مرداد ۱۴۰۰

مسلسل: ۱۸۳۷۲

دارپا؛ آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی

نمونه کارآمدی از سازمان‌های پژوهشی نوآور»

دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش

شماره مسلسل: ۱۸۳۷۲

کد موضوعی: ۳۱۰

عنوان گزارش: دارپا؛ آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی نمونه کارآمدی از سازمان‌های پژوهشی نوآور»

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

تهیه و تدوین‌کنندگان: محمدحسن معادی رودسری، سهیلا خردمندنیا

ناظر علمی: سیدیونس ادیانی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــ

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۵/۳۰

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
چکیده تصویری ۲
مقدمه ۳
تاریخچه «دارپا» ۴
دوره نخست (۱۹۵۹-۱۹۶۹) ۴
دوره دوم (۱۹۷۰-۱۹۸۰) ۶
دوره جدید (۱۹۸۱ تاکنون) ۶
ویژگی‌های «دارپا» ۷
دارپا و پیش‌بینی فناوری‌های نوظهور ۱۲
تجربه پیاده‌سازی مدل دارپا در سایر نهادهای تحقیقاتی آمریکا ۱۴
تحلیل و بررسی ویژگی‌های «دارپا» به عنوان الگویی از یک سازمان تحقیقاتی کارآمد ۱۸
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۲۰
منابع و مآخذ ۲۲

دارپا؛ آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی نمونه کارآمدی از سازمان‌های پژوهشی نوآور»

چکیده

سازمان پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی یا «دارپا» یکی از موفق‌ترین سازمان‌های پژوهشی آمریکاست که تلاش‌های زیادی برای الگوبرداری از شیوه اداره آن در سازمان‌های دیگر این کشور و سایر کشورها در بخش خصوصی و دولتی صورت گرفته است. این سازمان زیر نظر وزارت دفاع آمریکا بوده و مسئول توسعه فناوری‌های نوظهور برای استفاده ارتش این کشور است که سرریز دستاوردهای آن به‌صورت فناوری‌های تجاری شده و قابل استفاده عموم جامعه مانند شبکه اینترنت، مکان‌نمای ماهواره‌ای (جی.پی.اس) و ... شده است.

در این گزارش ضمن بیان تاریخچه‌ای از این سازمان به معرفی ساختار، ویژگی‌ها و عملکرد آن پرداخته و با بهره‌گیری از این یافته‌ها و همچنین نظرات متخصصانی که در این مجموعه کار کرده و تجربیات به‌دست آمده از نحوه اداره «دارپا» که به شرکت‌های دیگر منتقل شده، برخی محورها و شاخصه‌های کارآمدی دارپا احصا شده است (که در چکیده تصویری شمایی از آن ارائه شده است). نهادهای پژوهشی و فناوری ممکن است بتوانند هریک از این شاخص‌ها را براساس کارکردها و وظایف خود متناسب‌سازی و حتی کمّی‌سازی کنند و این ارزیابی و شناخت نقاط ضعف و چالش هرچند بسیار مهم و مفید باشد اما کافی نیست؛ بلکه عزمی جدی و همگانی و احساس نیازی واقعی باید در کل مجموعه برای ایجاد تحول و نوآوری در عملکرد ایجاد شده باشد و مهم‌تر از آن، قدرت، ظرفیت و انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات بزرگ و فرهنگ پذیرش آن نیز وجود داشته باشد.

چکیده تصویری

مقدمه

«دنیای امروز به‌سرعت در حال تغییر است و چالش‌ها و فرصت‌های استثنایی را فراهم می‌کند. تحولات به‌وجود آمده به‌ویژه در حوزه فناوری نشان‌دهنده این است که این تغییرات به‌طور فزاینده‌ای پیچیده بوده و آشفتگی با اقدام‌هایی به‌ظاهر کوچک، موجب تغییرات گسترده می‌شود. علاوه‌براین، میزان تغییرات فناورانه به‌سرعت در حال افزایش است و برخی می‌گویند که افزایش سرعت آن نمایی و براساس اصولی مانند قانون مور[۱] و قانون متکالف[۲] است. نتیجه این تغییر، بیش‌ازپیش بین‌رشته‌ای شدن فعالیت‌هاست. فناوری اطلاعات بر شیمی تأثیرگذار است، فیزیک بر زیست‌شناسی تأثیر می‌گذارد و فناوری نانو در بسیاری از رشته‌ها فراگیر شده است. چگونه می‌توان این تغییرات را مدیریت و کنترل کرد؟ چگونه می‌توان این پیچیدگی و رشد چندرشته‌ای را برای حل مشکلات بحرانی جامعه به‌کار برد؟».[۳]

از حدود ۶۲ سال پیش آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی یا «دارپا»[۴] نقش مهمی در ایجاد یک نقطه عطف نوآورانه در فناوری‌هایی با قابلیت نظامی ایفا کرده است. درواقع، بخش عمده‌ای از سیستم‌های نظامی و بسیاری از سیستم‌های غیرنظامی امروزی می‌توانند منشأ سرمایه‌گذاری‌شان را در «دارپا» ردیابی کنند. این فناوری‌ها شامل اینترنت،[۵] میکروالکترونیک با سرعت بالا، فناوری‌های رادارگریز و ماهواره‌ای، وسایل نقلیه بدون‌سرنشین و انواع مختلفی از مواد جدید است. نیروهای پیشران، فرهنگ و فرایندهایی که «دارپا» برای تسریع نوآوری‌های فنی به‌کار می‌برد ازجمله مباحثی است که می‌تواند در دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، آزمایشگاه‌های ملی غیرنظامی و صنعت به‌عنوان یک نمونه کارآمد مورد توجه قرار گیرد.

«دارپا» زیر نظر وزارت دفاع آمریکا بوده و مسئول توسعه فناوری‌های نوظهور برای استفاده ارتش این کشور است. آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته یا «آرپا»[۶] (ARPA)[۷] در فوریه ۱۹۵۸ تأسیس شد پس از راه‌اندازی و پرتاب فضاپیمای «اسپوتنیک»[۸] اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۵۷ و نگرانی ایجاد شده از این موضوع که روس‌ها برتری فناورانه به‌دست آورده‌اند. مأموریت بنیان‌گذاری «آرپا» ساده بود: «جلوگیری از غافلگیر شدن و ایجاد غافلگیری راهبردی».

نام این سازمان در ماه مارس سال ۱۹۷۲ به «دارپا» تغییر کرد، سپس در فوریه سال ۱۹۹۳ دوباره به «آرپا» تغییر نام داد و سرانجام در مارس ۱۹۹۶ نام آن مجدداً به همان «دارپا» تغییر یافت. «دارپا» با همکاری شرکای دانشگاهی،

---

۱. قانون مور (Moore's Law) یکی از مفاهیم اصلی در پردازنده‌هاست که پیدایش آن به سال ۱۹۶۵ میلادی باز می‌گردد. به بیان ساده، این قانون نشان می‌دهد که هر دو سال باید سرعت پردازشی یا توان پردازشی کلی در پردازنده‌ها دو برابر شود.

۲. قانون متکالف (Metcalfe's law) یکی از موضوع‌های بسیار مهم در مطالعات مربوط به اثر شبکه است. طبق قانون متکالف، ارزش سیستماتیک دستگاه‌های ارتباطی سازگار به اندازه مجذور آنها افزایش می‌یابد. درواقع، هر بار که کاربری به یک اپلیکیشن دارای شبکه پشتیبان اضافه می‌شود، ارزش اپلیکیشن به اندازه $n2$ رشد می‌کند. همچنین اگر یک شبکه‌ای دارای ۱۰۰ نود باشد و تعداد نودها به ۲۰۰ افزایش یابد، ارزش شبکه چهار برابر می‌شود.

3. Lawrence H. Dubois, DARPA's Approach to Innovation and Its Reflection in Industry, SRI International, National Academy of Sciences, 2003.

4. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)

5. ARPANET

6. ARPA

7. Advanced Research Projects Agency

8. Sputnik

صنعتی و دولتی، برنامه‌های تحقیق و توسعه را برای گسترش مرزهای فناوری و علم، اغلب فراتر از نیازهای فوری نظامی ایالات متحده تنظیم و به اجرا درمی‌آورد. پروژه‌های سرمایه‌گذاری شده «دارپا» فناوری‌های چشمگیری ارائه داده‌اند که بر بسیاری از حوزه‌های غیرنظامی مانند شبکه‌های کامپیوتری و بنیان‌گذاری اینترنت مدرن تأثیرگذار بوده است.

آشنایی با مدل، ساختار و شیوه کارکرد سازمان‌های پژوهشی به‌ویژه با رویکرد تحقیقات کاربردی می‌تواند بر رویکردها و نگاه سیاستگذاران و تصمیم‌گیران ازجمله نمایندگان مجلس شورای اسلامی و نیز کنشگران عرصه اجرا و تنظیم راهبردها تأثیر داشته باشد و از آن برای طراحی یا توسعه یک مدل بومی بهره گرفت. به‌این‌ترتیب درک عناصر تأثیرگذار و کمک‌کننده به موفقیت چنین سازمان‌های می‌تواند مطالبه‌گر فراهم‌سازی زیرساخت‌های مورد نیاز و پیاده‌سازی چنین رویکردهایی در مراکز تحقیقاتی و پژوهشی کشور در مسیر بهبود و ارتقای وضع موجودشان باشد. شایان ذکر است ذکر تجربه و رویکرد دارپا در این گزارش به‌معنای تأیید و به‌کارگیری همه شیوه‌ها و روش‌های مورد استفاده این سازمان نیست و باید برحسب مقتضیات و شرایط کشور به بومی‌سازی این رویکردها پرداخت و آنها را به‌کار گرفت.

