

# بررسی نفوذ فناوری نانو در زمینه های مختلف با استفاده از اختراعات ثبت شده در

## پایگاه ISI

داود قرابیلو، سعید امیری، مرتضی مغربی

کار گروه تحلیل و پیمایش دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

### ۱- مقدمه

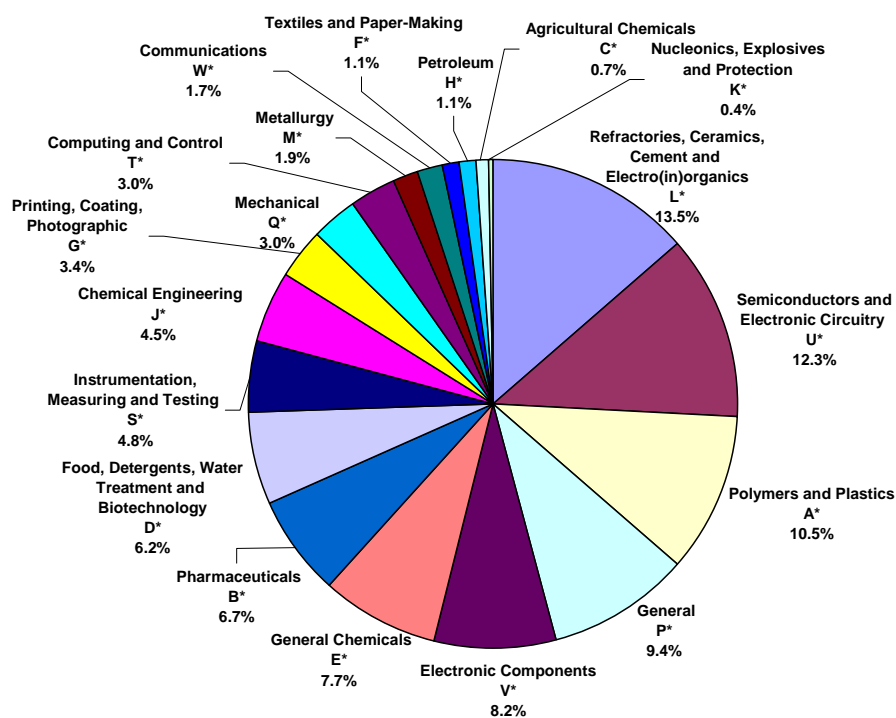
برای تعیین نقش فناوری نانو در صنایع مختلف نیاز آن دیده شد که بررسی کاملی درباره نفوذ فناوری نانو در بخش های مختلف صنعت صورت بگیرد تا پتانسیل های موجود برای ورود فناوری نانو به آنها مشخص گردد. از این طریق راه برای سیاست گذاران و دانش پژوهان هموارتر شده و آنها قادر خواهند بود تا با رصد زمینه های با توانایی بالقوه بیشتر، گزینش جهت های مناسب برای سرمایه گذاری، تحقیق و پژوهش را انجام دهند. با توجه به ارتباط تنگاتنگ اختراعات ثبت شده فناوری نانو در یک رشته و رشد و نفوذ فناوری نانو در آن رشته، اختراعات فناوری نانو به عنوان معیاری برای مقایسه بخش های مختلف صنعت مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۲- روش کار

در این پژوهش اختراعات ثبت شده فناوری نانو بین سالهای ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۴ از بخش Derwent Innovation Index بانک اطلاعات اختراعات پایگاه ISI برای جستجوی اختراعات بخش های مختلف استفاده شد و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این پایگاه برای تقسیم بندی کاربردهای مختلف، از Class code هایی استفاده کرده است که در این پروژه از آنها استفاده شده است. Class code ها از حرف A شروع می شود که به هر گروه اصلی یک حرف اختصاص داده شده و زیر گروه های آن با شماره درست راست حرف نشان داده می شوند برای مثال پلیمر و پلاستیک با کد A مشخص شده است و زیر گروه های آن پلیمرهای طبیعی و افزایشی با کد A1 و کاربردهای پلیمر و پلاستیک با کد A8 و A9 مشخص می شوند، در بخش پلیمرهای طبیعی و افزایشی (A1) زیر گروه پلی ساکاریدها با کد A11 و دی الفین ها با کد A12 و... مشخص می شوند.

### ۳- نتایج و بحث

شکل ۱ سهم کاربردهای مختلف در اختراعات ثبت شده فناوری نانو را نشان می دهد. سرامیک، سیمان، مواد نسوز، دیرگدازها و الکتروارگانیک ها (L\*) بیشترین سهم را از اختراعات فناوری نانو داشته اند پس از آن نیمه هادی ها و مدارات الکترونیکی (U\*) در رده دوم قرار دارند. توزیع نسبتاً یکنواخت سهم بخش ها را می توان به تأثیر فناوری نانو در اکثر صنایع نسبت داد و تأخرها نیز متأثر از محرک های



شکل ۱: سهم بخش های مختلف از اختراعات فناوری نانو مطابق Class cod های ISI

اقتصادی آن صنایع می باشد. در ذیل به توصیف هر یک از کاربردها پرداخته شده است.

