

بررسی دیدگاه متفاوت افراد عادی و متخصص نسبت به نانومواد در ایران

لیلا ابراهیمی قوام آبادی*^۱، پروین فرشچی^۲، سید خطیب الاسلام صدرنژاد^۳، ناصر محرم نژاد^۴، محمود محمودی^۴^۱ گروه محیط زیست HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.^۲ گروه محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.^۳ گروه مهندسی مواد، دانشکده شیمی و مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.^۴ گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

Investigating the different views of lay people and experts towards nanomaterials in Iran

Leila Ebrahimi Ghavam Abadi *¹, Parvin Farshchi², Seyed Khatib Eslam Sadr Nejad³, Naser Moharamnezhad², Mahmood Mahmoodi⁴¹Department of Environment and HSE, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.²Department of Environment, Science and Research branch, , Islamic Azad University, Tehran, Iran.³Department of material sciences, Sharif technical University, Tehran, Iran.⁴Department of Bio statistics, Tehran university of medical sciences, Tehran, Iran.

Abstract

The current research was conducted in order to investigate the attitude of lay people and experts towards the risks and benefits of these substances. For this purpose, various risks of nanomaterials were first identified by investigating scientific papers and documents. After compiling the list of environmental risks of nanomaterials, the ranking of these risks was done with the help of experts (15 people). The study sample was determined with use of Cochran formula to be 53 people in each group. The opinions of both groups regarding risks and benefits were investigated with a researcher-made questionnaire. The analysis of the results showed that the attitude of lay people towards risks is more positive than the attitude of other nations. which is not based on correct knowledge and they express their opinions about the products of this technology based on the achievements of other technologies. According to the experts, the progress of nanotechnology at the current speed does not involve any danger and there is no need for new controlling laws, therefore, the views of people at different scientific levels should be taken into account in formulating national development plans.

Keywords: nanotechnology, environmental risk, experts' point of view, lay people's point of view, Islamic Republic of Iran.

Received: 10/01/2023

Accepted: 20/02/2023

چکیده

پژوهش حاضر در راستای بررسی وضعیت نگرش افراد عادی و افراد متخصص نسبت به ریسک‌ها و منافع این مواد انجام شد. که به همین منظور در ابتدا با مراجعه به مقالات معتبر علمی، ریسک‌های مختلف مواد نانو شناسایی شد. پس از تدوین فهرست ریسک‌های زیست محیطی مواد نانو، امر رتبه‌بندی این ریسک‌ها به کمک افراد خبره (۱۵ نفر) انجام شد. با استفاده از فرمول کوکران، تعداد ۵۳ نفر برای انجام مطالعه مشخص شد. نظرات هر دو گروه نسبت به ریسک‌ها و منافع با پرسشنامه محقق ساخت بررسی شد. تحلیل نتایج نشان داد که نگرش افراد عادی نسبت به ریسک‌ها بیش از نگرش سایر ملت‌ها مثبت است. که مبتنی بر دانش صحیحی نبوده و ایشان بر تکیه بر دستاوردهای سایر فناوری‌ها درباره محصولات این فناوری اعلام نظر می‌نمایند. از نظر متخصصین پیشرفت‌های فناوری نانو با سرعت حاضر خطری در بر نداشته و نیاز چندانی به قوانین کنترل کننده جدید نیست لذا باید در تدوین برنامه‌های ملی توسعه به دیدگاه افراد در سطوح مختلف علمی توجه داشت.

واژه‌های کلیدی: فناوری نانو، ریسک زیست محیطی، دیدگاه افراد متخصص، دیدگاه افراد عادی، جمهوری اسلامی ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱

* نویسنده مسئول: لیلا ابراهیمی قوام آبادی

نشانی: اهواز، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی

پست الکترونیکی: leilaebrahimi@yahoo.com

۱. مقدمه

اطلاع از درک و تلقی عمومی از ریسک‌های زیست محیطی و بهداشتی فناوری‌های نوین از چالش‌های مهم برای سیاست‌گذاران در جوامع امروزی می‌باشد. افراد با سطوح مختلف اطلاعات و آگاهی، از مسائل اجتماعی پیرامون خود درک متفاوتی دارند. گرچه در مقیاس بزرگتر یعنی جامعه، همین درک‌های متفاوت در کنار همدیگر نگرشی مثبت یا منفی به یک مساله را ایجاد می‌نماید که در امور حساس و مهمی از قبیل پیشرفت‌های علمی و معرفی بازار جدید محصولات زاده فناوری‌های نو، وجود یک نگرش منفی یا وجود ابهام فراوان در این رابطه می‌تواند باعث شکست بازار و رکود اقتصادی و یا مخالفت عمومی در کاربرد محصولات آن گردد و برعکس نگرش مثبت می‌تواند تسهیل کننده جریان‌های سیاسی - قانونی بوده، به کمک تصمیم گیرندگان رده بالای مملکت بیاید. برخی اوقات نگرش منفی نسبت به ریسک‌های حاصل از مصرف محصولات یک فناوری جدید چنان وسیع و همه‌گیر است که محصولاتی از قبیل مواد غذایی دستکاری شده ژنتیکی و محصولات بیوتکنولوژی با گذشت این همه سال هنوز با مقبولیت عمومی روبرو نشده اند. علت این امر نقص در اطلاع‌رسانی صحیح و به موقع و همچنین بی توجهی به درک و تلقی عمومی از ریسک‌ها و منافع این فناوری‌ها بیان شده است. لذا شناخت صحیح تصمیم گیرندگان رده بالای مملکتی از میزان و نوع نگرش عموم جامعه و تدوین به موقع استراتژی‌های مدیریتی گره- گشای مسائل اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و اقتصادی فراوانی خواهد شد. در مورد فناوری نانو و محصولات آن نیز می-توان انتظار داشت که عدم اطلاع‌رسانی و فرهنگ سازی به موقع در جامعه در زمینه ریسک‌ها و منافع این فناوری می-تواند در آینده نه چندان دور برای این فناوری که انقلاب صنعتی دوم لقب گرفته است، پیش بیاید. این فناوری که عبارت است از هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا ملکولی، بر پایه دستکاری تک تک اتم‌ها و ملکول‌ها استوار است تا بتوان از این طریق ساختاری پیچیده با خصوصیات جدید تولید نمود [۱]. در مقیاس نانو (یک میلیارد متر)،

ابعاد مواد در حدود ۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد و در حقیقت کاربرد فناوری نانو از کاربرد عناصر پایه نشأت می‌گیرد که استفاده از آنها در زمینه‌های مختلف موجب ایجاد خواص جالبی می‌گردد که متفاوت از خواص همان ماده در مقیاس میکرو و ماکرو می‌باشد. از جمله کاربردهای نانو ذرات می-توان به دارو رسانی هدفمند و ساده، بانداژهای بی‌نیاز به تجدید، روش‌های جدید دفع زباله‌های اتمی، پاکسازی آب-های زیرزمینی، تجزیه آلاینده‌های محیط‌زیست و حذف فلزات سنگین از آب اشاره نمود. فناوری نانو در همه حوزه-های صنعتی از جمله الکترونیک، خودرو، نساجی، نفت، گاز، پتروشیمی، صنعت ساختمان و ... کارایی خویش را به اثبات رسانیده است. برای شناسایی ریسک‌های زیست محیطی یک فناوری باید پیامدهای ناشی از ورود آن فناوری به زندگی مردم، کاربرد و مصرف محصولات و سپس ورود به محیط زیست را شناسایی کرد و این ورود فناوری به محیط زیست، از طریق محصولات و نانو مواد انجام می‌شود [۲،۳]. امروزه برخی محصولات این فناوری در بازار موجودند و در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گرچه به دلیل نو رسیده بودن این فناوری و تکمیل نشدن تحقیقات علمی درباره ریسک‌های بهداشتی و زیست محیطی این ذرات نگرانی‌هایی با شدت‌های مختلف در سطوح کشوری، علمی و عموم مردم وجود دارد. فناوری نانو در جهان در مراحل ابتدایی تحقیق و توسعه قرار دارد و این فناوری در ایران از سال ۱۳۸۰ مورد توجه واقع شده و با تشکیل کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی در دفتر همکاری‌های فناوری نهاد ریاست جمهوری ستادی با بودجه تحقیقاتی کلان در زمینه راهبری و توسعه این فناوری تشکیل شد و در راستای سیاست‌های دولت در برنامه چهارم توسعه (ماده ۴۲) و با توجه به اهمیت و نقش دانش و فناوری به عنوان اصلی‌ترین عوامل ایجاد ارزش افزوده در اقتصاد نوین، فعالیت خود را گسترش داد. این فناوری که اولویت شماره یک تحقیقات علمی - فناوری در ایران اعلام شده است، با هدف تولید ثروت و ارتقا سطح زندگی مردم روز به روز جای بیشتری برای خود باز نموده به نحوی که

