

استخراج هسته‌های تقاضامحور و عرضه محور از درخت فناوری‌های نانو

مرتضی مغربی

گروه مطالعاتی آینده اندیشی، دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

کلمات کلیدی: فناوری نانو، ایران، هسته‌های توسعه فناوری، تقاضامحور، عرضه‌محور، کاربردی، بنیادی،

موضوعات میان رشته‌ای کلان

چکیده

یکی از مسایل بدیهی در زمینه اولویت بندی منطقی یک عرصه از فناوری، افراز منطقی آن است. با این حال در مورد فناوری نانو ابهاماتی در زمینه مبنای دسته بندی آن وجود دارد و افراز غیرمنطقی می‌تواند به موازی کاری، بخشی‌نگری و کارایی اندک منتهی شود. در این مقاله سعی شده بخشها/مراکز اصلی فناوری نانو به عنوان موضوعات میان رشته‌ای کلان در فناوری نانو از درخت فناوری‌های نانو استخراج شود. این بخشها/مراکز می‌توانند مبنایی برای تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران در عرصه فناوری نانو و مبنایی برای اولویت‌بندی باشند. حاصل کار ۸ مرکز کاربردی (تقاضامحور) و ۳ مرکز بنیادی (عرضه‌محور) می‌باشد.

مقدمه

طی چند سال گذشته اکثر سازمان‌های زیرمجموعه دولت نسبت به لزوم ورود کشور به عرصه فناوری نانو متقاعد شده‌اند. در حال حاضر دولت خواستار اولویت‌یابی و سپس صرف هزینه در بخش‌های کلیدی این فناوری است. با این حال پرواضح است که پیش از اولویت‌یابی در این عرصه، باید بتوان آن را به بخش‌های معقولی افراز کرد. پس از پدید آمدن یک مجموعه منظم و معین از انتخاب‌های اولیه، می‌توان با انجام یک پیمایش ملی - بدون دخالت سلیقه‌های فردی - اولویت‌های کشور را در امر فناوری نانو استخراج کرد.

در صورتی که در جهت افراز منطقی فناوری نانو به هسته‌های مناسب، تصمیمات معقولی گرفته نشود، پس از چند سال از فعالیت این هسته‌ها و صرف هزینه‌های گزاف راه‌اندازی آنها، طبیعی است شاهد موازی کاری، بخشی‌نگری و کارایی

اندک آنها باشیم.

طراحی درخت فناوری‌های نانو [۱] گامی مهم در این جهت بود، تا عرصه فناوری نانو به شکلی منطقی از چهار منظر رویکرد، راهکار، عنصر پایه و مزیت کاربردی تقسیم‌بندی شود. با این حال تازه در اینجاست که ابهامات به ظاهر ساده و در عین حال مهمی پدید می‌آید؛ مثلاً آیا باید عرصه سیاست‌گذاری فناوری نانو را بر مبنای عناصر پایه (همچون نانولوله‌ها و نانوذرات) یا صنایع مرتبط (همچون صنعت خودروسازی و صنایع شیمیایی) یا فرآیندهای ساخت (مثل رسوبدهی فاز گاز و خودارایی در محلول) پایه‌ریزی کرد.

تقسیم‌بندی فناوری نانو از منظر عناصر پایه، صنایع یا فرآیندهای ساخت کاری ساده است، که در سطح دنیا بارها انجام شده است [۲]. با این حال، با توجه به بررسی‌ها و معلومات نویسنده، سابقه‌ای در مورد "افراز چند منظری" این فناوری در سطح دنیا وجود ندارد.

