نانوتکنولوژی، انقلابی در سیستمهای دفاعی هوشمند

علی محمد سلطانی، مرتضی مغربی، دفتر همکاری‌های فن‌آوری ریاست‌جمهوری، کمیتهٔ مطالعات سیاست نانوتکنولوژی

تهران، صندوق پستی ۱۴۱۴۶۶۴۵۶۶۱، تلفن: ۷-۵۹۸۰۵۱۵، نمابر: ۶۵۰۰۰۶۰

پست الکترونیکی: asoltani@tco.ac.ir ; qrst@drc om

۱- چکیده

نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. از همین تعریف ساده برمی‌آید که نانوتکنولوژی یک رشتهٔ جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. برای کشور ما نانوتکنولوژی در همه زمینه‌ها و از جمله موارد نظامی به عنوان یک فرصت و در عین حال یک تهدید تلقی می‌شود؛ به این معنی که به دلیل فاصله کم ما با دنیا، فرصت خوبی برای تفوّق جهانی در این رشته داریم و از طرف دیگر اگر دست بکار نشویم فاصله دیگر کشورها با ما افزایش خواهد یافت و در برابر این پیشرفت جهانی منفعل خواهیم شد.

در این مقاله پس از بررسی کاربردهای مطرح نانوتکنولوژی در سیستمهای دفاعی به اثرات آن ازجمله کاهش هزینهٔ تولید، مصرف انرژی پایینتر، کارایی بالاتر و ... اشاره می‌شود. همچنین با بررسی سرمایه‌گذاری عظیم بسیاری از کشورها، پیشنهاد خواهد شد برای همراهی با این روند تکنولوژیکی از هم‌اکنون برنامه‌ای درازمدت در وزارت دفاع کشورمان تدوین شود.

۲- مقدمه: نانوتکنولوژی و کاربردهای آن

نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ذرات نانومتری و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. [۱ و ۹] از زمانی که فاینمن، فیزیکدان برجستهٔ آمریکایی، ایدهٔ کار با اتمها و مولکولها را مطرح کرد [۱۱] محققان جهان به کار در این عرصه روی آوردند. برای نانوتکنولوژی کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف از غذا و دارو و تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک و کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت

ملی برشمرده‌اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه اثرات اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه «فرارشته‌ای و فرابخشی» مطرح نموده است.

علوم و فناوری نانو، عنصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه‌های آتی خواهدبود. ازجمله موارد مهم در آینده، همکاریهای تحقیقاتی میان‌رشته‌ای، آموزش خاص و انتقال ایده‌ها به صنعت خواهدبود. بخشی از تأثیرات و کاربردهای نانوتکنولوژی به شرح زیر می‌باشد[۲، ۵ و ۶]:

- تولید مواد و فرآورده‌های صنعتی (مواد سبک‌تر، مستحکم‌تر، قابل برنامه‌ریزی و هوشمند، کاهش هزینه، افزایش عمر، ابزارهای جدید بر پایه اصول و معماری جدید، ساخت مولکولی و ...)
- پزشکی، داروسازی و مراقبت‌های بهداشتی (توسعه نانوبیوحسگرها و تکنولوژی‌های تصویربرداری جدید برای تشخیص زودتر و درمان بیماری‌هایی مثل سرطان، روش‌های بیماری‌شناسی و درمان کارآمدتر و ارزان‌تر، داروهای جدید، کمک به بینایی و شنوایی، مواد جدید سازگار با محیط زیست که باعث افزایش زمان نگهداری اندام مصنوعی می‌گردد، استفاده از دستگاه‌های پزشکی کوچک و هوشمند، ارسال دارو به طور مستقیم به سلولهای آسیب‌دیده و ...)
- الکترونیک و کامپیوتر (تراشه‌ها و کامپیوترهای سریعتر با نانوترانزیستورها، حافظه‌های با ظرفیت بسیار بالا، پهنای باند ارتباطی بالا، نسل‌های جدیدی از ردیاب‌ها، پردازنده‌ها و نانودستگاه‌ها و ...)
- منابع طبیعی و محیط زیست (تخلیص و نمک‌زدایی آب، کاهش مصرف بنزین با تغییر در خودروها، تایرهای سازگار با محیط زیست، استفاده از نانوپودرها برای رفع آلودگی، استفاده از سیستم‌های نانوروباتیک و هوشمند برای مدیریت فاضلاب‌های محیط زیستی و هسته‌ای، ...)
- انرژی (بهبود تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته، بهبود تبدیل انرژی هیدروژن به انرژی گرمایی، ذخیرهٔ ایمن هیدروژن و ...)
- ابزارهای نظامی و امنیت ملی (سلاحهای جدید، هوشمندی بیشتر مهمات نظامی، تسلط بیشتر بر اطلاعات، ابزارهای محافظت در برابر سلاحهای میکروبی و شیمیایی 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 گونه‌ای که در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده یک بازار جهانی بیش از ۱۰۰۰ میلیارد دلاری در سال را ایجاد خواهد کرد و جهان را برای رسیدن به توسعهٔ پایدار امیدوار ساخته است.

