

فناوری هوایی در خدمت کاوش‌های فضایی؛ از ایده تا واقعیت

میثم محمدی امین*، نیما کریمی

پژوهشگاه هوافضا، تهران

*مسئول مکاتبات: mmohammadi@ari.ac.ir

واژگان کلیدی

پهپاد
ربات پرنده
کن‌ست
فناوری هوایی
کاوش فضایی

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۷/۲۴

چکیده

یکی از کاربردهای نوظهور پهپادها، بکارگیری آن‌ها در کاوش‌های فضایی است. در این مقاله مفاهیم مرتبط با استفاده از سامانه‌های پرنده بی‌سرنشین برای تکمیل یا توسعه مأموریت‌های فضایی ارائه می‌گردد. سپس یک نمونه واقعی موفق شامل نتایج مأموریت مشابه با استفاده از سامانه پهپاد مولتی‌روتور برای اوجگیری و رهاسازی محموله شبه ماهواره کوچک (کن‌ست) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. براساس نتایج بدست آمده در برآوردهای فنی، آزمون‌های کارکردی و عملیات میدانی، پهپاد هشت پره با قابلیت حمل محموله تا ۵ کیلوگرم و مداومت پروازی ۲۰ دقیقه می‌تواند با توجه به قابلیت‌های اثبات‌شده انتخاب مناسبی برای سامانه رهاسازی محموله‌های مشابه کن‌ست باشد. نتیجه گرفته شد که این سامانه قابلیت اوجگیری بیشتر، پایداری بهتر و رهاسازی با دقت بالاتر را دارد و از نظر شاخص‌های عملیاتی نسبت به سایر سامانه‌ها مانند بالن کارآمدتر است. توسعه این مفاهیم فناورانه در آینده نزدیک امکان بکارگیری فناوری هواپایه، به ویژه پهپادهای عمودپرواز در کاوش‌های فضایی را میسر می‌سازد.

۱ مقدمه

استفاده از سامانه‌های پرنده بدون سرنشین در مأموریت‌های مختلف روز به روز در حال گسترش است. هم‌اکنون نفوذ وسایل پرنده بدون سرنشین طیف وسیعی از کاربردها از مصارف سرگرمی و تفریحی تا کاربردهای حرفه‌ای مانند نقشه‌برداری هوایی، بازرسی و تحویل کالا را شامل می‌شود [۱، ۲]. برخی قابلیت‌های منحصر به فرد پهپادها از جمله توانایی حمل محموله، پرواز در نقاط دور از دسترس، توانایی پرواز ایستا، خودمختاری و مقرون به صرفه بودن به لحاظ اقتصادی سبب شده استفاده از این وسایل روند رو به رشدی را در پیش بگیرد. یکی از کاربردهای نوظهور پرنده‌های بدون سرنشین، استفاده از آن‌ها در کاوش‌های فضایی است. مأموریت‌های کاوش در فضا موارد مختلفی از جمله اکتشاف و تحقیقات در اعماق فضا و اکتشاف بر روی سیارات را شامل می‌شود. ربات پرنده می‌تواند در مأموریت اکتشاف سیارات دارای جو مورد استفاده قرار گیرند. در واقع گسترش فناوری‌های تجاری در حوزه پهپاد و رسوب آن‌ها در کاربردهای مختلف سبب شده افق‌های جدیدی در این حوزه ایجاد شود که نتیجه آن ورود پرنده‌های بدون سرنشین به عرصه مأموریت‌های فضایی است. هم‌اکنون پهپادها در برخی مأموریت‌های سنجنش از دور زمین در فضاها و مساحت‌های محدود توانسته‌اند جای ماهواره‌ها را بگیرند اما نسل جدید کاربردهای پرنده‌های بدون سرنشین، استفاده از ربات پرنده در مأموریت‌های اکتشاف فضایی در سایر سیارات است. در سال ۲۰۱۷ واسیم در مقاله‌های ضمن اشاره به کاربردهای پرنده‌های بدون سرنشین، بررسی‌هایی را در مورد ورود این پرنده‌ها به مأموریت‌های فضایی انجام داد [۳]. همچنین در این مقاله به محدودیت‌ها و چالش‌های استفاده از ربات‌های

