



بسمه تعالی

محل درج و انعکاس
دیدگاه شما
درباره این گزارش

مرکز راهبری آینده پژوهی علوم و فناوری های دفاعی

تلفن ۷۲۴۲۷۵۳۵

نمبر ۲۲۸۰۹۸۰۶

آن چه که پیشرفت است، این است که ما از هر که و هر جور، همه دانش های مورد نیازمان را فرا بگیریم؛ این دانش را به مرحله ی عمل و کاربرد برسانیم، تحقیقات گوناگون انجام بدهیم، برای این که دامنه ی علم را توسعه بدهیم، تحقیقات بنیادی انجام بدهیم، تحقیقات کاربردی و تجربی انجام دهیم تا فناوری را به وجود آوریم؛ یا فناوری جدیدی را به وجود بیاوریم یا فناوری را تکمیل کنیم.

مقام معظم رهبری

۸۵ / ۸ / ۱۸

شماره چهل

سال ۱۴۰۰

شماره مسلسل: ۸۵

فناوری های نوظهور و جدید شکل دهنده ی صحنه نبرد آینده

- با افق ۲۰۴۰ -

(به نقل از پارلمان اتحادیه اروپا)

برای دهه های آتی، درک تحولات فناورانه و پیش بینی تأثیر بالقوه ی آن ها بر شکل دهی صحنه نبرد آینده، به منظور سیاست گذاری و اتخاذ تصمیمات مرتبط با سرمایه گذاری که منجر به بازنگری مناسب در تسلیحات، عملیات نظامی، و اولویت های بودجه دفاعی می شوند، حائز اهمیت خواهد بود. بنابراین درک این که چه حوزه هایی از فناوری موجب تحولات عمیق در صحنه نبرد آینده خواهند شد، و این که چگونه چنین اثراتی تحقق می یابند، برای دانش نظامی و حوزه دفاعی کشورها ضرورت دارد. چراکه چنین درکی تصمیم گیری ها را آگاهانه خواهد کرد و تا حد امکان منافع سرمایه گذاری با منابع محدود و اولویت های رقیب را به حداکثر خواهد رساند.

در این خصوص، هیأت آینده ی علم و فناوری پارلمان اروپا به مؤسسه «رند» مأموریت داد تا پژوهشی را در خصوص فناوری های نوآرانه ای که صحنه نبرد آینده را شکل می دهند با افق دید ۲۰ ساله انجام دهند. این پژوهش در سال ۲۰۲۱ برای پارلمان اتحادیه اروپا منتشر گردید. در این گزارش خلاصه ای از خوشه های فناوری های نوظهوری که شکل دهنده ی صحنه نبرد آینده (تا سال ۲۰۴۰) هستند، به شرح زیر تشریح می گردد:

- ۱) هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و کلان داده ها
- ۲) روبات های پیشرفته و سیستم های خودمختار
- ۳) زیست فناوری
- ۴) فناوری هایی برای اعمال اثرات جدید
- ۵) ماهواره ها، تجهیزات، و فناوری های فضایی
- ۶) رابط کاربری های انسان و ماشین

فریما علی لو

آذرماه ۱۴۰۰

طبقه بندی: عادی

فایل الکترونیکی این گزارش در پورتال مرکز مطالعات راهبردی ودجا قابل مشاهده می باشد.

<http://150.150.163.14:3030/index.html>



فناوری‌های نوظهور و جدید شکل دهندهی صحنه نبرد آینده

- با افق ۲۰۴۰ -

(به نقل از پارلمان اتحادیه اروپا)

مقدمه

مؤسسه رند، به درخواست پارلمان اتحادیه اروپا - واحد آینده‌نگاری - به بررسی و ارزیابی فناوری‌هایی پرداخت که به طور قابل توجهی ماهیت صحنه نبرد آینده را در سال ۲۰۴۰ شکل خواهند داد؛ این گزارش در آگوست ۲۰۲۱ منتشر گردیده است. برای تهیه این گزارش، پس از جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ادبیات موضوعی با مشورت واحد آینده‌نگاری علوم و فناوری پارلمان، فهرست وسیعی از فناوری‌های آینده شناسایی شدند، و سپس خوشه‌های فناوری انتخاب و در ۶ شاخه معرفی شدند. کارشناسان مؤسسه رند، ارزیابی و اثرگذاری بالقوه‌ی این خوشه‌های فناوری بر صحنه نبرد آینده را از طریق مرور مقالات هدف و انجام مصاحبه‌های کلیدی با متخصصان فناوری، بررسی و چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی حوزه دفاعی اروپا را مشخص کردند. هدف از تحلیل داده‌ها و خوشه‌بندی فناوری‌های نوظهور، اولویت‌بندی آن‌ها بر مبنای عامل‌های زیر است:

- **احتمال اتخاذ/ به کارگیری:** میزانی که انتظار می‌رود استفاده از خوشه فناوری فراگیر شده یا به هر صورت دیگر در بستر صحنه نبرد در چارچوب زمانی ۲۰۴۰ به کار رود.
- **اثر مورد انتظار:** شدت تاثیر و شکل‌دهی خوشه فناوری به صحنه نبرد آینده را در سال ۲۰۴۰ شکل دهد، بطوری که هم فرصت‌ها و هم چالش‌های مربوط به پیشرفت‌های فناورانه در نظر گرفته شوند.

خوشه‌های فناوری جدید و نوظهوری که صحنه نبرد آینده را در سال ۲۰۴۰ شکل می‌دهند

تعریف	خوشه فناوری
فناوری‌های نرم‌افزاری که قادرند محاسبات پیشرفته را اجرا کرده و داده‌های بی‌نهایت بزرگ را تحلیل و تفسیر کنند.	هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و کلان داده‌ها
فناوری‌هایی که عملیات وسایل هدایت‌پذیر از دور را با قابلیت‌های پیشرفته توانمند می‌سازند تا عملیات‌ها بدون نظارت و کنترل انسانی انجام شوند.	روبات‌های پیشرفته و سیستم‌های خودمختار

فناوری‌هایی که سیستم‌های زیستی یا نوآوری‌های علوم زیستی را به کار می‌گیرند، به این منظور که ویژگی‌های پیشرفته و سطوح عملکرد را توسعه دهند.	زیست‌فناوری
فناوری‌هایی که شامل سلاح‌ها و زیرسیستم‌هایی می‌شوند که اثر جدید جنبشی و غیر جنبشی را ارائه می‌دهند، یا اثر متداول فعلی را به روش‌های جدید ممکن می‌سازند.	فناوری‌هایی برای اعمال اثرات جدید
فناوری‌هایی که دستیابی به فضا را ممکن می‌سازند، یا فناوری‌هایی که به فضا مربوط می‌شوند و عملیات فضایی یا زمینی را تسهیل می‌کنند.	ماهواره‌ها، تجهیزات، و فناوری‌های فضایی
فناوری‌هایی که تعاملات انسان و ماشین یا هم‌تیم شدن انسان و ماشین را تسهیل می‌کنند، و شامل انتقال اطلاعات هستند.	رابط‌های کاربری انسان و ماشین

۱) هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و کلان داده‌ها

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

درحالی‌که تعریف عمومی و دارا مقبولیت همگانی برای هوش مصنوعی وجود ندارد، این فناوری به طور کلی به سیستم‌های رایانه‌ای اشاره دارد که می‌توانند وظایف را تا حدودی به صورت خودمختار اجرا کنند که با قابلیت‌های اکتساب داده‌ها، تفسیر داده‌ها، استدلال و پردازش اطلاعات پشتیبانی می‌شوند. هوش مصنوعی بازه وسیعی از سیستم‌ها را با سطوح مختلف پیچیدگی^۱، خودمختاری^۲ و سطح آمادگی فناوری^۳ در بر می‌گیرد. چنین سیستم‌هایی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- **هوش مصنوعی محدود**^۴، شامل سیستم‌هایی است که قادرند بازه‌ی محدودی از وظایف را به صورت خودمختار از طریق توانمندی‌های از پیش برنامه‌ریزی شده اجرا کنند؛
- **هوش مصنوعی عمومی**^۵، به سیستم‌هایی اشاره دارد که قادرند هوش انسانی را شبیه‌سازی کنند و به صورت خودمختار، قابلیت‌های چندکارکردی را از طریق یادگیری، ادراک، و فهم شایستگی‌های کارکردی شبه انسان اجرا کنند؛
- **آبر هوش مصنوعی**^۶، سیستم‌هایی را شامل می‌شود که قادرند توانمندی‌هایی را توسعه دهند که از قدرت درک انسان فراتر است.

هوش مصنوعی طیفی از تکنیک‌ها و زیرسیستم‌های مختلف را دربرمی‌گیرد که شامل **یادگیری ماشینی**^۷ است. یادگیری ماشینی به سیستم‌هایی اشاره دارد که قادرند یادگیری را با نظارت یا بدون نظارت (هنگامی که در معرض داده‌های طبقه‌بندی

1 Sophistication

2 Autonomy

3 Technology Readiness Level (TRL)

4 Artificial Narrow Intelligence (ANI)

5 Artificial General Intelligence (AGI)

6 Artificial Super Intelligence (ASI)

7 Machine Learning (ML)

شده قرار می‌گیرند)، اجرا کنند. از سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی می‌توان به‌طور کلی جهت خودکار کردن وظایف یا ارائه‌ی بینش شناختی از طریق تحلیل داده‌های بزرگ یا تعامل شناختی (یعنی هنگامی که سیستم با محیط خود ارتباط برقرار می‌کند یا تعامل می‌کند، مانند روبات‌های سخنگو) استفاده کرد.

کلان داده‌ها^۱، به تکنیک‌های پیچیده‌ی جمع‌آوری داده و تحلیل‌های مبتنی بر ماشین اشاره می‌کند (یعنی جمع‌آوری و پردازش داده‌ها)، که می‌توان از آن برای ارائه دیدگاه‌های برآمده از داده‌های ساختاری یا غیرساختاری بی‌نهایت بزرگ استفاده کرد. هرچند هوش مصنوعی در حال حاضر در صحنه‌های نبرد امروزی به شکل‌ها و کاربردهای مختلف وجود دارد، اما تا سال ۲۰۴۰ سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، ممکن است تا حد قابل توجهی نسبت به قابلیت‌ها و بلوغ هوش مصنوعی تکامل یابند. این فرایند شامل **افزایش ظرفیت سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی است تا به صورت خودمختار از داده‌های وارد شده، یاد بگیرند و «از عهده اطلاعات مبهم و نامتقارن برآیند»**. با وجود علاقه روبه‌رشد نسبت به توسعه‌ی «هوش مصنوعی عمومی»، متخصصان این حوزه اعلام کرده‌اند که به‌کارگیری «هوش مصنوعی عمومی» در حال حاضر در افق زمانی ۲۰۴۰ غیرواقعی به نظر می‌رسد.

پیشرفت در علم داده احتمالاً بهبود قابل توجهی را در فناوری‌های محاسباتی هم‌چون هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها به دنبال خواهد داشت. این بهبود شامل پیشرفت در توسعه سیستم‌های «**یادگیری عمیق**»^۲ است. این سیستم‌ها می‌توانند داده‌های ناشناخته و غیرساختارمند را پردازش کرده و آن‌ها را یاد بگیرند. علاقه روبه‌رشد نسبت به استفاده از هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها، در بخش عمومی و خصوصی احتمالاً دامنه‌ی کاربردهای چنین فناوری‌هایی را افزایش خواهد داد.