دارند، در حال حاضر وجود ندارد. دانش و درک تازه از مکانیسم‌های تجزیه و پخش در محیط‌زیست نیز در کار بررسی روش‌های تشخیصی نانو مواد نیاز می‌باشد [۵،۶]. به طور مثال فولرن‌های کروی و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، اکسیدروی و آهن امروزه در محصولات مراقبتی پوست، مواد ضد آفتاب و مواد آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷،۸]. این امکان وجود دارد که درصد بالایی از این مواد به تأسیسات تصفیه فاضلاب راه یافته و در نتیجه راه‌یابی آنها به محیط‌زیست وجود دارد. برخی نانو مواد از موادی تشکیل شده‌اند که تجزیه و فروپاشی آنها کاری مشکل و یا ناممکن است [۹]. افراد عادی جامعه قادرند از طریق کاربرد مستقیم محصولات حاوی نانو مواد با این ترکیبات مواجهه داشته باشند. امروزه انواع مختلفی از محصولات مصرفی در زمینه‌های کاربردی بسیار متفاوت در بازار موجود است از قبیل محصولاتی با کاربردهایی در الکترونیک، پزشکی، مواد آرایشی، شیمی و کاتالیست‌ها و پیش‌بینی می‌شود این محصولات و زمینه‌های کاربردی آنها افزایش یابد. مواجهه وسیع گسترده زیست‌محیطی را نیز به دلیل مصرف متغیر رو به افزایش این مواد می‌توان انتظار داشت. افراد عادی ممکن است از طریق هوا، آب آشامیدنی، غذا و یا خاک در مواجهه با نانو موادی که در محیط‌زیست راه یافته‌اند قرار بگیرند. اطلاعات مربوط به تخمین کمی انتشار این مواد به محیط زیست در حال حاضر وجود ندارد، انتشار به محیط زیست به دنبال وقوع حادثه در هنگام تولید و یا جابه‌جایی این مواد و یا بلایای طبیعی نیز ممکن است به مواجهه افراد عادی جامعه منجر گردد. در برخی جوانب تفاوت‌های بسیاری در بین افراد جامعه که از لحاظ میزان حساسیت وجود دارد و تمامی افراد به یک صورت یکسان نسبت به مواجهه با ذرات پاسخ نمی‌دهند [۱۰،۱۱]. مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت بالا عبارتند از کودکان، افراد کهنسال و افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن مربوط به عملکرد ریه‌ها، سیستم قلبی - عروقی و سیستم ایمنی بدن توجه به این گروه‌ها را باید در هنگام ارزیابی ریسک نانو مواد در خاطر داشت. تحقیق بر روی نگرش عمومی افراد نسبت به فناوری نانو و نانو مواد توسط

در زمینه چاپ و انتشار مقالات علمی معتبر در مورد کاربردهای این فناوری ایران حائز رتبه ۳۶ در جهان و رتبه دوم بین کشورهای اسلامی است. به‌علاوه برگزاری دوره‌های مختلف دانشگاهی در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین برقراری رشته نانوفناوری در پزشکی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و دانشگاه علوم پزشکی تهران و تشکیل قطب‌های علمی فناوری نانو در دانشگاه‌های کشور، خود موید پیشرفت سریع این فناوری است به نحوی که در آینده نزدیک، محصولات مختلف آن از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس صنعتی خواهند رسید. در سند راهبرده ساله، رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در اجرای برنامه‌های توسعه فناوری نانو در بخش سیاست‌های راهبردی اقتصادی و اجتماعی آورده شده است. متأسفانه جنبه‌ای که کمتر به آن توجه شده، مسائل بررسی ریسک‌های بهداشتی و زیست‌محیطی در متن جامعه است که می‌تواند مانعی بازدارنده و یا اهرمی پیش‌برنده در پیشرفت‌های این فناوری محسوب می‌گردد. البته این امر تا بخشی به این دلیل است که این فناوری از ابتدای قرن حاضر توجه جهانی را به خود جلب نموده است. و در ایران نیز همانند جهان در مراحل تحقیق و توسعه قرار دارد. باید دانست که این فناوری تبعات مثبت و منفی خاص خود را دارد. حقایق و مستندات بسیار اندکی درباره تمایل نانو مواد نسبت به جذب شدن توسط موجودات زنده در محیط زیست وجود دارد. مطالعات انجام شده روی حیوانات نشان می‌دهد که برخی نانو مواد قادرند به بافت‌های زنده جذب شوند اما این امکان وجود ندارد که بتوان هیچ نتیجه‌گیری کلی درباره تمایل نانو مواد نسبت به تجمع‌پذیری در بافت‌های زنده ارائه نمود. مطالعاتی که تاکنون انجام شده‌اند، نشان می‌دهد که پخش، تبدیل و جذب در محیط زیست برای نانو مواد نسبت به سایر مواد به شکل مولکولی پیچیده‌تر است [۴]. جهت درک و تخمین مواجهه ابزارهای جدیدی نیاز است و دانش و ابزار موجود در زمینه علوم تحقیقات مشابه را می‌توان مورد استفاده قرار داد اما اطلاعات مربوط به اینکه تا چه میزان این ابزار آلات کفایت و لیاقت کاربرد

بسلی^۱ در سال ۲۰۰۸ نشان داد که آمریکایی‌ها به طور کلی دارای نگرش مثبتی درباره منافع بالقوه فردی و اجتماعی پیشرفت فناوری نانو می‌باشند [۱۲،۱۳]. نتایج یک تحقیق تلفنی انجام شده توسط کاب^۲ و مکوبری^۳ در سال ۲۰۰۴ بر روی ادراک درونی آمریکایی‌ها نسبت به فناوری نانو (N=۱۵۳۶) نشان داد که نگرش عمومی نسبت به فناوری نانو در مراحل طفولیت خود به سر می‌برد و دانش در این زمینه در بین مردم بسیار محدود و اندک است. با این وجود، آمریکایی‌ها واکنش عموماً مثبتی نسبت به فناوری نانو دارند که این امر احتمالاً ریشه در نگرش مثبت آنها نسبت به علم به صورت کلی دارد. شرکت‌کنندگان در این مطالعه همچنین بیان داشتند که انتظار دارند منافع این فناوری بیش از ریسک‌های ناشی از آن باشد و در مجموع نسبت به این فناوری و منافع آن احساس امیدواری داشتند. تحقیقات کاب و مکوبری نشان می‌دهد که عدم درک صحیح مردم از فناوری نانو به افزایش نارضایتی‌ها و عدم اطمینان نسبت به اوضاع موجود منتهی خواهد شد [۱۴]. هنگامی که مردم بدانند نظرات و نگرانی‌های آنها در سیاست‌گذاری‌ها لحاظ می‌شود، میزان اطمینان ایشان به سازمان‌های مسئول این قضیه افزایش خواهد یافت. بسلی و همکاران در سال ۲۰۰۸ با انتشار مقاله نتایج بررسی خود را بر روی نگرش افراد متخصص نسبت به فناوری نانو را ارائه نمودند. ایشان با مورد مطالعه قرار دادن نظریات ۱۷۷ نفر از محققین آمریکایی فعال در زمینه نانو دریافتند که به طور متوسط از نظر ایشان ریسک‌های بهداشتی و زیست محیطی فناوری نانو و همچنین نانومواد را نباید ناچیز شمرد در این زمینه باید مقررات خاص را وضع نمود. به علاوه در ارتباط با ریسک‌های اجتماعی فناوری نانو از قبیل مورد هجوم قرار گرفتن حریم خصوصی افراد به کاربرد فناوری نانو در تولید سلاح‌های جنگی و ...

