



ارزیابی مهارت های شغلی

و آموزش در

فناوری نانو

نظرسنجی اینترنتی

موسسه فناوری نانو - دسامبر ۲۰۰۷

ترجمه: ستاد فناوری نانو - ۱۳۸۸

مهارت های شغلی در فناوری نانو

فهرست مطالب

۱	خلاصه ای برای مدیران	
۲	مقدمه	۱-۱
۴	روش شناسی تحقیق	۱-۲
۴	تحلیل داده ها	۱-۳
۵	جمعیت شناسی پاسخ گویان	۱-۴
۶	سازمان های پاسخ گویان	۱-۵
۸	نقش ها و سمت ها	۱-۶
۸	نقش ها	۱-۶
۹	مسائل و مشکلات جذب و استخدام	۱-۶
۱۱	آموزش و مهارت ها	۱-۷
۱۱	برنامه های آموزشی	۱-۷
۱۲	چالش ها و نیازهای آموزشی خاص	۱-۷
۱۳	مقایسه نسبی مهارت های مورد نیاز	۱-۷
۱۳	مهارت های دانش فنی	۱-۷
۱۴	دانش علوم طبیعی	۱-۷.۴.۱
۱۴	دانش تولید	۱-۷.۴.۲
۱۵	تعیین مشخصات و آنالیز	۱-۷.۴.۳
۱۶	سایر مهارت های فنی	۱-۷.۴.۴
۱۶	مهارت های دانش اجتماعی، مدیریتی و تجاری	۱-۷.۵
۱۷	مهارت های زبانی و نرم	۱-۷.۶
۱۹	سایر موارد آموزشی خاص و مهارت های دانش	۱-۷.۷
۲۰	نتایج	۱-۸
۲۲	پیشنهادات	۱-۹

خلاصه ای برای مدیران

هدف از بررسی آموزشی و مهارت‌های فناوری نانو، شناسایی شکاف‌های مهارت‌ها و نیازهای آموزشی نیروی کار در زمینه علوم و فناوری نانو بود. همچنین این بررسی به دنبال شناسایی نقش‌های فعلی و آتی فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، به همراه نیازهای حرفه‌ای آنان بود. یکی از نتایج مورد نظر این مطالعه، آگاه کردن سازمان‌های آموزشی و پژوهشی از این شکاف‌ها و نیازهای پنهان است.

دامنه پاسخ‌گویان و جامعه آماری این تحقیق، شامل سازمان‌هایی از صنعت، مجموعه‌های دولتی، بخش غیردولتی و موسسات آموزشی بوده است. در این تحقیق در مجموع ۱۷۹ پاسخ معتبر، دریافت و تجزیه و تحلیل شدند. نقش اصلی فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در این حوزه نوظهور به صورت زیر گزارش شد. ۲۴ درصد در تحقیقات علوم نانو، ۱۵ درصد در توسعه محصولات جدید، ۱۰ درصد در زمینه مدیریت و مابقی نیز در زمینه‌هایی مانند ساخت، کنترل کیفیت و مستندسازی فعالیت می‌کردند.

۷۹ درصد پاسخ‌گویان از علوم و فناوری نانو در برنامه‌های سازمانی، خدمات یا محصولات خود استفاده می‌کردند. ۵۷ درصد پاسخ‌گویان، فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی را به خاطر دانش فناوری نانو از آنها جذب می‌کردند، در حالی که سایر پاسخ‌گویان در مراحل جذب و استخدام خود چنین تفاوت‌هایی قائل نمی‌شدند. ۳۴ درصد پاسخ‌گویان مدرک دوره دکترای تخصصی را به عنوان سطح دانش ترجیحی در بخش خودشان، مدنظر داشتند، در حالی که ۲۱ درصد، مهارت‌های رشته‌های خاص و تک رشته‌ای و ۱۸ درصد، مهارت‌های بین رشته‌ای را به عنوان اولویت خود در جذب افراد سطوح تحصیلات تکمیلی مدنظر داشتند. ۴۲ درصد پاسخ‌گویان عنوان کرده بودند که در سازمان‌های خود با مشکلات نیروی کار، مانند داشتن مهارت‌های مناسب و دانش مورد نظر، مواجه هستند. ۵۸ درصد پاسخ‌گویان

خاطر نشان کرده بودند که مهارت‌های خاص و

عمومی، مورد نظر کارفرمایان بوده است. درحالی که ۲۴ درصد، وجود مهارت‌های عمومی و ۱۳ درصد، مهارت‌های خاص را در سازمان‌های خود ترجیح می‌دادند. بسیاری از سازمان‌ها برای آموزش و ارتقای کارکنان خود از رویکرد ترکیبی استفاده می‌کردند. ۲۶ درصد پاسخ‌گویان آموزش ضمن خدمت، ۲۲ درصد توسعه‌های حرفه‌ای مستمر و ۱۵ درصد دوره‌های کوتاه مدت را به عنوان بهترین روش آموزشی مطرح کرده بودند.

این تحقیق اقدامات زیر را پیشنهاد می‌کند:

(الف) تجربه عملی بیشتر در زمان آموزش دانشجویان تحصیلات تکمیلی، با تمرکز بر کسب مهارت در زمینه‌هایی مانند سل - ژل، لیتوگرافی، چیدمان پایین به بالا و آموزش استفاده از میکروسکپ‌های پروبی (SPM) و میکروسکپ‌های الکترونی (EM).

(ب) ایجاد همگرایی بین مهارت‌های علوم مواد و زیست‌شناسی با نانو مواد و اثرات نانومقیاس در برنامه‌های دانشجویان تحصیلات تکمیلی.

(ج) گنجاندن دانش مواد جدید و ویژگی‌های آنها، و طراحی روش‌هایی برای توسعه محصولات جدید.

(د) توسعه دوره‌های بخشی کوتاه مدت، برای فراهم کردن بستر آموزشی مستمر نیروی کار در زمینه‌های سم شناسی، ایمنی و سلامت، حقوق مالکیت معنوی و جنبه‌های اجتماعی مهم مانند اصول اخلاقی.

(ح) دربرگرفتن مدیریت تحقیق و توسعه، مدیریت پروژه، راهبردهای فناوری، بازاریابی فناوری، توسعه پایدار و ارزیابی ریسک، به عنوان بخش‌های منتخب برای آموزش و توسعه حرفه‌ای دانشجویان تحصیلات تکمیلی.

(خ) بررسی نیازهای آموزشی خاص برای بخش‌هایی مانند اطلاعات و ارتباطات، خدمات پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی، الکترونیک، هوا - فضا، اتومبیل، انرژی و نیرو.

(چ) افزایش منابع مالی برای تشویق همکاری‌ها در زمینه دانش و ارتقای دانش نقش‌های کسب و کاری در مجموعه‌های دولتی.

بخش روی می آورند. در شرکت های بزرگ نیز فناوری نانو به عنوان یک فناوری کلیدی در مجموعه محصولات تولیدی آنها مد نظر قرار گرفته است.

به تدریج اکثر فروشگاهها تعداد قابل توجهی از محصولات مبتنی بر فناوری نانو را به مشتریان خود عرضه خواهند کرد.

ما امیدواریم که این گزارش از طریق نشان دادن شکاف های موجود بین مهارت ها و نیازها، به تولید و توسعه محصولات جدید و ارتقای کیفیت زندگی مردم کمک کند.

تجاری سازی سریع یافته های تحقیقاتی در هر زمینه ای، مستلزم در نظر گرفتن مهارت های مورد نیاز، برای تضمین رشد موفق آن حوزه است. این اصل بنیادی، مبنای تهیه این گزارش بود که هدف آن آگاه کردن الزامات توسعه، برای افراد یا سازمان هایی است که در حال حاضر یا در آینده ای نزدیک در حوزه فناوری نانو فعالیت خواهند کرد.

فناوری نانو تا چندی پیش «شعار روز» محققان آزمایشگاهی و مهندسان بود، اما هم اکنون محصولات مختلف مبتنی بر این فناوری تجاری شده و هر روز شرکت های کوچک و متوسط زیادی به فعالیت در این

اطلاعات کیفی و تجزیه و تحلیل است. پاسخ‌ها در سه طبقه کامل، ناقص و نامعتبر بررسی شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها در چهار طبقه سازماندهی شد که عبارتند از: ۱. جمعیت شناسی پاسخ‌گویان، ۲. جمعیت شناسی سازمان‌ها، ۳. استخدام، و ۴. نقش‌ها و مهارت‌های آموزشی.

جمعیت‌شناسی پاسخ‌گویان به طور خلاصه نقش‌ها، سن و جنسیت آنها را ارائه می‌کند.

جمعیت‌شناسی سازمان‌ها، به طور کلی ماهیت این سازمان‌ها را تشریح می‌کند. تجربه سازمانی و دانش بخشی این پاسخ‌گویان برای این تحقیق بسیار ارزشمند بود. همچنین این تحقیق، ساختار نقش‌های فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، سیاست‌های استخدام و چالش‌های مطرح را بررسی کرده است. مسائل منابع انسانی برای این سازمان‌ها، وضعیت فعلی آنها را به طور کلی بیان می‌کند.

بدیهی است که آموزش دارای ساختار باعث توسعه حرفه‌ای و رضایت‌مندی بلندمدت می‌شود. بنابراین از پاسخ‌گویان درباره اصول آموزش، روش‌های آموزشی معتبر در سازمان‌هایشان و روش‌های آموزشی ارجح و معتبر در فرآیند یادگیری، سؤالاتی پرسیده شد. در این تحقیق، مقایسه دانش مورد نیاز برای فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته‌های مختلف انجام شد تا ارزش ادغام رشته‌ها و مهارت‌های مشترک توسعه‌یافته، شناسایی شود. مقایسه موضوع‌های بدست آمده از مهارت‌های علوم طبیعی در این تحقیق انجام شد تا اهمیت نسبی آنها مشخص شود. مقایسه‌های مشابهی نیز در زمینه دانش فنی ساخت و ترکیب، تعیین مشخصات، آنالیز و سایر مهارت‌های فنی انجام شد. یک مقایسه نسبی نیز برای مهارت‌های دانش اجتماعی، تجاری و مدیریتی انجام شده است.

در دنیای منسجم کنونی، توانایی برقراری ارتباط با آن سوی مرزها و کارکردن با نیروی کار با فرهنگ‌های مختلف، مستلزم داشتن سطوح بالایی از مهارت‌های نرم و توانمندی‌های زبانی است، لذا مهارت‌های نرم نیز بررسی شدند تا ارزش این مهارت‌ها در توسعه این فناوری نوظهور بیشتر مشخص شود.

اکتشافات، اختراعات و نوآوری‌های جدید در حوزه نانومقیاس، مبنای تغییرات گسترده فناورانه در قرن ۲۱ را تشکیل خواهد داد. مبنای این تغییر؛ آموزش و تربیت نسلی از دانشمندان، فناوران، مهندسان، کارآفرینان، سیاست‌گذاران، قانون‌گذاران و واسطه‌ها خواهد بود که آنها نیز باعث تکامل پایدار علم و فناوری نانو خواهند شد. برای آموزش و پژوهش در حوزه فناوری نانو برای هر کشوری یک رویکرد کاملاً متفاوت نیاز است. در یک رویکرد میان رشته‌ای، باید مجموعه‌ای از دانش‌ها از رشته‌های علوم طبیعی، مهندسی، تجارت، مدیریت و علوم اجتماعی، گردآوری شوند تا بتوان از طریق آنها توانایی‌های مورد نیاز نیروی کار را توسعه داد.

هدف از این تحقیق، شناسایی نیازهای آموزشی و مهارتی نیروی کار در موسسات تحقیقاتی، سازمان‌های توسعه دهنده محصولات، مجموعه‌های تجاری‌سازی و بخش‌های غیردولتی و قانونی و نیز شناسایی نقش‌های فعلی و آتی فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در حوزه نوظهور علم و فناوری نانو است. همچنین این تحقیق به دنبال شناسایی نیازهای توسعه‌های حرفه‌ای فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی فعلی در سازمان‌های مختلف است. هدف نهایی این تحقیق، آگاه کردن دانشگاه‌ها نسبت به فراهم کردن برنامه‌های علم و فناوری نانو درباره‌ی مهارت‌های پنهان و نیازهای آموزشی مورد نیاز این بخش است.

دامنه سازمان‌های درگیر در این تحقیق عبارت بودند از: سازمان‌های فعال در تحقیقات کار بردی و پایه، توسعه‌دهندگان محصولات جدید، تولید و بازاریابی محصولات و فرایندهای نانومقیاس‌ها هستند. این تحقیق دیدگاه‌ها و نقطه نظرات سازمان‌های تولیدکننده نانو مواد، محصولات بهبود یافته توسط فناوری نانو، تجهیزات پردازش و تولید فناوری نانو و شرکت‌های طراحی و نمونه‌سازی سریع محصولات مختلف فناوری نانو را مدنظر قرار داده است. دامنه پاسخ‌ها شامل سازمان‌های بزرگ، متوسط، کوچک و شرکت‌های نوپای فناوری محور در تمام بخش‌های صنعتی و کاربردی است.