تاریخچه «دارپا»[1]

دوره نخست (۱۹۶۹-۱۹۵۹)

«آرپا» به دستور رئیس‌جمهور وقت، «دوایت آیزنهاور» در سال ۱۹۵۸ و به‌منظور تشکیل سازمانی برای یافتن و اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه گسترش مرزهای علم و فناوری و دستیابی به توانایی فراتر از نیازهای نظامی فوری تأسیس شد. این دستور مستقیماً به‌دلیل پرتاب فضاپیمای «اسپوتنیک» بود که طی آن اتحاد جماهیر شوروی توانایی آن را یافت که بهره‌برداری از فناوری نظامی را به‌سرعت توسعه دهد. بودجه اولیه «آرپا» به میزان ۵۲۰ میلیون دلار و اولین مدیر این آژانس، «رُی جانسون» بود که موقعیت شغلی با درآمد ۱۶۰,۰۰۰ دلاری در «جنرال الکتریک» را برای انجام کار در «آرپا» با درآمد ۱۸,۰۰۰ دلاری ترک کرد. «هربرت یورک» از آزمایشگاه ملی «لورنس لیورمور» نیز به‌عنوان دستیار علمی او استخدام شد.

«جانسون» و «یورک» هر دو مشتاق کار در پروژه‌های فضایی بودند، بنابراین زمانی که ناسا در سال ۱۹۵۸ تأسیس شد، همه پروژه‌های فضایی و بیشتر منابع مالی «آرپا» به آن منتقل شد، «جانسون» استعفا داد و «آرپا» بر انجام تحقیقات بنیادی «با ریسک بالا»، «درآمد بالا» و «بسیار پیشرفته» متمرکز شد، موقعیتی که دانشمندان ملی و دانشگاه‌های پژوهشی کشور مشتاق انجام آن بودند. دومین مدیر «آرپا»، ژنرال «آستین والت بیتز» بود که در اوایل سال ۱۹۶۱ استعفا داد. پس از وی «جک روینا» تا سال ۱۹۶۳ مدیریت «آرپا» را برعهده گرفت که دوره موفقیت‌آمیزی

1. Defense Advanced Research Projects Agency | United States government". Encyclopedia Britannica. Retrieved 2021-10-05.

بود. او «لیکلیدر»[1] را به‌عنوان اولین مدیر اداره تکنیک‌های پردازش اطلاعات استخدام کرد که نقش مهمی در ایجاد «آرپانت»[2] یعنی پایه‌ای برای آینده اینترنت ایفا کرد.

علاوه‌براین، جوامع سیاسی و دفاعی نیز احساس کردند باید یک سازمان عالی‌رتبه دفاعی ایجاد شود. این سازمان باید پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ای را تعریف و اجرا کند که مرزهای فناوری را فراتر از الزامات فوری و خاص خدمات نظامی و آزمایشگاه‌هایشان گسترش دهد. در پیگیری این مأموریت، «آرپا» برنامه‌های فناوری‌ای را توسعه و انتقال داد که محدوده وسیعی از رشته‌های علمی را شامل می‌شد و طیف گسترده‌ای از نیازهای امنیت ملی را دربرمی‌گرفت.

از سال ۱۹۵۸ تا سال ۱۹۶۵، تأکید «آرپا» بر مسائل مهم ملی، ازجمله فضا، دفاع موشکی بالستیک و ردیابی انجام آزمایش‌های هسته‌ای متمرکز بود. طی سال ۱۹۶۰، همه برنامه‌های فضایی غیرنظامی «آرپا» به اداره ملی هوانوردی و فضا (ناسا) واگذار شد.

این موضوع به «آرپا» اجازه داد تا تلاش‌های خود را روی پروژه دفاعی (دفاع در برابر موشک‌های بالستیک)، پروژه «ولا»[3] (تشخیص انجام آزمایشی اتمی) و برنامه‌های پروژه «تحقیق و توسعه ضدشورش»[4] متمرکز کرده و کار خود را در زمینه پردازش کامپیوتری، علوم رفتاری و علوم مواد آغاز کند. برنامه‌های دیفندر[5] و تحقیق و توسعه ضدشورش، بنیان کار بر حسگرها، پایش و تحقیق و توسعه هدایت شده انرژی به‌ویژه در مطالعه رادارها، حسگرهای مادون قرمز و تشخیص اشعه ایکس / اشعه گاما را تشکیل داد.

علاوه‌براین، «آرپا» نقش اولیه‌ای در پروژه ترنزیت[6] ایفا کرد که ناوست[7] نامیده شد و نقشی پیشگام در سیستم موقعیت‌یابی جهانی[8] داشت. پروژه ترنزیت را نیروی دریایی حمایت مالی می‌کرد و تحت رهبری دکتر «ریچارد کیرشنر»[9] در دانشگاه «جان هاپکینز» توسعه یافت، نخستین سیستم موقعیت‌یابی ماهواره‌ای بود. در سال ۱۹۵۹ هنگامی که یک تلاش مشترک و هم‌نوایی، بین «دارپا» و آزمایشگاه فیزیک کاربردی «جان هاپکینز» شکل گرفت، اکتشافات کاوشگرانه اولیه با سرعتی رو به جلو آغاز شد.

در اواخر دهه ۱۹۶۰ با تکمیل و به خدمت گرفته شدن این برنامه‌ها، «آرپا» نقش خود را بازتعریف کرد و بر مجموعه‌ای متنوع از برنامه‌های تحقیقاتی نسبتاً کوچک و اساساً اکتشافی متمرکز شد و در اوایل دهه ۱۹۷۰ بر برنامه‌های انرژی مستقیم، پردازش اطلاعات و فناوری‌های تاکتیکی تأکید داشت. این آژانس در سال ۱۹۷۲ به «دارپا» تغییر نام یافت.

«دارپا» در حوزه پردازش اطلاعات ابتدا از طریق تقسیم کار بین چند مرکز دانشگاهی و تحقیقاتی و درنتیجه پشتیبانی از تحقیق و توسعه و اشتراک‌گذاری و صرفه‌جویی زمان پیشرفت‌های بزرگی داشت و از تکامل آپرانت (اولین

1. JCR Licklider
2. ARPA NET
3. Vela
4. AGILE
5. DEFENDER
6. Transit
7. NavSat
8. GPS
9. Kirschner Dr. Richard

شبکه سوئیچینگ گسترده منطقه‌ای)، شبکه رادیویی پکت[1]، شبکه ماهواره‌ای پکت و سرانجاماینترنت و پژوهش در زمینه‌های هوش مصنوعی تشخیص گفتار و پردازش سیگنال، ازجمله قطعات ارتعاشی روبات پشتیبانی کرد. این سازمان همچنین از توسعه سیستم کامپیوتری داگلاس انگلبرت[2] و «مادر همه دموها» و نقشه فیلم آسپن حمایت مالی کرد که احتمالاً اولین سیستم ابررسانه و یک پیشگام مهم واقعیت مجازی بود.

دوره دوم (۱۹۸۰-۱۹۷۰)

در سال ۱۹۷۳ اصلاحیه مانفیلد به‌طور مشخص منابع مالی تحقیقات دفاعی (توسط آرپا/ دارپا) را فقط به پروژه‌هایی با برنامه نظامی مستقیم محدود کرد. برخی ادعا می‌کنند که این اصلاحیه، علم آمریکا را ویران کرد زیرا آرپا/ «دارپا» منبع اصلی همه پروژه‌های علمی بنیادی در آن زمان بود و بنیاد ملی علوم هرگز تفاوت به‌وجود آمده را آن‌طور که انتظار می‌رفت جبران نکرد.

بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۸۱، غالب پروژه‌های بزرگ «دارپا» در حوزه فناوری هوا، زمین، دریا و فضا بود و ساخت زره‌های تاکتیکی و ضد زره‌پوش، حسگر مادون قرمز برای مراقبت فضابنیان، فناوری لیزر با انرژی بالا برای دفاع موشکی فضابنیان، اژدر زیردریایی، موشک‌های پیشرفته کروز، هواپیماهای پیشرفته و برنامه‌های کاربردی دفاعی از محاسبات پیشرفته در دستور کار قرار گرفت. این برنامه‌های فناورانه در مقیاس بزرگ با تحقیقات مدار یکپارچه جفت شده بود که منجر به فناوری الکترونیک زیرمیکرومتر و دستگاه‌های الکترونی شد که برونداد آن برنامه یکپارچه خیلی بزرگ مقیاس[3] و برنامه پرتوی ذرات باردار بود. خروجی برنامه‌هایی همچون تشخیص خودکار هدف، حسگرهای فضابنیان و نیروی پیشران به سازمان پیشگام دفاع راهبردی[4] انتقال یافتند که بعدها به‌عنوان سازمان دفاع موشکی بالستیک[5] شناخته شد و هم‌اکنون به‌عنوان آژانس دفاع موشکی[6] نامیده می‌شود.

دوره جدید (۱۹۸۱ تاکنون)

طی دهه ۱۹۸۰، توجه آژانس بر پردازش اطلاعات و برنامه‌های مرتبط با هواپیما، ازجمله برنامه هواپیمایی ملی یا برنامه تحقیقاتی مافوق صوت متمرکز بود. برنامه محاسبات استراتژیک، «دارپا» را قادر ساخت تا از فناوری‌های پیشرفته پردازش و شبکه‌سازی بهره‌برداری کند و به بازسازی و تقویت روابط با دانشگاه‌ها پس از جنگ ویتنام بپردازد. علاوه‌براین، «دارپا» شروع به پیگیری مفاهیم جدید در مورد ماهواره‌های کوچک و سبک کرده و برنامه‌های جدیدی برای تولیدات دفاعی، فناوری زیردریایی و زره‌پوش و ضدزره‌پوش را هدف قرار داد.

در فاصله سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ این آژانس، فعالیت‌های خود را بیش‌ازپیش توسعه داد و ایده سفرهای میان ستاره‌ای و ساخت نسل جدید هواپیماهای فضایی با ناسا را مطرح کرد.

---

1. Packet
2. NLS Douglas Engelbart
3. Very Large-Scale Integration (VLSI)
4. Strategic Defense Initiative Organization (SDIO)
5. Ballistic Missile Defense Organization (BMDO)
6. Missile Defense Agency (MDA)

در ۲۰۱۶ اعلام شد که «دارپا» یک گروه از کارشناسان خبره و متخصص امنیتی رایانه‌ای را برای جستجوی آسیب‌پذیری‌های امنیتی گرد هم آورده و اصلاحاتی را برای رفع این آسیب‌پذیری‌ها انجام می‌دهد که به‌عنوان چالش بزرگ سایبری[1] (CGC) نامیده شد.