### ۳-۱- مواد دیرگداز، سرامیک ها، سیمان و الکتروارگانیک ها (L\*)

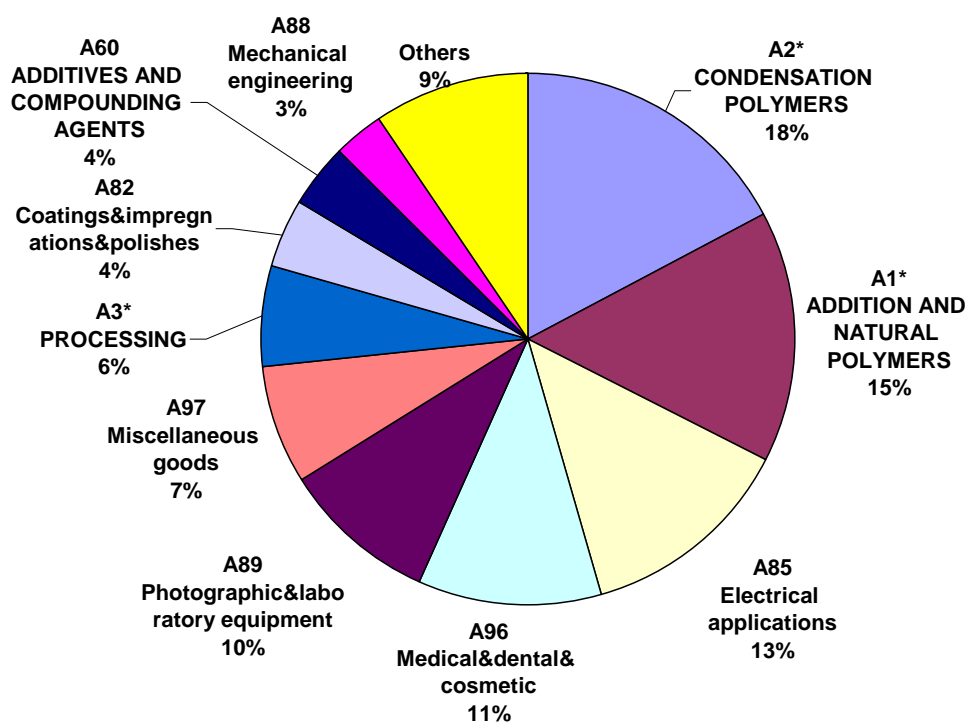
سرامیک، سیمان و الکتروارگانیک ها بالاترین بخش کاربردی نانوفناوری را تشکیل می دهند که در این میان الکتروارگانیک ها سهم بیشتری را دارا هستند. با توجه به رشد روزافزون صنایع الکترونیک و ارتباط نزدیک الکتروارگانیک ها با این صنعت، الکتروارگانیک ها (L\*۲) بیش از ۷۵ درصد از

اختراعات ثبت شده در این بخش و ۹/۷۵ درصد از کل ثبت اختراعات فناوری نانو را به خود اختصاص داده است. از جمله موارد این زیرگروه میتوان به طرحهای شیمیایی مواد رسانا، خازنها و سویچها، باتریها، مگنتها و .. اشاره کرد که هر کدام از آنها نه تنها در صنایع پیشرفته و تخصصی بلکه در مصارف عمومی و زندگی روزمره از کاربرد فراوانی برخوردار بوده و همین امر سبب توجه ویژه نانو فناوری به این بخش شده است. پس از آن سرامیک، سیمان، مواد نسوز (L۰۲) و شیشه (L۰۱) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به یاری فناوری نانو، امکان تأثیرگذاری بر ساختار اتمی مواد وجود دارد. در آن صورت، مواد را می‌توان کاملاً بر اساس خواص مورد انتظار به گونه‌ای کاملاً آزادانه طراحی نمود و به خواص و کیفیت‌های کاملاً نوینی دست یافت. در این راستا مواد سرامیکی نیز تأثیر پذیری بسیاری خواهند داشت. اولین بهبود در وضعیت سرامیک بوسیله تقویت آنها با نانولوله‌ها [۲،۳،۴] و نانو ذرات [۱] صورت گرفت. این سرامیک‌های پیشرفته به دلیل برخورداری از ویژگیهایی چون پایداری در دماهای بالا، استحکام زیاد و مقاومت بالا در برابر خوردگی، خواص مغناطیسی و الکتریکی خاص و منحصر به فرد (چون پیزوالکتریسیته، ابررسانایی، عایق یا نیمه‌هادی بودن و ...) در بسیاری از صنایع در لیست اجزای بسیار مهم و استراتژیک قرار گرفته‌اند. در سرامیک‌ها، نانوبلوری شدن علاوه بر افزایش انعطاف پذیری، با ارتقای سختی (توانایی استقامت در برابر ضربه یا کرنش) یا کاهش شکنندگی و بهبود قابلیت اتصال آن با یک جزء فلزی همراه است [۵]. سفتی باعث افزایش مقاومت سایشی (۲ تا ۴ برابر روکش‌های سرامیکی مرسوم) می‌شود ولی در عین حال به نحو متضادی آسیاب کردن و صیقل دادن آنها- که اغلب پس از ایجاد یک روکش سرامیکی انجام می‌گردد- نیز آسان‌تر می‌شود. افزایش انعطاف پذیری در سرامیک‌ها- که شکنندگی از مشکلات عمده آنها محسوب می‌شود- از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ابر پلاستیسیته (عامل شکل‌دهی آسان‌تر مواد) در هر دو مورد فلزات و سرامیک‌های نانوبلوری در حدود ۲۰۰<sup>o</sup>C مشاهده شده است. مهم‌ترین اثر افزایش انعطاف پذیری در سرامیک‌ها در مورد روکش‌های سرامیکی ماشین‌آلات در معرض فرسایش و خوردگی است. این مواد عمدتاً نه به خاطر فرسایش که به علت ناکافی بودن سفتی عیب پیدا می‌کنند [۶]. این عوامل باعث افزایش پتانسیل‌های این بخش در نفوذ فناوری نانو گردیده است.

