

مجله برق و الکترونیک هوانوردی

اویونیک

سال نهم / شماره ۴۴ / فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۰



- ◀ مروری بر استاندارد ARINC 661: معماری نسل جدید نمایشگرهای کابین
- ◀ مروری بر برخی پروژه‌های SWARM در سراسر دنیا: پرنده‌های کوچک چشمگیر
- ◀ تحول در سیستم‌های IEF

سخن سردبیر

نهمین سال فعالیت مجله اویونیک را همانند گذشته با تکیه بر بررسی و شناخت فناوری‌های روز دنیا آغاز می‌کنیم. طی سالیان گذشته تحول شگرفی در صنعت هوایی و هوانوردی به ویژه حوزه اویونیک رخ داده است. سیستم‌ها و تجهیزات مختلفی برای انواع هواگردها و پلتفرم‌های پروازی طراحی و ساخته شده است. در این مجله سعی شده است مهم‌ترین این تحولات و اقدامات انجام شده مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه فعالیت مجله نیز تلاش خواهد شد مروری بر اطلاعات علمی و فناوری روز دنیا، بررسی پروژه‌های تحقیقاتی و تجهیزات مهم ساخته شده توسط شرکت‌های مطرح هوایی در سراسر دنیا انجام شود. امید است با بهره‌مندی از این مطالب و بر اساس نیازمندی‌های داخل اقدام لازم در خصوص برطرف کردن این نیازمندی‌ها انجام شود.

برای دریافت نسخه رنگی و شماره‌های قبلی مجله به آدرس زیر مراجعه کنید.

<https://avionics.iut.ac.ir/avionicsmagazine>



مطالب این شماره:

- ۲.....COM-HPC: استاندارد جدید برای هواگردهای نظامی.....
- ۸.....ARINC 661: معماری نسل جدید نمایشگرهای کابین.....
- ۱۲.....IFF: تحول در سیستم‌های.....
- ۱۶.....SWARM: پروژه‌های در سراسر دنیا.....

بسم الله الرحمن الرحیم



نوآوری و ابتکار، شجاعت علمی، اعتماد به نفس شخصی و ملی و کار متراکم و انبوه، علاج کار پیشرفت علمی ماست.
حضرت آیت‌الله امام خامنه‌ای (مدظله العالی)

صاحب امتیاز:

پژوهشکده اویونیک دانشگاه صنعتی اصفهان

مدیر مسئول:

دکتر وحید غفاری‌نیا

سردبیر:

مهندس محسن فاضلی‌نیا

صفحه آرایی و دبیر علمی:

مهندس زینب رحمانی

دانشگاه صنعتی اصفهان، پژوهشکده اویونیک

تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۱۴۵۵

۰۳۱-۳۳۹۱۹۰۴۴

دورنگار: ۰۳۱-۳۳۹۱۹۰۴۵

پست الکترونیکی:

mag.avionics@of.iut.ac.ir

آدرس اینترنتی:

www.avionics.iut.ac.ir

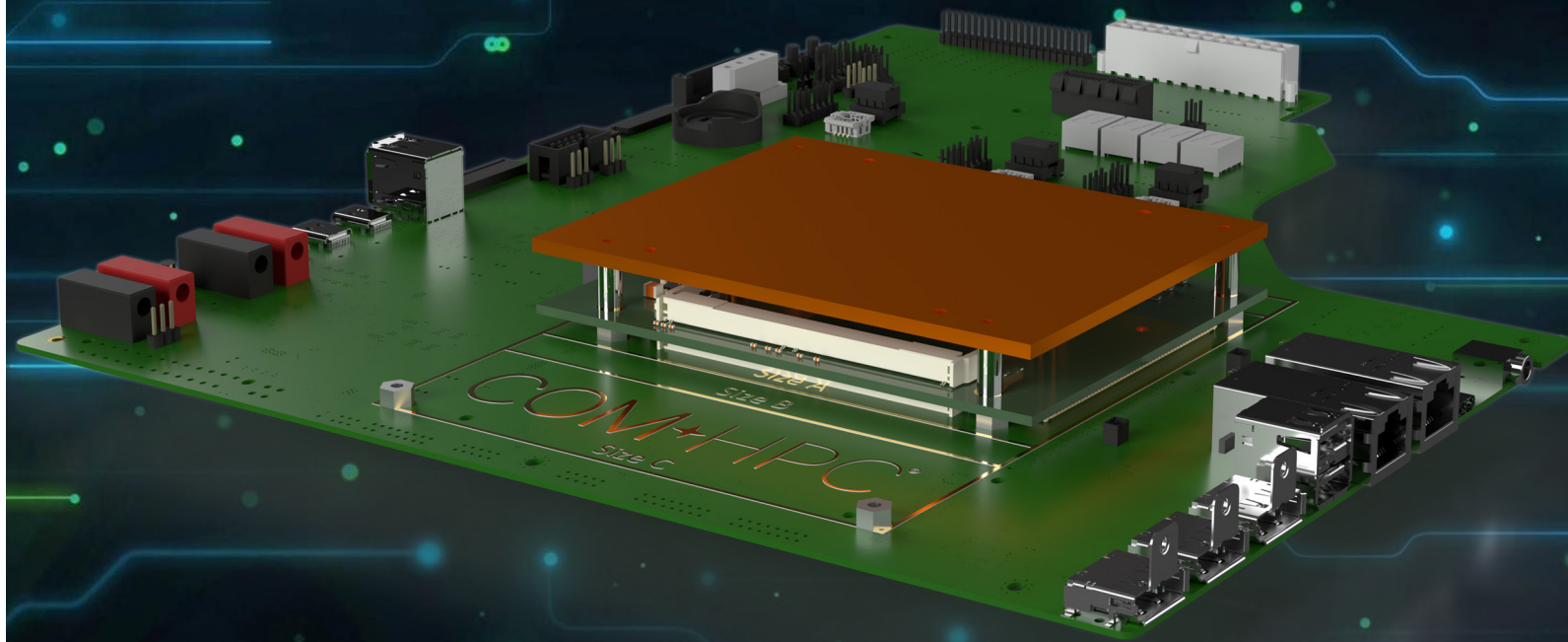
شماره شاپا:

ISSN 2476-6003

«تمام حقوق مادی و معنوی مجله متعلق به پژوهشکده اویونیک دانشگاه صنعتی اصفهان است. استفاده از تمام یا بخشی از مطالب مجله با ذکر نام پژوهشکده اویونیک به عنوان منبع اصلی بلامانع است.»

COM-HPC

استاندارد جدید برای هواگردهای نظامی



حوزه اویونیک قرار دهد. در همین راستا، ارتش ایالات متحده اخیرا یک کارگروه برای بررسی فرصت‌ها و چالش‌های بهره‌مندی از این استاندارد در پلتفرم‌های نظامی نسل آینده خود تشکیل داده است.

کامپیوترهای کوچک اما قدرتمند

با توسعه مفاهیمی همچون سیستم روی تراشه (SOC) و سیستم روی ماژول (SOM)، شرکت‌های بزرگ تولیدکننده بوردهای پردازنده شروع به

بخش‌های نظامی همواره به دنبال دستیابی به فناوری‌هایی هستند که علاوه بر بهبود قابلیت‌های نظامی، سطح خطرپذیری را برای زیرساخت‌ها، پلتفرم‌ها و نیروهای انسانی به حداقل خود برسانند. استاندارد COM-HPC یکی از راهکارهای جدید برای رسیدن این اهداف است که با هدف افزایش قابلیت سیستم‌های الکترونیکی تدوین شده است. این استاندارد می‌تواند فرصت‌های جدیدی را پیش روی توسعه‌دهندگان هواگردهای نظامی در

در سال ۲۰۰۵ میلادی این گروه اولین نسخه از استاندارد COM Express در ابعاد فیزیکی را منتشر کرد. کامپیوترهای مبتنی بر COM Express در ابعاد فیزیکی مشابه با COM تولید می‌شوند، با این تفاوت که مجموعه‌ای از پورت‌های ارتباطی از جمله SATA، USB، اترنت و PCIe را در کنار پردازنده و حافظه روی برد قرار گرفته‌اند.

ابعاد فیزیکی کوچک و توانایی تحمل شرایط فیزیکی سخت در کنار مجموعه وسیعی از پورت‌های ارتباطی و تنوع زیادی از پردازنده‌ها سبب شد صنعت اویونیک خیلی زود به کامپیوترهای مبتنی بر COM Express علاقه‌مند شود. در واقع این ویژگی‌ها دقیقاً همان مشخصاتی بودند که معماری سیستم‌های اویونیک آن زمان نیاز داشتند.

استاندارد COM Express برای بردهای پردازنده خود چهار اندازه فیزیکی متفاوت تعریف کرده است. کوچک‌ترین برد با نام mini شناخته می‌شود و ابعاد آن ۵۵ در ۸۴ میلی‌متر است. توان مصرفی این مدل بسیار پایین است و می‌توان با یک باتری تلفن همراه به راحتی آن را تغذیه کرد. هواپیماهای بدون سرنشین کوچک یکی از مهم‌ترین محل‌های استفاده از این برد محسوب می‌شوند. بزرگ‌ترین برد با نام Extended شناخته می‌شود که ابعادی مشابه با بردهای COM قدیمی دارند.

همانطور که گفتیم، استاندارد COM Express مجموعه زیادی از پورت‌های ارتباطی را روی برد پیش‌بینی کرده است. کلیه این پورت‌ها از طریق یک یا دو کانکتور ۲۲۰ پایه‌ای در دسترس هستند. این کانکتورها در مقابل ضربه و لرزش مقاوم بوده و انتقال پرسرعت داده‌ها را با پهنای باند زیاد تضمین می‌کنند. استاندارد COM Express توجه ویژه‌ای به پشتیبانی از ویدئو دارد، بگونه‌ای که رابط‌های ارتباطی DVI، SDVO، LVDS، VGA و HDMI از طریق کانکتورهای روی برد در دسترس هستند. بنابراین کاربر از تهیه کارت‌های ویدئو جانبی بی‌نیاز بوده و می‌تواند مستقیماً از روی برد پردازش‌هایی را انجام دهد.

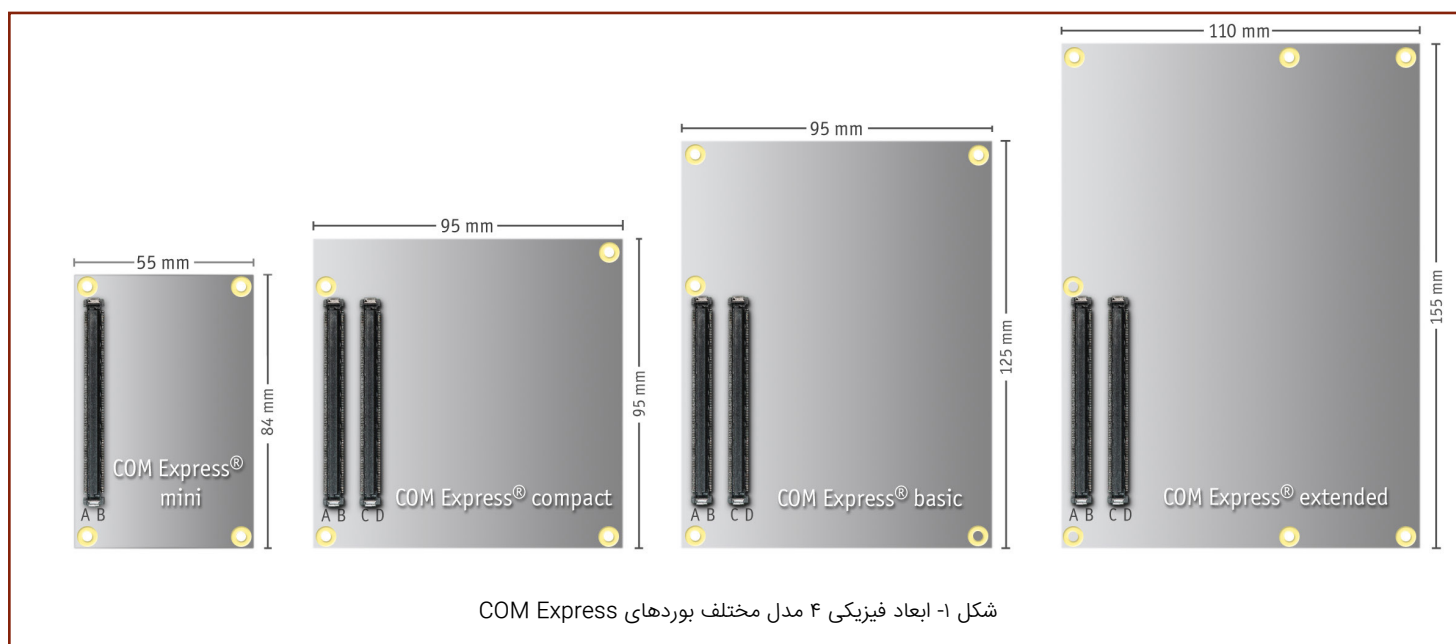
استاندارد COM Express برای هدف قرار دادن صنایع و کاربردهای متفاوت، مدل‌های مختلفی از کامپیوتر را دسته‌بندی کرده است. مرور زمان

ارائه کامپیوترهای تک بوردی (SBC^۳) کردند که می‌توانند مجموعه کاملی از نیازهای یک سیستم را برآورده کنند. در همین راستا مفهوم جدیدی با نام کامپیوتر روی ماژول (COM^۴) شکل گرفت. این مفهوم به کامپیوترهای تک بوردی اشاره دارد که مبتنی بر یک پردازنده قدرتمند، حافظه RAM، تعداد زیادی درگاه ورودی و خروجی و سایر نیازمندی‌های یک کامپیوتر هستند. با این حال، برخلاف SoCها، یک COM معمولاً فاقد اتصالات استاندارد برای ارتباط با وسایل جانبی ورودی و خروجی است که مستقیماً به برد متصل می‌شوند. بنابراین COMها برای اتصال به سایر وسایل، معمولاً روی بوردهای حامل (Carrier) نصب می‌شوند.

در اوایل قرن بیست و یکم توجه بسیاری از شرکت‌های سازنده تجهیزات اویونیک به ابعاد کوچک بردهای COM و توسعه سریع آنها جلب شد. برخی از این بوردها با توجه به نیازمندی‌های خاص صنایع هوایی تولید می‌شدند و حتی مجهز به تراشه‌های FPGA نیز بودند. برای کارخانه‌های سازنده تجهیزات اویونیک، در دسترس بودن ماژول‌ها و قطعات بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل، استاندارد شدن بردهای کامپیوتری در قالب COM، به نوعی خیال آن‌ها را از در دسترس بودن طولانی مدت ماژول‌ها و تدوین یک نقشه راه شفاف راحت می‌کرد. از سوی دیگر این کارخانه‌ها می‌توانستند برد مورد نظر خود را از فروشندگان مختلفی تهیه کنند که باعث می‌شد رقابتی سالم در بازار و قیمت‌گذاری‌ها شکل گیرد. با وجود تجاری بودن این بوردها، بخش‌های نظامی نیز علاقه زیادی به استفاده از آن‌ها نشان داده‌اند.

بوردهای مبتنی بر استاندارد COM Express

در اواخر قرن بیستم میلادی کنسرسیومی متشکل از حدود ۱۵۰ شرکت تولیدکننده بردهای الکترونیکی و قطعات آن، با عنوان PICMG^۵ تشکیل شد. این گروه در ابتدا با هدف توسعه پورت PCI برای ایجاد ارتباطات پرسرعت در سیستم‌های کامپیوتری آغاز به کار کرد. در ادامه فعالیت، این گروه روی توسعه مشخصات معماری‌های کامپیوتری مبتنی بر استانداردهای باز متمرکز شد.



Server Class



COM Express Type 7

Gigabit Ethernet	4x USB 3.0
LPC / eSPI	
32x PCIe	
2x SATA	4x 10GBaseKR
4x USB 2.0	
8x GPIO / SDIO	
2x SER / CAN	
SPI & I2C	
Power	
Power	Power

Performance Class



COM Express Type 6

Gigabit Ethernet	4x USB 3.0
LPC	
8x PCIe	
HDA	PEG x16
LVDS / eDP	
ExpressCard	
4x SATA	3x DDI
8x USB 2.0	
8x GPIO / SDIO	
2x SER / CAN	
SPI & I2C	
Power	
Power	Power

Low Power Class



Type 10

Gigabit Ethernet
LPC
4x PCIe
HDA
LVDS 1x24 / eDP
DDI
2x SATA
8x USB 2.0 / 2x USB 3.0
8x GPIO / SDIO
2x SER / CAN
SPI & I2C
Power

شکل ۲- انواع پورتهای ارتباطی و محل قرارگیری آن‌ها روی کانکتورهای ۲۲۰ پایه‌ای در بوردهای COM Express type 6/7/10

با توجه به این نیازها، کارشناسان PICMG کارگروهی برای بررسی استانداردسازی نسل جدیدی از کامپیوترها با کارایی بالا (HPC^۶) تشکیل دادند. کارگروه مذکور پارامترهای زیر را بعنوان نیازمندی‌های اصلی یک HPC در نظر گرفتند:

- امکان تحلیل داده‌ها و پردازش بلادرنگ روی یک پلتفرم تک بوردی
- امکان مقیاس‌پذیری بالا
- قابلیت ارتباطات شبکه‌ای سریع‌تر
- پردازش چندهسته‌ای قدرتمند
- قابلیت اطمینان و دسترسی پذیری زیاد
- طراحی قدرتمند برای استفاده در محیط‌های خشن
- ارائه امنیت بالا برای برنامه‌های نرم‌افزاری
- امکان دسترسی طولانی مدت و تولید مداوم
- انعطاف‌پذیری در اتصال به بوردهای حامل برای استفاده در صنایع مختلف

در سال ۲۰۲۰ نتیجه فعالیت کارگروه منجر به تدوین نسخه پیش‌نویس از استاندارد COM-HPC شد و در نهایت اوایل سال ۲۰۲۱ نسخه اولیه و رسمی این استاندارد در اختیار اعضای گروه قرار گرفت. در بخش معرفی این استاندارد آمده است: «COM-HPC یک استاندارد باز برای یک خانواده از ماژول‌های کامپیوتری با کارایی بالا است که با هدف دسترسی طولانی مدت، قابلیت کار در بازه دمایی زیاد و شرایط مکانیکی سخت و همچنین

و نیازهای بازار باعث شده است ویژگی‌ها و قابلیت‌های متفاوتی به این بوردها اضافه یا از آن‌ها کم شود. در حال حاضر Type 6/7/10 سه مدل رایج از کامپیوترهای COM Express هستند که برای کاربردهای مختلف به بازار عرضه می‌شوند. شکل ۲ انواع پورتهای ارتباطی و جایگاه آن‌ها در کانکتورهای ۲۲۰ پایه‌ای را در این ۳ مدل بورد نشان می‌دهد.