۳- نگاهی به وضعیت جهانی نانوتکنولوژی

بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه (در حدود ۳۰ کشور)، برنامه‌هایی را در سطح ملی برای پشتیبانی از فعالیتهای تحقیقاتی و صنعتی نانوتکنولوژی تدوین و اجرا می‌نمایند. زیرا نانوتکنولوژی به عنوان انقلابی در شرف وقوع، آینده اقتصادی کشورها و جایگاه آنها در جهان را تحت تأثیر جدی قرار خواهد داد. [۸] در بخشی از این کشورها، در یکی دو سال اخیر تحرکات شدیدی از طرف دولتها برای سرعت بخشیدن به توسعه نانوتکنولوژی صورت گرفته و فعالیتهایی که تا قبل از این به صورت خودجوش توسط محققان انجام می‌گرفته است، با تشویق و حمایتهای مستقیم دولت ادامه یافته‌اند. به عنوان نمونه، دولت آمریکا در سال ۱۹۹۸ با توجه به خواست وسیع محققان و دانشگاهیان، گروه‌کاری بین بخشی علوم و فناوری نانو را تشکیل داد. این گروه در فوریه ۲۰۰۰، گزارشی با عنوان «پیشگامی ملی نانوتکنولوژی؛ به سوی انقلاب صنعتی بعدی» به رئیس‌جمهور آمریکا ارائه نمود که رئیس‌جمهور نیز آن را به کنگره ارائه داد. [۲] بخشی از این گزارش صرف تهییج مسؤولان آمریکا برای توجه جدی به این موضوع شده است تا آنجا که در صفحه۳۱ این گزارش ۱۰۱ صفحه‌ای عدم توجه به جنبه‌های مهم این کار ازجمله جنبه‌های فرابخشی آن مساوی با در معرض خطر قرار گرفتن آینده اقتصادی، کیفیت زندگی و امنیت ملی آمریکا دانسته شده است.یکی از بخشهای فعال این برنامه وزارت دفاع می‌باشد، که یک چهارم بودجه نیز به آن اختصاص یافته است.

محققان ژاپنی از دهه ۱۹۷۰ میلادی به صورت خودجوش در زمینه‌های تحقیقاتی نانوتکنولوژی وارد شده‌اند تا آنجا که کلمه نانوتکنولوژی نیز اول بار توسط یک محقق ژاپنی مورد استفاده قرار گرفت. دولت ژاپن اولین بار در ابتدای دهه ۱۹۹۰ بودجه‌ای را برای پشتیبانی از این تحقیقات اختصاص داد و این روند ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۹۷، ۱۲۰ میلیون دلار و در سال ۲۰۰۱، ۴۳۰ میلیون دلار اختصاص یافته است. [۷، و ۲۴]

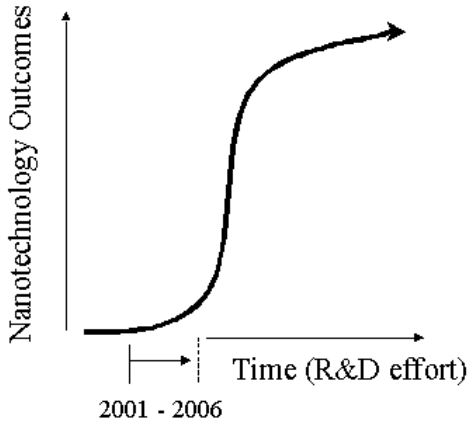
دولت کرۀ جنوبی ۵ زمینه فناوری را به عنوان صنایع نسل بعدی به عنوان اولویت این کشور اعلام نموده و برای آنها تا سال ۲۰۰۵، مبلغ ۱۰ تریلیون ون معادل ۸ میلیارد دلار اختصاص داده است. فناوری اطلاعات، بیوتکنولوژی، نانوتکنولوژی، فناوری‌های محیط‌زیست و فناوری‌های فرهنگی به عنوان حوزه‌های منتخب دولت کرۀ جنوبی اعلام گردیده است. دولت کره جنوبی، در زمینۀ نانوتکنولوژی، پرورش ۱۲،۶۰۰ کارشناس و متخصص را در ۱۰ سال آینده برنامه‌ریزی نموده است و با هدف تبدیل شدن به پنجمین کشور پیشرفتۀ دنیا در نانوتکنولوژی پیش می‌رود. [۲۴] رئیس‌جمهور کره در زمان اعلام برنامه نانوتکنولوژی کشور،

فناوری‌های پیشرفته از جمله نانوتکنولوژی را فرصتی برای تبدیل‌شدن کره به یکی از کشورهای پیشرفته دانسته است.

