پهپادها و کاربرد آن‌ها در امنیت عمومی و پلیس هوشمند

علیرضا قضاوی[۱]، فروغ‌السادات طباطبا[۲*]

۱- دانشجوی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی اصفهان- اصفهان- ایران
alirezaqazavi@ec.iut.ac.ir

۲-استادیار- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی اصفهان- اصفهان- ایران
fstabataba@cc.iut.ac.ir

چکیده: امروزه استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در هوشمندسازی شهرها و پلیس بسیار حائز اهمیت است. با توسعه مباحث اینترنت اشیاء و شهر هوشمند، قابلیت دسترسی آسان به ارتباطات با قابلیت اطمینان بالا و فرآهم کردن زمینه‌ای برای پوشش و اتصال سریع به عنوان یک نیاز حیاتی برای سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم نسل بعد مطرح می‌شود. هواپیماهای بدون سرنشین نقش مهمی در ارائه خدمات ارتباطی بی‌سیم به موقع و ضروری برای بازیابی خدمات بلافاصله پس از فاجعه و کاربردهای امنیت عمومی، شهر هوشمند و پلیس هوشمند ایفا می‌کنند. همکاری بین هواپیماهای بدون سرنشین و زیرساخت‌های ارتباطی قادر است از الزامات امنیت عمومی مانند آنالیز آنی، نظارت آنی و تصمیم‌گیری پیشرفته برای کمک به شهرهای هوشمند پشتیبانی کند تا این شهرها نیازمندی‌های امنیت عمومی خود را برآورده کنند. بنابراین، استقرار ارتباطات بیسیم مبتنی بر پهپاد می‌تواند با کمک به سازمان‌های امنیت عمومی در مواجهه با تهدیدات و مدیریت بحران‌ها به شیوه‌ای کارآمد، افراد و اکوسیستم‌ها را نجات دهد. در این مقاله، انواع پهپادها و ویژگی‌های آن‌ها بررسی شده و سپس مزایای استفاده از آن‌ها برای کاربردهای امنیت عمومی و پلیس هوشمند بیان می‌شود. در ادامه، کاربردهای متنوع پهپادها در زمینه‌های مختلف شهرهای هوشمند، پلیس هوشمند، نظامی و مدیریت بحران و شبکه‌های مخابرات سلولی نسل آینده، مورد بحث قرار گرفته است. همچنین، مزایا، محدودیت ها و چالش‌های مخابراتی و امنیتی این سیستم‌ها نیز بیان شده است.

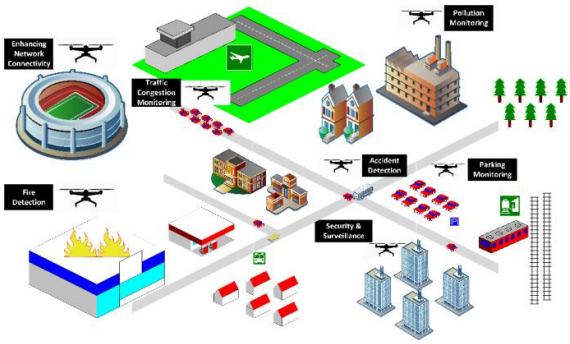
واژه‌های کلیدی: پهپاد، هواپیمای بدون سرنشین، امنیت عمومی، پلیس هوشمند، پاسخ به فاجعه، شبکه‌های مخابراتی هوایی

تاریخ ارسال مقاله: ۹۹/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۴/۰۹
نام نویسنده مسئول: فروغ‌السادات طباطبا*

www.SID.ir

۱- مقدمه

اخیراً هواپیماهای بدون سرنشین[1] (پهپاد) به دلیل انعطاف پذیریشان و امکان استفاده در طیف گسترده ای از کاربردها از جمله امنیت، کنترل، نظارت و شناسایی مناطق زمینی-که درصورت عدم استفاده از پهپادها سریع رسیدن به آن مناطق مشکل است، برای تحقیقات و کاربردهای متنوعی جذاب شده‌اند. علاوه بر این، این فناوری تحول‌پذیر، چگونگی رسیدن امدادگران و انجام مأموریت‌های نجات در مکان‌های بلایای طبیعی را بهبود می‌بخشند. همچنین، آن‌ها می‌توانند علاوه بر کمک به شهرهای هوشمند در تحقق نیازمندی‌های امنیت عمومی، پشتیبانی برای تحویل لوازم پزشکی و انتقال فرآورده‌های خونی و دارویی و همچنین مدیریت اضطراری مانند آتش‌سوزی جنگل‌ها، حفاظت و بازرسی زیرساخت‌های مهم، نظارت بر سواحل و تقویت پلیس را فراهم کنند. پهپادها هم چنین برای کاربردهای نظامی و جنگ الکترونیک، یا کاربردهای کنترل ترافیک نیز به کار میروند. شکل (۱)، چند مورد از کاربردهای رایج پهپادها در امنیت عمومی را نشان می‌دهد.



