



Analysis of trends and extraction of technology clusters in the field of military unmanned aerial vehicles (UAVs)

Farhad Kiani¹

Abstract

The aim of this research is to examine the state of scientific production in the field of military drones. This study is applied and bibliometric in nature, employing techniques for analyzing scientific databases and co-word analysis. Co-word analysis is a content analysis method that evaluates the topic based on the frequency of occurrence of key terms in documents. Given the substantial volume of scientific articles being produced and published, it is no longer feasible to conduct content analysis on all articles related to the phenomenon in question. Data and keywords related to the research topic were searched and evaluated in the scientific database between the years 2015 and 2025. For data analysis and visualization of the obtained information, the Vosviewer software was used. The statistical population of the study consisted of 3,653 articles related to technology involved with military drones. The findings indicate that drones, as a core technology in military, industrial, and surveillance domains, are rapidly advancing. This technology, with a focus on security and artificial intelligence, particularly deep learning, plays a significant role in monitoring and supervising sensitive areas. Emerging technologies like blockchain and the Internet of Things (IoT) enable drones to manage secure data and communicate with other systems. Additionally, 3D printing and additive manufacturing contribute to the improved production of drone components. With the advancement of Industry 4.0, it is expected that drones will move towards greater automation and demonstrate higher efficiency in more complex missions.

Keywords: Technology monitoring, military UAVs, Co-Word Analysis, technology clusters, emerging defense technologies.

1. Department of Business Management, Faculty of Management, University of Payame Nour, Tehran, Iran. E-mail: mehdiesmaeli60@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.20086121.1403.23.106.1.2





مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۳/۰۵

شاپا چاپی: ۲۵۳۸-۱۸۵۷
الکترونیکی: ۳۶۴۵-۵۲۵۰



تحلیل روند و استخراج خوشه‌های فناوری در حوزه پهپادهای نظامی

فرهاد کیانی فلاورجانی^۱

چکیده

هدف این پژوهش بررسی وضعیت تولیدات علمی در حوزه پهپادهای نظامی است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و علم‌سنجی است و در انجام آن از فن‌های تحلیل پایگاه‌های داده علمی و تحلیل هم‌واژگانی استفاده شده است. تحلیل هم‌واژگانی یک روش تحلیل محتوایی است که به ارزیابی مقوله موردنظر بر اساس دفعات تکرار واژگان کلیدی اسناد می‌پردازد. از آنجاکه حجم تولید و نشر مقاله‌های علمی بسیار زیاد است دیگر نمی‌توان به تحلیل محتوای همه مقاله‌ها در زمینه پدیده موردنظر پرداخت. داده‌ها و کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع پژوهش در فاصله بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ در پایگاه علمی داده جستجو، ارزیابی و برای تحلیل داده‌ها و مصورسازی اطلاعات به‌دست‌آمده، از نرم‌افزار Vosviewer استفاده شده است جامعه آماری پژوهش ۳۶۵۳ مقاله در زمینه فناوری مرتبط و درگیر با پهپادهای نظامی بوده است. یافته حاکی از این است که پهپادها به‌عنوان فناوری محوری در حوزه‌های نظامی، صنعتی و نظارتی، به‌سرعت در حال پیشرفت هستند. این فناوری با تمرکز بر امنیت و هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری عمیق، نقش مهمی در پایش و نظارت مناطق حساس ایفا می‌کند. فناوری‌های نوظهور مانند بلاک چین و اینترنت اشیا به پهپادها امکان مدیریت داده‌های ایمن و ارتباط با سایر سامانه‌ها را می‌دهند. علاوه بر این، چاپ سه‌بعدی و ساخت افزایشی به بهبود تولید قطعات پهپادی کمک می‌کنند. با پیشرفت صنعت ۴،۰، انتظار می‌رود که پهپادها به سمت خودکارسازی بیشتر حرکت کنند و در مأموریت‌های پیچیده‌تر کارایی بالاتری از خود نشان دهند.

کلیدواژه‌ها: رصد فناوری، پهپادهای نظامی، تحلیل هم‌واژگانی، خوشه فناوری، فناوری‌های

نوظهور دفاعی

۱. دانشجوی دکتری، مهندسی هوافضا، مکانیک صنعتی مالک اشتر، شاهین‌شهر، ایران Aerospace1362@gmail.com

DOR: 20.1001.1.20086121.1403.23.106.1.2



نویسندگان ©

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

این مقاله تحت لایسنس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

مقدمه

جنگ‌های آینده به وسیله یگان‌های پرتحرک، چابک و کاملاً انعطاف‌پذیر صورت خواهد گرفت که در این وضعیت باید پذیرفت که جنگ‌های آینده قابلیت محور خواهد بود. مبنای دکترین دفاعی جمهوری اسلامی ایران عبارت است از «تولید ابزار قدرت» برای «بازدارندگی فعال» و نیز «دفاع مبتکرانه و مؤثر». توان موجود در حوزه طراحی و ساخت انواع پرنده‌های بدون سرنشین ایران بخشی از راهبرد و دکترین دفاعی صنعت دفاعی است. امروزه توانایی تولید و به کارگیری انواع تسلیحات یکی از لوازم تبدیل شدن یک کشور به یک قدرت نظامی، سیاسی و اقتصادی منطقه‌ای و جهانی است. هواپیماها و سایر هواگردها، همواره از مهم‌ترین و مؤثرترین سلاح‌ها برای دفاع از قلمرو خودی و عملیات تهاجمی علیه دشمن محسوب می‌شوند. استفاده از توانمندی و قابلیت پرنده‌های بدون سرنشین در حوزه نبردهای آتی نقش بسزایی در افزایش قدرت و نیروی بازدارندگی خواهد داشت. استفاده از پرنده‌های بدون سرنشین برای انواع مأموریت‌های غیرنظامی و نظامی در مقایسه با پرنده‌های سرنشین دار مزایای ویژه خود را به همراه دارد. اولین مزیت استفاده از پهپاد، کاهش خطر جانی برای خلبان، خصوصاً در مأموریت‌های نظامی است. همچنین به دلیل نبود سرنشین داخل وسیله پرنده و حذف بسیاری از سامانه‌های مرتبط با خلبان و همچنین ضریب ایمنی پایین‌تر در طراحی و ساخت، قیمت تمام‌شده پهپادها در مقایسه با هواپیماهای سرنشین دار با مأموریت مشابه کمتر خواهد بود. از دیگر مزایای پهپادها می‌توان به قابلیت پنهان‌کاری بیشتر به دلیل ابعاد کوچک‌تر، امکان استفاده از طرح‌های غیرمتعارف در ظاهر به دلیل نبود سرنشین، قابلیت استفاده در شرایط دشوار و خطرناک مانند مناطق آلوده به گازهای شیمیایی خطرناک، توانایی حمل بار بیشتر به نسبت سوخت مصرفی و پوشش دادن نقاط کور ماهواره‌ای برای فعالیت‌های جاسوسی و یا مخابراتی اشاره کرد. البته در کنار این مزایا، استفاده از پهپادها همراه با محدودیت‌های خاص خود است که از جمله آن‌ها می‌توان به اعتمادپذیری کمتر به علت عدم وجود کنترل مستقیم توسط خلبان و نیاز به تجهیزات و سامانه‌های پیچیده کنترلی اشاره کرد (کیانی فلاورجانی، ۱۳۸۸).

فناوری پرنده‌های بدون سرنشین امروزه یکی از دغدغه‌های اساسی سیاست‌گذاران علوم و فناوری دفاعی هر کشور است که در دهه‌های اخیر نقش بسیار چشمگیری در عرصه فعالیت‌های

مختلف نظامی و غیرنظامی داشته است. هواپیماهای بدون سرنشین با خصوصیات آیرودینامیکی این امکان را دارند تا مهمات و سایر تجهیزات و جنگ افزارها را با خود حمل کنند. به کارگیری پهپاد در جنگ‌های مختلف توسط نیروهای نظامی سابقه در جنگ‌های جهانی دوم را دارد و امروزه پهپادها جایگاه خاصی در نبردها و جمع‌آوری اطلاعات صحنه‌ی نبرد پیدا کرده و اهمیت آن به حدی است که می‌تواند به تمام صحنه‌ی نبرد همپوشانی اطلاعاتی داده و اخبار و اطلاعات تاکتیکی را به فرماندهان عملیاتی ارائه دهد و داشتن اطلاعات به‌روز و کاربرد صحیح آن‌ها یکی از مباحث مهم در فرماندهی و کنترل هست. این اطلاعات مورد نیاز فرماندهان و تصمیم‌گیرندگان بوده و در طرح‌ریزی، سازماندهی، هدایت، هماهنگی، کنترل و نظارت عملیات، به‌منظور اجرای مأموریت مورد استفاده قرار می‌گیرد (رضا، شاملو، ۱۴۰۱).

پهپادها یکی از تجهیزات نظامی مؤثر صحنه‌های نبرد در جنگ‌های امروزی هستند که در مأموریت‌های اطلاعاتی شرکت می‌کنند و بانفوذ به عمق و عقبه دشمن تصاویر مناطق موصوف را برای تصمیم‌گیری بهتر فرماندهان به‌صورت زنده ارسال می‌نمایند تا آن‌ها بتوانند در اجرای مأموریت‌های مختلف برتری تاکتیکی کسب نمایند (Wong, 2019). این بدان معناست که یکی از مؤلفه‌های مهم به کارگیری پهپادها، حوزه مأموریت‌های اطلاعاتی است؛ به عبارتی مأموریت‌های اطلاعاتی به مراقبت و هدف‌یابی، شناسایی و جمع‌آوری الکترونیکی شوند تفکیک شده‌اند که توسط هواپیماهای بدون سرنشین به اجرا گذاشته می‌شوند (حاجی جعفری، ۱۳۸۷).

پیشرفت فن‌آوری تسلیحات و تجهیزات و پیچیده شدن مناطق درگیری نیاز به سامانه‌های شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی و جمع‌آوری الکترونیکی شود را دوچندان می‌نماید که این نیازها ضمن تقویت مؤلفه‌های قدرت تهاجمی، توان دفاعی جهت مقابله با تهدیدات یادشده را نیز افزایش می‌دهد ((André, 2020؛ که این امر می‌تواند به‌خوبی و با موفقیت بیشتر توسط پهپادهای اطلاعاتی صورت پذیرد. با توجه به اینکه تاکنون مقابله با تهدیدات مذکور و تأمین نیازهای اطلاعاتی و شناسایی برای نیروها قبل از درگیری و در صحنه نبرد یا بعد از زمان نبرد توسط پرنده‌های سرنشین دار صورت می‌گرفت، لیکن مواردی از جمله: هزینه‌بر بودن، پیچیدگی و

دشواری استفاده از آن‌ها، خطرات جانی و زمان‌بر بودن انتقال اطلاعات دریافتی به واحدهای زمینی و از محدودیت‌های به کارگیری این پرنده‌ها است.

پرنده‌های بدون سرنشین در نقش‌های مختلف از جمله شناسایی، جاسوسی و اکتشاف، جنگ‌افزارهای برگزیده ارتش‌های امروز دنیا هستند که دارای جایگاهی تسخیر ناشدنی در جنگ‌های مدرن می‌باشند. مزیت بدون سرنشین بودن، در کنار ویژگی‌های کوچکی، سبکی و ارزانی و همین‌طور قابلیت اطمینان‌پذیری بالا، به این وسایل امکان می‌دهد تا بیشتر از هر وسیله دیگری برای مقاصد گفته‌شده مناسب داشته باشند (Austin, 2020).