این گزارش جزئیات نتایج کمی و کیفی بدست آمده از این تحقیق را ارائه می‌کند. روش استفاده شده در این تحقیق دارای پنج مرحله طراحی، بازخورد، گردش، جمع‌آوری

روش شناسی تحقیق

این پرسشنامه از طریق پست الکترونیکی بین سازمان های خاصی در اروپا و بیشتر از طریق پایگاه داده موسسه فناوری نانو و پایگاه داده نانوفوروم (www.nanoforum.org)، توزیع شد. به علاوه لینک های این تحقیق در سایت نانوفوروم و سایر سازمان های همکار قرار داده شد.

مرحله چهارم: جمع آوری اطلاعات کیفی

در این مرحله از سؤالات باز و بسته (چند گزینه ای) استفاده شد. پاسخ به سؤالات باز از طریق پست الکترونیکی و در بعضی مواقع تلفن انجام می شد.

مرحله پنجم: تجزیه و تحلیل

تجزیه و تحلیل کمی سؤالات بسته برای ایجاد مجموعه ای از نمودارهای دایره ای و میله ای انجام شد. به همین ترتیب از نمودارهایی برای تجزیه و تحلیل کیفی سؤالات باز استفاده شد.

روش انجام این تحقیق، یک فرآیند پنج مرحله ای است که با کمک آن، اطلاعات مورد نظر جمع آوری و تجزیه و تحلیل شد.

مرحله اول: طراحی

برای سادگی و سهولت جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها از تحقیق مبتنی بر وب استفاده شد. مواردی مانند کاهش زمان جمع آوری اطلاعات، شفافیت ارائه ها، تضمین کنترل و درستی پاسخ در خلال انتخاب طرح مدنظر قرار گرفت.

مرحله دوم: بازخورد

پرسشنامه طراحی شده جهت بازخورد، بین اعضای انتخاب شده صنعت، موسسه گروه مشاوره فناوری نانو، و گروه های آموزشی و تربیتی برگزیده، پخش و با اتکا بر نتایج این بازخوردها، تغییرات مورد نیاز اعمال شد.

مرحله سوم: چرخش

تحلیل داده ها

ج) پاسخ های نامعتبر و غیرقابل ردگیری - این پاسخ ها فاقد اطلاعات فردی و سازمانی ای بودند که برای بررسی این پرسشنامه لازم اند. این پاسخ ها نادیده گرفته شده، مورد تجزیه و تحلیل بیشتر، قرار نگرفت. تجزیه و تحلیل کمی در مورد ۱۷۹ پاسخ انجام و پاسخ های نامعتبر و غیرقابل ردگیری از این تجزیه و تحلیل کنار گذاشته شدند.

پاسخ های دریافت شده برای این تحقیق در سه طبقه به صورت زیر طبقه بندی شدند:

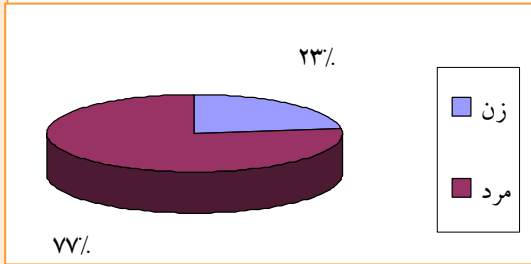
الف) پاسخ های کامل و قابل ردگیری - این پاسخ ها از طریق شناسایی دقیق موارد، چالش ها و مسائل پیش روی حوزه مسوولیت پاسخ گویان، مشخص شدند. همچنین این پاسخ ها نشان دادند که سازمان آنها (پاسخ گویان)، علوم و فناوری نانو را در برنامه ها، محصولات یا خدماتشان مورد استفاده قرار داده اند.

ب) پاسخ های ناقص - این پاسخ ها فاقد پاسخ کامل به سؤالات باز و بسته بودند. در بعضی موارد پاسخ به سؤالات باز از نظر مفهومی، مبهم بود. روندی که در این پاسخ ها قابل مشاهده بود، تمایل به پاسخ ندادن به برخی از بخش های سؤالات بسته بود.

جدول ۱- نوع پاسخ ها

نوع پاسخ	تعداد
کامل و قابل ردیابی	۱۴۷
ناقص	۳۲
غیرقابل ردیابی	۶۱
نهایی	۲۴۰

جمعیت شناسی پاسخ گویان



شکل ۲. جنسیت پاسخ گویان

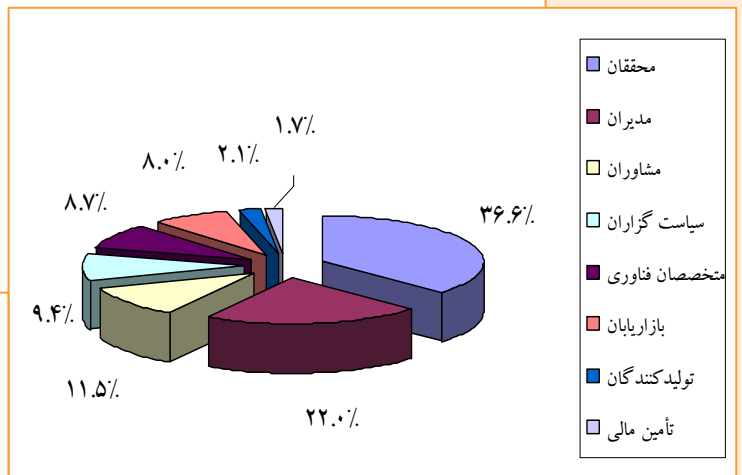
انسانی. این مسائل ممکن است مستقیماً با مدیر عامل سازمان های اروپایی ارتباط داشته باشند. این امر با این نگرش انجام شد که یک دیدگاه کل نگر از سازمان بدست آید.

از نظر جنسیت، تعداد ۱۲۴ نفر از پاسخ گویان مرد و ۳۶ نفر زن بودند.

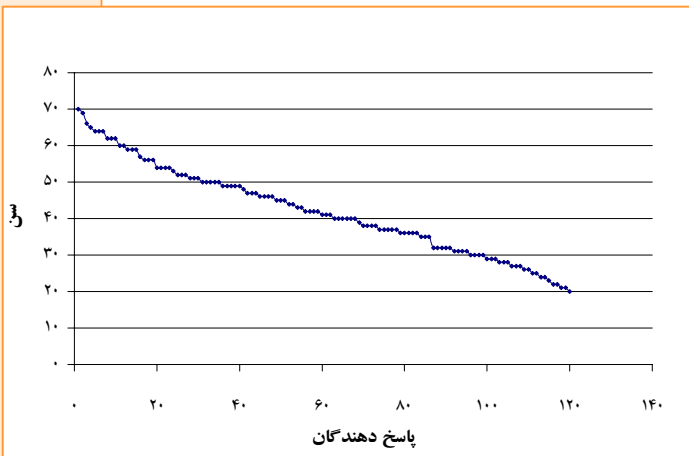
دامنه سنی پاسخ گویان بسیار متفاوت بود. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، سن پاسخ گویان از ۲۰ تا ۷۰ سال متغیر و متوسط آن ۴۲/۶ سال بود.

همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، اکثر پاسخ گویان در این تحقیق در نقش های مدیریت، ۲۲ درصد (۶۳ پاسخ)؛ و تحقیقاتی، ۳۷ درصد (۱۰۵ پاسخ) بودند. وضعیت سایر پاسخ گویان به صورت زیر است: سیاست گذاران، ۹ درصد (۲۷ پاسخ)؛ مشاوران، ۱۱ درصد (۳۳ پاسخ)؛ متخصصان فناوری، ۹ درصد (۲۵ پاسخ)؛ و بازاریابان ۸ درصد (۲۳ پاسخ). کمترین طبقه پاسخ ها به افراد فعال در بخش تولید، ۲ درصد (۶ پاسخ) و تأمین مالی ۲ درصد (۵ پاسخ)، تعلق داشت.

برخی از پاسخ گویان اظهار کرده بودند که علاقه دارند تا در یک سازمان، بیش از یک نقش داشته باشند. سایر نقش هایی که توسط پاسخ گویان شناسایی شدند عبارت بودند از: ارائه مشاوره حقوقی در زمینه ثبت اختراعات، آموزش و مدیریت فناوری نانو، انتقال فناوری، ویرایش گر، هماهنگ کردن مسائل مالیات معنوی و منابع



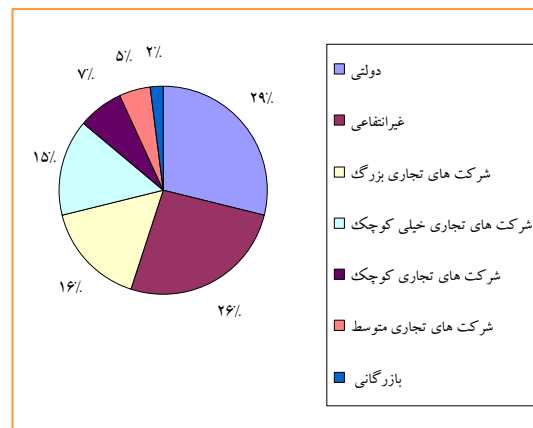
شکل ۱. نقش های پاسخ گویان در سازمان ها



شکل ۳. دامنه سنی پاسخ گویان

سازمان های پاسخ گوین

همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، بیشتر پاسخ های دریافت شده از سازمان های زیر بودند: سازمان های دولتی ۲۹ درصد (۵۲ پاسخ)، سازمان های غیرانتفاعی ۲۶ درصد (۴۶)، شرکت های تجاری بزرگ ۱۶ درصد (۲۹)، و شرکت های تجاری کوچک ۱۵ درصد (۲۷). سایر پاسخ های دریافت شده از سازمان های تجاری کوچک ۷ درصد (۱۲)، سازمان های تجاری متوسط ۵ درصد (۸)، و سازمان های بازرگانی ۲ درصد (۳) بودند.



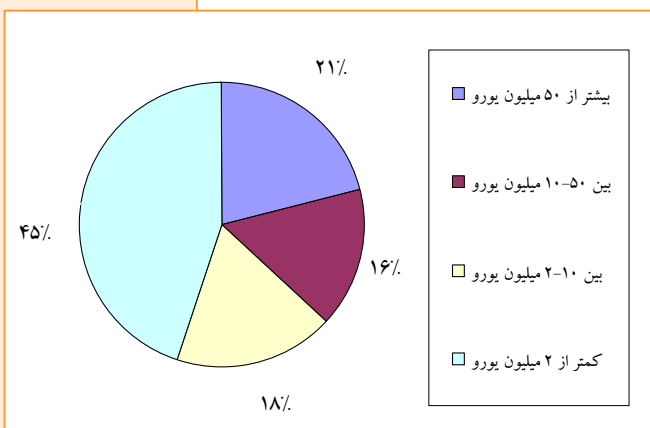
شکل ۴. تنوع سازمانی پاسخ گوین

محصولات مبتنی بر نانو ۹/۹ درصد (۳۵)، و طراحی و نمونه سازی ۱۱/۴ درصد (۴۰). سایر پاسخ گوین مهارت های خود را چنین بیان کرده بودند: ساخت تجهیزات فرآیند فناوری نانو ۵/۷ درصد (۲۰)، بازاریابی محصولات ۴/۳ درصد (۱۵)، بررسی مسائل حقوقی ثبت اختراعات ۳/۱ درصد (۱۱)، و بیمه ۱/۱ درصد (۴). سایر مهارت های ذکر شده توسط پاسخ گوین عبارت بودند از: استانداردسازی، انتشارات، ارزیابی ایمنی زیستی، مدیریت ریسک، بازاریابی محصولات و خدمات کاربردی، تأیید اجرای ایده ها، حمایت از شرکت ها و شبکه سازی. از پاسخ ها می توان استنتاج کرد که اکثر پاسخ گوین از محیط های تحقیق و توسعه بوده اند.

