

## طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت مواد شیمیایی با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، (مطالعه موردی: پتروشیمی اراک)

شاهوکر می<sup>\*۱</sup>، غلامرضا نبی‌بیدهدنی<sup>۲</sup>، حمیدرضا جعفری<sup>۳</sup>، حسین وحیدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

Ghhendi@ut.ac.ir

۲- استادیار دانشکده محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

Hjafari@ut.ac.ir

۳- دانشیار دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

۴- دانشجوی دکتری مهندسی محیط‌زیست، پژوهشکده توسعه و تکنولوژی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، ایران hossein65@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۸

### چکیده

بدون شک عدم مدیریت صحیح و استفاده نادرست از مواد شیمیایی، باعث ایجاد حوادث و صدمات زیانبار، بر سلامت انسان و محیط‌زیست در مراحل مختلف چرخه حیات مواد اعم از تولید، توزیع، مصرف و امحا خواهد شد. بنابراین دامنه عوارض و خطرهای مواد شیمیایی از محدوده کارخانه تولیدی و کارگران تولید فراتر رفته و توزیع‌کنندگان، فروشندگان، مصرف‌کنندگان و امحاء‌کنندگان را نیز شامل می‌شود. در این پژوهش پس از شناسایی مواد شیمیایی موجود در پتروشیمی اراک، تعداد ۱۱ معیار در سه گروه فیزیکی، زیستی و واکنشی استخراج شده و از آنها برای گروه‌بندی مواد شیمیایی در طبقات مختلف خطر استفاده شد، با توجه به این که اهمیت این معیارها متفاوت بودند ابتدا با استفاده از مقایسات زوجی و نرم‌افزار Expert choice آنها را وزن‌دهی کردیم. در ادامه برای طبقه‌بندی مواد از روش TOPSIS استفاده کردیم، بنابراین امتیازات مواد شیمیایی در معیارهای مختلف استخراج شده و به همراه وزن معیارها به نرم‌افزار TOPSIS وارد شده و با استفاده از اعداد خروجی این نرم‌افزار، مواد شیمیایی در چهار طبقه از لحاظ خطرها و هزینه‌های مدیریتی تقسیم‌بندی شدند. در ادامه برای هر یک از مواد شیمیایی بر حسب گروه‌های خطر دستورالعمل مدیریتی در قالب یک "سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری" برای مدیریت مواد شیمیایی، در مراحل سه‌گانه کار با مواد شیمیایی، حمل‌ونقل و نگهداری آنها تدوین شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از این سیستم به راحتی می‌توان بسیاری از خطرهای مواد شیمیایی و هزینه‌های ناشی از آن برای انسان و محیط‌زیست را به حداقل رساند.

### کلید واژه

مواد شیمیایی، پتروشیمی اراک، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، TOPSIS، Expert choice

### سر آغاز

درگیر: سیکلو هگزان، ۲۸ کشته، ۱۰۴ مجروح و بیش از ۶۳۵۹۰۰۰۰۰ دلار خسارت اقتصادی)، Beek در هلند (ماده شیمیایی درگیر: پروپیلن، ۱۴ کشته و بیش از ۱۱۴۷۰۰۰۰۰ دلار خسارت اقتصادی) و بوپال در هندوستان (اعتقاد بر این است که تعداد تلفات این حادثه سرانجام بیش از تعداد تلفات انسانی در طول جنگ جهانی دوم خواهد بود) اشاره کرد (محمدفام، ۱۳۸۱). افزون بر این بسیاری از مواد شیمیایی از طریق آب، هوا و گونه‌های مهاجر در بین مرزهای بین‌المللی جابه‌جا شده و در مکان‌های بسیار دورتر از محل رها شدن آنها در اکوسیستم‌های آبی و خاکی و بدن موجودات زنده انباشته شده و رسوب می‌کنند و می‌توانند از طریق مادران به نسل‌های بعد منتقل شوند (Oliveira-Esquerre, et

رشد و توسعه روزافزون علوم و صنایع، سیر تکامل تکنولوژیکی، کشف و استفاده از هزاران نوع ترکیب شیمیایی در صنایع، در عین این که بسیاری از نیازهای جوامع بشری را در ابعاد مختلف تأمین کرده است، عوارض سوء و پیامدهای مصیبت‌بار منجر به تخریب منابع اقتصادی، انسانی و زیست‌محیطی در قالب انفجار و آتش‌سوزی و یا نشت و پراکنده شدن را نیز بدنبال داشته است (محمدفام، ۱۳۸۱، Nadal, et al., 2011). برای نمونه می‌توان به حوادثی نظیر Pasadena در آمریکا (ماده شیمیایی درگیر: ایزوبوتان، ۲۳ کشته، ۱۰۳ مجروح و بیش از ۶۲۳۵۰۰۰۰ دلار خسارت اقتصادی)، Fllixborough در انگلیس (ماده شیمیایی

ناگوار دفع غیر اصولی پسماندهای شیمیایی منجر به تدوین قوانینی برای دفع مناسب پسماندهای شیمیایی شد، سپس خطرهای به وجود آمده برای افراد در معرض مواد شیمیایی موجب تدوین برنامه ایمنی شیمیایی شد. ژاپن اولین کشوری بود که در خصوص کنترل مواد شیمیایی خطرناک اقدام کرد. حادثه سال ۱۹۶۰ در خلیج میناماتا و رودخانه آگانو نیکاتا در ژاپن ناشی از مصرف ماهی آلوده به متیل مرکوری بود که منجر به مرگ تعدادی از انسان‌ها شد.

