فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال سوم، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۹

مطالعه علوم و فناوری‌های دفاعی و امنیتی آینده و بررسی همگرایی آن‌ها

حنیف کازرونی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۰

چکیده

با توجه به پیشرفت چشمگیر علوم مختلف در دنیای امروز، رقابت با کشورهای توسعه‌یافته روزبه‌روز پیچیده‌تر و سخت‌تر می‌شود؛ بنابراین سیاست‌گذاری و تدوین سند راهبردی مناسب برای علوم و فناوری‌ها امری اجتناب‌ناپذیر جهت پیشرفت کشور در حوزه‌های گوناگون خواهد بود. در این پژوهش به بررسی یک نمونه موفق از اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های دفاعی و امنیتی پرداخته شد. در این بررسی، دسته مربوط به هر فناوری، سطح آمادگی آن‌ها، منطق حاکم بر دسته‌بندی، حوزه‌های کاربرد آن‌ها و شاخص‌های ارزیابی بررسی شدند. درنهایت مدلی بر مبنای این اطلس فنی- مهندسی و با الگو گیری از روش دسته‌بندی آن برای علوم و فناوری‌های داخلی پیشنهاد شد. در این مدل دسته‌ها مطابق با دسته‌بندی بیان‌شده انتخاب و زیرشاخه‌های ارائه شده برای هر دسته نیز بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته روی همین چارت انتخاب شده‌اند. فناوری‌هایی که درون این دسته‌ها قرار می‌گیرند باید مطابق با نیازهای کشور و با توجه به شاخص‌های موردنظر و مراحل روش تصمیم‌گیری OODA وارد این مدل شوند چراکه مبنای تصمیم‌گیری در این مدل پیشنهادی استفاده از این دو معیار است. پیشنهاد می‌شود که با استفاده از این مدل، ضمن شناسایی فناوری‌های کلیدی در کشور به تکمیل این اطلس فنی- مهندسی پرداخته شود تا به‌عنوان مرجعی کاربردی درراه توسعه و پیشرفت علوم و فناوری‌های کشور به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اطلس علوم و فناوری‌ها، امنیت، دفاع، علم، فناوری.

[۱] عضو هیئت‌علمی دانشگاه عالی دفاع ملی و نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: Hanif.kazerooni@gmail.com

مقدمه

یکی از ویژگی‌های عصر جدید سرعت پیشرفت علوم و فناوری‌هاست و نمی‌توان روزی یا حتی ساعتی را تصور کرد که خبری از یک کشف یا اختراع جدید به گوش نرسد. از طرفی برای تعامل سازنده با دنیا باید تلاش کرد تا حتی‌الامکان همگام با پیشرفت‌های روز دنیا جلو رفت چراکه در غیر این صورت فاصله کشور ما از دنیا روزبه‌روز بیشتر خواهد شد؛ بنابراین بدیهی است که رشد و شکوفایی در چنین جهانی نیازمند رسیدن به‌سرعت بالایی از توسعه و پیشرفت خواهد بود. همچنین تنوع عرصه‌های علم و فناوری به‌طور شگرفی در حال افزایش است به‌گونه‌ای که بسیاری از تخیلات بشر در سال‌های گذشته امروز به حقیقت پیوسته و دیگر تبدیل به امری عادی شده است چراکه علوم می‌توانند زاینده علوم و فناوری‌های جدید باشند. این موضوع به‌وضوح با مقایسه تعداد شاخه‌های فناوری گذشته و امروز قابل‌درک است.

بیان مسئله

با بررسی دقیق‌تر حوزه‌های جدید علم و فناوری مشاهده می‌کنیم که بسیاری از علوم حاصل ارتباطات یا ترکیب سایر فناوری‌ها هستند. امروزه سامانه‌های بسیاری به‌وجود آمده‌اند که برای رشد و پیشرفت خود از فناوری‌های متعدد بهره گرفته و قابلیت‌های بسیاری را به بشریت عرضه می‌کنند. به‌عنوان‌مثال منشأ علم مکاترونیک که طیف وسیعی از صنایع دفاعی و غیر دفاعی را به خود اختصاص داده است ترکیبی از شاخه‌های علوم مکانیک و الکترونیک است؛ بنابراین باید نسبت به ارتباطات ممکن بین علوم و فناوری‌های مختلف نیز دید کاملی داشت و پتانسیل‌های هر یک را شناسایی نمود تا بتوان لازمه پیشرفت آن‌ها را نیز فراهم کرد.

به‌طورقطع یکی از مهم‌ترین علل عدم موفقیت کشورهای درحال‌توسعه در زمینه ترقی و توسعه، عدم سیاست‌گذاری مناسب و نقشه راه سازگار در مسیر توسعه علوم و فناوری است. با توجه به پیشرفت چشمگیر علوم مختلف در دنیای امروز، رقابت با کشورهای توسعه‌یافته روزبه‌روز پیچیده‌تر و سخت‌تر می‌شود؛ بنابراین سیاست‌گذاری و تدوین سند راهبردی مناسب برای علوم و فناوری امری اجتناب‌ناپذیر جهت پیشرفت کشور در حوزه‌های گوناگون و

درنتیجه حرکت به سمت اقتصاد پویا و دانش‌بنیان محسوب می‌گردد. با توجه به جایگاه برجسته کشور ایران که به همت متخصصان داخلی رتبه نخست را در زمینه علوم و فناوری در خاورمیانه به خود اختصاص داده است، می‌توان ادعا کرد که ایران دیگر اقتباس کننده علوم و فناوری نبوده و می‌تواند مقتدرانه در جایگاه رهبری منطقه، پرچم‌دار پیشرفت و توسعه باشد؛ بنابراین اهمیت توسعه فناورانه در حوزه علوم دفاعی و امنیتی بر کسی پوشیده نیست و مراکز علمی-پژوهشی که مولد دانش هستند نقش تعیین‌کننده‌ای در سرعت پیشرفت هر کشوری دارند. با توجه به نکات فوق‌الذکر، یکی از نیازهای اساسی در کشور ما تدوین الگوی جامعی برای مشاهده سطح پیشرفت فناوری‌های مرتبط با علوم دفاعی و امنیتی بوده تا بتوان مسیر توسعه را با سرعت و دقت بیشتری طی نمود. نکته حائز اهمیت این است که باوجود چاپ مقالات بسیار در زمینه شناسایی علوم و فناوری‌های مختلف و طرح نقشه جامع راهبردی در چند سال اخیر و مطالعه آن‌ها در کشورهای توسعه‌یافته دنیا، این مطالعه همچنان در ایران در سطح تحقیقات غیرکاربردی و به‌روز نشده باقی‌مانده است.

تهیه چنین طرحی که از آن به‌عنوان اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌ها یاد شده است ضرورت بسیاری برای پیشرفت کشور در حوزه‌های مختلف علوم و فناوری دارد. یکی از مهم‌ترین مزایای این طرح ارائه بینش فراگیر و کامل نسبت به تمامی حوزه‌های فناوری در کشور و مقایسه آن با کشورهای توسعه‌یافته است. به‌بیان‌دیگر با داشتن ادبیات مشترکی با سایر کشورها در این زمینه می‌توانیم فاصله خود را با آنان واقع‌بینانه‌تر محک زده و اولویت‌های عملکردی خود را به‌گونه‌ای تنظیم کنیم که با سرعت بیشتری به رقیب جدی با آن‌ها تبدیل شویم. علاوه بر مقایسه خود با سایر کشورها، این طرح جامع می‌تواند در شناسایی نقاط ضعف و قوت نیز به ما کمک شایانی کند. ازآنجایی‌که می‌توان تأثیرگذاری بخش‌های مختلف را به‌خوبی مشاهده کرد، اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌ها به ما این امکان را می‌دهد تا وقتی روند کند پیشرفت یک حوزه ریشه در سایر حوزه‌های وابسته دارد، در اسرع وقت مشکل را شناسایی و برطرف نموده تا بروز اختلال در روند توسعه کشور به حداقل برسد.

این تحقیق از نوع کاربردی و از روش کتابخانه‌ای، پژوهشی و میدانی برای مطالعه نمونه‌ای موفق از اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌ها، استفاده شده است. بدین‌صورت که از اسناد، گزارش‌ها، مقالات، کتاب‌ها و غیره موجود در اینترنت استفاده شده تا اطلاعات بخش‌های مختلف این نمودار مورد بررسی قرار گیرند. تحلیل این چارت نیز از دیگر بخش‌های این تحقیق است که با استفاده از اطلاعات موجود صورت گرفته است.

محدوده مکانی تحقیق جمهوری اسلامی ایران و کشورهای توسعه‌یافته می‌باشد، به‌این‌ترتیب که پیشرفت‌های روز دنیا در زمینه ارزیابی بخش‌های مختلف فناوری‌های دفاعی و امنیتی در مراکز تحقیقاتی این کشورها موردمطالعه و بررسی قرار می‌گیرند و در ادامه، با تبیین سطوح آمادگی کشور ایران، حوزه‌های فناورانه معادل و بومی در ایران مورد بررسی و سنجش میزان پیشرفت قرار می‌گیرند. قلمرو موضوعی این تحقیق محدوده علوم و فناوری‌های دفاعی و امنیتی و بومی ایران و قلمرو زمانی در این پروژه اطلاعات و آمارهای منتشرشده دو سال اخیر می‌باشد. ابزار گردآوری داده‌ها شامل استفاده از اطلاعات و مدارک موجود برای ارزیابی روند موضوع و همچنین بررسی وضعیت حاضر و پیشرفت‌های به‌روز این فناوری‌ها و روش نمونه‌برداری هدفمند است.