مبانی نظری

پهپاد: پهپادها، تجهیزات نقلیه هوایی با نیروی محرکه هستند که افرادی با عنوان اپراتور را با خود حمل نمی‌کنند و برای به پرواز درآمدن از نیروهای آیرودینامیک استفاده می‌کنند. پهپاد می‌تواند بسط پذیر یا قابل بازیافت باشد و می‌تواند یک محموله مخرب یا غیر مخرب را حمل نماید. پهپادها عبارت‌اند از هواپیماهایی که در محدوده اتمسفر پرواز کرده و نیاز به سرنشین برای هدایت آن‌ها وجود ندارد و با خصوصیات آیرودینامیک این امکان را دارند تا مهمات، وسایل شناسایی و سایر تجهیزات را با خود حمل کنند (Mansoor, 2020)، سامانه‌های مهم و کلیدی پهپاد در شکل ۱ نمایش داده شده است. این هواپیماها در مأموریت‌های شناسایی، رزمی، فرماندهی و کنترل و فریب و... شرکت می‌کنند (کیانی فلاورجانی، ۱۳۸۸). پهپادهایی که در داخل کشور تولید می‌شوند متعدد هستند و به آن‌ها پهپادهای بومی گفته می‌شود و در حال حاضر تولید انبوه شده و در اختیار نیروهای مسلح جمهوری اسلامی قرار می‌گیرند (شکوهی، حسین، همت عندلیبی، علی، ۱۳۹۰). پهپادهای خانواده ابابیل، کرار، مهاجر و شاهد، آرش از مطرح‌ترین پهپادهای سبد محصولی نیروهای مسلح هستند.

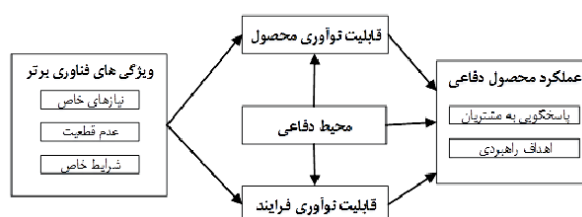


شکل ۱- شماتیکی از سیستم و زیرسیستم‌های مهم و کلیدی در پهپادهای نظامی (Austin, 2020)

دسته‌بندی پهپادها

فناوری پرنده‌های بدون سرنشین امروزه یکی از دغدغه‌های اساسی سیاست‌گذاران علوم و فناوری دفاعی هر کشور است که در دهه‌های اخیر نقش بسیار چشمگیری در عرصه فعالیت‌های مختلف نظامی و غیرنظامی داشته است. هواپیماهای بدون سرنشین با خصوصیات بسیار انعطاف‌پذیر در پیکربندی و شکل هندسی این امکان را دارند تا مهمات و سایر تجهیزات و جنگ‌افزارها را با خود حمل کنند و یا به عنوان مهمات و یک سلاح انهدامی مورد استفاده قرار گیرند و از انواع پلتفرم‌های سطحی، زیرسطحی و زمینی پرتاب و هدایت شود (Ahmed, 2022). در سال‌های اخیر به منظور کاهش هزینه‌ها و خطرات به کارگیری، پهپادهای کوچک به طور چشمگیری مورد توجه نیروهای نظامی قرار گرفته است و نقش بسیار مهم پهپادها در تعیین سرنوشت جنگ‌ها، فرماندهان را بر آن داشته است که نگاهی ویژه و خاص به این گونه پرنده‌ها داشته باشند؛ به گونه‌ای که تولید، ساخت و یا بهینه‌سازی این محصولات شتاب خاصی نسبت به گذشته به خود گرفته و در سال‌های آینده نیز اهمیت این پرنده‌های ارزشمند چند برابر خواهد شد. با استفاده از فن‌های مدرن، ترکیب صحیح تصاویر و اطلاعات سنجنده‌ها و استفاده از سامانه‌های پردازشی نوین تصاویر می‌توان به اطلاعات نظامی تصویری گوناگونی

دست‌یافت (Fan,2022). این اطلاعات پس از ورود به سامانه‌های اطلاعات مکانی تجزیه و تحلیل شده و اطلاعات موردنیاز فرماندهان و تصمیم‌گیران را تهیه نمود. **Error! Reference source not found.** ارتباط مفهومی فناوری، نوآوری و عملکرد دفاعی را برای یک محصول دفاعی (پهپاد نظامی) نشان می‌دهد.



شکل ۲- ارتباط فناوری برتر و نوآوری و توسعه محصول نمونه دفاعی (پهپاد نظامی) (کیانی فلاورجانی، ۱۳۸۸)

پهپاد رزمی پهپاد نظامی: یا هواگرد بدون سرنشین رزمی توسط ارتش‌ها در سراسر جهان برای کارکردهای مختلفی از جمله مراقبت، جمع‌آوری اطلاعات، پیدا کردن هدف، شناسایی و شلیک مهمات‌هایی مانند موشک و بمب مورد استفاده قرار می‌گیرند (کیانی فلاورجانی، ۱۳۸۸). پهپادهای نظامی گونه‌ای از پهپاد است که برای عملیات اطلاعات، نظارت، شناسایی و یافتن هدف به کار می‌رود و همچنین می‌تواند مهمات هواگرد نظامی از جمله بمب‌ها، موشک‌های متعارف و هدایت شونده ضدتانک برای استفاده در حمله پهپادی حمل کند. پهپادهای رزمی برخلاف پهپادهای نظارت و شناسایی، هم برای حملات پهپادی و هم برای شناسایی میدان نبرد استفاده می‌شوند، چون که کاربر پهپاد را با سامانه راه دور هدایت می‌کند؛ نیازی به تجهیزات لازم برای خلبان انسانی نیست، در نتیجه وزنی کمتر و اندازه‌ای کوچک‌تر از هواپیمای باسرنشین دارد (Austin,2020). برخی کشورها پهپادهای عملیاتی بومی در اختیار دارند و بسیاری دیگر پهپادهای رزمی یا شناسایی خریده‌اند یا در حال توسعه آن‌ها هستند. در حال حاضر انواع مختلفی از هواگردهای رزمی بدون سرنشین وجود دارد که توسط نیروهای مسلح مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، هواپیماهای بدون سرنشین شناسایی کلاس متوسط بیشترین استفاده را در صحنه نبرد دارند (André,2020). این پهپادهای میان برد برای عملیات‌های اطلاعات، نظارت، اکتساب

هدف و شناسایی ۱ مورد استفاده قرار می‌گیرند و با عنوان پهپادهای ارتفاع متوسط برد بلند ۲ یا پهپاد با ارتفاع پروازی و مداومت پروازی بالا ۳ (هال) نیز شناخته می‌شوند. **Error! Reference source not found.** فهرستی از پهپادهای نظامی را ارائه می‌دهد همچنین در **Error! Reference source not found.** شماتیکی از برخی از پهپادهای نظامی (رزمی) نشان داده شده است. جدول ۱ جدول ۱ دسته‌بندی کلی پهپادها را بر اساس کلاس وزنی استاندارد ناتو و وزارت دفاع ایالات متحده نشان می‌دهد (André Haider, ۲۰۲۰). پهپادها علاوه بر کلاس بندی وزنی بر اساس نوع بال، نوع مکانیزم پیش‌رانش، نوع سیستم هدایت، برد عملیاتی، شکل هندسی، ارتفاع پروازی،... نیز دسته‌بندی میشوند (Ahmed, 2022). جدول ۲ نوعی از دسته‌بندی و طبقه‌بندی پهپادها بر اساس نوع مأموریت نشان می‌دهد.

جدول ۱. دسته‌بندی پهپادها بر اساس کلاس وزنی (Aabid, 2020)

ردیف	نوع پهپاد (مأموریت)	طول پرواز (ساعت)	ارتفاع پروازی (متر)	وزن (کیلوگرم)	نوع بال	تصویر
۱	گروه اول - پهپاد نانو (مینی و یا میکرو)	-	متر	۵۰ کیلوگرم	۱۰	
۲	گروه دوم - پهپاد کوچک	۱۵۰-۲۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰	۶-۸	
۳	گروه سوم - پهپاد تاکتیکی	۱۵۰- ۶۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰	۱۲-۱۵ 
۴	گروه چهارم - پهپاد - عملی ارتفاع پروازی متوسط و مداومت پروازی بالا	۶۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰۰	BLOS	۲۴ 
۵	گروه پنجم - پهپاد - عملی ارتفاع پروازی بالا و مداومت پروازی بالا	۶۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲۴۰۰۰	BLOS	۳۶ 

جدول ۲. دسته‌بندی و طبقه‌بندی پهپاد بر اساس مأموریت (Austin, 2020)

اطلاعات	عملیات	پشتیبانی
مراقبت و هدف‌یابی	هدف	پشتیبانی و فرماندهی

- 1 Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance
- 2 Medium-altitude long-endurance
- 3 High-altitude long-endurance (HALE)

شناسایی	انتحاری	آموزشی
جمع‌آوری الکترونیکی (شنود)	رزمی	ارتباطات
	جنگال	
	فریب	

مأموریت‌های بالقوه برای پهپادها

مأموریت‌های پهپادها در دودسته‌ی عمده قرار می‌گیرد: مأموریت‌های شناسایی و مراقبت غیر مخرب و جنبه‌های پیشرفته‌تر که وسایل جنگی هوایی کشنده هستند (Yang, 2022). به عنوان یک نکته، هر مزیت بالقوه‌ی مأموریت‌های پهپاد می‌تواند یک تهدید هم باشد و این در صورتی است که دشمن به قابلیت‌های پهپادها دست پیدا کند. بنابراین مأموریت‌های زیر می‌توانند هم فرصت و هم تهدید به حساب بیایند (کیانی فلاورجانی، ۱۳۸۸).

مأموریت‌های مراقبت و شناسایی: مأموریت‌هایی که با استفاده از وسایل دیده‌بانی با چشم و یا روش‌های ردیابی دیگر، به منظور به دست آوردن اطلاعاتی درباره‌ی فعالیت‌ها و منابع دشمن و یا دشمن حتمی و یا به منظور محفوظ نگه داشتن اطلاعات مربوط به خصوصیات جغرافیایی یک منطقه‌ی مشخص، انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر، این کار به منابع یابی اطلاعات عمومی درباره یک منطقه و یا دشمن مربوط است (Müezzinoğlu, 2021). در مقام مقایسه، مراقبت را می‌توان دیده‌بانی خاص و باقاعده از یک منطقه خاص و یا یک هدف، برای یک بازه‌ی زمانی گسترده، تعریف نمود. پهپادها از زمانی که ساخته شده‌اند برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند (Singhal, 2018). این مأموریت‌ها به طور قابل توجهی، کارهای زمان صلح به حساب می‌آیند. به عنوان مثال پهپادهای جنرال اتمیکس ایالات متحده به منظور دیده‌بانی مناطق مورد جنگ در اکراین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کشف هدف و تعیین خسارت میدان جنگ: پهپادها را می‌توان برای کشف، محل‌یابی، تعقیب و شناسایی هدف مورد نظر، مورد استفاده قرار داد. قوانین درگیری در کشمکش‌های آینده به سمت به دست آوردن اطلاعات مسلم درباره هدف قبل از هرگونه حمله و مأموریت جلوگیری، حرکت می‌کند. پهپادهای کوچک در مقایسه با همتاهای سرنشین دار، قابلیت بیشتری برای مأموریت به طور مجزا رادارند؛ این مسئله شاید به دلیل قابلیت کشف هدف بدون اینکه خود شناسایی شوند،

باشد (Austin, 2020). تعیین دقیق میزان خسارت در میدان جنگ می‌تواند مانع حمله مجدد به یک هدف بشود و از اتلاف وقت و مهمات جلوگیری نماید. استفاده از پهپادها برای گرفتن چنین اطلاعاتی، به جای وسایل هوایی سرنشین دار باعث می‌شود که ارزیابی خسارات در بازه‌ی کوچک‌تری انجام بگیرد. هدف جمع‌آوری اطلاعات و تعیین خسارت در میدان جنگ، تصمیم‌گیری در مورد موقعیت هدف و جلوگیری از استفاده‌ی بی‌مورد از سلاح‌های مختلف است (Aabid, 2020). این موضوع مخصوصاً برای جنگنده‌های زمینی بسیار مهم است.

