Volume 14, Number 3, Fall 2021

Journal of

Science & Technology Policy

Technology Scouting and Trend Analysis in Strategic Industries; The Case of Small UAV

Siamak Tahmasebi[1*], Fatemeh Kiani[2], Farhad Nazarizadeh[3], Manuchehr Masoumi[4], Firooz Payervand[5]

1-Ph.D. in Industrial Management, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
2- Ph.D. Student of Aerospace, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
3- Assistant Professor, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
4-M.s. in Management, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
5- Ph.D. in Physics, AmirKabir university, Tehran, Iran.

Abstract

The rapid development of Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology is astounding, and its applications are becoming more diverse as these products evolve. The cheapness and ability to hide Small UAV has led to an increase in military applications such as intelligence, attacks, and so on. Therefore, countries must have a proper knowledge of this technology to protect its sky security. Understanding the future technologies of small UAV will make it possible to raise awareness and prevent surprises. The main purpose of this article is to identify future trends in Small UAV technologies. The research method used in it is of the "combined method" type, in that the initial list of trends was prepared with the observation approach and the "library study" method and was reviewed and improved in several expert meetings. The designated experts were more than 20 designers and officials related to Small UAV. For a more accurate analysis, the method "Trend Impact Analysis Method" was used and the opinions of the mentioned experts were collected in the form of a questionnaire and the probability of occurrence of each process and its importance were analyzed in the form of "Issues-Priority Matrix". The final results showed that "increasing levels of intelligence and collective cooperation between Small UAV" is the most important future trend of small birds, and "increasing resistance to offensive attack" is in the second place in the future developments of these birds.

Keywords: Small UAV, UAV, Technology Scouting, Trend.

* Corresponding author: tahmasebysiamak@gmail.com

فصلنامه علمی-پژوهشی

سیاست علم و فناوری

سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

دیده‌بانی و تحلیل روند فناوری‌های صنایع راهبردی؛ مطالعه موردی ریزپرنده‌ها

سیامک طهماسبی[1*]، فاطمه کیانی[2] ، فرهاد نظری‌زاده[3]، منوچهر معصومی[4]، فیروز پایروند[5]

۱- دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

۲- دانشجوی دکتری هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

۳- استادیار گروه فناوری و راهبرد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

٤- کارشناس ارشد مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

۵- دکترای فیزیک، دانشگاه امیرکبیر، تهران.

چکیده

سرعت پیشرفت فناوری ریزپرنده‌ها حیرت‌آور بوده و به موازات توسعه این محصولات، کاربرد آن هم متنوع‌تر می‌شود. ارزان بودن و قابلیت مخفی‌شدن ریزپرنده‌ها منجر به افزایش کاربردهای نظامی مانند جاسوسی، جمع‌آوری اطلاعات، حملات انتحاری و... شده‌است. بنابراین ایران باید برای صیانت از امنیت آسمان خود، شناخت مناسبی از این فناوری داشته باشد. شناختِ روندِ فناوری‌هایِ آتی ریزپرنده‌ها، امکان ارتقای آگاهی و جلوگیری از غافلگیری را فراهم می‌کند. البته مشخص است که روند تغییرات فناوری ریزپرنده روبه‌رشد است ولی این‌که چه فناوری‌هایی باعث تسریع رشد خواهند شد و تغییر در کدام فناوری‌ها باعث ظهور تهدیدهای آینده می‌شود، اهمیت دارد. باتوجه به مطالب ذکرشده، هدف اصلی این مقاله شناسایی روندهای فناوری‌هایِ آتی ریزپرنده‌ها است. روش تحقیق مورد استفاده در آن از نوع «روش ترکیبی» است؛ فهرست اولیه روندها با رویکرد دیده‌بانی و به روش «مطالعه کتابخانه‌ای» تهیه شده و در جلسات خبرگانی متعدد، بررسی و ارتقا یافت. خبرگان تعیین‌شده ۲۵ نفر از طراحان و مسئولین مرتبط با ریزپرنده‌ها بودند. برای تحلیل دقیق‌تر، از روش «تحلیل تاثیر بر روند» استفاده شده و نظرات خبرگان یادشده در قالب پرسشنامه جمع‌آوری و احتمال وقوع هر روند و میزان اهمیت آن در قالب «ماتریس اولویت مسائل» مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نهایی نشانگر این بود که «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی بین ریزپرنده‌ها» مهمترین عوامل تاثیر گذار بر روند آتی ریزپرنده‌ها بوده و «افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی» در رتبه دوم تحولات آتی این پرنده‌ها قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: ریزپرنده، پهپاد، دیده‌بانی فناوری، روند.

برای استنادات بعدی به این مقاله، قالب زیر به نویسندگان محترم مقالات پیشنهاد می‌شود:

Tahmasebi, S., Kiaei, F., Nazarizadeh, F., Masoumi, M. & Payervand, F. (2021). **Technology Scouting and Trend Analysis in Strategic Industries; The Case of Small UAV.** *Journal of Science & Technology Policy*, 14(3), 71-89. {In Persian}.
DOI: 10.22034/jstp.2021.14.3.1298

۱- مقدمه

ایران همواره یکی از عناصر مهم در تحلیل‌های نظامی از منطقه بوده است. آمریکا به ویژه در دوران جنگ سرد تلاش نمود تا دامنه فعالیت‌های خود را در ایران گسترش داده و بر مبنای دکترین نیکسون، توان نظامی ایران را برای مقابله با شوروی سابق تقویت نماید [۱]. با این اوصاف به‌کارگیری پهپادها در ایران از سال ۱۳۵۰ با خرید پهپادهایی از ایالات متحده شروع شد. این پهپادها از انواع هواپیماهای کوچک

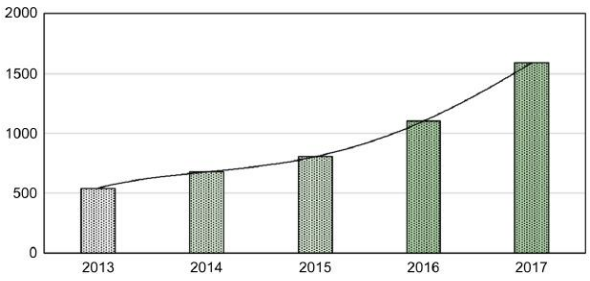
DOI: 10.22034/ jstp.2021.14.3.1298

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: tahmasebysiamak@gmail.com

رادیوکنترل بود که در ارتش برای تست هدف‌زنی توپ‌های ضدهوایی و آموزش اپراتورهای پدافند استفاده می‌شد[1] [۲]. طراحی و ساخت پهپادها در کشورمان عملاً از سال ۱۳۶۳ در بحبوحه جنگ تحمیلی با پروژه هواپیمای تلاش شروع شد و در کلاس سنگین‌تر هواپیمای موتور پیستونی با برد متوسط ساخته شد که امروزه به نام شهید مهاجر از آن یاد می‌شود. در عملیات‌های کربلای ٤ و ٥، حضور پهپاد و تیم شهید مهاجر و عکاسی از چیدمان نیروهای دشمن بعثی اطلاعات ذی‌قیمتی به فرماندهان عملیات داد به طوری که در محورهای لو رفته عملیات، تاکتیک‌ها و آرایش نیروها توسط فرماندهان تغییر نمود به‌گونه‌ای که جان هزاران رزمنده نجات پیدا نمود و مواضع دشمن با دقت بیشتری درهم کوبیده شد.

طبق تحقیقی که در معاونت علمی ریاست جمهوری با کمک انجمن هوایی و فضایی ایران انجام شده [۲] از سال ٦٥ تا سال ۷۵ اغلب کاربرد پهپادها به فعالیت‌های صرفاً نظامی و امنیتی معطوف می‌شد که در مجموعه‌های دولتی، طراحی و ساخت آن صورت می‌گرفت. از سال ۷۵ تا ۸۵ شرکت‌های خصوصی در این زمینه تأسیس شدند که عموماً از فارغ التحصیلان متخصص بعد از انقلاب و نسل جوان محسوب می‌شدند که تأمین‌کننده نیازهای صنعت دفاعی کشور از جمله ارتش، سپاه و وزارت دفاع بودند، در این دوره نسل‌های جدیدی از پرنده‌های بدون سرنشین توسعه یافتند که می‌توان از آن جمله به پرنده‌های نسل دوم ابابیل، مهاجر ۲ تا ٤، صاعقه، شاهین و همچنین پهپاد دست پرتاب عقاب اشاره نمود. همچنین بین صنایع نظامی فعال در صنعت پهپاد و دانشگاه‌ها ارتباط نزدیک‌تری به‌وجود آمد که از آن جمله می‌توان به فعالیت‌های مرکز تحقیقاتی هوافضای فرناس در جهاد دانشگاهی و تیم‌های فعال پهپادی در دانشگاه‌های صنعتی شریف، صنعتی امیرکبیر، امام حسین، مالک‌اشتر و صنعتی اصفهان اشاره نمود. از سال ۸۵ فعالیت‌های پهپادی و خدمات آن در حوزه‌های غیرنظامی گسترش یافت که مهمترین آن در حوزه سینما، عکاسی، حراست و دیده‌بانی صورت گرفت به خصوص از سال ۸۸ که ظهور روبات‌های پرنده این امکان را فراهم کرد تا بدون زمین پرواز، بدون نیاز به سوخت، بدون ادوات سنگین، حتی در یک باغچه یا بالای پشت بام پرواز و عملیات انجام دهد. تحولات عظیم صورت گرفته در صنعت پهپاد باعث گسترش کاربردهای آن در حوزه های مختلفی مانند تصویربرداری، نقشه برداری، سنجش‌از دور، محیط‌بانی، مرزبانی، مستندسازی، خبرنگاری، سمپاشی، امداد و نجات، مدیریت بحران، کنترل ترافیک، بازرسی خطوط نفت‌وگاز و برق و معدن شده است.

به موازات توسعه کاربردهای مختلف پهپاد، تحقیقت علمی و مقالات پژوهشی منتشرشده در این عرصه نیز در حال افزایش است؛ به گونه‌ای که تعداد مقالات منتشرشده در پایگاه وب آو ساینس [٤] از ۵۰۰ مقاله در سال ۲۰۱۳ به بیش از ۱۵۰۰ مقاله در سال ۲۰۱۷ رسیده است (مطابق شکل ۱).

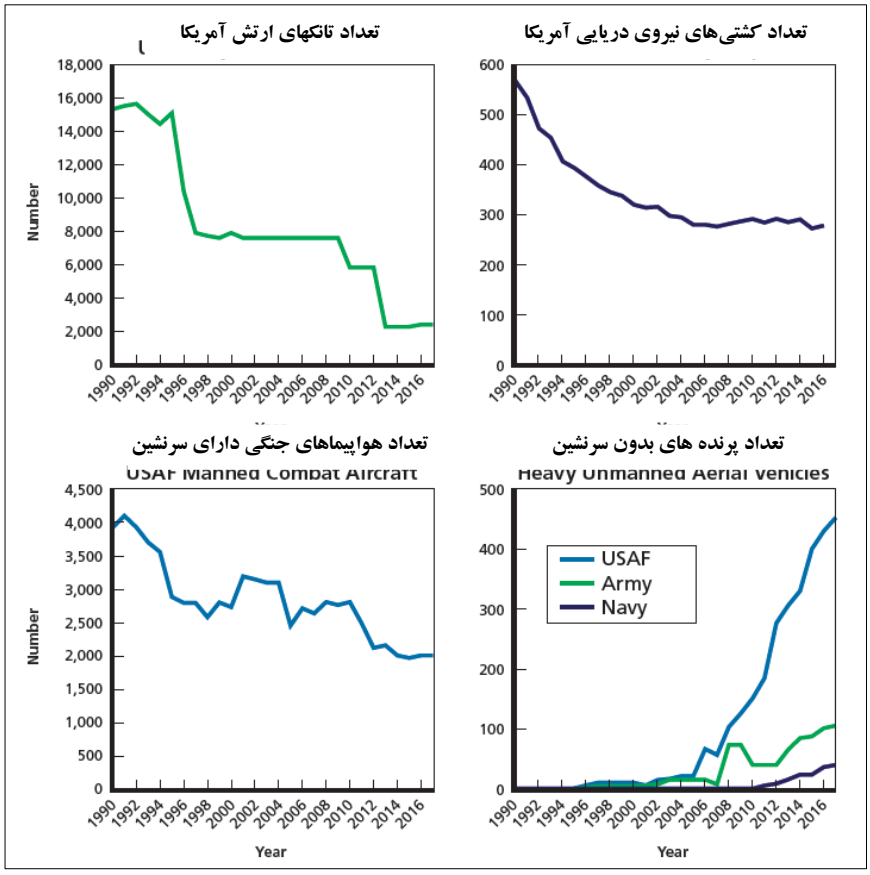


شکل ۱) تعداد مقالات منتشرشده در WOS در خصوص پهپادها (سالهای ۲۰۱۷-۲۰۱۳)

روند توسعه پهپادها در جهان نیز سرعت بالایی دارد و تحولات متعددی در این زمینه دیده می‌شود. به گونه‌ای که دکترین دفاعی کشورها تغییر کرده و تمایل به استفاده از پهپادها بجای هواپیماهای سرنشین‌دار افزایش یافته‌است. شکل ۲ که توسط موسسه رند منتشر شده، نشانگر کاهش تعداد ادوات جنگی آمریکا اعم از تانک، ناوهای جنگی و هواپیماهای سرنشین‌دار است و در مقابل افزایش چشمگیر تعداد پهپادها در دو دهه اخیر نشان می‌دهد [۳].