### ۳-۲- نیمه‌رساناها و مدارهای الکترونیکی (U\*)

نیمه‌هادی‌ها و مدارات الکترونیکی با ۱۲/۳ درصد نیز جزء بالاترین کاربردها در این فناوری محسوب می‌گردند. گسترش صنعت الکترونیک و کامپیوتر و نیاز روزافزون به توسعه این صنعت و در نهایت تولید قطعات پیشرفته و ارزان در مقیاس‌های زیر میکرون اهمیت رویکرد به فناوری‌های جدید

از جمله نانوفناوری را در این صنعت به شدت بالا برده است. یکی از مهمترین موارد استفاده نیمه هادیها در ساخت ترانزیستورها می باشد. کاربرد فراوان این قطعه الکترونیکی در ابزار ارتباطی نظیر بی سیمها، رادیوهای سبک، تلفنهای همراه و رایانه های قابل حمل همچنین انجام عملیات محاسباتی پیچیده نیاز به حداقل اندازه و حداکثر سرعت و کارایی را ایجاب میکند لذا توجه ویژه ای در اختراعات به این موضوع شده است [۷]. وسایل الکترونیکی جدیدی که با استفاده از فناوری نانو ساخته می شوند به دلیل درک جدیدی که از دوپ کردن ناخالصی ها و یا مواد اضافه شونده در نانوبلورهای نیمه هادی به وجود آمده است، پیشرفت زیادی خواهند کرد. این کشف به ساخت پیل های خورشیدی با راندمان بالا و لیزرهای



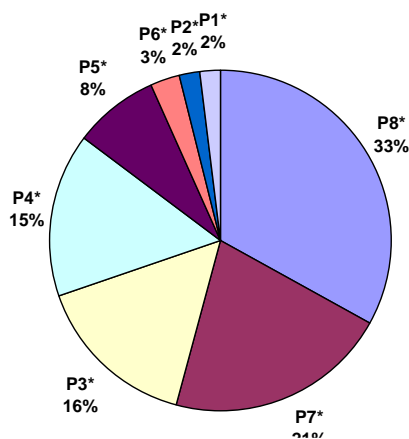
شکل ۲: سهم هر از کاربردهای جزئی در اختراعات ثبت شده بخش A

پیشرفته و وسایل بسیار حساس زیستی، کمک می کند [۴].

### پلیمرها و پلاستیکها (A\*)

پلیمر و پلاستیکها کاربرد وسیع و گسترده ای در زندگی روزانه و صنعت دارند. ساختار، انعطاف پذیری و قابل تغییر بودن، جزء بزرگترین ویژگی های این مواد است و آنها را به عنوان جایگزین مناسبی برای فلزات و سرامیکها در برخی کاربردها معرفی کرده است. [۸] به واسطه همین خصوصیات

شرایطی فراهم شده است که می‌توان با ادغام این صنعت با فناوری‌های دیگر به محصولاتی جدید با ویژگی‌های منحصر به فرد رسید. اختراعات بخش پلیمرها و پلاستیک‌ها را به سه دسته عمده می‌توان تقسیم کرد، سری اول شامل  $A1^*$  و  $A2^*$  که تنها به تهیه و تولید انواع پلیمرهای طبیعی نظیر نشاسته، پلی‌ساکاریدها و لاستیکهای طبیعی و روشهای مختلف پلیمریزاسیون و کاربرد آنها در فناوری نانو می‌پردازد. قسمت دوم فرآوری و فرآیندهای انجام شده روی پلیمرها یا تولید کامپوزیت‌های جدید پلیمری با استفاده از نانو مواد افزودنی جهت اصلاح خواص و قابلیت‌های کاربردی آنها را شامل می‌شود. از این قسمت می‌توان به نمونه‌هایی مانند سنتز رزینهای ضد باکتری حاوی نانوذرات نقره-سیلیکا، ساخت فیلمهای متخلخل برای باتریها و مواد الکترونیکی از ترکیب رزینهای ترموپلاستیک با فولرنها، تهیه کامپوزیت‌های سخت و محکم با استفاده از رزین اپوکسی و نانوذرات کربنات کلسیم و... اشاره کرد. اصلاح خواصی نظیر انتقال حرارت، رسانایی الکتریکی، پایداری در برابر نور، استحکام و مقاومت سایشی عامل اصلی در تمرکز بخش قابل توجهی از اختراعات بر این قسمت می‌باشد. آخرین قسمت نیز شامل کاربردهای مواد پلیمری و پلاستیکی است که بیشترین حجم را دربر گرفته است. در این قسمت کاربردهای الکتریکی پلیمرها و کاربرد آنها در مواد تزئینی، تجملاتی و تفریحی و همچنین در پزشکی، دندان پزشکی و مواد آرایشی بیشترین حجم را به خود اختصاص داده‌اند که حدود یک‌سوم کل اختراعات این زمینه را شامل می‌شود.

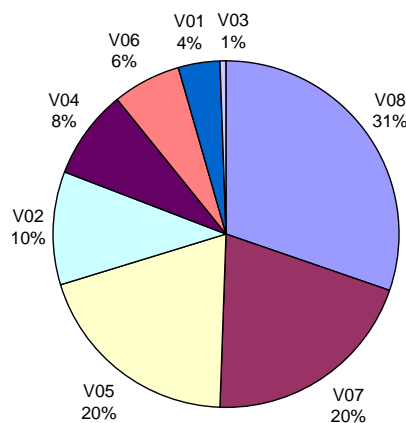


شکل ۳: سهم هر یک از زیرگروه‌های کاربردی اختراعات فناوری نانو در بخش P

### ۳-۴-موارد عمومی ( $P^*$ )

به دلیل بنیادی بودن فناوری نانو و وابستگی کمتر آن به بخشهای دیگر، ملاحظه می‌گردد که "موارد عمومی" جایگاه ویژه‌ای را در شکل ۱ دارا می‌باشد. این گروه مطابق شکل ۳ شامل ۸ زیر گروه

