Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 13, No.3, Autumn 2021
Pages: 38-47

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۳، شماره۳، پائیز ۱۴۰۰
صفحه: ۴۷-۳۸

طراحی و اعتبارسنجی ابزاری به‌منظور ارزیابی اصول ایمنی کار با نانومواد در آزمایشگاه‌های فناوری نانو

سقراط عمری شکفتیک[۱]، سعید محمدی[۲]، مرادعلی زارعی‌پور[۳]، آزاد حقیقی اصل[۴]، رضیه سلطانی گردفرامرزی[۵]، فخرالدین احمدی کانرش[۱*]

چکیده

مقدمه: ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانومواد، علاوه بر کاربردهای فراوانشان در علم و فناوری، می‌توانند تهدیدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست باشند. مواجهه با این مواد، ممکن است در محیط‌های شغلی و یا در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی اتفاق بیافتد. به جرات می‌توان گفت که نزدیک به نیمی از افراد دارای مواجهه شغلی با نانومواد، در محیط‌های آکادمیک و آزمایشگاهی فعالیت می‌کنند. لذا مطالعه حاضر به‌منظور طراحی و اعتبارسنجی یک ابزار، برای بررسی اصول ایمنی کار با نانومواد در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، انجام‌گرفته است.

روش بررسی: برای طراحی این ابزار از گزارش‌ها، دستورالعمل‌ها و مقالات مربوط به "روش‌های کار ایمن با نانومواد" استفاده شد. روایی ابزار با استفاده از شیوه لاوشه و با محاسبه مقادیر CVI و CVR سنجیده شد. بررسی پایایی ابزار به کمک ضریب آلفای کرونباخ و ضریب کاپا انجام گرفت.

نتایج: ابزار در پنج بخش "اطلاعات کلی"، "حمل‌ونقل و نگهداری نانومواد"، "کنترل‌های مهندسی"، "کنترل‌های مدیریتی" و "تجهیزات حفاظت فردی" طراحی شد. پس از بررسی روایی، ۵ گویه امتیاز لازم برای ماندن در ابزار را کسب نکردند و حذف شدند. مقدار آلفای کرونباخ برای هریک از بخش‌های ابزار، بیش از ۰/۸۰ محاسبه شد که نشان از "مناسب بودن" ابزار داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد ابزار موردبررسی این مطالعه، ازهرجهت برای منظور طراحی‌شده سازگاری دارد و آماده است به‌صورت پرسشنامه مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اعتبارسنجی، آزمایشگاه‌های نانومواد، طراحی ابزار، نانومواد

[۱] کارشناس ارشد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[۲] کارشناس ارشد، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[۳] واحد تحقیقات نظام سلامت، مرکز بهداشت ارومیه، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
[۴] دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
[۵] کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات بیماریهای ناشی از صنعت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس:۰۹۳۶۱۰۴۳۴۷۵، پست الکترونیک: f_ahmadi1367@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

مقدمه

از اولین باری که واژه فناوری نانو (Nanotechnology) به‌وسیله نوریو تانیگوچی (Norio Taniguchi) به‌کاربرده شد، نزدیک به نیم قرن می‌گذرد (۱). فناوری نانو عبارت از تولید، فراوری، تعیین مشخصات و استفاده از مواد نانومقیاس (Nanoscale) است. همچنین سیستم‌ها و فرایندهای تولیدکننده و/یا مصرف‌کننده کالا و/یا خدمات در این مقیاس نیز در این تعریف می‌گنجند (۲). ظهور فناوری نانو، جان تازه‌ای به شاخه‌های مختلف علم بخشیده است و صنایع مختلف، با بهره‌گیری از ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانومواد (ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی و ...)، محصولات جدید، با خصوصیات و کاربردهای ویژه، تولید کرده‌اند (۳،۴). این فناوری یکی از فناوری‌های کلیدی مورد تأکید اتحادیه اروپا است و پیش‌بینی‌شده است که ارزش بازار آن تا پایان سال ۲۰۲۵، به بیش از ۳۵۰/۸ میلیارد دلار آمریکا برسد (۵).

مطالعات نشان داده‌اند که ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانومواد، علاوه بر کاربردهای فراوانشان در علم و فناوری، می‌توانند تهدیدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست باشند. ازجمله اینکه این مواد می‌توانند باعث ایجاد استرس اکسیداتیو شوند (۶) و در بسیاری از بافت‌های بدن قابلیت تجمع دارند (۷). مطالعه عمری شکفتیک و همکاران نشان داد که افرادی که در شرکت‌های نانوفناوری در شهر تهران با نانومواد مواجهه دارند، در مقایسه با گروه بدون مواجهه، سطوح بالاتری از علائم تنفسی، پوستی، چشمی و گوارشی را نشان می‌دهند (۸). از دیگر سو، با گسترش سریع و روزافزون فناوری نانو، بر تعداد افرادی که در محیط‌های کاری و تحقیقاتی با این مواد مواجهه دارند، افزوده می‌شود (۹). همچنین افزایش میزان آزاد شدن این مواد در طبیعت و زباله‌های حاوی این مواد، از دیگر مواردی است که نگرانی‌هایی را در خصوص اثرات زیان‌آور نانومواد بر محیط‌زیست به وجود آورده است (۱۰).