با توسعه فناوری‌های مختلف، شاهد کاهش وزن و اندازه در پرنده‌های بدون سرنشین هستیم که از آن‌ها با نام «ریزپرنده» یاد می‌شود. این محصولات خدمات خوبی در عرصه‌های تجاری به جامعه بشری ارائه کرده‌اند و در کنار آن، صحنه جنگ را نیز دستخوش تغییر قرار داده‌اند. تعداد ریزپرنده‌هایی که امروزه برای مقاصد جنگی طراحی می‌شود، کم نیستند. دانشگاه‌های مختلف دنیا و شرکت‌های بزرگ سازنده ادوات

[1] در دهه سوم انقلاب، بومی‌سازی این سامانه‌ها به نتیجه رسید به طوری که در حال حاضر در قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء انواع پهپادهای هدف از جمله پهپاد جت کرار کاملا بومی و در حال استفاده می‌باشد.



شکل ۲) افزایش روز افزون پهپادها در نیروهای نظامی آمریکا و کاهش هواپیماهای سرنشین‌دار

جنگی برای توسعه ریزپرنده‌ها سرمایه‌گذاری وسیعی انجام داده‌اند [۵] که در ادامه به برخی از این سرمایه‌گذاری‌ها و پیشرفت‌ها اشاره می‌شود:

- شرکت Spear UAV متعلق به صنایع دفاعی رژیم صهیونیستی در سال ۲۰۱۷ میلادی تأسیس شده است. محصولات این شرکت به‌منظور ارائه سریع اطلاعات، نظارت، دستیابی به هدف و شناسایی، برتری تاکتیکی در مأموریت‌های راهبردی، تاکتیکی و میکروتاکتیکی طراحی شده است که تحت عنوان «Ninox» نام‌گذاری شده‌اند. این شرکت یک سامانه هوایی بدون سرنشین[1] با نام « Ninox 40» رونمایی کرده که می‌تواند منجر به انقلابی در ایجاد آگاهی وضعیتی لحظه‌ای در میادین نبرد برای ارتش‌ها و اعضاء گاردهای ملی گردد. پهپاد اشاره‌شده دارای وزنی کمتر از ۲۵۰ گرم می‌باشد و می‌تواند به‌مدت ۴۰ دقیقه در آسمان پرواز نماید.
- استفاده از پهپادها و ریزپرنده های پیشرفته در جنگ قره‌باغ: هرچند بین دو کشور آذربایجان و ارمنستان جنگ‌های متعددی در سالیان قبل اتفاق افتاده بود ولی هیچ یک از آنها برتری برجسته‌ای نسبت به رقیب خود نداشتند تا اینکه در جنگ سال ۲۰۲۰ جمهوری آذربایجان از پهپادها و ریزپرنده‌های پیشرفته استفاده کرد، مانند پهپاد (Bayraktar TB2) ساخت ترکیه و هاروپ[2] ، هرمس[3]، مینی‌هارپی و اسکای‌استریکر[4] که ساخت رژیم صهیونیستی هستند. برخی از این پرنده‌های بدون سرنشین که از نوع انتحاری بودند، توانستند سامانه‌های پیشرفته پدافندی ارمنستان مانند S300 را منهدم کنند.
- پروژه‌های متعدد و پیشرفته‌ای که دارپا[5] با دانشگاه زوریخ و دلف[6] برای ارتقای توان ریزپرنده‌ها در کلاس‌های مختلف بالاخص مولتی روتورها دارد.

[1] UAS: Unmanned Arial System

[2] پهپاد هاروپ (IAI Harop) ساخت شرکت هوافضای Israel Aerospace Industries که به شکل انتحاری عمل می‌کند. این پرنده ۱۳۵ کیلویی دارای سرجنگی به وزن ۲۳ کیلو بوده و شعاع عملیاتی آن ۱۰۰۰ کیلومتر است.

[3] پهپاد هرمس (Hermes 450) ساخت شرکت رژیم صهیونیستی (Elbit Systems) است که یک نمونه آن در سال ۱۳۹۳ که در حال جاسوسی حوالی نطنز بود توسط سامانه پدافندی سرنگون شد.

[4] SkyStriker

[5] DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency

[6] Delft University of Technology

در مقابل پیشرفت‌های فناورانه در عرصه پهپادها و ریزپرنده‌ها، کشورهای مختلف سعی می‌کنند سامانه‌های پدافندی خود را تقویت کنند. مثلاً وزارت دفاع آمریکا جدیداً از امضاء توافق‌نامه‌ای به ارزش حدود ٤٢٥,٨ میلیون دلار با شرکت SRC Inc جهت توسعه، تولید، استقرار و پشتیبانی سامانه جدید ضدهواپیماهای بدون‌سرنشین کوچک و سبک (تحت عنوان E-LIDS) خبر داد که تاریخ تکمیل این پروژه سال ۲۰۲۵ برآورد شده است. این سامانه ضدپهپادی برای محافظت از سربازان در برابر پهپادهای کوچک طراحی شده که با سرعت و در ارتفاع‌های مختلف پرواز می‌کنند. این سامانه جدید قادر است هواپیماهای بدون‌سرنشین کوچک را کشف، ردیابی، شناسایی و دفع نماید. همچنین شرکت رافائل رژیم صهیونیستی با همکاری شرکت ریتون آمریکا اقدام به ارتقای سامانه پدافندی گنبد آهنین، فلاخن داوود و سامانه دفاع موشکی آرو کرده است. کشور قطر نیز با کمک شرکت ریتون سامانه نسام[1] که یک سامانه موشکی زمین به هوای پیشرفته کوتاه و میانبرد زمین پایه و مخصوص دفاع از صحنه عملیات می‌باشد را توسعه داده و مستقر می‌کند.

موارد بالا نمونه‌ای کوچک از پیشرفت‌های ریزپرنده‌ها از یک سو و پیشرفت سامانه‌های پدافندی از سوی دیگر می‌باشد. در این بین مسئله این است که جمهوری اسلامی ایران برای صیانت از آسمان خود و حفظ امنیت آسمان با چه تهدیدهایی از ناحیه ریزپرنده‌ها مواجه خواهد شد؟ مهمترین تهدیدهایی که متوجه آسمان ایران است چه مختصاتی دارد؟ باتوجه به این مساله، هدف پژوهش به این شکل تعریف می‌شود: «شناسایی تهدیدهای آینده هوایی کشور از ناحیه ریزپرنده‌ها». باتوجه به هدف ذکر شده، سوالات ذیل برای این پژوهش تعریف می‌گردد:

۱) روندهای مهم مربوط به توسعه ریزپرنده‌ها در افق ۵ سال آینده چگونه خواهد بود؟

۲) روندهای شناسایی‌شده چه تاثیری بر تهدیدهای هوایی کشور از ناحیه ریزپرنده‌ها ایجاد خواهد کرد؟

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱ مفهوم رصد و دیده‌بانی فناوری

دیده‌بانی[2]، کشف ارتباط درونی اطلاعات خارجی در موضوعاتی است که می‌تواند به‌طور بالقوه بر جریان تصمیم‌گیری سازمان تأثیر بگذارد. دیده‌بانی بر روی تشخیص رویدادها و روندهای در حال پیدایش، موقعیت‌ها و دشواری‌های بالقوه‌ای تمرکز می‌کند، که می‌تواند آینده یک سازمان را دستخوش تغییر قرار دهد. اطلاعات گردآوری‌شده (رویدادها، روندها و روابط برون سازمانی) در اختیار مدیران کلیدی سازمان قرار می‌گیرد تا پس از تحلیل و تفسیر آن، از نتایج به‌دست‌آمده به‌عنوان راهنمای مدیریت در برنامه‌های آینده استفاده کنند. همچنین از این اطلاعات برای ارزیابی نقاط ضعف و قوت یک سازمان در پاسخ به تهدیدهای خارجی و فرصت‌ها استفاده می‌شود. در حقیقت، دیده‌بانی روشی برای شناسایی؛ گردآوری و بررسی اطلاعات درباره عوامل مؤثر بر روی برنامه‌ها و تصمیم‌گیری‌هاست.

دیده‌بانی را از منظرهای مختلفی می‌توان انجام داد که یکی از مهمترین آن‌ها «دیده‌بانی فناوری» است: رویکردی نظام‌مند به جمع‌آوری اطلاعات علمی و فنی که با هدف کسب و ارائه آگاهی و به منظور شناخت فناوری‌ها و افزایش هوشیاری درباره تهدیدها و فرصت‌های ناشی از آنها انجام می‌شود. به عبارت دیگر، زیرنظرگرفتن پیشرفت‌های فناوری و کاوشی که در باب پدیده‌های نوظهور علمی و فنی در چارچوب رصد فناوری مورد توجه سیاستگذاران، مدیران فناوری و آینده‌پژوهان قرار دارد تحت عنوان «دیده‌بانی فناوری» شناخته می‌شود [٦]. در تعریف دیگری اینگونه ذکر شده است: فعالیت‌هایی که با جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و اشاعه اطلاعات مرتبط و مناسب، بینشی لازم و به موقع را نسبت به روندها و واقعیت‌های موجود فناورانه (تهدیدها و فرصت‌ها) محیطی بیرونی یک سازمان ایجاد نموده و بدین وسیله از فرایندهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در زمینه مسائل فناورانه و همچنین مدیریت کل سازمان پشتیبانی می‌کند. برای اجرای دیده‌بانی فناوری، طی یک رویکرد نظام‌مند، افرادی به صورت تمام وقت یا پاره‌وقت یا مشاور بیرونی برای جمع‌آوری اطلاعات در یک حیطه علمی یا حیطه فناوری خاصی تخصیص یافته و پس از جمع‌آوری اطلاعات اقدام به تحلیل آنها می‌کنند [۷].

[1] NASAM: National Advanced Surface to Air Missile System

[2] Scouting

در این حوزه که علاوه بر دیده‌بانی و رصد[1] از اصطلاحات مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت اند از [۸]:

- پویش فناوری[2] : فرایند جستجو و آگاهی یافتن از روندهای جدید و ناشناخته فناورانه.
- پایش فناوری[3] : فرایند نظارت و پیگیری مستمر روندهای جدید فناورانه شناسایی شده به منظور کشف تغییر و تحولات و گسستگی‌های فناوری.
- پیش‌بینی فناوری[4]: فراتر از مشاهده علایم و رویدادها فناورانه رفته و براساس این مشاهدات، تغییر و تحولات محتمل فناوری در آینده را پیش‌بینی می‌کند.
- فن‌کاوی[5]: کاربرد ابزارهای متن‌کاوی در زمینه اطلاعات علوم و فناوری به منظور بهبود فرایند نوآوری فناورانه.
- هوشمندی فنی رقابتی[6]: فرایند جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و انتشار اطلاعات مرتبط با پیشرفت‌ها و روندهای علمی و فناوررانه در محیط رقابتی شرکت.
- جاسوسی صنعتی[7]: جمع‌آوری اطلاعات صنعتی و فناورانه یک شرکت یا کشور دیگر از طریق غیر قانونی و استفاده از آن به نفع خود.

همانگونه که ذکر شد، علی‌رغم وجود تفاوت‌های جزئی، می‌توان گفت که هدف همه آنها مشابه هم بوده و به دنبال کسب اطلاعات و آگاهی جهت اجتناب از غافلگیری و اتخاذ تصمیمات هوشمندانه‌تر هستند و به یک سازمان کمک می‌کند تا تغییرات محیطی را شناسایی کرده و نحوه عکس‌العمل خود را درست طراحی نماید. پیشرفت به سمت آینده‌ای که عدم قطعیت بالا از مختصات آن است، نیازمند فعالیت آینده‌پژوهانه بیشتری بوده و دیده‌بانی تحولات و شناسایی روندهای درحال ظهور، موضوعی حیاتی محسوب می شود [۹]. براساس نگاه روهبرک[8] نتایج مورد انتظار از دیده‌بانی عبارت است از: ۱. شناسایی سریع فناوری‌ها، روندهای فناورانه و شوک‌های فناورانه ۲. افزایش آگاهی از تهدیدها و فرصتهای ناشی از پیشرفت‌های فناورانه ۳. تحریک نوآوری از طریق ترکیب گزارش‌های فناوری و ارزیابی پتانسیل‌های کسب‌وکار ٤. تسهیل منبع‌یابی خارجی فناوری از طریق ایجاد ارتباط میان شبکه دیده‌بانان فناوری و منابع اطلاعات.

نکته مهمی که دیگری که باید به توجه داشت، عرصه‌های دیده‌بانی است یعنی چه چیزی را باید دیده‌بانی کرد؟ از یک لحاظ دیده‌بانی را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد:

۱) دیده‌بانی گسترده بدون جهت‌گیری خاص: آن دسته از فعالیت‌های دیده‌بانی که به صورت «پویش گسترده»[9] محیط انجام شده و به یک یا چند مقوله محدود یا جهت خاص منحصر نمی‌شود. مثلا جست و جوی فرصت‌های فناورانه در فضاهای سفید که هنوز فعالیت‌های فناورانه شرکت آنها را پوشش نداده است. هدف اصلی در این نوع دیده‌بانی، شناسایی فناوری‌های جدید پیرامونی است.