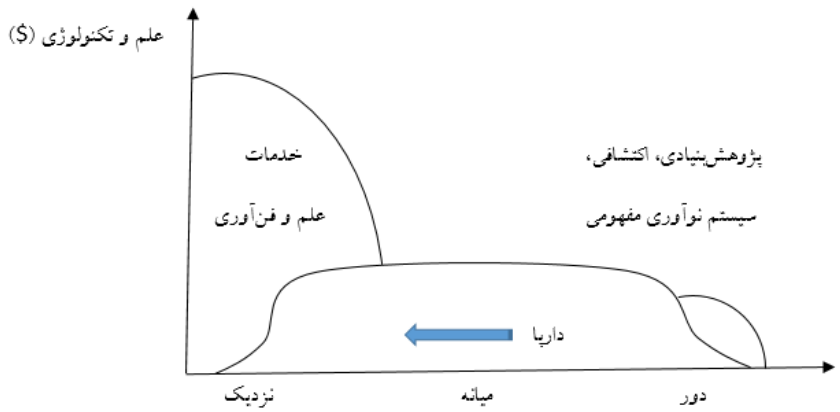
در سال ۲۰۱۸ نیز، رهبران «دارپا» تعدادی از فناوری‌های جدید را که در چارچوب برنامه GXV-T توسعه یافته بود ارائه کردند. هدف این برنامه ایجاد یک وسیله نقلیه سبک وزن و زره‌پوش با ابعاد بسیار کوچک است که به‌علت قابلیت مانور و سایر ترفندها می‌تواند با موفقیت در برابر سیستم‌های مدرن ضدتانک مقاومت کند.

ویژگی‌های «دارپا»

•زمینه فعالیت و ساختار

«دارپا» بنگاهی تحقیقاتی و فناوری است که زیر نظر وزارت دفاع و شخص وزیر در این کشور فعالیت می‌کند. این آژانس به‌منظور توسعه و ساخت صنایع با فناوری بالا در حوزه صنایع نظامی راه‌اندازی شده است، اما سرریز آن توسعه فناوری‌هایی همچون شبکه‌های رایانه‌ای، سیستم‌های برخط رایانه‌ای (NLS)[2]، هایپرتکس است که تأثیرات مهمی را بر زندگی امروزی نهاده‌اند و فعالیت‌های «دارپا» حتی به علوم غیرنظامی همچون علوم روان‌شناسی، علوم رفتاری و علوم پزشکی نیز تسری یافته است. فعالیت‌های این نهاد با ریسک زیاد و بازدهی بالاست زیرا قصد دارد تا شکاف میان نوآوری‌های بنیادی و کاربردهای نظامی آنها را در یک سیستم نوآوری پر کند (شکل ۱).

شکل ۱. نقش «دارپا» در علم و فناوری



Source: publications.parliament.uk/pa/cm200809/cmselect/cmberr/746/746we27.htm

این سازمان مستقل از سایر سازمان‌های معمولی در حوزه تحقیق و توسعه دفاعی است و مستقیماً به وزیر دفاع گزارش می‌دهد. بیش از ۲۰۰ کارمند دارد که نیمی از آنها در حوزه‌های تخصصی مشغول به فعالیت هستند، با بودجه‌ای

1. Cyber Grand Challenge (CGO)
2. oN-Line System

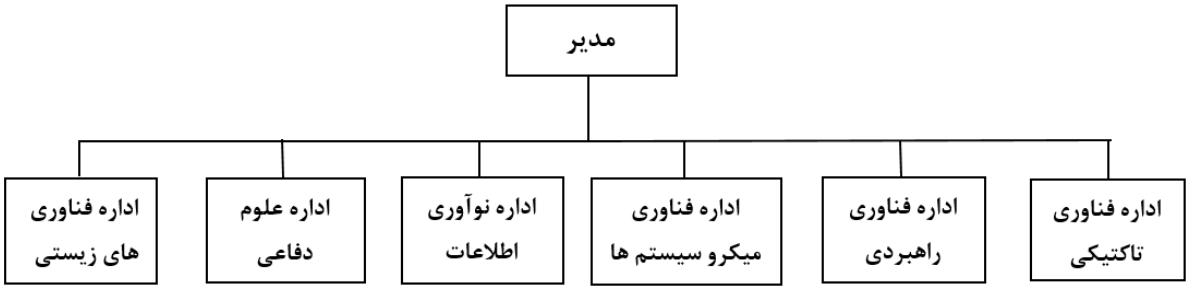
معادل ۳/۸ میلیارد دلار اداره شده و از پروژه‌های کوتاه‌مدت (دو تا ساله) که تیم‌های کوچک برای انجام پروژه‌ای خاص جمع شده‌اند حمایت می‌کند. شناسایی، استخدام و حمایت از مدیران برنامه‌های عالی توسط «دارپا» در دستور کار دائمی این سازمان قرار دارد؛ افراد فوق‌العاده‌ای که در حوزه مربوط به رشته‌های کاری خود برترین بوده و مترصد فرصتی برای وارد آوردن فشار به محدودیت‌های موجود در رویه‌هایشان هستند. مدیران و متخصصان، اغلب از آکادمی‌ها، صنایع و سازمان‌های دولتی و برای مدت محدود جذب می‌شوند. این مهلت محدود نشان‌دهنده فوریتی است که «دارپا» در رسیدن به موفقیت در کمترین زمان ممکن و طی یک قرارداد زمانی مشخص در نظر گرفته است. به لحاظ بهره‌مندی از نیروی انسانی دارپا را می‌توان به دو دوره زمانی تقسیم کرد:[۱]

۱. «قبل از سال ۲۰۰۱ و تمرکز بر دانشمندان نخبه و شرکت‌های دانشگاهی»

۲. «پس از سال ۲۰۰۱ و تمرکز بر بنگاه‌های بزرگ صنعتی».

«دارپا» سازمانی کوچک و با ساختار سازمانی نسبتاً مسطح و داشتن فقط یک سطح مدیریتی بین مدیران برنامه و مدیر عامل سازمان است. این ساختار به ایده‌ها اجازه می‌دهد خیلی سریع جریان یابند. زمان پروژه‌ها، فعالیت مدیران برنامه‌ها و حتی مدیر عامل سازمان به‌ندرت بیش از سه تا پنج سال طول کشیده و به‌ندرت تمدید می‌شود. تثبیت جریان داشتن برنامه‌ها، مدیران برنامه و مدیریت‌ها و تغییر پیوسته آنها به تولید سریع ایده‌های جدید منجر می‌شود. به سبب محدودیت منابع، رقابت برای تأمین مالی بهترین ایده‌های جدید هم در داخل و هم در خارج سازمان وجود دارد. ساختار سازمانی دارپا در شکل ۲ نشان داده شده است.[۲]

شکل ۲. ساختار سازمانی «دارپا»



مهم‌ترین مشخصه‌ای که «دارپا» سعی کرده است طی سال‌ها به آن وفادار باشد، کوچک بودن و انعطاف‌پذیری آن است. کوچکی و چالاکی «دارپا» از مهم‌ترین عوامل پیشرفت قابل ملاحظه آن در بخش دفاعی بوده است. در این بین انجام پروژه‌های هوافضایی اهمیت ویژه‌ای دارد. «دارپا» دریافته است که مهم‌ترین بخش در امور دفاعی، بخش هوایی آن است و پیشرفت در این قسمت موجب توسعه دیگر بخش‌های نظامی و همچنین فاصله گرفتن این کشور

۱. سوزنچی کاشانی، ابراهیم و همکاران، بررسی نهادهای متولی پژوهش در کشورهای منتخب، پژوهشکده سیاستگذاری علم، فناوری و صنعت دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۲.

2. www.darpa.mil/about-us/offices

از کشورهای دیگر در زمینه نظامی خواهد شد.[1]

• کارکرد و شیوه تعریف کار و اداره آن[2]

دارپا همواره سه نوع تغییر و بهبود را در کارکرد خود دنبال می‌کند. اول، بهبود مستمر و نظام‌مند از طریق آموزش و آزمایش؛ دوم، ساخت سیستم‌های آتی با استفاده از تکنیک‌ها و فناوری‌های اثبات شده امروزی که وزارت دفاع ایالات متحده این تغییر را به‌عنوان تحقیق و توسعه تکاملی نیازپایه در نظر گرفته و توسط نهادهایی همچون اداره تحقیقات دریایی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی ارتش و نیروی هوایی انجام می‌شود. سوم، نوآوری با هدف منسوخ کردن و جایگزینی گسترده حتی در مورد محصولات و فرایندهای موفق کنونی که بنیان اصلی فعالیت‌های دارپا بر آن استوار است. ازاین‌رو، با وجود روابط عمیق با پنتاگون، راهبردهایی از قبیل باقی‌ماندن در انجام پروژه‌های کوچک و انعطاف‌پذیر و بهره‌برداری سریع از فناوری‌ها و موقعیت‌های نوظهور را دنبال می‌کند و بر همکاری با شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر متمرکز است. هرچند «دارپا» مقید و محدود به برآوردن نیاز نظامی نیست (دکترین رسمی نظامی) اما ترجیح می‌دهد نیازهای نظامی را برآورده کند.

«دارپا» قراردادهایی بسیار انعطاف‌پذیر و روش‌های استخدامی دارد که در دولت فدرال عموماً غیرمعمول هستند. مدیران می‌توانند قراردادها، اعتبار ویژه پژوهشی (گرانت) و مبادلات مختلف دیگر را صادر کنند. کارکنان را می‌توان به‌سرعت از صنعت استخدام کرد و دستمزد آنها الزاماً به میزان چشمگیری بالاتر از کارمندان معمولی دولت است. طرح‌های پیشنهادی محققان برای جلب سرمایه و شروع کار، بسیار دقیق هستند و در آن به سؤال‌هایی از قبیل ماهیت کار، محدودیت‌های آن، رویکرد نوآورانه، میزان پیش‌بینی بهبود عملکرد، مشتریان و یا نهادهای مصرف‌کننده، آزمایش‌های مورد نیاز، زمان لازم و راهبرد خروج و انتقال فناوری از دارپا به نهادهای دیگر و هزینه مورد نیاز انجام طرح پاسخ می‌دهند.