۲. مواد و روش‌ها

در ابتدا فهرست ریسک‌ها و منافع فناوری نانو به طور کلی، با استفاده از مطالعات وسیع کتابخانه‌ای، بررسی مقالات معتبر و با استفاده از نتایج تحقیقات کاب و مکوبری [۱۴]

فناوری نانو بیان نمودند [۱۵]. در این مطالعه که بر روی ۳۷۵ نفر افراد عادی و ۴۶ نفر از افراد متخصص در زمینه نانو انجام گرفت، درک افراد نسبت به ۲۰ کاربرد مختلف فناوری نانو مورد بررسی قرار گرفت. کاربردها و مسائل ناشی از آنها به صورت سناریوهای کوتاهی تهیه شده بودند. نتایج نشان داد که از نظر هم افراد عادی و هم افراد متخصص، آزبست^۵ بیشتر از کاربردهای فناوری نانو خطرناک است. آنالیز داده‌ها نشان داد که وحشت آور بودن خطرات و همچنین اطمینان به سازمان‌های دولتی از جمله عوامل پیش‌بینی‌کننده وضعیت ادراک ریسک در افراد می‌باشند. مقایسه بین گروه افراد عادی و گروه متخصص نشان داد که افراد عادی ریسک‌ها را بیشتر می‌دانند. سازمان حفاظت از محیط زیست امریکا [۱] خاطر نشان ساخته است که اطلاعات ناکافی مانع از پیش‌بینی و تخمین‌های کلی درباره تجزیه پذیری نانو مواد شده است. البته نه تنها نانو مواد بلکه درباره تمامی مواد شیمیایی این مشکل وجود دارد. از آنجایی که منافع حاصل از کاربرد فناوری نانو در نوع خود بی نظیر و جالب توجه است، کاربرد این فناوری را در مقابل پذیرش ریسک‌های آن به چالش می‌کشاند و چون افراد درک متفاوتی از ریسک‌های زیست محیطی و بهداشتی دارند، اطلاع از نوع نگرش آنها و دانستن نقاط قوت و ضعف در این رابطه و نیازهای تحقیقاتی آموزشی و اطلاع رسانی در تدوین سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی و استراتژی‌های مربوطه حائز اهمیت می‌باشد. پژوهش حاضر بر آن است تا از طریق تدوین ابزار مناسب برای ارزیابی درک افراد از ریسک‌های بهداشتی و زیست محیطی این فناوری و محصولات آن با تکیه ویژه بر نانومواد، دیدگاه افراد عادی و متخصص را نسبت به این مواد مورد مطالعه قرار دهد.

¹ Besley

² Cobb

³ Macoubrie

⁴ Siegrist

⁵ Asbestos

مشخصات دموگرافیک افراد در کنار سایر اطلاعات جمع-آوری گردید که از جمله می توان به اطلاعات بیان کننده سن، جنس، سطح تحصیلات، میزان آشنایی با فناوری نانو، درک افراد نسبت به رابطه بین ریسکها و منافع فناوری نانو، مهمترین منفعت فناوری نانو از نظر افراد و ...

۲. ۱. مقیاس طرح سؤال و تعیین روایی و پایایی پرسشنامه

از آنجایی که پرسشنامه‌های مورد بحث، به منظور سنجش نگرش افراد طراحی و تدوین شده بودند، از مقیاس لیکرت^۳ در طراحی سئوالات استفاده گردید. کاربرد مقیاس لیکرت به این معناست که به جای پرسیدن سؤال از افراد، جملات خبری در ستون سمت راست کاغذ نوشته می شوند و از پاسخ دهنده درخواست می گردد که در مقیاس پنج گانه "بسیار موافقم، موافقم، نظری ندارم، مخالفم، بسیار مخالفم" ستون مربوط به نظر خود را علامت بزند. در تک تک مراحل تدوین پرسشنامه و اجرای پایلوتها، طبق نظر متخصصین و مشاور آماری، سئوالات غلطانداز حذف گردید و پرسشنامه به روش Expert Certification تایید گردید. امر تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS 12 انجام شد.

۲. ۲. جامعه آماری و حجم نمونه

جهت انجام اولین فاز عملیاتی پژوهش حاضر، تعداد ۲۰ نفر از متخصصین فعال در زمینه‌های مشترک فناوری نانو و محیط زیست و همچنین متخصصین نانویی آشنا به مباحث سم‌شناسی نانو مواد شناسایی گردیده و در این مرحله امر رتبه‌بندی ریسکها و منافع زیست محیطی مواد نانو را انجام دادند و در این بخش از ایشان خواسته شد ۵ مورد از هر فهرست را که از نظر ایشان دارای بیشترین اهمیت و احتمال وقوع بود را برگزینند.

۲. ۳. انتخاب حجم نمونه برای اجرای پرسشنامه ها

مطالعات اولیه نشان می دهد که نگرش افرادی که دارای تخصص می باشند نسبت به ریسکهای فناوری نانو حدود

در امریکا تهیه گردید. همچنین ریسکها و منافع زیست محیطی مختلف ناشی از مواد نانو، با استفاده از مطالعات وسیع کتابخانه‌ای، بررسی مقالات معتبر و همچنین گفتگو و رایزنی با ۵۳ نفر از متخصصین فعال در زمینه فناوری نانو، سم شناسی نانومواد و همچنین متخصصین زیست محیطی مطلع، تهیه و تدوین شد. سپس جهت انجام امر رتبه‌بندی ریسکها، برگرفته‌ای از روش پیشنهادی دانشگاه کارنگی ملون^۱ با تلفیقی از روش مورد استفاده محققینی همچون سیگرست^۲ استفاده گردید [۱۵]. تا جهت سهولت امر رتبه‌بندی ریسکها سناریوهای کوتاه و گویایی از ریسکها و همچنین کاربردهای مختلف فناوری نانو تهیه گردیده و جهت انجام رتبه بندی مقایسه‌ای در اختیار شرکت کنندگان قرار داده شد و از ایشان خواسته شد که ۵ مورد از مهمترین و محتمل ترین از آنها را علامت بزنند و ترتیب خاصی نیز در انتخاب این ۵ مورد از لحاظ میزان اولویت وجود ندارد (در اکثر قریب به اتفاق مطالعات فهرستهای ۵ موردی مورد استفاده قرار گرفته است که خلاصه بودن و قابلیت انجام مقایسه آسان تر برای مراحل پیاده‌سازی پرسشنامه‌ها از جمله علل انتخاب ۵ مورد به جای تعداد موارد کمتر یا بیشتر است). به طور خلاصه اولویت بندی ریسکها به این ترتیب انجام شد:

- تعریف و دسته بندی ریسکها
 - شرح و توصیف ریسکها در سناریوهای کوتاه
 - برگزاری جلسات برای متخصصین جهت رده-بندی ریسکها
 - استخراج نتایج رده بندی ریسکها
- لازم به ذکر است که منافع زیست محیطی مواد نانو نیز به روش مشابهی مورد بررسی متخصصین و انتخاب ۵ مورد از بین موارد موجود در فهرست، قرار گرفت.
- طراحی پرسشنامه - در راستای بررسی وضعیت نگرش افراد عادی نسبت به ریسکها و منافع فناوری نانو پرسشنامه‌ای طراحی شد. در این پرسشنامه، اطلاعات مربوط به

³ Likert scale

¹ Carnegie Mellon University

² Siegrist

از جمعیت مورد مطالعه هم واژه فناوری نانو را می‌شناسد و هم تعریف آن را می‌داند. همچنین در کل ۴۲ نفر معادل ۷۹٪ از جمعیت مورد بررسی یا درباره فناوری هیچ مطلبی نشنیده اند و یا مطالب اندکی در این باره شنیده‌اند و تنها ۱۶٪ ایشان ادعا کرده‌اند که به میزان متوسط یا زیادی درباره این فناوری مطالبی را دریافت نموده‌اند.

