

Application of a multi-criteria decision-making model in selecting optimized airborne iodine absorbent released from nuclear power plants and installations in Iran

Moharam-Nejad N¹, Setareh H^{1*}, Toloie Eshlaghi A²

1- Department of Environmental Management, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I. R. Iran.

2- Department of Industrial Management, Faculty of Economic and Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I. R. Iran.

Received April 10, 2012; Accepted September 5, 2012

Abstract:

Background: Iodine is one of the most important pollutants in nuclear installations and various absorbents have been proposed to remove it. The purpose of this study was to select the optimal airborne iodine absorbents according to the conditions in Iran.

Materials and Methods: To implement the optimization model, at first, eight criteria were selected and their weights were determined using the SMART and Eigenvector methods. Then these weights were converted to one weight by the geometric mean. Finally, the indexes were prioritized using the two optimization methods of SAW and TOPSIS.

Results: Maximum weight of the criteria was related to the cost of providing the raw material and minimum to the storage time. Based on priority, the activated charcoal should be used as an optimum absorbent. TOPSIS and SAW methods were used to prioritize different absorbent beds; the results were equal in both methods. Furthermore, the results indicated that conventional activated charcoal, activated charcoal impregnated with TEDA, activated charcoal impregnated with HMTA and silver Zeolites are respectively the best absorbents in Iran.

Conclusion: Although the activated charcoal impregnated with TEDA has the most optimum rate of absorption, considering the influence of other parameters on its selection, this absorbent assigns a secondary priority. By eliminating technological bottlenecks in industrial production of activated carbon impregnated with TEDA, the individual and collective protection systems will be upgraded.

Keywords: Nuclear power plants, Nuclear facilities, Multi-criteria decision-making, Iodine, Activated carbon

* Corresponding Author.

Email: setareh8191@gmail.com

Tel: 0098 912 348 1671

Fax: 0098 21 2297 4546

Conflict of Interests: No

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences November, 2012; Vol. 16, No 5, Pages 461-467

Please cite this article as: Moharam-Nejad N, Setareh H, Toloie Eshlaghi A. Application of a multi-criteria decision-making model in selecting optimized airborne iodine absorbent released from nuclear power plants and installations in Iran. Feyz 2012; 16(5): 461-7.

کاربرد مدل تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب جاذب بهینه ید رادیواکتیو هوابرد ناشی از تاسیسات و نیروگاههای هسته‌ای در ایران

ناصر محروم نژاد^۱، هاشم ستاره^{۲*}، عباس طلوعی اشلفی^۳

خلاصه:

سابقه و هدف: یکی از مهمترین آلاینده‌های تاسیسات هسته‌ای ید می‌باشد و برای حذف آن تا کنون جاذب‌های متفاوتی ارائه شده است. هدف از انجام این مطالعه انتخاب جاذب‌های بهینه ید رادیواکتیو هوابرد، متناسب با شرایط کشور ایران است.

مواد و روش‌ها: برای اجرای مدل بهینه سازی، در ابتدا هشت معیار انتخاب شد و وزن آنها با استفاده از روش‌های اسماارت (SMART) و بردار ویژه (Eigene Vector) تعیین گردید و اوزان با میانگین‌گیری هندسی تبدیل به یک وزن شد. سپس، با استفاده از دو روش بهینه‌سازی، ساو (SAW) و تاپسیس (TOPSIS)، شاخص‌ها اولویت‌بندی شدند.

نتایج: پیشترین وزن معیارها مربوط به هزینه تامین مواد اولیه و کمترین وزن مدت زمان نگهداری است. بر اساس اولویت‌بندی، در حال حاضر باید ابتدا از زغال فعال به عنوان جاذب بهینه استفاده کرد. از دو روش تاپسیس و سا برای اولویت‌بندی انواع بسترها جذبی استفاده شد که نتایج هر دو روش اولویت‌بندی یکسان بود. هم‌چنین، نتایج نشان داد که بهتر ترتیب زغال فعال معمولی، زغال فعال آغشته با TEDA، زغال فعال آغشته به HMTA و زئولیت‌های نقره، بهترین انتخاب برای جاذب‌ها در ایران هستند.