اداره علوم دفاعی از لحاظ فنی متنوع و بسیار تعاملی است که به‌طور طبیعی به همکاری و انجام پروژه‌های بین‌رشته‌ای منجر می‌شود که از طریق همکاری بین دانشگاه‌ها، خدمات و آزمایشگاه‌های فدرال، کسب‌وکارهای کوچک، صنایع بزرگ و غیره انجام می‌شود. انجام این کار اجازه توسعه سبدی از فناوری‌ها را در ترکیبی از تحقیق بنیادی و کاربردی با تحقیق توسعه‌ای و اثباتی می‌دهد.

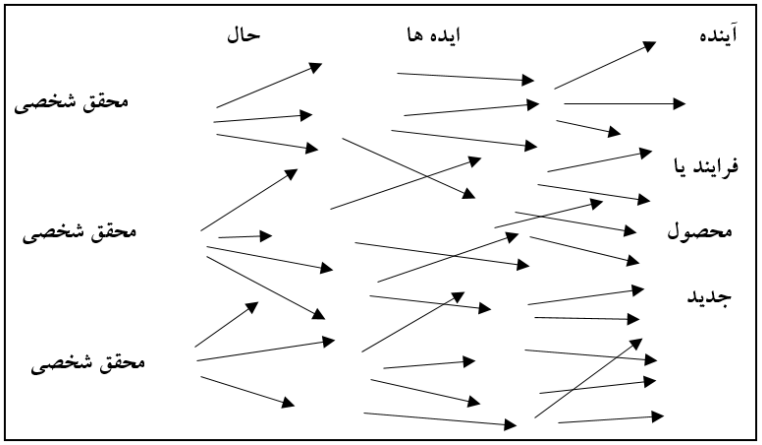
با همکاری هم‌افزایانه صنعت و جفت شدن متخصصان در تحقیق بنیادی با افرادی که مسئول تولید محصول هستند، فناوری، سریع‌تر از آزمایشگاه به بازار انتقال می‌یابد. همان‌طور که بیان شد، پروژه‌ها برای همیشه ادامه پیدا نمی‌کنند و به همین دلیل مدیران برنامه «دارپا» همیشه یک راهبرد خروج مناسب را ایجاد می‌کنند. بنابراین، کارکنان فنی «دارپا» با رهبران کسب‌وکار / صنعت و مقامات بخش اکتساب برای اطمینان از اینکه بازار کشش فناوری را دارد،

1. 21st Century Essential Guide to DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency, Doing Business with DARPA, Overview of Mission, Management, Projects, DoD Future Military Technologies and Science, DARPA, 2017.
2. Lawrence H. Dubois, DARPA's Approach to Innovation and Its Reflection in Industry, SRI International, National Academy of Sciences, 2003.

همکاری نزدیکی دارند.

روش سنتی توسعه فناوری که در آن طرح‌های پیشنهادی مفصلی نوشته شده و به گروه برجسته‌ای از همتایان برای بازبینی ارائه می‌شود، بسیار وقت‌گیر است و منجر به استفاده بسیار ناکارآمد از منابع می‌شود. در این روش، تحقیق توسط رقبایی که به‌طور انفرادی کار می‌کنند منجر به ارائه گسترده از فناوری‌ها و اکتشافات بالقوه‌ای می‌شود که تاکنون فقط بخش کوچکی از آنها در ترکیب با یکدیگر برای شکل‌دهی محصولات و/ یا فرایندهای جدید مفید به‌کار برده شده‌اند و زمان انتقال فناوری از مرحله تحقیق آزمایشگاهی به بازار به‌طورکلی کُند است (شکل ۳).

شکل ۳. رویکرد سنتی به توسعه فناوری

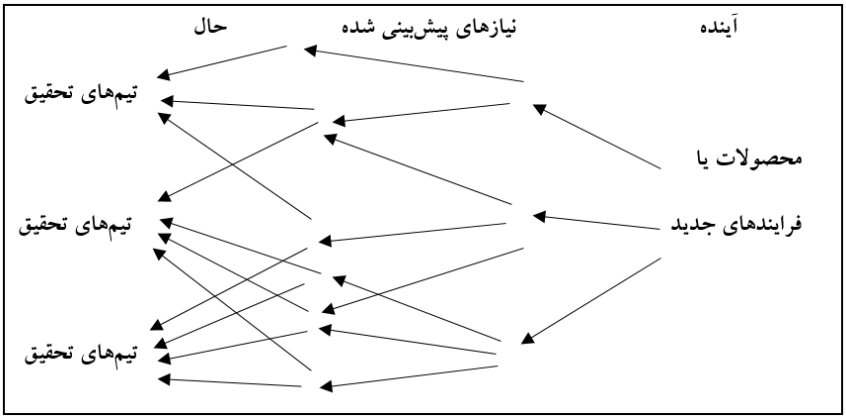


مأخذ: همان.

راه‌حل جایگزینی که بسیاری از برنامه‌های «دارپا» را حمایت می‌کند رویکردی است که «انتهای بازی» نامیده شده است (شکل ۴). نخست با آینده‌پژوهی و تعریف محصول یا فرایند مورد نظر و نیازهای فناوری پیش‌بینی شده، تیم تحقیقاتی می‌تواند تلاش‌هایش را بهتر هماهنگ کند و نرخ بازگشت سرمایه بالاتری را در زمینه توسعه فناوری محقق کند.

ازآنجاکه بازخورد مستحکمی بین اکتشاف، خواه برنامه‌ریزی شده خواه ناخواسته و استفاده نهایی وجود دارد، تحقیقات بنیادی، تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای و اثباتی در همه سطوح فرایند نقش مهمی ایفا می‌کنند. تماس مکرر بین توسعه‌دهندگان فناوری و کاربران فناوری با مدیر برنامه «دارپا»، این اطمینان را می‌دهد که اکتشافات مفید، با سرعت بیشتری از مرحله تحقیقات آزمایشگاهی به بازار حرکت کرده و تجاری‌سازی خواهند شد.

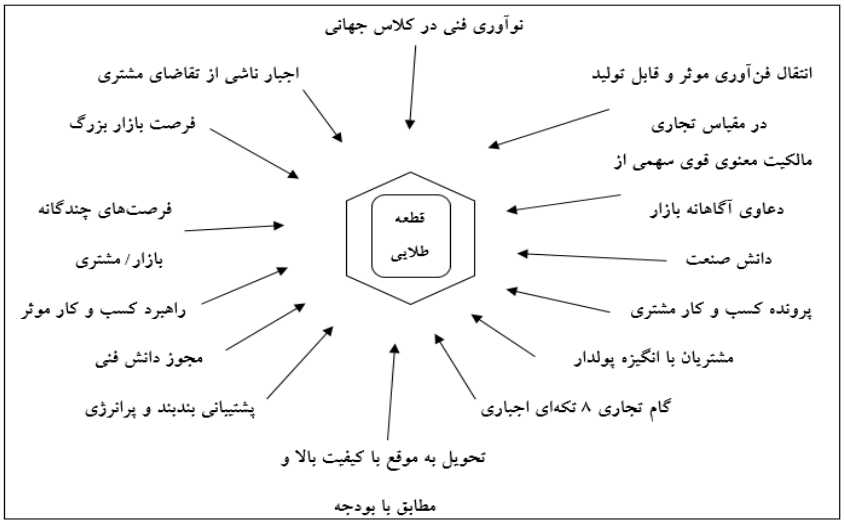
شکل ۴. رویکرد «انتهای بازی» به توسعه فناوری



مأخذ: همان.

هربار که ایده‌ای خوب ـ «قطعه طلا» واقعی ـ یافت شد، انتقال مؤثر فناوری مورد نیاز است. بسیاری از اجزای کلیدی برای انتقال فناوری موفقیت‌آمیز در شکل ۵ آمده است. بعضی از این اجزا را ممکن است یک سازمان تأمین مالی ارتقا دهد یا به پیش رانده شود، درحالی‌که اجزای دیگر را باید گروه‌هایی که بیشتر با فناوری مرتبط هستند هدایت کنند.

شکل ۵. جنبه‌های ضروری شناسایی شده برای ارتقای انتقال فناوری یک ایده بالقوه خوب («قطعه طلایی»)



مأخذ: همان.

شروع یک فناوری خطرپذیر سخت‌تر و طولانی‌تر از صدور مجوز فناوری جدید است، اما بازده آن می‌تواند خیلی بیشتر باشد. این در حالی است که جامعه سرمایه‌گذار به‌طورکلی ریسک‌گریز است و مایل به پذیرش ریسک بازار اما نه ریسک فناوری است. بنابراین، بیشتر فناوری‌های تأمین مالی شده ازسوی صندوق‌های خطرپذیر در مرحله نسبتاً بالغی

هستند. به همین دلیل تأمین مالی کورکورانه باعث اتلاف منابع و کندی تجاری‌سازی می‌شود. تمرکز بر مسائل مهم و اولویت‌دار، داشتن برنامه برای پایان کار و توانمندسازی نهادهای تأمین مالی در مسیر تجاری‌سازی بسیار مهم هستند.

مسائل مهم و اولویت‌دار از طریق درک نیازمندی‌های گسترده بازار، فرصت‌های خلق ارزش اقتصادی و میزان دسترسی به منابع و ظرفیت‌های پژوهشی قابل شناسایی هستند. سازمان‌های تأمین مالی نیز باید نیازها، اولویت‌ها و اهداف تعریف شده را هم به مؤسسان و هم به مشتریان‌شان ارائه دهند. این بدین معنی است که رویکرد ریسک ترکیبی باید با استفاده از مقادیر مناسب تحقیقات بنیادی، تحقیقات کاربردی، توسعه‌ای و اثباتی به‌کار برده شود. سازمان تأمین مالی باید از کارگروهی و استفاده مؤثر از منابع تجربی کمیاب، برای مثال، مشارکت با آزمایشگاه‌های ملی، سازمان‌های غیرانتفاعی و شرکت‌های تجاری پشتیبانی کند. دولت باید استفاده از اهدای کمک‌های مالی و تجهیزاتی شخصیت‌های حقیقی و حقوقی را تشویق کند تا بخش‌های عمومی و خصوصی به هم نزدیک‌تر شوند و امکانات آموزشی دانشجویان را ارتقا بخشند.