۲) دیده‌بانی جهت‌دارِ عمیق: آن دسته از فعالیت‌های دیده‌بانی که به صورت هدفمند به بررسی و «پایش عمیق»[10] یک یا چند فناوری خاص و مشخص می‌پردازد تا اطلاعات دقیق و عمیقی از آن فناوری یا محصول یا موضوع به دست آورد.

از منظر دیگری طبق نظر موریسون[11] می‌توان عرصه‌های دیده‌بانی را به دو بخش خارجی و داخلی تقسیم کرد: در دیده‌بانی خارجی، دنبال درک فضای بیرون سازمان و اشراف نسبت به تحولاتی محیط پیرامونی سازمان بوده؛ و در دیده‌بانی داخلی بررسی و تسلط به تحولات درون سازمان. با بومی‌سازی دیدگاه موریسون، می‌توان دیده‌بانی در یک صنعت راهبردی را به دو بخش «خارج از کشور» و «داخل کشور» تقسیم کرد.

۲-۲ تحلیل روند

ما می‌دانیم که دنیا تغییر خواهد کرد، اما نمی‌دانیم که جزئیات این تغییرات چه‌خواهد بود. آینده‌پژوهان سعی دارند تصویری از آینده ارائه دهند که سازمان مربوطه دچار غافلگیری نشود. برای ترسیم وضعیت آینده، روشهای مختلفی وجود دارد که یکی از مهمترین آنها «تحلیل روند» است. روند، به‌طور کلی عبارت است از جهت‌گیری تغییرات درطول زمان. طبق رویکرد کلاسیک تحلیل روند، باید تغییرات را در چند متغیر منتخب، از گذشته تا حال پایش کرد تا براساس برآیند

[1] Observation
[2] Technology Scanning
[3] Technology Monitoring
[4] Technology Forecasting
[5] Tech Mining
[6] Competitive Technical Intelligence
[7] Industrial Espionage
[8] Rohrbeck
[9] Scanning
[10] Monitoring
[11] Morrison

تغییرات در دوره‌های زمانی، و تغییرات آماری که توسط وقایعی خاص ایجاد می‌شود، برون‌یابی روند[1] (یعنی مدلسازی ریاضی استمرار یک روند از گذشته به سمت آینده) انجام شود [۹] یعنی تداوم مسیر داده‌های گذشته به‌سوی آینده، مبتنی بر این فرض که پدیده‌های معین، گاهی با همان پویایی (نرخ و جهت)، تمایل به تداوم به‌شکل قبلی دارند. تحلیل‌روندهای کمّی اغلب مناسب افق‌های زمانی کوتاه (۱ تا ۵ سال) هستند [۱۰].

آینده‌پژوهان ابتدا تحت تاثیر جو اثبات‌گرایی علم، «روند» را تنها به عنوان یک روش کمّی معرفی می‌کردند اما کاستی‌های نگاه کمّی طی سال‌های اخیر به شکل‌گیری تلقی جدیدی از روند منجر شد و نگاه‌ها به سمت روش‌های کیفی گرایش پیدا کرد. بنابراین بررسی و تحلیل روندها می‌تواند کیفی یا کمّی باشد.

البته برای برخی از پدیده‌ها داده‌های کمّی چندانی در دوره‌های زمانی گذشته وجود ندارد. عدم دسترسی به داده‌های تاریخی می‌تواند ناشی از جدید بودن موضوع، دشواری در اندازه‌گیری یا دلایل دیگر باشد. بنابراین، تشخیص و ترسیم روند، همیشه کار آسانی نبوده و در مواردی برای غنابخشی به تحقیق باید از تحلیل روند کیفی[2] استفاده کرد، روندهایی که ناظر بر الگوهای اجتماعی، نهادی، سازمانی، سیاسی و فناوریهای جدید است [۱۱]. در این موضوعات از فنون کیفی که به روش‌های تحلیل محتوا شباهت دارند استفاده می‌شود. گروه‌های خبره برای یافتن اطلاعات، به خواندن و پویش تعداد زیادی منابع می‌پردازند که هدف آن‌ها شناسایی چنین مواردی است: تغییر در ارزش‌ها، شیوه‌زندگی، الگوهای محیطی، اختراعات، نوآوی‌های علمی، نوآوری‌های فناورانه، قوانین و سیاست‌ها. اطلاعاتی که در این فرایند حاصل می‌شود، آماری نیست بلکه روایتی است؛ اما می‌تواند آثار احتمالی و اثرات اجتماعی را غنی‌تر از آن‌چه روش‌های آماری به‌تنهایی ارایه می‌کنند، عرضه نماید. نمونه‌ای از آن، روش تحلیل موضوعات نوآیند[3] است که در آن پویشگران، در حاشیه موضوعات اجتماعی، نظریه‌های علمی و دیگر حوزه‌های عمومی، به جستجوی نقاط آغازین روندها می‌پردازند. روش‌های مانند دلفی[4] و کوئست[5] برای این منظور استفاده می‌شود. تحلیل‌روند کیفی یکی از پرچالش‌ترین رویکردهای خلاق به مطالعات آینده است. این نوع تحلیل، مستلزم اشراف نسبی محقق نسبت به موضوع است تا با شناسایی متغیرها و ویژگی‌های آن، بتواند به روندها دست یابد. خلاقیت در این نوع روش بسیار مهم است. وجه بارز تحلیل کیفی روند، شناسایی سریع و پیش‌دستانه تغییرات یک روند است. [۱۲]

ابزارهای مورد استفاده برای هریک از تحلیل روند کمّی و کیفی متفاوت است. معروف‌ترین ابزارهای مورد استفاده تحلیل روند کمّی عبارتند از سری‌های زمانی، تحلیل چند متغیره و رگرسیون[6] که در صورت وجود اطلاعات کمّی به راحتی در محیط نرم افزارهای تخصصی انجام می‌شود. در مقابل، روش تحلیل روند کیفی از دشواری بیشتری نسبت به روندهای کمّی برخوردار است. روندهای کیفی نوعاً در ارتباط با موضوعات اجتماعی، تجاری، سیاسی، پدیده‌های جدید فناورانه هستند. یکی از کارکردهای بسیار رایج تحلیل‌روند کیفی، شناسایی روندها یا کلان‌روندهایی است که مهم تشخیص داده‌شده و می‌توانند تاثیرات مهم درپی داشته باشند. به‌همین دلیل، نتایج روش‌های کیفی به شخص دیده‌بان، تعریف نقطه شروع و دیگر فنون آینده‌نگاری بستگی دارد [۱۳]. روش‌های کیفی، در محیط‌های آشفته و پویا استفاده می‌شود و اساس پیش‌بینی در آن‌ها اجماع خبرگان و متخصصان امر است. مهم‌ترین مدل‌های این گروه عبارتند از: روش دلفی، توفان مغزی، هیات‌های اندیشه‌ورز، کارگاه‌های آینده و روش گروه‌اسمی.

نکته قابل توجه دیگر این است که روندها می‌توانند به‌لحاظ اهمیت، با هم متفاوت باشند. برخی از آن‌ها جزئی هستند، درحالی که برخی دیگر از روندها ممکن است دایمی باشند. تمرکز روی این روندهای مهم و محتمل آینده، می‌تواند به‌عنوان روندهای قوی[7] نامیده شود. در فنلاند واژه کلان‌روند[8] اغلب به همین مفهوم به‌کار رفته که به‌عنوان یک تغییر عظیم سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی یا

1 Extrapolation
2 Qualitative trend analysis
3 Emerging Issues Analysis
4 Delphi
5 Quest
6 Time Series ; Multivariate Data Analysis ; Regression
7 Strong Trends
8 Megatrend

فناورانه است که به کندی شکل می‌گیرد، اما شاید برای ده‌ها سال روی طیف وسیعی از فعالیت‌ها، فرایندها و ادراکات در ابعاد اجتماعی و دولتی تأثیر بگذارد. کلان‌روند، روند گسترده‌ای از یک اثر عمده و یا ترکیبی از زیرروندهایی است که خود قادر به خلق تأثیرات عمده می‌باشند [١٤]. کلان‌روند اشاره به قاعده‌مندی‌هایی دارد که از تلفیق چندین روند فرعی و کوچک‌تر تشکیل شده و مهم‌ترین مشخصه آن، اهمیت زیاد، احتمال بالا و تداوم آن درطول زمان است.

۲-۳ تحلیل تاثیر بر روند

آینده‌پژوهانی که از تحلیل روند استفاده می‌کنند معمولا در آخر کار به یک نمودار ریاضی می‌رسند که نشانگر روند کمّی متغیر در آینده می‌باشد. حتی اگر از روش‌های کیفی هم استفاده کنند در نهایت باید یک روند قابل محاسبه را ارائه نمایند. ولی واقعیت این است که برخی از متغیرهایی وجود دارند که یا سابقه تغییرات تاریخی آنها مشخص نیست تا در تحلیل روند لحاظ شوند یا رفتار آینده آنها با سابقه تغییرات گذشته آنها متفاوت بوده و تاثیر متفاتی در روند می‌گذارند، مثلاً فناوری در یک محصول تاثیر مشخصی داشته ولی به واسطه نوآوری بنیادی یا تغییر جهشی، تاثیر متفاوتی نسبت به قبل بر محصول می‌گذارد. برای محاسبه چنین تاثیراتی روش «تحلیل تاثیر بر روند»[1] ابداع شده است. گلین و گوردن [١٥] تاکید می‌کنند که روندهای استخراج شده از داده‌های تاریخی یا سری زمانی دقت لازم را ندارد و باید سایر متغیرهایی که باعث تغییر در روند می‌شود را شناسایی کرده و روند اولیه را اصلاح کرد. البته این کار دشواری زیادی دارد. آنان بیان می‌کنند که «تحلیل تاثیر بر روند» رویکردی ساده برای پیش‌بینی است تا در آن روند حاصل از سری زمانی جرح و تعدیل شده و اثرات برخی از متغیرهایی که در حالت عادی دیده نمی‌شود، لحاظ گردد. معمولاً داده‌های مورد استاده در روش «تحلیل تاثیر بر روند» از نوع «داده‌های کیفی» است که توسط خبرگان بیان می‌شود. آنها برای اجرای روش «تحلیل تاثیر بر روند» تاکید می‌کنند که توجه به دو نوع متغیر در این روش حائز اهمیت است: در وهله اول تغییراتی که باعث ایجاد روندهایی متداول شده که این بخش توسط داده‌های تاریخی و سری‌های زمانی و معادلات رگرسیون قابل محاسبه است نتیجه این بخش ترسیم «تغییرات منظم در داده‌ها یا پدیده‌ها در خلال زمان» است. دسته دوم، متغیرهایی هستند که باعث قطع پیوستگی تاریخی شده و برخلاف روند، باعث گسستگی در روند گذشته می‌شود مانند ایجاد یک فناوری جدید که جایگزین فناوری قبلی می‌گردد. متغیرهای دسته دوم باعث اصلاح روند پیش‌بینی شده اولیه شده و شیب روند را متاثر می‌کند.

باید توجه داشت که خیلی از روندها در حالت عادی با یک بررسی ساده قابل پیش‌بینی است. ولی آنچه مهم است، شناسایی روندها و رویدادهایی است که روند عمومی را دستخوش تغییر قرار می‌دهد. اتفاقاً برای شناسایی چنین روندها و رویدادهایی نیاز به فرمول‌های پیچیده نیست بلکه باید خبرگان مرتبط را شناسایی و از نظرات آنها استفاده نمود که روش تحلیل تاثیر بر روند این ویژگی را دارد. استفاده از این قبیل مدلهای ساده، یک مزیت محسوب می‌شود چون مدلهای پیچیده باعث پنهان ماندن مسائل واقعی و عوامل زمینه‌ای می‌شود ولی مدل‌های ابتکاری مانند روش «تحلیل تاثیر بر روند» کمک می‌کند تا تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی دقیق‌تر شود. [١٦]

۲-٤ مفهوم ریزپرنده‌ها

به‌طور کلی وسایل هوایی را می‌توان به دو نوع سرنشین‌دار و بدون‌سرنشین تقسیم نمود که هر کدام از آن‌ها با توجه به قابلیت‌های پروازی مخصوص به خودشان در کاربردهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. واژه «پهپاد» مخفف «پرنده هدایت‌پذیر از دور» است که توسط فرهنگستان زبان، معادل «وسیله هوایی بدون‌سرنشین»[2] در نظر گرفته شده است و به پرنده‌ای اطلاق می‌شود که برای هدف خاصی برنامه‌ریزی شده و می‌تواند به صورت خودکار یا کنترل از راه دور در محدوده اتمسفر ماموریت خود را انجام دهد. حال اگر پهپادها در اندازه کوچک و وزن کم ساخته شود، اصطلاحاً به آن ریزپرنده گرفته می شود.