نتیجه‌گیری: اگرچه زغال فعال آغشته به TEDA دارای بهینه‌ترین میزان جذب است، ولی بدلیل تاثیری که سایر شاخص‌ها در انتخاب آن دارد، این بستر جاذب اولویت دوم را به خود اختصاص می‌دهد. باید با رفع گلوگاههای فن آورانه در تولید صنعتی زغال فعال آغشته به TEDA، سیستم‌های حفاظت فردی و گروهی را با استفاده از این جاذب ارتقاء داد.

وازگان کلیدی: نیروگاه‌ها هسته‌ای، تاسیسات هسته‌ای، تصمیم‌گیری چند معیاره، ید رادیواکتیو، زغال فعال
دو ماهنامه علمی- پژوهشی فیض، دوره شانزدهم، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۱، صفحات ۴۶۷-۴۶۱

این ماده در میان محصولات شکافت یک نقش عمده داشته و در انواع نیروگاه‌ها و حوادث هسته‌ای از مهمترین عوامل مخاطره‌آمیز محسوب می‌شود [۲،۱]. در حادثه چرنوبیل در کشور شوروی سابق و نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما در کشور ژاپن، این رادیو ایزوتوپ به عنوان مهمترین عامل مخاطره‌آمیز شناخته شد [۳] در مقایسه با کل محصولات شکافت، ید-۱۳۱ عمده‌ترین محصول شکافت است که حاصل شکافت اورانیوم و پلوتونیوم بوده و در حدود ۳ درصد وزنی محصولات شکافت را تشکیل می‌دهد [۴،۲،۱]. از طرفی در میان گازهای هسته‌ای خروجی از نیروگاه‌های هسته‌ای، ترکیبات ید رادیواکتیو با داشتن اندام هدف تیروئید از اهمیت بالایی از دیدگاه بهداشتی و زیست محیط زیستی برخوردار هستند. غلظت ید رادیواکتیو در خروجی سیستم‌های گاززادی نیروگاههای هسته‌ای تا ۳۰ پی‌پی ام و به طور معمول ۰/۱ پی‌پی ام گزارش شده است [۶،۵]. با توجه به اینکه غده تیروئید، اندام پذیرنده ید در بدن می‌باشد، ورود ید-۱۳۱ به دلیل تایش بالای بتا و گاما، باعث سرطان غده تیروئید می‌شود [۲،۱]. عمدۀ مسیرهای ورود ید به زنجیره غذایی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است [۲].

مقدمه

فعالیت راکتورهای هسته‌ای منجر به انتشار ذرات و گازهای رادیواکتیو می‌شود که قبل از تخلیه به محیط زیست نیازمند کنترل هستند. یکی از مهمترین این آلاینده‌ها ید می‌باشد [۲،۱]. عنصر ید به صورت تصادفی در سال ۱۸۱۱ میلادی توسط Bernard Courtois کشف شد [۳]. این عنصر دارای ایزوتوپ‌های مختلفی می‌باشد که یکی از مهمترین آنها ید-۱۳۱ است که به نام رادیو ید مصطلح می‌باشد. این شکل ایزوتوپی ید دارای نیمه عمر هشت روز می‌باشد و مصارف گستره‌ای در پزشکی و درمان دارد.