شکل(۱) : مثال‌هایی از موارد استفاده پهپادها در امنیت عمومی [۱]

به لطف پیشرفت‌های مهندسی کامپیوتر و گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، شهرهای هوشمند اخیراً در حال گذار از مفهوم به واقعیت هستند. شهرهای هوشمند با ارائه سیستم‌های مدیریتی کاملاً یا نیمه خودکار برای دارایی‌های موجود در شهر، از جمله سیستم‌های حمل و نقل، شبکه برق، خانه‌های مسکونی و دفاتر، کیفیت زندگی بهتری را برای شهروندان خود ارائه می‌دهند. در شهرهای هوشمند آینده، تقریباً هر شیء در اطراف ما از طریق فناوری اینترنت اشیاء[2] به اینترنت متصل خواهد شد. نیاز به ارتباطات آنی و فراگیر در کاربردهای شهر هوشمند و الزامات این کاربرد نیز پهپادها را به عنوان یک گزینه موثر برای برقراری ارتباط مطرح می‌سازد. اخیرا ایده ای مبتنی بر به کارگیری پهپادها به عنوان ایستگاه پایه[3] مطرح شده است. به عنوان مثال یک پهپاد با تجهیز به فرستنده و گیرنده‌های مورد نیاز، می‌تواند در نقش یک ایستگاه پایه پویا و برای کمک به شبکه‌های ناهمگن[4] مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله، انواع مأموریت‌ها، سناریوها و کاربردهای پهپادها در امنیت عمومی مانند پلیس، آتش نشانی، اورژانس و کاربردهای نظامی و کاربردهای پهپادها در امداد رسانی سوانح و مدیریت بحران بررسی می‌شود. همچنین با درنظرگرفتن الزامات ارتباطات امنیت عمومی و پهپادها به بررسی ایستگاه‌های پایه هوایی، مزایا، فرصت‌ها و چالش‌های آن پرداخته شود. در بخش دوم، انواع پهپادهای مصرفی که در حال حاضر موجود و در دسترس هستند را مورد بررسی قرار می‌دهیم و تاریخچه ی مختصری از پهپادها در جهان و ایران ارائه می‌کنیم. در بخش سوم، به بررسی مزایای استفاده از پهپادها در کاربردهای امنیت عمومی می‌پردازیم. درواقع در این فصل عللی که ما را به استفاده از پهپاد در این کاربردها سوق می‌دهد، بررسی می‌کنیم و سپس مروری اجمالی بر گستره کاربردهای پهپادها خواهیم داشت. در بخش چهارم، کاربردهای پهپادها به تفصیل مورد بحث قرار گرفته و در بخش پنجم نیز چالش‌های ارتباطات هوایی و ایستگاه‌های پایه هوایی بررسی می‌شود. بخش ششم به جمع بندی و نتیجه گیری اختصاص دارد.

۲- معرفی انواع پهپادها،ویژگی‌ها، مأموریت‌ها

پهپادها، معمولاً به عنوان هواپیماهای بدون سرنشین شناخته می‌شوند که در اندازه‌ها و مشخصات مختلف در دسترس هستند. آنها می‌توانند هر زمان که لازم باشد سریعاً مستقر شوند که این ویژگی، آنها را گزینه‌های امیدوارکننده‌ای برای برقراری ارتباط سلولی می‌سازد. در این بخش، مشخصات و ویژگی‌های چند نمونه هواپیماهای بدون سرنشین نوعی، خصوصیات و مأموریت‌های آنها، باتمرکز ویژه بر تاثیر آنها بر ارتباطات سلولی با کمک پهپاد خلاصه و توضیح داده شده است .