کشورهایی مانند بریتانیا در سال ۱۹۷۰، فرانسه در سال ۱۹۷۵، آمریکا در سال ۱۹۸۰ و آلمان در سال ۱۹۸۰ از جمله کشورهایی بودند که در زمینه نحوه مدیریت پسماندهای شیمیایی قوانینی را وضع کردند (نوری سپهر، ۱۳۸۳). برنامه ایمنی شیمیایی هم یک برنامه بین‌المللی است که از سال ۱۹۷۲ توسط سازمان جهانی بهداشت شروع شده و از سال ۱۹۸۰ دو سازمان بین‌المللی دیگر یعنی سازمان بین‌المللی کار و برنامه بهداشت محیط ملل متحد به این برنامه پیوستند و این سه سازمان به صورت مشترک برنامه ایمنی شیمیایی را پیگیری و دنبال می‌کنند (Selin, 2011).

در ادامه تلاش‌ها برای مدیریت و کنترل مواد شیمیایی ادامه یافت، که این امر منجر به تصویب چندین کنوانسیون بین‌المللی مانند پروتکل مونترال، کنوانسیون استکهلم، کنوانسیون بازل و کنوانسیون سایکم شد. با توجه به آنچه که بیان شد و این که در سیر تکامل مدیریت محیط‌زیست به عنوان یک نظام گسترده و پویا برای مواجهه با آلودگی و تخریب محیط‌زیست، رویکردهای پیشگیرانه مورد نظر قرار گرفته‌اند، بنابراین وجود برنامه‌ای برای مدیریت و کنترل مواد شیمیایی در یک سطح قابل قبول، برای حفظ حیات بشر و کره خاکی الزامی به نظر می‌رسد. از این رو با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش، یک "سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری" جهت کمک به مدیریت صحیح مواد شیمیایی در مجتمع پتروشیمی اراک، با استفاده از روش TOPSIS که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، طراحی شد.

### مواد و روش بررسی

مجتمع پتروشیمی اراک: مجتمع پتروشیمی اراک در جوار پالایشگاه هفتم (اراک)، واقع در کیلومتر ۲۲ جاده اراک- بروجرد و در زمینی به وسعت ۷۳۸ هکتار احداث شده است. این طرح در سال ۱۳۶۳ به تصویب رسید و پس از طی مراحل طراحی، مهندسی و نصب، فاز اول آن در سال ۱۳۷۲ در مدار تولید قرار گرفت. در ادامه کار به منظور بهبود مستمر و تولید بیشتر و متنوع‌تر، واحدهای دیگر

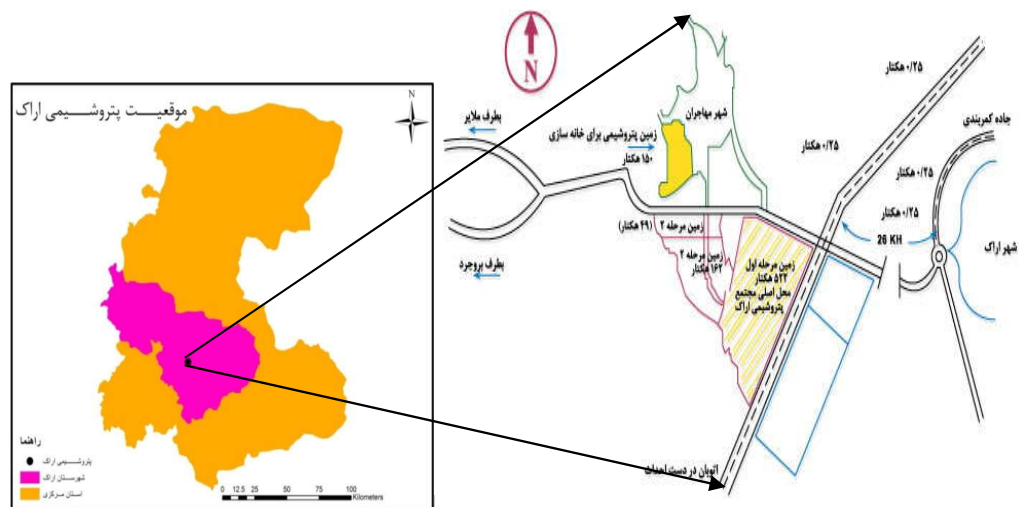
(al., 2009). بنابراین دیده می‌شود آثار منفی مواد شیمیایی از محدوده مکانی وزمانی افرادی که مستقیماً در معرض مواد هستند فراتر رفته، به گونه‌ای که آزمایش‌های انجام گرفته بر روی اسکیموها و افراد مختلف نشان‌دهنده وجود موادی در بدن آنهاست که آنها هیچگاه در معرض آن مواد نبوده‌اند. در ایران به علت وجود منابع غنی نفت و گاز بخش عمده صنایع را صنایع وابسته به نفت و گاز تشکیل می‌دهد. در راستای سیاست توسعه پایدار، زمانی می‌توان صنایع شیمیایی پایدار را در مجموعه صنایع موجود در توسعه پایدار صنعتی کشور دخیل دانست که کارکرد این صنایع، مشکلات غیر قابل جبرانی بر پیکره محیط زیست وارد نکند (فاخری ریوف، ۱۳۸۴). و بتوان از مواد شیمیایی بدون آنکه سلامت انسان را تهدید کند استفاده لازم را به عمل آورد.

