دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۹
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

(علمی–ترویجی)

توسعهٔ پهپادهای غیرنظامی در ایران و چالش‌های پیش روی آن

حمید کاظمی[۱]، استادیار، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سمانه الهیان[۳*]، کارشناس ارشد، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

*نویسنده مخاطب، آدرس: تهران، کدپستی: ۱۴۶۶۵-۸۳۴

سرعت بالای رشد بهره‌برداری از پهپادها، سرمایه‌گذاری‌های دولت‌ها برای توسعهٔ زیرساخت‌های لازم برای گسترش این فناوری، تنوع کاربردها و مزایای حاصل از نتایج عملی استفاده از این فناوری در هر یک از کاربردها، بیانگر جایگاه ویژهٔ این فناوری در آینده است. از سوی دیگر، ویژگی‌های ساختاری و حرکتی این وسایل پرنده موجب شده تا بهره‌برداری از آن‌ها با نگرانی‌های بسیاری در سطح دولتمردان برای حفاظت از دارایی‌ها و امنیت کشورها و در سطح عموم مردم برای حفظ حریم شخصی همراه باشد. در مقابل، فرصت‌هایی که توسعهٔ پهپادها برای دولت‌ها در حوزه‌های مختلف، از جمله اشتغال‌زایی، کاهش هزینه‌ها، مدیریت سوانح و غیره فراهم می‌کند، موجب شده تا برنامه‌ریزی‌های بلندمدتی برای رفع موانع پیش روی توسعهٔ پهپادها انجام شود. از این‌رو، در این مقاله تلاش می‌شود تا پس از بررسی فرصت‌ها و چالش‌های پیش روی توسعهٔ این فناوری در ایران، روش‌های مطرح برای پاسخ به چالش مدیریت ترافیک پهپادها با جزئیات بررسی شود.

واژه‌های کلیدی: پهپاد غیرنظامی، کاربرد تجاری، چالش‌ها و فرصت‌ها، مدیریت ترافیک پهپاد

Challenges and Opportunities of Drone Development in Iran

H. Kazemi[1], Assistant Professor, Aerospace Research Institute, Ministry of Science, Research, and Technology
S. Elahian[2*], M.Sc., Aerospace Research Institute, Ministry of Science, Research, and Technology

*Corresponding Author, Postal Code: 14665-834, Tehran, IRAN
elahian@ari.ac.ir

Increasing the rate of drone's usage growth, improvement of infrastructure needed for drone's development by governmental investment, vast and diverse applications and good outcome of the technology depicts special situation for this technology in the future. Moreover, special structural characteristics of this aerial vehicle, cause concern in governments about infrastructure, assets protection, securities and in nations for privacy issues. Governments try to have long term strategical planning to remove obstacles before drones development to make profit from opportunities that drones provide in different area, such as job creation, decrease costs, management of natural disasters, etc.here, After surveying opportunities and challenges of drones development in Iran, solutions to UAV traffic management are reviewed in detail.

Keywords: Civil Drone, Commercial Application, Challenges and Opportunities, Drone Traffic Management

۱- مقدمه

در مجموعهٔ اصطلاحات نظامی، وسایل پرندهٔ هوایی بدون سرنشین[1] به عنوان زیرمجموعه‌ای از سیستم‌های نقلیه بدون سرنشین[2] شناخته می‌شود. پهپاد هواپیمایی است که بدون حضور خلبان در داخل آن پرواز می‌کند و معمولاً از راه دور با استفاده از سیگنال‌های بی‌سیم کنترل می‌شود. در حقیقت، اختراع کنترل رادیویی توسط نیکلا تسلا[3] در سال ۱۸۹۵ و همچنین توسعهٔ فناوری ژیروسکوپ و استفاده از آن در پرواز هواپیما (سال ۱۹۰۹) به عنوان ناوبری هوایی، مسیر تولید، طراحی و ساخت پهپادهای مدرن امروزی را بسیار تحت تأثیر قرار داد. اما مانند بسیاری از فناوری‌های دیگر، رشد نمایی این فناوری به دلیل امکان بهره‌برداری نظامی از آن بود که تحقیق و طراحی این صنعت را گسترش داد و امکان رسیدن به ارتفاع‌های بالاتر را نیز فراهم نمود [۱]. اگرچه پهپادها به عنوان یک وسیلهٔ به نسبت دائمی در زمان‌های جنگ (جنگ جهانی دوم) بنا نهاده شدند، اما پس از آن در مسیر جدیدی حرکت کردند که به ایجاد تعریف‌های امروزی از فناوری کمک می‌کند.

تاکنون دسته‌بندی‌های متنوعی برای پهپادها ارائه شده است. برخی پهپادها را براساس مشخصات فیزیکی و عملکردی دسته‌بندی نموده‌اند که در مرجع [۲] مروری کامل بر این دیدگاه انجام شده است. حسنعلیان[4] و عبدالکفی[5] در این مقاله پهپادها را از دیدگاه عملیاتی (ابعاد، وزن و ساختار)، مواد به کار رفته در ساخت و پیچیدگی و هزینهٔ سیستم کنترل آن دسته‌بندی و مراجع و نمونه‌های عملی متعددی از هر کدام را بیان نموده است. اما از دیدگاهی دیگر می‌توان پهپادها را از سه دیدگاه کلان سازندگان [۳]، کاربران [۵-۴] و قانون‌گذاران [۹-۶] مورد بررسی قرار داد. در این دسته‌بندی‌ها عوامل دیگری از جمله مداومت[6]، ارتفاع، برد پروازی و ایمنی و میزان کنترل‌پذیری پهپاد به عنوان معیارهای اصلی مورد توجه قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر، بسته به این که با چه دیدگاهی (ساخت و تولید، بهره‌برداری، تهیهٔ قانون و غیره) به پهپادها نگاه شود، می‌توان دسته‌بندی‌های متفاوت دیگری نیز تعریف نمود. در این مقاله با توجه به این که محور اصلی بررسی فرصت‌ها و چالش‌های مختلفی است که بهره‌برداری از پهپادها می‌تواند برای کشور فراهم نماید، پهپادها با دیدگاه کاربردی دسته‌بندی شده و بر همین مبنا فرصت‌ها و چالش‌های آنها بررسی شده است.

براساس گزارش‌ها و آمار منتشر شده (گزارش ترکتیکا[7]) بازار پهپادها برای چند سال آینده در حوزه‌های مختلف کشاورزی، تصویربرداری، نظارت و بازرسی، نقشه‌برداری و غیره رشد نمایی خواهد داشت [۱۰]. اما آنچه می‌تواند سرعت این رشد را محدود کند، تأخیر دولت‌ها در آماده‌سازی زیرساخت‌های توسعهٔ فناوری است. به عبارت دیگر، سرعت بالای توسعهٔ فناوری‌های جدید در عصر کنونی موجب شده تا دولت‌ها فرصت کافی برای بسترسازی مناسب در راستای توسعهٔ این فناوری‌ها را نداشته باشند. در کنار آن، دولت‌ها باید دلایل کافی برای شروع سرمایه‌گذاری در یک حوزه را داشته باشند.

در این مقاله، تلاش می‌شود تا با بررسی جوانب مختلف این فناوری، گامی برای روشن‌تر شدن مسیر توسعهٔ آن برداشته شود. بدین منظور، نخست مروری بر اصطلاحات رایج در فناوری پهپادها انجام می‌شود. پس از آن با بیان کاربردهای مختلف پهپادها، اثربخشی آنها در حوزه‌های پرکاربرد براساس گزارش‌های منتشر شدهٔ رسمی بررسی می‌شود. در ادامه با بررسی بازار جهانی پهپادها، میزان رشد و سرمایه‌گذاری‌هایی که در این حوزه انجام شده و وضعیت این بازار برای ورود و توسعه بررسی و تحلیل می‌شود. همچنین، با بیان فرصت‌هایی مورد انتظار از این توسعه با توجه به نیاز بازار داخلی و همسایگان خارجی در اختیار کشور قرار می‌گیرد، پرداخته خواهد شد. از طرفی، با بیان چالش‌های موجود بر سر راه توسعهٔ پهپادها در ایران یعنی قوانین و مقررات مورد نیاز، مدیریت ترافیک هوایی پهپادها و نهایتاً توسعهٔ فناوری‌های لازم مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲- اصطلاح‌شناسی

امروزه اسامی متعددی برای وسایل هوایی بدون سرنشین در مناطق مختلف جهان به کار می‌رود. سازندگان، سازمان‌های عمومی، کاربران و انجمن‌ها همگی به واژه‌های مشخصی با کمی اختلاف در تعریف اشاره می‌کنند. در این بخش نظرات بازیگران اصلی درباره نام‌های مختلفی که برای وسایل پرنده بدون سرنشین در نظر گرفته شده مرور می‌شود [۱۱-۱].

درون[8]: فرانسه به عنوان کشور پیشگام در ساخت و پیاده‌سازی قوانین برای استفاده از وسایل هوایی بدون سرنشین، آنها را با عنوان درون خطاب می‌کند. عمده کشورهای فرانسوی زبان نیز از این اصطلاح استفاده می‌کنند. اگرچه کلمه درون اصولاً به

1. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)
2. Unmanned Vehicle Systems (UVS)
3. Nikola Tesla
4. Hassanalian
5. Abdelkefi
6. Duration
7. Tractica
8. Drone

هواپیماهای بدون سرنشینی گفته می‌شود که اغلب در زمینه‌های نظامی استفاده می‌شود، اما در زبان عمومی به هر وسیله هوایی بدون سرنشین گفته می‌شود. درحالی‌که کلمه DRONE به دلیل کاربردهای نظامی بحث‌برانگیز در میدان جنگ، اغلب با خود یک سطحی از ناخوشایندی ذاتی را به همراه دارد. عنوانی که توسط طرفداران صنعت هوانوردی کشوری ترجیح داده می‌شود و در مقایسه با پهپاد توصیفی‌تر است، کلمهٔ UAV است.

UAV: کلمهٔ UAV عبارت اختصاری برای نامیدن وسایل هوایی بدون سرنشین است. این نام تعریف‌کننده یک جسم پروازی است که برای کاربردهای سرگرمی یا حرفه‌ای غیرنظامی به کار می‌رود. شاید رایج‌ترین عنوانی که امروزه برای تعریف این پرنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، کلمهٔ UAV باشد. اگرچه امروزه این اصطلاح بسیار معروف است اما آژانس‌های هوانوردی در بسیاری کشورها تصمیم گرفته‌اند عنوان دیگری برای این وسایل پرنده انتخاب کنند.

سیستم خلبانی از راه دور وسیله پرنده[9]: سازمان بین‌المللی هواپیمایی غیرنظامی (ایکائو)[10] این عنوان را برای وسایل پرنده بدون سرنشین به کار می‌برد. با توجه به این که این سیستم‌ها در لبه فناوری‌های هوایی قرار دارند، پیشرفت‌هایی را مطرح می‌کنند که کاربردهای تجاری غیرنظامی جدید و توسعه‌ای مانند بهبود در ایمنی و بازده کل هوانوردی غیرنظامی را توسعه می‌دهد. از این‌رو، به نظر می‌رسد عنوان RPAS اصطلاح مناسبی برای نامیدن این فناوری باشد. این عنوان از سوی آژانس‌های بین‌المللی هوانوردی مانند ایکائو، سازمان ایمنی هوانوردی اروپا[11]، مرجع ایمنی هوانوردی غیرنظامی[12] استرالیا و مرجع هوانوردی غیرنظامی[13] نیوزلند استفاده می‌شود.

UAS[14]: برخلاف موافقت بین‌المللی برای استفاده از عنوان RPAS برای نامیدن این وسایل پرنده، برخی سازمان‌های آمریکایی و انگلیسی تصمیم گرفتند از عبارت UAS برای نامیدن این وسیله استفاده کنند. با این وجود، آژانس هوانوردی ملی آمریکا هنوز به دنبال یکنواخت‌ترین و ایمن‌ترین راه برای صدور مجوز حضور وسایل پروازی جدید در حوزه هوایی است. به نظر می‌رسد دو واژه RPAS و UAV مترادف هستند اما، برخی مدعی هستند RPAS وسیله پرنده‌ای است که می‌تواند با یک سطح از اتوماسیون که پروازش را وابسته به رفتار از پیش تعیین شده کرده است، تعریف شود و با UAV که یک پرنده کنترل از راه دور است تفاوت دارد.

به نظر می‌رسد لازم است مراجع هوانوردی بین‌المللی پیش از تنظیم قوانین و مقررات بین‌المللی به منظور ایجاد اجماع کلی برای این وسیله پرنده هوایی که می‌خواهد به دنیای هوانوردی وارد شود، نام مشترک و یکنواختی را انتخاب کرده و همه کشورها از آن پیروی نمایند. در ایران، پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور، با عنوان اختصاری «پهپاد» نام برده می‌شود. اما باید توجه داشت میان عموم، کلمه پهپاد بیشتر به وسایل پرنده بدون سرنشین بال ثابت گفته می‌شود و وسایل پرنده با بال چرخان (دارای ملخ) به عنوان روتور کرفت/مولتی روتور نامیده می‌شوند. با توجه به این که در اصطلاحات انگلیسی بررسی شده، برای عبارت اختصاری پهپاد توضیحات فنی بیان نشده و تفاوت ساختاری میان اصطلاحات مختلف مطرح نیست. همچنین، در این مقاله وسایل پرنده هوایی بدون سرنشین غیرنظامی بررسی شده و هر یک از انواع وسایل پرنده بال ثابت یا روتور کرفت تأثیری در مطالعات و نتایج بیان شده ندارد. بنابراین، به نظر استفاده از کلمه «پهپاد» اختلالی در برداشت مفهوم ایجاد نمی‌نماید. به همین دلیل در ادامه این پرنده‌ها با عبارت پهپاد نام برده می‌شوند.

۳- کاربرد پهپادهای غیرنظامی

پهپادها از جمله فناوری‌های نوظهوری هستند که به دلیل ویژگی و برتری‌هایی که نسبت به سایر رقبای خود (از جمله هواپیماهای هوانوردی عمومی، بالن‌ها، کایت‌ها و غیره) دارند، در سال‌های اخیر به‌طور ویژه مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به تنوع کاربردها، امروزه طیف وسیعی از پهپادها با ویژگی‌های مختلف وزنی، عملکردی (مداومت پروازی، حمل تجهیزات مختلف و غیره) و عملیاتی (نحوه نشست/برخاست) طراحی و ساخته شده‌اند.

