

مقاله پژوهشی: شناخت مقوله انرژی در حوزه نظامی از منظر بکارگیری

قابلیت‌های فناوری نانو

مجتبی سعادت^۱، محمدرضا خراشادی‌زاده^۲، علیرضا عین‌القضاتی^۳، فریما آگند^۴، علی ولی سلطانی^۵

پذیرش مقاله: ۹۸/۰۲/۱۶

دریافت مقاله: ۹۸/۰۱/۱۶

چکیده

با تداوم روند توسعه و بکارگیری فناوری نانو در کشورهای پیشرو علم و فناوری جهان و نمایان شدن تدریجی قابلیت‌های بی نظیر آن به خصوص در بخش انرژی حوزه نظامی یعنی سبکسازي و ارتقاء توان منابع انرژی و مواد پر انرژی سامانه‌ها و همچنین افزایش تنوع روش‌های تبدیل، تولید و ذخیره سازی انرژی سامانه‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهای جدیدی پدید آمده که بکارگیری آنها نیازمند ملاحظه و تامل دقیق در اولویت‌بندی سامانه‌ها با هدف ارتقاء توان نظامی و تخصیص هدفمند بودجه و اعتبار لازم در این حوزه می‌باشد. بدیهی است اخذ تصمیمات کلان و راهبردی بر این پایه نقش مهمی در کسب سطوح بالاتر امنیت و اقتدار نظامی کشور داشته و در راستای تحقق اهداف چشم انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. با این نوشتار، تحقیق پیش رو با هدف "ارائه شناخت مقوله انرژی در حوزه نظامی از منظر بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو" با رویکردی آمیخته در ابتدا و به روش کیفی و استفاده از اسناد و مدارک به جمع آوری ادبیات و طراحی مدل مفهومی تحقیق پرداخته و در ادامه با استفاده از روش کمی با ابزار پرسشنامه و جمع آوری داده‌ها از جامعه نمونه که منطبق بر جامعه آماری مدیران راهبردی حوزه نظامی کشور که دست اندر کار امور فناوری بوده و آشنایی کافی به فناوری نانو را نیز دارا بودند (به تعداد ۵۶ نفر) و تجزیه و تحلیل آن با نرم افزار پیشرفته "Smart PLS" به اولویت‌بندی بخش‌های مختلف حوزه نظامی بر اساس میزان تاثیر این بکارگیری در ارتقای توان نظامی کشور پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان تاثیر قابلیت‌های فناوری نانو در مقوله انرژی حوزه نظامی کشور در سامانه‌های بخش فاوا و جنگال حوزه نظامی و سپس در سامانه‌های بخش دریایی و زمینی و در ادامه و به ترتیب در سامانه‌های بخش‌های هوایی، پدافند هوایی، فضایی و طب نظامی کشور می‌باشد که با توجه به نزدیکی مقادیر ضرایب بارعاملی آنها، می‌توان نتیجه‌گیری نمود، تمامی بخش‌های حوزه نظامی کشور تا افق ۱۴۰۴ به مقدار زیادی در مقوله انرژی از قابلیت‌های فناوری نانو متاثر می‌گردند.

واژگان کلیدی: مقوله انرژی، بکارگیری فناوری، فناوری نانو، حوزه نظامی

۱ استاد میکروبیولوژی دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام)

۲ استادیار ریاضی دانشگاه عالی دفاع ملی

۳ دکترای مدیریت راهبردی نظامی دانشگاه عالی دفاع ملی

۴ کارشناس ارشد شیمی عالی دانشگاه P.A.U هند

۵ دانشجوی دکتری علوم دفاعی راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی (نویسنده مسئول)، a.v.s@chmail.ir

مقدمه

خداوند در قرآن کریم، با اشاره به یکی از مواهبی که به حضرت داود اعطا نموده، به قومش می-فرماید: "وَعَلَّمْنَاهُ صَنْعَةَ لَبُوسٍ لَّكُمْ لِيُحْصِنَكُمْ مِنْ بَأْسِكُمْ فَهَلْ أَنْتُمْ شَاكِرُونَ" و ساختن زره را بخاطر شما به او تعلیم دادیم، تا شما را در جنگ‌هایتان حفظ کند، آیا شکرگزار (این نعمت‌های خدا) هستید؟ "چنانچه در این آیه بنا بر نقل شیخ طوسی^(رحمه‌الله‌علیه) واژه لبوس را اعم از زره و به معنی هر نوع سلاح بدانیم، این کارکرد نمود بیشتر و ظهور درخشنده‌تری خواهد داشت، همچنین احسان نیز به معنی احراز و در پناه گرفتن و مصونیت بخشیدن است و فناوری باید همچون حصار آمن برای اهل ایمان و بانیان حکومت حق باشد." (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۶) در دیدگاه بنیانگذار کبیر انقلاب اسلامی حضرت امام خمینی^(رحمه‌الله‌علیه) که برگرفته از تعالیم اسلام ناب محمدی^(صلی‌الله‌علیه) می‌باشد، نیز بکارگیری فناوری‌های پیشرفته و مناسب و توسعه فناوری‌های نظامی، از عناصر مهم ارتقاء قدرت نظامی و دفاعی جامعه بشمار می‌آید (جمشیدی، ۱۳۸۰: ۵۹۶). همچنین از مهمترین تدابیر راهبردی مقام عظمای ولایت و فرماندهی کل قوا^(مدظله‌العالی) در این خصوص به نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران و در مقاطع مختلف زمانی، دارا بودن خصیصه هوشیاری و کسب آمادگی و توجه به عدم غافلگیری و تداوم پیشرفت‌های علمی و فناوری در تمام ابعاد نیروهای مسلح می‌باشد، بخشی از این بیانات عبارت است از: "پیشرفت‌هایی که تا امروز نیروهای مسلح ما در این زمینه داشته‌اند، نمونه است. یعنی در سطح کشور با اینکه خوشبختانه کشور ما از لحاظ پیشرفت‌های علمی و فناوری یک سطح قابل قبول و برجسته‌ای در دنیا دارد، اما در بین مجموعه‌ی پیشرفت‌ها، پیشرفت‌های تسلیحاتی و پیشرفت‌های نظامی ما جزو برترین‌ها است... خوشبختانه نیروهای مسلح در بخش‌های مختلف، خودشان یا بالمباشره و یا با برنامه‌ریزی و با استفاده‌ی از دستگاه‌های علمی و فناوری توانسته‌اند کارهای بزرگی بکنند و این کار باید ادامه پیدا کند. آنچه من تأکید می‌کنم این است که پیشرفت‌های کشور در زمینه‌های تسلیحاتی و در زمینه‌های آمادگی‌های رزمی باید همچنان طریق پیشرفت را ادامه بدهد، دشمنان ما این را نمی‌خواهند."^۲

^۱ - سوره انبیاء آیه ۸۰

^۲ - بیانات معظم‌له در دیدار با جمعی از فرماندهان و کارکنان ارتش جمهوری اسلامی ایران در مورخه ۱۳۹۴/۱/۳۰