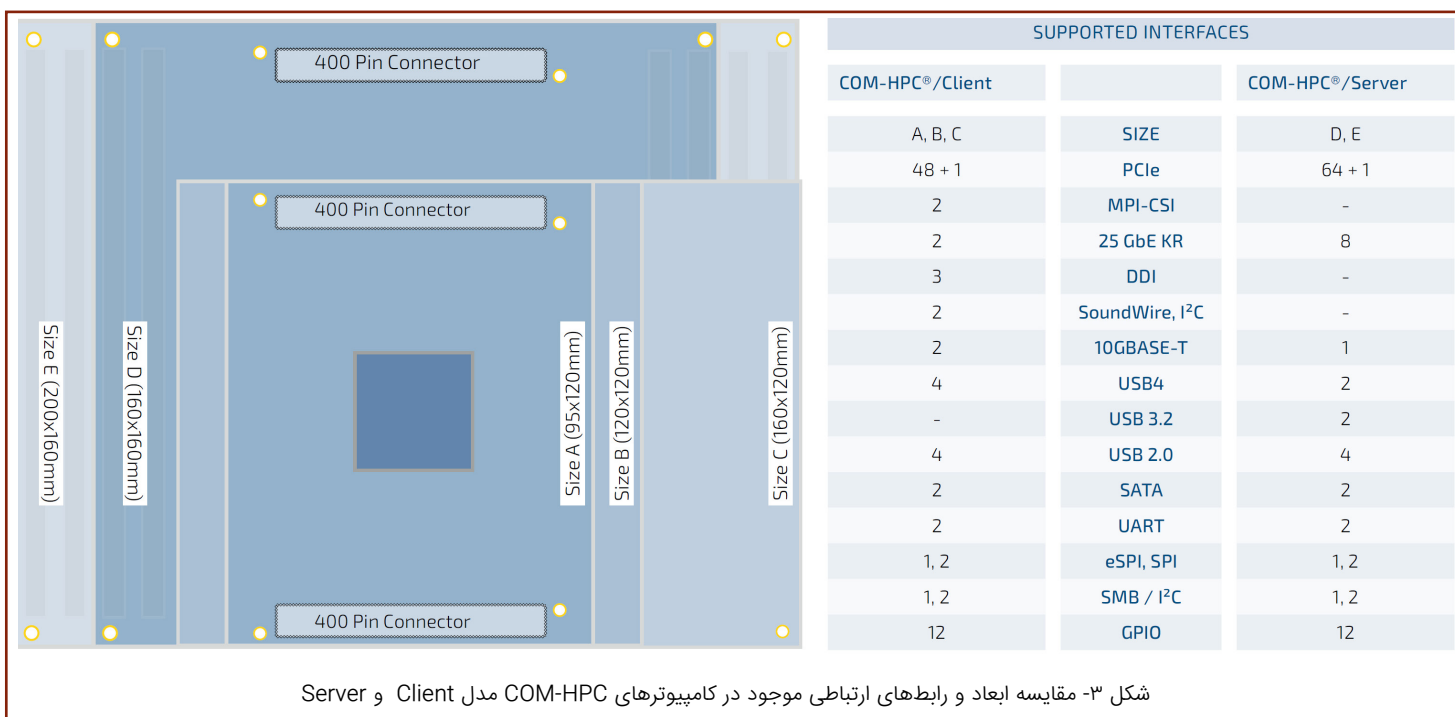
در حال حاضر شرکت‌های مختلفی بوردهای COM Express را با انواع پردازنده‌ها و حافظه‌های RAM متفاوت به بازار عرضه می‌کنند. برخی از این محصولات مخصوص بازار اویونیک و با توجه به شرایط و استانداردهای فیزیکی محیط پلتفرم‌های هوایی تولید می‌شوند. از شرکت ADLINK می‌توان به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان بوردهای COM Express برای کاربردهای اویونیک نام برد.

نیازهای جدید، استاندارد جدید

هر چند بوردهای COM Express توانستند تا اواسط دهه ۲۰۱۰ میلادی حد زیادی نیازهای بازار اویونیک از کامپیوترهای تک بوردی را برآورده کنند، اما با گسترش فناوری‌هایی همچون اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، یادگیری عمیق و همچنین نیاز به اتصال به حسگرهای متعدد، مشخص شد این کامپیوترها نیاز به سرعت پردازش بالاتر و همچنین پورتهای ورودی و خروجی بیشتری دارند. هر چند بوردهای COM Express می‌توانند تا ۸ گیگاهرتز کلاک و پورت PCIe نسل سوم با سرعت ۸ گیگابیت بر ثانیه را پشتیبانی کنند، اما بعید به نظر می‌رسد بتوان از آن‌ها برای نیازهای آینده همچون PCIe نسل چهارم و پنجم استفاده کرد.

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های بوردهای COM Express و COM-HPC

COM-HPC	COM Express	
کوچک‌ترین ابعاد: ۹۵ در ۱۲۰ میلی‌متر بزرگ‌ترین ابعاد: ۱۶۰ در ۲۰۰ میلی‌متر	کوچک‌ترین ابعاد: ۵۵ در ۸۴ میلی‌متر بزرگ‌ترین ابعاد: ۱۱۰ در ۱۵۵ میلی‌متر	ابعاد
۸۰۰ پایه	تا ۴۴۰ پایه	تعداد پایه‌های ورودی/خروجی
تا ۸ عدد	ندارد	پشتیبانی از حافظه RAM مدل full size DIMM
تا ۴ عدد	۲ عدد	پشتیبانی از حافظه RAM مدل SO-DIMM
پردازنده‌هایی با توان مصرفی تا ۱۵۰ وات	پردازنده‌هایی با توان مصرفی تا ۸۰ وات	پشتیبانی از CPU
تا ۶۵ عدد از نسل پنجم	تا ۳۲ عدد از نسل سوم	پشتیبانی از PCIe
تا ۸ عدد با سرعت ۲۵ مگابیت بر ثانیه	تا ۴ عدد با سرعت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه	پشتیبانی از اترنت
دارد	ندارد	پشتیبانی از USB 3.1/3.2/4.0
دارد	ندارد	پشتیبانی از GPU از طریق PCIe



شکل ۳- مقایسه ابعاد و رابط‌های ارتباطی موجود در کامپیوترهای COM-HPC مدل Client و Server

که امکان اتصال مستقیم دوربین و پردازنده روی برد را با سرعت بسیار بالا فراهم می‌کنند. مدل Server دارای ابعاد بزرگتری بوده و برای کاربردهای پردازش سیگنال بلادرنگ طراحی می‌شود. شکل ۳ مقایسه‌ای از رابط‌های ارتباطی مختلف این دو مدل کامپیوتر و همچنین ابعاد استاندارد آن‌ها را ارائه می‌دهد.

نیاز صنایع نظامی

در بسیاری از کاربردهای نظامی، سیستم‌های کامپیوتری نیاز به پردازش بلادرنگ اطلاعات دارند. ارتش ایالات متحده از سال ۱۹۹۲ و پس از تصویب دستورالعمل کنگره برای نوسازی تجهیزات وزارت دفاع، توجه ویژه‌ای به HPC نشان داد. این دستورالعمل که با نام HPCMP شناخته می‌شود به

امکان شخصی‌سازی سخت‌افزار و میان‌افزار در کاربردهای متفاوت تولید می‌شوند.»

کارشناسان PICMG تاکید دارند که بوردهای COM-HPC با هدف جایگزینی COM Express به بازار عرضه نمی‌شوند، بلکه آن‌ها تنها برای پوشش‌دهی برخی از نقاط ضعف تولید شده‌اند و ما تا سالیان زیادی همچنان شاهد عرضه کامپیوترهای COM Express خواهیم بود. برخی از تفاوت‌های این دو استاندارد را می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد.

استاندارد COM-HPC دو مدل کامپیوتر با عناوین Client و Server تعریف می‌کند. مدل Client با تمرکز روی پردازش گرافیکی قدرتمند، برای کاربردهای پردازش تصویر مانند هواگردهای تصویربرداری و نظارتی مناسب است. این مدل از کامپیوترها مجهز به ۲ پورت MIPI-CSI^v هستند

مبتنی بر GPU می‌تواند در کمتر از ۲۰ ثانیه یک شهر با مساحت ۲۰۰ مایل مربع را نقشه‌برداری کند. این قابلیت در شرایط جنگی می‌تواند یک برتری اطلاعاتی محسوس ایجاد کند.

● **مزایای SWaP و قیمت:** در هواپیماهای بدون سرنشین کوچک، عواملی مانند ابعاد، وزن، توان مصرفی و هزینه (SWaP-C) یک مشخصه اصلی برای طراحی هستند. کامپیوترهای HPC مجهز به پردازنده گرافیکی می‌توانند همه این عوامل را برای ساخت یک پلتفرم هوایی، بهینه کنند.

● **کامپیوترهای HPC مقاوم:** با توجه به شرایط محیطی خاص کاربردهای هوایی، برخی از شرکت‌ها کامپیوترهای خود را در برابر لرزش، ضربه و دما مقاوم می‌کنند. همچنین کامپیوتر مورد نظر معمولاً در یک محفظه مقاوم قرار می‌گیرد که بورد را از عناصری مانند گرد و غبار حفظ می‌کند.

رایانش لبه‌ای

با توجه به حجم بالای داده‌های جمع‌آوری شده از سوی حسگرها در پلتفرم‌های هوایی امروزی، طراحان سیستم‌ها ترجیح می‌دهند پردازش

دنبال حل مشکلات امنیتی و مدرن در سیستم‌های نظامی با استفاده از سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای جدید روی کامپیوترهای HPC بود.

در حال حاضر ارتش ایالات متحده از کامپیوترهای HPC برای کاربردهای زیر استفاده می‌کند:

● **پردازش تصویر پیشرفته:** سیستم‌های نظارتی نصب شده روی ماهواره‌ها و هواپیماهای بدون سرنشین به عنوان یکی از ارکان اصلی ارتش در عملیات‌های امروزی، وابسته به دوربین‌ها و تجهیزات تصویربرداری با سرعت بالا هستند. سیستم‌های HPC با در اختیار داشتن پردازنده‌های گرافیکی (GPU) می‌توانند این داده‌ها را از ۱۲ تا ۴۰ برابر سریع‌تر از سیستم‌های مبتنی بر پردازنده‌های سنتی پردازش کنند. ارتش ترجیح می‌دهد اطلاعات جمع‌آوری شده از حسگرها، رادارها و دوربین‌ها بجای انتقال به مرکز کنترل، روی خود پلتفرم هوایی و بصورت بلادرنگ پردازش شوند.

● **هوش جغرافیایی:** با استفاده از نرم‌افزار اختصاصی و سخت‌افزار قدرتمند HPC، سیستم‌ها می‌توانند مناطق بسیار بزرگ را بجای چند روز در عرض چند ثانیه نقشه‌برداری کنند. یک ماهواره با استفاده از سیستم‌های

پشتیبانی از پردازنده‌های نسل جدید با توان مصرفی
تا 150 وات

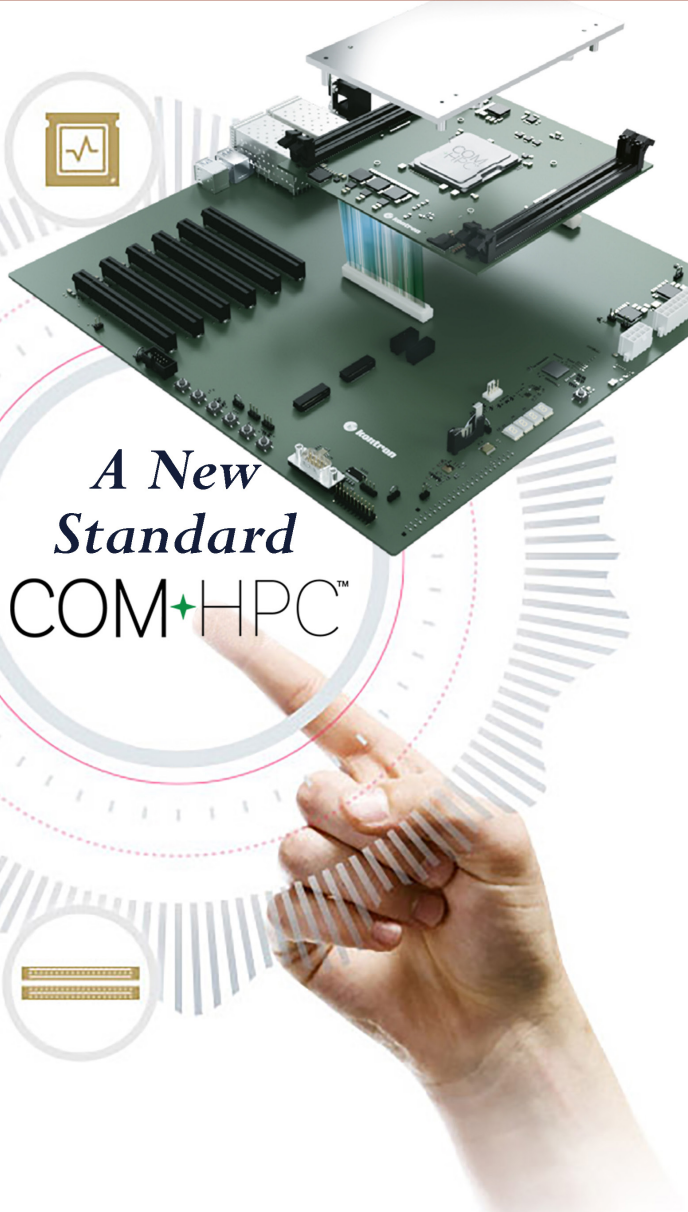
پشتیبانی از حافظه‌های RAM مدل DIMM
تا 8 عدد، (512GB)

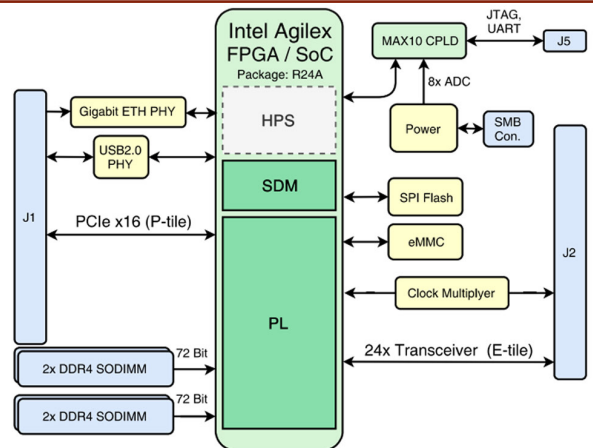
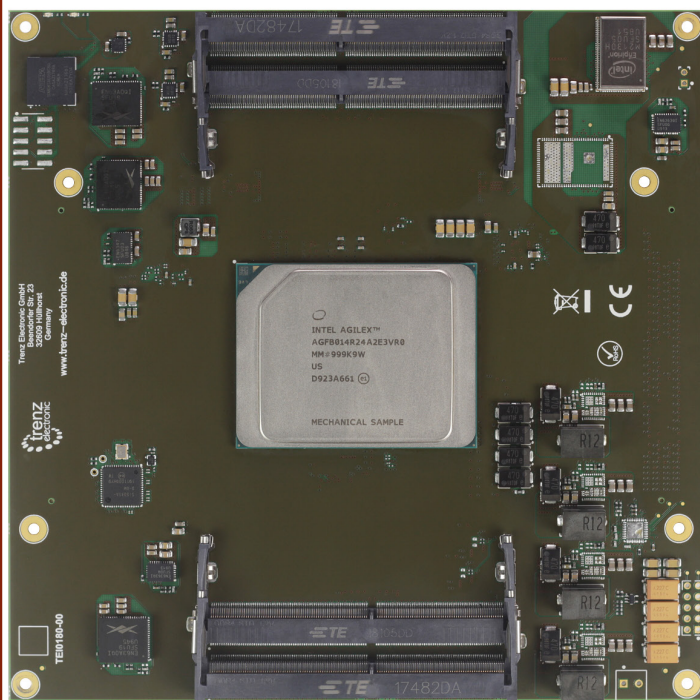
رابط‌های پرسرعت:
تا 64 خط PCIe
تا 4 پورت USB 4.0
تا 8 پورت اترنت 25 گیگابیت بر ثانیه

در پنج ابعاد مختلف

در دو مدل Client و Server
با ویژگی‌های مختلف برای کاربردهای متفاوت

کانکتور پرسرعت 400 پایه‌ای جدید
با قابلیت پشتیبانی از PCIe gen5





- Intel Agilex F-Series FPGA AGFA014R24A3E3VR0
- R24A 2486 Pin Packages
- Size: 160 x 160 mm COM-HPC Server Size D
- B2B Connectors: 2 x 400 pin
- 4 x DDR4 SODIMM Memory Socket
- 512 MByte SPI Boot Flash
- Intel MAX 10 as System Controller
- PLL clock generator
- User I/Os
- Serial transceivers: 16 x P-Tile (PCIe Gen4) + 24 x E-Tile
- Optional (available with Agilex which include HPS):
- 1 Gbit ETH-PHY
- 8 GByte eMMC
- USB2.0 PHY

شکل ۴- تصویر کامپیوتر COM-HPC شرکت Trenz Electronic با نام تجاری TEI0180 به همراه بلوک دیاگرام و برخی از ویژگی‌های آن

با وجود این چالش‌ها باید منتظر بود تا شرکت‌های سازنده در سال جاری کامپیوترهای مبتنی بر COM-HPC را به بازار عرضه کنند. در حال حاضر شرکت‌هایی مانند Trenz Electronic و ADLINK نمونه‌های اولیه از این مدل کامپیوتر را تولید و عرضه کرده‌اند. شکل ۴ تصویری از محصول شرکت Trenz Electronic و ویژگی‌های آن را نشان می‌دهد.