پرنده در مأموریت‌های فضایی پرداخته شده است. در یکی دیگر از اقدامات صورت گرفته، ناکامورا از آژانس اکتشافات فضایی ژاپن (JAXA)، تفاوت‌های پرواز ربات‌های پرنده بر روی زمین و در شرایط فضا را مورد بررسی قرار داده است [۴، ۵]. در این تحقیق با در نظر گرفتن ملاحظات بی وزنی و شرایط جو موجود بر روی زمین، دینامیک پرواز ربات پرنده بر روی زمین و شرایط فضا مورد ارزیابی قرار گرفته است. در اقدامی دیگر یک تیم ژاپنی رباتی را توسعه داده است که قابلیت پرواز و انجام مأموریت در ایستگاه فضایی بین‌المللی را دارد. این ربات که شبیه یک توپ است، قادر است در شرایط بی وزنی پرواز نموده و با استفاده از دوربین خود تصاویر را از داخل ایستگاه فضایی بین‌المللی تهیه نماید. اصلیت‌ترین فعالیت‌های صورت گرفته در این زمینه توسط ناسا انجام شده است. محققین ناسا معتقدند در مأموریت‌های اکتشافی در سیارات دیگر، ربات‌هایی که بر روی زمین حرکت می‌کنند دارای سرعت پیمایش پایینی هستند و شعاع عملیاتی محدودی دارند لذا گزینه مناسبی برای اکتشافات فضایی نیستند. این در حالی است که ربات‌های پرنده و پهپادها با شعاع عملیاتی وسیع و پرواز بر فراز یک منطقه می‌توانند در مدت زمان کوتاه‌تر با صرف انرژی کمتر پوشش وسیع‌تری را ایجاد نمایند. از سوی دیگر وسایلی مانند هواپیما به دلیل نیاز به باند فرود نمی‌توانند در مأموریت‌های اینچینی مورد استفاده قرار گیرند چراکه این پلتفرم‌ها نیازمند باند طولانی هستند و دسترسی به این مهم در سیارات دیگر وجود ندارد لذا پرنده‌های بدون سرنشین با قابلیت نشست و برخاست عمودی گزینه مناسبی برای اکتشافات فضایی است. ناسا در حال حاضر دو طرح را در این زمینه دنبال می‌کند. در طرح اول ناسا قصد دارد پلتفرمی مشابه پهپادهای چندپره را توسعه دهد با این تفاوت که پهپادهای

به زمین کنست میبایست ماموریت خود شامل تصویربرداری، داده برداری و فرود ایمن و دقیق را انجام دهد. با توجه به موارد ذکر شده و از آنجاییکه کنست میبایست پس از فرود باید خود را به نقطه مشخصی برساند، رهاسازی در شرایط پایدار و دقت نقطه رهاسازی از اهمیت بالایی برخوردار است. در چهار دوره نخست مسابقات، از بالن به عنوان سامانه رهاسازی استفاده شد اما در دو دوره اخیر (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)، با طراحی، توسعه فنی و تستهای میدانی متعدد، سامانه پهپاد مولتی روتور به عنوان سامانه اوجگیری و رهاسازی مورد استفاده قرار گرفته است. پهپاد مولتی روتور در مقایسه با بالن هلیومی دقت بالاتری در تحویل محموله ارائه میدهد و هزینه عملیاتی کمتری دارد. همچنین نتایج حاصل از بکارگیری موفق پرنده‌های بی‌سرنشین در رهاسازی محموله‌های فضایی میتواند در کاربرد فناوری هوایی در کاوشهای فضایی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