رله ارتباطی: عملیات رزمی معمولاً در فاصله قابل ملاحظه‌ای از واحد و یا گروه مأموریت انجام می‌گیرد. همان‌طور که مأموریت‌های فعلی بالگردهای نشان می‌دهد، این مأموریت‌های جنگی معمولاً از بازه فرکانس‌های ارتباطی خیلی بالای فعلی نیز تجاوز می‌کنند (Aabid, 2020). پهپادها را می‌توان به عنوان رله‌های ارتباطی برای پوشش دادن فاصله بین منطقه عمل و فرمانده استفاده کرد (Ahmed, 2022). این برنامه برای مأموریت‌های آبی‌خاکی و یا خدمات حفاظتی در منطقه خاص صحنه نبرد بسیار مفید خواهند بود و به فرمانده‌ها اجازه ارتباط پیوسته با ارکان گسترش یافته در صحنه نبرد را می‌دهند.

جاسوسی و حمله الکترونیکی و ارتباطات: وزارت دفاع ایالات متحده از پهپادهای هانتر برای حمله و جاسوسی در زمینه‌های الکترونیکی و ارتباطی استفاده می‌کند (Amin, 2022). هدف از این کار کشف و شناسایی وسایل صادرکننده امواج دشمن، خصوصاً تأسیسات دفاعی است، تا موشک‌ها و هواپیماهای جنگی بتوانند آن‌ها را مورد حمله قرار دهند. به‌طور کاملاً عملی می‌تواند با استفاده از تشعشعات، از پهپادها برای محل یابی و شناسایی ناوهای جنگی دشمن و یا پایگاه‌های ساحلی استفاده نمود.

آشکارسازی جنگ میکروبی و شیمیایی: پهپادها می‌توانند از روش بویایی برای آزمایش منطقه‌ی عملیاتی از نظر آلودگی استفاده کنند (Austin, 2020).

تهاجم به اهداف ثابت و یا متحرک زمینی: از پهپادها می‌توان به‌منظور حمله به پایگاه‌ها و اهداف زمینی دشمن استفاده نمود. پهپادها توانایی بیشتری نسبت به موشک‌ها برای حمله به پایگاه‌های زمینی دارند به دلیل اینکه از حداکثر توان پروازی بالاتری برخوردارند (Ducard, 2014)؛ مانند پهپادهای مراقبتی، پهپادهایی که برای حمله‌های زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نیز

توانایی پرواز بر فراز هدف را دارند. این توانایی باعث کاهش زمان پاسخ به تهدیدات دشمن می‌شود (Nisser, 2014).

علم‌سنجی

تعریف‌های بسیاری از علم‌سنجی^۱ مطرح شده است علم‌سنجی را می‌توان تجزیه و تحلیل کمی و تا حد امکان کیفی فرایند تولید، توزیع و استفاده از اطلاعات علمی و عوامل مؤثر بر آن و توصیف، تبیین و پیش‌بینی این فرآیند به‌منظور برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری، اعتلا و آگاهی و آینده‌نگری علمی و پژوهشی در ابعاد فردی، گروهی، سازمانی و بین‌المللی دانست (توکلی زاده و همکاران، ۱۳۹۸).

علم‌سنجی سعی دارد با استفاده از داده‌های کمی مربوط به تولید، توزیع و استفاده از متون علمی، علم و پژوهش علمی را توصیف و ویژگی‌های آن را مشخص کند (نوروزی چاکلی، ۱۳۹۰). علم‌سنجی یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی فعالیت‌های علمی و مدیریت پژوهش است (شکفته و کریمی، ۱۳۹۶). بررسی کمی تولیدات علمی، سیاست‌گذاری علمی، ارتباطات علمی دانش‌پژوهان و ترسیم نقشه علم، برخی از موضوعات این حوزه‌اند. در علم‌سنجی، ارتباطات علمی و شیوه‌های تولید، اشاعه و بهره‌گیری از اطلاعات علمی به روش غیرمستقیم و با بررسی منابع و مآخذ آن‌ها ارزیابی می‌شود (نصیری و حاج سلیمانی، ۱۳۹۶). علم‌سنجی سعی دارد با استفاده از داده‌های کمی مربوط به تولید، توزیع و استفاده از متون علمی، علم و پژوهش علمی را توصیف و ویژگی‌های آن را مشخص کند (سن گوپتا، آی. ان، ۱۳۷۳).

با توجه به سرچشمه اصلی ظهور علم‌سنجی و همچنین بر اساس دامنه مفهومی که صاحب‌نظران و پیشگامان علم‌سنجی بر آن صحه گذاشته‌اند، علم‌سنجی بیش از هر چیزی برای ارائه خدمت به سیاست علم تولد یافته است و همین نکته، اصلی‌ترین فلسفه وجودی آن را تشکیل می‌دهد و دامنه آن را از سایر حوزه‌های مرتبط، وابسته و سنجشی جدا می‌کند (علیپور حافظی و همکاران، ۱۳۹۶).

نمایه‌های استنادی معتبر بین‌المللی همچون پایگاه‌های استنادی مؤسسه کلریویت آنالیتیکز^۲ شامل وب آو ساینس^۳، جی سی آر^۱، این سایت^۲، ای اس آی^۳ که افراد، مؤسسه‌ها، مجله‌ها،

1 Scientometrics

2 Clarivate Analytics

3 Web of Science

مقاله‌ها، کشورها را از لحاظ علمی مقایسه می‌کنند. همچنین پایگاه‌های استنادی مؤسسه الزویر شامل اسکوپوس^۴، سای ول^۵ و همچنین گوگل اسکالر^۶ از ابزارهای علم‌سنجی محسوب می‌شوند. تحلیل هم‌واژگانی (Co-Word Analysis) یک روش تحلیل محتوایی است که به ارزیابی مقوله موردنظر بر اساس دفعات تکرار واژگان کلیدی اسناد می‌پردازد. از آنجا که حجم تولید و نشر مقاله‌های علمی بسیار زیاد است دیگر نمی‌توان به تحلیل محتوای همه مقاله‌ها در زمینه پدیده موردنظر پرداخت. دیدگاه زیربنایی این روش آن است که بر اساس واژگان کلیدی یک مقاله می‌توان به درک درستی از کل محتوای مقاله دست یافت. تعاریف هم‌واژگانی را از نظر مفهومی معادل co-word دانسته که گاه واژه co-occurrence را به جای آن به کار برده‌اند. در زبان فارسی واژه نخست را هم‌واژگانی و واژه دوم را هم‌رخدادی معنا کرده‌اند. تحلیل هم‌واژگانی که بر اساس هم‌رخدادی واژگان عمل می‌کند، به عنوان یک روش تحلیل محتوا، یکی از روش‌های علم‌سنجی است. علاوه بر این‌ها، تعاریف‌های دیگری نیز ارائه شده است که در زیر به آن اشاره شده است:

نوعی تحلیل محتوا برای کشف الگوها و تعیین گرایش‌های موضوعی در حوزه‌های مشخص پژوهشی،

اندازه‌گیری درجه ارتباط بین مفاهیم و اصطلاحات،

روشی مهم برای دیداری‌سازی روابط میان مفاهیم، اندیشه‌ها و مسائل علمی،

تحلیلی کمی برای کشف شبکه مفاهیم حوزه‌های علمی،

روشی برای شناسایی ساختار موضوعی یک حوزه پژوهشی،

کشف روابط مفهومی میان مدارک،

شیوهای نو از مطالعات کمی در حوزه علم‌سنجی جهت تعیین ارتباط میان توصیف‌گرهای منابع.

به کارگیری این روش سبب شناسایی و دسته‌بندی مقولات مفهومی می‌شود و زمینه را برای

بازیابی اطلاعات در پایگاه‌های دانش فراهم می‌آورد. با توجه به تعاریف فوق، تحلیل هم‌واژگانی

شیوهای از تحلیل محتواست. از طریق هم‌رخدادی واژه‌ها یا مفاهیم موجود در متون و منابع حاصل

1 Journal Citation Report (JCR)

2 InCites

3 Essential Science Indicators (ESI)

4 Scopus

5 SciVal

6 Google Scholar

می‌شود. از طریق آن می‌توان مفاهیم اصلی یک زمینه یا حوزه علمی را شناخت. به واسطه این شناخت، الگوها و رویدادهای مفهومی، ساختار علمی، شبکه مفهومی، روابط سلسله‌مراتبی مفاهیم و مقولات مفهومی آن حوزه را کشف، ترسیم و مدیریت کرد. تحلیل هم‌واژگانی، ابزاری برای کشف الگوهای پنهان و رویدادهای نوظهور مفهومی است.

از سوی دیگر پایگاه‌های معتبری وجود دارند که مقاله‌های منتشر شده را نمایه می‌کنند. این پایگاه‌های علمی مقاله‌ها را بر اساس نوع، سال انتشار، نشریه، واژگان کلیدی، چکیده و ... دسته‌بندی می‌کنند. همچنین این اطلاعات را به صورت فرمت‌های مختلفی به عنوان خروجی در اختیار کاربر قرار می‌دهند. با استفاده از نرم‌افزاری مانند نرم‌افزار وس و یوور^۱ می‌توان به تحلیل هم‌واژگانی این اطلاعات پرداخت.

نرم‌افزار وس و یوور

یکی از شیوه‌های مؤثر علم‌سنجی در ترسیم نقشه‌های علمی تحلیل هم‌واژگانی است که توسط پژوهشگران متعددی به عنوان یک ابزار قدرتمند برای کشف دانش در پایگاه‌های استنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار با پذیرش داده‌های مستخرج از پایگاه‌های استنادی و اطلاعاتی مانند وب آو نالچ، اسکاپوس و گوگل اسکولار، ویژگی‌های گرافیکی آن‌ها را رسم می‌کند. با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل پایگاه داده و حوزه‌های علم‌سنجی می‌توان ارتباطات نویسندگان و شبکه‌های هم‌نویسندگی، سیر تحول موضوعات علمی، پدیدار شدن موضوعات و رشته‌های علمی جدید، موضوعات بکر و دورمانده از چشم پژوهشگران، ارتباطات اسناد و آثار علمی و بسیاری از موارد مفید در حوزه رشد علوم مختلف را با استفاده از امکانات مختلف این نرم‌افزارها بررسی نمود (عباداله عموقین، جعفر؛ شریف مقدم، هادی؛ ضیائی، ثریا، ۱۳۹۷).