پی‌نوشت‌ها:

- 1- System on Chip
- 2- System on Module
- 3- Single Board Computer
- 4- Computer On Module
- 5- PCI Industrial Computer Manufacturers Group
- 6- High Performance Computing
- 7- Mobile Industry Processor Interface - Camera Serial Interface
- 8- Sensor Open Systems Architecture
- 9- Modular Open Systems Approach
- 10- Modular Open RF Architecture

منابع:

<https://wikipedia.org>, <https://picmg.org>, <https://militaryembedded.com>, <https://adlinktech.com>, <https://kontron.com>

اطلاعات در پلتفرم مذکور انجام شود تا حجم اطلاعات انتقالی به مرکز کنترل کاهش یابد. در دنیای کامپیوتر به این مفهوم رایانش لبه‌ای (Edge Computing) گفته می‌شود. بخش‌های نظامی قصد دارند با تکیه بر این مفهوم، ضمن کاهش پهنای باند اطلاعات منتقل شده، پردازش‌ها را بصورت بلادرنگ انجام دهند. به عبارتی دیگر کارشناسان نظامی می‌دانند که توانایی پلتفرم‌های هوایی در انجام محاسباتی که به تصمیم‌گیری‌ها کمک می‌کنند، می‌تواند بطور مستقیم روی موفقیت یا شکست یک مأموریت نقش اساسی داشته باشد. با حذف نیاز به انتقال داده‌ها برای پردازش، در وقت صرفه‌جویی شده و می‌توان تصمیم‌گیری را با سرعت بیشتری انجام داد.

چالش‌های بکارگیری COM-HPC در صنایع نظامی

چالش‌های زیادی پیش روی کامپیوترهای COM-HPC برای ورود به صنعت اویونیک نظامی وجود دارد. نکته اول بحث امنیت سایبری است، موضوعی که در تمام محیط‌های کامپیوتری وجود دارد و باعث نگرانی طراحان می‌شود. یک کامپیوتر مورد استفاده در پلتفرم‌های هوایی باید انتقال و پردازش امن اطلاعات را تضمین کند. هرگونه راه نفوذ می‌تواند خسارت‌های جبران ناپذیری را ایجاد کند. چالش دیگر بحث شبکه‌سازی است. اویونیک یک پلتفرم هوایی ممکن است شامل صدها یا هزاران نقطه انتهایی باشد. شبکه مورد نظر باید اتصال مداوم، قطعی بودن و امنیت اطلاعات را تضمین کند.

چالش دیگر پیش روی کامپیوترهای COM-HPC سازگاری آن‌ها با استانداردهای جدید صنعت هوایی از جمله معماری سیستم‌های باز حسگر (SOSA^۱)، رویکرد سیستم‌های باز ماژولار (MOSA^۱) و همچنین معماری RF باز ماژولار (MORA^۱) است. شرکت‌های سازنده کامپیوتر برای امکان رقابت در بازار، باید محصولات خود را با این استانداردها سازگار کنند.

مروری بر استاندارد ARINC 661: معماری نسل جدید نمایشگرهای کابین



در انواع هواپیماها است. هدف اصلی سند این است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم هزینه‌های شرکت‌های هواپیمایی را با انجام موارد زیر، به حداقل برساند:

- حداقل‌رسانی هزینه‌های خرید سیستم‌های اویونیک جدید با کاهش هزینه‌های توسعه CDS
- حداقل‌رسانی هزینه اضافه کردن توابع و قابلیت‌های جدید به نمایشگرهای کابین در طول عمر یک هواپیما
- حداقل‌رسانی هزینه مدیریت منسوخ‌شدگی سخت‌افزار برای مناطقی که در آن‌ها فناوری با سرعت زیاد رشد می‌کند.
- معرفی سیستم‌های تعاملی به کابین خلبان. از این‌رو زمینه‌ای برای تولیدکنندگان نهایی هواپیما به منظور استاندارد کردن رابط انسان- ماشین (HMI) در کابین خلبان فراهم می‌شود.

بر خلاف نرم‌افزار نمایشگرهای کابین قدیمی که به صورت یک برنامه اجرایی واحد داده‌ها، قوانین و منطق را به صورت گرافیکی ارائه می‌کردند، استاندارد ARINC 661 به صورت واضح بین کد ترسیم‌کننده گرافیک‌ها و کد مدیریت منطق و وضعیت همه عناصر گرافیکی تفکیک ایجاد می‌کند. در سند مذکور این دو بخش با نام CDS و UA (اپلیکیشن کاربر) عنوان می‌شوند. به عبارت ساده‌تر CDS یک موتور تفسیر (Rendering) است که به منظور ارائه اطلاعات گرافیکی استفاده می‌شود و UA نیز بخش منطق را برای نمایشگر، کنترل می‌کند. استاندارد ARINC 661 یک پروتکل رابط برای تسهیل ارتباطات بین CDS و UA تعریف می‌کند. البته باید یادآور شد که استاندارد مذکور یک ساختار گذرگاه داده خاص را برای انجام تبادل داده بین CDS و UA معرفی نمی‌کند. این بدان معناست که طراح سیستم می‌تواند متناسب با نیاز سیستم و ابزار خود، از پروتکل‌هایی مانند ARINC 429، اترنِت یا ARINC 664 برای این ارتباط استفاده کند.

استاندارد ARINC 661 مجموعه‌ای از اشیاء رابط کاربری گرافیکی متکی است که با نام ابزارک (widget) شناخته می‌شوند. استفاده از

در اواخر قرن بیستم، طراحی و ساخت نمایشگرهای کابین خلبان به دلیل انتشار استاندارد DO-178B دشوارتر شد. در این شرایط بسیاری از توسعه‌دهندگان سیستم‌های کابین خلبان به دلیل عدم وجود سندهای راهنما و ضمیمه‌های کمکی، از روش‌های ابتکاری خودشان برای طراحی نمایشگرها و اصول عوامل انسانی در رابط‌های کاربری آن استفاده کرده‌اند. این فقدان استاندارد و یکپارچگی بین طراحی‌ها باعث می‌شد تا هر شرکت سیستم‌هایی با ساختار و قالب تعیین شده از سوی خود تولید کنند. در این شرایط کار برای شرکت‌هایی که توسعه‌دهنده اپلیکیشن‌ها و برنامه‌های نرم‌افزاری نمایشگرهای کابین خلبان هستند، دشوارتر می‌شد. چرا که آن‌ها باید در صورت تغییر سخت‌افزار از سوی شرکت سازنده دستگاه یا تغییراتی در برنامه نرم‌افزاری خود، فرایند اخذ گواهینامه را مجدداً طی کنند. این مسئله از دید سازندگان نهایی هواپیما نیز یک چالش بزرگ محسوب می‌شود. چرا که تغییرات مداوم سیستم‌ها یا استفاده از دیگر تولیدکنندگان تجهیزات در طول چرخه عمر یک هواپیما، ضعف بزرگی است.

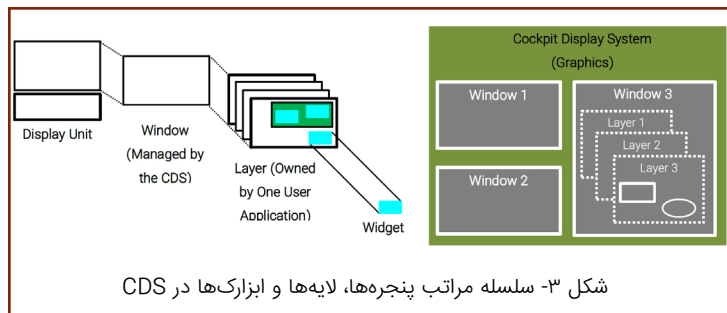
در دهه ۱۹۹۰ میلادی کمیته‌ای از نمایندگان صنعت هوایی برای مقابله با این نگرانی‌ها و ایجاد یک معماری استاندارد و انعطاف‌پذیر تشکیل شد. نتیجه بررسی‌ها و راه‌حل‌های پیشنهادی از سوی آن‌ها توسعه و انتشار استاندارد ARINC 661 بود. این استاندارد با عنوان «رابط‌های سیستم نمایش کابین با سیستم‌های کاربر» از سال ۲۰۰۱ به طور رسمی در اختیار تولیدکنندگان نمایشگرها و توسعه‌دهندگان اپلیکیشن‌های کابین خلبان قرار گرفت. از اولین نمونه پروژه‌هایی که از استاندارد ARINC 661 در سیستم‌های نمایشگر خود استفاده کرده‌اند می‌توان به ایرباس A380 و A400M، بوئینگ ۷۸۷ و همچنین نسخه ارتقاء یافته بالگرد AgustaWestland AW101 اشاره کرد.

مروری بر ساختار و معماری استاندارد ARINC 661

در ابتدای این استاندارد عنوان شده است که هدف از توسعه آن تعریف یک چارچوب و قاعده مشخص برای رابط سیستم نمایشگر کابین (CDS)

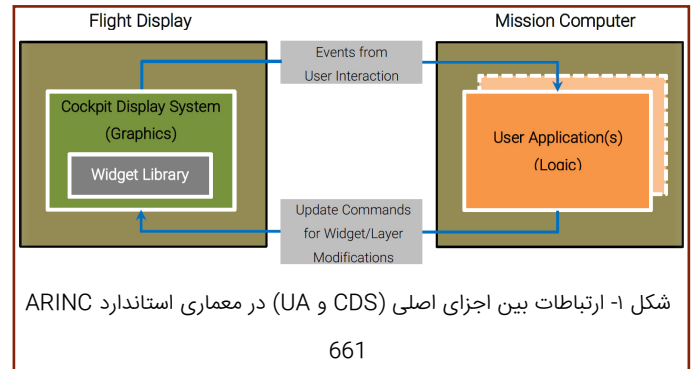
که باید همراه با پارامترهای اولیه خود مانند موقعیت، ابعاد و وضوح بارگیری شوند. این فایل‌ها معمولاً در فرمت باینری ذخیره و در هنگام اجرا، توسط CDS بارگیری می‌شوند. این استاندارد همچنین فرمت XML را برای بازرسی، کنترل نسخه‌های جدید و اشتراک‌گذاری DFها تعریف کرده است. نرم‌افزار CDS از یک هسته (kernel) تشکیل شده است که می‌تواند سلسله مراتب رابط کاربری گرافیکی مشخص شده در DF را هنگام تنظیمات اولیه ایجاد کند، بنابراین در صورت تغییر تعریف GUI، نیازی به کامپایل مجدد نیست.

در یک سطح پایین‌تر، نمایشگر فیزیکی متصل‌شده به CDS به چند زیربخش تقسیم می‌شود که با نام پنجره شناخته می‌شوند. هر پنجره می‌تواند شامل یک یا چند لایه باشد. این پنجره‌ها ماهیتی مشابه با پنجره‌های سیستم‌عامل ویندوز دارند، اما محدودیت‌های بیشتری در اینجا وجود دارد. به عنوان مثال بر خلاف ویندوز، طبق استاندارد ARINC 661 در نمایشگرهای کابین پنجره‌ها امکان همپوشانی ندارند. شکل ۳ سلسله مراتب پنجره و لایه‌ها را در CDS نشان می‌دهد.



در هنگام اجرا، CDS به‌طور مداوم ورودی‌های خلبان را کنترل می‌کند. در صورت وجود یک ورودی، ابتدا بررسی می‌شود که آیا لازم به اجرای یک عکس‌العمل در خود CDS هست یا خیر. سپس دستور ورودی در صورت لزوم برای UA ارسال می‌شود. به عنوان مثال یک دکمه را روی نمایشگر در نظر بگیرید. در صورتی که خلبان آن را لمس کند، ابتدا نمایشگر به نحوی (تغییر رنگ یا تغییر ابعاد) فعال شدن آن را برای خلبان نمایش دهد و سپس این رویداد را برای اعمال تغییرات به UA ارسال کند. سپس ممکن است UA لازم باشد متناسب با این رویداد، دستور یک تغییر را در صفحه نمایش به CDS ایجاد کند. علاوه بر این UAها به‌طور معمول پیام‌های ثابتی به CDS ارسال می‌کنند تا موقعیت همه عناصر صفحه نمایش را بروزرسانی کنند.

هنگام درخواست گواهینامه برای سیستم‌های مبتنی بر این معماری، ایجاد نیازمندی‌های سطح بالا و سطح پایین بسیار ساده خواهد بود. همچنین استفاده از فرمت استاندارد مبادله XML برای فایل‌های تعریف، انعطاف‌پذیری بالایی به توسعه‌دهندگان نرم‌افزار می‌دهد تا بتوانند از سیستم‌های CDS فروشندگان مختلف که سازگار با استاندارد ARINC 661 هستند، استفاده کنند؛ البته قابلیت مهم دیگر این است که با تغییرات ظاهری کم ابزارها داخل کتابخانه CDS، می‌توان از فایل‌های تعریف و اپلیکیشن‌های کاربری (UA) یک سیستم در پروژه‌های جدید استفاده کرد.



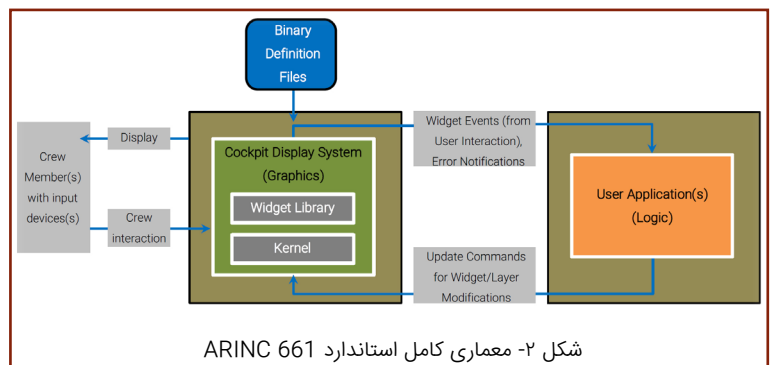
کتابخانه ابزارها، امکان تفکیک بین کد ترسیم‌کننده گرافیک‌ها و کد مدیریت منطق را فراهم می‌کند.

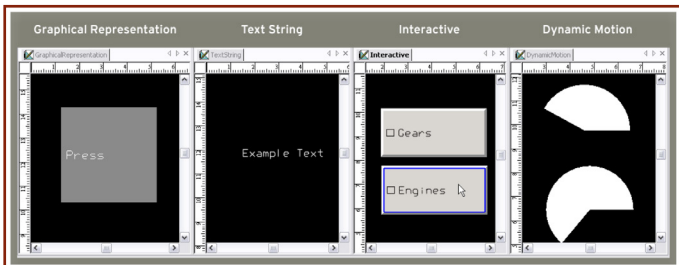
شکل ۱ رابطه بین CDS و UA همراه با محیط اجرای معمول آن‌ها را نشان می‌دهد. این تصویر بیان می‌کند که بیش از یک UA می‌تواند با CDS ارتباط داشته باشد. در این شرایط، هر اپلیکیشن کاربری می‌تواند به‌طور کاملاً جداگانه و توسط شرکت متفاوت توسعه یافته باشد. همچنین هر اپلیکیشن تنها مسئولیت بروزرسانی و واکنش به رویدادهای یک بخش خاص از نمایشگر را دارد.

یک مزیت مهم در این معماری این است که در صورت نیاز برای بروزرسانی روی فریم‌های صفحه نمایش، کفایت یک فایل طرح جدید ایجاد شود. این در حالی است که در معماری‌های قدیم، تغییرات باید روی کدهای اپلیکیشن انجام می‌شد. این بدان معناست که برای ایجاد تغییر در چیدمان عنصرهای گرافیکی صفحه نمایش مانند جابجایی موقعیت یک ابزار یا تغییر اسامی، نیازی به کامپایل مجدد و اخذ گواهینامه برای کدهای UA و CDS نیست. این مزیت برای ایجاد تغییرات در بخش اپلیکیشن نیز وجود دارد. زیرا تغییرات روی یک اپلیکیشن کاربری خاص تنها روی خود آن اثرگذار است و نیازی به ایجاد تغییر در کدهای CDS یا سایر اپلیکیشن‌های کاربری نخواهد بود.

فراتر از بحث ایجاد فضای ایزوله بین بخش‌های مختلف، این معماری امکان توزیع فرایند توسعه برنامه‌ها را بین گروه‌های مختلف یک شرکت یا حتی شرکت‌های پیمانکار فرعی ساده‌تر می‌کند.

در معماری تعیین شده برای استاندارد ARINC 661، سیستم CDS ابزارها را بر اساس یک یا چند فایل طرح‌بندی که در اصطلاح فایل تعریف (DF) نامیده می‌شوند، بارگیری و نمایش می‌دهد. هر DF دربردارنده یک یا چند لایه است که شامل لیست سلسله‌مراتبی از تمام ابزارهایی می‌شود





شکل ۵- مثال‌هایی از ابزارهای مختلف در دسته‌بندی‌های تعریف شده توسط

استاندارد ARINC 661

- **مدیریت نقشه:** ابزارهایی برای تفسیر و مدیریت نمایش نقشه روی نمایشگرهای سازگار با استاندارد
- **ابزاری:** شامل ابزارهایی که گرافیکی را روی نمایشگر ارائه می‌دهند و توابع خاصی را در رابطه با عملکرد مجموعه ارائه می‌دهند. مانند ابزار بافر داده‌ها
- **اعتبارسنجی اپلیکیشن کاربری:** ابزارهایی که لازم است رویدادهایشان توسط UA تایید شود.

هرچند استاندارد ARINC 661 برای سازگاری هر چه بیشتر سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم‌های نمایشگر کابین نحوه عملکرد ابزارها و پارامترهای آن‌ها را توصیف می‌کند، اما در مورد ظاهر گرافیکی آن‌ها محدودیتی قائل نشده است. این باعث می‌شود تا تولیدکنندگان نمایشگرها آزادی عمل بیشتری برای ایجاد خلاقیت در طرح‌های گرافیکی محصولات خود داشته باشند. البته در استاندارد یک قانون وجود دارد که به توسعه‌دهندگان اجازه ساخت ابزارهای سفارشی با قید رعایت پارامترها و عملکردی متناسب با الگوی ابزارهای عمومی، را می‌دهد.

داشتن مجموعه‌ای از ابزارهای استاندارد برای توسعه یک نمایشگر، به طراحان در درک سریع و صحیح خواسته‌های استاندارد ARINC 661 و چگونگی توسعه یک نمایشگر جدید کمک می‌کند. این مجموعه استاندارد از ابزارها همچنین به جمع‌آوری آسان‌تر مستندات طراحی و نیازمندی‌های سیستم در سطح پایین پروژه و تسهیل فرایند اخذ گواهینامه‌ها کمک می‌کند.

فصل سوم استاندارد به‌طور اختصاصی به بحث ابزارها، چگونگی استفاده از آن و پارامترهای مربوط به هر ابزار می‌پردازد. توضیحات این بخش به‌طور کامل به توسعه‌دهندگان نحوه بکارگیری ابزارها را در اپلیکیشن‌ها می‌دهد.

نسخه جدید استاندارد

سپتامبر سال ۲۰۲۰ نسخه جدیدی از استاندارد منتشر شد. در این نسخه ۱۱ ابزار جدید در رابطه با نقشه‌های سه بعدی و ۷ افزونه ابزار جدید به کتابخانه اضافه شده است.