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها کاربردهای فراوانی در حوزه امنیت و دفاع دارند، که می‌توان به پشتیبانی از تصمیم در زمینه‌هایی هم‌چون امنیت هسته‌ای اشاره کرد. هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها می‌توانند چندین فرصت بالقوه را برای مقاصد پدافندی فراهم کنند:

- **کنترل گردش اطلاعات و دستیابی به اطلاعات** می‌تواند مزیت قابل توجهی را برای هر بازیگر در بستر صحنه نبرد آینده فراهم کند. براین اساس، سیستم‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها فرصت‌های قابل توجهی را برای کشورهای عضو اتحادیه اروپا فراهم می‌کنند، تا مزیت راهبردی در دستیابی به داده‌ها و مدیریت در برابر دشمن بالقوه، و نیز حتی عبور از حلقه‌ی «اودا»^۳ی دشمن (حلقه‌ی مشاهده - جهت‌گیری - تصمیم - اقدام) ایجاد شود.
- با استفاده از ظرفیت هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها برای پردازش و استنتاج سریع داده‌ها، می‌توان به یک آستانه کیفی برای **پشتیبانی تصمیم در سطح راهبردی**، رسید. به‌عنوان مثال، هوش مصنوعی در سطح

1 Big Data

2 Deep Learning

3 Observe, Orient, Decide and Act (OODA)

راهبردی ممکن است از طریق به چالش کشیدن دیدگاه‌های مورد پذیرش درباره روابط بین عوامل مختلف، یا شناسایی نقاط ضعف دشمن، از تصمیم‌گیری پشتیبانی کند.

- با فعال‌سازی **خودمختاری سیستم‌ها** در صحنه نبرد، هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، از طریق **تحلیل سریع اقدامات دفاعی و پنهان‌کاری**^۱ در میدان نبرد، فرصت‌هایی را برای پدافند ایجاد می‌کنند.
- هوش مصنوعی می‌تواند فرصت‌هایی را برای **بهبود نوآوری سازمانی و سازگاری خط‌مشی‌های** متعلق به سازمان‌های عمومی (از جمله مجموعه‌های دفاعی)، نسبت به تحولات پُرشتاب محیطی در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی، جغرافیای سیاسی و امنیت فراهم کند.

علاوه بر این فرصت‌های کلی، می‌توان مثال‌های مشخصی را مربوط به کاربردهای نظامی هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها، به‌ویژه در حوزه‌های **اطلاعات، نظارت و شناسایی**^۲، **پشتیبانی از تصمیم، فرماندهی و کنترل و لجستیک**، شناسایی کرد.

به‌هرحال، توانایی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها، در پردازش سریع و استنتاج مقادیر زیاد داده‌ها، حاکی از چالش‌های مختلف برای حوزه‌های دفاع آینده است. در نتیجه‌ی استفاده از این سیستم‌ها در صحنه نبرد آینده، **سرعت تصمیم‌گیری ممکن است تا حد زیادی افزایش یابد**. به‌ویژه به‌کارگیری عوامل شبکه‌بندی شده می‌تواند، **توانایی اقدام به‌شدت سریع را (حتی در محیط‌های عملیاتی دارای عدم قطعیت)** ممکن سازد.

هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی هم‌چنین در بسیاری از سلاح‌های آفندی و پدافندی و سیستم‌های سایبری-فیزیکی یکپارچه می‌شوند. یکپارچه‌سازی هوش مصنوعی با سیستم‌های تسلیحاتی پیشرفته، از جمله سیستم‌هایی که برمبنای زیست‌فناوری بوده، می‌تواند **کارایی سیستم‌های تسلیحاتی و نیز مرگبار بودن و سرعت تصمیم‌گیری آن‌ها را در رابطه با استقرارشان** تا حد قابل توجهی ارتقا دهد.

هوش مصنوعی درحالی‌که ممکن است توانایی نیروهای کشورهای عضو اتحادیه اروپا را در درک اقدامات و توانمندی‌های دشمن بهبود بخشد، اما هم‌چنین ممکن است اقدامات خصمانه را به چالش بکشد. کاربردهای هوش مصنوعی در خودکارسازی برنامه‌نویسی، ممکن است منجر به **استفاده از کد مخرب (تولید شده توسط هوش مصنوعی)** شود، که تخصیص و ردیابی آن تا حد قابل توجهی مشکل خواهد بود. در اهداف پوششی یا عملیات نفوذ، از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، ممکن است برای ایجاد تصاویر «**جعل عمیق**»^۳ استفاده شود، که توانایی نیروهای مسلح را در هدایت یک محیط اطلاعاتی بسیار پیچیده به چالش می‌کشد.

به‌کارگیری هوش مصنوعی، هم‌چون سیستم‌های تسلیحاتی مبتنی بر هوش مصنوعی، ممکن است بنیان روندهای آتی را درخصوص استفاده از هوش مصنوعی در صحنه نبرد آینده تشکیل دهند. مطالعات موجود، افزایش سرمایه‌گذاری‌های فنی نظامی

1 stealth

2 Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR)

3 Deep fake

را برای ایجاد شرایط سخت امنیتی، تقویت عدم قطعیت و تشویق به سرمایه‌گذاری بیشتر در سیستم‌هایی که به‌طور افزاینده خودمختار می‌شوند، نشان می‌دهند؛ که منجر به مسیر تودرتوی تسلیحاتی^۱ می‌شود. درحالی‌که توسعه و اتخاذ هوش مصنوعی تا حد زیادی در بازه زمانی ۲۰۴۰ غیرمحمتمل به نظر می‌رسد، اما اگر به واقعیت تبدیل شود، «هوش مصنوعی عمومی» چالش‌های فراوان دیگری را در بستر صحنه نبرد آینده ایجاد خواهد کرد. این پیامد به‌طور خاص ناشی از عدم قطعیت در مورد هم‌ترازی یک عامل «هوش مصنوعی عمومی» با اهداف و ارزش‌های محرز انسانی است، که شامل استانداردهای اخلاقی و هنجارهای مورد پذیرش و رایج مربوط به رفتار و سلوک می‌باشد. توانایی «هوش مصنوعی عمومی» در بازسازی توانایی یادگیری شبه انسان نیز ممکن است به‌شدت چالش‌های مربوط به دشواری مدل‌های هوش مصنوعی را بزرگ جلوه دهد؛ این امر تا حد قابل توجهی، باعث کاهش پیش‌بینی‌پذیری و افزایش خطر درگیری‌های غیرمنتظره یا بدخواهانه، می‌شود

توانمندسازها و موانع مقابل به‌کارگیری در آینده

با وجود فرصت‌های قابل توجهی که هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای بخش دفاعی ایجاد کرده‌اند، با این حال، متخصصان خبره فعال در اتحادیه اروپا مطرح کرده‌اند که نباید محدودیت‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی را نادیده گرفت. با وجود محدودیت‌های شناختی^۲ و ابتکاری^۳ ذهن انسان، انسان‌ها ممکن است از پیش به‌طور طبیعی مستعد نشان دادن سناریوهای معین در بستر صحنه نبرد باشند؛ این سناریوها عبارتند از موقعیت‌هایی با سطوح بالای عدم قطعیت، و انواع شرایط جدیدی که نیاز به تعمیم و کاربرد قابل انتقال دارد. به‌طور مشابه، بلوغ فنی سیستم‌های فعلی و ماهیت روندهای فناورانه‌ی فعلی نشان می‌دهند که سیستم‌های کاملاً دیجیتال، می‌توانند فرصت‌هایی را برای خودکارسازی وظایف خاص مرتبط با دفاع فراهم سازند. این امر امکان دستاوردهای بیشتر در عملیات‌های نظامی را در بستر صحنه نبرد فراهم می‌کند. پیشرفت‌های فناورانه و استفاده از حسگرها، عامل مؤثر دیگری است که بر قابلیت‌های آینده‌ی سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی در صحنه نبرد اثرگذار هستند.

بحث و بررسی‌های کارگاهی نشان داده است که مسائل اخلاقی مانع مهمی برای به‌روز رسانی آتی فناوری‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، و کلان داده‌ها در صحنه نبرد است، هرچند میزان این مسائل به نوع سیستم و نیز رویه‌های مرتبط بستگی دارد. برای مثال، «هوش مصنوعی عمومی» به علت میزان بالای استقلال و خودمختاری، به‌طرز چشم‌گیری با مسائل اخلاقی بیشتر درگیر است؛ مثلاً مسائل مورد توجه اخلاقی نه تنها ماهیت خود سیستم فنی، بلکه رویه‌هایی را که از طریق آن‌ها چنین

1 armament spiral

2 Cognitive

3 Heuristics

ابتکاری/اکتشافی: منظور میان‌برهای ذهنی است که در آن تصمیم‌گیری بر اساس تکرار تجربه‌های قبلی صورت می‌گیرد.

سیستم‌های به‌کار برده می‌شوند، نیز شامل می‌شود. چنین چالش‌هایی با دو چالش مربوط به سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی و کلان داده تشدید می‌شوند:

- بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی به‌صورت «**جعبه‌های سیاه**»^۱ طراحی می‌شوند – به این معنی که سیستم‌ها اغلب طوری برنامه‌ریزی می‌شوند که فرایندهای تصمیم‌گیری و استنتاج سیستم‌ها برای خود برنامه‌نویسان، غیرجامع و نامفهوم هستند. این موضوع **چالش‌های اخلاقی و سیاسی** مهمی را در رابطه با **مسئولیت و پاسخگویی** مطرح می‌کنند. در محیط‌های دفاعی، چنین چالش‌هایی ممکن است موانع موجود را در اتخاذ سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در رابطه با الزامات اعتباردهی، آزمایش و تضمین کیفیت تشدید کنند.
- بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی نیز مستعد بازتولید یا تقویت سوگیری‌های موجود در داده‌های طبقه‌بندی شده هستند. چالش‌های **سیاسی و اخلاقی** مربوط به این‌گونه سوگیری‌ها منجر به کنار گذاشتن ذی‌نفعان بخش خصوصی از برنامه‌های کاربردی خاص هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی شده است (مانند تشخیص چهره)، هم‌چنین ممکن است اعتماد عمومی را نسبت به سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی تضعیف کند. هم‌چنین موانع مختلفی در محیط اروپا وجود دارند، که موجب مختل کردن نوآوری^۲ و تحقیق و توسعه^۳ می‌شوند، موانعی از قبیل **نقص در زیست‌بوم نوآوری و فقدان انگیزه و محرک در دانشگاه‌های اروپا و مؤسسات تحقیقاتی**. مطالعات موجود نیز این حقیقت را مورد تأکید قرار می‌دهند که کاربردهای نظامی هوش مصنوعی تا حد زیادی نادیده گرفته شده‌اند. با این وجود در جوامع اروپایی تمایل روبه‌رشدی نسبت به پیامدهای اقتصادی و اجتماعی مربوط به به‌کارگیری وسیع‌تر فناوری‌های هوش مصنوعی وجود دارد. به‌طور گسترده‌تر، در ایالات متحده، چین و روسیه تا حد زیادی بر مقالات مربوط به کاربردهای نظامی هوش مصنوعی تمرکز شده است.

۲) روباتیک پیشرفته و سیستم‌های خودمختار

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

روباتیک پیشرفته به سیستم‌های روباتیکی اشاره دارد که دارای قابلیت‌های درک، یکپارچگی، سازگاری، و پویایی بهتر هستند، که امکان «راه‌اندازی سریع‌تر، بهره‌برداری و پیکربندی مجدد و نیز عملیات کارا تر و پایدارتر» را فراهم می‌کند. در رابطه با امنیت و دفاع، روباتیک پیشرفته به‌طور خاص در رابطه با **طراحی، تولید و عملیات سیستم‌های هدایت‌پذیر از دور**، از جمله پهپادها^۴ و **روبات‌های اسکلت خارجی**^۵ مطرح است.