برای تمایز بین پهپاد و ریزپرنده معیار واحدی وجود ندارد و هر مجموعه‌ای تعریف خاص خود را دارد. وزارت امنیت آمریکا[3] پهپادهای زیر ۵۵ پوند (معادل ۲۵ کیلوگرم) را

[1] Trend Impact Analysis Method

[2] UAV: Unmanned Aerial Vehicle

[3] Department of Homeland Security

ریزپرنده[1] نام‌گذاری کرده [۱۷] ، ایکائو «سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی»[2] که از جانب سازمان‌ملل در کانادا ایجاد شده و ماموریت «هماهنگ‌سازی استانداردهای بین‌المللی پروازی و مدیریت خطوط هوایی در سطح جهان» را برعهده دارد، پهپادهای زیر ۲۵ کیلوگرم را به عنوان Drone نامگذاری کرده که منظور آن همان ریزپرنده است. ناتو در سال ۲۰۱۰ پرنده‌های بدون سرنشین زیر ۱۵۰ کیلو را به عنوان پهپادهای کوچک معرفی کرده که خود شامل سه دسته است. تکمیل آن دسته‌بندی در سال ۲۰۱۲ توسط انگلستان مطرح شده و سپس به شرح جدول ۱ ارتقاء یافته است. در این دسته‌بندی، چهار مورد ابتدایی به عنوان ریزپرنده قلمداد می‌شود. [۱۸]

دسته‌بندی دیگری توسط حسنعلیان و عبدالستّار در سال ۲۰۱۷ ارائه شده دو عامل «وزن» و «اندازه» ملاک تقسیم‌بندی بوده و طیفی از پرنده‌های بدون سرنشین ۶۱ متری با وزن ۱۵ تن تا پهپادهای یک میلی‌متری با وزن ۰,۰۰۵ گرم موسوم به «غبار هوشمند[3]» وجود دارد. شکل ۳ این دسته‌بندی را از انواع پهپادها، نشان می‌دهد [۱۸]. از این دسته‌بندی انگونه استنباط می‌شود که پهپادهای زیر ۵ کیلوگرم ریزپرنده هستند.

۲-۵ صنایع راهبردی

طبق تعریف لغت‌نامه لانگمن «صنایع راهبردی»[4] صنایعی هستند که یک کشور برای توسعه اقتصادی خود بسیار مهم می‌داند. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[5] در سال ۱۹۹۱ مهمترین مصادیق صنایع راهبردی را صنعت فضایی، رایانه، نیمه‌هادی‌ها، خودرو، ... ذکر کرده است [۱۹]. هرچند تعریف خاصی که مورد پذیرش همه پژوهشگران باشد وجود ندارد، ولی به صورت کلی می‌توان گفت راهبردی بودن یک صنعت بستگی به نوع نگاه تحلیل‌گر دارد. بنابراین صنایعی که دارای ویژگی‌های ذیل باشد می‌تواند به عنوان صنعت راهبردی قلمداد شود:

- صنایع مهم مرتبط با سلامت و حیات انسان‌ها مانند صنایع کشاورزی، غذایی و دارویی
- صنایعی که پشتیبان کننده امنیت کشور است مانند صنایع دفاعی
- صنایعی که موتور اصلی رشد اقتصادی کشور بوده و توسعه صنعتی را ایجاد می‌کند مانند صنعت خودرو [۲۰] ، صنعت نفت و گاز و پتروشیمی
- صنایعی که پایه و اساس بخش‌ها و سایر صنایع کشور هستند مانند صنایع زیربنایی، حمل و نقل
- صنایعی که مشکلات اجتماعی مانند اشتغال را حل می‌کند مانند صنایع کشاورزی

صنعت پهپادها و ریزپرنده‌ها هم به لحاظ ارتباط با امنیت کشور و هم به خاطر ارتباط با کاربردهایی نظیر کشاورزی، امداد و نجات می‌تواند صنعت راهبردی تلقی شود.

۲-۶ پیشینه پژوهش

براساس بررسی‌های انجام‌شده، پژوهش کاملاً مرتبط با موضوع تحقیق یافت نشد ولی دیگر پژوهش‌هایی که تاحدی به موضوع این مقاله ارتباط داشتند، در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

۳- روش تحقیق

این پژوهش از دو بخش «دیده‌بانی» و «تحلیل تاثیر بر روند» تشکیل شده است: بخش «دیده‌بانی» به منظور شناسایی روندهای مهم آتی انجام شده و بخش دوم با هدف «طبقه‌بندی روندها، تحلیل اهمیت و تحلیل نوع تاثیرگذاری هر یک از روندها» صورت گرفته است. به صورت کلی روش تحقیق این پروژه براساس نوع تحقیق «کاربردی» بوده و از لحاظ شیوه اجرا، در مرحله اول از روش «کتابخانه‌ای» و «مراجعه به خبرگان» و در مرحله دوم از روش «گروه کانونی» و «پیمایش» بهره‌گرفته شده است. در ادامه به توضیح هریک از این مراحل می‌پردازیم:

کستلز[6] برای دیده‌بانی فناوری، چهار مرحله را پیشنهاد داده عبارتند از: جمع‌آوری، تحیل، برآورد و بهره‌برداری از اطلاعات فناوری [۶]. هیمن[7] مراحل مربوط به «پایش راهبردی فناوری» را بدین شرح بیان می‌کند: ۱. سازمان‌دهی پایش راهبردی فناورانه، ۲. به‌کارگماری افراد اجرایی در این زمینه، ۳. ایجاد شبکه‌های اطلاعاتی و بازیگران آن، ۴. استفاده از منابع بیرونی، ۵. دیده‌بانی پیشرفت‌های فناورانه، ۶. دیده‌بانی محیط بنگاه، ۷. یکپارچه‌سازی پردازش گروهی پایش فناوری [۶].

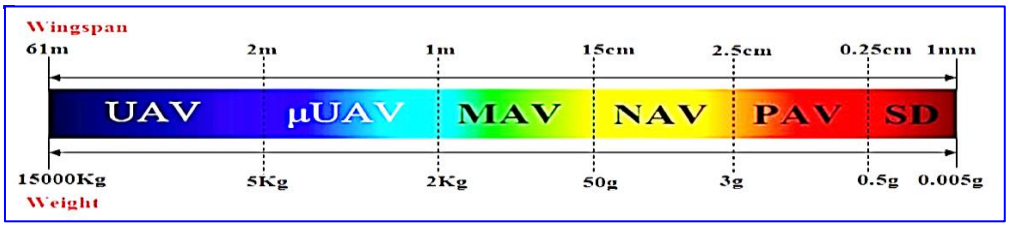
[1] Small unmanned aircraft
[2] ICAO: International Civil Aviation Organization
[3] Smart Dust
[4] Strategic Industries
[5] OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development
[6] Castells
[7] Heimann

جدول ۱) تعریف ناتو از انواع ریزپهپادها

کلاس	زیرکلاس	نوع (Type)	وزن	ارتفاع عملیاتی متداول	شعاع عملیاتی متداول
۱	a	Nano drones	زیر ۲۰۰ گرم	محدود	محدود
	B	Micro drones	۲۰۰ گرم الی ۲ کیلو	تا ۲۰۰ پا	۵ کیلومتر
	C	Mini drones	۲ الی ۲۰ کیلو	تا ۳۰۰۰ پا	۲۵ کیلومتر
	D	Small drones	۲۰ الی ۱۵۰ کیلو	تا ۵۰۰۰ پا	۵۰ کیلومتر
۲	–	Tactical drones	۱۵۰ الی ۶۰۰ کیلو	تا ۱۰,۰۰۰ پا	۲۰۰ کیلومتر
۳	–	Strike drones	بالای ۶۰۰ کیلو	تا ۶۵,۰۰۰ پا	نامحدود
		HALE: High Altitude, Long Endurance	بالای ۶۰۰ کیلو	تا ۶۵,۰۰۰ پا	نامحدود
		MALE: Medium Altitude, Long Endurance	بالای ۶۰۰ کیلو	تا ۴۵,۰۰۰ پا	نامحدود

جدول ۲) خلاصه پژوهش‌های مشابه

پژوهشگران	سال	یافته ها	منبع
ونگ[۱]	۲۰۲۱	تمرکز این مقاله بر فرکانس ارتباطی بین پهپاد بوده و با توجه به تحلیل روندهای مهندسی، پیشنهادهایی برای مدیریت باند فرکانسی خاصی آینده ارائه داده است مانند: اختصاص نقاط فرکانسی غیر ثابت از قبیل باند فرکانسی L ، باند فرکانسی S یا باند فرکانسی C.	[۲۱]
نایار و همکاران [۲]	۲۰۲۰	در این مقاله، اینترنت اشیاء بدون سرنشین[۳] به عنوان مسیر آینده پشتیبانی هواپیماهای بدون سرنشین از طریق اینترنت اشیا، دید رایانه هوشمند، رایانش ابری، ارتباطات بی‌سیم پیشرفته، داده‌های بزرگ و تکنیک‌های امنیتی پیشرفته در نظر گرفته شده است.	[۲۲]
پارک و همکاران[٤]	۲۰۱۵	در این مقاله نویسندگان به تبیین روند رو به رشد کاربرد پهپاد در کشاورزی اشاره کرده و توضیح داده‌اند که به واسطه استقرار فناوری «بینایی ماشین» و «محاسبات زمین‌شناسی» در پهپاد، جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات کشاورزی تسهیل شده و برنامه‌ریزی در آینده با کیفیت مناسب‌تری انجام خواهد شد.	[۲۳]
کیم، لی و سون[٥]	۲۰۱۶	یک ماتریس دو حالته شامل ردیف‌های مربوط به فناوری‌های پهپاد و ستون‌های مربوط به صنایع ذی‌نفع است و مقدار احتمال سرریز به دست آمده با استفاده از کدهای طبقه‌بندی اختراع بین‌المللی و جدول تطابق فناوری/صنعت را نشان می‌دهد. مرکزیت‌های خارج و درون شبکه شبکه سرریز به ترتیب برای شناسایی فناوری‌های پهپاد قوی تولید کننده سرریز و صنایع گیرنده سرریز قوی استفاده می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که صنعت سلاح در طول دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۹ اثرات سرریز گسترده‌ای را دریافت کرده و اثرات سرریز فناوری‌های نرم‌افزاری مرتبط با پهپاد طی ۱۰ و ۲۰ سال گذشته روند مداوم صعودی را نشان می‌دهد.	[۲٤]
پدرام، احمدیان، امیرمزلقانی	۱۳۹۷	در این پژوهش با استفاده از اولویت‌گذاری و با به‌کارگیری پانل خبرگان، شناسایی و ارزیابی تهدیدهای حال و آتی برخاسته از پهپادها انجام شده و در قسمت نتایج به ۱۱ نوع محصول ضدپهپادی اشاره شده است.	[۲۵]
ایوبی و غفاری	۱۳۹۸	در این مقاله با استفاده از مدلسازی دینامیکی، اثرات محیطی برروی پرنده محاسبه شده؛ در ادامه به ساختار خلبان خودکار پرداخته و سیمولینک طراحی شده از پرنده کوادروتور و خلبان خودکار ارائه گردید؛ ودرنهایت با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات، مسیر در دو قسمت «نتایج کاهش مدت زمان» و «افزایش دقت در انجام عملیات» را نشان می دهد؛ از این رو می‌تواند الگویی برای آینده‌پژوهی مسیریابی سایر پهپادها تلقی شود.	[۲٦]



شکل ۳) دسته‌بندی پهپادها بر اساس وزن و ابعاد

۱ Wei Wang

۲ Nayyar, Nguyen & Nguyen

3 Internet of Drone Things (IoDT)

٤ Park, Jin-Ki, Amrita Das, and Jong-Hwa Park

٥ Kim, Lee and Sohn

مدل پیشنهادی روربک هم شباهت زیادی به مدل‌های فوق دارد [۲۷]. باتوجه به مدل‌های فوق، مراحل اجرایی فاز دیده‌بانی به شرح شکل ٤ انجام شد.

پس از تهیه لیست روندهای مهم آینده، فاز دوم تحقیق یعنی «تحلیل تاثیر بر روند» شروع شد. همانگونه که قبلاً مطرح شد اگر داده‌های جمع‌آوری شده از نوع «داده‌های کمّی» باشد از روش‌هایی مانند سری زمانی و رگرسیون استفاده می‌شود که پیش‌فرض روش‌های کمّی (که اشکال آن نیز می‌باشد) عبارت است از: ۱) تمام اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی جنبه‌های مورد نظر آینده در داده‌های انتخابی تاریخی موجود است، ۲) نیروهایی که در گذشته کار می‌کردند در آینده نیز ادامه خواهند داشت و ۳) پیش‌بینی‌های ایجاد شده بدون شگفتی[1] است [۱۲]. ولی چنانچه داده‌ها از نوع «داده‌های کیفی» باشد یا سابقه تاریخی آنها با رفتار آینده آنها متفاوت باشد، از روش «تحلیل تاثیر بر روند»[2] استفاده می‌شود.