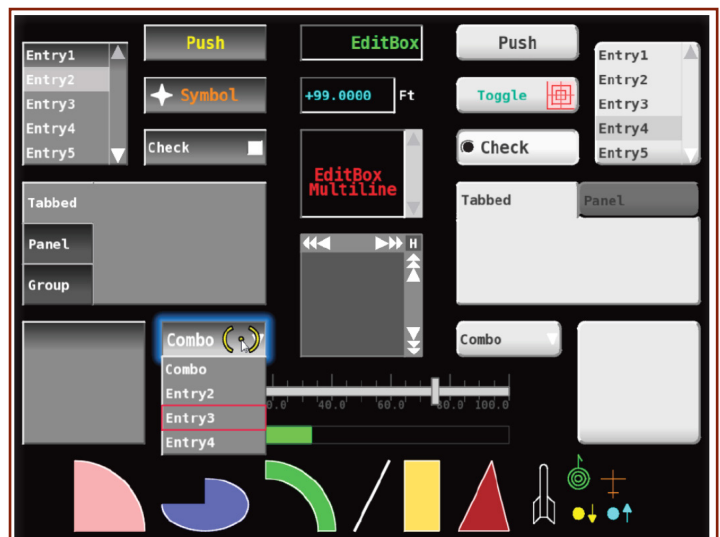
پلتفرم‌های طراحی سیستم‌های مبتنی بر استاندارد ARINC

661

از شرکت PRESAGIS می‌توان به عنوان یکی از پیشگامان توسعه ابزار

استاندارد ARINC 661 به جای محدودکردن طراحان سیستم به مجموعه‌ای از عناصر سازنده برنامه یا ساخت یک معماری سفارشی در هر پروژه، تعداد ۴۲ ابزار (در اولین نسخه استاندارد) را معرفی می‌کند که می‌تواند برای ایجاد طرح صفحه نمایش‌ها استفاده شوند. در نسخه‌های بعدی استاندارد، تعداد ابزارها افزایش یافته است. به عنوان مثال در نسخه ۲۰۱۳، شاهد ۷۹ ابزار و همچنین ۱۰ افزونه ابزار هستیم. افزونه‌ها ویژگی‌های جدیدی را به ابزارهای موجود اضافه می‌کنند. همچنین از نسخه ۲۰۱۶ قابلیت انیمیشن به برخی از عناصر ابزارها افزوده شده است. پیچیدگی کار با ابزارها تنوع زیادی دارد. به عنوان مثال ابزار ترسیم یک خط (GpLine) یا ترسیم یک مستطیل (GpRectangle) بسیار ساده هستند، اما کار با ابزار مدیریت نقشه (MAPHORZ) که وظیفه جمع‌آوری اطلاعات از منابع مختلف و نمایش موقعیت آن‌ها روی نقشه را دارد، ممکن است پیچیده باشد.

برخی از ابزارها ممکن است هیچ نمای گرافیکی مستقلی ارائه ندهند و تنها در ترکیب با سایر ابزارها موثر واقع شوند. به عنوان مثال یک ابزار می‌تواند برای ایجاد گروه بین چند عنصر استفاده شود و در هر لحظه یکی از این عناصر را برای خلبان نمایش دهد.



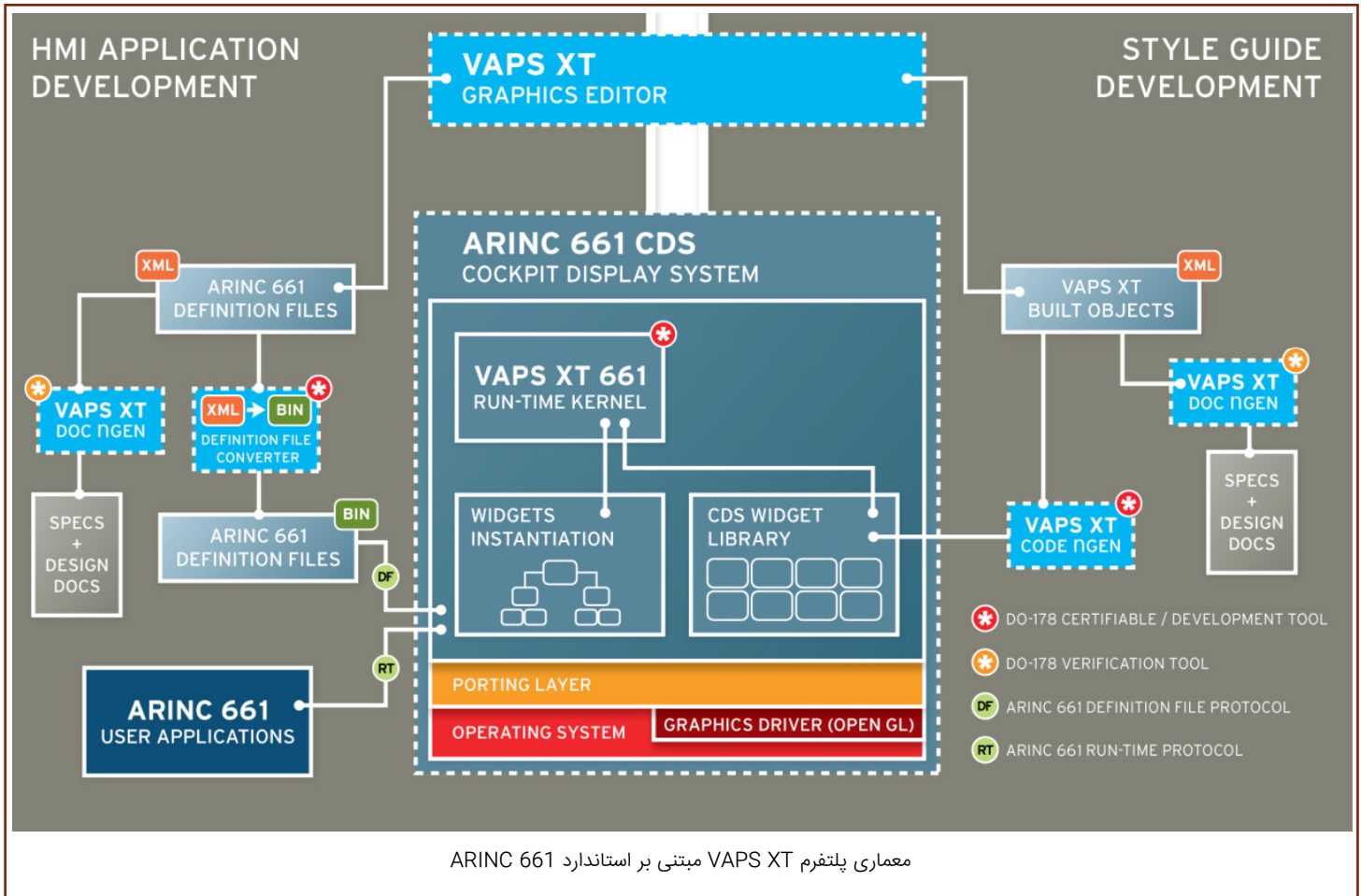
شکل ۴- نمونه‌هایی از ابزارهای ساده گرافیکی تعریف شده در استاندارد

ARINC 661

انواع ابزارها

طبق نسخه سال ۲۰۱۰ استاندارد ARINC 661، به‌طور کلی ۸ دسته‌بندی برای ابزارها وجود دارد که بشرح زیر هستند:

- **کانتینر:** یک ابزار که می‌تواند شامل تعدادی ابزار دیگر برای تعریف سلسله مراتب یا ارائه عملکردهای آن‌ها باشد.
- **ارائه‌دهنده گرافیک:** ابزارهایی که ترسیم گرافیک هستند.
- **رشته متنی:** ابزاری برای نمایش متن‌های ساده
- **تعاملی:** ابزارهایی که برای تعامل با کاربر در نظر گرفته می‌شوند. مانند دکمه‌های لمسی



شرکت ANSYS نیز یک نسخه از پلتفرم SCADe خود را متناسب با استاندارد ARINC 661 ارائه کرده است. این پلتفرم یک ابزار شبیه‌سازی است که مهندسان را قادر به طراحی و ساخت نمونه‌های اولیه سیستم‌های مبتنی بر این استاندارد می‌کند. این ابزار شامل امکانات کامل برای طراحی نرم‌افزار CDS و همچنین اپلیکیشن‌های کاربردی می‌شود.

یک منبع باز برای آموزش و شروع کار با استاندارد ARINC 661

661

یک گروه تحقیقاتی از شرکت فرانسوی Dassault در سال ۲۰۰۷ پروژه‌ای را برای آموزش کار با استاندارد ARINC 661 آغاز کردند. کلیه محتوای آموزشی آن‌ها به همراه کدهای نمونه در آدرس <http://j661.sourceforge.net> به صورت رایگان و منبع باز در دسترس قرار دارد. این پروژه شامل معرفی استاندارد مذکور و مفاهیم بنیادی آن، معرفی ابزارهای مختلف و کدهای نمونه برای پروژه‌های کوچک می‌شود.

پی‌نویس‌ها:

- 1- Cockpit Display System Interfaces to User Systems
- 2- Cockpit Display System
- 3- Definition File

منابع:

استاندارد ARINC 661

<https://militaryembedded.com/avionics/displays/understanding-benefits-a-certified-environment>, <https://presagis.com>

طراحی نرم‌افزارهای گرافیکی کابین خلبان نام برد. یکی از محصولات این شرکت پلتفرم توسعه UA و CDS مبتنی بر استاندارد ARINC 661 است. طراحان با استفاده از این پلتفرم می‌توانند به راحتی از ابزارهای استاندارد یا ابزارهای سفارشی‌سازی شده استفاده کنند. در بخش توسعه اپلیکیشن‌های کاربردی نیز طراح می‌تواند با استفاده از ابزارهایی مانند IBM Rational یا MathWorks Simulink به راحتی برنامه خود را پیاده‌سازی کند.

در نسخه شماره ۴۰ مجله اویونیک به طور کامل یکی دیگر از پلتفرم‌های نرم‌افزاری این شرکت با نام VAPS XT اشاره کردیم که برای طراحی اپلیکیشن‌های مربوط به صفحات نمایش در کابین هواپیما و خودروها کاربرد دارد. ترکیب این دو پلتفرم نرم‌افزاری و افزونه‌های دیگری که توسط شرکت PRESAGIS ارائه می‌شوند، ابزارهای کاملی در اختیار توسعه‌دهندگان سیستم‌های کابین خلبان قرار می‌دهد. یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از این مجموعه‌ها، سهولت در جمع‌آوری مدارک طراحی از مرحله تعریف نیازمندی‌ها تا تهیه نسخه نهایی برنامه‌های نرم‌افزاری و اپلیکیشن‌ها است.

از دیگر ابزارهای طراحی سیستم‌های کابین خلبان مبتنی بر استاندارد ARINC 661 می‌توان به IData محصولی از شرکت ENSCO اشاره کرد. این پلتفرم نیز قابلیت‌های زیادی در اختیار طراحان قرار می‌دهد تا در کمترین زمان و با استفاده از ابزارهای زیبا، طرح سیستم‌های نمایشگر کابین را پیاده‌سازی کنند. افزونه‌های جانبی این پلتفرم نیز امکانات زیادی را در اختیار کاربران می‌گذارد. به عنوان مثال افزونه IDataMap نمایش نقشه‌های دو بعدی و سه بعدی متحرک را برای کاربردهای نظامی و تجاری و همچنین ساخت شبیه‌سازهای پرواز فراهم می‌کند.



تحول در سیستم‌های IFF

دشمن است از طریق لباس‌های مشخص یا طرح‌های رنگی انجام می‌شد. این روش مشکلات زیادی از جمله عدم امکان تشخیص در شرایط دید کم داشت. امروزه با توسعه فناوری‌های الکترونیکی، شناسایی با استفاده از سیستم‌های تشخیص هویت انجام می‌شود که به آن‌ها «شناسایی دوست یا دشمن» یا IFF گفته می‌شود.

مروری بر تاریخچه IFF

تاریخچه ساخت سیستم‌های IFF به اوایل جنگ جهانی دوم برمی‌گردد. اولین مدل با نام Mark I شناخته می‌شود که توسط بریتانیا ساخته و به عنوان یک مکمل برای شناسایی هواپیماهای دوست در رادار Chain Home مورد استفاده قرار می‌گرفت. نیروی هوایی بریتانیا یک گیرنده روی هواپیماهای خود نصب کرد که سیگنال دریافتی از رادار Chain Home را با یک آنتن دایپل دریافت می‌کرد. این سیگنال در گیرنده وارد یک مدار روزنانس روی فرکانس مذکور (۲۰ تا ۳۰ مگاهرتز) می‌شد و سپس با یک تقویت کننده دوباره روی همان فرکانس بصورت یک سیگنال کد شده منتشر می‌شد. قدرت این سیگنال از سیگنال دریافتی توسط گیرنده بیشتر بود و رادار زمینی می‌توانست به راحتی آن را از بازتاب‌های برگشتی از هواپیما تفکیک کند. اما این سیستم اشکالات زیادی داشت و خدمه پرواز از عملکرد آن‌ها ناراضی بودند. زیرا خدمه باید حین پرواز ضریب تقویت سیستم را بطور مداوم تنظیم می‌کردند. اگر ضریب تقویت کم می‌بود، سیگنال اصلا از آنتن ارسال نمی‌شد و اگر تقویت بیش از حد انجام می‌شد، سیگنال ارسالی روی کارکرد گیرنده زمینی اشکالاتی ایجاد می‌کرد. مشکل دیگر این سیستم محدود بودن فرکانس کاری بود. به عبارتی سخت‌افزار برای یک فرکانس ساخته می‌شد و بنابراین هواپیما تنها برای رادارهایی که روی آن فرکانس فعال بودند قابل شناسایی بود. برای رفع این مشکل کارتهایی با فرکانس‌های مختلف روی هواپیما قرار داده شد که از طریق کابین خلبان قابل انتخاب

در میدان‌های جنگ، برتری هوایی و تسلط بر شناسایی تجهیزات یکی از عوامل اصلی پیروزی محسوب می‌شود. جنگ‌های امروزی بین فناوری‌های پیشرفته پهبادی و هماهنگی بین نیروها است. در بسیاری از نمونه‌های امروزی، شاهد جنگ بین دو اتحاد از کشورها هستیم. در این شرایط ممکن است پلتفرم‌های هوایی و زمینی دو کشور متحد با یکدیگر متفاوت باشند و حتی از لحاظ فناوری‌های شناسایی و ارتباطی اشتراکی وجود نداشته باشد. بنابراین انجام عملیات‌های مشترک نظامی دشوار خواهد بود و حتی ممکن است یک هواگرد از کشور هم‌پیمان به عنوان دشمن تلقی شده و توسط نیروهای خودی نابود شود. این اشتباه ممکن است به دلایل مختلفی از جمله از دست دادن آگاهی موقعیتی (Situation Awareness)، قرارگرفتن در مکان و در زمان اشتباه یا برخوردهای غیرمنتظره که در آن شناسایی سریع امکان‌پذیر نیست، رخ دهد.

در فضای جنگ‌های امروزی تشخیص سریع نیروهای دوست از دشمن اهمیت زیادی دارد، چرا که تصمیم در مورد شلیک به یک هواگرد باید در چند ثانیه اتخاذ شود. این در شرایطی است که فرد تصمیم‌گیرنده باید همزمان فعالیت‌های دیگر را انجام دهد. به عنوان مثال یک خلبان جنگنده را در نظر بگیرید که ناگهان چند پهباد را در صفحه رادار خود مشاهده می‌کند. او باید به سرعت تشخیص دهد که کدام پهبادهای خودی هستند و اجازه شلیک به کدام پهبادهای را دارد. خلبان باید بطور همزمان وظایف خلبانی خود را دنبال کند و از طرفی به تهدیدهای ممکن برای هواپیمای خود نیز توجه کند. آقای کارل فون کلاوویتس از اندیشمندان روسی حوزه جنگ در کتاب On War خود می‌گوید: «جنگ قلمرو تردید و عدم اطمینان است. سه چهارم عوامل موثر در جنگ درون مه (نامعلومی) قرار دارند. موفقیت در جنگ به یک هوش ماهر برای بوئیدن حقیقت‌ها نیازمند است.»

در گذشته‌های دور تعیین اینکه یک فرد یا وسیله نظامی دوست یا

در آن فاصله بین دو پالس ۳ میکروثانیه بود. حالت ۳ (با فاصله بین دو پالس ۸ میکروثانیه) برای رهبر گروه و حالت ۲ نیز برای موارد خاص در نظر گرفته شده بود که به اپراتور زمینی امکان شناسایی یک هواپیمای خاص را می‌داد. به دلیل مشابهت حالت ۳ با حالت A در رادارهای ثانویه، به Mode 3/A معروف شده است.

هواپیماها در پاسخ به دو پالس دریافتی از رادار زمینی می‌توانند یک قطار پالس که شامل یک کد بیتی است ارسال کنند. با استفاده از این کد می‌توان هواپیماهای مختلف را از یکدیگر تفکیک کرد.

در مورد رادارهای ثانویه و برای شناسایی هواپیماهای غیرنظامی، بجز حالت A، حالت‌های C و S نیز مرسوم هستند. در حالت A، مشابه با حالت ۳ در هواپیماهای نظامی، سیستم می‌تواند در پاسخ به رادار کد شناسایی خود را که قبل از پرواز توسط مرکز کنترل ترافیک هوایی تعیین شده است را ارسال کند. در حالت C، هواپیما قادر خواهد بود از طریق قطار پالس، ارتفاع خود را در پاسخ به رادار اعلام کند. در حالت S، هواپیما می‌تواند اطلاعات بیشتری از خود از جمله موقعیت را از طریق پالس‌های ارسالی به ایستگاه زمینی اعلام کند.

سیستم‌های IFF Mark XII

کلیه سیستم‌های IFF که تا اینجا مورد بررسی قرار دادیم یک مشکل بزرگ دارند. سیستم درون هواپیما به هر پالس ورودی پاسخ می‌دهد، صرف نظر از اینکه پالس‌های پرسش توسط رادارهای دوست تولید شده‌اند یا دشمن.

به عنوان مثال در سیستم IFF Mark X، دو پالس توسط سیستم رادار زمینی ارسال می‌شود که در یک فرکانس ثابت و با فواصل مشخص هستند. دشمن می‌تواند با ساخت این پالس‌ها سیستم IFF هواپیما را فریب داده و از روی پرسش‌های دریافتی موقعیت آن را با تکنیک مثلث محاسبه کند. ارتش بریتانیا از همین تکنیک برای شناسایی هواپیماهای آلمانی در جنگ جهانی دوم استفاده می‌کرد.