لزوم بهره‌گیری از این تعالیم و توجه به این مهم که امروزه تغییر و تحول فناورانه و بکارگیری قابلیت‌های فناوری‌های جدید در جهان به شدت افزایش یافته و ظهور این پدیده در حوزه نظامی از یک طرف و فشارهای بیش از حد استکبار جهانی بر کشورهای مستقل جهان و به خصوص کشور ما با حربه تحریم‌های علمی، فناوری، اقتصادی که بر این پیچیدگی‌ها افزوده است، تصمیم‌گیری-های کلان مدیریتی را در تمام حوزه‌ها و بخصوص حوزه فناوری‌های نظامی بیش از پیش مشکل ساخته است. از طرفی روند روزافزون توسعه فناوری نانو در حوزه نظامی کشورها و این مهم که از نظر نظامی فناوری نانو برای کشورمان، هم فرصت و هم تهدید به شمار می‌آید، به این واقعیت که بکارگیری آن برای کشور یک فرصت در ارتقاء توان دفاعی و بازدارندگی بشمار می‌رود و تلاش‌های دشمنان ما در بکارگیری این فناوری در حوزه نظامی یک تهدید، همراه با خطر غافلگیری فناورانه در آینده برای ما تلقی می‌گردد و توجه به این نکته که ایالات متحده آمریکا (اصلی‌ترین تهدید کننده امنیت ملی جمهوری اسلامی ایران) چون دیگر زمینه‌های نظامی بیشترین تلاش را در راستای بکارگیری فناوری نانو در حوزه نظامی انجام داده است، سبب گشته که فقدان شناخت و اولویت‌بندی بخش‌های حوزه نظامی کشور بر اساس میزان تاثیر بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو مانند قابلیت‌های این فناوری در مقوله‌های انرژی، مواد، زیست و غیره جهت استفاده در برنامه‌ریزی‌های بلند مدت نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران یکی از نیازمندی‌های مدیران راهبردی در این حوزه باشد. این تحقیق نیز با هدف شناخت مقوله انرژی در سازمان‌های عمده نظامی از منظر میزان تاثیر بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو و سئوال‌های ۱- قابلیت‌های عمده فناوری نانو در مقوله انرژی سازمان‌های نظامی کشور کدام است؟ و ۲- اولویت‌بندی بخش‌های حوزه نظامی در ارتقای توان حوزه نظامی ناشی از بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در مقوله انرژی، کدام است؟ صورت پذیرفته است.

مبانی نظری

- پیشینه‌شناسی

آنسل یاربوگ^۱ (۲۰۱۰) در بخشی از نتایج تحقیق خود با عنوان "تاثیر نانو انرژی بر بخش دفاع ایالات متحده آمریکا تا سال ۲۰۳۵" آورده است که فناوری نانو در ۵۰ سال آینده یقیناً تمامی الگوهای سیستم‌های جنگ افزار حوزه نظامی را متحول خواهد نمود و تا سال ۲۰۳۵ نیز تحول

1 - Ancel B. Yarbrough II, Col, USAF

عظیمی در بخش مواد پر انرژی، سوخت و باتری‌های این حوزه را موجب خواهد شد. آنوپام تیواری^۱ (۲۰۱۲) در بخشی از نتایج تحقیق خود با عنوان "نانو فناوری نظامی" به بیان کاربردهای بالقوه و در حال توسعه این فناوری در حوزه نظامی پرداخته و یکی از کاربردهای در حال توسعه این فناوری در حوزه نظامی را کمک به ساخت مواد پر انرژی با تراکم بیشتر انرژی و میزان آزاد سازی انرژی بیشتر و ساخت باتری‌هایی با وزن ۲۰ تا ۳۰ درصد کمتر و حجم کوچکتر که موجب کاهش حجم و وزن تجهیزات و تسلیحات نظامی و قابلیت حمل راحت‌تر برای سربازان نیز می‌گردد، عنوان نموده است. عین القضاتی و همکاران (۱۳۹۴) در بخشی از نتایج تحقیق خود با عنوان "نقش فناوری نانو در همگرایی و ارتقاء توان دفاعی جمهوری اسلامی ایران" و در قسمت بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در ارتقاء قدرت و مواد پر انرژی حوزه دفاع و رزم، موارد زیر را بعنوان موارد بکارگیری ارائه نموده است: ۱- نانو پودرهای فلزی جدید به عنوان نسل بعدی مواد انفجاری و سوخت جامد و مایع برای موشک‌ها ۲- ساخت سوخت و اکسید کننده در ابعاد نانو و دستیابی به توان انهدام و قدرت آتش بیشتر. ملکوتی‌خواه و همکاران (۱۳۹۴) در بخشی از تحقیق خود با عنوان "نانو فناوری و آینده انرژی" به بیان پیشرفته‌ترین پروژه‌های تحقیقاتی دنیا در زمینه بکارگیری فناوری نانو در حوزه عمومی انرژی سامانه‌ها پرداخته و عناوین کلی این پروژه‌ها را، افزایش قابلیت‌های ذخیره‌سازی، تبدیل و ارتقاء منابع انرژی و بطور خاص در محصولاتی مانند باتری، کاتالیزور، سلول‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی بیان نموده است. همچنین در گزارش نتایج تحقیقی که توسط کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیکال^۲ (IEC) و موسسه تحقیقاتی نوآوری و سامانه‌های فرانوفر آلمان^۳ (۲۰۱۴) با عنوان «فناوری نانو در بخش‌های انرژی خورشیدی و ذخیره انرژی» انجام شده است، فناوری نانو در برگیرنده مزایای گسترده‌ای برای بخش انرژی، بویژه بخش ذخیره انرژی و انرژی خورشیدی دانسته شده که با افزایش ظرفیت ذخیره باتری‌ها، تولید ارزان‌تر باتری‌های خورشیدی، افزایش عمر مفید باتری‌های خورشیدی و افزایش عمر باتری‌های خودروها ناشی از توسعه فناوری نانو در بخش انرژی حاصل می‌شود (Seitz et al, 2014).

(91).

