Journal of Emerging Defense Knowledge and Research Policy

Shahid Sattari Air University

Volume 2, Issue 1
April 2025
p.p 96-120

Evaluation of the Accuracy of Technology Forecasting Processes for Land Warfare Systems over a 20–30 Year Horizon

Mahmoud Ghorbani[1] , Abdolrahim Pedram[2]

Abstract

Forecasting changes in military technologies has significant impacts on determining the future battlefield environment, tactics, operations, and the management of defense research and development (R&D) investments. In the 1990s, following the collapse of the Soviet Union, a series of forecasts were made regarding the emergence of defense technologies and the development of future weapon systems up to the year 2020. These forecasts covered a wide range of systems, including unmanned systems, artillery, missiles, and electronic weapons. In this article, a quantitative and qualitative assessment of the accuracy of this group of forecasts—mainly in the field of land warfare technologies—is carried out. The overall accuracy, based on multiple criteria, is evaluated as very high, at approximately 0.76. Major differences in accuracy are generally observed between forecasts related to information acquisition and processing technologies and those aimed at physical effects. The evaluations are based on information available in open sources, which, according to experts, has not been considered a significant limiting factor in the assessment process.

Keywords: *Technology forecasting, accuracy assessment, defense technology, long-term forecasting, forecast evaluation.*

[1] **PhD Student, Futures Studies Department, Faculty of Strategic Management, Supreme National Defense University, Tehran, Iran.**

[2] **Assistant Professor, Futures Studies Department, Faculty of Strategic Management, Supreme National Defense University, Tehran, Iran.**

Received:2025/01/03
Accepted: 2025/03/06
Corresponding Author: Mahmoud Ghorbani

فصلنامهٔ سیاستگذاری دانش و پژوهش‌های نوین دفاعی
دوره ۲، شماره ۱
بهار ۱۴۰۴
صص۹۶-۱۲۰

معاونت پژوهش و فناوری

ارزیابی دقت فرآیندهای پیش‌بینی فناوری های رزم زمینی در افق ۲۰ تا ۳۰ ساله

محمود قربانی[۱] ، عبدالرحیم پدرام[۲]

چکیده

پیش‌بینی تغییرات فناوری‌های نظامی، تاثیرات مهمی بر تعیین صحنه نبردهای آینده، تاکتیک‌ها، عملیات‌ها و نیز مدیریت سرمایه گذاری‌های تحقیق و توسعه دفاعی دارد. در دهه ۹۰ میلادی، پس از فروپاشی اتحادجماهیر شوروی، پیش‌بینی‌هایی درباره ظهور فناوری‌های دفاعی و توسعه تسلیحات آینده، تا سال ۲۰۲۰ شده است. این پیش‌بینی‌ها، سیستم‌های مختلفی را از جمله: سامانه‌های بدون سرنشین، توپ‌ها، موشک‌ها تا تسلیحات الکترونیک دربرمی‌گیرند. در این مقاله، یک ارزیابی کمی و کیفی از دقت این دسته از پیش بینی‌ها،(عمدتا در حوزه فناوری‌های رزم زمینی) انجام شده است. دقت کلی به واسطه استفاده از چندین معیار، بسیار بالا و در حدود ۰/۷۶ ارزیابی شده است. تفاوت-های عمده در دقت، اغلب بین پیش‌بینی فناوری‌های کسب و پردازش اطلاعات و فناوری‌های با هدف تاثیرگذاری فیزیکی است. ارزیابی‌ها بر مبنای اطلاعات موجود در منابع آشکار انجام شده است که این موضوع از نظر خبرگان تقریبا به عنوان یک عامل محدود کننده در فرایند ارزیابی، شناخته نشده است.

واژگان کلیدی: *پیش‌بینی فناوری، ارزیابی دقت، فناوری دفاعی، پیش‌بینی بلندمدت، ارزیابی پیش‌بینی*

[۱].دانشجوی دکتری، گروه آموزشی آینده پژوهی، دانشکده مدیریت راهبردی،دانشگاه عالی دفاع ملی ، تهران، ایران
[۲].استادیار، گروه آموزشی آینده پژوهی، دانشکده مدیریت راهبردی،دانشگاه عالی دفاع ملی ، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۳/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶
نویسنده مسئول مقاله: محمود قربانی

مقدمه

نیروی زمینی، بخش بسیار مهمی از مجموعه نیروهای مسلح دنیا است و از آن به‌عنوان ستون فقرات نیروهای مسلح یاد می‌شود. در جنگهای متعارف امروز دنیا توقع درگیری‌های زمینی کمتر و احتمال عملیات‌های هوایی، دریایی و پدافند بیشتر است[۳]. اما درنهایت تکلیف جنگ بر روی زمین مشخص می‌شود نه در آسمان[۴].

رشد و توسعه روزافزون و بسیار سریع فناوری‌ها، تاثیرات زیادی بر زندگی بشر داشته و این تغییر و تحولات فناورانه در عرصه‌رزم زمینی نیز، سبب پیچیدگی و تغییر شکل صحنه‌های نبرد شده است.

حفظ اقتدار و برتری نظامی کشورها، نیازمند شناخت صحنه‌های نبرد آینده، انتخاب و بکارگیری صحیح فناوری‌ها متناسب با تهدیدهای پیش‌رو است. درک نادرست از تأثیرات آینده فناوری می‌تواند عواقب ناگواری برای کشورها و ارتش‌های آن‌ها به همراه داشته باشد (Tuck, 2018). ایجاد آمادگی‌های لازم برای اکتساب فناوری‌های دفاعی نیازمند پیش‌بینی فناوری در صحنه‌های نبرد آتی است. اما آیا این پیش‌بینی‌ها قابل اعتماد است؟ و یا اساسا دقت این پیش‌بینی‌ها به چه میزان است؟ این مقاله برآنست تا ضمن بیان مقدمه‌ای در باب پیش بینی و پیش بینی فناوری، به بررسی ارزیابی دقت پیش‌بینی‌های بلند مدت فناوری، بویژه فناوری‌های رزم زمینی آینده بپردازد.

الف) پیش بینی[۵]

پیش‌بینی‌ها اهمیت زیادی در بسیاری از جنبه‌های زندگی ما دارند. شرکت‌های خصوصی در راستای تولید محصولات جدید، بازارهای فروش و قراردادهای اجرایی، سرمایه گذاری‌های هنگفتی بر مبنای پیش‌بینی ها انجام می‌دهند. سازمان‌ها و مراکز دولتی نیز در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، سیاسی، نظامی، امنیتی و اجتماعی نیاز به پیش‌بینی دارند. پیش‌بینی های ضعیف می‌تواند نتایج فاجعه باری به‌همراه داشته باشد(Armstrong, ۲۰۰۱).

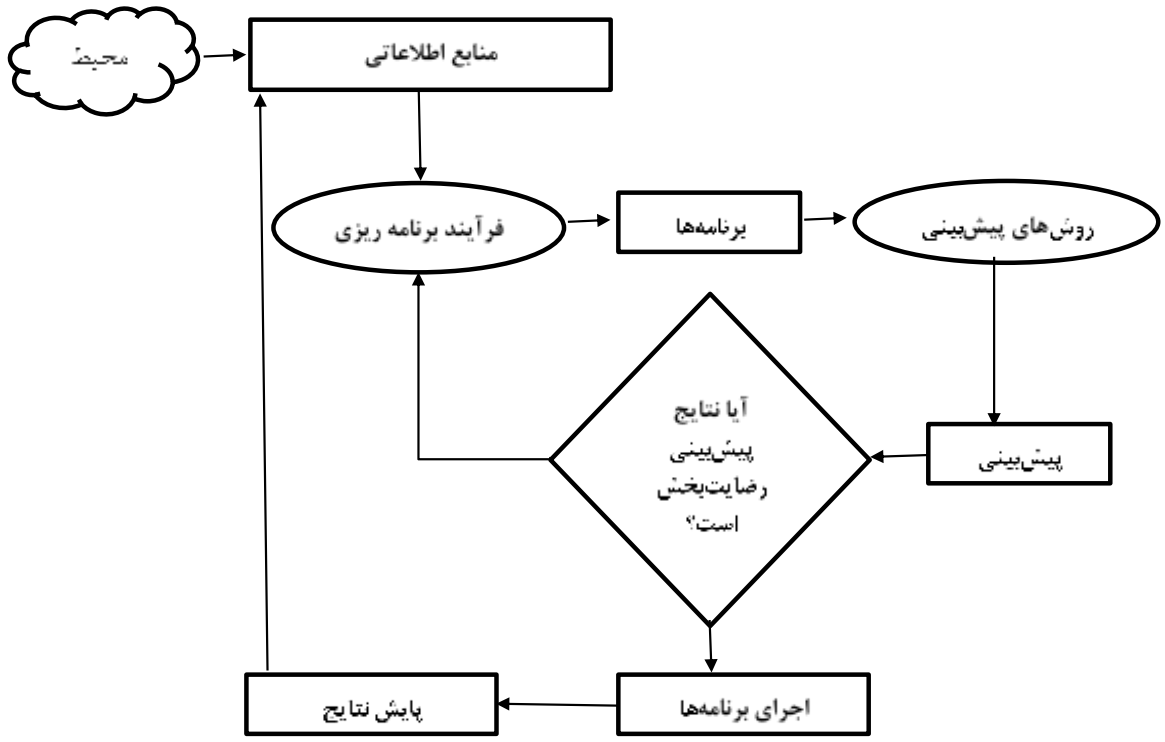
تصمیم‌گیران نیز، زمانی که در خصوص آینده عدم قطعیت[۶] وجود داشته‌باشد نیاز به پیش‌بینی دارند. زمانی که پدیده ها، تحت کنترل و یا قابل اندازه‌گیری هستند نیاز به پیش‌بینی وجود ندارد. گاهی اوقات پیش‌بینی با برنامه ریزی[۷] اشتباه می‌شود. برنامه ریزی مرتبط با این موضوع است که جهان باید شبیه چه‌چیز باشد ولی پیش‌بینی درباره این است که جهان شبیه چه چیز خواهد بود. رابطه پیش‌بینی و برنامه ریزی بطور خلاصه در شکل ۱ نمایش داده شده است (Armstrong, ۲۰۰۱). برنامه‌ریزان می‌توانند از روش‌های پیش‌بینی برای برآورد نتایج تصمیمات خود استفاده کنند. اگر نتایج پیش‌بینی‌ها رضایت‌بخش نباشد می‌توانند برنامه‌ها را بازبینی کنند و پیش‌بینی جدید انجام دهند و فرآیند را تا رسیدن به پیش‌بینی مطلوب تکرار کنند. آن‌ها می‌توانند نتایج واقعی را اجرا و رصد کنند تا در برنامه ریزی‌های آتی از آن استفاده کنند. در عمل بسیاری از سازمان‌ها تنها پیش‌بینی‌های خود را بازبینی می‌کنند و نه برنامه‌ها را؛ چرا که اعتقاد دارند تغییر پیش‌بینی‌ها، خود سبب تغییر رفتار می‌گردد.

---

[۳] بیانات مقام معظم رهبری، حضرت آیت الله خامنه‌ای، در دیدار با فرماندهان نیروی زمینی ارتش در تاریخ۱۳۹۱/۲/۳ قابل دسترس در:
https://farsi.khamenei.ir/speech-content?id=19442 (۱۴۰۰/۳/۶)

[۴] مصاحبه مشاور مقام معظم رهبری در امور بین الملل، جناب آقای دکتر ولایتی، در مصاحبه با خبرگزاری ایسنا در تاریخ۱۳۹۷/۱/۲۵ قابل دسترس در:
https://www.isna.ir (۱۴۰۰/۳/۶)

[5] Forecasting
[6] Uncertainty
[7] Planning



شکل ۱- چارچوبی برای بیان ارتباط پیش بینی و برنامه ریزی

ب) پیش بینی فناوری[8]

پیش‌بینی فناوری بواسطه ارزش آن، هم در حوزه تجاری و صنعتی و هم در حوزه دفاعی به طور فزاینده در حال گسترش است. در فناوری‌های دفاعی پیش‌بینی در افق زمانی بیست سال معقول به‌نظر می‌رسد؛ این زمان، هم به اندازه کافی طولانی است که بتوان از طریق یک برون‌یابی صحیح آن‌را به آینده تعمیم داد و هم به قدر کافی کوتاه است که بتوان از طریق بررسی روندها در تحقیقات آزمایشگاهی به درک آینده، بدون پرداختن به گمانه‌زنی‌های اغراق‌آمیز نائل آمد(O'Hanlon, ۲۰۱۹). در سراسر جهان حداقل ۲۳ سازمان پیش‌بینی فناوری را به عنوان محصول اصلی خود برای مشتریان خارجی انجام می‌دهند (۲۰۱۵ ,.Lerner et al). علاوه بر این، همه سازمان‌ها به منظور برنامه ریزی فعالیت‌ها جهت دستیابی به اهداف داخلی خود، با شکلی از پیش‌بینی، بصورت ضمنی یا صریح، سر و کار دارند.