براساس گزارش منتشر شده ناسا از کاربردهای غیرنظامی پهپادها که در آن طی بیش از ۶۰ مصاحبه حضوری و تلفنی که با کارکنان آژانس‌ها و سازمان‌های کاربر بالقوه در سال ۱۹۷۶ انجام شد، حدود ۳۵ کاربرد بالقوه برای استفاده از پهپادها مشخص شده است که در ۱۰ دسته کلی زیر قرار داده شده‌اند [۱۲]:

- نظارت بر محیط‌های کوچک،
- امنیت دارایی‌های با ارزش، گشت‌زنی سطحی، هدایت تصفیه نشت نفت، پایش یخ‌های شناور، نقشه‌برداری از آتش‌سوزی‌های بزرگ و وسیع و رهگیری،

9. Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)
10. International Civil Aviation Organization (ICAO)
11. European Aviation Safety Agency (EASA)
12. Civil Aviation Safety Authority (CASA)
13. Civil Aviation Authority (CAA)
14. Unmanned Air/Aircraft System

- نظارت بر محیط‌های بزرگ جهت جست و جو و نجات، شناسایی آتش‌سوزی در جنگل، اجرای قوانین صید، شناسایی نشت نفتی، نقشه‌برداری یخ‌ها، پایش ماهی‌ها، اعمال‌های قانونی و پوشش منابع سطحی،
- گشت‌زنی خطی از جمله برای خطوط لوله، بزرگراه‌ها، مرزها، خطوط نیرو و تشخیص آلودگی در سواحل،
- پاشش هوایی در کاربردهایی مانند کشاورزی و مهار آتش‌سوزی‌های مهیب،
- رلهٔ مخابراتی در مورد کاربردهای دائمی،
- نمونه‌برداری اتمسفری جهت بررسی طوفان، هواشناسی و نقشه‌برداری آلودگی‌ها،
- حسگرهای زمینی پایش برای به‌کارگیری در شناسایی فعالیت‌ها، مانیتورینگ حفاظت کاتدی لوله‌ها و برج دیده‌بانی نجات اضطراری،
- تحقیقات هواپیمایی از جمله تست‌های ایرودینامیکی و اندازه‌گیری‌های سنجش از دور،
- نظارت هوا به هوا و
- امنیت حمل و نقل مواد هسته‌ای.

توسعهٔ پهپادها موجب شد تا توانایی این فناوری در پاسخ به نیازهای دیگر نیز شناسایی شود. از این‌رو، کاربردهای جدیدی از جمله حمل و نقل کالا[15] [۱۳]، نقشه‌برداری ساختمان [۱۴]، فیلم‌سازی و برخی کاربردهای دیگر [۱۶-۱۵] با گذشت زمان به این موارد افزوده شده است.

کاربرد پهپادها را می‌توان به سه حوزهٔ کلان نظامی، تجاری و سرگرمی دسته‌بندی نمود. حوزه نظامی و امنیتی مشابه هوانوردی معمول، قوانین و مقررات مخصوص به خود را دارد و نظارت و نحوهٔ عملکرد آنها مطابق با دستورالعمل‌های جداگانه‌ای تعریف و تعیین می‌شود. اگرچه این پهپادها در حال حاضر بازار گسترده‌تری نسبت به پهپادهای غیرنظامی دارند، اما به دلیل این که قوانین و بستر متفاوتی برای توسعه نیاز دارند، در این مقاله تحلیلی بر این نوع پهپادها انجام نمی‌شود. همچنین، حوزه سرگرمی نیز به دلیل وزن کم، در محدودهٔ ۲۵۰ گرم (برای کشورهایی مانند آمریکا و آلمان)، ۳۰۰ گرم (ایتالیا) و ۸۰۰ گرم (فرانسه) و داشتن جنبه تفریحی و سرگرمی مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. در این مقاله، بخش تجاری به دلیل اثرات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی به عنوان بخش اثرگذار در حوزه پهپادها مورد نظر قرار گرفته و محور اصلیِ بررسی چالش‌ها و فرصت‌های توسعهٔ پهپادها در کشور می‌باشد.

15. Delivery

۳-۱- اثربخشی پهپادها در کاربردهای مختلف

همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، از سالیان پیش کاربردهای متعددی برای پهپادها در حوزه تجاری مطرح بود. مزایای این وسایل پرندهٔ کوچک در مقایسه با وسایل پرنده سرنشین‌دار مرسوم مانند هواپیما و هلی‌کوپترعبارتند از:

- هزینهٔ خرید یا دریافت خدمات کمتر،
- الزامات عملیاتی کم‌تر به دلیل ابعاد کوچکتر،
- نیاز به خدمات، تجهیزات پشتیبانی و لجستیک کمتر،
- هزینه‌های پایین در ساخت، تعمیر، نگهداری و عملیات،
- قدرت مانورپذیری بیشتر در مکان‌هایی که به دلیل کوچکی فضا یا خطرات انسانی امکان پرواز سایر پرنده‌های سرنشین‌دار وجود ندارد،
- امکان پرواز در ارتفاع پایین،
- امکان ثبت داده‌ها با جزئیات بیشتر و
- کاهش مصرف سوخت.

تمام این مزایا موجب شده تا پهپادها گزینه مناسبی در انجام بسیاری فعالیت‌های پایشی و نظارتی باشد.

برای استفاده مؤثر از پهپادها باید بتوان متناسب با نیاز و کاربرد، پهپاد مناسب را از میان انواع مختلف پهپادهای موجود انتخاب نمود. به عنوان نمونه اگر از کوپترها به عنوان پهپادهای بال متحرک برای پایش در حوزه کشاورزی استفاده کنیم، با توجه به کم بودن مداومت پروازی این وسایل پرنده در مقایسه با پهپادهای بال ثابت، آنها باید برای پوشش سطحی یکسان مدت زمانی ۳۰ برابر بیشتر از پهپادهای بال ثابت پرواز کنند. با این مدل، هزینه خرید تجهیزات ۰/۳ درصد و هزینه عملیات حدود ۹۹/۷٪ از هزینهٔ کل خواهد بود [۱۷]. درحالی‌که استفاد از پهپادهای بال ثابت می‌تواند هزینهٔ کمتری را به همراه داشته باشد. بنابراین، انتخاب درست پهپاد مناسب مطابق با نیاز و وسعت کار می‌تواند اثر قابل توجهی در کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد حاصل داشته باشد.

در ادامه به چند نمونه بهره‌برداری عملی از پهپادها در زمینه‌های مختلف کشاورزی، عمرانی و حمل و نقل اشاره می‌شود. بررسی نتایج استفاده از پهپادها در عمل می‌تواند مسیر را برای بررسی چالش‌ها و فرصت‌ها هموارتر نماید. کاربرد پهپادها را می‌توان در قالب پنج دسته اصلی شامل ارائه خدمات کشاورزی، پایش و نظارت، امداد و کمک‌رسانی، حمل و نقل و کاربردهای نیروی انتظامی دسته‌بندی نمود. در این بخش تنها نمونه‌های عملی از سه دسته اول بیان می‌شوند که از مهمترین کاربردها در امور غیر نظامی هستند.

۳-۲- استفاده از پهپادها در حوزهٔ کشاورزی

با استفاده از پهپادها می‌توان منطقه گیاهی وسیعی را در یک پرواز (تا حدود ۵۰ هکتار برای کوادکوپترها و تا حدود ۳,۰۰۰ هکتار برای پرنده‌های بال ثابت) به صورت اجمالی نگاه کرده و تصاویر با وضوح[16] مناسب دریافت نمود. براساس مطالعات انجام شده، نرخ بازگشت سرمایه[17] در استفاده از پهپادها برای بخش کشاورزی بسیار بالا است. در کشورهای توسعه یافته این نرخ برابر ۱۴۶ درصد تخمین زده شده است [۱۸]. پهپادها در حوزه کشاورزی، در مواردی از جمله تشخیص بیماری و علف‌های هرز، پیش‌بینی میزان برداشت محصولات، نقشه‌برداری از زمین‌های کشاورزی برای مدیریت منابع آبی، رهگیری تغییرات مزارع در طول زمان و تعیین میزان نیاز به آب، کوددهی و سم‌پاشی، کاشت دانه با نرخ جذب ۷۵ درصد و کاهش هزینه تا ۸۵ درصد مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۹].

استفاده از پهپادها برای مزارع کشاورزی، مثالی دیگر از استفاده آنها در این حوزه است. می‌توان بخش‌های قابل توجهی از یک مزرعه بزرگ کشاورزی را در یک پرواز (تا ۵۰ هکتار توسط کوادکوپتر و تا ۳,۰۰۰ هکتار با وسایل پرنده بال ثابت) اسکن و بازرسی نمود. کاری که انجام آن برای افراد علاوه بر زمان‌بر بودن در برخی مزارع با سختی‌های بسیار همراه است. با این روش تصاویری با وضوح بالا به دست می‌آید. تصاویری که جزئیات بیشتری را نسبت به تصاویر ماهواره‌ای گرفته شده در لحظه، به همراه دارند. همچنین، پهپادها یکی از فناوری‌های کارآمد برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها و کمبود مواد مغذی در محصولات هستند. در سال ۲۰۱۰، تنها در ایالت جورجیا حدود ۴/۲۴ بیلیون دلار (۱۶/۵ درصد) محصولات به دلیل بیماری از دست رفتند. درحالی‌که در صورت تشخیص به موقع امکان مبارزه با آن و جلوگیری از خسارات سنگین مالی وجود داشت.

به عنوان نمونه‌ای دیگر از بهره‌برداری پهپادها در بخش کشاورزی، عملکرد شرکت سیات[18] در پروژه نظارت بر ۴۲ هزار هکتار از مزارع نخل روغنی و ۲۲ هزار هکتار مزارع درخت کائوچو در افریقا و آسیا را می‌توان بیان نمود. این شرکت برای آسیب‌شناسی کامل کشت و زرع در مناطق تحت پوشش خود، از دو پهپاد بال ثابت با هدف کاهش هزینه عملیاتی استفاده کرده است. آنها توانسته‌اند با استفاده از دو پهپاد، هر روز ۱,۴۰۰ هکتار را پایش و تحلیل نمایند. برای تحلیل کامل همه ۷۵ هزار هکتار، آنها تنها به ۵۰ روز پرواز نیاز دارند. تنها با گذشت شش ماه از شروع استفاده از پهپادها، آنها توانسته‌اند هزینه‌های عملیاتی خود را به نصف تقلیل داده و نخستین بازگشت سرمایه را به دست آورند [۱۷].

در نگاهی به آینده کشاورزی، می‌توان اهمیت ورود پهپادها به این حوزه را بیشتر درک نمود. براساس پیش‌بینی‌ها، طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ درآمد کشاورزان از ۱۲۵ میلیون دلار در سال ۲۰۱۳ به ۷۵ میلیون دلار کاهش می‌یابد. بنابراین، برای جلوگیری از کاهش درآمد کشاورزان، هزینه‌های صرف شده در این حوزه باید کاهش یابد تا امکان ادامه فعالیت آنها فراهم شود. از این‌رو، استفاده از پهپادها می‌توانند گزینه مناسبی برای کاهش هزینه‌های پایش و نگهداری محصولات باشد. این کاهش هزینه هم به کاهش هزینه نیروی انسانی و هم به کاهش خسارات ناشی از آفت‌ها کمک می‌کند. به‌طوری‌که می‌توان با هزینهٔ حدود ۸۵۰ دلار یک پهپاد اولیه تهیه و از آن برای پایش مزرعه استفاده نمود. براساس محاسبات انجام شده، در نهایت نرخ بازگشت سرمایه بالایی برای استفاده از پهپاد در کشاورزی به دست می‌آید. همان‌طورکه قبلا اشاره شد در کشورهای توسعه یافته، این نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از پهپادها حدود ۱۴۶ درصد است [۱۹].

۳-۳- استفاده از پهپادها در حوزهٔ پایش و نظارت

نمونه‌ای دیگر از نتایج بهره‌برداری از پهپادها در انجام کارهای عملیاتی، استفاده از پهپادها در حوزه پایش و نظارت بر لوله‌های نفت و گاز، جاده، راه و در نهایت ساخت و سازهای ساختمانی و فعالیت‌های عمرانی است. در حال حاضر، بیش از سه میلیون کیلومتر خطوط لوله برای انتقال ترکیبات هیدروکربن در دنیا وجود دارد. این خطوط در آمریکا ۲/۲ میلیون کیلومتر، در اروپا ۲۸۷ هزار کیلومتر و در کانادا ۱۱۵ هزار کیلومتر هستند. ارزش خطوط لوله شبکه جهانی تا سال ۲۰۱۴ بیش از ۸,۶۸۰ میلیون دلار تخمین زده شده است. حجم هیدروکربنی که روزانه توسط این خطوط منتقل می‌شود، همواره روبه افزایش است. زیرا، این خطوط مطمئن‌ترین ابزارِ حمل و نقل را فراهم می‌کند [۲۰]. اما با گذشت زمان و افزایش عمر خطوط لوله نفت و گاز، احتمال آسیب‌های وارده در نتیجه این فرسایش‌ها افزایش می‌یابد. همچنین، به دلیل کشیده شدن این خطوط لوله، کمپرسورها و پمپ‌های مربوط به آن در محیط آزاد، امکان برخورد حیوانات یا اجسام سنگین با آنها نیز وجود دارد. آسیب دیدن این زیرساخت‌ها می‌تواند تأثیرات بسیار بد و فاجعه‌انگیزی در محیط زیست بگذارد و یا خساراتی وارد کند که موجب از دست رفتن درآمد انتقال و حتی ایجاد اختلال در بازار بین‌المللی نفت جهانی

16. Resolution
17. Return of Investment (RoI)
18. SIAT

شود. گستردگی این خطوط در مناطق آب و هوایی مختلف، آسیب‌هایی که ممکن است به آنها وارد شود، خسارات سنگین وارده و آسیب‌های زیست محیطی، همگی از جمله عواملی هستند که بر لزوم پایش‌های دوره‌ای تأکید می‌کنند. امروزه، بهبود امنیت تأسیسات نفت و گاز موضوعی با اهمیت جهانی است که با هدف تأمین ایمنی و حفظ منابع ملی انجام می‌شود. حوادث مصیبت‌بار بسیاری که در کشورهای مختلف در این حوزه اتفاق افتاده است. از جمله حادثهٔ دههٔ اول قرن ۲۱ میلادی در بلژیک و کانادا بیان‌گر اهمیت این پایش‌ها هستند.