است P1 (کشاورزی، غذا، تنباکو)، P2 (شخصی - خانگی)، P3 (سلامتی، سرگرمی)، P4 (جداسازی، اختلاط)، P5 (شکل دادن فلزات)، P6 (شکل دادن غیر فلزات)، P7 (پرس و چاپ کردن)، P8 (نور، فتوگرافی، عمومی)، که به ترتیب در زمینه‌های نور و فتوگرافی، صنعت چاپ، سلامت و سرگرمی و جداسازی و اختلاط بیشترین مقدار اختراعات ثبت شده است. با توجه به پتانسیل‌های نانو مواد در بخش نور و ساخت کوچکترین منبع نور الکترو لومینسنت جهان از مولکولهای منفرد [9] بالابودن آمار اختراعات این بخش (P8) قابل انتظار است چرا که کار در این زمینه می‌تواند منجر به تولید انواع جدیدی از اتصالات نوری نانومتری، میکروسکوپیهای نوری بسیار دقیق، لیتوگرافی در مقیاس نانومتری و دیگر کاربردهای نیازمند به منابع نوری بسیار کوچک گردد و از آنجا که مولکولهای منفرد، فوتونها را بصورت تک تک منتشر می‌کنند، این روش در نهایت می‌تواند پایه‌ای برای پردازش اطلاعات کوانتومی بسیار کارآمد و

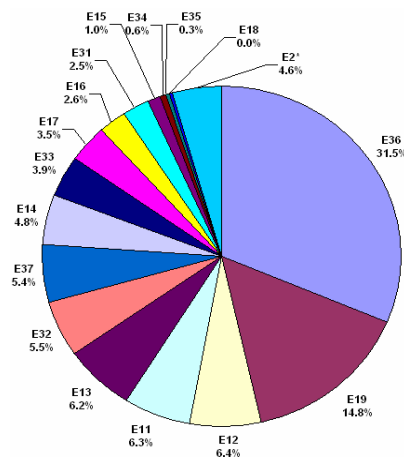


شکل ۴: سهم هر یک از زیر گروه‌های کاربردی فناوری نانو در بخش V

رمزنگاری شود.

**۳-۵-۱-۳- زای الکترونیک** **(V\*):** صنعت الکترونیک با روند کوچک سازی اجزاء می‌گردد و کار در ابعاد کوچکتر منجر به ساخت ابزاری می‌شود که قادر به دستکاری اتمهای منفرد خواهند بود. در این راستا، مطابق شکل ۴ ملاحظه می‌گردد که بیشترین حجم از اختراعات این بخش مربوط به طرحهای لیزر و میزر<sup>۱</sup> (V8) است امروزه استفاده از لیزر و میزر در صنعت الکترونیک گسترش یافته است. بنیان انتقال نور لیزر است و فناوری نانو با ساخت لیزرهای کوچک و ارزاتر سهم مهمی در توسعه آن خواهد داشت. همچنین امکان دستکاری ماده در سطح اتمی

<sup>1</sup> Laser and maser devices



شکل ۵: سهم هر یک از زیر گروه‌های کاربردی اختراعات فناوری نانو در بخش E

برای تثبیت ذرات ریز روی سطح که مصارفی در تولید مدارات نوری دارند، درگیری فعالیتهای فناوری نانو در مخابرات نوری، تولید توری‌های تمام نوری برای شبکه‌های فیبر نوری و تولید ابزارهای دقیق اندازه گیری و اتوماسیون بازار فتونیک همه از جمله محرکهای مهم افزایش تمرکز صنایع و مراکز تحقیقاتی بر روی این بخش می باشد. فیبرهای نوری و کنترل نور و نوربرها (V۷) و لوازم و تجهیزات سیستمهای خلا و تخلیه الکتریکی و فتوالکتریکی (V۵) و ترانسفورماتورها و واسطه‌های القا نیز حجم قابل توجهی از اختراعات را به خود اختصاص داده اند.

سهم هر یک از زیر گروه‌های کاربردی فناوری نانو در بخش اجزای الکترونیکی در سالهای ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. لوازم و تجهیزات سیستمهای خلا و تخلیه الکتریکی و فتوالکتریکی (V۵) تنها زیر گروهی است که روند تغییرات منظمی را در پی داشته بطوری که با مشخص شدن پتانسیل‌های موجود در این بخش درصد رشد آن بسیار بیشتر از بقیه زیر گروهها شده است و در نهایت در سال ۲۰۰۴ از نظر تعداد اختراعات این زیر گروه دو برابر زیر گروه "فیبرهای نوری و کنترل نور و نوربرها (V۷)" شده است.

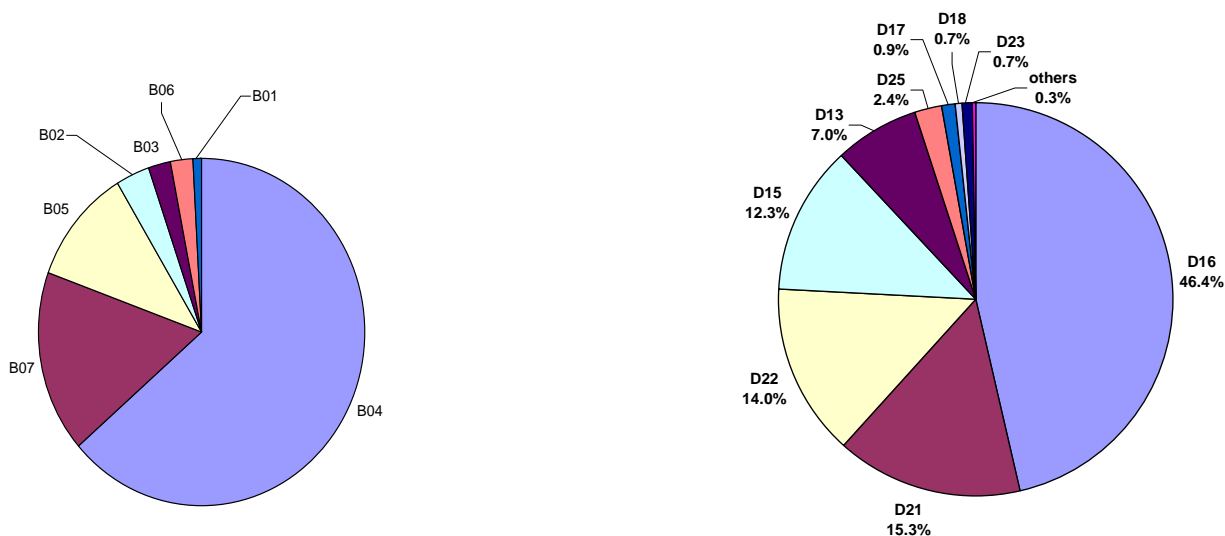
### ۳-۶- مواد شیمیایی (E\*)