روش کار و بحث

برای نیل به هدف فوق فرض می‌کنیم، هسته‌های کاربردی برحسب یکی از سه مورد راهکار ساخت، عنصر پایه و مزیت کاربردی باشند. از آنجایی که پیشتر این سه مورد به صورت سلسله‌مراتبی به شکل «درخت فناوری‌های نانو» عرضه شده‌اند، ویرایش سوم این درخت را به عنوان تنها منبع موجود سنگ بنای تقسیم‌بندی موضوعات کلان فناوری نانو قرار می‌دهیم و سعی می‌کنیم هسته‌های اصلی مطلوب را استخراج نماییم. در مورد هسته‌های بنیادی نیز سعی می‌کنیم از جنس رویکرد یا حداکثر راهکار باشند. ملاک انتخاب هسته، پوشش‌دهی حجم وسیعی از مزایای کاربردی (در مورد هسته‌های کاربردی) یا عناصر پایه (در مورد هسته‌های بنیادی) است. موارد اندک‌شمار باقیمانده را نیز نه می‌توان پرکاربرد و نه اساس توسعه فناوری دانست، اما برای انتقال مستقیم فناوری ممکن است مناسب باشند.

۱- استخراج هسته‌های کاربردی (تقاضامحور)

الف) هسته‌های مبتنی بر مزیت کاربردی

در میان مزایای کاربردی متعددی که در سطح چهارم درخت فناوری‌های نانو مشاهده می‌شود، سه کاربرد ذیل بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. این هسته‌ها شامل تمام کاربردهای مواد نانو حفره‌ای و نانوامولسیون‌ها و بخشی از کاربردهای نانو سیس‌ها و نانوذرات می‌باشند. ۱۴ عنصر پایه مرتبط با این سه هسته و مزایای کاربردی آنها، حدود یک سوم از حجم درخت فناوری نانو را شامل می‌شوند.

- هسته حسگری (و زیست حسگری): برای جامعیت بخشیدن به بسیاری از پروژه‌های پراکنده موجود در درخت فناوری‌های نانو، شاخه فناوری‌های حسگری را معرفی می‌کنیم، که می‌تواند شامل میکرو و نانوساخت و بسیاری از فناوری‌های پائین به بالا باشد. از منظر کاربردی حسگری یکی از مهم‌ترین بخش‌های کاربردی نانوفناوری است. حسگرهای مختلف عرصه‌ای جدید و نسبتاً نامکشوف‌اند، که بازاری بسیار بزرگ را نوید می‌دهند. در این میان حسگرهای مواد شیمیایی و زیستی مبتنی بر روش پائین به بالا (شیمی) عرصه‌ای است که به علت سهل‌الوصول بودن و گستردگی، باعث امکان رقابت و خلق سریع کسب و کارهای کوچک و فراوان اشتغال‌زا می‌گردد. حسگرها علاوه بر بازار بزرگ خود، اهمیت قابل انکاری در امنیت ملی، کنترل مرزها، مبارزه با مواد مخدر، شناسایی مواد منفجره و تشخیص جنگ‌افزارهای شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای دارد؛ لذا عقب‌نشستن از توسعه آن به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. در زمینه حسگری نانولوله‌ها، نانوسیم‌ها، مواد نانوحفره‌ای، NEMS و نانوسیالات، نانوذرات (و نانوپوسته‌ها و نانوخوشه‌ها)، تک لایه‌های خود آرا و درخت‌سان‌ها با یکدیگر رقابت می‌کنند.

- هسته رسانش هدفمند: فناوری دارورسانی (و کودرسانی) بخش اصلی نانوفناوری‌های دارویی و کشاورزی را تشکیل می‌دهد. کل مصارف نانو کپسول‌ها (نانوامولسیون‌ها) در این بخش می‌گنجد. به طور کلی در دارورسانی و مشتقات آن مثل کود، سموم، واکسن، و ژن‌رسانی رقابت فشرده‌ای ما بین نانو کپسول‌ها، نانوذرات، مواد نانوحفره‌ای، فولرین‌ها و درخت‌سان‌ها وجود دارد.