در سال ۲۰۰۴، یکی از خطوط لوله اصلی گاز طبیعی در بلژیک منفجر شد که طی آن ۲۴ نفر کشته و ۱۲۲ نفر زخمی شدند. در ژانویه ۲۰۱۴ در کانادا، یکی از خطوط لوله انتقال گاز منفجر شد و از بین رفت. این حادثه موجب کمبود توزیع گاز در کانادا و بخشی از آمریکا شد. در سال ۲۰۱۰، یک خط لوله بزرگ (با قطر بیشتر از ۱ متر) به دلیل فرسایش (خوردگی لوله‌ها) و خستگی، ترک خورد و بیش از ۳,۰۰۰ مترمکعب از نفت سنگین به رودخانه کالمازو[19] در میشیگان آمریکا ریخته شد. این حادثه علاوه بر آسیب‌های شدیدی که به محیط زیست منطقه وارد نمود، سلامتی صدها نفر از ساکنین میشیگان در معرض اثرات سمی نفت منتشر شده را به مخاطره انداخت. هزینه پاک‌سازی محیط در نتیجه این حادثه حدود ۸۰۰ میلیون دلار تخمین زده شد و آن را به گران‌ترین حادثه ساحلی در تاریخ آمریکا تبدیل کرد [۲۰].

براساس اعلام کمیته حفاظت از منابع انرژی[20] تعداد خطوط لوله‌ای که در هر ۱,۰۰۰ کیلومتر در آلبرتا (کانادا) طی سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ شکسته شد، بالغ بر ۱/۵ شکست بوده است. در روسیه این نرخ حدود ۱۱۰ تا ۱۴۰ شکست در هر ۱,۰۰۰ کیلومتر در هر سال تخمین زده شده است. سیستم‌های پایشی که به‌طور پیوسته شرایط ساختاری و عملکردی خطوط لوله را بررسی می‌کنند، می‌توانند فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را برای جلوگیری از شکست بر عهده بگیرند [۲۰]. پایش‌های دوره‌ای در مناطق مختلف با شرایط آب و هوایی متنوع، امری زمان‌بر و هزینه‌بر بوده و در مناطقی که عبور خودرو به آسانی ممکن نیست با دشواری‌هایی برای بازرسان گشت زننده همراه است. درحالی‌که استفاده از پهپادها می‌تواند این مشکلات را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

یکی دیگر از حوزه‌هایی که پهپادها می‌تواند بسیار کارآ باشد، پایش زیرساخت‌های راهی و جاده‌ها است. پل‌ها نمونه‌ای بارز از پایش‌های جاده‌ای و عمرانی هستند که به دلیل نبود تجهیزات کافی برای بازرسی و پایش، داده مطمئنی برای بازسازی و رفع عیوب آنها وجود ندارد اما دولت‌ها وظیفه دارند از استحکام و عملکرد صحیح پل‌ها و تأمین ایمنی و حفظ جان افرادی که از روی این پل‌ها عبور می‌کنند، اطمینان حاصل کنند. برای بسیاری از وزارتخانه‌های حمل و نقل در کشورهای مختلف، نگهداری راه‌ها، پل‌ها و تونل‌ها در یک سطح ایمنی و بهینه، بسیار هزینه‌بر است. برای مثال بازرسی سطح جاده یک پل[21] به ۴ کارگر وزارت حمل و نقل و یک نوبت کاری کامل ۸ ساعته نیاز دارد. همچنین، شاید لازم باشد تا از تجهیزات سنگین استفاده شده که در آمریکا حدود ۵,۰۰۰ دلار هزینه نیاز دارد. علاوه‌براین، بازرسی یک پل معمولی باید در طول روز انجام شود و برای انجام آن باید عبور وسایل نقلیه از رو و اطراف پل متوقف و برای یک روز، مسیری جایگزین برای عبور وسایل در نظر گرفته شود. البته در برخی مناطق، مسدود کردن پل برای استقرار تجهیزات بررسی و پایش هزینهٔ بالایی به همراه خواهد داشت. به عنوان مثال، برآوردها نشان می‌دهد در میشیگان بستن یک پل چهار مسیره در پایتخت در هر ۱۰ ساعت، هزینه‌ای بالغ بر ۱۴,۶۰۰ دلار در بر خواهد داشت. درحالی‌که با استفاده از پهپادها برای بازرسی همان پل تنها دو نفر کافی بوده و هیچ تجهیز سنگینی نیاز نیست. همچنین، کنترل ترافیک و پایش محدودی برای اجرایی نمودن این کار اجرا می‌شود [۱۷]. در سال ۲۰۱۶ تصور می‌شد بیش از ۹ درصد از ۶۰۰ هزار پل ایالات متحده از نظر سازه‌ای آسیب دیده و کارایی آنها کم شده باشد. درحالی‌که هر روز میلیون‌ها خودرو از روی آنها عبور می‌کردند. البته نوسازی آنها هزینه بر (هزینه پیش‌بینی شده بالغ بر ۱۲۳ میلیارد دلار)، خطرناک و زمان‌بر است.

حوزهٔ دیگری که پهپادها به آن ورود کرده و موفق بوده‌اند، پایش ساخت و سازهای ساختمانی و فعالیت‌های عمرانی است. به عنوان نمونه، شرکت اینتل[22] به همراه ناوگان پهپادهای فالکون ۸+[23] خود در این حوزه ورود کرد. در آخرین بازرسی، پهپادهای این شرکت حدود ۲,۵۰۰ تصویر هوایی با کیفیت تهیه و با آن توانستند مدل سه بعدی سازه را به منظور تخمین عملکرد پل‌ها برای بررسی مهندسان تهیه نمایند. استفاده از پهپادها مدت زمان مورد نیاز برای انجام این کار را ۲۸ درصد کاهش داد و توانست کاهش ۴۰ درصدی نسبت به هزینه‌های پیش‌بینی شده با روش‌های مرسوم را ایجاد کند. پهپادها توانستند این کار را بدون ایجاد ترافیک بر روی پل و

19. Kalmazoo
20. ERCB: Energy Resources Conservation Board
21. Deck (Bridge)
22. Intel
23. Falcon 8+

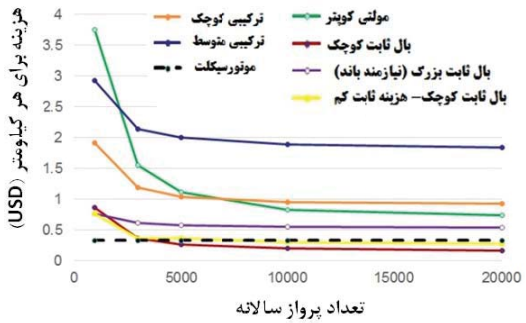
بدون خطرات انسانی به خوبی انجام دهند. بدین ترتیب، با این روش شرکت اینتل نه تنها سرعت و دقت انجام کار افزایش یافت، بلکه خطرات ایمنی کاهش و قابلیت اطمینان مهندسین و ادارات حمل و نقل نیز افزایش یافتند [۲۲-۲۱].

۳-۴- استفاده از پهپادها در حوزهٔ امداد و کمک‌رسانی

ارائهٔ خدمات پشتیبانی پزشکی از دیگر حوزه‌هایی است که پهپادها می‌تواند در آن استفاده شود. در این زمینه کاربردهای متعددی وجود دارد که حمل و نقل هوایی می‌تواند در آن مفید و کارآمد بوده و به بهتر شدن روند و افزایش سرعت انجام فعالیت‌ها کمک کند. از جمله این موارد می‌توان به حمل واکسن به نقاط با دسترسی محدود، حمل خون برای مواقع اضطراری، انتقال نمونه‌های آزمایشگاهی و ارسال داروهای ضروری پزشکی اشاره نمود که در آنها چهار بحث اصلی شامل هزینه، کاهش ریسک، سرعت پاسخ‌گویی و دسترس‌پذیری مطرح است. درحالی‌که استفاده از روش‌های مرسوم برای انجام این کارها علاوه بر زمان‌بر بودن، توان مانور و ارائه خدمات را به ویژه هنگام فرود در منطقه عملیات، با محدودیت‌ها و سختی‌هایی روبه‌رو می‌کند.

نتایج تحقیق انجام شده در رواندا[24] و تانزانیا[25] نشان می‌دهد که استفاده از پهپادهای بال ثابت برای تحویل خون در مقایسه با حمل و نقل زمینی، زمان تحویل‌دهی را از متوسط بیش از ۲ ساعت به کمتر از ۳۰ دقیقه کاهش می‌دهد. با توجه به این که تعداد واحدهای خون کمی نیز در این تحقیق جابه جا شده بودند (۲ تا ۳ واحد)، هزینه جابه‌جایی با پهپادها در مقایسه با روش معمول حمل خون با وسیله نقلیه زمینی کمتر شد. بدین ترتیب استفاده از پهپادها در مقایسه با روش‌های معمول برای ارائه خدمات پزشکی نام برده شده، از لحاظ زمان مورد نیاز برای کمک‌رسانی و بازده هزینه دارای توجیه اقتصادی خواهد بود. این در صورتی است که پروازهای کافی برای کاهش هزینه‌ها وجود داشته باشد (تقریباً ۵,۰۰۰ پرواز در هر سال). بنابراین، برای منطقه مورد بررسی با فرض وجود حدود ۲۰ بیمارستان در یک شعاع مشخص، هر بیمارستان به حدود ۲۵۰ پرواز در سال یا ۵ پرواز در هر هفته نیاز دارد (کمتر از یک پرواز در روز) تا هزینه کمک‌رسانی با پهپادها در مقایسه با روش‌های معمول حمل کمتر شود. یکی دیگر از مزایای مهم تحویل‌دهی با پهپادها، سرعت بالای این روش در مقایسه با روش‌های دیگر است. برای مثال، پهپادها با سرعت ۱۰۰ km/h پرواز می‌کنند، در حالی موتورسیکلت‌ها با سرعت ۴۰km/h-۵۰ حرکت می‌کنند. اگر تعداد پروازها کم باشد و تعداد کافی برای مقرون به صرفه کردن استفاده از آنها وجود نداشته باشد و یا حجم جابه‌جایی‌ها زیاد نباشد، پهپادهای کوچک بال ثابت مناسب‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین انتخاب هستند که هزینه کمتری نسبت به روش‌های معمول حمل با موتورسیکلت دارند. به عنوان نمونه، یک مرکز بهداشت کوچک می‌تواند ماهیانه واکسن‌هایی را با ارزش ۲,۵۰۰ دلار با وزن تقریبی ۳ تا ۴ کیلوگرم (تا ۸ لیتر) دریافت کند و با ۲ یا ۳ بار پرواز در ماه قادر خواهد بود نیاز ماهانه خود را تأمین نماید [۱۳].

همان‌طورکه در ش نشان داده شده، می‌توان (با تقریب خوبی) دید که برای دفعات پروازی کمتر از ۲,۵۰۰ بار در سال، هزینه‌های ثابت بالایی باید پرداخت شود. هزینه پرداخت شده با افزایش دفعات استفاده به بیش از ۵,۰۰۰ بار در سال، با نرخ بسیار کمی کاهش می‌یابد (شکل **۱**). در بازه میان این دو تعداد، هزینه‌ها (بسته به نوع وسیله پرنده) با نرخ کاهش ۰/۲ تا ۰/۶ همراه خواهد بود. البته این نرخ برای موتور سیکلت ثابت و تقریباً برابر ۰/۴ دلار در هر کیلومتر در نظر گرفته شده است. همچنین مشاهده می‌شود، از میان انواع مختلف وسایل پرنده بدون سرنشین نام برده شده در این نمودار، وسایل پرنده بال ثابت کوچک با هزینه ۰/۲ دلار در هر کیلومتر در مقایسه با وسایل دیگر کمترین هزینه را دارند. این پهپادهای کوچکِ بال ثابت، برد پروازی ۱۵۰ کیلومتر، وزن پروازی ۱/۵ کیلوگرم و حجم ۱۰ لیتر دارند.



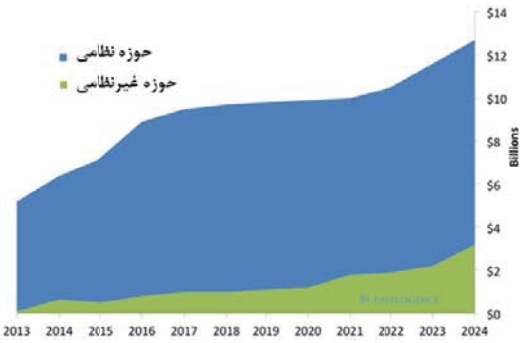
شکل (۱): مقایسه هزینه تمام شده در روش‌های مختلف حمل [۱۳].

هدف از بیان نمونه‌های مختلف در این بخش، بررسی نتایج عملی استفاده از پهپادها بود تا مباحث مطرح شده در خصوص مزایای پهپادها در کاهش هزینه و افزایش سرعت انجام کار با نتایج عملی به دست آمده تأیید شود. در حقیقت این نتایج نمایش‌دهنده قابلیت بالقوه پهپادها برای افزایش کارایی در حوزه‌های مختلف هستند. معیاری که موجب شده تا علیرغم مشکلاتی که ممکن است دولت‌ها با آن درگیر باشند (به دلایل امنیتی، ایمنی و حفظ حریم خصوصی)، روند رفع چالش‌ها و آغاز بهره‌برداری از پهپادها با سرعت بیشتری انجام شود.

24. Rwanda
25. Tanzania

۴-وضعیت بازار جهانی برای پهپادهای غیرنظامی

بررسی روند توسعهٔ یک فناوری در سطح جهانی، کاربردهای مختلف آنها و میزان توسعه در هر یک از کاربردها، میزان سرمایه‌گذاری‌هایی که در این حوزه‌ها شده و درآمد حاصل از فناوری در زمینه‌های مختلف از ارائه خدمات تا طراحی و ساخت فناوری می‌تواند به شناسایی بهتر این بازار برای توسعه در کشور کمک نماید. بر اساس آمار رسمی منتشر شده از سوی سازمان‌های جهانی و شرکت‌های تهیه و تحلیل‌کننده اخبارِ کسب و کار و بازار (آمار منتشر شده از سوی بی آی[۲۶] و ترکتیکا)، امروزه شاهد رشد روزافزون بهره‌برداری از پهپادها در حوزه‌های مختلف صنایع و خدمات هستیم. بررسی روند توسعهٔ پهپادها در گذشته و پیش‌بینی این روند در آینده نشان می‌دهد در حوزه کاربردهای غیرنظامی از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴ روند افزایشی مستمری وجود خواهد داشت که در برخی سال‌ها (مانند ۲۰۲۰-۲۰۱۶) شیب ملایم و در برخی سال‌ها (۲۰۱۶-۲۰۱۳ و ۲۰۲۴-۲۰۲۲) با شیب تندتری همراه خواهد بود (شکل **۲شکل ()** [۱۰].