ظرفیت ترابری[5]

ظرفیت ترابری مربوط به حداکثر وزنی است که یک هواپیمای بدون سرنشین می‌تواند حمل کند، که توانایی خیزش آن را اندازه‌گیری می‌کند. ظرفیت ترابری هواپیماهای بدون سرنشین از ده‌ها گرم تا صدها کیلوگرم متفاوت است[۲]. هرچقدر ظرفیت ترابری بیشتر باشد، لوازم و تجهیزات بیشتری می‌تواند حمل شود البته با هزینه بیشتر و مدت پرواز کمتر در هوا. باتری‌های ترابری نوعی، دوربین‌های فیلم‌برداری و همه‌ی انواع سنسورها را تغذیه

[1]- Unmanned aerial vehicle
[2] -Internet of Things (IoT)
[3] - Base station (BS)
[4]- Heterogeneous Network (HetNet)
[5] - Payload

www.SID.ir

می‌کند که می‌توانند برای شناسایی، نظارت و اهداف تجاری استفاده شوند[۳]. زمانی که هواپیماهای بدون سرنشین به شبکه سلولی کمک می‌کنند می‌توانند تجهیزات کاربر[1] سلولار مانند تلفن‌های موبایل یا تبلت‌ها را حمل کنند که وزن آنها معمولاً کمتر از یک کیلوگرم است[۴]. ایستگاه‌های پایه یا دماغه‌های رادیویی از راه دور[2] می‌توانند همچنین به وسیله هواپیمای بدون سرنشین حمل شوند یا روی آنها نصب شوند تا خدمات سلولار را فراهم کنند. در این مورد، ظرفیت ترابری هواپیماهای بدون سرنشین باید حداقل چند کیلوگرم باشد[۵].

مکانیزم پرواز

بسته به مکانیزم پرواز خود، هواپیماهای بدون سرنشین را می‌توان به سه نوع تقسیم کرد:

- هواپیماهای بدون سرنشین چند روتوره[3] (همچنین به عنوان هواپیماهای بدون سرنشین با بال‌های چرخشی[4] شناخته می‌شود) اجازه برخاست[5] و فرود عمودی می‌دهد و می‌تواند روی یک مکان ثابت در آسمان شناور بماند تا پوشش مداوم سلولی برای مناطق خاص فراهم کند، این مانور پذیری بالا آنها را برای کمک به ارتباطات سلولی مناسب می‌سازد. چون آنها می‌توانند ایستگاه‌های پایه را در مکان‌های مطلوب با دقت بالا مستقر کنند یا در حین حمل ایستگاه‌های پایه در یک مسیر مشخص شده پرواز کنند. با این حال، هواپیماهای بدون سرنشین چند روتوره تحرک محدودی دارند و مصرف انرژی قابل توجهی دارند زیرا باید همیشه در خلاف گرانش پرواز کنند.
- هواپیماهای بدون سرنشین بال-ثابت[6] می‌توانند روی هوا سر بخورند[7] که آنها را به طور قابل توجهی انرژی-کارآمد[8]تر می‌کند و می‌توانند بارهای سنگین حمل کنند. سرخوردن همچنین به هواپیمای بدون سرنشین بال-ثابت کمک می‌کند تا با سرعت بیشتری سفر کند. مشکل هواپیماهای بدون سرنشین بال-ثابت این است که (۱) آنها نیازمند یک باند برای برخاست و فرود هستند، چون برخاست و فرود عمودی ممکن نیست و (۲) آنها نمی‌توانند روی یک مکان ثابت شناور بمانند. هواپیماهای بدون سرنشین بال-ثابت همچنین گرانتر از هواپیماهای بدون سرنشین چند روتوره هیستند.
- هواپیماهای بدون سرنشین بال- ثابت / چرخشی هیبریدی[9] به تازگی به بازار رسیده اند تا مصالحه بین دو نوع هواپیماهای بدون سرنشین فوق را تأمین کند. یک مثال از هواپیماهای بدون سرنشین بال- ثابت / چرخشی، Parrot Swing است که می تواند عمود بر خیزد، به وسیله ی سرخوردن در هوا به سرعت به مقصد برسد و سپس با استفاده از چهار روتور در هوا معلق می‌ماند[۵].