تجزیه‌وتحلیل این تحقیق از نوع کیفی متکی به اسناد و مدارک و ادراک و تحلیل عقلانی است و اطلاعات به‌وسیله ابزارهای سنجش کتابخانه‌ای گردآوری می‌شوند. این تحقیق متکی بر مطالعات توصیفی و تحلیلی از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر است، لذا روش اعتبارسنجی داده‌های گردآوری‌شده بر مبنای اعتبار منابع آن‌ها خواهد بود. تحقیق، ترجمه و مطالعه کتابخانه‌ای و اینترنتی ازجمله ابزارهای این تحقیق هستند.

هدف اصلی این پژوهش تدوین محتوا و مطالعه علوم و فناوری‌های دفاعی و امنیتی آینده و بررسی همگرایی آن‌ها در راستای تهیه سامانه اطلس علوم و فناوری‌های فنی-مهندسی است. از اهداف فرعی آن می‌توان به شناسایی دسته‌های اصلی علوم و فناوری مرتبط با صنایع دفاعی و امنیتی، استخراج ارتباط بین فناوری‌های دفاعی و امنیتی گوناگون و همگرایی آن‌ها در یک نمونه موفق، بررسی روش مطالعه کشور هدف در زمینه میزان پیشرفت و ارتباطات فناوری‌های

دفـاعی و امنیتـی، تحلیـل روش مـورد اسـتفاده در کشـور هـدف بـرای دسـته‌بنـدی و منطـق تصمیم‌گیری آن و پیشـنهاد طرح اولـیه برای اطلـس فنی–مهندسی جامع علوم و فنـاوری‌هـای کشور اشاره کرد.

برای تحقق این اهداف ابتدا به بررسی یک روش دسته‌بندی موفق در حوزه علوم و فنـاوری-های آینده با محوریت دفاع و امنیت پرداخته خواهد شد. پس از اسـتخراج اطلاعـاتی همچـون روش دسته‌بندی، ارتباط فناوری‌ها، سطح پیشرفت فناوری‌ها، منطق حاکم بر مبنـای ایـن روش دســـته‌بندی، حوزه‌هـای کاربرد علوم و فناوری‌هـای اطلـس فنـی–مهندسـی و شـاخص‌هـای ارزیابی آن‌ها، مدلی برای دسته‌بندی علوم و فناوری‌های داخلی پیشنهاد خواهد شد.

به لحاظ تاریخی برنامه‌های پیش‌بینی آینده دفاعی و امنیتی یا اصطلاحاً آینده‌پژوهی دفـاعی و امنیتی سابقه‌ای دیرین دارند و همـواره کشـورها در صـنایع دفـاعی خـود بـرای جلـوگیری از غافلگیری در برابر حملات دشمن سعی بر پیشرفت سریع با برنامه‌هـای بلندمـدت داشـتند. بـا توجه به محرمانه بودن برنامه‌هـای دفـاعی و امنیتـی، نمـی‌تـوان چشـم‌انـداز چندسـاله تمـامی کشورهای توسعه‌یافته را به‌راحتی پیدا کرد. در برخی مـوارد اطلاعـات ارزشـمندی از مقـالات علمی و وب‌سایت‌های مربوط به وزارتخانه‌ها یا سایر مراکز مربوط به صـنایع دفـاعی کشـورها می‌توان به دست آورد. یکی از کشورهای پیشرو در عرصه بررسی چشم‌اندازهای صنایع دفاعی و امنیتی سوئیس است. مرکز آرماسوئیس[۱] وظیفه آینده‌پژوهی در حوزه‌های مختلـف مربـوط بـه آینده دفاعی و امنیتی کشور را بر عهده دارد و هرساله مقالات بسیاری در این زمینـه بـه چـاپ می‌رساند. در این قسمت شماری از جدیدترین مقالات منتشرشده توسط این سازمان در حـوزه آینده‌پژوهی دفاعی و امنیتی فهرست شده‌اند.

حفاظت شهری[۲] یکی از مهم‌ترین مباحث آینده‌پژوهی دفاعی است کـه بایـد موردتوجـه قـرار گیرد. بر همین اساس مأمورین حفظ نظم شهری باید بـه جدیـدترین امکانـات مجهـز بـوده و بتوانند امنیت ساکنان را تأمین کنند. در همین راستا برخی از فناوری‌های جدیـد مـورد اسـتفاده

[۱] Armasuisse
[۲] State Security

در محیط‌های شهری مانند ربات‌های پرنده، سیستم‌های مکان‌یابی دقیق و ... برای آینده این حوزه پیشنهاد می‌شوند (Bircher, 2017).

امروزه فناوری‌های جدید دیگر تنها از دل صنایع دفاعی استخراج نمی‌شوند، بلکه صنایع غیر دفاعی نقش بسزایی در پیشرفت فناوری‌ها و علوم نوین دارند. ازاین‌رو باید امکان ورود این‌گونه فناوری‌ها به دنیای صنایع دفاعی مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. این موضوع باید در بخش‌های مختلف ازجمله اطلاعات و ارتباطات، انرژی، نانوتکنولوژی، علوم زیستی[۱]، رباتیک و سیستم‌های خودکار مطالعه گردد (Ladetto, 2017).

اهمیت علم رباتیک و جایگاه آن در صنایع دفاعی و امنیتی بر کسی پوشیده نیست. ازآنجایی‌که آینده‌پژوهی در این زمینه تأثیر برجسته‌ای در آینده نیروهای امنیتی و دفاعی دنیا دارد، لازم است ابعاد مختلف آن به‌طور دقیق موردبررسی قرار گرفته و مسیر توسعه آن هموار گردد (Höpflinger, 2017).

کیفیت عملکرد خودروها و سایر وسایل نقلیه نظامی در بسیاری از مأموریت‌های جدی بسیار مؤثر است. معرفی و تأمین تجهیزات نوین ارتباطی و سیستم‌های کنترلی[۲] در خودروها به ارتش‌های دنیا قابلیت رویارویی با مشکلات جدید را داده است. استفاده از این تجهیزات مشمول محدودیت‌های موجود ازنظر فضا، انرژی و وزن که در وسایط نقلیه اهمیت بالایی دارند نشده و می‌توانند عملکرد آن‌ها را به‌طور چشمگیری بهبود بخشند (Danzeisen, ۲۰۱۷).

به‌طورقطع سیستم‌های راداری جزء جدایی‌ناپذیر تجهیزات نظامی امروزی هستند. مشاهده هواپیماها، ناوهای جنگی، قایق‌های تندرو و ... تنها با داشتن سیستم‌های راداری امکان‌پذیر است. رادارهای چرخان غول‌پیکر به‌زودی جای خود را به آنتن‌های کنترل‌شونده الکترونیکی می‌دهند که با هزینه کمتر و البته قابلیت‌های بیشتر به نیروهای نظامی کمک می‌کنند. در این پژوهش تمرکز روی سیستم‌های راداری قابل‌حمل توسط پهپادها و هواپیماهای بدون سرنشین خواهد بود (Wellig, 2017).

---

[۱] Life Sciences
[۲] ICT(Information AND Communication Technology)

سیستم‌های ارتباط بی‌سیم و فناوری‌های نظارتی که از سامانه‌های امنیتی قوی بی‌بهره باشند برای کاربردهای دفاعی و امنیتی هیچ ارزشی نخواهند داشت. با افزایش شدید تهدیدات فضای مجازی، نگرانی‌های جدیدی در باب صحت و امنیت سیستم‌های مدیریت ترافیک هوایی به وجود آمده است. در این مقاله پیشنهادی برای طراحی یک سیستم شناسایی بر مبنای منابع جمعی[۱] مطرح می‌شود (Lenders, et al, 2017).

موفقیت‌ها در زمینه هوش مصنوعی[۲] در سال‌های اخیر تأثیرگذار و برجسته بوده و موجب بروز تحولی عمیق در صنایع دفاعی شده است. مخصوصاً تکنیک‌های یادگیری عمیق[۳] از سایر تکنیک‌ها پیشی گرفته و در شناسایی‌های دفاعی و غیر دفاعی با دقت بالایی پاسخ داده است. اگرچه دقت تنها یک جنبه از عملکرد این سامانه‌هاست و به علت پیچیدگی داده‌ها و الگوریتم‌ها تشریح‌پذیری[۴] این مدل‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله رهیافت جدیدی درباره تشریح‌پذیری سامانه‌های هوش مصنوعی پیشنهاد شده است (Blarer, et al, ۲۰۱۷).

لازم به ذکر است که آینده‌پژوهی دفاعی و امنیتی در سال‌های اخیر به‌طور قابل‌توجهی پیشرفت و توسعه‌یافته و در زمینه‌های مختلفی در دنیا مطرح شده است. با در نظر گرفتن این مطالعات و پژوهش‌ها می‌توان مسیر پیشرفت کشورهای توسعه‌یافته را بررسی کرده و با الگوبرداری از آن‌ها و بومی‌سازی علوم و فناوری‌های رایج و به‌روز دنیا، طرح اولیه‌ای برای اطلس فنی–مهندسی جامع فناوری کشور پیشنهاد کرد.