توسعه دهندگان و سازندگان محصول به منظور آگاهی از اینکه در کجا منابع توسعه محصول خود را سرمایه گذاری کنند و یا چگونه تاسیسات کارخانه جدید را طرح ریزی کنند به پیش‌بینی‌های فناوری نیاز دارند. ارائه دهندگان خدمات مانند حوزه سلامت(Doos et al., ۲۰۱۶)، از پیش‌بینی‌های فناوری برای تعیین اینکه چه تجهیزات جدیدی باید خریداری شود یا اینکه آیا یک خرید به دلیل ظهور نسل جدید فناوری باید به تأخیر افتد یا خیر استفاده می کنند. دولت ها پیش‌بینی‌های فناوری را برای بهینه سازی تخصیص سرمایه به موسسات پشتیبانی آموزشی و تحقیقات علمی به کار می‌برند.

این مقاله درباره نوع خاصی از پیش‌بینی فناوری می باشد: پیش‌بینی‌های بلند مدت فناوری‌های دفاعی. دلایل ارزش چنین پیش‌بینی‌هایی برای یک پایگاه دفاعی با دلایلی که به پیش‌بینی‌های تجاری اهمیت می‌بخشد تفاوتی ندارد: یک موسسه تدارکات دفاعی پیش‌بینی‌های فناوری برای تعیین اینکه چه تلاش‌هایی برای توسعه و تدارک سیستم ها باید صورت گیرد و یا

[8] Technology Forecasting

به چه میزان هزینه کند؛ استفاده می‌کند تا ارزش آینده فناوری حاصل را برای کسانی که باید در نبرد آینده بجنگند بهینه سازی کند. اگر پیش بینی اشتباه باشد ارتش ممکن است درگیر نبرد با دشمنی شود که از سلاح‌های با فناوری برتر برخوردار است (Van Creveld, ۲۰۱۰)، همانند تجارتی که بر پیش‌بینی‌های فناوری برای پرهیز از شکست در برابر رقبای خود متکی است.

از سوی دیگر با وجود این مشابهت‌های اساسی، مدل های پیش بینی فناوری در تجارت و در انواع خاصی از سیستم دفاعی به واسطه افق‌های زمانی آنها تفاوت دارند. در اینجا افق زمانی، تعداد سال‌های بین تاریخ پیش‌بینی شده ظهور یک فناوری و زمان انجام آن پیش‌بینی است. در حالی که اغلب پیش‌بینی‌های فناوری (که برای اهداف تجاری انجام شده است) کوتاه مدت می باشند (افق یک تا پنج سال است) پیش‌بینی‌های فناوری دفاعی در بسیاری موارد (هرچند استثنائات مهمی هم وجود دارد) میان مدت (۶ تا ۱۰ سال) یا بلند مدت (۱۱ تا ۳۰ سال) هستند. لزوم پیش‌بینی‌های بلند مدت در دنیای فناوری دفاعی از بازه‌های طولانی زمانی لازم برای توسعه کامل برخی انواع سامانه‌های دفاعی پیچیده، نشات می‌گیرد.

درنظرگرفتن زمان حدود دو دهه برای یک برنامه اکتساب دفاعی عمده، از توسعه ایده تا دستیابی به قابلیت‌های عملیاتی اولیه امری رایج است (برای سیاست گذاران نیز به همین منوال است) (Goure, ۲۰۱۷). علاوه بر این توسعه علوم پایه و توسعه دانش فناورانه در زمینه مهندسی سیستم‌های پیشرفته اغلب ۱۰ سال دیگر یا بیشتر طول خواهد کشید. به‌این ترتیب اغلب افق زمانی ۲۰ ساله و یا بیشتر برای پیش‌بینی فناوری دفاعی اهمیت دارد. بنابراین این مقاله به طور خاص بر روی پیش‌بینی‌های فناوری دفاعی بلند مدت (۲۰ سال یا بیشتر) تمرکز می‌کند.

با این حال آیا چنین پیش‌بینی‌های بلندمدتی می تواند به اندازه کافی دقیق باشد؟ اغلب مشاهده می شود که هر قدر افق زمانی یک پیش بینی بلندتر باشد دقت پیش بینی کمتر است مثلاً از دقت ۳۸ درصد برای افق کمتر از ۱۰ سال به ۱۴ درصد برای افق بیش از ۱۱ سال کاهش می یابد(Fye et al., ۲۰۱۳). از این گذشته اگر دقت پایین باشد هیچ ارزشی در توسعه پیش‌بینی‌ها وجود ندارد. علاوه بر این یک پیش بینی غیردقیق و به طور بالقوه گمراه کننده، از عدم پیش بینی بدتر است. متاسفانه مطالعات عملی مرتبط نادر است. همانگونه که در ادامه این مقاله بیان می‌شود؛ مطالعات دقت پیش بینی به طور کلی اندک می‌باشند. در این میان تنها بخش کوچکی به پیش‌بینی‌های فناوری می‌پردازند. علاوه بر این همه آنها پیش‌بینی‌های کوتاه مدت را بررسی می‌کنند نه بلند مدت.

بخش‌های این پژوهش به صورت زیر است: نخست، داده های عملی ارزشمندی را به مجموعه کوچکی از داده ها در زمینه دقت پیش‌بینی بلند مدت اضافه می‌کند. دوم، یک پژوهش موردی درباره روش‌شناسی مناسب برای ارزیابی دقت پیش‌بینی‌ها را فراهم کرده و به توصیه‌هایی برای رویکردهای روش شناسی که موثر یافته شده می‌انجامد. سرانجام این ادعا را تایید می کند که پیش بینی بلند مدت فناوری با هدف پشتیبانی از مدیریت تصمیم گیری در سرمایه‌گذاری تحقیقات بلند مدت، هم امکان پذیر بوده و هم به اندازه کافی دقیق می‌باشد. در پیوست الف، شامل فهرست گزاره های پیش بینی آورده شده است و در پیوست ب، چک لیستی برای ارزیابی فرآیند پیش‌بینی ارائه شده است.

۲- پیشینه مطالعات ارزیابی دقت پیش‌بینی[9]

مطالعات محدودی درخصوص دقت پیش بینی ها وجود دارد (Doos et al., ۲۰۱۶). فای و همکاران (۲۰۱۳) مطالعات موجود درباره دقت پیش بینی را مرور کرده‌اند؛ نخستین مورد از این مطالعات در سال ۱۹۷۲ منتشر شده است. این مطالعات عبارتند از آرمسترانگ و گرومان (۱۹۷۲)، لورک و همکاران (۱۹۷۶)، آشر (۱۹۷۹)، ماکریداکیس و همکاران (۱۹۷۹)، کاربن و همکاران (۱۹۸۳)، گروو و همکاران (۲۰۰۰)، ماکریداکیس و هیبون (۲۰۰۰)، آلبرایت (۲۰۰۲)، آرمسترانگ (۲۰۰۶)، برگ و

[9] Forecast accuracy assessment

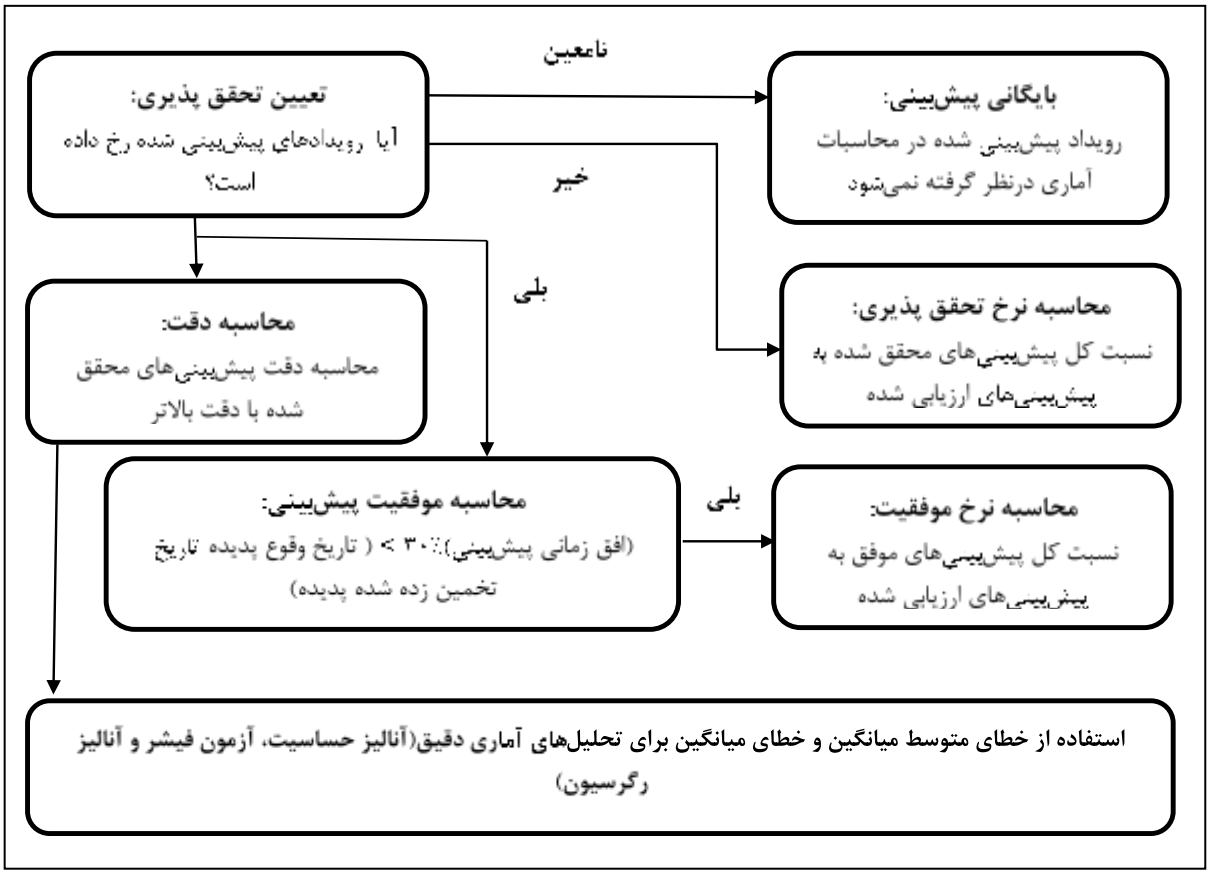
همکاران (۲۰۰۸)، و گلدشتاین و گیگرنزر (۲۰۰۹). تنها چند مورد از این مطالعات، مانند لرنر و همکاران (۲۰۱۵)، فای و همکاران (۲۰۱۳)، آلبرایت (۲۰۰۲)، و آشر (۱۹۷۹) ، درباره فناوری ها می باشد بقیه، پیش‌بینی‌های اندازه بازار، درآمد شرکت‌ها، نتایج پزشکی، نتایج انتخابات و غیره را مورد پژوهش قرار می‌دهند.

در پژوهش فای و همکاران (۲۰۱۳) ، هر پیش‌بینی بیان نموده است که یک رویداد فناورانه خاص پیش‌بینی می‌شود در چه زمانی اتفاق می‌افتد. اگر رویداد پیش بینی شده در بازه ۳۰٪± از افق زمانی پیش بینی شده حول سال پیش بینی محقق گردد، آن پیش بینی موفقیت آمیز در نظر گرفته می‌شود. افق‌زمانی یعنی تعداد سال‌های بین تاریخ انجام پیش‌بینی و تاریخ تخمین زده شده برای وقوع پیش‌بینی.