۳-۱- روند رشد نانوتکنولوژی

پژوهشگران و کارشناسان جهان دریافته‌اند که در علوم و مهندسی درحال نزدیک‌شدن به این اندازهٔ ناپیدا (نانومتر) هستیم. دیگر این سؤال مطرح نیست که آیا نانوتکنولوژی توسعه می‌یابد یا خیر؛ بلکه این سؤال مطرح است که چه کسی در هر عرصه، پیشتاز خواهدبود؟ به‌نظر می‌رسد سال ۲۰۰۱، نقطهٔ شروع نمودار متعارف رشد S شکل برای نانوتکنولوژی باشد و ما برای رسیدن به بخش رشد صعودی منحنی به ۵ سال زمان نیاز داریم (شکل-۱). نرخ افزایش اکتشافات علمی این بیان را تقویت می‌کند.

این نمودار نشان می‌دهد که در آینده نزدیک شاهد رشد چشمگیر تولیدات نانوتکنولوژی و نفوذ آن به زندگی انسان خواهیم بود. [۸]



شکل ۱ : منحنیS شکل برای رشد تحقیق و توسعهٔ نانوتکنولوژی

۴- نانوتکنولوژی و صنایع نظامی

از همان زمانی که نانوتکنولوژی به عنوان یک زمینهٔ پژوهشی در جهان مورد توجه قرار گرفت، صنایع نظامی به این حوزه توجه نموده و به دنبال پتانسیل کاربردهای نظامی آن بوده‌اند. البته این موضوع تقریباً در مورد اکثر فناوری‌ها صحت داشته و حتی به دلیل علاقهٔ زیاد صنایع نظامی وپشتیبانی نامحدود دولتها از این صنایع، فناوری‌های متعددی از بخش نظامی به بخشهای غیر نظامی راه یافته‌اند و در واقع تولد آنها در حوزهٔ نظامی بوده است. البته در مورد رویکرد عمومی به نانوتکنولوژی این موضوع که شروع کار از بخش نظامی

باشد، صحت ندارد ولی قطعاً شروع برخی زمینه‌های نانوتکنولوژی نیز با توجه زیاد بخشهای دفاعی از این صنایع بوده و خواهد بود. آنچه مسلم است پتانسیل بزرگ نانوتکنولوژی برای کاربردهای دفاعی به خوبی مشخص شده و به همین جهت در برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت صنایع دفاعی کشورهای توسعه‌یافته، توجه خاصی به نانوتکنولوژی شده است.

۵- کاربردهای نانوتکنولوژی در حوزهٔ سیستمهای دفاعی هوشمند

کاربردهای نانوتکنولوژی در فناوریهای نظامی را می‌توان به‌طور کلی به ۵ دستهٔ نانومواد، نانوپودرها، سنسورهای مولکولی، فناوری MEMS (وNEMS) و نانوالکترونیک، تقسیم کرد:

۵-۱- نانومواد

نانومواد، موادی جدید هستند که دارای سبکی و مقاومت کششی بالا و عمر مفیدی چند برابر مواد متداول هستند، که به دو دسته نانوکامپوزیت ها و نانوروکش ها تقسیم می شوند.در ادامه به نمونه‌هایی از کاربردهای نانومواد اشاره می‌شود:

۵-۱-۱- نانوکامپوزیت‌ها

جایگزینی نانوکامپوزیتهای فلز-فلز، سرامیکی و پلاستیکی در قطعات مکانیکی و بدنهٔ خودروها و اشیاء پرنده مثل موشک می‌تواند متضمن کاهش مصرف سوخت، افزایش عمر مفید، افزایش برد و همچنین پنهان‌ماندن از دید رادار، گردد.

طی تجربه‌ای که در وزارت انرژی آمریکا صورت گرفته‌است، مشاهده شده‌است که افزایش نانوذرات اکسید آلومینیوم به نیکل، موجب می‌شود تا مقاومت کششی آن ۲/۵ برابر فولاد یاتاقانی نوع C ۴۴۰ شود [۱۰]

در آینده با پیشرفت فناوری تولید انبوه نانولوله‌های کربنی طویل، این ماده با یک‌ششم وزن فولاد و ۵۰ برابر مقاومت کششی آن، جایگزین این فلز قدیمی می‌شود و موجب دگرگونی در کل محیط زندگی خواهدشد. [۱۲] البته نه‌در آیندهٔ دور، که هم‌اکنون این نانولوله‌ها به صورت نه‌چندان دراز ولی همراستا برای اختلاط با پلاستیکها استفاده می‌شوند، تا کامپوزیتهایی سبک، بسیار مقاوم و رسانای الکتریسیته بدست آید. [۱۳] البته پیش از تولید تجاری ارزان این نانولوله‌ها برای مصارف نظامی-که کیفیت بر قیمت غلبه دارد- می‌توان از این مواد سود جست.