1 Black Boxes

2 innovation

3 R&D

4 Unmanned Aerial Vehicles (UAV)

5 Exoskeleton

روباتیک پیشرفته به‌طور تنگاتنگی با سیستم‌های خودمختار ارتباط دارد، زیرا سیستم‌های روباتیک پیشرفته بیش از پیش قادر هستند تا کارکردها را با خودمختاری پیشرفته اجرا کنند. سیستم‌های خودمختار، پیشرفت‌های روباتیک و خودمختاری را با خودمختاری مبتنی بر فناوری‌های هوش مصنوعی یکپارچه می‌کنند؛ این امر، این امکان را به سیستم‌های خودمختار می‌دهد تا کارکردها یا وظایف را با درجات متنوعی از کنترل و نظارت انسانی اجرا کنند. در فضای نظامی، این عمل شامل سیستم‌هایی با درجات متنوعی از کنترل انسانی می‌باشد. سیستم‌های خودمختار به‌طور رایج به‌صورت سیستم‌هایی با کنترل انسان‌ها، به یکی از انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- «**درون حلقه**»^۱: سیستم‌هایی که در آن‌ها بر اهمیت حفظ انسان‌ها در حلقه تصمیم‌گیری تأکید می‌شود، یعنی مشارکت انسان‌ها در تصمیم‌گیری‌های نهایی خصوصاً در رابطه با استفاده از نیروهای مرگبار.

- «**بر روی حلقه**»^۲: سیستم‌هایی که در آن‌ها هوش مصنوعی می‌تواند تصمیمات را به صورت خودمختار بگیرد، اما همراه با یک انسان که نظارت و سرپرستی وظایف را انجام می‌دهد، از جمله سیستم‌هایی در رابطه با به‌کارگیری نیروهای مرگبار هستند.

- «**بیرون از حلقه**»^۳: سیستم‌هایی که در آن‌ها هوش مصنوعی اختیار وسیعی در تصمیم‌گیری خودمختار را بدون کنترل یا نظارت انسانی دارد. این نمونه شامل اختیار در تصمیم‌گیری در سناریوهای به‌کارگیری نیروهای مرگبار است.

سیستم‌های خودمختار دامنه وسیعی از توانمندی‌ها را دربرمی‌گیرند که شامل **وسایل نقلیه هوایی، زمینی، دریایی یا زیردریایی**، و نیز **سیستم‌های ناهمگون** (یعنی شبکه‌ای متشکل از انواع مختلفی از فناوری‌های بدون سرنشین، از جمله وسایل نقلیه هوایی، زمینی، دریایی یا زیردریایی) و **حمله گروهی به صورت خودمختار**^۴ است.

سیستم‌های خودمختار و روباتیک از چند جهت در حال بهبود هستند، از جمله پیشرفت در **پیشرانی، برخاست و فرود دقیق** و توانمندی‌های **ناوبری**. این پیشرفت‌ها، با توسعه **سیستم‌های پیشرفته بینایی کامپیوتر**^۵ و **فناوری‌های راداری** پشتیبانی می‌شوند. یکپارچه‌سازی فناوری‌های مربوط به **حسگرهای پیشرفته** در سیستم‌های خودمختار و روباتیک احتمالاً این امکان را برای چنین سیستم‌هایی فراهم خواهد کرد تا محدوده بیشتری از کارکردها را، به‌ویژه در خصوص اطلاعات، شناسایی و نظارت^۶ اجرا کنند.

اسکلت‌های بیرونی، لباس‌های روباتیکی قابل پوشیدن هستند که باعث تقویت فیزیکی سربازان در میدان جنگ می‌شود.

1 In the Loop

2 On the Loop

3 Out of the Loop

4 Autonomous Swarms

5 Computer vision

بینایی کامپیوتر یا بینایی رایانه، با هدف ایجاد چارچوب‌های لازم برای پیاده‌سازی قابلیت بینایی در کامپیوترها و سیستم‌های کامپیوتری شکل گرفته است، و شامل روش‌های مربوط به دستیابی تصاویر، پردازش، آنالیز و درک محتوای آنهاست.

6 Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR)

پیشرفت‌های حاصل شده در قابلیت همکاری وسایل نقلیه با یکدیگر، و نیز طراحی واحدهای کنترل از راه دور، که اغلب از طریق هوش مصنوعی یا سایر فناوری‌ها میسر شده است، در سیستم‌هایی شامل چندین وسیله که با یک اپراتور کنترل می‌شوند، منجر به بهبود نیز می‌شود. خبرگان شرکت‌کننده در این مطالعه نیز مطرح کرده‌اند که درکل، بلوغ فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی و میزان یکپارچگی چنین فناوری‌هایی با سیستم‌های رباتیک، عامل تعیین‌کننده کلیدی برای روندهای آتی در این حوزه خواهند بود.

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

فناوری‌های خودمختار و رباتیک پیشرفته، موجب **بهینه‌سازی عملکرد**، **کاهش هزینه‌ها**، و **مفاهیم عملیاتی کاملاً جدید** برای نظامیان جهت بهره‌برداری خواهند شد. پیشرفت‌های فناورانه در این زمینه‌ها می‌تواند چندین نیازمندی را با هم تأمین کرده، و در زمان کمتری به اثرات مطلوب دست‌یابند، که یعنی با افزایش خروجی عملیاتی و نیز قدرت شلیک نسبی نیروها، به‌صورت نیرویی تقویت‌کننده عمل می‌کنند. فرصت‌های دیگر شامل موارد زیر است:

- **سرعت:** به‌کار بردن سیستم‌های خودمختار جهت بهبود در زمان واکنش، سرعت تصمیم‌گیری و حرکت سریع در زمین، هوا و دریا می‌تواند مزیت‌های راهبردی را در مقابل دشمن بالقوه ایجاد کند.
 - **دسترسی و پوشش وسیع‌تر:** سیستم‌های خودمختار در مقایسه با نظامیان انسانی، می‌توانند نقاط در دسترس برای حضور سیستم‌های تسلیحاتی، نظارتی، اطلاعاتی و شناسایی را تقویت کنند.
 - **انعطاف‌پذیری مأموریت:** سیستم‌های خودمختار می‌توانند در انواع مختلفی از مأموریت‌هایی که تحت محدوده‌ی گسترده‌ای از شرایط اجرا می‌شوند، به‌کار روند (به‌عنوان مثال، شرایط جوی، آب و هوایی). انعطاف‌پذیری و سازگاری مضاعف در سیستم‌های رباتیک برای انواع جدید بسترهای عملیاتی و مأموریتی می‌تواند فرصت‌های راهبردی بیشتری را جهت به‌کارگیری آن‌ها ارائه دهند.
 - **دقت:** دقت سیستم‌های خودمختار می‌تواند فرصت‌هایی را برای اصابت دقیق، و نیز کاهش خسارت و آسیب جانبی در صحنه نبرد فراهم کند. پیشرفت در زمینه‌هایی هم‌چون توانمندی‌های تشخیص چهره و اشیاء مبتنی بر هوش مصنوعی در سیستم‌های خودمختار می‌تواند دقت را در شرایط مختلف مأموریتی تا حد زیادی تغییر دهند.
- خبرگان شرکت‌کننده در این مطالعه و مصاحبه‌شوندگان، ذکر کردند که ممکن است پیشرفت سیستم‌های خودمختار و رباتیک، فرصت‌های مختلفی را مختص اتحادیه اروپا فراهم کند. توسعه یک پلتفرم مشترک برای سیستم‌های خودمختار، که دیدگاه‌های توسعه یافته‌ی مشابه توسط شرکای بین‌المللی (به‌عنوان مثال استرالیا) را منعکس می‌کند، می‌تواند فرصت قابل توجهی را برای بالا بردن قابلیت‌های فناورانه در کشورهای عضو اتحادیه اروپا فراهم کند. این قابلیت‌ها، تعامل‌پذیری¹ را با قسمت‌ها و یگان‌های

دیگر افزایش داده، و به کارگیری سیستم‌هایی که بتوانند به صورت روش «اتصال و اجرا»^۱ در کشورهای عضو در شرایط مختلف مأموریت‌ها و عملیات مشترک کار کنند، تحت سیاست مشترک امنیت و دفاع^۲ تسهیل می‌کند. علاوه بر پیشرفت‌ها در تلاش برای بهره‌برداری از فرصت‌هایی که از طریق سیستم‌های خودمختار در موقعیت‌های نظامی فراهم می‌شوند، ممکن است فرصت قابل توجهی برای اتحادیه اروپا وجود داشته باشد تا رهبری بهتری در اقدامات چندجانبه‌ی بین‌المللی جهت تقویت تدابیر حفاظتی در برابر سلاح‌های کشتار جمعی و استفاده از سیستم‌های خودمختار (بدون کنترل انسانی هدف‌مند^۳) داشته باشد.

در حالی که تشکیلات و نیروهای دفاعی آینده ممکن است بیش از پیش سیستم‌های خودمختار را برای وظایف مختلف به کار گیرند، در تحقیقات موجود و نیز مشورت با ذی‌نفعان و خبرگان، به تعدادی از چالش‌های مربوط به سیستم‌های خودمختار و روباتیک پیشرفته به شرح زیر اشاره شده است:

- **سیستم‌های سایبری-فیزیکی**، از جمله پیوند داده‌ها و ارتباط بین وسایل، در یک سیستم شبکه‌بندی شده یا سیستم و اپراتور انسانی، ممکن است در برابر حمله آسیب‌پذیر باشد. اگرچه سیگنال‌دهی بی‌سیم از طریق بلوتوث، وای-فای، ارتباطات رادیویی، یا مادون قرمز می‌تواند در محیط‌های کنترل شده به خوبی به کار رود، اما در مناطق در حال جنگ این نوع از ارتباطات ممکن است نسبت به حملات جنگ الکترونیکی همچون تولید پارازیت، جعل، یا هک، آسیب‌پذیری‌های مختلفی داشته باشد.
- **به کارگیری سیستم‌های خودمختار ممکن است ثبات بحران^۴ را تهدید کند** و به دلیل عامل‌هایی همچون سرعت بالا در تصمیم‌گیری، و خطر در محاسبه‌ی اشتباه، و سوءبرداشت‌ها، منجر به تنش‌هایی شود که شدت و وسعت میدان جنگ را افزایش می‌دهد. در تحقیقات موجود نیز به حفاظت مضاعف از نیروها تأکید می‌شود، چراکه به کارگیری سیستم‌های خودمختار به جای نظامیان انسانی باعث شده است که پایداری بحران به خطر بیفتد، زیرا وجود انسان‌ها در مناطق جنگی انگیزه استفاده از شدت عمل / زور را کاهش می‌دهد.
- سیستم‌های خودمختار و کنترل از راه دور توانمندی نسبتاً کم هزینه‌ای دارند و **گسترش سیستم‌های دومنظوره**، ممکن است چالش‌هایی را در مورد سیستم‌هایی که توسط تعداد زیادی از دشمنان دولتی و نیز غیردولتی به کار می‌روند، ایجاد کند.