۳ توسعه پلتفرم هواپایه برای مسابقات کنست

همانطور که ذکر شد مسابقات کنست شبیه‌سازی یک ماموریت فضایی بر روی زمین است. در این مسابقه برای اوجگیری و رهاسازی از وسایل هوایی استفاده میشود. در انتخاب سامانه رهاسازی برای مسابقات کنست، پارامترهای دقت نقطه رهاسازی، حساسیت در برابر باد، هزینه، ایمنی، سهولت انجام عملیات، امکان پرواز ایستا و دستیابی به ارتفاع مناسب (بیش از ۲۰۰ متر) دارای اهمیت است. هم‌اکنون در سطح جهان از بالن، راکت و پهپاد برای اوجگیری و رهاسازی استفاده میشود. در جدول ۱ مقایسه‌های میان سامانه‌های اوجگیری مختلف انجام شده است که مقایسه شاخص‌ها نشان می‌دهد، پهپاد مولتی‌روتور بهترین عملکرد را در بین سامانه‌های اوجگیری مختلف دارد. پلتفرم پهپاد به لحاظ ایمنی، هزینه، عملکرد پروازی شامل دقت نقطه رهاسازی و پایداری پروازی و سهولت عملیاتی وضعیت مناسبی را دارد. این در حالی است که راکت به دلیل ایمنی کمتر و مشکلات عملیاتی و بالن هلیومی به دلیل پایداری کم و هزینه بالا شرایط نامناسبتری در مقایسه با پهپاد دارند. همچنین، پهپادها به ویژه انواع مولتی‌روتور به دلیل شرایط عملیاتی خود قابلیت استفاده چندباره با هزینه کم و سرعت بالاتر نسبت به سایر پلتفرم‌ها را دارد که این مورد نیز در انتخاب پهپاد به عنوان سامانه رهاسازی در مسابقات کنست ایران موثر بوده است.

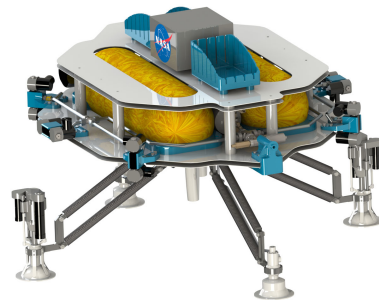
جدول ۱: مقایسه سامانه‌های اوجگیری در دسترس

شاخص	پهپاد	بالتن هلیومی	راکت
دقت رهاسازی	بالا	متوسط	پایین
پایداری	بالا	پایین	بالا
هزینه	متوسط	بالا	بالا
ایمنی	بالا	بالا	پایین
امکان پرواز ایستا	دارد	دارد	ندارد
تکرارپذیری عملیات	بالا	متوسط	پایین

۱.۳ توسعه سامانه رهاسازی

سامانه رهاسازی بخشی است که کنست در آن قرار گرفته و توسط سامانه اوجگیری (پهپاد) به ارتفاع مشخص برده می‌شود. این سامانه در ارتفاع

چندپره با شکل متداول قابلیت پرواز در شرایط جوی سیارات دیگر از جمله مریخ را ندارند و ناسا با استفاده از سامانه پیشران گاز سرد، یک سیستم چرخنده را برای ایجاد نیروی برآی مورد نیاز پرواز در ماموریت فضایی توسعه داده است (شکل ۱). این سیستم قابلیت پرواز داشته و میتواند نیروی لازم برای پرواز در شرایط جوی سیارات دیگر را ایجاد نماید [۵].



شکل ۱: طرح مفهومی ناسا برای ربات پرنده فضایی [۶]

در طرح دیگر ناسا قصد دارد پلتفرمی مشابه بالگرد بدون سرنشین را برای انجام ماموریت اکتشافی در سیارات توسعه دهد. در این طرح، با توجه به اینکه جو سیاره مریخ از دیاکسید کربن تشکیل شده و گرانش این سیاره نیز ناچیز است، ناسا با استفاده از مواد پیشرفته سبک و بهینه سازی پره‌های بالگرد برای حداکثر کردن رانندگی به دنبال توسعه بالگردی است که بتواند در جو سیاره مریخ ماموریت خود را انجام دهد. این سامانه با استفاده از مکانیزمهای رباتیک خود میتواند در سطح مریخ از مکانهای دور از دسترس داده برداری نماید [۶]. در سال ۲۰۱۸، حسنعلیان و همکاران از دانشگاه مکزیکوسی یک تحقیق مورو را بر روی استفاده از پهپادها در ماموریت‌های فضایی انجام دادند [۷]. این تیم با بررسی اقدامات صورت گرفته در این زمینه، چارچوب طراحی سامانه‌های پرنده بدون سرنشین توسعه داده شده برای ماموریت‌های فضایی را بررسی و چالش‌های فنی پیش روی این ماموریت را معرفی نمودند. در مقاله حاضر، ضمن ارائه ایده‌هایی در زمینه اشاره شده در بالا به مرور تجربه استفاده از یک سامانه پهپاد مولتی روتور به عنوان سامانه اوجگیری و رهاسازی محموله مسابقات کنست (محموله شبه ماهواره کوچک) پرداخته می‌شود. این تجربه با هدف تست سامانه‌های فضایی بر روی زمین همچنین با رویکرد توسعه استفاده از سامانه‌های بدون سرنشین در ماموریت‌های فضایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۲ تجربه برگزاری مسابقات کنست ایران