منسوجات خود ترمیم‌شونده و مغناطیس‌های دائمی دارای انرژی مغناطیسی چند برابر مغناطیس‌های عادی (برای استفاده در موتورهای الکتریکی)، از دیگر موارد قابل ذکر در این زمینه‌اند.

۵-۱-۲- نانوروکش‌ها

نانوبتونه‌ها و روکش‌های تک‌مولکولی، یکی دیگر از زمینه‌های مورد توجه در نانومواد است. این لایه‌های نازک را می‌توان روی سطوح فلزی یا پلاستیکی نشاند و مقاومت سایشی و ضربه‌ای آنها را بشدت ارتقاء داد. از موارد جالب توجه نظامی در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- طرح ساخت لباسهای ضد گلوله و نازک توسط ارتش آمریکا[۳]
- روکش‌های اسپری حرارتی نانوپودرهای اکسید فلزی برای تعمیر قطعات فرسوده یا خورده‌شده در نیروی دریایی آمریکا[۱۳]
- اعمال اسپری حرارتی کاربید یا نیترید تنگستن بر روی سرجنگی با مقاومتی در حد اورانیوم تضعیف‌شده و تانتالیوم[۱۴]

۵-۲- نانوپودرها

نمونه‌هایی از کاربردهای نانوپودرها(ذرات نانومتری) به شرح زیر است:

- چون اندازهٔ نانوپودرها در حول‌وحوش طول موج نور است، طول موج رنگ آنها دقیقاً″ با اندازهٔ آنها برابر است و لذا این طول موج خاص را با تلألؤ بسیار زیادی منتشر می‌کنند. مثلاً″ فلوئورسانس فلز طلا در حالت نانوپودر بیش از ۱۰ میلیون برابر است. [۱۵] لذا در منورها یا موادی که نیاز به پراکنش شدید طیف خاصی از نور مرئی یا مادون قرمز است، می‌توان از نانوپودرها استفاده کرد. همچنین برای رنگ‌آمیزی خاص هواپیماها که با فرسایندگی سرمای شدید ارتفاعات مواجه هستند، می‌توان از رنگهای متکی بر نانوپودر بجای رنگهای آلی سود جست.
- فلزی چون آلومینیوم در صورت واکنش با اکسیژن، ۴ برابر هیدرازین انرژی آزاد می‌کند؛ ولی به دلیل کمبود سطح مؤثر، در حالت پودر واکنش محترقهٔ شدیدی ندارد. اما نانوپودرهای جدید آلومینیوم به‌طور کامل می‌سوزند و انرژی بالای خود را آزاد می‌کنند و می‌توان در هر دو نوع سوخت جامد و مایع موشک، آنها را به‌کار برد. [۱۶] با توجه به سرعت واکنش احتراق، به‌نظر می‌رسد به اکسیدانت کمتری نیاز باشد. همچنین از نانوپودرهای فلزی می‌توان بعنوان نسل بعد مواد انفجاری نیز یاد کرد.

- نانوپودرهای نقره و نانو امولسیون آب و روغن[۱۷]، می‌توانند از غشای سلولی میکروبهای سیاه‌زخم، ویروسهای ابولا یا هرنوع عامل بیولوژیکی دیگر عبور کنند و با برهم‌زدن نظم سلولی و ترکاندن آنها، آنها را از بین ببرند و البته برای انسان بدون خطر می‌باشند.

۵-۳- سنسورهای مولکولی

با کمک نانوتکنولوژی می‌توان به اشکال مختلف، سنسورهایی آفرید که به شکل تغییر رنگ یا انتقال سیگنال، مواد شیمیایی خاصی را در غلظتهای مولکولی شناسایی کنند. از این سنسورها می‌توان برای آشکارسازی مواد مخدر و منفجره (از بیرون چمدان) یا عوامل شیمیایی (مثل گازهای اعصاب) استفاده کرد. این مسأله می‌تواند روزی به سلاح "بویاب" منتهی شود.