دارپا و پیش‌بینی فناوری‌های نوظهور

تهیه و تنظیم چشم‌اندازهای آینده و مطالعات آینده‌نگری از این جهت که روندهای ممکن و مطلوب آینده را پیش‌بینی و ترسیم می‌کند، به اتخاذ موضع و تعیین شیوه‌های برخورد با حوادث و اتفاقات کمک می‌کند و بهره‌برداری درست و مصرف بهینه از منابع و فرصت‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد.

تغییر و تحول سریعی که در حوزه فناوری‌ها رخ می‌دهد و نیازهای روزافزون بشر به انواع فناوری‌ها، موجب شده است که موضوع آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری در دستور کار بسیاری از سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی پژوهش‌محور قرار گیرد که «دارپا» نیز از این قاعده مستثنا نبوده و ازآنجاکه در مأموریت خود توجه به نیازهای آینده نظامیان را وظیفه اصلی خود قرار داده است تلاش می‌کند با آینده‌پژوهی، توانمندی‌های مورد نیاز را شناسایی و برای دستیابی به آنها تلاش و برنامه‌ریزی کند. آینده‌پژوهی «دارپا» درباره وضعیت فناوری در قالب گزارشی با عنوان جهان در سال ۲۰۴۵ براساس پیش‌بینی دانشمندان «دارپا» منتشر شده است.[1] براساس این گزارش، به احتمال زیاد ربات‌ها و فناوری هوش مصنوعی، بسیاری از صنایع را تغییر خواهند داد. پهپادها از مصارف نظامی به بازارهای تجاری نیز وارد خواهند شد و خودروهای بدون‌سرنشین رفت‌وآمدها را بسیار آسوده‌تر خواهند کرد. این ایده وجود دارد که تا سال ۲۰۴۵ انسان‌ها قادرند اشیا را با ذهنشان کنترل کنند و دارپا در حال انجام تحقیقات به‌منظور تحقق آن است. در حال حاضر نمونه‌هایی از این موفقیت‌ها به‌دست آمده است. به‌عنوان مثال مرکز تحقیقاتی «دارپا» از فناوری فوق‌العاده‌ای رونمایی کرد که با به‌کارگیری ایمپلنت‌های درون مغزی، بیمار حس لامسه خود را به‌دست آورد. به‌طورکلی، رابطه انسان با دستگاه‌های اطرافش بسیار متفاوت‌تر خواهد بود و به سمتی پیش خواهد رفت که به شکل پیشرفته‌تر و با گفتن ساده چند کلمه یا فشردن یک دکمه، بتوان به دستگاه مورد نظر دستور داد وظایف خود را انجام دهد و دیگر نیازی به صفحه کلید یا

1. https://itiran.com

سیستم‌های ابتدایی تشخیص صدا نخواهد بود.

خلاصه‌ای از تحقیقات دارپا در زمینه فناوری‌های نوظهور[1] در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. برخی طرح‌های تحقیقاتی پیشرفته دارپا مبتنی‌بر فناوری‌های نوظهور

موضوع طرح	توضیحات
سیستم تشخیص دی.ان.ای بیماری‌زا	تولید حسگرهایی که بتوانند همانند سیستم ایمنی بدن وجود عوامل بیماری‌زا را تشخیص دهند توسعه امکانات قابل حمل‌ونقل برای کشف سلاح‌های زیستی و شیمیایی با استفاده از نور ماورای بنفش و دیگر شیوه‌های پیشرفته.
ربات‌هایی ازجمله ربات شکارچی (یوزپلنگ) و سگ بزرگ	یوزپلنگ برای مصارف نظامی با ویژگی‌هایی از قبیل سرعت بالای آن، توانایی عبور از موانع دشوار و شناسایی هوشمند دشمن براساس اطلاعات داده شده به آن. سگ بزرگ برای انتقال تجهیزات نظامی برای سربازان در شرایط سخت. ربات انسان‌نمای پیتمن با قابلیت دویدن روی دوپا و استفاده در شرایط خاص حملات زیستی و شیمیایی.
حشرات سایبری جاسوس	استفاده از فناوری نانو برای جاسازی ریزپردازنده و دوربین‌هایی همراه با جی.پی.اس روی بدن حشرات و ارسال مستقیم عکس و فیلم به مرکز کنترل از طریق آنها. انرژی به‌کار رفته در این حشرات برای عکس و فیلمبرداری با استفاده از تبدیل انرژی مکانیکی بال حشره به انرژی الکتریکی تأمین می‌شود.
اکس-کالیبور	توسعه سلاح لیزری است که ۱۰ بار خفیف‌تر از لیزرهای جنگی کنونی است برای کنترل شورش‌های شهری.
ربات پرنده	ربات پرنده یکی از محصولات جاسوسی «دارپا» است که می‌تواند با کنترل از راه دور و با سرعت قابل توجهی در مکان‌های مختلف پرواز کرده و به صورت زنده تصویربرداری کند
میکروفناوری برای هدایت و جستجوی بدون جی پی اس و زمان‌سنجی	این فناوری با استفاده از مسیر حرکت و مکان و زمان آخرین اطلاعات دریافتی از ماهواره، برای تأمین نیازهای هدایتی و مکان‌یابی استفاده می‌کند و وابسته به جی پی اس نیست. این فناوری می‌تواند کاربردهای عمومی بسیاری مانند استفاده از سیستم نقشه گوگل در مترو وراه‌های زیرزمینی داشته باشد.
اولترابیم نخستین اشعه لیزر گاما و تغییرات مهم در علم پزشکی	قابلیت شناسایی و کنترل کامیون‌ها و پرسنل ورودی به یک مکان نظامی به‌راحتی و با اطمینان بالا اشعه درمانی و ابزارهای تشخیصی و تصویربرداری پزشکی.
سیستم تصویربرداری گرمایی بسیار ارزان	قابل استفاده در گجت‌هایی چون تلفن‌های همراه، عینک‌ها، هواپیماها، تفنگ‌های دید ویژه و کلاه‌های ایمنی.
ساخت ماشین ژن برای ژن‌درمانی در ابعاد وسیع	توسعه درمان فردی یا گروهی بیماری‌ها و مشکلات مرتبط با ژن.
ادغام کامل فناوری با سیستم عصبی بدن	ایمپلنت‌هایی برای بهبود و افزایش توانایی است که به‌صورت مستقیم با سیستم عصبی مرکزی در تماس هستند و تا ده‌ها سال می‌توان با اطمینان آنها را درون خود داشت.
ربات‌های نانو (نانوبوت) درون بدن انسان برای کنترل سلامت فردی	پروژه نانوپلتفرم‌های داخل موجود زنده تلاش می‌کند که رده‌ای از نانو ذرات را توسعه دهد که بیماری‌ها را کشف و درمان کنند. فناوری مورد استفاده در این نانوذرات شیوه‌ای برای شناخت و حساسیت به نوع خاصی از ملکول‌های درون بدن موجودات زنده است.

1. http://www.iliyaco.ir/fa

موضوع طرح	توضیحات
احیای بافت بدن	تولید بافت عضلانی برای مواقع اضطراری با استفاده از مهندسی الکترونیک و خاصیت مغناطیسی این طرح با استفاده از خاصیت مغناطیسی به دنبال ماده‌ای طبیعی برای احیای بافت عضلانی بدن است تا بدون حمله سلول‌های بدن به این ماده خارجی، بافت بدن به‌سرعت ترمیم شود.
پاکسازی آلودگی‌ها و عفونت‌های خونی	توسعه یک دستگاه قابل حمل که مانند دستگاه همودیالیز برای حذف سموم از بدن بیمار و خون‌آلوده را از بدن خارج و آلودگی‌های آن را حذف می‌کند، سپس خون پاکیزه را به بدن برمی‌گرداند.
چشم مصنوعی	طراحی سیستمی که تمام حرکات و رفتارهای موجود زنده را شناسایی کرده و تحلیل کند.
جلوگیری از خون‌ریزی و ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده بدن	استفاده از مواد شیمیایی برای جلوگیری از خون‌ریزی و ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده بدن.
رابط بین مغز و کنترل آن	فکر کردن به انجام یک کار و انجام شدن آن، امکان تله‌پاتی.
برنامه فناوری‌های گیاهی پیشرفته[1]	امکان تغییر کدهای ژنتیکی گیاهان برای تبدیل آنها به ابزارهای نظارت با قابلیت استتار و عدم شناسایی آسان برای مثال با تقویت محرک‌های طبیعی و مکانیزم‌های واکنشی گیاهان، وجود مواد شیمیایی، پاتوژن‌ها، تشعشع و حتی سیگنال‌های الکترومغناطیسی خاص شناسایی می‌شوند.
پروژه DCOMP جایگزین بعدی اینترنت[2]	برنامه‌ای با هدف بازنگری کامل در مورد نحوه تشکیل شبکه‌ها و انجام محاسبه‌ها با بهره‌گیری از منابع محاسباتی که جهان پیرامون ما را فراگرفته‌اند؛ منابعی به شکل ابزارهایی چون گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها، وسایل نقلیه متصل، اینترنت اشیا و سایر پدیده‌های دنیای ارتباطات.
پروژه «برنامه جن و پری»[3]	تولید پهبادهای چند بار مصرف با تمرکز بر انواع مختلف هوش مصنوعی و حوزه‌های رباتیک است با قابلیت جمع‌آوری و ارسال مجدد.