- هسته غربال‌های مولکولی و نانو کاتالیزورها: عمل غربالگری و کاتالیز رابطه تنگاتنگی با هم دارند و معمولاً بر پایه مواد دارای مساحت سطحی بالا می‌باشند. لذا بهتر است هر دو، ذیل عنوان یک هسته طبقه‌بندی شوند. در این هسته عمده مصارف مواد نانوحفره‌ای و بخشی از کاربردهای نانوسیم‌ها، نانوخوشه‌ها (نقاط کوانتومی)، نانوالیاف و نانولوله‌های کربنی، نانوالیاف معدنی، تک لایه‌های خود آرا، نانوقطعات سیالاتی و درخت‌سان‌ها به صورت موازی به چشم می‌خورند.

ب) هسته‌های مبتنی بر عنصر پایه

علیرغم حذف مرحله قبل، سه عنصر پایه نانوذرات، نانو روکش‌ها و نانولوله‌های کربنی همچنان حجم زیادی از مزایای کاربردی خود را حفظ نموده‌اند. مزایای کاربردی مرتبط با این عناصر پایه را به دلیل پراکندگی موضوع نمی‌توان در دسته‌جات کاربردی خاصی جای داد. لذا بهترین کار استخراج آنها از درخت فناوری‌های نانو، به همان شکل عناصر پایه آنهاست. از این رو سه هسته نانو ذرات، نانو روکش‌ها و نانولوله‌های کربنی را به همراه مزایای کاربردی آنها از درخت خارج می‌نماییم. البته مزایای

کاربردی اختصاص یافته به هسته‌های کاربردی حسگری، دارورسانی و غربال‌های مولکولی و نانوکاتالیزور برای پرهیز از موازی‌کاری از فهرست مزایای کاربردی این سه هسته حذف شده است.

ج) هسته‌های مبتنی بر راهکار

در مرحله آخر از جداسازی هسته‌های کاربردی، به دو رویکرد ساخت می‌پردازیم که همزمان به کاربرد نیز اشاره دارند. یکی از آنها هسته نانوکامپوزیت‌ها (رویکرد کامپوزیت کردن نانوساختارها) است، که حجم قابل ملاحظه‌ای از درخت را از خود دارد. با این حال برای یکدست شدن این هسته، فقط نانوکامپوزیت‌های با ماتریس پلیمری را در آن نگه می‌داریم. تنها نانوکامپوزیت با ماتریس غیرپلیمری به کامپوزیت‌های فلزی مربوط می‌شود. این بخش را از رویکرد نانوکامپوزیت‌ها جدا کرده و به رویکرد فرآوری مکانیکی می‌افزاییم. با اضافه شدن کامپوزیت‌های فلزی به رویکرد فرآوری مکانیکی - که با حذف‌های پیشین تنها عنصر پایه مواد نانو بلوری توده‌ای در آن باقیمانده است - می‌توان کل این رویکرد را به هسته نانوفلزات تغییر نام داد. با توجه به اهمیت صنایع فلزی در تولید ناخالص ملی و مواجهه‌بودن آنها با تهدیدات مواد نانوکامپوزیت پلیمری سبک این هسته نقش ویژه‌ای برای کشور ما دارد.

۲- استخراج هسته‌های بنیادی (عرضه محور)

پس از خارج شدن بخش‌های کاربردی کلان، با بخش‌هایی مواجه می‌شویم که برای توسعه توانمندی در آینده نیازمند سرمایه‌گذاری بنیادین می‌باشند. در اینجا ما سه هسته را مطابق سه رویکرد اصلی درخت پیشنهاد می‌کنیم:

- هسته میکرو و نانوساخت: این هسته وسایل گرانیگتی را می‌طلبد ولی در آینده با تلفیق راهکارهای بالا به پایین و پایین به بالا ورود کشور به آن گریز ناپذیر است. با این حال تصمیم‌گیری در مورد لزوم یا عدم لزوم توسعه آن، نیازمند اجماع سیاست‌گذاران است. البته بخش عمده‌ای از محصولات این رویکرد در هسته حسگری گنجانده شده بود.
- هسته نانومحاسبات: در این عرصه احتمال صرف هزینه‌های زیاد دور از ذهن است، ولی برای ایجاد هماهنگی بین محققین این عرصه و هماهنگی مابین آنها و سایر هسته‌های کاربردی، لازم است چنین هسته‌ای تشکیل شود. نانومحاسبات، یکی از نانوفناوری‌های مهمی است که در ذیل فناوری‌های ساخت نمی‌گنجد، اما کمک فوق‌العاده‌ای به فناوری‌های ساخت دیگر (به خصوص نانوکاتالیزورها) جهت پرهیز از انجام آزمایش‌های گرانیگت می‌نماید. توانمندی داخلی در این زمینه بالاست و در حال حاضر حدود نیمی از مقالات معتبر نانوفناوری ایران به نانومحاسبات اختصاص دارد [۳].

• هسته خودآرایی‌های نوین و نانوزیست‌فناوری: عناصر پایه متنوع جدیدی که در تحقیقات چند سال گذشته کشف شده‌اند، نویدبخش مصارفی در آینده‌اند، اما به دلیل عمر بسیار کم‌شان، فاصله آنها با کاربرد تجاری زیاد است و لازم است عده‌ای از محققین این عرصه را برای تعیین زمان مناسب ورود کشور پایش کنند و به دنبال کاربردهای درازمدت برای آنها باشند. به نظر می‌رسد این فناوری‌های پیچیده در آینده بازار را از دست فناوری‌های ساده‌ای مثل نانوذرات خارج کنند. در این هسته باقیمانده رویکرد خودآرایی در محلول، رسوبدهی فاز گاز، و الگوبرداری از نانو ساختارها گنجانده شده است.

۳- موارد کم کاربرد باقیمانده

رویکردهای باقیمانده از مراحل قبل، واجد عناصر پایه و مزایای کاربری اندک و پراکنده می‌باشند، و هیچ کدام آن قدر کاربرد شناخته شده یا مهمی ندارند، که بتوانند اساس کار درازمدت یک هسته توسعه فناوری باشند. البته هریک از موارد فوق به عنوان پروژه‌های پراکنده محدود اساس کار خوبی برای محققین منفرد می‌باشند، و حتی ممکن است بعدها بر اثر تغییر اولویت‌های فناوری در کشور جزء موارد ارجح قرار بگیرند، اما در حال حاضر آنقدر وسیع نیستند، که بتوانند اساس کار یک هسته توسعه فناوری باشند. به عنوان مثال به نظر نمی‌رسد مطالعه پدیده افزایش کارایی روان کننده‌ها با فولرین‌ها آنقدر پهنای کار داشته باشد، که کل وقت یک هسته توسعه فناوری را به خود اختصاص دهد. بهتر است در صورت مفید دانستن، فناوری آنها یکجا به کشور منتقل شود.

تعداد اندک به جامانده بیانگر جامع بودن هسته های کاربردی و بنیادی انتخاب شده است.

نتایج

هسته‌های پیشنهادی به طور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مقابل نام هر هسته توسعه فناوری، چند مأموریت اصلی و چند زمینه کاربردی پیشنهاد شده‌اند. همچنین بسته به نزدیکی هسته مورد نظر به یکی از صنایع و وزارت‌خانه‌ها، نام یک سازمان به عنوان متولی یا توسعه دهنده اصلی هسته و نام چند سازمان دیگر به عنوان مصرف کننده پیشنهاد شده است. واضح است بین وظایف دستگاهها در زمینه تحقیق، توسعه و مصرف باید تفاوت قائل شد، تا هر دستگاه کارکرد متناسب با تعریف وظایف خود را در مجموعه ایفا نماید. به عنوان مثال وزارت علوم و بخش دانشگاهی وزارت بهداشت باید امر تحقیق را در کلیه هسته‌ها بدست بگیرند و از ورود به توسعه و مصرف خودداری نمایند. به همین ترتیب وزارت صنایع، نفت و بهداشت باید در بخش توسعه و افزایش عمق فناوری‌ها فعالیت نموده، تا سایر دستگاهها نتیجه توسعه آنها را مصرف نمایند.