مثلاً" محققین شرکت 3M با بکارگیری کریستال مایع متصل به گیرنده‌های خاص یک مادهٔ شیمیایی روی سطوح دارای چین‌خوردگیهای نانومتری طلا، سنسورهایی کوچک و دقیق ساخته‌اند. در این تکنیک، به محض اینکه مادهٔ شیمیایی هدف با گیرنده‌های مخصوص به خود در تماس قرار می‌گیرد، پیوند گیرنده‌ها با بلور مایع گسسته می‌شود و آرایش بلور مایع روی سطح طلا به‌هم می‌خورد، که این تغییر وضعیت برای چشم غیرمسلح، به صورت تغییر رنگ قابل مشاهده است. با این فناوری می‌توان چندین مادهٔ شیمیایی را در طی زمانهای متفاوت تماس، تشخیص داد. [۱۸]

۵-۴- فناوری MEMS و NEMS

سیستمهای میکرو (و نانو) الکترومکانیکی (MEMS و NEMS) تحولی نوین هستند، که با قیمتی کم و سرعتی بالا، با کمک فناوری ساخت مدارات مجتمع (IC) ساخته می‌شوند و به تراشهٔ حسابگر مدارات مجتمع، "چشم" و "بازو" را می‌افزایند. به این شکل که پدیده‌های مختلفی چون گشتاور، سرعت، فشار، دما و ... را "حس" کرده و پس از "تصمیم‌گیری"، موارد کنترلی لازم را "اعمال" کرده، یا "مخابره" می‌کنند. [۱۹]

از مهمترین خصیصه‌های MEMS و NEMS ، کوچکی آن است، که باعث می‌شود در همه‌جا به راحتی استفاده شوند، به راحتی تعمیر و جایگزین شوند، انرژی فوق‌العاده کمی مصرف کنند و به محیط زیست آسیبی نرسانند.

- سنسورها و عمل‌کننده‌های متکی بر MEMS از نوع شتاب‌سنج برای کنترل موشک با یک‌هفدهم حجم، یک‌چهارم قیمت و با کیفیتی بسیار بالاتر، درحال جایگزین‌شدن در موشکها و اشیاء پرندهٔ دیگر هستند. [۲۰]

- هم‌اکنون تلاش گسترده‌ای نیز برای استفاده از میکرونازل‌ها برای هدایت گلوله‌های ۴۰ میلیمتری در دست اجراست و بررسیهای دینامیک گاز در آن پایان یافته‌است. هواپیماهای کوچک جاسوسی از دیگر موارد قابل ذکر می‌باشد. [۲۰]
- فناوری عمل‌کنندهٔ MEMS در حال منسوخ‌کردن تفنگها و خمپاره‌اندازهای مکانیکی مرسوم و راهی به سمت استفاده از اتوماسیون و رباتیک پیشرفته برای جبران کمبود کمی و کیفی نیروی نظامی است. شرکت استرالیایی .Metal Storm Ltd درحال تهیهٔ سیستم جایگزین مین ضد نفر است. این سیستم شامل مجموعه‌ای از سنسورهای سنجش از نزدیک و دور می‌باشد، که می‌تواند به کامپیوتر دستی فردی در چند کیلومتر دورتر هشدار می‌دهد، که شخصی در حال نفوذ است. پس از شناسایی تهاجم می‌توان یک دوربین تلویزیونی بسیار کوچک را به صحنه پرتاب کرده، تا در حین فرودآمدن با چتر به آن فرد نشان دهد، که فرد نفوذی یک مرد شترسوار است یا یک دشمن. فرد می‌تواند واکنش مناسب را نشان دهد، شاید فقط صدای زیادی ایجاد کند تا مرد شترسوار را بترساند، یا سیستم الکترونیکی شلیک خمپاره‌انداز را به کار بیاندازد.

شکل۲: نمایی ازیک سیستم خمپاره‌انداز ۶۴ لوله‌ای فرضی می‌تواند کل ۲۵۶ تیر خود را در ۹ هزارم ثانیه شلیک کند. [۲۱]

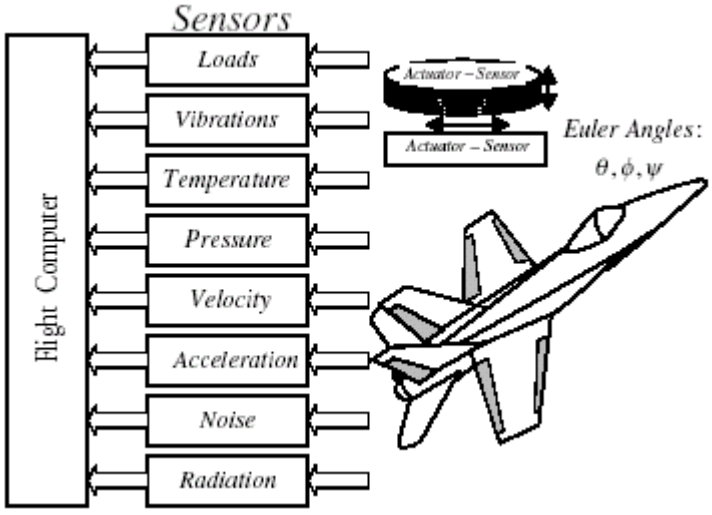
این شرکت همچنین امیدوار است، از فناوری سنسورهای MEMS در تولید اسلحه‌های فردی هوشمند،که تنها در دست افراد مسؤول شلیک می‌کنند، استفاده کند.