تجربه پیاده‌سازی مدل دارپا در سایر نهادهای تحقیقاتی آمریکا

در دهه‌های اخیر در آمریکا تلاش‌های زیادی برای اعمال مدل «دارپا» در سازمان‌های دیگر در بخش خصوصی و دولتی صورت گرفته است. هرچند بسیاری از آنها نتایج متفاوتی کسب کرده یا شکست خورده‌اند. یکی از تجربیات موفق، را خانم «رجینا دوگان» کسب کرد. وی بین سال‌های ۲۰۰۹ تا اواسط سال ۲۰۱۲ نخستین زنی بود که سکان مدیریت «دارپا» را در دست گرفت و پس از آن به همراه همکار خود آقای «کیگهام گابریل» تجربیات به‌دست آمده از نحوه اداره «دارپا» را به «موتورولا موبیلیتی» منتقل و در آنجا پیاده‌سازی و نتایج به‌دست آمده را در قالب مقاله‌ای در سال ۲۰۱۳ منتشر کردند.[4] آنها جایگزینی رویکردهای تحقیقاتی دارپا با مدل‌های تحقیق و توسعه سنتی در سازمان‌های تحقیقاتی را در چند جنبه مورد بررسی قرار دادند که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

۱. نیلد، دیوید، ترجمه: نقی‌لو، منصور، «ارتش آمریکا درصدد تبدیل گیاهان به شبکه‌ای از جاسوسان محیطی است»، مجله علمی ایلیاد، ۱۳۹۶.
۲. قهرمانی، بابک، «پروژه DCOMP چیست و دارپا چه اندیشه‌ای برای جایگزین بعدی اینترنت دارد؟»، مجله اینترنتی زومیت، ۱۳۹۶.
۳. احمدی‌نیا، محمدرضا، «پنتاگون پروژه «جن و پری» را راه‌اندازی کرد»، خبرگزاری دانشگاه آزاد اسلامی (آنا)، گروه علم، فناوری و دانش‌بنیان، ۱۳۹۵.
4. E. Dugan, Regina, and J.Gabriel, Kaigham, "Special Forces" Innovation: How DARPA Attacks Problems, 2013.

الف) داشتن اهداف فراگیر

این اهداف فراگیر برای حل مشکلات دنیای واقعی و خلق فرصت‌های جدید هستند و سرریز آنها در حوزه‌های مختلف دفاعی و غیردفاعی زیاد است. سطح نبوغ و الهام‌بخشی در آنها به‌دلیل چالش بزرگی که دارند و باید با فشار و تسریع بخشی به علم انجام شود بسیار بالاست.

ب) داشتن تیم‌های موقت پروژه

«دارپا» متخصصان جهانی را از صنایع و دانشگاه‌ها گردهم می‌آورد تا روی پروژه‌های نسبتاً کوتاه‌مدتی کار کنند. اعضای تیم و مدیران از مهارت‌های رهبری قابل ملاحظه‌ای در هدایت پروژه برخوردارند و پروژه‌ها برنامه‌های پژوهشی با پایان باز نیستند.

ج) داشتن استقلال

طرح‌ها براساس شیوه‌های خلاقانه در خود سازمان اجرا می‌شوند و وابستگی به اخذ مجوز یا طی مراحل اداری از سایر نهادهای خارج از سازمان ندارند. چنین استقلالی به سازمان اجازه می‌دهد که سریع حرکت کند و با ریسک‌های برجسته، در جذب افراد باهوش و کارآمد مؤثر باشد.

د) حرکت به‌سمت اکتشاف و ارزش دادن به تحقیقات بنیادی

یکی از دلایل موفقیت مدل دارپا در تحقیقات، توجه به تحقیقات بنیادی است. آگاهانه یا ناخودآگاه، بسیاری از شرکت‌ها همچنان مدل خطی نوآوری‌های فناورانه را دنبال می‌کنند. تحقیقات بنیادی اکتشافی است؛ تحقیقات کاربردی، اکتشافات جدید را به پایانی عملی پیوند می‌دهند و تجاری‌سازی بر توسعه محصول متمرکز است که دربرگیرنده فناوری است و آن را در مقیاس، تولید می‌کند. بسیاری از مدیران اجرایی، تحقیقات بنیادی را به‌عنوان انجام کار با ریسک بالا می‌دانند که مستلزم توجه گسترده است، زیرا پیش‌بینی آنچه که با انجام پژوهش تولید می‌شود سخت بوده و محاسبه ارزش هرگونه اکتشافاتی می‌تواند دشوار باشد. اما معمولاً بخش کوچکی از بودجه تحقیق و توسعه در علوم بنیادی صرف می‌شود. بیشتر بودجه‌های تحقیقاتی شرکت‌ها به نوآوری‌هایی اختصاص می‌یابند که برای حفظ رقابت آنها در صنایع موجودشان ضروری است و باید اطمینان حاصل شود که از سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه، نتایج قابل اعتمادی به‌دست می‌آید. اما انتظارات غیرواقعی از شرکت‌های مجری و نهادهای تحقیق و توسعه وجود دارد. آنها باید هم‌زمان با بهبود فناوری‌های موجود، نوآوری‌های بیشتری تحویل دهند و درعین‌حال تحول و غافلگیری علمی و فناورانه جدید و نوظهور ایجاد کنند بدون آنکه زیرساخت و بودجه کافی برای تحقیق و توسعه بنیادی در نظر گرفته باشند.

هـ) شناسایی صحیح پروژه‌ها

در مدل تحقیقات دارپا دو روش برای شناسایی پروژه‌ها دنبال می‌شود. یک روش این است که حوزه علمی، نوظهور بوده

یا به نقطه‌عطف در حل یک مشکل علمی مهم رسیده باشد. به‌عنوان مثال در اوایل دهه ۱۹۹۰، پژوهشی در مورد استفاده از حسگرها و محرک‌ها برای ایجاد سیستم‌های میکروالکترومکانیکی و ساخت آن با روش‌های نیمه‌هادی استاندارد انجام می‌شد که محتمل بود حوزه‌ای نوظهور باشد. سهم اصلی تأمین مالی این تحقیق که در دانشگاه‌ها در حال اجرا بود عمدتاً برعهده بنیاد ملی علوم بود. دارپا با به‌کارگیری خروجی‌های این پژوهش بر ارائه قابلیت‌های جدید در سه برنامه کاربردی مورد علاقه ارتش متمرکز شد: ناوبری اینرسی[1] (برای کاربردهایی مانند ردیابی سربازان داخل ساختمان و تسلیحات مجهز)، سوئیچ‌های نوری و آشکارسازها (برای سیستم‌های ارتباطات هوایی و زمین به هوا) و آزمایشگرهای بسیار کوچک در یک تراشه که می‌تواند به‌سرعت به انجام وظایف در زمینه‌هایی مانند تشخیص وجود سلاح‌های بیولوژیکی و شناسایی باقی‌مانده‌ها بپردازد. این پروژه دریچه‌های جدیدی را در زمینه‌های مختلف علمی، ازجمله فیزیک پلاسما، دینامیک سیالات و مواد گشود. در روش دوم شناسایی پروژه‌ها، نیازی وجود دارد که فناوری‌های موجود نمی‌توانند به آن پاسخ دهند و سازمان تحقیقاتی از پایه و اساس به آن می‌پردازند. این نوع طرح‌ها عمدتاً نیازمند تحقیقات بنیادی و جمع‌آوری اطلاعات از علوم و صنایع مختلف برای خلق یک فناوری جدید یا یک محصول کاملاً جدید هستند.

سبد پروژه باید متوازن بوده و شامل هر دو نوع پروژه شود یعنی پروژه‌های ابتکاری که پیشرفت‌های علمی روی ایجاد امکانات جدید متمرکز می‌شوند و پروژه‌هایی که با توسعه علمی جدید بر حل مسائل بلندمدت متمرکز می‌شوند. هر دو نوع پروژه‌ها را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل کمّی شناسایی کرد و وظیفه شناسایی و توزیع متوازن برعهده رهبر تیم است.

و) تعریف دقیق پروژه و پیگیری پیشرفت

برای کمک به روشن شدن اهداف پروژه و چالش‌های فنی که باید برطرف شود، تجزیه و تحلیل کمّی در برنامه‌های اجرایی نیز باید مورد استفاده قرار گیرد. همان‌طور که برنامه پیش می‌رود هم قابلیت‌ها و هم راه‌حل‌های فنی ممکن است به تنظیم شدن نیاز داشته باشند و با کشف یک برنامه متفاوت و بهتر، از هدف اصلی پیشی گرفت. برخی از چالش‌های فنی ممکن است ساده‌تر یا دشوارتر از انتظارات باشند درنتیجه، ممکن است به حل کامل مشکلات جدید نیاز باشد. ازآنجایی‌که رهبر پروژه دارای بهترین بینش فنی و آگاهی پروژه است، او باید مجاز به انتخاب در مورد چگونگی تخصیص مجدد منابع، ارزیابی پیشرفت و بازنگری اهداف در مسیر باشد. برنامه‌ریزی باید سبک و چابک باشد. پیشرفت را می‌توان با پیگرد تکرارها برای فهمیدن همگرا بودن آنها با اهداف، آشکار شدن بن‌بست‌ها، کشف برنامه‌های جدید یا شناسایی نیاز به پیشرفت‌های علمی غیرمترقبه ارزیابی کرد. پیروی از مسیرهای تکراری در همه طرح‌ها و راه‌حل‌های بدون ریسک ممکن است اغلب نتایج مثبت و مؤثر و یکسانی دربر نداشته باشد. ازاین‌رو رهبر پروژه باید به اعضای تیم اجازه دهد کار را تا زمانی جلو ببرند که قادر باشند بفهمند درنهایت آن رویکرد انتخابی می‌تواند درون محدودیت‌های پروژه کار کند، حتی اگر آنها از مسیر اصلی منحرف شوند و اگر پاسخگو نبود قدرت برنامه‌ریزی مجدد،

---

۱. دستگاه ناوبری است که از یک کامپیوتر، سنسورهای حرکتی (accelerometers) و سنسورهای چرخشی (gyroscopes) استفاده می‌کند تا به‌طور مداوم موقعیت، جهت و سرعت حرکت یک شیء متحرک را محاسبه کند.

تغییر رویه و ورود و خروج استعدادها مطابق با تغییر نیازهای پروژه وجود داشته باشد.

ز) اتخاذ محدودیت‌های زمانی برای انجام پروژه

طرح‌های تحقیقاتی با یک بازه زمانی مشخص بین دو تا پنج سال تعریف می‌شوند و به همین دلیل تصدی پست‌ها در اجرای پروژه‌ها موقت است. ازاین‌رو به لحاظ مقیاس‌پذیری، تنوع و چابکی اجرای قرارداد، نسبت به سازمان‌های تحقیقاتی درگیر شیوه‌های سنتی کارآمدتر هستند.