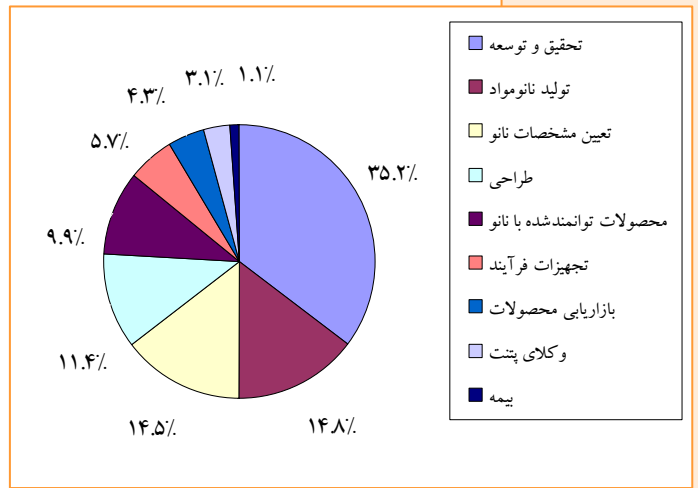
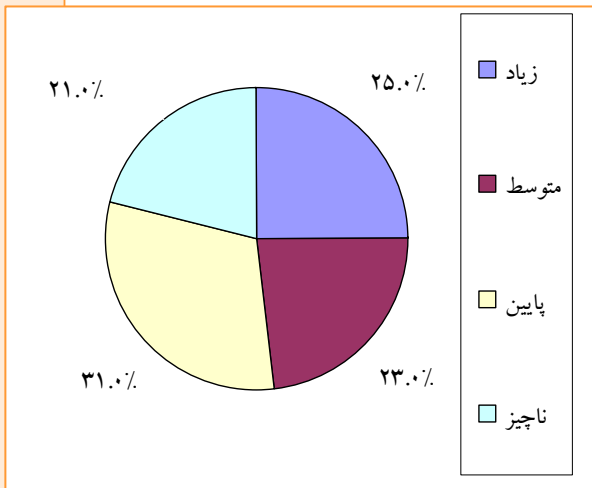
در پاسخ به سوال بخش عملیات، همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، بیشترین پاسخ ها به مواد ۱۵/۶ درصد (۱۰۱) بود. آموزش ۱۰/۸ درصد (۷۰)، علوم زیستی ۶/۵ (۶۵)، الکترونیک ۹/۶ درصد (۶۲)، سلامت ۸/۵ درصد (۵۵)، انرژی ۸ درصد (۵۲)، ساخت و تولید ۸ درصد (۵۲)، داروسازی ۶/۳ درصد (۴۱)، ابزارآلات ۵/۷ درصد (۳۷)، اتومبیل ۴/۸ درصد (۳۱)، هوا فضا ۴/۵ درصد (۲۹)، غذا ۴/۲ درصد (۲۷)، و صنایع دفاع با ۴ درصد (۲۶) در رتبه های بعدی قرار داشتند. سایر بخش های عملیات شامل؛ نساجی، شیشه، نانوزیست مواد،

در شکل ۵، میزان درآمدهای مالی سازمان ها نشان داده شده است. ۴۵ درصد (۷۴ پاسخ) از سازمان های پاسخ گوین دارای درآمد مالی کمی بودند (کمتر از ۲ میلیون یورو در سال). ۲۱ درصد (۳۵) پاسخ ها از سازمان هایی بود که درآمد آنها بیش از ۵۰ میلیون یورو بود. همچنین ۱۸ درصد (۳۰) سازمان ها دارای درآمد مالی بین ۲ تا ۱۰ میلیون یورو بوده و ۱۶ درصد (۲۶) نیز دارای درآمد مالی بین ۱۰ تا ۵۰ میلیون یورو داشتند.

مهارت های سازمانی پاسخ گوین را می توان در شکل ۶ مشاهده کرد. ۳۵/۲ درصد (۱۲۴ پاسخ) پاسخ گوین اظهار کرده بودند که مهارت و توانایی اصلی آنها تحقیق و توسعه است. سایر مهارت های سازمانی شناسایی شده: تولید نانو مواد ۱۴/۸ درصد (۵۲)، تجهیزات آنالیز نانومقیاس (تعیین مشخصات و نظارت) ۱۴/۵ (۵۱)، تولید



شکل ۵. درآمد مالی سالانه سازمان ها

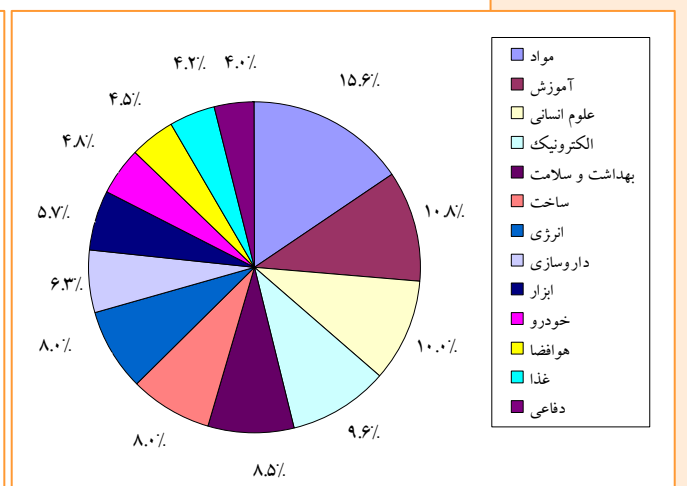
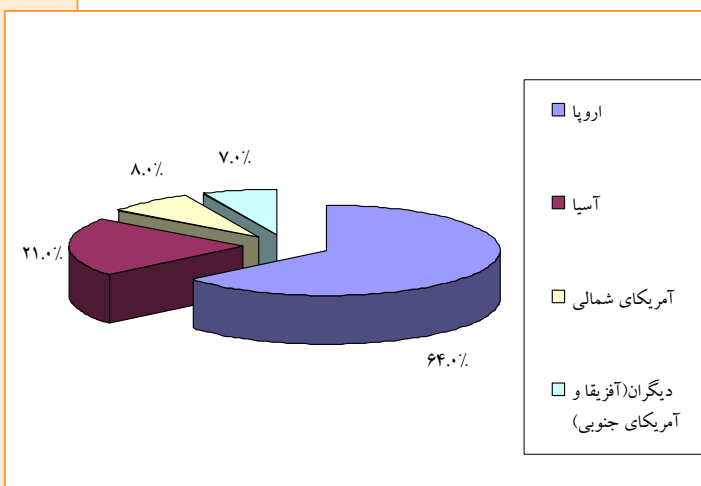


شکل ۸. کاربردهای سازمانی فناوری نانو

شکل ۶. مهارت های سازمانی

نانو در سازمان متبوع خود مطلع نبودند. ۶۴ درصد (۱۱۱) از سازمان های پاسخ گوینان در اروپا واقع شده بود. همانطور که در شکل ۹ آمده است، آسیا با ۲۱ درصد (۳۸)، آمریکای شمالی با ۸ درصد (۱۵)، آفریقا و آمریکای جنوبی نیز با ۸ درصد (۱۱) در رتبه های بعدی قرار داشتند.

فرآورده های جنگلی و بازیافت ضایعات بودند. تنها ۲۵ درصد (۴۳) از پاسخ گوینان اظهار کردند که سازمان آنها از علوم و فناوری نانو به طور قابل توجهی در مواد، فرآیندها، محصولات یا خدمات خود استفاده می کنند. ۲۳ درصد (۴۰) از پاسخ گوینان، سطح متوسطی از کاربردها و ۳۷ درصد (۵۴) آنها سطح پایینی از کاربردهای فناوری نانو را استفاده می کنند. همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است، قابل ذکر است که ۲۱ درصد (۳۶) از پاسخ گوینان از کاربردهای علوم و فناوری



شکل ۹. قاره سازمان های افراد پاسخگو

شکل ۷. بخش های سازمانی عملیات

نقش‌ها

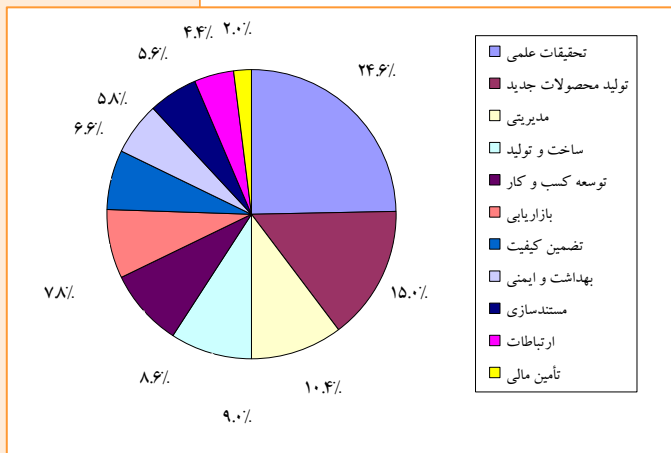
مالی ۲

درصد

(۱۰)

از

سؤالی که در این رابطه پرسیده شد این بود که آیا سازمان‌ها از فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی با دانش فنی فناوری نانو استفاده می‌کنند یا نه؟ همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، ۵۷/۱ درصد پاسخ‌گویان (۹۶ پاسخ) جواب بلی، و ۲۳/۸ درصد (۴۰ پاسخ) جواب نه داده بودند. ۱۹ درصد پاسخ‌گویان نیز خاطر نشان کرده بودند که دانش فنی فناوری نانو برای آنها

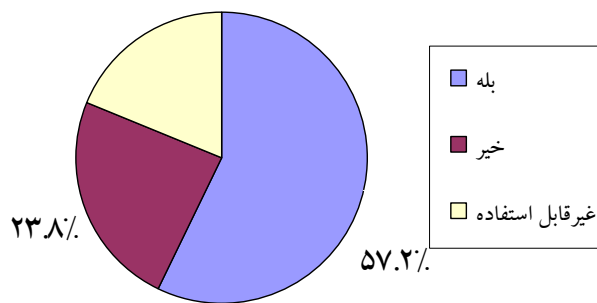


شکل ۱۱. نقش فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در سازمان‌ها

پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده بودند. همانطور که مطرح شد، سایر نقش‌ها در زمینه‌های استانداردسازی، مترولوژی، توسعه مواد آموزشی، تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری و آینده‌نگاری، حمایت از تدوین مقررات، مدیریت ریسک، سم‌شناسی و حمایت از کسب و کارها بودند.

حضور افرادی با مهارت‌های چندگانه اجتماعی و روابط اجتماعی بالا برای ایجاد ارتباط، بین رشته‌های مختلف ضروری است. اینک مالش (Ineke malsch) که یک موسسه تحلیل فناوری‌های نوین در هلند است، تشریح می‌کند که چنین مهارت‌هایی برای تجزیه و تحلیل سیاستی آینده‌نگاری در سازمان‌های مشاوره‌ای که بر حوزه فناوری نانو و جامعه تمرکز دارند، لازم است. همچنین «فردی با سوابق و پیش زمینه چند رشته‌ای، با داشتن اطلاعات مناسب در یک یا چند رشته علوم طبیعی یا مهندسی، به همراه دانش و مهارت در روش‌های تحقیقاتی عمومی علوم اجتماعی مانند مصاحبه، تحقیق و پژوهش، تجزیه و تحلیل ادبیات و درک اصولی مطالعات اجتماعی علم و فناوری یا اصول اخلاقی کاربردی، ایده آل است». یکی از کارشناسان کمیسیون اروپا نیز خاطر نشان می‌کند که برای فعالیت در زمینه مدیریت و تدوین مقررات حوزه فناوری نانو، فردی با دانش فنی پایه به همراه آموزش و مهارت‌های صنعتی و کارآفرینی، ایده آل است.

۱۹.۰٪



شکل ۱۰. بکارگیری فارغ التحصیلان تحصیلات تکمیلی فنی فناوری نانو

کاربردی ندارد.

پاسخ‌ها نشان دادند که نقش اصلی فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در سازمان‌ها در زمینه علم و تحقیق بود، به طوری که ۲۴/۶ درصد (۱۲۳) در زمینه‌های علمی و تحقیقاتی و ۱۵ درصد (۷۵) در زمینه توسعه محصولات جدید فعالیت می‌کردند. نقش‌های مدیریتی با ۱۰/۴ درصد (۵۲)، و ساخت و تولید با ۹ درصد (۴۵) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، سایر نقش‌ها عبارت بودند از: ۸/۶ درصد (۴۳) در توسعه کسب و کارها، ۷/۸ درصد (۳۹) در بازاریابی، تضمین کیفیت ۶/۶ درصد (۳۳)، مستندسازی ۵/۶ درصد (۲۸)، و سلامت و ایمنی ۵/۸ درصد (۲۹). به علاوه نقش‌های ارتباطاتی و واسطه‌ای ۴/۴ درصد (۲۲) و تأمین

داشتن مهارت در یک رشته را ترجیح می دادند و ۱۸/۳ درصد (۶۷) داشتن مدارک چند رشته ای را ترجیح می دادند.

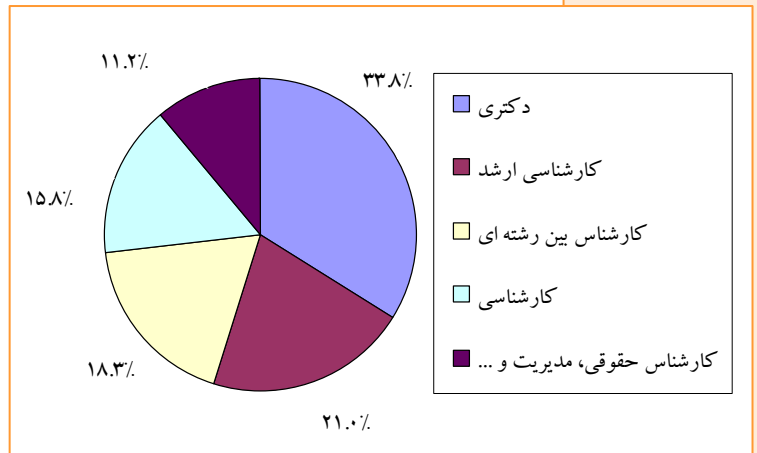
مسائل و مشکلات جذب و استخدام

همان طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، در پاسخ به سؤال مربوط به مسائل استخدام و جذب، ۴۲ درصد (۶۷ پاسخ) پاسخ گویان جواب بله و ۴۲ درصد نیز (۶۷ پاسخ) جواب خیر داده بودند. به علاوه ۱۶ درصد (۲۶ پاسخ) نیز گفته بودند که این مسائل برای بخش عملیاتی آنها کاربردی ندارد. پاسخ گویانی که به این سؤال پاسخ منفی داده بودند از سازمان های کوچک و متوسطی بودند که فعالیت های استخدام در آنها بسیار محدود بود.