خزائی و همکارانش [۲۸] مراحل انجام روش تحلیل تاثیر بر روند به شرح ذیل بیان می‌کنند: ۱. شناسایی عوامل سازنده آینده موضوع؛ ۲. شناسایی روندهای هریک از عوامل؛ ۳. شناسایی رویدادهای قطع کننده روند؛ ٤. انتخاب مجموعه‌های متنوع از رویدادها؛ ۵. جمع تاثیرات. پژوهشگر در این روش سعی می‌کند برون‌یابی روند را باتوجه به تحلیلهای تخصصی از شرایط و وضعیت اصلاح نماید. به این ترتیب بجای اتکای صرف بر داده‌های کمّی، «نظر خبرگان» مبنای تحلیل‌ها قرار می‌گیرد. بنابراین مواردی مانند «بررسی تحقیقات عملی دنیا»، «رصد تحولات فناورانه جهانی»، «برگزاری پانل خبرگان»، «اجرای دلفی» می‌تواند برای انجام روش «تحلیل تاثیر بر روند» کمک نماید [۲۹]. از مهمترین اقدامات مرتبط با روش «تحلیل تاثیر بر روند» عبارت است از: «برآورد شدت تاثیر هریک از روندهای شناسایی شده» و «برآورد تغییرات ناشی از رویدادها و روندهای شناسایی شده» [۲۸]. از تقاطع این دو موضوع «ماتریس اولویت مسائل»[3] حاصل می‌شود. در این ماتریس یک بُعد ناظر بر «احتمال وقوع روند شناسایی شده» است و بُعد دیگر آن مربوط به «میزان تاثیر روند بر موضوع مورد مطالعه» است. در واقع این تحلیل نشان می‌دهد که کدام متغیرها، باعث می‌شود روند متداولِ حاصل از داده‌های تاریخی، اصلاح شود. (شکل ۵)

در این تحقیق از روش‌های ذیل برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است:

۱) مطالعات کتابخانه‌ای: برای شناسایی روندها و رویدادهای جدید
۲) مراجعه به خبرگان: برای اصلاح روندها و رویدادهای شناسایی شده (مراجعه به ۱۰ خبره مرتبط)
۳) برگزاری پانل خبرگان: برای تائید روندها و رویدادهای شناسایی شده (شرکت ۲۰ خبره در پانل در سه دور)
٤) پرسشنامه: برای تحلیل بررسی احتمال وقوع هر یک از روندها و رویدادها و تعیین تاثیر هر یک از روندها و رویدادها

جامعه آماری بخش کمّی این تحقیق، عبارت است متخصصان و خبرگان فعال در حوزه ساخت ریزپرنده، خبرگان حوزه مقابله با ریزپرنده و سیاست‌گذاران ارشد حوزه پدافند هوایی. نمونه‌گیری انجام‌شده در این تحقیق از نوع «هدفمند» و مراجعه به خبرگان بوده و پرسشنامه بین ۲۵ نفر توزیع شد. میانگین پاسخ‌های ارائه‌شده در جداول آتی نشان داده خواهد شد. شایان ذکر است جمع‌آوری اطلاعات براساس طیف لیکرت انجام شده است.

٤- تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق

٤-۱ روندها و رویدادهای مهم

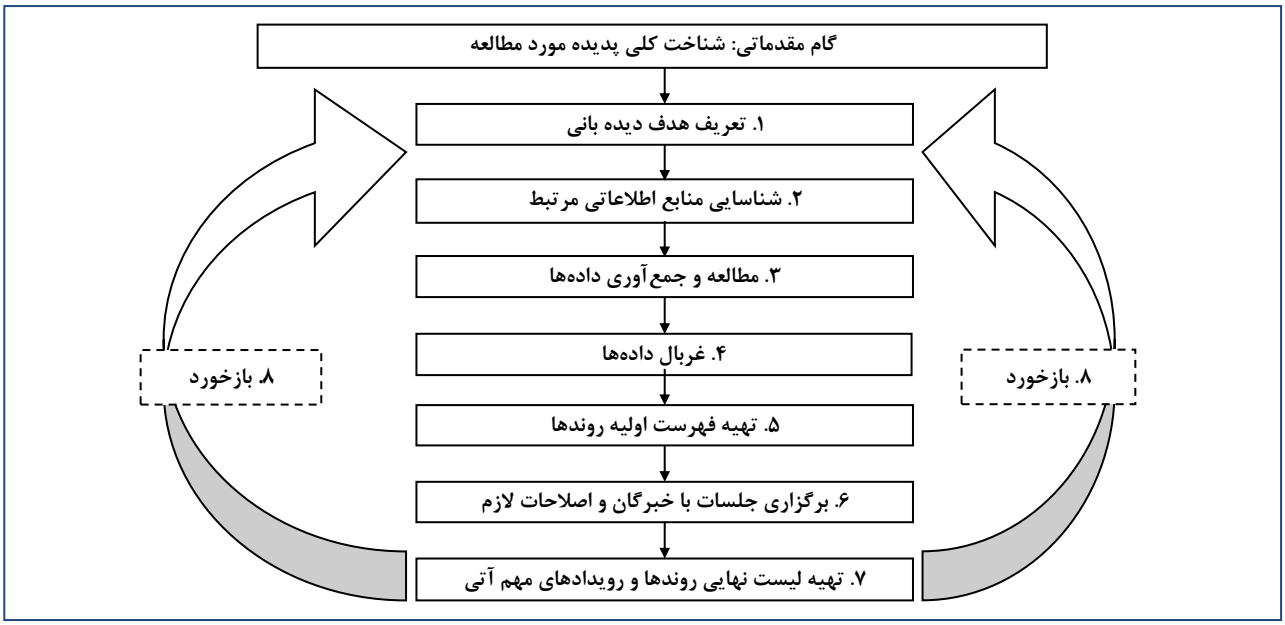
براساس مطالعه منابع مختلف علمی و گزاش‌های مرتبط از موسسات تحقیقات فنی در سطح جهانی، چندین روند و رویدادی که بر آینده فناوری ریزپرنده تاثیرگذار بود شناسایی گردید. از آنجایی که ذکر همه منابع در این مقاله امکان‌پذیر نمی‌باشد لذا به عنوان نمونه به برخی از منابع اشاره می‌شود: [۱۸، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳٤، ۳۵، ۳٦، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ٤۰] .

موارد احصاءشده در جلسات خبرگانی متعدد به بحث و گفتگو گذاشته شده و اصلاحات لازم در خصوص آنها انجام شد. البته در جلسات خبرگانی برخی از روندهای مهمی که در مطالعات کتابخانه‌ای احصاء نشده بود هم شناسایی شده و لیست مذکور کامل‌تر شد. مجموعاً تعداد روندهای نهایی ۳۹ مورد بوده است که در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

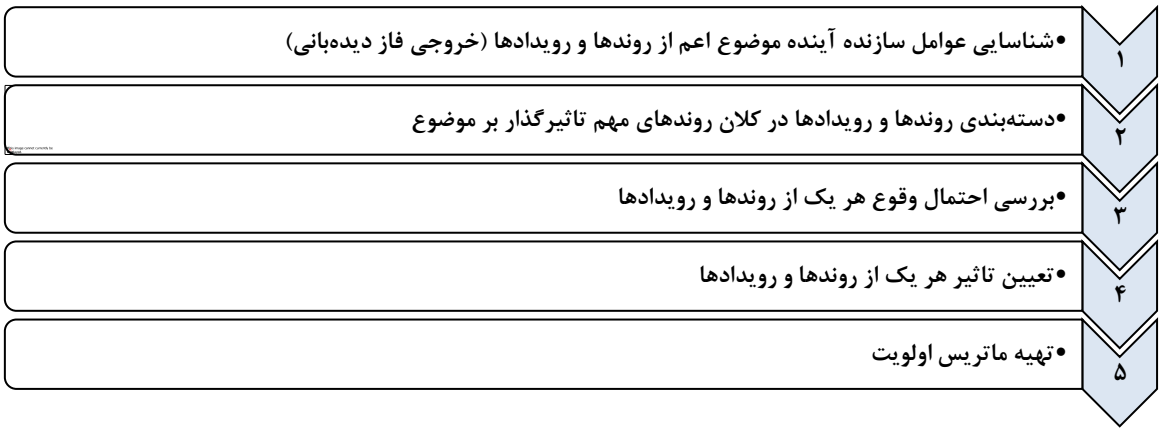
[1] منظور از شگفتی‌ساز (Wildcard) رخدادهایی است که احتمال وقوع آن اندک ولی درصورت تحقق، تاثیر آن بسیار بالا می‌باشد.

[2] Trend Impact Analysis Method

[3] Issues-Priority Matrix



شکل ٤) فرایند اجرایی فاز اول تحقیق «فاز دیده‌بانی»



شکل ٥) فرایند اجرایی فاز دوم تحقیق «فاز تحلیل تاثیر روند»

جدول ۳) دسته‌بندی روندهای شناسایی‌شده در خصوص آینده فناوری‌های ریزپرنده

ردیف	عنوان روند جهانی شناسایی شده در زمینه ریزپرنده‌ها
کلان روند ۱) کاهش احتمال کشف	
۱	کاهش سطح مقطع راداری (RCS) از طریق «تغییر در هندسه پرنده» یا «تغییر در مواد تشکیل دهنده پرنده» یا ...
۲	توسعه فناوری‌های کوچک سازی قطعات به منظورکاهش وزن، ابعاد و مصرف انرژی در ریزپرنده‌ها
۳	توسعه پلتفرم‌های «بال زن» در نسل بعدی ریزپرنده‌ها
۴	پیشرفت علم مواد و تاثیر آن بر متدهای طراحی و ساخت ریزپرنده
۵	توسعه فناوری غبار هوشمند و ادغام آن با سایر فناوریها
کلان روند ۲: کاهش احتمال شناسایی	
۶	استفاده از موجود زنده به عنوان پهپادهای زیستی
۷	توسعه پلتفرم‌های نامتعارف مانند تغییر شکل ظاهری (مورفینگ)، قابلیت‌های چندزیستی (قابلیت راه‌رفتن روی زمین و حرکت در زیر آب)
۸	ارتقای ماژول‌های ارتباطی (مخابراتی) از لحاظ کوچکسازی، تنوع ، ارتقای تجهیزات رادیو نرم افزار و ...
کلان روند ۳: افزایش مداومت و ارتفاع پروازی	

ردیف	عنوان روند جهانی شناسایی شده در زمینه ریزپرنده‌ها
۹	استفاده از پیشرانه‌های هیدروژنی و ارتقای مداومت پروازی
۱۰	ارتقای پیشرانه‌هایی با مداومت‌پروازی بیشتر با استفاده از سلول‌های خورشیدی
۱۱	ارتقای پیشرانه‌هایی با مداومت پروازی بیشتر با استفاده از پیشرانه‌های ترکیبی
۱۲	توسعه نسل باتری‌ها برای افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی (مانند باتری‌های لیتیوم ایر)
۱۳	افزایش مداومت پروازی با ایجاد قابلیت استراحت و شارژ مجدد
۱۴	ایجاد قابلیت اتصال الکتریکی به مخزن انرژی و بهبود پایداری پروازی
کلان روند ۴: افزایش مانورپذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز	
۱۵	ارتقای ریزپرنده‌ها با استفاده از قابلیت تعمیر و خودبازیابی الهام گرفته از طبیعت
۱۶	توسعه قابلیت‌های ریزپرنده با استفاده از حسگرهای پیشرفته مانند دوربین‌های Event Camera
۱۷	افزایش استفاده از چندپره‌ها در صحنه نبرد بجای بال ثابت (در کلاس ریزپرنده)
۱۸	توسعه پلتفرم‌های تطبیق پذیر (ترکیب قابلیت بال ثابت و قابلیت برخاست عمودی)
۱۹	توسعه ریزپرنده‌های سرعت بالا (مسابقه‌ای) برای ماموریت‌های خاص
کلان روند ۵: افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی (جمینگ، جمر، انرژیهای مستقیم و ...)	
۲۰	ارتقای امنیت لینک ارتباطی ریزپرنده‌ها
۲۱	ارتقای سامانه‌های ناوبری کمکی و محلی (جایگزین GNSS) و محافظت در برابر جمینگ و فریب
کلان روند ۶: سهولت کنترل ریزپرنده	
۲۲	ارتقای نرم‌افزاری ایستگاه کنترل زمینی
۲۳	استفاده از تلفن همراه و تبلت (سیستم عامل OS) به عنوان کنترل کننده
۲۴	استفاده از ابزارهای پوشیدنی به جای ایستگاه زمینی (دستکش، کلاه، عینک و ...)
۲۵	ارتقای معماری سخت‌افزار با استفاده از استانداردسازی و پودمانی سازی به منظور کاهش هزینه‌ها
۲۶	رشد فناوری‌های مرتبط با رابط مغز-کامپیوتر[1] به منظور کنترل ریزپرنده با ذهن
کلان روند ۷: افزایش سطوح هوشمندی و همکاری های جمعی	
۲۷	توسعه روش‌های ناوبری مستقل از GNSS مانند ناوبری تصویری مبتنی بر نقشه و فناوری SLAM
۲۸	توسعه روش‌های ناوبری تصویری بدون نقشه (با استفاده ترکیبی از سنسورها، لیدار ، پردازش تصویر والگوریتم‌هایی همچون VIO)
۲۹	روش‌های هدایت، برنامه‌ریزی مسیر و ماموریت با الگوریتم‌های هوش مصنوعی به منظور همکاری ریزپرنده-ربات زمینی، ریزپرنده-انسان و....
۳۰	توسعه روش‌های کنترلی مبتنی بر یادگیری براساس الگوریتم‌های شبکه عصبی و یادگیری مبتنی بر مغز انسان
۳۱	توسعه روش‌های کنترلی مبتنی بر یادگیری در تعامل با محیط
۳۲	ارتقای حسگرهای ناوبری و توسعه الگوریتم‌های ترکیبی حسگرها
۳۳	گسترش پرواز گروهی در عملیات های مختلف (Swarm/Formation)
۳۴	افزایش سطوح هوشمندی از خودکاری تا خودگردانی (خودمختاری)
کلان روند ۸ : دسترس پذیری و ارزان شدن	
۳۵	رشد فناوری‌های مرتبط با مدیریت طیف فرکانس، همزمان با رشد پهپادها
۳۶	توسعه سیستم‌های پهپادی به منظور ایجاد شبکه‌های یکپارچه فضایی-هوایی-زمینی
۳۷	تجاری‌سازی ریزپرنده‌ها و کاهش هزینه تولید و استفاده از فناوریهای دردسترس
۳۸	افزایش استفاده از پردازنده‌ها و پردازشگرهای گرافیکی آن بُرد
کلان روند ۹: افزایش ظرفیت محموله	
۳۹	افزایش ظرفیت حمل تجهیزات و مهمات توسط ریزپرنده‌ها همزمان با توسعه مهمات کوچک و قابل حمل