1- Anupam tiwari

1- International Electrotechnical Commission

2- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research

– مفهوم شناسی**– فناوری با رویکرد دفاعی**

در شرایطی که علیرغم وجود قراردادهای مختلف منع تکثیر سلاح‌های کشتار جمعی، قدرت‌های نظامی کماکان به تولید و انبار کردن این سلاح‌ها ادامه می‌دهند، چاره‌ای جز توانمندسازی فناوری نظامی در سطح ملی نیست. از سوی دیگر زمانی فناوری نظامی می‌تواند موثر باشد که با تفکرات راهبردی نظامیان آن کشور همراه باشد. لذا تبعیت و هم راستایی سیاست‌های فناورانه در سطح ملی با راهبردها و دکترین‌های نظامی کشور، امری اجتناب ناپذیر است. به علاوه تجربه‌های تاریخ جنگ‌های گذشته نشان داده‌است که فرماندهانی در جنگ‌ها موفق بوده‌اند که از فناوری‌های نو و یا نوظهور زمان خود آگاهی داشته و به درستی از آن استفاده نموده‌اند. این حقیقت سبب می‌شود که ضرورت رابطه‌ای تنگاتنگ میان حوزه نظامی و حوزه علم و فناوری احساس گردد تا نیازمندی‌های متقابل دو طرف شناسایی و چالش‌ها پیش‌رو مرتفع شوند (کریمی، ۱۳۸۷: ۲۳). از سویی دیگر توان دفاعی و موفقیت هر کشور در پاسخ به تهدیدات متفاوت و مستلزم در اختیار داشتن توانایی‌های گسترده در فناوری‌ها می‌باشد بی‌شک برتری فناوری یکی از مهمترین عوامل برتری دفاعی بوده و برتری فناورانه منجر به برتری در ابعاد مختلف دیگر نیز خواهد شد قطعاً این اهمیت و تاثیرگذاری با ظهور فناوری‌های نوین سرعت و شدت بیشتری یافته‌است. فناوری‌های نوین شامل: فناوری زیستی، فناوری نانو و فناوری اطلاعات و فناوری شناختی می‌باشد که به عنوان فناوری‌های کلیدی جهان در این قرن محسوب می‌شوند و به عنوان فناوری انقلابی با دگرگونی و تحول عمیق و بنیادین خود بیشترین تاثیر را در حوزه دفاعی گذاشته است (حکیمی، ۱۳۸۶: ۱۱). فناوری نظامی از جمله عوامل مهمی است که در صورت انتخاب و بکارگیری صحیح می‌تواند سرنوشت شروع و یا نتیجه جنگ را تعیین نماید (امیدوارنیا، ۱۳۷۰: ۱۵). در اینجا تاکید بر فناوری، به عنوان سنگ بنای قدرت ملی، منحصراً به درک توانایی یک کشور در تولید هوشمندانه‌ترین فناوری‌های مهم و خاص در عصر حاضر است، اینکه فناوری مهم چیست؟ خود موضوعی پیچیده و سئوالی است که بحث‌های زیادی را بر می‌انگیزد. ولی درباره اینکه امروز کدام فناوری‌ها مهم ارزیابی می‌شوند، بین دولت‌ها، صنایع و کارشناسان فناوری، اجماع تقریبی وجود دارد (کالینز، ۱۳۸۴: ۲۵۰).

- فناوری نوظهور^۱

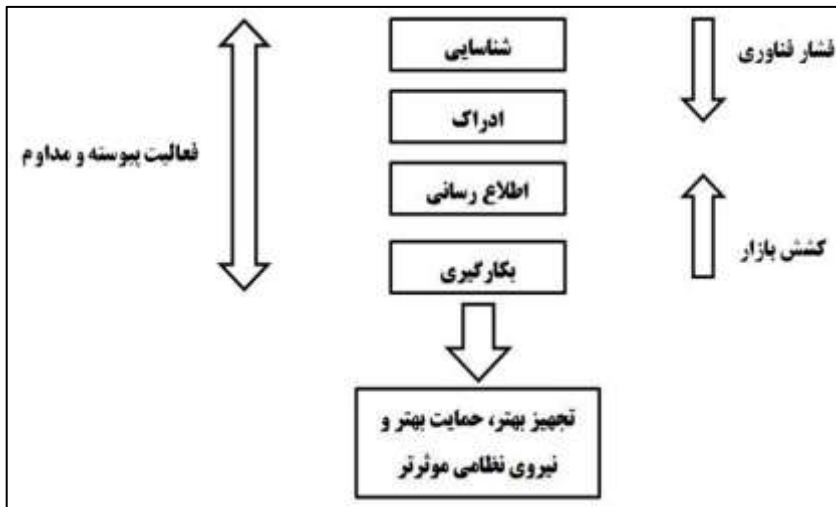
به فناوری‌های جدیدی از جمله: شناختی، نانو، زیستی، IT و مواد پیشرفته اطلاق می‌شوند که در آینده می‌توان از آنها محصول و سامانه‌های جدید خلق نمود (مرکز معماری و ساماندهی ظرفیت‌های تحقیقاتی، ۱۳۹۱).

- بکارگیری فناوری‌های نوظهور در حوزه نظامی

همانطور که در سطور قبلی آمد، فناوری‌های نوظهور آن دسته از فناوری‌های جدید و ممتازی هستند که پی‌ریزی توانمندی‌های فنی آینده را موجب می‌شوند. آنها آینده محیطی را به تصویر می‌کشند که در آن نیروهای نظامی مجبورند در آن عمل نمایند، آنها بصورت بالقوه می‌توانند راهی را تعریف مجدد نمایند که در آن جنگ‌افزارهای مدرن هدایت می‌گردند و ممکن است سبب منسوخ شدن توانمندی موجود گردد.

فناوری‌های نوظهور می‌توانند هم به صورت تهدید و هم فرصت ظاهر می‌گردند آنها بالقوه دارای خصوصیات ذیل هستند:

- ۱) تغییر محیط آینده‌ای که در آن نیروهای نظامی عمل می‌نمایند.
 - ۲) تعریف مجدد در خصوص اینکه چگونه جنگ آوری انجام گیرد.
 - ۳) بازیابی سامانه‌های دفاعی موجود و منسوخ شده.
 - ۴) فراهم آوری توانمندی‌های نظامی جدید و از لحاظ هزینه‌ای موثر.
- جهت بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور در حوزه نظامی در غالب یک فرایند موثر که در شکل شماره (۱) نمایش داده شده است، می‌توان عمل نمود (پسندیده، ۱۳۹۰: ۱۰۸-۱۰۷).



شکل ۱: فعالیت‌های کلیدی برای افزایش بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور در حوزه نظامی

(پسندیده، ۱۳۹۰: ۱۰۸)

– فناوری نانو و اهمیت آن

فناوری نانو به دانش فنی ساخت و کنترل مواد در مقیاس حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر منظور استفاده از خصوصیات و پدیده‌های وابسته به ساختار و اندازه ذرات اطلاق می‌گردد (ISO, 2010). درباره اهمیت این فناوری در دنیا می‌توان گفت پس از اینترنت، فناوری نانو بعنوان شگفتی بعدی در جهان مطرح شده که سهم بسزایی در انقلاب صنعتی سوم دارد. ساختار یا ابعاد مقیاس نانو سبب می‌شود تا خصوصیات در نانو مواد پدیدار شوند که در توده مواد یافت نمی‌شوند، این خصوصیات و قابلیت‌های جدید می‌توانند بسیاری از مشکلات را در حوزه‌های فنی مختلف از جمله مقوله انرژی را رفع و مزیت‌های جدیدی را ایجاد کند. از اینرو بسیاری از دانشمندان علوم و فناوری‌های موجود دنیا به سمت بهره‌گیری از این قابلیت‌های خاص در مقوله انرژی حرکت نموده‌اند، "در حوزه نظامی نیز فناوری نانو تا پایان سال ۲۰۳۵ تأثیر عمیقی بر ساختار و نحوه عمل ارتش‌ها خواهد داشت. کشف‌های مهم در این علم با رشدی شتابان، کوچک‌سازی جنگ‌افزارها، کاهش هزینه سیستم‌های پرتاب هوایی و باتری‌های با قابلیت شارژ و انعطاف بالا را به‌آسانی مهیا خواهند کرد. در حال حاضر، بسیاری از کشورها و صنایع در حال سرمایه‌گذاری در تحقیقات علمی عمیق برای یافتن پیشرفت‌هایی هستند که هزینه‌های نظامی را کاهش و تسلیحات را بر اساس اهمیت مورد نظر بهبود خواهند داد" (Mumford, 2009). در حال حاضر کاربرد فناوری نانو در

باتری‌های یون-لیتیم، پیل سوختی، دیودهای نشر نور، ابرخازن‌ها و پیل‌های خورشیدی از جمله موضوعات داغ در حوزه انرژی محسوب می‌شوند. در چنین شرایطی ارتش‌های بی توجه به بهره‌گیری از قابلیت‌های فراوان فناوری نانو در مواجهه با دشمن مجهز به این قابلیت‌ها، در شرایط بسیار نامساعد و نامطلوبی قرار خواهند داشت.