همانطور که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، کسانی که به مشکلات منابع انسانی پاسخ مثبت داده بودند، در سازمان های خود با مشکل توسعه و ارتقاء مواجه بودند. ۲۴ درصد (۴۳ پاسخ) وجود تکنسین های آموزش دیده را بزرگ ترین مشکل نیروی انسانی در سازمان ها قلمداد می کردند. ۲۲ درصد (۴۱ پاسخ) نیز به وجود افراد با تخصص خاص، یا داشتن دانش گسترده از یک موضوع، اشاره کرده بودند.

بزرگ ترین مشکل، فقدان نیروی انسانی با مهارت های خاص و دانش موردنظر بود. به اعتقاد پرفسور ایستوان بارسونی از موسسه تحقیقاتی فیزیک کاربردی و علوم مواد بوداپست، مهم ترین مشکل، بکارگیری اندک متخصصان فنی است. پرفسور هافنر از دانشگاه وین، فقدان دیدگاه بلندمدت را بزرگ ترین مشکل دانسته و معتقد بود که صنعت و دانشگاه ها با فارغ التحصیلان و دانشجویان

دکتر جرارد ریویر، رییس کمیته تحقیق و استاندارسازی اتحادیه اروپا بیان می کند که مهارت های

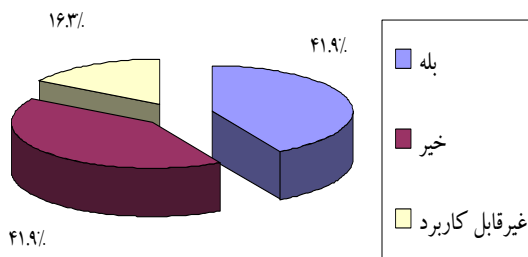


شکل ۸. مدارک مورد نظر در صنعت

دانشجویان تحصیلات تکمیلی در علم و فناوری نانو باید به نحوی توسعه یابد تا بتوانند در فعالیت های استاندارسازی مشارکت کنند. وی خاطر نشان می کند که «استفاده نظام مند از روش های مرجع که توسط مدیریت کیفیت سازمان استانداردهای جهانی ارائه می شود، برای مدیریت کیفیت تحقیقات در علم و فناوری نانو پیشنهاد می شود». در این راستا آموزش تمام فارغ التحصیلان، دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پرسنل موجود که در زمینه علم و فناوری نانو فعالیت می کنند، ضروری است.

تعریف و آموزش نقش هایی برای انتقال دانش از مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی به کاربردهای صنعتی ضروری است. تام براوار خاطر نشان می کند که داشتن مهارت های عمومی برای اثربخش شدن این نقش ها لازم هستند. مطابق نظر وی این مهارت ها عبارتند از: (۱) توانایی ارزیابی بازار بالقوه، (۲) ارزیابی فناوری، (۳) شناسایی مشتریان و (۴) شناسایی مجموعه فناوری های مناسب. وی هم چنین تشریح می کند که توانایی جمع آوری، پردازش و ترکیب اطلاعات مختلف برای طراحی و تشکیل یک تصویر منجمد در این حوزه نیز ضروری است.

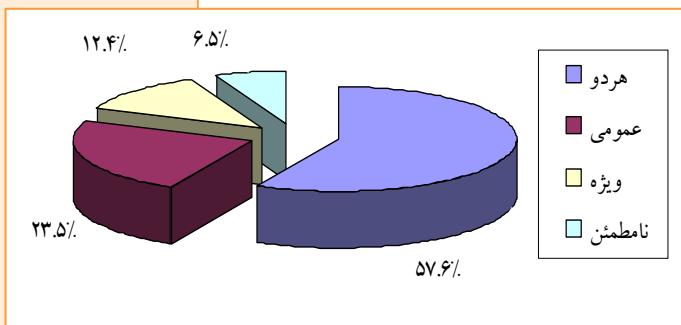
در پاسخ به سؤال تمایل سازمان ها به داشتن افراد موردنظر و دارای شرایط لازم در بخش شان، ۳۳ درصد (۱۲۴) پاسخ ها نشان داد که داشتن درجه دکتری برای افراد، مورد توجه سازمان ها است. ۲۱ درصد (۷۷) نیز افراد با



شکل ۱۳. منابع انسانی، مسائل و مشکلات جذب و استخدام

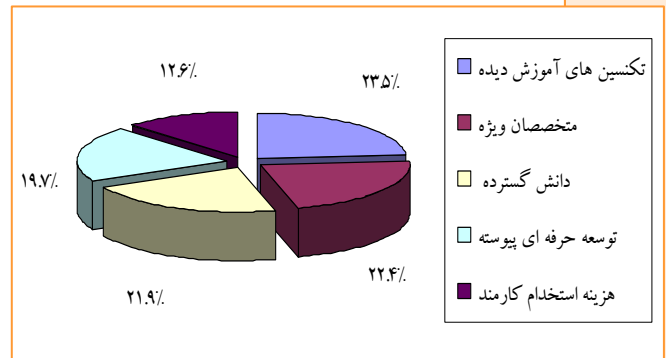
Nanogroup، تخصص خاص و توسعه حرفه ای مستمر را از مشکلات اصلی نیروی انسانی بخش نساجی و پوشاک می داند. این امر به این دلیل است که مصرف کنندگان، طراحان و سازندگان باید توسط استادان و متخصصان صنعت آموزش داده شوند. همچنین جذب افرادی با دانش فناوری نانو و دانش تخصصی در زمینه نساجی نیز یکی دیگر از مسائل مهم این بخش است. وی خاطر نشان می کند که یافتن افراد مناسب برای شغل های مورد نظر بسیار دشوار است، بنابراین آموزش افراد فعال در صنعت نساجی نسبت به استخدام افرادی بیرون از سازمان یا شرکت، گزینه ی مناسب تری به نظر می رسد.

سؤال نهایی این بخش مربوط به تمایل کارفرمایان به جذب افرادی با مجموعه مهارت های خاص یا عمومی بود. ۵۷/۵ درصد (۸۸ پاسخ) از کارفرمایان معتقد بودند که هر دو مجموعه مهارت، ارزشمند هستند. در حالی که ۲۳/۵ درصد آنها مهارت های عمومی را ارزشمندتر از مهارت های خاص می دانستند. ۱۲/۴ درصد نیز مهارت های خاص را ارجح می دانند. این موارد در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵. ارزشیابی مجموعه مهارت ها توسط کارفرمایان

تشریح مزایای مجموعه مهارت های عمومی، اینک مالش، خاطر نشان می کند که «بیشتر استخدام ها برای فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مشاغل است که به آموزش قوی در یک رشته، به همراه یک دوره کارآموزی در علوم نانو و مهندسی بین رشته ای نیاز دارند».



شکل ۱۴. نوع مسائل و مشکلات منابع انسانی

تحصیلات تکمیلی قراردادهای کوتاه مدت منعقد می کنند. وی اضافه می کند عدم ثبت نام در آموزش علوم، یکی دیگر از موانع نوآوری است. پائولو نووآ از مؤسسه مهندسی مکانیک و مدیریت صنعتی پرتغال به این واقیعت اشاره می کند که مدیریت سازمان آنها آگاهی کمی درباره فناوری نانو دارد و برای افزایش دانش خود در این زمینه نیز تلاش نمی کند. همچنین وی خاطر نشان می کند که بسیاری از شرکت ها بدون اینکه الزامات خاص فناوری نانو را درک کنند، فکر می کنند که این فناوری تنها یک فرصت کسب و کاری جدید است.

مایکل پیت کتلی، مدیر اجرایی مؤسسه CENAMPS، مهم ترین مشکل انگلیس را در این زمینه، فقدان تکنسین ها و تخصص های خاص در این حوزه می داند. وی اظهار می کند که به طور کلی بکارگیری تکنسین های ماهر برای مهندسی و شرکت های با فناوری های پیشرفته بسیار مشکل است.

پرفسور سانجای ماثور، رئیس بخش نانو مواد و فیلم های نازک مؤسسه مواد جدید در آلمان، نیاز به آموزش بلندمدت را مورد تأکید قرار داده و وجود شکاف بین علم و فناوری نانو را در مهارت های کارکنان بالقوه مطرح می کند. دسترسی به ابزار پیشرفته و داشتن تجربه در انتقال فناوری، از جمله محدودیت های فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی است که باید در این راستا دوره های آموزشی بلندمدت برگزار کرد تا افراد بتوانند مهارت های مورد نیاز در شغل جدید را بیاموزند.

جذب و استخدام افراد با دانش فنی علم و فناوری نانو به همراه دانش بخشی، بسیار دشوار است. مدیر فنی شرکت

آموزش و مهارت‌ها

در این بخش نتایج کمی پاسخ‌های بدست آمده برای نیازهای آموزشی و مهارت‌های مبتنی بر دانش ارائه خواهد شد. نتایج کمی، به صورت مجموعه‌ای از نمودارها و جداول تطبیقی ارائه شده‌اند. پاسخ‌های کیفی نیز به همراه نمودارهای کمی در این بخش ارائه شده‌اند.

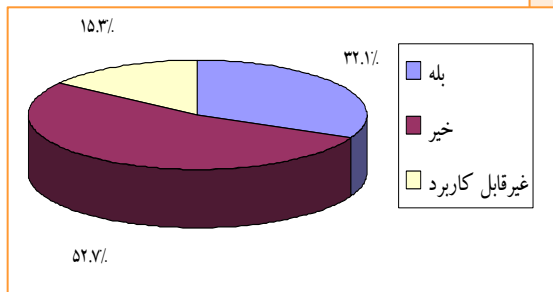
برنامه‌های آموزشی

پاسخ به سؤال نیاز به برنامه‌های آموزشی در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

راچ دیاگنوستیک، از محققان ارشد فناوری نانو، خاطر نشان می‌کند که سازمان وی، افرادی که دارای پیش‌زمینه علمی هستند را جذب می‌کند و سپس مفاهیم فناوری نانو در داخل سازمان، به صورت آموزش داخلی برای آنها ارائه می‌شود. وی همچنین اضافه می‌کند که در صنعت، ما ترجیح می‌دهیم افراد جوانی را استخدام کنیم که در زمینه علمی خاص، از بهترین‌ها باشند. سپس آنچه در صنعت برای توسعه ابزارآلات، سیستم‌ها و وسایل تشخیصی جدید نیاز است، به وسیله یک فرد دانشگاهی به وی آموزش داده می‌شود.

ماتیاس مالمان (Matthias mallmann)، مدیر پروژه Nanobionet در آلمان، خاطر نشان کرده است که این مؤسسه برای کارکنان خود آموزش ضمن خدمت ارائه می‌کند. وی اضافه می‌کند که پرسنل ۹۰ نفره و چندین شرکت زیر مجموعه آنها، کارکنان خود را در رابطه با تکنیک‌های خاص هر شرکت، آموزش می‌دهند. همچنین Nanobionet برنامه‌های آموزشی حرفه‌ای در زمینه فناوری شیمیایی، لیتوگرافی، مهندسی بافت، پوشش‌ها و بازاریابی ارائه می‌کند. در شرکت FirstNano که در زمینه تجهیزات شیمیایی فعالیت می‌کند، آموزش دانشجویان تحصیلات تکمیلی، با توجه به سطح دانش و توانایی آنها طی ۹ تا ۱۲ ماه تکمیل می‌شود. در مرحله اول، کارآموزان با مجموعه‌ای از تجهیزات آب کاری فلزات آشنا می‌شوند. در مرحله دوم، تمرکز آموزش بر توسعه کارآموزی

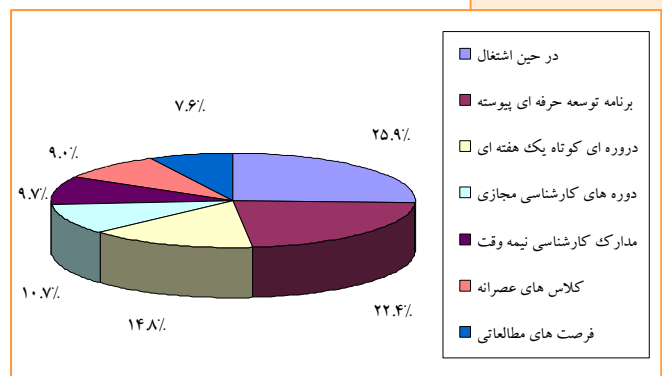
همچنین پاسخ به سؤال درباره روش مورد نظر برای آموزش فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی



شکل ۱۶. برنامه آموزشی برای فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی

همچنین پاسخ به سؤال درباره روش مورد نظر برای آموزش فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی را می‌توان در شکل ۱۷ ملاحظه کرد. ترکیبی از گزینه‌های آموزشی به عنوان گزینه‌های مورد نظر برای این سؤال ارائه شده بودند. ۲۵/۹ درصد (۷۵) پاسخ‌ها، آموزش ضمن خدمت را به عنوان بهترین روش آموزشی مطرح کرده بودند. برنامه‌های توسعه حرفه‌ای مستمر با ۲۲/۴ درصد (

در حین اشتغال (25.9%), برنامه توسعه حرفه‌ای پیوسته (22.4%), دوره‌های کارشناسی مجازی (14.8%), مدارک کارشناسی نیمه وقت (10.7%), کلاس‌های عصرانه (9.7%), فرصت‌های مطالعاتی (9.0%), و دوره‌های کوتاه یک هفته‌ای (7.6%).