[1] Brain– Computer Interface (BCI)

٤-٢ دسته‌بندی روندها و رویدادهای مهم

روندها و رویدادهای شناسایی‌شده باید براساس هدف پژوهش، دسته‌بندی شود. از آنجایی که رویکرد اصلی این پژوهش «مقابله با تهدیدهای ریزپرنده‌ها» است لذا از همان منظر اقدام به دسته‌بندی می‌کنیم. باتوجه به جلسات خبرگانی برگزار شده، روندهای شناسایی‌شده در ۹ دسته ذیل دسته‌بندی شده‌اند که با تسامح در این پژوهش به عنوان «کلان روند» نام‌گذاری می‌کنیم: ۱. کاهش احتمال کشف، ۲. کاهش احتمال شناسایی، ۳. افزایش مداومت و ارتفاع پروازی، ٤. افزایش مانور پذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز، ٥. افزایش مقاومت در برابر عملیات آفندی، ٦. سهولت کنترل ۷. افزایش سطوح هوشمندی، ۸. ارزان‌سازی و دسترس‌پذیری، ۹. افزایش ظرفیت حمل محموله.

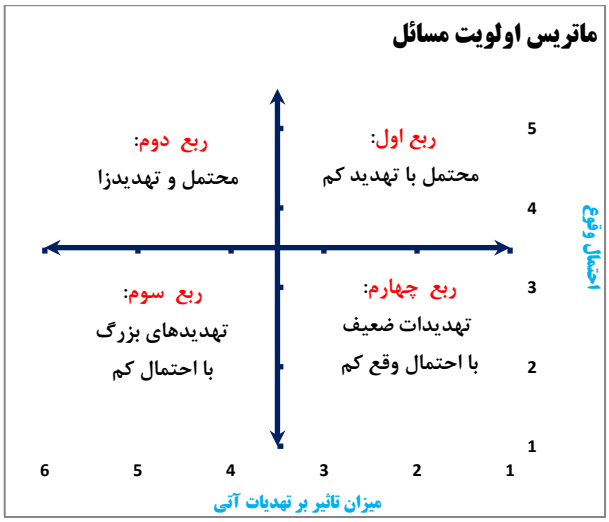
این دسته‌بندی در ابتدا توسط نویسندگان مقاله براساس «میزان تجانس روندها» و «نحوه ارتباط روند با مقوله پدافند دفاعی» تدوین شده و در مرحله بعد در جلسات خبرگانی به تائید ۲٥ نفر از خبرگان مرتبط (با تخصص‌های مختلفی نظیر مکانیک، الکترونیک، هوافضا، فیزیک) رسید.

٤-٣ تحلیل براساس ماتریس اولویت مسائل

اهمیت روندهای شناسایی‌شده به یک اندازه نیست، برخی از موارد اهمیت بالایی داشته و برخی دیگر از اهمیت اندکی برخوردارند. پرواضح است که سیاست‌گذاران در پی یافتن آن دسته از روندهایی هستند که اهمیت بالایی دارند. «اهمیت روند» ریشه در دو شاخص «احتمال وقوع روند» و «میزان تاثیر آن بر موضوع تحقیق» دارد. پس باید تلاش کرد تا از بین روندهای شناسایی شده، روندهای مهمتر را شناسایی کرده و برای برنامه‌ریزی و تدوین راهبرد، به سیاست‌گذاران معرفی کرد. به این منظور از «ماتریس اولویت مسائل»[1] استفاده می‌کنیم (شکل ٦). این ماتریسی از تقاطع دو محور «شدت تاثیر روندها» و «احتمال وقوع رویدادها و روندها» حاصل می‌شود [۲۸].

یکی از اقدامات مهم در ترسیم «ماتریس اولویت مسائل» تعیین «خط مرزی» در هریک از محورهای ماتریس می‌باشد. هرچند انتخاب عدد میانه (یعنی عدد ۳) متداول است ولی از آنجایی که در این تحقیق قریب به اتفاق متغیرها در این بازه قرار می‌گیرند، جهت افزایش دقت و ایجاد امکان سیاستگذاری هوشمندانه‌تر، عدد مرزی را ۳,٥ در نظر می‌گیریم تا آن دسته از متغیرهایی که احتمال وقوع بالایی برخوردار بوده و تاثیر بیشتری بر تهدیدهای آینده دارند، شناسایی شوند. در هر صورت چهار ربع در ماتریس وجود خواهد داشت که معنی هر قسمت به شرح ذیل است:

- **ربع اول: محتمل با تهدید کم**: متغیرهایی که در این ربع قرار می‌گیرند از احتمال وقوع بالایی برخوردار بوده ولی میزان تاثیر آنها بر تهدیدهای آتی کم است.
- **ربع دوم: محتمل و تهدیدزا**: متغیرهایی که در این ربع قرار می‌گیرند هم احتمال وقوع بالایی داشته و هم تاثیر به سزایی در افزایش تهدیدهای آتی خواهند داشت (اولویت متغیرهای این ناحیه بسیار بالا بوده و سیاست‌گذاران باید توجه مضاعفی به آنها داشته باشند.
- **ربع سوم: تهدیدهای بزرگ با احتمال کم**: متغیرهایی که در این ربع قرار می‌گیرند هرچند احتمال وقوع کمی دارند ولی در صورت تحقق تاثیر به سزایی در افزایش تهدیدهای آتی خواهند داشت.
- **ربع چهارم: تهدیدات ضعیف با احتمال وقع کم**: متغیرهایی که در این ربع قرار می‌گیرند هم احتمال وقوع کمی دارند هم تاثیر چندانی در افزایش تهدیدهای آتی نخواهند داشت.



شکل ٦) نمای کلی ماتریس اولویت مسائل

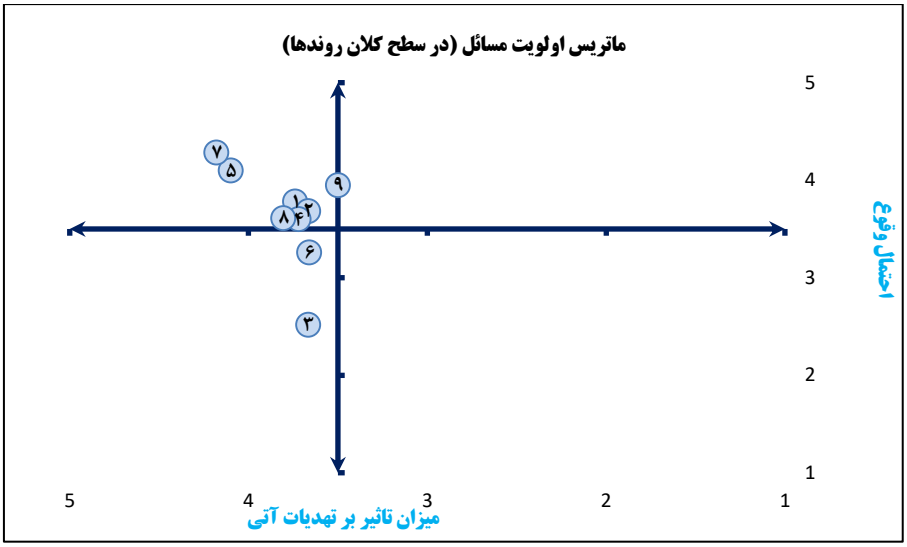
[1] Issues-Priority Matrix

ما در این تحقیق «ماتریس اولویت مسائل» را در دو سطح «روندها» و «کلان روندها» تهیه می‌کنیم. ابتدا به سطح «کلان روندها» می‌پردازیم که در واقع جمع‌بندی را نشان می‌دهد و در مرحله بعد تحلیل‌های تفصیلی در لایه روندهای تفصیلی (۳۹ روند) را ارائه خواهیم داد.

همانگونه که قبلا مطرح شد مجموعاً ۳۹ روند در پرسشنامه قرار گرفته بود که در ۹ دسته به عنوان «کلان روندها» طبقه‌بندی شدند. جدول ٤ نشانگر اعداد حاصل از پرسشنامه‌ها برای هریک از «کلان روندها» است.

جدول ٤) اعداد حاصل از پرسشنامه‌ها برای هریک از «کلان روندها»

	احتمال وقوع	تاثیر بر تهدید
کلان روند ۱: کاهش احتمال کشف	۳,۷	۳,۸
کلان روند ۲: کاهش احتمال شناسایی	۳,۷	۳,۷
کلان روند ۳: افزایش مداومت و ارتفاع پروازی	۳,۷	۲,۵
کلان روند ٤: افزایش مانورپذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز	۳,۷	۳,٦
کلان روند ٥: افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی (جمینگ، جمر، انرژیهای مستقیم و ...)	٤,۱	٤,۱
کلان روند ٦: سهولت کنترل ریزپرنده	۳,۷	۳,۳
کلان روند ۷: افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی	٤,۲	٤,۳
کلان روند ۸ : دسترس پذیری و ارزان شدن	۳,۸	۳,٦
کلان روند ۹: افزایش ظرفیت محموله	۳,٥	٤,۰



شکل ۷) ماتریس اولویت مسائل در سطح کلان روندها

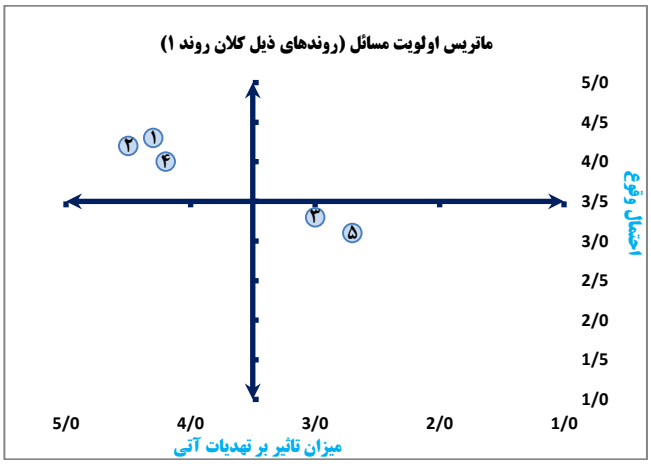
باتوجه به نمودار فوق، طبق نظر خبرگان، شش «کلان روند» به شماره های ۱، ۲، ٤، ٥ ، ۷ و ۸ تاثیر بیشتری بر روند تهدیدهای آینده ریزپرنده‌ها دارد لذا این موارد اهمیت بیشتری در افق ٥ سال آینده دارد. یعنی خبرگان معتقد هستند که «کاهش احتمال کشف»، «کاهش احتمال شناسایی»، «افزایش مانورپذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز»، «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی ریزپرنده‌ها»، «افزایش مقاومت ریزپرنده‌ها در برابر اقدامات آفندی» و «دسترس پذیری و ارزان شدن» تاثیر بیشتری در تهدیدهای آینده خواهد داشت.

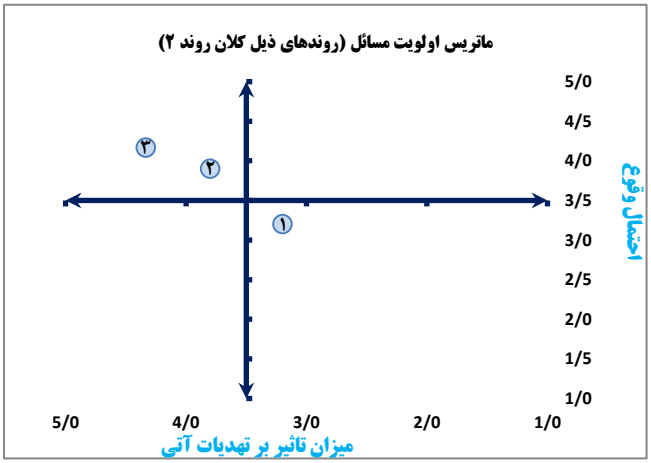
در سطح دوم تحلیل‌ها به نشان دادن جایگاه هر یک از روندهای ۳۹ گانه در ماتریس اولویت مسائل» می پردازیم.