توانمندسازها و موانع برای به کارگیری در آینده

جمع‌بندی نظرات کارگاه مذکور این بود که با وجود توسعه‌های روزافزون در بلوغ سیستم‌های خودمختار و روباتیک، موانع فناورانه‌ی قابل توجهی برای پذیرش و به کارگیری آن‌ها در شرایط دفاعی آتی برای اتحادیه اروپا وجود دارد. این موانع شامل چالش‌ها در **درک** و **محاسبات** مربوط به سیستم‌های خودمختار و نیز عناصری همچون **اندازه**، **وزن** و **قدرت**^۵ در این

1 Plug-and-Play (PnP)

2 Common Security and Defense Policy

3 meaningful human control

4 Crisis Stability

5 Size, Weight and Power

سیستم‌ها است. موانع فناورانه‌ی دیگر برای پذیرش گسترده‌تر سیستم‌های خودمختار و رباتیک پیشرفته در صحنه نبرد آینده، مربوط به **عملکرد رایانش لبه‌ای، محدودیت‌های پهنای باند، و آسیب‌پذیری سیستم‌های سایبر-فیزیکی در برابر اقدامات متقابل الکترونیکی و سایبری** است.

تمهیدات حمایتی از **اخلاق و حقوق بشر**، یک عامل بسیار مهم در راستای توسعه و به‌کارگیری آتی سیستم‌های خودمختار ارائه می‌دهد. در تحقیقات موجود ملاحظات اخلاقی مختلفی مستند می‌شود که به سیستم‌های تسلیحاتی خودمختار مربوط است و از حقوق بین‌المللی بشردوستانه^۱ و قوانین درگیری مسلحانه^۲ حاصل می‌شود. این ملاحظات شامل چالش‌های بالقوه در رابطه با موارد زیر است:

- **اصول تمایز** (یعنی تمایز بین نظامیان و غیرنظامیان در صحنه نبرد)؛
- **تناسب** (یعنی تعادل تلفات جانی و خسارت‌ها، در رابطه با مزیت نظامی مورد انتظار)
- **ضرورت نظامی** (یعنی خسارت وارد کردن به دشمن، فقط به‌دنبال اهداف نظامی)؛
- **آسیب‌های غیر ضروری** (یعنی ممنوعیت استفاده از سیستم‌ها یا تسلیحاتی که سبب آسیب بیش از اندازه شده و رنج غیر ضروری ایجاد می‌کند).

به‌کارگیری و توسعه آتی سیستم‌های خودمختار در اروپا، احتمالاً با میزانی که سیستم‌ها می‌توانند از این اصول پیروی کنند، تعیین خواهد شد. سیستم‌های خودمختار یک چالش اخلاقی جدی برای تصمیم‌گیری در استفاده از شدت عمل / زور ایجاد می‌کنند، چون عواقب استفاده از سیستم‌های خودمختار به‌طور کلی کم‌تر قابل پیش‌بینی است.

این عوامل از اتفاق نظر بین‌المللی نوظهور در مورد ایجاد و تضمین کنترل انسانی هدف‌مند پشتیبانی می‌کنند. مشخصات فناورانه‌ی مدنظر برای سیستم‌های خودمختار با کنترل انسانی هدف‌مند، شامل (۱) پیش‌بینی‌پذیری رفتار سیستم خودمختار با یک اپراتور، (۲) حفظ توانایی اپراتور در دخالت و تغییر رفتار سیستم، و (۳) سرعت اقدامات و پردازش فرمان اپراتور است. همچنین توانایی اپراتورها جهت درک چگونگی تفسیر داده‌ها و فرمول‌بندی اقدامات متناظر از طریق سیستم‌های خودمختار دارای اهمیت است؛ هرچند این توانایی به‌خصوص برای سیستم‌های بسیار پیشرفته یک چالش با اهمیت و بالقوه است.

۳ زیست‌فناوری

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

زیست‌فناوری نماینده‌ی طیف گسترده‌ای از پیشرفت‌های علم و فناوری است، به‌خصوص در رشته‌های زیست‌شناسی مصنوعی^۳ که یعنی «بازطراحی ارگانیسم‌ها برای هدف‌های کاربردی از طریق مهندسی کردن آن‌ها با هدف اعطای توانمندی‌های جدید به آن‌ها». کاربردهای زیست‌فناوری در حوزه‌ی دفاع عبارتند از:

1 International Humanitarian Law

2 Law of Armed Conflict

3 Synthetic Biology

- **ارتقای جسمی یا ذهنی سربازان در صحنه نبرد** با استفاده از روش‌هایی مانند ویرایش ژن، مصرف دارو و کاربست زیست‌فناوری‌ها در مراقبت‌های پزشکی نظامی پیشرفته. علاوه بر ارتقای جسمی یا ژنتیکی، از زیست‌فناوری‌ها برای مراقبت‌های اورژانسی از نظامیان زخمی هم استفاده می‌کنند.

- **یکپارچه‌سازی زیست‌فناوری با روباتیک، سامانه‌های خودمختار، حسگرها و دستگاه‌های الکترونیکی.** این یکپارچه‌سازی روبات‌های زیست‌تقلید^۱ را هم دربرمی‌گیرد، که یعنی طراحی و توسعه‌ی روبات‌هایی که از سامانه‌های زیستی تقلید می‌کنند. کاربردهای مهندسی زیست‌مولکولی در حوزه‌ی حسگرها و دستگاه‌های الکترونیکی (از جمله دستگاه‌های میکروالکترونیکی) که شامل زیست‌حسگرها (حسگرهایی که دارای المان تشخیص زیستی هستند) و زیست‌الکترونیک (ترکیب مواد زیستی، مانند سلول‌های سوختی زیستی با الکترونیک برای هدف‌های پردازش اطلاعات، ذخیره‌سازی داده‌ها و اکچویتورها^۲) می‌شود. زیست‌حسگرها و دستگاه‌های زیست‌الکترونیکی می‌توانند نقش قابل توجهی در **ارتقای قابلیت‌های تشخیص تهدیدهای زیستی** برای هدف‌های فیزیولوژیکی مختلف داشته باشند. یکی دیگر از جنبه‌ها، استفاده‌ی تهاجمی از زیست‌فناوری‌ها در قالب سلاح‌های زیستی که عموماً شامل سلاح‌های ساخته‌شده از عامل‌های زیستی به همراه سامانه‌های انتقال مختص به آن‌ها می‌شود، که هدف‌شان تسهیل «انتشار و پراکندگی مناسب عامل است به گونه‌ای که هدف در برابر اثراتش آسیب‌پذیر باشد.» علاوه بر خطرهای مستقیمی که متوجه نیروهای مسلح مستقر در صحنه نبرد و جمعیت غیرنظامیان است، می‌توان از سلاح‌های ساخته‌شده از پاتوژن‌های (بیماری‌زاهای) زیستی و «محرک‌های ژنی^۳» برای گسترش سریع در میان جمعیت‌های حیوانی و گیاهی هم استفاده کرد.

پیش‌بینی می‌شود اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۴۰ به پیشرفت‌های چشم‌گیری در حوزه‌ی زیست‌فناوری، به‌خصوص دستکاری ژنتیکی ارگانسیم‌ها، دست پیدا کند، که در این صورت امکان تولید انواع جدیدی از سامانه‌های زیستی مانند باکتری‌های ساخته‌شده از طریق مهندسی ژنتیک، به‌وجود خواهد آمد. پیشرفت‌های حوزه‌های مرتبط (مانند عصب‌شناسی و داروسازی) ممکن است در این حوزه هم کاربرد داشته باشند. این پیشرفت‌ها فرصت‌های قابل توجهی را پیش رو قرار می‌دهند (مثلاً ارتقای سربازان)، اما همیشه این امکان وجود دارد که عده‌ای با سوءاستفاده از این فناوری‌ها پاتوژن‌های (بیماری‌زاهای) پیشرفته را به سلاح‌های کشنده تبدیل کنند، مثلاً عامل‌های زیستی هدف‌داری که برای هدف گرفتن جمعیت‌هایی با پیشینه‌های ژنتیکی خاصی طراحی شده‌اند («سلاح‌های قومی^۴»).

1 Biomimetic Robotics

2 actuator

3 Gene drives

نوعی از تکنیک‌های مهندسی ژنتیک است که ژن‌ها را اصلاح می‌کند به طوری که آن‌ها دیگر از قوانین معمولی وراثت پیروی نکنند.

4 ethnic weapons

مطالعه‌های موجود، همگرایی فزاینده‌ای را بین علوم زیستی و پیشرفت‌های فناوری در علم رایانه، مهندسی و فناوری‌های نوپا، مانند هوش مصنوعی، ساخت و تولید افزایشی^۱ و رباتیک، نشان می‌دهند. ساخت سلاح‌های زیستی کاملاً جدید و احتمال دستیابی کنشگران غیردولتی به سامانه‌های پیشرفته‌ی زیست‌فناوری، که منجر به کاهش موانع ورود به بازار خواهد شد، می‌تواند از پیشرفت‌ها و روندهای آتی این حوزه‌ی میان‌رشته‌ای باشند.

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

پیشرفت‌های زیست‌فناوری می‌توانند فرصت‌های قابل توجهی را برای سازمان‌های دفاعی، به‌خصوص در اروپا، فراهم کنند. این فرصت‌ها شامل کاربرد زیست‌فناوری‌های پیشرفته برای **ارتقای سربازان** می‌شود که، همان‌طور که صاحب‌نظران در این پژوهش به آن اشاره کردند، به دلیل وابستگی بسیاری از کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا به نیروهای زمینی می‌تواند به طور خاص برای سازمان‌های دفاعی اروپایی مفید باشد. می‌توان این ارتقاها را به دو دسته‌ی **ارتقاها درونی** (تغییرهایی در داخل بدن سرباز که بیولوژی سرباز موردنظر را دست‌کاری می‌کنند) و **فناوری‌های بیرونی** (مانند اسکلت‌های بیرونی)، تقسیم کرد. هر دوی این ارتقاها عملکرد سرباز را در کارهای حرکتی و غیرحرکتی تقویت می‌کنند، مثلاً **تقویت قابلیت‌های هوشیاری و یادگیری**، همچنین **بهبود کلی دستگاه گوارشی و یا کارکردهای شناختی**. کاربردهای زیست‌فناوری در ارتقای ذهنی می‌توانند برای فرآیندهای تصمیم‌گیری هم مفید باشند، به‌خصوص در محیط‌هایی که دارای استرس یا فشار بالا هستند، مانند سناریوهای بحران. برای مثال، مُدافینیل^۲ دارویی برای بهبود سطح توجه است که با هدف **ارتقای آگاهی موقعیتی و تصمیم‌گیری** ساخته شده است. داروهای ضد‌تروما، مانند پروپرانولول^۳ می‌توانند از اختلال اضطراب پس از سانحه^۴ جلوگیری کنند و این امکان را به سربازان بدهد تا روزها در صحنه نبرد بمانند و هوشیاری خود را حفظ کنند. علاوه بر این، مهندسی ژنوم این امکان را می‌دهد تا سربازان به داروهای مخصوص به خودشان دسترسی داشته باشند چون ژن‌درمانی امکان پیش‌غربالگری سربازان را برای آسیب‌پذیری‌ها و بیماری‌های احتمالی فراهم می‌کند تا بتوان درمان‌های مناسب را از پیش آماده کرد.