تا کنون شش دوره از مسابقات ملی کنست ایران توسط پژوهشگاه هوافضا برگزار شده است. کنست از دو کلمه Can به معنای قوطی و Sat که مخفف کلمه به معنای ماهواره است، ساخته شده است [۸]. کنست در حقیقت یک ماهواره یا کاوشگر فضایی کوچک است که در ابعاد حدود یک قوطی، با جرم محدود و شرایطی مشابه یک پروژه فضایی اما در مقیاس کوچکتر از هر نظر، طراحی و ساخته میشود. این ماهواره‌های کوچک توسط سامانه اوجگیری تا ارتفاع مشخصی از سطح زمین حمل شده و رها میشود. در حین بازگشت

مکانیزم‌های الکترومکانیکی رهاساز نوع اول بگونه ای طراحی شد که فرمان را مستقیماً از سامانه پهپاد و ایستگاه زمینی آن دریافت کنند درحالی‌که در رهاساز نوع دوم ارتباط رهاساز مستقل از پهپاد و صرفاً با ایستگاه زمینی خود رهاساز برقرار بود و فرمان را از طریق دو سامانه واسطه لپ‌تاپ و موبایل دریافت می‌کرد. شایان ذکر است برای بکارگیری دستگاه موبایل جهت ارسال فرمان رهاسازی، یک اپلیکیشن مخصوص تحت سیستم عامل اندروید با امکان انتخاب اولویت محفظه‌ها توسط داور، طراحی و در روز عملیات مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۳: سامانه یکپارچه پهپاد-رهاساز سه محفظه‌ای

۲.۳ انتخاب مدل پهپاد مناسب

برای انتخاب سامانه اوجگیری، اولویت با استفاده از پهپادهای تجاری موجود در کشور بود. یکی از این سامانه‌ها که تطابق مناسبی به لحاظ وزنی، ابعادی و عملیاتی با الزامات مأموریت تعیین شده داشت، پهپاد چندپره S1000 است (شکل ۴). با توجه به الزامات جدول ۲، نیاز بود که پهپاد قابلیت حمل سامانه رهاسازی با قطر بیش از ۱۵۰ میلی‌متر و وزن حدوداً ۲۰۰۰ گرم را داشته باشد. جدول ۳ نشان می‌دهد پهپاد S1000 قابلیت انجام این مأموریت را دارد.

جدول ۳: مشخصات فنی پهپاد هشت پره S-1000

مقدار	شاخص
۱۱-۶	بیشینه وزن برخاست (kg)
۳۳۷	قطر فریم مرکزی (mm)
۴/۴	وزن خالص پهپاد (kg)
۴۰۰۰	بیشینه توان مصرفی (وات)
۱۵۰۰	توان مصرفی در حالت پرواز ایستا با وزن ۹/۵ کیلوگرم (وات)
۱۵	بیشینه زمان پرواز ایستا با وزن برخاست ۹/۵ کیلوگرم (دقیقه)
۱۰- تا ۴۰	محدوده عملکرد دمایی (درجه سانتیگراد)

پس از بررسی تطابق اولیه پهپاد با الزامات موردنظر، برای صحه‌گذاری نهایی، سناریوهای آزمون گوناگون در نظر گرفته شد. سامانه پهپاد می‌بایست

مشخص از سطح زمین با فرمانی که از زمین ارسال می‌شود، دریچه خود را باز نموده و محموله کن‌ست را رها می‌نماید. سامانه رهاسازی یک سامانه متشکل از تجهیزات الکترونیکی، مخابراتی و مکانیکی است که به صورت مجزا بر روی پهپاد نصب می‌شود و کن‌ست‌ها در درون آن قرار می‌گیرند. این مسابقات در دو کلاس محموله سنجشی-ارتباطی و علمی-اکتشافی برگزار می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲: الزامات کلان در دو نوع مأموریت کن‌ست [۸]