با توجه به اهمیت مواد شیمیایی و ضرورت استفاده از آنها به عنوان پیش ماده در تولید مواد دیگر، این زمینه مورد توجه محققین نانو فناوری قرار گرفته است. هدف از بررسی مواد شیمیایی پایه در مقیاس نانو، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا و چند منظوره می باشد، از این رو برای بررسی دقیق تر اختراعات این بخش، مواد شیمیایی پایه به سه زیر گروه تقسیم (مواد آلی، مواد معدنی، مواد رنگی و رنگریزی) و هر یک به تفصیل بررسی شده است (شکل ۵). سهم اختراعات ثبت شده نانوفناوری در سالهای ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۴ برای مواد آلی ۴۴ درصد، مواد معدنی ۵۱ درصد و مواد رنگی و رنگریزی ۵ درصد می باشد.

حجم عمده اختراعات این بخش شامل "مواد آلی و معدنی" می‌شود و مواد رنگی و رنگرزی سهم اندکی را از آن خود کرده است. در بخش آلی اختراعات مربوط به ترکیبات آلی عمومی با ساختمان نامعلوم (E۱۹) و در بخش معدنی اختراعات مربوط به عناصر غیرفلزی و شبه فلزات و ترکیبات آنها (E۳۶) بیشترین درصد را تشکیل می‌دهند. نانولوله‌های معدنی مواد ایده‌آلی برای نانوآبزارهای الکترونیکی هستند. در برخی موارد، میتوان آنها را به جای سیلیکون به کار برد، بنابراین کاربردهای زیادی در ادوات نیمه‌هادی، حسگرها، حسگرهای زیستی و نانوموتورها خواهند داشت، خواص منحصر به فرد نانولوله‌های معدنی، افق جدیدی را برای کاربرد آنها در عرصه‌های مختلف باز می‌کند در حالیکه نانولوله‌های کربنی معمولی، فاقد این توانایی هستند [۱۰]. همچنین عناصر غیرفلزی و شبه فلزی با داشتن کاربردهای بسیار از قبیل پرکننده‌ها و مواد افزودنی رزینها و پلیمرها، تولید نانو ذرات مورد استفاده در روکشهای مقاوم و ضدسایش، به عنوان کاتالیستها، ساخت نانو سرامیکها و نقش مهم آنها در صنعت نیمه‌هادیها توجه بسیاری را بخود جلب کرده‌اند. از این رو ملاحظه می‌گردد که حجم عمده‌ای از اختراعات نانو فناوری این بخش را بخود اختصاص داده‌اند. تغییرات سهم هر یک از زیرگروه‌های کاربردی فناوری نانو در بخش مواد شیمیایی (E) نیز مورد بررسی قرار گرفت. بعد از سال ۱۹۹۲ تعداد اختراعات بخش ترکیبات آلی عمومی با ساختمان نامعلوم (E۱۹) و در بخش معدنی اختراعات مربوط به عناصر غیرفلزی و شبه فلزات و ترکیبات آنها (E۳۶) رو به افزایش بوده و از سال ۲۰۰۲ میزان رشد آن چند برابر گردیده است.

### ۳-۷- داروسازی (B\*)

فناوری نانو می‌تواند در شاخه‌های مختلف رشته داروسازی اثر کند که از آن جمله می‌توان به تشخیص و آنالیز تک مولکولی و مقادیر بسیار اندک مواد، داروسازی که با توجه به راهکارهای



شکل ۶: سهم هر یک از زیرگروه‌های کاربردی اختراعات فناوری نانو در بخش B

شکل ۷: سهم هر یک از زیرگروه‌های کاربردی اختراعات فناوری نانو در

بخش D.

دارورسانی نانوذرات و نانوکپسول‌ها، نانوفناوری کاربردهای وسیعی در این زمینه بدست آورده است و سنتز و فرمولاسیون ترکیبات و حاملهای دارویی اشاره کرد. بررسی آماری اختراعات ثبت شده در این زمینه نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد اختراعات این بخش به ترتیب مربوط به زیرگروه‌های B۰۴، B۰۷ و B۰۵ شامل پلیمرها و محصولات طبیعی تست کننده سیالات بدن و تستهای میکروارگانیسمی و مواد شیمیایی جهش‌زا، پخش کننده‌ها، میل‌های جراحی، کپسول‌سازی و محصولات تخمیر کننده DNA و RNA می‌باشند (شکل ۶). ساخت حاملهای بسیار کوچک و مناسب جهت انتقال آنتی‌بیوتیک به محل عفونت جهت کارایی بیشتر یکی از این دستاوردها است. با استفاده از فناوری موسوم به پلیمریزاسیون میکروامولسیون، کره‌های پلاستیکی با ابعاد نانومتری ساخته شده که دارو بصورت شیمیایی به سطح آنها متصل می‌شوند. این نانوتیوپها با افزایش حلالیت دارو در آب باعث بهبود عملکرد دارو می‌گردد. از منظر تجاری سازی کاربردها، مکانیسمهای دارورسانی معولا به اندازه فرمولاسیون جدید دارو سود ندارند. ولی چون آنقدر به آزمایشات بالینی نیاز ندارند سود زود هنگامی را به همراه دارند. لذا طبیعت مکانیسمهای دارورسانی مبتنی بر فناوری نانو چنان است که هیچ فناوری‌ای توان رقابت با آنرا ندارد. مطابق بررسی آماری انجام شده در این پروژه، پلیمرها و محصولات طبیعی شامل تست کننده‌های سیالات بدن (B۰۴) به دلیل مشخص شدن نقش حیاتی آن در تولید دارو و دارورسانی بسیار مورد توجه بوده و تعداد اختراعات بعد از سال ۱۹۹۸ رشد جهشی داشته و مقدار آن بیش از سایر زیر گروه‌های این بخش بوده است.