فای و همکاران(۲۰۱۳)، ۹ عامل موثر در دقت پیش‌بینی مورد بررسی قرارداده‌اند که عبارت اند از: روش پیش‌بینی، حوزه فناوری، نوع پیش‌بینی، سطح آمادگی فناوری[10] ، درجه پیچیدگی فناوری، افق زمانی پیش‌بینی، منطقه جغرافیایی که پیش‌بینی در آنجا انجام شده است، منطقه جغرافیایی که پیش‌بینی برای آنجا انجام شده و نوع سند منتشر شده. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که از این ۹ عامل تنها ۲ عامل «روش پیش‌بینی» و «افق‌زمانی»، تاثیر عمده بر دقت پیش بینی دارند. همچنین دقت پیش‌بینی در روش‌های کمی بیش از دقت روش‌های کیفی است با این‌حال در روش‌های خبره محور، تعداد پدیده های بیشتری محقق شده است. از نظر افق زمانی نیز، پیش‌بینی‌های با افق زمانی کمتر، دقیق‌تر از پیش‌بینی‌های با افق زمانی بلندتر بوده است. به عنوان مثال پیش‌بینی فناوری برای کوتاه مدت ا(فق ۱ تا ۵ ساله) و میان مدت (۶ تا ۱۰ ساله) حدود ۳۸ تا ۳۹ درصد و پیش‌بینی بلند مدت (۱۱ سال و بیشتر) تنها ۱۴ درصد موفقیت داشته‌است. فرآیندارزیابی دقت فای و همکاران (۲۰۱۳)، در شکل ۲ نمایش داده شده است. دقت پیش‌بینی با محاسبه نرخ تحقق پذیری، دقت و نرخ موفقیت تعیین شده است.

در میان پیش‌بینی‌های فناوری، تمرکز عمده‌ای بر روی یک افق کوتاه به میزان ۳ تا ۵ سال وجود دارد و ارزیابی‌های دقت پیش‌بینی بلند مدت تقریباً وجود ندارد (Lerner et al., ۲۰۱۵). در واقع پیش بینی هایی با افق بلندتر از بیست سال به اندازه ای نادر هستند که حداقل در یک پژوهش که آن‌ها انجام دادند، خارج از بحث در نظر گرفته شده و حذف شده‌اند. به طور کلی داده های پیش بینی طولی نادر می باشند. مطالعات انجام شده توسط آلبرایت (۲۰۰۲) و پارنت و اندرسون–پارنت (۲۰۱۱) احتمالاً تنها مطالب منتشر شده بانک داده های مربوط به دقت برای افق های بلند مدت (بیش از ۲۵ سال) می باشند (هالال ۲۰۱۳؛ رو و رایت ۲۰۱۱).

[10] Technology Readiness Level (TRL)



شکل ۲- فرآیند ارزیابی دقت پیش‌بینی.(فای و همکاران، ۲۰۱۳)

رو و رایت (۲۰۱۱) به طور کلی بر چالش ارزیابی دقت پیش بینی ها تاکید می کنند و عنوان می دارند که شاید «دقت یک پیش‌بینی» معیار خوبی برای عملکرد پیش بینی نباشد؛ شاید توافق به دست آمده در تولید یک پیش‌بینی، محصول ارزشمندتری از فرآیند پیش‌بینی باشد. فیرات و همکاران (۲۰۰۸) نیز این دیدگاه را گزارش می کنند که برخلاف افق های کوتاه مدت، اگر افق ۱۵ سال یا بیشتر باشد ارزیابی دقت دشوار شده و به‌کارگیری آن مشکل‌سازتر می‌گردد. به این ترتیب چند نمونه در نظر گرفته می‌شود که دقت پیش‌بینی‌ها در یک افق نسبتاً بلند مدت ارزیابی شده است.

مقاله دیگری (هالال ۲۰۱۳) نتایج چند پژوهش ارزیابی سالانه را گزارش می کند که نشان می دهد واریانس میانگین همه پیش‌بینی ها ۱-/۳+ سال در افق های ۱۰ ساله می باشد. در این پژوهش هر پیش‌بینی، سالی را اعلام می کند که یک فناوری خاص به سطح اکتساب ۳۰ درصدی در کشورهای صنعتی رسیده باشد. ظاهراً این ارزیابی از نظرات نخبگان برای تعیین رسیدن فناوری به آن سطح از اکتساب در افق زمانی استفاده کرده است.

یک پژوهش نادر درباره دقت پیش بینی در افق ۳۰ ساله (پارنت و اندرسون-پارنت ۲۰۱۱) تحقیقی را در سال ۱۹۸۱ تشریح می کند که طی آن ۱۸ سناریوی در زمینه توسعه سلامت فکری مطرح شده است و وقوع ۹ مورد از آنها پیش بینی شده؛ در حالی که پیش بینی شده است که ۹ مورد دیگر رخ نمی دهد. در سال ۲۰۱۱، ارزیابی شده که ۵ مورد از این پیش بینی ها اشتباه بوده است که نشان دهنده دقت ۷۲ درصدی (۱۳ از ۱۸) می‌باشد.

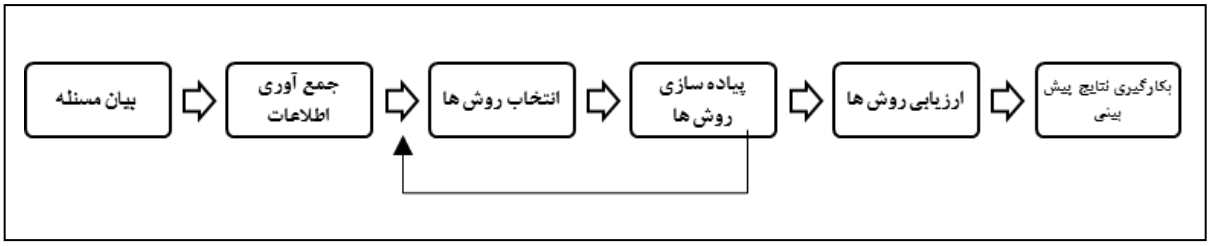
یک پژوهش منحصر به فرد در افق ۳۳ ساله، پیش بینی فناوری‌های انجام شده در سال ۱۹۷۶ برای سال ۲۰۰۰ را مرور می‌کند و در می‌یابد که پیش‌بینی‌ها در زمینه رایانه و ارتباطات در حدود ۸۰ درصد صحیح است درحالیکه پیش‌بینی‌ها در سایر حوزه ها

دقت کمتری در حدود ۵۰ درصد داشته است. همچنین باید به نمونه ای از یک پیش‌بینی در افق ۵۰ ساله اشاره شود که در سال ۱۹۶۴ توسط آیزاک آسیموف انجام شده است که به طور گسترده ای به عنوان یک پیش‌بینی با دقت بسیار بالا توسط مطبوعات در سال ۲۰۱۴ شناخته شده است. اما ارزیابی‌های مطبوعات، روایی بوده‌اند و اطلاعاتی از مشخصه کمی آن پیش‌بینی‌ها دراختیار نیست.

۳- پیش بینی فناوری و ارزیابی دقت

۳-۱ فرآیند پیش‌بینی

زمانی یک پیش‌بینی می‌تواند دقت کافی را داشته باشد که مبتنی بر یک فرآیند منطقی و نظام‌مند باشد. فرآیند پیش بینی را می‌توان کلی به شش مرحله تقسیم نمود که از بیان مسئله شروع شده تا بکارگیری نتایج ادامه می‌یابد. این مراحل در شکل ۳ نمایش داده شده است. جهت اجرای صحیح این فرآیند، اصولی نیز تعریف می‌شود که در ارزیابی فرآیند پیش‌بینی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این اصول تمامی مراحل فرآیند را پوشش می‌دهد و بکارگیری صحیح آن‌ها می‌تواند دقت نتایج پیش-بینی را افزایش دهد. تعداد این اصول، ۱۳۹ اصل است که در قالب ۱۶ گروه اصلی، دسته بندی می‌شود. در ادامه، فهرست گروه‌های اصلی به تفکیک مراحل پیش‌بینی، بیان می‌شود:



شک۳- فرآیند اجرای پیش‌بینی

الف) مرحله بیان مسئله:

۱. تبیین اهداف

۲. سازماندهی مسئله

ب) مرحله جمع آوری اطلاعات:

۳. شناسایی منابع اطلاعاتی

۴. جمع آوری داده ها

۵. آماده سازی داده‌ها

ج) مراحل انتخاب و پیاده سازی روش‌ها:

۶. انتخاب روش

۷. اجرای روش: کلیات

۸. اجرای روش: قضاوت‌های خبرگی

۹. اجرای روش: کمی سازی

۱۰. اجرای روش: بکارگیری مدل‌های کمی به همراه متغیرهای توصیفی

۱۱. یکپارچه سازی قضاوت‌های خبرگی و روش‌های کمی

۱۲. ترکیب پیش‌بینی‌ها

د) مرحله ارزیابی :

۱۳. ارزیابی روش‌ها

۱۴. ارزیابی عدم قطعیت‌ها

ه) مرحله بکارگیری پیش‌بینی‌ها:

۱۵. ارائه پیش‌بینی‌ها

۱۶. یادگیری و بازخورد

جزئیات و نکات مربوط به این اصول در هندبوک اصول پیش‌بینی، توسط آرمسترانگ، در سال ۲۰۰۱ ارائه شده است. فهرست اصول پیش‌بینی، بصورت کامل در پیوست ب بیان شده‌است و می‌تواند درقالب یک چک‌لیست کنترل فرآیند، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۳ پیش‌بینی بلند مدت فناوری‌های دفاعی

در دهه ۱۹۹۰ مطالعاتی منتشر شده است که محققان در آن‌ها دیدگاه‌هایی درباره آینده فناوری های دفاعی ارائه کرده‌اند. برخی از آن‌ها سال ۲۰۲۰ را به عنوان افق خود تعیین نموده‌اند. جستجوهای فراوانی برای کارهای منتشر شده دربازه سال‌های ۱۹۹۰تا۲۰۰۰ در رابطه با پیش بینی های تسلیحات و فناوری‌های دفاعی در سال ۲۰۲۰ انجام شده‌است. این مقالات بازه وسیعی از کارهای تخیلی تا مقالات محبوب و نیز گزارش‌های فنی درون سازمانی و خلاصه های آن‌ها را شامل می‌شود.

از میان این مقالاتی را که جزئیات فنی معین بسیار کمی را ارائه کرده بودند یا افق زمانی آنها مبهم بود یا با سال ۲۰۲۰ تفاوت داشت حذف شده است. برای مثال هرچند پژوهشی با عنوان «انقلاب در امور نظامی: یک ارزیابی اولیه» (کرپینویچ ۱۹۹۲) چند پیش بینی نظامی فناورانه مناسب ارائه کرده است ولی افق زمانی را مشخص ننموده است. بنابرین این مقاله در این پژوهش لحاظ نشده است. از سوی دیگر مقاله ای با عنوان « شرایط آینده: مشخصات و هدایت نبرد، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰» (هیوز ۲۰۰۳)، افق ۲۰۲۰ را هدف قرار داده است؛ اما پیش‌بینی‌های خود را با عبارات بسیار گسترده‌ای بیان نموده که ارزیابی در سال ۲۰۲۰ را دشوار می‌سازد. مثال های دیگری از قبیل گوردون و ویلسون (۱۹۹۸)، اپلیگیت (۲۰۰۱)، بیدل (۱۹۹۸) و غیره ایده‌های مهمی را درباره ماهیت و روند تسلیحات در سال ۲۰۲۰ ارائه کرده‌اند اما پیش‌بینی فناوری خاص در آنها اندک بوده است.