^۱ استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، گروه مدیریت محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

^۲ دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

^۳ دانشیار، دانشکده مدیریت، گروه مدیریت محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

* **لشانی نویسنده مسئول:**

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده محیط زیست و انرژی، گروه مدیریت محیط زیست و انرژی

دوزنیس، ۰۲۱ ۲۲۹۷۴۵۴۶

تلفن: ۰۹۱۲ ۳۴۸۱۶۷۱

پست الکترونیک: setareh8191@gmail.com

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۶/۱۵

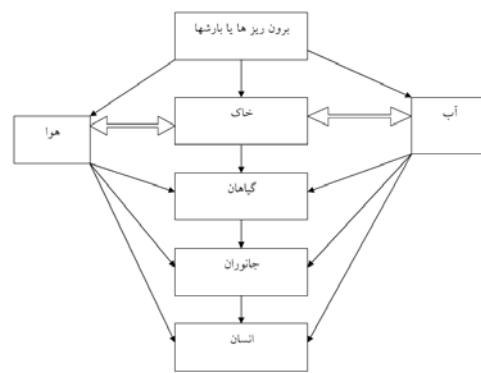
تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۲

جاذب در حال حاضر، متناسب با شرایط کشور ایران قابلیت استفاده دارد؟ علی‌رغم اهمیت شایان توجه کاربرد ریاضیات در علوم بهداشتی، در کشور، از روش‌های تحقیق در عملیات و مدل‌سازی‌های ریاضی در خصوص انتخاب بهینه در بین انواع روش‌ها و گزینه‌ها در مسایل بهداشتی استفاده چندانی نشده است و در خصوص موضوعات مشابه و علی‌الخصوص در حیطه این موضوع هم تاکنون در کشور تحقیق جامعی انجام نشده و در دنیا هم موارد اندکی در این موضوع دیده می‌شود. مدل‌های بهینه‌سازی از دوران نهضت صنعتی در جهان و بهخصوص از زمان جنگ دوم جهانی همواره مورد توجه ریاضی‌دانان و دست‌اندرکاران صنعت بوده است [۷]. تاکید اصلی بر مدل‌های کلاسیک بهینه‌سازی، داشتن یک معیار سنجش (یا یک تابع هدف) می‌باشد. با این همه، توجه Multi محققین در دهه‌های اخیر معطوف به مدل‌های چند معیاره Multitple Criteria Decision Making (MCDM) Criteria برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده گردیده است. در این Making تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد [۷]. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته عمده تقسیم می‌گردند: مدل‌های چند هدفه و Multiple Objective Decision Making (MODM) و Multiple Attribute Decision Making (MADM) مدل‌های چند شاخصه (MADM). مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می‌شوند و مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌گردند [۸,۷]. هر سیستم پیشگیرانه و کنترلی باید دو مشخصه مهم داشته باشد: اولاً با رویکرد استفاده و کاربرد آن دارای اثربخشی کافی و مورد اطمینان باشد و ثانیاً دارای کارایی مناسب باشد. بر این اساس صرفاً توجه به میزان جذب انواع بسترهای جذبی ملاک نمی‌باشد و باید بر اساس میزان تاثیر سایر شاخص‌ها، اقدام به انتخاب یک سیستم بهینه نمود. در این تحقیق، علاوه بر شاخص میزان جذب شاخص‌های دیگری هم که تاثیرگذار در انتخاب نوع بسترهای جذبی بوده باشند، انتخاب شدند و با توجه اهمیت متفاوت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، وزن آنها تعیین گردیده و در انتها با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره بسترهای جذبی مناسب برای استفاده و کاربری در تاسیسات و نیروگاه‌های استفاده از در کشور انتخاب شده‌اند.

مواد و روش‌ها

مفهوم ریاضی مدل‌های بهینه به صورت ذیل است [۷]:

$$(1) \quad f : E^n \rightarrow E^1 \quad ; \quad f(x) : \text{بهینه کنید}$$



شکل شماره ۱- مسیر ورود ید به زنجیره غذایی انسان

همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، عمله مسیر ورود ید به بدن از طریق دو بستر هوا و آب بوده و مسیر هوایی از دو حیث مهمتر از مسیر آب می‌باشد، زیرا اولاً قابلیت ایجاد آلودگی آب از طریق هوای کاملاً بدینه است. ثانیاً امکان تأمین آب برای افراد در معرض و بهخصوص افراد پاسخ‌گو و یا در صحنه وجود دارد، ولی باید هوای موجود در محل با استفاده از سیستم‌های حفاظتی جمعی و فردی تصفیه شده و در اختیار افراد قرار گیرد [۲]. مهمترین مسیر مواجهه افراد در محیط‌هایی که حوادث هسته‌ای رخداده (علی‌الخصوص حوادث نیروگاهی و تاسیسات هسته‌ای) مسیر مواجهه تنفسی افراد می‌باشد و مهمترین آلاینده و خط‌طرنک‌ترین آنها ید [۳]. نکته مهمی که باید در خصوص وقایع هسته‌ای لحاظ کرد، وجود احتمال بالای مواجهه افراد با آلاینده‌های هوایی بر این هشت روز اول بسیار حائز اهمیت است. اگرچه نیمه عمر این ماده در هشت روز اول بسیار حائز اهمیت است، ولی اثر مواجهه‌های تنفسی در طی این هشت روز برای افراد پاسخ‌گو و مردم منطقه خواهد بود و لذا طراحی و ساخت سیستم‌های بهینه جاذب مواد و آلاینده‌های رادیواکتیو علی‌الخصوص ید [۱۳۱-۱۳۱] حائز اهمیت است [۳]. بر این اساس سیستم‌های تصفیه کننده هوا چه به صورت بسترهای جذبی مورد استفاده در ماسک‌ها و چه سیستم‌های جاذب در سیستم‌های تصفیه کننده جمعی بسیار حائز اهمیت است. انواع جاذب‌های متدالو در دنیا شامل زغال فعال معمولی، زغال فعال آغشته با (TEDA) Tri Ethylene Di Amine (TEDA) و Hexa MethyleneTri Amine (HMTA) و زئولیت‌های نقره است [۴,۵]. زغال فعال آغشته با TEDA و HMTA دارای نسبت‌های ترکیبی مختلفی هستند، اما چنان‌که اشاره شد، زغال فعال آغشته با ۳ درصد وزنی TEDA و زغال فعال آغشته با ۱۰ درصد وزنی HMTA دارای میزان جذب بهتری نسبت به سایر جاذب‌ها هستند [۴]. سوال اساسی این است که در حاضر با توجه به سایر معیارهای تاثیرگذار در انتخاب جاذب‌های بهینه، کدام

مجموعه‌ای سازگار از اوزان حاصل شود؛ و قدم چهارم- اوزان

$$\sum_j \omega_j = 1 \quad \text{گردد} \quad [٦]$$

روش دیگر وزن دهی موردن استفاده به نام روش بردار ویژه است که این روش یک تکنیک دیگر از محاسبه اوزان (w_i) در شرایط عدم وجود ثبات کامل برای ماتریس D می‌باشد [٦]. از تجزیه ماتریس مریع و عکسپذیر D به بردار ویژه eigen vector به eigen value آن (λ) استفاده می‌شود. یعنی:

$$D.W = \lambda_{\max} . W \quad (٤)$$

می‌دانیم که به طور کلی در رابطه $D.W = \lambda.I.W$ به ازای ماتریس مریع D به منظور آنکه $W \neq 0$ باشد، باید دترمینان ماتریس ضرائب در دستگاه همگن $\{D - \lambda.I\}W = 0$ نیز برابر با صفر شود؛ یعنی $|D - \lambda.I| = 0$. حل این دترمینان منجر به ارزش‌های متعددی برای λ می‌گردد که یک بردار ویژه به ازای استفاده از هر کدام از آن‌ها نیز حاصل خواهد شد. انحراف کمی perturbation ماتریس D موجب تغییر ناچیزی در مقادیر ویژه (λ) و به خصوص برای λ_{\max} می‌گردد؛ از این‌رو برای محاسبه بردار W در وضعیت عدم ثبات کامل از ماتریس D استفاده از مقادیر ویژه λ_{\max} بیان شده است. بر این اساس خواهیم داشت:

$$D.W = \lambda_{\max} . W$$

$$\longrightarrow \quad \text{یا} \quad (٥)$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{\lambda_{\max}} \quad \longrightarrow i = 1, 2, \dots, n$$