پارامتر	سنجشی ارتباطی	علمی اکتشافی
وزن (گرم)	۳۵۰	۱۰۰۰
ارتفاع (میلی‌متر)	۱۱۵	۲۰۰
قطر (میلی‌متر)	۶۶	۱۵۰
محدوده فرکانسی (مگاهرتز)	۲۴۸۳/۵ - ۲۴۰۰	۲۴۸۳/۵ - ۲۴۰۰
توان فرستنده (میلی‌وات)	۱۰۰	۲۴۰۰
ارتفاع رهاسازی (متر)	۳۰۰ - ۲۰۰	۳۰۰ - ۲۰۰

با توجه به الزامات فوق، سامانه‌ای باید برای رهاسازی توسعه داده شود که بتواند کن‌ست‌ها را با خود حمل نماید و در طول پرواز و رهاسازی یکپارچگی خود را حفظ کند. همچنین این سامانه باید بتواند در شرایط مختلف اعم از وزش باد و ارتفاعات مختلف دریچه را باز نموده و عملیات رهاسازی را انجام دهد. تداخل این سامانه می‌بایست به لحاظ جرمی-اینرسی، هندسی ابعادی و فرکانسی با سامانه اوجگیری (پهپاد) و کن‌ست‌ها بررسی شود حتی در انتخاب سامانه اوجگیری موارد فوق باید لحاظ گردد. برای این منظور دو نمونه سامانه رهاساز برای دو کلاس مأموریتی توسعه داده شد که برای کلاس عملی اکتشافی با توجه به ابعاد بزرگتر و وزن سنگین‌تر به صورت تک محفظه (شکل ۲) و برای کلاس سنجشی ارتباطی به صورت سه محفظه است (شکل ۳) که تعداد عملیات پروازی را کاهش می‌دهد.



شکل ۲: جایگذاری کن‌ست علمی اکتشافی در رهاساز پهپاد

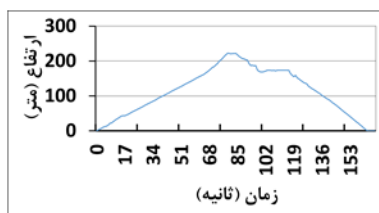
از سوی دیگر برای افزایش قابلیت اطمینان عملیاتی و پیشگیری از تأثیر منفی اختلالات و تداخلات الکترومغناطیسی در روند عملیات رهاسازی،

می‌بایست مأموریت اصلی خود را که داده برداری، تهیه تصویر، فرود ایمن با سرعت مشخص و رسیدن به نقطه هدف است به انجام برساند. در شکل ۵ یک نمونه مفهوم عملیات کن‌ست در ۹ مرحله شامل آماده‌سازی پیش از پرتاب بر روی زمین (۱)، اوجگیری (۲)، رهاسازی و شروع فرود (۳)، باز شدن چتر (۴)، فرود پایدار و ارسال داده (۵)، برخورد با زمین (۶)، جداسازی سیستم بازیابی (۷)، حرکت به سمت هدف (۸) و رسیدن به نقطه هدف (۹) آورده شده است.



شکل ۵: مفهوم عملیات سامانه پهپاد رهاساز کن‌ست [۹]

شکل ۶، نمودار تغییرات ارتفاع- زمان کن‌ست یکی از تیم‌های شرکت‌کننده را نشان می‌دهد [۱۰]. در این گراف مشخص است که کن‌ست ابتدا تا ارتفاع بیش از ۲۲۰ متر اوج گرفته است که این امر طی مدت ۸۰ ثانیه توسط پهپاد انجام شده است. سپس طی چند ثانیه ارتفاع ثابت شده که این تثبیت ارتفاع برای حذف نوسانات و رهاسازی در شرایط پایدار است. از ثانیه ۸۵ نمودار کاهش ارتفاع را نشان می‌دهد که این نقطه شروع رهاسازی است. به مدت ۱۵ ثانیه کاهش ارتفاع با سرعت زیادی انجام می‌شود که در این بازه دو قله در نمودار مشاهده می‌شود. این دو قله نشان دهنده باز شدن چتر فرود است اما با توجه به اینکه هنوز چتر پرباد نشده نتوانسته سرعت فرود را کاهش دهد و تنها توانسته دو شوک را ایجاد نماید. در ارتفاع ۱۷۰ متری برای مدت زمان کوتاهی (حدود ۱۶ ثانیه) ارتفاع ثابت شده است. این امر به دلیل پایدار شدن چتر کن‌ست و باد جانبی است که کن‌ست را با خود به صورت افقی جابجا می‌کند و از این پس ارتفاع با نرخ کمتری شروع به کاهش می‌کند و در ثانیه ۱۶۴ به صفر می‌رسد.



