مدیریت شهری
شماره ۳۱ بهار و تابستان ۹۲
No.31 Spring & Summer
۳۳۵-۳۵۵
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۹/۲۰ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۶/۳۰

رتبه بندی حوزه های مختلف ریسک زیست محیطی و سلامت انسان در فناوری نانو با استفاده از روش Topsis و AHP در محیط فازی

محمد جوانمردی- دانشجوی دکتری رشته مهندسی صنایع دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران.
پردیس علیزاده- دانشجوی مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، اصفهان، ایران.
عبدالعزیز راد درویش- مشاور رئیس سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، تهران، ایران.
سمانه کشایی- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

چکیده

فناوری نانو را منشا تحولات فناورانه و انقلاب صنعتی آینده می دانند و بسیاری از کشورها اقدام به توانمندسازی خود در رویارویی با این فناوری نموده اند. این فناوری در مراحل اولیه رشد خود است و انجام پیش بینی های دقیق در خصوص روند توسعه و ابعاد آن امکان پذیر نیست. سیاست گذاری گسترش فناوری های نوین بویژه علوم مرتبط با نانو، مستلزم بررسی ابعاد و جوانب مختلف عملکردی اقدامات پژوهشی می باشد. یکی از منابع عملکردی تولید علم، قلمرو آثار زیست محیطی آنهاست. با توجه به اهمیت این موضوع، ارزیابی خطرات زیست محیطی در همان مرحله ی اولیه ی تولید علم و تولید ایده می تواند تاثیرات چشم گیری بر پیشگیری از گسترش آسیب زیست محیطی و تاثیرات پیشبرنده‌ای بر توسعه پایدار علم داشته باشد. در این تحقیق سعی شده است که ابتدا حوزه های تحقیقاتی علم نانو از حیث خطرپذیری زیست محیطی با نظر خبرگان و تکنیک AHP اولویت بندی شود. سپس طبقات مختلف ریسک با توجه به اوزان بدست آمده برای هر یک از حوزه های تحقیقاتی و میزان ریسکی که در هر طبقه از ریسک ایجاد می کنند و با استفاده از روش TOPSIS فازی، رتبه بندی می گردند. با توجه به اینکه این پژوهش نتیجه انجام یک پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد لذا طریقه ی استخراج عوامل با استفاده از ادبیات تحقیق در پژوهش به تفصیل آورده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین خطرات در حوزه ی فناوری نانو در مراحل اولیه تولید ایده مربوط به خطر سرطانزایی مواد می باشد. پس از آن مواد حساسیت زای پوستی و خطرناک برای محیط های آبزی سلامت انسان و محیط زیست را تهدید می کند و کمترین تاثیر مربوط به مواد جهش زای ژنتیکی است. محاسبات انجام شده جهت افزایش دقت در محیط فازی به روش محاسبات فازی و محاسبات غیر فازی انجام شده است که نتایج بدست آمده در رتبه بندی بسیار به یکدیگر نزدیک می باشند.

واژگان کلیدی: تاپسیس، نانوتکنولوژی، ریسک زیست محیطی، تجزیه تحلیل سلسله مراتبی، محیط فازی.

A Hybrid Approach Using Fuzzy AHP to Determine the Relative Weights of Risk Creation Ingredient and Fuzzy Topsis to Rank the Risk Various Precinct of Nanotechnology Science

Nanotechnology is the origin of technological developments and considers the next industrial revolution, and many countries in attempting to meet their empowerment have the technology. This technology is in early stages of their growth and does detailed predictions about the development process and its dimensions is not possible. Policy development of new technology, especially nano-related science, involves various aspects and dimensions of performance measures are research. Functional source of knowledge production, the environmental effects of their territory. Considering the importance of this issue, assessment of environmental risks in the initial stage of production of knowledge and ideas can produce beneficial effects on preventing the spread of environmental damage and the impact of a promoter of sustainable development is knowledge. The study has tried the effect of each of the environmental risk factors using fuzzy AHP are given. Then, according to the weights obtained for each factor using fuzzy TOPSIS risk levels created in the desired areas are ranked. Considering that the study results do a master's thesis is so way using factors extracted from literature research study are presented in detail. The results showed that nano-particles and nano-fibers, the greatest impact on various areas of risk and Fullerenes are having the least risk to the environment can result. Also according to the results that can be downloaded from the influence of factors causing cancer and in contact with sensitive skin and are the least effect on these factors are genetic. Performed calculations to increase accuracy in fuzzy environment using non-fuzzy computing and fuzzy computing has been done results in the ranking are very close to each other.

Keyword: TOPSIS, nanotechnology, Environment existence risk, Analytic Hierarchy Process, Fuzzy environment.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

۱-مقدمه

در قرن حاضر انقلاب صنعتی جدیدی در جریان است که در مدتی کوتاه کاربردهای بسیار گسترده ای در صنایع الکترونیک، پزشکی، دارویی، کالاهای مصرفی و غیره پیدا کرده است. فناوری نانو، علم دستکاری مواد در مقیاس بحرانی ۱۰۰-۱ نانو متر است. این کار بیشتر از یک رویکرد مهندسی پیروی می کند تا یک رویکرد علمی، اگر چه پایه و اساس آن را علوم بیولوژی، فیزیک، شیمی و علم مواد تشکیل داده و امیدوار است که این علوم را به صورت چشمگیری تغییر دهد. اریک دلکسر نانو تکنولوژی را ماشین خلق و آفرینش می نامند، چرا که این تکنولوژی با دستکاری اتم ها و مولکول ها در مقیاس زیر ۱۰۰ نانومتر، به ساختارهایی با ویژگی های اتمی، فیزیکی و شیمیایی خاص و متفاوت از مواد دست می یابد. شاید جرقه های ورود به این دانش در سخنرانی سال ۱۹۵۹ریچارد فیمن[1] فیزیکدان موسسه تکنولوژی کالیفرنیا نهفته باشد که با جمله ی معروف "فضا های زیادی در یک نقطه وجود دارد" [2]، مفهوم نانو تکنولوژی را پیشنهاد کرد (Glenn,2006).

اما خواص بسیار جدید ناشی از دستکاری اتم ها در این مقیاس، سوالات متعددی را از قبیل ساخت، مصرف و سلامت و محیط زیست به ذهن ایجاد می کند. اگر مواد نانویی مهندسی شده، خواص فیزیکی متفاوتی از جسم مانند خود، در مقیاس عادی دارند، آیا ممکن است خطرات جدید تری برای انسان و محیط زیست آن، در مراحل ساخت، استفاده و دفع آن داشته باشند؟ با وجود گذشت بیش از ده سال از ورود اولین محصولات نانویی به بازار و استفاده رو به افزایش این تکنولوژی در پزشکی، دارو سازی، صنایع الکترونیک و غیره اطلاعات بسیار کمی در مورد جوانب خطرآفرین آن برای سلامت، ایمنی ننعتی و محیط زیست در دست است (Fair-brother, 2007). شاید زمانیکه این محصولات برای ورود به بازار تولید می شدند، کمتر کسی متوجه خطرات بالقوه ی آن برای سلامت انسان و محیط زیست بود، حال آنکه مطالعاتی که روی واکنش های بیولوژیکی برخی از مواد نانو انجام شد، نشان داد که عموم ذرات نانو با شکستن لایه ها و شکل انواع اکسیژن های واکنش پذیر بر ووی ارگانیسم های زنده تاثیر می گذارند (Fair-brother, 2007)، همچنین می تواند از طریق تنفس، بلع و پوست به بدن انسان وارد شده و وارد خون شود. با این حال، اگر چه تحقیقاتی سم شناسی نانو مواد هنوز دوران طفولیت خود را طی می کنند و هیچ رویه ی استانداردی برای پارامترهای سنجش در آزمایشات وجود ندارد (Friedrichs, 2007) ولی شواهد آزمایشاتی فراوانی در این باره، نگرانی های گسترده-ای را بر انگیخته است. به طوریکه در سال های اخیر دولت ها از موسسات دولتی و غیر دولتی صنعتی و غیر صنعتی خواسته اند تا موضوع سلامت و ایمنی زیست محیطی نانو را بررسی و خطر آفرینی آن را به حداقل برسانند. دپارتمان محیط زیست کانادا و دیگر کشورها تحقیقاتی اولیه را برای پاسخ به این سوال انجام داده اند که چه خصوصیات و ویژگی هایی اگر در یک نانو ذره وجود داشته باشد، ممکن است برای سلامت انسان، محیط زیست و گیرنده های زیست محیطی ایجاد خطر نماید. این گونه تحقیقات در حال حاضر و همین طور از دیدگاه جامعه در اولویت تحقیقات ریسک زیست محیطی نانو قرار دارد. (Fairbrother, 2007). با توجه به اهمیت این موضوع و گسترش تمایل محققین علوم مختلف در ایران به پژوهش و تولید ایده در حوزه ی فناوری نانو، تحقیق حاضر به بررسی وضعیت و پیش بینی ریسک اقدامات پژوهشی در این

1. R. Feynman
2. There's Plenty of Room at the Bottom

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

حوزه پرداخته است تا شاید گام نخستی باشد در ادامه ی مطالعات مربوط ریسک و شناخت جوانب خطرزایی مواد نانو، که علاوه بر پیشگیری از گسترش آسیب های سلامت انسان و محیط زیست، تاثیرات پیشبرنده ای بر توسعه ی پایدار این تکنولوژی جدید، خواهد داشت.

تصمیم گیری چند معیاره یکی از حوزه های تحقیق در عملیات و علوم مدیریت بوده که در طول دهه اخیر با توجه به نیازمندی های کاربردی گوناگون به سرعت توسعه یافته است. با کمک کامپیوترها تکنیک های تصمیم گیری در تمام حوزه های فرآیند تصمیم گیری بسیار قابل قبول گردیده اند. به طور خاص در چند سال اخیر، استفاده از کامپیوتر بسیار افزایش یافته است، بنابراین کاربرد روش های تصمیم گیری چند معیاره برای استفاده کنندگان با توجه به پیچیدگیهای ریاضی در اجرا بسیار آسان گردیده است. تصمیم گیری رویه ای برای پیدا کردن بهترین گزینه از میان مجموعه ای از گزینه های موجود است. زمانی که در مسایل تصمیم گیری، چندین معیار در نظر گرفته شود مسایل تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) نامیده می شود(wang et al 2003).