اهداف پژوهش

هدف اصلی

فناوری‌های نوظهور در پهبادهای نظامی

اهمیت و تمرکز فناوری‌های نوظهور در پهبادهای نظامی

هدف فرعی: استخراج خوشه‌های فناوری‌های درگیر و مؤثر در پهبادهای نظامی

پرسش‌های پژوهش

پرسش اصلی: فناوری‌های کلیدی و تأثیر و نوظهور به‌منظور سرمایه‌گذاری و توسعه دانش بومی و فنی در حوزه پهپادهای نظامی کدامند؟

پرسش‌های فرعی

پرسش فرعی اول: فناوری‌های مؤثر و کلیدی در ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) در پهپادهای نظامی کدامند؟

پرسش فرعی دوم: خوشه فناوری‌های مؤثر و کلیدی در ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) در پهپادهای نظامی کدامند؟

پرسش سوم: فناوری‌های نوظهور و بدیع در ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) در پهپادهای نظامی کدامند؟

پیشینه پژوهش

نویسندگان	سال	موضوع	محل انتشار (نام مجله)
حسین شکوهی، علی همت عندلیبی	۱۳۸۹	توانمندی‌های پهپاد در جنگ‌های آینده	فصلنامه علوم و فنون نظامی
حسین شکوهی، علی همت عندلیبی	۱۳۹۱	آرایه‌های پهپادی مطلوب در صحنه نبرد ناهمگون برای اجرای مأموریت‌های اطلاعاتی	مدیریت نظامی فصلنامه علمی - پژوهشی
علی‌اکبر احمدیان، ناصر پور صادق، محمد اسماعیل شریفان	۱۳۹۷	راهبردهای توسعه بهره‌گیری از پهپاد در افزایش توان رزمی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران	فصلنامه مطالعات دفاعی راهبردی
نیک بخش حبیبی	۱۳۹۷	ارائه مدل اثربخش به‌کارگیری بهینه پهپاد در توانمندسازی عملیات آینده سازمان‌های دفاعی مطالعه موردی عملیات پروازی نیروی هوایی	آینده‌پژوهی دفاعی
مهدی بهارلو، طاهره میرعمادی، مهدی الیاسی،	۱۳۹۷	تحلیل و تبیین ساختاری- کارکردی نظام نوآوری فناورانه پهپاد در ایران	فصلنامه مدیریت توسعه فناوری

نویسندگان	سال	موضوع	محل انتشار (نام مجله)
علیرضا بوشهری			
مهدی بهارلو، طاهره میرعمادی، مهدی الیاسی، علیرضا بوشهری	۱۳۹۸	تحلیلی بر توسعه فناوری پهپاد در ایران با تأکید بر رویکرد مدیریت راهبردی	مدیریت نوآوری
ابراهیم ایجابی، فرهاد درویش سه تلانی، حسین مینایی، صفر فضلی، عین اله کشاورز ترک	۱۳۹۸	آینده‌نگاری راهبردی فناوری‌های دفاعی در حوزه پدافند هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران در افق ۰۲۴	آینده‌پژوهی دفاعی

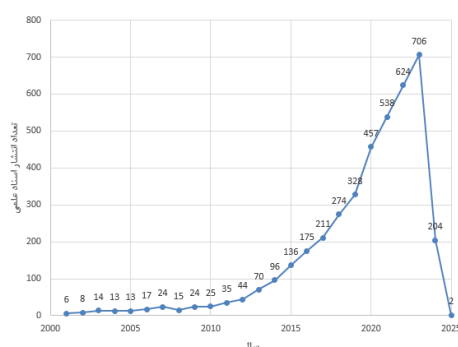
در حوزه پهپادها کاربردها و نقش آن در صحنه نبرد مقالات و فعالیت‌های پژوهشی متعددی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های داخل کشور انجام شده است. ولی پژوهشی با رویکرد شناسایی فناوری‌های پهپاد و تمرکز بر استخراج فناوری‌های تأثیرگذار و شناسایی فناوری‌های نوظهور در کشور کمتر به آن پرداخته شده است. در این مقاله پژوهشی جامع بر روی فناوری و خوشه‌های فناوری و شناسایی فناوری‌های نوظهور در حوزه پهپادهای نظامی انجام شده است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ نوع تحقیق در زمره تحقیقات کاربردی دسته‌بندی می‌گردد. این پژوهش به این دلیل کاربردی است که یافته‌های آن به متولیان امور نظامی کشور به ویژه تصمیم‌گیران حوزه صنعت پهپاد در خصوص حمایت از فناوری‌های توانمند ساز و برترین آفرین و نوظهور مشورت و کمک نماید و باعث ارتقای توانمندی و افزایش مهارت‌های راهبردی متولیان امور نظامی در صنعت هوایی به ویژه پهپادهای نظامی خواهد شد. پژوهش حاضر از لحاظ طرح تحقیق در زمره تحقیقات آینده‌نگر دسته‌بندی می‌گردد. این پژوهش به این دلیل آینده‌نگر است که محقق با استفاده از الگوهای رصد و دیدبانی فناوری دفاعی در پی شناسایی فرصت‌ها و تهدیدهای نظامی در حوزه پهپادهای نظامی بوده و فناوری‌های نوظهور و تأثیرگذار این حوزه را با استفاده از فن‌های و الگوهای علم‌سنجی استخراج و گزارش نموده است.

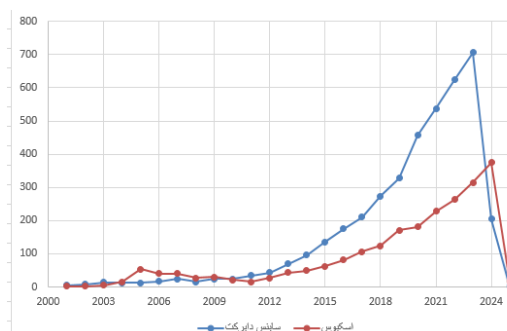
تجزیه و تحلیل داده‌ها (یافته‌های پژوهش)

شکل ۳ روند انتشار اسناد علمی در حوزه پهپادهای نظامی را نشان می‌دهد. با بررسی شکل مشخص است که بعد از سال ۲۰۲۰ رشد انتشار اسناد علمی در حوزه پهپاد نظامی به شدت در حال رشد است. این روند صعودی نشانگر اهمیت و جایگاه پهپادهای نظامی در صحنه نبرد است. تولید اسناد علمی در سال ۲۰۲۳ نسبت به سال ۲۰۲۰ با رشد حدود ۴۰ درصدی مواجه است این رشد در سال ۲۰۲۴ نیز در حال افزایش است، در حال حاضر که حدود دو ماه از سال ۲۰۲۴ گذشته است در حدود ۲۰۴ سند علمی در این حوزه منتشر شده است. نکته جالب اینکه برای مقالات برای سال ۲۰۲۵ در صف انتشار قرار گرفته‌اند. با توجه به درخواست کاربران و یگان‌های نظامی به منظور پهپادهای چابک‌تر و باقابلیت‌های بیشتر نیاز فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی نیز بر روی این موضوع به شدت افزایش یافته است.



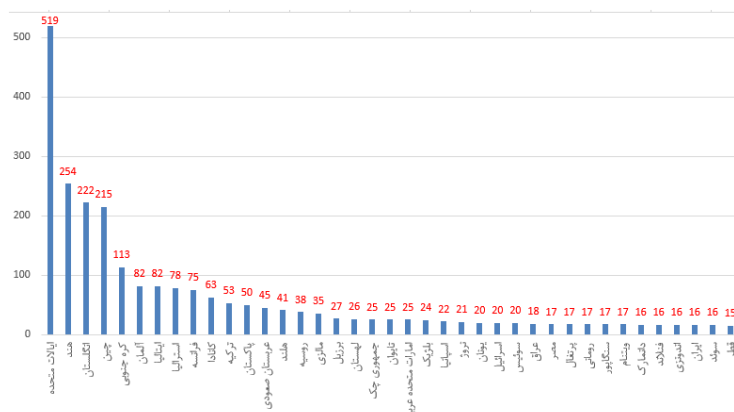
شکل ۳. شماتیکی از روند انتشار اسناد علمی در حوزه پهپادهای نظامی در پایگاه داده ساینس دایرکت در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۵ میلادی

شکل ۴ مقایسه‌ای میان دو پایگاه داده اسکپوس و ساینس دایرکت در زمینه روند انتشار اسناد علمی در حوزه پهپادهای نظامی را نشان می‌دهد. همین‌طور که قابل مشاهده است، در هر دو پایگاه داده روند انتشار اسناد علمی بعد از سال ۲۰۲۰ به شدت افزایشی و در حال رشد است.



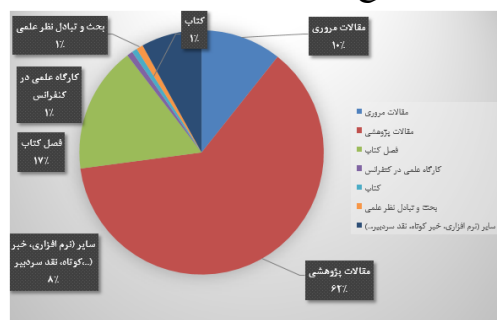
شکل ۴. شماتیکی از مقایسه انتشار اسناد علمی در حوزه پهیادهای نظامی در دو پایگاه داده ساینس دایرکت و اسکوپس در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۵

شکل ۵ شماتیکی از روند انتشار اسناد علمی برحسب کشورها را نمایش می‌دهد. طبق انتظار کشور ایالات متحده با سرمایه‌گذاری کلان بر روی پهیادها با انتشار ۵۱۹ سند علمی در صدر جدول قرار گرفته است. کشور هند که به‌تازگی سرمایه‌گذاری زیادی در حوزه زیرساخت‌های پهیاد نموده با انتشار ۲۵۴ سند علمی در رتبه دوم قرار گرفته و کشور انگلستان با توجه به شرکت‌های معتبر طراحی و ساخت پهیادها با انتشار ۲۲۲ سند علمی در رتبه سوم قرار دارد. در بررسی کشورها کشور عزیزمان ایران با انتشار ۱۶ سند علمی در جدول مشخص شده است.



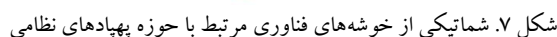
شکل ۵. شماتیکی از روند انتشار اسناد علمی برحسب کشورها

شکل ۶ شماتیکی از گستردگی و تنوع اسناد علمی منتشرشده را در این بازه زمانی نشان می‌دهد. مقالات پژوهشی و تحقیقاتی با حدود ۶۲ درصد و مقالات مروری با حدود ۱۰ درصد و فصل کتاب با ۱۷ درصد در صدر تنوع اسناد علمی تولید و منتشرشده قرار دارند.