نسل جدید سیستم‌های IFF با نام Mark XII این مشکل را برطرف کرده‌اند. این سیستم‌ها در فرکانس‌های مشابه با MARK X کار کرده و از کلیه حالت‌های نظامی و غیرنظامی پشتیبانی می‌کنند. تنها تفاوت این مدل، در افزودن حالت ۴ خلاصه می‌شود. این حالت تا حدودی مشابه با حالت 3/A طراحی شده است و در آن یک سیگنال پرسش از رادار ارسال و سیستم فرستنده/گیرنده هواپیما به آن پاسخ می‌دهد. اما دو تفاوت اصلی در این حالت وجود دارد.

اول اینکه سیگنال ارسالی از سیستم زمینی (سیگنال پرسش) حاوی یک کد ۱۲ بیتی است. این کد هر روز تغییر می‌کند. پس از اینکه کد ۱۲ بیتی توسط گیرنده هواپیما دریافت شد، یک عملیات رمزنگاری (cryptographic) روی آن اعمال می‌شود. اگر نتیجه با عدد ثبت شده در IFF هواپیما یکسان باشد، یک پاسخ حالت ۳ به ایستگاه زمینی ارسال خواهد شد. در غیر اینصورت هیچ پیامی از سوی هواپیما به پرسشگر زمینی ارسال نمی‌شود.

با این تکنیک مشکل پاسخ دادن IFF هواپیما به پرسشگرهای دشمن رفع می‌شود، اما همچنان دشمن می‌تواند از طریق تکنیک مثلث موقعیت هواپیما را محاسبه کند. برای رفع این مشکل، یک تاخیر مشخص به سیگنال



تصویری از یک نمونه سیستم IFF Mark II

بودند. اما در بسیاری از موارد خلبان هنگام پرواز تغییر فرکانس را فراموش یا با توجه به موقعیت هواپیما، فرکانس اشتباهی را انتخاب می‌کرد.

اما در کنار این دو مشکل، یک چالش دیگر سیستم IFF بریتانیا را تهدید می‌کرد. با آغاز جنگ جهانی بریتانیا مدل‌های پیشرفته‌تری از رادارها را توسعه داد که در فرکانس‌های بالاتر (تا ۲۰۰ مگاهرتز) کار می‌کردند. بنابراین تغییر مداوم سخت‌افزار Mark I حین پرواز برای هر کدام از این رادارها غیر ممکن بود. بنابراین نسخه جدیدی از سیستم شناسایی با نام Mark II طراحی شد که توانایی پاسخ‌گویی به انواع رادارها را داشت. در این سیستم یک سوئیچ مکانیکی با مکانیزم چرخ ژنو بطور مداوم تمام فرکانس‌های مورد نظر را جاروب می‌کرد و دیگر نیازی به انتخاب دستی فرکانس توسط خلبان نبود. همچنین یک مدار کنترل خودکار بهره، ضریب تقویت را تنظیم می‌کرد. هر چند این سیستم‌ها بهره‌وری و دقت زیادی نداشتند، اما توانستند تا حد زیادی به بریتانیا در نبرد هوایی کمک کنند.

در اواسط جنگ جهانی دوم و با ساخت رادارهای مایکروویو، نسل سوم سیستم‌های IFF با نام Mark III تولید شدند. این سیستم‌ها در واقع شامل یک فرستنده و یک گیرنده بودند که به سیگنال‌های رادارهای شناسایی پاسخ می‌دادند. این سیستم قابلیت‌ها و بهره‌وری بالاتری از نسخه‌های پیشین خود داشت و تا سال ۱۹۵۲ توسط ارتش بریتانیا مورد استفاده قرار می‌گرفت. پس از آن نسل جدیدی از IFF با نام Mark X عرضه شدند. این سیستم که با رادارهای محدوده یک گیگاهرتز سازگار بود، توسط سازمان پیمان آتلانتیک شمالی (ناتو) به عنوان یک IFF استاندارد مورد تایید و استفاده قرار گرفت. همچنین ایکائو سیستم مذکور را با برخی تغییرات به عنوان فرستنده/گیرنده رادار ثانویه در هواپیماهای مسافری برای کنترل ترافیک هوایی بکار گرفت.

در سیستم Mark X بر خلاف نسخه‌های قبلی، سیگنال پرسش رادار زمینی دارای ۲ پالس است. فاصله این دو پالس می‌تواند ۳ حالت (Mode 1/2/3) ایجاد کند. داخل کابین خلبان یک کلید برای انتخاب حالت IFF در نظر گرفته شده بود. بیشتر هواپیماها از حالت ۱ استفاده می‌کردند که

ترافیک هوایی (ATC) فراهم کند. با این حال سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که تمام قابلیت‌های عملیاتی حالت ۴ را پشتیبانی می‌کند. داده‌های اضافی شامل ارتفاع، موقعیت هواپیما (که از طریق GPS تهیه می‌شود) و همچنین حالت‌های اضطراری است. بنابراین می‌توان گفت این سیستم اطلاعات مشابه با سامانه ADS-B در بخش غیر نظامی تهیه می‌کند.

در این پروژه که توسط نیروی دریایی ایالات متحده رهبری می‌شود، مقرر شده است از سال ۲۰۲۰ عملیات جایگزینی سیستم جدید با Mark XII آغاز شود. نیروی دریایی ایالات متحده با شرکت‌هایی مانند BAE، رایتون و تلفونیکس برای ساخت تجهیزات جدید همکاری کرده است. شرکت رایتون اخیراً محصولی با نام AN/APX-119 معرفی کرده است که علاوه بر قابلیت‌های IFF Mark XIIA، از Mode S و سامانه ADS-B نیز پشتیبانی می‌کند. بنابراین سیستم مذکور می‌تواند علاوه بر پاسخ‌گویی به پرسش‌های شناسایی بخش نظامی، به رادارهای ثانویه کنترل ترافیک هوایی نیز پاسخ داده و در صورت لزوم به عنوان یک فرستنده ADS-B نیز عمل کند. یک گیرنده GPS برای تهیه موقعیت دقیق و اعمال آن در پاسخ‌های هواپیما درون دستگاه تعبیه شده است. شرکت BAE نیز محصولی مشابه با نام AN/APX-123 را به بازار عرضه کرد.

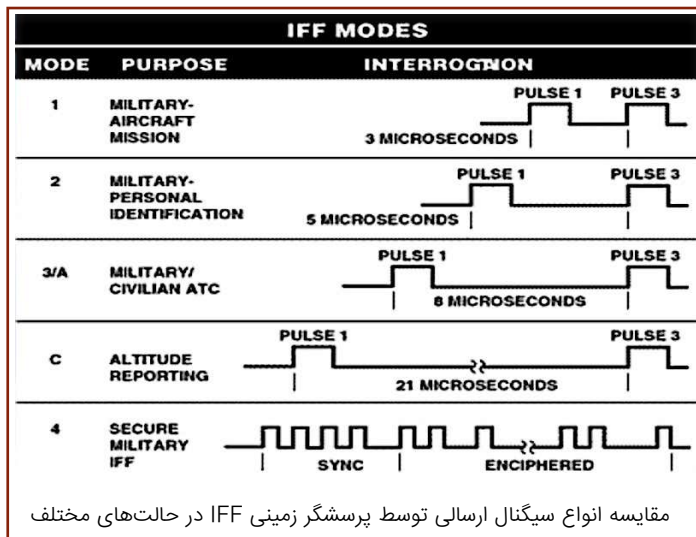


سیستم IFF Mark XIIA شرکت BAE با نام تجاری AN/APX-123 با قابلیت پشتیبانی از Mode S و سامانه ADS-B

همانطور که گفتیم بخشی از فرایند شناسایی در سیستم‌های IFF Mark XII/XIIA عملیات رمزنگاری است. این کار نیاز به سخت‌افزار ویژه و قدرتمندی دارد که معمولاً از خود دستگاه IFF هواپیما مجزا می‌شود. به عنوان مثال شرکت رایتون یک محصول با نام تجاری KIV-77 عرضه کرده است که می‌تواند عملیات رمزنگاری برای هر دو حالت ۴ و ۵ اجرا کند.



دستگاه رمزنگار KIV-77 ساخت شرکت رایتون



پاسخ اضافه می‌شود که بر اساس کد ارسالی از پرسشگر زمینی تغییر می‌کند. بدین ترتیب اگر یک ایستگاه دشمن بخواهد موقعیت هواپیما را با تکنیک مثلث محاسبه کند، در هر مرتبه یک جابجایی تصادفی روی سیگنال ارسالی از هواپیما وجود دارد که باعث پیچیده شدن محاسبات مثلث می‌شود.

این مدل از IFF در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط ایالات متحده معرفی و در جنگ ویتنام مورد استفاده قرار گرفت. با وجود رفع دو مشکل Mark X توسط Mark XII، همچنان امکان جَمینگ روی هر دو نسل با وجود فرکانس‌های پاسخ مشخص وجود داشت. در سال‌های بعد ایالات متحده به منظور رفع این مشکل یک پروژه برای ساخت IFF با استفاده از تکنیک طیف گسترده آغاز کرد. این پروژه با نام Mark XV خیلی زود در سال ۱۹۹۰ متوقف شد، چرا که هزینه جایگزینی ۱۷ هزار واحد IFF Mark XII برای ارتش این کشور قابل قبول واقع نشد.

نسل جدید سیستم‌های IFF

همانطور که گفتیم 4 Mode IFF شامل یک ایستگاه زمینی راداری به عنوان پرسشگر و یک واحد فرستنده/گیرنده داخل هواپیما است. از طریق این سیستم می‌توان فاصله و جهت هواپیماهای دوست را از ایستگاه زمینی مشخص کرد. این در حالی است که سیستم شناسایی هواپیماهای غیرنظامی که توسط رادار SSR انجام می‌شود، این امکان را فراهم کرده است که علاوه بر محاسبه فاصله و جهت هواپیما توسط ایستگاه زمینی، خود هواپیما نیز بتواند موقعیتش را بر اساس سیستم‌های ناوبری داخلی مانند GPS روی سیگنال پاسخ ارسال کند. به دنبال این تحول، بخش نظامی نیز به دنبال راهکاری مشابه برای افزایش قابلیت‌های سیستم IFF گشت.

در سال ۱۹۹۵ دستور توسعه سیستم جدید با نام IFF Mark XIIA Mode 5 از سوی ارتش ایالات متحده صادر شد. ناتو در سال ۲۰۰۲ سند STANAG 4193 را با هدف استانداردسازی این سیستم بین نیروهای کشورهای عضو و ایالات متحده منتشر کرد. سیستم IFF حالت پنج از تکنیک‌های مدولاسیون، کدگذاری و رمزنگاری مدرن برای رفع برخی محدودیت‌های امنیتی در نسخه حالت ۴ استفاده می‌کند.

این سیستم توانسته است با تکنیک طیف گسترده امکان ارسال داده‌های اضافی را بدون افزایش تداخلات روی فرکانس‌های موجود سیستم کنترل

در مورد پهپادها چطور؟

با توجه به گسترش استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین در عملیات‌های نظامی، لازم است این سیستم‌ها نیز مانند پلتفرم‌های سرنشین‌دار توسط نیروهای خودی و دوست شناسایی شوند. بنابراین باید گفت نصب IFF در پهپادها یک ضرورت محسوب می‌شود. اما آیا می‌توان یک IFF نسل جدید را که روی پلتفرم‌های نظامی سرنشین‌دار نصب می‌شود، روی یک پهپاد راه‌اندازی کرد؟

همانطور که می‌دانید پهپادها در مقایسه با پلتفرم‌های بزرگ سرنشین‌دار محدودیت‌هایی مانند فضا، وزن و توان مصرفی دارند. هر چند نصب یک IFF مشابه مدل AN/APX-123 شرکت BAE روی پهپادهای سنگینی مانند گلوبال‌هاوک (RQ-4) امکان‌پذیر است، این پهپادهایی با این ابعاد تنها بخش بسیار کوچکی از دنیای هواپیماهای بدون سرنشین را تشکیل می‌دهند. بنابراین در طراحی یک IFF برای هواپیماهای بدون سرنشین باید نکات مهمی مد نظر قرار گرفته شود. در ادامه به برخی از این موارد اشاره می‌کنیم.

ابعاد و وزن

همانطور که اشاره کردیم، نصب تجهیزات روی بیشتر پهپادها از لحاظ وزن و ابعاد با محدودیت مواجه می‌شود. کوچک‌ترین IFF‌های تولید شده توسط شرکت‌های معتبر بدون در نظر گرفتن بخش رمزنگاری، حداقل ۳ کیلوگرم وزن دارند.

توان مصرفی

با توجه به منابع محدود تولید توان در یک پهپاد، سیستم بالاترین بازدهی را از لحاظ مصرف توان در انجام وظیفه محوله داشته باشد. البته باید توجه کرد که در پلتفرم‌های سرنشین‌دار، معمولاً فاصله بین سیستم‌های فرستنده/گیرنده و آنتن زیاد است و این باعث افت توان سیگنال ارسالی روی کابل‌ها می‌شود. اما در هواپیماهای بدون سرنشین فاصله‌ها بسیار کمتر است و در نتیجه افت توان کمتری رخ خواهد داد.

تنوع آنتن‌ها

در هواپیماهای سرنشین‌دار معمولاً از فرستنده/گیرنده‌های دوکاناله برای

پشتیبانی از نصب دو آنتن (یکی در بالا و یکی در پایین بدنه هواپیما) استفاده می‌شود. دلیل استفاده از این ترکیب که با نام تنوع (Diversity) شناخته می‌شود، امکان دریافت و ارسال همزمان سیگنال‌های IFF از سمت بالا و پایین هواپیما است، چرا که بدنه بزرگ هواپیما می‌تواند مانع عبور سیگنال از بالا یا پایین باشد. اما یک پهپاد تاکتیکی با بدنه باریک می‌تواند تنها توسط یک آنتن با پوشش عمودی، کلیه سیگنال‌های منتشر شده از بالا یا پایین هواپیما را دریافت کند. البته باید توجه کرد که برای عملیات‌های ایمنی-بحرانی، نصب سیستم‌های دوکاناله ارجحیت دارد.

پشتیبانی از ADS-B Out

در برخی شرایط ممکن است پهپاد درون حریم‌های هوایی آزاد داخل کشور پرواز کند. در این حالت پشتیبانی سیستم از سامانه ADS-B Out می‌تواند به شناسایی آن توسط مرکز کنترل ترافیک هوایی کمک کند.

پورت‌های ورودی و خروجی سازگار

پورت‌های ورودی/خروجی در نظر گرفته شده برای یک IFF باید سازگار با شبکه انتقال اطلاعات درون یک پهپاد باشد. با این حال با توجه به روند معماری اویونیک هواپیماهای بدون سرنشین، می‌توان گفت اترنت بهترین گزینه برای سازگاری هرچه بیشتر سیستم با انواع پهپادها است. همچنین باید توجه کرد که پروتکل‌هایی مانند RS-232 و RS-422 ممکن است از لحاظ پهنای باند برای یک IFF که از سامانه ADS-B پشتیبانی می‌کند، کافی نباشند.

مجموعه این نیازمندی‌ها باعث شد تا وزارت دفاع ایالات متحده و ناتو پروژه‌هایی را برای ساخت دستگاه‌های IFF سازگار با شرایط هواپیماهای بدون سرنشین کوچک و متوسط تعریف کنند. مشخصات مورد نیاز برای این دستگاه در استاندارد AIMS 17-1000 Mark XIIB تعریف شده است. به دلیل ابعاد کوچک سیستم‌های IFF سازگار با پهپادها، به آن Micro IFF اطلاق می‌شود.

یک محصول کوچک اما قدرتمند

شرکت Sagetech اخیراً کوچک‌ترین IFF با قابلیت پشتیبانی کامل از حالت ۵ و سازگار با استاندارد AIMS 17-1000 Mark XIIB را با نام تجاری MX12B به بازار عرضه کرده است. این دستگاه کوچک از حالت‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ سیستم IFF نظامی و حالت‌های A، C و S سیستم مدیریت ترافیک هوایی پشتیبانی می‌کند. همچنین این محصول قابلیت عملکرد به عنوان یک ADS-B Out مطابق استانداردهای بین‌المللی را داراست. تمام این قابلیت‌ها در یک دستگاه با وزن ۱۹۰ گرم و ابعادی بسیار کوچک جمع‌آوری شده است.

پی‌نویس:

1- Identification Friend or Foe

منابع:

<https://sagetech.com>, <https://prnewswire.com>, <https://sbr.gov>





مروری بر برخی پروژه‌های SWARM در سراسر دنیا «پرنده‌های کوچک خشمگین»

به آن اضافه کند. در آن زمان اعلام شد از قابلیت‌های پرواز جمعی Perdix می‌توان برای کاربردهایی مانند شناسایی نیروهای نظامی زمینی، گزارش موقعیت نیروهای دشمن، ایجاد اختلال در ارتباطات رادیویی دشمن، نظارت مداوم بر یک منطقه وسیع، انفجار گسترده یک منطقه یا حتی تظاهر به وجود یک هدف هوایی بسیار بزرگتر و فریب رادارهای دشمن استفاده کرد. برای کسب اطلاعات بیشتر در رابطه با این آزمایش و ویژگی‌های Perdix پیشنهاد می‌کنیم مقاله ما در مجله شماره ۲۶ با عنوان «فناوری پرواز جمعی پرنده‌های بدون سرنشین» را مطالعه کنید.

X-61 Gremlins

آژانس پروژه‌های تحقیقات پیشرفته دفاعی ایالات متحده (دارپا) برنامه‌ای برای استفاده از هواپیمای بدون سرنشین X-61A (گرملینز) به عنوان پلتفرم پایه در پرواز جمعی تنظیم کرده است. ایده پشت برنامه دارپا این است که از هواپیماهای باربری مانند C-130 به عنوان یک پلتفرم برای پرتاب و بازیابی انبوهی از پرنده‌های بدون سرنشین استفاده کند. اجرای این برنامه می‌تواند دنیایی از قابلیت‌ها و امکانات جدید را پیش روی بخش‌های نظامی قرار دهد. در واقع پرواز یک هواپیمای قدیمی مانند C-130 و استفاده از تعداد زیادی پرنده ارزان قیمت، قابل استفاده مجدد و مجهز به حسگرهای مختلف از لحاظ اقتصادی بسیار به صرفه‌تر از عملیات مشابه توسط هواپیماها یا پهپادهای سنگین این کشور است.

