

نگرشی بر فن آوری نانو در سیستم های دفاعی

سید حسین بنی طبا^۱، جواد صفری^{۲*}، شیوا دهقان خلیلی^۳

ایمیل: sh.dehghankhalili@kashanu.ac.ir, safari@kashanu.ac.ir, banitaba_h@yahoo.com

کاشان- 6 کیلومتر بولوار قطب راوندی- دانشگاه کاشان- دانشکده ی علوم- بخش شیمی- آزمایشگاه پژوهشی شیمی آلی- شناسه ی پستی 87317 - 51167
تلفن: 0361 - 5555333 - 2354

چکیده

درک ماهیت مواد و چگونگی ساختار آنها همیشه از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است. بشر در ابتدای تاریخ توجهی به ساختار های خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک نداشته بلکه تمامی همت خود را معطوف ساخت و ساز در محدوده عادی و در دسترس نموده است. اما این روند که انسان تا به امروز دنبال می کرد، دیگر جواب گوی نیاز بشر امروزی نیست و برای حل مشکلی به بزرگی کوچک کردن اندازه در حد اتم (فن آوری نانو) دست یافت. در هر حال فن آوری که در حد مولکولی یا اتمی انجام می شود فن آوری نانو اطلاق می شود. در این فن آوری میتوان با اعمال کنترل کامل بر ساختار ماده ی فیزیکی در سطوح اتمی و مولکولی به مواد جدید دست یافت. در این نوشتار سعی شده است کاربرد های این فن آوری را مورد بررسی قرار دهیم اما بهتر است بدانیم به موازات پیشرفت های شگرفی که در این زمینه حاصل شده است برخی ایده های خطرناک نیز شکل گرفته اند، مانند ساختن ماده ای به نام گری گو^۴ که در صورت کنترل نکردن صحیح آن می تواند در عرض هفتاد و دو ساعت تمامی جهان را احاطه کند و باعث به وجود آمدن ترس و واهمه در میان جوامع نسبت به پژوهش گران فن آوری نانو و اهدافشان شده است [1].

کلید واژه: گری گو، ماشین آفرینش، نانو کامپوزیت، رمز گشای کلیدی، کریستال مایع، حسگرهای مولکولی

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی آلی- دانشگاه کاشان

² هیات علمی دانشگاه کاشان- دانشیار بخش شیمی

³ دانشجوی دکترای شیمی آلی- دانشگاه کاشان

⁴ Gray goo

مقدمه

در قرنی که ما در آن به سر می بریم یعنی قرن بیست و یکم جنگ اتمی و آلودگی محیط زیست بزرگ ترین تهدید برای بشریت محسوب نمی شود. ظهور ماشین های فوق العاده کوچک به اندازه یک سر سوزن و یا نقطه ای که در آخر سطر گذاشته شده یا حتی در اندازه مولکولی بیشتر از آنها بشریت را تهدید می کند زیرا این ماشین ها قادرند با تغییر اتم های یک ماده به یک ماده دیگر یک نوع بازسازی تازه انجام دهند که اگر کوچکترین حالت آن از کنترل خارج شود تمام گیاهان، جانوران و انسان ها طی دو روز به عنوان ماده خام ماشین ها مصرف شده و از بین می روند.

دانشمندان این مسئله را گری گو یا احساس تلخ و اندوه می نامند و طرفداران حفظ محیط زیست را وادار می کند که به طور جدی در مقابل آن بایستند به همین سبب بود که در آوریل سال 2003 پرنس چارلز¹ ولیعهد انگلستان و از حامیان حفظ محیط زیست آن کشور، از انجمن سلطنتی محیط زیست انگلستان خواست در برنامه های خود در مورد فن آوری نانو کمال دقت را کرده همه خطرات آن را مورد توجه کامل قرار دهند روزی که این ماشین ها از تخریب به واقعیت پیوند رشته فن آوری نانو به سرعت سیر تکاملی را خواهد پیمود. هم اکنون حدود 450 شرکت و 270 دانشگاه در آمریکا و اروپا و ژاپن به پژوهش در این زمینه مشغول هستند. تنها در یک سال 2/2 میلیارد دلار صرف این برنامه می شود. اما طبق تخمین سرمایه داران سرمایه گذارای در این پروژه می تواند تا سال 2012 یک تریلیون دلار سود داشته باشد [2].