با وجود کاربرد بسیار گسترده و موفق AHP در بسیاری مسایل تصمیم گیری، همیشه یک انتقاد بر آن وارد است و آن ناتوانی روش در مدیریت عدم قطعیت ناشی از انتساب اعداد صحیح به درک تصمیم گیران است (deng,1999). راهکار طبیعی مقابله با قضاوت ها یا تصمیم های غیرقطعی، استفاده از مجموعه های فازی یا اعداد فازی در بیان نسبت های مقایسه است. در این پژوهش چارچوب ارایه شده برای تحلیل و ارزیابی ریسک تحقیقات نانو شامل چندین مرحله است که در بخشی از آن جهت تعیین وزن معیارها از روش AHP فازی استفاده شده است. تکنیک TOPSIS یکی از تکنیک های معروف برای MCDM کلاسیک است که اولین بار توسط Hwang و همکارش معرفی گردید. منطق اصولی TOPSIS تعریف جواب ایده آل و ضد ایده آل می باشد. جواب ایده آل جوابی است که معیارهای سود را ماکزیمم و معیارهای هزینه را مینیمم می کند. به طور خلاصه جواب ایده آل شامل تمام بهترین مقادیر معیارهای در دسترس می باشد در حالی که جواب ضد ایده آل ترکیبی از بدترین مقادیر معیارهای در دسترس می باشد. بنابراین گزینه بهینه گزینه ای است که کوتاهترین فاصله از جواب ایده آل و بیشترین فاصله را از جواب ضد ایده آل داشته باشد. نظر به اینکه TOPSIS روشی معروف برای مسائل MCDM کلاسیک می باشد بسیلی از محققان از آن برای حل مسائل FM-CDM استفاده می کنند؛ عده ای از محققان نرخ ها و اوزان فازی را به مقادیر قطعی فازی زدایی نموده اند (Yen et al 2002). در حالی که فازی زدایی باعث از دست دادن مقداری از اطلاعات می گردد. دیگران چون Chen ,Liang Raj , Kumar, فرض نموده اند که می بایست TOPSIS در محیط فازی تعمیم یابد (Raj et al 1999,Chen et al 1992). بایوکوزکان در سال ۲۰۰۷ با استفاده از AHP و TOPSIS فازی به تعیین استراتژی و زیر معیارهای انتخاب بهترین شریک برای سازمان و تعیین بهترین شاخص ها و انتخاب بهترین گزینه پرداختند. در سال ۲۰۰۸ مساله برنامه ریزی غیر خطی با مقیاس های چند هدفه با استفاده از ساختار بلوک زاویه ای برای تعیین اولویت سفارش دهی مورد استفاده قرار دادند. در سال Wnge et al 2007 از Topsis فازی برای کمک به آکادمی نیروی هوایی تایوان در تعیین بهترین روش آموزش نیروی هوایی در محیط فازی استفاده کردند. «لی» در سال ۲۰۰۷ برای توسعه نرخ سازگاری از یک روش برای تصمیم گیری چند

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

شاخصه در محیط فازی که یکی از بهترین بخش های تصمیم گیری است استفاده نمود.Aman et al در سال ۲۰۰۷ با استفاده از Topsis سلسه مراتبی فازی مدلی را برای ارزیابی چند معیاره صنعت رباتیک پیشنهاد نمودند. مارتین و همکاران در سال ۲۰۰۷ یک رویکرد Topsis فازی را برای ارزیابی پویایی کیفیت خدمات سه هتل در ایسلند ارائه نمودند. ونگ و همکاران در سال ۲۰۰۶ روش TOPSISفازی براساس سطح α و رو ش های حل برنامه ریزی خطی ارائه کردند. چن و دیگران، در سال ۲۰۰۶ رویکرد Topsis فازی را جهت انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین مورد استفاده قرارداده است.

با توجه به مطالب ارائه شده در این پژوهش ابتدا با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی عوامل ایجاد کننده ریسک را در علم نانو وزن دهی نموده و میزان تاثیر هر یک را معین می نماییم. سپس با استفاده از روش TOPSIS حوزه های ریسک مختلف را در علم نانو رتبه بندی می نماییم. با توجه به ویژگی هایی که بیان شد جهت افزایش دقت، نتایج محاسبات در محیط فازی انجام شده است. لازم به توضیح است که عوامل ایجاد کننده ریسک و همچنین حوزه های مختلف با مطالعه ادبیات تحقیق و روش داده کاوی شناسایی شده اند که جزئیات آن در ادامه آورده شده است.

۲- روش تحقیق

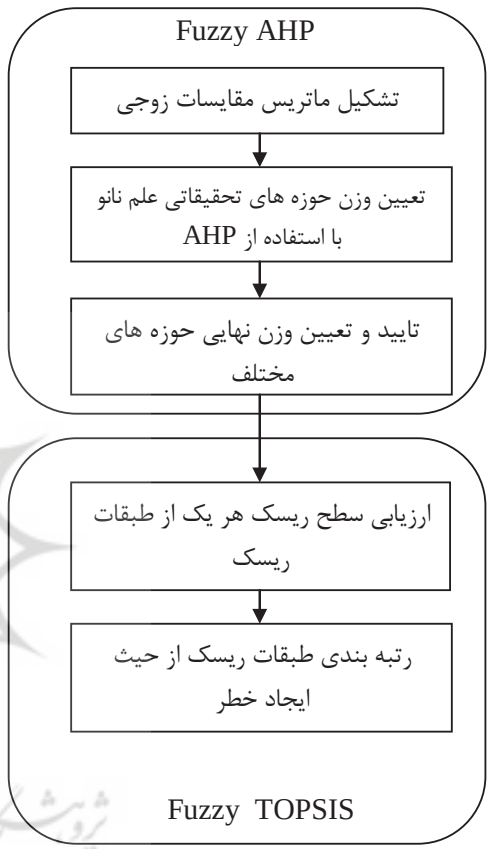
انتخاب روش تحقیق بستگی به اهداف و ماهیت موضوع پژوهش و امکانات اجرایی آن دارد. بنابراین هنگامی می توان درمورد روش تحقیق تصمیم گرفت که ماهیت موضوع پژوهش و همچنین اهداف و وسعت آن مشخص باشد. در بسیاری از مواقع، در پژوهش از روش تحقیق ترکیبی استفاده می گردد.» میلر «معتقد است که جهت گیری های طرح تحقیق را در سه زمینه می توان تفکیک کرد که عبارت اند از: بنیادی، کاربردی، و ارزشیابی. ماهیت موضوع در تحقیق این است که محقق در پی بررسی پیامدهای تدابیر رفع مسائل اجتماعی یا پیامدهای اقدامات رایج است و هدف تحقیق نیز فراهم آوردن بررسی اجتماعی دقیقی از پیامد برنامه ای است که برای مسئله ای اجتماعی اعمال شده است (میلر، ۱۳۸۰). این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر نوع پژوهش اکتشافی- توصیفی است. در این راستا، اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از روش کتابخانه‌ای استخراج گردید. لازم به توضیح است که این پژوهش بخشی از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد که روش شناسایی حوزه های ریسک و عوامل ایجاد ریسک به روش داده کاوی در آن انجام شده است (کشایی، ۱۳۹۰). سپس به منظور تحلیل بهتر عوامل از دو پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه اول شامل مقایسات زوجی عناصر پایه علم نانو و پرسشنامه دوم شامل تاثیر عناصر پایه بر ریسک می باشد. این پرسشنامه ها توسط خبرگان و پژوهشگران علم نانو که حداقل با دو حوزه عناصر پایه مورد بررسی در این پژوهش آشنایی داشتند، تهیه گردیده است.

۳- مدل مفهومی تحقیق

بر اساس مطالعات انجام شده و ارائه شده در این مقاله، مدل مفهومی مقدماتی تحقیق در شکل شماره ۱ طراحی شده است که بر اساس آن ابتدا طبقه بندی ریسک مواد خطرناک در حوزه ی زیست محیطی و سلامت انسان بر اساس قوانین بین المللی شناسایی و استخراج می گردند. سپس با استفاده از میزان گرایش محققین نانو به حوزه های مختلف عناصر پایه در علم نانو که حوزه های تحقیقاتی علم نانو نامیده می شوند، طبقات ریسک مورد اولویت بندی قرار می گیرند. بدین منظور ابتدا با استفاده از ماتریس مقایسات

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

زوجی و روش هایی که در بخش مربوطه تبیین شده است، وزن هر طبقه را تعیین شده و در پایان با استفاده از تکنیک TOPSIS به رتبه بندی طبقات ریسک زیست محیطی و سلامت انسان پرداخته شده است.

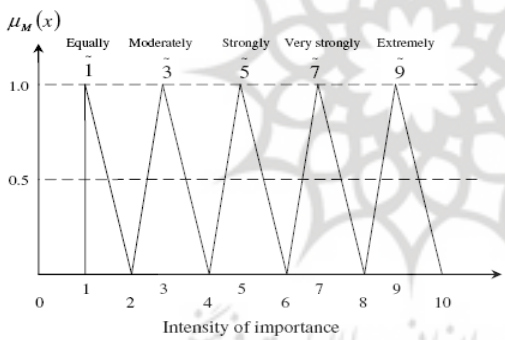


۴- مروری بر روش TOPSIS و AHP و محاسبات فازی

قبل از اینکه روش های وزن دهی و رتبه بندی مورد بررسی قرار گیرد، باید توضیحی در مورد اعداد فازی مورد استفاده، ارائه شود. در این مقاله از عبارت های کلامی به جای اعداد قطعی برای تعیین وزن شاخص ها و همچنین رتبه بندی گزینه ها استفاده شده است. جدول یک عبارت های کلامی را جهت توصیف اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر ارائه می کند.