به جرات می‌توان گفت که نزدیک به نیمی از افراد دارای مواجهه شغلی با نانومواد، در محیط‌های آکادمیک و آزمایشگاهی فعالیت می‌کنند. مطالعات نشان داده‌اند که نگرش بیشتر کارکنان این محیط‌ها نسبت به نانومواد به‌گونه‌ای است که آن‌ها را کم‌خطر و بعضاً بی‌خطر می‌دانند (۱۱-۱۳)؛ درحالی‌که نتایج مطالعات مختلف، عکس این قضیه را نشان می‌دهد. به همین دلیل، سازمان‌ها، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و محققان مختلف، اسناد زیادی را درزمینه اصول ایمنی کار با نانومواد در مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و محیط‌های کاری منتشر کرده‌اند (۱۴-۲۰).

به دلیل کمبود و بعضاً فقدان اطلاعات درباره جنبه‌های بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی نانومواد، و همچنین نبود روشی موردتوافق برای ارزیابی ریسک این مواد در محیط‌های کاری و آکادمیک، هریک از این اسناد به شیوه خود به بررسی مواجهه شغلی با نانومواد پرداخته‌اند و اقدامات ایمنی خاصی را در هنگام کار با نانومواد پیشنهاد کرده‌اند. تنوع و بعضاً پیچیدگی روش‌ها و همچنین حجم زیاد این اسناد و اینکه هیچ‌کدام به‌طور کامل مورد تائید همه سازمان‌های درگیر نیستند، نیاز به ابزاری که خلاصه‌ای از این اسناد باشد و همه اصول ایمنی ذکرشده در این اسناد را دربربگیرد، چندین برابر می‌کند.

با توجه به آنچه گفته شد، این مطالعه به‌منظور طراحی و اعتبارسنجی ابزاری برای ارزیابی میزان توجه دانشجویان و کارکنان آزمایشگاه‌های تحقیقاتی فناوری نانو، به اصول ایمنی در هنگام کار با نانومواد، انجام‌گرفته است.

روش بررسی

طراحی ابزار

به‌منظور طراحی این ابزار، به جستجوی گزارش‌ها، دستورالعمل‌ها و مقالات مربوط به "روش‌های کار ایمن با نانومواد" پرداختیم. جستجو با استفاده از کلیدواژه‌های "nanosafety, nanomaterials, good practices, working safely" و دیگر کلیدواژه‌های ازاین‌دست، صورت گرفت. سازمان‌ها، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و محققان مختلف، اسناد زیادی را در این زمینه منتشر کرده‌اند که به اصول ایمنی کار با نانومواد در محیط‌های کاری و نیز محیط‌های تحقیقاتی پرداخته‌اند (۱۶, ۱۸, ۲۱-۲۳). پس از دسترسی به این اسناد، به بررسی و استخراج اصول و روش‌های کاری ایمن در هنگام کار با نانومواد، که در هریک از این اسناد به آن‌ها اشاره‌شده بود، پرداختیم. استخراج به‌وسیله دو متخصص بهداشت حرفه‌ای و به‌صورت جداگانه صورت گرفت. سپس موارد استخراج‌شده باهم ترکیب و موارد تکراری حذف شد. از موارد باقیمانده به‌منظور

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

طراحی ابزار در پنج بخش استفاده شد. بخش‌های ابزار عبارت‌اند از "اطلاعات کلی"، "حمل‌ونقل و نگهداری نانومواد"، "کنترل‌های مهندسی"، "کنترل‌های مدیریتی" و "تجهیزات حفاظت فردی". ابزار به‌صورت پرسشنامه خود گزارشی بوده و به‌وسیله محققان درگیر با نانومواد، تکمیل می‌گردد.

اعتبارسنجی ابزار

اعتبارسنجی عبارت است از سنجش روایی و پایایی یک ابزار.

- روایی

برای بررسی روایی ابزار از روش لاوشه (Lawshe) استفاده شد (۲۴). در این روش با استفاده از شاخص روایی محتوا (Validity Index (CVI) Content) و نسبت روایی محتوا (Content Validity Ratio (CVR))، روایی ابزار سنجیده می‌شود. بدین منظور، ابزار در فرم خاصی در اختیار گروهی از متخصصین (پنل خبرگان) قرار می‌گیرد تا به هریک از گویه های ابزار از چهار منظر "مربوط بودن، واضح بودن، ساده بودن و ضرورت" امتیاز دهند. همچنین ابزار به‌صورت "باز" برای خبرگان فرستاده شد و از آن‌ها خواسته شد تا موارد موردنظر خود را به ابزار اضافه کنند و یا پیشنهاد حذف مواردی را اعلام کنند. درنهایت با استفاده از امتیازات داده‌شده، مقادیر شاخص‌های CVI و CVR برای هریک از گوی‌ها تعیین می‌شود. مشخصات و تعداد پنل خبرگان این مطالعه در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱. مشخصات پنل خبرگان

تخصص	تعداد
بهداشت حرفه‌ای	۲
بهداشت محیط	۲
نانوفناوری پزشکی	۲
سم‌شناسی	۲
آموزش بهداشت	۲
جمع کل	۱۰

- پایایی

بررسی پایایی ابزار به کمک دانشجویان و اساتید شرکت‌کننده در سومین کنفرانس نانوپزشکی و نانوایمنی، که در تاریخ ۵ و ۶ بهمن ۱۳۹۸ در دانشگاه علوم پزشکی تهران برگزار شد، انجام گرفت. تعداد ۸۵ پرسشنامه به افراد شرکت‌کننده در این همایش تحویل داده شد که ۷۷ پرسشنامه تکمیل‌شده به ما تحویل داده شد. آدرس ایمیل این افراد ثبت شد و پس از ۱۵ روز مجدداً پرسشنامه برای این افراد ارسال شد. از ۷۷ نفری که در مرحله اول پرسشنامه را تکمیل کرده بودند، ۵۰ نفر در مرحله دوم نیز شرکت کردند و پرسشنامه تکمیل‌شده را ایمیل کردند.