نانو فن آوری چیست

نانو از لغت یونانی (نانوس) به معنای (کوئوله) گرفته شده است و در اصل علمی است که درباره اجسام بسیار کوچک مطالعه می کند. نانو فن آوری تولید کارآمد مواد و دستگاه ها و سیستم ها با کنترل ماده در مقیاس طولی نانومتر، و بهره برداری از خواص و پدیده های نوظهوری است که در مقیاس نانو توسعه یافته اند.

مؤسسه علوم طبیعی در آمریکا نیز آن را چنین تعریف می کند: (پژوهش و توسعه ی علم درباره ی موادی به اندازه ی تقریباً 1 تا 100 نانومتر) در موارد خاص اندازه ها ممکن است کوچکتر از یک نانومتر یا بزرگتر از صد نانومتر باشد. به نظر می رسد که تمام این برنامه ها تا واقعیت فاصله زیادی داشته باشد. اریک درسلر² که به عنوان یکی از

¹ Prance charlz

² K. Eric Drexler (drexler-info@nanaorex.com)

بنیان گذاران فن آوری نانو شناخته میشود این واژه را در سال 1986 در کتابش با عنوان ماشین آفرینش¹ مورد استفاده قرار داده است [3].

فن آوری نانو از کجا آمده است؟

برای اولین بار ریچارد فاینمن² برنده جایزه نوبل فیزیک توان نانوعلم را در یک سخنرانی تکان دهنده با نام " در پایین اتاق های زیادی وجود دارد"، مطرح کرد. فاینمن اصرار داشت، که دانشمندان ساخت وسائلی را، که برای کار در مقیاس اتمی لازم است، شروع کنند. این موضوع مسکوت ماند، تا اینکه اریک درسلر (دانشجوی تحصیلات تکمیلی MIT) ندای فاینمن را شنید و یک قالب کاری برای مطالعه "وسائلی که توانایی حرکت دادن اشیاء مولکولی و مکان آنها را با دقت اتمی دارند" ایجاد کرد، که در سپتامبر 1981 در مقاله ای با نام " پروتئین راهی برای تولیدانبوه مولکولی ایجاد می کند" آن را ارائه داد. درسلر آن را با کتابی بنام " موتورهای خلقت" دنبال کرد و توسعه مفهوم نانوفن آوری را همانند یک کوشش علمی ادامه داد.

اولین نشانه های ثبت شده از این مفهوم نانوفن آوری تغییر مکان دادن اشیا مولکولی، در سال 1989 بود، موقعی که دانشمندی در مرکز پژوهش های آلمادن IBM اتمهای منفرد گزنون را روی صفحه نیکل حرکت داد، تا نام IBM را روی سطح نیکل نقش کند [4].

فن آوری نانو و کاربردهای آن:

فن آوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم های جدید باید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می شود. از همین تعریف ساده بر می آید که فن آوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست.

زمانی که فاینمن فیزیکدان برجسته آمریکایی ایده کار با اتم ها و مولکول هارا مطرح کرد، محققان جهان به کار در این عرصه روی آوردند و برای فن آوری نانو کاربردهای را در حوزه های گوناگون از غذا و دارو و تشخیص پزشکی

¹ Engines of creation (http://www.e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC_Table_of_Contents.html)

² Richard fainman

و بیوفن آوری تا الکترونیک و رایانه، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی بر شمرده اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه اثرات اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه (فرا رشته ای و فرابخشی) مطرح نموده است. علوم و فن آوری نانو، عنصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه های آتی خواهد بود.

از جمله موارد مهم در آینده، همکاری های پژوهشی میان رشته ای، آموزش خاص و انتقال ایده ها به صنعت خواهد بود. بخشی از تاثیرات و کاربردهای فن آوری نانو به شرح زیر می باشند:

1- تولید مواد و فرآورده های صنعتی (مواد سبکتر، مستحکم تر، قابل برنامه ریزی و هوشمند، کاهش هزینه، افزایش عمر، ابزارهای جدید بر پایه اصول و معماری جدید، ساخت مولکولی و...)

2- پزشکی، داروسازی و مراقبت های بهداشتی (توسعه نانو بیو حسگرها و فن آوری تصویر برداری جدید برای تشخیص زودتر و درمان بیماری هایی مثل سرطان، روش بیماری شناسی و در مان کارآمدتر و ارزان تر، داروهای جدید، کمک به بینائی و شنوائی، مواد جدید سازگار با محیط زیست که باعث افزایش زمان نگه داری اندام مصنوعی می گردد، استفاده از دستگاه های پزشکی کوچک و هوشمند، ارسال دارو به طور مستقیم به سلولهای آسیب دیده...)