در جدول شماره ۲ متغیرهای زبانی جهت بیان اولویت حوزه های ریسک نسبت به یکدیگر ارائه گردیده است.

در این پژوهش برای پیشگیری از ابهام ناشی از عدم قطعیت در تصمیم گیری در همه مراحل



شکل ۱. تابع عضویت مثلثی برای مقادیر زبانی؛ ماخذ: Gumus,2009

جدول ۱. عبارت های کلامی جهت مقایسه های زوجی برای بیان درجه اهمیت؛ ماخذ: Gumus,2009

عدد فازی	متغیر زبانی	مقیاس عدد فازی
۱	برابر	(۱،۱،۱)
۲	برتری خیلی کم	(۱،۲،۳)
۳	کمی برتر	(۲،۳،۴)
۴	برتر	(۳،۴،۵)
۵	خوب	(۴،۵،۶)
۶	نسبتا خوب	(۵،۶،۷)
۷	خیلی خوب	(۶،۷،۸)
۸	عالی	(۷،۸،۹)
۹	برتری مطلق	(۸،۹،۱۰)

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

جدول ۲. متغیرهای کلامی مرتبط با اولویت ریسک در هر یک از حوزه های تحقیقاتی؛ ماخذ: sun,2010

اعداد مثلثی فازی مطابق با متغیرهای کلامی	متغیرهای کلامی
(۰،۱،۳)	خیلی ضعیف
(۱،۳،۵)	ضعیف
(۳،۵،۷)	متوسط
(۵،۷،۹)	زیاد
(۷،۹،۱۰)	خیلی زیاد

از اعداد فازی مثلثی ارائه شده در جدول شماره ۱ برای نشان دادن نتیجه مقایسات زوجی در AHP استفاده می شود. یک عدد فازی مثلثی که با($\tilde{A}$=l,m,u) نشان داده می شودکه دارای تابع عضویت زیر می باشد. در این پژوهش، تابع عضویت انتخاب شده برای اعداد فازی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

در اعداد فازی مثلثی دو شاخص بکار می رود: شاخص سطح اطمینان و شاخص خوش بینی. شاخص سطح اطمینان (α) نشان دهنده میزان اطمینان تصمیم گیرنده در اولویت بندی و قضاوتش می باشد. با تعریف (α) عدد فازی مثلثی مطابق شکل شماره ۲ تعریف می شود (Özdemir et al 2008):

$$\mu_F(x)=\begin{cases}0, & x<l\\ x-l/m-l, & l\le x\le m\\ u-x/u-m, & m\le x\le u\\ 0, & x>u\end{cases} \quad (۱)$$

$$\forall\alpha\in[0,1]\ \ M_\alpha=\left[l^\alpha,u^\alpha\right]=\left[(m-l)\alpha+l,-(u-m)\alpha+u\right] \quad (۲)$$

تصمیم گیری ها بر دو دسته می باشند که دسته اول تصمیم گیری بر اساس چند معیار و دسته دوم تصمیم گیری بر اساس چند هدف متفاوت می باشد. MCDM معمولابرای انتخاب بهترین گزینه ارائه شده استفاده می شود که ممکن است معیارهای آنها با یکدیگر در تعارض باشد. MODM که تصمیم گیری چند هدفه می باشد می تواند به طور همزمان بر چند هدف که متناقض هستند تمرکز کرده و با روشهای برنامه ریزی ریاضی بهترین راه حل را ارائه دهد (زنجیرانی، ۱۳۸۵).

MODM به برتری نسبی اهداف و ارتباط بین اهداف و شاخص ها توجه می کند.(Yung 2007 MADM) برای انتقال بهترین گزینه از بین گزینه های پیشنهاد شده با توجه به شاخص های ارزیابی هر گزینه به کار می رود. این روش به دلیل داشتن معیارهای ذهنی یک رویکرد توصیفی است. هدف آن تعیین بهترین گزینه در حالیکه بتواند بیشترین رضایتمندی را ایجاد کند (Yung et al 2007).

روش های ترکیبی و روشهای فاصله ای و روشهای برتری نسبی از جمله روش های رایج MCDM می باشد (Romero 2000). «بلتون و دیگران» یک دسته بندی گسترده در سه گروه برای MCDM ارائه دادند:

_ دسته اول: مدل سنجش ارزش در معیارها براساس تئوری کاربرد چند شاخصه و فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی AHP به کار می رود؛

_ دسته دوم: مدل رتبه دسته بندی غیر رتبه ای می باشد که در این روش با استفاده از مقایسات غیر رتبه ای گزینه های غیر موثر حذف می شود؛

_ دسته سوم: مدل تکنیک انتخاب براساس ایده آل ترین گزینه Topsis می باشد.

یکی از برجسته ترین روش های MCDM، روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می باشد که این روش ابتدا ارتباط بین وزن شاخص ها را محاسبه و ارزش کلی هر گزینه بر اساس وزن بدست آمده را محاسبه می کند (Saaty 2001) و (Saaty 1980). در مقایسه با سایر روش های MCDM، AHP به شکل گسترده تری برای تصمیم گیری چند معیاره به

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

کار می رود و معمولاً نتایج بهتری را ارائه می کند (Saaty, 1988). علی رغم کاربرد وسیع AHP، از این روش در شرایط عدم اطمینان و غیردقیق انتقادهایی شده است (Cheng,1999). روش های دیگر Topsis ،MCDM می باشد که براساس کمترین فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت و بیشترین فاصله از ایده آل منفی بهترین گزینه را انتخاب می کند اطلاعات بیشتری در مورد جزئیات روش Topsis در مقاله yoon ارائه شده است (yoon, et al 1981). روش های Topsis ، AHP فقط قادرند در شرایط اطمینان و با اطلاعات دقیق نتایج مطلوبی را ارائه کنند اما گاهی اطلاعات دقیق دردست نیست در این حالت بهترین روش برای تصمیم گیری روش مقایسه ای از تصمیم گیری فازی می باشد (زنجیرانی و همکاران). AHP یکی از قویترین روش های تصمیم گیری برای تعیین اولویت معیارها است. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۰ توسط Chvan Lee و همکاران انجام شد از روش Topsis برای رتبه بندی یک استراتژی مناسب با ارزیابی استفاده شده است. در این مقاله از ANP جهت محاسبه وزنهای ورودی استفاده شده است. (Chvan Lee, 2010) AHP فازی یکی از قویترین روش های تصمیم گیری است برای تعیین اولویت معیارها: (Isiklar et al 2006). مطالعات عددی بسیار زیادی که در آن از روش AHP فازی برای حل مسائل مختلف مدیریتی استفاده شده است وجود دارد و Chv et al 2008 روش فرآیند تجزیه و تحلیل فازی و کاربرد از ماتریس قضاوتی جهت سنجش درک افراد استفاده کردند. Pan در سال ۲۰۰۸ برای انتخاب ساختار پل مناسب از روش AHP فازی استفاده نمود. Can-bolat در سال ۲۰۰۸ با استفاده از AHP فازی یک سیستم دسته بندی موجودی ارائه نمود و همچنین در سال ۲۰۰۸، چن و دیگران، با به کارگیری متغیرهای زبانی فازی ثبات و قضاوت دو جانبه در ماتریس AHP فازی مورد ارزیابی قرار دادند. Fei و همکارانش در سال ۲۰۰۸ برای انتخاب یک سیستم مدیریتی محیط زیست موفق از دسته بندی معیارها استفاده نمودند. Sharma et al در سال ۲۰۰۸ با استفاده از روش AHP برای بهینه سازی شبکه توزیع استفاده ننمودند. Costa et al در سال ۲۰۰۸ کاربرد برداری ویژه در روش AHP مورد بررسی قراردادند. فیروز آبادی و همکاران در سال ۲۰۰۸ از روش AHP برای انتخاب خرید سهام مناسب از دیدگاه سهامداران استفاده نمودند.Kuo و همکاران در سال ۲۰۰۷ با استفاده از روش Topsis راه حلی را برای انتخاب محل استقرار مناسب در محیط فازی ارائه نموده است. Gumus در سال ۲۰۰۹ با استفاده از روش AHP و Tosis فازی در شرکت مناسب را برای حمل و نقل پسماندهای خطرناک به کار برد. یکی از روش های MADM است که m گزینه را با n بعد در یک فضای هندسی مقایسه می کند ابعاد این فضا را تعداد معیارها تشکیل می دهد و گزینه ها به شکل نقطه در این فضا ظاهر می شود (Sun, 2010). این روش براساس نزدیک بودن روش انتخاب شده بر ایده آل مثبت و دور بودن آن از ایده آل منفی بهترین گزینه را انتخاب می کند (Wang chang 2007, Yoon et al 1981). اغلب برای تصمیم گیرندگان ارائه یک مقدار دقیق برای شاخص های سنجش، مشکل بوده و باعث بروز خطا می شود. دراین حالت شایسته است که از اعداد فازی برای سنجش استفاده شود. روش Topsis نیز براساس اعداد فازی مورد استفاده قرار گرفته است (Kuo et al 2007 و yang et al 2007). روش Topsis فازی برای حل مسائل تصمیم گیری گروهی و چند شاخصه بسیار مناسب است. (Sun 2010). در استفاده از روش Topsis از روابط ریاضی نیز استفاده شده است که از مقالات Nebol et al و Wang Kuo et al chang (۲۰۰۷) اقتباس گردیده است. در سالهای اخیر از Topsis فازی برای رتبه بندی در زمینه های مختلف استفاده شده است. Lin chang (۲۰۰۸) از Topsis فازی برای انتخاب سفارش و مقدار قیمت گذاری توسط تامین کننده برای وقتی سفارش بیشتر

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

از ظرفیت تولید است استفاده نمودند. همچنین، چن و همکاران در سال ۲۰۰۸ روش تاپسیس فازی را در راستای ارزیابی فاصله ای برای آنالیز تصمیم گیری مورد استفاده قرار دادند.