آنالیز آماری

برای تعیین CVR از قسمت "ضرورت" فرم خبرگان استفاده می‌شود. در این قسمت خبرگان یکی از سه گزینه "ضروری است، مفید است ولی ضروری نیست و ضروری نیست" را انتخاب می‌کنند که با استفاده از فرمول زیر، این شاخص برای هر گویه به دست می‌آید:

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

در این فرمول، n_E تعداد خبرگانی است که گزینه "ضروری" را انتخاب کرده‌اند و N تعداد کل خبرگان است. درنهایت مقدار CVR به‌دست‌آمده با مقدار پیشنهادی جدول لاوشه برای ۱۰ نفر خبره (۰/۶۲)، مقایسه می‌شود. اگر مقدار به‌دست‌آمده بیشتر از مقدار پیشنهادی جدول باشد گویه قابل‌قبول است، در غیر این صورت حذف می‌شود.

برای تعیین CVI از سه قسمت دیگر فرم خبرگان استفاده می‌شود. در مورد هریک از این سه قسمت، خبره می‌بایست یکی از چهار گزینه موجود را انتخاب کند؛ مثلاً برای قسمت "مربوط بودن" چهار گزینه عبارت‌اند از: کاملاً

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

مربوط است (رتبه ۴)، مربوط است (رتبه ۳)، نسبتاً مربوط است (رتبه ۲) و مربوط نیست (رتبه ۱). برای دو قسمت "واضح بودن و ساده بودن" نیز چهار گزینه به همین شکل وجود دارند. سپس با استفاده از فرمول زیر، برای هر گویه، در هریک از سه بخش، یک CVI به دست می‌آید. سپس CVI کل برای هر گویه با جمع‌کردن سه CVI و تقسیم آن بر سه، به دست می‌آید. اگر مقدار به‌دست‌آمده بزرگ‌تر از ۰/۷۹ باشد گویه در ابزار می‌ماند، اگر بین ۰/۷۹ تا ۰/۷۰ باشد، نیازمند اصلاح است و اگر کمتر از ۰/۷۰ باشد، باید حذف گردد.

$$CVI=\frac{\text{تعداد متخصصان موافق برای عبارت با رتبه ۳ و ۴}}{\text{تعداد کل متخصصان}}$$

برای سنجش انسجام درونی ابزار، از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. همچنین برای سنجش پایایی آزمون-بازآزمون از ضریب توافق کاپا برای هریک از گویه‌های ابزار استفاده شد. لازم به ذکر است که گویه‌هایی که در مرحله سنجش روایی رد شده بودن، از ابزار حذف‌شده و در مرحله سنجش پایایی نقشی نداشتند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای کد اخلاق IR.IUMS.REC.1397.901 می باشد.

نتایج

جدول ۲، مشخصات دموگرافیک محققان شرکت‌کننده در فرآیند سنجش پایایی ابزار را نشان می‌دهد. پس از بررسی فرم‌های روایی و محاسبه CVI و CVR برای تک‌تک گویه‌ها، ۵ گویه امتیاز لازم برای ماندن در ابزار را کسب نکردند (جدول ۳) و به‌این‌ترتیب، برای مرحله سنجش پایایی، از ابزار حذف شدند. برای بررسی انسجام درونی ابزار از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد؛ به‌این‌ترتیب که برای هر قسمت از ابزار، این ضریب به‌صورت جداگانه محاسبه شد: "اطلاعات کلی: ۰/۸۹"، "حمل‌ونقل و نگهداری نانومواد: ۰/۹۲"، "کنترل‌های مهندسی: ۰/۸۸"، "کنترل‌های مدیریتی: ۰/۹۱" و "تجهیزات حفاظت فردی: ۰/۸۸". مطابق جدول ۳، به‌منظور سنجش پایایی آزمون-بازآزمون، برای هریک از گویه‌ها مقدار ضریب توافق کاپا محاسبه شد.