پیشرفت‌های زیست‌فناوری می‌توانند چالش‌های قابل توجهی را برای امنیت و دفاع به وجود بیاورند، به‌خصوص از طریق **تولید انواع جدید سلاح‌های زیستی، ساخت سلاح با فناوری‌های ویرایش ژن یا پیشرفت‌های سلاح‌های زیست‌تقلیدی**. احتمال ساخت انواع جدید سلاح‌ها موضوع غالب بحث‌های مربوط به چالش‌های پیش روی پیشرفت فناوری‌های زیستی بوده است. درست مانند سلاح‌های شیمیایی، تهدید کنونی سلاح‌های زیستی با محاسبه‌ی خطر توانایی دسترسی عوامل دشمن به عامل‌های زیستی خطرناک یا سوءاستفاده از پیشرفت‌های حوزه‌های زیست‌شناسی مصنوعی و ویرایش ژن تعریف می‌شود. با

1 additive manufacturing

2 Modafinil

3 Propranolol

4 post-traumatic stress disorder - PTSD

وجود ممنوعیت‌ها و معاهدات بین‌المللی (مانند کنوانسیون عدم گسترش سلاح‌های زیستی و شیمیایی^۱) و همچنین چند سازمان و سازوکار بین‌المللی که هدفشان جلوگیری از ساخت، آزمایش، گسترش و استفاده‌ی عملیاتی از سلاح‌های زیستی است، چارچوب‌هایی مانند کنوانسیون عدم گسترش سلاح‌های زیستی و شیمیایی ممکن است تحت فشار قرار بگیرند تا زیرساخت‌ها و سازوکارهای خود را با پیشرفت سریع چشم‌انداز فناوری هماهنگ کنند.

توانمندسازها و موانع برای به‌کارگیری در آینده

تسهیلات و موانع استفاده‌های آتی ممکن است بسته به کاربرد مورد نظر بسیار متفاوت باشند. موانع قانونی، اخلاقی و مقرراتی مربوط به استفاده از سلاح‌های زیست‌فناوری بسیار سخت‌تر از موانع مربوط به اعمال ارتقا‌های زیست‌فناوری روی انسان‌ها هستند. همچنین موانع مقرراتی و اخلاقی مربوط به کاربردهای نظامی فناوری‌های زیستی ممکن است در کشورهای مختلف بسیار متفاوت باشند. اختلاف سطح محدودیت‌های اخلاقی و مقرراتی مربوط به کاربرد زیست‌فناوری ممکن است چالش‌هایی را پیش روی نیروهای اروپایی و توانایی‌شان برای پاسخ دادن به دشمنان کنونی و بالقوه بگذارد. موانع متعددی پیش روی کاربرد احتمالی فناوری‌های زیستی برای ارتقای انسان‌ها وجود دارند:

- مستندات موجود، این دغدغه‌ی بسیار مهم را مطرح می‌کند که بسیاری از فناوری‌های زیستی در حال ظهور **در معرض تک نقطه‌های شکست**^۲ برای اجزای اساسی‌شان هستند. به عنوان مثال، شاید بتوانیم زره بدنی پیشرفته‌ای را با مهندسی زیستی کرم‌های ابریشم برای ساخت «ابریشم اژدها»^۳ بسازیم، اما این کرم‌ها از برگ درخت توت تغذیه می‌کنند و تولید انبوه این نوع ابریشم به بیش از شش هزار هکتار درخت توت نیاز خواهد داشت. نمونه‌های کنونی این نوع فرآیندهای تولید، مانند پروژه‌ی وزارت دفاع ایالات متحده، وابستگی این نوع فرآیندها را به تعاونی‌های کشاورزی در کشورهایی مانند ویتنام نشان می‌دهد، که نیازمند قراردادهای بین‌المللی، تأییدیه‌های سفارت‌ها و زنجیره‌های تأمین پیچیده هستند، که هر کدام می‌توانند تک نقطه‌های شکست احتمالی باشند.
- **نابرابری دسترسی** یکی دیگر از موانع احتمالی برای استفاده از زیست‌فناوری، مانند ویرایش ژن، است. در داخل ارتش، از یکنواختی به‌عنوان سازوکاری برای القای نظم و ترویج اطاعت از قوانین و دستورات استفاده می‌کنند، که از پایه به زنجیره‌ی فرماندهی گره خورده‌اند. گذاشتن فناوری‌های ارتقای انسان در اختیار فقط بعضی از نظامیان (مثلاً نیروهای ویژه)، ممکن است منجر به نارضایتی در میان سایر نیروها شود و احتمالاً این اجازه را به سربازان می‌دهد

1 Biological Weapons Convention - BWC

2 single points of failure

3 Dragon silk

ماده‌ای است که از کرم‌های ابریشم اصلاح شده ژنتیکی برای ساخت زره بدنی استفاده می‌کنند، ابریشم اژدها کشش و استحکام ابریشم عنکبوت را دارد.

تا از اعزام شدن سر باز بزنند، چون تجهیزاتی که آن‌ها برای محافظت از جان خود در اختیار دارند، نسبت به تجهیزات بعضی از سربازان دیگر ضعیف‌تر است.

با وجود این چالش‌ها، تلاش‌های مداوم برای استفاده از راهبردهای اقتصاد زیستی می‌تواند منجر به گسترش نوآوری‌های زیست‌فناوری در حوزه‌های مختلف شود. به طور خاص، تلاش‌ها برای یکپارچه‌سازی منشورهای اخلاقی و هنجارها با هدف رسیدگی به دغدغه‌های امنیتی بالقوه، تشویق به پیشرفت از طریق شفاف‌سازی، و هماهنگی سرمایه‌گذاری‌های دولت با ایجاد اعتماد عمومی ادامه دارند.

۴) فناوری‌هایی برای اعمال اثرات جدید

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

فناوری‌های مورد نیاز برای اعمال اثرات جدید را می‌توانیم به عنوان فناوری‌هایی، از جمله سلاح‌ها و زیرسامانه‌ها، تعریف کنیم که امکان اعمال اثرات جنبشی و غیر جنبشی^۱ جدید یا اعمال اثرات متعارف را به شیوه‌های جدید فراهم می‌کنند. این فناوری‌ها و قابلیت‌ها عبارتند از:

- **سلاح‌های انرژی مستقیم^۲** که شامل آن دسته از سامانه‌های تسلیحاتی می‌شوند که از «انرژی الکترومغناطیسی متمرکز یا ذرات اتمی یا زیراتمی» به عنوان روشی برای اعمال اثرات استفاده می‌کنند و تجهیزات متکی بر انرژی لیزر را هم در بر می‌گیرند، مانند لیزرهای پُر انرژی^۳.
- **سلاح‌های صوتی^۴** که از انتشار صدا برای اعمال اثرات غیرکُشنده یا کمتر کُشنده استفاده می‌کنند. این دسته‌بندی شامل تجهیزاتی می‌شود که برای عمل کردن در فراصوت^۵ (بالای ۲۰ کیلوهرتز)، فروصوت^۶ (زیر ۲۰ هرتز) یا بسامدهای پایین (زیر ۱۰۰ هرتز) طراحی شده‌اند.
- **سلاح‌های ماورای صوت^۷** که می‌توانند با سرعت ۵ ماخ یا بیشتر در هوا حرکت کنند. روندهای کنونی در ساخت تجهیزات ماورای صوت مربوط به دو نوع فناوری ماورای صوت می‌شوند: گلایدرهای ماورای صوت^۸، که منعکس‌کننده‌ی اصول فناوری‌های موشک بالستیک هستند، که شامل پرتاب اولیه‌ی موشک و رها شدن آن در لایه‌های بالایی اتمسفر می‌شوند، و موشک‌های کروز ماورای صوت^۹، که از موتورهای جت پیشرفته یا راکت برای

1 Kinetic and Non-Kinetic effects

2 Directed Energy Weapons (DEWs)

3 High Energy Lasers - HEL

4 Sonic and Acoustic Weapons

5 Ultrasound

6 Infrasound

7 Hypersonic Weapons

8 Hypersonic Glide Vehicles - HGV

9 Hypersonic Cruise Missiles - HCM

سرعت بیشتر (در مقایسه با فناوری موشک‌های کروز مادون صوت^۱ عادی) استفاده می‌کنند. شاید سرعت سلاح‌های ماورای صوت کمتر از بعضی از سامانه‌های قدیمی‌تر (مانند موشک‌های بالستیک بین‌قاره‌ای یا شلیک‌شده از زیردریایی‌ها) باشد، اما این سلاح‌ها نسبت به تجهیزات قدیمی‌تر، مانورپذیری بیشتری دارند که به آن‌ها این امکان را می‌دهد تا توانایی فرار از سامانه‌های پدافند موشکی کنونی را داشته باشند.

• **قابلیت‌های جنگ الکترونیک^۲** که می‌توان از آن‌ها برای «تضعیف، خنثی‌سازی یا انهدام تجهیزات، تأسیسات یا نفرات دشمن استفاده کرد» که می‌توانند شامل جعل یا مختل کردن استفاده‌ی خود دشمن از طیف الکترومغناطیسی^۳ هم باشند.

تعدادی از کشورها، از جمله چین، روسیه و ایالات متحده، به دنبال پیشرفت توسعه‌ی قابلیت‌های ماورای صوت و سایر قابلیت‌ها برای دستیابی به اثرات جنبشی و غیرجنبشی جدید با سرعت، دوام، دقت و بُرد بیشتر هستند. فناوری‌های ماورای صوت شاهد پیشرفت‌های سریع بسیاری طی چند دهه‌ی اخیر بوده‌اند، از جمله توسعه‌ی موتورهای اسکرم‌جت^۴ ماورای صوت سریع و مواد پیشرفته‌ای که قادر به تحمل بارهای گرمایی بالای پروازهای ماورای صوت هستند، که منجر به افزایش دوام تجهیزات ماورای صوت می‌شوند. پیشرفت‌های آتی این حوزه ممکن است شامل **یکپارچه‌سازی بیشتر با هوش مصنوعی** سایر فناوری‌ها باشند. الکترونیک و همچنین فناوری‌های ماورای صوت در آینده شامل کاربردهای **خودمختاری و فرماندهی و کنترل شبکه‌ای مجهز به هوش مصنوعی^۵** خواهند بود.

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

فناوری‌های مورد نیاز برای اعمال اثرات جدید می‌توانند فرصت‌های جدیدی را برای **رفع چالش‌های راهکنشی (تاکتیکی) و همچنین راهبردی (استراتژیک)** در صحنه‌های نبرد آینده فراهم کنند. با این حال، خبرگان اروپایی تأکید کردند که تفاوت‌های بسیاری بین فرصت‌ها و چالش‌ها وجود دارند، که این‌گونه فناوری‌ها پیش روی صحنه‌های نبرد آینده می‌گذارند.