یک طریق محاسبه تقریبی برای بردار ویژه W . استفاده از توان افزایشی (k) برای ماتریس D است و سپس نرمالیزه کردن نتایج حاصل از آن بدین صورت است:

$$W = \lim_{k \rightarrow \infty} D^k e / e^t \cdot D^k e \quad (٦)$$

$$e = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{vmatrix} \quad \text{به طوری که} \quad \text{می‌باشد.}$$

روش بردار ویژه تقریبی را در واقع می‌توان به یک فرایند میانگین-گیری ساده تعبیر نمود؛ به گونه‌ای که بردار نهایی W میانگین گیری از کلیه طرق ممکن برای مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر حاصل می‌شود (زیرا $W_i = \sum a_{ij} \cdot w_j / \lambda_{\max}$). بنابراین، بردار ویژه یک روش طبیعی در محاسبه اوزان است [٦]. به علاوه، شواهد تئوری نشان می‌دهند که این روش یکی از روش‌های مناسب در مشخص کردن اولویت‌بندی برای شاخص‌ها (یا

(٢)

$$\begin{aligned} & \leq \\ \text{s.t: } g_i(x) & \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad E^n \rightarrow E^m \\ & = \end{aligned}$$

به طوری که مدل مذکور می‌تواند در مجموع به صورت خطی، غیر خطی یا مخلوط باشد. مدل‌های MADM به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار می‌روند [٧-٩]؛ به این مفهوم که اگر تعدادی شاخص‌ها متفاوت باشند، با استفاده از این مدل‌ها می‌توان مناسب‌ترین گزینه‌ها را بر حسب شاخص‌های مدنظر انتخاب نمود. بهترین گزینه در یک مدل MADM یک گزینه ذهنی A^* خواهد بود که ارجح‌ترین یا مطلوب‌ترین مشخصه موجود را تأمین نماید [٩]. یعنی:

$$\left\{ \begin{array}{l} A^* \approx \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\} \\ \longrightarrow x_i^* = \max_i U_j(r_j); \quad i = 1, 2, \dots, m \end{array} \right. \quad (٣)$$

r_j نشان دهنده مطلوبیت (یا ارزش) از مشخصه j است. واضح است که دسترسی به A^* برای اکثر موقعیت غیر ممکن است اما انتخاب مناسب‌ترین به طور نسبی در هر صورت امکان‌پذیر خواهد بود.

ارزیابی اوزان (w_i) برای شاخص‌ها

در اکثر مسائل MCDM و به خصوص بخش MADM از آن، نیاز به داشتن و دانستن اهمیت نسبی از شاخص‌های موجود داریم؛ به طوری که مجموع آنها برابر با واحد و اصطلاحاً نرمالیزه شده و این اهمیت نسبی درجه ارجحیت هر شاخص را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری مورد نظر بستجد [٨,٦]. یکی از این روش‌ها که در این مقاله استفاده شده است، به نام روش اسمارت است که توسط Edward در سال ۱۹۷۷ توسعه یافت و مشتمل بر قدم‌های زیرین است [٧]: قدم یکم- شاخص‌ها (یا اهداف) را بر حسب اهمیت آنها رتبه‌بندی بنمایید؛ قدم دوم- وزن ده (١٠) را به کم اهمیت‌ترین شاخص (یا هدف) واگذار کنید؛ قدم سوم- از DM خواسته شود که اهمیت هر شاخص را نسبت به کم اهمیت‌ترین (یا ارزش ١٠) مشخص نماید. مثلاً اگر ارزش ٩٠ را به شاخص k (یا هدف) واگذار نموده و ارزش ٣٠ را به شاخص k ، بدان معنوم خواهد بود که شاخص h سه برابر مهمتر از شاخص K است. به DM اجازه داده می‌شود که مروری مجدد بر ارزش‌های واگذاری خود نموده و آنها را در صورت نیاز تغییر دهد تا آنکه