شکل ۶: نمودار ارتفاع زمان عملیات یکی از شرکت کنندگان

داده‌های تهیه شده در طول عملیات می‌بایست به صورت برخط به ایستگاه زمینی ارسال شود. همچنین این داده‌ها باید بر روی حافظه کن

مداومت پروازی لازم برای رهاسازی حداقل سه کن‌ست و نشست و برخاست‌های متعدد برای به ارتفاع رساندن کلیه کن‌ست‌ها را تأمین کند و سامانه تأمین توان پرنده باید قادر باشد توان کافی برای این نوع عملیات پرواز در زمان مطلوب را فراهم نماید. همچنین قابلیت تعویض سریع باتری در خلال پروازهای مکرر از الزامات مورد نظر بود که پهپاد انتخاب شده از این مزیت برخوردار بود. برای اطمینان از صحت انتخاب این نوع پهپاد تست‌های عملیاتی متعددی بر روی پهپاد یکپارچه با سامانه رهاساز انجام شد. آزمون‌ها در دو بخش زمینی (مخابراتی و یکپارچه‌سازی) و پروازی (شامل رهاسازی) انجام گرفت. ابتدا کلیه موارد مرتبط با اتصالات و تطبیق سازه‌های رهاساز و پهپاد، تحمل سازه نسبت وزن محموله ماکزیمم همچنین صحت عملکرد مکانیزم بازکننده درب محفظه‌های رهاساز با استفاده از صدور فرمان ایستگاه زمینی یا پهپاد بر روی زمین بررسی و صحت‌گذاری شد. سپس قبل از عملیات پروازی و برای کاهش ریسک تست پروازی، امکان وجود تداخلات احتمالی الکترومغناطیسی بین کن‌ست، رهاساز و خلبان خودکار یا ایستگاه پهپاد در موقعیت‌ها و جهتگیری‌های نسبی مختلف و فرکانس‌های گوناگون آزمایش شد. سرانجام در زمانی نزدیک به موعد مسابقات و در شرایط آب و هوایی نسبتاً نامطلوب (باد با سرعت ۱۵ و تندباد بیش از ۱۰ ناتی‌کال مایل بر ساعت) عملیات پرواز آزمایشی با محموله‌های مشابه کن‌ست انجام گرفت. طی این تست پروازی عملکرد رهاساز از نظر کارکرد عملگرها و مکانیزم‌ها در شرایط باد مخالف همچنین قابلیت اوج‌گیری و پایداری پهپاد در شرایط باد شدید ارزیابی و مورد بررسی قرار گرفت. براساس تنظیمات انجام شده بر روی کامپیوتر پرواز پرنده، رهاسازی جسم تا وزن یک کیلوگرم نباید تاثیری بر روی پایداری پهپاد داشته باشد که این مورد در تست میدانی مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۴: پهپاد هشت پره S-1000

۳.۳ مفهوم عملیات (ConOps)

مفهوم عملیات در واقع ترتیب اقدامات عملیاتی در طول چرخه عمر مأموریت پروژه است. به طور کلی عملیات کن‌ست شامل مراحل اوجگیری، رهاسازی، فرود و ارسال داده به ایستگاه زمینی، بازیابی و حرکت به سمت نقطه هدف و رسیدن به نقطه هدف است. فاز اوجگیری توسط پهپاد چندپره انجام می‌شود و پس از رهاسازی در ارتفاع بالای ۲۰۰ متر از سطح زمین، سامانه کن‌ست

دقیق و پایدار عملکرد سامانه چتر را نیز بهبود می‌بخشد. شکل ۹ فرود کن‌ست یکی از تیم‌های شرکت کننده به کمک چتر را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۹: فرود کن‌ست توسط سامانه بازیابی چتر