3- الکترونیک و رایانه (تراشه ها و کامپیوترهای سریعتر با نانو ترانزیستور ها، حافظه های با ظرفیت بسیار بالا تر، پهنای باند ارتباطی بالا، نسل جدیدی از رد یابها، پردازنده ها و نانو دستگاه ها)

4- منابع طبیعی و محیط زیست (تخلیص و نمک زدایی آب، کاهش مصرف بنزین با تغییر در خودروها، تایر های سازگار با محیط زیست، استفاده از نانو پودرها برای رفع آلودگی، استفاده از سیستمهای نانو روباتیک و هوشمند برای مدیریت پس آب های محیط زیستی هسته ای...)

5- انرژی (بهبود تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته، بهبود تبدیل انرژی هیدروژن به انرژی گرمائی، ذخیره ایمن هیدروژن)

6- ابزارهای نظامی و امنیت ملی (سلاحهای جدید، هوشمندی بیشتر مهمات نظامی، ابزارهای محافظت در برابر سلاح های میکروبی و شیمیایی و تسلط بیشتر بر اطلاعات و...)

علوم و مهندسی نانو، منجر به درک بهتر طبیعت، پیشرفت در پژوهش و آموزش پایه و تغییرات عمده در تولیدات صنعتی، اقتصاد بهداشت، مدیریت محیط زیست و حفظ منابع طبیعی خواهد شد. به گونه ای که در 10 تا 15 سال آینده یک بازار جهانی بیش از 1000 میلیارد دلاری را ایجاد خواهد کرد و جهان را برای رسیدن به توسعه پایدار امیدوار ساخته است [5].

کاربردهای فن آوری نانو در حوزه ی سیستم های دفاعی هوشمند:

کاربردهای فن آوری نانو در فناوری های نظامی را می توان به طور کلی به 5 دسته نانو مواد، نانو پودرها، حسگرهای مولکولی، فناوری MEMS, NEMS و نانو الکترونیک، تقسیم کرد [6], [7], [8].

1- نانو مواد: نانو مواد، مواد جدیدی هستند که دارای سبکی و مقاومت کششی بالا و عمر مفیدی چند برابر مواد متداول می باشند، که به دو دسته نانو کامپوزیت ها و نانو روکش ها تقسیم می شوند

1-1- نانو کامپوزیت ها: جایگزینی نانو کامپوزیت های سرامیکی و پلاستیکی در قطعات مکانیکی و بدنه خودروها و اشیا پرنده مثل موشک می تواند متضمن کاهش مصرف سوخت، افزایش عمر مفید، افزایش برد و همچنین پنهان ماندن از دید رادار گردد. طی تجربه ای که در وزارت انرژی آمریکا صورت گرفته است، مشاهده شده که افزایش نانوذرات اکسید آلومینیم به نیکل، موجب می شود تا مقاومت کششی آن 2/5 برابر فولاد یا تاقانی شود. در آینده با پیشرفت فناوری تولید انبوه نانو لوله های کربنی طولی، این ماده با یک ششم وزن فولاد و 50 برابر مقاومت کششی آن، جایگزین این فلز قدیمی می شود و موجب دگرگونی در کل محیط زندگی خواهد شد.

البته نه در آینده دور، که هم اکنون این نانو لوله ها به صورت نه چندان دراز ولی هم راستا برای اختلاط با پلاستیک ها استفاده می شوند، تا کامپوزیت های سبک، بسیار مقاوم و رسانای الکتریسته بدست آید. البته پیش از تولید تجاری ارزان این نانو لوله ها برای مصارف نظامی که کیفیت بر قیمت غلبه دارد، می توان از این مواد سود جست. منسوجات خود ترمیم شونده و مغناطیسی های دائمی دارای انرژی مغناطیسی چند برابر مغناطیس های عادی (برای استفاده در موتور های الکتریکی) از دیگر موارد قابل ذکر در این زمینه می باشد.