### ۳-۸- غذا، مواد پاک کننده، تصفیه آب و بیوتکنولوژی (D\*)

غذا، تخمیر، مواد آرایشی و شوینده‌ها ۶/۲ درصد از کل اختراعات فناوری نانو را در سالیان اخیر به خود اختصاص داده است. این بخش به دو زیر گروه D۱ (غذا و تخمیر) و D۲ (مواد آرایشی و شوینده‌ها) تقسیم شده است. با توجه به نقش صنعت تخمیر در صنایع پخت نان، واکسن‌سازی، داروسازی همچنین رشد روز افزون مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی نزدیک به نیمی از اختراعات این بخش را صنعت تخمیر و بیوتکنولوژی (D۱۶) به خود اختصاص داده است که سهم مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی پررنگ‌تر است و برخی از کاربردهای مهم و حیاتی فناوری نانو نظیر انتقال ژن و ژن‌درمانی، افزودن طعم و رنگ دلخواه به غذا، آشکارسازی تهدیدهای بیولوژیکی بیماریهای ژنتیکی و تولید واکسن در این زیر گروه قرار می‌گیرند. همچنین از جمله زمینه‌های مساعد جهت ورود فناوری نانو، عرصه صنایع آرایشی و بهداشتی و ضد عفونی کننده‌ها می‌باشد. امروزه با گسترش این فناوری و آشکار شدن مزایای آن فعالیت در این عرصه رو به فزونی گزاینده است برای مثال استفاده از نانوپودرها در لوازم آرایشی و بهداشتی توانسته با کوچکتر کردن

ابعاد کرمهای مبتنی بر اکسید روی که تاکنون به عنوان ضد آفتاب و مصارف دیگر برای پوست مورد استفاده قرار می‌گرفت کیفیت این کرم‌ها را بهبود بخشیده است [۱۱]. در این قسمت مطابق نمودار شکل ۷ بیشترین اختراعات در وحله اول به مقاصد دندان پزشکی، و مواد آرایشی و محافظ پوست (D۲۱) و سپس به عوامل استریلیزه کرن و بانداژ کردن (D۲۲) مربوط می‌شود.

جدول ۱: میزان تغییرات سهم کاربردها

تعداد در اختراعات ثبت شده		زیاد	متوسط	کم
صنعتی	نوسانی			
		نیمه هادی‌ها، مدارات الکترونیکی (U)موارد عمومی (P)	مکانیک (Q)رایانه و کنترل (T)	
		سرامیک،سیمان،مواد رسانای معدنی و آلی، مواد دیرگداز (L)داروسازی (B)مواد شیمیایی عمومی (E)	ابزار دقیق، سنجش و تست (S)	
			مواد شیمیایی کشاورزی (S) مواد منفجره، پرتوزا، محافظت (K)	
		پلیمر و پلاستیک (A) قطعات الکترونیکی (V)	چاپ، روکش، عکاسی (G) غذا، تصفیه آب، شوینده‌ها، زیست فناوری (D)مهندسی شیمی (J)	متالورژی (M)مخابرات (W)نساجی و کاغذسازی (F)نفت (H)

کاربردهای مختلف نانوفناوری را می‌توان بر اساس تعداد اختراعات ثبت شده و رشد سهم اختراعات هر بخش به تصویر کشید و با ادغام اطلاعات آن با مطالب ذکر شده در قسمت اول این گزارش نتیجه‌گیری قابل قبولی را ارائه داد. جدول ۱ رابطه تعداد کاربردهای مختلف در اختراعات ثبت شده نانوفناوری با رشد سهم آنها بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۴ را نشان می‌دهد.

نیمه‌هادی‌ها و مدارات الکترونیکی که دارای پتانسیل بالایی در صنایع بوده به همراه "موارد عمومی" که گستردگی زیادی دارند دارای سقف نمو و روند رو به رشد تعداد ثبت اختراعات هستند. در میان گرایش‌های مختلف نیمه هادی‌ها، روشهای ساخت و بهینه سازی نانو ساختارهای مورد استفاده در

نیمه هادی‌ها و روش‌های فرآوری و استفاده از این نانو ساختارها جهت تولیدات صنعتی و کاربردی (U۱۲) بیشترین حجم اختراعات را به خود اختصاص داده‌است.

در صنایع مکانیک، رایانه و کنترل که مدت زیادی است که از ورود فناوری نانو به آنها می‌گذرد، نتایج بسیار رضایت بخش بوده، به طوری که چشم‌انداز فناوری نانو در این زمینه‌ها بسیار روشن بوده و حجم اختراعات این بخش در آینده نه چندان دور فزونی خواهد یافت. عناصر مهندسی خودرو (Q۶) به دلیل نقش پایه‌ای خود بیشترین تعداد اختراعات ثبت شده را در بخش مکانیک داراست و روش‌های ذخیره‌ای نوری، مغناطیسی (T۰۳) به سبب اهمیت آن در جابجایی و نگهداری اطلاعات به عنوان بیشترین تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه رایانه و کنترل شناخته شده است.