– فناوری نانو و مواد پر انرژی

دستیابی به توان انهدامی و قدرت آتش بیشتر نکته‌ای است که همواره مدنظر فعالان حوزه نظامی بوده است.^۱ به گواه تاریخ، پیشرفت‌ها در مواد پر انرژی، عملیات‌های نظامی را به‌طور بنیادین تغییر داده است. برای مثال، استفاده از باروت بی‌دود تند سوز^۱ در جنگ آمریکا و اسپانیا سال ۱۸۹۸، نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا را بسیار قدرتمندتر از نیروی دریایی اسپانیا ساخت، ترکیبی از آلومینیوم پودر شده و دوغاب چسب^۲، سخت شده درون تکه باروت^۳، ساخت موشک‌های بالستیک دریا-پایه^۴ را در دهه ۱۹۶۰ ممکن ساخت که برای بازدارندگی جنگ سرد، حیاتی بود، در سال ۲۰۰۵، بمب ترموباریک^۵ به‌وسیله ایجاد فشارهای ویران‌کننده در عمق و تونل‌های حلزونی در افغانستان، توانمندی‌های هدف‌یابی منحصر به فردی برای نیروی‌های ایالات‌متحده آمریکا فراهم نمود (Gates, 2009). در آینده نزدیک^۶ به کمک فناوری نانو شاهد ایجاد نسل جدید مواد پرانرژی و در نتیجه تغییر و تحول چشمگیر در این زمینه خواهیم بود، موادی با ابعاد کوچک‌تر ولی با توان بیشتر که دارای دانسیته انرژی بالایی می‌باشند. با به‌کارگیری این فناوری و ساخت سوخت و اکسیدکننده در ابعاد نانو، هدف آرمانی کاهش اندازه سلاح‌ها همراه با افزایش قدرت انفجاری و تخریب آنها حاصل می‌شود. (American Council, 2005) نانو ذرات آلومینیومی از جمله ذراتی است که هم‌اینک در حال تولید است. این ذرات در ابعاد نانویی و خلوص بیش از ۹۹/۹۹ درصد تولید شده و با داشتن مساحت سطح بالا از واکنش‌پذیری بسیار بالایی برخوردار می‌باشند و در مقام بررسی عملکرد و مقایسه نانو ذرات آلومینیوم و اکسید مولیبدن با مواد مرسوم چون تی ان تی^۶ و اچ ام ایکس^۷، ذرات نانویی دانسیته انرژی ترمودینامیکی بیش از دو برابر تی ان تی و ۱/۵ برابر اچ ام ایکس دارد. این در حالی است که مقادیر فوق در عمل حاصل شده و در

1 rapid loading smokeless powder

2 gum slurry

3 a grain propellant

4 Sea-launched

5 Thermobaric

6 Tnt

7 Hmx

صورت ریزتر شدن ذرات و در نتیجه اختلاط و واکنش پذیری بهتر آنها، چهار برابر هیدرازین^۱ (یک ترکیب شیمیایی با فرمول مولکولی N_2H_4) که بیشتر در سوخت موشک‌ها کاربرد دارد) انرژی تولید می‌کند (Schierow, 2008). نانوذرات آلومینیومی هم در صنایع نظامی و هم در صنایع غیرنظامی کاربردهای مختلفی می‌یابند، از جمله در چسب‌ها و پوشش‌های انتقال دهنده حرارت، پوشش‌های نوری با خواص بازتابشی و حرارتی خاص و به‌ویژه این ذرات با توجه به میزان انرژی بالایی که آزاد می‌کند، در ساخت پیران‌ها، مهمات و چاشنی‌های پیشرفته و نوین، با حجم و وزن کمتر و قدرت و انرژی بیشتر، استفاده می‌شود. (Schierow, 2008)

– فناوری نانو و منابع تولید و ذخیره انرژی

انرژی ذخیره شده در قالب باتری‌ها هم‌اکنون بازدارنده‌ترین محدودیت پیش روی اغلب سیستم‌های نظامی است. آنها بسیار حجیم، در زمینه نگهداری شارژ، غیرکارا و مستعد برای اتلاف فاجعه برانگیز نیرو هستند. بقول دکتر آنجلا بلچر^۲، پرفسور دانشگاه ام.آی.تی امریکا و محقق باتری^۳، «یکی از مسائل پیش رو در نحوه ساخت باتری‌ها این است که فضای بزرگی از داخل باتری وجود دارد که در آن ماده فعالی نیست» (Bullis, 2006). بلچر در حال تحقیق بر روی نانو مواد در جهت تولید روش‌های ذخیره و انتقال انرژی کارا بمنظور رها کردن باتری‌های از قید وزن و فضای بی‌مصرف هستند.

همانطور که گفته شد، نیاز مبرم و فراوان به انرژی در میدان‌های رزم آینده بویژه برای تجهیزات الکترونیکی، ابزارها و وسایل بسیار کوچک، تأمین و ذخیره انرژی یکی از چالش‌های اصلی و مهم رزم‌های قرن جدید است (ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۲). و ساخت باتری‌ها با استفاده از نانوذرات با توجه به ویژگی و خواص این مواد، موجب خواهد گردید که باتری‌های حاصله کوچک‌تر، سبک‌تر و دارای شارژ کامل‌تر و زمان شارژی تا ۲۰ برابر کمتر می‌گردد. افزون بر این با توجه به اندازه ذرات، علاوه بر عمر بیشتر باتری، دانسیته انرژی تا دو برابر افزایش یافته و تحمل شارژ و دشارژ این باتری‌ها تا سه برابر افزایش می‌یابد. برطرف نمودن معایب و محدودیت‌های باتری‌های امروزی و ساخت باتری‌های توانمندتر، کوچک‌تر و با قدرت ذخیره بالاتر که آند، کاتد و الکترولیت به‌عنوان بخش‌های اصلی آن ابعادی در حد نانو دارند، پیشرفتی است که این فناوری

1- Hydrazine

2 Angela Belcher

3 Dr. Angela Belcher, MIT professor and battery researcher

در ذخیره سازی ساخت مخازن جهت ذخیره سازی انرژی ایجاد خواهد کرد (سایت آکادمی و انجمن سلطنتی مهندسی انگلیس ۲۰۰۴).