1-2-1- نانوروشک ها: نانو بتونه ها و روشک های تک مولکولی، یکی دیگر از زمینه های مورد توجه در نانو مواد است. این لایه های نازک را می توان روی سطوح فلزی یا پلاستیکی نشانند و مقاومت سایشی و ضربه ای آنها را بشدت ارتقاء داد. از موارد جالب نظامی در این زمینه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

1-2-1-1- طرح ساخت لباس های ضد گلوله و نازک توسط ارتش آمریکا

1-2-2-1- روشک های اسپری حرارتی نانو پودرهای اکسید فلزی برای تعمیر قطعات فرسوده یا خورده شده در نیروی دریایی آمریکایی

1-2-3-1- اعمال اسپری حرارتی کاربرد یا نیتريد تنگستن بر روی سر جنگلی با مقاومتی در حد اورانیوم تضعیف شده

2- نانوپودرها: نمونه هایی از کاربرد های نانو پودرها (ذرات فن آوری نانو) به شرح زیر است:

1-2-2-1- چون اندازه نانو پودرها در حول وحوش طول موج نور است، طول موج رنگ آنها دقیقاً با اندازه آنها برابر است لذا این طول موج خالص را با تلا لو بسیار زیادی منتشر می کنند. مثلاً فلئوئورسانس فلز و طلا در حالت نانو پودر بیش از 10 برابر است لذا در منورها یا موادی که نیاز به پراش شدید طیف خاصی از نور مرئی یا مادون قرمز است، می توان از نانو پودرها استفاده کرد. همچنین برای رنگ آمیزی خاص هواپیما ها که با فرسایندگی سرمای شدید ارتفاعات مواجه هستند، می توان از رنگ های متکی بر نانو پودر به جای رنگ های آلی سود جست.

2-2-2- فلزی چون آلو مینیوم در صورت واکنش با اکسیژن 4 برابر هیدرازین انرژی آزاد می کند، ولی به دلیل کمبود سطح مؤثر، در حالت پودر واکنش محترقه شدیدی ندارد. اما نانو پودرهای جدید آلو مینیوم به طور کامل می سوزند و انرژی بالای خود را آزاد می کنند و می توان در هر دو نوع سوخت جامد و مایع موشک، آنها را به کار برد. با توجه به سرعت واکنش احتراق، به نظر می رسد به اکسدانت کمتری نیاز باشد. همچنین از نانو پودرهای فلزی می توان به عنوان نسل بعد مواد انفجاری نیز یاد کرد. نانو پودرهای نقره و نانو امولسیون آب و روغن، می توانند از غشای سلولی میکروبه های سیاه زخم، ویروس های ابولا یا هر نوع عامل بیولوژیکی دیگر عبور کنند و با برهم زدن نظم سلولی و ترکاندن آنها، آنها را از بین ببرند و البته برای انسان بدون خطر می باشند.

3- حسگرهای مولکولی: با کمک فن آوری نانو می توان به شکل های مختلف، حسگرهایی آفرید که به شکل تغییر رنگ یا انتقال پیام، مواد شیمیایی را در غلظتهای مولکولی شناسایی کنند. از این حسگرها می توان برای آشکار سازی مواد مخدر و منفجره (از بیرون چمدان) یا عوامل شیمیایی مثل گازهای اعصاب استفاده کرد. این مساله می

تواند روزی به سلاح بویاب منتهی شود مثلاً پژوهشگران شرکت M3 با بکارگیری کریستال مایع متصل به گیرنده های خاص یک ماده شیمیایی روی سطح دارای چین خوردگیهای نانو متری طلا، حسگرهای کوچک و دقیق ساخته اند در این فن، به محض اینکه ماده شیمیایی هدف با گیرنده ها با بلور مایع گسسته می شود و آرایش بلورر مایع روی سطح طلا به هم می خورد، که این وضعیت برای چشم غیر مسلح، به صورت تغییر رنگ قابل مشاهده است. با این فناوری می توان چندین ماده شیمیایی مختلف را در طی زمانهای متفاوت تماس، تشخیص داد.

4- MEMS, NAMS: سیستمهای میکرو و نانو اکترو مکانیکی (MEMS, NEMS) تحولی نوین هستند، که با قیمتی کم و سرعتی بالا، با کمک فناوری ساخت مدارات مجتمع ساخته می شوند و به تراشه حسابگر مدارت مجتمع چشم و بازو را می افزایند. به این شکل که پدیده های مختلفی چون گشتاور، سرعت فشار، دما و... را حس کرده یا مخابره می کنند.

از مهم ترین خصیصه های EMS, NAMS کوچکی آست، که باعث می شود در همه جا به راحتی استفاده شوند، به راحتی تعمیر و جایگزین شوند، انرژی فوق العاده کمی مصرف کنند و به محیط زیست آسیبی نرسانند. حسگرها و عمل کننده های متکی بر MEMS از نوع شتاب سنج برای کنترل موشک با یک هفدهم حجم، یک چهارم قیمت و با کیفیتی بسیار بالاتر، در حال جایگزین شدن در موشکها و اشیا پرنده دیگر هستند. هم اکنون تلاش گسترده ای نیز برای استفاده از میکرو نازلها برای هدایت گلوله های 40 میلیمتری در دست اجرا است و بررسی های دینامیک در آن پایان یافته است.