طی این فرآیند مقالات زیر انتخاب شده است که سبک و رویکرد آنها به طور مناسبی متنوع است:

- مقاله نیومن (۱۹۹۶) مجموعه ای از پیش‌بینی‌های فناوری از بازه وسیعی از منابع آشکار می باشد که هدف آن مخاطبین گسترده‌ای از خوانندگان رسانه‌های فعال است.
- ویکرز (۱۹۹۶) یک گزارش رسمی تهیه شده برای مرکز ارزیابی‌های راهبردی و بودجه می‌باشد که عمدتا تحت حمایت دپارتمان دفاعی آمریکا فعالیت می‌کند.
- کتاب اوهانلون (۲۰۰۰) به فناوری‌های آینده در میدان نبرد با استفاده از تحلیل خود محقق (که در اواخر دهه ۱۹۹۰ انجام شده) درباره مبانی علمی فناوری ها می‌پردازد.
- اسکالز (۲۰۱۷، ۱۹۹۷) و اسکالز و پارمنتولا (۱۹۹۸) یافته های پروژه‌ای با نام «ارتش آینده» را توصیف می کنند که توسط گروهی از افسران ارتش آمریکا در سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷ انجام شده است. این پروژه هرچند به طور خاص بر

روی فناوری متمرکز نیست ولی شامل چندین پیش‌بینی درباره آینده فناوری‌ها می باشد. بعضی از این پیش‌بینی‌ها به سال ۲۰۲۵ اشاره دارند، نه سال ۲۰۲۰.

- پترز (۱۹۹۱) یک داستان تخیلی و یک رمان ماجراجویی نظامی با توصیفات بسیار از فناوری‌های نظامی آینده می باشد. دقت عجیب برخی از فناوری‌های پیش‌بینی شده در این رمان می‌تواند از موقعیت نویسنده به عنوان یک افسر اطلاعاتی ارتش آمریکا در اروپا، در زمان نوشتن این رمان نشأت گرفته باشد.

از این پنج منبع بسیار متفاوت مطالب فراوانی درباره فناوری های پیش بینی شده آینده استخراج شده است. در فرایند استخراج، فناوری‌های مربوط به تسلیحات هسته ای، شیمیایی و بیولوژیکی و نیز مباحث مربوط به مسائل راهبردی جدا شده است. همچنین منابع مربوط به فناوری های مرتبط با فعالیت‌های دریایی و هوایی نیز کنار گذاشته شده و به عمدتا به مسائل مربوط به تسلیحات زمینی پرداخته شده است؛ علاوه بر این گزاره هایی را که برای یک ارزیابی معنادار بسیار مبهم بوده‌اند مثل «نقش رو به رشد اطلاعات» حذف شده است. و درنهایت عباراتی را که به فناوری‌های حساسی اشاره داشته‌اند که ارزیابی آن ها با اطلاعات حاصل از منابع آشکار ناممکن بوده نیز کنارگذاشته شده است.

در بسیاری موارد پیش‌بینی ها به توصیفات و هشدارهایی مربوط بودند از قبیل « اگر پیشرفت کافی در پژوهش الف انجام شود ممکن است که فناوری ب تا سال ۲۰۲۰ در دسترس قرار گیرد». چنین عباراتی با یک گزاره ساده جایگزین است که فناوری ب، تا سال ۲۰۲۰ در دسترس خواهد بود. به طور کلی گزاره‌ها برای اطمینان از درجه‌ای از سازگاری، شفافیت و اختصار عوض شده-است.

این فرایند استخراج، به ۸۶ گزاره پیش‌بینی منجر شده که چند نمونه از آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. کل فهرست را می‌توان در پیوست الف مشاهده کرد. تعداد گزاره های استخراج شده از هر منبع در جدول ۲ نشان داده شده است. وقتی گزاره‌های یکسانی در بیش از یک منبع به دست آمده است تلاش شده که گزاره های مشابه در یک گزاره ترکیب شود. به همین دلیل تعداد کل در جدول ۲ بیش از ۸۶ گزاره می‌باشد.

برای مقایسه دقت پیش‌بینی ها در گروه های مختلف فناوری ها، گزاره های پیش‌بینی را در گروه‌هایی دسته بندی شده‌است که به طور مشترک در حوزه فناوری‌های دفاعی قرار داشته اند(پیوست الف که این گروه‌ها در آن نشان داده شده مشاهده شود). گروه‌هایی که در اینجا به صورت بسیار غیر رسمی تعریف شده است به صورت زیر می باشد:

- «اثرات خط دید»: در این دسته همه پیش‌بینی‌های مربوط به تسلیحات و سایر سیستم هایی که اثراتی بر اهداف دشمن ایجاد می‌کند که مستقیماً از دید تیرانداز قابل مشاهده است جمع‌آوری شده است. (به مثال‌های را در پیوست الف مراجعه شود).
- «اثرات خارج از خط دید»: این دسته شامل پیش‌بینی های مربوط به تسلیحات و سایر سیستم‌هایی می‌باشد که مهمات یا عوامل دیگر را بر اهدافی ارسال می کند که به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند.
- «محافظت»: پیش بینی هایی درباره سیستم‌های بکار رفته برای محافظت، یعنی شکست یا کاهش اثرات ایجاد شده به واسطه دشمن روی اهداف دوست.
- «پلتفرم‌ها»: پیش‌بینی‌هایی درباره سیستم‌هایی که رزمندگان و تجهیزات را به میدان نبرد و اطراف آن منتقل می کنند.
- «تسلیحات سایبری و الکترونیک»: پیش‌بینی‌ها درباره سیستم‌های بکار رفته برای اختلال در ارتباطات، پردازش و ذخیره اطلاعات دشمن.
- «حسگری و جمع آوری اطلاعات»: پیش‌بینی‌ها درباره سیستم‌هایی برای کسب اطلاعات درباره تجهیزات دشمن و دوست.

- «فرماندهی و کنترل»: پیش بینی ها درباره سیستم هایی برای تفسیر اطلاعات میدان نبرد و تصمیم گیری و برقـراری ارتباط درباره اقدامات.

جدول ۱- مثال هایی از گزاره های پیش‌بینی. حروف N، V، H، S، P و T به منبع پیش‌بینی اشـاره دارنـد (مثلا P برای پترز، H برای اوهانلون، و ...)

حوزه پیش بینی	گزاره پیش بینی	مرجع پیش بینی
اثرات خط دید	مهمات یک تانک به وسیله لیزر هدایت خواهد شد	H
پلتفرم‌ها	یک وسیله نقلیه زمینه رباتیک (بدون سرنشین) به عنوان یک دیده‌بان به کار خواهد رفت	P،H
اثرات خارج از خط دید	دسته هایی از UAVهای مسلح (مهمات گشت‌زن) قادر خواهند بود اهداف زمینی بسیاری را نابود کنند	S،H،V

جدول ۲ - تعداد گزاره های لحاظ شده در تحلیل ها به ازای هر منبع

اسکالز (S)	پترز (P)	ویکرز (V)	نیومن (N)	اوهانلون (H)	سایر (T)
۱۴	۱۲	۱۶	۲۰	۳۳	۵

در برخی موارد یک گزاره پیش‌بینی دقیقا در یکی گروه‌های ذکر شده قرار نمی گیرد و تلاش شده اسـت بهتـرین گـروه ممکـن انتخاب شود.

منابع مورد استفاده، علاوه بر پیش‌بینی‌های فناوری، پیش‌بینی های ارزشمند کلی بسیاری را نیز درباره شرایط و روند فعالیت‌های دفاعی در سال ۲۰۲۰ ارائه داده‌اند. اما لحاظ کردن ملاحظات چنین پیش‌بینی‌هایی، در حوزه مد نظر این پژوهش قرار ندارد.

۳-۳ ارزیابی موفقیت پیش بینی ها

ارزیابی موفقیت یک پیش‌بینی فناوری عموما توسط خبرگان آن موضوع در زمانی که پیش بینی انجام شده است یعنـی در افـق زمانی یا بعد از آن انجام می شود. خبرگان دیدگاه های خود را درباره اینکه آیا این فناوری درجـه تـاثیر پـیش‌بینـی شـده (مـثلا ضعیف،متوسط، قوی) را بر روی صنعت مربوطه در افق زمانی دارا بوده است (لرنر و همکاران ۲۰۱۵) یا اینکه آیـا ایـن فنـاوری، نرخ اکتساب پیش‌بینی شده را به نمایش گذاشته ارائه می‌کنند (فای و همکاران ۲۰۱۳). در صورتیکه تاثیر یا نرخ اکتساب پـیش-بینی با مقدار پیش‌بینی شده در افق زمانی در نظر گرفتـه شـده بـرای آن مطابقـت کنـد یـا از آن فراتـر رود پـیش‌بینـی موفـق درنظرگرفته‌می‌شود.

برای مثال در سال ۱۹۹۰ یک پیش‌بینی عنوان می کند که در سال ۲۰۰۵ (افق زمانی) فناوری الف، نرخ اکتساب ۲۰ درصد را به نمایش خواهد گذاشت. بعداً در سال ۲۰۰۵ گروهی از خبرگان فناوری الف را مرور کرده و ارزیابی می‌کنند کـه در واقـع بـه نـرخ اکتساب ۲۰ درصد رسیده یا از آن فراتر رفته است. در این صورت پیش‌بینی موفق ارزیابی می‌شود.

در مورد فناوری‌های دفاعی اغلب مشاهده درجه‌ای از تأثیر یا یک نرخ اکتساب، بدون یک درگیری مسـلحانه واقعـی در مقیـاس قابل توجه ناممکن است. مقدار کاربرد میدانی، معیار مناسبی برای ارزیابی فناوری نیست زیرا که به‌کارگیری میدانی یک فنـاوری

های دفاعی جدید اغلب در انتظار یک الزام دفاعی واقعی است. دستیابی به هدف این پژوهش یعنی تنها پیش‌بینی پویایی فناوری، بر خلاف پیش‌بینی توسعه‌های دفاعی–سیاسی در یک افق زمانی، رویکرد متفاوتی نیاز دارد.

تصمیم گرفته شد که بر سطح آمادگی فناوری تمرکز شود (وزارت دفاع آمریکا ۲۰۰۹). به ویژه تصمیم گرفته شد که یک پیش-بینی مثلا «در سال ۲۰۲۰ انتظار داریم فناوری الف» به این صورت تعبیر شود که تا سال ۲۰۲۰ فناوری الف به سطح آمادگی ۸ خواهد رسید[11]؛ یعنی یک سیستم واقعی ساخته شده است و از طریق تست ها و نمایش ها ارزیابی شده است. توجه شود که بالاترین سطح آمادگی فناوری ۹ که سیستم را از طریق فعالیتهای عملیاتی موفق سیستم اثبات می کند درنظرگرفته‌نشده‌است زیرا که فرصت ها برای انجام عملیات ها تابعی از شرایط سیاسی دفاعی است، نه ذاتا خود فناوری. تمایل براین نبوده که پویایی فناوری با پویایی سیاسی–دفاعی تلفیق شود. اینگونه استدلال می‌شود که اگر یک نبرد و ضرورت دفاعی رخ دهد یک فناوری با سطح آمادگی ۸ در چرخه تولید و عملیات قرار خواهد گرفت.

علاوه بر پذیرش سطح آمادگی فناوری ۸ به عنوان اثباتی بر وجود یک فناوری، همچنین فناوری درصورتی موجود در نظر گرفته می‌شود که برای فروش تجاری ارائه گردد یا حداقل بر اساس یک مبنای آزمایشی، به‌طورموفقیت آمیزی میدانی شود. برای اختصار در این مقاله یک گزاره پیش بینی به طور کلی صحیح ارزیابی می شود اگر مطابق منابع آشکار یکی از شرایط زیر در سال ۲۰۲۰ یا قبل از آن در هر کشور به لحاظ فناوری توسعه یافته، اعمال گردد:

- نمونه اولیه سیستم در سطح آمادگی فناوری ۸ نمایش داده شود یا
- سیستم برای فروش تجاری ارائه گردد یا
- سیستم حتی به صورت آزمایشی برای کاربرد عملیاتی به کار رود.