ماده شیمیایی ترکیب یا ماده‌ای با منشاء معدنی یا آلی است که حداقل دارای یک عنصر شیمیایی بوده و به اشکال مختلف اعم از گاز، بخار، مایع یا جامد دیده می‌شوند (یاوری، ۱۳۷۸). از تعاریف مهم مواد شیمیایی خطرناک، تعریفی است که در سال ۱۹۸۵ توسط محیط‌زیست سازمان ملل متحد ارائه شد بر اساس این تعریف مواد شیمیایی خطرناک به موادی اعم از جامد، لجن، مایع و گاز موجود در مخزن به جز مواد رادیواکتیو و عفونی اطلاق می‌شود که دارای فعالیت شیمیایی، سمیت، خاصیت انفجاری و یا سایر ویژگی‌هایی بوده که برای سلامتی انسان یا محیط‌زیست به صورت تنها و یا هنگامی که با سایر مواد مخلوط شوند، ایجاد خطر کنند (اسدی و همکاران، ۱۳۷۴).

و بر اساس تعریف سازمان بهداشت جهانی مواد خطرناک موادی هستند که، خطرهای کوتاه مدتی چون سمیت حاد از طریق بلعیدن، تنفس، جذب در پوست، تماس با چشم و پوست، خوردگی، آتش‌سوزی و یا انفجار ایجاد کنند. و یا این که باعث ایجاد خطرهای بلند مدت زیست‌محیطی شامل سمیت مزمن در اثر تماس‌های مکرر و سرطان‌زایی شوند و یا دارای پایداری زیاد در مقابل فرایندهای حذف سمیت مانند تجزیه زیستی بوده و بتوانند ایجاد آلودگی در آب‌های سطحی و زیرزمینی کنند (عبدلی، ۱۳۸۹). و اما مدیریت مواد شیمیایی عبارت است از شناسایی و کاهش مخاطرات و پیشگیری از عوارض سوء ماده شیمیایی که شامل مرحله تولید یا واردات، انجام فرایند، نگهداری، حمل و نقل، توزیع، کاربرد و دفع آن است (فلکی و فرشاد، ۱۳۸۷). مدیریت مواد شیمیایی نتیجه شروع دو حرکت موازی در سال‌های بعد از ۱۹۶۰ است، ابتدا نتایج

خوراک این مجتمع عظیم نفتای سبک و سنگین، گاز طبیعی و آمونیاک است. نفتا خوراک اصلی در این مجتمع است که ۷۰ درصد آن توسط یک خط لوله به طول ۲۶۰ کیلومتر از پالایشگاه اصفهان تأمین می‌شود تا در واحد الفین ملکول‌های آن شکسته شود اما ۳۰ درصد مابقی نفتای مورد نیاز از پالایشگاه اراک تأمین می‌شود. هم‌اکنون در این مجتمع مواد شیمیایی مختلفی تولید می‌شود.

مجتمع تکمیل و واحد اتوکسیلات به‌عنوان آخرین واحد مجتمع در سال ۸۲ راه‌اندازی و در مدار تولید قرار گرفت. از سال ۱۳۷۹ هم‌زمان با تکمیل واحدها، طرح توسعه مجتمع نیز با هدف افزایش ظرفیت واحدها به تصویب رسید که فاز اول آن در مهر ماه ۱۳۸۴ و عملیات اجرایی فاز دوم در تابستان سال ۱۳۸۶ به انجام رسید. ظرفیت کامل تولید این مجتمع پس از انجام طرح توسعه ۱.۴۶۹.۰۰۰ تن در سال است (سایت پتروشیمی اراک، ۱۳۹۱).



شکل شماره (۱): موقعیت مجتمع پتروشیمی اراک (منبع: سایت پتروشیمی اراک)

مسئله با این روش، مستلزم طی مراحل زیر است: اول از همه باید معیارها را تعریف کرد. در این مطالعه سعی شده برای طبقه‌بندی مواد شیمیایی، از ویژگی‌هایی که بیان‌کننده خطرناک بودن یک ماده از لحاظ مدیریتی است استفاده شود. به همین منظور تعداد ۱۱ معیار در سه گروه متفاوت شناسایی شدند که به شرح زیر هستند.

معیارهای زیستی: این گروه معیارهایی را شامل می‌شود که به صورت مستقیم حیات انسان و محیط‌زیست را مورد تهدید قرار می‌دهد، این گروه که شامل سه معیار سمیت، خطرهای ناشی از تجزیه، خطر برای محیط‌زیست است و اهمیت آن در مقایسه با گروه‌های دیگر بسیار بیشتر است. معیارهای فیزیکی: این گروه از معیارها، خصوصیات فیزیکی مواد شیمیایی را بیان می‌کند، این خصوصیات شاید خود، خطر آفرین نباشند، اما در تشدید خطرها نقش زیادی دارند. این گروه نیز شامل سه معیار حالت فیزیکی، رنگ و بو است. معیارهای واکنشی: بسیاری از مواد شیمیایی به تنهایی و در شرایط عادی خطر خاصی ندارند، اما این مواد در مواجهه با سایر مواد شیمیایی و یا تغییر شرایط محیط خطرهایی را به وجود می‌آورند، این ویژگی‌ها نشأت گرفته از ذات ماده شیمیایی