ح) داشتن تیم‌های پیمانکار و همکار

«دارپا» هیچ آزمایشگاهی متعلق به خودش ندارد و برنامه‌های آن را بازیگرانی تأمین مالی می‌کنند که در سازمان‌های مربوطه‌شان کار می‌کنند. به‌عنوان مثال، تیم برنامه سیستم‌های میکروالکترومکانیکی «دارپا»، شامل متخصصان علوم مواد پایه، ابزار شبیه‌سازی و طراحی تولید نیمه‌هادی‌ها بود. آنها در دانشگاه «میشیگان»، «استنفورد» و سایر دانشگاه‌ها و نیز از شرکت‌هایی مانند هانیول[1]، آلکاتل[2] و آنالوگ دیوایسز[3] و برخی آزمایشگاه‌های دولتی استخدام شده بودند. مجریان متمایز با توانمندی‌های مختلف با یکدیگر تعامل کرده و سعی در حل مشکلاتی دارند که در مسیر اجرای پروژه وجود دارد. مثلاً اعضای تیم صنعت که روی کاربردها متمرکز شده‌اند ممکن است به دانشمندان بگویند: «من در این مورد زمینه کافی ندارم» یا «من نمی‌توانم فوتون‌های کافی تولید کنم» و دانشمندان در پاسخ می‌گویند: «من می‌توانم آن مشکل را برای شما حل کنم» یا «من نمی‌توانم آن مشکل را حل کنم، اما می‌توانم این یکی را حل کنم. آیا این کمک می‌کند؟». این پویایی، چرخه خلاقانه، سریع و تکرارشونده فوق‌العاده‌ای را ایجاد می‌کند و پیشرفت‌هایی را در چارچوب‌های زمانی‌ای تولید می‌کنند که به‌طور امکان‌ناپذیری کوتاه به‌نظر می‌رسند.

ط) توانمندی‌های خاص در رهبری پروژه

موفقیت پروژه‌هایی با ریسک بالا در یک بازه زمانی محدود که باید به یک نوآوری و فناوری نوظهور منجر شود به توانمندی راهبری مدیر پروژه وابسته است. رهبر پروژه با استفاده از مهارت‌های مدیریتی و ارتباطی تمام تلاش خود را برای هماهنگ‌سازی انجام می‌دهد او تعیین می‌کند چه قطعاتی از کار برای تولید یک نتیجه خاص مورد نیازند، دریافت قراردادهای پیشنهادی را با هدف ایجاد رقابت به جریان می‌اندازد و با سازمان‌ها برای انجام کار قرارداد می‌بندد (این سازمان‌ها هر تعداد پیمانکار فرعی که لازم باشد را گردآوری می‌کند).

کار در «دارپا» ممکن است مستلزم توضیح یک پروژه در سه دقیقه به یک ژنرال چهار ستاره باشد که ممکن است پیش‌زمینه فنی داشته یا نداشته باشد، همچنین می‌تواند ارائه یک سخنرانی فنی در یک کنفرانس پژوهشی یا حل و فصل مالکیت معنوی مرتبط با یک دانشگاه باشد. بسیاری از رهبران پروژه‌ها جوان و در محدود ۳۰ و ۴۰ سالگی قرار

1. Honeywell
2. Alcatel
3. Analog Devices

دارند و البته تجربیات موفقی داشته‌اند. مدیران اداری و مجریان از طریق شبکه‌های مرتبط با سازمان و مدیران کنونی و سابق برنامه‌های آژانس، شناسایی می‌شوند و ویژگی سازمان به‌عنوان نهادی باسابقه و دارای اهمیت راهبردی در شکل‌دهی به فعالیت‌های کشور، در نخبگان و متخصصان زیادی انگیزه همکاری و مشارکت ایجاد می‌کند. ازآنجاکه قرار نیست پست‌های مدیریتی و راهبری دائمی باشد، رهبران پروژه کمتر نگران به دردسر افتادن و به خطر افتادن جایگاه شغلی‌شان هستند؛ در عوض آنها روی تغییر جهان تمرکز می‌کنند و بسیاری از آنها این کار را انجام می‌دهند.

تحلیل و بررسی ویژگی‌های «دارپا» به‌عنوان الگویی از یک سازمان تحقیقاتی کارآمد

با توجه به مطالب پیش‌گفته، ویژگی‌های خاصی که دارپا را به‌عنوان یک الگوی کارآمد از سازمان‌های تحقیقاتی با خروجی‌های مؤثر، ملموس و نوآور معرفی می‌کند در جدول ۲ جمع‌آوری شده است.

این شاخص‌ها در محورهایی از قبیل ساختار سازمانی، مدیریت سازمانی، همکاری‌های برون‌سازمانی، نحوه مدیریت پروژه، نیروی انسانی و بسترهای فرهنگی، انگیزه‌ها و مشوق‌ها قابل دسته‌بندی بوده و هرکدام از آنها مصادیقی دارند.

جدول ۲. شاخص‌های کارآمدی دارپا به‌عنوان الگویی برای اداره نهادهای پژوهش و فناوری نوآور

محور	شاخص‌های کارآمدی
ساختار سازمانی	کوچک و انعطاف‌پذیر
	افقی و غیرسلسله‌مراتبی
مدیریت سازمانی	راهبران و مشاورانی دارای جایگاه قدرتمند، دارای توانمندی، تجربه، قدرت ریسک، خلاقیت و انعطاف‌پذیری
	دارای استقلال و آزادی از موانع اداری
	آزادی عمل در استخدام و عقد قراردادها و پروژه‌ها
	آزادی عمل در نحوه و میزان پرداخت دستمزد
	استخدام مستمر در مسیر انجام برنامه‌ها همراه با پیاده‌سازی تغییرات مورد نیاز برای بهبود عملکرد مجموعه
همکاری‌های برون‌سازمانی	توان شبکه‌سازی و تیم‌سازی
	برون‌سپاری فعالیت‌های پرسنلی و پشتیبانی
مدیریت پروژه	آینده‌پژوهی و شناخت ظرفیت‌ها و نیازها در تعریف صحیح پروژه‌ها
	توجه به مطالعات بنیادین در کنار مطالعات کاربردی
	استقبال از رویکردهای نوآورانه در تعریف و اجرای طرح‌ها
	پست‌ها و تصدی‌های غیردائمی در مدیریت و پیشبرد طرح‌ها
	تعیین بازه زمانی محدود و مشخص برای انجام طرح
	داشتن برنامه شفاف تا پایان کار
	داشتن وظایف و فعالیت‌های متمرکز بر پروژه
	رصد میزان پیشرفت و انعطاف‌پذیری در تغییر مسیر یا افراد برای دستیابی به نتیجه
	انتقال دانش و فناوری، هدایت خدمات و محصولات به بازار هدف

محور	شاخص‌های کارآمدی
نیروی انسانی	استفاده از ظرفیت نیروهای جوان و درعین‌حال باکیفیت و کارآمد در مدیریت پروژه
	مدیران توانمند، پیگیر و دارای ابتکار و جسارت عمل در پیشبرد طرح‌ها
	جستجو و استقبال از همکاری با افراد برجسته و نخبه
	انتقال تجربه و دانش از طریق تعامل متخصصان با توانمندی‌های مختلف
فرهنگ، انگیزه‌ها و مشوق‌ها	حس وطن‌دوستی و کمک به پیشرفت کشور
	تمایل به ایجاد تحول مثبت و ماندگار
	افتخار همکاری و خدمت در یک مجموعه تأثیرگذار در پیشرفت کشور
	سعه‌صدر و پذیرش شکست‌های احتمالی
	پذیرش و انعطاف در برابر تغییرات مثبت
	نحوه حمایت‌های مادی و معنوی از نیروی انسانی

شاخص‌های ذکر شده در جدول ۲ که براساس تجربه دارپا احصا شده است مجموعه مذکور را در پژوهش و نوآوری به یکی از نهادهای سرآمد و کارآمد تبدیل کرده است. دارپا ساختاری افقی در مدیریت داشته و کوچک و انعطاف‌پذیر است. داشتن نیروی انسانی حدوداً ۲۰۰ نفره، پرهیز از ساختار سلسله‌مراتبی، آزادی عمل در استخدام و پرداخت دستمزد، تیم‌سازی، شبکه‌سازی و برون‌سپاری فعالیت‌های پرسنلی و پشتیبانی باعث گردش آزاد و سریع اطلاعات و تضمین سرعت تصمیم‌گیری‌های مورد نیاز می‌شود.

«دارپا» آزمایشگاه یا امکانات تحقیقاتی ندارد و تلاش می‌کند عمده تحقیقات خود را در بخش صنعت و دانشگاه و نه فقط آزمایشگاه‌های دولتی انجام دهد. متخصصان «دارپا» برای دوره‌های چهار تا شش‌ساله استخدام می‌شوند. از گردش شغلی برای همه کارکنان کلیدی مانند مدیران دفاتر و مدیران برنامه‌ها استفاده می‌شود تا دیدگاه‌ها و افکار تازه در مجموعه جریان پیدا کند.

این سازمان، توانمندی‌های مبتنی‌بر نوآوری را پیش‌بینی کرده و پس از آن بر پیشرفت‌های اساسی فعالیت می‌کند که برای دستیابی به این توانمندی‌ها مورد نیاز است. هرچند هریک از پروژه‌ها بین سه تا نهایتاً پنج سال زمان می‌برند اما غلبه بر چالش‌های اساسی بیش از این مقدار زمان نیاز دارند. لذا به‌منظور حفظ تیم‌ها، «دارپا» در مجموعه‌ای از پروژه‌های پشت‌سرهم و پیوسته سرمایه‌گذاری می‌کند.

حضور رؤسا و راهبرانی قوی در مجموعه که مهم‌ترین وظیفه ایشان به‌کارگیری افراد خلاق و با ایده‌های بزرگ و توانمندسازی آنان بوده و از قدرت ریسک و جسارت در پیاده‌سازی تغییرات مورد نیاز برای بهبود عملکرد مجموعه برخوردار بوده‌اند در عملکرد موفق دارپا قابل توجه است. علاوه‌براین، مدیران توانمند، بعضاً جوان و خلاق در پیشبرد طرح‌ها مسیر انتقال دانش و فناوری و هدایت خدمات و محصولات به بازار هدف را تسهیل کرده‌اند.