علاوه بر این نتیجه گرفته می‌شود که پیش بینی های بلند مدت همواره ارزیابی‌های صفر و یک یعنی ارزیابی یک پیش بینی به عنوان کاملا موفق یا کاملا ناموفق را نمی‌پذیرد. به دلیل این که ماهیت و رویکردهای فناوری مناسب می‌تواند به طور چشمگیری در یک افق بلندمدت تغییر کند؛ برای اهداف فناوری بلند مدت، ارزیابی یک درجه کسری که طبق آن فناوری واقعی در افق زمانی به فناوری پیش‌بینی شده نزدیک می‌شود مناسب‌تر به‌نظرمی‌رسد. مثال زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید یک پیش‌بینی عنوان کند که طی ۳۰ سال، فناوری الف فعالیتهای ب و ج را انجام خواهد داد. در افق زمانی سی سال بعد، ارزیاب متوجه می‌شود که فناوری الف در واقع فعالیت ب را اجرا می کند اما به دلیل تغییرات در محیط نظامی فعالیت ج دیگر مدنظر نیست و بنابراین موجود نمی باشد. آیا می‌توان این پیش‌بینی را کاملاً موفق حساب کرد؟ احتمالا خیر؛ حداقل باید یک اعتبار جزئی برای آن در نظر گرفت.

بنابراین در این پژوهش، مقیاس اعتباردهی کسری زیر برای یک پیش بینی هم کمی و هم کیفی، به خبرگان ارائه شده است: کاملا غلط (۰)، تا حدی درست (۰/۰۲– ۰/۲۵)، نیمه درست (۰/۵۰)، تا حد زیادی درست (۰/۷۵–۰/۸۰)، و کاملاً درست (۱). ولی در اغلب موارد ارزیابی‌های خبرگان صفرو یک بوده است.

شایان ذکر است که خبرگان، برای در نظر گرفتن توسعه‌های فناوری در سراسر جهان توجیه شدند. ارزیابی بر روی هیچ کشور خاصی متمرکز نبوده است. فناوری، صرف‌نظر از کشوری که در آن توسعه رخ می‌داده و یا ارتشی که به این فناوری دسترسی داشته، موجود در نظر گرفته شده است.

مجموعه ۱۰ خبره در فرایند ارزیابی شرکت داشته‌اند. هر خبره ارزیابی خود را به طور جداگانه ارائه کرده و مخیر بوده، تنها گزاره هایی را ارزیابی کند که به حوزه تخصصی او تعلق دارد. بنابراین هر پیش‌بینی توسط همه ده ارزیاب سنجش نشده‌است. هر گزاره پیش‌بینی توسط ۴ الی ۱۰ ارزیاب سنجش شده و به طور کلی ۶۳۷ ارزیابی صورت گرفته است.

[11] Technology Readiness Level 8 (TRL 8)

جدول ۳ نمونه نتایجی از ارزیابی‌های تخصصی را نشان می‌دهد. برای هر گزاره پیش‌بینی حداقل ۴ ارزیابی تخصصی و در برخی موارد ۹ ارزیابی تخصصی به‌دست آمده است.

در حالی که برای بسیاری از پیش‌بینی ها ارزیابی های همه خبرگان یکسان بوده در برخی موارد دیدگاه ها تفاوت داشته است. به جای میانگین‌گیری ساده ارزیابی های واگرا، یک داوری انجام شده است: ارزیابی‌های غالب با ملاحظه ویژه، نسبت به خبرگانی که دانش بیشتری در آن حوزه داشتند و با توجه به شواهد موجود در مقالات، زمانی که شواهد شفاف بودند، انتخاب شده‌اند. مثلا برای گزاره نخست در جدول ۳ نتیجه ارزیابی داوری شده، یک می باشد. برای گزاره دوم نیز، یک. برای سومین گزاره، ارزیابی داوری شده ۰/۵می باشد. شایان ذکر است که ارزیابی های داوری شده الزاما دیدگاه‌های نویسندگان این مقاله نیست.

به ناچار، ارزیابی‌ها با توجه به این واقعیت که پیش‌بینی ها اغلب به شیوه نسبتاً مبهمی صورت پذیرفته اند به چالش کشیده شده است. گاهی اوقات تعیین اینکه دقیقا چه ویژگی ها یا صفات یا فعالیت های در فناوری های پیش‌بینی شده مد نظر قرار گرفته اند دشوار بوده است. خبرگان باید تفاسیر و فرضیات قابل‌قبولی را، معمولاً به طور ضمنی، درباره جزئیاتی که پیش‌بین در زمینه آن پیش بینی مد نظر داشته لحاظ می‌کردند.

جدول ۳ نتایج نمونه حاصل از ارزیابی های تخصصی برای چند گزاره پیش‌بینی. برچسب های E ۱ تا E ۱۰، به ۱۰ خبره اطلاق می شوند.

گزاره پیش‌بینی	E ۱	E ۲	E ۳	E ۴	E ۵	E۶	E ۷	E ۸	E ۹	E ۱۰
یک تانک (یا تفنگ یا خمپاره) بدون اپراتور فعالیت خواهد کرد	۱		۱	۱	۱	۰	۰/۷	۱		۱
یک وسیله نقلیه زمینه رباتیک (بدون سرنشین) به عنوان یک دیده‌بان به کار خواهد رفت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۷	۱		۰/۳
یک پلتفرم هوایی رزمی از روتور مایل استفاده خواهد کرد	۰/۵	۰/۵			۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵		۰

چالش دیگر مربوط به این موضوع بود که پیش بینی یک فناوری می‌تواند به حداقل سه دسته مختلف از پیشرفت فناورانه اطلاق شود. در ارائه یک پیش‌بینی، یک پیش‌بین می تواند یک فناوری را در ذهن داشته باشد که توسعه ارزشمندی را ایجاد کند اما تا زمانی که با یک سیستم کامل برای کاربرد نهایی یکپارچه نشود نمی‌تواند فعالیتی را به یک کاربر عرضه کند. از سوی دیگر یک پیش‌بین می تواند درباره یک سیستم کاملاً یکپارچه پیش‌بینی کند که توسط کاربر نهایی مورد نظر به کار گرفته شده باشد. یا یک پیش بین می‌تواند درباره یک قابلیت نهایی، یعنی سودمندی ارائه شده برای کاربر نهایی، پیش‌بینی کند که توسط برخی سیستم ها که احتمالاً تعیین نشده، قابل دستیابی است.

برای اهداف این پژوهش و ارزیاب های خبره فرض شده است که یک گزاره پیش‌بینی به گزاره‌ای اطلاق می‌شود که مشخصه آن، دربرگرفتن ویژگی های فناورانه معین یا یک قابلیت برای اجرای یک فعالیت مفید معین، باشد. ماهیت دقیق سیستم به کار رفته توسط یک پیش بین دو یا سه دهه قبل می تواند مورد تردید باشد و به تفاسیر و فرضیاتی نیاز داشته باشد که همواره صریح یا بین خبرگان یکسان نبوده است؛ این موضوع محدودیت دیگری برای روش شناسی پژوهش حاضر بوده است.

اما چالش دیگر پیش‌روی ارزیابان آن بوده که با در نظر گرفتن ماهیت دفاعی فناوری های تحت بررسی؛ آنها باید بر اطلاعات حاصل از منابع آشکار تکیه می‌کردند. حتی زمانی که دانش حرفه‌ای آن ها عنوان می‌کرد که منابع آشکار، سطح توسعه یک فناوری را کمتر از حد واقعی گزارش کرده‌اند یا برعکس آن را بسیار خوش‌بینانه مطرح نموده‌اند، خبرگان به ارائه ارزیابی های خود بر اساس دانش موجود منتشر شده محدود بوده‌اند.

۴ – تجزیه و تحلیل یافته‌ها

دقت یک گزاره پیش بینی واحد، به صورت ارزیابی داوری شده آن گزاره پیش بینی تعریف می‌شود که در بخش قبلی تشریح شد. مثلاً برای گزاره نخست در جدول سه دقت ۱ بوده و برای گزاره سوم دقت۰/۵. برای مجموعه‌ای از گزاره های پیش‌بینی از عبارت «دقت میانگین» برای اشاره به میانگین حسابی دقت همه گزاره‌های درون مجموعه استفاده شده است.

دقت میانگین برای هر ۸۶ گزاره پیش‌بینی (پیوست الف ملاحظه شود)۰/۷۶ بود. این عدد تا حد زیادی با دو پیش‌بینی دیگر برای افق های بلند تر از ۲۰ سال مطابقت دارد. در یکی از این دو (پارنت و اندرسون–پارنت ۲۰۱۱) دقت میانگین ۰/۷۲ بوده است. در دیگری (آلبرایت ۲۰۰۲) دقت از۰/۸۰ برای حوزه های مربوط به رایانه و ارتباطات تا کمتر از۰/۵۰ برای سایر حوزه های فناوری بوده است. از سوی دیگر این مقدار بسیار بیشتر از۰/۱۴ گزارش شده توسط فای و همکاران (۲۰۱۳) می باشد.

می توان دقت پیش‌بینی‌های محققان– پیشبین های مطرح شده در این پژوهش را مقایسه کرد. هرچند اعتقاد بر این است که چنین مقایسه ای به دلایل متعدد، نه ارزشمند است و نه برای پیش‌بین‌ها مناسب. مثلا هدف یک کار تخیلی، عمدتا ارزش ادبی و سرگرمی آن است، نه دقت پیش‌بینی‌ها؛ حتی اگر آنها در آینده رخ دهند (در مورد پترز ۱۹۹۱). سایر پیش‌بین‌ها مثلاً اوهانلون (۲۰۰۰) مباحث بسیاری درباره عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های خود مطرح کرده‌اند که به ناچار در این پژوهش نادیده گرفته شده است. بنابراین پیش‌بین ها مقایسه نمی‌شوند.

از سوی دیگر مقایسه مقادیر دقت میانگین برای دسته های مختلف ارزیابی‌ها آموزنده است (جدول ۴). به‌بیان دیگر آن دسته هایی که سهم بیشتری از فناوری‌های مربوط به گردآوری، پردازش و انتشار اطلاعات را شامل شده‌اند از گروه‌های دیگری که به اثرات فیزیکی تر ارتباط داشته‌اند بهتر بوده‌اند. این امر با ملاحظه ارائه شده در کار آلبرایت (۲۰۰۲) تایید می شود که پیش‌بینی-های صورت گرفته در سال ۱۹۶۷ برای سال ۲۰۰۰ در زمینه رایانه و ارتباطات در حدود ۸۰ درصد صحیح بوده در حالیکه پیش-بینی‌ها در همه حوزه های دیگر از درستی کمتر از ۵۰ درصد برخوردار بوده است. آلبرایت (۲۰۰۲) فرض می‌کند که «روندهای پایدار افزایش قابلیت ها و کاهش هزینه‌های فناوری‌های به کار رفته برای رایانه‌ها و ارتباطات در سال ۱۹۶۷ واضح بوده‌اند فلذا پیش‌بینی‌های دقیق بلندمدت را ممکن ساخته‌اند.»

همانند آلبرایت (۲۰۰۲) فرض می‌شود که پیش‌بینی‌های مربوط به گردآوری اطلاعات (حسگری) و پردازش، دقت بیشتری نسبت به سایر پیش بینی ها دارد. برای کمی‌کردن این ملاحظه، گروه پیش‌بینی‌هایی که دسته‌های تاثیرات خط دید، تاثیرات خارج از خط دید، حفاظت و پلتفرم ها (درمجموع ۴۳ گزاره با دقت متوسط ۰/۶۵) را با پیش‌بینی‌های تسلیحات سایبری و الکترونیک، حسگری و گردآوری اطلاعات، و فرماندهی و کنترل (مجموعاً ۳۸ گزاره با دقت میانگین ۰/۸۷) مقایسه شده است.

جدول ۴ – دقت میانگین پیش‌بینی ها برای دسته های مختلف گزاره‌های پیش بینی

حوزه پیش‌بینی	اثرات خط دید	اثرات خارج از خط دید	حفاظت	پلتفرم ها	تسلیحات سایبری و الکترونیک	حسگری و جمع آوری اطلاعات	فرماندهی و کنترل
میانگین دقت	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۱

برای تعیین اینکه آیا تفاوت بین دو مقدار متوسط به لحاظ آماری معنادار است توجه شود که غالب گزاره‌ها (۷۱ از ۸۶ مورد) به صورت صفر یا یک ارزیابی شده است و بنابراین می توان داده‌ها را به صورت دو بخش برآورد نمود. با فرض اینکه همه مقادیر دقت برابر با یا بیشتر از۰/۵۰ ، بیانگر پیش‌بینی‌های معتبر هستند؛ مشاهده می‌شود که گروه نخست دارای ۳۰ پیش‌بینی معتبر از مجموع ۴۳ مورد و گروه دوم دارای ۳۶ پیش‌بینی معتبر از مجموعه ۳۸ مورد است. با استفاده از ۱–N آزمون خی–دو که توسط کمپل (۲۰۰۷) توصیه شده، سطح قابل توجهP=۰/۰۰۴۴ محاسبه می‌شود. اگر فرض شود که پیش‌بینی‌های معتبر آنهایی

هستند که مقادیر دقت بالای ۰/۵۰را دارند، آنگاه گروه نخست دارای ۲۷ پیش‌بینی معتبر از مجموع ۴۳ مورد و گـروه دوم دارای ۳۲ پیش‌بینی معتبر از ۳۸ مورد است. سطح قابل توجهP=۰/۰۰۳۵ همچنان قابل قبول است. به بیان دیگر احتمال زیادی وجـود دارد که دو گروه، دو جمعیت پدیده های فناورانه را منعکس کنند که در زمینه آزمون‌پذیری پیش‌بینی‌ها اختلاف داشته باشند.