- عمل‌کننده‌های MEMS پس از ۱۷۰ سال تک‌تازی الکتروموتورها، درحال کنارزدن آنهاست. بعنوان مثال شرکت Nano Muscle تلاش دارد تا در سال آینده، محصول خود را با ۵ برابر کارآیی انرژی، ۱۰ برابر سرعت، یک‌سوم وزن و یک‌پنجاهم قیمت، جایگزین موتورهای الکتریکی کوچک وسایل الکترونیکی خانگی کند. [۴]
- سیستمهای ارتباطی با فرآیند MEMS دگرگون خواهندشد. در ۷ فوریهٔ ۲۰۰۰، دو سوئیچ رادیویی MEMS که با سیمی به طول ۳۰ متر به هم متصل شده‌بودند، از ماهوارهٔ مادر خارج شدند و توانستند با سوئیچ سوم در زمین ارتباط موفقیت‌آمیزی داشته‌باشند. در آیندهٔ

"نانوماهواره"ها را می‌توان به راحتی در هنگام نیاز به فضا پرتاب کرد تا وظیفهٔ ارتباطی یا سنجش از راه دور خود را در فضا انجام دهند. [۲۰] کیفیت ارتباطی با فناوری MEMS بی‌نظیر می‌باشد و با ورود گستردهٔ آن به بازار، می‌تواند مثلاً" به فیلترها، گیرنده‌ها، فرستنده‌های بسیار کوچکتر و آنتنهای گیرندهٔ تنک‌تر (عدم نیاز به آنتن ماهواره!)، منجر شود. [۲۰]

۵-۵- نانوالکترونیک

- با کوچکترشدن قطعات میکرو الکترونیک به عرصهٔ نانومتر، دیگر فناوری لیتوگرافی سیلیکونی جوابگو نخواهدبود و فناوری اطلاعات به ناچار توسط الکترونیک مولکولی و کوانتومی، احاطه خواهد شد. الکترونیک مولکولی که بر پایهٔ مولکولهای آلی بزرگ، نانولوله‌های کربنی یا مولکولهای DNA می‌باشد[۱۵]، تا حدود ۲۰۰۷ وارد بازار خواهدشد و سرعتهایی در حد لااقل چندصد برابر را به تراشه‌های امروزی خواهد بخشید. البته لازم به‌ذکر است، که نانوالکترونیک علاوه بر پردازش شامل ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات نیز می‌شود.



شکل ۳: بکارگیری سنسورهای میکرو/نانو متری در هواپیما [۲۳]

نوع دیگری از الکترونیک نیز که هم‌اکنون درحال پیگیری است، ولی حدود ۳۰ سال ظهور آن وقت می‌برد، الکترونیک کوانتومی است، که می‌تواند مثلاً" عمل "رمزگشایی کلیدی" (Key Encryption) را ،که در رایانه‌های امروزی حدود یک میلیون سال وقت می‌برد، در عرض یک ماه انجام دهد، و به این ترتیب مسائل امنیتی را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، خواص مکانیک کوانتومی منجمله "انتقال اطلاعات از راه دور" بدون نیاز به سیم! بر این نوع تراشه حکمفرما خواهدبود. [۲۲]

- نانوالکترونیک بعنوان یک فناوری متحول‌کننده، همه‌چیز ازجمله فناوری نظامی را درهم خواهدریخت. تفوق اطلاعاتی پی‌درپی در نبردهای آینده، تعیین‌کننده برندهٔ نبرد می‌باشد. [۷]

- ″واقعیت مجازی″ پیچیده‌تر متکی بر نانوالکترونیک، می‌تواند برای شبیه‌سازی عینی بسیاری از رخدادها بکار رود و سیستمهای مدیریتی و آموزش پرسنل را ارتقاء دهد. [۷]
- قوی‌تربودن تراشه‌های الکترونیکی، بیانگر دقت ناوبری، هواپیما و موشک‌هاست. [۷] کافیست تصور کنید یک ابررایانه را درون یک موشک قرار داده‌ایم.
- توانایی تحلیل و انتقال دادهٔ بالا، موجب می‌شود سنجش از راه دور که در شناسایی عملیات نظامی دخیل می باشد، بیشتر درگیر شود و اطلاعات بیشتری را بتوان از آن استخراج کرد.(مثل ردگیری یک پایگاه زیر زمینی یا حرکات دشمن در پس مه و گردو غبار) شاید در آن هنگام ساده‌ترین کارها، پیش‌بینی زمان دقیق نزولات آسمانی و شکست‌های نظامی باشد.