«دارپا» به دنبال فرصت برای پیشرفت بزرگ است و درصورتی‌که موفقیت احتمالی بسیار قابل توجه باشد در برابر شکست بسیار بردبار خواهد بود. این نهاد از جایگاه برتر خود در تأثیرگذاری بر پیشرفت کشور، حس وطن‌دوستی افراد و تمایل به ایجاد تحول عمیق و ماندگار و نیز انگیزه‌های مادی و معنوی برای جذب افراد متخصص، باتجربه و کارآمد استفاده کرده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

از حدود ۶۲ سال پیش آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی یا «دارپا» نقش مهمی در ایجاد یک نقطه‌عطف نوآورانه در فناوری‌هایی با قابلیت نظامی ایفا کرده است. دارپا زیر نظر وزارت دفاع و شخص وزیر در این کشور فعالیت می‌کند و در اصل به‌منظور توسعه و ساخت صنایع با فناوری بالا در حوزه صنایع نظامی راه‌اندازی شده است، اما سرریز آن توسعه فناوری‌هایی همچون شبکه‌های رایانه‌ای و سیستم‌های برخط رایانه‌ای است که تأثیرات مهمی را بر زندگی امروزی نهاده‌اند. این آژانس تلاش کرده است با آینده‌پژوهی، توانمندی‌های مورد نیاز را شناسایی و برای دستیابی به آنها تلاش و برنامه‌ریزی کند و فعالیت‌های خود را صرفاً منحصر به تجهیزات نظامی نکرده و حتی به‌طور گسترده در علوم پزشکی و شناختی نیز سرمایه‌گذاری کرده است.

«در دهه‌های اخیر در آمریکا و سایر کشورها تلاش‌های زیادی برای اعمال مدل «دارپا» در سازمان‌های دیگر در بخش خصوصی و دولتی صورت گرفته است؛ هرچند بسیاری از آنها نتایج متفاوتی کسب کرده یا شکست خورده‌اند».[1] این گزارش با بررسی نحوه عملکرد و ساختار دارپا، در کنار مطالعه تجربیات مدیران سابق این آژانس، برخی محورها و شاخصه‌های کارآمدی دارپا را احصا کرده است. این شاخص‌ها در قالب محورهایی از قبیل ساختار سازمانی، مدیریت سازمانی، همکاری‌های برون‌سازمانی، نحوه مدیریت پروژه، نیروی انسانی و بسترهای فرهنگی، انگیزه‌ها و مشوق‌ها قابل دسته‌بندی و تبیین هستند. نهادهای پژوهشی و فناوری در سطوح مختلف از مدیریت کلان گرفته تا مدیران میانی و تیم اجرای پروژه‌ها می‌توانند با استفاده از مجموعه این شاخص‌ها ارزیابی توصیفی یا کمّی از عملکرد خود داشته باشند و به سؤال‌هایی ازاین‌قبیل پاسخ دهند:

- ساختار مجموعه تا چه حد کوچک، غیرسلسله‌مراتبی و انعطاف‌پذیر متناسب با تغییرات روز است؟
- مدیران سازمان تا چه حد دارای آزادی، اختیار عمل در استخدام‌ها، پرداخت‌ها و عقد پروژه‌ها هستند؟
- در سطح مدیریت کلان چه مقدار قدرت، توانمندی و تجربه برای پیشبرد اهداف سازمان و نیز پیاده‌سازی تغییرات ساختاری، اداری و مدیریتی مورد نیاز وجود دارد؟
- توانایی تیم‌سازی و شبکه‌سازی هریک از ارکان و واحدهای ساختاری در پیشبرد طرح‌ها و میزان برون‌سپاری فعالیت‌های پرسنلی و پشتیبانی تا چه حد بوده است؟
- مدیریت پروژه در سازمان مربوطه چگونه انجام می‌شود؟

✓ چه تعداد مطالعات آینده‌پژوهی در شناسایی موضوع‌های اولویت‌دار و ضروری انجام شده و چه تعداد پروژه مبتنی‌بر آن تعریف شده است؟

✓ هر مطالعه کاربردی از چه میزان مطالعات بنیادی و پشتیبان متناسب با موضوع بهره‌مند شده است؟

✓ آیا تعریف و روش پیشنهادی اجرای طرح‌ها از خلاقیت، انعطاف و تا حد ممکن دوری از روال‌های کندکننده یا

1. E. Dugan, Regina, and J.Gabriel, Kaigham, "Special Forces" Innovation: How DARPA Attacks Problems, 2013.

متوقف‌کننده اداری برخوردار است؟

✓ آیا طرح‌های پیشنهادی یا در حال اجرا از یک برنامه شفاف تا پایان کار با یک بازه زمانی مشخص و منطقی برخوردارند و انتقال دانش و فناوری و هدایت خدمات و محصولات به بازار هدف با برنامه‌های مذکور اتفاق خواهد افتاد؟

✓ آیا رصد پیشرفت کار به‌خوبی انجام می‌شود و انعطاف‌پذیری لازم در تغییر مسیر یا افراد جهت حصول به نتیجه وجود دارد؟

✓ آیا مدیریت انجام طرح‌ها و پیشبرد امور مختص آن صرفاً و همیشه به یک نفر واگذار می‌شود یا خیر و تا چه حد جایگاه‌های مدیریتی و تصدیگری از انعطاف در تغییر و شایسته‌سالاری برخوردارند؟

▪ نیروی انسانی سازمان و مدیران طرح‌ها در چه محدوده سنی قرار دارند و تا چه حد دارای توانمندی‌های مدیریتی از قبیل قدرت تعامل، هم‌افزایی، شبکه‌سازی و تیم‌سازی، ابتکار، جسارت عمل و هدایت تیم برخوردارند؛ درعین‌حال که به لحاظ علمی و تخصصی نیز تجربه و کیفیت لازم را دارا هستند؟

▪ سازمان و واحدهای زیرمجموعه آن تا چه حد افراد برجسته، نخبه و دارای تجربه را جذب کرده و تشویق به همکاری کرده‌اند؟

▪ آیا مجموعه توانسته است انگیزه‌های لازم را به لحاظ مادی و معنوی (از قبیل دستمزدهای درخور یا بهره‌مندی از حس وطن‌دوستی افراد و افتخار همکاری و خدمت در یک مجموعه تأثیرگذار در پیشرفت شخصی و ملی) برای جذب نیروی انسانی کارآمد ایجاد کند؟

▪ سازمان چه راهکارهایی برای انتقال و انتشار دانش و تجربه خود به بیرون از مجموعه داشته و چقدر با متخصصان با توانمندی‌های مختلف و کنشگران کلیدی و تأثیرگذار تعامل داشته است؟

▪ و درنهایت و شاید مهم‌تر از همه اینکه آیا فرهنگ ایجاد تحولات مثبت و عمیق، سعه‌صدر و پذیرش شکست‌های احتمالی در پیشبرد اهداف مجموعه و تلاش مجدد با برطرف کردن نقاط ضعف در همه سطوح وجود دارد؟

نهادهای پژوهشی ممکن است بتوانند هریک از این سؤال‌ها را با مؤلفه‌هایی متناسب با کارکرد خود تشریح و حتی وزن‌دهی و امتیازدهی کنند. اما شاید طراحی و جمع‌آوری پاسخ به این مجموعه سؤال‌ها بیش از آنکه کارکرد رسمی و سازمانی داشته باشند، سؤال‌هایی هستند که هر شخصی در موقعیت‌های مختلف سازمانی در یک مجموعه (چه دولتی و چه خصوصی) باید از خود پرسیده و ارزیابی شخصی از عملکرد خویش و مجموعه داشته باشد. تأثیر واقعی زمانی رخ می‌دهد که نه‌تنها یک نیاز و اجبار برای ایجاد تحول و نوآوری در عملکرد در همه ارکان سازمان احساس شده باشد، بلکه قدرت، ظرفیت و انعطاف‌پذیری برای ایجاد تغییرات بزرگ نیز وجود داشته باشد.

منابع و مآخذ

1. Lawrence H. Dubois, DARPA's Approach to Innovation and Its Reflection in Industry, SRI International, National Academy of Sciences, 2003.
2. Defense Advanced Research Projects Agency, United States Government, Encyclopedia Britannica. Retrieved 2021-10-05.
3. publications.parliament.uk/pa/cm200809/cmselect/cmberr/746/746we27.htm
4. https://www.linkedin.com/company/darpa

۵. سوزنچی کاشانی، ابراهیم و همکاران، بررسی نهادهای متولی پژوهش در کشورهای منتخب، پژوهشکده سیاستگذاری علم، فناوری و صنعت دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۲.

6. Defense Advanced Research Projects Agency, Overview and Issues for Congress, Congressional Research Service, 2018.
7. www.darpa.mil/about-us/offices
8. 21st Century Essential Guide to DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency, Doing Business with DARPA, Overview of Mission, Management, Projects, DoD Future Military Technologies and Science, DARPA, 2017.

۹. اصنافی، سیدمحمدرضا، میرزایی احمدرضا، آژانس «دارپا»، چرخه‌ای برای آینده‌سازی، ماهنامه «نامه آینده‌پژوهی راهبردی»، ۱۳۹۵.

10. E. Dugan, Regina and J. Gabriel, Kaigham, “Special Forces” Innovation: How DARPA Attacks Problems, 2013.
11. https://itiran.com
12. http://www.iliyaco.ir/fa

۱۳. نیلد، دیوید، «ارتش آمریکا درصدد تبدیل گیاهان به شبکه‌ای از جاسوسان محیطی است»، ترجمه منصور نقی‌لو، مجله علمی ایلیاد، ۱۳۹۶.

۱۴. قهرمانی، بابک، «پروژه DCOMP چیست و دارپا چه اندیشه‌ای برای جایگزین بعدی اینترنت دارد؟»، مجله اینترنتی زومیت، ۱۳۹۶.

۱۵. احمدی‌نیا، محمدرضا، «پنتاگون پروژه «جن و پری» را راه‌اندازی کرد»، خبرگزاری دانشگاه آزاد اسلامی(آنا)، گروه علم، فناوری و دانش‌بنیان، ۱۳۹۵.