جدول ۲. مشخصات دموگرافیک شرکت‌کنندگان در سنجش پایایی

متغیر	میانگین (SD)	تعداد (٪)	گم‌شده (٪)
سن (سال)	۳۱/۷۱(۷/۰۶۵)		**۲ (۴/۰)**
کمتر از ۲۵	-	۷ (۱۴/۰)	-
۳۰-۲۵	-	۲۰ (۴۰/۰)	-
۳۵-۳۰	-	۱۵ (۳۰/۰)	-
بیشتر از ۳۵	-	۶ (۱۲/۰)	-
جنس	-		**۲ (۴/۰)**
مذکر	-	۲۰(۴۰/۰)	-
مؤنث	-	۲۸ (۵۶/۰)	-
سطح تحصیلات	-		**۲ (۴/۰)**
کارشناسی	-	۱۰(۲۰/۰)	-
کارشناسی ارشد	-	۱۵ (۳۰/۰)	-
دکتری	-	۲۳ (۴۶/۰)	-
میزان کار روزانه در آزمایشگاه (ساعت)	۷/۱۷(۳/۲۸۳)		**۸ (۱۶/۰)**

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

جدول ۳. نتایج سنجش روایی و پایایی ابزار

گویه	CVR	CVI	نتیجه	kappa	آلفای کرونباخ
اطلاعات کلی					
۱. آیا آزمایشگاه شما دارای خط‌مشی عمومی ایمنی و بهداشت است؟	۰/۸۰	۰/۸۳	**پذیرش**	**۰/۷۹**	**۰/۸۹**
۲. آیا آزمایشگاه شما دارای خط‌مشی ایمنی و بهداشت نانومواد است؟	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۸۹**	
۳. میانگین تعداد دانشجویانی که روزانه در آزمایشگاه شما فعالیت دارند چند نفر است؟	۰/۶۰	۰/۸۶	**پذیرش**	**۰/۸۶**	
۴. از چه نوع نانومواد‌ی در آزمایشگاه استفاده می‌کنید؟	۰/۶۰	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۵. حالت نانومواد مورداستفاده شما کدام است؟	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۸۹**	
۶. مقدار نانومواده ای که هر بار استفاده می‌کنید، چقدر است؟	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۷۵**	
۷. تکرار تماس شما با نانومواد چگونه است؟	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۷۵**	
۸. هر بارکار شما با نانومواد، چقدر طول می‌کشد؟	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۷۹**	
۹. در چه زمینه‌ای از نانومواد استفاده می‌کنید؟	۰/۲۰	۰/۸۰	**رد**	**-**	
حمل‌ونقل و نگهداری نانومواد					
	CVR	**CVI**	نتیجه	**kappa**	**آلفای کرونباخ**
۱. آیا همیشه ورود/خروج نانومواد به/از آزمایشگاه را با هماهنگی و اطلاع مسئول آزمایشگاه انجام می‌دهید؟	۰/۶۰	۰/۸۳	**پذیرش**	**۱**	**۰/۹۲**
۲. آیا نانومواد را در ظروف کاملاً دربسته و مهروموم‌شده به/از آزمایشگاه وارد/خارج می‌کنید؟	۰/۸۰	۱	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۳. آیا در آزمایشگاه، محل نگهداری نانومواد اختصاصی و مشخص است؟	۰/۶۰	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۷۹**	
۴. آیا پس از استفاده از نانومواد، دوباره آن‌ها را مهروموم کرده و در جای خاصشان قرار می‌دهید؟	۰/۶۰	۰/۸۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۵. آیا برای نگهداری از ظروفی استفاده می‌کنید که امکان واکنش آن‌ها با نانومواد بسیار اندک باشد؟	۰/۸۰	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۶. آیا روی ظروف نگهداری نانومواد **برچسب‌گذاری** شده است؟	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۱**	
۷. آیا **برچسب** روی ظرف، حاوی بروزترین اطلاعات درباره ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و خطرات احتمالی نانوماده است؟	۱	۱	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۸. آیا محل نگهداری نانومواد، دما و تهویه مناسبی دارد؟	۱	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۹. آیا محل نگهداری نانومواد، به‌اندازه کافی به‌دوراز مواد واکنش‌پذیر دیگر مانند اسیدها و فلزات واکنش‌پذیر است؟	۱	۰/۹۳	**پذیرش**	**۱**	
۱۰. آیا ظروف نگهداری نانومواد نشکن هستند؟	۱	۱	**پذیرش**	**۰/۸۹**	
کنترل‌های مهندسی					
آزمایشگاه شما، کدام‌یک از تجهیزات کنترلی زیر را دارد؟	**CVR**	**CVI**	نتیجه	**kappa**	**آلفای کرونباخ**
۱. سیستم تهویه عمومی	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	**۰/۸۸**
۲. سیستم تهویه موضعی فقط در یک نقطه از آزمایشگاه	۱	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۳. سیستم تهویه موضعی در چندین نقطه از آزمایشگاه	۱	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۴. سیستم تهویه مجهز به فیلتر با کارایی بالا (**HEPA**)	۱	۱	**پذیرش**	**۱**	
۵. هودهای فیوم	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۶. اتاق‌های فشار مثبت/منفی	۰/۸۰	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۷. اتاق جداگانه، مخصوص کار با نانومواد	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۸. جعبه/کیسه‌های دست کش‌دار	۱	۰/۸۳	**پذیرش**	**۰/۷۹**	
۹. راکتور/کوره/دیگر سیستم‌های ویژه	۱	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۱۰. تجهیزات شناسایی (**Detect**) نانومواد	۰/۸۰	۰/۸۰	**پذیرش**	**۰/۷۵**	
۱۱. تجهیزات اندازه‌گیری نانومواد	۰/۸۰	۰/۸۶	**پذیرش**	**۰/۸۶**	
۱۲. دوش و چشم‌شوی سالم و فعال	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
کنترل‌های مدیریتی					
در کدام‌یک از مباحث زیر آموزش‌هایی را دریافت کرده‌اید/می‌کنید؟	**CVR**	**CVI**	نتیجه	**kappa**	**آلفای کرونباخ**
۱. آشنایی با مباحث اولیه نانومواد	۰/۸۰	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۸۹**	**۰/۹۱**
۲. خطرات احتمالی و سمیت نانومواد	۰/۸۰	۰/۹۳	**پذیرش**	**۰/۹۳**	
۳. رویه‌های کاری استاندارد (**SOP**) در مورد کار با نانومواد	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۴. آشنایی با تجهیزات کنترلی نانومواد و نگهداری آن‌ها	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	
۵. ارزیابی ریسک نانومواد	۱	۰/۹۰	**پذیرش**	**۰/۸۹**	
۶. تجهیزات حفاظت فردی (**PPE**) در مواجهه با نانومواد	۰/۸۰	۱	**پذیرش**	**۱**	
۷. مدیریت پسماند نانومواد	۱	۰/۹۶	**پذیرش**	**۰/۹۶**	