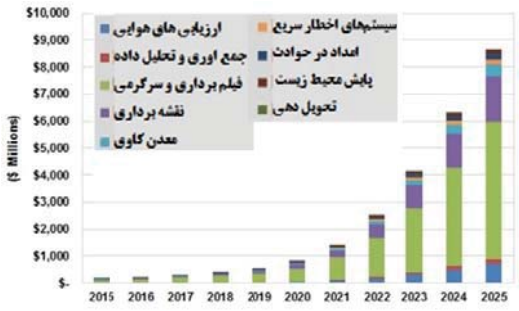


شکل (۲): روند توسعه بازار پهپادهای نظامی و غیرنظامی تا سال ۲۰۲۴ [۲۳].

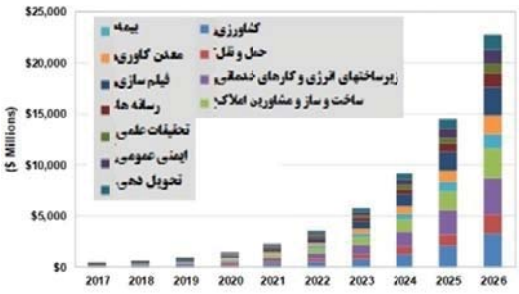
البته در گذشته موانع متعددی بر سر راه توسعهٔ پهپادها وجود داشته که موجب کندی این رشد شده است. از جمله این موانع می‌توان به نبود قوانین برای پرواز پهپادها، نگرانی‌ها در مورد حفظ حریم شخصی افراد و شرکت‌ها، نگرانی‌های ایمنی، امنیتی و نظامی از انجام عملیات خرابکارانه، نگرانی از آسیب‌رسانی احتمالی به افراد و زیرساخت‌ها و موارد دیگر اشاره نمود. به‌طوری‌که پس از حوادث خرابکارانه در سطح بین‌المللی (مانند حادثه ۱۱ سپتامبر در نیویورک) محدودیت‌های بیشتری برای پروازهای هوانوردی عمومی وضع شد که روند توسعهٔ این حوزه را با تهدید و کاهش روبه‌رو کرد و همچنین بر روند توسعهٔ پهپادها نیز اثرگذار بود. اما، پیش‌بینی تدوین نسخهٔ اولیهٔ قوانین بهره‌برداری از پهپادها تا سال ۲۰۲۱ موجب شیب تندتری در رشد بازار پهپادها از سال ۲۰۲۱ خواهد شد، موضوعی که در نمودار شکل **۲** به خوبی دیده می‌شود. در بخش بعد این روند صعودی برای کاربردهای مختلف بررسی می‌شود.

۴-۱- روند رو به رشد بازار پهپادها در جهان

روند افزایش بهره‌برداری از پهپادها بر اساس کاربرد تا سال ۲۰۲۶ در شکل **۳** به خوبی مشاهده می‌شود. میزان بهره‌برداری از پهپادها و رشد هر یک در طی سالیان متوالی برای هر یک از کاربردها متفاوت است. به عنوان نمونه، رشد بهره‌برداری از پهپادها در حوزهٔ نقشه‌برداری و امداد در حوادث از سال ۲۰۲۱ به ۲۰۲۲ به طور تقریبی رشد دو برابری خواهد داشت. درحالی‌که در حوزهٔ فیلم و سرگرمی که بیشترین سهم این بازار را در اختیار دارد، رشد کمتری پیش‌بینی شده است. در حقیقت تحلیل نتایج به دست آمده از بهره‌برداری پهپادها در کارها و فعالیت‌های مختلف به مرور زمان موجب می‌شود تا زمینه‌هایی که سود زیادتری با استفاده از پهپادها به دست آورده‌اند، توسعه یافته و سهم بیشتری را از بازار به خود اختصاص دهند. به عبارت دیگر، نتایج عملی به دست آمده در بهره‌برداری از پهپادها، اصلاح‌کننده میزان درخواست بازار می‌باشد.



شکل (۳): پیش‌بینی درامد حاصل از کاربردهای مختلف پهپادها [۱۰].



شکل (۴): پیش‌بینی درامد حاصل از کاربردهای مختلف پهپادها [۱۰].

26. Business Insider (BI)

مقایسه دو نمودار ارائه شده در شکل **۳** و شکل **۴**، که در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ توسط شرکت ترکتیکا ارائه شده بیان‌گر نکات مهمی در توسعهٔ بازار پهپادها است. نخست این که پیش‌بینی روند رشد پهپادها در هر سال با تغییرات بسیاری در حوزه‌های مختلف روبه‌رو است. این تغییر در پیش‌بینی، از تغییر در درخواست بازار و بسترهای موجود برای بهره‌برداری از انواع مختلف پهپادها سرچشمه گرفته است. نکته دیگر، تغییر در میزان رشد هر یک از کاربردها است. رشد متفاوت در کاربردهای موجود پهپادها، بسته به میزان بهره‌وری، کارایی و صرفه‌جویی که در زمان و هزینه حاصل می‌کنند، متفاوت می‌باشد. از این‌رو، می‌توان گفت این روند در آینده با تغییرات زیادی همراه خواهد بود و نمی‌توان بر مبنای آن برای توسعهٔ یک نوع خاص از پهپادها برنامه‌ریزی نمود. تغییرات در روند افزایش/کاهشی کاربردها ناشی از عدم بلوغ فناوری است. با توجه به نوظهور بودن فناوری پهپادها، هنوز پیش‌بینی دقیق رفتار بازارِ نیازِ آن در حوزه‌های مختلف به خوبی ممکن نیست. تنها موضوعی که می‌توان بر آن تأکید نمود این است که توسعهٔ واقعی بر حسب نیاز بازار شکل می‌گیرد. هر کشوری با توجه به شرایط زیست محیطی، بسترهای صنعتی و میزان توسعه‌یافتگی کشور بر استفاده و توسعه یک یا چند کاربرد خاص از پهپادها سرمایه‌گذاری می‌کند. البته اولویت‌بندی در توسعهٔ طراحی، ساخت و بهره‌برداری از پهپادها در کاربردهای مختلف، با توجه به زیرساخت‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری در آن کاربرد خاص می‌باشد. پهپادهایی که برای استفاده در خارج از شهرها استفاده می‌شود، برای پایش خطوط لوله و نیرو، پایش محیط زیست مانند دریاها، جنگل‌ها و غیره به دلیل کمی ترافیک پهپادها، تراکم جمعیتی پایین در این مناطق، کم بودن تداخلات فرکانسی و نبود ناهمواری‌های موجود در سطح شهرها ناشی از ساختمان‌های بلند، با چالش‌های کمتری برای بهره‌برداری همراه هستند. از این‌رو، علاوه بر این که گزینه مناسبی برای ارائه خدمات و شروع کسب و کارهای پهپادی هستند، زمینه مناسبی را نیز برای شروع بهره‌برداری، تکمیل قوانین و رفع مشکلات احتمالی آنها فراهم می‌کنند.

براساس گزارش منتشر شده شرکت پی دبیلیو سی[۲۷] در سال ۲۰۱۶ ارزش بازار پهپادها در صنایع مختلف مطابق شکل **۵** بوده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، استفاده از پهپادها در دو حوزهٔ پایش زیرساخت‌ها و کشاورزی، سهم قابل توجهی (حدود ۶۰ درصد) از کل ارزش بازار را به خود اختصاص داده‌اند.

شکل (۵): ارزش بازار پهپادها در صنایع مختلف [۲۴].

برای تعیین ارزش مالی هر یک از کاربردها باید به این مهم توجه داشت که این آمار در هر کشوری با توجه به شرایط زیست محیطی (وسعت مناطق کوهستانی، جنگلی، دریا و مناطق ساحلی)، گستردگی و تنوع زیرساخت‌ها (با توجه به میزان منابع طبیعی مانند نفت، گاز، معادن و غیره)، توسعهٔ صنایع مختلف از جمله کشاورزی و میزان توسعه شهری و عمران و سازندگی در هر کشور متفاوت می‌باشد. شرایط زیست محیطی، میزان توسعه‌یافتگی کشورها، فناور محور بودن کشورها در کنار سود حاصل از بهره‌برداری از پهپادها در

27. Price Waterhouse Cooper (PWC)

حوزه‌های مختلف و میزان کارایی آنها در هر حوزه، همگی از جمله موارد مهم در تعیین توزیع ارزش بازار پهپادها در صنایع مختلف برای هر کشور هستند. به عبارت دیگر، هر چه استفاده از پهپادها کارایی بیشتری در انجام عملیات، ارائه خدمات و صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌های انجام کار (در مقایسه با روش‌های معمول انجام همان کار) حاصل نماید، گسترش استفاده از آنها بیشتر خواهد بود.

مقایسه درآمد پیش‌بینی شده از سوی شرکت ترکتیکا در سال ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸، تأییدی بر دلایل ذکر شده می‌باشد (شکل‌های **۴-۳**). همان‌طورکه مشاهده می‌شود، درآمد حاصل از استفاده پهپادها در حوزه‌های مختلف با گذشت زمان و شناخت بهتر مزایا و معایب آنها در هر یک از کاربردها تغییر کرده است. از این‌رو، تا زمانی که فناوری در هر کشوری به بلوغ کامل نرسیده نمی‌توان یک کاربرد را به عنوان پردرآمدترین کاربرد برای سرمایه‌گذاری انتخاب نمود.

۴-۲- افزایش سرمایه‌گذاری برای توسعهٔ پهپادها

با پیشروی در چرخهٔ عمر فناوری پهپاد، توسعه زیرساخت‌ها و تدوین قوانین و دستورالعمل‌های لازم برای بهره‌برداری از آنها و سرمایه‌گذاری‌ها در این حوزه افزایش می‌یابد. حجم معاملات و میزان سرمایه‌گذاری‌ها در این حوزه از سال ۲۰۱۲ تا اواسط ۲۰۱۷ در شکل **۶** نشان داده شده است. براساس این نمودار، سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پهپادی در سال ۲۰۱۷ رکورد قبلی را شکست. در سال ۲۰۱۶، رکورد ۱۰۰ معامله با ارزش تقریبی ۴۵۴ میلیون دلار ثبت شد. در نیمه اول سال ۲۰۱۷، استارت‌آپ‌های این حوزه در هر سه ماه رکورد ۳۲ سرمایه‌گذاری با ارزش ۱۱۳ میلیون دلار را ثبت کردند که با این نرخ اجرا، حجم کامل معاملات در سال ۲۰۱۷ حدود ۱۱۲ معامله به ارزش ۵۰۶ میلیون دلار پیش‌بینی شد. در سال ۲۰۱۸ رکورد جدیدی برای ۱۵۹ معامله با ۷۰۲ میلیون دلار سرمایه‌گذاری ثبت شده و پیش‌بینی می‌شود با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۲۰/۵درصد، از ۱۴,۰۰۰ میلیارد در سال ۲۰۱۸ به بیش از ۴۳,۰۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۴ برسد [۲۶-۲۵].

آمارهای اعلام شده نشان دهنده رشد سرمایه‌گذاری و افزایش شرکت‌های استارت‌آپی در این حوزه می‌باشد. موضوعی که می‌تواند پاسخگوی نیاز کشور به ایجاد کسب و کارها از سوی متخصصین در این فناوری باشد. بدین ترتیب با کسب اطلاع از روند توسعهٔ جهانی پهپادها، سرمایه‌گذاری‌ها و صرفهٔ اقتصادی بهره‌برداری از پهپادها در حوزه‌های مختلف می‌توان فرصت‌ها و چالش‌های پیش روی توسعهٔ این فناوری در کشور را بهتر بررسی نمود.

شکل (۶): سرمایه‌گذاری‌های سالانه جهانی در حوزه پهپادها [۲۷].

۵- فرصت‌های توسعهٔ بهره‌برداری از پهپادها

فرصت‌هایی که توسعهٔ بهره‌برداری از پهپادها می‌تواند در اختیار دولت‌ها قرار دهد، در دو محور اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این دو محور عبارتند از: کاهش هزینه و افزایش سرعت در ارائه خدمات و افزایش فرصت‌های شغلی و کمک به توسعه شرکت‌های دانش بنیان (جلوگیری از خروج سرمایهٔ انسانی از کشور) هستند. اما آنچه اهمیت دارد بررسی نتایج به دست آمده برای اثبات مزایای یاد شده و وجود زمینه‌های مشابه در کشور برای بهره‌برداری می‌باشد. از این‌رو، در این بخش دو محور بیان شده در غالب نیاز بازار و ایجاد اشتغال بررسی می‌شوند.

۵-۱- نیاز بازار به پهپادها

موضوعی که در بررسی فرصت‌ها می‌تواند حائز اهمیت باشد نیاز بازار داخلی و جهانی به استفاده از این فناوری در کاربردهای مختلف است. از این‌رو، در ابتدا حوزه‌های نیاز ملی و بین‌المللی به بهره‌برداری از پهپادها به اجمال بررسی می‌شود. برای بررسی کاربردهای مطرح شده پهپادها در سطح کشور، نخست مروری بر محیط جغرافیایی و زیرساخت‌های موجود در کشور انجام می‌شود تا میزان نیاز داخلی برای کاربردهای مختلف مطرح شده سنجیده شود.