کار در زمینه‌های "سرامیک، سیمان، الکتروارگانیک‌ها" و "مواد شیمیایی عمومی" به بلوغ خود رسیده و در نتیجه تعداد اختراعات به شکل نوسانی در حال تغییر است. در بخش سرامیک، سیمان و الکتروارگانیک‌ها، الکتروارگانیک‌ها (L۰۳) به دلیل ارتباط تنگاتنگ خود با صنعت الکترونیک و نیاز روزافزون این صنعت به دستاوردهای جدید این بخش بیشترین اختراعات را به خود اختصاص داده‌است. در زمینه مواد شیمیایی عمومی، بیش از نیمی از اختراعات به ترکیبات معدنی (E۳) مربوط می‌شود، باتوجه به این که نانوذرات مهم‌ترین عنصر پایه در نانوفناوری است و ترکیبات معدنی اصلی‌ترین سازنده‌های نانوذرات‌اند، این نتیجه قابل قبول به نظر می‌رسد.

در زمینه داروسازی و دارورسانی با توجه به فعالیت‌های انجام شده و محدودیت ذاتی آن (امکان رسانش چندین نوع دارو با یک راهکار واحد) به نظر می‌رسد فرصت‌های کاری در آن رو به اشباع شدن باشد. بررسی آماری اختراعات ثبت شده در این زمینه نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد اختراعات این بخش به ترتیب مربوط به زیرگروه‌های پلیمرها و محصولات طبیعی تست کننده سیالات بدن و تستهای میکروارگانسمی و مواد شیمیایی جهش‌زا، پخش کننده‌ها، میل‌های جراحی، کپسول‌سازی و محصولات تخمیر کننده DNA و RNA می‌باشند (B۰۴, B۰۷) که نشان از پتانسیل بالای فناوری نانو در این زیرگروه‌ها دارد. استفاده از نانوفناوری در زیرگروه پلیمرها و محصولات طبیعی تست کننده سیالات بدن، به دلیل سهولت کاربرد و دستیابی به نتایج مطلوب رشدی سریع را در چند سال اخیر تجربه کرده است.

سهولت کاربرد، ساختار قابل انعطاف و تغییرپذیر پلیمر و پلاستیک‌ها باعث گردیده تا از ابتدای شکل‌گیری نانوفناوری فعالیت در این زمینه آغاز گردد و همین باعث اشباع شدن عرصه فعالیت پلیمر و

پلاستیک‌ها گردیده و سبب شده است تا این صنعت سیر نزولی را در ثبت اختراعات فناوری نانو تجربه کند. در این عرصه زیر گروه "کاربردهای مواد پلیمری و پلاستیکی" (A۹, A۸) به سبب نیاز مستمر و روزافزون صنعت، بیشترین حجم اختراعات را دربر گرفته است که حدود یک سوم کل اختراعات این زمینه را شامل می‌شود.

استفاده از نانوفناوری در صنایع متالورژی، مخبرات، نفت، نساجی و کاغذسازی بسیار جدید و نوپا بوده ولی به دلیل سختی کار یا عدم جذابیت نتایج آن برای محققین، تعداد اختراعات ثبت شده در این زمینه سیر نزولی را در سالیان اخیر داشته است. در مورد مشارکت فناوری نانو با صنایع مواد شیمیایی کشاورزی، مواد منفجره، پرتوزا و محافظت نتایج کاربردی و درخور توجه کم بوده، بطوری که محققین از استفاده فناوری نانو در این زمینه‌ها مایوس شده‌اند، همچنین این وضعیت برای رشته‌های مهندسی شیمی، چاپ، روکش، عکاسی، غذا، زیست‌فناوری، شوینده‌ها و تصفیه آب که سابقه بیشتری در فناوری نانو دارند نیز صادق است. در مورد ابزار دقیق، سنجش و تست ( $S^*$ ) هنوز نمی‌توان به صراحت اظهار نظر کرد ولی به نظر می‌رسد فناوری نانو در این رشته‌ها به مرز اشباع شدن نزدیک شده است.

در صنعت متالورژی، آبکاری (M۱۳) به همراه ریخته‌گری (M۲۲) بیش از نیمی از اختراعات فناوری نانو را کسب کرده‌اند. آبکاری یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روشهای محافظت از خوردگی بوده که مصارف تزئینی زیادی نیز دارد. ریخته‌گری و قالب‌گیری فلزات نیز به عنوان مرسوم‌ترین روش ساخت ابزارآلات فلزی بوده که اهمیت فوق‌العاده‌ای در صنعت متالورژی دارد. آبکاری و ریخته‌گری بعد از سال ۱۹۹۴ روند روبه‌رشدی را در ثبت اختراعات نانوفناوری در پیش گرفته است.

در صنعت مخبرات و ارتباطات، با توجه به نقش مهم دستگاه‌های گیرنده و فرستنده امواج و همچنین ادوات ضبط و پخش صوت و تصویر (W۰۲, W۰۳) بیش از  $\frac{۲}{۳}$  اختراعات نانوفناوری به این زیر بخش تعلق دارد.

در بخش نساجی و کاغذسازی بیشتر اختراعات مربوط به الیاف و عملیات شیمیایی بر روی منسوجات است. این دو زیر گروه یعنی "الیاف" (F۰۱) و "عملیات شیمیایی روی منسوجات" (F۰۶) دو قسمت اصلی این صنعت را تشکیل می‌دهند به طوری که کیفیت تولیدات این صنعت به افزایش کیفیت و رشد فناوری در این دو زیر گروه بستگی دارد. منسوجات سبک و مقاوم با قدرت رنگ‌پذیری بالا می‌تواند یکی از نتایج رشد کیفی در این دو زیر گروه باشد.