یافته‌ها

هدف نهایی این پژوهش تبیین مدلی برای دسته‌بندی علوم و فناوری‌ها با رویکرد قابلیت-محوری[۵] خواهد بود. ازاین‌رو، یکی از نمونه‌های موفق در این حوزه، اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های DefTech 2017 موردبررسی و تحلیل قرار گرفت. آینده‌پژوهی فناوری

---

۱ Crowdsourcing
۲ Artificial Intelligence
۳ Deep learning
۴ Explainability
۵ Capability Technology(CapTech)

به‌عنوان یکی از برنامه‌های کشور سوئیس در حوزه پیش‌بینی فناوری و روند پیشرفت آن شناخته شده است که هدف از آن، شناسایی روند ارتباط میان فناوری‌ها و سطوح آمادگی آن‌ها بر اساس معیارهای TRL تعیین شده از سوی ناسا می‌باشد. اطلس فنی- مهندسی آینده‌پژوهی کشور سوئیس به‌تمامی فناوری‌هایی که در مسیر فعالیت خود به‌نوعی با حوزه‌های دفاعی- امنیتی سروکار دارند، پرداخته است. برای دستیابی به این اهداف، یک اطلس فنی- مهندسی شماتیک از وضعیت ارتباطی میان فناوری‌ها و سطوح آمادگی آن‌ها ایجاد شده است. در این اطلس فنی- مهندسی تمامی فناوری‌ها در هفت دسته مشخص (علوم حیاتی، مواد و فناوری-های ساخت، محاسبات و هوش مصنوعی، ارتباطات و سنجش، انرژی، وسایل نقلیه و فضا) دسته‌بندی شده‌اند و زمینه‌های پژوهشی مربوط به این دسته‌ها در صد بخش ذکر شده‌اند و هر یک از این بخش‌ها در دسته مربوط به خود جای گرفته است؛ بنابراین، می‌توان گفت که مهم‌ترین اجزای این اطلس فنی- مهندسی فناوری عبارت‌اند از طبقه‌بندی فناوری‌ها، زمینه‌های پژوهشی هر یک از فناوری‌ها، دسته‌بندی زمینه‌های پژوهشی در طبقه‌بندی مرتبط، تعیین فناوری‌های مرتبط با یکدیگر، تعیین موضوعات مربوط به یک فناوری، تعیین سطوح آمادگی فناوری و تشریح مختصری برای هر فناوری. در گام بعدی، کلیه فناوری‌هایی که در یکی از این هفت دسته‌بندی قرار می‌گیرند بررسی شدند. در ادامه تحلیل مختصری از این هفت دسته و رویکرد کلی آن‌ها آمده است.

علوم حیاتی

پیشرفت‌های شگرفی که ابتدا از تحقیقات تجاری آغاز شدند، در حال پیشروی به‌تمامی حوزه‌های مربوط به زندگی انسان هستند. مثلاً مهندسی ژنتیک امکان تغییر ژن‌ها و ترکیب آن‌ها را فراهم آورده و حیات بشری را به‌کلی دگرگون کرده است. افزایش قابلیت‌های مغز انسان یکی دیگر از پیشرفت‌هایی است که می‌تواند تغییرات بسیاری در تمامی حوزه‌های فناوری را موجب گردد. حسگرهای زیستی و فناوری‌های مرتبط با آن‌ها نیز امروز موردتوجه قرار گرفتند. به‌عنوان‌مثال با نظارت مداوم بر کیفیت رفتاری سیستم‌های بدن انسان می‌توان بروز برخی بیماری‌ها را پیش‌بینی و پیشگیری نمود.

همان‌طور که سابقاً هم اشاره شد، این اطلس فنی- مهندسی تماماً به فناوری‌های نظامی اختصاص ندارد بنابراین فناوری‌های دیگری چون تصفیه آب با استفاده از نانوتکنولوژی، طراحی محاسباتی و آزمایش داروها، نانوساختارهای پزشکی برای تحویل دارو، ترمیم و احیای اجزای بدن انسان و یا اصلاح ژنتیکی موجودات زنده نیز در این دسته جای گرفته‌اند؛ اما باید توجه داشت که این فناوری‌ها به‌شدت قدرت‌ساز بوده و اگرچه کاربرد مستقیماً نظامی ندارند ولی در بسیاری از بخش‌های دفاعی و امنیتی قابل‌استفاده و بهره‌وری هستند (DefTech ۲۰۱۷).

مواد و فناوری‌های ساخت

ایجاد ویژگی‌هایی بدیع که تاکنون در محیط‌زیست انسان مشاهده نشده‌اند و بازسازی ساختار مواد موجود به‌منظور بهبود ویژگی‌های آن‌ها، همه درگرو توسعه علم مواد هستند. آنچه در این دسته بیشتر به چشم می‌خورد تولید مواد با خواص جدید است (مواد کوانتومی، فرومگنت‌ها و ابررساناهای دمای اتاق، مواد الکترونیکی، مواد خودترمیم ترکیبات فلزی-آلی، نانولوله‌های کربنی، نانوسیم‌ها، نسل جدید مواد نیمه مرئی، مواد زیست‌پزشکی، نانومواد و ساختار آن‌ها). خواص جدید در مواد می‌تواند تمامی حوزه‌های فناوری را دگرگون کند.

فناوری‌های ساخت بخش دیگری از این دسته را به خود اختصاص داده‌اند. امروزه فناوری-های ساخت تبدیل به یکی از مزیت‌های رقابتی کشورها با هم شده‌اند به‌گونه‌ای که می‌توان قدرت کشورها را با این معیار با یکدیگر مقایسه کرد. روش‌های ساخت جدید مانند روش‌های ساخت قابل برنامه‌نویسی، تکنیک‌های تولید با دی. ان. ای و ساخت نانومولکولی، شیمی سبز و روش‌های تولید، تولید در ابعاد بسیار ریز و یا ساخت تقاضامحور از فناوری‌هایی هستند که در این دسته به چشم می‌خورند (DefTech 2017).

محاسبات و هوش مصنوعی

حجم و تنوع اطلاعاتی که همه‌روزه در دنیا از طریق روش‌های با یا بدون سیم به اشتراک گذاشته می‌شود بسیار زیاد است. محاسبات صورت گرفته برای این حجم از اطلاعات باید کارایی و سرعت بالایی داشته باشد تا اختلالی در ارتباطات رخ ندهد. درواقع دنیای محاسبات و هوش مصنوعی به‌گونه‌ای آمیخته با ارتباطات می‌باشد. توانایی‌های محاسباتی توسط چندین فناوری دیگر تحت تأثیر قرار می‌گیرند؛ بنابراین ابداع و یا توسعه روش‌ها و الگوریتم‌های جدید محاسباتی (رایانش کوانتومی، محاسبات دی‌ان‌ای، زیست‌شناسی محاسباتی، جامعه‌شناسی محاسباتی، وب معنایی، اینترنت اشیاء و ...) می‌تواند پیشرفت‌های بنیادینی در دنیای هوش مصنوعی پدید آورد. همان‌طور که اشاره شد ارتباطات و محاسبات به‌طور درهم‌تنیده‌ای با یکدیگر مرتبط هستند بنابراین عجیب نیست که تبادلاتی (شبکه‌های ad-hoc، ابزارهای همکاری همه‌جانبه و ...) بین این دو دسته وجود داشته باشد (DefTech 2017[۷]).

ارتباطات و سنجش

وجود گلوگاه‌های ارتباطی و مشکلات زیرساختی در ارتباطات می‌تواند موجب بروز خسارات جبران‌ناپذیر شود. حجم اطلاعات به‌طور تصاعدی در حال افزایش بوده و وظیفه انتقال آن‌ها نیز سنگین‌تر می‌شود. روش‌های جدیدی که برای مدیریت ارتباطات موردتوجه قرار گرفته‌اند مانند لینک‌های امن بی‌سیم، شبکه‌های سنسور خودمختار و خویش‌سازمان‌ده و یا شبکه‌های سنسور فراگیر و غیرقابل‌شناسایی می‌توانند ریسک بروز اختلالات را به حداقل برسانند. یکی دیگر از فناوری‌های قدرت‌ساز که می‌تواند موجب ایجاد تفاوت فاحش بین یک کشور و سایر کشورها شود فناوری‌های دریایی خواهد بود. ازآنجایی‌که شناسایی اعماق دریا به‌شدت قدرت‌ساز بوده و کمک می‌کند تا پتانسیل‌های ناشناخته آن ظهور یابند، چند فناوری در این حوزه به این امر اختصاص داده شده‌اند (سنجش دریایی عمیق و نظارت سه‌بعدی دریایی).

توسعه و پیشرفت حسگرها یکی دیگر از فناوری‌های مهمی است که نیاز به آن در حال افزایش است. مسئله دقت جنگ‌افزارها (جنگ‌افـــزارهای با دقت بسیار بالا) که یکی از کلیدی‌ترین موضوعات در درگیری‌های شهری تا حمله‌های بین‌قاره‌ای نیز مرهون پیشرفت حسگرهاست. فناوری‌های تولید حسگرهای کوچک‌تر و دقیق‌تر می‌تواند تمامی حوزه‌های فناوری را تحت تأثیر خود قرار دهد. لازم به ذکر است که در دسته‌های دیگر نیز حسگرها حضور دارند اما اگر توجه کنیم، آن‌ها را منوط به کاربرد در دسته‌های دیگر قرار دارند. درواقع منطق جایگذاری فناوری‌ها محوریتی جز کاربرد آن‌ها نداشته است (DefTech 2017).

انرژی

با توجه به بحران انرژی که روزبه‌روز در حال جدی‌تر شدن است و اهمیت این موضوع در دنیا بر کسی پوشیده نیست. انرژی حوزه وسیعی را به خود اختصاص داده و از جنبه‌های مختلفی مانند روش‌های نوین تولید انرژی، منابع انرژی جدید و یا روش‌های ذخیره‌سازی انرژی قابل‌بررسی است. یکی از مواردی که در این بخش از اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های سوئیس مورد تأکید بیشتری قرار گرفته استفاده‌های جدید از لیزر است. اگرچه اغلب کاربردهای رایج لیزر غیرنظامی هستند، پیش‌بینی می‌شود که آینده تجهیزات نظامی در دنیا به سمت استفاده از لیزر برای مقابله زمینی (دفاع لیزری کوتاه‌برد)، هوایی (لیزر هوابرد تاکتیکی) و حتی فضایی (لیزرهای فضایی) حرکت کند. ازآنجایی‌که تولید لیزر یکی از پرمصرف‌ترین فرایندهای موجود محسوب می‌شود، تلاش برای کاهش انرژی تولیدی آن اولویت بالایی دارد (DefTech 2017).