براساس اطلاعات منتشر شده از سوی مرکز آمار، مساحت زراعی ایران در سال ۱۳۹۳ حدود ۱۴ میلیون و ۶۹۰ هزار هکتار بوده است. این عدد بیان‌گر وسعت بالای کشاورزی در کشور می‌باشد. حدود ۸/۸ درصد از کل کشور را جنگل‌ها تشکیل می‌دهد. براساس آمار منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۶ اطفاء حریق منابع طبیعی در کل کشور ۱,۷۸۰ مورد با مساحتی حدود ۹,۶۰۰ هکتار بوده که بخش عمده آنها در اثر خطاهای انسانی (سهوی یا عمدی) می‌باشد [۲۸]. تشخیص زودهنگام آتش‌سوزی، امکان مهار آتش را چند برابر می‌کند. استفاده از پهپادها برای پایش دوره‌ای جنگل‌ها با هدف تشخیص سریع چنین خطراتی می‌تواند در کاهش خسارات جبران‌ناپذیر سوختن جنگل‌ها و همچنین کاهش هزینه نیروی انسانی برای پایش جنگل مؤثر باشد.

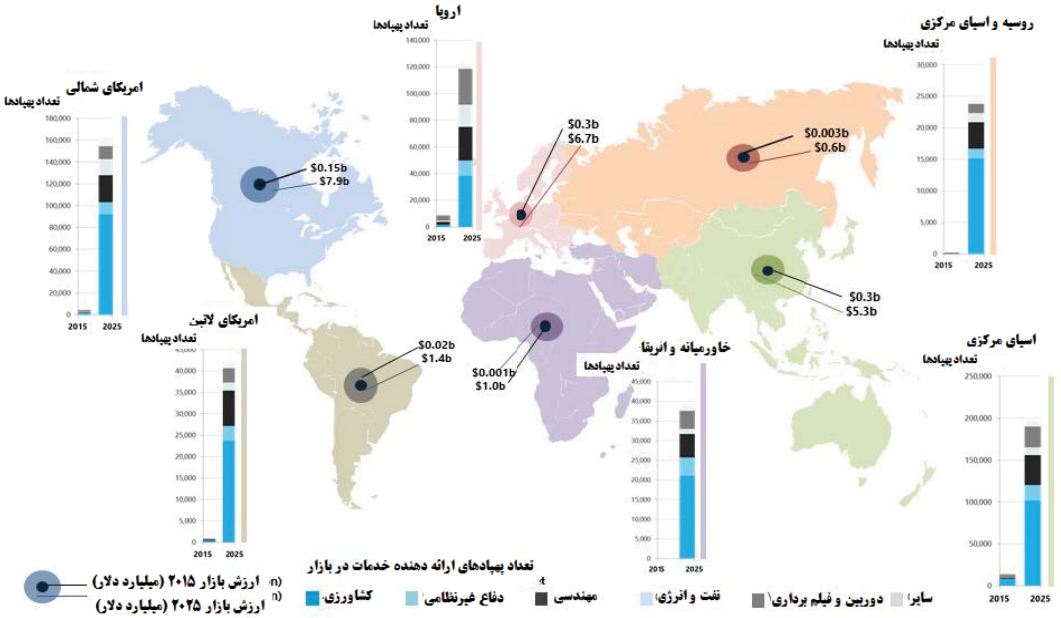
حدود ۲۰ درصد سطح کشور را بیابان‌ها تشکیل می‌دهد. اراضی بیابانی به محافظت ویژه‌ای نیاز ندارند، اما زیرساخت‌های برق، نفت، گاز و غیره توسعه یافته در آن نیازمند پایش و مراقبت هستند و با توجه به نامناسب بودن شرایط آب و هوایی در این مناطق انجام پایش‌های دوره‌ای امری هزینه‌بر و برای نیروی انسانی دشوار است. همچنین، عرصهٔ حوزه‌های آبخیزداری حدود ۱۲۵ میلیون هکتار از مساحت کل کشور را در برمی‌گیرد. خطوط ساحلی کشور به طول ۲۷۰۰ کیلومتر می‌باشد که در هر دو حوزهٔ پایش‌های دوره‌ای برای رصد تغییرات محیطی با استفاده از پهپادها می‌تواند بسیار مفید باشد [۲۹]. یکی دیگر از منابع طبیعی موجود در کشور معادن است. ایران با داشتن ۶۸ نوع ماده معدنی و ۳۷ بیلیون تن ذخایر کشف شده و ۵۷ بیلیون تن ذخایر بالقوه در میان ۱۵ کشور برتر معدنی جهان قرار دارد. پهپادها به دلیل ابعاد کوچک و قابلیت پرواز در فضاهای بسته می‌تواند برای پایش‌ها و ارزیابی‌های اولیه در معادن نیز استفاده شود.

دسته دیگر کاربردها، در حوزهٔ پایش خطوط لوله و نیرو می‌باشد. ایران دومین کشور در حوزهٔ ذخایر گازی و چهارمین کشور در حوزهٔ ذخایر نفتی است. امروزه طول خطوط لوله نفت و گاز و محصولات آنها امروزه به حدود ۳۶,۵۱۰ کیلومتر رسیده است. طول خطوط نیروی کشور در سال ۹۵ به حدود ۲۱ هزار کیلومتر رسیده است. این آمارها نشان‌دهنده میزان نیاز کشور به انجام پایش‌های دوره‌ای در حوزه‌های مختلف است که می‌تواند بیان‌گر نیاز کشور به توسعهٔ پهپادها باشد. گذشت زمان و افزایش عمر این زیرساخت‌ها بر لزوم پایش‌های دوره‌ای برای اطمینان از صحت عملکرد آنها و جلوگیری از وقوع حوادث ناگوار تأکید دارد.

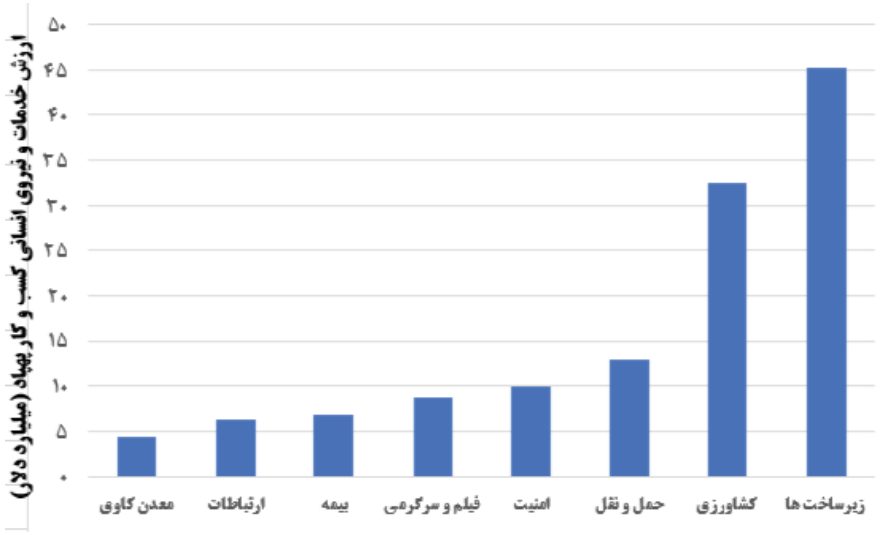
نگاه دیگری که می‌توان به فناوری پهپاد داشت، حوزه فروش کالا و ارائه خدمات در سطح بین‌المللی است. نمودار منتشر شده در خصوص بازار پهپادها در سال ۲۰۱۵ و پیش‌بینی رشد آن تا سال ۲۰۲۵ (شکل () نشان می‌دهد منطقه خاورمیانه بیشترین رشد را میان قاره‌های دیگر تجربه خواهد کرد. این بازار با برنامه‌ریزی صحیح می‌تواند فرصت خوبی برای ارائه خدمات در سطح بین‌المللی در کشور فراهم نماید. در شکل **۷** توزیع ارزش بازار میان شش کاربرد کشاورزی، حفاظت مدنی، مهندسی، نفت و انرژی، فیلم‌برداری و سینما و سایر کاربردها نشان می‌دهد که در تمام قاره‌ها به جز قاره اروپا، استفاده از پهپادها در کشاورزی بخش عمدهٔ (بیش از ۵۰ درصد) ارزش بازار را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به این که کاربردهای کشاورزی حوزه‌ای کاملاً غیرمحرمانه است و هیچ قید و محدودیت امنیتی برای آن مطرح نیست، می‌توان گفت امکان ارائه خدمات در سطح بین‌المللی نیز به خوبی برای پهپادها فراهم است. به عبارت بهتر بازار پهپادها، بازاری جهانی است که در حوزه‌های مختلف کاربردی می‌توان به صورت ملی یا بین‌المللی در آن فعالیت نمود. این امر فرصت‌های بیشتری برای توسعهٔ کسب و کار و افزایش درآمد در اختیار تولیدکنندگان پهپاد قرار می‌دهد. در حال حاضر، بازار آمریکای شمالی بزرگترین بازار

منطقه‌ای می‌باشد. اما آسیا در حال رشد با نرخ بیشتری است و انتظار می‌رود تا انتهای ۲۰۱۹ از بازار آمریکا پیشی بگیرد (شکل ()) که نشان دهنده شرایط مناسب برای بسترسازی و ورود به این حوزه می‌باشد.

فرصت دیگری که دولت‌ها را ترغیب می‌کند تا بستر مناسب برای بهره‌برداری از پهپادها را فراهم نماید، ایجاد اشتغال برای متخصصین و حفظ آنها به عنوان یکی از سرمایه‌های انسانی کشور می‌باشد (شکل ()). یکی از مشکلاتی که امروزه جوامع مختلف با آن روبه‌رو هستند و توسعهٔ فناوری‌های نوین می‌تواند اثر مهمی در حل آن داشته باشد، تغییر در نوع نیروی کار است. بدین ترتیب با توسعهٔ این فناوری می‌توان میان نیروی کار تحصیل‌کرده و نیاز بازار، ارتباطی مؤثر ایجاد نمود.

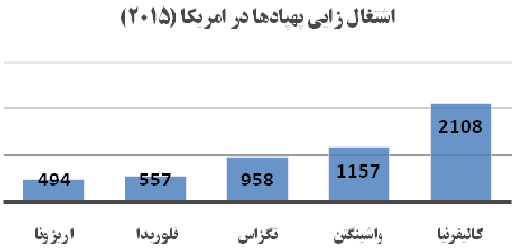


شکل (۷): ارزش بازار پهپادها در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۵ به تفکیک قاره‌ای [۳۰].



شکل (۸): توزیع ارزش کاری پیش‌بینی‌شده پهپادها در صنایع مختلف [۲۷].

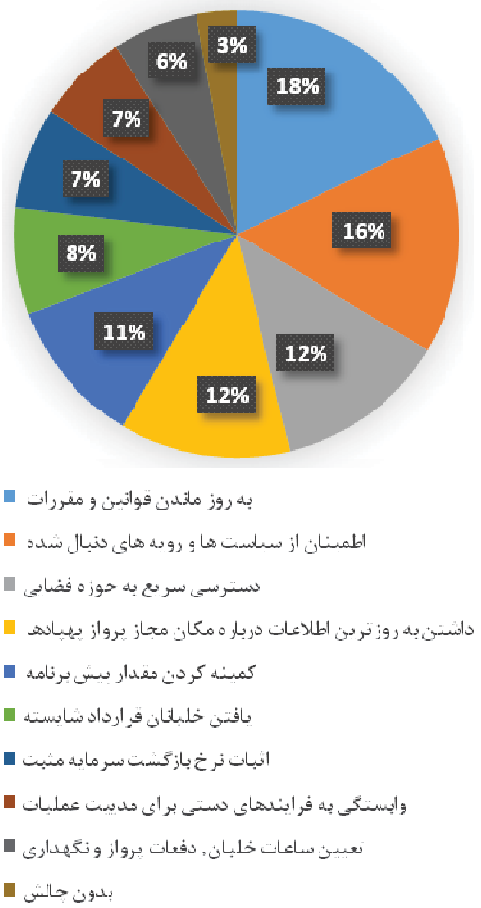
بررسی میزان اشتغال‌زایی فناوری پهپاد نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۵ حدود ۸۹ شرکت تولیدکنندهٔ پهپاد از انواع مختلف سرگرمی و تجاری در آمریکا وجود داشته است. براساس تحقیقات انجام شده، این شرکت‌ها حدود ۸,۳۰۰ نفر را استخدام نموده‌اند. پیش‌بینی آی بی آی اس ورد[۲۸] نشان می‌دهد که بازار این فناوری در آمریکا تا سال ۲۰۲۰ به حدود ۴/۳ میلیارد دلار با حدود ۱۰,۰۰۰ شغل می‌رسد که نشان‌دهندهٔ میزان اشتغال‌زایی بالای پهپادها است. شغل‌های مستقیم ایجاد شده در اثر توسعهٔ پهپادها در کشور آمریکا در شکل **۹شکل (** نشان داده شده است. گروه تیل[۲۹] نیز پیش‌بینی می‌کند تولید پهپاد در سطح جهانی از میزان ۴ میلیارد در سال ۲۰۱۵ به حدود ۱۴ میلیارد در سال ۲۰۱۵ برسد.



شکل (۹): اشتغال‌زایی پهپادها در ایالات مختلف کشور آمریکا [۳۱].

۶- چالش‌های توسعهٔ بهره‌برداری از پهپادها در ایران

چالش‌های پیش روی بهره‌برداری از پهپادها در ایران را می‌توان در چهار حوزه اصلی مورد بررسی قرار داد. توسعهٔ مدیریت ترافیک پهپادها، تدوین قوانین و مقررات حقوقی برای بهره‌برداری از آنها، ارتقای فناوری‌های لازم برای توسعهٔ پهپادها منطبق بر مقررات مدیریت ترافیک هوایی و قوانین حقوقی و مقررات مدیریت ترافیک تبیین شده است. همچنین، توسعهٔ زیرساخت‌های فیزیکی برای عملیاتی نمودن قوانین و بهره‌برداری از پهپادها چهار محور اصلی چالش‌هایی هستند که کشورها برای استفاده از این فناوری با آن روبه‌رو هستند. در تحقیقی که از سوی شرکت نرم‌افزاری اسکای وارد[۳۰] انجام شده، چالش‌های استفاده از پهپادها را از دیدگاه کاربران بررسی نموده که در آن به روز شدن با قوانین و مقررات، اطمینان از اجرایی نمودن آیین‌نامه‌ها و رویه‌های داخلی، دسترسی سریع به کنترلر هوایی و دسترسی به مناطق پروازی مجاز به ترتیب با ۱۸، ۱۶، ۱۲ و ۱۲ درصد از مهمترین چالش‌ها بوده‌اند (شکل **۱۰**) [۳۲].