پهپاد گرملینز توسط شرکت Dynetics با هدف توسعه برخی از برنامه‌های دارپا ساخته شده است. مهمترین ویژگی این پهپاد امکان پرتاب و بازیابی آن در آسمان توسط یک پلتفرم دیگر مانند C-130 است. هدف از طراحی آن دستیابی به یک پهپاد ارزان قیمت با سیستم‌های کنترل و ناوبری کاملاً دیجیتالی عنوان شده است. وجود یک موتور توربوفن مدل ویلیامز F-107 امکان حمل ۶۵ کیلوگرم محموله را برای آن فراهم کرده است. محموله می‌تواند شامل حسگرهای الکترواپتیک، سیستم‌های تصویربرداری مادون قرمز، رادار روزنه مصنوعی (SAR)، هدفگیر لیزری، سیستم‌های جنگ الکترونیک یا تسلیحات و مواد منفجره باشد. طول پهپاد حدود ۴ متر است و با بیشینه سرعت ۰/۶ ماخ، می‌تواند تا برد ۵۶۰ کیلومتری عملیات انجام دهد.

در سال ۲۰۲۰ دارپا چندین مرحله آزمایش برای عملیات بازیابی گرملینز در آسمان توسط هواپیما C-130 انجام داد، اما در هر مرحله بازیابی کامل با شکست مواجه شد. با این حال مسئولین دارپا اعلام کرده‌اند فاصله بسیار کمی با این موفقیت دارند. سیستم بازیابی در آسمان تا حدودی مشابه با

طی دو سال گذشته بخش نظامی در کشورهای مختلف به دنبال دستیابی به فناوری‌های پیشرفته در پرواز جمعی هواپیماهای بدون سرنشین کوچک (Drone Swarm) بوده‌اند. در این مقاله قصد داریم مروری به برخی از مهم‌ترین پروژه‌های توسعه پرواز جمعی در کشورهای مختلف دنیا داشته باشیم. پیشنهاد می‌کنیم در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر در مورد فناوری پرواز جمعی، مقاله‌های دیگر ما را در رابطه با این موضوع در مجله‌های شماره ۲۶، ۳۶ و ۳۸ مطالعه کنید.

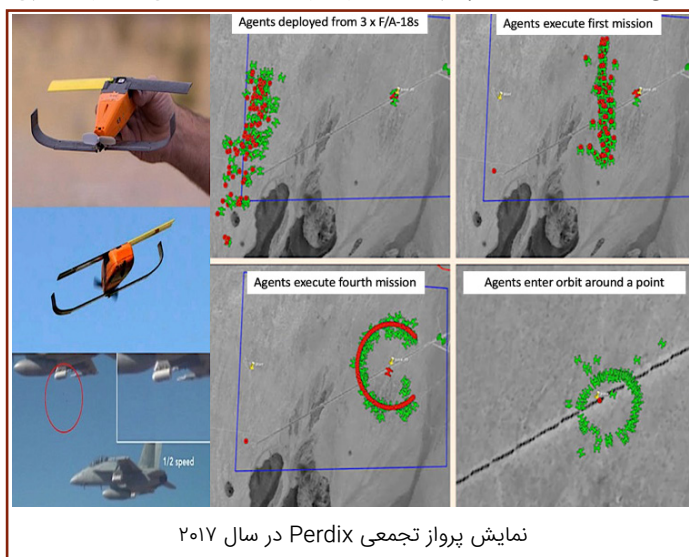
ایالات متحده

ایالات متحده را می‌توان پیش‌تاز توسعه فناوری‌های پرواز جمعی در بخش نظامی دانست. پروژه‌های مختلفی توسط وزارت دفاع و ارتش این کشور برای توسعه فناوری‌های مختلف Swarm تعریف شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

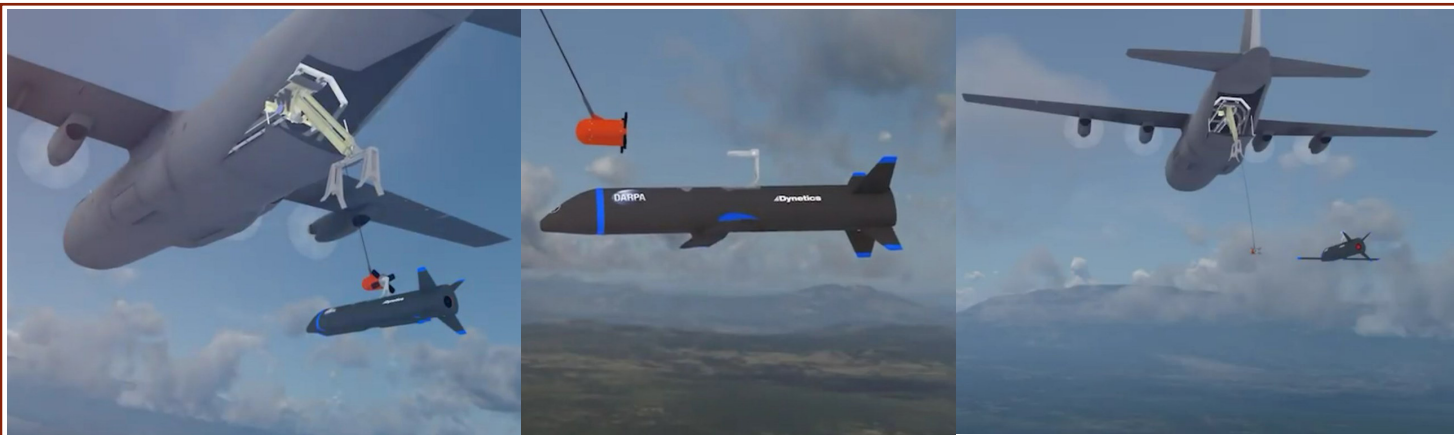
Perdix

در سال ۲۰۱۷ ارتش ایالات متحده نمایشی از پرتاب ۱۰۳ پرنده کوچک با نام Perdix از سه جنگنده F/A-18 را ارائه کرد. در این نمایش چهار مأموریت شامل سه مورد معلق ماندن روی یک هدف و یک مورد تشکیل دایره‌ای به عرض ۱۰۰ متر در آسمان انجام شد. نتیجه نهایی این آزمایش نشان از هوش توزیع‌شده جمعی، قابلیت آرایش‌های مختلف و توانایی خود-ترمیمی را در استفاده از Perdix برای پروازهای جمعی داشت.

در واقع این اولین نمایش رسمی از پرواز جمعی Perdix بود و وزارت دفاع ایالات متحده اعلام کرد قصد دارد در آینده قابلیت‌های بسیار بیشتری



نمایش پرواز جمعی Perdix در سال ۲۰۱۷



نحوه بازیابی پهپاد گرملینز X-61 در آسمان توسط هواپیمای C-130

استفاده از ارتباطات درون شناختی^۲ پرواز می‌کنند.

پهپاد Coyote ساخت شرکت رایتئون است که اولین پرواز خود را در سال ۲۰۱۴ تجربه کرد. نسخه اول این پهپاد کوچک از یک موتور الکتریکی و ملخ برای سیستم پیشران خود استفاده می‌کرد. در سال ۲۰۱۹ شرکت رایتئون با تغییر آن به یک موتور جت و همچنین تغییراتی در حسگرهای پرنده، نسل دوم Coyote را عرضه کرد. وزارت دفاع ایالات متحده از این پرنده برای عملیات‌های ضد پهپادی و شکار پرنده‌های بدون سرنشین دشمن استفاده می‌کند.

در اوایل سال ۲۰۲۱ وزارت دفاع ایالات متحده ضمن عقد قراردادی ۳۳ میلیون دلاری با شرکت رایتئون اعلام کرد قصد دارد پروژه پرواز تجمعی را بر اساس نسخه سوم Coyote برای عملیات‌های دریایی آغاز کند. با توجه به اطلاعات منتشر شده از سوی پنتاگون، از این پروژه برای عملیات‌های ISR در یک منطقه وسیع دریایی و ساحلی و همچنین امکان تهاجم به اهداف سطح دریا استفاده خواهد شد. تاکنون اطلاعاتی از نسخه سوم Coyote در وبسایت شرکت رایتئون منتشر نشده است.

بمب‌های خوشه‌ای حاوی پهپاد

در سال ۲۰۱۷ ارتش ایالات متحده یک پروژه برای ساخت موشک‌هایی حاوی تعداد بسیار زیادی از پهپاد تعریف کرد. این موشک باید بصورت یک بمب خوشه‌ای، پهپادها را در منطقه مناسب رها کند. پس از آن پهپادهای هوشمند که مجهز به مواد منفجره هستند، به سمت هدف حرکت کرده و با کوبیدن خود به آن، باعث انهدام هدف خواهند شد. هدف می‌تواند یک تانک، تاسیسات دفاعی، ساختمان‌های نگهداری مهمات یا کشتی باشد. پهپادها در این سیستم بصورت کوادکوپتر طراحی می‌شوند و برای جای دادن تعداد بسیار زیادی از آن‌ها داخل یک موشک، بال‌ها در ابتدا بصورت جمع‌شده هستند.

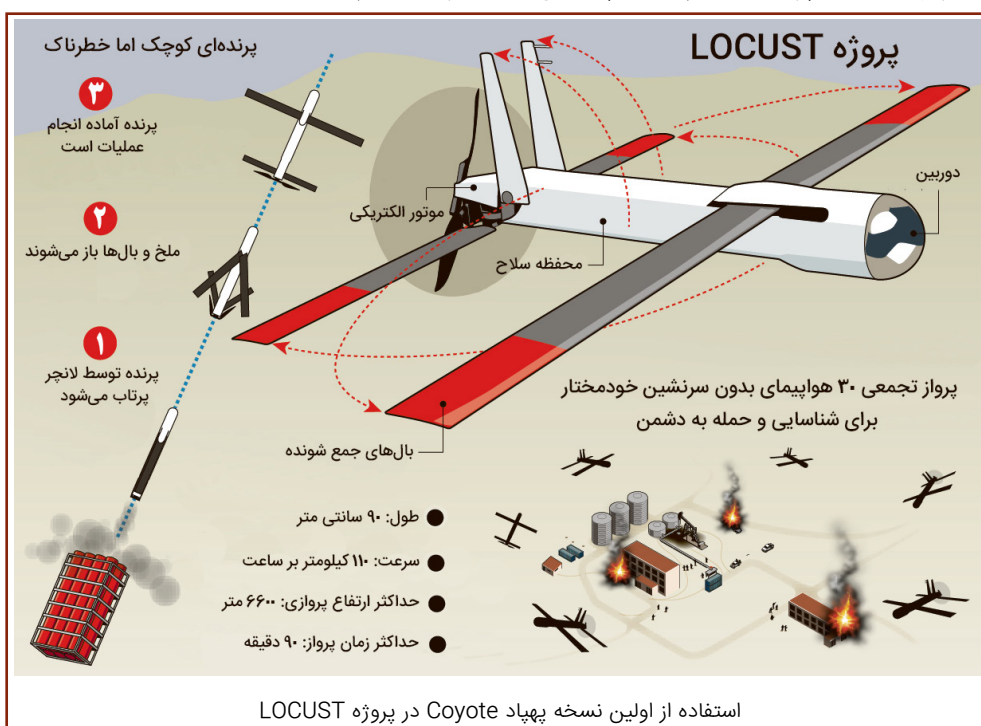
پس از شلیک موشک از لانچر و کمی پیش از رسیدن آن به هدف، پهپادهای کوچک بصورت

مکانیزم سوخت‌رسانی حین پرواز عمل می‌کند. پهپاد سعی می‌کند قلاب خود را درون یک قفس که از هواپیما با یک کابل آویزان است، قرار دهد. پس از قرار گرفتن قلاب درون قفس، هواپیمای حامل (C-130) کابل را بالا کشیده و در نهایت پهپاد درون یک محفظه قرار می‌گیرد.

طبق اطلاعات منتشر شده از این پروژه، دارپا قصد دارد مرحله اول آزمایش عملیات پرواز تجمعی این پهپاد را در سال ۲۰۲۲ با چهار فروند انجام دهد. پهپادها به محموله‌های مختلفی مجهز شده و یک لینک ارتباطی امن ارتباط بین آن‌ها را برقرار می‌کند.

Coyote

در سال ۲۰۱۵ بخش نظامی ایالات متحده برای اولین بار فناوری تجمعی پهپادهای کم هزینه (LOCUST^۱) را آزمایش کرد. ارتش در آن سال اعلام کرد این برنامه اولین کاربرد فناوری تجمعی پرنده‌های بدون سرنشین در دفاع ملی است که می‌تواند آینده نیروی هوایی این کشور را متحول کند. پروژه LOCUST شامل یک پرتاب کننده شبیه لوله است که می‌تواند بیش از ۳۰ هواپیمای بدون سرنشین کوچک از نوع Coyote را به سرعت در کمتر از یک دقیقه پرتاب کند. سپس هواپیماهای بدون سرنشین کوچک با



به نیروهای دشمن است. دو برنامه دیگر این پروژه GOLDEN HORDE (برای توسعه یک لینک داده امن، هوش فعالیت مشارکتی و همچنین به اشتراک‌گذاری اطلاعات جمع‌آوری شده بین پهپادها) و فناوری ناوبری ماهواره‌ای ۳ (یا NTS-3 برای توسعه فناوری‌های جدید در حوزه GPS و ناوبری امن و دقیق) هستند. در اصطلاح به پهپادهای سبک یا نیمه سنگین که در کنار یک هواپیمای سرنشین‌دار به پرواز در می‌آیند، «Loyal Wingman» گفته می‌شود.

نیروی هوایی سال ۲۰۳۰ را به عنوان زمان احتمالی تکمیل این پروژه اعلام کرده است.

انگلستان

در ژانویه سال ۲۰۲۱ وزارت دفاع انگلستان اعلام کرد مرحله آزمایشی پرواز همزمان و گروهی ۲۰ پهپاد از ۵ نوع مختلف را با موفقیت پشت سر گذاشته است. هر چند تقریباً تمام پهپادها استفاده شده در این آزمایش از نوع سبک و فوق سبک بوده‌اند، اما وزارت دفاع این موفقیت را یک گام بزرگ به سمت دستیابی به فناوری‌های پیشرفته پرواز تجمعی پهپادها دانسته است. این پروژه در سال ۲۰۱۹ با مبلغ ۲/۵ میلیون پوند به یک گروه با نام BlueBear متشکل از دانشگاه دورام و سه شرکت دیگر سپرده شد. در این آزمایش سه اپراتور مستقر در یک خودروی کنترل مرکزی هدایت ۲۰ پهپاد را بر عهده داشتند.



پهپادهای مورد استفاده توسط گروه BlueBear در آزمایش پرواز تجمعی

با وجود سرمایه‌گذاری وزارت دفاع انگلستان روی آزمایش‌های گروه BlueBear، به نظر می‌رسد پروژه اصلی آن‌ها در پرواز تجمعی برنامه‌ای با نام Mosquito است. این پروژه با اهدافی مشابه با پروژه Skyborg برنامه‌ریزی شده است.

در سال ۲۰۱۵ نیروی هوایی انگلستان پروژه‌ای با نام «هواپیمای جنگنده سبک و ارزان قیمت» (LANCA^۳) را به شرکت Spirit سپرد. هدف از این پروژه ساخت یک هواپیمای بدون سرنشین به عنوان Loyal Wingman برای همراهی جنگنده‌های یوروفایتر، اف-۳۵ و Tempest در نبردهای هوایی است. یک گروه از این هواپیمای بدون سرنشین جلوتر یا در کنار جنگنده‌های سرنشین‌دار به پرواز در می‌آیند تا ضمن جمع‌آوری اطلاعات، با تهدیدهای احتمالی مقابله کنند. شرکت Spirit در سال ۲۰۲۰ یک طرح

خوشه‌ای از موشک رها می‌شوند. پس از چند ثانیه پهپادهای از حالت جمع‌شده خارج شده و باز می‌شوند. بلافاصله کوادکوپترهای کوچک آرایش جمعی گرفته و اهداف بالقوه را شناسایی می‌کنند. پس از آن به سمت اهداف حرکت کرده و با نفوذ به آن و ضربه زدن (مشابه عملیات‌های کامیکازه ژاپنی)، باعث انفجار خواهند شد.

ارتش ایالات متحده از شرکت‌های تجاری خواسته است پیشنهادها و طراحی‌های خود را ارائه دهند. طراحی‌ها باید شامل سیستم لانچر، موشک و کوادکوپترها باشد. در مشخصات مورد نیاز برای کوادکوپترها اشاره شده است که باید قدرت کافی برای انجام ماموریت‌های تخریبی را داشته و هنگام پرتاب موشک از لانچر، بتوانند شتاب، ضربه، لرزش و همچنین حرارت زیاد را تحمل کنند.

Skyborg

در اوایل سال ۲۰۱۹ اعلام شد نیروی هوایی ایالات متحده اعلام کرد قصد دارد از پهپاد Skyborg به عنوان پلتفرم اصلی برنامه پرواز تجمعی خود استفاده کند. این پهپاد به سفارش نیروی هوایی توسط چند شرکت از جمله بوئینگ و نورثروپ‌گرومن و لاکهیدمارتین ساخته خواهد شد. گفته می‌شود طراحی آن تا حدودی مشابه با پهپاد XQ-58 خواهد بود. در توضیحات منتشر شده از این پهپاد در وبسایت آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی هوایی ایالات متحده آمده است: «Skyborg یک پلتفرم بدون سرنشین با تمرکز روی خودمختاری است که نیروی هوایی را قادر می‌سازد با هواپیماهای کم هزینه و تیمی در مقابل دشمنان اقدام سریع و قاطع نشان دهد.»

در پروژه ساخت Skyborg چندین شرکت نوپا و مراکز تحقیقاتی دانشگاهی نیز حضور دارند. نیروی هوایی قصد دارد با حذف موانع ورود فناوری‌های جدید به صنعت، از نوآوری‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری که توسط شرکت‌های کوچک یا دانشگاه‌ها ارائه شده‌اند در پروژه جدید خود استفاده کند.



طرح مفهومی از پهپاد Skyborg که به عنوان Loyal Wingman در خدمت نیروی هوایی ایالات متحده خواهد بود.

در واقع Skyborg یکی از سه برنامه نیروی هوایی برای پروژه پیشگام (Vanguard) است. در پروژه گروهی از هواپیماهای بدون سرنشین به عنوان جلودار هواپیماهای سرنشین‌دار پرواز می‌کنند. وظیفه این پهپادها جمع‌آوری اطلاعات، دفاع از هواپیماهای سرنشین‌دار و در صورت لزوم حمله



محموله جنگ الکترونیک BriteCloud برای فریب سیستم‌های پدافندی دشمن

نیروی هوایی انگلستان، یک مجموعه از پهپادها با رهاسازی محموله BriteCloud توانستند یک شبکه پدافند هوایی یکپارچه را فریب دهند.

شرکت لئوناردو یک روز پس از انتشار این خبر، به دلایل نامعلوم لینک آن را از صفحه وبسایت خود حذف کرد. تاکنون شرکت لئوناردو هیچ مشخصاتی از نوع پهپاد مورد استفاده در این آزمایش منتشر نکرده است.