اعمال اثرات جدید، مانند انرژی مستقیم را می‌توان برای **پشتیبانی از سامانه‌های پدافند هوایی و موشکی**، مانند مقابله با موشک‌های بالستیک و تهدیدهای پهپادی، استفاده کرد. کاربردهای تهاجمی و دفاعی مختلف سلاح‌های انرژی مستقیم و لیزرهای پُرانرژی در نظر گرفته شده‌اند، که شامل ترکیب‌شان با سامانه‌های خودمختار و رباتیک پیشرفته (مانند سامانه‌های لیزری سوار بر پهپادهای خودمختار) می‌شوند. به طور خاص، سلاح‌های انرژی مستقیم در برابر هدف‌هایی کاربردی‌تر هستند که نسبت به تشعشعات نوری موضعی^۶ حساسند (یعنی هدف‌هایی که بتوان آن‌ها را با گرم کردن بیش از حد ناحیه‌ی کوچکی از

1 subsonic

2 Electronic Warfare

3 Electromagnetic Spectrum (EMS)

4 Scramjet

5 AI-enabled networked C2

6 localised optical radiation

سطح‌شان از بین برد). زمان بسیار پایین اصابت سلاح‌های انرژی مستقیم هم آسیب‌پذیری این هدف‌ها را بیشتر می‌کند، چون زمان محدودی را برای جلوگیری از اصابت در اختیار خواهند داشت. افزایش دقت تجهیزات اعمال اثرات جنبشی و غیرجنبشی می‌تواند این امکان را در اختیار کنشگران درون صحنه نبرد بگذارد که از تلفات جانبی اجتناب کنند، یا آن را به حداقل برسانند. در بحث‌های درون کارگاه این مطالعه، به این نکته اشاره شد که با وجود تفاوت‌های فناوری‌های این شاخه، تأثیر مشترکی که همه‌ی آن‌ها دارند، در **تسهیل عملیات‌های چندحوزه‌ای**^۱ می‌تواند مؤثر واقع شود. دستیابی به این هدف با استفاده از فناوری برای **به حداقل رساندن فواصل زمانی و مکانی** با هدف اعمال اثرات **با بُرد و سرعت کافی**، **مختل کردن فرماندهی و کنترل**، و **شکستن حلقه‌ی «مشاهده-جهت‌گیری-تصمیم‌گیری-اقدام»** دشمن ممکن می‌شود. به این ترتیب، می‌توان از طریق **چندتکه کردن نیروهای دشمن و کاهش ظرفیت‌شان برای مانوردهی مؤثر و کارآمد** در صحنه نبرد آینده به برتری نظامی دست پیدا کرد. طرح‌های کنونی و در حال ظهور برای عملیات‌های چندحوزه‌ای، مانند طرح چین برای حمله‌ی سامانه‌ها و طرح روسیه برای بی‌نظمی^۲ و کنترل واکنشی^۳ اغلب متکی بر استفاده از قابلیت‌های فناوری‌های این شاخه هستند. شاید این فناوری‌ها فرصت‌هایی را برای **اعمال اثرات جدید در سامانه‌های پدافندی** فراهم کنند، اما این گونه تلاش‌ها ممکن است، دشمن‌های بالقوه را تشویق به سرمایه‌گذاری در قابلیت‌های تهاجمی پیشرفته کند. دلیل این اتفاق این تصور است کشورها حتماً باید قابلیت‌های قدرتمند بیشتری را (از جمله سلاح‌های ماورای صوت) به کار بگیرند تا بتوانند خطوط دفاعی دشمن را بشکنند، که ممکن است مجهز به فناوری‌های جدید برای تقویت سامانه‌های پدافندی سنتی (از جمله پدافند موشکی) باشند. شرکت‌کنندگان کارگاه در این مطالعه، عنوان کرده‌اند که سلاح‌های ماورای صوت اثرات بیشتری را در مقایسه با سایر فناوری‌ها روی صحنه‌های نبرد آینده خواهند داشت، به‌خصوص در زمینه‌ی رقابت تسهیلاتی احتمالی و همچنین تشدید منازعات. قابلیت‌های ماورای صوت، با استفاده از سرعت و دوام بالاترشان، گزینه‌های شناسایی و ضدحمله را به چالش می‌کشند. افزایش سرعت تعاملات درون صحنه نبرد ممکن است به خودی خود ثبات بحران^۴ را به چالش بکشد. به همین ترتیب، فناوری‌هایی مانند موشک‌های ماورای صوت ممکن است به محو شدن مرزهای سلاح‌های هسته‌ای کمک کنند. علاوه بر نقش برجسته‌ی قابلیت‌های هسته‌ای در راهبردهای امنیت ملی، پیشرفت‌های فناوری و ادغام فناوری‌ها برای اعمال اثرات جدید، ممکن است از طریق تشدید بحران هسته‌ای احتمالی، خطر قابل توجهی را پیش روی مان بگذارند.

توانمندسازها و موانع برای به‌کارگیری در آینده

شاید بعضی فناوری‌ها، مانند موشک‌های ماورای صوت، سلاح‌های انرژی مستقیم و سلاح‌های صوتی، نقش پررنگ‌تری را در صحنه نبرد آینده داشته باشند، اما صاحب‌نظران کارگاه اشاره کرده‌اند که بعید است این قابلیت‌ها جایگزین قابلیت‌های سنتی‌تر برای

1 Multi-domain Operation

2 Disorganization

3 Reflexive control

4 Crisis stability

اعمال اثرات جنبشی شوند. بخشی از دلیل این نتیجه‌گیری، این است که ما هنوز نمی‌دانیم سامانه‌های تسلیحاتی جدید تا چه حد می‌توانند قابلیت‌ها را در محیط صحنه نبرد واقعی به شکل چشم‌گیری بهبود دهند. این عدم قطعیت، ریشه‌ای تاریخی در هزینه‌ها و تأخیرهای برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای دارد، که در نهایت موفق به تولید قابلیت‌های عملیاتی کاربردی نشدند. احتمال وقوع نقص‌های فنی پیش‌بینی‌نشده در جریان توسعه‌ی این فناوری‌های جدید، باعث شده احتمال تبدیل شدن این فناوری‌ها به سامانه‌های عملیاتی کاربردی کمتر هم بشود. علاوه بر این، مانند سایر خوشه‌های فناوری، ناسازگاری‌های طرح‌های عملیاتی موجود، ممکن است دامنه‌ی استفاده از فناوری‌های این شاخه را هم محدود کند.

۵) ماهواره‌ها و فناوری‌ها و دارایی‌های فضایی

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

فضا تبدیل به یکی از مهم‌ترین حوزه‌ها برای امنیت و دفاع شده است، که ارائه‌ی خدمات **ارتباطات، ناوبری و رصد زمین**^۱ از فضا، نقش مهمی در آن داشته‌اند. ممکن است فناوری‌هایی در صحنه‌های نبرد آینده وجود داشته باشند که دسترسی به فضا را برای پشتیبانی از عملیات‌های فضایی یا زمینی آسان کنند. می‌توانیم فناوری‌های جدید و در حال ظهور این حوزه را به این دسته‌ها تقسیم کنیم:

- **فناوری‌های پرتاب به فضا** (یعنی فناوری‌هایی که دسترسی به فضا را ممکن می‌کنند). این فناوری‌ها عبارتند از پرتابگرهای پیشرفته و همچنین پرتابگرها با قابلیت استفاده‌ی مجدد^۲، که برخلاف پرتابگرهای یک‌بار مصرف^۳ می‌توان بعضی از اجزای شان یا همه‌ی آن‌ها را، بعد از پرتاب بازیابی کرد. به این ترتیب، می‌توانیم از همان سامانه برای چند پرتاب استفاده کنیم، که پیش‌بینی می‌شود با توجه به کاهش چشم‌گیر هزینه‌های پرتاب، تأثیر بسیاری روی کاربردهای فضایی در حوزه‌های نظامی و غیرنظامی داشته باشند. تجهیزات پرتاب واکنشی به فضا از دیگر فناوری‌های مرتبط هستند.
- **حسگرها و فناوری‌های فضایی مورد استفاده برای نظارت فضایی و آگاهی از موقعیت فضایی**^۴ که شامل حسگرهای نوری، ماهواره‌های تصویربرداری فراطیفی، حسگرهای پیشرفته‌ی سوارشده روی نانوماهواره‌ها یا تاس‌واره‌ها^۵، شبکه‌های حسگر فضایی یکپارچه، و تجهیزات داده‌پردازی مجهز به هوش مصنوعی می‌شوند.

1 Earth Observation (EO)

2 Reusable Launch Vehicles (RLVs)

3 Expendable Launch Vehicles (ELVs)

4 Space-based Space Situational Awareness (SSA)

5 CubeSats

- **ماهواره‌ها و فناوری‌های ارتباطی برای پشتیبانی از ارتباطات فضایی**، که شامل فناوری‌های مورد استفاده برای امنیت ارتباطات پیشرفته (مانند رمزنگاری کوانتومی ماهواره‌ها)، فناوری‌های ارتباطی نوری، و فناوری‌های ارتباطی مدار نزدیک به زمین - به - مدار زمین ثابت^۱ و شبه‌ماهواره‌های ارتفاع بالا^۲ می‌شوند.

- **فناوری‌های فضایی برای اعمال اثرات جنبشی یا غیر جنبشی**. ماهواره‌ها و فناوری‌های فضایی ممکن است شامل قابلیت‌های ضدفضا و ضدماهواره هم باشند. روش‌های الکترونیکی حمله‌های ضدماهواره‌ای عبارتند از: مختل کردن ارتباطات ماهواره‌ای از طریق ایجاد «نویز» در باندهای فرکانس رادیویی، با هدف مداخله در ارتباطات فرکانس رادیویی («پارازیت»)، انتشار سیگنال‌های جعلی از سوی دستگاه‌های مخرب، با هدف دریافت داده‌ها از ماهواره‌ی هدف («جعل») یا «کور کردن» ماهواره‌ها با قدرت لیزری («کورکننده»). سایر حالت‌های حمله‌های ضدماهواره‌ای عبارتند از: موشک‌های ضدماهواره، عملیات‌های فاصله‌ی نزدیک یا استفاده از رهگیرهای فضایی.

به دلیل نقش محوری فناوری‌های فضایی، نه تنها برای امنیت و دفاع بلکه برای طیف گسترده‌ای از خدمات زمینی، فناوری‌های فضایی احتمالاً در آینده از طریق تحقیق و توسعه‌ی تجاری، نظامی و غیرنظامی پیشرفت چشم‌گیری خواهند داشت. پیشرفت‌های آتی ممکن است شامل **توسعه‌ی بیشتر سامانه‌های پرتاب با قابلیت استفاده‌ی مجدد و فناوری‌های یک مرحله‌ای به مدار^۳** باشند.

با این حال، روندهای آینده در استفاده از فناوری‌های فضایی احتمالاً تحت تأثیر پیشرفت‌های تصاعدی استفاده از راه‌کارهای فناوری کنونی خواهند بود. پیشرفت‌های آتی فناوری‌های فضایی، به‌خصوص در حوزه‌ی نظامی، ممکن است شامل افزایش تاب‌آوری و اطمینان‌پذیری خدمات فضایی و همچنین پیشرفت‌های فناوری‌های مربوط به تسهیل دسترسی کم‌هزینه به فضا باشند. پیشرفت‌های فناوری در سایر شاخه‌ها هم ممکن است به امکان‌پذیری استفاده‌های آتی از فناوری‌های فضایی در محیط صحنه‌های نبرد کمک کنند. از میان این‌گونه فناوری‌ها می‌توان به **تولید افزایشی** (چاپ سه‌بعدی) و فناوری‌هایی اشاره کرد که **امکان کوچک‌سازی دارایی‌های فضایی یا مونتاژ در مدار** را فراهم می‌کنند.

در آخر، پیشرفت‌های فناوری احتمالاً شامل آن دسته از قابلیت‌هایی هم می‌شود که خدمات فضایی را درون خود اتمسفر ارائه می‌کنند (یعنی قابلیت‌های نیمه‌فضایی مانند شبه‌ماهواره‌های ارتفاع بالا). در آینده استفاده از هواپیماهای کنترل از راه دور در استراتوسفر، می‌تواند جایگزینی برای خدمات دیده‌بانی زمین از فضا باشد. این مسأله باعث شده مرزهای بین حوزه‌های عملیاتی فضا و نزدیک فضا (زمین) محو شوند.

1 LEO-To-GEO

2 High-Altitude Pseudo-Satellites (HAPS)

3 Single-Stage-to-Orbit - SSTO

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

نقش دارایی‌های فضایی در ممکن ساختن عملیات‌های زمینی در حوزه‌های هوا، زمین، دریا و فضای سایبری روزبه‌روز پُررنگ‌تر شده است. فناوری‌های فضایی تا الآن نقش بسیار مهمی را در امکان تحقق جنگ شبکه‌محور و نقطه‌ای ایفا کرده است. تا سال ۲۰۴۰، نیاز به دفاع در برابر حملات نقطه‌ای با استفاده از پراکندگی نیروها ممکن است منجر به افزایش وابستگی نیروهای نظامی به «فرماندهی و کنترل و اطلاعات، نظارت و شناسایی» فضایی شود.