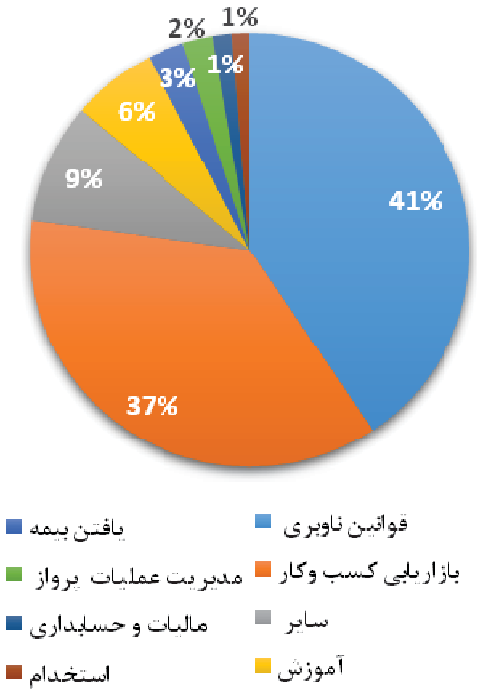


شکل (۱۰): چالش‌های موجود در توسعهٔ کسب و کارهای پهپادی [۳۲].

این شرکت در تحقیقی دیگر که با حضور فعالان این حوزه انجام داد، فقدان قوانین و مقررات ناوبری و عدم بازاریابی مناسب کسب و کار را به ترتیب با ۴۱ و ۳۷ درصد از مهمترین چالش‌های پیش روی توسعه‌دهندگان این فناوری مطرح نمود (شکل **۱۱**) [۳۲]. در ایران تولیدکنندگان اصلی پهپادها دو شرکت دولتی اصلی قدس و هسا هستند [۳۳] و شرکت‌های خصوصی در مقایسه با آنها نقش کمی ایفا می‌کنند. در حقیقت چالش‌های مطرح شده باعث قادر نبودن شرکت‌های خصوصی به مشارکت جدی در این حوزه شده و خدمات کافی برای تأمین هزینه‌های خود را ارائه نمایند. از این‌رو، طراحی و ساخت آنها در کشور بسیار محدود بوده است. به نظر می‌رسد با حل مشکل کاربران و توسعهٔ بهره‌برداری از پهپادها، یکی از مشکلات مهم

28. IBISWorld
29. Teal Group
30. Skyward

تولیدکنندگان نیز برطرف خواهد شد. با توجه به چالش‌های تعیین شده، در ادامه جزئیات بیشتری از آنها بررسی می‌شود.



شکل (۱۱): چالش‌های موجود در بهره‌برداری از پهپادها [۳۴].

۶-۱- قوانین و مقررات پهپادها

توسعهٔ فناوری‌های نوین، لزوم تدوین قوانین و مقررات جدید برای نظم‌دهی به فعالیت‌ها و تعیین حدود حقوق، وظایف و مسئولیت‌ها اعم از سازنده و بهره‌بردار و حقوق اشخاص ثالث را به همراه دارد. با طی شدن چرخهٔ عمر فناوری و بلوغ بیشتر محصول تولید شده، ابعاد گوناگون آن شناخته شده و تدوین قوانین و مقررات مناسب برای بهره‌برداری صحیح از فناوری، بدون آسیب رساندن یا تجاوز به حریم شخصی دیگران به خوبی نمایان می‌شود. اما تدوین قانونی جامع برای فناوری‌های جدید به دلیل عدم آگاهی از جوانب مختلف آن امری مشکل بوده و به مرور زمان و با ایجاد شناخت بیشتر، کامل‌تر می‌شود. در برخی موارد نیز فناوری به دلیل وجود ویژگی‌ها و قابلیت‌های ویژه، نگرانی‌هایی در بخش عمومی و دولتی جامعه ایجاد می‌نماید که مانع توسعهٔ سریع آن می‌شود. در خصوص پهپادها، علاوه بر ناشناخته بودن فناوری، عوامل بیرونی از جمله نگرانی‌های شخصی افراد و سازمان‌های حقوقی و امنیتی، روند رشد این فناوری را کند نموده است. پهپادها از جمله فناوری‌هایی هستند که به دلیل ویژگی‌هایی از جمله ابعاد کوچک و آسانی پرواز در مناطق مختلف (در حریم خصوصی و مناطق ممنوعه کشوری)، امکان تصویربرداری و قابلیت انجام عملیات انفجاری، نگرانی‌ها را در سطح عمومی و دولتی افزایش داده و رشد آنها با فشار نیروهای بیرونی به کندی انجام می‌شود. اما مزایای بسیار پهپادها که پیش‌تر به آن اشاره شد، دولت‌ها را بر آن داشته تا قوانین حقوقی را برای بهره‌برداری از پهپادها تدوین نمایند.

وجود قوانین و مقررات و استانداردهای ایمنی و امنیتی در بخش هواپیمایی کشوری به خوبی در نود سال گذشته تکمیل و تدوین شده است. ازآنجاکه هواپیمای کشوری وسیلهٔ نقلیه پروازی است که با توجه به سرعت و فناوری بالا به راحتی می‌تواند از مرزها گذر کند، بنابراین دولت‌ها برای حفظ حاکمیت بر محدودهٔ هوایی کشور خواستار وضع قوانینی برای محدودیت‌های پروازی شدند. همچنین، جامعهٔ بین‌الملل به منظور حفظ و تثبیت ایمنی هوایی، اقدام به تدوین قوانین، مقررات و استانداردهای یکنواخت در زمینهٔ هوانوردی نمود. کنوانسیون شیکاگو در سال ۱۹۴۴ در خصوص هواپیمایی بین‌المللی کشوری و ضمایم آن که شامل استانداردهای ایمنی در زمینه‌های مختلف اعم از مراقبت پرواز، ارتباطات، ناوبری، مدیریت ترافیک هوایی و زیرساخت‌های لازم جهت بهره‌برداری از هواپیما مثل فرودگاه‌ها بود، را به تصویب رساند. پیروی همه کشورها از این قوانین یکپارچگی مود نیاز را برای مدیریت حوزهٔ هوایی فراهم نموده است، اما اعمال این قوانین بر پهپادها با توجه به وجود فناوری‌های جدیدی در آن در بسیاری موارد امکان‌پذیر نیست.

هر چند سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی (ایکائو) [۳۱] در سال‌های اخیر درصدد اصلاح برخی ضمایم کنوانسیون شیکاگو مانند ضمیمه شماره ۶ (در ارتباط با بهره‌برداری از هواپیمایی کشوری) و همچنین تدوین شیوه‌نامه‌های مختلفی برای بهره‌برداری ایمن پهپادها می‌باشد، اما کشورها به منظور تنظیم فعالیت پهپادها اقدام به تدوین قوانین ملی خود نموده‌اند. مهم‌ترین جنبه‌هایی که برای بهره‌برداری از پهپادها مهم است مربوط به ایمنی، امنیت، مسئولیت و نهایتاً حفظ حریم خصوصی افراد می‌باشد. ایران نیز در سال‌های اخیر با توجه به افزایش بهره‌برداری از پهپادهای غیر نظامی در سطح کشور، حساس شده است. از این‌رو، علاوه بر تدوین آیین‌نامهٔ استفاده از هواپیماهای فوق سبک توسط سازمان هواپیمایی کشور، اقدام به تدوین

31. International Civil Aviation Organization (ICAO)

شیوه‌نامه بهره‌برداری از پهپادهای غیر نظامی نموده است. همچنین، در این راستا سامانهٔ بهره‌برداری از پهپادهای غیر نظامی را ایجاد کرده است تا بر ثبت و بهره‌برداری این نوع هواپیماها نظارت داشته باشد.

علیرغم اقداماتی که تاکنون در خصوص تهیه مقررات برای تنظیم فعالیت‌های پهپادهای غیر نظامی صورت گرفته است، اما این مقررات جامع و مانع نیستند و در تدوین آنها به جنبه‌های مختلفِ مسئولیت، حریم خصوصی و تأمین امنیت هوافضای کشور توجه نشده است. بنابراین، برای این که بتوان از این فناوری جدید در حوزه‌های مختلف اعم از کشاورزی، صنایع و غیره به خوبی بهره‌مند شد، باید تمام جوانب حقوقی آن بررسی و مقررات لازم تهیه و تصویب شود.

۶-۲- مدیریت ترافیک پهپادها

دومین چالش موجود بر سر راه توسعهٔ پهپادها، فقدان مدیریت ترافیک آنها است. تا پیش از جنگ جهانی دوم به دلیل کمی استفاده از هواپیماها، در هواپیمایی مرسوم مدیریت ترافیک هوایی اهمیتی نداشت. اما به مرور با پیشرفت فناوری، پراکندگی جمعیت، افزایش تعاملات و افزایش اهمیت زمان در جابه‌جایی‌ها، استفاده از هواپیما در حمل و نقل توسعه یافت. افزایش حجم پروازها در دههٔ ۱۹۴۰ موجب افزایش خطر برخورد میان هواپیماها شد. این امر زمینه‌ساز توسعه و بهبود روش‌های مدیریت ترافیک هوایی شد. امروزه تمام کشورها مدیریت ترافیک هوایی خود را تحت نظام حقوقی ارائه شده توسط ایکائو انجام می‌دهند. استانداردهای بین‌المللی یکنواخت لازم در ضمیمه‌های شماره ۹، ۱۰ و ۱۱ کنوانسیون شیکاگو بیان شده است.

مشابه روندی که در هوانوردی مرسوم برای رسیدن به لزوم مدیریت ترافیک هوایی، زیرساخت‌ها و قوانین لازم برای آن طی شد برای توسعهٔ پهپادها نیز پیش‌بینی می‌شود. در ابتدای بهره‌برداری از پهپادها، استفاده از آنها بدون قوانین ترافیک هوایی ممکن خواهد بود، اما به مرور زمان با توسعه کاربردهای مختلف و تنوع پهپادها، آنها نیز روندی مشابه هواپیماهای مرسوم طی می‌نمایند و در آینده‌ای نه چندان دور با حجم انبوهی از پهپادها در بالای سر شهرها روبه‌رو خواهیم بود. بنابراین، درستی عملیات و حفظ ایمنی آنها نیازمند وجود مدیریت ترافیک هوایی است. تدوین قوانین مرتبط و توسعهٔ چنین سیستم مدیریتی، با توجه به ابعاد کوچک و حجم بالای ترافیک به ویژه در مناطق شهری با محدودیت‌ها و سختی‌های بسیار بیشتری نسبت به مدیریت هوانوردی معمول روبه‌رو است.

برای پیاده‌سازی مدیریت ترافیک پهپادها، پروژه‌های متعددی در کشورهای مختلف تعریف شده است. به عنوان نمونه، ناسا تست‌های اولیه‌ای را در سایت‌های تست و مناطق روستایی برنامه‌ریزی کرده است که در آنها پنج محور اصلی شامل مفاهیم عملیات پهپادها، نحوهٔ تبادل داده و اطلاعات، تشخیص و اجتناب [۳۲]، ناوبری و قوانین لازم برای مدیریت ترافیک پهپادها برای ایجادِ امکانِ بهره‌برداری از آنها در اهداف عمومی و شهری دنبال می‌شود. نتایج به دست آمده از این تست‌ها به عنوان نخستین گام در سال ۲۰۲۰ به اجرا گذاشته می‌شود. از سوی دیگر، آژانس فضایی اروپا نیز گام‌های ابتدایی را برای مدیریت کارآمد ترافیک پهپادها برداشته و براساس زمان‌بندی اعلام شده تا سال ۲۰۲۰ امکان بهره‌برداری از پهپادها را در برخی دسته‌های مشخص فراهم خواهد نمود. کشورهایی از جمله آمریکا، انگلیس، اتریش، استرالیا، قطر و غیره، دسته‌بندی‌ها و نسخهٔ اولیه قوانین تدوین شده را برای بهره‌برداری از پهپادها اعلام نموده‌اند. در ادامه نیازهای توسعهٔ مدیریت ترافیک و دسته‌بندی‌های موجود در این حوزه ارائه می‌شود.

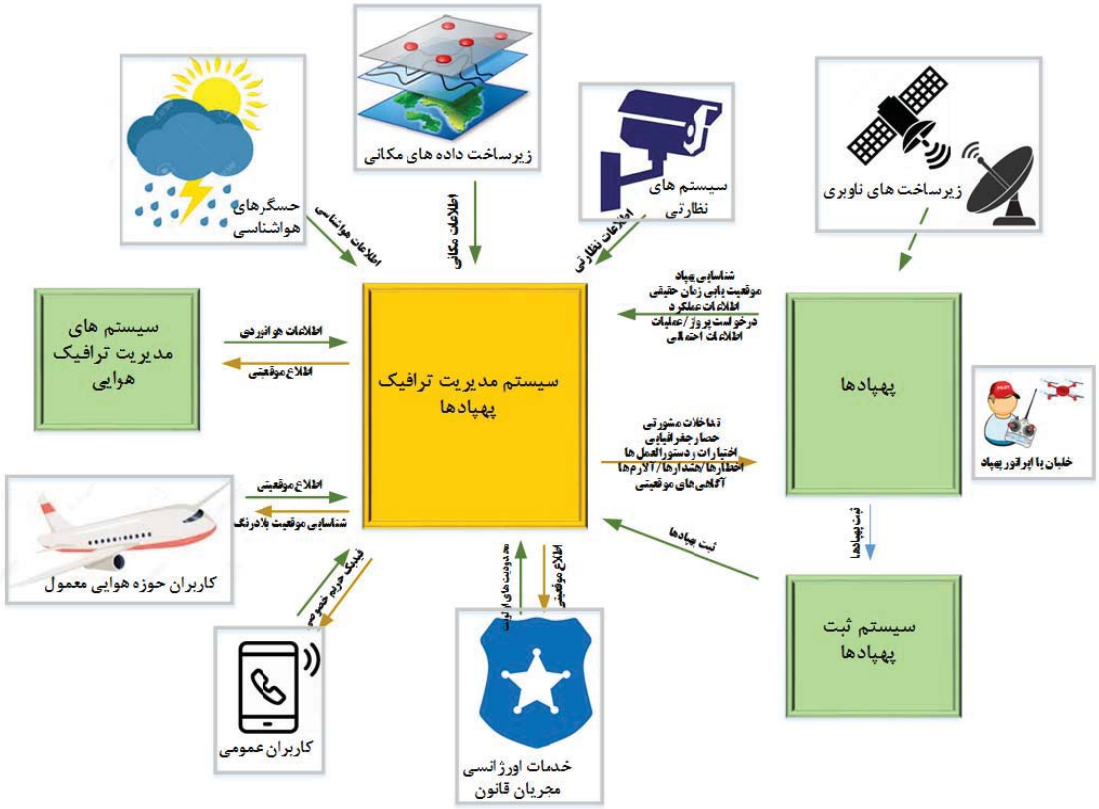
ایدهٔ مدیریت ترافیک پهپاد نخستین بار در سال ۲۰۱۳ از سوی ناسا مطرح و در کارگاه ارتباط با صنعت ناسا در سال ۲۰۱۴ ارائه شد. مدیریت ترافیک هوایی پهپادها به عنوان یک مدیریت مستقل تعریف می‌شود که بر عملکرد پهپادهای کوچک در ارتفاع پروازی کم، غالباً در حوزه‌های هوایی کنترل نشده، داخل یا اطراف حوزهٔ فضایی کنترل شده، نظارت می‌کند. بر اساس ضمیمه ۱۱ ایکائو حوزهٔ هوایی به هفت کلاس A، B، C، D، E، F و G تقسیم می‌شود [۳۵]. در حوزهٔ هوایی کنترل نشده که به عنوان کلاس G شناخته می‌شود، عملیات هوایی خارج از محدودهٔ عملیات کنترل شده می‌باشد و هیچ ارتباطی با ترافیک هوایی کنترل شده ندارد. از این‌رو، این حوزه می‌تواند به صورت مشترک با کاربران دیگر مانند هواپیمای هوانوردی عمومی، هلی‌کوپترها، گلایدرها، بالن‌ها، چتربازان و پهپادها مورد استفاده قرار گیرد. براساس استاندارد ایکائو، تمام پروازهای ابزاری [۳۳] و دیداری [۳۴] اجازه وارد شدن به این حوزه را دارند و در صورت درخواست، اطلاعات پروازی در اختیار آنها گذاشته خواهد شد. اختصاص این کلاس به هوانوردی عمومی با توجه به ویژگی‌های این