تاپسیس به شرح ذیل است: قدم یکم- تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی مقیاس شده؛ قدم دوم- ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین با مفروض بودن بردار W به عنوان ورودی به الگوریتم؛ قدم سوم- مشخص نمودن راه حل ایده‌آل و راه حل ایده‌آل - منفی؛ قلم چهارم- محاسبه اندازه جدایی (فاصله)؛ قدم پنجم- محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل. ملاحظه می‌شود که چنانچه $A_i = A^+$ گردد، آنگاه $d_{ii} = 0$ بوده و خواهیم داشت: $d_{ii} = 1$ و در صورتی که $A_i = A^-$ شود آن گاه $d_{ii} = 0$ بوده و $d_{ii} = 0$ خواهد شد. بنابراین، هر اندازه گزینه A_i به راه حل ایده‌آل (A^+) نزدیک‌تر باشد، ارزش d_{ii} به واحد نزدیک‌تر خواهد بود؛ و قدم ششم- رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس ترتیب نزولی d_{ii} می‌توان گزینه‌های موجود از مساله مفروض را رتبه‌بندی نمود [۷].

نتایج

برای تصمیم‌گیری صحیح و بر اساس انواع شاخص‌های دیگر و تاثیرگذار از دو روش وزن‌دهی استفاده شد. داده‌های مربوط به میزان جذب بر اساس نتایج تست‌های آزمایشگاهی به دست آمد و سایر داده‌ها با استفاده از پرسشنامه‌های دارای روایی و قابل اعتماد و بر اساس قضاوت خبرگان به دست آمد. نتایج و میانگین هندسی اوزان این شاخص‌ها محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. در اینجا هم از دو روش وزن‌دهی اسمارت و بردار ویژه جهت وزن‌دهی با این شاخص‌ها استفاده شد. نتایج در روش اسمارت نشان داد که بیشترین وزن مربوط به امکان دستیابی و هزینه تامین مواد اولیه است و کمترین وزن مربوط به هزینه تولید صنعتی است. اما در روش بردار ویژه، اوزان حاصله در مرتبه هشتم و نهم هم گرا شدند و مشخص شد که بیشترین وزن مربوط به مواد اولیه در دسترس و کمترین وزن مربوط به مدت زمان نگهداری بود. در نتیجه میانگین-گیری هندسی بین این اوزان مشخص شد که بیشترین وزن متعلق به هزینه تامین مواد اولیه و کمترین وزن مربوط به مدت زمان نگهداری بود.

گزینه‌های موجود است [۷]. در این تحقیق معیارهای موجود در جدول شماره ۱ به عنوان معیارهای اولویت‌بندی شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۱، ۱۰]:

جدول شماره ۱- معیارهای مورد استفاده در اولویت‌بندی

بسترهای جذبی

ردیف	نام شاخص	مولفه شاخص
۱	میزان جذب بینه	C ₁
۲	امکان دستیابی	C ₂
۳	امکان ساخت و تولید	C ₃
۴	مواد اولیه در دسترس	C ₄
۵	هزینه خرید جاذب	C ₅
۶	هزینه تامین مواد اولیه	C ₆
۷	هزینه تولید صنعتی	C ₇
۸	مدت زمان نگهداری	C ₈

اولویت‌بندی شاخص‌ها:

یکی از روش‌های مورد استفاده در اولویت‌بندی شاخص‌ها، روش زیرگروه سازشی وزین پاسا است [۹، ۷]. این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به کار گیری شده در MADM است؛ به طوری که با مفروض بودن بردار W اوزان اهمیت از شاخص‌ها برای آن، مناسب‌ترین گزینه A^* به صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

$$A^* = \left\{ A_i \left| \max_i \frac{\sum_j w_j - r_{ij}}{\sum_j w_j} \right. \right\} \quad (7)$$