شکل ۱۷. روش آموزش مورد نظر

کوتاه مدت به روش های مختلف وجود ندارد، و این دوره ها مساله اساسی فقدان دانش را حل نمی کنند. وی تأکید می کند که باید این مساله در سطح دانشگاه ها حل شود.

مؤسسات تحقیقاتی برای محققان خود از طریق برنامه های آموزشی، کارگاه ها و همایش ها، آموزش ارائه می کنند. دکتر پیتی سزکو، مدیر انتقال فناوری مؤسسه ملی Rare metals, Non-Ferrous در کشور رومانی، خاطر نشان می کند که برنامه های آموزشی آنها شامل جلسات هفتگی، در مورد سنتز و تعیین مشخصات نانو مواد و مهارت های مدیریت پروژه است. دکتر W.Eberle، از محققان ارشد و از مدیران پروژه مؤسسه تحقیقاتی Imec بیان می کند که آموزش در این مؤسسه از طریق برگزاری دوره های فوق لیسانس مشترک، مجموعه همایش های داخلی و برنامه های آموزشی داخلی در موضوعات خاص انجام می شود. دکتر آیرولی، استادیار دانشگاه آنا، بیان می کند که این دانشگاه با سازماندهی مجموعه ای از همایش ها و کارگاه ها در زمینه آموزش سطح پایه و پیشرفته برای محققان خود، فعالیت می کند. این برنامه های آموزشی در برگیرنده تعاملاتی در سطح ملی و بین المللی است

چالش ها و نیازهای آموزشی خاص

استانداردسازی در فناوری نانو نقش مهمی در توسعه این فناوری در جامعه ایفا می کند. در حال حاضر آموزش در زمینه فعالیت های استانداردسازی، در مرحله آغازین خود قرار دارد. دکتر جرارد ریویر در بروکسل، تشریح می کند که «در آموزش عمومی در مورد مدیریت کیفیت ایزو ۹۰۰۱، با توجه ویژه به تحقیقات و نوآوری برای علم و فناوری نانو، باید دوره آموزشی برای فارغ التحصیلان دکترا و فوق دکترایی که چنین آموزش هایی را قبلاً نداشته اند، برگزار شود». وی همچنین خاطر نشان می کند که برگزاری آموزش برای مدیران کیفیت تحقیقات نیز ضروری است، زیرا آنها به عنوان رابطان انسانی برای

گسترده خواهد بود. تأکید اولیه در آشنایی با تجهیزات، طراحی سیستم ها، کنترل نرم افزار و قطعات است. در ادامه کارآموز در زمینه توسعه فرآیندها آموزش داده خواهد شد، که هدف این مرحله این است که او بتواند با آموختن دانش جدید، فرآیندهای فعلی را بهبود دهد یا فرآیند جدیدی توسعه دهد. همچنین کارآموز موظف است تا در زمینه یک پروژه تحقیق کند و تجربیات خود را در این زمینه سازماندهی نماید. مرحله آخر این برنامه آموزشی، آشنایی با نحوه تعامل با مشتریان است. شرکت OPEN LAB به مشتریان خود این فرصت را می دهد تا ضمن بازدید از FirstNano، تجربیات خود را در مورد تجهیزات تولیدی این شرکت به پرسنل ارائه کنند. تعامل با مشتریان در این سطح، به کارآموز اجازه می دهد تا استفاده از تجهیزات را به مشتریان، آموزش داده و به آنها در زمینه استفاده از محصول خود کمک کند.

رویکردهای آموزشی مختلفی که شرکت ها استفاده می کنند به خاطر مسایلی مانند اندازه، قابلیت کلیدی و الزامات آموزشی آنها، متفاوت است. بر اساس تحقیقی که در شرکت های میکرو و فناوری نانو انگلیس در سال ۲۰۰۵ انجام شد، مشخص گردید که ۵۰ درصد این شرکت ها از آموزش داخلی و خارجی استفاده می کنند، در حالی که ۴۷ درصد آنها، آموزش درون سازمانی را ترجیح می دادند. شرکت SGS یکی از شرکت های بین المللی بزرگ، برای کارکنان خود در زمینه کنترل کیفیت، ایمنی آزمایشگاه ها و آموزش ابزارسازی، آموزش های داخلی ارائه می کند. آقای آمی از مدیران SGS تشریح می کند که این برنامه ها یک بار در ماه انجام می شوند. این آموزش ها در برگیرنده تخصص های سطح بالا در آزمایش، تأیید، مشاوره فنی و بازرسی محصولات از صنایع مختلف است. همچنین در فرایند آموزش، کارکنان با فلسفه وجودی شرکت نیز آشنا می شوند. دکتر دبی ایستوک، مدیر توسعه بازاریابی شرکت FEI، محدودیت های برنامه های آموزشی درون سازمانی را بیان می کند. وی بیان می کند که دوره های آموزشی

واقع شده است.

مقایسه نسبی مهارت‌های مورد نیاز

فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی

یکی از سؤالات این تحقیق، به دنبال مقایسه الزامات مربوط به آگاهی از رشته‌های علمی، مهندسی و تجاری نسبت به همدیگر بود (شکل ۱۸). آگاهی از علوم مختلف برای دانشجویان مهندسی نسبت به آگاهی از مفاهیم مهندسی برای دانشجویان علوم پایه در حوزه نوظهور علم و فناوری نانو ضروری‌تر است.

وزن رتبه‌ها برای اطلاعات ترسیم شده در شکل شماره ۱۸ در شکل شماره ۱۹ نشان داده شده است. این شکل، اهمیت انتقال دانش علوم نانو به دانشجویان مهندسی و بالعکس، و دانش مفاهیم مهندسی را به دانشجویان علوم پایه نشان می‌دهد. آگاهی از امور تجاری از موارد مفید برای فعالان حوزه علوم نانو و دانش مفاهیم مهندسی است. همچنین دانش فنی نیز برای فارغ‌التحصیلان مدیریت، اهمیت نسبتاً بالایی دارد.

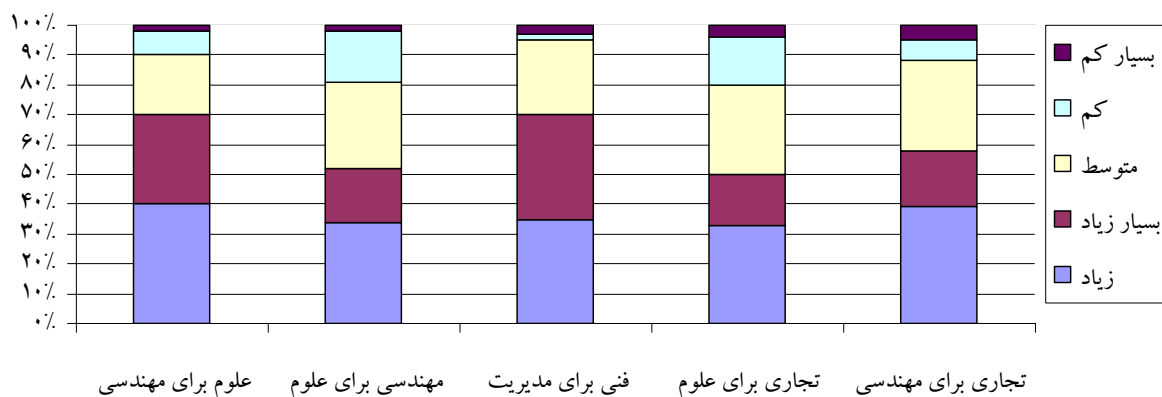
مهارت‌های دانش فنی

در راستای اهداف این تحقیق، دانش فنی در سه جریان اصلی طبقه‌بندی شده است. جریان اول؛ دانش علوم طبیعی است، که شامل موضوع‌های آموزش کلاسیک مانند فیزیک کوانتوم، شیمی کلوئیدی، زیست‌شناسی و

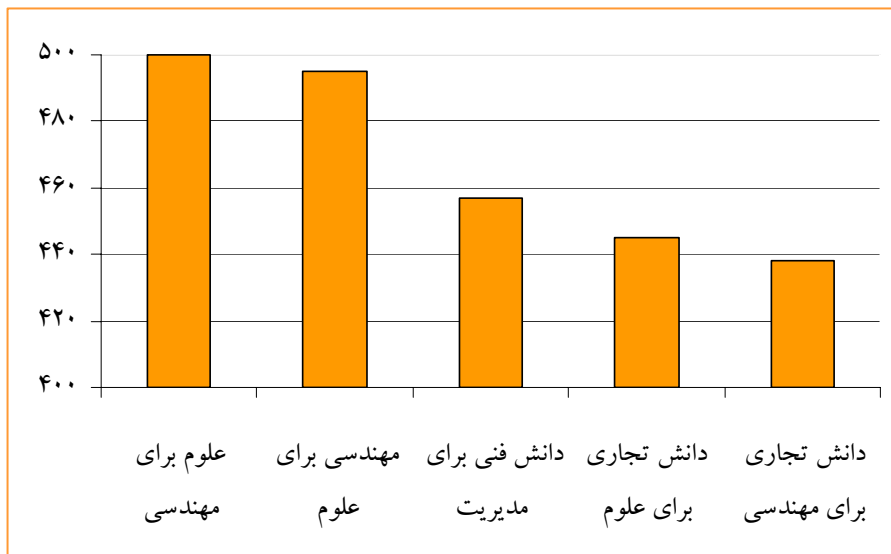
انتقال نتایج تحقیقات به استفاده‌کنندگان عمل خواهند کرد.

الیزابت براون از آزمایشگاه ملی فیزیک در انگلیس خاطر نشان می‌کند که در کنترل و آماده کردن نانومواد مهندسی شده، آموزش خاصی وجود ندارد. وی پیشنهاد می‌کند که برگزاری جلسات آموزشی کوتاه مدت در زمینه ایمنی و سلامت، با استفاده از تجارب برتر در کنترل، ذخیره و آماده کردن نانوذرات در چارچوب برنامه‌های آموزشی، بسیار مفید خواهد بود. ویکی باربور، در شرکت استمن کداک اظهار می‌کند که باید آموزش‌های لازم در زمینه اصول تولید با سود کم، آمار کاربردی، توسعه و طراحی دقیق محصولات برای تولید، ارائه شوند.

دکتر لیف کریستن سن، رییس مؤسسه فناوری دانمارک، اظهار می‌کند که باید برای محققان، آموزش‌های ویژه‌ای در زمینه حقوق مالکیت معنوی برگزار شود. پرفسور مارتینر مرسد در دانشگاه guanajuato، نیاز به آموزش زبان انگلیسی را برای برقراری تعامل بین محققان ضروری می‌داند. همچنین وی مدیریت و سیاست‌گذاری مربوط به آموزش را نیز برای محققان لازم می‌داند. پائولونوآ، مدیر پروژه INEGI، نیاز به آموزش خاص در مدیریت و سیاست‌گذاری را برای محققان لازم می‌داند. نیاز به آموزش مدیریت برای محققان، توسط دانشمندان مؤسسه ARCI نیز مورد تأکید



شکل ۱۸. مقایسه نسبی آگاهی از رشته‌ها



شکل ۱۹. مقایسه وزنی دانش رشته‌ها

بعدی قرار دارد. دانش اثرات نانومقیاس ۱۲ درصد (۵۹)، شیمی آلی ۱۱ درصد (۵۶)، شیمی معدنی ۱۰ درصد (۵۳)، شیمی کلونیدی ۱۰ درصد (۵۲)، و شیمی مولکولی با ۱۰ درصد (۵۱) در رتبه‌های بعدی بودند. شیمی تر با ۸ درصد (۴۰)، و مواد و متالورژی با اختصاص ۷ درصد (۳۶) پاسخ‌ها، کمترین میزان پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده بودند.