راه دیگر برای بررسی دقت پیش‌بینی‌ها، درنظرگرفتن بخشی از همه پیش‌بینی ها است که حداقل تا حدی صـحیح ارزیـابی مـی شوند. در مجموعه داده‌های این پژوهش مشاهده می‌شودکه از ۸۶ گزاره پیش‌بینی، ۶۶ مورد به عنوان صحیح در سطح ۰/۵۰ یـا بالاتر ارزیابی شده‌است. با این معیار، دقت کلی مجموعه پیش‌بینی‌ها ۸۶ درصد است.

علاوه بر این می توان پرسید که آیا یک گزاره پیش بینی، به یک روند توسعه فناوری اطلاق می‌شود که در زمان ارزیابی، هنـوز هم امیدوار کننده و موفق لحاظ می گردد. اگر چنین باشد پیش‌بینی در دهه ۱۹۹۰، مدیران تحقیقات را در جهت درستی هدایت می‌کرد حتی اگر سیستم پیش بینی شده هنوز تا سال ۲۰۲۰ توسعه نیافته باشد و به عنوان موضوعی برای تحقیق و توسعه فعال باقی مانده باشد. فهرست گزارش های پیش بینی این پژوهش بررسی شده و آنهایی که ۱) پیشرفت‌های تحقیق و توسـعه قابـل توجهی در آن حوزه ها رخ داده؛ همچنین ۲) جهت‌گیری سرمایه گذاری فعال تحقیق و توسعه در این زمـان را نشـان مـی دهـد شناسایی شده است. درنتیجه، حداقل ۷۲ مورد از ۸۶ گزاره، معیارهای فوق را برآورده می کند. با این معیار ۸۹ درصد از گزاره‌های پیش‌بینی بر این اساس که جهت‌های صحیح و امیدوار کننده تحقیق و توسعه را پیش بینی کرده‌اند درست درنظرگرفته می‌شـود. لذا اگر پیش‌بینی‌ها با یک میانگین ساده از همه ارزیابی ها سنجیده شوند، دقت آن‌ها ۰/۷۶ اگر با جزئی از همه گزاره هـایی کـه در سطح ۰/۵۰یا بیشتر ارزیابی شدند سنجیده شوند۰/۸۱، و اگر با تعداد گزاره‌هایی که به عنوان جهت‌های تحقیق و توسعه موفق و امیدوار کننده ارزیابی شده‌اند سنجیده شوند ۰/۸۹ است.

برای مرور محدودیت های این پژوهش ابتدا باید به چند چالش در مورد ارزیـابی هـای تخصصـی اشـاره شـده در بخـش قبلـی پرداخته شود. ارزیاب ها مجبور بودند گزارش های پیش‌بین ها را که اغلب خلاصه، مبهم و وابسته به موضوع مناقشات در جامعه فناوری دفاعی دو تا سه دهه قبل بودند را رمزگشایی کنند. یک ذهنیت اجتناب ناپذیر در تفاسـیر ارزیابـان از معنـی گـزاره هـای پیش‌بینی و همچنین درجه کامل بودن و موثر بودن فعالیت‌هایی که پیش‌بین‌ها از سیستم های پیش‌بینـی شـده انتظـار داشـتند وجود داشت. از آنجایی که ارزیاب ها ملزم بودند که بر اطلاعات موجود در منابع آشـکار تکیـه کننـد (کـه همـواره کـاملاً قابـل اطمینان یا دقیق نبودند)، تفاوت‌های اجتناب ناپذیری در آشنایی ارزیاب ها با مقالات و تفاسـیر آنهـا از بلـوغ و آمـادگی سیسـتم توصیف شده در مقاله وجود داشت. به طور کلی این چالش‌ها در همه مقالات پیش بینی فناوری وجود داشتند.

شاید یک محدودیت بسیار عمیق تر، همچنین مشترک برای مقالات پیش بینی فناوری، این واقعیت باشد که این پژوهش بـرای یک تحلیل کمی موارد منفی اشتباه تلاش نمی کند یعنی به شکست پیش‌بین‌ها در پیشگویی فناوری‌هایی که در واقعیت محقق شدند نمی پردازد. این موضوع به عنوان یک مسئله مهم برای تحقیق آینده مورد ملاحظه قرار خواهد گرفت.

موضوع مهم دیگر برای پژوهش آتی، و محدودیتی برای مقاله حاضر، نیاز به قرار دادن دقت پیش‌بینی‌های فناورانه بلند مدت در یک چارچوب نظری است. این کار به ویژه می‌تواند برای بررسی آن‌که آیا امواج کندراتیف (که به عنوان امواج بلند یـا امـواج K نیز شناخته می شود) به دقت پیش‌بینی‌های فناورانه بلند مدت مربوط است ارزشمند باشد. مـثلا برخـی محققـان (کوکیـا ۲۰۱۷، ۲۰۱۸؛ گلدشتاین ۲۰۰۶) مطالبی درباره ارتباط امواج K، تسلیحات و نوآوری ارائه می کنند. بـرای مثـال کوکیـا (۲۰۱۷) تاکیـد می‌کند که پویایی ظهور فناوری به شدت توسط تلاش‌های راهبردی سازمان‌های هدفمند قدرت های بزرگ هدایت می شـود، و یک فرمول بندی نظری (کوکیا ۲۰۱۸) ارائه می کند که در آن تسلیحات در فازهای ناپایداری امواج K قرار گرفته که به خوشه-های نوآوری منجر می شود و سپس به نوبه خود پویایی موج K را ایجاد می‌کند. طبق نظر روتان (۲۰۰۶) بدون یک نبرد یا یک هزینه نظامی قوی، نوآوری کاهش یافته که به نرخ پایین‌تر رشد بهره وری منجر می شود.

رابطه بین نبرد با نوآوری همواره به طور مستقیم توسط هزینه تحقیق و توسعه دفاعی به هم ارتباط پیدانمی‌کند. برای مثال دوره زمانی بین جنگ جهانی اول و دوم دوره ای با بودجه نظامی پایین و همچنین نـوآوری گسـترده و موفـق بـود (مـورای و میلـت ۱۹۹۸). این دوره بین دو جنگ ،دشواری‌های فرمول بندی یک چارچوب نظری از عـواملی کـه بـه نـرخ بـالای نـوآوری منجـر می‌شوند را نشان می‌دهد زیرا کشورهای مختلف به طور موفقیت‌آمیزی به دلایل مختلفی نـوآوری مـی‌کننـد. درس‌هـای جنـگ اخیر، و انتظارات جنگ بعدی، نقش مهمی را ایفا می کنند. همانگونه که مبانی روانی در ارزیابی تهدیـدها چنـین نقشـی را دارد (هاردی و همکاران ۲۰۱۱). بدیهی است که این پویایی پیچیده می تواند بخشی از آنچه که دقت پیش‌بینی‌های فنـاوری دفـاعی بلندمدت را سبب می شود باشد.

۵ - نتیجه‌گیری

پیش‌بینی‌های فناوری دفاعی به واسطه ماهیت آنها اصولاً بلند مدت با افق‌های مفید بلندتر از ۲۰ سال می‌باشند. بنابراین در نظر گرفتن دقت چنین پیش‌بینی‌های بلند مدتی به منظور توسعه و تدارک فناوری دفاعی، به ویژه در تصمیمات مدیریتی مهم دربـاره تخصیص منابع مالی به موضوعات تحقیقاتی بلندمدت اهمیت دارد.

یافته‌کلیدی و سهم این پژوهش آن است که دقت پیش‌بینی‌هایی که توسط چندین محقق در دهـه ۱۹۹۰ بـا افـق معـین سـال ۲۰۲۰ انجام شد به طور قابل قبولی بالا است. دقت میانگین اندازه گیری شده گزاره‌های پیش بینی توسط ارزیـابی خبـره محـور ۰/۷۶ می باشد. این مقدار تا حد زیادی با دو پیش‌بینی شناخته شده دیگر با افق‌های بالای ۲۰ سال، پارنـت و اندرسـون–پارنـت (۲۰۱۱) و آلبرایت (۲۰۰۲)، قابل مقایسه بوده و از مقدار پیش‌بینی‌شده در برخی کارهـای دیگـر مـثلا فـای و همکـاران (۲۰۱۳) بسیار بالاتر است.

درصورتی که پیش‌بینی‌ها به این صورت انجام شود که آیا یک گزاره پیش‌بینی به روند توسعه یک فناوری که امیدوار کننده بوده و در این زمان پیشرفت های قابل توجهی به نمایش گذاشته باشد اطلاق می‌شود؛ دقت پیش‌بینی‌های انجام شده بـا ملاحظـات این پژوهش نسبت به پژوهش‌های قبلی حتی بالاتر است. یافته دیگر آن‌که با این معیار، ٪۸۹ از گزاره هـای پـیش‌بینـی از ایـن منظر که جهت های معتبر و امیدوار کننده تحقیق و توسعه را پیش‌بینی کرده‌اند صحیح می باشند. در دهه ۱۹۹۰ این پیش‌بینـی ها به درستی به جهت های فناوری اشاره کرده‌اند که پیشرفت و تداوم حوزه های فعال توسعه و سـرمایه گـذاری را بـه نمـایش گذاشته اند.

یافته مهم دیگر آن است که برخی دسته های فناوری، دقت پیش‌بینی بسیار بالاتری نسبت به سایرین نشـان داده‌انـد. بـه ویـژه اینکه یک تفاوت عمده و معنادار آماری بالا در دقت پیش‌بینی‌های مربوط به فناوری‌های اطلاعاتی (یعنی تسـلیحات سـایبری و الکترونیک، حسگری و گردآوری اطلاعات، و فرماندهی و کنترل) و فیزیکی (یعنی اثرات خط دید، اثـرات خـارج از خـط دیـد، و حفاظت و پلتفرم ها) وجود دارد. مورد دوم مجموعا ۴۳ گزاره با دقت میـانگین ۰/۶۵ ارائـه کـرده اسـت در حـالی کـه مـورد اول مجموعا ۳۸ گزاره با دقت میانگین ۰/۸۷ داشته‌است. این نتایج بسیار مشابه با نتایج آلبرایت (۲۰۰۲) بوده و یافته های آن را تایید می کند. دلایل چنین تفاوت های معناداری در دقت پیش‌بینی‌ها آشکار نیست؛ این تفاوت‌ها احتمالاً از اختلاف در ماهیت و بلـوغ فناوری‌های رشدیافته، نشات گرفته و باید موضوع تحقیق آینده باشد.

سایر یافته ها و سهم این پژوهش به جنبه های روش‌شناسی ارزیابی دقت پیش‌بینی مربوط است. نخست انجـام چنـین ارزیـابی هایی بر روی ترکیبی از پیش‌بینی‌ها از پیش‌بین‌های متعدد به جای مجموعه ای از پیش‌بینی‌هـا از یـک محقـق بسـیار مناسـب است. این کار سبب رفع این نگرانی ها می شود که یک پیش‌بینی نادرست بتواند مقادیر مورد انتظار دقت را تغییر دهد و یا اینکه کسی باید پیش‌بین خاصی را انتخاب کند تا یک پیش بینی کاملا دقیق به دست آید.