برد و ارتفاع

برد یک هواپیمای بدون سرنشین به فاصله ای از آن می‌گویند که می‌تواند از راه دور کنترل شود. برد از ده‌ها متر برای هواپیماهای بدون سرنشین کوچک تا صدها کیلومتر برای وسایل بزرگ متفاوت است. ارتفاع اشاره به حداکثر ارتفاع یک هواپیمای بدون سرنشین صرف نظر از مقررات خاص کشور دارد که می‌تواند به آن برسد. حداکثر ارتفاع پرواز یک هواپیمای بدون سرنشین معین یک پارامتر مهم برای ارتباطات سلولار با کمک پهپاد است، زیرا یک پهپاد-ایستگاه پایه[10] نیاز دارد تا ارتفاع خود را برای حداکثر ساختن پوشش زمین و برآورده کردن نیازهای مختلف کیفیت خدمات[11] تغییر دهد[۶]. به طور کلی، پلتفرم‌های هوایی می‌توانند بسته به ارتفاع آنها در دو نوع طبقه بندی شوند:

- پلتفرم‌های کم ارتفاع[12] (معمولاً برای کمک به مخابرات سلولی به کار برده می‌شوند؛ زیرا آنها هزینه-کارآمدتر(به صرفه تر) هستند و اجازه استقرار سریعتر را می‌دهند. علاوه بر این پلتفرم‌های کم ارتفاع معمولاً خط دید مستقیم[13] کوتاه بردی را فراهم می‌کنند که می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد مخابرات را بهبود بخشد[۹-۷].

[1] - User Equipment (UE)
[2]- Remote radio head (RRH)
[3]- Multi-rotor drones
[4]- Rotary-wings drones
[5]- Take-off
[6]- Fixed-wing drones
[7]- Glide
[8]- Energy efficient
[9]- Hybrid fixed/rotary wing drones
[10] -Unmanned aerial BSs (UABS)
[11]- Quality of Service (QoS)
[12]- Low-Altitude Platform (LAP)
[13] - Line of Sight (LoS)

www.SID.ir

- پلتفرم‌های ارتفاع بالا[1] مانند بالن نیز می‌توانند اتصالات سلولی را فراهم کنند[۷]. در مقایسه با پلتفرم‌های کم ارتفاع ، پلتفرم‌های ارتفاع بالا پوشش گسترده تری دارند و می‌توانند در هوا باقی بمانند. با این حال، استقرار پلتفرم‌های ارتفاع بالا پیچیده تر است و عمدتاً به عنوان یک وسیله نقلیه برای ارائه اتصال اینترنت برای بخش‌های بزرگ از جمعیت جهان که در حال حاضر توسط شبکه‌های سلولی سرویس‌دهی نمی‌شوند مطرح می‌شود. مهم‌تر از همه، استفاده از پلتفرم‌های ارتفاع بالا در مخابرات سلولی می‌تواند به علت تداخل بین‌سلولی بسیار زیاد، باعث قطع کامل شبکه شود[۱۰,۱۱]. همین‌طور آنها به ندرت در منابع و مقالات مربوط به شبکه‌های سلولی با کمک پهپاد مطرح می‌شوند اما بیشتر توسط کمپانی‌های اینترنت دنبال می‌شوند [۵].

سرعت و زمان پرواز

هواپیماهای بدون سرنشین کوچک معمولاً باسرعت زیر ۱۵ m/s حرکت می‌کنند[۱۲]، در حالیکه هواپیماهای بدون سرنشین بزرگ می‌توانند به سرعت قابل توجه ۱۰۰ m/s برسند[۷]. زمانی که یک پهپاد-ایستگاه پایه/له در یک مسیر تعیین‌شده برای حداکثر کردن انرژی و بازده طیفی خود پرواز می‌کند، اگر مسیر نیاز به چرخش‌های مکرر دارد، نیاز است تا سرعتش با دقت مورد توجه قرار گیرد. در [۱۳] مصالحه‌ی میان سرعت هواپیمای بدون سرنشین و چابکی چرخش آن مورد مطالعه قرار گرفته است.
حداکثر زمانی که یک هواپیمای بدون سرنشین بدون شارژ یا سوختگیری مجدد، می‌تواند در هوا بماند به عنوان زمان پرواز یا استقامت تعریف می‌شود. هواپیماهای بدون سرنشین کوچک معمولاً یک زمان پرواز ۲۰ الی ۳۰ دقیقه ای دارد، در حالیکه برخی هواپیماهای بدون سرنشین بزرگ می‌توانند برای ساعت‌ها دوام داشته باشند[۱۴]. فن آوری‌های در حال ظهور مانند آنچه در [۱۵] مطرح شده، استقامت هواپیماهای بدون سرنشین کوچک را طولانی کرده است.