جدول ۱ - فهرست ریسک‌های عمده ناشی از فناوری نانو [۱۴]

ردیف	ریسک ناشی از فناوری نانو
۱	از دست رفتن حریم شخصی افراد به دلیل انتشار دستگاه‌های جاسوسی در ابعاد نانویی
۲	مشکلات اقتصادی به دلیل کاهش مشاغل معمول و رایج
۳	مسابقه تسلیحاتی بین کشورها با استفاده از سلاح-های نانویی
۴	تنفس نانو ذرات کوچکی که در بدن تجمع می‌یابند
۵	انتشار خارج از کنترل ربات‌های نانو ^۲ ابعادی که خاصیت خودمونتازی دارند

جدول ۲ - فهرست ۵ منفعت عمده حاصل از فناوری نانو [۱۴]

ردیف	منفعت حاصل از فناوری نانو
۱	افزایش امنیت ملی و توانمندی‌های دفاعی
۲	محصولات مصرفی ارزان قیمت‌تر و ماندگارتر
۳	راه‌های جدید و بهتر برای پاکسازی محیط زیست
۴	بهبود شرایط روحی و جسمی انسان
۵	راه‌های جدید شناسایی و درمان بیماری‌ها

از میان این ۵۳ نفر، ۷/۵٪ ایشان معتقد بودند که ریسک‌ها از منافع بیشتر است و در عوض ۳۷/۸٪ جمعیت مورد مطالعه بیان کردند که از نظر ایشان منافع فناوری نانو از ریسک‌های آن بیشتر است و ۴۳/۴٪ نیز گزینه «مطمئن نیستم» را به عنوان پاسخ خود انتخاب کرده بودند. در این گروه، ۳۲٪ افراد میزان ریسک‌های زیست‌محیطی این فناوری را بیشتر از منافع آن دانسته و همچنین ۲۴/۵٪ افراد این گروه منافع زیست‌محیطی این فناوری را بیشتر از ریسک‌های آن می‌دانند و گزینه «مطمئن نیستم» نیز ۲۸/۳٪ پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده است (جدول ۵).

۱۵٪ و برای کسانی که دارای تخصص نیستند معادل ۴۰٪ است. لذا با استفاده از فرمول کوکران^۱ نمونه‌ای به حجم ۵۳ نفر از هر گروه (افراد عادی و افراد متخصص) با اطمینان ۹۵ درصد و قدرت آزمون برابر ۹۰ درصد مشخص شد.

۳. تجزیه و تحلیل

در ابتدا امر شناسایی ابعاد مختلف فناوری نانو، کاربردها، ریسک‌ها و منافع بالقوه آن انجام گردید. پس از تهیه فهرست مفصلی از ریسک‌های زیست‌محیطی بالقوه و بالفعل ناشی از ورود فناوری نانو به زندگی روزمره و محیط زیست، به منظور رتبه‌بندی ریسک‌ها، سناریوهای کوتاهی از ریسک هر کدام از مسائل زیست‌محیطی ناشی از فناوری نانو تهیه گردیده و به تأیید متخصصین فعال در این زمینه رسید. شایان ذکر است که، فهرست ریسک‌ها و منافع عمده فناوری نانو با استفاده از نتایج تحقیقات کاب و مکوبری [۱۴] تدوین شد و همچنین فهرست جامعی از ریسک‌ها و منافع زیست-محیطی فناوری نانو با بررسی دقیق متون، مقالات و گزارش-های علمی موجود شناسایی گردیده و به تأیید نظر متخصصین نانو رسید و پس از این کار، امر رتبه‌بندی و تعیین ۵ اولویت عمده ریسک‌ها و منافع زیست‌محیطی نانومواد توسط افراد متخصص همکار در این قسمت انجام شد و در نهایت ۵ ریسک عمده و ۵ منفعت عمده این فناوری در کنار ۵ ریسک زیست‌محیطی نانومواد و ۵ منفعت زیست‌محیطی این مواد نانویی برای استفاده در مرحله تهیه و تدوین پرسشنامه‌ها به کار گرفته شد. نتایج این مرحله در جداول ۱ تا ۴ آورده شده است. ریسک‌ها و منافع که در این جداول بیان شده‌اند دارای ویژگی‌های محتمل بودن، جامعیت و قابل درک بودن هستند.

در یکی از بخش‌های آغازین پرسشنامه، سؤالاتی به منظور سنجش میزان آشنایی افراد با واژه و تعریف فناوری نانو طراحی و پیاده سازی گردید. در کل از ۵۳ نفر مشارکت کننده غیر متخصص، ۴۲٪ اذعان نموده‌اند که این واژه را نمی‌شناسند و ۳۹٪ دیگر نیز بیان کرده‌اند که این واژه را می‌شناسند اما تعریف آن را نمی‌دانند و در نهایت تنها ۱۹٪

² nano-robots

¹ cochran formula

جدول ۳- فهرست ۵ ریسک زیست محیطی ویژه مواد نانو برگزیده شده توسط متخصصین

ردیف	ریسک زیست محیطی فناوری نانو
۱	تجمع نانوذرات در بدن موجودات زنده و تغلیظ در زنجیره غذایی
۲	انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری در اثر مواجهه با نانوذرات در محیط‌زیست به ویژه در محیط‌های آبی
۳	پخش خارج از کنترل نانو مواد هوشمند در محیط‌زیست و امکان تأثیرگذاری آنها بر بیان ژن جانداران تک سلولی و حتی رده بالاتر
۴	ماندگاری طولانی نانومواد در محیط زیست
۵	وقوع اثرات سمی ناشی از واکنش بین نانومواد و سایر مواد موجود در محیط زیست

جدول ۴- فهرست ۵ منفعت زیست محیطی کاربرد مواد نانو برگزیده توسط متخصصین

ردیف	منفعت زیست محیطی فناوری نانو
۱	روش‌های جدید دفع پسماندهای هسته‌ای به کمک نانومواد
۲	پاکسازی خاک‌های آلوده به مواد سمی با استفاده از نانومواد خاص
۳	تصفیه آب‌های زیرزمینی با استفاده از نانوذرات اکسید آهن
۴	روش‌های نوین تصفیه فاضلاب‌های صنعتی با به کارگیری نانومواد و فناوری نانو
۵	تولید انرژی‌های پاک با حداقل آسیب‌رسانی به محیط زیست با کمک نانومواد

جدول ۶ - مهمترین منفعتی که فناوری نانو باید به آن دست یابد از

نظر افراد غیر متخصص

افراد غیر متخصص	منافع	
	تعداد	درصد
	۷	۱۳/۲
	۲۰	۳۷/۸
	۵	۹/۴
	۲	۳/۸
	۱۵	۲۸/۳
	۴	۷/۵
جمع	۵۳	۱۰۰

در خصوص بیشترین ریسک، در گروه افراد غیر متخصص، بیش از سایر موارد گزینه بیان کننده عدم اطمینان افراد با ۴۱/۵ درصد خودنمایی می‌کند و در رتبه‌بندی نگرانی از وقوع اثرات سمی ناشی از واکنش‌های نانومواد با سایر مواد موجود در محیط زیست با ۱۹ درصد قرار دارد. در بخش دیگری از مطالعه و در راستای بررسی وضعیت نگرش افراد

جدول ۵ - درک افراد غیر متخصص از تعادل بین ریسک‌ها و منافع

کلی فناوری نانو

افراد غیر متخصص	پاسخ	
	تعداد	درصد
	۶	۱۱/۳
	۴	۷/۵
	۲۰	۳۷/۸
	۲۳	۴۳/۴
جمع	۵۳	۱۰۰

در پاسخ به سوال بیشترین منفعت، بیشترین درصد پاسخ‌ها مربوط به محصولات مصرفی ارزان قیمت‌تر و ماندگارتر با ۳۷/۸٪ و پس از آن راه‌های جدید شناسایی و درمان بیماری-ها با ۲۸/۳ درصد می‌باشد. درباره بیشترین ریسک مورد انتظار، بیشترین میزان درصد پاسخگویی به گزینه «مطمئن نیستم» بوده (۲۸/۳)، و در جایگاه بعدی «از دست رفتن حریم شخصی افراد به دلیل انتشار دستگاه‌های جاسوسی در ابعاد نانویی» با ۱۳/۲٪ قرار دارد (جدول ۶).