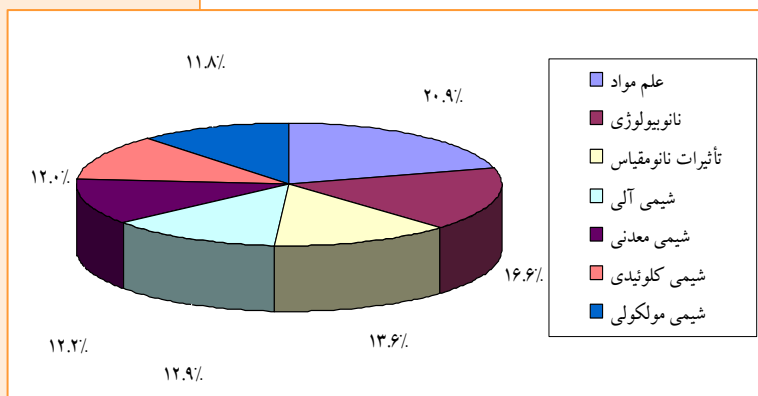
دانش تولید

فرآیند تولید و روش‌های سنتز، مبنای تحقیقات تجربی و توسعه محصولات جدید را تشکیل می‌دهند. توسعه مجموعه مناسبی از مهارت‌ها برای رفع چالش‌های مراحل اولیه توسعه این فناوری، بسیار اهمیت دارد. توزیع پاسخ‌ها به تکنیک‌های مختلف، به صورت نمودار دایره‌ای در

علوم مواد است. جریان دوم بر تولید نانو ساختارها، ادوات نانومقیاس، ادوات نزدیک به نانو مقیاس و سنتر مواد نانومقیاس تمرکز دارد. این روش‌ها شامل تولید بالا به پایین و پایین به بالا است. جریان سوم بر تکنیک‌های تعیین مشخصات و تجزیه و تحلیل‌های مورد استفاده برای تحقیق و توسعه محصولات، تمرکز داشت. دیگر مهارت‌های دانش که از مجموعه مهارت‌های مفاهیم مهندسی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی بدست آمده بود نیز در نظر گرفته شد. مهارت‌های مطرح شده در این جریان‌ها جامع نبوده، اما از حوزه‌های مختلف علوم کلاسیک و مواد آموزشی مهندسی در سازمان‌های مختلف استنتاج شده‌اند.

دانش علوم طبیعی

درک اصولی علوم طبیعی حاصل از رشته‌های فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و علوم مواد، در انجام تحقیقات علوم نانو بسیار اهمیت دارند. در پاسخ به دانش مورد نیاز، دانش علوم مواد ۱۸ درصد (۹۱) پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده بود، که این امر نشان دهنده اهمیت دانش مواد برای انجام تحقیقات در حوزه علوم نانو است. همانطور که در شکل ۲۰ نشان داده شده است، دانش زیست‌شناسی با کسب ۱۴ درصد پاسخ‌ها (۷۲) در رتبه



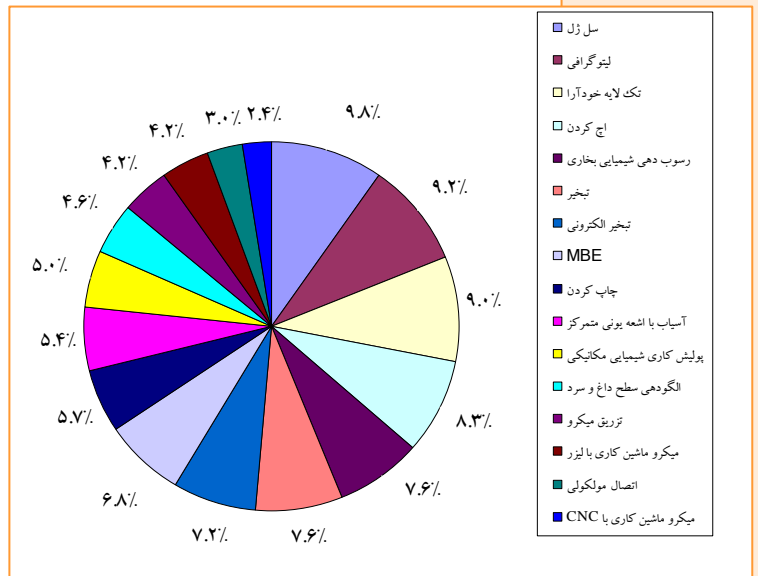
شکل ۲۰. مقایسه نسبی مهارت‌های علوم طبیعی

اختصاص داده‌اند که اهمیت نسبی کمتری دارند.

تعیین مشخصات و آنالیز

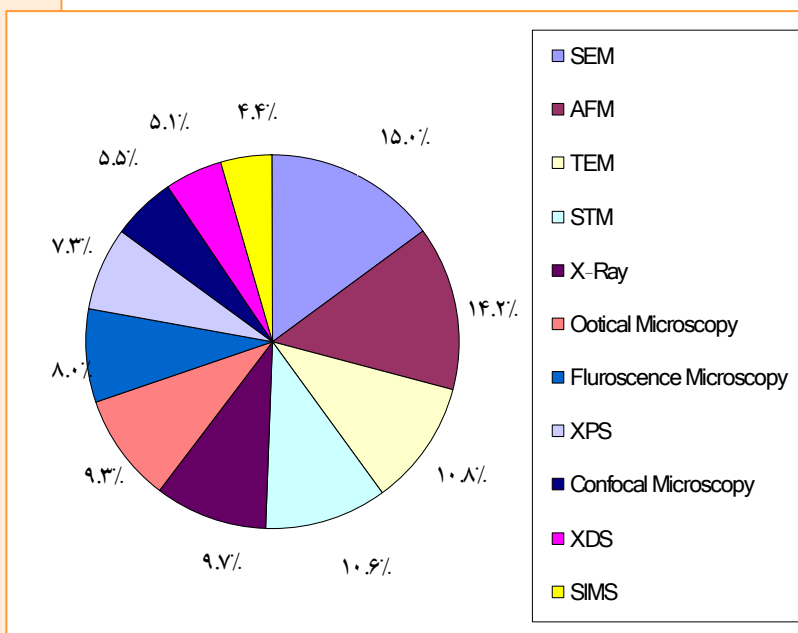
ابزارهای تعیین مشخصات و تجزیه و تحلیل به درک رفتار و تعیین مشخصات مواد، ساختارها و وسایل در مقیاس نانو، میکرو و نزدیک به نانو، کمک خواهند کرد. مقایسه ابزارهای تعیین مشخصات را با اتکا بر پاسخ‌های این تحقیق در شکل ۲۲ می‌توان ملاحظه کرد. این مقایسه، شاخصی است که با استفاده از آن می‌توان ابزارهای مورد استفاده در تحقیقات و آموزش را شناسایی کرد. میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (SEM) با اختصاص دادن ۱۵ درصد پاسخ‌ها (۶۸) از جمله تجهیزاتی بودند که بیشترین استفاده را داشته‌اند. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) با ۱۴/۲ درصد پاسخ‌ها (۶۴) از ابزارهای مناسب و مفید مورد استفاده در این حوزه بود. میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) با ۱۰/۶ درصد پاسخ‌ها (۴۸)، میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) با ۱۰/۸ درصد (۴۹) و میکروسکوپ اشعه ایکس با ۱۰ درصد پاسخ‌ها در رتبه‌های بعدی بودند. ابزارهایی مانند میکروسکوپ نوری پاسخ‌ها (۳۶)؛ XPS با ۷/۳ درصد رتبه‌های پایین‌تر را به خود اختصاص داده بودند. سایر تکنیک‌هایی که از نظر

شکل ۲۱ نشان داده شده است. روش سُل - ژل با اختصاص ۹/۴ درصد پاسخ‌ها (۴۵) در رتبه اول قرار دارد. روش‌های لیتوگرافی با ۸/۸ درصد پاسخ‌ها (۴۲) مانند اشعه الکترونی، نوری، فوتو و میکرو، در رتبه بعدی قرار دارد. روش خودآرایی با ۸/۶ درصد (۴۱)، روش‌های لایه به لایه با ۸ درصد پاسخ‌ها (۳۸)، در رتبه‌های بعدی قرار دارند. سایر تکنیک‌های مورد توجه برای آموزش عبارت بودند از: روش‌های خشک، تر، یون‌های فعال و روش‌های

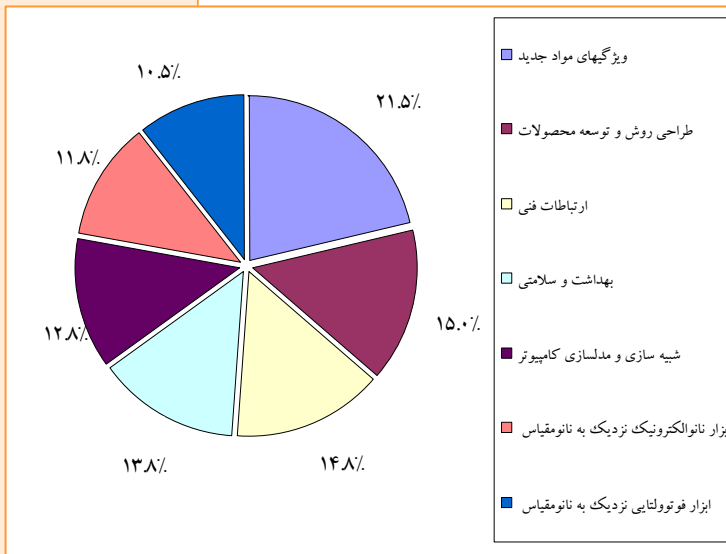


شکل ۲۱. مقایسه نسبی مهارت‌های فنی در فرآیندهای تولید و روش‌های سنتز

فوتوشیمیایی که ۷/۳ درصد (۳۵) از پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده بودند. فرآیندهایی مانند رسوب‌دهی شیمیایی بخار با پلاسما ۷/۳ درصد (۳۵)، تبخیر تقریباً ۶/۹ درصد (۳۳) و تبخیر با بمباران الکترونی ۶/۵ درصد (۳۱) از پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده‌اند که به طور نسبی اهمیت متوسطی دارند. فرآیندهایی مانند اتصال و پیوند ۹/۲ درصد (۱۴)، ماشین کاری CNC ۲/۳ درصد (۱۱) و الگودهی سطوح ۴ درصد (۱۹) پاسخ‌ها را به خود



شکل ۲۲. مقایسه ابزارهای تعیین مشخصات



شکل ۲۳. مقایسه سایر مهارت های فنی

نیاز به دانش فنی به همراه دانش کاربردی را مورد تأکید قرار می دهد. وی تشریح می کند که باید تحقیقات بیشتری در یک سطح پایه انجام شود و ضروری است تا فرایندهایی که در سطح زیست پزشکی و مولکولی رخ می دهند، درک شوند. وی تأکید می کند که تحقیقات بنیادی و صنعتی هر دو لازم اند. مسائل پیش روی صنعت نه تنها باید توسط دانشمندان، بلکه توسط افراد صنعتی نیز مدنظر قرار گیرند. بنابراین وی نتیجه گیری می کند که دانش کاربردی در صنعت و مصرف کننده نهایی، به همراه دانش بنیادی، مفید هستند.

دکتر آری وُلّی از دانشگاه آنا، تأکید می کند که باید دانش فنی، مکمل نیازهای صنعت بوده و به دانش کاربردهای صنعتی کمک کند.

مهارت های دانش اجتماعی، مدیریتی و تجاری

برخی از مهارت ها برای حمایت از دانش علمی و مهندسی در تجاری سازی اثر بخش، مدیریت و انسجام اجتماعی اکتشافات، اختراعات و نوآوری ها لازم اند. مجموعه ای از مهارت ها از رشته های مدیریت، حقوق و علوم اجتماعی برای به دست آوردن یک الگو، مقایسه شده اند که این مهارت ها در حال حاضر اهمیت بالایی دارند. این ۱۴ مهارت از مقیاس ۱ تا ۱۴ رتبه بندی شده که

اهمیت در سطح نسبتاً پایین تری بودند اسپکتروسکوپی یون ثانویه با ۴/۴ درصد پاسخ ها (۲)، XDS با ۵/۱ درصد (۲۳) و میکروسکوپ هم مرکز با ۵/۵ درصد پاسخ ها (۲۵)، بودند.

سایر مهارت های فنی

همانطور که در شکل ۲۳ نشان داده شده است، سایر مهارت های فنی که نسبتاً مهم تلقی می شدند شامل مواد جدید، ویژگی ها و انتخاب آنها با ۲۱/۵ درصد پاسخ ها (۸۶)، طراحی روش ها و توسعه محصولات با ۱۵ درصد پاسخ ها (۶۰) و ارتباطات فنی با ۱۴/۷ درصد پاسخ ها بودند. مهارت های دانش مانند ایمنی و سلامت با ۱۳/۷ درصد (۵۵)، مدل سازی رایانه ای و شبیه سازی با ۱۲/۸ درصد (۵۱) دارای سطح اهمیت متوسطی بودند. ادوات نزدیک به سطح نانو مقیاس - نانو الکترونیک با ۱۱/۸ درصد پاسخ ها (۴۷) و فتولتائیک با ۱۰/۵ درصد پاسخ ها (۴۲)، دارای سطح اهمیت نسبتاً پایینی بودند.

سایر مهارت های خاص که از پاسخ های سؤالات باز به دست آمده اند نیز در این بخش ارائه خواهند شد. دکتر ادر رومرو از Universidad Nacional de Quilmes، خاطر نشان کرده است که راهبردهای دارورسانی و نانو پزشکی باید به طور ویژه به عنوان مهارت های دانش، آموزش داده شوند. دکتر گُلک از مرکز تحقیقات زیست پزشکی KIT، پیشنهاد کرده است که دانش MEMS باید در کنار فناوری نانو بیان شود و به کار رود. پرفسور نوربات، مدیر کمیسیون ملی علم و فناوری نانو در پاکستان، تأکید می کند که فناوری نانو در زمینه هایی مانند صنایع ورزشی، صنعت چرم، نساجی، کشاورزی، پزشکی، و سایر بخش ها باید توسعه یابد. دکتر OLlibhe Lawlor از محققان مؤسسه فناوری Athlone خاطر نشان می کند که دانش پایه در زمینه سم شناسی و ارزیابی سم شناسی، به خاطر حجم بالای تولید و استفاده از نانو مواد در اقصی نقاط دنیا، باید آموزش داده شود.