آنچه مسلم است این است، که اثرات چنین فناوری بزرگی را به سختی می‌توان پیش بینی کرد.

۶- توجه جهانی به نانوتکنولوژی دفاعی

همانگونه که گفته شد به دلیل پتانسیل بالای نانوتکنولوژی برای کاربردهای دفاعی، این حوزه مورد توجه زیاد سازمانهای نظامی دنیا قرار گرفته است. حتی قبل از آنکه دیگر بخشهای دولتهای بزرگ به برنامه‌ریزی واختصاص بودجه به نانوتکنولوژی بپردازند، بخشهای دفاعی برنامه‌هایی برای توسعهٔ آن داشته‌اند به عنوان نمونه وزارت دفاع آمریکا در اواخر دههٔ ۸۰ و انگلیس در دههٔ۹۰ پروژه هایی در این زمینه داشته‌اند [۲۴]

یکی از کشورهایی که در دو سه سالهٔ اخیر به صورت جدی به نانوتکنولوژی نظامی پرداخته است، آمریکا می‌باشد. در برنامهٔ پیشگامی ملی نانوتکنولوژی کشور آمریکا در سالهای ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ و همچنین برنامهٔ پیشنهادی سال ۲۰۰۳ تقریباً یک چهارم بودجه به وزارت دفاع اختصاص یافته است.[۲۴]

در این برنامه وزارت دفاع آمریکا در رشته‌های جمع‌آوری، پردازش، ذخیره و نمایش اطلاعات، مواد کارآمد و دفاع شیمیایی و بیولوژیکی فعالیت می کند و نانوالکترونیک، حسگرهای بیوشیمیایی و مواد و همچنین ابزارهای جدید شناسایی در مقیاس نانو از زمینه‌های مهم فعالیت این وزارتخانه می باشد. این وزارتخانه برنامه‌های خود را از طریق تعریف پروژه برای دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی، محققان منفرد، آزمایشگاههای وابسته و همچنین فراهم نمودن زیرساختهایی چون تجهیزات با کارایی بالا به انجام می‌رساند.[۲]

از جمله برنامه‌های اصلی وزارت دفاع آمریکا در نانوتکنولوژی که در سال ۲۰۰۲ اضافه شد، حسگرهایی چند کاره است. این حسگرها توانایی حس، پردازش، محاسبه و مخابره اطلاعات را دارند و اندازهٔ

آنها واقعاً در ابعاد نانومتر می‌باشد. با قراردادن این حسگرها، می توان هوشمندی را به همه تجهیزات، سلاحها و مهمات اضافه نمود وبه سادگی می‌توان تصور نمود که یک ابرکامپیوتر می‌تواند در هر بخش از تجهیزات و مواد، در بدنهٔ هواپیما و موشک، در بمب و مین و در همهٔ تجهیزات نظامی وجود داشته باشد.

آمریکاییها به دنبال نسل جدید قابلیتهای نظامی هستند که تصور می‌کنند با نانوتکنولوژی ایجاد خواهد شد. هوشمندی، جزء اصلی همهٔ لوازم جنگی آینده است. حتی لباس سربازان نیز می تواند به نوعی هوشمند باشد.

علاوه بر آمریکا در برنامه های نظامی انگلیس، فرانسه، روسیه، و آلمان نیز می‌توان نانوتکنولوژی را دید وقطعاً اطلاعات موجود بخش ناچیزی از برنامه های واقعی آنهاست.

۷- نتیجه گیری و پیشنهاد

نانو تکنولوژی دارای کاربردهای زیادی در عرصهٔ دفاعی است وتأثیر عمده‌ای در هوشمندی هر چه بیشتر تجهیزات و مهمات و سیتمهای دفاعی دارد. هوشمندی بیشتر و اندازه و وزن کوچکتر، از مهمترین نتایج کاربردهای نانوتکنولوژی در دفاع خواهد بود که البته این مسیر، نسبتاً طولانی است ولی شواهدی از اطلاعات منتشر شدهٔ دنیا نشان می‌دهد که بعضی از دستاوردهای آن در سالهای جاری به تحقق پیوسته یا خواهد پیوست.