از دیگر مباحث مطرح در مقوله ارتقاء ذخیره انرژی با بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در ساخت ابرخازن‌ها می‌باشد، "ابرخازن‌ها یا خازن‌های شیمیایی، انرژی را با نرخ‌های شارژ-دشارژ بالایی ذخیره می‌کنند و یک تکنولوژی در حال ظهور برای ذخیره سازی انرژی به حساب می‌آیند دانسیته‌ی انرژی ابرخازن‌ها چندین مرتبه بالاتر از خازن‌های دی‌الکتریک است اما میزان دانسیته انرژی آن هنوز کمتر از باتری‌ها است، به دلیل چرخه عمر طولانی و دانسیته توان بالا، ابرخازن‌ها برای بسیاری از کاربردهای ذخیره سازی انرژی مناسب هستند، از جمله می‌توان به سیستم‌های مخابراتی دیجیتال، منبع تغذیه اضطراری در کامپیوترها، تولیدکننده‌های لیزر پالسی، و وسایل ارتباطی دوربرد اشاره کرد" (قرشی ۱۳۹۲: ۲۱) توانمندسازی ابرخازن‌ها با فناوری نانو سرعت در حال انجام است و بعنوان نمونه، در یکی از گزارش‌های تحقیقات علمی در ایالات متحده امریکا آمده است که "محققان دانشگاه تگزاس ماده‌ای بر پایه کربن به نام گرافن تولید کرده‌اند که می‌تواند در ابرخازن برای ذخیره سازی انرژی الکتریکی استفاده شود. گرافن ساختاری با ضخامت یک اتم دارد که دارای ظرفیت ذخیره سازی بالایی است. بار الکتریکی می‌تواند به سرعت روی ورقه گرافن ذخیره شود و از آن آزاد شود. دلایلی وجود دارد که نشان می‌دهد مواد پایه گرافن پتانسیل‌های زیادی برای کاربرد در ابرخازن‌ها دارند و نکته کلیدی آنست که از خواص ذاتی آن مخصوصاً مساحت سطح زیاد و رسانایی بالای آن می‌شود نهایت بهره‌برداری صورت گیرد تا مشخصات ابرخازن‌ها بهبود یابد. پیش‌بینی می‌شود این روش‌ها بتواند، توان ذخیره بار الکتریکی را تا حدود ۲ برابر مواد تجاری مرسوم در ابرخازن‌های موجود افزایش دهد. (ملکوئی‌خواه ۱۳۹۴:

(۱۱۲)

– دسته بندی قابلیت‌های بکارگیری فناوری نانو در مقوله انرژی حوزه نظامی

در جمع بندی مطالب ارائه شده از پیشینه و ادبیات تحقیق، می‌توان یک دسته بندی کلی از قابلیت‌های بکارگیری فناوری نانو در مقوله انرژی حوزه نظامی را بصورت زیر ارائه نمود:

- ۱- سبکسازی و ارتقاء توان منابع انرژی و مواد پر انرژی سامانه‌ها
- ۲- افزایش تنوع روش‌های تبدیل، تولید و ذخیره سازی انرژی سامانه‌ها

– نگاهی بر تاریخچه و وضعیت توسعه فناوری نانو در ایران

طبق اسناد موجود سال ۱۳۷۹ اولین جرقه‌های توجه خاص کشورها و دولت‌ها به فناوری نانو در جهان زده شده است. خوشبختانه با درایت مسئولان دولت وقت و پیگیری موضوع، در سال ۱۳۸۰ کمیته مطالعات سیاست فناوری نانو در دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری تشکیل می‌گردد که در نهایت و در سال ۱۳۸۲ منجر به تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو ذیل معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری می‌گردد. با تصویب سند اول توسعه فناوری نانو (۱۳۹۳-۱۳۸۴) با عنوان «سند راهبرد آینده» در هیئت دولت در مرداد ۱۳۸۴، فعالیت‌های توسعه فناوری نانو با رویکرد تامین و تربیت نیروی انسانی و تامین زیرساخت‌ها برای توسعه فناوری نانو در کشور نظام‌مند شده و شتاب بیشتری می‌گیرد و موفقیت‌های بزرگی نیز در توسعه این فناوری در کشور بدست آمد. در نهایت سند ده ساله دوم در تاریخ ۱۳۹۶/۰۷/۲۳ در هیئت وزیران با عنوان «سند گسترش کاربرد فناوری نانو در افق ۱۴۰۴» به تصویب رسید. ارتقای اثرگذاری فناوری نانو در بهبود کیفیت زندگی، دستیابی کشور به جایگاه پنجم جهان در تولید علم نانو (البته بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی سایت وب او ساینس^۱ ایران تا پایان دسامبر سال ۲۰۱۷ با انتشار ۸ هزار و ۷۹۱ مقاله توانست زودتر از موعد پیش بینی شده در سند رتبه چهارم جهانی را از آن خود کند) و جایگاه پانزدهم در ثبت اختراعات نانو در دفاتر معتبر جهانی، کسب سهم یک تا دو درصدی از بازار جهانی فناوری نانو و ایجاد اشتغال برای ۸۰ هزار نفر، از اهداف این سند هستند. بنظر می‌رسد که با تصویب این سند زمینه مناسبی جهت بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در کلیه حوزه‌های مرتبط با فناوری در کشور منجمله حوزه نظامی فراهم آمده است که لزوم برنامه‌ریزی و تعامل حوزه نظامی با سایر حوزه‌های غیر نظامی جهت هم‌افزایی و کاهش هزینه‌ها در بکارگیری قابلیت‌ها و خصوصاً قابلیت‌های دو منظوره این فناوری و تصمیم‌گیری‌های راهبردی در این خصوص را طلب می‌کند.