کننده در مطالعه، ۵۳٪ از افراد معتقد هستند که نگرش افراد عادی جامعه نسبت به فناوری نانو نسبتاً مثبت است. در هیچ کدام از ایشان گزینه «بسیار نگران و مضطرب» را انتخاب نمودند و ۲۰/۷٪ نیز بیان کردند که از نظر ایشان عموم جامعه نسبت به این فناوری و دیدگاه بی تفاوتی دارند. از متخصصین سوال شد که نحوه برخورد با مسایل ریسک‌های نانو مواد چگونه باید باشد؟ دستاوردهای این مرحله نشان داد که از نظر ۴۷/۲٪ از متخصصین مورد پرسش، در ارتباط با مسائل و ریسک‌های زیست محیطی مواد نانو نیاز به رویکرد خاصی نیست و باید مشابه با سایر مسائل زیست محیطی با آنها برخورد نمود و ۳۲ درصد عدم اطمینان خود را در انتخاب یکی از گزینه‌ها بیان کردند.

یکی از دیگر بخش‌های جالب توجهی که در مطالعه حاضر در طراحی پرسشنامه متخصصین لحاظ گردیده بود، بررسی نظر ایشان نسبت به لزوم اطلاع‌رسانی به عموم جامعه درباره ریسک‌های فناوری نانو و سایر ریسک‌های مربوط به محصولات و کاربردهای این فناوری بود. نتایج این مرحله نشان داد که از نظر ۵۸/۴٪ ایشان، هیچ نیازی به اطلاع‌رسانی وجود ندارد و نباید چنین اطلاعاتی را در اختیار عموم قرار داد. اما ۲۲/۶٪ معتقد بودند که نیاز مبرم به اطلاع‌رسانی وجود دارد و ۱۸/۸٪ ایشان نیز گزینه «مطمئن نیستم» را انتخاب کرده بودند (جدول ۷). در بخش بعدی پرسشنامه، نظر متخصصین نسبت به کفایت قوانین زیست محیطی و بهداشتی فعلی برای مقابله و کنترل ریسک‌های نانو مواد بررسی شد و نتایج نشان داد که از نظر ۶۴/۱٪ ایشان، قوانین فعلی در این ارتباط تناسب کافی نداشته و باید قوانین جدیدی تدوین کرد و ۲۶/۴٪ نیز گزینه «مطمئن نیستم» را انتخاب نمودند (جدول ۸). همچنین در قسمت دیگری از پرسشنامه، نظر متخصصین نسبت به خطرناک بودن پیشرفت کاربرد محصولات فناوری نانو با سرعت فعلی برای محیط زیست در کشورمان مورد سؤال قرار گرفت. نتایج این قسمت نشان می‌دهد که ۶۸٪ از متخصصین معتقد بوده‌اند که این پیشرفت با این سرعت، خطری در بر ندارد و ۲۶/۴٪ نیز در این ارتباط اطمینان کافی نداشتند.

متخصص نسبت به فناوری نانو تعداد ۵۳ نفر از متخصصین مربوطه با این پژوهش همکاری نمودند. در بررسی نظر متخصصین نسبت به رابطه ریسک‌ها و منافع فناوری نانو به طور کلی نسبت به همدیگر، مشخص گردید که از نظر عمده ایشان منافع بیشتر از ریسک‌ها می‌باشند (۵۰/۹٪) حال آن که ۲۴/۵٪ گزینه «مطمئن نیستم» را انتخاب کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ۴۵/۳ درصد از متخصصین بر این باورند که منافع زیست محیطی این فناوری بر ریسک‌های زیست محیطی ناشی از آن پیشی می‌گیرد و ۲۲/۷ درصد نیز از عدم اطمینان خود در زمینه انتخاب یکی از گزینه‌های پیشنهادی سخن گفته‌اند. در بررسی مهمترین منفعتی که از نظر متخصصین فعال در زمینه فناوری نانو، این فناوری باید به آن دست یابد، فهرست رتبه‌بندی شده حاصل از فازهای نخستین همین پژوهش در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت و ۳۴/۴٪ از ایشان گزینه «محصولات مصرفی ارزان قیمت‌تر و ماندگارتر» و ۲۸/۳٪ از افراد نیز گزینه «راه‌های جدید شناسایی و درمان بیماری‌ها» را برگزیدند.

به طرز مشابهی، مهمترین ریسک فناوری نانو که باید از آن دوری جست، به صورت فهرستی در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت تا ایشان مهمترین مورد را از نظر خود اعلام نمایند که نتایج حاصل از این مرحله نشان داد که ۲۸/۳٪ ایشان «تنفس نانو ذرات کوچکی که در بدن تجمع می‌یابند» را انتخاب کرد و ۲۲/۶٪ نیز انتشار خارج از کنترل روبات‌های نانو ابعادی که خاصیت خود مونتاژی دارند را برگزیده بودند. در ادامه پرسشنامه، مشابه با افراد غیرمتخصص، از متخصصین درباره مهمترین منفعت زیست محیطی فناوری نانو سؤال شد. از دید ایشان روش‌های نوین تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و تصفیه آب‌های زیرزمینی با استفاده از نانو ذرات اکسید آهن به ترتیب با ۲۸/۳ و ۲۲/۷ درصد بیشترین گزینه مورد انتخاب توسط افراد متخصص بودند. مهمترین ریسک زیست محیطی مورد انتخاب این افراد، گزینه عدم اطمینان بوده (۳۶ درصد) و در جایگاه بعدی مسأله ماندگاری طولانی در محیط زیست با ۲۰/۷۵ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد که از نظر متخصصین همکاری

و دیدگاه این دو گروه به تفکیک مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌ها به کمک متخصصین مربوطه نشان می‌دهد که عمده ریسک‌های زیست‌محیطی آن‌هایی هستند که بر سلامتی انسان، محیط‌زیست و یا حفظ زنجیره غذایی تأثیر گذاشته و به علاوه ریسک‌های ناشی از برقراری جنگ‌های جدید، از دست رفتن فرصت‌های اقتصادی و ایجاد امکان جاسوسی‌های نوین و از دست رفتن حریم‌های شخصی را نیز که جزو ریسک‌های عمده ناشی از فناوری نانو هستند را نباید از نظر دور داشت. نکته جالب توجه در گروه افراد عادی جامعه این بود که ۸۲/۷٪ از افراد یا در کل واژه فناوری نانو را نمی‌شناسند و یا اگر ذهنیتی از این واژه دارند، تنها در حد به یادآوری کلمه «فناوری نانو» است و تعریف مستدلی از آن نمی‌دانند. این یافته‌ها مشابه با یافته‌های کاب و مکوری می‌باشد [۱۴]. گرچه وضع وجود دانش قبلی نسبت به فناوری نانو در ژاپن و آلمان بهتر گزارش شده است [۱۶، ۱۷].