روش Topsis: مدل Topsis توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شده است. این تکنیک بر اساس این مفهوم ایجاد شده است که گزینه‌های مناسب‌گزینه‌هایی هستند که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و دورترین فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشند (Hwang & Yoon, 1981). در این روش  $m$  گزینه به وسیله  $n$  شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و هر مسئله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل  $m$  نقطه در یک فضای  $n$  بعدی در نظر گرفت (Chen, 2000) (Emami, et al., 2012). فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهششی است یا به عبارتی دیگر شاخص‌ها تنها جنبه مثبت یا منفی دارند. شاخصی که جنبه مثبت دارد شاخص سود و شاخصی که جنبه منفی دارد شاخص هزینه است. بنابراین به راحتی می‌توان راه‌حل ایده‌آل را مشخص کرد. بدین صورت که بهترین ارزش موجود از یک شاخص نشان‌دهنده ایده‌آل آن بوده و بدترین ارزش موجود از آن مشخص‌کننده ایده‌آل منفی برای آن خواهد بود (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱). حل

**جدول شماره (۲): وزن معیارها**

وزن معیار	معیار	گروه
۰/۳۶۲	سمیت	معیارهای زیستی
۰/۰۵۵	خطرهای ناشی از تجزیه	
۰/۱	خطر برای محیط زیست	
۰/۰۳۷	حالت فیزیکی	معیارهای فیزیکی
۰/۰۱۳	رنگ	
۰/۰۰۷	بو	
۰/۱۹۹	اشتعال	معیارهای واکنشی
۰/۰۸۳	فعل و انفعال شیمیایی	
۰/۰۳۱	خورندگی	
۰/۰۳۱	اکسیدکنندگی	
۰/۰۸۳	انفجار	

مرحله دوم در حل مسئله به روش Topsis " تشکیل ماتریس تصمیم گیری " است. ماتریس تصمیم گیری: در ماتریس تصمیم گیری، معیارها و گزینه‌ها در موقعیت ستونی و سطری ماتریس قرار می‌گیرند در این حالت  $X_{mn}$  ارزش گزینه  $m$  نسبت به معیار  $n$  است (Stewart, 1997) (نبی‌بیدهندی و همکاران، ۱۳۹۱). اما ملاک امتیازدهی مواد شیمیایی در هر معیار برگرفته از وضعیت ماده شیمیایی در آن معیار است، که به صورت دامنه عددی برای هر معیار تعرف شده است، جدول شماره (۳) دامنه امتیازدهی معیارها را نشان می‌دهد. تعیین وزن نهایی مواد شیمیایی: در این مرحله ماتریس موزون و ماتریس تصمیم را به نرم افزار Topsis وارد می‌کنیم. این نرم افزار مراحل اجرای روش Topsis را انجام می‌دهد (سایت تحلیل آماری، ۱۳۹۱) و خروجی را ارائه می‌دهد شکل شماره (۲). در این خروجی شکل شماره (۲) وزن نهایی هر کدام از مواد شیمیایی مشخص شده است، این وزن‌ها نشان‌دهنده میزان خطرهای این مواد از لحاظ مدیریتی است و هرچقدر این اعداد بزرگتر باشند هزینه مدیریتی این مواد بیشتر خواهد بود.

**گروه بندی مواد شیمیایی**

در یک سیستم مدیریت سازمان یافته باید به منظور ارزیابی و شناسایی، اقدام به ایجاد یک طبقه بندی کرد (اسدی و همکاران، ۱۳۷۴). در این راستا، پس از تعیین وزن مواد شیمیایی و با توجه به این که موادی که در این الگوریتم طبقه بندی دارای وزن نزدیک به هم هستند، از لحاظ مدیریتی نیز به یک اندازه هزینه بر هستند، با بررسی خطرهای این مواد، آنها را در چهار گروه دادیم (جدول شماره ۴).

است. بنابراین به عنوان معیاری برای خطرناک بودن ماده به حساب می‌آیند. این گروه از معیارها شامل پنج معیار اشتعال، توانایی فعل و انفعال شیمیایی، خورندگی، اکسیدکنندگی و انفجار است. در صورتی که در یک مسئله ارزش معیارها متفاوت باشد، با استفاده از روش مقایسه زوجی، معیارها را نسبت به هدف و زیر معیارها را در صورت وجود، نسبت به معیارها امتیازدهی می‌کنیم. و وزن معیارها را به دست می‌آوریم از این راه ماتریس قطری وزن‌ها تشکیل می‌شود. و اگر تعداد معیارها زیاد باشد برای محاسبه وزن آنها از نرم افزار choice Expert استفاده می‌شود. مقایسات زوجی با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی ساعتی انجام می‌شود (مومنی و شریفی سلیم، ۱۳۹۰).

**جدول شماره (۱): مقیاس ساعتی برای اولویت بندی**

میزان اهمیت	امتیاز
اهمیت معادل	۱
اهمیت متوسط	۳
اهمیت قوی	۵
اهمیت بسیار قوی	۷
اهمیت قطعی	۹
مقادیر میانه	۶، ۴، ۲ و ۸

(منبع: قدسی پور، ۱۳۸۱)

نرم افزار Expert choice: این نرم افزار برای اجرای تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی تولید شده است. در اصل در این نرم افزار مقایسات زوجی مربوط وارد می‌شود و می‌توان وزن معیارها نسبت به هدف، وزن زیر معیارها نسبت به معیارها، و یا وزن کلی گزینه‌ها را در فرایندهای سلسله مراتبی به دست آورد (قدسی پور، ۱۳۸۱) (نبی‌بیدهندی و همکاران، ۱۳۹۱). بررسی معیارها نمایان ساخت که بعضی از معیارهای استخراج شده برای خطرناک بودن و پرهزینه بودن مواد شیمیایی از لحاظ مدیریتی دارای اهمیت بیشتری هستند، به عنوان مثال معیارهایی که در گروه معیارهای زیستی قرار دارند در مقایسه با معیارهایی که در گروه فیزیکی قرار دارند دارای اهمیت بیشتری هستند، بنابراین در این مرحله از پژوهش، اقدام به تعیین وزن این معیارها شد.