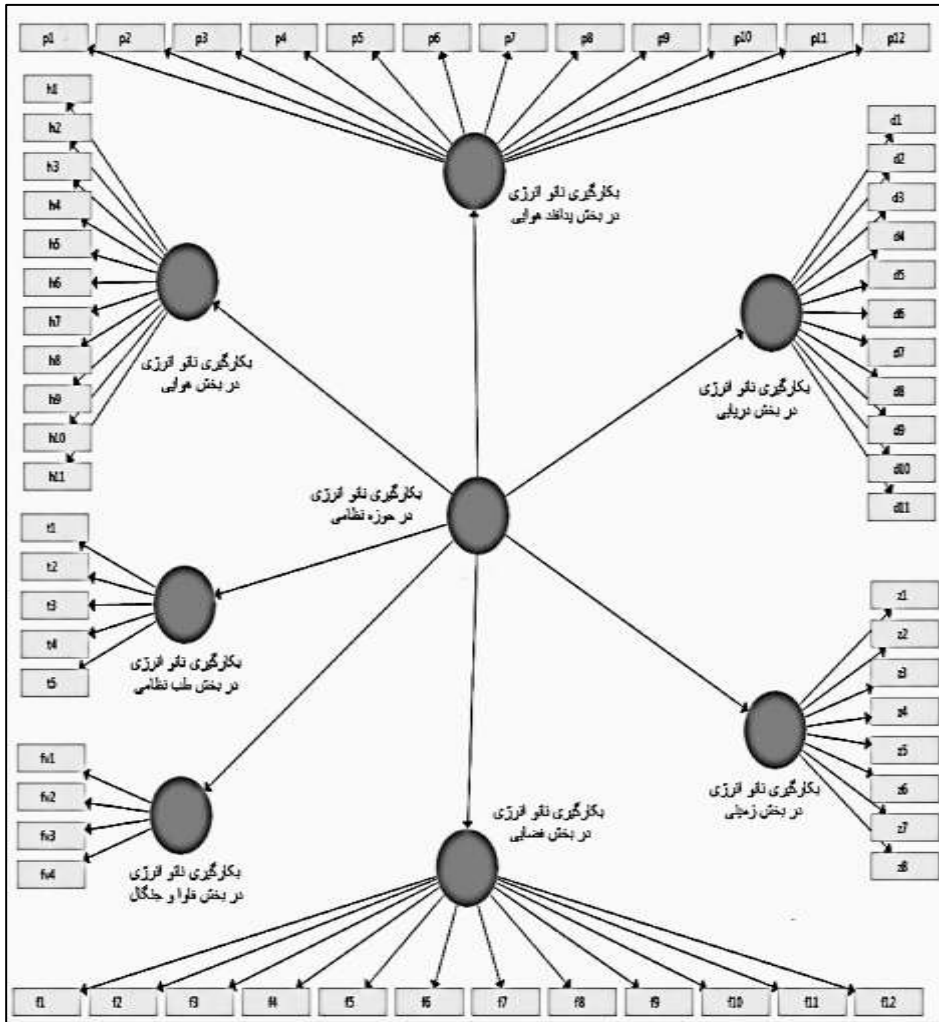
– تقسیم‌بندی بخش‌های حوزه نظامی

تقسیم‌بندی حوزه نظامی به بخش‌های مختلف بر اساس نیازها و رویکردهای گوناگونی تاکنون صورت پذیرفته است که با توجه به اینکه در این تحقیق فقط تاثیر توانمندسازی فناوری نانو تا افق ۱۴۰۴ ه. ش بر حوزه نظامی کشور مد نظر می‌باشد و اولین تاثیر این فناوری بر توانمندسازی

- سامانه‌های نظامی این حوزه می‌باشد، لذا یک نمونه از تقسیم بندی سامانه محور بخش‌های حوزه نظامی به عنوان مبنای کار این تحقیق انتخاب گردید، که در ادامه ارائه می‌گردد.
- ۱) بخش هوایی (هواپیما و بالگرد با سرنشین و بدون سرنشین) شامل ۱۱ سامانه عمده (با علامت اختصاری h1 الی h11)
 - ۲) بخش فضایی (راکت‌ها و موشک‌های برد متوسط و بلند، ماهواره بر و ماهواره‌ها) شامل ۱۲ سامانه عمده (با علامت اختصاری f1 الی f12)
 - ۳) بخش دریایی (شناورهای سطحی، زیرسطحی، اثرسطحی و هاورکرافت) شامل ۱۱ سامانه عمده (با علامت اختصاری d1 الی d11)
 - ۴) بخش زمینی (زرهی، توپخانه، مکانیزه، پیاده، مهندسی زرهی و ترابری) شامل ۸ سامانه عمده (با علامت اختصاری z1 الی z8)
 - ۵) بخش پدافند هوایی (توپ، راکت و موشک برد کوتاه، پهپاد شکارچی، تور هوایی) شامل ۱۲ سامانه عمده (با علامت اختصاری p1 الی p12)
 - ۶) بخش فاوا و جنگال (ارتباطات، جمع آوری، جنگال، رایانه) شامل ۴ سامانه عمده (با علامت اختصاری fv1 الی fv4)
 - ۷) بخش طب نظامی شامل ۵ سامانه عمده (با علامت اختصاری t1 الی t5)

مدل مفهومی

مدل مفهومی تحقیق نمایانگر مدلی است که بر گرفته از ادبیات تحقیق بوده و هنوز بر مبنای داده‌ها آزمون نشده و در حالت نظری و ذهنی می‌باشد. مدل مفهومی پس از آزمون ممکن است عیناً تأیید گردد و یا با استفاده از نتایج آزمون، متغیر یا رابطه‌ای را حذف یا جابجا کند که در این صورت مدل اصلاح شده‌ای حاصل می‌شود که مدل نهایی تلقی می‌گردد (عزیزی، ۱۳۹۵: ۱۰۰). مدل مفهومی این تحقیق در شکل شماره (۲) ارائه شده است.



شکل ۲: مدل مفهومی تحقیق

روش‌شناسی

این تحقیق از نظر نوع هدف کاربردی بوده و با رویکردی آمیخته، در ابتدا و در بخش کیفی با روش توصیفی به بررسی اسناد و مدارک کتابخانه‌ای پیرامون متغیرهای تحقیق پرداخته و پس از ارائه مدل مفهومی و در بخش کمی نیز با تهیه پرسشنامه بسته محقق ساخته و بهره‌گیری از روش پیمایش به جمع آوری نظرات جامعه آماری تحقیق در رابطه با مدل مفهومی و در نهایت تحلیل داده‌ها و ارائه نتایج و پیشنهادات انجام شده است. همچنین در این تحقیق تعریف عملیاتی

"سازمان‌های عمده نظامی" مجموعه‌ی ارتش جمهوری اسلامی ایران و سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و وزارت دفاع جمهوری اسلامی ایران می‌باشد که با این تعریف، جامعه نمونه منطبق بر جامعه آماری این تحقیق و بصورت هدفمند و تمام شمار از بین ۱- مشاغل راهبردی این سه سازمان عمده که ۲- آشنا به امور فناوری و ۳- آشنایی کافی به فناوری نانو می‌باشند و به تعداد ۵۶ نفر می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

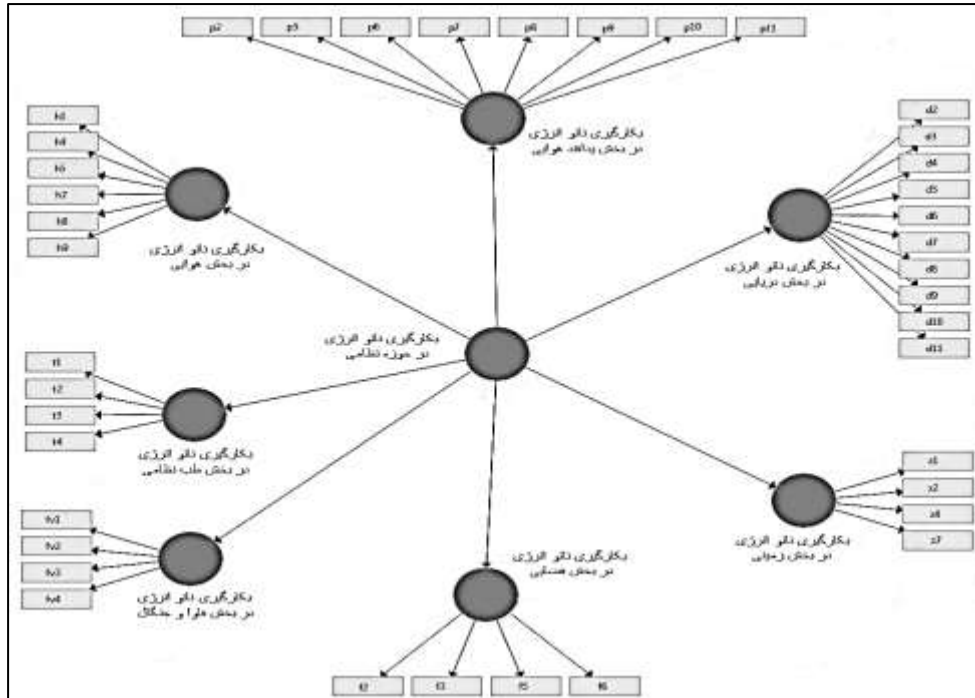
همانطور که در بخش روش شناسی نیز بیان گردید جهت گرد آوری داده‌ها از یک پرسشنامه بسته ۶۶ سئوالی استفاده گردید که ۳ سئوال برای متغیرهای جمعیت شناختی و ۶۳ سئوال نیز برای سنجش متغیرهای تخصصی و بکارگیری طیف لیکرت پنج نقطه‌ای استفاده شد. برای تامین روایی محتوایی پرسشنامه، سئوال‌های تحقیق با نظر ۵ نفر از خبرگان علمی و فنی حوزه نظامی در سه نوبت بررسی و اصلاح گردید و جهت بررسی قابلیت اعتماد پرسشنامه نیز از معیار آلفای کرونباخ بهره گرفته شد که با مقدار پایایی (۰/۸۷) بدست آمده، پایایی پرسشنامه مطلوب تشخیص داده شد. همچنین پس از ارسال پرسشنامه‌ها، بیش از ۸۹ درصد از پرسشنامه‌ها بصورت قابل استفاده برگشت داده شد که نرخ بازگشت مناسبی برای پرسشنامه می‌باشد. در ادامه نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های جمعیت شناختی بشرح جدول شماره (۱) ارائه می‌گردد.