۴ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر تلاش شده است مفاهیم مرتبط با ورود فناوری هوایی پهپاد به عرصه مأموریت‌های فضایی مورد بررسی و امکان‌سنجی قرار گیرد. در این راستا، تجربه استفاده از پهپاد عمودپرواز هشت پره به عنوان سامانه اوجگیری و رهاسازی در دو دوره اخیر مسابقات ملی کن‌ست ایران به عنوان یک نمونه عملیاتی ارائه و تحلیل شده است. نتایج بررسی انجام شده نشان می‌دهد پلتفرم پهپاد چندپره با قابلیت حمل محموله و پرواز ایستا، شرایط مطلوبی برای انجام مأموریت رهاسازی یک محموله فضایی دارد و عملیات کن‌ست شبیه سازی مناسبی برای یک مأموریت کاوش فضایی بر روی زمین است. نتایج این شبیه‌سازی می‌تواند با در نظر گرفتن شرایط گرانش و جریان اتمسفر در مأموریت‌های فضایی به سیارات دیگر تعمیم داده شود. از جمله دستاوردهای استفاده از فناوری هوایی در مأموریت‌های فضایی، بهره بردن از قابلیت خودمختاری در پهپادها است. انجام مأموریت در سیارات دیگر با توجه به عدم دسترسی انسان و نیاز به خودمختاری می‌تواند با دقت بالایی توسط ربات‌های پرنده بدون سرنشین انجام شود. از سوی دیگر قابلیت پرواز عمودی ایستا بدون نیاز به باند فرود سبب می‌شود پرنده‌های بدون سرنشین بدون توجه به عوارض زمینی به پلتفرم مناسبی برای انجام مأموریت در نقاط دور از دسترس تبدیل شود. یکی دیگر از نکات قابل توجه در استفاده از فناوری پهپاد در مأموریت‌های اکتشاف فضایی سرعت بالاتر و پوشش وسیع‌تر سامانه‌های هواپایه نسبت به ربات‌های زمینی است. ربات‌های پرنده بدون سرنشین می‌توانند با سرعت چندین برابری نسبت به پویشرهای زمینی مأموریت اکتشاف را انجام دهند؛ البته ترکیب ربات پرنده با پویشر زمینی که در مسابقات کن‌ست نیز مورد آزمایش قرار گرفت نتایج بسیار مناسبی را به ویژه برای داده برداری در نواحی صعب العبور ارائه می‌دهد.

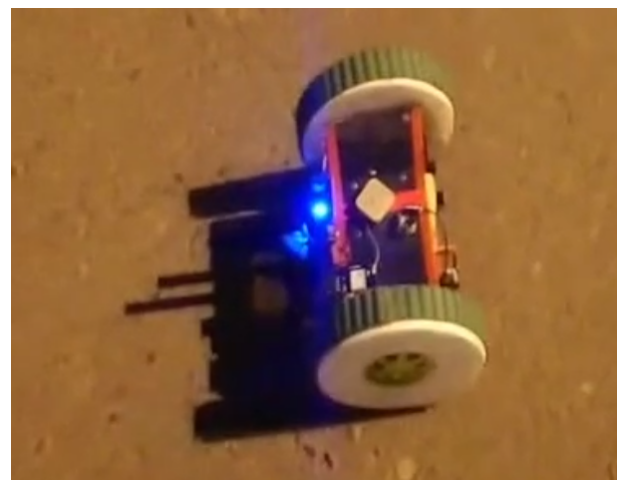
به عنوان جمع بندی می‌توان سامانه بدون سرنشین پهپاد چندپره را یک پلتفرم کم‌هزینه با انعطاف بالا و قابلیت استفاده چندباره در مأموریت‌های مختلف فضایی دانست. همچنین با توجه به قابلیت‌های منحصر به فرد

ست ذخیره شود. یکی از مزایای استفاده از پهپاد به عنوان یک پلتفرم هوایی برای حمل و رهاسازی محموله‌های فضایی در همین زمینه قابل طرح است. انجام مأموریت‌های سنجش از دور، نقشه برداری، داده برداری و انجام مأموریت‌های خاص از جمله فرود، کاوش‌های فضایی و تحویل محموله از جمله کاربردهایی است که فناوری پهپاد می‌تواند در مأموریت‌های فضایی داشته باشد (شکل ۷).