هزینه‌های رو به کاهش دسترسی به فضا هم ممکن است باعث افزایش بیشتر استفاده از خدمات فضایی، مانند **رصد زمین**، **مکان‌یابی**، **ناوبری و زمان‌بندی**^۱، و **ارتباطات ماهواره‌ای**^۲ با هدف پشتیبانی از عملیات‌های نظامی زمینی، به‌خصوص برای «فرماندهی و کنترل و اطلاعات، نظارت و شناسایی» شود. می‌توان از فناوری‌های فضایی برای پشتیبانی از **پدافند هوایی و موشکی** هم استفاده کرد، که شامل استفاده از رهگیرهای فضایی یا فناوری‌های ماهواره‌ای جدید برای ردیابی موشک‌های بالستیک و دوربرد می‌شود. خدمات فضایی می‌توانند به **شناسایی آزمایش یا استفاده از سلاح‌های کشتار جمعی**، مانند سلاح‌های زیستی و شیمیایی، هم کمک کنند. برای مثال، از برنامه‌ی «**اتمسفر به عنوان حسگر**»^۳ دارپا به‌عنوان فرصتی برای شناسایی آزمایش سلاح‌های هسته‌ای یاد می‌شود.

گسترش و پیشرفت سریع فناوری‌های فضایی احتمالاً نقش فضا را در تعاملات درون صحنه‌های نبرد آینده پُررنگ‌تر می‌کند، و همچنین طیف خدمات فضایی به‌کار رفته را در صحنه‌های نبرد آینده افزایش می‌دهد. این مسأله شامل کاربردهای فناوری‌های فضایی برای ممکن ساختن کاربردهای سایر فناوری‌های جدید و در حال ظهور در صحنه نبرد هم می‌شود، مثلاً از طریق **ارائه‌ی اطلاعات و اتصال برای تیم‌های انسان-ماشین**. با این حال، وابستگی روزافزون **عملیات‌های نظامی به خدمات فضایی** احتمالاً به معنی افزایش خطرات ناشی از تأثیرات گسترده‌ی حمله‌های احتمالی به زیرساخت‌های زمینی یا فضایی برای ارائه‌ی خدمات فضایی هم خواهد بود. **حمله به سرویس‌های ماهواره‌ای**، که شامل حمله‌های پارازیتی، جعل و کورکننده می‌شود، یا حمله‌های مستقیم به انتقال داده‌های ارسالی و دریافتی که ممکن است آسیب‌های بسیاری را به عملیات‌های نظامی وارد کنند. به همین ترتیب، **حمله به زیرساخت‌های زمینی**، از جمله تأسیسات زمینی، که به کارکرد خدمات فضایی کمک می‌کنند، آسیب‌پذیری‌های قابل توجهی را برای بازیگران صحنه‌های نبرد آینده به وجود می‌آورد.

شرکت‌کنندگان کارگاه برای این مطالعه، اشاره کردند که احتمال کاربرد گسترده‌تر ماهواره‌ها و فناوری‌های فضایی، برای اعمال مستقیم اثرات جنبشی یا غیرجنبشی در آینده‌ی نزدیک بسیار کم است، اما چالش‌هایی وجود دارند که به دلیل وابستگی روزافزون مان به دارایی‌های فضایی پیش روی مان قرار می‌گیرند:

1 Positioning, Navigation, and Timing (PNT)

2 Satellite Communication (SATCOM)

3 Atmosphere as a Sensor

- فضا را اغلب به عنوان حوزه‌ای «مورد مناقشه، اشیاع شده و رقابتی» تعریف می‌کنند. هزینه‌های رو به کاهش پرتاب و گسترش متقابل اشیاء و بازیگران در فضا احتمالاً منجر به تشدید چالش‌های مربوط به ازدحام فضایی می‌شوند، مانند احتمال برخوردهای تصادفی یا مختل شدن سرویس‌های فضایی بر اثر آسیب‌های ناشی از زباله‌های فضایی.

- **افزایش ازدحام در فضا باعث بیشتر شدن تعداد هدف‌های ارزشمند احتمالی برای دشمنان بالقوه می‌شود.** گسترش فناوری‌هایی که هدف‌شان شکستن یا مختل کردن ارتباطات ماهواره‌ای است، مانند موشک‌های ضدماهواره‌ای، که در این چشم‌انداز در حال تحول تهدیدها حضور دارند.

- **افزایش وابستگی به دارایی‌های فضایی برای عملیات‌های نظامی زمینی،** ممکن است کشورها را تشویق کند که قابلیت‌های نظامی فضایی‌شان را بدون هیچ محدودیتی ارتقاء دهند تا برتری‌شان را در حوزه‌ی فضا حفظ کنند. این مسأله ممکن است منجر به تبدیل شدن خود فضا به حوزه‌ای جنگی و صحنه نبردی بالقوه تا سال ۲۰۴۰ شود.

- **با این حال، نبود تعریفی دقیق برای اصطلاح «سلاح فضایی» باعث تشدید چالش‌های مربوط به استفاده‌ی احتمالی از فناوری‌های فضایی برای اعمال اثرات جنبشی می‌شود.** برای مثال، می‌توان از فناوری‌های مورد استفاده برای مدیریت زباله‌های فضایی برای آسیب رساندن به دارایی‌های فضایی دیگران نیز استفاده کرد. این مسأله چالش‌هایی را پیش روی تلاش‌های انجام‌گرفته برای تدوین منشورهای اخلاقی کارآمدتر در رابطه با استفاده از فضا از سوی بازیگران تجاری، غیرنظامی و همچنین نظامی می‌گذارد.

احتمال رسیدن منازعات و جنگ به حوزه‌ی فضا، این پرسش را مطرح می‌کند که با توجه به تفاوت‌های فیزیکی این حوزه، درگیری‌های حرکتی فضا به فضا چه شکلی خواهند داشت؟ تحقیقات موجود به چند محدودیت ناشی از مکانیک‌های مداری اشاره می‌کنند، که به ماهیت این گونه درگیری‌ها شکل می‌دهند:

- ماهواره‌ها می‌توانند سریع حرکت کنند اما حرکت‌شان به دلیل پیوستگی بین سرعت، ارتفاع و شکل مدار (یعنی جهت حرکت در فضا) پیش‌بینی‌پذیر است. **محدودیت مدار ماهواره** که به دلیل نیروی گرانشی زمین به وجود می‌آید به این معنی است که نزدیکی فیزیکی دو ماهواره‌ای که به عنوان سامانه‌های تسلیحاتی به فضا اعزام می‌شوند، نیاز به برنامه‌ریزی‌های دقیقی دارد تا آن ماهواره‌ها بتوانند از کنار ماهواره‌های دیگر بگذرند یا مسیرشان را قطع کنند.

- علاوه بر محدودیت‌های مکانیکی مربوط به مانورپذیری ماهواره‌ها در فضا، **گسترده‌ی حوزه‌ی فضا** هم عامل مهمی در ماهیت منازعات حرکتی در فضا است. حجم فضای بین مدارهای نزدیک به زمین و زمین ثابت حدوداً به ۲۰۰ تریلیون کیلومتر مکعب می‌رسد - یعنی ۱۹۰ بار بیشتر از حجم زمین. به این ترتیب، مانورپذیری اشیایی مانند ماهواره‌ها در فضا نیازمند اختصاص انرژی و منابع بسیاری است.

توانمندسازها و موانع برای به‌کارگیری در آینده

هزینه‌های بالای پرتاب ماهواره‌ها و دسترسی به فضا، هم‌چنان یکی از موانع مهم برای عملیات‌های فضایی محسوب می‌شود، به‌خصوص در رابطه با هرگونه تلاش برای **نظامی‌سازی فضا یا استفاده از سلاح‌های فضایی برای اهداف**

پدافندی در زمین. در کنار نیاز به استقرار سامانه‌های تسلیحاتی فضایی در مقیاس‌های بزرگ، هزینه‌های بالای مربوط به استفاده از سامانه‌های تسلیحاتی فضایی باعث می‌شود تا احتمال گسترش یا افزایش کاربرد آن‌ها تا سال ۲۰۴۰ بسیار پایین باشد. ماهیت متغیر اقتصاد فضایی، از جمله **نیاز به تجاری‌سازی و اتکا به مشارکت بخش‌های دولتی و خصوصی**، ممکن است فرصت‌هایی را از طریق تشویق به نوآوری و کاهش بیشتر هزینه‌های پرتاب و دسترسی به فضا فراهم کند. با این حال، هنوز هم در اتحادیه اروپا درباره‌ی تأثیرات دقیق تجاری‌سازی و مشارکت‌های بخش‌های دولتی و خصوصی در ارائه‌ی نوآوری‌های مربوط به فناوری‌های نظامی فضایی به توافقی رسیده نشده است. بعضی‌ها به این موضوع اشاره می‌کنند که رشد بخش تجاری فضا به شکل مؤثری به رقابت فضایی دولت‌ها پایان می‌دهد، اما دیگران بر اهمیت سرمایه‌گذاری نظامی و غیرنظامی برای اقتصاد فضایی تأکید می‌کنند.

در حوزه‌ی دفاع، کشورهای اروپایی، **ناهمگونی چارچوب‌های سیاست‌ها و راهبردهای ملی** در ارتباط با حوزه‌ی فضا ممکن است چالش‌هایی را برای همکاری کشورهای اروپایی در زمینه‌ی فناوری‌های دفاعی فضایی به وجود بیاورد. با این حال، طرح‌هایی که اخیراً در اتحادیه اروپا در دستور کار قرار گرفته‌اند و همچنین تأسیس اداره‌ی کل صنایع دفاعی و فضایی می‌توانند فرصت‌هایی را برای تسهیل این‌گونه مشارکت‌ها به وجود بیاورند. این موضوع شامل حوزه‌هایی مانند توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های فضایی، و تقویت هم‌افزایی‌های موجود در کاربردهای فضایی دفاع‌محور، و برنامه‌های فضایی جامع‌تر اتحادیه‌ی اروپا می‌شود.

۶) رابط کاربری‌های انسان - ماشین

بررسی اجمالی فناوری و روندهای آتی

رابط کاربری‌های انسان و ماشین^۱ شامل فناوری‌ها و دستگاه‌هایی است که تعاملات انسان و ماشین و هم‌تیم شدن انسان و ماشین^۲ را تسهیل می‌کند، که فرایندهایی مانند ارائه‌ی اطلاعات از یک سیستم کامپیوتری به یک انسان را دربرمی‌گیرد. رابط کاربری‌های انسان و ماشین، بر مبنای مشخصات فنی آن‌ها به‌طور رایج به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- **رابط کاربری‌های گرافیکی**^۳ که «ورودی را با استفاده از دستگاه‌های ورودی می‌پذیرد و نمایش گرافیکی واضحی در دستگاه‌های خروجی ارائه می‌دهند»؛
- **رابط کاربری‌های وب**^۴ که «ورودی را می‌پذیرد و با تولید صفحات وب (که با استفاده از اینترنت انتقال داده می‌شود)، خروجی را ارائه می‌دهد و توسط کاربر با استفاده از یک صفحه‌ی وب دیده می‌شود».