فرانسه

فرانسه نیز مانند کشورهای ایالات متحده و انگلستان یک برنامه توسعه پهپاد برای انجام پروازهای گروهی در مقابل هواپیماهای سرنشین‌دار خود تدوین کرده است. این پروژه به رهبری ایرباس و با نام سیستم نبرد هوایی آینده (FCAS) از سال ۲۰۱۸ آغاز شده است. کشورهای آلمان و اسپانیا نیز به عنوان شریک در اجرا و بهره‌برداری از نتایج پروژه فرانسه را همراهی می‌کنند. بخش‌های اصلی پروژه شامل توسعه یک جنگنده پنهانکار نسل ششم و یک پهپاد می‌شود. ایرباس اعلام کرده است از هوش مصنوعی در سیستم کنترل پرواز پهپاد استفاده خواهد کرد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی تعبیه شده داخل نرم‌افزار کنترل پرواز، قابلیت‌های مانور جدیدی به پرنده‌های بدون سرنشین خواهند داد تا نه تنها به صورت خودکار پرواز کنند بلکه آرایش آن‌ها به گونه‌ای باشد که در همگام‌سازی با جت‌های جنگنده، ایمنی حفظ و بازدهی عملیات بالا رود. برای کسب اطلاعات بیشتر



تصویری از طرح مفهومی شرکت Spirit برای ساخت هواپیمای بدون سرنشین

سبک و ارزان قیمت با نام Mosquito

مفهومی از این پهپاد با نام Mosquito را ارائه کرد. طبق اعلام شرکت، این پهپاد مجهز به تسلیحات و انواع حسگرهای شناسایی خواهد بود.

در آپریل سال ۲۰۲۱ نیروی هوایی انگلستان با عقد یک قرارداد، شرکت نورثروپ‌گرومن را برای اجرای گام دوم طراحی این هواپیما با Spirit همراه کرد. همچنین وزارت دفاع این کشور مبلغ ۳۰ میلیون پوند را به عنوان سرمایه در اختیار این دو شرکت برای اجرای گام دوم که منجر به ساخت یک نمونه اولیه از هواپیما خواهد شد، قرار داد. به منظور کاهش هزینه‌ها و جدول زمانی، مقرر شده است از تکنیک‌های توسعه نرم‌افزاری جدید در کنار نیروهای متخصص بخش هوانوردی غیرنظامی استفاده شود. بر اساس اعلام گروه سازنده، نسخه اولیه هواپیما در سال ۲۰۲۳ رونمایی خواهد شد.

پس از اتمام گام دوم، برنامه پیاده‌سازی فناوری‌های پرواز تجمعی روی پلتفرم مذکور آغاز خواهد شد. مسئولین وزارت دفاع انگلستان قصد دارند همزمان با اجرای پروژه ساخت Mosquito، فناوری‌های پرواز تجمعی هواپیماهای بدون سرنشین را توسط گروه BlueBear توسعه دهند.

در اکتبر سال ۲۰۲۰ شرکت لئوناردو اعلام کرد به سفارش نیروی هوایی انگلستان یک نمایش از پرواز تجمعی چندین پهپاد که حامل سیستم‌های جنگ الکترونیک بوده‌اند، اجرا کرده است. در گزارش شرکت آمده است محموله پهپادها سیستم فریب BriteCloud بوده است.

سیستم BriteCloud یک محموله جبینگ مجهز به حافظه دیجیتال فرکانس رادیویی است که می‌تواند سیستم‌های راداری و ردگیری مدرن دشمن را فریب دهد. روش کار این سیستم به این صورت است که پس از رهاسازی، بلافاصله شروع به جستجوی سیستم‌های راداری و پدافندی می‌کند. کلیه پالس‌های راداری ورودی در یک حافظه دیجیتال RF کپی‌برداری شده و از آن‌ها برای شبیه‌سازی اهداف کاذب استفاده می‌کند. بنابراین سیستم‌های دفاعی دشمن آن را به عنوان یک جنگنده در نظر گرفته و بدین ترتیب هواپیما اصلی از دید و تهدید دشمن رها می‌شود.

در نمایش اجرا شده توسط شرکت لئوناردو و



نقش اجزای مختلف در برنامه سیستم نبرد هوایی آینده (FCAS)

روسیه

در ماه مارس سال جاری آژانس خبری روسیه اعلام کرد این کشور قصد دارد از پهپاد Grom (تندر) برای کنترل پرواز تجمعی یک گروه متشکل از ۱۰ پهپاد استفاده کند.

تندر یک پهپاد تهاجمی پنهانکار است که می‌تواند به عنوان Loyal Wingman در کنار جنگنده سوخو ۵۷ در نبردهای هوایی بکار گرفته شود. این پهپاد سنگین توسط شرکت Kronshtadt طراحی و ساخته خواهد شد. یک ماکت از این تندر در نمایشگاه نظامی ۲۰۲۰ روسیه به نمایش گذاشته شد. طبق اطلاعات منتشر شده از آن، تندر با طول حدود ۱۴ متر می‌تواند تا ۲۰۰۰ کیلوگرم محموله را جابجا کند.

اخیرا مقامات روسی عنوان کرده‌اند قصد دارند از پهپاد سبک Molniya به عنوان Loyal Wingman برای تندر استفاده کنند. این در حالی است که تندر همین نقش را برای هواپیماهای سرنشین‌دار سوخو ۵۷ بازی می‌کند. یکی از مقامات مسئول شرکت Kronshtadt در رابطه با این پروژه می‌گوید: «پهپاد Molniya برای انجام عملیات‌های پرواز تجمعی بهینه‌سازی خواهد شد. این پرنده‌ها بطور مداوم اطلاعات جمع‌آوری شده را بین یکدیگر مبادله می‌کنند. حین انجام عملیات امکان تغییر وظایف بین هر یک از اعضای گروه وجود دارد و یک هوش مصنوعی به آن‌ها این امکان را می‌دهد تا بدون نیاز به ارتباط با پهپاد تندر، وظایف خود را تغییر داده یا به یکدیگر محول کنند.»

بر اساس اطلاعات منتشر شده قرار است از پرواز تجمعی Molniya برای اهدافی مانند حملات دقیق علیه تجهیزات زمینی ثابت و متحرک، فریب سیستم‌های پدافندی و راداری، ضربه زدن به تاسیسات دفاعی دشمن یا عملیات‌های جنگ الکترونیک استفاده شود.



نمایش ماکت پهپاد Grom (تندر) در نمایشگاه نظامی ۲۰۲۰ روسیه

مقامات نظامی روسی پیش از این در سال ۲۰۱۹ اعلام کردند قصد دارند یک پروژه با نام Flock-93 آغاز کنند که در آن بیش از ۱۰۰ پهپاد کوچک پرواز تجمعی انجام خواهند داد. این پروژه توسط چند موسسه و شرکت از جمله آکادمی نیروی هوایی ژوکوفسکی در حال توسعه است.

بر اساس اطلاعات منتشر شده، پهپاد مورد استفاده در پروژه Flock-93 از نوع بال‌دیس (flying wing) با قابلیت نشست و برخاست عمودی (VTOL) خواهد بود که توانایی انجام عملیات در شعاع ۹۵ مایلی را دارد.

در مورد این پروژه می‌توانید مقاله‌ای با همین عنوان را در نسخه ۳۸ مجله مطالعه کنید.

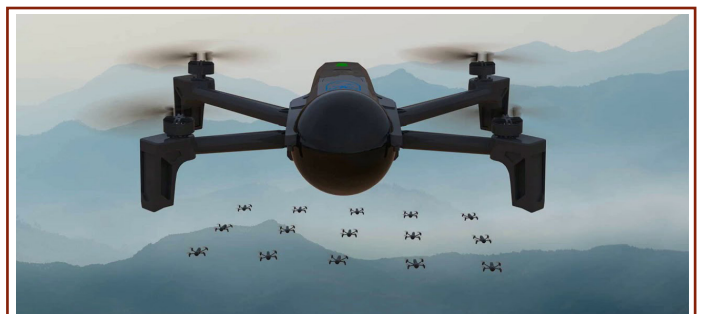
اوایل سال ۲۰۲۱ میلادی شرکت فرانسوی Icarus اعلام کرد موفق به آزمایش یک پرواز تجمعی متشکل از تعداد بسیار زیادی کوادکوپتر شده است. در این آزمایش از یک پلتفرم کوچک به نام Parrot Anafi استفاده شده است. مدیر شرکت در اینباره می‌گوید: «ما از یک پلتفرم تجاری و ارزان قیمت استفاده کرده‌ایم. اما مهندسان ما آن را با نرم‌افزار و الگوریتم‌های پیشرفته ارتقاء داده‌اند تا بتوانند مسیرها را با دقت سانتی‌متری و بدون خطا طی کنند. اکنون ما می‌توانیم از این پلتفرم‌ها به عنوان یک نیروی کمکی فعال در عملیات‌های اضطراری پلیس و ارتش استفاده کنیم.»

با اعمال برخی تغییرات کوچک در سخت‌افزار، این کوادکوپتر توانایی حمل محموله‌هایی مانند پروژکتورهای مادون قرمز، ردیاب‌های رادیواکتیو، بلندگو، جمرهای رادیویی، مواد منفجره و دوربین‌های حرارتی را دارد. البته باید اشاره کرد شرکت Parrot یک API در اختیار Icarus قرار داده است تا این شرکت بتواند تغییرات گسترده‌تری برای ارتقاء سخت‌افزار کوادکوپتر اعمال کند.

نماینده شرکت Icarus در رابطه با کاربردهای پرواز تجمعی این کوادکوپتر می‌گوید: «تعداد زیادی از این پرنده کوچک که دارای حسگرهای رادیواکتیو هستند می‌توانند برای شناسایی تهدیدهای بمب گذاری در رویدادهایی مانند بازی‌های المپیک یا برای ارزیابی مقدار تشعشع رادیواکتیو پس از انفجار مورد استفاده قرار گیرند. در صورت اضافه کردن لامپ‌های مادون قرمز به پرنده‌ها، نیروهای نظامی مجهز به عینک دید در شب این امکان را خواهند داشت تا عملیات‌های مخفی شبانه را به راحتی انجام دهند. چرا که منطقه با تعداد بسیار زیادی پرنده کوچک با نور مادون قرمز برای آن‌ها روشن می‌شود.»

مقامات مسئول Icarus همچنین در مورد دلیل انتخاب Parrot Anafi به عنوان پلتفرم پایه اعلام کرده‌اند: «ما به سراغ یک پرنده کوچک اما قدرتمند رفتیم زیرا در مقایسه با کوادکوپترهای بزرگ، آلودگی صوتی بسیار کمتری دارند. با این حال الگوریتم‌های ما برای پهپادهای بزرگتر تا وزن ۸ کیلوگرم نیز پاسخگو خواهد بود.»

محصول استاندارد شرکت Icarus یک بسته ۲۰ کیلوگرمی شامل ۲۰ کوادکوپتر و یک سیستم کنترل و برنامه‌ریزی است. فرایند آماده‌سازی و برنامه‌ریزی پرواز در کمتر از ۲۰ دقیقه انجام می‌شود.



استفاده از کوادکوپتر Parrot Anafi به عنوان پلتفرم اصلی پرواز تجمعی شرکت Icarus

با پرواز تجمعی کوادکوپترها و انجام ماموریت‌های متنوع توسط آن‌ها را شاهد بوده‌ایم. اما بنظر می‌رسد دولت چین روی انجام ماموریت‌های نظامی توسط فناوری پرواز تجمعی حساب ویژه‌ای باز کرده است.

آکادمی CAEIT اطلاعات دقیقی از نام و مشخصات پهپاد مورد استفاده در آزمایش سال گذشته خود منتشر نکرده است، اما با توجه به تصاویر و ویدئوی منتشر شده از آن، کارشناسان معتقدند این پرنده از لحاظ شکل و عملکرد به پهپاد CH-901 شبیه است.



تصویری از لحظه پرتاب پهپاد توسط لانچر در آزمایش آکادمی CAEIT

هنگامی که در سال ۲۰۱۶ چین برای اولین بار از CH-901 رونمایی کرد مشخص شد این پهپاد ۹ کیلوگرمی از یک جفت بال باز شونده و دم ۷ شکل استفاده می‌کند. این طراحی در سال ۲۰۱۸ تکامل یافت و برای دم، از ترکیب دو بال تاشو استفاده شد. این ترکیب دقیقاً مشابه تصاویری است که از پهپاد مورد استفاده در آزمایش سپتامبر گذشته مشاهده می‌شود. در واقع این مدل طراحی برای مواردی که قرار است پهپاد از یک لوله توپخانه پرتاب شود بسیار معمول بوده و یادآور پهپاد Coyote شرکت رایتئون است.



یک لانچر ۱۲ لوله‌ای برای CH-901

در ویدئوی منتشر شده مشخص می‌شود پهپادها از یک لانچر زمینی ۴۸ لوله‌ای پرتاب می‌شوند که روی خودروی تاکتیکی دانگ‌فنگ منگ‌شی سوار است. این لانچر نیز تا حدودی شبیه با طراحی لانچر Coyote است که نیروی دریایی ایالات متحده در ناوگان دریایی خود استفاده می‌کند. آزمایش آکادمی CAEIT همچنین شامل پرتاب پهپاد از یک لوله نصب شده روی بالگرد بل-۲۰۶ نیز بود. به نظر می‌رسد این برنامه در

بال‌دیس به آن دسته از هواپیماها اطلاق می‌شود که بخش عمده‌ای از بدنه را بال تشکیل می‌دهد. پلتفرم‌هایی مانند بی-۲ نورثروپ‌گرومن و آرکیو-۱۷۰ نمونه‌هایی از هواگردهای بال‌دیس هستند.

در حالی که در بیشتر پهپادهای بال‌ثابت از روتورهای مشابه کوادکوپتر برای حرکت عمودی استفاده می‌شود، جاسازی آن در یک پهپاد بال‌دیس که قرار است با هزینه بسیار کم ساخته شود، یک چالش بزرگ محسوب می‌شود.

مقامات روسی اعلام کرده‌اند هر کدام از پهپادهای پروژه Flock-93 توانایی حمل حدود ۲ کیلوگرم مواد منفجره را دارند که در مجموع می‌تواند خسارت سنگینی به تاسیسات زمینی دشمن وارد کند. استفاده از فناوری سیستم بینایی یک چشمی^۵ این امکان را فراهم می‌کند که پهپادها بتوانند با دقت چند سانتی‌متر خود را به اهداف برسانند.

یکی از مسئولین آکادمی ژوکوفسکی در رابطه با هوش پیشرفته پهپادها در این پروژه می‌گوید: «در صورتی که رهبر گروه توسط دشمن منهدم شود یا به هر دلیلی امکان انجام ادامه ماموریت را نداشته باشد، بلافاصله یک پهپاد دیگر که از قبل توسط رهبر مشخص شده است هدایت گروه را به دست خواهد گرفت. این فرایند بازیکربندی به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند تا تنها دو پهپاد باقی بمانند.»

تاکنون تصاویر یا اطلاعات دقیقی از نوع پهپاد مورد استفاده در پروژه Flock-93 منتشر نشده است.

چین

از چین می‌توان به عنوان اصلی‌ترین رقیب ایالات متحده در زمینه توانمندی‌های پرواز تجمعی نام برد. در بسیاری از موارد مهندسان این کشور توانسته‌اند نوآوری‌های ایالات متحده در صنایع هوایی و نظامی را با هوش مصنوعی ترکیب کرده و در پرواز تجمعی پهپادها بکار گیرند.

اکتبر سال ۲۰۲۰ آکادمی الکترونیک و فناوری اطلاعات چین (CAEIT) یک ویدئو از پرتاب ۴۸ پهپاد توسط یک توپخانه راکتی را منتشر کرد. این آکادمی که زیر نظر یک شرکت دولتی با نام CETC فعالیت دارد، اعلام کرد ویدئوی مذکور مربوط به آزمایش پرواز تجمعی پهپادهای بال‌ثابت است که در سپتامبر سال ۲۰۲۰ انجام شده است. پیش از این شرکت CETC در سال ۲۰۱۷ رکورد بی سابقه پرواز تجمعی ۲۰۰ پهپاد بال‌ثابت را آزمایش کرده بود.

طی سال‌های گذشته ویدئوهای زیادی از شرکت‌های چینی در رابطه



آزمایش پرواز تجمعی ۲۰۰ پهپاد بال‌ثابت توسط شرکت CETC

تقابل با آزمایش نیروی دریایی ایالات متحده در پرتاب پهپاد Perdix از جنگنده‌های F/A-18 بوده است.

در ادامه ویدئوی منتشر شده می‌توان ۱۱ پهپاد را دید که در حال شکل‌گرفتن به حالت پرواز تجمعی هستند و همچنین یک فرد با استفاده از صفحه لمسی تبلت، حرکت آن‌ها را هدایت می‌کند. در انتهای ویدئو نیز تصاویری از یک دوربین الکترواپتیکی نصب شده روی یکی از پهپادها را مشاهده می‌کنیم که مناطق زمینی اطراف را رصد می‌کند و سپس خود را به یک هدف زمینی آزمایشی می‌کوبد.

کارشناسان نظامی ایالات متحده احتمال داده‌اند دولت چین از پهپاد در حال توسعه AVIC 601-S به عنوان Loyal Wingman برای همراهی جنگنده‌های نسل پنجم و ششم خود استفاده کند. این پهپاد پنهانکار بوده و توسعه آن از سال ۲۰۱۳ توسط شرکت صنایع هوایی چین آغاز شده است. در صورت وقوع این احتمال، یک پرواز تجمعی از چند فروند AVIC 601-S را در کنار جنگنده نسل ششم این کشور (J-20) شاهد خواهیم بود.

اسپانیای

ابتدای سال جاری مقامات اسپانیایی اعلام کردند شرکت اسکرپانو طی یک قرارداد برنامه توسعه یک سیستم Swarm برای عملیات‌های جاسوسی، نظارت، هدف‌یابی و شناسایی (ISTAR^۶) را اجرا خواهد کرد. توسعه این سیستم به عنوان گام دوم از برنامه RAPAZ (توسعه پلتفرم‌های هوایی بدون سرنشین) اسپانیا خواهد بود.

شرکت اسپانیایی اسکرپانو قرار است برای این پروژه یک سیستم نام امنیت هوشمند برد-بلند (LISS) را توسعه دهد. این سیستم در واقع یک هوش مصنوعی مدرن است که برای انجام عملیات‌های کاملاً خودکار، به هر پهپاد بصورت جداگانه و در شرایط جمعی، هوش تصمیم‌گیری می‌دهد. پرواز تجمعی در این پروژه توسط یک کاربر مدیریت می‌شود و رفتار پهپادها کاملاً خودکار بوده و می‌تواند با توجه به شرایط مختلف عملیات تغییر کند.