منبع تغذیه

منبع تغذیه هواپیمای بدون سرنشین به طور قابل توجهی استقامت آن را تعیین می‌کند. درحالی‌که بیشترین هواپیماهای بدون سرنشین تجاری را، باتری‌های قابل شارژ تغذیه می‌کنند، برخی از هواپیماهای بدون سرنشین بزرگ می‌توانند توسط سوخت‌هایی مانند گاز برای زمان پرواز بیشتری تغذیه شوند [۱۶]. به کار بردن انرژی خورشیدی برای تغذیه‌ی هواپیماهای بدون سرنشین نیز یک تکنیک امیدوار کننده است[۱۷]. به عنوان روش دیگر تأمین انرژی می‌تواند استفاده از فناوری انتقال انرژی بی‌سیم[2] باشد[۱۸]. استفاده از فناوری لیزر نیز پیشرفت های چشمگیری فراهم آورده است[۱۹].

۳- مزیت استفاده از پهپادها در ارتباطات امنیت عمومی و کارهای مرتبط

۳-۱-مزایای استفاده از پهپادها به صورت جداگانه یا در دسته‌ها

دلایل زیر برای استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین در سناریوها مطرح است:

- پهپادها می‌توانند کارگر فاجعه، نمایندگان بیمه و ریسک در معرض خطر قرار گرفتن مهندس را کاهش دهند.
- هواپیماهای بدون سرنشین اثربخشی امدادگران را افزایش می‌دهد.
- هواپیماهای بدون سرنشین زاویه دید منحصر به فردی ارائه میدهند که از هواپیماهای سرنشین دار امکان پذیر نیست.
- فناوری پهپاد بسیار قابل استفاده است.
- فناوری پهپاد مقرون به صرفه است.

علاوه بر این، پهپادها به دلیل قدرت پردازش تعبیه شده از تصمیم گیری سرخود پشتیبانی می‌کنند. تحرک آنها، توانایی تهیه اطلاعات آنلاین و کاراکتر سبک آنها باعث می‌شود آنها برای نظارت بر ساختمان‌ها ایده آل باشند. به دلیل توانایی آنها در پوشش سطوح مختلف ارتفاع و قابلیت‌های تصویربرداری آنها، می‌توان از پهپادها برای تولید و تهیه مدل‌های سه بعدی از مناطق برای مأموریت‌های جستجو و نجات[3] استفاده کرد. علاوه بر این، پهپادها قابل مصرف هستند (یعنی انسان نیستند) و می‌توانند به رادارها یا سنسورهای قابل نفوذ در زمین مجهز شوند تا انسانها را از طریق صدا تشخیص دهند[۲۰].

[1]- High-altitude platforms

[2] - Wireless Energy Transfer (WET)
[3] - Search and rescue (SAR)