لازم به ذکر است که برخی از حوزه‌های این دسته مانند انرژی فیوژن کنترل‌شده کاربرد مستقیم نظامی ندارند ولی به‌طور طبیعی صاحب این فناوری به‌عنوان یکی از قدرت‌های جهانی

محسوب خواهد شد.

وسایل نقلیه

همان‌طور که گفته‌شده این بخش از دسته‌بندی جدید، از دل دسته سیستم‌ها استخراج شده است. نام‌گذاری این قسمت تحت عنوان وسایل نقلیه کمی جای تعجب دارد چراکه اغلب فناوری‌های آن به سامانه‌های هوایی مرتبط می‌باشند. بخشی از این فناوری‌ها به‌نوعی پایه‌های سایر فناوری‌ها هستند و به توسعه آن‌ها کمک می‌کنند (کنترل جریان با فناوریMEMS ، پیشرانش دوپایه (مافوق صوت/ ماورا صوت)، نسل آینده موتورهای توربینی با بازدهی بالا، موتورهای ماورا صوت). قسمت دیگری از فناوری‌های موجود در این دسته به‌طور خاص به ایده‌های جدید در زمینه صنایع هوایی پرداخته‌اند (کشتی‌های هوایی ارتفاع زیاد با پایداری بالا، هواپیماهای فراصوت، هواپیماهای ترکیبی بال-بدنه، بمب‌افکن مافوق صوت/ماورا صوت، سیستم‌های کمکی بدون سرنشین) که امروز جزء فناوری‌های راهبردی محسوب می‌شوند.

بخش نسبتاً کوچکی از این دسته نیز به فناوری‌های وسایل نقلیه زمینی مربوط است (سیستم-های چندجزئی، کنترل از راه دور، وسایل نقلیه گروهی خودکار، خودروها و آزادراه‌های خودکار) که بیشتر منوط به هوشمندسازی سامانه‌های موجود می‌باشد. همچنین در راستای تائید این نکته که دسته‌بندی فناوری‌ها در این اطلس فنی- مهندسی کاملاً کاربرد محور است مشاهده می‌شود که تحقیقات فضایی بدون انسان که در نگاه اول یک فناوری کاملاً فضایی است در این بخش آورده شده چراکه مسئله جابه‌جایی و انتقال این تجهیزات مدنظر بوده است (DefTech 2017).

فضا

حوزه فضا نیز به‌عنوان یک دسته که عملاً با تمامی دسته‌ها مرتبط است محسوب می‌شود و فناوری‌های این قسمت به‌وضوح مرتبط با بخش‌های دیگر هستند. مثلاً موقعیت‌یابی مداوم

فضایی موجب پیشرفت دقت در جنگ‌افزارها و توسعه ارتباطات خواهد شد. همچنین ماهواره‌های کوچک قابل اتصال به هم امکان توسعه سامانه‌های ناوبری را فراهم می‌کند. در این دسته نیز تنها فناوری خوشه‌های لوله‌ای فوق‌سریع برای بمباران جنبشی مستقیماً کاربرد نظامی دارد. همچنین ازآنجایی‌که هزینه این فناوری‌ها بار زیادی بر دولت‌ها تحمیل می‌کند، تلاش برای رفتن به سمت سامانه‌های قابل‌استفاده مجدد شروع شده است (پرتابگر هواسوز قابل استفاده مجدد) (DefTech 2017). در ادامه اصول کلی و پایه‌ای که اطلس فنی- مهندسی فناوری سوئیس بر مبنای آن‌ها طرح‌ریزی شده است موردبررسی قرار خواهد گرفت.

شاخص‌های چشم‌انداز فناوری‌های نظامی آینده DefTech 2017

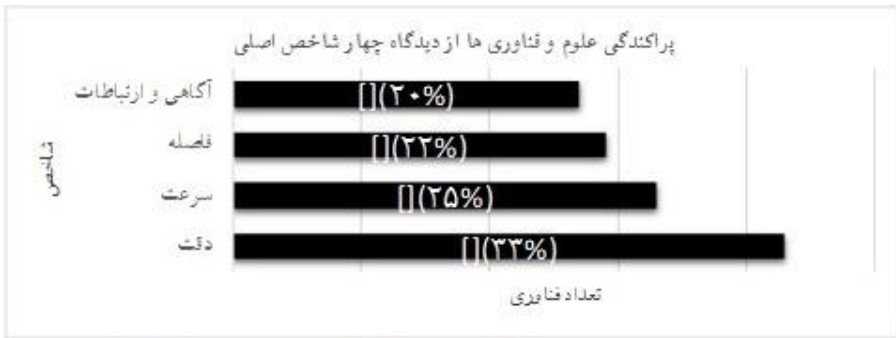
راهبرد اصلی و اساسی که در پیش‌بینی فناوری‌های دفاعی و امنیتی آینده این است که روندهای اصلی تغییرات فناوری‌ها و میزان تمایل به فناوری‌های جدید قبل از بررسی جایگاه هرکدام، مورد رصد قرار گیرند. به‌عبارت‌دیگر مسیر تغییرات فناوری‌ها به‌عنوان عامل اصلی در اتخاذ تصمیمات آینده نقش مهمی بازی می‌کند. به‌طورکلی چهار شاخص اساسی که در تعیین پیشرفت‌های نظامی آینده مؤثر هستند (Ladetto, 2017). شاخص سرعت[1]: سرعت در حال افزایش بوده و از طریق توسعه در زمینه‌های مختلف مانند محاسبات و ارتباطات نوین شدت بیشتری نیز خواهد یافت. شاخص آگاهی و ارتباطات[2]: به لطف ارتباطات و حسگرهای یکپارچه، آگاهی در مورد پارامترهای گوناگون چون موقعیت و یا شاخص‌های فیزیکی در هر زمان و مکانی به‌راحتی امکان‌پذیر خواهد بود. شاخص دقت[3]: از مرحله مشاهده اولیه گرفته تا اجرای نهایی، حسگرها و توان پردازشی بالا کمک می‌کنند تا مدل‌های تصادفی برای هدایت تجهیزات و افزایش دقت آن‌ها به‌خوبی به‌کار گرفته شوند. شاخص فاصله[4]: باوجود سامانه‌هایی که می‌توانند توسط چند عملیات ساده از راه دور کنترل شوند دیگر فاصله‌ها به‌مرور کمرنگ خواهند شد. این چهار شاخص به‌عنوان مبنای انتخاب فناوری‌های موجود در اطلس علوم و

[1] Speed
[2] Awareness and Connectivity
[3] Precision
[4] Distance

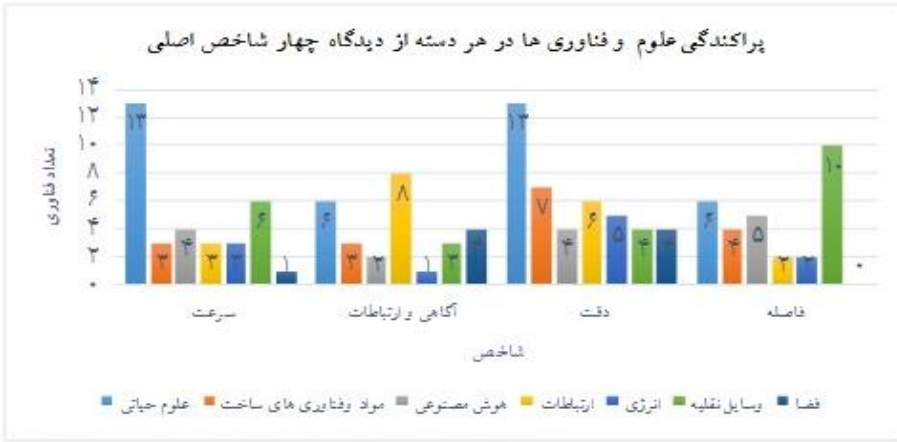
فناوری‌های سوئیس قرار گرفته‌اند. بدیهی است که نحوه استفاده از این شاخص‌ها و ترجمه آن‌ها در هر کشوری مطابق با نیازهای همان کشور تغییر خواهد کرد اما به نظر می‌رسد که می‌توان از این منطق برای تهیه مدل بومی استفاده کرد.

تحلیل شاخص‌ها در فناوری‌های اطلس فنی- مهندسی DefTech 2017

در ادامه چهار شاخص ارائه شده در گزارش این سازمان را در فناوری‌های موجود در اطلس مربوطه جست‌وجو خواهیم کرد. لازم به ذکر است که هر فناوری لزوماً به یک شاخص معطوف نخواهد شد و ممکن است در چند شاخص از شاخص‌های فوق قدرت‌سازی کند. سعی شد که بیشتر به کاربردهای علوم و فناوری‌ها توجه شود چراکه این دسته‌بندی کاربردمحور انجام شده است. همان‌طور که در نمودارهای فوق مشاهده می‌شود شاخصی که بیشترین تعداد شاخه‌های علوم و فناوری‌ها را به خود اختصاص داده است شاخص دقت می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که تکیه این اطلس در تعیین مسیر آینده علوم و فناوری‌ها روی افزایش دقت تجهیزات موجود است. سایر شاخص‌ها نیز به ترتیب سرعت، فاصله و آگاهی و ارتباطات هستند. در شکل شماره ۲ نیز در هر یک از دسته‌های مربوطه، توزیع شاخص‌ها دیده می‌شود.