در بخش مواد شیمیایی کشاورزی "فرمولاسیون‌ها" (C۰۷) به عنوان سرمایه‌های شرکت‌های تولید کننده، به همراه ترکیبات آلی و معدنی سازنده این مواد (C۰۳)، بیشترین توجه محققین را به خود جلب کرده و بیشترین اختراعات را در این بخش داراست. فرمولاسیون‌های جدید به همراه مواد اولیه بهتر (نانومواد) کمک شایانی در بهبود کیفیت مواد شیمیایی کشاورزی کرده است.

در صنعت مواد هسته‌ای، منفجره، محافظت ( $K^*$ ) با توجه به نوپا بودن و پتانسیل بالای آن بیشتر مورد توجه بوده و بیشترین اختراعات را داراست. بعد از آن مواد منفجره به دلیل گستردگی کاربرد در این بخش در رده دوم قرار دارد.

#### ۴- نتیجه گیری

تعداد اختراعات فناوری نانو در چند سال گذشته افزایش چشمگیری داشته است که نشان از موفقیت این فناوری در حوزه‌های مختلف می‌باشد. این آمار نشان می‌دهد که حجم قابل ملاحظه‌ای از این اختراعات در خدمت توسعه و پیشرفت صنعت برق و الکترونیک و زیر مجموعه‌های آن بوده است و بخش عمده آن مربوط به سرمایه‌ها، نیمه‌هادی‌ها و مدارات الکترونیکی می‌گردد.

در میان Class code‌های معرفی شده در پایگاه ISI، بخش مربوط به سرمایه‌ها، مواد دیرگداز و الکتروارگانیک بیشترین سهم را کسب کرده که سهم الکتروارگانیک بیش از ۷۵ درصد دیگر زمینه‌های این گروه است. توزیع نسبتاً یکنواخت و تنوع کاربردها این اختراعات حاکی از تاثیر و نفوذ این فناوری در سایر رشته‌ها و صنایع است.

بررسی روند تغییرات بخش‌های مختلف در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که نفوذ فناوری نانو در حوزه نیمه‌هادی‌ها و مدارات الکترونیکی (U)، موارد عمومی (P)، مکانیک (Q)، رایانه و کنترل (T)، سیر سعودی دارد که در این میان سهم رشد حوزه مکانیک، رایانه و کنترل قابل ملاحظه است و نشان می‌دهد چشم‌انداز فناوری نانو در این دو بخش روشن است. در زمینه پلیمر و پلاستیک (A) و قطعات الکترونیکی (V) علی‌رغم نفوذ اولیه زیاد فناوری نانو، رشد آن در سال‌های اخیر منفی شده است و به نظر می‌رسد به انتها منحنی S شکل توسعه خود نزدیک می‌شوند. زمینه‌هایی مانند ابزار دقیق و سنجش (S) و مواد منفجره و پرتوزا (K) کمتر از زمینه‌های دیگر از فناوری نانو بهره‌برده‌اند با این حال نفوذ این فناوری به شکل ثابت و یکنواختی در این دو حوزه ادامه داشته است. سهم حوزه‌های متالورژی (M)، نفت (H)،

مواد شیمیایی و کشاورزی (C) و نساجی و کاغذ سازی (F) از فناوری نانو نه تنها اندک بوده است بلکه روند نزولی را نیز در پی داشته است، به نظر می رسد فناوری نانو انتظارات را در این حوزه ها برآورده نکرده است.

### منابع:

- ۱- Doping nanoparticles into polymers and ceramics using ultrasound radiation • ARTICLE Ultrasonics Sonochemistry, In Press, Corrected Proof, Available online ۸ January ۲۰۰۷, Aharon Gedanken
- ۲- Single-wall carbon nanotubes at ceramic grain boundaries • ARTICLE Scripta Materialia, Volume ۵۶, Issue ۶, March ۲۰۰۷, Pages ۴۶۱-۴۶۳ Alexander L. Vasiliev, Rosali'a Poyato and Nitin P. Padture
- ۳- Influence of ceramic reinforcements on the wettability and mechanical properties of novel lead-free solder composites • ARTICLE Thin Solid Films, Volume ۵۰۴, Issues ۱-۲, ۱۰ May ۲۰۰۶, Pages ۴۰۱-۴۰۴ S.M.L. Nai, J. Wei and M. Gupta
- ۴- Reinforcement of mullite matrix with multi-walled carbon nanotubes • ARTICLE Ceramics International, In Press, Corrected Proof, Available online ۶ March ۲۰۰۶, Jing Wang, Huamin Kou, Xuejian Liu, Yubai Pan and Jingkun Guo
- ۵- <http://www.eurekalert.org>
- ۶- [http://nanotechweb.org/dl/wp/nanocrystalline\\_materials\\_WP.pdf](http://nanotechweb.org/dl/wp/nanocrystalline_materials_WP.pdf)
- ۷- <http://azonano.com/Applications.asp>
- ۸- Structural and mechanical properties of polymer nanocomposites • REVIEW ARTICLE Materials Science and Engineering: R: Reports, Volume ۵۳, Issues ۳-۴, ۳۰ August ۲۰۰۶, Pages ۷۳-۱۹۷ S.C. Tjong
- ۹- [trnmag.com/Stories/۲۰۰۵/۰۲۰۹۰۵/Nanotubes\\_on\\_plastic\\_speed\\_circuits\\_Brief\\_۰۲۰۹۰۵.html](http://trnmag.com/Stories/۲۰۰۵/۰۲۰۹۰۵/Nanotubes_on_plastic_speed_circuits_Brief_۰۲۰۹۰۵.html)
- ۱۰- BeenakkerCWJandVanHouten H ۱۹۹۱ Quantum transport in semiconductor nanostructures Solid State Physics vol ۴۴ (New York: Academic) p ۱
- ۱۱- <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/۳-۱.php>