برای این منظور مقایسات زوجی با استفاده از نظرهای کارشناسان مختلف در رشته‌های شیمی، HSE، محیط زیست و ... انجام شد. و این معیارها و مقایسات زوجی به نرم افزار Expert choice وارد شد. جدول شماره (۲)، وزن به دست آمده برای معیارها را نشان می‌دهد.

## جدول شماره (۳): ملاک امتیازدهی به مواد شیمیایی در معیارها

معیار	امتیاز	توصیف
سمیت	۰	موادی که خطری برای سلامتی ندارند.
	۱	موادی که خطر کمی برای سلامتی دارند.
	۲	موادی که برای سلامتی خطرناکند.
	۳	موادی که خطرهای فوق‌العاده‌ای برای سلامتی دارند.
	۴	موادی که مقدار کمی از بخارات آن می‌تواند سبب مرگ شود.
خطرهای ناشی از تجزیه	۰	بی‌خطر
	۱	کم‌خطر
	۲	خطر متوسط
	۳	پرمخاطره
	۴	شدیدا خطرناک
خطر برای محیط زیست	۰	بی‌خطر
	۱	کم‌خطر
	۲	خطر متوسط
	۳	پرمخاطره
	۴	شدیدا خطرناک
حالت فیزیکی	۰	جامد
	۱	مایع (سرریز تر از مواد جامد پخش می‌شود و خطرهای منقل می‌شود)
	۲	گاز (فرض بر این است که خیلی سریع پخش می‌شود خطرهای را انتقال می‌دهد)
رنگ	۰	دارای رنگ
	۱	بی‌رنگ (فرض بر این است که مواد بی‌رنگ در صورت نشستی، مشکل‌تر تشخیص داده می‌شوند)
بو	۰	دارای بو
	۱	بی‌بو (فرض بر این است که مواد بی‌بو در صورت نشستی، مشکل‌تر تشخیص داده می‌شوند)
اشتعال	۰	موادی که مشتعل نمی‌شوند.
	۱	موادی که قبل از اشتعال باید حرارت زیادی ببینند.
	۲	مایعاتی که جهت مشتعل شدن، باید مقداری حرارت ببینند جامداتی که تولید بخارات قابل اشتعال می‌نمایند.
	۳	مایعاتی که تقریبا در حرارت نرمال مشتعل می‌شوند.
	۴	گازهای شدیدا قابل اشتعال و مایعات بسیار فرار قابل اشتعال و موادی که در حالت گرد و غبار در هوا، تشکیل مخلوط انفجاری می‌دهند.
قابلیت فعل و انفعال شیمیایی	۰	موادی که در حالت عادی، حتی در شعله پایدار هستند و با آب واکنش نشان نمی‌دهند.
	۱	موادی که در حالت عادی پایدار بوده ولی در حرارت و فشار بالا ممکن است ناپایدار شوند با آب واکنش داده (ولی نه به شدت) و انرژی آزاد نمایند.
	۲	موادی که در حالت عادی ناپایدار بوده و تغییرات شیمیایی می‌یابند ولی منفجر نمی‌شوند.
	۳	موادی که قادر به تجزیه یا واکنش انفجاری بوده ولی برای این عمل به چاشنی یا حرارت کافی نیاز دارند.
	۴	موادی که در حرارت و فشار معمولی قادر به تجزیه یا واکنش انفجاری هستند.
اکسیدکنندگی	۰	اکسید کننده نیست.
	۱	اکسید کننده است.
خورندگی	۰	خورنده نیست.
	۱	خورنده است.
انفجار	۰	منفجر شونده نیست.
	۱	به احتمال کم منفجر می‌شود.
	۲	تحت شرایطی، می‌تواند منفجر شود.
	۳	انفجاری است.
	۴	به شدت منفجر می‌شود



نقل و انتقال و نگهداری (انبار) آنها است. مدیریت و کنترل مواد شیمیایی در هر کدام از مراحل فوق تحت تأثیر چند مشخصه متفاوت است، که در این سیستم مشخصه‌های مختلف به تفکیک بررسی شده و شرایط کنونی این مشخصه‌ها در محیط در نظر گرفته شده، و پیشنهادات ارائه شده بر مبنای آن است.

در مرحله کار با مواد شیمیایی علاوه بر ارزیابی خطر کار با ماده شیمیایی، مشخصه‌های آموزش، تجهیزات و شرایط محیط کار بررسی شده است. در مرحله حمل و نقل مواد شیمیایی که بیشترین عدم قطعیت را دارد، مشخصه‌های آموزش، وسایل و تجهیزات حمل و نقل، شرایط محیط از جمله کیفیت جاده‌ها، منابع آب سطحی، مراکز جمعیت و وضعیت اقلیمی به خصوص دما و رطوبت مورد بررسی قرار گرفته است و در مرحله انبارداری مشخصه‌های شرایط محیط انبار و تجهیزات نگهداری مواد شیمیایی بررسی شده است.

