹۸، ارزیابی بهسازی زیستی خاک‌های آلوده به روغن موتور .نشریه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تبریز.

[۲۰] نقی‌زاده، م.، ۱۳۸۳، جایگاه آموزش‌های زیست محیطی در آموزش رشته‌های مهندسی. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، (۲۳)۶، ۳۶-۱۵.

[۲۱] کریمی فردین‌پور، ی.، مصلحی میلانی، انتظاری.، ۲۰۲۰، بررسی اقناع در مقالات پر بازدید مجله کاربرد شیمی در محیط زیست. کاربرد شیمی در محیط زیست, ۱۱(۴۲)، ۳۷-۵۲.

[۲۲] عباسیان، آ.، رئیسی اردلی، غ.، لطفی، ک.، ۱۳۹۷، ارزیابی اثرات ریزگردها با استفاده از فن تصمیم گیری چند معیاره) AHP مطالعه موردی: شهر اهواز .(فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست.

[23] Karimi Fardinpour, Y., 2016 Analysis of Curriculum Content of Differential Equations. Journal of Culture and Mathematics thought (Iranian Mathematical Society), 35(58), 89-10.

[24] Karimi Fardinpour, Y., 2017 The Components of the Curriculum and Orientations of the Textbook Authors: Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. Journal of Curriculum Studies (Iranian Curriculum Studies Association), 7(14), 157-158.

[25] Karimi Fardinpour, Y., 2019 Studying the research scope of mathematics education specialists using keywords. CJS, 5 (2):48-55.

[26] Karimi Fardinpour, Y., 2021 Quantitative analysis of Farsi-language scientific journals selected by mathematical education specialists from 1993 to 2017, Research in Mathematics Education, 1(2), 81-94.