کشور ما نیز قطعاً نیاز دارد، که با برنامه‌ریزی بلندمدت، بخش دفاعی خود را با این روند اجتناب‌ناپذیر دنیا همراه سازد. بدین منظور پیشنهاد می‌شود اولاً نانوتکنولوژی به عنوان یکی از محورهای اولویت‌دار در وزارت دفاع مورد توجه قرار گیرد و ثانیاً برنامه‌ای برای موفقیت در این عرصه زیر نظر مسوولان رده بالای این وزارت‌خانه تدوین شود. آموزش محققان، استفاده از پتانسیل‌های تحقیقاتی دانشگاهها ومراکز پژوهشی و همچنین ایرانیان مقیم خارج، از بخشهای این برنامه خواهد بود. راه‌اندازی واحدهای تحقیق و توسعهٔ نانوتکنولوژی در داخل مراکز صنعتی دفاع نیز پیشنهاد می‌شود. موضوعات تحقیق وتوسعهٔ این مراکز باید توسط گروهی از اندیشمندان در این وزارتخانه تعیین شود.

امید که بتوانیم در این عرصهٔ پیش‌رو با تصمیم گیری به موقع و برنامه ریزی درست، تجربهٔ تلخ فناوری های قبلی را تکرار ننموده و در این زمینه به موفقیت دست یابیم.

۸- مراجع

[۱] فیلیپ، آنتون و همکاران، *"انقلاب جهانی تکنولوژی"*، کمیتهٔ مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، تهران، ۱۳۸۰.

[۲] *"برنامه پیشگامی ملی نانوتکنولوژی آمریکا"*، کمیتهٔ مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، تهران، ۱۳۸۰.

[۳] *"ارتش آمریکا لباسی از نانوتکنولوژی به تن سربازانش می پوشاند"*، آدرس: http://www.tco.ac.ir/nano/Farsi/News/WORLD/Jul/Army.htm.

[٤] *"وسایل الکترونیکی کوچکتر و سبکتر با عمل‌کننده های NanoMuscle"*، آدرس: http://www.tco.ir/nano/Farsi/News/WORLD/Sep/NanoMuscle.htm.

[5] WTEC, "*Review of U.S. R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices*." Siegel, R., E. Hu, M. Roco and G. Holdridge, Loyola University, Baltimore, Maryland, 1997.

[6] NSTC (U.S. National Science and Technology Council), 2000, "*National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan*", Washington, D.C., 2000.

[7] M.C. Roco, W. Bainbridge، 2001, "*Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*", NSF Report, Kluwer Academic Publishers, Boston.

[8] M.C. Roco*, "International Strategy for Nanotechnology Research and Development ",* J. of Nanoparticle Research, Kluwer Academic Publ., Vol. 3, No. 5-6, pp. 353-360, 2001.

[9] M.C. Roco*, "A Frontier for Engineering",* J. of Mechanical Engineering, May 2001.

[10] *"Nanotechnology Research* Directions*: Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade"*, IWGN Workshop Report, Sep 1999.

[11] Feynman, R., *"There is plenty of room at the bottom"*, Caltech Institute, 1959, URL: http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html.

[12] Susan Killenberg McGinn*,"Milestone measurement made of nanotube strength"*, URL: http://wupa.wustl.edu/record/archive/2000/02-03-00/articles/nanotube.html.

[13] Ann M. Thayer, *"Firms Find A New Field Of Dreams"*, C&EN Journal, Monday, October 16, 2000 .

[14] Dr.T.S.Sudarshan," Plasma Synthesis of Nanoparticles," URL: http://www.nttc.edu/resources/funding/awards/dod/dodsttrp296.asp.

[15] Ron Dagani,*"Building From The Bottom Up",* C&EN Journal, Monday, October 16, 2000

[16] *"Nano Aluminum Powder for Medium-Caliber Projectiles, Accelerator or as a Booster,"* URL: http://www.argonide.com/propellants.html.

[17] Tom Henderson,*"Nanoparticles may get draft notice as mini smart bombs against terror,"* URL: http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=2359, Oct. 8, 2001.

[18] Ginger Pinholster,*"Shifting liquid crystals may serve as personal, portable chemical sensors,"* URL: http://www.eurekalert.org/pub_releases/2001-08/aaft-slc080901.php, Aug 16,2001.

[19] *"What is MEMS Technology?,"* URL: http://www.mems-exchange.org/MEMS/what-is.html.

[20] William C. Tang, Ph. D., *"MEMS Programs at Darpa,"* URL: http://www.darpa.mil/mto/mems/presentations/memsatdarpa3.pdf.

[21] Tom Henderson, *"Land Mine Alternatives would help distinguish friend from foe,"* URL:http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=2101, Sept. 6, 2001.

[22] *"Quantum Computing Explored,"* URL: http://www.news.ucdavis.edu/, Sep 10,2001.

[23] Sergey Edward Lyshevski, *"Nano-and Microelectromechanical Systems," CRC Press, 2001.*

[۲٤] سایت کمیتهٔ مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، http://www.tco.gov.ir/nano