پایگاه مدل: مدلی که در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به کاربرد شده، روابط رفتاری میان مواد شیمیایی و مشخصه‌های مربوط به مدیریت آنها را نشان می‌دهد. این مدل یک مدل ارتباطی است که اطلاعات پایگاه داده را به هم ارتباط می‌دهد.

نرم‌افزار: در صفحه اصلی نرم‌افزار طراحی شده، علاوه بر بخش جستجو که برای جستجوی مواد شیمیایی تعبیه شده، ۴ تب وجود دارد. این چهار تب به ترتیب عبارتند از ویژگی‌های ماده، کار، حمل و نقل و نگهداری؛ در تب ویژگی‌های ماده پس از معرفی ماده شیمیایی با نام، فرمول شیمیایی و خانواده آن، بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی ماده و مواد ناسازگار، خطرهای تجزیه، خطرهای برای محیط زیست آورده شده است.

در ۳ تب دیگر هم دستورالعمل‌های لازم برای مواد شیمیایی قرار دارد که شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند در موقعیت‌های مختلف از آن استفاده کند.

با توجه به این که دستورالعمل‌های ارائه شده به صورت متن است، استفاده از آن بسیار ساده است و براحتی و بدون نیاز به تخصص و یا تفسیر می‌توان از آن بهره برد. برای کار کردن با این نرم‌افزار پس از راه‌اندازی آن، نام ماده مورد نظر در بخش جستجو وارد می‌شود و با کلیک کردن بر روی کلمه جستجو می‌توان نتیجه را برای آن ماده مشاهده کرد. شکل شماره (۳) محیط نرم‌افزار را نمایش می‌دهد.

مدیران نمی‌شود، مطرح شد. به زودی این مفهوم فراگیر گردید و نرم‌افزارهای متعددی برای سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری تولید گشت (خادمی، ۱۳۷۲).

بنابراین سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، سیستمی است که با استفاده از منابع انسانی و قابلیت‌های کامپیوتر، مدیر را در حل مسائل پیچیده کمک می‌کند و کیفیت تصمیم را بهبود می‌بخشد (Turban & Aronson, 2005) (نژادی و همکاران، ۱۳۹۰)، همچنین دارای تعامل مستقیم با کاربر است و دارای مدل‌های داده‌ای و تحلیلی است (Sprague, et al., 1986). سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری از سه بخش پایگاه داده، پایگاه مدل و نرم‌افزار تشکیل شده است (نژادی و همکاران، ۱۳۹۰).

وجود تنوع گسترده‌ای از مواد شیمیایی در صنایع و حرفه‌های مختلف و طیف گسترده‌ای از شرایط فیزیکی و شیمیایی که در خطر آفرینی مواد شیمیایی نقش دارند مانند شرایط متفاوت اقلیمی (دما و رطوبت و ...)، مسیرهای گوناگون حمل و نقل، کیفیت متفاوت وسایل بسته‌بندی، حضور مواد شیمیایی ناسازگار در یک محیط و ... سبب شده که مسئله مدیریت مواد شیمیایی یک مسئله "نیمه‌ساخت‌یافته" باشد و انسان برای تصمیم‌گیری درباره مواد شیمیایی همیشه با عدم قطعیت‌ها و نکاتی مبهم روبرو باشد، به همین دلیل بشر برای حل این موضوع نیازمند تدوین استراتژی‌ها و راه‌کارهای مختلفی است.

از این رو در این پژوهش برای مدیریت و کنترل بهتر مواد شیمیایی در مجتمع پتروشیمی اراک، اقدام به تهیه یک "سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری" کرده تا بتوان مواد شیمیایی مورد نیاز مصرف‌کنندگان در سطوح مختلف را با پرداخت کمترین هزینه مدیریتی فراهم کرد. این سیستم مجموعه‌ای از برنامه‌ها و داده‌های مرتبط بهم است که برای کمک به تحلیل و تصمیم‌گیری طراحی شده و شامل "پایگاه داده" برای مواد شیمیایی طبقه‌بندی شده، "پایگاه مدل" و "نرم‌افزار" سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد و راه‌کارهای لازم برای کنترل و مدیریت مواد شیمیایی در شرایط مختلف را پیشنهاد می‌کند و کمک می‌کند بهترین تصمیم در این زمینه را اتخاذ کنیم. پایگاه داده: داده‌های موجود در این سیستم شامل نام مواد شیمیایی، فرمول و اجزاء آن، خانواده مواد شیمیایی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی، خطرهای بهداشتی، مواد ناسازگار با آن، خطرهای برای محیط زیست، ... و راه‌کارهای پیشنهاد شده برای کنترل و مدیریت این مواد در سه مرحله کار با مواد شیمیایی،