آقای مارتین سوارز مسئول اجرایی پروژه در رابطه با آن می‌گوید: «تمام پهپادهای فعلی و آینده این کشور که حداکثر وزن برخاست آن‌ها کمتر از ۷۵ کیلوگرم است با سیستم‌های اویونیک یکسان مجهز خواهند شد. با این کار نه تنها هزینه‌ها، بلکه مدت زمان توسعه و فرایندهای لجستیک نیز کاهش خواهد یافت. ما قرار است تعداد زیادی پهپاد را بطور همزمان به پرواز در آوریم، ممکن است برخی از این پرنده‌ها با یکدیگر متفاوت باشند، بنابراین سخت‌افزار اویونیک یکسان در این زمینه هم به ما کمک خواهد کرد.»

آقای سوارز در رابطه با هوش مصنوعی سیستم LISS توضیح می‌دهد: «در سیستم ما تمام هوش مصنوعی در اویونیک خود هواپیما قرار خواهد گرفت و هیچ سلسله مراتبی بین پرنده‌ها وجود نخواهد داشت، زیرا همه آنها گره‌های مشابه از یک سیستم هستند. این کار باعث افزایش تحمل‌پذیری کلی در سیستم می‌شود و حتی اگر یک یا چند پهپاد توسط دشمن منهدم شود، بلافاصله سیستم در یک عمل خودکار و ذاتی خود را سامان‌دهی می‌کند. همچنین ما یک قابلیت خودآموزی به سیستم اضافه

می‌کنیم تا پهپادها بصورت جداگانه یا در حالت پرواز مشارکتی بتوانند عملکرد خود را بهبود بخشند.»

هر چند جزئیات بیشتری از چگونگی ارتباط بین پهپادها در این پروژه منتشر نشده است، اما با توجه به صحبت‌های مسئول اجرایی پروژه می‌توان گفت این سیستم معیارهای مشخصی از پرواز تجمعی را در نظر گرفته و می‌تواند یک مأموریت کاملاً مستقل و خودکار را البته تحت نظارت یک عنصر انسانی مستقر در ایستگاه کنترل زمینی، انجام دهد.



تصویر منتسب به پروژه

آقای سوارز در مورد ایستگاه کنترل زمینی اینگونه توضیح می‌دهد: «این ایستگاه با آنچه بسیاری از ما در ذهن داریم متفاوت است، زیرا تنها اطلاعات کلیدی و موارد ایمنی را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. پهپادها می‌توانند بطور کاملاً خودکار عمل کنند، اما به عنوان یک گزینه کاربر می‌تواند هدایت کل مجموعه یا بخشی از آن‌ها را برعهده بگیرد. در صورت برقراری لینک امن رادیویی، کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده توسط هر کدام از پهپادها به ایستگاه زمینی ارسال می‌شود.»

آقای سوارز همچنین اشاره کرده است که تاکنون یک آزمایش شامل پرواز تجمعی شش پهپاد انجام شده است که طی آن پهپادها با تصویربرداری ارتوفتوگرافی (یک تصویر هوایی که تصحیح هندسی یا ترمیم روی آن طوری انجام گرفته‌است که مقیاس‌ها یکنواخت است) از منطقه و استفاده از هوش مصنوعی، امکان شناسایی و طبقه‌بندی خودکار اهداف را فراهم کردند. سپس سیستم تصمیم گرفت کدام پهپاد به هدف تعیین شده برخورد کند و در ادامه بقیه پهپادها مأموریت خود را برای سایر اهداف ادامه دادند.

بر اساس یک مقاله منتشر شده در اینترنت، یکی از پهپادهای درحال توسعه برای این پروژه از مدل بال ثابت و پرتاب‌شونده از یک توپ ۱۲۰ میلیمتری است. بال‌های پهپاد پیش از پرتاب در حالت تاشده بالای بدنه قرار دارند و دم آن نیز از نوع V شکل و تاشونده است. نیروی پیشران پهپاد توسط یک موتور الکتریکی که به ملخ ۳ تیغه‌ای متصل شده، تامین خواهد شد. برد پروازی فعلی پرنده ۱۰ کیلومتر با مداومت ۴۵ دقیقه‌ای است.

ایران

پهپادها در ایران به عنوان یک عنصر اساسی در استراتژی نظامی شناخته

همچنین سال گذشته سپاه پاسداران نیز اعلام کرد در حال توسعه یک سیستم برای پرواز تجمعی پهپادهای بال متحرک از نوع کوادکوپتر است که توانایی حمل محموله‌های انفجاری با وزن ۳ تا ۵ کیلوگرم خواهند بود.

هند

ابتدای سال ۲۰۲۱ در یک رزمایش به مناسبت روز ارتش هند، نمایشی از پرواز تجمعی ۷۵ پهپاد ارائه شد. در این نمایش پهپادها با شناسایی اهداف فرضی به سمت آن‌ها حمله کرده و با ضربه زدن، باعث نابودی آن‌ها شدند. مقامات هندی ادعا کردند سیستم پرواز تجمعی قادر به انجام عملیات‌ها بصورت مستقل و خودکار هستند. در ویدئوی منتشر شده از این رویداد قابلیت‌های دقیقی از هوش مصنوعی و توانمندی‌های Swarm مشخص نیست، با این حال می‌توان گفت این نمایش یک نشانه روشن از پیشرفت و توسعه فناوری پرواز تجمعی در هند است.

مقامات هندی در رابطه با این نمایش اعلام کرده‌اند هر چند در گام فعلی تنها ۷۵ پهپاد بال متحرک شرکت کرده‌اند، اما هدف وزارت دفاع هند بکارگیری هزار پرنده در چنین عملیات‌هایی است.

پهپادهای مورد استفاده در این نمایش قادر خواهند بود در مجموع حدود ۵۰۰ کیلوگرم مواد منفجره را حمل کنند. این پرنده‌های کوچک توانایی حمله بصورت کامیگاز به اهدافی در شعاع ۵۰ کیلومتری را دارند.

چند ماه قبل از این نمایش هوایی، دولت هند اعلام کرد در حال توسعه یک سیستم پرواز تجمعی با قابلیت پرتاب از آسمان است تا بتواند از آن در مقابل تجهیزات پدافند هوایی دشمن استفاده کند. در واقع بسیار روشن است که این پروژه برای مقابله تجهیزات نظامی چین تعریف شده است.



نمایش پرواز تجمعی ۷۵ پهپاد کوچک در روز ملی ارتش هند

بر اساس اطلاعات منتشر شده از این پروژه، نیروی هوایی هند احتمالاً از جنگنده جگوار برای پرتاب ۲۴ هواپیمای بدون سرنشین کوچک استفاده خواهد کرد. برای تحقق این هدف، ابتدا باید جنگنده جگوار برای حمل ۴ محفظه بزرگ اصلاح شود. هر کدام از این محفظه‌ها قادرند تا شش پهپاد کوچک را در خود جای دهند.

مقامات هندی اعلام کرده‌اند روند انجام این پروژه ۴ سال طول خواهد کشید. شرکت دولتی صنایع هوایی و دفاعی چین با همکاری دو شرکت تازه‌کار و دانش‌بنیان این پروژه را انجام می‌دهند. همچنین مرکز تحقیقات رباتیک و هوش مصنوعی هند اعلام کرد برای طراحی الگوریتم‌های شناسایی خودکار هدف، با این پروژه همکاری خواهد کرد.

می‌شوند. فعالیت‌های نظامی علیه داعش در کشورهای همسایه باعث شده است سطح توانمندی‌های ایران در طراحی و ساخت پهپادها افزایش یابد.

در دی ماه سال ۹۹ خبری مبنی بر پرواز تجمعی چهار فروند شاهد ۱۸۱ در رزمایش پیامبر اعظم سپاه پاسداران انقلاب اسلامی روی رسانه‌های ایران منتشر شد. در تصاویر مربوط به این پرواز چهار فروند شاهد ۱۸۱ دیده می‌شوند که در کنار یکدیگر درحال پرواز هستند. شاهد ۱۸۱ پهپاد شناسایی، مراقبت و رزمی است که نمونه‌ی ۶۰ درصدی و موتور ملخی پهپاد شاهد ۱۷۱ (نمونه مهندسی معکوس شده از RQ-170) بوده و طی سال‌های گذشته به صورت انبوه در نیروی هوافضای سپاه تولید شده است. در مورد سطح بکارگیری از هوش مصنوعی در پهپاد شاهد ۱۸۱ و عملیات‌های پرواز تجمعی آن اطلاعاتی منتشر نشده است.



تصویر منتشر شده از پرواز تجمعی پهپاد شاهد ۱۸۱

اوایل اردیبهشت ماه سال جاری نیز نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران از یک پهپاد جدید با قابلیت پرواز تجمعی رونمایی کرد. در اطلاعیه ارتش آمده است این پهپاد قابلیت انجام عملیات‌های شبکه محور مبتنی بر هوش مصنوعی را داراست. بر اساس اطلاعات منتشر شده در رسانه‌های ایران، این سامانه متشکل از پهپاد پیشرو، پهپادهای دنباله‌رو و ایستگاه زمینی بوده که قابلیت اجرای عملیات به صورت برخط و یا برنامه‌ریزی شده به پهپادهای دنباله‌رو را دارا است. همچنین انجام ماموریت‌های شناسایی، مراقبت و انهدام اهداف زمینی و پروازی دشمن، برد عملیاتی و مداومت پروازی مناسب، قابلیت شبکه شدن از ۳ تا چند فروند بر روی انواع پهپادهای داخلی، دارای لینک امن و سیستم هدایت کنترل کاملاً بومی از دیگر قابلیت‌های پرواز تجمعی این پرنده است.



پهپادهای بال ثابت ارتش جمهوری اسلامی ایران با قابلیت پرواز تجمعی

اسفند ماه سال گذشته و در جریان برگزاری نمایشگاه و کنفرانس صنایع دفاعی ابوظبی، شرکت پارامونت (مستقر در آفریقای جنوبی) از یک سیستم پرواز تجمعی پهپادهای برد بلند رونمایی کرد. بر اساس گفته مسئولان شرکت پارامونت، سیستم مذکور از قابلیت‌های هوش مصنوعی و امکان انجام عملیات‌های خودکار و مستقل بهره می‌برد.

پهپاد N-Raven به عنوان پلتفرم پایه در این سیستم شناخته می‌شود. این پرنده ۴۱ کیلوگرمی می‌تواند با حداکثر سرعت ۱۸۰ کیلومتر و مداومت ۲ ساعت تا شعاع ۲۵۰ کیلومتری پرواز کند. هرچند هدف اصلی توسعه پهپاد مذکور برای شناسایی، نظارت و ردگیری است، اما می‌توان از آن در عملیات‌ها کامیکازه نیز استفاده کرد. نکته دیگر در مورد این پرنده قابلیت پرتاب آن از زمین، آسمان و دریا است.

سیستم ماژولار بکارگرفته شده در پهپاد N-Raven کمک می‌کند محموله‌های ۱۵ کیلوگرمی را شامل انواع دوربین‌های نظارتی، رادار، تسلیحات، بمب یا مواد منفجره را در خود جای دهد.



پهپاد N-Raven ساخت شرکت پارامونت با قابلیت انجام پروازهای تجمعی خودکار و هوشمند

پی‌نویس‌ها:

- 1- Low-Cost Unmanned Aerial Vehicle Swarming Technology (LOCUST)
- 2- intra-cognitive
- 3- Lightweight Affordable Novel Combat Aircraft
- 4- Future Combat Air System
- 5- monocular vision system
- 6- Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance

منابع:

<https://thedrive.com>, <https://theaviationist.com>, <https://raytheonintelligenceandspace.com>, <https://sbr.gov>
<https://en.wikipedia.org>, <https://aviationtoday.com>,
<https://leonardocompany.com>, <https://northropgrumman.com>, <https://uasvision.com>, <https://airforce-technology.com>, <https://c4isrnet.com>, <https://defensenews.com>

سال گذشته میلادی آژانس خبری آنادولو در ترکیه اعلام کرد بخش نظامی این کشور ۵۰۰ پهپاد از نوع Kargu-2 (معادل نام دیده‌بان) را برای بکارگیری در برنامه پرواز تجمعی دریافت کرده است. این پهپاد کوچک که توسط شرکت ترکی STM تولید می‌شود، از نوع کوادکوپتر بوده و دارای سطح بالایی از هوش و توانمندی است.

شرکت STM پهپاد Kargu را برای اولین بار در سال ۲۰۱۶ به عنوان یک پلتفرم برای عملیات‌های کامیکازه معرفی کرد. در مشخصات اعلام شده از سوی شرکت برای این پرنده آمده است:

«پهپاد Kargu می‌تواند از طریق قابلیت‌های پردازش تصویر بلادرنگ و الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین روی پردازنده خودش، اهداف ثابت یا متحرک را شناسایی کند. این پرنده بال متحرک توسط یک واحد زمینی هدایت و کنترل می‌شود.»

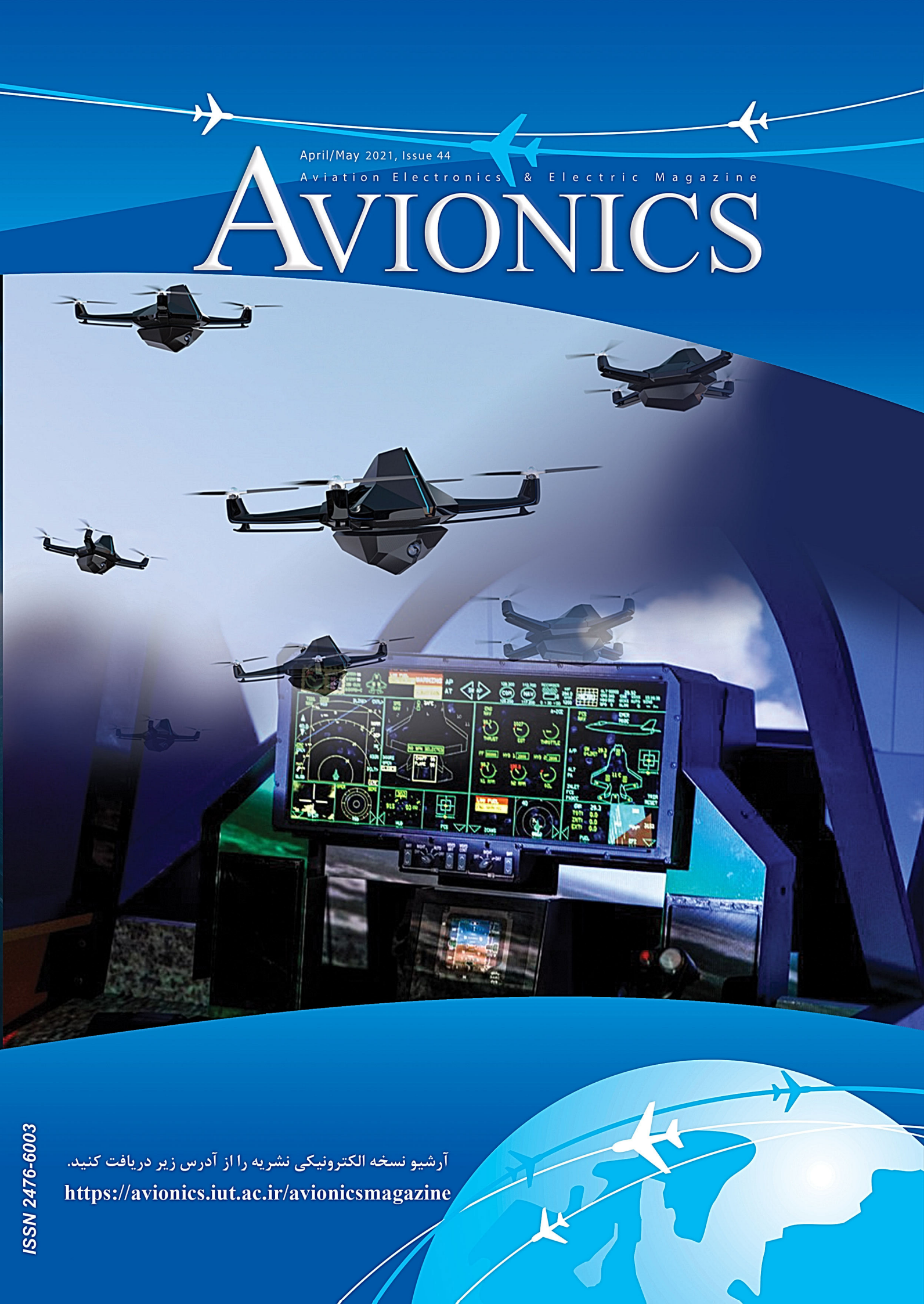
وزن پهپاد مذکور حدود ۷ کیلوگرم است و می‌تواند تا ۹۰ مایل بر ساعت پرواز کند. از تجهیزات نصب شده روی آن می‌شود به رادار نوری (LIDAR)، دوربین تصویربرداری با قابلیت بزرگنمایی ۱۰ برابر و دوربین مادون قرمز اشاره کرد. کنترل پرنده می‌تواند بصورت دستی از طریق ارتباط رادیویی یا بصورت خودکار و برنامه‌ریزی شده باشد.



پهپاد Kargu که در حال حاضر توسط ارتش ترکیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقامات شرکت STM اعلام کرده‌اند از پروژه KERKES در توسعه فناوری‌های مرتبط با پرواز تجمعی استفاده کرده‌اند. این پروژه با هدف ارائه قابلیت‌های ناوبری تصویری به پهپادهای بال ثابت و متحرک تعریف شده است که به آن‌ها امکان موقعیت‌یابی و ناوبری بدون نیاز به GPS و سایر سیستم‌های ماهواره‌ای را می‌دهد.

همچنین اواخر سال ۲۰۲۰ میلادی شرکت ترکی MilSOFT اعلام کرد در حال انجام آزمایش روی پرواز تجمعی ۵۰ پهپاد بال ثابت است. این شرکت به مدت ۴ سال روی توسعه نرم‌افزار هوشمند برای پرواز تجمعی کار کرده است. این نرم‌افزار امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تصاویر جمع‌آوری شده توسط هر پرنده در شبکه Swarm را فراهم کرده و به آن‌ها این قابلیت را می‌دهد تا بصورت کاملاً خودکار و مستقل در مورد نحوه حمله به اهداف شناسایی شده، تصمیم‌گیری کنند.



April/May 2021, Issue 44
Aviation Electronics & Electric Magazine

AVIONICS

آرشیو نسخه الکترونیکی نشریه را از آدرس زیر دریافت کنید.
<https://avionics.iut.ac.ir/avionicsmagazine>

ISSN 2476-6003