برای تخمین درجه موفقیت می توان از شاخص خوش بینی μ استفاده نمود که برای تصمیم گیرنده مشخص می گردد. مقدار بیشتر شاخص μ نشان دهنده درجه بالاتری از خوش بینی می باشد. شاخص خوش بینی همانطور که در فرمول پایین نشان داده شده است یک ترکیب محدب خطی می باشد (Lee,1999):

$$\tilde{a}_{ij}^{\alpha} = \mu a_{iju}^{\alpha} + (1-\mu)a_{ijl}^{\alpha}, \quad \forall \mu \in [0,1] \qquad (۳)$$

به این ترتیب ماتریس زیر از مقایسات زوجی بدست می آید.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^{\alpha} & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{1n}^{\alpha} \\ \tilde{a}_{21}^{\alpha} & 1 & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{2n}^{\alpha} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^{\alpha} & \tilde{a}_{n2}^{\alpha} & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (۴)$$

پس از تکمیل مقایسات زوجی بردار وزن شاخص ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد که maxλ بزرگترین مقدار ویژه ماتریس است:

$$Aw = \lambda_{\max} w \qquad (۵)$$

پس از ساختن کلیه ماتریس های مقایسات زوجی بین معیارها و زیر معیار ها برای هریک از ماتریس ها باید نرخ سازگاری(CR) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۶)$$

شاخص سازگاری (CI) میزان انحراف از سازگاری را نشان می دهد که به طریق زیر بدست می آید:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \qquad (۷)$$

در فرمول بالا n اندازه ماتریس مقایسات زوجی و RI شاخص سازگاری تصادفی یا همان شاخص میانگین وزن های تولید شده به صورت تصادفی است که می توان آنها را از جدول مربوطه استخراج نمود (Saaty, 1980). اگر (CR) بدست آمده کمتر از ۰.۱ باشد، مقایسه های انجام شده قابل قبول است در غیر اینصورت باید مقایسات، بار دیگر با اطلاعات بیشتر و دقیق تر و توسط افرادی که تجربه بیشتری دارند، صورت گیرد.

پس از اینکه با استفاده از روش فوق وزن معیارها محاسبه شد، یک ماتریس تشکیل می گردد که شامل m سطر و n ستون می باشد. هر ستون نشان دهنده یک شاخص سنجش و هر سطر نماینده یک حوزه از ریسک است. این ماتریس مقایساتی که با استفاده از متغیرهای کلامی جدول شماره ۲ تکمیل می گردد به شکل زیر نمایش داده می شود.

(۸)

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} F_1 & F_2 & \cdots & F_j & \cdots & F_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1j} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2j} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f_{i1} & f_{i2} & \cdots & f_{ij} & \cdots & f_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mj} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

سپس در مرحله بعد ماتریس بدست آمده نرمالایز می شود. روش های نرمالایز کردن متفاوت است که دو نمونه آن بیان می گردد. در روش اول داده ها را به شکل تقسیم هر داده بر جذر مجموع مجذور داده ها نرمالایز نموده، که فرمول آن (۹) در ادامه ارائه شده است:

در روش دوم می توان داده های هر ستون را بر

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

ماکزیمم آن ستون تقسیم نمود بر این اساس پس از نرمالایز کردن داده ها بین عدد صفر و یک قرار دادن که عدد یک همان داده ماکزیمم می باشد.پس از نرمالایز کردن داده ها ماتریس نرمالایز وزین شده تشکیل می شود که برای ایجاد آن باید داده های ماتریس بدست آمده را در بردار وزن محاسبه شده در روش AHP ضرب نماییم. روش محاسبه آن با فرض اینکه W بردار وزن باشد به شکل شماره ۱۰ است:

$$\upsilon_{ij} = \omega_i r_{ij} \quad (۹)$$

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} f_{ij}^2}} \quad (۱۰)$$

بر اساس ماتریس بدست آمده اکنون می توان گزینه های ایده آل مثبت و منفی را تعریف نمود:

$$\upsilon_i^{*-} = \begin{cases} \max\limits_{1\le j\le n}\{\upsilon_{ij}\} & (f_i \in F^2) \\ \min\limits_{1\le j\le n}\{\upsilon_{ij}\} & (f_i \in F^1) \end{cases} \quad (۱۱)$$

$$\upsilon_i^{*+} = \begin{cases} \max\limits_{1\le j\le n}\{\upsilon_{ij}\} & (f_i \in F^1) \\ \min\limits_{1\le j\le n}\{\upsilon_{ij}\} & (f_i \in F^2) \end{cases} \quad (۱۲)$$

همانطور که در توابع بالا نشان داده شده است، ایده آل ها را می توان با استفاده از ماکزیمم عدد یک شاخص و مینیمم عدد یک شاخص محاسبه نمود. البته در بعضی مقالات ایده آل مثبت را ماتریس وزن و ایده آل منفی را عدد صفر در نظر می گیرند. پس از محاسبه ایده آل ها به محاسبه فاصله امتیاز هر آلترناتیو از ایده آل خودش پرداخته و مجموع فاصله ها طبق فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$D^{*-}(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (\upsilon_{ij} - \upsilon_i^{*-})^2} \quad (۱۳)$$

$$D^{*+}(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (\upsilon_{ij} - \upsilon_i^{*+})^2} \quad (۱۴)$$

(۱۵)

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2\right]}$$

و در پایان با استفاده از مقادیر بدست آمده ضریبccjرا برای هر گزینه مشخص می نماییم و بر اساس این ضرایب آنها را رتبه بندی می کنیم.

$$C^*(x_j) = \frac{D^{*-}(x_j)}{D^{*+}(x_j) + D^{*-}(x_j)} \quad (۱۶)$$

همانطور که بیان شد، گزینه ای که ccj بزرگتری داشته باشد مطلوب تر است.

۵- تعریف متغیرهای تحقیق

- طبقه بندی ریسک مواد خطرناک

تحقیقات سلامت، ایمنی و محیط زیست در حوزه ی فناوری نانو بحث بسیار جدیدی است و تا کنون تلاش های اندکی در زمینه ی ارزیابی ریسک نانو مواد از مرحله ی تولید ایده تا دفع نهایی نانو ماده و خطرات بالقوه ی بر روی انسان و محیط زیست انجام گرفته است. تمامی محققین به این امر اذعان دارند که هنوز تحقیق جامعی که خطرات بالقوه نانو ماده خاص را در تمامی طول عمر آن بررسی نماید، انجام نگرفته است. در این پژوهش به منظور ارزیابی ریسک تحقیقات نانو در مرحله ی تولید ایده، تصمیم گرفته شد تا از ارزیابی میزان کاربرد مواد شیمیایی خطرناک[3] در این گونه تحقیقات استفاده شود. بدین منظور در حوزه ی مواد و ترکیبات خطرناک[4] برای سلامت انسان و محیط زیست، قوانین و دستورالعمل هایی که در سراسر دنیا، به طبقه بندی نوع و شدت خطر مواد شیمیایی پرداخته بودند، شناسایی گردید. سرانجام پس از بررسی هدف و محدوده ای که در هر قانون به آن پرداخته شده بود، لیست مشورتی

3- Hazardous chemicals

4- Hazardous substances and mixtures

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

سازمان محیط زیست دانمارک به منظور هدفی که پژوهش حاضر دنبال می کرد، مناسب تشخیص داده شد. بنابراین مواد و طبقه بندی هر یک با توجه به قانون یاد شده، استخراج گردید. پس از آن لیست مواد و ترکیبات این قانون، از نظر در دسترس بودن و موجود بودن در ایران بررسی و پس از آن در سنجش ریسک سلامت و زیست محیطی اقدامات پژوهشی در ایران، مورد استفاده قرار گرفت.

• لیست مشورتی طبقه بندی مواد خطرناک

این لیست که توسط سازمان حفاظت از محیط زیست دانمارک در سال ۲۰۰۴ منتشر گردید، مواد خطرناک را از نظر نوع خطری که ایجاد می کنند، به ۷ دسته تقسیم بندی نموده است:

۱- بروز تغییرات و جهش ژنتیکی؛ [۵]
۲- سرطانزایی؛ [۶]
۳- اختلال در تولید مثل؛ [۷]
۴- سمیت حاد از طریق بلع؛ [۸]
۵- ایجاد حساسیت در تماس با پوست؛ [۹]
۶- تحریکات پوستی؛ [۱۰]
۷- خطرناک برای محیط های آبزی.[۱۱]

- حوزه های تحقیقاتی علم نانو

در تحقیقی که توسط لی و سونگ (۲۰۰۷) در کره جنوبی انجام گرفت، محققین با استفاده از نظر خبرگان در این کشور، علم نانو را به ۵۶ شاخه در ۳ دسته بندی کلی نانو مواد[۱۲] ، نانو ابزار[۱۳] و بیو نانو[۱۴] تقسیم بندی نمودند.

قاضی نوری و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی که به بررسی سیاست گذاری ملی فناوری در کشور ایران پرداختند، زمینه های فناوری نانو را در ۱۳ دسته اصلی مبتنی بر عناصر پایه طبقه بندی کردند. این زمینه ها شامل، نانو کپسول ها[۱۵] ، نانو سیم ها[۱۶] ، نانو مواد متخلخل[۱۷] ، نانو الیاف[۱۸] ، نانو بلورها[۱۹] ، نانو کامپوزیت ها[۲۰] ، نانو ذرات[۲۱] ، نانو الکترونیک و سیستم های اپتیک[۲۲] ، سیستم های نانو الکترومکانیک[۲۳] ، فولرین ها[۲۴] ، نانو سیالات[۲۵] ، نانو لوله ها[۲۶] و نانو ساختار ارگانیک[۲۷] می باشد.

اسلام و میازاکی (۲۰۱۰) با بررسی مقالات نانو تکنولوژی، دسته بندی چهارگانه ی بیو نانو تکنولوژی[۲۸] ، نانو الکترونیک[۲۹] ، نانو مواد [۳۰] و ساخت نانومواد و ابزارها[۳۱] را از این علم ارائه دادند.