1 Human-Machine Interface (HMI)

2 Human-Machine Teaming (HMT)

3 Graphical User Interfaces (GUI)

4 Web User Interfaces (WUI)

اشکال پیشرفته‌ی رابط کاربری‌های انسان و ماشین، ممکن است شامل رابط کاربری‌های مغز و کامپیوتر^۱ باشد، به عبارتی فناوری‌هایی هستند که «مسیر ارتباطی مستقیمی را، بین مغز پیشرفته یا مغز دارای سیم و یک دستگاه خارجی، با جریان اطلاعاتی دو جهته» ارائه می‌دهند. فناوری‌های جدید و نوظهور در زمینه رابط کاربری‌های انسان و ماشین، هم‌چنین شامل دستگاه‌هایی هم‌چون اندام‌های روباتیک و عضو مصنوعی عصبی است و می‌تواند کارکردهای شناختی یا محرک انسانی ناشی از صدمه‌ی فیزیکی یا آسیب عصبی ترمیم کند.

فناوری‌هایی که رابط کاربری‌های انسان و ماشین را ممکن می‌سازند، در رابطه با مجموعه گسترده‌ای از کاربردهای تجاری و عملیاتی، احتمالاً تا حد قابل توجهی تا سال ۲۰۴۰ تکامل خواهند یافت. بهبودها در فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، در جنبه‌های مختلفی ایجاد خواهد شد، که شامل فناوری‌هایی برای «انتقال داده از مغز؛ کنترل مستقیم سیستم‌ها؛ درمان فلج و پروتزها؛ هوش مصنوعی متصل به مغز (برای آموزش یا اجرای سیستم‌های هوش مصنوعی)، و انتقال داده به مغز، و ارتباط مغز به مغز است». پیشرفت‌های آتی در این حوزه‌ها هم ممکن است از زمینه‌های غیرنظامی حاصل شود، به‌عنوان مثال: بخش بهداشت و درمان در رابطه با توسعه‌ی رابط کاربری‌های مغز و کامپیوتر، و پروتز با کنترل مستقیم سیستم‌ها. پیش‌بینی می‌شود در میان مدت یعنی ۵ تا ۱۰ سال، پیشرفت‌ها در حوزه‌هایی هم‌چون توسعه حسگرهایی با کمترین حالت تهجمی، جهت اندازه‌گیری فعالیت عصبی در لحظه، یادگیری وظایف تعاملی بر مبنای تعامل انسان و روبات، و بهبود سیستم‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، جهت درک زبان طبیعی و هدایت بهتر سناریوهای غیرقطعی و پیچیده‌ی جهان واقعی، خواهند بود. در بلند مدت یعنی ۱۰ تا ۲۰ سال، فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، ممکن است در حوزه‌هایی هم‌چون جستجوی فعال اطلاعات با استفاده از پیوند داده‌ای هدایت شده برای اپراتورهای انسانی، یا هدایت سناریوهای که به چندین هدف برای مطرح شدن از طریق توالی و ترکیب نمایش وظیفه نیاز دارند، پیشرفت کنند. این پیشرفت‌ها ممکن است از طریق توسعه در مدل‌سازی و رمزگشایی فعالیت مغز انسان، و درک تعاملات زمان واقعی انسان و سیستم پشتیبانی شود.

فرصت‌ها و چالش‌ها در صحنه نبرد آینده

هم‌تراز با کاربردهای پیشرفته از سیستم‌های خودمختار و مبتنی بر هوش مصنوعی در صحنه نبرد آینده، انتظار می‌رود که رابط کاربری‌های انسان و ماشین، مشخصه‌ی مهم فزاینده‌ای را از جنگ آینده نشان دهند. تحقیقات موجود تعدادی از روش‌ها را مشخص می‌کند که در این روش‌ها فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین قادرند فرصت‌هایی را برای نیروها به منظور هدایت و کنترل صحنه نبرد آینده فراهم کنند. فناوری‌های مربوط به رابط کاربری‌های انسان و ماشین پیشرفته این امکان را برای نیروها فراهم می‌کند تا مقادیر زیادی از داده‌ها را با استفاده از «شبکه‌ی گسترده‌ای از انسان‌ها و ماشین‌ها»

به‌طور مؤثرتر و کارا تر پردازش و ترکیب کنند. علاوه بر این، فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، قادر خواهند بود تصمیم‌گیری‌های سریعی (که پیشرفت‌ها در هوش مصنوعی و خودمختاری را یکپارچه می‌سازد)، را تسهیل کنند. پیشرفت‌ها در فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، به‌طور کلی برای یکپارچه‌سازی فناوری‌های رباتیک (از جمله فناوری‌های توده/گروهی روبات‌ها) در صحنه نبرد آینده، ضمن تضمین کنترل هدفمند انسانی بسیار مهم در نظر گرفته می‌شود.

شرکت‌کنندگان کارگاهی در این مطالعه، مطرح کردند که توسعه هماهنگ فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین، یا یک پلتفرم مشترک برای رابط کاربری‌های انسان و ماشین در محیط اتحادیه اروپا، می‌تواند به‌طور مشخص فرصت‌های قابل توجهی را برای حوزه دفاعی اروپا فراهم آورد. این فرصت‌ها عبارتند از یکپارچه‌سازی بهتر سیستم‌های تسلیحاتی و پلتفرم‌ها، قابلیت همکاری پیشرفته، و نیز هزینه‌های کمتر، و تضمین رعایت تدابیر قانونی و اخلاقی مرتبط.

علاوه بر این تأثیرات، اگر رابط کاربری‌های انسان و ماشین به‌خوبی پیاده‌سازی نشوند، پذیرش و به‌کارگیری آتی آن‌ها ممکن است چندین چالش برای حوزه دفاعی اروپا ایجاد کند. چنین چالش‌هایی شامل موارد زیر است:

- شکست بالقوه‌ی فناوری‌های مربوط به رابط کاربری‌های انسان و ماشین، خطر قابل توجهی در درگیری‌های ناخواسته و سایر اثرات نامطلوب را به همراه دارد. صاحب‌نظران کارگاه تأکید کردند که دستیابی به رابط کاربری‌های انسان و ماشین مؤثر، نیازمند تلاش‌های بسیار فنی است، که شکست آن ممکن است هزینه‌های قابل توجهی را تحمیل کند.

- خطرات و وابستگی‌های جدید برای فرماندهی و کنترل، مخصوصاً وابستگی روزافزون نسبت به پدافند سایبری و الکترومغناطیسی برای تاب‌آوری.

- الزامات جدید به آموزش و به‌کارگیری کارشناسان، برای مثال تضمین این‌که کارکنان در حالت‌های بازگشتی عملیاتی تمرین داده می‌شوند.

- پتانسیل این که دشمنان از طریق کاربردهای خصمانه‌ی رابط کاربری‌های انسان و ماشین به مزیت‌های تاکتیکی قابل توجهی دست یابند. این کنشگران می‌توانند تصمیم‌گیری‌های مربوط به انسان و ماشین خود را بهینه کنند، و از سرعت در سطح تاکتیکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سود خواهند برد. از آنجایی که نظامیان در جستجوی بهره‌مندی از مزیت‌های شناسایی، تشخیص، بهینه‌سازی و کارایی هوش مصنوعی در حلقه اودا (مشاهده-جهت‌گیری-تصمیم-اقدام) هستند، این امر ممکن است به ضرر نیروهای کشورهای عضو اتحادیه اروپا باشد. اتکای بیشتر به فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین می‌تواند آسیب‌پذیری نیروهای مسلح کشورهای عضو اتحادیه اروپا را هم (از طریق فراهم کردن فرصت‌های جدید برای دشمن جهت انکار دستیابی به فناوری) افزایش دهد.

توانمندسازها و موانع برای به‌کارگیری در آینده

گسترش سیستم‌های سایبری-فیزیکی در صحنه نبرد آینده، و پیشرفت‌ها در قابلیت‌های خودمختاری و کنترل از راه دور احتمالاً پذیرش و به‌کارگیری آتی فناوری‌های مربوط به رابط کاربری‌های انسان و ماشین را در صحنه نبرد آینده هدایت خواهد کرد.

علاوه بر نیازمندی رو به افزایش برای راه‌حل‌های مؤثر هم‌تیم شدن انسان و ماشین، رشد و مدرن‌سازی نظامی‌گری نیز می‌تواند سبب پیشرفت نیروهای زمینی شود، چون نظامیان سیستم‌های دارای رابط کاربری‌های انسان و ماشین را به کار می‌گیرند تا به مزیت راهبردی نسبت به دشمنان خود دست یابند.

هرچند هم‌تیم شدن انسان و ماشین ممکن است به‌طور روز افزون و مشخص در صحنه نبرد آینده برجسته باشد، اما موانع مختلفی برای اتخاذ آتی آن می‌تواند تعریف شود:

- **عدم اعتماد:** ایجاد اعتماد میان پرسنل نظامی در رابط کاربری‌های انسان و ماشین لازم است تا به‌طور مؤثر در یک تیم یکپارچه شوند. آزمایش و بررسی فراوان، و نیز تمرکز اولیه بر معیارهای غیرتهاجمی می‌تواند اتخاذ و به‌کارگیری فناوری‌های نوظهور را تسهیل کند.

- **محدودیت‌های اخلاقی:** به‌کارگیری هوش مصنوعی و رباتیک پیشرفته که با سیستم‌های دارای رابط کاربری‌های انسان و ماشین یکپارچه شده‌اند، می‌تواند چالش‌های اخلاقی قابل توجهی را مخصوصاً نسبت به مسئولیت برای اقدام و کاهش آستانه استفاده از شدت عمل/زور ایجاد کند.

- **روابط نظامی و غیرنظامی:** اگر پرسنل نظامی افزایش پیدا کنند، رابطه‌ی بین نظامیان و جامعه ممکن است تحت تنش قرار بگیرد. تقویت فیزیکی و (سرانجام) شناختی انسان، پُر هزینه و فراتر از توان فردی معمولی خواهد بود، که در این صورت پرسش‌هایی را در مورد برابری در این موضوع به‌وجود خواهد آورد.

- **فرهنگ سازمانی:** بعضی از نظامیان ممکن است فرهنگ سازمانی مربوط به رویکردی مردم محور داشته باشند، که در برابر به‌کارگیری ایده‌ها، تکنیک‌ها و فناوری‌های جدید مانند فناوری‌های مربوط به رابط کاربری‌های انسان و ماشین مقاومت و مخالفت می‌کنند.

رویکردهای مشارکتی بخش عمومی و خصوصی که از پیشرفت در بخش خصوصی استفاده می‌کنند، ممکن است در جهت نشان دادن بعضی از این چالش‌ها، مخصوصاً از طریق بهبود خلاء اعتماد در ارتش عمل کنند. صاحب‌نظران این مطالعه تأکید می‌کنند که مشارکت پیوسته‌ی اپراتورها در چرخه‌ی توسعه، آزمایش، اتخاذ و استفاده از سیستم‌های جدید بسیار مهم است، تا بتوان خطرات مربوط به فناوری‌های مربوط به رابط کاربری‌های انسان و ماشین را کم کرد. پیشرفت‌ها در تحقیقات هوش مصنوعی، مخصوصاً با درنظر گرفتن هوش مصنوعی – قابلیت‌های شناختی – و نیز تجربیات هم‌تیم شدن انسان و هوش مصنوعی ممکن است هم‌چنین به‌صورت عوامل فنی برای پذیرش آتی فناوری‌های رابط کاربری‌های انسان و ماشین خدمت کند.

منبع اصلی:

Innovative Technologies shaping the 2040 battlefield, European Parliamentary Research Service (EPRS), August 2021