در بخش دیگر پرسشنامه، درک افراد از ریسک‌ها و منافع فناوری نانو در گروه تحت مطالعه بررسی شد نکات جالب توجه در یافته‌های این بخش، انتخاب گزینه «مطمئن نیستم» به میزان ۴۳/۴٪ و پس از آن انتخاب گزینه «ریسک‌ها>منافع» به میزان ۳۷/۸٪ می‌باشد در حالی که گزینه برعکس آن که ریسک‌ها را بیشتر از منافع این فناوری در نظر می‌گیرد، تنها توسط ۷/۵٪ از شرکت کنندگان انتخاب شده است. به نظر می‌رسد که در فضای فقدان ارائه اطلاعات و مطالب مرتبط با ریسک‌ها و منافع فناوری نانو، باز هم این افراد در مورد نسبت‌های مختلف بین ریسک‌ها و منافع مواد نانو تصمیم نسبتاً قاطعی گرفته و در بیش از نیمی از موارد، به جای آنکه عدم اطمینان خود را بیان کنند، اکثراً منافع این فناوری را بر ریسک‌های آن مقدم دانسته‌اند. در مطالعه انجام شده توسط اسمایلی اسمیت^۱ و گزارش ارائه شده از سوی مرکز تحقیقاتی هارت^۲ نیز یافته‌های مشابهی ملاحظه گردید [۱۸، ۱۹]. در بخش بعدی، پس از ارائه چند مثال از ریسک‌ها و منافع زیست‌محیطی مواد نانو، از شرکت کنندگان

جدول ۷- نظر متخصصان نسبت به لزوم اطلاع‌رسانی به عموم درباره ریسک‌های فناوری نانو و نانومواد

پاسخ	تعداد	درصد
نیازی به اطلاع‌رسانی نیست.	۳۱	۵۸/۴
نیاز مبرم به اطلاع‌رسانی وجود دارد.	۱۲	۲۲/۶
مطمئن نیستم	۱۰	۱۸/۸
جمع	۵۳	۱۰۰

جدول ۸- نظر متخصصان نسبت به کفایت قوانین زیست‌محیطی و بهداشتی فعلی برای مقابله و کنترل ریسک‌های زیست‌محیطی نانومواد

پاسخ	تعداد	درصد
قوانین فعلی در این ارتباط تناسب ندارند و باید قوانین جدیدی تدوین کرد	۳۴	۶۴/۱
قوانین فعلی در این ارتباط کافی بوده و نیازی به قوانین جدید نیست	۵	۹/۴
مطمئن نیستم	۱۴	۲۶/۴
جمع	۵۳	۱۰۰

۴. بحث و نتایج

مدیریت صحیح ریسک‌های بهداشتی و زیست‌محیطی فناوری‌های نوین و محصولات حاصل از آنها همواره از دغدغه‌های متخصصین و سیاست‌گزاران در زمینه بهداشت محیط‌زیست بوده است. مساله حفظ محیط‌زیست از یک سو و لزوم توجه به پیشرفت و توسعه اقتصادی-رفاهی با به کارگیری علوم و فناوری‌های مختلف، از سوی دیگر، مدیران و دست‌اندرکاران برنامه‌ریزی برای محیط‌زیست، را به انجام مطالعات اثرات اجتماعی و پذیرش اجتماعی فناوری‌های مختلف در میان قشرهای مختلف جامعه وادار می‌سازد. در این پژوهش در قدم اول پس از انجام مطالعه وسیع بر روی ابعاد و کاربردها و همچنین انواع ریسک‌ها و منافع حاصل از فناوری نانو و نانومواد، مجموعه‌ای از ریسک و منافع زیست‌محیطی این فناوری و این نوع مواد تهیه شد که دارای خصوصیتی از جمله محتمل بودن، قابل درک بودن و جامعیت می‌باشد. در ادامه با طراحی پرسشنامه از دو نمونه آماری افراد عادی جامعه و افراد متخصص در حوزه‌های مرتبط با فناوری نانو موارد متعددی مورد پرسش قرار گرفت

² Hart

¹ Smiley Smith

کوچکی که در بدن تجمع می‌یابند» می‌باشد. انجام مصاحبه-های فردی و گروهی در ضمن تکمیل پرسشنامه‌ها نمایان ساخت که از دید مردم عادی نانو ذرات چیزی جدا و متفاوت از ذرات بسیار کوچکی است که همه روزه در هوای آلوده شهری آن‌ها را تنفس می‌کنیم و اغلب آن‌ها نگران هستند که اگر چنین ذراتی را تنفس کنند، تجمع آن‌ها در بدن باعث بیماری ایشان شود. نکته دیگر این که افراد نسبتاً زیادی (۲۸/۳٪) بحث عدم اطمینان به انتخاب گزینه‌ها را بیان کرده‌اند. در ادامه پرسشنامه پس از ارائه فهرستی از ریسک‌ها و منافع زیست‌محیطی مواد نانو برای افراد تحت بررسی، درباره مهمترین منفعت زیست‌محیطی مواد نانو از ایشان سوال شد و نکات جالبی به دست آمد: درصد انتخاب گزینه روش‌های جدید تصفیه فاضلاب صنعتی و همچنین گزینه تصفیه آب‌های زیر زمینی، هر کدام ۱۷ درصد و نکته بسیار جالب توجه در انتخاب گزینه مطمئن نیستم به میزان ۳۲ درصد است که اکثر پاسخ‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. همین روند برای شناسایی مهمترین ریسک زیست‌محیطی مواد نانو تکرار شد و نتایج زیر به دست آمد: افراد شرکت کننده در مطالعه، گزینه وقوع اثرات سمی را به میزان ۱۹ درصد انتخاب کرده بودند که در بین ۵ گزینه ارائه شده، بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است اما گزینه مطمئن نیستم به میزان ۴۱/۵ درصد انتخاب شده بود که خود گواه روشنی است بر این امر که در بحث ریسک‌ها، در مقایسه با وضعیت تصمیم‌گیری درباره منافع، افراد عدم اطمینان بیشتری در خود احساس می‌کنند.

تفاوت در میزان‌های انتخاب هر یک از گزینه‌ها درباره ریسک‌های مواد نانو و مورد قبلی یعنی منافع مواد نانو نشان دهنده این واقعیت است که مشابه با یافته‌های اسمایلی اسمیت [۱۹]. هنگامی که درباره ریسک‌ها و منافع مواد حاصل از یک فناوری از افراد سؤالاتی پرسیده می‌شود، ایشان قبل از هر چیز کاربردها و منافع این فناوری را در نظر گرفته و در نتیجه تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه مرتبط با منافع بسیار آسانتر از تصمیم‌گیری درباره یک گزینه مربوط به ریسک‌ها است. نکته‌ای که در اینجا باید افزوده شود این

خواسته شد تا نظر خود را نسبت به رابطه یا نسبت بین ریسک‌ها و منافع زیست‌محیطی این مواد بیان کنند. نتایج این بخش نشان می‌دهد که بیشترین گزینه منتخب، برتری ریسک‌های زیست‌محیطی بر منافع زیست‌محیطی این مواد را به میزان ۳۲٪ نشان می‌دهد و پس از آن عدم اطمینان در انتخاب یکی از گزینه‌ها با ۲۸/۳٪ خود را نمایان می‌کند. گرچه نباید از نظر دور داشت که ۲۴/۵٪ افراد نیز منافع زیست‌محیطی این فناوری را بر ریسک‌های زیست‌محیطی ناشی از آن برتری داده‌اند اما باز هم در نسبت کمتری قرار دارند. در اینجا همانند یافته‌های هارت افراد در وادی دودلی و دلواپسی سرگرداند [۱۸].

در قسمت بعد، با بررسی یافته‌های مربوط به مهمترین منفعتی که باید فناوری نانو به طور کلی به آن دست یابد، نکات جالبی خودنمایی می‌کند. بیشترین انتخاب به طور کلی "محصولات مصرفی ارزان تر و ماندگارتر" و همچنین "راه‌های جدید شناسایی و درمان بیماری‌ها" بوده اند که مشابه با یافته‌های اسمایلی اسمیت، مکوری و بول [۱۷،۲۰] حکایت از نگرانی‌های رایج فعلی مردم دست به گریبان مسائل اقتصادی در ابعاد مختلف محلی تا جهانی و همچنین مساله بیماری‌های صعب‌العلاجی همچون ایدز و انواع سرطان دارد. مسائلی که تنها مختص مردم کشور ایران نیستند و فی المثل حتی آلمانی‌ها نیز مساله نیاز به روش‌های درمان و تشخیصی بهینه را بیان داشته‌اند [۱۷].