شکل ۶. شماتیکی از گستردگی اسناد علمی در حوزه پهپادهای نظامی

شکل ۷ نمای شبکه‌ای را نمایش می‌دهد. گره‌ها و خوشه‌های مرتبط باهم به یک رنگ و متمایز از دیگر گره‌ها و خوشه‌ها قابل تشخیص هستند. آیتم‌ها با برجسب و دایره نشان داده‌اند. هر چه وزن یک آیتم بیشتر باشد به این معنی که بیشتر در پیشینه‌ها آمده باشد برجسب و دایره آن بزرگ‌تر است. در حوزه پهپادهای نظامی کلیدواژه‌های پهپاد، سامانه بدون سرنشین هواپایه، مسیریابی، امنیت، کارخانه نسل چهارم، یادگیری عمیق و بلاک چین است (بلاک چین نوع خاصی از پایگاه داده است که اطلاعات در آن ذخیره می‌شود؛ اما یک سری ویژگی‌های خاص، بلاک چین را از سایر پایگاه داده‌ها متمایز می‌کند. برای اضافه کردن داده جدید به بلاک چین یک سری قوانین وجود دارد. همچنین پس از اضافه شدن داده به بلاک چین و ذخیره آن، دیگر نمی‌توان آن را ویرایش یا حذف کرد. داده‌ها در شبکه بلاک چین در ساختاری متشکل از «بلوک‌ها» وارد پایگاه داده می‌شوند. هر بلوک در ادامه بلوک قبلی ساخته می‌شود و شامل اطلاعاتی است که آن را به بلوک قبلی متصل می‌کند. با توجه به این که این بلوک‌ها به وسیله اطلاعاتی به همدیگر وصل هستند، بنابراین یک «زنجیره» تشکیل می‌دهند که در آن بلوک‌ها به ترتیب ساخت در کنار هم قرار می‌گیرند).



۱. گروه‌های کلیدی و مرکزیت مفاهیم

وسایل هوایی بدون سرنشین به عنوان کلیدواژه اصلی، هسته بسیاری از مطالعات در این حوزه است و ارتباط نزدیکی با مفاهیم مهم دیگری مثل پهبادهای عمومی و اغلب غیرنظامی ۲ و امنیت ۳ دارد.

خطوط بین گره‌ها نشان‌دهنده هم‌رخدادی و رابطه مشترک بین مفاهیم هستند. هر چه یک خط ضخیم‌تر باشد یا تعداد بیشتری از خطوط بین دو گره وجود داشته باشد، نشان‌دهنده این است که آن دو مفهوم در مقالات علمی به‌طور مکرر باهم به‌کاررفته‌اند. برای مثال، ارتباط میان پهباد و امنیت نشان‌دهنده این است که امنیت بهیادها یکی از حوزه‌های پراهمت در تحقیقات است.

سال بیست و چهارم، شماره صد و هفتم، بهار ۱۴۰۴

یادگیری عمیق^۱ و اینترنت اشیا^۲ نیز ارتباطات قدرتمندی با پهپادها دارند که نشان از استفاده این فناوری‌های نوین در زمینه هوش مصنوعی و اینترنت اشیا برای بهبود عملکرد و کاربرد پهپادها دارد.

۳. رنگ‌های گره‌ها و خوشه‌های موضوعی

رنگ‌های مختلف نشان‌دهنده کلاسترها یا خوشه‌های موضوعی متفاوت است. این کلاسترها نشان می‌دهند که مفاهیم مرتبط به هم در یک گروه قرار گرفته‌اند و معمولاً موضوعات مرتبطی را پوشش می‌دهند:

خوشه قرمز: شامل مفاهیمی مانند اجتناب از برخورد^۳ و کنترل تطبیقی^۴ است که بیشتر به مسائل فنی مربوط به پهپادها می‌پردازد.

خوشه سبز: شامل موضوعاتی مانند امنیت و بلاکچین^۵ است که به مسائل امنیتی و فناوری‌های جدید نظیر بلاکچین که می‌تواند برای افزایش امنیت و مدیریت داده‌ها در پهپادها به کار رود، می‌پردازد.

خوشه آبی: مفاهیمی مانند یادگیری عمیق و مسیریابی^۶ را شامل می‌شود که به کاربردهای هوش مصنوعی در بهینه‌سازی مسیرها و مدیریت پهپادها مربوط است.

۴. موضوعات نوظهور

مفاهیمی مانند بلاکچین، اینترنت اشیا، یادگیری عمیق و انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴،۰۷ نشان‌دهنده موضوعات نوظهور در حوزه پهپادها هستند. این مفاهیم به تازگی در تحقیقات اهمیت یافته‌اند و نشان‌دهنده ورود فناوری‌های پیشرفته و نوین به حوزه پهپادها است. برای مثال:

بلاکچین: فناوری بلاکچین می‌تواند برای افزایش امنیت پهپادها و همچنین برای مدیریت داده‌ها و اطلاعات ارسال شده توسط آنها استفاده شود.

اینترنت اشیا: اینترنت اشیا در مدیریت و کنترل پهپادها برای اجرای خودکار مأموریت‌ها و نظارت بلادرنگ کاربرد دارد.

1 deep learning
2 Internet of Things
3 collision avoidance
4 adaptive control
5 Blockchain
6 routing
7 Industry 4.0

۵. ارتباطات میان‌رشته‌ای

نقشه نشان می‌دهد که پژوهش در حوزه پهپادها یک حوزه میان‌رشته‌ای است که فناوری‌های مختلفی مانند یادگیری عمیق، امنیت سایبری، اینترنت اشیا و حتی ساخت افزایشی^۱ یا چاپ سه‌بعدی در آن نقش دارند. این موضوع نشان‌دهنده این است که پهپادها به‌عنوان یک فناوری در حال رشد، به‌طور هم‌زمان با چندین فناوری دیگر پیشرفت می‌کنند.

۶. کاربردهای مختلف پهپادها

برخی از مفاهیمی که در این نقشه آمده‌اند، نشان‌دهنده کاربردهای خاص پهپادها هستند: برنامه‌ریزی مسیر^۲ و مسیریابی: این مفاهیم به استفاده از الگوریتم‌ها برای تعیین بهترین مسیر حرکت پهپادها مربوط می‌شود. امنیت: امنیت پهپادها یکی از چالش‌های مهمی است که در بسیاری از تحقیقات به آن پرداخته شده است.

ناوبری خودکار^۳: پهپادها به‌طور فزاینده‌ای برای مأموریت‌های بدون دخالت انسان و ناوبری خودکار به کار گرفته می‌شوند.

این نقشه هم رخدادی کلمات به‌خوبی نشان می‌دهد که تحقیقات مربوط به پهپادها در حال توسعه سریع است و مفاهیم نوینی از قبیل بلاکچین، یادگیری عمیق و اینترنت اشیا در این حوزه اهمیت بیشتری پیدا کرده‌اند. همچنین، توجه به مسائل امنیتی و بهبود عملکرد فنی پهپادها از جمله چالش‌های مهم این حوزه است. به‌طور کلی، نقشه یک نگاه کلی و ساختاریافته به حوزه تحقیقات پهپادها و موضوعات مرتبط به آن ارائه می‌دهد و می‌تواند به پژوهشگران در شناسایی روندهای جدید و فرصت‌های پژوهشی کمک کند.

شکل ۸ شماتیکی از خوشه‌های فناوری را متناسب با روند انتشار مقالات در سال‌های ۲۰۱۸ الی ۲۰۲۳ نشان می‌دهد. این شکل نیز یک نقشه هم‌رخدادی کلمات است که مشابه تصویر قبلی بوده اما تفاوت مهمی که دارد، استفاده از طیف رنگی برای نمایش زمان است. رنگ‌ها از آبی

1 Additive Manufacturing

2 path planning

3 autonomous navigation

(برای سال‌های قدیمی‌تر مانند ۲۰۱۸) تا زرد (برای سال‌های اخیر مانند ۲۰۲۳) تغییر می‌کنند. تحلیل آن به صورت زیر است:

۱. مرکزیت و اندازه گره‌ها

مشابه شکل قبلی، پهنادها به عنوان کلیدواژه‌های اصلی در مرکزیت قرار دارند و بزرگ‌ترین گره‌ها هستند که نشان می‌دهد در پژوهش‌ها و مقالات مرتبط، بیشترین توجه به آن‌ها شده است. مفاهیم دیگری مانند امن، پهنادهای عمومی و اغلب تجاری و یادگیری عمیق نیز اهمیت زیادی دارند و نقش مهمی در پژوهش‌های اخیر ایفا کرده‌اند.

۲. رنگ‌ها و روند زمانی

طیف رنگی این نقشه، به وضوح نشان می‌دهد که برخی مفاهیم به تازگی وارد مباحث تحقیقاتی شده‌اند. برای مثال، گره‌هایی که به رنگ‌های سبز و زرد هستند، نشان‌دهنده موضوعاتی هستند که بیشتر در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند:

بلاکچین و اینترنت اشیا از جمله فناوری‌های جدیدی هستند که در سال‌های اخیر (از ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۳) به تحقیق در حوزه پهنادها وارد شده‌اند.

و انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴،۰ و ساخت افزایشی یا چاپ سه بعدی نیز به عنوان فناوری‌های نوظهور در حوزه پهنادها مشاهده می‌شوند.

۳. ارتباط بین مفاهیم

خطوط و اتصالات بین گره‌ها همچنان نشان‌دهنده هم‌رخدادی و استفاده مشترک مفاهیم در مقالات است. ضخامت خطوط بین گره‌ها به معنی شدت و فراوانی ارتباط بین دو مفهوم است. برای مثال، ارتباط قوی میان پهناد و امنیت نشان می‌دهد که امنیت پهنادها یکی از مسائل کلیدی در تحقیقات اخیر بوده است.

۴. فناوری‌های نوظهور و هم‌افزا

بر اساس طیف رنگی، مفاهیمی که به رنگ زرد هستند، موضوعات نوظهور و جدید در این حوزه به شمار می‌روند. به طور مثال:

بلاکچین: در سال‌های اخیر به عنوان یکی از فناوری‌های مهم برای امنیت و مدیریت اطلاعات پهنادها وارد شده است.

یادگیری عمیق: یادگیری عمیق نیز در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و نقش اساسی در بهبود سامانه‌های خودکار و هوشمند پهپادها دارد. ناوبری خودکار: ناوبری خودکار نیز یکی دیگر از حوزه‌های نوظهور است که اهمیت بیشتری در سال‌های اخیر پیدا کرده است.

بلاکچین و اینترنت اشیا: این فناوری‌ها به طور خاص در سال‌های اخیر بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بلاکچین با توجه به ویژگی‌های امنیتی و شفافیت آن، برای کاربردهای مدیریت داده‌ها و امنیت اطلاعات پهپادها به کار گرفته می‌شود. اینترنت اشیا نیز به ارتباط بین پهپادها و سایر دستگاه‌ها برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها کمک می‌کند که این امر به بهبود عملکرد سامانه‌های پهپادی در محیط‌های پیچیده کمک می‌کند.

یادگیری عمیق: یادگیری عمیق یکی از کلیدی‌ترین فناوری‌های هوش مصنوعی است که برای بهبود سامانه‌های خودمختار و تحلیل داده‌ها از آن استفاده می‌شود. در پهپادها، از یادگیری عمیق برای تشخیص اهداف، پردازش تصاویر و پیش‌بینی حرکت استفاده می‌شود که کاربرد آن در زمینه‌هایی مانند نظارت و امنیت بسیار مهم است.