جدول ۱: جمعیت شناختی جامعه نمونه تحقیق

وضعیت تحصیلات پاسخ دهندگان		وضعیت سنوات خدمتی پاسخ دهندگان		وضعیت شغلی	
کارشناس	دانشجوی	دکتر	۲۵ تا	بین ۲۵	بین ۳۰
ارشد	دکتری		۳۰ تا	تا ۳۵	فرماندهی و مدیریتی
٪ ۱۲	٪ ۴۸	٪ ۴۰	٪ ۱۴	٪ ۶۶	٪ ۵۶
					هیئت علمی
					٪ ۴۴

برای تجزیه و تحلیل و آزمون مدل مفهومی تحقیق از روش تحلیل عاملی اکتشافی نسل دوم که تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره است و با بهره گیری از ابزار نرم افزار پیشرفته Smart PLS که یک فن مدلسازی مسیر واریانس محور است و امکان بررسی نظریه و سنجها را بطور همزمان فراهم می‌سازد، استفاده شده است. از این روش در مواردی که حجم نمونه کوچک بوده و یا توزیع متغیرها نرمال نباشد، استفاده می‌شود. در این روش دو مدل آزمون یعنی مدل بیرونی، هم ارز مدل اندازه‌گیری و مدل درونی مشابه مدل ساختاری در معادلات ساختاری صورت می‌پذیرد.

"در آزمون مدل بیرونی که هم ارزش مدل اندازه‌گیری ضرایب بارهای عاملی و بیانگر مقدار همبستگی شاخص‌های یک سازه با کل آن سازه است، اگر مقدار آن برابر و یا بیشتر از $0/4$ شود، موید پایایی مدل اندازه‌گیری است" (محسنین و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۸). نتایج آزمون مدل بیرونی حاکی از این بود که ۶۳ درصد از متغیرهای آشکار دارای پایایی لازم می‌باشد که با حذف سنج‌های فاقد پایایی لازم، مدل نهایی تحقیق بصورت شکل شماره (۳) ارائه گردید.



شکل ۳: مدل نهایی تحقیق

پس از آزمون مدل بیرونی لازم است تا مدل درونی که نشانگر ارتباط یا عدم ارتباط بین متغیرهای مکنون تحقیق است ارائه شود. با توجه به مدل مفهومی ارائه شده و نتایج آزمون که در جدول شماره (۲) آمده است کلیه مقادیر ضرایب مسیر مربوط به متغیرهای وابسته بالاتر از $1/96$ می‌باشد و این یعنی در سطح اطمینان ۹۵٪ کلیه مسیرها تایید شده‌اند.

جدول ۲: ضرایب مسیر مربوط به متغیرهای وابسته

از	به	ضریب مسیر	تفسیر
نانوانرژی در حوزه نظامی	نانوانرژی در بخش هوایی	۲/۱۲۳	مناسب
	نانوانرژی در بخش دریایی	۳/۴۸۵	مناسب
	نانوانرژی در بخش فضایی	2/۱۱۶	مناسب
	نانوانرژی در بخش فاوا و جنگال	۲/۰۴۴	مناسب
	نانوانرژی در بخش پدافند هوایی	۲/۶۹۸	مناسب
	نانوانرژی در بخش طب نظامی	۲/۸۰۷	مناسب
	نانوانرژی در بخش زمینی	۲/۹۴۳	مناسب

در ادامه ضرایب عاملی متغیرهای مکنون که نشاندهنده میزان همبستگی متغیر مکنون مدل نهایی تحقیق نیز بصورت جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳: مقادیر ضرایب بارهای عاملی متغیر مکنون

از	به	ضرایب بارعاملی	رتبه
نانوانرژی در حوزه نظامی	نانوانرژی در بخش هوایی	۰/۵۲	۴
	نانوانرژی در بخش دریایی	۰/۶۵	۲
	نانوانرژی در بخش فضایی	۰/۵۰	۶
	نانوانرژی در بخش فاوا و جنگال	۰/۶۸	۱
	نانوانرژی در بخش پدافند هوایی	۰/۵۱	۵
	نانوانرژی در بخش طب نظامی	۰/۴۱	۷
	نانوانرژی در بخش زمینی	۰/۵۴	۳

نتیجه‌گیری و پیشنهاد:

الف- نتیجه‌گیری

از عوامل راهبردی ارتقای توان حوزه نظامی کشور شناخت و بکارگیری فناوری‌های پیشرفته و نوظهور در این حوزه می‌باشد که این مهم در راستای تحقق اهداف سند چشم انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران نیز می‌باشد. بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور در حوزه نظامی با سلسله

فعالیت‌های کلیدی یعنی شناسایی، ادراک، اطلاع‌رسانی و بکارگیری، حاصل خواهد گردید. این تحقیق در جهت کمک به تصمیم‌گیران کلان مدیریت فناوری‌های نوظهور این حوزه با ایجاد شناخت از سامانه‌های عمده بخش‌های حوزه نظامی از منظر قابلیت‌های فناوری نوظهور نانو و در مقوله انرژی می‌باشد. ابتدا این قابلیت‌ها را در دو دسته کلی زیر از اسناد و مدارک موجود احصاء نمود:

۱- سبکسازي و ارتقاء توان منابع انرژی و مواد پر انرژی در سامانه‌ها

۲- ارتقاء و افزایش تنوع روش‌های تبدیل، تولید و ذخیرسازی انرژی در سامانه‌ها

و در ادامه نیز با استفاده از بخش‌بندی سامانه‌ای حوزه نظامی کشور در هفت بخش کلی سامانه‌های ۱- بخش هوایی ۲- بخش پدافند هوایی ۳- بخش فضایی ۴- بخش دریایی ۵- بخش زمینی ۶- بخش فاوا و جنگال و ۷- بخش طب نظامی و ارائه مدل مفهومی و تهیه پرسشنامه حاصل از تضارب قابلیت‌ها در سامانه‌های هر بخش و انجام تحلیل عاملی اکتشافی با استفاده از داده‌های حاصل و حذف ۲۳ سامانه از ۶۳ سامانه مورد بررسی که فاقد زمینه لازم جهت بکارگیری فناوری نانو در مقوله انرژی آنها بود و یا این بکارگیری تاثیر کمی بر ارتقای توان نظامی کشور داشت، در نهایت به رتبه‌بندی بخش‌های این حوزه از منظر میزان تاثیر بر ارتقاء توان حوزه نظامی کشور پرداخته است که نتیجه حاصل بصورت جدول شماره (۴) می‌باشد.