32. Sense and Avoid (SAA)
33. Instrument Flight Rule (IFR)
34. Visual Flight Rule (VFR)

کلاس و عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته ناوبری و کمک ناوبری و ارائهٔ حداقلی خدمات ترافیک هوایی در حد اطلاعات صرف موجب می‌شود تا علیرغم افزایش تعداد پروازها در این حوزه، حجم کاری کنترل پروازها و ارائهٔ سرویس ترافیک هوایی افزایش چندانی نیابد. ضمن آن که از ورود هواپیماهای کم سرعت به کلاس‌های A، B، C و D جلوگیری می‌نماید، بار ترافیکی موجود نیز در تمام فضاهای قابل پرواز تقسیم می‌شود.

مفهومِ مدیریت ترافیک پهپاد، همهٔ انواع عملیات پهپادها را در حوزه هوایی خیلی سطح پایین (کلاس G) پوشش داده و مسافت‌یابی را برای سیستم‌های هواپیمایی بدونِ سرنشینِ ساده تا عملیات خودکارِ پیچیده انجام می‌دهد. در حقیقت مدیریت ترافیک پهپادها را می‌توان به صورت همکاری سیستمی میان مشتریان و سیستم‌های فنی با تعاملات خاص و براساس قوانین خاص (برای جدایش ایمن هواپیماهای بدون سرنشین بین خودشان و از دیگر کاربران مدیریت ترافیک هوایی (در سطوح پایین)) با هدف ایجاد جریان ترافیک کارآ و منظم تعریف نمود. معماری‌ها و مفاهیم عملیات متعددی برای این مدیریت در مقالات ارائه شده است [۴۰-۳۶]. طراحی مدیریت ترافیک پهپاد با رویکرد به اشتراک‌گذاری و تبادل لایه‌های اطلاعات، از اپراتور به اپراتور، از وسیله به وسیله و از اپراتور به سازمان هوانوردی آمریکا به گونه‌ای پیش‌بینی شده که ایمنی مورد نیاز برای عملیات تأمین شود. اپراتورها مقصد پرواز را با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند و برای عدم تداخل و جداکردن ایمن مسیرها، با یکدیگر هماهنگی می‌کنند.

پیاده‌سازی مدیریت ترافیک پهپادها نیازمند تعریف معماری سیستم می‌باشد. معماری سیستم، مدلی مفهومی است که ساختار و رفتار سیستم را توصیف می‌کند. در این مدل زیرسیستم‌ها و مجموعه‌های اصلی شکل‌دهندهٔ سیستم نمایش داده می‌شوند. نمای کلی معماری مدیریت ترافیک پهپاد در شکل **۱۲** نشان داده شده است. این ساختار پیشنهادی، یک ساختار کلی بوده و هر کشوری می‌تواند براساس زیرساخت‌های موجود، نیازمندی‌ها و سایر موارد، این ساختار را برای خود تکمیل یا اصلاح نماید.



شکل (۱۲): زیرسیستم‌های اثرگذار در معماری ترافیک پهپادها [۴۱].

ساختار پیشنهادی را می‌توان به سه دسته زیرساخت‌های فنی، سیستم‌های اصلی و ذی‌نفعان تقسیم نمود. زیرساخت‌های فنی عبارتند از:

- زیرساخت‌های ارتباطی: خدمات حمایت از مدیریت ترافیک پهپادها را برای اطمینان از تبادل داده میان سیستم‌ها فراهم می‌نماید،
- زیرساخت‌های ناوبری: عملکرد لازم در ناوبری و هدایت پهپادها را فراهم می‌کند. ماهواره‌ها، سیستم‌های تقویت ماهواره‌ای/زمینی، شبکه‌های تلفن همراه سلولی و غیره از جمله این زیرساخت‌ها هستند،
- زیرساخت‌های نظارتی: زیرساخت‌های نظارتی با استفاده از فناوری‌های مختلف، اطلاعات برای ترافیک مشارکتی و غیر مشارکتی، گزارش‌های نظارتی و اطلاعات رهگیری پهپادها برای ایجاد آگاهی وضعیتی کامل از موقعیت پهپادها را فراهم می‌کنند. به غیر از رادارها، فناوری نظارت چند جانبه گسترده[35]، چندجانبه[36]، ADS-B[37] منابع دیگر از جمله شبکه ارتباطی تلفن همراه[38]، اینترنت اشیاء[39]، ارتباطات با حوزه میدانی نزدیک[40] و شبکهٔ اینترنت اشیا با محدوده وسیع[41] را می‌توان به عنوان سایر منابع نظارتی بیان نمود،
- زیرساخت‌های داده فضایی: این زیرساخت، داده جغرافیایی با سطوح لازم از جزئیات را برای حمایت از مدیریت ترافیک هوایی فراهم می‌نماید و
- زیرساخت‌های هواشناسی: این زیرساخت، داده‌ها را با سطحی از جزئیات فراهم می‌کند که برای حمایت از مدیریت ترافیک هوایی لازم می‌باشد.

دومین دسته سیستم‌های اصلی هستند که شامل سه زیرسیستم پهپاد، ثبت و مدیریت ترافیک آن می‌باشد. در زیرسیستم پهپاد الزامات پهپادها تعیین می‌شود. بر این اساس، پهپادهایی اجازه پرواز در این سیستم را دارند که الزامات فنی خواسته شده شامل قابلیت هدایت و ناوبری، رعایت محدوده‌های جغرافیایی مجازی تعیین شده[8]، نظارت مشارکتی، آشکارسازی و دوری از موانع[9]، اتمام مأموریت برای کاهش ریسک و کنترل و پایش برای رهگیری عملیات را داشته باشند.

زیرسیستم ثبت پهپاد، پایگاه اطلاعات به اشتراک‌گذاری شده‌ای از خلبانان و اپراتورهای ثبت‌نام کرده را ایجاد می‌نماید. زیرسیستم مدیریت ترافیک نیز مدیریت حوزهٔ هوایی، مدیریت جریان ترافیک پهپاد، کنترل سیستم‌ها و هسته مرکزی مدیریت ترافیک پهپاد را بر عهده دارد که درخواست‌ها را جمع‌آوری، تعادل میان تقاضا و ظرفیت را مدیریت و براساس آن مجوزها، دستورالعمل‌ها و اطلاعیه‌های لازم را صادر می‌کند. این زیرسیستم خود از بخش‌های متعددی شامل شناسایی، مدیریت عملیات پرواز، صدور مجوز، تعیین کریدورهای هوایی، رهگیری و نظارت بر پهپادها، اطلاعات هواشناسی، مدیریت احتمالات و ضبط و بازخوانی مسیرهای حرکتی تشکیل شده که به آن امکان ایجاد پوشش کامل از شبکه حرکت پهپادها و هدایت آنها در مسیر درست برای جلوگیری از برخورد را ایجاد می‌نماید.

زیرسیستم ذی‌نفعان شامل تمام افراد یا سازمان‌هایی است که به نحوی با سیستم در ارتباط هستند. هر سازمانی که در حیطه مسئولیت خود مجاز باشد الزاماتی را برای حرکت پهپادها وضع نماید، در شمار ذی‌نفعان قرار می‌گیرد. همچنین، تمام افراد اثرگذار بر سیستم مانند اپراتور سیستم یا پهپاد نیز در این دسته قرار می‌گیرند. در حقیقت برای پیاده‌سازی مدیریت ترافیک پهپاد باید بتوانیم تک تک مجموعه‌های بیان شده در هر یک از زیرسیستم‌های نشان داده شده در معماری سیستم را پیاده‌سازی نماییم تا با یکپارچه‌سازی آن سیستم جامع مدیریت ترافیک پهپاد حاصل شود.

فقدان مدیریت ترافیک پهپادها در کشور، بهره‌برداران را در شرایط نامطلوبی قرار داده است. از یک سو، ایمنی پروازها با خطر روبه‌رو است و از سوی دیگر، مقامات امنیتی به منظور تأمین امنیت هوایی، ملزم به تحمیل شرایط سختگیرانه برای بهره‌برداری از پهپادها هستند. بنابراین، ایران نیز مانند سایر کشورها برای بهره‌برداری از پهپادها باید مدیریت ترافیک پهپادها را در کشور تعریف و پیاده‌سازی نماید تا کاربران و در کنار آن تولیدکنندگان بتوانند در شرایطی مطمئن و ایمن از این فناوری و مزایای آن بهره‌مند شوند.

۶-۳- توسعهٔ فناوری‌های مورد نیاز

سومین چالش مهم در توسعهٔ بهره‌برداری از پهپادها نداشتن فناوری‌های نوینی است که براساس استانداردهای ایمنی و برای پیاده‌سازی مدیریت ترافیک پهپادها باید توسعه یابند. از جمله این فناوری‌ها می‌توان به فناوری SAA، ADS-B، تکنولوژی

35. WAN: Wide Area Multi-lateration
36. MLAT: Multi-lateration
37. Automatic Dependant Surveillance Broadcast
38. Mobile Telecomm Network
39. IOT: Internet of Thing
40. NFC: Near Field Communication
42. LoRa: Long Range
43. Geofencing
44. Detection and Avoidance

نشست/برخاست [۴۵]، مدیریت توان و سیستم UAT[۴۶] (یک فرستنده-گیرنده برای ارسال و دریافت اطلاعات دیجیتال با دسترسی جهانی است که برای همه حوزه‌های هوایی به جز کلاس A به کار می‌رود با فرکانس ۹۷۸ MHz) اشاره کرد. از جمله دیگر فناوری‌های مهم در پهپادها شبکهٔ سنسور برای بهبود عملکرد ناوبری است [۴۲]. سنسورهای اینرسی اغلب به دلیل نحوه بایاس، دریفت و نویز دارای خطای ناوبری هستند و نیاز به داده‌های بیرونی درباره موقعیت خود دارد تا بتواند این خطا را کاهش دهد. استفاده از شبکه سنسورهای یکپارچه به عنوان منبع اصلی در جمع‌آوری داده مورد نیاز و ارائه الگوریتم‌ها برای جلوگیری از خطای ناوبری، یکی دیگر از فناوری‌های مهم برای توسعه بهره‌برداری از پهپادها است. بخش دیگری از توسعهٔ پهپادها، ارتقاء سطح فنی آنها به منظور استفاده از آنها در یک کاربرد خاص است. با افزایش بهره‌برداری از پهپادها در کاربردهای خاص، توسعهٔ آنها به صورت تخصصی و بر اساس نیاز کاربر انجام می‌شود.

دستهٔ دیگر فناوری‌های نظارتی هستند که از آن جمله می‌توان به سه سیستم بازیابی سلامت پایه، بازیابی محتمل مأموریت و اتمام پرواز اشاره نمود [۴۳]. سیستم‌های بازیابی سلامت پایه [۴۷]، وقوع خطا [۴۸] و نقص [۴۹] در سیستم‌هایی که هنوز به مرز بحران نرسیده‌اند را شناسایی نموده و با استفاده از مجموعهٔ کنترل وسیله، خطا یا نقص را مدیریت نموده و امکان ادامه مأموریتِ وسیله را فراهم می‌کند. سیستم‌های تشخیص خطا، شناسایی و بازیابی از جمله نمونه‌های معمولِ فناوری کنترل برای بازیابی سلامت پایه هستند. افزونگی [۵۰] و طراحی سیستم‌های دارای افزونه، رویکرد دیگری برای پیاده‌سازی سیستم‌های دارای بازیابی سلامت محور است. با داشتن افزونگی کافی در صورت عدم اختلال در کارکرد مجموعه‌ای، سیستم کنترل می‌تواند مجموعه پشتیبان را وارد سیستم کرده و به عملکرد نامی خود ادامه دهد. بازیابی محتمل مأموریت [۵۱] یکی دیگر از روش‌های بازیابی است. زمانی که خطایی در سیستم یا مجموعه رخ می‌دهد، هواپیما/پهپاد از مأموریت حال حاضر خود به یکی از چند حالت ممکن بازیابی اضطراری تغییر حالت می‌دهد. در این‌روش، برخلاف فناوری‌های بازیابی سلامت پایه، وسیله سعی نمی‌کند با موقعیت تطبیق یابد بلکه مسیر پرواز خود را تغییر داده تا ریسک ناشی از خطا را کاهش یابد و هواپیما/پهپاد را به صورت ایمن بازیابی کند.