دکتر کاترین وایت هد از دانشگاه متروپلیتن منچستر،

۱ نشان دهنده بالاترین امتیاز و ۱۴ نشان دهنده پایین ترین امتیاز است.

همانطور که در شکل ۲۴ نشان داده شده است، دانش مدیریت تحقیق و توسعه با ۱۰ درصد (۱۱۷۳)؛ مدیریت پروژه ۹/۳ درصد (۱۰۹۲)؛ نوآوری محصول جدید ۸/۶ درصد (۱۰۰۵) و راهبرد فناوری با ۸/۶ درصد پاسخها (۱۰۰۴) از نظر پاسخ گوینان و از نظر ارزش وزنی بیشترین اهمیت را داشته اند. دانش بازاریابی فناوری با ۷/۷ درصد (۸۹۴)؛ مالکیت معنوی با ۳/۷ درصد (۸۵۶) روش های ارزیابی ریسک با ۹/۶ درصد (۸۰۲)، و پایداری محیط زیست با (۷۸۲) پاسخها در رتبه های بعدی بوده و از نظر اهمیت در سطح متوسط بودند.

همانطور که در شکل ۲۴ نشان داده شده است، مهارت هایی مانند اصول اخلاقی با ۷/۶ درصد (۷۷۸)؛ کارآفرینی با ۵/۶ درصد (۷۷۰)؛ ارتباطات عمومی با ۱/۶ درصد (۷۱۴)، دارای سطح اهمیت متوسط بودند. همچنین در مقایسه با سایر مهارت ها، دانش سیاست گذاری فناوری با ۸/۵ درصد (۶۷۹)؛ تأمین مالی با ۲/۵ درصد (۶۰۳) و تدوین مقرارت با ۶/۴ درصد (۵۳۲) پاسخها، اهمیت

کمتری داشتند.

ویکی باربور از مدیران فنی شرکت ایستمن کداک، بیان می کند که توانایی ارزیابی مسائل تجاری پروژه ها و مهارت های تحقیقات بازاریابی باید به دانشجویان آموزش داده شود. دکتر جان بارگون، مدیر نوآوری های کسب و کار در آکسفورد، خاطر نشان می کند که دانش تأمین مالی و تجاری پایه، مهارت هایی هستند که باید بین دانشجویان تحصیلات تکمیلی توسعه یابند.

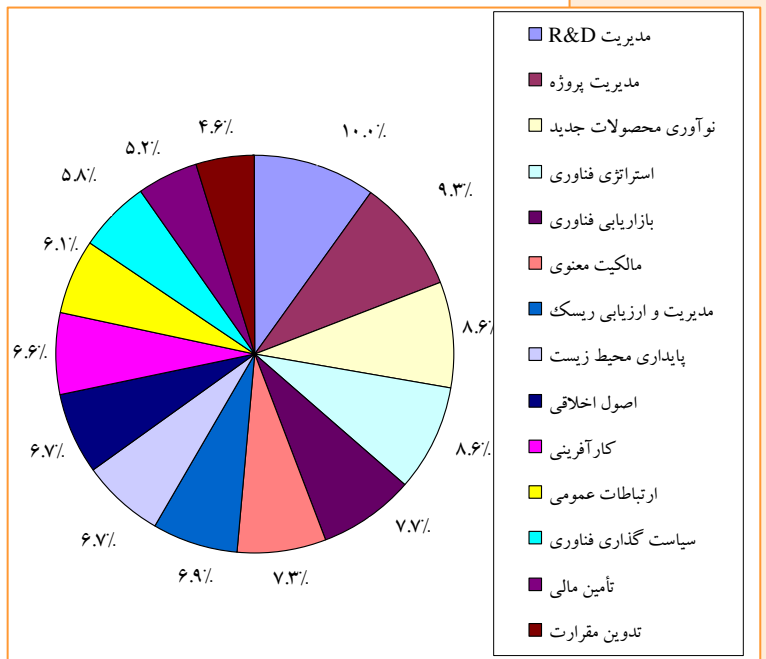
دکتر پترو باسناردو در Civen تأکید کرده است که دانش اصول اخلاقی و پایداری محیط زیست بسیار اهمیت دارند و دانش این موضوع ها باید به طور نظام مند به همراه محتوای فنی انتقال داده شود. پرفسور ویلیام تاش از دانشگاه فیلادلفیا، مهارت های تدریس و ارائه را نیز، مورد تأکید قرار داده است.

مهارت های زبانی و نرم

در یک تیم تحقیقاتی که محققان کشورهای مختلف با فرهنگ های مختلف در آن حضور دارند، مهارت های زبانی بسیار مهم هستند. ۴ مهارت که نمره بالایی کسب کرده اند بر اساس مقیاس ۱ تا ۴ مقایسه شده اند. به تمام پاسخها وزن داده شده است.

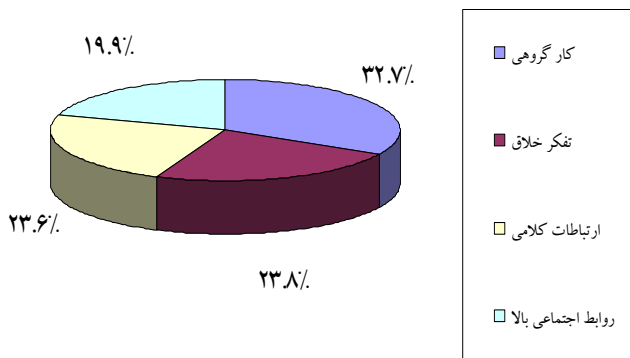
مقایسه مهارت های نرم با وزن دادن به ۴ رتبه، در شکل ۲۵ نشان داده شده اند. کار گروهی (۳۹۲)، ۳۲/۷ درصد ارزش وزنی پاسخها را به اختصاص داده است. تفکر خلاق با ۲۳/۸ درصد (۲۸۵)، ارتباطات کلامی با ۲۳/۶ درصد (۲۸۳)، و روابط اجتماعی بالا با ۱۹/۹ درصد (۲۳۹)، در رتبه های بعدی قرار داشتند. مقایسه درصد نسبی ارزش وزن ها را می توان در شکل ۲۶ ملاحظه نمود.

ویکی باربور از شرکت ایسمن کداک خاطر نشان می کند که تفکر خلاق و مهارت های سازمانی مانند کار تیمی در کسب نتایج موفق در درون سازمان ها، بسیار اهمیت دارند. دکتر ریوری از مؤسسه CEN STAR تأکید می کند که سازماندهی صحیح و مدیریت استفاده از ۹۰۰۰ ISO، برای انجام تحقیق و توسعه در زمینه فناوری های



شکل ۲۴. وزن مهارت های دانش اجتماعی، مدیریتی و تجاری

۱۳ درصد (۳۹)، چینی با ۸ درصد (۲۴) و اسپانیولی با ۶/۷ درصد (۲۰) در رتبه های بعدی قرار داشتند. سایر زبان هایی که در شکل ۲۷ نشان داده شده است؛ لهستانی، هندی، تامیل، ترکی، روسی، ژاپنی و کره ای هستند که توسط پاسخ گویان مطرح شده اند.

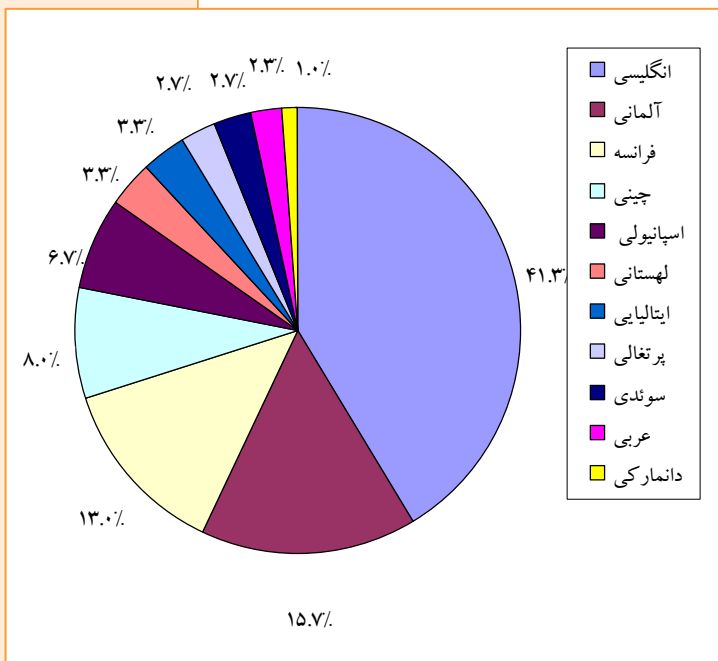


شکل ۲۵. مقایسه نسبی مهارت های نرم

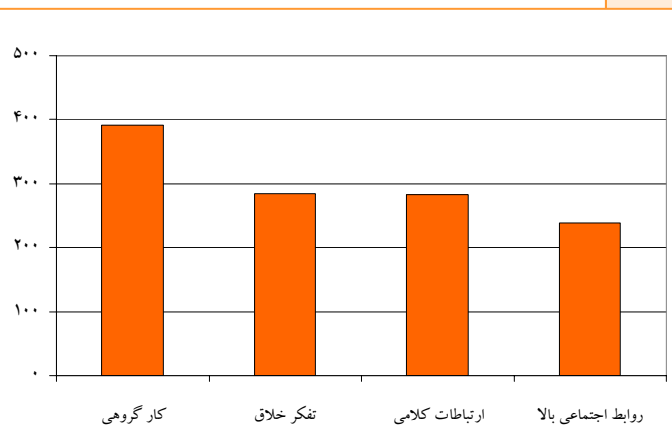
نوظهور اهمیت زیادی دارد. دکتر Piticescu از موسسه ملی Nanoferrous and Rare metal معتقد است که توانایی یادگیری و آموزش مستمر از مهارت های نرم با ارزش هستند.

پرفسور ویلیام تش از دانشگاه Temple بر این باور است که خلاقیت، پشتکار در انجام وظایف، وقت شناسی و حفظ اسرار از مهارت های نرمی هستند که در محیط کاری بسیار ارزشمند هستند. دکتر پیتکتلی مدیر Cenamps اضافه می کند که خود انگیزی، توانایی کار کردن بدون نظارت و توانایی ریسک پذیری از مهارت های نرمی هستند که وجود آنها در سازمان بسیار مناسب است.

همانطور که در شکل ۲۷ نشان داده شده است، زبان انگلیسی در مقایسه با سایر زبان ها با ۴۱/۳ درصد (۱۲۴ پاسخ) برای ارتباطات و کسب و کارها بیشترین اهمیت را داشتند. زبان آلمانی با ۱۵/۷ درصد (۴۷ پاسخ)، فرانسوی با



شکل ۲۷. مقایسه مهارت های زبانی



شکل ۲۶. مقایسه پاسخ های وزن دار مهارت های نرم

سایر موارد آموزشی خاص و مهارت‌های دانش
 پرفسور کاورلیف از موسسه فناوری الکترونیک مسکو، خاطر نشان می‌کند که ارائه نتایج و تشریح اثرات بالقوه آنها بخش مهمی از تحقیقات را تشکیل می‌دهند، بنابراین باید برای ارتقای این مهارت‌ها، آموزش‌های رسمی ارائه شوند. پرفسور بارسونی تأکید می‌کند که انتخاب اولیه و جهت‌دهی دانشجویان علاقمند، با توجه به توانمندی‌های آنها، کارآیی آموزش را افزایش خواهد داد.

دکتر ریوری، رییس CEN STAR اضافه می‌کند که مدیریت کیفیت تحقیقات، حوزه بسیار مهمی است که باید در مراحل اولیه آموزش و تحقیقات مد نظر قرار گیرد. دکتر ماکسیمو ریسی، رییس مرکز تحقیق و توسعه MELT خاطر نشان می‌کند که دانش پایه فناوری نانو باید برای تمام مهندسان و تکنسین‌ها آموزش داده شود. دکتر Salagaj از همین شرکت می‌گوید، «درک کامل

چگونگی و چرایی کارکرد یک قطعه یا تجهیزات، به دانشمندان در توسعه فرآیندهای جدید و بهتر، کمک خواهد کرد.»

پرفسور ویلیام تش، خاطر نشان می‌کند که باید تحقیقات بین‌رشته‌ای را با ادغام رشته‌ها از طریق انجام پروژه‌ها تشویق و توسعه داد. وی اضافه می‌کند که رویکرد ادغام رشته‌ها نه تنها باید به دانشجویان محدود نشود، بلکه باید بین دانشگاه‌ها و دانشکده‌های مختلف، و متخصصان اطلاعات و کتابداران نیز توسعه یابد. وی همچنین تقسیم فضای آزمایشگاه‌ها، تجهیزات و تشویق دسترسی آزاد به امکانات مختلف را پیشنهاد کرده است. وی خاطر نشان می‌کند که این امر باعث ارتقای تبادل بین رشته‌ای خواهد شد. دکتر Govinabrajan اضافه می‌کند که توسعه همکاری‌ها با مؤسسات تحقیقاتی و آموزشی برتر، باعث افزایش دانش بین رشته‌ای خواهد شد.