و چنانچه $\sum_j w_j = 1$ باشد، داریم:

$$A^* = \left\{ A_i \left| \max_i \sum_j w_j - r_{ij} \right. \right\} \quad (8)$$

جهت حصول اطمینان از اولویت‌بندی انجام شده از روش دیگری به نام روش تاپسیس استفاده شد. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه A از نقطه ایده‌آل، فاصله از آن نقطه ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی باشد. مراحل انجام

جدول شماره ۲- اوزان نهایی حاصل از محاسبه وزن‌های تاثیرگذار در انتخاب جاذب‌های آلینده‌های رادیو اکتیو

میزان جذب	امکان دستیابی	امکان ساخت و	مواد اولیه در	دسترس	تولید	آمکان دستیابی	میزان جذب	بهینه
M	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
ATT	0.129032	0.129032	0.129032	0.129032	0.129032	0.129032	0.129032	0.129032
SMART	0.145161	0.145161	0.145161	0.145161	0.145161	0.145161	0.145161	0.145161
EIGEIN VECTOR	0.16129	0.16129	0.16129	0.16129	0.16129	0.16129	0.16129	0.16129
W _j	0.10480386	0.10480386	0.10480386	0.10480386	0.10480386	0.10480386	0.10480386	0.10480386

با TEDA، زغال فعال آغشته با HMTA و در نهایت زئولیت‌های نقره بود. با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی ساده هم نتایج اولویت‌بندی همانند نتایج تاپسیس بود و به عبارت دیگر هر دو روش ممکن است نتایج مربوط به این قسمت به صورت ذیل قابل بیان است: اگرچه زغال فعال آغشته به TEDA دارای بهینه‌ترین میزان جذب است، ولی به دلیل تاثیری که سایر شاخص‌ها متناسب با ماهیت خود شاخص و هم‌چنین وزن آنها در انتخاب انواع جاذب‌ها دارند، این بستر جاذب علی‌رغم دارا بودن بالاترین توان جذب، اولویت دوم را به خود اختصاص می‌دهد. در اینجا است که اهمیت شاخص‌ها و جایگاه اوزان آنها در انتخاب یک گزینه در بین انواع گزینه‌ها، به خوبی نشان داده می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نبود زیر ساخت‌های فنی لازم جهت تولید صنعتی زغال فعال‌های آغشته به TEDA در کشور از یکسو و از طرفی با توجه به هزینه سنگین واردات این جاذب و در مواردی عدم امکان واردات آن به دلیل شرایط سیاسی، باید تا زمان ساخت و تولید این بستر جاذب از بستر جذبی زغال فعال استفاده کرد و کلیه اماکن، مراکز و وسائل نقلیه که در زمان بحران مورد استفاده واقع خواهند شد، با این بستر جذبی تحت پوشش سیستم تصفیه جهت استفاده در شرایط اضطراری قرار گیرند و ماسک‌های لازم جهت حضور یا فرار از اماکن دارای سطح تراز بالایی از آلودگی تهیه و توزیع گردد و کاربران نحوه نگهداری و استفاده از آنها را بیاموزند. به موازات آن با تولید صنعتی زغال فعال آغشته به TEDA این سیستم‌های حفاظت فردی و گروهی ارتقا یابند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری محققان سازمان پژوهش‌های نوین دفاعی صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری تحت عنوان "طراحی یک مدل تصمیم‌گیری جهت مدیریت آلودگی هوا در شرایط اضطراری هسته‌ای" می‌باشد.

چنان‌که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، پس از محاسبه اوزان معیارها با روش‌های فوق، وزن نهایی از طریق میانگین‌گیری هندسی محاسبه شد. بیشترین وزن معیارها به ترتیب مربوط به هزینه تامین مواد اولیه، مواد اولیه در دسترس، امکان ساخت و تولید، هزینه خرید جاذب، میزان جذب بهینه، امکان ساخت و تولید، هزینه تولید صنعتی و در نهایت مدت زمان نگهداری است. چنان‌که ملاحظه می‌شود میزان جذب بهینه از لحاظ اهمیت و اولویت، چهارمین معیار است. در نهایت هم از دو روش تاپسیس و سا برای اولویت‌بندی بسترهای جذبی استفاده شد که نتایج هر دو روش اولویت‌بندی یکسان بود و در نهایت برای جاذب‌های ذیل ترتیب اولویت‌بندی محاسبه و ارائه گردید.