جدول ۴: اولویت‌بندی بخش‌های حوزه نظامی بر اساس تاثیر در ارتقای توان نظامی کشور

رتبه‌بندی تاثیر بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در حوزه نظامی	حوزه انرژی سامانه‌های
۱	بخش فاوا و جنگال
۲	بخش دریایی
۳	بخش زمینی
۴	بخش هوایی
۵	بخش پدافند هوایی
۶	بخش فضایی
۷	بخش طب نظامی

ب- پیشنهادها

- ۱- بکارگیری قابلیت‌های فناوری‌های نانو به عنوان یکی از اولویت‌های فناوری نیروهای مسلح در طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌های میان مدت و بلند مدت معاونت طرح و برنامه و بودجه ستاد کل نیروهای مسلح با هدف ارتقای توان نظامی کشور مد نظر قرار داده شود.
- ۲- اولویت‌دهی تخصیص بودجه تحقیقاتی در زمینه بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در مقوله انرژی سامانه‌های نظامی کشور با احتساب اولویت‌بندی بخشی ارائه شده در این تحقیق در سازمان‌های جهاد خودکفایی و تحقیقات صنعتی نیروهای مسلح کشور صورت پذیرد.
- ۳- بهره‌گیری از توسعه این فناوری در کشور با ارتقاء تعامل و همکاری اداره تحقیقات صنعتی ستاد کل نیروهای مسلح و ستاد توسعه فناوری نانو کشور و استفاده دو منظوره از آن در حوزه نظامی که با توجه به محدودیت‌های مرسوم بودجه‌های دفاعی و غیر دفاعی کشورها ضمن ارتقاء بکارگیری این فناوری در حوزه غیر نظامی کشور، موجبات ارتقاء بکارگیری قابلیت‌های فناوری نانو در مقوله انرژی سامانه‌های حوزه نظامی کشور نیز خواهد گردید.

فهرست منابع:

الف - منابع فارسی

- امیدوارنیا، محمد جواد، (۱۳۷۰)، *سیر تحول در اندیشه نظامی و سیاست تسلیحاتی چین (مباحث استراتژیک)*، سیر تحول در اندیشه نظامی و سیاست تسلیحاتی چین (مباحث استراتژیک).
- پسندیده، اشرف‌السادات، (۱۳۹۰)، *بررسی جایگاه مدیریت فناوری در فرایند اکتساب فناوری انگلستان*، تهران: موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.
- شفیعی‌زاده، مهدی، حاجی‌غلامی، مسعود، (۱۳۸۸)، *مدیریت دانش در حوزه‌های نظامی و نقش آن در ارتقای کارایی فناوری اطلاعات*، تهران.
- عین‌القضاتی، علیرضا، سعادت‌تی، مجتبی، حسن بیگی، ابراهیم، (۱۳۹۴)، *نقش فناوری نانو در همگرایی و ارتقاء توان دفاعی جمهوری اسلامی ایران*، فصلنامه مطالعات بین رشته‌ای دانش راهبردی، سال ۵، شماره ۲۰، صص ۳۱-۷.
- قرشی، مریم‌السادات (۱۳۹۲)، *نانومواد پایه گرافن برای کاربرد ذخیره سازی انرژی به صورت خازنی شیمیایی*، ماهنامه فناوری نانو، سال دوازدهم، شماره ۱۹۴.
- عزیزی، شهریار (۱۳۹۵)، *روش پژوهش در مدیریت: با تاکید بر مثال‌های کاربردی و آماری*، تهران: انتشارات سمت.
- جمشیدی، محمدحسین، (۱۳۸۰)، *میانی و تاریخ اندیشه نظامی در ایران*، تهران: دانشکده فرماندهی و ستاد سپاه پاسداران انقلاب اسلامی.
- جلیلی، رضا، قلعه‌نویی، مرتضی، مقیسه، رضا، (۱۳۹۴)، *فناوری در قرآن*، تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین (علیه‌السلام).
- خلیل، طارق (۱۳۸۴)، *مدیریت تکنولوژی: رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت*، ترجمه محمد اعرابی، داود ایزدی، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- کریمی، حمید (۱۳۸۷)، *فناوری و توانمندی‌های نظامی*، تهران: دانشگاه عالی دفاع ملی.
- محسنین، شهریار، اسفیدانی، محمد رحیم، (۱۳۹۶)، *معادلات ساختاری مبتنی بر رویکرد حداقل مربعات جزئی به کمک نرم افزار Smart PLS*، تهران: موسسه کتاب مهربان نشر.
- ملکوتی‌خواه، جواد، دلجانی فرید، اختیاری فاطمه، روزگرد مهدیه، روزگرد ساره، مخترع، زهرا، (۱۳۹۴)، *نانو فناوری و آینده انرژی*، تهران: انتشارات قدیس

- مرکز معماری و ساماندهی ظرفیت‌های تحقیقاتی، (۱۳۹۱)، تعاریف و مفاهیم محیط تحقیق و توسعه فناوری دفاعی در ودجا، تهران: موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.

ب- منابع انگلیسی

- Bullis, Kevin,(2006) “Powerful Batteries That Assemble Themselves.” Technology Review, An MIT Enterprise.
- Gates, Robert V.,(2009) “What’s So Important About Energetics? Everything!” U.S. Naval Institute Proceedings, Vol. 135
- Mumford, Richard,(۲۰۰۹) “International Report: Anglo-China, ultra-small scale silicon semiconductors for use in nanotech devices, the Dutch university at Utrecht.from the Dutch university at Utrecht
- Sokolovsky, V. D. (Marshal), Military Strategy: Soviet Doctrine and Concepts, translated by R. L. Garthoff (Praeger: New York, 1995)
- Tiwari, Anupam (2012), Military nanotechnology, international journal of engineering science & advanced technology, Volume2, issue4, 825-830
- Yarbrough, Ancel (2010) The Impact Of Nanotechnology Energetics On The Departmfnt Of Defense By ۲۰۲۵, the Air war College, Maxwell Air Force Base Alabama
- Seitz, Ralph, Björn P. Moller, Axel Thielmann, Andreas Sauer, Michael Meister, Mickael Pero (2014), Technology Report: Nanotechnology in the sectors of solar energy and energy storage, Germany: Munich

ب- سایت‌ها:

- <http://www.nano.ir> ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به آدرس اینترنتی:
- <http://www.dolat.ir> سایت پایگاه اطلاع رسانی دولت به آدرس اینترنتی:
- سایت آکادمی و انجمن سلطنتی مهندسی انگلیس به آدرس اینترنتی:
- <http://www.royalsociety.org>