وضعیت این مواد از لحاظ مدیریتی نمی‌دهد، چراکه یک ماده که در یک کلاس پرخطر قرار دارد، شاید از لحاظ مدیریتی چندان پرهزینه نباشد و به بتوان با تدابیری آن را کنترل کرد، اما موادی هستند که از چندین جنبه دارای خطرهایی در درجه متوسط هستند و این درجه پایین از چندین خطر ممکن است فریبنده باشد و تصمیمات صحیحی درباره این مواد اتخاذ نشود و منجر به حادثه شود. از اینرو در این تحقیق با استخراج معیارهایی، که از ویژگی‌های مواد شیمیایی است و بررسی اهمیت آنها، مواد شیمیایی را طبقه‌بندی کرده و ارزیابی خطرهای کلی ماده ارائه شده است. در مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت و ایمنی مواد شیمیایی، آنچه که بیشتر خودنمایی می‌کند گستردگی این مطالعات و بررسی‌ها می‌باشد و تا قبل از تصویب کنوانسیون سایکم، مطالعات صورت گرفته و قوانین مصوب برای مدیریت مواد شیمیایی در مراحل مختلف چرخه حیات آنها یعنی در حین تولید، کارکردن با آنها، انتقال، نگهداری، دفع و ... به صورت جداگانه بوده و برای بخش‌های مختلف قوانینی تصویب یا اینکه مطالعاتی انجام شده است و از همه مهم‌تر این که، این قوانین یا مطالعات توسط افراد و نهادهایی انجام شده، که کمترین هماهنگی را با هم داشته‌اند. به عنوان مثال مدیریت پسماندهای شیمیایی خطرناک همواره به صورت کاملاً منفک از بخش‌های دیگر چرخه بوده است. تصویب کنوانسیون‌های استکهلم، بازل و رتردام در عرصه بین‌المللی نیز تاییدکننده این مسئله است. که این موضوع علاوه بر موازی‌کاری و صرف هزینه‌های گزاف، بازده کار را تا حد زیادی پایین می‌آورد. از این‌رو در این مطالعه با بررسی مراحل سه‌گانه "کار با مواد شیمیایی"، "حمل و نقل" و "نگهداری" آنها، به عنوان بخشی مهم از چرخه حیات مواد شیمیایی، به صورت هماهنگ سعی شده تا حدی این مسئله را رفع کرد. یکی از بخش‌هایی که همواره خطرآفرین بوده و هزینه‌های زیادی را به جامعه تحمیل کرده است، بخش حمل و نقل مواد شیمیایی است، در گذشته مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته و قوانینی هم تصویب شده است، اما حوادث اسفند سال ۱۳۸۰ سنندج (ریختن MTBE در سدی که آب شرب اهالی از آن تأمین می‌شد) و آذر ۱۳۸۶ در اراک (واژگونی کامیون حامل MTBE در یکی از رودهای منطقه) همگی مبین این موضوع است که قانون‌های موجود و مطالعات صورت گرفته کافی نبوده. در این پژوهش با تعیین مشخصه‌هایی در بخش حمل و نقل و نشان دادن وضعیت کشور در این مشخصه‌ها، سعی شده به تصمیم‌گیرندگان توصیه شود که در حمل و نقل مواد شیمیایی



شکل شماره (۳): محیط نرم افزار

## نتایج

همان‌طور که ذکر شد پس از طبقه‌بندی مواد شیمیایی در چهار گروه، برای این مواد بر حسب میزان خطر و گروهی که در آن قرار می‌گیرند سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای کنترل و مدیریت بهتر آنها طراحی شد، نرم‌افزار طراحی شده، برای ایجاد تعامل بین کاربر و سیستم، ایجاد ذخیره و بازیابی مدل و یکپارچه کردن آن با داده‌های پایگاه داده به کار برده می‌شود و دارای توانایی نمایشی ساده است که سبب تقویت رابطه کاربر با DSS می‌شود. از دیگر ویژگی‌های این نرم‌افزار امکان پاسخگویی سریع، توانایی استفاده بدون کمک متخصصان سیستم‌های مدیریتی، توانایی استفاده برای سطوح گوناگون مدیریتی از جمله مسئولان HSE، توانایی انعطاف‌پذیری درون سیستمی و رشد مهارت و آگاهی کاربر می‌باشد. در واقع این سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به مانند مشاوری در کنار تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد و به او امکان می‌دهد تا بتواند با اطلاعات مختلف کار کرده و آنها را برای بهبود تصمیم‌گیری خود بکار گیرد. این سیستم توصیه‌گر، سیستم تأثیرگذاری در راهنمایی و هدایت کاربر، در میان حجم عظیمی از اطلاعات، برای کنترل و مدیریت صحیح مواد شیمیایی است به گونه‌ای که یک فرایند، برای یک ماده و همان شرایط اختصاصی‌سازی شده و تغییر در هریک از شرایط یا مواد شیمیایی منجر به تغییر خروجی می‌شود.

## بحث و نتیجه‌گیری

در مدیریت و ایمنی مواد شیمیایی، همواره خطرهای در قالب کلاس‌هایی بررسی می‌شود برای نمونه مواد آتش‌زا، مواد سرطان‌زا و ... این گونه طبقه‌بندی با این‌که در سطوح پایین سازمانی و افرادی که با مواد شیمیایی روبرو هستند بسیار مفید است، اما در سطوح بالاتر و برای افرادی که از لحاظ سازمانی موقعیت بالاتری دارند چندان مناسب نیست و به این افراد دید مناسبی در مورد



یک مسئله ساخت یافته نیست و نباید با قطعیت تصمیم گرفت و راهکار ارائه کرد بلکه باید پیشنهادهای لازم را ارائه کرد و تصمیم‌گیری را به شخص تصمیم‌گیرنده واگذار کرد تا بسته به موقعیت بهترین تصمیم را اتخاذ کند. علاوه بر این نحوه ارائه این پیشنهادات در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری از وجوه تمایز این تحقیق از کارهای انجام شده در این زمینه است. چراکه با وجود این که چند دهه از ارائه "سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری" در زمینه مدیریت می‌گذرد، تاکنون از این سیستم، برای مدیریت مواد شیمیایی استفاده نشده است.