ناوبری خودمختار: این مفهوم از فناوری‌های نوظهور دیگری است که در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. ناوبری خودکار با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، به پهپادها اجازه می‌دهد تا بدون نیاز به کنترل انسانی، در محیط‌های پیچیده حرکت کنند و مأموریت‌های خود را انجام دهند.

۵. تداخل بین فناوری‌های نوظهور و امنیت

امنیت: در این نقشه، امنیت یک مفهوم کلیدی است که با فناوری‌های مختلف مانند بلاکچین، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق به شدت مرتبط شده است. این نشان می‌دهد که امنیت سایبری و امنیت فیزیکی پهپادها در سال‌های اخیر به دلیل افزایش استفاده از پهپادها در مأموریت‌های حساس، یک نگرانی بزرگ بوده است. بلاکچین می‌تواند به عنوان یک راه‌حل برای امنیت داده‌های انتقالی بین پهپادها و سامانه‌های زمینی استفاده شود.

پهپاد: استفاده از پهپادها در محیط‌های نظامی و غیرنظامی برای نظارت، کنترل مرزها و حتی مدیریت بحران، به ویژه با فناوری‌های نوین، به شدت به امنیت وابسته است. ادغام یادگیری عمیق با

ناوبری خودمختار می‌تواند پهپادها را در مقابله با تهدیدات و جلوگیری از حملات سایبری تقویت کند.

۶. تأثیرات فناوری‌های صنعتی و ساخت افزایشی

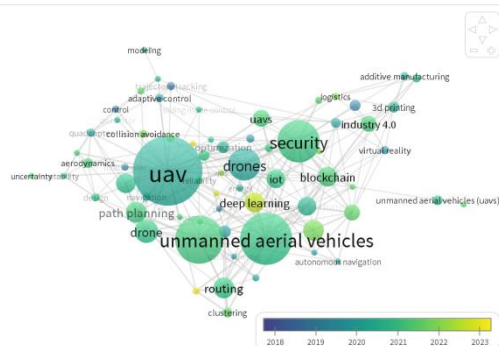
انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴,۰ و ساخت افزایشی: این فناوری‌ها، به‌ویژه صنعت ۴,۰ که شامل هوش مصنوعی، رباتیک و اینترنت اشیا است، در حال تغییر صنایع مختلف از جمله تولید پهپادها هستند. ساخت افزایشی یا چاپ سه‌بعدی به طراحی و ساخت قطعات پهپادها سرعت بخشیده و آن‌ها را سازگارتر و اقتصادی‌تر می‌کند. استفاده از این فناوری‌ها همچنین به افزایش انعطاف‌پذیری و سفارشی‌سازی در تولید پهپادها کمک کرده است.

۷. ارتباطات و هم‌رخدادی مفاهیم

این نقشه نشان می‌دهد که مفاهیم مختلف به‌شدت با یکدیگر درهم‌تنیده شده‌اند، به‌طوری‌که مفاهیم اصلی مانند پهپادها و امنیت با مفاهیم نوین و قدیمی مانند برنامه‌ریزی مسیر ناوبری خودمختار، مدیریت داده‌ها و یادگیری عمیق مرتبط هستند. این امر نشان می‌دهد که پژوهش‌ها در حوزه پهپادها به‌طور پیوسته از فناوری‌های جدید بهره می‌گیرند و با چالش‌های جدید روبرو می‌شوند.

۸. مفاهیم قدیمی‌تر و پایدار

همان‌طور که در نقشه مشاهده می‌شود، مفاهیم برنامه‌ریزی مسیر و کنترل که در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ بیشتر مطرح بوده‌اند، همچنان نقش مهمی در حوزه پهپادها ایفا می‌کنند. برنامه‌ریزی مسیر و کنترل پهپادها از جمله مفاهیم کلیدی برای حرکت و مانورهای دقیق پهپادها است که از فناوری‌های سنتی تا نوین را شامل می‌شود. خوشه‌ها به رنگ زرد و متمایل به زرد نشانگرهای فناوری‌های نوظهور و بدیع در حوزه پهپادهای نظامی است.



شکل ۸. شماتیکی از خوشه‌های فناوری نوظهور و بدیع مرتبط با حوزه پهپادهای نظامی در سال ۲۰۲۳
جدول ۳ لیست شاخه فناوری و زیر فناوری‌های متناسب با پهپادهای نظامی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- لیست خوشه‌ها و فناوری‌های مرتبط با پهپادهای نظامی

خوشه‌های فناوری مرتبط با پهپاد نظامی					
خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم	خوشه پنجم	خوشه ششم
تیرد هوایی	آترواکوستیک	هوش مصنوعی	ارتباطات 5G	کنترل تطبیقی	پهنه سازی
هوشمندی	آئرویدینامیک	یادگیری عمیق	بلاک چین	سیستم هوشمند	مدیریت مصرف انرژی
اتوپالوت	محاسبات عددی	شبکه سلولی	شبکه عصبی	آرایش پروازی	کارایی انرژی
تنوری بازی	اجتناب از برخورد	سیستمهای فازی	اینترنت اشیاء	سیستمهای چندرودی چند خروجی	الگوریتم بهینه سازی
کنترل پرواز	پهپاد	کنترل PID	حمله سایبری	کنترل مد لغزشی	پهنه سازی چندموضوعی
ناوبری تلفیقی	بال تغییر شکل پذیر	ناوبری کوانتومی	پهپاد هوشمند	مسیریابی	پرواز گروهی
پردازش تصویر	مولتی روتور	سوارم هوشمند	امنیت سایبری	سیستمهای غیرخطی	کارخانه هوشمند نسل چهارم
حملات سایبری	کنترل بهینه	شبکه حسگر	شبکه سنسور بی سیم	طرح ریزی مسیر پرواز	دوقلوئی دیجیتال

شکل ۹ شماتیکی از چگالی فناوری را نمایش می‌دهد. در این شکل هر چه از سمت رنگ‌های سرد (سرمه‌ای، آبی) به سمت رنگ‌های گرم (زرد و مخصوصاً قرمز) نزدیک می‌شویم، فراوانی آن آیتم‌ها بیشتر است و به اصطلاح به نقاط داغ نزدیک می‌شویم. نقاط داغ همان موضوعات مهم و مطرح جامعه علمی و یا فناوری‌های نوظهور و بدیع است. که در حال حاضر بین پژوهشگران بیش از دیگر موضوعات اهمیت دارد و در کارهای علمی بیشتر مطالعه و بررسی می‌شود. این شکل به صورت یک نقشه حرارتی از تحلیل هم‌واژگانی است که چگالی فناوری‌ها و مفاهیم مهم در حوزه پهبادهای و حوزه‌های مرتبط را نشان می‌دهد. در این تحلیل، مناطقی که به رنگ زرد و سبز دیده می‌شوند، نشان‌دهنده تراکم بیشتر کلمات و ارتباطات قوی‌تر بین مفاهیم مختلف هستند، در حالی که بخش‌های آبی‌رنگ نشان‌دهنده ارتباطات ضعیف‌تر یا مفاهیم با تراکم کمتر هستند.

مفاهیم مرکزی و پررنگ:

پهباد: پهباد یکی از مفاهیم کلیدی است که با چگالی بالایی در مرکز نقشه قرار گرفته است. این نشان‌دهنده اهمیت این فناوری در مطالعات مختلف است و ارتباط گسترده‌ای با سایر مفاهیم مهم دارد.

وسایل هوایی بدون سرنشین: این مفهوم در کنار پهبادهای نیز نقش بسیار مهمی دارد و به عنوان مرکز اصلی تحقیقات در این حوزه شناخته می‌شود. همچنین این واژه با دیگر فناوری‌ها مانند امنیت، یادگیری عمیق و اینترنت اشیا ارتباطات نزدیکی دارد.

امنیت: امنیت یکی دیگر از مفاهیم کلیدی است که در نقشه دیده می‌شود و نشان‌دهنده نقش مهم این مفهوم در کاربردهای پهبادی به خصوص در نظارت و کنترل مرزها است. فناوری‌های نوظهور و مرتبط:

یادگیری عمیق: یادگیری عمیق به عنوان یکی از فناوری‌های هوش مصنوعی که برای پردازش تصاویر و تشخیص اهداف در پهبادهای استفاده می‌شود، با چگالی نسبتاً بالایی در کنار پهبادهای و امنیت قرار دارد. این موضوع نشان می‌دهد که هوش مصنوعی نقش مهمی در توسعه فناوری‌های پهبادی دارد.

بلاک چین و اینترنت اشیا: این دو فناوری نوظهور نیز به عنوان ابزارهای امنیتی و مدیریتی برای پهپادها شناخته می‌شوند. بلاک چین می‌تواند برای مدیریت داده‌های ایمن در پهپادها استفاده شود، درحالی‌که اینترنت اشیا به اتصال و تبادل داده بین پهپادها و سامانه‌های مختلف کمک می‌کند.

فناوری‌های صنعتی و آینده‌نگر:

ساخت افزایشی و چاپ سه‌بعدی ۱: این فناوری‌ها در زمینه ساخت قطعات پهپادها به کار می‌روند و چگالی متوسطی را در نقشه نشان می‌دهند که نشان‌دهنده افزایش استفاده از این فناوری‌ها در تولید سفارشی و بهینه قطعات پهپادی است.

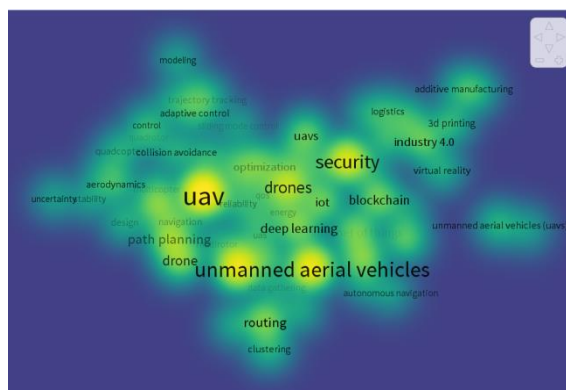
انقلاب صنعتی چهارم که شامل فناوری‌های نوین مانند رباتیک و هوش مصنوعی است، نقش مهمی در پیشرفت پهپادها ایفا می‌کند و به بهینه‌سازی عملیات و تولید کمک می‌کند.

مفاهیم پیرامونی:

برنامه‌ریزی مسیر و مسیریابی: این مفاهیم نشان‌دهنده اهمیت کنترل و حرکت پهپادها در انجام مأموریت‌های خودمختار هستند. اگرچه چگالی این مفاهیم کمتر است، اما همچنان در کاربردهای عملی پهپادها بسیار مهم هستند.

مدل‌سازی و بهینه‌سازی: مدل‌سازی و بهینه‌سازی برای طراحی بهتر پهپادها و بهبود عملکرد آن‌ها در شرایط مختلف از اهمیت بالایی برخوردارند، اگرچه نسبت به مفاهیم مرکزی چگالی کمتری دارند.