هواپیماهای کوچک جاسوسی از دیگر موارد قابل ذکر است. عمل کننده MEMS پس از 170 سال تک تازی الکتروموتورها، در حال کنار زدن آنهاست، به عنوان مثال شرکت نانو ماسکل¹ تلاش دارد تا در سال آینده، محصول خود را با 5 برابر کارایی انرژی، 10 برابر سرعت، یک سوم وزن، یک پنجاهم قیمت، جایگزین الکتریکی کوچک وسایل الکترونیکی خانگی کند. سیستم های ارتباطی با فرایند MEMS دگرگون خواهد شد. در آینده نانو ماهواره ها را می توان به راحتی با سنجش از راه دور خود در فضا پرتاب کرد تا وظیفه ارتباطی یا سنجش از راه دور خود را در فضا انجام دهند.

کیفیت ارتباطی با فناوری MEMS بی نظیر می باشد و با ورود گسترده آن به بازار، می تواند مثلاً به فیلترها، گیرنده ها، فرستنده های بسیار کوچکتر و آنتن های گیرنده تنگ تر (عدم نیاز به آنتن ماهواره) منجر شود. بازار جدیدی برای

¹ Nano muscle

ابزار میکروالکترومکانیک MEMS که ترکیبی از اجزای الکتریکی و مکانیکی است در حال شکل گیری می باشد (میکرو الکترومکانیک یا MEMS سیستمهای الکتریکی و مکانیکی بسیار کوچک مرتبط به هم هستند که با عبور جریان در یک سیم پیچ کار می کنند).

ابزار MEMS به نوعی جزء ابزار نانوفن آوری شناخته می شوند اما در واقع به اندازه کافی کوچک نیستند. آنها به کمک یک میکرومتر اندازه گیری می شوند و 100 بار بزرگتر از یک نانومتر هستند. با این وجود ابزار میکرو الکترومکانیکی در محدوده این علم به حساب می آیند، زیرا هر ساله 10 میلیارد دلار بر روی این ابزار سرمایه گذاری می شود. امروزه گیرنده های متحرک ابزار MEMS در نوک خود نویس ها، روان نویس ها جای می گیرند و همچنین نمونه های اولیه آن در ماشین های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی کوچکترین نمونه موتور گرمایی جهان ساخته شده است که با سوخت فندک کار می کند و در هر دقیقه 40000 دور می زند. در آینده نزدیک این موتور می تواند انرژی رایانه های دستی، دوربین های دیجیتالی و دیگر اسباب الکتریکی دستی را فراهم کند.

متخصصین در آزمایشگاه ملی سندیا در آمریکا با هدف تولید موتورهایی این چنین حتی کوچکتر تلاش می کنند دنده ها، زنجیرها و تسمه هایی بسازند که نیرو را از موتور به محل دیگری انتقال دهند و بدین ترتیب از ایجاد تعداد زیادی موتور برای تامین انرژی ابزار MEMS جلوگیری کنند. همچنین دانشمندان تاکنون موفق شده اند که با ایجاد ارتباط بین قسمتهای داخلی ماشین، قدرت آن را تا حدود 3 میلیون برابر افزایش دهند و با این کار موتورهای بسیار کوچکی ساخته شده اند که می توانند وسایل خانه را براحتی جابجا کنند. این ماشین ها اگر تا حد سبک سبک باشند می توانند در ماهوارها هم مورد استفاده قرار گیرند این وسایل همچنین برای کوچک کردن میکروسکپهای کانونی استفاده می شود. میکروسکوپی که در حال حاضر تقریباً به اندازه یک دستگاه فتوکپی است و با تصویر برداری از سطح مواد به کمک پرتو لیزر، تصویری سه بعدی ایجاد می کند.

5- نانو الکترونیک: با کوچکتر شدن میکرو الکترونیک به عرصه نانو متر، دیگر فناوری لیتو گرافی سیلیکونی جوابگو نخواهد بود و فناوری اطلاعات به ناچار توسط الکترونیک مولکولی و کوانتومی، احاطه خواهد شد. الکترونیک مولکولی که بر پایه مولکولهای آلی بزرگ نانو لوله های کربنی یا مولکول DNA می باشد، تا حدود 2007 وارد بازار خواهد شد و سرعت هایی در حداقل چند صد برابر را به تراشه های امروزی خواهد بخشید.