نکته جالب توجه دیگر نسبت پایین افراد نامطمئن در انتخاب یکی از گزینه‌ها می‌باشد که گویای تناسب طراحی گزینه‌های پاسخ بوده و قابلیت درک و تصمیم‌گیری درباره یکی از گزینه‌ها را نشان می‌دهد. گرچه انتخاب کمتر گزینه مربوط به "راه‌های جدید و بهتر پاکسازی محیط زیست" به میزان ۹/۴٪، نسبت به مطالعات انجام شده روی سایر کشورها از جمله اروپا، نشان‌دهنده اهمیت نسبی کمتر مساله حفظ محیط زیست به کمک این فناوری در اذهان افراد عادی کشور ایران می‌باشد. در بحث مهمترین ریسک کلی که ناشی از فناوری نانو بوده و باید از آن دوری جست بیشترین گزینه انتخاب شده در کل جمعیت مورد مطالعه، «تنفس نانو ذرات

متخصص هم مشابه با افراد عادی دارای عدم اطمینان مشابهی نسبت به ریسک‌ها و منافع و برتری یکی بر دیگری می‌باشند. اما باز هم به نسبت، تعداد بیشتری از افراد، منافع فناوری نانو را بر ریسک‌های آن ارجح می‌دانستند (۵۰/۹٪ در گروه متخصصین و ۳۰/۱٪ در گروه افراد غیرمتخصص). در قسمت بعد، نظر متخصصین نسبت به مهمترین منفعتی که فناوری نانو باید به آن دست یابد بررسی گردید. از نظر این افراد "محصولات مصرفی ارزان تر و ماندگارتر" با ۴۳/۴٪ بیشترین انتخاب بیان شده بود و سپس «راه‌های جدید شناسایی و درمان بیماری‌ها» که این نتایج مشابه با نتایج حاصل از مطالعه بر روی افراد غیرمتخصص می‌باشد. یافته‌های مشابهی نیز توسط کاب و سیگرست و بسلی به دست آمد [۱۵-۱۳]. در مقایسه سایر گزینه‌ها با افراد غیرمتخصص، میزان انتخاب گزینه «مطمئن نیستم» در این گروه فقط ۲٪ بوده است حال آن که در گروه غیرمتخصصین، این گزینه به میزان ۹/۵ درصد بود. البته علت این امر هم کاملاً قابل درک است: متخصصین با اطمینان بیشتری مبتنی بر دانسته‌های خود توانسته‌اند یکی از منافع فناوری نانو را از بین گزینه‌ها انتخاب کنند [۱۵]. در زمینه مهمترین ریسکی که باید از آن دوری جست، بیشتری درصد انتخاب مربوط به «تنفس نانو ذرات کوچکی که در بدن تجمع می‌یابند» با ۲۸/۳٪ و سپس «انتشار خارج از کنترل روبات‌های نانو ابعادی که خاصیت خود مونتاژی دارند» با ۲۲٪ بوده است که مورد اول مشابه با انتخاب گروه افراد غیرمتخصص می‌باشد حال آن که مورد دوم در گروه افراد غیرمتخصص درصد کمتری را به خود اختصاص داده بود که در این گروه بیشترین مساله "از دست رفتن ناخودآگاه حریم شخصی" مطرح بوده است که با توجه به واقعیت‌های جامعه امری نگران کننده است چرا که گسترش فناوری ارتباطات و توسعه استفاده از وسایلی همچون گوشی‌های تلفن همراه با قابلیت‌های مختلف، حریم خصوصی افراد را زیر سؤال برده است و می‌تواند جای نگرانی برای فناوری‌های نوین دیگر هم باشد. همچنین از متخصصین درباره مهمترین منفعت زیست‌محیطی مواد نانو سوال شد و از نظر حداکثر ایشان روش‌های نوین تصفیه

است که در کشور ما غالباً افراد عادت به در نظر گرفتن و اندیشیدن به منافع فناوری‌ها و محصولات آنها دارند و اطلاعات مربوط به ریسک‌ها هم به میزان کمتری به ایشان ارائه می‌شود و هم کمتر مورد توجه افراد عادی است. مطالعات فراوانی نشان داده است که احساسات درونی افراد نسبت به فناوری‌های مختلف دارای نقشی تعیین کننده در پذیرش یا عدم پذیرش این فناوری‌ها و محصولات آنها از سوی عموم دارد [۱۸-۱۴]. این یافته‌ها به طور کلی اثر مثبت ارائه اطلاعات را در سهولت تصمیم‌گیری افراد بین گزینه‌های ارائه شده در فضای فقدان اطلاعات علمی پیشین نشان می‌دهد به این صورت که افراد بی آن که از وضعیت واقعی و حتی مفاهیم پایه در بحث ریسک‌ها و منافع این فناوری اطلاع داشته باشند، بر پایه یکی دو مثال از کاربردهای این فناوری و همچنین مبتنی بر این ذهنیت خام که هر فناوری جدیدی حق مسلم ایشان است و باید از آن سود جویند، اقدام به تصمیم‌گیری درباره پاسخ یک سؤال در ارزیابی نگرش‌ها می‌نمایند این واقعیت تنها متعلق به کشور در حال توسعه‌ای مثل ایران نیست. موارد مشابه در امریکا [۱۴] و آلمان [۱۷] نیز مشاهده و گزارش شده اما شدت خیلی کمتری داشته است. اطمینان به افراد یا سازمان‌های مختلف در ارتباط با فراهم آوردن اطلاعات مربوط به ریسک‌ها و همچنین کنترل به موقع ریسک‌ها از جمله دیگر عوامل مهم و تأثیرگذار در شکل‌دهی به وضعیت و نوع نگرش افراد می‌باشد. این متغیر که به تازگی وارد مطالعات درک ریسک و نگرش نسبت به فناوری‌های نوین و دستاوردهای آنها شده است، نقش کلیدی خود را بارها به اثبات رسانیده است [۱۴، ۱۵، ۱۸، ۱۹].

در بررسی نظرات افراد متخصص، نظر ایشان نسبت به رابطه بین ریسک‌ها و منافع فناوری نانو به طور کلی بررسی شد. نتایج نشان داد که در بین متخصصین ۵۰/۹٪ افراد منافع را بیشتر از ریسک‌ها می‌دانند. جالب توجه اینکه ۲۴/۵٪ از افراد گزینه «مطمئن نیستم» را انتخاب کرده بودند که همین آیتم در جمعیت افراد غیرمتخصص به میزان ۲۶٪ انتخاب شده بود. تشابه این دو مقدار نشان‌دهنده این است که افراد

باید مدیریت شود. البته باید اذعان داشت که در کشور ما مشارکت مردمی در زمینه‌های زیست‌محیطی ضعیف است. در قسمت بعدی نظر متخصصان نسبت به کفایت قوانین زیست‌محیطی و بهداشت فعلی را برای مقابله و کنترل ریسک‌های فناوری نانو و نانو مواد مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که از نظر ۴۵/۳٪ از ایشان قوانین فعلی تناسب کافی نداشته و باید قوانین جدیدی تدوین کرد و ۲۸/۳٪ قوانین را مکفی دانسته و ۲۶/۴٪ نیز در این مورد اطمینان کافی نداشته‌اند. جالب است که در کشورهای اروپایی نیاز به تدوین قوانین و دستورالعمل‌های جدید از جمله تأکیدات شدید متخصصین و دست اندرکاران تحقیق و توسعه فناوری نانو است [۱۷]. حال آنکه در کشور ما که برخی متخصصین خود وجود ریسک‌ها را نادیده می‌گیرند و حتی گاهی از وجود آن‌ها بی‌اطلاع هستند یا نیازی به قوانین جدید نمی‌بینند و یا در شک و تردید قرار دارند. در بخشی دیگر، از متخصصان درباره خطرناک بودن پیشرفت کاربرد محصولات فناوری نانو با سرعت فعلی در کشور سؤال شد که از نظر ۶۸٪ ایشان هیچ خطری ناشی از پیشرفت کاربرد این فناوری در کشور وجود ندارد، تنها ۵/۶٪ از پیشرفت این فناوری در کشور با شتاب فعلی احساس خطر کردند و جالب آنکه ۲۶/۴٪ از عدم اطمینان خود در انتخاب یکی از گزینه‌ها صحبت نموده‌اند. این یافته‌ها با در نظر گرفتن یافته‌های مراحل قبل کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. متخصصان ما ریسک‌های کمی را در نظر می‌گیرند، نیاز چندانی به تدوین قوانین جدید در مقابله با ریسک‌ها نمی‌بینند پس در نتیجه این فناوری و پیشرفت کاربرد آن را در فقدان اطلاع‌رسانی به عموم کاملاً بی‌خطر می‌دانند.