زیرسیستم اتمام پرواز [۵۲] به عنوان آخرین راه حل برای فرود آوردن سریع هواپیما/پهپاد و حفظ ایمنی افراد یا جلوگیری از آسیب رساندن به اموال استفاده می‌شود. این سیستم توانایی اتمام پرواز به صورت کنترل شده را برای وسیله پرنده هوایی فراهم و از مجموعه‌های مختلفی شامل سیستم جدایش، سیستم رهایش چتر و سایر سیستم‌ها برای استفاده در اتمام پرواز استفاده کرده تا در صورت وقوع هر آسیبی در خلبان خودکار یا از دست رفتن لینک ارتباطاتی، سیستم همچنان توانایی اتمام پرواز و نشستن سالم پهپاد را داشته باشد. برای افزایش ایمنی پرواز، این نوع سیستم‌ها باید کاملاً مستقل باشند. به همین دلیل این سیستم لینک ارتباطی مخصوص به خود را دارد [۴۳].

دسته دیگر، سیستم‌هایی هستند که برای ایستگاه زمینی توسعه می‌یابند و نظارت بر عملکرد پهپادها را از ایستگاه زمینی بر عهده دارند. این سیستم‌ها به نام سیستم‌های ایمنی و امنیت [۵۳] و آگاهی پرواز [۵۴] شناخته می‌شوند. در حقیقت این زیرسیستم‌ها برای برآورده کردن استانداردهای ایمنی توسعه یافته‌اند که از زیرساخت‌های لازم برای توسعهٔ فناوری پهپادها هستند.

از دیدگاهی دیگر می‌توان چالش‌های فنی در طراحی و ساخت پهپادها را مورد بررسی قرار داد. امروزه پهپادها نیز مانند سایر تجهیزات الکتریکی، مکانیکی و فضایی (نانو ماهواره‌ها)، به سمت کوچکتر شدن حرکت می‌کنند. به نظر می‌رسد این کوچک‌سازی با هدف کاهش هزینه، آسانی انجام عملیات و به‌طور ویژه با هدف استفاده در کاربردهای مخصوص مانند مناطق زلزله‌زده (برای حرکت آسان پهپاد در آوارها و یافتن مصدومین)، معادن و مشاغلی که در اعماق زمین و یا حتی دریا هستند، انجام می‌شود. طراحی در این ابعاد با توجه به کوچک بودن عدد رینولدز دیگر تنها با مقیاس‌بندی پهپادهای بزرگ قابل حل نیست و مسائل متعددی در آن مطرح می‌شود که به عنوان چالش فنی در طراحی مینی پهپادها، مقالات متعددی برای آن ارائه شده است. عمده این چالش‌ها در حوزه طراحی ساختار، در ارتباط با طراحی بال پهپاد در انواع مختلف بال ثابت، چرخان و غیره می‌باشد [۴۶-۴۴]. از دیگر چالش‌های مطرح در توسعهٔ پهپادها، تأمین انرژی لازم برای پرواز است. تأمین توان برای تجهیزات امروزه به عنوان یکی از مسائل مهم مطرح می‌باشد. این مسئله در پهپادها که منبع تأمین توان را با خود حمل می‌کنند، به دلیل محدودیت‌های وزنی و همچنین تأثیر بر

45. Takeoff/Landing
46. Universal Access Transmitter
47. Health-Based Recovery
48. Failure
49. Fault
50. Redundancy
51. Mission Contingency Recovery
52. Flight Termination System
53. Safety and Security
54. Airspace Awareness

مداومت پروازی به عنوان عاملی مهم در افزایش قابلیت بهره‌برداری از آنها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باتری، پیل سوختی، سلول خورشیدی و لیزر از جمله روش‌هایی هستند که برای تأمین توان استفاده می‌شود. افزایش بازده هر یک از این روش‌ها به تنهایی یا استفاده از روش‌های ترکیبی برای تأمین توان که منجر به افزایش بازده کلی سیستم تأمین توان شود، به عنوان چالش‌های توسعه در این حوزه مطرح هستند [۴۷].

با توجه به مطرح شدن این چالش‌ها در سطح جهانی، ارائه راه حل برای آنها می‌تواند فرصتی مناسب برای توسعهٔ فعالیت شرکت‌های دانش بنیان در سطح ملی و بین‌المللی برای این حوزه باشد. البته باید توجه داشت که هنوز بستر جهانی لازم در حوزه‌های مختلف مدیریت ترافیک و تدوین قوانین حقوقی برای توسعهٔ پهپادها و همچنین استانداردهای فنی و ایمنی برای صدور مجوز پرواز پهپادها فراهم نشده است. این موضوع، مانع مهمی در راستای کاهش شیب رشد و توسعهٔ پهپادها در همه کشورها ایجاد نموده است. با تدوین قوانین و مقررات لازم و سیستم مدیریت ترافیک پهپادها در نظام بین‌الملل و همچنین در نظام ملی کشورها این توسعه می‌تواند با یک جهش روبه‌رو شود.

۷- نتیجه‌گیری

بررسی آمار و اطلاعات نشان می‌دهد پهپادها می‌توانند در حوزه‌های مختلف کاربردی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در این مقاله، نخست دیدگاه‌های مختلف مطرح برای دسته‌بندی پهپادها بررسی شد. از این میان، با توجه به تمرکز اصلی مقاله بر فرصت‌ها و چالش‌ها، کاربرد پهپادها به عنوان معیار دسته‌بندی در نظر گرفته شد. به این ترتیب مزایا و فرصت‌هایی که بهره‌برداری از این فناوری در هر کاربرد می‌تواند به همراه داشته باشد به همراه آمار جهانی و نمونه‌های عملی ارجاع شده در مقالات، مشخص شد. نتیجه مطالعات نشان داد در بسیاری از حوزه‌ها، این توسعه موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی، نیروی انسانی و زمانی در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم برای انجام کارها شده است. قرار دادن فرصت‌ها و مزایا پهپادها در اختیار سازمان‌ها و شرکت‌ها قرار می‌دهند موجب شده انواع مختلفی از پهپادها با قابلیت‌ها و توانایی‌های مختلف توسعه یافته و تقاضا برای بهره‌برداری از آنها افزایش یابد. البته این رشد، به دلیل چالش‌های موجود بر سر راه توسعهٔ پهپادها تاکنون با شتاب کندی روبه‌رو بوده است. اما پیش‌بینی‌های ارائه شده نشان داد که به مرور با تلاش دولت‌ها برای رفع مشکلات این رشد با شیب بیشتری همراه خواهد بود. فقدان سیستم مدیریت ترافیک پهپادها به عنوان یکی از چالش‌های مهم بر سر راه توسعه این فناوری، در کنار عوامل دیگر مانند عدم وجود سیستمی جامع از قوانین، مقررات و استانداردهای حاکم بر پهپادهای غیرنظامی، ضعف در توسعهٔ فناوری‌های مورد نیاز و زیرساخت‌های لازم برای بهره‌برداری از پهپادها در چارچوب‌های تعیین شده از جمله چالش‌هایی است که دولت‌ها در تلاش برای رفع آن هستند. نخستین گام برای رفع مهمترین چالش بر سر راه این توسعه پیاده‌سازی مدیریت ترافیک پهپادها است. تعریف معماری مدیریت ترافیک پهپادها و ارائه روش‌های مختلف برای پیاده‌سازی آن بسترساز این توسعه هستند. پیاده‌سازی این سیستم مشابه مدیریت ترافیک هوایی مرسوم نیازمند توسعه زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری است. در کارهای آینده می‌توان با بررسی دقیق معماری‌های مطرح شده، معماری مناسب برای حل چالش مدیریت ترافیک پهپادها و پیاده‌سازی آن در کشور را ارائه نمود.

۸- مراجع

[1] Bracken-Roche, C., Lyon, D., Mansour, M.J., Molnar, A., Saulnier, A., and Thompson, S., *Surveillance Drones: Privacy Implications of the Spread of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Canada*, (Report), Surveillance Studies Centre: Queen's University, Kingston, UK, 2014.

[2] Hassanalian, M. and Abdelkefi, A., "Classifications, Applications, and Design Challenges of Drones: A Review", Aerospace *Sciences*, Vol. 91, pp. 99-131, 2013.

[3] Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., and Zhou, T., "Classification of Unmanned Aerial Vehicles", *Report for Mechanical Engineering Class*, University of Adelaide, Adelaide, Australia, 2006.

[4] Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., and Sarazzi, D., "UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling–Current Status and Future Perspectives", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 38, No.1, pp. 22-33, 2011.

[5] Nex, F. and Remondino, F., "UAV for 3D Mapping Applications: A Review", *Applied Geomatics*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-15, 2014.

[6] Online Available at: "https: www.faasafety.gov/gslac/alc/course_content.aspx?cID=42andsID=505andpreview =true".

[7] Jiang, T., Geller, J., Ni, D., and Collura, J., "Unmanned Aircraft System Traffic Management: Concept of Operation and System Architecture", *International journal of Transportation Science and Technology*, Vol. 5, No. 3, pp. 123-135, 2016.

[8] Online Available at: "https://publicapps.caa.co.uk /docs/33/CAP%20722%20Sixth%20Edition%20March%202015 .pdf".

[9] Online Available at: https://www.trafikstyrelsen1 .dk/~/media/Dokumenter/08_Luftfart/Publikationer /Report %20 on %20civil%2 drones.pdf".

[10] Online Available at: "https://tractica.omdia.com/newsroom".

[11] Online Available at: "altigator.com/drone-uav-rpa-or-rpas".

[12] Aderhold, Jon R., G. Gordon, and G. W. Scott., Civil Uses of Remotely Piloted Aircraft, (Report), 1976.

[13] Wright, C., Rupani, S., Nichols, K., and Chandani, Y. (2018). "What Should You Deliver by Unmanned Aerial Systems", White Paper for JSI Research and Training Institute, Inc., and Llamasoft, 2018.

[14] Tatum, M.C. and Liu, J., "Unmanned Aircraft System Applications in Construction", *Procedia Engineering*, Vol. 196, pp. 167-175, 2017.

[15] Zhang, C., and Kovacs, J.M., "The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: a Review", *Precision Agriculture*, Vol. 13, No. 6, pp. 693-712, 2012.

[16] Restas, A., "Drone Applications for Supporting Disaster Management", *World Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 3, pp. 316-328, 2015.

[17] Online Available at: "http://www.pomsassoc.com/departments-transportation-using-drones-save-money-improve -safety".

[18] Online Available at: "http://www.fermis-project.eu/fermis".

[19] Online Available at: "https://www.ictworks.org/11-amazing-uses-of-drones-in-ict-for-agriculture /Wwu 7bO6FPcc".

[20] Green, D.R. and Gomez. C., "Small-scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping", Proceedings of the Marine and Coastal Environments Conference-San Diego, US, 1998.

[21] Online Available at: "https://www.geek.com /tech/intel-falcon-8-drones-find-new-calling-as-bridge-inspectors-1765341".

[22] Online Available at: "https://3dr.com /blog/drones-breaking-ground-bridge-inspection".

[23] Online Available at: "https://www.businessinsider.com".

[24] Sylvester, G., "E-agriculture in Action: Drones for Agriculture", Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union, Bangkok, 2018.

[25] Online Available at: "https://www.droneii.com/project/drone-investments-2019#2".

[26] Online Available at: "https://www.droneii.com/project/drone-market-report".

[27] Online Available at: "https://www.pulse.com.gh/bi/tech/commercial-unmanned-aerial-vehicle-uav-market-analysis-industry-trends-forecasts-and/15tbndp.amp".

[28] Agriculture Statistics of Ministry of Jahad Agriculture, (Report), Vol. 2, 1396 (In Persian).

[29] Online Available at :" frw.ir" (In Persian).

[30] Online Available at: "http://www.euroconsult-ec.com".

[31] Jenkins, D. and Vasigh., B., "The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States. Arlington, VA: Association of Unmanned Vehicle Systems International", (Report), 2013.

[32] Online Available at: "https://www.cbinsights.com/research/drones-startup-funding".

[33] Baharlou, M., Miremadi, T., Elyasi, M., and Boushehri, A., "Structural-Functional Analysis and Explanation of UAV Innovation Technology In Iran", Journal of Technology Development Management, Vol. 5, No. 4, 1397 (In Persian).

[34] Online Available at: "https://www.flyingrobotsmarketing.com/single-post/Get-Marketing-for-your-Drone-Business".

[35] International Civil Aviation Organization (ICAO), Air Traffic Service (ANNEX11), Montréal, Canada, 2001.

[36] Kopardekar, P., "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations", *The 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2016.

[37] Online Available at: "https://utm.arc.nasa.gov/docs/2018-UTM-ConOps-v1.0.pdf".

[38] Online Available at: " ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19770003105.pdf".

[39] Geller, J., Jiang, T., Ni, D., and Collura, J., "Traffic Management for Small Unmanned Aerial Systems (sUAS): Towards the Development of a Concept of Operations and System Architecture", *Transportation Research Board 95th Annual Meeting*, Washington DC, United States, 2016.

[40] Battiste, V., Dao, A.Q.V., Strybel, T.Z., Boudreau, A., and Wong, Y.K., "Function Allocation Strategies for the Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) System, and Their Impact on Skills and Training Requirements for UTM Operators", *IFAC-Papers OnLine*, Vol. 49, No. 19, pp. 42-47, 2016.

[41] Global UTM Association. "UAS Traffic Management Architecture", *Global UTM Association*, 2017.

[42] Idries, A., "Challenges of Developing UAV Applications: A Project Management View", *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, Dubai, 2015.

[43] Stansbury, R., Wilson, T., and Tanis, W., "A Technology Survey of Emergency Recovery and Flight Termination Systems for Uas", *Aerospace Conference and AIAA Unmanned*, *Unlimited Conference*, Seattle, Washington, April 2009.

[44] Online Available at: "https://dronedeploy-www.cdn.prismic.io/dronedeploy-www%2Fae53 5fda-dfc9-4bcf-9743-292df714e9fe_dd__2018_ trends_report-f.pdf".

[45] Online Available at: "https://www.auav.com.au/articles/drone-types".

[46] Online Available at: "www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/.../logistics.../DHL_TrendReport_UAV.pdf".

[47] Abid, M.E., "Drones, UAVs, and RPAs: An Analysis of a Modern Technology", B.Sc. Thesis, *Worcester Polytechnic Institute*, Worcester, Massachusetts , 2014.