این نقشه حرارتی (چگالی فناوری) نشان می‌دهد که پهپادها به عنوان مفهوم مرکزی با فناوری‌های نوظهور مانند یادگیری عمیق، بلاک چین و اینترنت اشیا در حال تکامل هستند. امنیت و هوش مصنوعی از جمله مفاهیم کلیدی هستند که به پیشرفت و توسعه بیشتر پهپادها کمک می‌کنند. همچنین فناوری‌های صنعتی نوین مانند چاپ سه‌بعدی و ساخت افزایشی به عنوان ابزارهایی برای بهبود طراحی و ساخت پهپادها نقش مهمی ایفا می‌کنند.



شکل ۹. شماتیکی از چگالی فناوری در حوزه پهپادهای نظامی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سؤال فرعی: فناوری‌های مؤثر و کلیدی در ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) در پهپادهای نظامی کدامند؟

فناوری‌های مؤثر و کلیدی در پهپادهای نظامی طی دهه اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) به چندین گروه اصلی تقسیم شده‌اند. در ادامه به هر یک از فناوری به همراه توضیحات مربوطه می‌پردازیم:

فناوری‌های امنیت:

این فناوری‌های شامل موضوعات مرتبط با امنیت سایبری، حفاظت از داده‌ها و فناوری‌های ایمنی در پهپادها می‌باشد. امنیت در پهپادهای نظامی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا جلوگیری از نفوذ و هک سامانه‌های کنترل و داده‌های حساس بسیار حیاتی است. در این راستا، فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا نیز به عنوان ابزارهایی برای افزایش امنیت و شفافیت داده‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند.

فناوری‌های پهپادها و کنترل تطبیقی:

در این فناوری‌های مربوط به پهپادها و کنترل تطبیقی به چشم می‌خورد. این فناوری‌ها به پهپادها امکان می‌دهند تا در شرایط مختلف محیطی مانند باد، باران و شرایط ناگهانی، به طور خودکار تنظیمات خود را تغییر دهند. این امر با استفاده از الگوریتم‌های تطبیقی و هوش مصنوعی، کمک به افزایش دقت و پایداری پهپادها در حین عملیات‌های پیچیده نظامی می‌کند.

فناوری‌های یادگیری عمیق و هوش مصنوعی

این فناوری‌های به فناوری‌های یادگیری عمیق و هوش مصنوعی در پهپادها اختصاص دارد. الگوریتم‌های یادگیری عمیق به پهپادها امکان می‌دهند تا اشیاء را شناسایی کنند، رفتار انسان‌ها را تحلیل کنند و حتی در مواقع لزوم به صورت خودکار اقدام کنند. این فناوری‌ها در مأموریت‌های شناسایی و نظارت کاربردهای زیادی دارند و باعث افزایش خودمختاری و هوشمندی پهپادها می‌شوند.

فناوری‌های مسیریابی و برنامه‌ریزی

این فناوری‌های بر روی فناوری‌های مربوط به مسیریابی و برنامه‌ریزی مسیر پهپادها تمرکز دارد. الگوریتم‌های مسیریابی به پهپادها کمک می‌کنند تا در شرایط پیچیده بهترین مسیر را انتخاب کنند و از برخورد با موانع اجتناب کنند. برنامه‌ریزی مسیر برای مأموریت‌های نظامی که نیاز به دقت و سرعت دارند، بسیار حیاتی است و این فناوری به افزایش بهره‌وری عملیات پهپادها کمک می‌کند.

فناوری‌های صنعت ۴,۰ و چاپ سه‌بعدی

این فناوری‌های شامل فناوری‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ مانند چاپ سه‌بعدی و تولید افزایشی است. با استفاده از چاپ سه‌بعدی، قطعات پهپادها به صورت سبک و مقاوم تولید می‌شوند که به کاهش وزن و افزایش دوام پهپادها کمک می‌کند. علاوه بر این، مفاهیم صنعت ۴,۰ به افزایش خودکارسازی تولید و بهره‌وری در ساخت و نگهداری پهپادها کمک می‌کند.

فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا

بلاکچین و اینترنت اشیا به عنوان فناوری‌های کلیدی در این خوشه، پهپادها را به یکدیگر و به سایر سامانه‌های نظامی متصل می‌کنند و باعث تبادل ایمن داده‌ها و هماهنگی بهتر میان آن‌ها می‌شوند. بلاکچین با فراهم آوردن سیستم‌های توزیع‌شده و شفاف، امنیت داده‌ها را افزایش می‌دهد و اینترنت اشیا نیز پهپادها را قادر می‌سازد تا در یک شبکه یکپارچه عمل کنند.

فناوری‌های مدل‌سازی و کنترل

این فناوری‌های مدل‌سازی و کنترل است که برای شبیه‌سازی رفتار پهپادها و بهبود پایداری و کارایی آن‌ها در محیط‌های پیچیده استفاده می‌شود. مدل‌سازی پیشرفته به طراحان و مهندسان

کمک می‌کند تا رفتار پهپاد را در شرایط مختلف پیش‌بینی کنند و سامانه‌های کنترلی بهینه‌ای را طراحی نمایند.

فناوری‌های بهینه‌سازی و اجتناب از برخورد

این فناوری‌های به فناوری‌های بهینه‌سازی و اجتناب از برخورد اختصاص دارد. اجتناب از برخورد یکی از مسائل کلیدی در عملیات‌های پهپادی است، به خصوص در محیط‌های نظامی که موانع و تداخلات زیادی وجود دارد. استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر و فناوری‌های پیش‌بینی برخورد به افزایش امنیت و کارایی عملیات پهپادی کمک می‌کند.

این فناوری‌های نشان‌دهنده پیشرفت‌های فناورانه‌ای هستند که در طی دهه اخیر موجب بهبود عملکرد و ایمنی پهپادهای نظامی شده‌اند. هر کدام از این فناوری‌های بخشی از نیازهای اساسی و چالش‌های عملیاتی پهپادهای نظامی را هدف قرار می‌دهند و با پیشرفت این فناوری‌ها، توانایی پهپادها در انجام مأموریت‌های پیچیده و پرخطر افزایش می‌یابد.

پرسش فرعی: فناوری‌های نوظهور و بدیع در ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) در پهپادهای نظامی کدامند؟ امنیت: امنیت سایبری یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای پهپادهای نظامی است. با توجه به حساسیت اطلاعاتی و اهمیت استراتژیک داده‌هایی که پهپادها جمع‌آوری می‌کنند، حفاظت از این داده‌ها در برابر حملات سایبری بسیار حیاتی است. فناوری‌هایی مانند رمزنگاری داده‌ها، تأیید هویت دومرحله‌ای و سامانه‌های تشخیص نفوذ به‌عنوان راهکارهای امنیتی برای حفاظت از ارتباطات و داده‌های پهپادها استفاده می‌شوند. همچنین، امنیت در سامانه‌های کنترل پهپادها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا از نفوذ یا هک شدن پهپاد توسط دشمن جلوگیری شود.

یادگیری عمیق: فناوری یادگیری عمیق به پهپادها امکان می‌دهد تا قابلیت‌های پیشرفته‌ای برای شناسایی اشیا و پردازش داده‌ها داشته باشند. این فناوری به پهپادها کمک می‌کند که بدون نیاز به دخالت انسان، تصمیم‌گیری‌های پیچیده‌ای انجام دهند. به‌طور مثال، پهپادهای نظامی می‌توانند از یادگیری عمیق برای تشخیص خودروها، افراد یا تجهیزات نظامی استفاده کنند و بر اساس شرایط محیطی تصمیم بگیرند که آیا نیاز به واکنش دارد یا خیر. این قابلیت‌ها برای مأموریت‌های شناسایی، رهگیری اهداف و حتی حملات خودکار بسیار مفید است.

مسیریابی و برنامه‌ریزی مسیر: برای افزایش بهره‌وری و کاهش ریسک، پهپادهای نظامی به فناوری‌های پیشرفته‌ای برای مسیریابی و برنامه‌ریزی مسیر نیاز دارند. این فناوری‌ها به پهپادها کمک می‌کنند تا در مواجهه با موانع یا تهدیدات، بهترین مسیر را انتخاب کنند و به‌طور هوشمند از مسیرهای شناسایی نشده عبور کنند. استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر و الگوریتم‌های ژنتیکی، به پهپادها امکان می‌دهد تا مسیریابی بهینه‌ای داشته باشند و حتی در صورت قطع ارتباط، مأموریت خود را به‌طور مستقل انجام دهند.

اینترنت اشیا: ادغام پهپادها با اینترنت اشیا به آن‌ها این امکان را می‌دهد که به‌عنوان بخشی از یک شبکه هوشمند عمل کنند. در میدان‌های نبرد مدرن، پهپادهای نظامی می‌توانند با سایر دستگاه‌ها و تجهیزات از طریق اینترنت اشیا ارتباط برقرار کنند. به‌عنوان مثال، اطلاعات دریافتی از حسگرهای پهپاد می‌تواند به‌صورت لحظه‌ای با سامانه‌های فرماندهی و کنترل به اشتراک گذاشته شود و یا پهپادها می‌توانند با سامانه‌های دیگر هماهنگ شوند تا مأموریت‌ها به‌صورت تیمی انجام شوند.

فناوری بلاکچین: فناوری بلاکچین با افزایش امنیت و شفافیت داده‌ها، نقش مهمی در پهپادهای نظامی ایفا می‌کند. بلاکچین امکان ذخیره‌سازی ایمن و توزیع شده اطلاعات را فراهم می‌کند، به‌ویژه در سامانه‌های چند پهپاده که نیاز به هماهنگی و اشتراک‌گذاری داده‌ها بین پهپادها وجود دارد. با استفاده از بلاکچین، پهپادها می‌توانند به یک شبکه ایمن وصل شوند و مطمئن باشند که اطلاعات تبادل شده تغییر نمی‌کند و قابل پیگیری است. این امر به‌خصوص برای مأموریت‌های حساس نظامی که نیاز به اعتماد بالا دارند، بسیار ارزشمند است.

صنعت ۴٫۰: مفاهیم صنعت ۴٫۰ شامل خودکارسازی، تحلیل داده‌های بزرگ و شبکه‌سازی بین دستگاه‌ها است. پهپادهای نظامی با بهره‌گیری از این فناوری‌ها می‌توانند با سرعت بالایی داده‌های دریافتی را تحلیل کرده و بر اساس آن تصمیمات فوری بگیرند. علاوه بر این، از طریق خودکارسازی می‌توان تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه را برای پهپادها انجام داد تا زمان خرابی کاهش یابد و بهره‌وری افزایش یابد.

چاپ سه‌بعدی: چاپ سه‌بعدی در سال‌های اخیر به‌عنوان یک روش تولیدی نوآورانه برای ساخت قطعات سبک و مقاوم برای پهپادهای نظامی استفاده می‌شود. با این روش، می‌توان قطعات خاصی از پهپاد را طراحی و تولید کرد که هم سبک‌تر و هم مقاوم‌تر باشند. چاپ سه‌بعدی به

کاهش وزن پهپادها کمک می‌کند که این موضوع به افزایش دوام و سرعت پهپاد در حین مأموریت‌ها کمک می‌کند. همچنین، قطعات چاپ‌شده به راحتی قابل جایگزینی هستند و در مواقع نیاز می‌توان آن‌ها را به سرعت در میدان جنگ تولید کرد.