۵. نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق حاضر که جزو اولین تحقیقاتی است که در این حوزه در کشور ایران انجام شده است بسیار منحصر به فرد و جالب توجه است. این تحقیق لزوم اطلاع‌رسانی درباره ریسک‌ها و خطرات کاربرد نانو مواد و محصولات حاوی آنها را در زندگی روزمره به عموم جامعه نشان می‌دهد. علاوه بر این جامعه متخصصین فعال در این حوزه هم نیازمند نگرش

فاضلاب صنعتی انتخاب شد و گزینه مطمئن نیستیم تنها توسط ۵/۷ درصد افراد انتخاب شد حال آنکه در زمینه مهمترین ریسک زیست‌محیطی مواد نانو، ۲۰/۷۵ درصد ایشان مساله ماندگاری طولانی مدت برخی نانو مواد در محیط‌زیست را بیان کردند و باز هم جای تأمل دارد که ۳۶ درصد نیز از عدم اطمینان خود در برگزیدن یکی از گزینه‌های پیشنهادی سخن گفتند. این تفاوت بین میزان‌های عدم اطمینان در انتخاب مهمترین ریسک‌ها و منافع زیست‌محیطی نانو مواد در سطح معناداری ($P \text{ value} < 0/05$) دارای اهمیت می‌باشد. چرا که متخصصین با اطمینان خیلی بیشتری از منافع این مواد نوین سخن می‌گویند اما وقتی سخن از ریسک‌های زیست‌محیطی می‌شود، عدم اطمینان چشمگیری خودنمایی می‌کند. از نظر متخصصین، اکثر افراد عادی دارای نگرش نسبتاً مثبتی نسبت به این فناوری می‌باشند (۵۳٪) و از نظر ۲۰/۷٪ از دیگر متخصصین نیز افراد عادی دیدگاهی بی تفاوت نسبت به این فناوری دارند. این یافته از نوع خود منحصر به فرد است چرا که در کمتر مطالعه‌ای نظر متخصصین نسبت به وضعیت نگرش افراد عادی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین نظر متخصصین نسبت به لزوم اطلاع‌رسانی به عموم درباره ریسک‌های نانو مواد مورد بررسی قرار گرفت. جالب این که از نظر ۵۸/۴٪ ایشان نیازی به اطلاع‌رسانی به عموم مردم نیست، ۲۲/۶٪ این نیاز را مبرم دانسته و ۱۸/۸٪ نیز درباره انتخاب یکی از دو گزینه فوق اطمینان کافی نداشته‌اند. این یافته جالب اما باعث تأمل و شاید تأسف از این حقیقت پرده برمی‌دارد که در بسیاری از زمینه‌های علمی دیگر نیز ما اطلاعات مربوط به ریسک‌ها را در حد خیلی کم به مردم عادی منتقل می‌کنیم و چه بسا ایشان را در ناآگاهی کامل نسبت به ریسک‌های همراه با کاربردهای مختلف یک فناوری باقی بگذاریم (حتی اثرات جانبی و ریسک‌های همراه با استفاده از داروهای رایج را بسیاری نمی‌دانند). چیزی که در کشوری مثل ایالات متحده که قانون «حق دانستن» برای اقشار مختلف وجود دارد، امری اشکال برانگیز می‌باشد. در چنین سیاست‌هایی، مردم حق دارند که بدانند و تنها روش و نحوه اطلاع‌رسانی است که

- [8] G. Miller, L. Archer, E. Pica, D. Bell, R. Senyen, G. Kimbrell. "Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: small ingredients, big risks: Friends of the Earth Australia & Friends of the Earth United States." (2006).
- [9] S. Larsson, M. Jansson, Å. Boholm. "Expert stakeholders' perception of nanotechnology: risk, benefit, knowledge, and regulation." *Journal of Nanoparticle Research*, **21** (2019) 1-17.
- [10] EPA, US. *EPA Air Quality Criteria for Particulate Matter (Final Report, Oct 2004)*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA 600/P-99/002aF-bF, 2004.
- [11] N. Gupta, AR.H Fischer, L.J. Frewer. "Ethics, risk and benefits associated with different applications of nanotechnology: a comparison of expert and consumer perceptions of drivers of societal acceptance." *NanoEthics*, **9** (2015) 93-108.
- [12] J. Besley, "Current research on public perceptions of nanotechnology." *Emerging Health Threats Journal*, **1** (2010) 7098.
- [13] J.C. Besley, V.L. Kramer, S.H. Priest, "Expert opinion on nanotechnology: risks, benefits, and regulation." *Journal of nanoparticle research*, **10** (2008) 549-558.
- [14] M.D. Cobb, J Macoubrie. "Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust." *Journal of Nanoparticle Research*, **6** (2004) 395-405
- [15] M. Siegrist, C. Keller, H. Kastenholz, S. Frey and A. Wiek. "Laypeople's and experts' perception of nanotechnology hazards." *Risk Analysis: An International Journal*, **1** (2007) 59-69.
- [16] Y. Fujita. "Perception of nanotechnology among general public in Japan. Asian Pacific Nanotech Weekly 4, 6." *Nanotechnology Research Institute* (2006).
- [17] G.F. Bol, G.C. Carreira, A. Epp, E. Hafner, M. Lohmann. "Risk Perception and Risk Communication on the Issue of Nanotechnology." *Safety Aspects of Engineered Nanomaterials* (2013) 341.
- [18] P Hart. "Awareness of and attitudes toward nanotechnology and synthetic biology." *A Report of Findings. Washington* (2008).
- [19] S. E. S. Smith, H. D. Hosgood, E. S. Michelson, M. H. Stowe. Stowe. "Americans' nanotechnology risk perception: Assessing opinion change." *Journal of Industrial Ecology*, **3** (2008) 459-473.
- [20] J Macoubrie. "Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government." *Public Understanding of Science*, **2** (2006) 221-241

واقع بینانه‌تری نسبت به این فناوری و کاربرد آن در جامعه می‌باشند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مشارکت تمام پاسخ دهندگان به سوالات مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند. این مقاله مستخرج از پایان نامه دکترای خانم لیلا ابراهیمی قوام آبادی جهت اخذ مدرک دکترا در رشته مدیریت محیط زیست می‌باشد.

مرجع‌ها

- [1] US EPA, Nanotechnology White Paper. Science Policy Council, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., EPA100/B-07/001 (2007).
- [2] M.C. Roco, C.A. Mirkin, M.C. Hersam. "Nanotechnology research directions for societal needs in 2020." *Retrospective and Outlook. National Science Foundation (Sponsor)* (2010).
- [3] H. Orru, H. Olstrup, A. Hagenbjörk, S. Nordin, K. Orru. "Exposures, Symptoms and Risk Perception among Office Workers in Relation to Nanoparticles in the Work Environment." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **10** (2022) 5789.
- [4] F. Murphy, A. Alavi, M. Mullins, I. Furxhi, A. Kia, M. Kingston. "The risk perception of nanotechnology: evidence from twitter." *RSC advances*, **18** (2022) 11021-11031.
- [5] G. Oberdörster, V. Stone, K. Donaldson. "Toxicology of nanoparticles: a historical perspective." *Nanotoxicology*, **1** (2007) 2-25.
- [6] N.A. Kamarulzaman, K.E. Lee, K.S. Siow, M. Mokhtar. "Public benefit and risk perceptions of nanotechnology development: Psychological and sociological aspects." *Technology in Society*, **62** (2020) 101329.
- [7] Royal Society (Great Britain). *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties: Summary and Recommendations*. Royal Society, 2004.