در رابطه با رویکرد اجرایی ارزیابی ها، ارزیابی اینکه آیا یک فناوری در افق زمانی به یک سطح آمادگی معین رسیده است یا خیر چندان دشوار نبوده است. این کار نسبت به بررسی اثرات یا سطح اکتساب یک فناوری بسیار آسان تر و عینی‌تر است. روش اول بر خود فناوری تمرکز می کند در حالی که در روش دوم بلوغ فناوری را به طور نامناسبی با بازار و شرایط رقابتی تلفیق می‌کند. بنابراین استفاده از آمادگی فناوری به عنوان یک معیار کلیدی برای ارزیابی اینکه آیا یک پیش بینی موفقیت آمیز است یا خیر توصیه نمی‌شود. علاوه بر این ارزیابی های «اعتبار جزئی» که امتحان شده است نیز مفید بوده و بکارگیری آنها آسان بوده است. مشارکت چندین ارزیاب خبره (در مورد این پژوهش تا ۱۰ نفر) مطلوب است زیرا این کار سبب بهبود کیفیت کلی ارزیابی‌ها می‌شود.

هرچند تمرکز این پژوهش بر روی فناوری دفاعی بوده، محدودیت استفاده از اطلاعات موجود در منابع آشکار، مانع قابل توجهی نبوده است. تنها در چند مورد خبرگان یک موضوع احساس کردند که نمی‌توانند و نباید هیچ گونه نظری درباره یک گزاره پیش بینی ارائه دهند زیرا انجام چنین کاری می‌تواند اطلاعاتی را آشکار کند که برای حوزه عمومی نیست. کم بودن این موارد تا حدی به ماهیت بلند مدت پیش‌بینی‌ها، در افق ۲۰ تا ۳۰ ساله، مربوط است که در این پژوهش در نظر گرفته شده است. پیش بینی در چنین افق های بلند مدتی طبیعتاً در منابع آشکار صورت می گیرد حتی برای فناوری های دفاعی. ارزیابی دقت – به ویژه ارزیابی های سطح واقعی آمادگی فناوری سیستم های تحت بررسی– در زمانی که به فناوری دفاعی پرداخته می شود می‌تواند چالش برانگیز تر باشد؛ اما در عمل مشخص شده است که این کار چندان دشوار نبوده به جز در موارد اندکی که باید از این پژوهش حذف می‌شدند.

با توجه به اینکه فناوری های دفاعی بخش عمده‌ای از اقتصاد را در بر گرفته و یک عامل وجودی در زندگی یک ملت می باشند باید از تحقیقات بیشتری استقبال کرد که دقت پیش بینی بلند مدت فناوری‌های دفاعی را بررسی کنند. کار بعدی باید شامل ایجاد سیستم فرایندی برای پیش بینی پیوسته و ارزیابی فناوری های باشد شاید تا حدودی مشابه با آنچه که توسط پروژه بلند مدت «تک‌کست»[12] صورت می گیرد (هلال ۲۰۱۳).

اگر ارزیابی ها توسط گروه‌های مختلف محققین به دلیل تفاوت در روشهای ارزیابی آن ها قابل مقایسه نباشند، چنین فرآیندی برای ارزیابی پیوسته اثرگذاری کمتری خواهند داشت. ایجاد یک مجموعه هماهنگ استاندارد سازی شده از روش های مناسب برای استفاده یکدست در جامعه پیش بینی فناوری، یک پیشرفت بسیار مطلوب و موضوع مناسبی برای کار بعدی می باشد.

موضوع مهم دیگر برای کار بعدی درباره روش شناسی پیش بینی ارزیابی موارد منفی اشتباه –فناوری هایی که پیش بینی نمی‌شوند در افق زمانی ظهور می کنند– در پیش‌بینی فناوری می باشد. شکست در پیش بینی یک فناوری (مورد منفی اشتباه) به اندازه پیش بینی غلط که یک فناوری ظهور می کند جدی است. اگر کشوری در پیش بینی یک فناوری دفاعی حیاتی و سرمایه گذاری مناسب برای آن شکست بخورد ممکن است با غافلگیری شدیدی از سوی دشمنی مواجه شود که آن فناوری را شناسایی کرده بود. کار بعدی درباره این موضوع ارزش قابل توجهی خواهد داشت.

مطابق این پژوهش، آینده بلند مدت فناوری نه تنها غیر قابل پیش‌بینی نیست؛ بلکه می تواند بسیار دقیق هم باشد. همچنین این پیش‌بینی‌ها می‌توانند سهم ارزشمندی در تصمیمات مدیریت تحقیق و توسعه دفاعی داشته باشد.

[12] TechCast

پیوست الف: فهرست گزاره‌های پیش‌بینی فناوری

پترز (P)، پیش‌بینی ۱۹۹۱؛ نیومان (N)، پیش‌بینی ۱۹۹۶؛ ویکرز (V)، پیش‌بینی ۱۹۹۶؛ اسکالز (S)، پیش‌بینی ۱۹۹۷؛ اوهانلون (O)، پیش‌بینی ۱۹۹۹، سایر پیش‌بینی‌ها (T)

حوزه پیش بینی	گزاره پیش بینی	مرجع پیش بینی
اثرات خط دید	تسلیحات لیزری روی پلتفرم های زمینی یا هوایی موجود نخواهند بود	H
	لیزر توان بالای نصب شده روی یک پلتفرم هوایی رزمی قادر به نابودی یک پلتفرم هوایی دشمن خواهد بود	N ،P
	تفنگ های الکترومغناطیسی روی یک بالگرد مسلح هوایی فعالیت خواهند کرد	P
	تفنگ های الکترومغناطیسی روی پلتفرم‌های زمینی یا هوایی موجود نخواهند بود	H
	مهمات یک تانک به وسیله لیزر هدایت خواهند شد	H
	یک تفنگ به طور خودکار هدف را شناسایی کرده و به طور خودکار شلیک خواهد کرد	P
	یک صلاح RF نصب شده روی یک هواپیما سبب تاثیر وسیعی روی رزمنده‌های زمینی خواهد شد	P
	سرباز پیاده نظام قادر خواهد بود یک سلاح دقیق مینیاتوری را حمل کند که می‌تواند یک تانک را نابود کند	S
	یک سلاح پیاده نظام، سنسوری را حمل خواهد کرد که تصویر اهداف را روی نمایشگر بالای سر، تصویر میکند تا به سمت اهدافی که دیدن آنها دشوار است شلیک کند.	N
اثرات خارج از خط دید	یک UAV یک شناساگر لیزری را حمل خواهد کرد	H
	مهمات کوچک به طور خود مختار روی یک تانک یا سایر اهداف قرار می گیرند	H
	مهمات کوچک گشت‌زن به طور خود مختار روی یک تانک یا سایر اهداف قرار می گیرند	N
	دسته هایی از UAVهای مسلح (مهمات گشت‌زن) قادر خواهند بود اهداف زمینی بسیاری را نابود کنند	V ،H ،S
	یک موشک دارای برد بلند، مانور پذیر و تا حدی خودمختار خواهد بود	V ،H
	مین های دور ایستا از طریق یک شبکه، از راه دور فعال خواهند شد	H
	یک پرتابه جایگزین دارای وزن و حجم بسیار کمتری نسبت به دهه ۱۹۹۰ خواهد بود	S
	یک خمپاره دارای هدایت تغییر خواهد بود	H
	یک موشک توسط یک رادار مستقل برای حمله دقیق حتی در آب و هوای بد هدایت خواهد شد	H
	یک موشک از سنسورهای UAV هدایت می‌شود یا توسط نیروهای زمینی از راه دور فعال می گردد	V
	یک موشک کروز، پنهان کار خواهد شد	V
	یک سیستم شناسایی هدف خودکار استفاده خواهد کرد	N
حفاظت	یک ماشین حفاری تاسیسات زیرزمینی خواهد ساخت	H
	یک سیستم، دفاع موشکی صحنه نبرد ایجاد خواهد کرد	H
	حفاظت در برابر عوامل شیمیایی و بیولوژیکی توسط یونیفرم صورت خواهد گرفت	N
	خودروهای نظامی مجهز به زره پلاسما خواهند شد	T

حوزه پیش بینی	گزاره پیش بینی	مرجع پیش بینی
پلتفرم ها	UAVها برای مجموعه‌ای از فعالیت‌ها از جمله رساندن تسلیحات و جنگ الکترونیک به کار خواهند رفت	H ،V
	UAVها برای روزها در ارتفاعات بالا گشت می زنند	N
	یک تانک (یا تفنگ یا خمپاره) بدون اپراتور فعالیت خواهد کرد	H
	یک وسیله نقلیه زمینه رباتیک (بدون سرنشین) به عنوان یک دیده‌بان به کار خواهد رفت	H ،P
	UAVها به عنوان دیدبان به کار خواهند رفت	P
	خودروهای ضد مین به طور گسترده ای به کار خواهند رفت	H
	یک خودروی رزمی دارای منبع برق جایگزین، کم مصرف و فوق العاده مطمئن خواهد بود	S
	خودروهای رزمی باتری دار موجود نخواهند بود	H
	یک سیستم تولید برق هیبریدی و منبع ذخیره انرژی وزن و حجم بسیار کمتری از دهه ۱۹۹۰ خواهد داشت	S
	یک خودرو به وسیله سلول سوخت هیدروژنی تغذیه خواهد شد	H
	یک وسیله نقلیه زمینی از تشکیل شده از مواد سبک پیشرفته با توان آتش، تحرک و سرعت بسیار بالاتر نسبت به دهه ۱۹۹۰ وجود خواهد داشت	S
	تانک ها نسبت به دهه ۱۹۹۰ سبکتر نخواهند بود	H
	یک تانک رزمی اصلی از یک تفنگ خودکار، سه نفر خدمه در یک اتاقک در بدنه جلو، با مشاهده از طریق سنسورها تشکیل خواهد شد	P
	انواع پلتفرم ها از جمله هلیکوپترها پنهان کار خواهند بود	H ،V
	یک پلتفرم هوایی رزمی از روتور مایل استفاده خواهد کرد	S ،P
	یک خودروی رزمی در پستی و بلندی های زمین بدون تماس با سطح مانور خواهد داد	S
	یک خودروی رزمی زمینی سبک با خدمه درون آن با بلند شدن از روی زمین به وسیله یک سیستم هوایی مانور خواهد داد و با سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت در فواصل بین ۱۵۰۰ کیلومتر جا به جا می شود	S
	پارافویل‌های پنهانکار برای تدارکات دقیق به کار خواهند رفت	V
	پوشش خارجی به عنوان یک سیستم تحرک فردی زره پوش عمل خواهد کرد	V
تسلیحات سایبری و الکترونیک	ویروس های رایانه ای تطبیق پذیر با فاز زمانی قادر به دسترسی و نابودی گره های رایانه ای از راه دور از طریق یک شبکه رایانه ای می باشند	V ،P
	یک سلاح RF قادر به حمله به شبکه‌های ارتباطی خواهد بود	H
	یک سلاح پالس الکترومغناطیس EMP اثرات منطقه ای ایجاد خواهد کرد	V
	یک سلاح بر پایه ایجاد باریکه میکروویو توان بالا HPM خواهد بود	V
	یک سیستم حمله سایبری قادر به فریب سیستم اطلاعات دشمن در رابطه با موقعیت یا وضعیت نیروها خواهد بود	V
	سیستم های سایبری و جنگ الکترونیک قادر به ایجاد بار اضافی اطلاعاتی روی دشمن خواهند بود	V
	یک UAV به عنوان یک اخلال گر فعالیت خواهد کرد	P
	یک سیستم اختلال توان بالا قادر به نابودی سیستم های الکترونیکی دشمن خواهد بود	P
	یک سامانه اخلال کننده لیزری قادر خواهد بود تجهیزات الکترواپتیکی دشمن را نابود کند	T