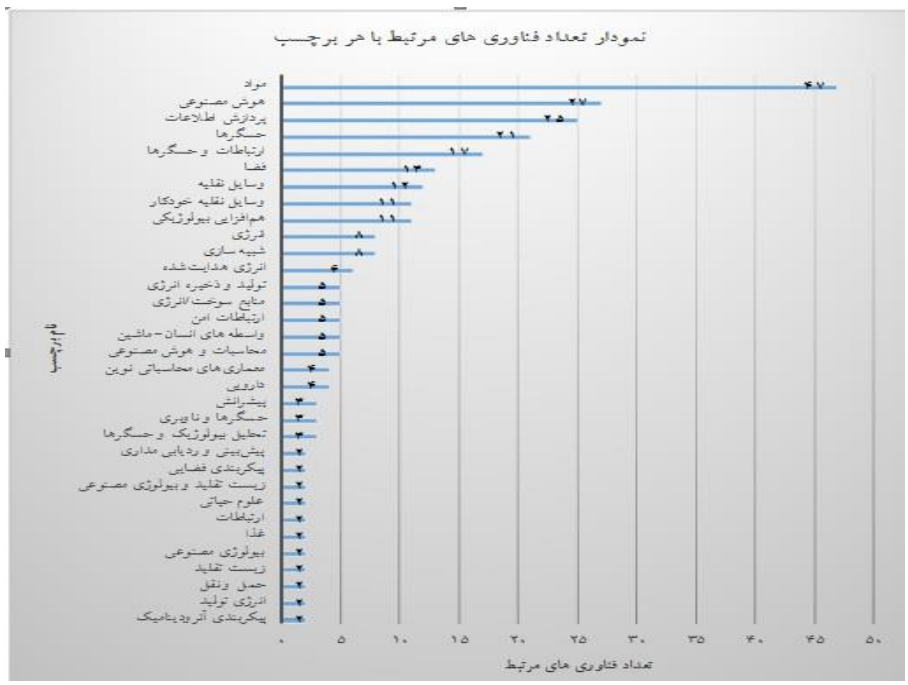


شکل شماره ۱- نمودار پراکندگی علوم و فناوری‌ها از دیدگاه چهار شاخص اصلی



شکل شماره ۲- نمودار پراکندگی علوم و فناوری‌ها در هر دسته از دیدگاه چهار شاخص اصلی

برچسب فناوری‌ها



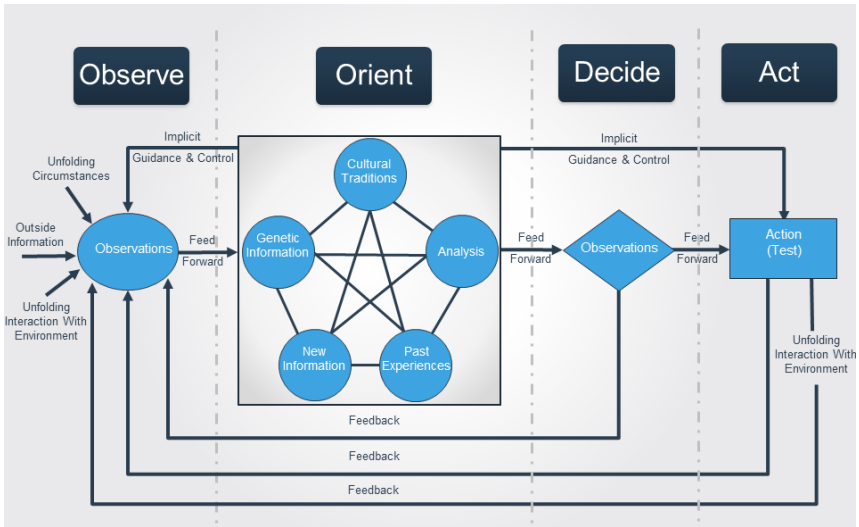
شکل شماره ۳

در اطلس علوم و فناوری‌های سوئیس هر فناوری دارای یک یا چند برچسب است. این برچسب‌ها حاکی از کاربرد فناوری‌های مختلف در حوزه‌های مشترکی هستند که در متن اطلس دیده نشده‌اند. درواقع ارتباط بین فناوری‌هایی که تاکنون ذکر شده است از نوع لازم و ملزوم یکدیگر بوده و چنین توالی داشته‌اند، اما برچسب‌ها کاربردهای مشترک آن‌ها را نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل فوق نیز مشخص است، علم مواد با اختلاف فاحشی بیشترین تعداد فناوری مرتبط را به خود اختصاص داده است. این موضوع نشان می‌دهد که مسئله کلیدی در پیشبرد بسیاری از فناوری‌های اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های سوئیس مرهون توسعه علم مواد است. طبیعتاً یکی از چالش‌هایی که در تولید محصول یا فناوری پیش رو خواهد بود پیدا کردن مواد با خواص مطمئن و بهینه است. برچسب هوش مصنوعی و پردازش اطلاعات نیز در رده دوم و سوم اهمیت این نمودار قرار گرفتند. البته چندان هم غیرقابل‌پیش‌بینی نیست که جایگاه این دو حوزه در تمامی شاخه‌های علوم و فنون روزبه‌روز در حال برجسته‌تر شدن است چراکه بسیاری از امور رایج دیگر نیازی به حضور انسان ندارند و با اطمینان بالایی به ربات‌ها و ماشین‌های هوشمند سپرده می‌شوند.

روش تصمیم‌گیری

یکی از چالش‌هایی که برای تعیین مسیر توسعه علوم و فناوری‌های هر کشوری لازم است این است که مبنایی برای تصمیم‌گیری خود داشته باشد که در برابر تغییرات مختلف از خود واکنش نشان دهد. به‌عبارت‌دیگر، بدون شک عوامل خارجی و پیشرفت‌های سایر کشورها می‌تواند مسیر حرکت را نیز تحت تأثیر خودش قرار داده و سیاست‌های ما را تغییر دهد؛ بنابراین باید روشی پویا برای این امر اختصاص داد تا علاوه بر اتخاذ بهترین تصمیم ممکن، نسبت به نوسانات خارجی پاسخ به‌موقع

بدهد. با بررسی در روش‌هایی که در این حوزه پیشنهاد شده‌اند یکی از بهترین و کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری استفاده از حلقه OODA[1] است. این روش پشتوانه تصمیم‌گیری سریع، اثربخش و فعال است و از چهار مرحله مشاهده[2]، جهت‌گیری[3]، تصمیم[4] و اقدام[5] تشکیل شده است. این حلقه اولین بار در توسط جان بوید[6] برای پیشرفت نبردهای هوایی آمریکا پیشنهاد شد. بوید می‌گوید: در حلقه OODA هر مبارز موقعیت را مشاهده می‌کند، جهت‌گیری خود را تعیین می‌نماید، تصمیم می‌گیرد چه کارهایی در چه زمانی انجام و سپس آن را انجام می‌دهد. درصورتی‌که مبارز حریف بتواند این مسیر را بهتر از وی طی کند، عملکرد مبارز عقب افتاده و مزیت مبارز حریف افزایش خواهد یافت (Ladetto, 2017).



شکل شماره ۴- نمودار سیکل تصمیم‌گیری که به حلقه OODA موسوم است (Ladetto, 2017)

[1] Observe-Orient-Decide-Act
[2] Observe
[3] Orient
[4] Decide
[5] Act
[6] John Boyd

در شکل شماره چهار – نمودار- دیده می‌شود که جهت‌گیری چگونه می‌تواند در شکل‌گیری مشاهدات، تصمیمات و درنهایت اقدام مؤثر باشد. همچنین پارامترهایی که از پنجره حسگرها و مشاهدات در اختیار ما قرار می‌گیرند، مشاهدات را دستخوش تغییرات می‌کنند. علاوه بر این، واضح است که کل حلقه به‌نوعی یک فرآیند کامل چندوجهی و ضمنی شامل انعکاس، هماهنگی و ارتباط بخش‌های مختلف را ارائه می‌دهد. در ادامه تشریح کامل چهار مرحله این نمودار با در نظر گرفتن کاربرد آن‌ها در صنایع دفاعی و امنیتی انجام شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد مدل

به‌عنوان مروری مختصر بر آنچه که تا به اینجا برای رسیدن به یک مدل در دسترس است باید گفت دسته‌های علوم و فناوری‌های مربوط به اطلس فنی- مهندسی DefTech 2017 به‌عنوان یک نمونه موفق مشاهده و بررسی شدند. شاخص‌هایی که ازنظر این اطلس قدرت‌ساز بودند، موردمطالعه قرار گرفتند. روش تصمیم‌گیری به کمک حلقه OODA به‌عنوان روشی قدرتمند و رایج در این حوزه معرفی شد. به‌این‌ترتیب اکنون می‌توان مدلی اولیه برای اطلس فنی- مهندسی داخلی بر مبنای این اطلاعات پیشنهاد داد. با توجه به کارا و شامل بودن آنچه در اطلس فنی- مهندسی سوئیس مشاهده شد، می‌توان همین دسته‌بندی را برای نمونه اولیه اطلس فنی- مهندسی داخلی پیشنهاد کرد. در ادامه دسته‌بندی علوم و فناوری‌ها در اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های ایران در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۱- دسته‌بندی علوم و فناوری‌ها در اطلس فنی- مهندسی علوم و فناوری‌های ایران