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

۸. نحوه تمیزکاری و ضبط‌وربط آزمایشگاه‌های نانوفناوری	۱	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۹. دیگر آموزش‌ها (نام ببرید)	۰/۸۰	۰/۹۳	پذیرش	۰/۹۳	
کدام‌یک از موارد زیر را در آزمایشگاه رعایت می‌کنید؟					
۱۰. اجتناب از خوردن/نوشیدن	۰/۲۰	۰/۷۶	رد	–	
۱۱. اجتناب از حرکات سریع و ناگهانی در محل کار با نانومواد	۱	۱	پذیرش	۱	
۱۲. تمیز کردن محل کار با مکنده مجهز به فیلتر با کارایی بالا (**HEPA**)	۰/۶۰	۰/۸۰	پذیرش	۰/۷۵	
۱۳. جمع‌آوری نانومواد ریخته شده با جاذب مناسب	۰/۸۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۴. استفاده از لباس کار در آزمایشگاه	۰/۸۰	۰/۸۶	پذیرش	۰/۸۶	
۱۵. اجتناب از خروج از آزمایشگاه با لباس کار یا ورود به آزمایشگاه با لباس روزمره	۱	۰/۹۶	پذیرش	۰/۹۶	
۱۶. تعویض لباس در پایان شیفت کاری و دوش گرفتن	۰/۸۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۷. نگه‌داشتن لباس کار و تجهیزات حفاظت فردی استفاده‌شده در کیسه‌های کاملاً دربسته	۰/۸۰	۱	پذیرش	۱	
۱۸. شستن دست‌ها پس از پایان کار	۰/۸۰	۰/۸۶	پذیرش	۰/۸۶	
۱۹. تا حد امکان، استفاده از فرآیندهای مرطوب در هنگام کار با نانومواد	۰/۸۰	۱	پذیرش	۱	
۲۰. نگرش شما در مورد نانومواد و پسماند نانومواد چیست؟	۰/۶۰	۰/۹۳	پذیرش	۰/۹۳	
تجهیزات حفاظت فردی					
از کدام‌یک از دستکش‌های زیر در هنگام کار با نانومواد استفاده می‌کنید؟	**CVR**	**CVI**	نتیجه	**kappa**	**آلفای کرونباخ**
۱. دستکش‌های نئوپرن (**Neoprene Gloves**)	۰/۴۰	۰/۸۰	رد	–	۰/۸۸
۲. دستکش‌های نیتریل (**Nitrile Gloves**)	۰/۸۰	۰/۹۶	پذیرش	۰/۹۶	
۳. دستکش‌های لاتکس (**Latex Gloves**)	۰/۶۰	۰/۸۶	پذیرش	۰/۸۶	
۴. دستکش‌های پی‌وی‌سی (**PVC Gloves**)	۰/۸۰	۰/۹۶	پذیرش	۰/۹۶	
۵. پوشیدن دو جفت دستکش به‌طور هم‌زمان	۰/۸۰	۰/۹۶	پذیرش	۰/۹۶	
۶. انواع دیگر دستکش‌ها (نام ببرید)	۰/۴۰	۰/۸۳	رد	–	
کدام‌یک از محافظ‌های چشم و صورت را در هنگام کار با نانومواد به کار می‌برید؟					
۷. عینک‌های ایمنی (**Safety Glasses**)	۰/۴۰	۰/۸۰	رد	–	
۸. گاگل های ایمنی (**Safety Goggles**)	۰/۸۰	۰/۸۶	پذیرش	۰/۸۶	
۹. محافظ کامل صورت (**full-face shield**)	۰/۶۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۰. انواع دیگر محافظ‌ها (نام ببرید)	۰/۸۰	۰/۸۳	پذیرش	۰/۷۹	
کدام‌یک از محافظ‌های تنفسی را در هنگام کار با نانومواد به کار می‌برید؟					
۱۱. ماسک‌های معمولی جراحی	۱	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۲. ماسک‌های **FFP2**	۰/۸۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۳. ماسک‌های **FFP3**	۰/۸۰	۰/۷۳	پذیرش	۰/۷۰	
۱۴. ماسک‌های **N95**	۰/۸۰	۰/۷۳	پذیرش	۰/۷۰	
۱۵. ماسک‌های **N100**	۰/۸۰	۰/۷۳	پذیرش	۰/۷۰	
۱۶. ماسک تمام‌صورت با تأمین‌کننده خارجی هوا	۰/۸۰	۰/۷۳	پذیرش	۰/۷۰	
۱۷. رسپیراتور فیلتردار با ماسک تمام‌صورت	۱	۰/۷۶	پذیرش	۰/۷۱	
۱۸. رسپیراتور با ماسک نیم‌صورت	۱	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۱۹. انواع دیگر تجهیزات (نام ببرید)	۰/۸۰	۰/۸۳	پذیرش	۰/۷۹	
از کدام‌یک از پوشش‌های زیر در هنگام کار با نانومواد استفاده می‌کنید؟					
۲۰. روپوش سفید معمولی آزمایشگاه	۰/۸۰	۸۰	پذیرش	۰/۷۵	
۲۱. پوشش برای کفش‌ها	۰/۸۰	۰/۹۶	پذیرش	۰/۹۶	
۲۲. مچ‌بند و ساق‌بند	۰/۸۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۲۳. لباس سرهم بدون کلاه	۰/۸۰	۱	پذیرش	۱	
۲۴. لباس سرهم کلاه‌دار	۰/۸۰	۰/۹۰	پذیرش	۰/۸۹	
۲۵. کاور سرهم یک‌بارمصرف	۰/۸۰	۱	پذیرش	۱	
۲۶. انواع دیگر پوشش‌ها (نام ببرید)	۱	۱	پذیرش	۱	