شکل ۷: نمونه تصاویر تهیه شده توسط کن‌ست [۱۰]

رسیدن به نقطه هدف با روش‌های مختلفی قابل انجام است. یکی از روش‌ها استفاده از پویشر (rover) برای حرکت بر روی زمین است. در این روش کن‌ست پس از فرود بر روی زمین، چتر خود را جدا نموده و با توجه به مختصات نقطه فرود، با استفاده از دو سامانه کنترل و ناوبری (GPS) به وسیله پویشر زمینی خود را به نقطه فرود می‌رساند. در این روش، پویشر قابلیت حرکت بر روی زمین به وسیله چرخ‌ها و جمع‌آوری داده از روی زمین را دارد که این مورد دقیقاً مشابه کاوشگرهای سیارات از جمله کاوشگر کنجکاوی متعلق به ناسا برای اکتشاف مریخ است. شکل ۸ نمونه پویشر یکی از تیم‌های شرکت کننده در مسابقات کن‌ست را نشان می‌دهد [۹].



شکل ۸: پویشر یکی از تیم‌های شرکت کننده در مسابقات [۹]

یکی دیگر از روش‌های رسیدن به نقطه هدف استفاده از چتر هدایت شونده و یا پارافویل است که برخی از تیم‌های شرکت کننده در مسابقات از این روش استفاده نمودند. بدیهی است رهاسازی با استفاده از پهپاد به صورت

پهپادهای عمودپرواز چندپره پیشنهاد می‌شود از این پلتفرم برای ماموریت‌های مختلف تحویل دقیق محموله بر روی سطح زمین از جمله ماموریت‌های امداد نجات در نواحی دور از دسترس یا بحرانی نیز استفاده شود.

۵ تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مرکز ملی فضایی ایران به عنوان حامی اصلی پنجمین و ششمین دوره مسابقات ملی کنست ایران اعلام می‌دارند. همچنین از ریاست پژوهشگاه هوافضا جناب آقای دکتر امی و کلیه همکاران اجرایی و فنی که در برگزاری موفق این مسابقات مشارکت داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

- [1] Kwasniak, Andrew, Hall, Joseph, and Mills, Robert. Drone application in engineering. in *2017 Arizona ITE/IMSA Annual Spring Conference*. ITE/IMSA, 2017.
- [2] González-Jorge, Higinio, Martínez-Sánchez, Joaquin, Bueno, Martin, and Arias, Pedor. Unmanned aerial systems for civil applications: A review. *Drones*, 1(1), 2017.
- [3] Fathima, Wasim. Unmanned aerial vehicles for space exploration. *International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication*, 5(10), 2017.
- [4] NAKAMURA, Tai. Research on the drone technology for the iss application. <http://www.nstda.or.th/jaxa-thailand/wp-content/uploads/2016/12/Mr-Tai-Nakamura.pdf>, 2016.
- [5] Ong, Thuy. Japan's space camera drone on the iss is a floating ball of cuteness. <https://www.theverge.com/2017/7/17/15981250/japan-space-camera-drone-iss-int-ball>, 2017.
- [6] Helicopters on mars? why not? <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F-Helicopters-on-Mars.html>, 2017.
- [7] Hassanalian, M, Rice, D, and Abdelkefi, A. Evolution of space drones for planetary exploration: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 97:61-105, 2018.
- [8] Cansat homepage. <http://www.ari.ac.ir/index.php/en/cansat-en>.
- [۹] سهیل، انصارین، محمد، دریاباری، زهرا، ساعدی، علیرضا، قادری، و محدثه، قاسمی. گزارش فاز عملیات تیم لازاروس از دانشگاه صنعتی شریف. ششمین دوره مسابقات ملی کنست ایران، ۱۳۹۶.
- [۱۰] علیرضا، فروزنده نژاد، سیدمصطفی، دانش، و محمد، خرمی. گزارش فاز عملیات تیم کیان از دانشگاه شهرکرد. ششمین دوره مسابقات ملی کنست ایران، ۱۳۹۶.