همچنین با توجه به نیازمندی هسته‌ها به نیروی انسانی واجد تحصیلات مناسب، در مقابل نام هسته‌ها به تخصص‌ها و توانمندی‌های مورد نیاز آنها اشاره شده است.

بدیهی است با به روز شدن درخت فناوری نانو، جزئیات مندرج در این جدول تغییر و گسترش خواهد یافت، اما احتمال کم و زیاد شدن هسته‌ها بعید به نظر می‌رسد.

نتیجه گیری

با استخراج موضوعات کلان میان رشته‌ای از درخت فناوری‌های نانو، موارد انگشت‌شماری (۸ مرکز کاربردی و ۳ مرکز بنیادی) برای انجام اولویت‌یابی منطقی در فناوری نانو بدست آمد. این بخشها/ مراکز می‌توانند مبنایی برای تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران در عرصه فناوری نانو و مبنایی برای اولویت‌بندی باشند. در قالب برنامه ۱۹ راهبرد آینده [۴] می‌توان از این موضوعات برای تکیه بر تولید انبوه برخی محصولات مزیت‌دار فناوری نانو در کشور استفاده کرد.

مراجع

۱. علی عباسی، مرتضی مغربی، غلامحسین مهدوی‌نیا، داود کاظمی، "نمایش جامع درختی فناوری نانو جهت اهداف اولویت‌یابی، بخش اول: تدوین درخت فناوری نانو"، کنفرانس مدیریت تکنولوژی، تهران، ۱۳۸۴.
۲. مترجمین مرتضی مغربی و محمودرضا شاهرودی، سمت و سوی تحقیقات در نانوفناوری، چاپ اول، تهران، نشر آتنا، ۱۳۸۳.
۳. مرتضی مغربی، داود کاظمی، "بررسی نحوه رشد و جهت‌گیری مقالات نانوتکنولوژی با استفاده از پایگاه داده ISI"، خبرنامه نانوتکنولوژی شماره ۶۱.
۴. راهبرد آینده: راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو، دبیرخانه ویژه توسعه فناوری نانو، ۹۳-۱۳۸۴

جدول ۱- هسته‌های پیشنهادی برای توسعه فناوری‌های نانومقیاس

نام هسته	لایه توسعه (و تحقیق)	لایه کاربری	نوع هسته	نحوه استخراج	مثالهایی از مأموریت‌های اصلی	مثالهایی از زمینه‌های کاربردی	توانمندی‌های مورد نیاز
هسته نانوذرات	وزارت صنایع (۴)	وزارت دفاع وزارت بهداشت وزارت نیرو وزارت نفت	تقاضا	عنصرپایه	تولید انواع نانوذرات (مثل سل‌ژل)	سوخت‌های راکت، بانداژهای بی‌نیاز از تجدید دارورسانی استنشاقی، سیالات خنک‌سازی هوشمند، استخراج نفت	مواد
هسته نانو حسگرها و نانوزیست‌حسگرها	وزارت صنایع (۴)	محیط زیست وزارت نفت وزارت صنایع وزارت دفاع وزارت بهداشت	تقاضا	مزیت کاربردی	حسگرهای الکتروشیمیایی حسگرهای نوری (تشدید پلاسمون سطحی) Bio-MEMS و MEMS	شناسایی آلاینده‌ها، مواد مخدر، عوامل جنگی، تشخیص زودهنگام نشانگرهای بیماری	میکرومکانیک، شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، پزشکی
هسته نانوروکش‌ها	وزارت صنایع (۴)	وزارت صنایع محیط زیست	تقاضا	عنصرپایه	نانوروکش‌های شفاف ابرآبگریز نانوروکش‌های تیتانیا و ...	روکش‌های ضدآب، ضدچربی و نجسب و ... برای محصولات خانگی، مصرفی و صنعتی تجزیه نوری آلاینده‌ها	مواد، فیزیک
هسته نانوفلزات	وزارت صنایع (صنایع فلزی)	وزارت صنایع وزارت دفاع	تقاضا	راهکار	فلزات نانوبلوری، کامپوزیت‌های فلزی مصارف جدید برای کانی‌های فلزی	قطعات مقاوم (توربین ...) مواد زره و رخنه‌کننده در زره	مواد
هسته نانولوله‌های کربنی	وزارت صنایع (۴)	وزارت دفاع وزارت نیرو	تقاضا	عنصرپایه	تولید نانولوله‌های کربنی به صورت توده و آرایه و توسعه محصولات مبتنی بر آنها	افزایش کارایی انواع باتری‌ها و پیل‌ها، جلیقه‌های ضد گلوله، روکش‌های ضد رادار	مواد، شیمی آلی، فیزیک