کنترل تطبیقی و مدل‌سازی: پهپادهای نظامی معمولاً در محیط‌های پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی فعالیت می‌کنند، بنابراین به سامانه‌های کنترل پیشرفته‌ای نیاز دارند که بتواند خود را با شرایط مختلف محیطی تطبیق دهد. سامانه‌های کنترل تطبیقی به پهپادها این امکان را می‌دهد که در صورت بروز تغییرات ناگهانی در شرایط محیطی (مانند باد شدید یا تداخل الکترونیکی)، تنظیمات خود را تغییر دهند تا بهترین عملکرد را داشته باشند. مدل‌سازی پیشرفته نیز به بهبود طراحی پهپادها و شبیه‌سازی رفتار آن‌ها در شرایط مختلف کمک می‌کند.

این فناوری‌ها در کنار هم باعث شده‌اند که پهپادهای نظامی از ابزارهای ساده شناسایی به سامانه‌های پیچیده و هوشمندی تبدیل شوند که می‌توانند نقش‌های گسترده‌ای در عملیات نظامی، شناسایی و امنیت ایفا کنند.

اثر حاضر اهمیت ویژه‌ای برای فناوری‌های نوظهور مورد استفاده در هواپیماهای بدون سرنشین نظامی در درگیری‌های مدرن قائل است، توسعه فناوری‌های نوظهور (سایبر، هوش مصنوعی و بلاک چین، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، یادگیری ماشین، کوانتوم) در چند دهه آینده مفهوم درگیری و جنگ را به طور قابل توجهی تغییر خواهد داد. افزایش استفاده از اطلاعات و ارتباطات به عنوان یک سلاح و همچنین رشد تصاعدی سامانه‌های هوش مصنوعی، دامنه و سرعت درگیری‌ها را دگرگون خواهند نمود. بررسی نشان می‌دهد به منظور پیشرو بوده کشور عزیزمان ایران در حوزه پهپادهای نظامی بایستی فناوری‌های مستعد سرمایه‌گذاری و فناوری‌های نوظهور، بدیع و شالوده شکن در حوزه پهپاد شناسایی و مراکز تحقیقاتی و پژوهشی داخلی بر روی این موضوعات متمرکز شوند. بر اساس تحلیل نقشه‌های و خوشه‌های فناوری و چگالی فناوری مرتبط با فناوری‌های پهپادی، می‌توان جمع‌بندی و نتیجه‌گیری زیر را ارائه داد:

۱. پهپادها به‌عنوان فناوری محوری:

پهپادها در این نقشه‌ها به‌عنوان مرکز اصلی و مفهوم کلیدی ظاهر شده‌اند که ارتباط گسترده‌ای با سایر فناوری‌ها و مفاهیم دارند. پهپادها به دلیل نقش حیاتی در نظارت هوایی، کنترل مرزها، عملیات نظامی و کاربردهای صنعتی به یکی از فناوری‌های مهم و پیشرو تبدیل شده‌اند.

۲. نقش حیاتی امنیت و هوش مصنوعی:

امنیت و یادگیری عمیق دو مفهوم کلیدی مرتبط با پهپادها هستند. امنیت به دلیل استفاده گسترده پهپادها در نظارت و کنترل مرزها و همچنین پایش مناطق حساس از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی، هوش مصنوعی و به‌ویژه یادگیری عمیق نقش مهمی در پردازش داده‌های تصویری، تشخیص تهدیدات و خودمختاری پهپادها ایفا می‌کند.

۳. فناوری‌های نوظهور و کاربردی:

بلاک چین و اینترنت اشیا به‌عنوان فناوری‌های نوظهور در حوزه پهپادها دیده می‌شوند. بلاک چین می‌تواند در مدیریت داده‌های ایمن و حفظ یکپارچگی اطلاعات پهپادها مؤثر باشد. اینترنت اشیا نیز نقش مهمی در ارتباط و تعامل پهپادها با سایر سامانه‌ها، مانند شبکه‌های نظارتی یا سامانه‌های هوشمند، ایفا می‌کند.

۴. فناوری‌های پیشرفته تولید:

چاپ سه‌بعدی و ساخت افزایشی به‌عنوان روش‌های نوین در تولید قطعات پهپادی دیده می‌شوند. این فناوری‌ها امکان ساخت سفارشی و بهینه‌سازی قطعات را برای افزایش کارایی و کاهش هزینه‌های تولید فراهم می‌آورند.

۵. تمرکز بر طراحی و بهینه‌سازی مسیر:

برنامه‌ریزی مسیر و مسیریابی نیز در طراحی پهپادها اهمیت بالایی دارند، زیرا پهپادها برای انجام مأموریت‌های خودمختار باید بتوانند مسیرهای بهینه و ایمن را در محیط‌های پیچیده انتخاب کنند.

۶. نقش صنعت ۴,۰:

صنعت ۴,۰ با ترکیب فناوری‌های هوش مصنوعی، رباتیک و اینترنت اشیا، نقش مهمی در بهینه‌سازی عملیات تولید و بهبود عملکرد پهپادها ایفا می‌کند. این نشان می‌دهد که پهپادها به‌عنوان بخشی از انقلاب صنعتی چهارم به‌طور فزاینده‌ای به سمت خودکارسازی و هوشمندسازی حرکت می‌کنند. پهپادها به‌عنوان یک فناوری چندوجهی و پیشرو در حوزه‌های نظامی، صنعتی و نظارتی در حال تکامل هستند. فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا و چاپ سه‌بعدی نقش حیاتی در بهبود کارایی، امنیت و قابلیت‌های خودمختاری پهپادها دارند. علاوه بر این، با توجه به ارتباط گسترده پهپادها با امنیت و نظارت هوایی، انتظار می‌رود که استفاده از این فناوری‌ها در سال‌های آتی افزایش یابد و بخش‌های بیشتری از صنایع و دفاع را تحت تأثیر قرار دهد.

فهرست منابع

- حاجی جعفری، (۱۳۸۷)، به‌کارگیری وسیع از پهپادها در جنگ‌های اخیر پهپاد و آینده رضا، شاملو، (۱۴۰۱)، واکاوی نقش پهپادها در فرماندهی و کنترل صحنه نبرد، فصلنامه مطالعات جنگ سن گوپتا، آی. ان، (۱۳۷۳)، مروری بر کتاب سنجی، اطلاع سنجی، علم سنجی و کتابخانه سنجی. ترجمه مهر دخت وزیر پور کشمیری (گلزاری)، اطلاع‌رسانی، دوره دهم (جدید) تهران
- شکوهی، حسین، همت عندلیبی، علی، (۱۳۹۰)، توانمندی‌های پهپاد در جنگ‌های آینده فصلنامه علوم و فنون نظامی عباداله عموقین، جعفر؛ شریف مقدم، هادی؛ ضیائی، ثریا، (۱۳۹۷)، مروری بر شاخص‌های مهم علم سنجی (هم استنادی و هم واژگانی) و لزوم استفاده از این شاخص‌ها در تحلیل تولیدهای علمی. پژوهش‌های تفسیر تطبیقی کتابداری و اطلاع‌رسانی ۲۹۷-۳۲۱
- کیانی فلاورجانی، فرهاد، (۱۳۸۸)، طراحی مفهومی و ساخت پرنده‌های بدون سرنشین با ماموریت تجسسی تهران، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه امام حسین(ع)
- منصوریان، یزدان، (۱۴۰۲)، روش تحقیق در علم اطلاعات و دانش‌شناسی، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین (سمت)، تهران
- نوروزی چاکلی، عبدالرضا (۱۳۹۰)، آشنایی با علم سنجی (مبانی، مفاهیم، روابط و ریشه‌ها)، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی؛ مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شاهد، تهران
- زوارقی، رسول (۱۳۹۶)، ترسیم نقشه‌های علمی اصول، فنون و ابزارها، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین (سمت)، تهران نصیری، پرویز، حاج سلیمانی امیر (۱۳۹۶)، آمار در علم سنجی و علم اطلاعات و دانش‌شناسی، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین (سمت)، تهران
- علیپور حافظی، مهدی، رضائی هادی، مؤمنی عصمت (۱۳۹۶)، ترسیم نقشه دانش حوزه کتابخانه‌های دیجیتالی در ایران: تحلیل هم‌رخدادی واژگان، پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات، دوره ۳۳، شماره ۲، و ص ۴۸۶-۴۵۳
- شکفته مریم، کریمی مصطفی (۱۳۹۶)، نقشه‌های علمی: ترسیم و تحلیل، انتشارات کتابدار، تهران
- توکلی زاده محمد، سهیلی فرامرز، خاصه علی‌اکبر، (۱۳۹۸)، مبانی علم سنجی (کارشناسی ارشد علم اطلاعات و دانش‌شناسی)، انتشارات دانشگاه پیام نور
- Wong, Kelvin(2019)Turkey advances Anka-Aksungur MALE UAV development, Jane's 360
André Haider(2020)Unmanned Aircraft System Threat Vectors, in A Comprehensive
Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems, JAPCC
Austin, Reg ,(2010),Unmanned aircraft systems: UAVs design, development and deployment
Chichester: Wiley

- Telli, K.; Kraa, O.; Himeur, Y.; Ouamane, A.; Boumehraz, M.; Atalla, S.; Mansoor, W. A.,(2023), Comprehensive Review of Recent Research Trends on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Systems 11 .۴۰۰ .<https://doi.org/10.3390/systems1108040>
- Ahmed, F.; Mohanta, J.; Keshari, A.; Yadav, P.S. ,(2022) ,Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicles: A Review. Arab. J. Sci. Eng. 47, 7963–7984
- Fan, B.; Li, Y.; Zhang, R.; Fu, Q.,(2022), Review on the technological development and application of UAV systems. Chin. J. Electron. 29, 199–207
- Aabid, A.; Parveez, B.; Parveen, N.; Khan, S.A.; Zayan, J.; Shabbir, O. ,(2022), Reviews on design and development of unmanned aerial vehicle (drone) for different applications. J. Mech. Eng. Res. Dev.45, 53–69
- Amin, R.; Aijun, L.; Shamshirband, S. A.,(2016), review of quadrotor UAV: Control methodologies and performance evaluation. Int. J. Autom. Control, 10, 87–103.
- Yang, Z.; Yu, X.; Dedman, S.; Rosso, M.; Zhu, J.; Yang, J.; Xia, Y.; Tian, Y.; Zhang, G.; Wang, J.,(2022), UAV remote sensing applications in marine monitoring: Knowledge visualization and review. Sci. Total Environ., 838, 155939.
- Singhal, G.; Bansod, B.; Mathew, L.,(2018), Unmanned aerial vehicle classification, applications and challenges: A review. Preprints
- Choi, S.Y.; Cha, D.,(2019), Unmanned aerial vehicles using machine learning for autonomous flight; state-of-the-art. Adv. Robot.33, 265–277
- Müezzinoğlu, T.; Karaköse, M.,(2021), An intelligent human–unmanned aerial vehicle interaction approach in real time based on machine learning using wearable gloves. Sensors, 21, 1766
- Nisser, T.; Westin, C.,(2006), Human Factors Challenges in Unmanned Aerial Vehicles (Uavs): A Literature Review; School of Aviation of the Lund University: Ljungbyhed, Sweden
- Ducard, G. Actuator ,(2014), Fault Detection in UAVs, in Handbook of Unmanned Aircraft. In Handbook of Unmanned Aerial Vehicles; Springer: Dordrecht, The Netherlands