بحث

فناوری نانو با سرعت سرسام‌آوری در حال گسترش است. به دنبال این گسترش، مواجهه شغلی با نانومواد، چه در محیط‌های شغلی و چه در محیط‌های آزمایشگاهی و آکادمیک، روزبه‌روز در حال افزایش است (۱). این درحالی است که تحقیقات نشان می‌دهند که مواجهه با این مواد برای سلامتی انسان و محیط‌زیست زیان‌آور هستند (۲۵-

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

۲۹). در محیط‌های شغلی، میزان تولید و استفاده از نانومواد زیاد است و با توجه به عدم‌کفایت کنترل‌های مهندسی در این محیط‌ها (۳۰)، میزان انتشار و درنتیجه مواجهه با این مواد زیاد است (۳۱). در محیط‌های آکادمیک، با توجه به بالابود میانگین تحصیلات، انتظار می‌رود که کارکنان آزمایشگاه‌های فناوری نانو در مواجهه با نانو مواد، نگرش محتاطانه‌تری را در پیش گیرند که درنهایت به رعایت بیشتر اصول ایمنی کار با نانومواد و درنتیجه، مواجهه کمتر بیانجامد؛ اما نتایج تحقیقات خلاف این مطلب را نشان می‌دهند (۱۱،۱۲،۳۲).

از طرف دیگر، تحقیقات نشان داده‌اند که رعایت اصول ایمنی در هنگام کار با نانومواد، می‌تواند به کاهش پراکندگی این مواد در محیط آزمایشگاه و درنتیجه، کاهش مواجهه بیانجامد (۳۳). هم‌اکنون روشی موردتوافق، برای بررسی اصول ایمنی کار با نانومواد در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، وجود ندارد. لذا مطالعه حاضر به‌منظور طراحی و اعتبارسنجی یک ابزار، برای ارزیابی اصول ایمنی کار با نانومواد در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، انجام‌گرفته است.

طراحی ابزار، با جستجو در میان مقالات، گزارش‌ها و اسناد سازمان‌های درگیر با نانوفناوری و ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، آغاز شد. در چند مطالعه، محققان دست به طراحی و استفاده از ابزارهایی زده بودند که پس از بررسی، عدم‌کفایت آن‌ها برای حصول به نتیجه موردنظر، بر ما مسجل شد. در سال ۲۰۱۷، Díaz-Soler و همکاران، در مطالعه‌ای به بررسی وضعیت آزمایشگاه‌های تحقیقاتی فناوری نانو در اسپانیا، از منظر رعایت اصول ایمنی کار با نانومواد، پرداختند. این مطالعه با استفاده از یک پرسشنامه انجام گرفت (۱۱). بررسی پرسشنامه مورداستفاده در مطالعه آن‌ها نشان داد که به‌ویژه درزمینه بررسی رفتارهای فردی استاندارد و کنترل‌های مدیریتی، نقص‌هایی دارد. در مطالعه‌ای دیگر، Zhang و همکاران، وضعیت آزمایشگاه‌های چین را موردبررسی قراردادند. بررسی پرسشنامه آن‌ها نشان داد که تجهیزات حفاظت فردی و ویژگی‌های کلی آزمایشگاه‌ها کمتر موردتوجه قرارگرفته‌اند (۳۳). لذا با استفاده از گزارش‌ها و اسناد سازمان‌های مختلف، در مورد اصول ایمنی کار با نانومواد، به اصلاح و تکمیل این ابزارها پرداختیم که به طراحی ابزار موردبررسی در این مطالعه انجامید. برای بررسی اصول ایمنی، توجه به رفتارهای فردی، کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های مدیریتی و تجهیزات حفاظت فردی، ضرورت دارد. در طراحی این ابزار، همه این موارد موردتوجه قرارگرفته‌اند. استخراج و بررسی اصول ایمنی کار با نانومواد، از اسناد و گزارش‌ها ملی و بین‌المللی، به‌وسیله دو نفر و به‌صورت جداگانه انجام گرفت و مقایسه موارد و حذف موارد تکراری، با نظارت فرد سومی انجام گرفت تا امکان از دست رفتن موارد مهم، به حداقل برسد.