شیمی فیزیک نظری زیست شیمی	انجام ارزان و کارا واکنش های شیمیایی و زیستی بدون تولید محصولات جانبی جداسازی آسان آلاینده ها، گندزدایی آب با فیلتراسیون تشخیص DNA، جداسازی زیست مولکول ها، ماسک های ضد گاز	نانوالیاف معدنی \ غربال های مولکولی برنامه ریزی (مدل سازی) و ساخت مواد میان حفره ای منظم و ساخت نانو خوشه ها و تک لایه های خود آرا درون آنها	مزیت کاربردی	تقاضا	وزارت نفت وزارت صنایع محیط زیست وزارت بهداشت وزارت دفاع وزارت نیرو	وزارت نفت	هسته نانو کاتالیزورها و غربال های مولکولی
شیمی، پلیمر	مواد مستحکم و سبک (خودرو، موشک، هواپیما)	انواع نانو کامپوزیت ها مخصوصاً نانو کامپوزیت های پلیمری سبک	راهکار	تقاضا	وزارت صنایع وزارت دفاع	وزارت نفت	هسته نانو کامپوزیت ها
شیمی، زیست شیمی ی، الکترو شیمی	ترویج نوآوری، ایجاد پایه علمی و کسب پیشتازی در یک عرصه علمی خاص	شیمی ابرمولکولی هدفمند، تک لایه های خود آرا، درخت سان ها یا هر نانو ساختار ابتکاری دیگر	بنیادی	عرضه	؟	وزارت علوم	هسته خود آرایه های نوین و نانو زیست فناوری
فیزیک نظری، ریاضی، کامپیوتر	هدایت تحقیقات و جلوگیری از اتلاف هزینه و زمان	مدل سازی برای بخش های دیگر به خصوص برای نانو کاتالیزورها (و نانو فلزات)	بنیادی	عرضه	همه هسته های فوق به خصوص هسته نانو کاتالیزورها	وزارت علوم	هسته نانو محاسبات
مواد، الکترونیک	میکرو و نانوقطعات سیالاتی، الکترو مکانیکی و نوری	طراحی و ساخت میکرو و نانوقطعات	بنیادی	عرضه	؟	وزارت علوم	هسته میکرو- و نانو ساخت
شیمی، زیست شیمی، پلیمر	کود و سموم رسانی دارورسانی، واکسن رسانی	نانو کپسول ها (و درخت سان ها)	مزیت کاربردی	تقاضا	وزارت بهداشت وزارت کشاورزی وزارت دفاع	وزارت بهداشت	هسته نانو فناوری های دارویی و کشاورزی (رسانش هدفمند)