www.SID.ir

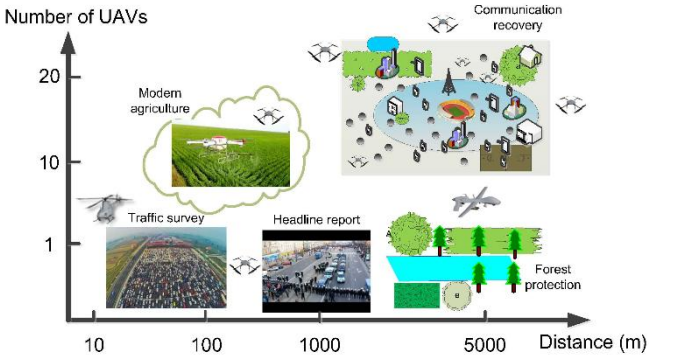
پهپادها، متحرک و هوابرد هستند و از این رو، مزایای بسیاری را برای سناریوهای کارکرد ذکر شده در بالا ارائه می‌دهند. با توجه به کارکردهای با محوریت سنجش از جمله نظارت، مراقبت یا آگاهی وضعیتیِ داده محورِ زمان واقعی، تحرک آنها، توانایی کار در محیط‌های سه بعدی، وزن نسبتاً سبک و پتانسیل آنها برای پوشاندن مناطق و مسافت‌های بزرگ، آنها را به کاندیداهای ایده آل برای پلتفرم‌های سنجش شهری متحرک / هوایی تبدیل می‌کند. در زمینه ارائه خدمات، پهپادها به طور فزاینده ای توانایی‌های تصمیم گیری روی برد (سرخود) را از طریق قدرت پردازش تعبیه شده ی گاهاً قابل ملاحظه، در اختیار شما قرار می‌دهند و استفاده از آنها را برای عملیات پیچیده ای از قبیل بازرسی از سازه شهری (مانند پل‌ها) یا ایجاد مدل‌های سه بعدی از موقعیت‌های شهری و در محیط‌هایی که اتصال محدود است، امکان پذیر می‌سازند. در زمینه عملیات خطرناک، پهپادها از این مزیت برخوردار هستند که قابل هزینه (مصرفی) هستند (یعنی انسان نیستند) و از آنها برای کمک به پرسنل انسانی موجود در زمین استفاده شده است[۲۱].

استفاده از دسته-پهپادها در شهرهای هوشمند و برای کاربردهای امنیت عمومی

از آنجا که منابع و نگهداری از دسته پهپادها با یک هزینه ای انجام می‌شود و از آنجا که سهام داران زیادی در یک شهر هوشمند وجود دارند، به نظر می‌رسد که با افزایش کارکردهایی که پهپادها دارند، اشتراک منابع فراگیرتر خواهد بود. با توجه به ماهیت آنها، شبکه‌های حسگر مبتنی بر پهپاد، برای رویکردهایی که از چندین دستگاه استفاده می‌کنند، مناسبند. این موارد هر دوی دسته پهپادهای همگن و همچنین دسته‌های متشکل از بیش از یک نوع دستگاه (به عنوان مثال پهپادهایی را که با وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین[۱] یا با وسایل نقلیه سطحی بدون سرنشین[۲] کار می‌کنند)، را در نظر می‌گیرند. چندین پهپاد می‌توانند با هم همکاری کنند تا بتوانند اشیاء مورد علاقه (بازماندگان کشتی، متجاوزان) را در آب (دریای آزاد) با استفاده از انواع دستگاه‌های مختلف (دستگاه‌های آبزی وهمچنین هوایی) شناسایی کنند[۲۲,۲۳].

شبکه‌ی تک-پهپاد دارای یک توپولوژی ساده بوده و شامل یک پهپاد و یک یا چند گره زمین است. این شبکه‌ها به طور گسترده در کاربردهای نظامی، غیرنظامی و عمومی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از دلایل آن می‌توان به برخورداری از توپولوژی ارتباطی ساده اشاره کرد[۲۴].

در شبکه‌های چند-پهپاد ، با توزیع ظرفیت پردازش و اشتراک گذاری اطلاعات از طریق ارتباطات همکارانه[۳]، امکان انجام مأموریت‌های پیچیده تر به صورت کارآمد فراهم می‌شود. با وجود مزایای شبکه‌های چند-پهپاد ، استفاده از آن‌ها پیچیدگی شبکه‌های مخابراتی را افزایش می‌دهد. برای مثال شبکه‌های چند-پهپاد باید قابلیت خودسازماندهی[۴] داشته باشند. در این نوع شبکه بسیاری از UAVها ممکن است به دلیل خرابی یا تخلیه‌ی باتری از شبکه خارج شوند؛ در چنین شرایطی توپولوژی شبکه باید به صورت مستقل باشد تا بتواند قابلیت اطمینان ارتباطات را حفظ کرده و تأخیر ارتباطی را کاهش دهد. به طور کلی تعداد پهپاد مورد استفاده در شبکه بسته به نوع کاربرد آن‌ها متفاوت است.شکل(۲) تعداد پهپادهاو محدوده‌ی فاصله آنها را در حوزه‌های کاربردی مختلف نشان می‌دهد[۲۴].