کمیته استانداردسازی فناوری نانوی ایران (ISIRI/TC229) در سال ۱۳۸۶، روشی را با عنوان «درخت-های علم نانو» برای تقسیم بندی انواع نانومواد و نانوساختارها، به کمیته بین المللی استانداردسازی فناوری نانو (ISO/TC229) ارائه نمود. ۳۲ کشور عضو این کمیته، در چندین مرحله این پیشنهاد را بررسی و نهایتاً جهت انتشار مورد پذیرش قرار دادند (ستاد توسعه نانوی ایران، ۱۳۸۹). درخت‌های علم از سه درخت جدا از هم تشکیل می‌شود که هرکدام از آنها زمینه مجزایی از علم نانو را بررسی نموده و تقسیم بندی می کند. این سه درخت عبارتند از درخت عناصر پایه، درخت روش های ساخت و مدلسازی و درخت روش های تعیین مشخصات. در این پژوهش از طبقه بندی درخت عناصر پایه ی نانو به عنوان

5-Mutagenicity
6- Carcinogenicity
7- Reproductive toxicity
8 - Acute oral toxicity
9- Sensitization by skin contact
10-Skin irritation
11- Danger to aquatic environment
12- nano-materials
13- nano-devices
14- nano-bio
15- Nano capsules
16- Nano wires
17- Nano porous materials
18- Nano fibers
19-Nano crystals
20- Nano composites
21- Nano particles
22- Nano electronic and optical systems
23- Nano electro mechanic systems
24- Fullerenes
25- Nano fluids
26- Nano tubes
27- Nano organic structure
28- Bio nanotechnology
29- Nan electronics
30- Nano materials
31- Nano manufacturing and Tools

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

اساس طبقه بندی حوزه های تحقیقاتی علم نانو استفاده شده است. عناصر پایه نانو در حقیقت همان عناصر نانومقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانومقیاس با خواص‌شان در مقیاس بزرگتر متفاوت است.در این بخش به طور مختصر به تعریف این حوزه های تحقیقاتی پرداخته شده است.

۱. **مواد نانو بلوری:** مواد نانوبلوری توده ای از بلورهایی ساخته شده اند که شامل چند صد تا چند هزار اتم بوده و در کنار یکدیگر قرارگرفته اند. ساختار نانو بلورها بدلیل فشردگی اتم ها در کنار یکدیگر کمترین انرژی آزاد سطحی را دارد. وقتی اندازهٔ بلور در ماده به سمت نانومقیاس می رود، نسبت اتم های موجود بر روی مرز دانه ها به تعداد اتم های کل افزایش می یابد. رفتار اتم های مرزی کاملاً متفاوت از اتم های داخل ذره می باشد و رفتار کل ماده تحت تأثیر قرار می دهد. این پدیده در فلزات باعث افزایش استحکام، سختی، مقاومت الکتریکی، ظرفیت حرارتی ویژه، بهبود انبساط حرارتی، خواص مغناطیسی و کاهش رسانایی حرارتی و در سرامیک ها باعث افزایش چکش خواری، بهبود خواص مکانیکی و حرارتی می گردد.

۲. **نانوذرات:** یک نانوذره، ذره ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. نانوذرات علاوه بر نوع فلزی، عایق ها و نیمه هادی ها، نانو ذرات ترکیبی، نظیر ساختارهای هسته لایه ۲ را نیز شامل می شود. نانو ذرات در اندازه های پایین نانو خوشه به حساب می آیند. همچنین نانوکره ها، نانومیله ها، و نانوفنجان ها تنها اشکالی از نانو ذرات در نظر گرفته می شوند. نانوبلورها و نقاط کوانتومی نیمه هادی زیرمجموعه نانوذرات هستند. چنین نانوذراتی در زمینه های مختلف الکترونیکی و الکتریکی و بیوداروییی به عنوان حامل دارو و عوامل تصویربرداری کاربرد دارند.

۳. **مواد نانوحفره ای:** مواد نانوحفره ای ساختارهای متخلخلی هستند که اندازه حفرات آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر می باشد. این ترکیبات در منابع طبیعی و سیستم های بیولوژیکی به فراوانی یافت می شوند. اندازه و نظم حفره های کنترل کننده خواص مواد نانوحفره ای است. در سال های اخیر سعی شده است تا باکنترل و دقت بالا مواد نانو حفره ای با اندازه حفرات مشخص تولید شود. مواد نانوحفره ای به دو دسته عمده مواد نانو حفره ای توده ای و غشاهای نانوحفره ای تقسیم می شوند.

۴. **نانوساختارهای آلی منظم:** نانوساختارهای آلی منظم آرایش های مولکولی منظمی را در بر می گیرند که در ساختارهای نانو تکرار پذیر هستند.

۵. **نانو الیاف:** الیاف نسبتاً کوتاهی هستند که دو بعد آن ها در مقیاس نانومتر بوده و نسبت وجهی آنها بزرگتر است. انواع نانوالیاف را می توان از روش های الکتروریسندگی و قوس الکتریکی بدست آورد.

۶. **نانوکپسول ها:** نانوکپسول به هر نانوذره ای گفته می شود که دارای یک پوسته و یک فضای خالی جهت قرار دادن مواد مورد نظر در داخل آن باشد.

۷. **نانو لوله ها:** نانو لوله ها به نانوساختارهایی اطلاق می شود که قطر آن ها تا حدود ۱۰۰ نانومتر باشد. صرف نظر از استحکام کششی بالا، نانو لوله ها خواص الکتریکی مختلفی از خود نشان می دهندکه به ساختار آن ها وابسته است. لفظ نانو لوله در حالت عادی در مورد نانو لوله کربنی به کار می رود که در چند سال اخیر از سوی محققین مورد توجه فراوانی قرار گرفته اند. البته اشکال دیگری از نانولوله ها همچون نانولوله های نیترید بور و نانولوله های خودآرای آلی نیز ساخته شده اند.

۸. **نانوسیم ها (سیم های کوانتومی):** نانوسیم، یک نانوساختار دو بعدی است و بدلیل اینکه در این ابعاد اثرات کوانتومی مهم هستند، این سیم ها، سیم های کوانتومی نیز نامیده می شوند نانوسیم ها برای ساخت مدارات الکتریکی در اندازه های کوچک استفاده می شوند.

۹. **فولرین ها:** فولرین ها، اغلب به ساختارهای کروی که از جنس کربن هستند اطلاق می شود، ولی امروزه از عناصر دیگر نظیر نیتروژن نیز در ساختار آن ها

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

استفاده شده است.

۱۰. **ساختارهای معدنی متنوع:** نانوساختارهای معدنی، از اکسیدهای فلزی مختلف، نظیر اکسید روی و با استفاده از روش تصعید حرارتی فاز جامد–بخار تحت شرایط ویژه به وجود می آیند، هر یک از این ساختارها خواص منحصر به فردی از خود بروز می دهند و همین پدیده باعث شده است که تحقیقات وسیعی در این زمینه صورت گیرد.

۱۱. **سایر حوزه ها:** شامل نانوقطعات الکترونیکی و نوری، نانو قطعات الکترومکانیکی و نانو قطعات سیالاتی.

۶- رتبه بندی با استفاده از روش AHP و TOPSIS فازی

در این پژوهش به منظور جمع آوری اطلاعات جامعه که خروجی های علمی محققین ایرانی در حوزه فناوری نانو در محدوده سال های ۲۰۱۱–۲۰۰۰ را شامل می شود، از سایت اطلاعاتی Scopus به عنوان جامع ترین سایت اطلاعاتی در دسترس استفاده شده است؛ به طوریکه داده های نمایه شده در این سایت اعم از اطلاعات مربوط به مقالات ISI، علمی پژوهشی و کنفرانسی ایرانی با شرایط زیر جستجو و استخراج گردید.

الف) در قسمت عنوان، چکیده و یا کلمات کلیدی آن کلمه ای شامل Nano وجود داشته باشد.

ب) در قسمت آدرس مقالات، ایران درج شده باشد.

د) در محدوده ی سال های ۲۰۱۱–۲۰۰۰ به چاپ رسیده باشند.

پایگاه اطلاعاتی Scopus بزرگترین پایگاه داده ی ثبت چکیده و مقالات علمی با حدود ۴۱ میلیون رکورد است که از نوامبر سال ۲۰۰۴ با هدف کمک به محققین در دستیابی به ادبیات تحقیق به طور سریع، آسان و جامع و در زمینه های علوم پایه، مهندسی، پزشکی، علوم اجتماعی، هنر و مطالعات ادبی و تاریخی تاسیس شده است.

پس از جستجوی مقالات با خصوصیات ذکر شده در این پایگاه اطلاعاتی، تعداد ۵۶۸۰ مقاله اعم از مقالات ISI، علمی پژوهشی و کنفرانسی ثبت شد که حجم جامعه ی تحقیق حاضر را تشکیل می دهد. اطلاعات مربوط به جامعه تحقیق، شامل عنوان، چکیده، کلمات کلیدی نویسنده و کلمات کلیدی مجله در یک فایل نرم افزاری اکسل قرار داده شد و به منظور سهولت کار، تمامی این اطلاعات به صورت یک رشته در یک سلول کنار هم ادغام گردید تا قابلیت جستجو در اطلاعات جامعه تحقیق را آسانتر نماید. در ستون های بعدی، لغات کلیدی مربوط به تعیین حوزه های تحقیقاتی مقالات قرار داده شد. این کلمات کلیدی که از مقاله مغربی (۱۳۸۶) استخراج شده است در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. معادله ی (۱) هر یک از کلمات کلیدی را در فیلد چکیده، عنوان و کلمات کلیدی هر مقاله جستجو و در صورت وجود عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ را درج می نماید. این امر، حوزه ی تحقیقاتی هر مقاله را به طور کامل نشان می دهد. ذکر این نکته ضروری است که ممکن است یک مقاله به بیش از یک حوزه تحقیقاتی مربوط باشد. به عنوان مثال هم در حوزه نانو ذارت باشد و هم در حوزه ی نانو فولرین ها. پس از مرتب سازی مقالات در هر کدام از حوزه های تحقیقاتی یازده گانه علم نانو، به طریق مشابه از لیست مواد خطرناک منتشره توسط سازمان حفاظت از محیط زیست دانمارک به عنوان لغات کلیدی استفاده شد. معادله (۱) مشخص می کرد که آیا از این مواد خطرناک که حدود ۴۷۰ ماده به همراه خطراتی که ایجاد می کنند، می باشد؛ در سنتز نانو مواد در مقالات استفاده شده است یا خیر. تعداد مواد خطرناکی که در هر مقاله در پروسه تهیه نانو مواد استفاده شده بود به عنوان ریسک پژوهشی آن مقاله در نظر گرفته شده است.