بررسی روایی ابزار با استفاده از روش لاوشه انجام گرفت که یکی از معتبرترین روش‌ها برای این منظور است و در طراحی ابزارهای علوم سلامت بسیار کارایی دارد؛ بیش از ۶۲۰۰ ارجاعی که تاکنون به این روش داده‌شده است، گواه این مدعا است (۲۴). مهم‌ترین مرحله در اجرای این روش، انتخاب درست پنل خبرگان است. در انتخاب پنل خبرگان، علاوه بر رشته تخصصی افراد، به این نکته نیز توجه شد که حتماً در حوزه فناوری نانو، مطالعاتی را انجام داده باشند. در این مرحله، ۵ گویه نتوانستند امتیاز کافی را از پنل خبرگان دریافت کنند و لذا از ابزار حذف شدند.

برای بررسی سازگاری درونی گویه‌ها در هریک از بخش‌های ابزار، از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. در همه بخش‌ها، میزان این ضریب بیش از ۰/۸۰ تعیین شد که به معنای "مناسب بودن" ابزار است. همچنین برای بررسی پایایی هریک از گویه ها، از تعیین ضریب کاپا برای هریک از آن‌ها استفاده شد. مقدار این ضریب برای هیچ‌یک از گویه‌ها کمتر از ۰/۷۰ نبود که به معنای "خوب بودن" آن‌ها است (۳۴).

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه گفته شد، به نظر می‌رسد ابزار موردبررسی این مطالعه، ازهرجهت برای منظور طراحی‌شده سازگاری دارد و آماده است به‌صورت پرسشنامه مورداستفاده قرار گیرد.

محدودیت‌های مطالعه

نویسندگان، محدودیت خاصی را گزارش نکرده‌اند.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

References:
1. Ahmadi Kanrash F, Omari Shekaftik S, Aliakbar A, Soleimany F, Haghighi Asl A, Ebrahimi W, et al. ***Comparative Risk Assessment of Tasks Involved with Nanomaterials Using NanoTool & Guidance Methods***. Journal of Chemical Health Risks. 2021;11(0):0-0.
2. Khan WS, Asmatulu R. ***Chapter 1 - Nanotechnology Emerging Trends, Markets, and Concerns***. In: Asmatulu R, editor. Nanotechnology Safety. Amsterdam: Elsevier; 2013. 1-16.
3. Omari Shekaftik S, Ashtarinezhad A, Shirazi FH, Hosseini A, Yarahmadi R. ***Assessing the risk of main activities of nanotechnology companies by the NanoTool method***. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2021;27(4):1145-1153.
4. Omari Shekaftik S, Sedghi Noushabadi Z, Ashtarinezhad A. ***Nanosafety: a knowledge, attitude and practice (KAP) study among Iranian researchers working in nanotechnology laboratories***. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2021:1-5.
5. INIC. ***Iran's contribution to the global nanotechnology market***. journal of nanotechnology. 2018;252(7):20.
6. Ghafari J, Moghadasi N, Omari Shekaftik S. ***Oxidative stress induced by occupational exposure to nanomaterials: a systematic review***. Industrial Health. 2020;58(6):492-502.
7. Westmeier D, Knauer SK, Stauber RH, Docter D. ***Chapter 1 - Bio–Nano Interactions***. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017. 1-12.
8. Omari Shekaftik S, H Shirazi F, Yarahmadi R, Rasouli M, Ashtarinezhad A. ***Investigating the relationship between occupational exposure to nanomaterials and symptoms of nanotechnology companies' employees***. Archives of Environmental & Occupational Health. 2020:1-11.
9. Savolainen K. ***Chapter 1 - General Introduction***. In: Vogel U, Savolainen K, Wu Q, van Tongeren M, Brouwer D, Berges M, editors. Handbook of Nanosafety. San Diego: Academic Press; 2014. p. 1-16.
10.McShane HVA, Sunahara GI. ***Chapter 2.4 - Environmental Perspectives***. In: Dolez PI, editor. Nanoengineering. Amsterdam: Elsevier; 2015: 257-83.
11.Díaz-Soler BM, López-Alonso M, Martínez-Aires MD. ***Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities***. Journal of Nanoparticle Research. 2017;19(5):169.
12.Omari Shekaftik S, Yarahmadi R, Moghadasi N, Sedghi Noushabadi Z, Hosseini AF, Ashtarinezhad A. ***Investigation of recommended good practices to reduce exposure to nanomaterials in nanotechnology laboratories in Tehran, Iran***. Journal of Nanoparticle Research. 2020;22(3):59.
13.Alimohammadi I, Salimi F, Rahmani K, Soltani gerdfaramarzi R, Ahmadi Kanrash F. ***Relationship between smoking and hearing impairment of automotive industry workers exposed to noise***. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2018;10(3):31-9.
14.WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. ***WHO Guidelines on Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials***. Geneva: World Health Organization (c) World Health Organization. 2017.; 2017.
15.Gomez V, Irusta S, Balas F, Navascues N, Santamaria JJJohm. ***Unintended emission of nanoparticle aerosols during common laboratory handling operations***. 2014;279:75-84.
16.CKMNT. ***Guidelines and Best Practices for Safe Handling of Nanomaterials in Research Laboratories and Industries***. India; 2012.
17.***Nanomaterials Safety Guidelines***. Kanada: Concordia University; 2017.
18.Gibbs L, Lamba F, Stoxkmeier B, Kojola W. ***General safe practices for working with engineered nanomaterials in research laboratories***. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2012.
19.***Working Safely with Engineered Nanoparticles***. Australia: University of South Australia; 2013.
20.R.T.M. Cornelissen MS-L, M.B.H.J. Vervoort and D. Hoeneveld. ***Use of engineered nanomaterials in Dutch academic research settings – Part B: Good Practices***. Hague, Netherlands; 2014 January.
21.Freeland J, Hulme J, Kinnison D, Mitchell A, Veitch P, Aitken R, et al. ***Working safely with nanomaterials in research & development***. 2012.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