مدرک دکتری، سطح دانش مورد نظر آنها در صنعت است.

همچنین ۲۱ درصد، مدارک فوق لیسانس تک رشته‌ای و ۱۸/۳ درصد نیز دوره های فوق لیسانس بین رشته‌ای را ترجیح داده بودند. این ترجیح مدارک، با انتظارات سازگار بود. ۴۱/۹ درصد پاسخ‌گویان بیان کرده بودند که در سازمان خود با مشکل نیروی انسانی مواجه هستند. این پاسخ‌ها نشان می‌داد که فقدان تکنسین با اختصاص ۲۳/۵ درصد پاسخ‌ها به خود، مشکل اصلی سازمان‌ها بود.

تخصص‌های خاص با ۲۲/۴ درصد پاسخ‌ها، دانش عمومی با ۲۱/۹ درصد و توسعه حرفه‌ای مستمر با ۱۹/۷ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. فقدان پرسنل آموزش دیده، کیفیت فارغ‌التحصیلان و جذابیت مسیر شغلی در علوم نیز از مشکلاتی بودند که پاسخ‌گویان آنها را مطرح کرده بودند. جذب افرادی با دانش فنی در زمینه علم و فناوری نانو به همراه دانش بخشی، در بخش‌هایی مانند نساجی و تولید کاغذ بسیار دشوار بود. در حالی که ۵۷/۵ درصد پاسخ‌گویان اظهار کرده بودند که داشتن مجموعه مهارت‌های تخصصی و عمومی مدنظر کارفرمایان است، ۲۳/۵ درصد مهارت‌های عمومی و ۱۲/۵ درصد نیز مهارت‌های خاص را ترجیح می‌دادند.

مسائل آموزش و توسعه مهارت‌ها برای درک نیازهای پنهان نیز بررسی شد. ۵۲/۶۷ درصد پاسخ‌گویان عنوان کرده بودند که آنها یک برنامه‌ی آموزشی مناسب برای فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی ندارند. در این زمینه بیشتر سازمان‌ها از رویکرد ترکیبی استفاده کرده و در این راستا از منابع داخلی و بیرونی استفاده می‌کردند. آموزش ضمن خدمت با ۲۵/۹ درصد پاسخ‌ها بهترین روش آموزشی شناخته شد. توسعه حرفه‌ای مستمر با ۲۲/۴ درصد و دوره‌های کوتاه مدت هفتگی با ۱۴/۸ درصد، در رتبه‌های بعدی بودند. در حالی که شرکت‌ها،

داده‌های کمی و کیفی حاصل از این تحقیق، تجزیه و تحلیل شدند. در کل پاسخ‌ها، ۲۲ درصد پاسخ‌گویان دارای نقش مدیریت، و ۳۷ درصد نیز در زمینه تحقیقات فعالیت می‌کردند. بیشتر پاسخ‌ها از جانب مردها بوده و نسبت مردان به زنان ۳/۴۵ بود. متوسط سن پاسخ‌گویان ۴۲/۶ سال بود. اکثر این افراد، حدود ۲۹ درصد افراد، نمایندگان سازمان‌های دولتی، ۲۶ درصد از سازمان‌های غیر انتفاعی، ۱۶ درصد سازمان‌های تجاری بزرگ و ۱۵ درصد نیز از سازمان‌های تجاری کوچک بودند. قابلیت‌های کلیدی این سازمان‌ها عبارت بودند از: تحقیق و توسعه ۳۵/۲ درصد، تولید نانو مواد ۱۴/۸ درصد، و تولید تجهیزات آنالیز نانو مقیاس ۱۴/۵ درصد. ۷۹ درصد پاسخ‌گویان اظهار کردند که کاربرد دانش فناوری نانو در سازمان آنها، در سطح بالا، متوسط یا پایین است. دفاتر سازمانی ۶۴ درصد از پاسخ‌گویان، در اروپا و ۲۱ درصد در آسیا قرار داشت. نقش‌ها و مسائل استخدام نیز برای درک سناریوی فعلی بررسی شد. ۵۷/۱ درصد پاسخ‌گویان اظهار کردند که آنها فارغ‌التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی را عمدتاً بخاطر دانش فناوری نانووی آنها جذب می‌کنند. نقش‌های اصلی گزارش شده، ۲۴/۵۶ درصد در تحقیقات علوم و ۱۵ درصد در توسعه محصولات جدید بود. این امر نشان دهنده مراحل آغازین توسعه این فناوری است. نقش‌های مدیریتی با ۱۰ درصد، نقش‌های ساخت و تولید با ۹ درصد، توسعه کسب و کارها با ۹ درصد، بازاریابی با ۸ درصد، تضمین کیفیت با ۷ درصد، مستندسازی با ۶ درصد، و نقش‌های ایمنی و سلامت نیز با ۶ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. سایر نقش‌های شناسایی شده نیز استانداردسازی و مترولوژی، توسعه مواد آموزشی، تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری و آینده‌نگاری، حمایت از تدوین مقررات، مدیریت ریسک، ارزیابی سم‌شناسی و حمایت از کسب و کارها بودند. ۳۳/۸ درصد پاسخ‌گویان اظهار کرده بودند که داشتن

داشتند. تاکید خاصی نیز بر توسعه برخی مهارت های غیر فنی شد. مهارت های نرم و زبانی در جهان منسجم فعلی و با فرهنگ های مختلف، نقش بسیار مهمی دارند. کار تیمی با ۳۲/۷ درصد و ارتباطات کلامی با ۲۳/۸ درصد از جمله مهارت های نرم مهم در این تحقیق بودند. زبان انگلیسی با ۴۱/۲ درصد پاسخ ها، مهم ترین زبان شناخته شد. زبان آلمانی با ۱۵/۷ درصد، فرانسوی با ۱۳ درصد و چینی با ۸ درصد در رتبه های بعدی بودند.

دانش حوزه علم و فناوری نانو دائماً در حال تکامل است. لذا آموزش باید به عنوان یک فرآیند دائمی با تمرکز بر آموختن و بازآموزی علمی مد نظر قرار گیرد. در جهان منسجم و دائماً در حال تغییر، مهارت ها، دائماً در حال تغییرند. آموزش در سازمان ها برای فناوری های نوظهور باید بر این مهارت های متغیر تمرکز داشته باشد. در یک جامعه دانایی محور، کسب و کاربرد دانش به روش های مختلف باعث رشد اقتصادی و توسعه فناوری خواهد شد.

آموزش ضمن خدمت را ترجیح می دادند، اما مدیران خاطر نشان می کردند که چنین آموزش هایی نمی توانند جایگزین دانش بنیادین مورد نیاز در سطح یک دانشجوی شوند. این تحقیق نشان داد که دانش علوم نانو برای مهندسان اهمیت بیشتری نسبت به دانش مفاهیم مهندسی برای فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی علوم نانو دارد. این تحقیق نشان داد که سه مهارت علمی طبیعی در حوزه علوم نانو اهمیت بسیار زیادی دارند. دانش علوم مواد با ۱۸ درصد، تعامل نانو و زیست شناسی با ۱۴ درصد و اثرات نانومقیاس با ۱۲ درصد، سه مهارت علمی اساسی در این حوزه بودند. در بین روش های تولید و سنتز؛ لیتوگرافی با ۸/۸ درصد، سل - ژل با ۹/۴ درصد و مونتاژ پایین به بالا با ۸/۶ درصد اهمیت بسیار زیادی داشتند.

این تحقیق تفاوت معناداری بین روش های مختلف تولید و سنتز نشان نداد. بین ادوات تعیین مشخصات؛ میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) با ۱۵ درصد، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) با ۱۴/۲ درصد، میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) با ۱۰/۶ درصد و میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) با ۱۰/۸ درصد از جمله ابزار پر کاربرد در این زمینه بودند. سایر مهارت های فنی مانند دانش مواد جدید، ویژگی ها و انتخاب آنها با ۲۱/۵ درصد پاسخ ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار بودند. دانش روش طراحی برای توسعه محصولات با ۱۵ درصد و ارتباطات فنی با ۱۴/۷ درصد نیز توسط پاسخ گویان رتبه نسبتاً بالایی کسب کرده بودند.

مهارت های دانش اجتماعی، مدیریتی و تجاری نقش مهمی در حوزه نوظهور فناوری نانو ایفا خواهند کرد. دانش مدیریت تحقیق و توسعه با ۱۰ درصد، و مدیریت پروژه ها با ۹/۳ درصد، از جمله مهارت هایی بودند که اهمیت بسیار زیادی از دیدگاه پاسخ گویان داشتند. نوآوری محصول جدید با ۸/۶ درصد پاسخ ها و راهبرد فناوری نیز با ۸/۶ درصد، اهمیت زیادی در این بخش

با اتکای بر تجزیه و تحلیل های کمی و کیفی این تحقیق، پیشنهادهای زیر ارائه شده اند:

- مدیریت تحقیق و توسعه از مهم ترین مهارت های غیر فنی شناخته شد. بر مبنای این نتیجه، آموزش فارغ التحصیلان علم و فناوری نانو در مدیریت کیفیت تحقیقات هم در صنعت و هم در دانشگاه، با استفاده از استانداردهای ایزو ۹۰۰۱ تا ۲۰۰۰ پیشنهاد می شود.
- آموزش بخشی از طریق دوره های کوتاه مدت برای صنعت، به ویژه برای نقش های تعامل با مشتریان مانند پشتیبانی فنی، پیشنهاد می شود.
- برای ارائه دانش بنیادی در زمینه سم شناسی، سلامت و ایمنی نانو ذرات و کاربرد راهبردی حقوق مالکیت معنوی، دوره های آموزش کوتاه مدت پیشنهاد می شود.
- تصمیم های سیاستی که توسط دولت ها و سازمان ها اتخاذ می شوند، روند توسعه را تحت تأثیر قرار می دهند. پیشنهاد می شود که برنامه های آموزشی خاص در زمینه مدیریت و مسائل سیاست گذاری برای محققان ارائه شوند، بطوری که آنها بتوانند به طور اثر بخش در مسائل سیاست گذاری مشارکت کنند.
- اطلاعات فنی خوب، اساس مدیریت در حوزه نوظهور فناوری نانو است. باید به آموزش و توسعه کادر مدیریتی که دارای دانش کافی از علم و فناوری نانو است، مبادرت کرد.
- برنامه های سطوح تحصیلات تکمیلی بین رشته ای، در حوزه علوم نانو باید علوم مواد، تعامل نانو و زیست شناسی، اثرات نانومقیاس و بخش های منتخب شیمی را در بر گیرد.
- پاسخ های صنعت نشان دهنده تمایل شدید آنها به تجربیات آموزش ضمن خدمت است. پیشنهاد می شود که برنامه های تحصیلات تکمیلی باید تلاش کنند تا تجارب حین کار را در تکنیک های تولید و سنتز، و تجهیزات تعیین مشخصات، افزایش دهند. این تکنیک ها باید شامل
- لیتوگرافی، سُل ژل، خود آرایی، و تجارب حکاکی (اچ کردن) باشند. همچنین پیشنهاد می شود که آموزش ضمن خدمت در زمینه تعیین مشخصات باید در برگزیده TEM, STM, AFM, SEM باشد. سایر تکنیک ها با توجه به اهداف برنامه، حوزه تحقیقاتی و وجود تجهیزات، متفاوت است.
- توسعه محصولات جدید، مبنای انجام تحقیقات بنیادی و توسعه کاربردهای جدید آنرا تشکیل خواهند داد. برنامه های دوره های تحصیلات تکمیلی که بر توسعه تأکید دارند، باید در برگزیده حداقل سطح دانش در زمینه مواد جدید، ویژگی ها و انتخاب آنها، و روش های طراحی برای توسعه محصولات باشد. یک مهارت مهم دیگری که باید آموزش داده شود، ارتباطات فنی است.
- مهارت های دانش اجتماعی، مدیریتی و تجاری نقش مهمی در توسعه فناوری نانو ایفا خواهند کرد. پیشنهاد می شود که دانش مدیریت پروژه، مدیریت تحقیق و توسعه، راهبرد فناوری، بازاریابی فناوری، نوآوری محصولات جدید، روش های ارزیابی ریسک، مسائل زیست محیطی، توسعه پایدار و اصول اخلاقی، به عنوان دروس اختیاری، به دانشجویان علاقمند به توسعه مهارت های خود برای یک نقش خاص، ارائه شود.
- پیشنهاد می شود که تمام برنامه های آموزشی مهارت های کار گروهی و ارتباطات کلامی را از طریق پروژه های کوتاه مدت اجباری، توسعه دهند.
- پیشنهاد می شود که نیازهای آموزشی خاص بخش هایی مانند اطلاعات و ارتباطات، تجهیزات پزشکی و مراقبت های بهداشتی، الکترونیک، هوا - فضا، اتومبیل، انرژی و نیرو که در رابطه با فناوری نانو هستند، مد نظر قرار گیرند.
- پیشنهاد می شود که سازمان های دولتی، منابع مالی خود را برای تشویق همکاری ها با صنعت افزایش دهند.