ابتدا به منظور رتبه بندی حوزه های تحقیقاتی علم نانو از نظر میزان ریسک پذیری بالقوه و با استفاده از روش AHP، پرسشنامه ای با ابعاد یازده در یازده تهیه و در اختیار محققین نانو که حداقل با دو حوزه تحقیقاتی

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

جدول ۳. عبارات جستجو به منظور دسته بندی مقالات در حوزه¬های مختلف نانو

ردیف	عنوان	کلمه کلیدی
۱	مواد نانو بلوری	Nanocrystal* or nano-crystal*
۲	نانوذرات	Nanoparticle* or nano-particle*
۳	مواد نانوحفره ای	Nanoporous* or nano-porous*
۴	نانوساختارهای آلی	self assembled monolayer* or self-assembled monolayer* or dendrimer*
۵	نانوالیاف	Nanofiber* or nanofibre* or nano-fiber* or nano-fibre*
۶	نانوکپسول ها	Nanocapsul* or nano-capsul*
۷	نانو لوله ها	Nanotube* or Nano-tube*
۸	نانوسیم ها	Nanowire* or nano-wire*
۹	فولرین ها	Buckybal* or C۶۰ or fullerene*
۱۰	ساختارهای معدنی	Nanorod* or nano-rod*
۱۱	سایر	–

آشنایی کامل داشتند قرار گرفت. سطر و ستون این پرسشنامه را حوزه های یازده گانه علم نانو تشکیل داده و این حوزه های از نظر میزان خطرپذیری بالقوه برای سلامت انسان و محیط زیست مورد مقایسه قرار می گیرند. اعداد مقایسات به صورت فازی و با استفاده از اعداد جدول شماره ۱ پر می گردد. در پایان همه ماتریس ها، تبدیل به یک ماتریس معادل می شود. به طوریکه از همه اعداد میانگین هندسی گرفته و ماتریس حاصل جهت ادامه محاسبات مورد استفاده قرار می گیرد. در قسمت بعد میانگین هندسی اعداد هر سطر را به شکل فازی محاسبه نموده و با استفاده از روش غیر فازی کردن ساده یا روش BNP وزن هر حوزه تحقیقاتی محاسبه می شود. این محاسبات در جدول شماره ۴ آورده شده است.

(BNP= [(U1-L1) + (M1-L1)] /3 +L1 (Sun et al,2010

جدول ۴. مقادیر وزن محاسبه شده در روش AHP

همانطور که در جدول بالا نشان داده شده است متغیر نانوذرات دارای بیشترین اهمیت از حیث ریسک پذیری زیست محیطی و سلامت انسان می باشد.

لازم به توضیح است که جهت اطمینان بیشتر از نتایج ماتریس مقایسات سازگاری این ماتریس مورد بررسی قرار گرفت. در این روش با استفاده از روش بردار ویژه که توسط آقای ساعتی ارائه شده است (اصغرپور، ۱۳۸۵). ماتریس انتقال داده ها تشکیل گردید که هشتمین ماتریس انتقال از ویژگی های مورد نظر برخوردار بود. سپس با استفاده از آن ماتریس به دست آمده مقادیر عنصر ماکزیمم ویژه و شاخص ثبات (CI) و نرخ ثبات (CR) و شاخص تصادفی نیز از جدول آقای ساعتی بدست آمد. بردار وزن های بدست آمده به روش بردار ویژه و مقادیر محاسبه شده در جدول های شماره ۵ و ۶ نمایش داده شده است.

با توجه به اینکه مقدار بدست آمده نرخ ثبات (CR) کمتر از ۰,۱ می باشد لذا می توان چنین بیان نمود که ماتریس مقایسات از سازگاری مناسب برخوردار می باشد (اصغرپور، ۱۳۸۵)؛ همانطور که در جدول بالا نشان داده شده است وزن های بدست آمده به روش بردار ویژه نیز حوزه های تحقیقاتی را مانند وزن های بدست آمده به روش های قبلی رتبه بندی می نماید ولی این اوزان از دقت بیشتری برخوردار است.

پس از آن با استفاده از وزن های بدست آمده به روش

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

جدول ۴. مقادیر وزن محاسبه شده در روش AHP

حوزه های تحقیقاتی علم نانو	(w) وزن هر حوزه			وزن عددی	BNP	ranking
نانو لوله ها	۰,۰۴۵	۰,۰۶۲	۰,۰۷۶	۰,۰۶۹	۰,۰۶۶	۹
نانو بلوری	۰,۰۵۴	۰,۰۷۵	۰,۱۰۵	۰,۰۸۱	۰,۰۷۸	۷
نانو کپسول ها	۰,۰۷۳	۰,۰۹۲	۰,۱۲۸	۰,۰۹۸	۰,۰۹۴	۴
نانو الیاف	۰,۱۰۰	۰,۱۵۱	۰,۲۱۵	۰,۱۶۲	۰,۱۵۵	۲
نانو ذرات	۰,۱۳۳	۰,۱۹۸	۰,۲۸۷	۰,۲۱۵	۰,۲۰۶	۱
نانو سیم ها	۰,۰۴۹	۰,۰۶۹	۰,۱۰۰	۰,۰۷۶	۰,۰۷۳	۸
نانو ساختارهای آلی	۰,۰۹۳	۰,۱۳۹	۰,۲۱۱	۰,۱۵۵	۰,۱۴۸	۳
نانو حفره ای ها	۰,۰۴۲	۰,۰۶۱	۰,۰۸۹	۰,۰۶۷	۰,۰۶۴	۱۰
سایر حوزه ها	۰,۰۵۴	۰,۰۷۶	۰,۱۱۴	۰,۰۸۴	۰,۰۸۱	۶
فولرین ها	۰,۰۳۱	۰,۰۴۹	۰,۰۷۸	۰,۰۵۶	۰,۰۵۳	۱۱
نانو ساختارهای معدنی	۰,۰۵۴	۰,۰۷۸	۰,۱۱۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۲	۵

مدیریت شهری
دوفصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۱ بهار و تابستان ۹۲
No.31 Spring & Summer

جدول ۵. شاخص های محاسبه سازگاری

لاندای ماکسیمم	۱۰,۵۸۹۷۶۰۸۶
CI	۰,۰۶۹۸۵۲۳۶۵۴
RI	۱,۵۱
CR	۰,۰۴۶۲۵۹۸۴۵

جدول ۶ وزن های محاسبه شده به روش بردار ویژه در تکنیک PHA

حوزه های تحقیقاتی	وزن هر حوزه
نانو ذرات	۰,۱۹۳۱۹۶۰۹۴
نانو الیاف	۰,۱۳۷۳۱۹۹۹۸
نانو ساختارهای آلی	۰,۱۰۰۲۸۱۶۵۷
نانو کپسول ها	۰,۰۹۲۵۱۸۰۲۹
نانو ساختارهای معدنی	۰,۰۷۸۱۷۴۷۹۹
سایر حوزه ها	۰,۰۷۷۲۴۵۵۵۵
نانو بلوری	۰,۰۷۵۸۲۱۷۹۸
نانو سیم ها	۰,۰۶۸۸۳۰۴۷۶
نانو لوله ها	۰,۰۶۴۵۹۴۴۹۰
نانو حفره ای ها	۰,۰۵۹۰۱۷۱۰۵
فولرین ها	۰,۰۵۳۰۱۹۸۱۱

AHP برای هر حوزه تحقیقاتی در علم نانو که میزان خطرپذیری بالقوه این حوزه ها را مشخص می کند، سعی می شود هفت طبقه ریسک مواد خطرناک از نظر ایجاد و بروز رتبه بندی گردند. این کار با استفاده از روش Topsis فازی انجام می گیرد که در آن هفت طبقه ریسک بر اساس میزان ریسک پژوهشی ایجاد شده در محدوده ی سال های ۲۰۱۱-۲۰۰۰ توسط خروجی های علمی محققین ایرانی رتبه بندی می شوند. بدین منظور ماتریسی تشکیل داده شد که ستون اول آن را طبقات ریسک و سطر اول آن را حوزه های تحقیقاتی یازده گانه نانو تشکیل می داد. سپس اطلاعات مربوط به میزان ریسک حوزه های تحقیقاتی در طبقات مختلف ریسک متغیرهای کلامی جدول شماره ۲ به صورت فازی امتیاز دهی شد. در مرحله بعد با استفاده از روش نرمال سازی ساعتی داده های بدست آمده نرمالیزه می گردد. سپس با استفاده از بردار وزن بدست آمده ماتریس نرمالایز وزین شده تشکیل داده می شود. این ماتریس در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

در ادامه بردارهای ایده آل مثبت و ایده آل منفی

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

جدول ۷. ماتریس تصمیم گیری فازی نرمالیز وزین شده؛ ماخذ: یافته های پژوهش.