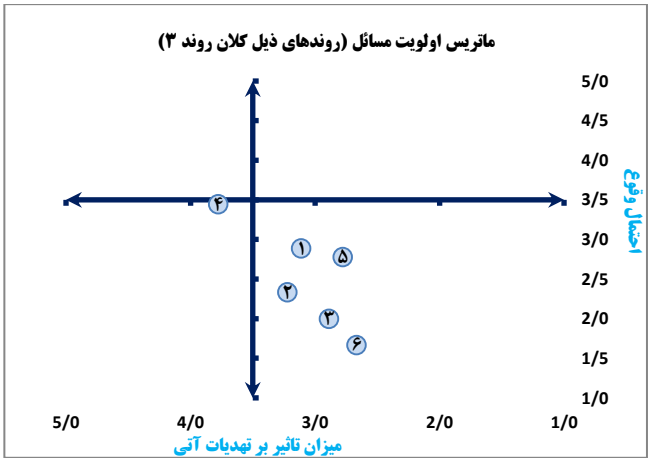
جدول ۵) نتایج حاصل از پرسشنامه ها در خصوص روندها هریک از فناوری‌ها

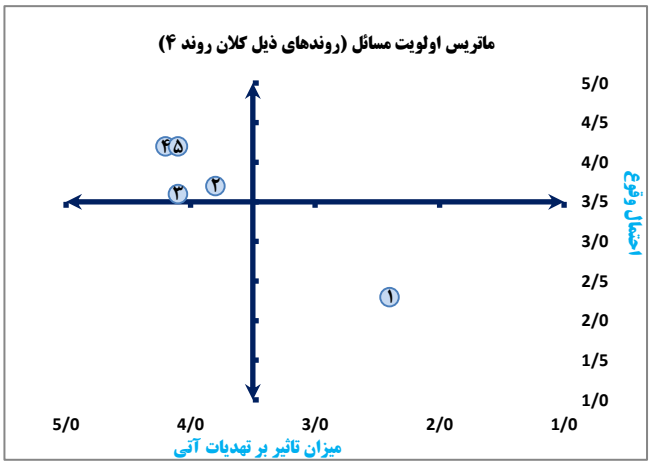
ردیف	عنوان روند جهانی شناسایی شده در زمینه ریزپرنده‌ها	احتمال وقوع	تاثیر بر تهدید
کلان روند ۱) کاهش احتمال کشف			
۱	کاهش سطح مقطع راداری (RCS) از طریق «تغییر در هندسه پرنده» یا «تغییر در مواد تشکیل دهنده پرنده» یا ...	۴,۳	۴,۳
۲	توسعه فناوری‌های کوچک سازی قطعات به منظورکاهش وزن، ابعاد و مصرف انرژی در ریزپرنده‌ها	۴,۵	۴,۲
۳	توسعه پلتفرم‌های «بال زن» در نسل بعدی ریزپرنده‌ها	۳,۰	۳,۳
۴	پیشرفت علم مواد و تاثیر آن بر متدهای طراحی و ساخت ریزپرنده	۴,۲	۴,۰
۵	توسعه فناوری غبار هوشمند و ادغام آن با سایر فناوریها	۲,۷	۳,۱
کلان روند ۲: کاهش احتمال شناسایی			
۱	استفاده از موجود زنده به عنوان پهپادهای زیستی	۳,۲	۳,۲
۲	توسعه پلتفرم‌های نامتعارف مانند تغییر شکل ظاهری (مورفینگ)، قابلیت‌های چندزیستی (حرکت روی زمین و زیر آب)	۳,۸	۳,۹
۳	ارتقای ماژول‌های ارتباطی (مخابراتی) از لحاظ کوچکسازی، تنوع ، ارتقای تجهیزات رادیو نرم افزار و ...	۴,۳	۴,۲
کلان روند ۳: افزایش مداومت و ارتفاع پروازی			
۱	استفاده از پیشرانه‌های هیدروژنی و ارتقای مداومت پروازی	۳,۱	۲,۹
۲	ارتقای پیشرانه‌هایی با مداومت‌پروازی بیشتر با استفاده از سلول‌های خورشیدی	۳,۲	۲,۳
۳	ارتقای پیشرانه‌هایی با مداومت پروازی بیشتر با استفاده از پیشرانه‌های ترکیبی	۲,۹	۲,۰
۴	توسعه نسل باتری‌ها برای افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی (مانند باتری‌های لیتیوم ایر)	۳,۸	۳,۴
۵	افزایش مداومت پروازی با ایجاد قابلیت استراحت و شارژ مجدد	۲,۸	۲,۸
۶	ایجاد قابلیت اتصال الکتریکی به مخزن انرژی و بهبود پایداری پروازی	۲,۷	۱,۷
کلان روند ۴: افزایش مانورپذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز			
۱	ارتقای ریزپرنده‌ها با استفاده از قابلیت تعمیر و خودبازیابی الهام گرفته از طبیعت	۲,۴	۲,۳
۲	توسعه قابلیت‌های ریزپرنده با استفاده از حسگرهای پیشرفته مانند دوربین‌های Event Camera	۳,۸	۳,۷
۳	افزایش استفاده از چندپره‌ها در صحنه نبرد بجای بال ثابت (در کلاس ریزپرنده)	۴,۱	۳,۶
۴	توسعه پلتفرم‌های تطبیق پذیر (ترکیب قابلیت بال ثابت و قابلیت برخاست عمودی)	۴,۲	۴,۲
۵	توسعه ریزپرنده‌های سرعت بالا (مسابقه‌ای) برای ماموریت‌های خاص	۴,۱	۴,۲
کلان روند ۵: افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی (جمینگ، جمر، انرژیهای مستقیم و ...)			
۲۰	ارتقای امنیت لینک ارتباطی ریزپرنده‌ها	۴,۶	۴,۵
۲۱	ارتقای سامانه‌های ناوبری کمکی و محلی (جایگزین GNSS) و محافظت در برابر جمینگ و فریب	۳,۹	۴,۰
کلان روند ۶: سهولت کنترل ریزپرنده			
۱	ارتقای نرم‌افزاری ایستگاه کنترل زمینی	۳,۸	۳,۱
۲	استفاده از تلفن همراه و تبلت (سیستم عامل OS) به عنوان کنترل کننده	۴,۱	۳,۲
۳	استفاده از ابزارهای پوشیدنی به جای ایستگاه زمینی (دستکش، کلاه، عینک و ...)	۳,۵	۳,۳
۴	ارتقای معماری سخت‌افزار با استفاده از استانداردسازی و ماژولارسازی به منظور کاهش هزینه‌ها	۳,۵	۳,۲
۵	رشد فناوری‌های مرتبط با رابط مغز-کامپیوتر (BCI) به منظور کنترل ریزپرنده با ذهن	۳,۴	۳,۴
کلان روند ۷: افزایش سطوح هوشمندی و همکاری های جمعی			
۱	توسعه روش‌های ناوبری مستقل از GNSS مانند ناوبری تصویری مبتنی بر نقشه و فناوری SLAM	۴,۲	۴,۴
۲	روش‌های ناوبری تصویری بدون نقشه (استفاده ترکیبی از سنسورها، لیدار، پردازش تصویر و الگوریتم‌هایی چون VIO)	۴,۵	۴,۵
۳	توسعه روش‌های هدایت، برنامه‌ریزی مسیر و ماموریت با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی به منظور همکاری ریزپرنده-ربات زمینی، ریزپرنده-انسان و....	۴,۳	۴,۶
۴	توسعه روش‌های کنترلی مبتنی بر یادگیری براساس الگوریتم‌های شبکه عصبی و یادگیری مبتنی بر مغز انسان	۳,۹	۴,۳
۵	توسعه روش‌های کنترلی مبتنی بر یادگیری در تعامل با محیط	۴,۰	۴,۷
۶	ارتقای حسگرهای ناوبری و توسعه الگوریتم‌های ترکیبی حسگرها	۳,۷	۳,۴
۷	گسترش پرواز گروهی در عملیات های مختلف (Swarm/Formation)	۴,۶	۴,۴
۸	افزایش سطوح هوشمندی از خودکاری تا خودگردانی (خودمختاری)	۴,۳	۵,۰
کلان روند ۸ : دسترس پذیری و ارزان شدن			

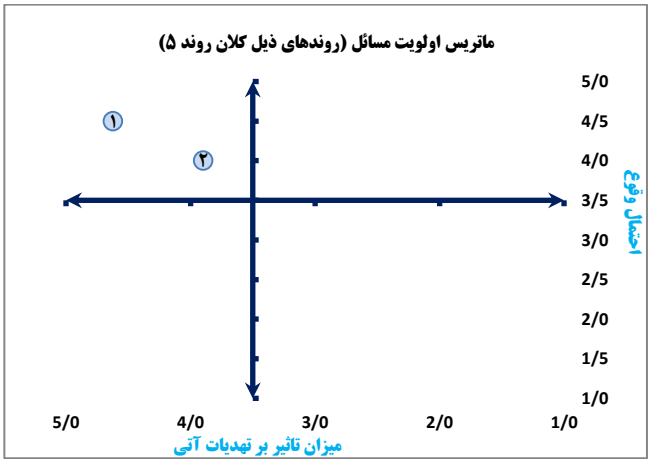
ردیف	عنوان روند جهانی شناسایی شده در زمینه ریزپرنده‌ها	احتمال وقوع	تاثیر بر تهدید
۱	رشد فناوری‌های مرتبط با مدیریت طیف فرکانس، همزمان با رشد پهپادها	۳,۷	۳,۹
۲	توسعه سیستم‌های پهپادی به منظور ایجاد شبکه‌های یکپارچه فضایی-هوایی-زمینی	۳,۴	۳,۵
۳	تجاری سازی ریزپرنده‌ها و کاهش هزینه تولید و استفاده از فناوریهای دردسترس	۴,۵	۴,۰
۴	افزایش استفاده از پردازنده‌ها و پردازشگرهای گرافیکی آن بُرد	۴,۰	۳,۵
کلان روند ۹: افزایش ظرفیت محموله			
۱	افزایش ظرفیت حمل تجهیزات و مهمات توسط ریزپرنده‌ها همزمان با توسعه مهمات کوچک و قابل حمل	۳,۵	۴,۰