22.Ralf Cornelissen I. ***Guidance working safely with nanomaterials and–products, the guide for employers***. 2011.
23.Safety O, pdf HAJUhwogPOF-. ***OSHA Fact Sheet: Working Safely with Nanomaterials***. 2017.
24.Lawshe CH. A ***quantitative approach to content validity 1***. Personnel psychology. 1975;28(4):563-75.
25.Colognato R, Park MVDZ, Wick P, De Jong WH. ***Chapter 1 - Interactions with the Human Body***. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials. Boston: Academic Press; 2012. p. 3-24.
26.Jepson MA, Bouwmeester H. ***Chapter 16 - Gastrointestinal System***. In: Fadeel B ,Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017. p. 381-96.
27.Monteiro-Riviere NA, Filon FL. ***Chapter 15 - Skin***. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017. p. 357-80.
28.Poland CA, Donaldson K. ***Chapter 9 - Respiratory System, Part One: Basic Mechanisms***. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017. p. 225-42.
29.Simkó M, Mattsson M-O, Yokel RA. ***Chapter 12 - Neurological System***. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017. p. 275-312.
30.Schulte P, Leso V, Niang M, Iavicoli IJTl. ***Biological monitoring of workers exposed to engineered nanomaterials***. 2018;298:112-24.
31.Asbach C, Alexander C, Clavaguera S, Dahmann D, Dozol H, Faure B, et al. ***Review of measurement techniques and methods for assessing personal exposure to airborne nanomaterials in workplaces***. 2017;603:793-806.
32.Iavicoli I, Fontana L, Pingue P, Todea AM, Asbach CJSotTE. A***ssessment of occupational exposure to engineered nanomaterials in research laboratories using personal monitors***. 2018;627:689-702.
33.Zhang C, Zhang J, Wang GJJon, nanotechnology. ***Current safety practices in nano-research laboratories in china***. 2014;14(6):4700-5.
34.Mohammadbeigi A, Mohammadsalehi N, Aligol M. ***Validity and Reliability of the Instruments and Types of MeasurmentS in Health Applied Researches***. RUMS_JOURNAL. 2015;13(12):1153-70.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]

Design and validation of a tool to assess the safety principles of working with nanomaterials in nanotechnology laboratories

Omari Shekaftik S[1], Mohammadi S[2], ZareipourMA[3], Haghighi Asl A[4], Soltani Gerdefaramarzi R[5] Ahmadi Kanrash F[1*]

[1] Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Department of Biostatistics, Faculty of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Health System Research Unit, Health Center of Urmia, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
[4] Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
[5] Industrial Diseases Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Abstract

***Introduction*:** The unique properties of nanomaterials, in addition to their applications in science and technology, can be a threat to human health and the environment. Exposure to these materials may occur in workplaces or research laboratories. It can be said that about half of people with occupational exposure to nanomaterials work in academic environments and laboratories. So, the present study was conducted to design and validate a tool to investigate the principles of working safely with nanomaterials in research laboratories.

Materials & Methods: The tool was designed using reports, instructions and articles related to " Methods of working safely with nanomaterials". The validity of the tool was assessed using Lawshe method by calculating CVI and CVR. The reliability of the instrument was evaluated using Cronbach's alpha coefficient and kappa coefficient.

Results: The tool was designed in 5 sections: "General Information", "Transportation and Storage of Nanomaterials", "Engineering Controls", "Administrative Controls" and "Personal Protection Equipment". After validation, 5 items did not get the necessary points to stay in the tool and were removed. The Cronbach's alpha value for each section of the tool was more than 0.80, indicating that the was "appropriate".

Conclusion: According to the results, it seems that the tool studied in this study is compatible for the designed purpose and is ready to be used as a questionnaire or checklist.

Keywords: Validation, Nanomaterials laboratories, Tool design, Nanomaterials

This paper should be cited as:
Omari Shekaftik S, Mohammadi S, ZareipourMA, Haghighi Asl A, Soltani Gerdefaramarzi R, Ahmadi KanrashF. ***Design and validation of a tool to assess the safety principles of working with nanomaterials in nanotechnology laboratories.*** Occupational Medicine Quarterly Journal .2021:13(3): 38-47.

***Corresponding Author**
Email: f_ahmadi1367@yahoo.com
Tel: +989361043475
Received: 05.06.2021 ***Accepted: 04.10.2021***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8197]