بسیار دقت کنند. این بخش از تحقیق با بومی کردن موضوع توانسته نمایی متفاوت از مدیریت مواد شیمیایی را نشان دهد. چراکه وضعیت اقلیمی متفاوت با سایر کشورها، کیفیت متفاوت جاده‌ها در کشور ما، کیفیت نامناسب وسایل حمل و نقل و ... همگی نشان می‌دهند که مشخصه‌های مدیریت مواد شیمیایی در بخش حمل و نقل، در کشور ما باید متفاوت از سایر کشورها در نظر گرفته شود.

و اکاوی بحث مدیریت مواد شیمیایی و توجه به مشخصه‌هایی که بر بخش حمل و نقل مواد شیمیایی مؤثر است نشان می‌دهد که در مدیریت مواد شیمیایی نیز عدم قطعیت وجود دارد و این مسئله،

### منابع مورد استفاده

- آذر، ع.، رجب‌زاده، ع. ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM، چاپ اول، انتشارات نگاه دانش، تهران، ۱۸۶ صفحه.
- اسدی، م.، فائزی‌راد، د.، نبی‌زاده، ر.، وجدانی، م. ۱۳۷۴. مدیریت مواد زائد خطرناک، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ۳۶۰ صفحه.
- خادمی، ع. ۱۳۷۲. آشنایی با ابعاد و مفاهیم سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری، مجله دانش مدیریت شماره ۲۳، ص ۱۳ تا ۲۱.
- سایت مجتمع پتروشیمی اراک. ۱۳۹۱. arpc.ir
- سایت تحلیل آماری. ۱۳۹۱. tahlil-amari.com
- عبدلی، م.ع.، جلیلی قاضی‌زاده، م.، و سمیعی‌فرد، ر. ۱۳۸۹. مدیریت پسماند خطرناک، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۳۶۷ صفحه.
- فاخری ریوف، ف. ۱۳۸۴. امکان سنجی کمینه‌سازی مواد زائد جامد و مایع صنعتی در مجتمع پتروشیمی رازی، پایان نامه کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- فلکی، ف.، فرشاد، ع.ا. ۱۳۸۷. ایمنی شیمیایی، فصل پنج، گفتار سه، کتاب جامع بهداشت عمومی، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، معاونت تحقیقات و فناوری، کمیته رایانه‌ای کردن طب و بهداشت، چاپ سوم، تهران.
- قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۱. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۲۲۰ صفحه.
- محمدفام، ا. ۱۳۸۱. توسعه پایدار و لزوم ارزیابی و مدیریت ریسک مواد شیمیایی، چهارمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط‌زیست ایران، تهران.
- مؤمنی، م.، شریفی‌سلیم، ع. ۱۳۹۰. مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، ناشر مؤلفان با حمایت شرکت داروسازی اکسیر، تهران، ۲۱۸ صفحه.
- نخعی، م. ۱۳۸۷. سیستم جامع برنامه‌ریزی منابع سازمانی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری DSS، شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان، ۶۴ صفحه.
- نبی‌بیدهندی، غ.ر.، امیری، م.ج. و کریمی، ش. ۱۳۹۱. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط‌زیست، انتشارات کیاجور، چاپ اول، تهران.
- نژادی، ا.، جعفری، ح.ر.، مخدوم، م.، محمودی، م. ۱۳۹۰. تدوین سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مدیریت مناطق حفاظت‌شده بر مبنای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده لیسار، پایان‌نامه دکترای برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
- نوری سپهر، م. ۱۳۸۳. مدیریت نگهداری و انتقال پسماندهای شیمیایی، اولین همایش ملی ایمنی در بنادر، تهران، ص ۴۸۹ تا ۵۰۰.
- یاوری، ع. ۱۳۷۸. شیمی عمومی چارلز مور تیمر، چاپ ششم، علوم دانشگاهی، تهران.

- Chen,C.T. 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, NO114: pp 1–9.
- Emami,M., k.,Nazari, H.,Fardmanesh .2012. Application of Fuzzy TOPSIS Technique for Strategic Management Decision, Journal of Basic and Applied Scientific Research, no2(1)685-689.
- Hwang,C.L., k.,Yoon .1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Berlin, Springer –Verlag
- Nadal,M., D., Schuhmacher, J.L.,Marta .2011. Long-term environmental monitoring of persistent organic pollutants and metals in a chemical/petrochemical area: Human health risks, Environmental Pollution, Volume 159 , Issue 7, Pp: 1769-1777.
- Oliveira-Esquerre,K.P., et al .2009. Water and Wastewater Management in a Petrochemical Raw Material Industry, 10th International Symposium on Process Systems Engineering.
- Selin,H. 2011. Global governance and regional centers: multilevel management of hazardous chemicals and wastes, Procedia Social and Behavioral Sciences 14 (2011) 40–43.
- Sprague,R.H., J.R.,Hugh, H., Watson .1986. Decision support systems, putting theory in to Practice, Publisher: Prentice Hall College Div; 3 Sub Edition.
- Stewart,T.J. 1997. Scenario analysis and multi criteria decision making, In: Climaco, J. (Ed.), Multi criteria Analysis, Springer, Berlin, pp519-528.
- Turban,E., J.E.,Aronson .2005. Decision Support Systems and Intelligent Systems, 5th Ed., Prentice Hall.