البته لازم به ذکر است، که نانو الکترونیک علاوه بر پردازش شامل ذخیره سازی و انتقال اطلاعات نیز می شود. نوع دیگری از الکترونیک نیز که با هم اکنون در حال پیگیری است می تواند مثلا عمل رمز گشای کلیدی¹ را که در رایانه های امروزی حدود یک میلیون سال وقت میبرد در عرض یک ماه انجام دهد، و به این خواص مکانیک کوانتومی از جمله (انتقال اطلاعات از راه دور) بدون نیاز به سیستم برای نوع تراشه حکم فرما خواهد بود. نانو الکترونیک به عنوان یک فناوری متحول کننده، همه چیز از جمله فناوری نظامی را در هم خواهد ریخت. توفیق اطلاعاتی پی در پی در بردهای آینده، تعیین کننده برنده نبرد می باشد.

واقعیت مجازی پیچیده ترمتکی بر نانو الکترونیک، می تواند برای شبیه سازی عینی بسیاری از رخداد ها بکار رود و سیستمهای مدیریتی و آموزشی پرسنل را ارتقا دهد. قوی تر بودن تراشه های الکترونیکی، بیانگر دقت ناوبری، هواپیما و موشک هاست. کافی است تصور کنید یک ابر رایانه را درون یک موشک قرار داده ایم. توانایی تحلیل و انتقال داده بالا، موجب می شود سنجش از راه دور که در شناسایی عملیات نظامی دخیل می باشد، بیشتر مفید باشد و اطلاعات بیشتری را بتوان از آن استخراج کرد. (مثل ردگیری یک پایگاه زیر زمینی یا حرکات دشمن در پس مه و گردوغبار) شاید در آن هنگام ساده ترین کارها، پیش بینی زمان دقیق نزولات آسمانی و شکست های نظامی باشد. آنچه مسلم است این است که، اثرات چنین فناوری بزرگی را به سختی می توان پیش بینی کرد.

بهره سخن

فن آوری نانو دارای کاربردهای زیادی در عرصه دفاعی است و تاثیر عمدهای در هوشمندی هر چه بیشتر تجهیزات و مهمات و سیستم های دفاعی دارد. هوشمندی بیشتر و اندازه و وزن کوچکتر، از مهم ترین نتایج کاربردهای فن آوری نانو در دفاع خواهد بود که البته مسیر، نسبتا طولانی است ولی شواهدی از اطلاعات منتشر شده دنیا نشان می دهد که بعضی از دستاوردهای آن در سالهای جاری به تحقق پیوسته یا خواهد پیوست. کشور ما نیز قطعاً نیاز دارد، با برنامه ریزی بلند مدت، بخش دفاعی خود را با این روند اجتناب ناپذیر دنیا همراه سازد. بدین منظور پیشنهاد می شود اولاً نانوفن آوری به عنوان یکی از محورهای اولویت دار در وزارت دفاع مورد توجه قرار گیرد ثانياً برنامه ای برای موفقیت در این عرصه زیر نظر مسئولان رده بالای وزارت خانه تدوین شود. آموزش پژوهشگران، استفاده از توانائی پژوهشی دانشگاه ها و مراکز پژوهشی و همچنین ایرانیان مقیم خارج از کشور از بخش های این برنامه خواهد بود.

¹ Key Encyption

منابع

- [1] Experts warn that misconceptions about “grey goo” could harm the opportunities of the poor in developing countries, *Institute of Physics News Release PR8(04) Issued: 27th January 2004*
- [2] <http://www.irannano.org>
- [3] www.smalltimes.com
- [4] www.tco.ac.ir/nano
- [5] www.Newscientist.com
- [6] <http://tco.ir/nano/Farsi/Publication/Articles/NanoElectronic/nanomodel.htm>
- [7] **White, A Review of Some Current Research in Microelectromechanical Systems (MEMS) with Defence Applications**, *DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory February 2002*
- [8] [http://www.strem.com/code/Strem_Nano_defense.pdf\(sensor\)](http://www.strem.com/code/Strem_Nano_defense.pdf(sensor))
- [9] <http://tco.ir/nano/Farsi/Publication/Articles/NanoElectronic/QComp.htm>
- [10] Queenie S. M. Kwok,* Chris Badeen, Hazard Characterization of Uncoated and Coated Aluminium Nanopowder Compositions, *JOURNAL OF PROPULSION AND POWER* Vol. 23, No. 4, July–August 2007