ضمیمه: نحوه ارتباط هسته‌های توسعه فناوری نانو با صنایع

اگرچه هسته‌های موجود در جدول ۱ عمدتاً براساس دیدگاه کاربردی پیشنهاد شده‌اند، اما لازم است تا نحوه جایگیری و ارتباط آنها با صنایع مختلف نیز بررسی شود، تا دیدگاه اقتصادی و بازارمحورانه نیز در آنها لحاظ گردد. در جدول ۲ هسته‌های پیشنهادی مناسب صنایع مختلف برحسب زیربخش‌های مربوطه ارائه شده‌اند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، هسته‌های پیشنهادی عمده مصارف صنعتی را پوشش می‌دهند. در مواردی که کاربردهای صنعتی دارای تطابق جزئی با هسته‌ها هستند، ضمن ذکر موارد محدودیت از رنگ پس‌زمینه خاکستری استفاده شده است. همچنین در مواردی که هیچ‌گونه تناظری بین کاربرد صنعتی و هسته‌های توسعه فناوری وجود نداشته است، ضمن ذکر مختصر علت، از رنگ پس‌زمینه سیاه استفاده شده است. پوشش‌دهی عمده مصارف صنعتی در هسته‌های توسعه فناوری نانو بیانگر جامعیت آنها در صحنه کاربرد است.

بدیهی است با شناسایی مصارف صنعتی جدید یا حذف و اضافه‌شدن هسته‌ها می‌توان این جدول را تغییر و توسعه داد.

جدول ۲- نحوه ارتباط هسته های توسعه فناوری نانو با صنایع مختلف

دستگاه	صنعت	زیربخش	نام هسته	علت لحاظ جزئی یا عدم لحاظ
صنایع	مواد شیمیایی	کامپوزیت ها و مواد ساختمانی	هسته نانو کامپوزیت ها هسته نانوفلزات	
		کاتالیزورها	هسته نانو کاتالیزورها و غربال های مولکولی	
		فیلتراسیون و غشاها	هسته نانو کاتالیزورها و غربال های مولکولی	
	مواد پیشرفته	روکش ها و رنگ ها	هسته نانوروشک ها	
		روان کننده ها		به علت محدودیت و بلوغ موضوع فولرین ها
		ساینده ها	هسته نانوذرات	
	صنعت خودروسازی و حمل و نقل	مواد ساختمانی و روکش ها	هسته نانو کامپوزیت ها هسته نانوروشک ها	
		حسگرها	هسته حسگرها	
		صفحات نمایشگر مسطح	هسته نانولوله های کربنی هسته نانوذرات	
		مبدل های کاتالیزوری و فیلترها	هسته نانو کاتالیزورها و غربال های مولکولی	
		نیرو محرکه	هسته نانولوله های کربنی هسته نانوذرات	
		روان کننده ها		به علت محدودیت و بلوغ موضوع فولرین ها
نساجی	الیاف ضدلک	هسته نانولوله های کربنی هسته نانوذرات	جهت تمام مزایای کاربردی (بدون نانوالیاف)	
	بهبود بافت و تنفس پذیری مصنوعی		فاصله زیادی با تجاری سازی دارد. به نظر نمی رسد نانوالیاف اولویت توسعه کشور باشد.	
	لباس های زیبا و زیست سازگارتر	هسته نانوذرات		
	الیاف مقاوم به آتش	هسته نانو کامپوزیت ها		
	جلیقه های ضد گلوله	هسته نانولوله های کربنی هسته نانو کامپوزیت ها		
	یونیفورم های هشدار دهنده	هسته نانو حسگرها		