شاخه اصلی	شاخه فرعی	توضیحات مربوط به شاخه فرعی	فناوری‌های موجود در شاخه فرعی
۱- علوم حیاتی	۱- مهندسی بیومکانیک	این شاخه فرعی ترکیبی از مهندسی مکانیک و علوم مربوط به عملکرد بیولوژیکی بدن انسان بوده و از افزایش کارایی در ربات‌های اسکلت خارجی و پروتزها گرفته تا ابزارها و ادواتی که با بدن انسان تطبیق پیدا می‌کنند را در برمی‌گیرد. توسعه فناوری‌های مرتبط با شاخهٔ بیومکانیک میزان دقت و سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- پروتزهای پیشرفته ۲- ربات‌های پوشیدنی ۳- ایمپلنت‌های بایونیک[۱]
	۲- علوم شناختی	یکی از مواردی که اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد کیفیت حواس ادراکی انسان است. تفسیر و تعبیر همه ما از محیط اطرافمان وابسته به این حس‌ها است. به همین علت یافته‌های جدید در حوزه علوم شناختی کمک شایانی به توسعه فناوری‌های مرتبط با این حواس خواهد کرد به‌گونه‌ای که دقت و سرعت دریافت و ارسال اطلاعات توسط حواس از طریق تجهیزات و ادوات کمکی افزایش یابد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه علوم شناختی میزان سرعت و آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله تصمیم‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- حس‌های توسعه‌یافته بیولوژیکی[۲] ۲- واسطه‌های مغز-کامپیوتر ۳- ثبت سیگنال‌های مغزی[۳] EEG ۴- پروتزهای عصبی[۴]
	۳- بیوتکنولوژی	این شاخه فرعی مربوط به‌تمامی علوم و فناوری‌هایی می‌شود که به‌نوعی با تغییر ژنتیکی، سعی در آسیب زدن یا بهبود عملکرد یک ارگانیسم می‌کنند. توسعه فناوری‌های مرتبط با شاخهٔ بیوتکنولوژی میزان سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- ویرایش ژنوم[۵] ۲- مطالعه کامل ژنوم انسان ۳- اینترنت DNA ۴- نمونه‌برداری سیال ۵- فوتوسنتز سوپرشارژ شده[۶] ۶- بیولوژی مصنوعی ۷- ارگانیسم‌های ترا ریخته[۷]
	۴- سلامت پزشکی[۸]	این شاخه فرعی به معنی مطالعه علم پزشکی به‌منظور تشخیص، مداوا و پیشگیری از بیماری‌ها و مصدومیت‌ها است. توسعه فناوری-های مرتبط با حوزه سلامت پزشکی میزان سرعت و دقت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- پرینت سه‌بعدی اعضای بدن ۲- ژنتیک‌تراپی[۹] ۳- نانوبات‌های پزشکی[۱۰] ۴- درمان‌های شخصی[۱۱] ۵- جراحی رباتیک
	۵- سنسورهای زیستی[۱۲]	این سنسورها در تشخیص عفونت، افزایش سرعت تاثیر داروها و یا کاهش اثر عوامل مخرب بر بدن افراد به‌ویژه سربازان استفاده می-شوند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه سنسورهای زیستی میزان سرعت و آگاهی و ارتباط را افزایش داده و همچنین به سیاست-	۱- بیومتریک[۱۳] ۲- سنسورهای قابل‌هضم[۱۴] ۳- سنسورهای تقویت شنوایی[۱۵] ۴- آزمایشگاه رو تراشه[۱۶]

[۱] Bionic Implants
[۲] Biologically Extended senses
[۳] EEG Brain Recording
[۴] Neuroprosthetics
[۵] Genome Editing
[۶] Supercharged photosynthesis
[۷] Transgenic Organisms
[۸] Medical Health
[۹] Genetic Therapy
[۱۰] Medical Nanobots
[۱۱] Personalized Medicine
[۱۲] Biosensors
[۱۳] BioMetrics
[۱۴] Ingestible Sensors
[۱۵] Auditory sensors
[۱۶] Lab-on-chip

		گذاری در مرحله تصمیم‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	
۲- مواد و فناوری-های ساخت	۱- ترکیبات پایه	تحقیقات جدید در حوزه ترکیبات به اکتشافات جدیدی در سنتز مولکولی رسیده و ترکیباتی با خصوصیاتی متفاوت کشف نموده که از تمامی ساختارهای معمول متفاوت هستند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه ترکیبات پایه میزان سرعت و دقت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- مواد پرینت سه‌بعدی ۲- آئروژل[۱] ۳- نانوتیوب‌های کربنی ۴- کربین[۲] ۵- گرافین[۳] ۶- متامواد
	۲- مواد بیولوژیکی	کاربردهای فناوری‌های حوزه نانو و میکرو به‌مرور وارد حوزه‌های مختلف از جمله حوزه‌های سازگار با مواد زیستی شده است. این موضوع از ترکیبات جدید قابل تزریق در خون برای مقابله با یک ویروس خاص گرفته تا سطوح مقاوم در برابر باکتری‌ها را شامل می‌شود. توسعه فناوری‌های مرتبط با این حوزه میزان ارتباطات و آگاهی را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- نانوپوشش‌های ضدمیکروب ۲- نانوبایوتکنولوژی ۳- نانو غذا
	۳-فناوری‌های ساخت جدید	فناوری پرینت سه‌بعدی، خود مونتاژی مولکولی[۴] و یا جایگزینی مولکول‌های زنجیره پروتئینی[۵]شماری از کاربردهای نانومواد در حوزه ساخت محسوب می‌شوند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه فناوری‌های ساخت جدید میزان سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- فناوری‌های پرینت چهاربعدی ۲- خود مونتاژی کنترل‌شده ۳- پرینت سه‌بعدی در ابعاد میکرو ۴- معماری نانو ۵- نانوکارخانه‌ها
	۴- مواد مصنوعی	ایجاد خواصی که تاکنون در مواد طبیعی وجود نداشته است و یا تغییر ساختار مواد موجود به‌منظور تغییر و بهبود خواص از جنبه‌های مهم و کاربردی این زیرشاخه محسوب می‌شود. از متامواد‌ی که ویژگی‌های پلاسمونیک[۶]اپتیکی دارند تا فوم‌های فلزی، همگی راه را برای رسیدن به محاسبات پرسرعت، میکروسکوپ‌های زیراتمی، سازه‌های خود مونتاژ بادوام بالاتر و غیره هموار می‌کنند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه مواد مصنوعی بسته به کاربردهایشان در تمامی شاخص‌ها تأثیر مثبت دارند و همچنین به سیاست‌گذاری در تمامی مراحل از مشاهده تا اقدام، از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- مواد اکستیک[۷] ۲- بیومواد ۳- مواد نیمه‌مرئی ۴- نانوشیشه‌ها ۵- نانوالیاف ۶- نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی ۷- مس نانومهندسی‌شده[۸] ۸- آلیاژهای تیتانیوم نانوفاز ۹- سلول‌های خورشیدی با فناوری نانو ۱۰- مواد شاخص منفی[۹] ۱۱- مواد خودترمیم
	۵- مواد انفعالی[۱۰]	مواد انفعالی رفتارهای متنوعی در برابر محرک‌های محیطی از انواع مختلف مانند شیمیایی، گرمایی و یا سایر شرایط از خود بروز می‌دهند. این رفتارها مواد انفعالی را برای طیف وسیعی از کاربردها مساعد می‌کنند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه مواد انفعالی بسته به کاربردهایشان در تمامی شاخص‌ها تأثیر مثبت دارند و همچنین به سیاست‌گذاری در تمامی مراحل از مشاهده تا اقدام، از حلقه	۱- مواد استتار کولوئیدی[۱۱] ۲- بتن سبز ۳- نانوکاتالیست‌ها ۴- فوتوکاتالیست بر پایه نانومواد[۱۲] ۵- الیاف هوشمند[۱]

[۱] Aerogel
[۲] Carbyne
[۳] Graphene
[۴] Molecular self-assembly
[۵] Protein chain alteration
[۶] Plasmonic
[۷] Auxetic
[۸] Nanoengineered Copper
[۹] Negative Phase Materials
[۱۰] Reactive
[۱۱] Colloid camouflage
[۱۲] Nanomaterial-based photocatalysts

		OODA کمک خواهد کرد.	۶- ترموبایمتال‌ها[۲]
۳- محاسبات و هوش مصنوعی	۱-محاسبات	سرعت انجام محاسبات در سامانه‌های نظامی اهمیت بالایی دارد چراکه باید چرخه OODA را با سرعت بیشتری به‌روزرسانی کند و درنتیجه اتخاذ تصمیم‌های سریع‌تر را موجب خواهد شد. همچنین انجام محاسبات سریع برای تحلیل کلان‌داده[۳] و یا رمزنگاری[۴] اهمیت بالایی خواهد داشت. توسعه فناوری‌های مرتبط با محاسبات میزان دقت و سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله تصمیم‌گیری و جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- محاسبات کوانتومی ۲- رایانش ابری[۵] ۳- محاسبات روی بورد[۶] ۴- چیپ‌های حافظه سه‌بعدی
	۲- اینترنت اشیاء	اینترنت اشیا به زبان ساده، ارتباط سنسورها و دستگاه‌ها با شبکه‌ای است که از طریق آن می‌توانند با یکدیگر و با کاربران تعامل کنند. این مفهوم می‌تواند به‌سادگی ارتباط یک گوشی هوشمند با تلویزیون یا به پیچیدگی نظارت بر زیرساخت‌های شهری و ترافیک باشد. توسعه فناوری‌های مرتبط با اینترنت اشیا میزان سرعت، آگاهی و ارتباطات را افزایش داده، با حذف انسان از فرایندها فاصله را کم کرده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- مدیریت کلان داده‌ها ۲- گرده‌های هوشمند[۷] ۳- شبکه اینترنت بی‌سیم اشیاء
	۳- امنیت سایبری	افزایش توان مقابله در برابر حملات سایبری در دنیایی که اکثر اطلاعات در فضای مجازی ردوبدل می‌شوند اهمیت بالایی دارد توسعه فناوری‌های مرتبط با امنیت سایبری میزان دقت، آگاهی و ارتباطات را افزایش داده، با حذف انسان از فرایندها فاصله را کم کرده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- مدیریت بیولوژیک[۸] ۲- یادگیری عمیق[۹] ۳- سایبر هاردنینگ[۱۰] ۴- امنیت زیرساختارها ۵- یادگیری ماشین[۱۱] ۶- تحلیل ریسک
۴- ارتباطات و سنجش	۱- ارتباطات	ارتباطات بین افراد خودی و در یک گروه کوچک از طریق شبکه‌هایی مانند شبکه ad hoc صورت می‌گیرد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه ارتباطات میزان آگاهی و ارتباطات را افزایش داده، شاخص سرعت را بهبود داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- شبکه‌های موبایل نسل پنجم ۲- شبکه‌های بی‌سیم با پایگاه‌های هوایی[۱۲] ۳- ارتباطات ابری ۴- شبکه اینترنت سریع‌تر ۵- ارتباطات لیزری
	۲- رابط‌ها[۱۳]	نقش اصلی رابط‌ها در افزایش سرعت و تاثیر عملکرد وسایل دیجیتال برای کنترل‌پذیری بیشتر است. سامانه‌های نظامی به‌طور مداوم شرایط به‌روز شده را به سربازان مخابره می‌کنند. وظیفه رابط‌ها ترکیب کردن این اطلاعات با واقعیت مجازی یا مفاهیم قابل‌درک‌تر و در اختیار افراد قرار دادن است. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه رابط‌ها میزان آگاهی و ارتباطات را افزایش داده، شاخص سرعت را بهبود داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده	۱- عینک‌های واقعیت مجازی ۲- واقعیت افزوده[۱۴] ۳- تعاملات با اشاره ۴- فناوری‌های هولوگرافیک[۱۵] ۵- تجهیزات واقعیت مجازی ۶- رایانش پوشیدنی[۱۶]