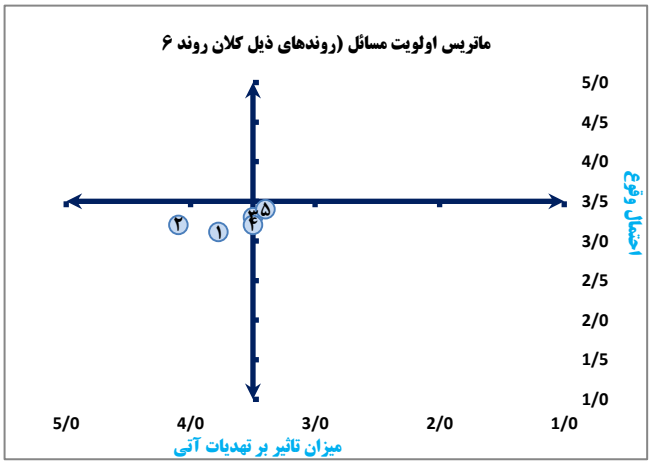


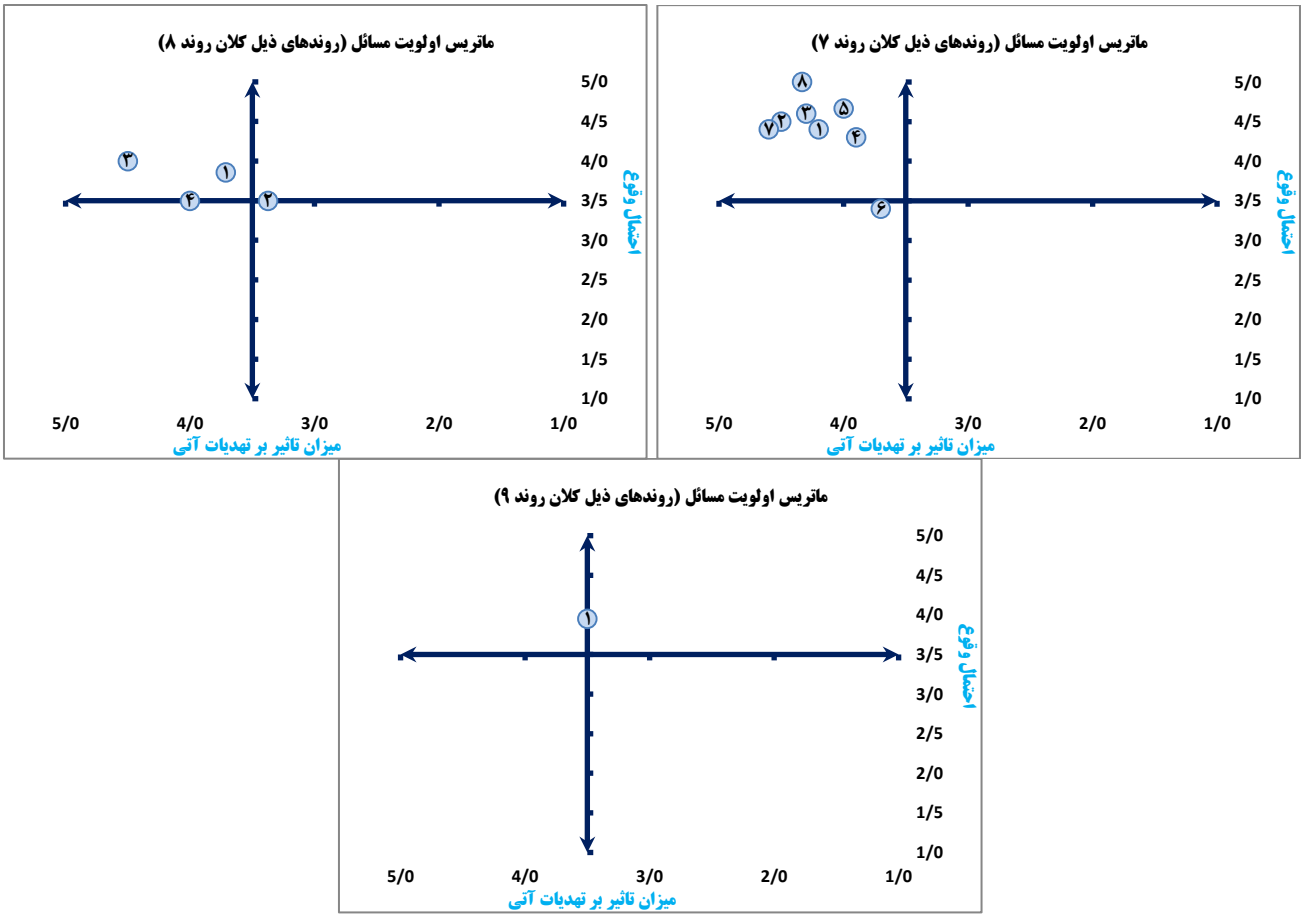












شکل ۸) ماتریس اولویت مسائل برای هریک از روندهای اصلی ذیل ۹ کلان روند

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا به تعریف ریزپرنده پرداختیم و پس از بررسی‌های مختلف، پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور کمتر از ۲۵ کیلوگرم را به عنوان ریزپرنده معرفی کردیم که با تعریف ایکائو و وزارت امنیت ایالات متحده تطابق دارد.

بررسی منابع مختلف نشانگر این است که سرعت پیشرفت فناوری‌های مرتبط با ریزپرنده‌ها شتاب قابل توجهی گرفته و این پیشرفت منجر به توسعه انواع ریزپرنده‌ها و توسعه کاربردهای آن شده است. در کنار کاربردهای تجاری، بخش نظامی کشورهای مختلف بالاخص کشورهای پیشرفته از این ابزار استفاده بیشتری برای مقاصد مختلفی مانند جاسوسی و عملیات نظامی می‌کنند. یعنی تهدیدهای مرتبط با ریزپرنده‌ها به صورت روزافزون در حال افزایش است. بنابراین در این تحقیق به بررسی روندهای فناورانه ریزپرنده‌ها در افق ۵ سال آتی پرداختیم. با استفاده از «روش تحقیق ترکیبی» ابتدا در بخش روش کیفی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و با بررسی منابع علمی مختلف، روندهای مهم را شناسایی نمودیم سپس طی گفتگو و جلسات نقد با خبرگان و متخصصان، روندهای شناسایی شده را اصلاح و تکمیل نمودیم. در این بخش از تحقیق مجموعاً به ۳۹ روند رسیدیم که برای تحلیل راحت‌تر آنها، در ۹ گروه دسته‌بندی نمودیم.

روندهای شناسایی شده در واقع مختصات تهدیدهای آینده ریزپرنده‌ها را نشان می‌دهد. ولی در عین حال وزن همه آنها به یک اندازه نیست. برای اینکه بتوانیم روندهای کلیدی‌تر و مهمتر را از بین لیست تهیه شده شناسایی کنیم وارد مرحله دوم تحقیق شدیم و با رویکرد کمّی و با استفاده از پیمایش، نظر خبرگان را در قالب پرسشنامه اخذ نمودیم. برای انجام تحلیل‌ها از روش «تحلیل تاثیر بر روند»[1] و ابزار «ماتریس اولویت مسائل»[2] استفاده نمودیم.

نتایج نشانگر این بود که طبق نظر خبرگان، از بین ۹ کلان روند، ۶ مورد اهمیت بالایی داشته و در شکل‌دهی به تهدیدهای آینده نقش مهمی ایفا خواهند کرد. این موارد عبارتند از: «کاهش احتمال کشف» ، «کاهش احتمال

1 Trend Impact Analysis Method
2 Issues-Priority Matrix

شناسایی» ، «افزایش مانورپذیری، خود بازیابی و پایداری پرواز» ، «افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی مانند جمینگ، جمر، انرژیهای مستقیم و ...» ، «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی» و «دسترس پذیری و ارزان شدن». البته از بین آنها نیز کلان روند «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی» اهمیت ویژه‌تر داشته و نقش فرون‌تری در تهدیدات آتی دارد بنابراین به سیاست‌گذاران و مسئولین حوزه مقابله با ریزپرنده‌ها توصیه می‌شود موارد شش گانه ذکر شده و بخصوص کلان روند «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی» را در کانون توجه خود قرار داده و در طراحی سامانه‌های پدافندی، توجه بیشتری به این مولفه‌ها داشته باشند.

منابع References

[1] Baharloo, M., Miremadi, T., Boushehri, A., Elyasi, M. (2019). **Technological Transition in Iran's Air Combat Socio-Technical System with Focus on UAV Technology**. *Journal of Management Improvement*, 13(2), 1-30 {In Persian}.

[2] Abolfathzadeh Khalili, Mohammad Hassan, Hamed Saeedi, Misagh Mashhadi, and Amir Khayyamim (2018) **Comprehensive report on the organization of civilian drones in the country: a suitable model for the development of technology and new businesses**. UAV Working Group of Iran Aerospace Industries Association, Tehran: Iran Aerospace Industries Association {In Persian}.

[3] Morgan, E., & Cohen, R. (2020). **Military Trends and the Future of Warfare: The Changing Global Environment and Its Implications for the U.S. Air Force**. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation.

[4] Chabot, D. (2018). **Trends in drone research and applications as the Journal of Unmanned Vehicle Systems turns five**. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 6(1), vi-xv.

[5] Wang, J., Liu, Y., & Song, H. (2020). **Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS): State of the Art, Challenges and Future Trends**. *arXiv preprint arXiv*:2008.12461.

[6] Mirshah Velayati, Farzaneh, and Farhad Nazarizadeh (2017). **Concepts and methods of technology scouting**. Tehran: Defense Industries Educational and Research Institute {In Persian}.

[7] Rohrbeck, R. (2010). **Harnessing a Network of Experts for Competitive Advantage: Technology Scouting in the ICT Industry**. *R&D Management*, 40(2), 169-180.

[8] Safdari Ranjbar, M., & Tavakoli, G. R. (2015). **Toward an inclusive understanding of technology intelligence: a literature review**. *Foresight*, 17(3), 240 - 256.

[9] Schultz, W. L. (1995). **Dissertation Future Fluency: chp.5 Explorations in Leadership, Vision, and creativity**. PhD Dissertation .

[10] Duinker, P. N., & Greig, L. A. (2007). **Scenario analysis in environmental impact assessment Improving explorations of the future**. *Environmental Impact Assessment Review*, 27, 206–219.

[11] Miles, I., Keenan, M., & Kaivo-Oja, J. (2002). **Handbook of Knowledge Society Foresight; prepared by PREST and FFRC for the European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions**.

[12] Agami, N. M., Omran, A. M., Saleh, M. M., & El-Shishiny, H. E.-D. (2008). **An enhanced approach for trend impact analysis**. *Technological forecasting and social change*, 75(9), 1439-1450.

[13] Boyle, R., O'Donnell, O., & O'Riordan, J. (2006). **Promoting Longer-Term Policy Thinking. CPMR** (Committee for Public Management Research) ;Discussion Paper 22. University College Dublin; Irlan.

[14] Guemes-Castorana, D. (2009). **Megatrend methodology to identify development opportunities. Portland International Conference on Management of Engineering & Technology**. *IEEE*, 2391-2396.

[15] Glenn, Jerome, and Theodore Groden (2015). **Reference Methodology Reference. Translated by Abuzar Seifi Golestan**. Tehran: Farhikhtegan University Press {In Persian}.

[16] Glenn, J. C., & Gordon, T. J. (1999). **The millennium project: issues and opportunities for the future**. *Technological Forecasting and Social Change*, 61(2), 97-208.

[17] Patel, B., & Rizer, D. (2019). **Counter-Unmanned Aircraft Systems: Technology Guide**. New York: U.S. Department of Homeland Security: Science and Technology Directorate.

[18] Hassanalian, Mostafa; Abdelkefi, Abdessattar. (2017). **Classifications, applications, and design challenges of drones: A review**. *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 99-131.

[19] OECD International Futures Programme. (1991). **Strategic Industries in a Global Economy**. Organisation for Economic Co-operation and Development.

[20] Fartoukzadeh, H., & Tahmasebi, S. (2020). **Auto Industry's Industrial Policy is The Neglected: A Review of the Problems in the Automotive**. *Journal of Management Improvement*, 14(3), 139-154 {In Persian}.

[21] Wang, W. (2021). **Research on the Trend of UAV Communication Signal Indication System**. *Journal of Physics: Conference Series*, 1881(3), 032099.

[22] Nayyar, A., Nguyen, B.-L., & Nguyen, N. G. (2020, Springer). **The Internet of Drone Things (IoDT)**: Future Envision of Smart Drones., (pp. 563-580). Singapore.

[23] Park, J.-K., Das, A., & Park, J.-H. (2015). **Application trend of unmanned aerial vehicle (UAV) image in agricultural sector: Review and proposal**. *Korean Journal of Agricultural Science*, 42(3), 269-276.

[24] Kim, D. H., Lee, B. K., & Sohn, S. Y. (2016). **Quantifying technology–industry spillover effects based on patent citation network analysis of unmanned aerial vehicle (UAV).** *Technological Forecasting and Social Change*, 105, 140-157.

[25] Pedram, A., Ahmadiyan, M., Amir Mazlaghani, Y. (2019). **Futures studies of Anti- UAV Products using Robust Prioritization**. *Defensive Future Study Researches Journal*, 3(11), 143-164 {In Persian}.

[26] Ayoobi, A., Ghaffary, H. (2019). **Future studies in Charting a Sustainable Path in quad-rotor Flying Robot using the Fuzzy Controller and pso**. *Defensive Future Study Researches Journal*, 4(12), 39-61 {In Persian}.

[27] Rohrbeck, R. (2007). **Technology Scouting: a case study on the Deutsche Telekom Laboratories**. ISPIM-Asia 2007 conference, (pp. 1-14). New Delhi, India.

[28] Khazaei, Saeed, Amir Nazemi, Amir Hoshang Heidari, Aziz Alizadeh, and Hamed Kashani (2015). **Fundamentals of Future Research and its Methods. Tehran**: Scientific Policy Research Center {In Persian}.

[29] Agami, N., Saleh, M., & El-Shishiny, H. (2010). **A fuzzy logic based trend impact analysis method**. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(7), 1051-1060.

[30] Sun, L., Baek, S., & Pack, D. (2014). **Distributed Probabilistic Search and Tracking of AgileMobile Ground Targets Using a Network of Unmanned Aerial VehiclesHuman Behavior Understanding in Networked Sensing**. Springer International Publishing, 301–319.

[31] Babayomi, O. O., & Makarfi, A. U. (2019). **Energy Efficiency in Unmanned Aircraft Systems: A Review**. In 2019 IEEE PES/IAS PowerAfrica, 569-574.

[32] Herrera, G. J., Dechant, J. A., Green, E. K., & Klein, E. A. (2017). **Technology Trends in Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) and Counter-UAS: A Five Year Outlook**. Virginia: Institute for Defense Analyses Alexandria.

[33] Arogeti, B. K. (2019). A **String of Tethered Drones – System Dynamics and Control**. IEEE.

[34] Gholami, Amirhosein (2019) **Modeling of small drones with a wingspan of less than 3 meters and an operating speed of less than 60 kilometers per hour**. Tehran: Sharif University {In Persian}.

[35] Foehn, P., & Brescianini, D. K. (2020). **AlphaPilot: Autonomous Drone Racing**. *arXiv preprint arXiv*:2005.12813.

[36] Scaramuzza, D., & Zhang, Z. (2019). **Visual-inertial odometry of aerial robots**. *arXiv preprint arXiv*:1906.03289.

[37] Prasath, M. S., Naveen, R., & Sivaraj, G. (2021). **Mind Controlled Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Using Brain–Computer Interface (BCI).** *Unmanned Aerial Vehicles for Internet of Things (IoT) Concepts, Techniques, and Applications*, 231-246.

[38] Shang, B., Shafin, R., & Liu, L. (2021). UAV **swarm-enabled aerial reconfigurable intelligent surface**. *arXiv preprint arXiv*:2103.06361, 1-8.

[39] Luo, B., Wang, X., & Zhang, Z. (2021). **Application of Computer Vision Technology in UAV. In Journal of Physics**: Conference Series, vol. 1881, no. 4, p. 042052. IOP Publishing.

[40] vLi, B., Fei, Z., & Zhang, Y. (2018). **UAV communications for 5G and beyond: Recent advances and future trends**. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2241-2263.