حوزه پیش بینی	گزاره پیش بینی	مرجع پیش بینی
حسگری و جمع آوری اطلاعات	رادارها در زمین و دیوار نفوذ خواهند کرد	H
	یک رادار نفوذ کننده به شاخ و برگ قادر به دیدن کف جنگل خواهد بود	H
	سنسورهای چند طیفی موجود خواهند بود	V
	دوربین ها قادر به مشاهده در آب و هوای بد، روز یا شب خواهند بود	N
	UAVهای مینیاتوری و سنسورهای زمینی بدون نفر قادر به ردیابی دشمن در محیط های شهری و پیچیده خواهند بود	H
	سنسورهای زمینی بدون نفر که از هوا فرود می آیند نیروهای دشمن را با حسگری حرارت، حرکت، صدا و بخارات شناسایی و گزارش خواهند کرد	N
	شبکه های سنسور های زمینی به مجموعه ای از UAVها در ارتفاع های مختلف متصل خواهند شد و به عنوان چشم خواهند کرد	S
	چندین UAV یک شبکه روی میدان نبرد شکل خواهند داد که تصاویر منطقه را مخابره می‌کند	N
	ماهواره ها و پلتفرم هایی مانند JSTARS نیروهای دشمن را ردیابی خواهند کرد	H
	یک سنسوره بدون اپراتور، داده‌های آنبرد را پردازش کرده و اهداف را شناسایی خواهد کرد	H
	یک آشکارساز تک تیرانداز، شناسایی را بعد از نخستین شلیک انجام خواهد داد	H
	گردان‌های خط مقدم قادر به استفاده از UAVهایی به اندازه کف دست خواهند بود تا تصاویر را از چند صد یارد جلوتر مخابره کنند	N
	کلاه خود سرباز دارای یک دوربین خواهد بود و تصویر ویدیویی زنده آن به شبکه منتقل خواهد شد	N
	سربازان یک ابزار شناسایی رزمی حمل خواهند کرد که از شلیک توسط نیروهای خودی جلوگیری خواهد کرد	N
	سامانه‌های آشکارساز مبتنی بر پرتو ایکس قادر به آشکارسازی تهدیدات تروریستی از راه دورخواهند بود	T
	سامانه‌های آشکارساز مبتنی بر لیزر و تراهرتز قادر به آشکارسازی تهدیدات تروریستی از راه دورخواهند بود	T
فرماندهی و کنترل	رایانه ها به طور گسترده ای در میدان نبرد به کار خواهند رفت	H
	داده های ضروری میدان نبرد در یک انبار دیجیتال جمع آوری خواهد شد	S
	اطلاعات درباره هر چیز نزدیک از ماهواره ها به UAVها به UGSها شبکه خواهد شد و روی کل صحنه نبرد در یک تصویر زمان واقعی یکپارچه می‌گردد	N
	رایانه ها قادر به پردازش اطلاعات بسیار زیاد از قبیل میلیون‌ها تصویر، فیلتر و مجموعه سازی هم ها در یک تصویر موزاییکی خواهند بود	N
	تصویر صحنه نبرد هر ۲۰ ثانیه به طور خودکار به روز رسانی خواهد شد	N
	یک سیستم مشاهده دائمی بالای سرت یک نیروی رزمنده به پرواز در آمده و از آن در برابر غافلگیری تاکتیکی و با پیش بینی آتش در چند ثانیه محافظت خواهد کرد	S
	شبکه ای از سنسورها و تیر انداز ها قادر به نابودی دشمن در فراتر از بازه تسلیحات تاکتیکی دشمن خواهد بود	S
	شبکه های غیر همسان در منطقه وسیعی و به هر رزمنده مجزا متصل خواهند شد	V

حوزه پیش بینی	گزاره پیش بینی	مرجع پیش بینی
	اطلاعات هدف به سرعت بین پلتفرم ها منتشر خواهد شد به گونه‌ای که خود یک سلاح نیاز به تعیین هدف نداشته باشد	H
	شبکه ها ظرفیت توزیع تصویر روی میدان نبرد را نخواهند داشت	H
	UAVها پشتیبانی از ماهواره ها را به منظور اطمینان از ارتباط شبکه ای ایجاد خواهند کرد	S ،H
	یک فرمانده قادر خواهد بود هر پلت‌فرم دشمن را روی یک صفحه نمایش مشاهده کند و کلیک کردن روی یک آیکون، جزئیاتی مانند مسیر UAV را ارائه خواهد کرد	N
	فرماندهان قادر به حمله مستقیم سریع با یک کلیک روی آیکون های هدف تعیین شده توسط نرم افزار خواهند بود	N
	فرماندهان به تصویر مشترک متصل خواهند ماند حتی زمانی که آنها در حال حرکت هستند	N
	در یک هلیکوپتر مسلح، اطلاعات فراوان و داده‌های سنسور روی نمایشگر ها ترکیب خواهند شد	P
	کلاه خوده سربازان دارای یک نمایشگر با اطلاعات اهداف دشمن و موقعیت خودی خواهد بود که از منابع مختلف به دست آمده است	H،N
	فرماندهان از سامانه‌های سلولار ارتباطی نسل‌های جدید در هدایت صحنه نبرد بهره خواهند برد	T

مراجع:

Albright, R.E., 2002. What can past technology forecasts tell us about the future? Technol. Forecast. Soc. Chang. 69 (5), 443–464.

Applegate, M., 2001. Preparing for Asymmetry: As Seen Through the Lens of Joint Vision 2020. Army War College, Strategic Studies Institute, Carlisle Barracks, PA.

Armstrong, J. S.,2001. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, xii and 849 pages. ISBN 0-7923-7930-6

Armstrong, J.S., 2006. How to make better forecasts and decisions: avoid face-to-face meetings. International Journal of Applied Forecasting 5, 3–15.

Armstrong, J.S., Grohman, M.C., 1972. A comparative study of methods for long-range market forecasting. Manag. Sci. 19 (2), 211–221.

Ascher, W., 1979. Problems of forecasting and technology assessment. Technol. Forecast. Soc. Chang. 13 (2), 149–156.

Berg, J.E., Nelson, F.D., Rietz, T.A., 2008. Prediction market accuracy in the long run. Int. J. Forecast. 24 (2), 285–300.

Biddle, S., 1998. The past as prologue: assessing theories of future warfare. Secur. Stud. 8 (1), 1–74.

Campbell, I., 2007. Chi-squared and Fisher-Irwin tests of two-by-two tables with small sample recommendations. Stat. Med. 26, 3661–3675.

Carbone, R., Andersen, A., Corriveau, Y., Corson, P.P., 1983. Comparing for different time series methods the value of technical expertise individualized analysis, and judgmental adjustment. Manag. Sci. 29 (5), 559–566.

Coccia, Mario, 2017. The source and nature of general purpose technologies for supporting next K-waves: global leadership and the case study of the US Navy's Mobile User Objective System. Technol. Forecast. Soc. Chang. 116, 331–339.

Coccia, Mario, 2018. A theory of the general causes of long waves: War, general purpose technologies, and economic change. Technol. Forecast. Soc. Chang. 128, 287–295.

Collins, K., 2014. In 1964 Isaac Asimov accurately predicted how technology would look in 2014. In: WIRED, Friday 3 January 2014, online at. http://www.wired.co.uk/article/asimov-2014-technology-predictions.

Department of Defense (DoD), 2009. Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook. http://www.acqnotes.com/Attachments/Technology%20Readiness%20Assessment%20 Deskbook.pdf.

Doos, L., Packer, C., Ward, D., Simpson, S., Stevens, A., 2016. Past speculations of thefuture: a review of the methods used for forecasting emerging health technologies. BMJ Open 6 (3), e010479.

Firat, A.K., Woon, W.L., Madnick, S., 2008. Technological Forecasting–A Review. Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

Fye, S.R., Charbonneau, S.M., Hay, J.W., Mullins, C.A., 2013. An examination of factors affecting accuracy in technology forecasts. Technol. Forecast. Soc. Chang. 80 (6), 1222–1231.

Goldstein, Joshua S., 2006. The predictive power of long wave theory, 1989–2004. In: Devezas, Tessaleno C. (Ed.), Kondratieff Waves, Warfare and World Security. vol. 5.IOS Press, pp. 137–144.

Goldstein, D.G., Gigerenzer, G., 2009. Fast and frugal forecasting. Int. J. Forecast. 25 (4), 760–772.

Gordon IV, J., Wilson, P.A., 1998. The Case for Army XXI Medium-weight Aero-motorized Divisions: A Pathway to the Army of 2020. Strategic Studies Institute, US Army War College, Carlisle Barracks, PA.

Goure, D., 2017. Will proposed reforms really make army acquisition faster? In: The National Interest, December 19, 2017; online at. http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/will-proposed-reforms-really-make-army-acquisition-faster-23725.

Grove, W.M., Zald, D.H., Lebow, B.S., Snitz, B.E., Nelson, C., 2000. Clinical versus mechanical prediction: a meta-analysis. Psychol. Assess. 12 (1), 19.

Halal, W.E., 2013. Forecasting the technology revolution: results and learnings from the TechCast project. Technol. Forecast. Soc. Chang. 80 (8), 1635–1643.

Hardie, Iain, Johnson, Dominic, Tierney, Dominic, 2011. Psychological aspects of war.The Handbook on the Political Economy of War 72.

Hughes, P.M., 2003. Future conditions: the character and conduct of war, 2010 and 2020. In: Briefing Presented at Center for Information Policy Research. Harvard University, Guest Presentations, Spring.

Kott A, Perconti P., 2018 Long-term forecasts of military technologies for a 20–30 year horizon: an empirical assessment of accuracy. Technological Forecasting and Social Change.

Krepinevich, A.F., 1992. The Military-technical Revolution: A Preliminary Assessment. Center for Strategic and Budgetary Assessments, Washington, DC.

Lerner, J.C., Robertson, D.C., Goldstein, S.M., 2015. Case studies on forecasting for innovative technologies: frequent revisions improve accuracy. Health Aff. 34 (2), 311–318.

Lorek, K.S., McDonald, C.L., Patz, D.H., 1976. A comparative examination of management forecasts and Box-Jenkins forecasts of earnings. Account. Rev. 51 (2), 321–330.

Makridakis, S., Hibon, M., 2000. The M3-competition: results, conclusions and implications. Int. J. Forecast. 16 (4), 451–476.

Makridakis, S., Hibon, M., Moser, C., 1979. Accuracy of forecasting: an empirical investigation. J. R. Stat. Soc. Ser. A 142 (2), 97–145.

Murray, Williamson R., Millett, Allan R., 1998. Military Innovation in the Interwar Period. Cambridge University Press.

Newman, R.J., 1996. Warfare 2020. US News & World Report 121 (5), 34–41.

O'Hanlon, M.E., 2000. Technological Change and the Future of Warfare. Brookings Institution Press, Washington, DC.

O'Hanlon, M.E., 2019. Forecasting change in militarytechnology, 2020-2040.The paper draws from Michael E. O'Hanlon, The Senkaku Paradox: Risking Great Power War Over Small Stakes (Washington, DC: Brookings Institution Press, forthcoming 2019).

Parente, R., Anderson-Parente, J., 2011. A case study of long-term Delphi accuracy. Technol. Forecast. Soc. Chang. 78 (9), 1705–1711.

Peters, R., 1991. The War in 2020: Bush, Clinton, and the Generals. Pocket Books, NewYork, NY.

Rowe, G., Wright, G., 2011. The Delphi technique: past, present, and future prospects—introduction to the special issue. Technol. Forecast. Soc. Chang. 78 (9),1487–1490.

Ruttan, V.W., 2006. Is war necessary for economic growth? In: Military Procurement and Technology Development. Oxford University Press, New York.

Scales, B., 2017. Battle for Army's soul resumes: lessons from army after next. In: Breaking Defense. 28 Apr. 2017, . http://breakingdefense.com/2017/03/battle-for-armyssoul-resumes-lessons-from-army-after-next/.

Scales Jr., R.H., 1997. The annual report for the army after next project to the chief of staff of the army, July 1997. Fort Monroe, VA: U.S. Army training and doctrine command. Cited from: Scales Jr., R. H. (2000). In: Revised Edition of Future Warfare Anthology. U.S. Army War College, Carlisle Barracks, PA.

Scales Jr., R.H., Parmentola, J.A., 1998. The army after next: intertwining military art, science, and technology out to the year 2025. Army RD&A journal. Cited from: Scales Jr., R. H. (2000). In: Revised Edition of Future Warfare Anthology. U.S. Army War College, Carlisle Barracks, PA.

Van Creveld, M., 2010. Technology and War: From 2000 BC to the Present. Simon and Schuster, New York, NY.

Vickers, M.G., 1996. Warfare in 2020: A Primer. Center for Strategic and Budgetary Assessments.