[۱] Smart textiles
[۲] Thermo-Bimetals
[۳] Bigdata analysis
[۴] Cryptography
[۵] Cloud computing
[۶] On-board computation
[۷] Smart dust
[۸] BioAuthentication
[۹] Deep learning
[۱۰] Cyber hardening
[۱۱] Machine Learning
[۱۲] Aerial Wireless networks
[۱۳] Interfaces
[۱۴] Augmented Reality
[۱۵] Holographic technology
[۱۶] Wearable computing

		و تصمیم‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	
	۳- شبیه‌سازی	شناخت ویژگی‌های بدن انسان با جزئیات بیشتر به دریافت سریع‌تر اطلاعات توسط افراد کمک می‌کند که منجر به افزایش کیفیت آموزش آن‌ها خواهد شد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه رابط‌ها میزان دقت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری، تصمیم‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- بازی‌های ویدیویی با بازخورد زیستی[۱] ۲- اتاقک‌های واقعیت افزوده[۲] ۳- واقعیت مجازی
	۴- نظارت[۳]	ارزیابی و نظارت دقیق اطلاعات ارزشمند بسیاری برای اتخاذ تصمیم‌های راهبردی به ما می‌دهد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه رابط‌ها میزان دقت، آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده، جهت‌گیری و تصمیم‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- سامانه‌های میکرو الکترومکانیکی[۴] ۲- شناسایی ویدئو و تصویر[۵] ۳- نقشه‌برداری محیطی[۶] ۴- عکس‌برداری تمام اپتیکی برای نقشه‌برداری
۵- انرژی	۱- راندمان انرژی	تأمین انرژی، انتقال انرژی و استفاده پر راندمان از آن به‌عنوان مزیت رقابتی مهمی در عرصه فناوری‌های نظامی به شمار می‌رود و موجب می‌شود میزان مصرف آن در موارد غیرضروری به حداقل برسد. توسعه فناوری‌های این حوزه میزان سرعت را افزایش داده و فاصله‌ها را کاهش دهد و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- ساختمان‌های انرژی-هوشمند ۲- باتری‌ها با قابلیت شارژ سریع ۳- پانل‌های خورشیدی منعطف و قابل‌حمل
	۲- مدیریت انرژی	امروزه زیرساخت‌های انرژی به علت استفاده از روش‌های قدیمی و محدود به‌شدت آسیب‌پذیر شده‌اند. این سیستم‌ها نسبت به حملات سایبری و نوسانات شبکه پاسخ به‌موقعی نمی‌دهند. توسعه فناوری‌های مرتبط با مدیریت انرژی میزان آگاهی و ارتباطات را افزایش، فاصله‌ها را کاهش می‌دهد و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- تولید غیرمتمرکز انرژی[۷] ۲- انتقال انرژی به‌صورت بی‌سیم[۸] ۳- راکتورهای کوچک چندقسمتی[۹] ۴- شبکه‌های کوچک تولید انرژی از طریق انرژی‌های پاک مانند بادی و خورشیدی
	۳- انرژی پیشران	انتقال نیروهای نظامی از یک نقطه به نقطه دیگر اهمیت بالایی دارد، چه به‌منظور انتقال تجهیزات و نفرات باشد، چه شناسایی و غیره. توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی پیشرانش میزان سرعت را افزایش داده، فاصله‌ها را کاهش می‌دهد و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- خودروهای الکتریکی ۲- توسعه موتورهای جت و یا تراستر‌های پربازده ۳- ارائه طرح‌های بهتر در حوزه پیشرانش دریایی مانند؛ قایق‌های تندرو
	۴- ذخیره انرژی	ذخیره انرژی و انتقال آن یکی از حوزه‌هایی است که تا مدت‌ها کمتر پیشرفتی داشته و نوآوری کمتری در آن به چشم می‌خورد. بهبود ادوات انتقال انرژی برای سربازان میزان وزن حمل‌شده را کاهش خواهد داد و استفاده از جنگ‌افزارهای مدرن را میسر خواهد کرد. توسعه فناوری‌های مرتبط با ذخیره انرژی میزان سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه	۱- فوتوسنتز مصنوعی ۲- باتری‌های بیولوژیکی[۱۰] ۳- انرژی هیدروژنی[۱۱] ۴- باتری‌ها لیتیم-هوا[۱۲] ۵- باتری‌های پرینت‌شده ۶- سوخت‌های زیستی نسل

[۱] Biofeedback
[۲] Holoroom
[۳] Monitoring
[۴] MEMS
[۵] Video and Image Recognition
[۶] Environment Mapping
[۷] Distributed Energy Generation
[۸] Long-range Wireless Charging
[۹] Small Modular Reactors
[۱۰] Biological Batteries
[۱۱] Hydrogen Energy
[۱۲] Lithium-air batteries

		OODA کمک خواهد کرد.	دوم[۱] ۷- باتری‌های حالت جامد[۲] ۸- باتری‌های پوشیدنی
	۵- تبدیل انرژی	با پیشرفت چشمگیر منابع تولید انرژی، روش‌های تبدیل آن نیز به‌سرعت توسعه یافته و تنوع بیشتری پیدا کرده است. در کاربردهای نظامی هدف قرار دادن منابع تولید انرژی سیار کار دشوارتری خواهد بود. همچنین اتکا به چند فناوری محدود برای تبدیل انرژی می‌تواند برای کشور وابستگی تهدیدزا ایجاد کند. توسعه فناوری‌های مرتبط با تبدیل انرژی میزان آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- سامانه تولید انرژی از باد هوابرد[۳] ۲- فیوژن یا همجوشی هسته‌ای[۴] ۳- میکروراکتورها ۴- توان پیزوالکتریک[۵] ۵- شبکه‌های انرژی خورشیدی ۶- انرژی جزر و مدی[۶] ۷- انرژی فاضلاب[۷]
۶- وسایل نقلیه	۱- وسایل نقلیه هوایی	در قرن اخیر، پرواز همواره یکی از پرهزینه‌ترین حوزه‌های علوم و فناوری به شمار می‌رفته است. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه ساخت، میزان سرعت و آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- هواپیماهای الکتریکی قابل شارژ با پهپادها ۲- هاور بایک[۸] ۳- هواپیمای بدون سرنشین با برد بالا ۴- پهپادهای جیبی ۵- اسکرم‌جت‌ها[۹]
	۲- لجستیک	سامانه‌های لجستیک زیرساختارهایی هستند که کمک می‌کنند تا هر عنصری در زمان و جای مناسب خود قرار داشته باشد. شماری از فناوری‌های مرتبط با لجستیک به‌شمار می‌روند. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه ساخت میزان سرعت و آگاهی و ارتباطات را افزایش داده، فاصله‌ها را کم کرده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده، تصمیم‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- وسایل نقلیه خودکار ۲- سخت‌افزارهای چندقسمتی[۱۰] ۳- سازه‌های هوشمند ۴- ربات‌های گروهی خودکار[۱۱] ۵- رباتیک شخصی[۱۲] ۶- ربات‌های خدمات‌رسان[۱۳]
	۳- رباتیک	تاکنون حوزه حمل‌ونقل بهره فراوانی از رباتیک برده است توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه رباتیک میزان سرعت و دقت را افزایش داده، فاصله‌ها را کم کرده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله جهت‌گیری و اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- سامانه‌های ناوبری پیشرفته ۲- ربات‌های چابک[۱۴] ۳- بیوربات‌ها ۴- ربات‌های نرم[۱۵] ۵- پهپادهای حمل بار[۱۶] ۶- حامل‌های بار رباتیک[۱۷]