		یونفورم‌های محافظ در برابر عوامل شیمیایی و زیستی	هسته نانوفناوری‌های دارویی و کشاورزی	
		لباس‌های مطبوع‌تر و پایدارتر	هسته نانوفناوری‌های دارویی و کشاورزی	
	دفاع	هوافضا و دفاعی	مواد ساختمانی	هسته نانوفلذات هسته نانو کامپوزیت‌ها
			روکش‌ها	هسته نانوروشک‌ها
			نظارت و حسگری	هسته نانو حسگرها هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی
			پیشگیری و محافظت	هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی هسته نانوفناوری‌های دارویی و کشاورزی هسته نانولوله‌های کربنی هسته نانوذرات
			پاکسازی محیطی	هسته نانوذرات هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی
			سوخت	هسته نانوذرات هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی
			سیستم‌های الکترونیکی و الکترومکانیکی	هسته میکروساخت
			تسلیحات	هسته نانوفلذات، هسته نانوروشک‌ها
			تشخیص، تحلیل و اکتشاف	هسته حسگرها هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی
			بهداشت	پزشکی و داروسازی
	اعضاء مصنوعی	هسته نانوفلذات، هسته نانوروشک‌ها		
	عوامل ضد میکروبی	هسته نانوذرات		
	جهاد کشاورزی	کشاورزی	کود و سموم‌رسانی	هسته نانوفناوری‌های دارویی و کشاورزی
			افزایش شتاب تحقیقات در اصلاح نژاد نباتات و حیوانات	هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی هسته نانوذرات، هسته نانو حسگرها
			وسایل آزمایشگاهی قابل حمل	هسته نانو حسگرها

		گلخانه‌های کم‌هزینه‌تر	هسته نانوروش‌ها هسته نانو کامپوزیت‌ها	به استثنای عایق کاری (آئروژل‌ها)		
		قطعات مکانیکی مستحکم‌تر	هسته نانوروش‌ها هسته نانوفلزات			
نیرو	انرژی	تولید انرژی	هسته نانوروش‌ها هسته نانولوله‌های کربنی	جهت تمام مزایای کاربردی (بدون فولرین‌ها)		
		انتقال نیرو (ابرسی‌ها)	هسته نانولوله‌های کربنی هسته نانوذرات			
		روشنایی	هسته نانوذرات	جهت منابع نوری خوش‌رنگ		
		صرفه‌جویی انرژی	هسته نانوروش‌ها هسته نانو کامپوزیت‌ها	جهت شیشه‌های بازتاب‌کننده حرارت جهت صرفه‌جویی حاصل از کاهش وزن		
		آلودگی زدایی (فیلتراسیون و غشاها)	هسته نانو کاتالیزورها و غربال‌های مولکولی هسته نانوروش‌ها	جهت سیلیکون نانوحفره‌ای به عنوان منبع نور		
		تصفیه آب	کاهش ضایعات	بازیافت آسان	هسته نانولوله‌های کربنی هسته نانوذرات هسته نانو کامپوزیت‌ها	جهت تمام مزایای کاربردی (بدون فولرین‌ها)
					حفاظت زیست محیطی	هسته نانوفلزات هسته نانو کامپوزیت‌ها
		ارتیباطات و فناوری اطلاعات	فناوری اطلاعات و مخابرات	همه زیربخش‌ها	هسته نانوکاتالیزورها و غربال‌های مولکولی هسته نانوروش‌ها	
میکروساخت						
مسکن	ساخت و ساز	سازه‌های مقاوم در برابر کشش (باد، زلزله)	هسته نانولوله‌های کربنی	در حال حاضر صرفاً یک ایده آل است.		

	هسته نانو کامپوزیت‌ها هسته نانوفلرات	سازه‌های سبک‌تر	
	هسته نانو کامپوزیت‌ها هسته نانوروشک‌ها هسته نانوفلرات	لوله‌آلات سبک‌تر و ضدخراش و خوردگی	
	هسته نانوروشک‌ها	پنجره‌های فتوکرومیک، الکتروکرومیک یا طیف‌گزین	
پیشرفت چندانی در استفاده عملی از آن‌روزل‌ها در عایق‌کاری مشاهده نشده است.		عایق‌های حرارتی بهینه	