	اختلال در تولید مثل			بروز تغییرات ژنتیکی			خطرناک برای محیط های آبزی			سرطانزایی			سمیت حاد از طریق بلع			تحریکات پوستی			ایجاد حساسیت در تماس با پوست		
نانو لوله ها	۰,۰۲۲	۰,۰۳۹	۰,۰۷۸	۰,۰۱۷	۰,۰۳۸	۰,۰۷۶	۰,۰۱۵	۰,۰۳۷	۰,۰۷۴	۰,۰۱۵	۰,۰۳۴	۰,۰۷۱	۰,۰۱۴	۰,۰۳۳	۰,۰۶۸	۰,۰۱۴	۰,۰۳۳	۰,۰۶۸	۰,۰۶۲	۰,۱۳۵	۰,۲۵۹
نانو بلوری	۰,۰۴۹	۰,۱۰۸	۰,۲۰۱	۰,۰۲۶	۰,۰۵۳	۰,۰۹۶	۰,۰۱۷	۰,۰۳۹	۰,۰۷۸	۰,۰۲۹	۰,۰۶۳	۰,۱۱۵	۰,۰۲۴	۰,۰۵	۰,۰۹۲	۰,۰۵۱	۰,۱۰۶	۰,۲۰۷	۰,۰۱۹	۰,۰۴۳	۰,۰۹
نانو کپسول ها	۰,۰۱۳	۰,۰۳۳	۰,۰۷۸	۰,۰۱۹	۰,۰۴۷	۰,۰۹۴	۰,۰۱۵	۰,۰۳۶	۰,۰۷۴	۰,۰۲۹	۰,۰۷۳	۰,۱۵۶	۰,۰۵۹	۰,۱۳۲	۰,۲۵۳	۰,۰۲	۰,۰۴۶	۰,۰۹۱	۰,۰۱۹	۰,۰۴۷	۰,۰۹۴
نانو الیاف	۰,۰۵۷	۰,۱۱۸	۰,۲۱۵	۰,۰۱۸	۰,۰۴۲	۰,۰۹۳	۰,۰۵۵	۰,۱۱۷	۰,۲۱۳	۰,۰۳۸	۰,۰۹	۰,۱۷۶	۰,۰۳۸	۰,۰۹۱	۰,۱۷۶	۰,۰۵۳	۰,۱۱۳	۰,۱۸۴	۰,۰۲	۰,۰۴۹	۰,۰۹۷
نانو ذرات	۰,۰۱۷	۰,۰۳۷	۰,۰۷۴	۰,۰۳۹	۰,۰۹۸	۰,۲۰۴	۰,۰۶۲	۰,۱۳۵	۰,۲۵۹	۰,۰۲۴	۰,۰۵۵	۰,۱۰۴	۰,۰۲۹	۰,۰۶۵	۰,۱۱۹	۰,۰۱۷	۰,۰۳۸	۰,۰۷۵	۰,۰۴۹	۰,۱۰۸	۰,۲۰۱
نانو سیم ها	۰,۰۱۸	۰,۰۴۲	۰,۰۸۹	۰,۰۲۴	۰,۰۴۲	۰,۰۸۹	۰,۰۱۸	۰,۰۳۸	۰,۰۷۶	۰,۰۶۸	۰,۱۴۴	۰,۲۷۱	۰,۰۲۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۰۴۵	۰,۰۹۷	۰,۱۹۳	۰,۰۳۸	۰,۰۹	۰,۱۷۶
نانو ساختارهای آلی	۰,۰۳	۰,۰۸	۰,۱۷	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۷	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۷	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۰۹	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۱۱	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۶
نانو حفره ای ها	۰,۰۱۹	۰,۰۴۳	۰,۰۹	۰,۰۲	۰,۰۴۹	۰,۰۹۷	۰,۰۱۸	۰,۰۴۱	۰,۰۸۱	۰,۰۲۷	۰,۰۵۵	۰,۱۰۸	۰,۰۲۳	۰,۰۴۹	۰,۰۹۹	۰,۰۱۹	۰,۰۴	۰,۰۷۹	۰,۰۱۵	۰,۰۳۷	۰,۰۷۴
سایر حوزه ها	۰,۰۲۱	۰,۰۴۶	۰,۰۸۸	۰,۰۲۶	۰,۰۵۲	۰,۰۹۶	۰,۰۶۴	۰,۱۳۹	۰,۲۶۵	۰,۰۴۹	۰,۱۳۹	۰,۲۰۴	۰,۰۴۱	۰,۰۹۲	۰,۱۸۶	۰,۰۲۵	۰,۰۵۱	۰,۰۹۴	۰,۰۵۱	۰,۱۰۶	۰,۲۰۷
فولرین ها	۰,۰۱۴	۰,۰۳۳	۰,۰۶۸	۰,۰۱۴	۰,۰۳۳	۰,۰۶۸	۰,۰۳۸	۰,۰۹۱	۰,۱۷۶	۰,۰۱۸	۰,۰۴۲	۰,۰۸۹	۰,۰۱۷	۰,۰۳۹	۰,۰۷۸	۰,۰۲۴	۰,۰۴۲	۰,۰۸۹	۰,۰۲۱	۰,۰۵۱	۰,۰۹۹
نانو ساختارهای معدنی	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۰۹	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۴	۰,۰۹	۰,۰۴	۰,۱۱	۰,۲۲	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۱۰	۰,۰۲	۰,۰۴	۰,۰۹	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۱۱

تعریف می شود. در این پژوهش بردار وزن را به عنوان بردار ایده آل مثبت و بردار صفر را به عنوان ایده آل منفی در نظر می گیریم. زیرا هنگام نرمالایز کردن داده ها بردار ضرایب در یک مقدار کمتر از یک ضرب شده و قطعا مقدار کوچکتری پیدا می کند. در قسمت بعد ماتریس فاصله تا ایده آل مثبت و منفی را تشکیل داده و با استفاده از آن آلترناتیوها را رتبه بندی می شود. لازم به توضیح است که جهت محاسبه فاصله تا ایده آل یک بار از روش محاسبه فاصله برای داده های غیر فازی و بار دیگر با استفاده از روش محاسبه فاصله فازی (amiri,2010،Yavus,2009) استفاده گردید. در حالت محاسبه به روش غیرفازی داده های مربوط به هر شاخص را به روش فاصله فازی از مقدار ایده آل کم نموده و در پایان ده عدد به دست آمده که غیر فازی شده اند را با یکدیگر جمع می شود. در حالت محاسبات فازی هر پارامتر مربوط به عدد فازی را از ایده آل کم نموده و به این ترتیب در نهایت ده عدد فازی برای ایده آل مثبت و ده عدد فازی برای ایده آل منفی بدست می آید. سپس با استفاده از روش جمع فازی این اعداد را با یکدیگر جمع نموده و در نهایت عدد حاصل غیر فازی می گردد. نتایج این محاسبات نشان داد که مقدار فاصله نسبی تا ایده آل در دو روش برای آلترناتیوها مقادیر متفاوتی را ارائه نمود. اما رتبه بندی آنها در هر دو روش محاسبات فازی و غیر فازی به جز حوزه دو و سه برای بقیه حوزه های ریسک مقادیر یکسانی را نشان می دهد. نتایج نهایی حاصل از محاسبات غیر فازی و فازی دربخش بعد در جدول های شماره ۸ و ۹ آورده شده است.

در جدول شماره ۹ مقدارفاصله از ایده آل به روش فاصله فازی محاسبه شده است در حالی که در جدول شماره ۸ ایده آل ها با استفاده از روش عددی فازی معمولی و گسسته محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می شود فقط در تعیین رتبه حوزه دوم و سوم تفاوت وجود دارد. علت این امر آنست که در روش محاسبات فازی محاسبات دقیق تر شده و ممکن

مدیریت شهری
دوفصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۱ بهار و تابستان ۹۲
No.31 Spring & Summer

جدول ۸. جدول رتبه بندی طبقات ریسک به روش محاسبات غیر فازی

ایجاد حساسیت در تماس با پوست	تحریکات پوستی	سمیت حاد از طریق بلع	خطرناک برای محیط های آبزی	سرطانزایی	بروز تغییرات ژنتیکی	اختلال در تولید مثل	CCj-
۰.۷۶۸۳	۰.۶۹۸۴	۰.۷۳۳۸	۰.۷۴۲۱	۰.۷۹۸۸	۰.۵۷۱۱	۰.۶۶۹۲	مقدار
۲	۵	۴	۳	۱	۷	۶	رتبه

جدول ۹. جدول رتبه بندی طبقات ریسک به روش محاسبات فازی

ایجاد حساسیت در تماس با پوست	تحریکات پوستی	سمیت حاد از طریق بلع	خطرناک برای محیط های آبزی	سرطانزایی	بروز تغییرات ژنتیکی	اختلال در تولید مثل	CCj-
۰.۷۴۷۱	۰.۶۹۳۴	۰.۷۲۹۸	۰.۷۶۱۶	۰.۷۷۱۷	۰.۵۷۸۴	۰.۶۶۸۵	مقدار
۳	۵	۴	۲	۱	۷	۶	رتبه

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

است برخی تفاوت های کوچک در روش غیر فازی مورد توجه قرار نگیرد و چون ضریب بدست آمده برای این دو متغیر بسیار به یکدیگر نزدیک است لذا باعث بروز تفاوت در رتبه بندی گردیده است. ولی برای حوزه های دیگر مقادیر رتبه بندی یکسان شده است و این نشان می دهد که اگر مقادیر غیرفازی شود می توان باز هم به نتایج آن استناد نمود.

نتیجه گیری و جمعبندی

وجود بازارهای بزرگ بالقوه برای حوزه های مختلف فناوری نانو، سبب تمایل جهانی نسبت به سرمایه گذاری های فراوان در زمینه این فناوری شده است. سازمان های بزرگ دولتی، شرکت های مخاطره پذیر، شرکت های بزرگ و دولت ها به عنوان منابع اصلی تامین مالی برای رشد این فناوری محسوب می شوند. در ضمن به دلیل اینکه فناوری نانو یک فناوری نابالغ است و مراحل اولیه رشد خود را سپری می کند، رفتار و عملکرد آن به طور دقیق قابل پیش بینی نیست. ولی با توجه به رشد سریع و تاثیر آن بر رفاه، امنیت، محیط زیست و حتی عملکرد نمی توان نسبت به تاثیر آن بر جامعه بی توجه بود. در این پژوهش ابتدا سعی شده است که میزان تاثیر هر یک از انواع مواد خطرناک بر سطح ریسک زیست محیطی معین گردد. بر این اساس با استفاده از روش مقایسات زوجی یازده عامل استخراج شده را مورد تحلیل قرار داده و وزن هر یک از آنها محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که نانو ذرات بیشترین میزان ریسک زیست محیطی را ایجاد می کنند و پس از آن نانو الیاف و نانو ساختارهای آلی به ترتیب بیشترین تاثیر را بر ریسک زیست محیطی و سلامت انسان دارند. پس از آن با استفاده از روش رتبه بندی TOPSIS فازی حوزه های مختلف ریسک ایجاد شده توسط حوزه های تحقیقاتی که ریسک بالقوه پژوهشی ایجاد می کنند، رتبه بندی گردید. نتایج حاصل از این روش نیز نشان می دهد که عامل سرطانزایی بیشترین احتمال بروز را میان هفت حوزه ریسک ناشی از مواد نانو دارا می باشد. پس از آن نیز ایجاد حساسیت برای پوست و ایجاد خطر برای آبزیان به ترتیب بیشترین احتمال بروز را دارا می باشند. بر اساس مطالب ارائه شده پژوهشگران و متخصصین جهت کاهش خطرات نلشی از مواد نانو باید به حوزه های سرطانزایی و ایجاد حساسیت پوستی و محیط زیست آبزیان توجه بیشتری بنمایند. بر این اساس جهت کاهش ریسک این حوزه ها باید بر مواد و عواملی که از وزن بیشتری همچون نانو ذرات، نانو الیاف و نانو ساختارهای آلی برخوردار هستند، بیشتر تمرکز نمایند. کنترل اثرات ناشی از این مواد می تواند تاثیر چشمگیری بر کاهش ریسک زیست محیطی و سلامت انسان داشته باشد.