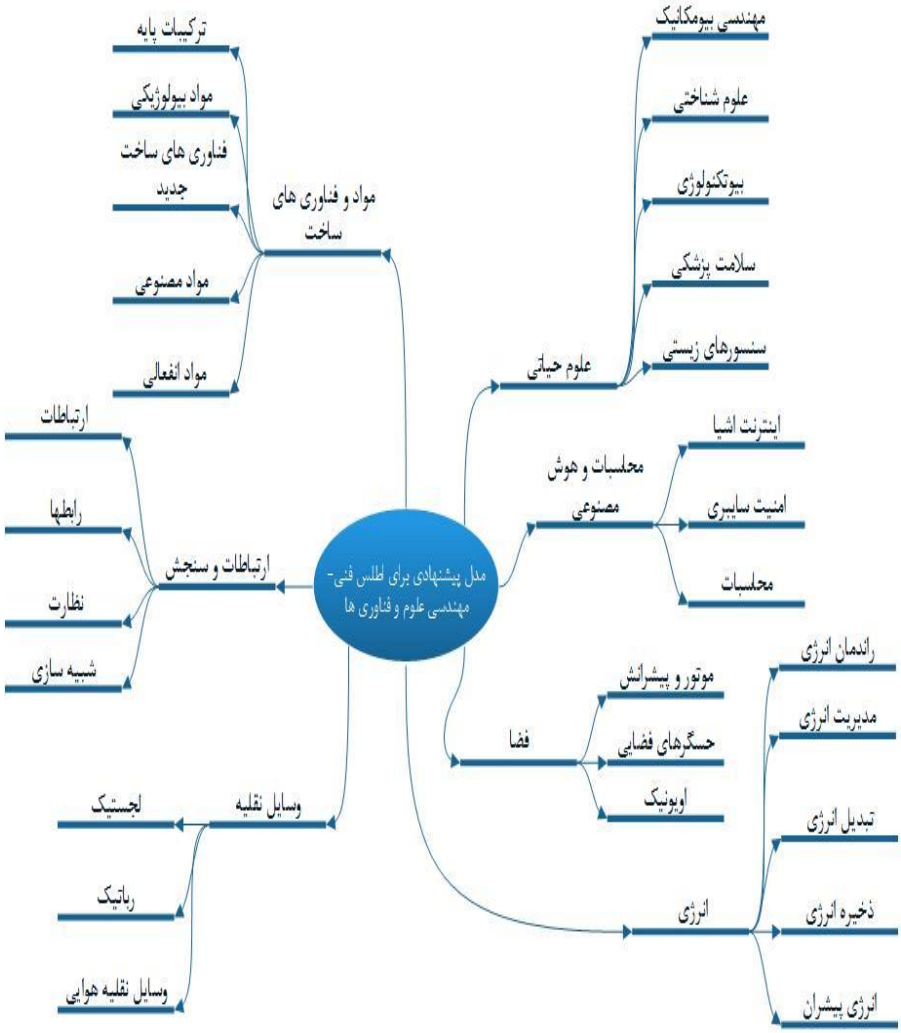
[۱] Second-state Biofuels
[۲] Solid-state batteries
[۳] Airborne Wind Energy systems
[۴] Fusion
[۵] Piezoelectric power
[۶] Tidal power
[۷] Sewage
[۸] Hoverbike
[۹] ScramJet
[۱۰] Modular Hardware
[۱۱] Intelligent autonomous swarms
[۱۲] Personal robotics
[۱۳] Service Robots
[۱۴] Agile robots
[۱۵] Soft Robots
[۱۶] Payload drones
[۱۷] Robotic mules

۷- فضا	۱- موتور و پیشرانش	موتور و سامانه پیشرانش فضاپیما و ماهواره‌ها، دقیق‌ترین و مهم‌ترین بخش‌های تعیین‌کننده سرنوشت یک سازه هوایی هستند. سرنوشت تمام سازه‌ها و وسایلی که بدون سرنشین در فضا حرکت می‌کنند به شتاب‌دهنده‌ها بستگی دارد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه موتور و پیشرانش میزان سرعت را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- نسل آینده موتورهای توربینی با بازدهی بالا[۱] ۲- پیشرانش دوپایه[۲] ۳- کنترل جریان[۳]
	۲- حسگرهای فضایی	با توجه به عدم وجود سرنشین در اغلب سازه‌های فضایی مانند ماهواره‌ها و فضاپیماها لازم است تا وضعیت آن‌ها به‌طور مداوم و دقیق در ابعاد مختلف توسط حسگرها پایش شود. همچنین افزایش دقت این حسگرها موضوع دیگری است که توجه روزافزونی را به خود معطوف داشته است. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه حسگرهای فضایی میزان دقت و آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله مشاهده و تصمیم‌گیری از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- شبکه‌های سنسور خودمختار و خویش‌سازمان‌ده[۴] ۲- شبکه‌های سنسور فراگیر و غیرقابل‌شناسایی[۵] ۳- حسگرها با فناوری MEMS[۶] ۴- سامانه‌های فضایی چندجزئی[۷]
	۳- اویونیک[۸]	اویونیک یکی از قسمت‌های بسیار مهم در هر سازه فضایی می‌باشد. وظیفه این بخش نظارت و ارسال دستورات لازم بین بخش‌های الکترونیکی یک سازه فضایی مانند بخش‌های پیشران، کنترل، ایمنی و غیره را دارد. توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه اویونیک میزان دقت و آگاهی و ارتباطات را افزایش داده و همچنین به سیاست‌گذاری در مرحله اقدام از حلقه OODA کمک خواهد کرد.	۱- سامانه‌های کنترل پرواز[۹] ۲- ناوبری[۱۰] ۳- سامانه‌های مخابراتی ۴- سیستم‌های الکترونیکی سبک

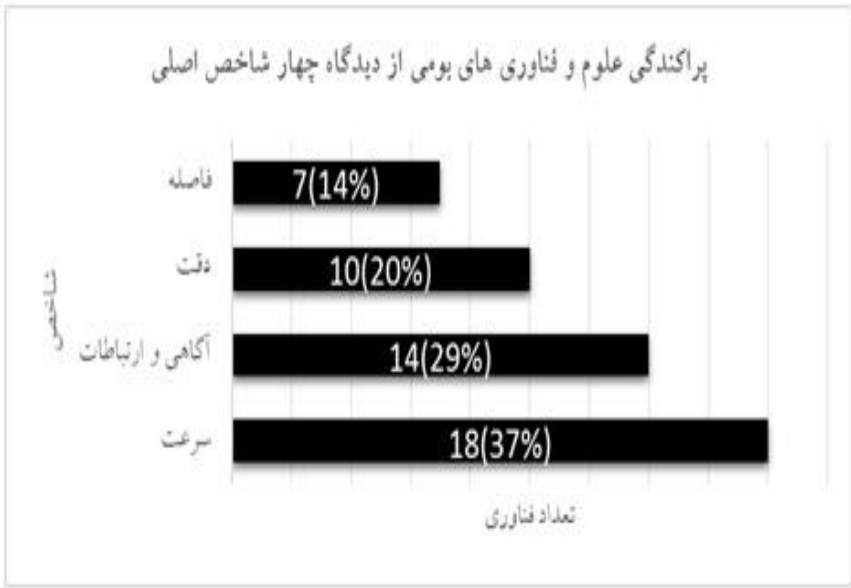
جمع‌بندی

با توجه به مطالب و دسته‌های عنوان‌شده، می‌توان مدلی مطابق شکل زیر برای اطلس فنی-مهندسی علوم و فناوری‌های بومی ایران پیشنهاد داد. این مدل، مدل نهایی نبوده و جای تغییر دارد، اما الگوی اصلی خود را از DefTech 2017 گرفته و مطابق با معیارها و شاخص‌های آن به‌دست آمده است.

[۱] Next generation high-efficiency turbine engine
[۲] Dual mode propulsion(Supersonic/Hypersonic)
[۳] Flow Control
[۴] Autonomous and Self Organizing sensor Networks
[۵] Pervasive, Detectable Sensor Networks
[۶] MEMS-based sensors
[۷] Fractionated/ Distributed space systems
[۸] Avionics
[۹] Flight control systems
[۱۰] Navigation



شکل شماره ۵- مدل پیشنهادی برای اطلس فنی-مهندسی علوم و فناوری‌ها



شکل شماره ۶- نمودار پراکندگی اطلس پیشنهادی علوم و فناوری‌های داخلی از دیدگاه چهار شاخص اصلی

در این مدل پیشنهادی دسته‌های مطابق با دسته‌بندی DefTech انتخاب و زیرشاخه‌های ارائه‌شده نیز بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته روی همین چارت نوشته شده‌اند. فناوری‌هایی که درون این دسته‌ها قرار می‌گیرند باید مطابق با نیازهای کشور و با توجه به شاخص‌های موردنظر و مراحل روش تصمیم‌گیری OODA وارد این مدل شوند چراکه مبنای تصمیم‌گیری در این مدل استفاده از این شاخص‌ها و حلقه OODA خواهد بود. نکته حائز اهمیت دیگر اینکه انتخاب زیرشاخه‌ها به‌گونه‌ای صورت گرفته است که بتواند علوم و فناوری‌های مربوط به اطلس فنی- مهندسی DefTech را تا حد قابل قبولی پوشش دهد.

منابع

Hansruedi Bircher, “Anticipation of the technology development for the security of a small State”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Quentin Ladetto, “Anticipating the technological challenges of the battlefield of tomorrow” armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Mark Höpflinger, “The future of Robotics and its impact on security and military operations”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Marc Danzeisen, “ICT platforms in vehicles - minimising risks thanks to open standards and architecture requirements”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Peter Wellig, “Technological trends in radar technology”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Vincent Lenders, Martin Strohmeier, Matthew Smith, Matthias Schäfer, Ivan Martinovic, “Cyber (In)security in Air Traffc Management”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Albert Blarer, “Explainable Artifcial Intelligence”, armasuisse, Science and Technology, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, 2017.

Ladetto, Quentin, “Defence Future Technologies: Emerging Technology Trends”, 2017.

Swiss Defense Future Technologies Available on: http://viz.envisioning.io/deftech_2017/?o=0