جدول شماره ۳- نتایج نهایی اولویت‌بندی شاخص‌ها با استفاده از

روش تاپسیس	
A ₁	زغال فعال
A ₃	زغال فعال پوشش داده شده با TEDA
A ₂	زغال فعال پوشش داده شده با HMTA
A ₄	زئولیت‌های نقره

با توجه به نتایج یکسان حاصل از هر دو روش اولویت‌بندی، مشخص شد که با توجه به تاثیر گذاری هریک از معیارها در شاخص‌های مورد بررسی ترتیب اهمیت و اولویت شاخص‌ها به صورت ذیل می‌باشد: زغال فعال > زغال فعال پوشش داده شده با TEDA > زغال فعال پوشش داده شده با HMTA > زئولیت‌های نقره

بحث

در کلیه صنایع و کشورهایی که فن آوری هسته‌ای در آنها دارای سابقه طولانی می‌باشد، استفاده از جاذبهای زغال فعال پوشش داده شده با TEDA دارای کاربری زیادی می‌باشد [۶]. اما در کلیه تجهیزات مورد استفاده در شرایط اضطراری، استفاده از تجهیزات تصفیه کننده هوای حاوی زغال فعال معمولی نیز توصیه می‌گردد [۱۱]. بر اساس رتبه‌بندی با روش تاپسیس ترتیب اولویت‌بندی شامل زغال فعال معمولی، زغال فعال پوشش داده شده

References:

- [1] World Health Organization. Guidelines for iodine prophylaxis following nuclear accidents. Update 1999; 87.
Available at: www.who.int/environmental_information/Information_resources/documents/Iodine/guide.pdf. 1023, 2011.

- [2] ATSDR. Radiation Exposure from Iodine-131. 2002; 123.
Available at: www.ASTDTR.gov/Iodine_report_pdf_5_12_2010.pdf.

- [3] IAEA. Fukushima Nuclear Accident. 2011; 76. Available at: www.iaea.org/news_center/news/sumani_update01.html. 10 5 2011.
- [4] Rosenfeld L. Discovery and Early Uses of Iodine. *J Chem Educ* 2000, 77(8): 5.
- [5] Nikpey A. Setareh H. Removal of Methyl Iodide from air with Amin salts-Imprregnated Activated Carbon Beds. *14th National Congress of Environmental Health in Yazd*, 2011, Yazd, Iran.
- [6] U.S. Department of Energy. Airborne Release Fractions/Rates and Respirable Fractions for Non Reactor Nuclear Facilities. Washington: D.C; 1994. p. 125-33.
- [7] Paul Yoon K. Hwang Ch. An Introduction to Multi Criteria Decision Making. 3th ed. California: Sage University; 2004. p. 202-210.
- [8] Kilgour M. Eden C. Group Decision Making & Negotition, 5th ed. London: Springer; 2010. p. 52-80.
- [9] Toloei A. A new Apporach for Classification of Wieghting Methods. *IEEE International Conference of Management of Innovation & Technology Singapore*, 2006, [Singapore, Sinpapore]
- [10] Yonstantinov YO. Decision Making Criteria for Radiation Emergency Planning and Response in Russia, St. Petersburg Russia: Research Institute of Radiation Hygiene; 1974.
- [11] U.S. Federal Emergency Management Agency. Guidance for developing state, tribal, and local radiological emergency response planning and preparedness for transportation accidents Federal Emergency Management Agency Report. FEMA REP-5, rev 2.Washington: FEMA; 1998. p. 23-67.