منابع و ماخذ

[1] Agustı,Vicente & Ballester, Cloquell & Andres, Victor & Monterde, Rafael & Cristina, Maria & Siurana, Santamarina (2006). «Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment», Journal of Environmental Impact Assessment Review 26,79-105

[2] AIRMIC, ALARM, IRM Organizations (2002). «A Risk Management Standard»

[3] Bell, Trudy E. (2007). «Understanding risk assessment of nanotechnology», Newsroom of National Nanotechnology Initiative (NNI), National Nanotechnology Office, Arlington, United States of America

[4] Benedicta, Amoah & Ertel Jürgen (2008). «29 Environmental Impact of Nano Technology on Human Health», Springer-Verlag

[5] Clift, Roland (2005). «Nanotechnol-

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

ogy: An example of risk management and regulation in an emerging technology», Report of special session of joint meeting: potential implication of manufacturing nanomaterials for human health and environment safety, UK
[6] Editorial, «Nanotechnology and the environment: risks and rewards», Jornal of Marine Pollution bulletin 50 (2005), 609-612
[7] Eleonora, P. & Canziani, Roberto & Marches, Renzo & Butelli, Poala (2008). «Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study»,Journal of Cleaner Production 16,517-530
[8] Environmental Defense & Dupont (2007). «NANO Risk Framework», Washington DC, United States of America
[9] Fairbrother, Anne & Fairbrother, Jennifer R. (2007). «Are environmenta lregulations keeping up with innovation? A case study of the nanotechnology industry», Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety 72, 1327-1330
[10] Friedrichs, Steffi & Schulte, Jurgen (2007). «Environmental, health and safety aspects of nanotechnology—implications for the R&D in (small) companies», Journal of science and technology of advanced materials 8,12-18
[11] Glenn, Jerome C. (2006). «Nanotechnology: Future military environmental Health Consideations», Journal of science and technological forecasting and social impact 73, 128-137
[12] Henri, Jean-Francois & Journeault, Marc (2008). «Environmental performance indicators: An empirical study of Canadian manufacturing firms»,Journal of Environmental Management 87,165-176
[13] ICF International (Dec. 2006). «Characterizing the Environmental, Health, and Safety Implications of Nanotechnology: Where Should the Federal Government Go From Here?», Fairfax, United States of America
[14] International Risk Governance Council (IRGC) (2007). «Nanotechnology Risk Governance», PolicyBrief, Geneva
[15] Jenkins B.D. (1998). «risk analysis, Risk assessment, Risk management», www.searchSequrity.com
[16] Jones, Roger (2001). «An Environmental Risk Assessment/Management Framework for Climate Change Impact Assessment», Journal of Natural Hazards 23, 197-230
[17] Laureut, A. & Oslen, S.I. & Hauschild, M.Z. (2010). «Carbon footprint as environmental performance indicator for the manufacturing industry», CIRP Annals - Manufacturing Technology,465
[18] Longveld, J.W.A & Verhagen, A. & Neeteson, J.J. & Vankeulen, H. & Conijn, J.G. & Schils, R.L.M. & Oenema, J. (2006). «Evaluating farm performance using agri-environmental indicators: Re-

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

cent experiences for nitrogen management in The Netherlands», Journal of Environmental Management 82, 363-376
[19] Lozanoa, Macarena & Valles, Jose (2007). «An analysis of the implementation of an environmental management system in a local public administration», Journal of Environmental Management 82, 495–51
[20] Miyazaki, Kumiko & Islam Nazul (2007). «Nanotechnology systems of innovation—An analysis of industry and academia research activities», Journal of Technovation 27, 661-675
[21] National Nanotechnology Initiative (NNI) (2006). «Environmental, Health and Safety Research Needs For Engineered Nanoscale Materials», National Science & Technology Council, United States Of America
[22] North, D.W. (1995). «Limitation, definition, principle and methods of risk analysis», int. Epiz 14(4), 913-923
[23] Rem O., roco M.C. (2006). «Nanotechnology and the need for risk governance», Journal of Nanoparticle research 8, 153-191
[24] Romosa, tomas B. & Alvesa,Ines & Subtila, Rui & de Melo, bJoao J. (2007). «Environmental performance policy indicators for the public sector: The case of the defence sector», Journal of Environmental Management 82, 410-432
[25] Salerno, Mario & Landoni, Paolo & Verganti, Roberto (2008), «Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments», Journal of Technological Forecasting & Social Change 75, 1202–1223
[26] Santo, Miranda & Coelho,Gilda & Santos, Maria & Filho, Lelio (2006). «Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology», Journal of technological forcasting and social impact 73, 1013-1027
[27] Shea, Christine M. (2005). «Future management research directions in nanotechnology: A case study», journal of Engineering and Technology Management JET-M 22, 185-200
[28] The Presidental/Congressional Commission on risk assessment and risk management (1997). «Framework For Environmental Health Risk Management», Final Report, Vol. 1
[29] Thorp, K.R. & Batchelor, W.D. & Paz, J.O. & Steward, B.L. & Caragea,P.C. (2006). «Methodology to link production and environmental risks of precision nitrogen management strategies in corn», journal of Agricultural Systems 89, 272–298
[30] Vivan, W.Y. Tan & TAM, C.M. & Zeng, S.X. & Chan, K. K. (2006). «Environmental performance measurement indicators in construction», International journal of building and Environment 41,164-173
[31] Wiek, Arnim & Gasser, Lukas & Sierrist Michael (2009). «Systemic scenarios of nanotechnology: Sustainable governance of emerging technologies»,Journal

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

of futures 41, 284-300
[32] Wiek, Arnim & Lang, Daniel J. & Siegrist, Michael (2008). «Qualitative system analysis as a means for sustainable governance of emerging technologies: the case of nanotechnology», Journal of Cleaner production 6, 988-999
[33] Wold Geoffrey H. & Sheriver Robert F. (1997). «Risk Analysis Technique», Disaster Recovery Journa
[34] Youtie, Jan & Shapira, Philip & Porter, Alan L. (2005). «Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs», Journal of nanopart 10, 981-986
[35] Abo-Sinna, M. A., & Amer, A. H. (2005). Extensions of TOPSIS for multi-objective large-scale nonlinear programming problems. Applied Mathematics and Computation, 162(1), 243–256.
[36] Alev Taskin Gumus,2009, Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology, Expert Systems with Applications 36 (2009) 4067–4074
[37] Bian W, Yu M. Location analysis of reverse logistics operations for an international electrical manufacturer in Asia Pacific region using the analytic hierarchy process. International Journal of Services Operations and Informatics2006;1(1/2):187–201.
[38] Chang, C.-W., Wu, C.-R., & Chen, H.-C. (2008). Using expert technology to select unstable slicing machine to control wafer slicing quality via fuzzy AHP. Expert Systems with Applications, 34(3), 2210–2220.
[39] Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 95(3), 649–655.
[40] Chen C-T, Lin C-T, Huang S-F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. International Journal of Production Economics2006;102:289–301.
[41] Cheng, C. H. (1997). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. European Journal of Operational Research, 96(2), 343–350.
[42] Chia-Chi Sun,2010, A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods, Expert Systems with Applications 37 (2010) 7745–7754.
[43] Fatemeh Torfi a, Reza Zanjirani Farahani,(2010), Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives, Applied Soft Computing 10 (2010) 520–528
[44] Lee, A. H. I., Chen, W.-C., & Chang, C.-J. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. Expert Systems with Applications, 34(1), 96–107.
[45] Shih H-S, Shyur H-J, Lee ES. An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]

Modelling 2007;45:801–13.
[46] Shih, H.-S., Shyur, H.-J., & Stanley Lee, E. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer Modelling, 45(7–8), 801–813.
[47] Warfield, J. W. (1974). Developing interconnected matrixes in structural modeling. IEEE Transcript on Systems, Men and Cybernetics, 4(1), 51−81.
[48] Yu, C. S. (2002). A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems. Computers and Operations Research, 29, 1969–2001.
[49] J.M.Taylor, «new dimensions for manufacturing A UK strategy for nanotechnology», june 2002, page 24.
[50] R.Feynman, 1961, in miniaturization, ed. Gilbert, H.D. (Reinhold, New York), pp. 282-296.
[51] Bleeker R. A. et al, (2004) «Patenting Nanotechnology», Materialstoday February: 44-48
[52] Walsh, S.T. et al, (2002) «Differentiating Markets Strategies for Disruptive Technologies» IEEE Trans. Engineer Manage. 49:341- 351.

[۵۳] آذر، عادل، فرجی، حجت، علم مدیریت فازی، نشر کتاب مهربان نشر،۱۳۸۷.
[۵۴] اصغرپور، محمد جواد،تصمیم گیری های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران؛ سال ۱۳۸۵.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2023-11-14]