شکل (۲) : تعداد پهپادها و محدوده ی فاصله ی آنها در حوزه‌های کاربردی مختلف [۲۴]

۲-۳- کاربردهای کلی هواپیماهای بدون سرنشین

واحدهای بدون سرنشین دستگاه‌های ایده آل برای گشت زنی در مناطق بزرگ هستند. هواپیماهای بدون سرنشین به دلیل عدم نیاز به تأسیسات و پایگاه‌های بزرگ و ثابت، سادگی تعمیر و نگهداری، به کارگیری آسان، نداشتن ضایعات انسانی در صورت هدف قرار گرفتن (که با توجه به هزینه صدها هزار دلاری و زمان چندین ساله آموزش یک خلبان بسیار مهم است)، امکان استفاده از فناوری پیشرفته در ساخت و مزایای دیگر، نظر مشتریان نظامی و غیرنظامی و در نتیجه شرکت‌های سازنده را به خود جلب کرده و امروزه میزان سرمایه گذاری کشورهای جهان در این زمینه بالغ بر چند میلیارد دلار است. سرعت بالا و ابعاد کوچک این پرنده‌ها را به ابزار مناسبی جهت شبیه سازی یک هدف واقعی برای تقویت مهارت‌های مجموعه پدافند هوایی

[1] - Unmanned ground vehicle (UGV)
[2] - Unmanned surface vehicle (USV)
[3]- Cooperative
[4]- Self-Organize

www.SID.ir

کشور بدل کرده است که برای کاهش هزینه‌ها و افزایش آمادگی دفاعی بسیار مهم است [۲۵]. با توجه به پیشرفت‌های اخیر و در دست اقدام (به عنوان مثال در نرم افزار و سخت افزار مربوط به پهپادها)، پهپادها توانسته اند به عنوان سیستم‌های نظارت تصویری هوایی خدمت کنند، چشم انداز هوایی بی سابقه ای را برای نظارت بر زمین فراهم کنند و علاوه بر این، این کار را به صورت آنی[1] انجام دهند. با این حال، محیط‌های شهری و چشم انداز آنها با ساختمان‌های مرتفع و دره‌های شهری، چالش‌هایی را ایجاد می‌کنند[۲۰].

بنابراین می‌توان از آنها برای محافظت از اموال و حفاظت از مرزهای ایالتی استفاده کرد. آنها همچنین می‌توانند عکسبرداری‌های هوایی مورد استفاده برای اهداف زمین سنجی[2]، باستان شناسی، تبلیغات و غیره را انجام دهند. با ابعاد کوچک و قدرت مانور بالا می‌توانند پروازها را بین موانع، ساختمانها انجام دهند و حتی از طریق درهای باز، پنجره‌ها و درها قادر به پرواز در اتاقها باشند. از مدل‌های مجهز به دوربین‌های گرمایی و دید در شب (با استفاده از نور مادون قرمز فعال یا تقویت کننده نور)، با گشت زنی روزانه در منطقه مورد نظر، می‌توان به عنوان ماشین جستجو در عملیات نجات استفاده کرد و می‌توانند بصورت شبانه روزی در بالای مناطق جنگلی کار کنند. آنها تصویری را به صورت آنی ارسال می‌کنند تا در صورت بروز وضعیت اضطراری، تصادف یا وضعیت بحرانی که نیاز به مداخله دارد، واکنش فوری از خدمات مربوطه را ارائه دهند. پهپادها می‌توانند توسط بخش های زیر استفاده شوند:

۱-۲-۳-پلیس:

- خدمات ارتباطی در هنگام وقوع بلایا
- گشت زنی در یک منطقه مشخص شده
- مستندسازی تراکم ترافیک و راهبندان‌ها
- اداره و نظارت بر رویدادهای جمعی
- پشتیبانی برای اقدامات تعقیب، جستجو و سایر اقدامات پلیسی
- امنیت عمومی و امنیت مدنی[3]
- تولید (بزرگ) داده
- هماهنگی بین سیستم‌های ناهمگن
- امنیت برای رویدادهای عمومی
- مدیریت ترافیک و جمعیت
- به دست آوردن شواهد

۲-۲-۳-مرزداران:

- نظارت بر مناطق مرزی
- پشتیبانی هوایی از کنترل ترافیک مرز
- تجسم سریع منطقه و نقشه برداری
- کشف و پایش منابع آلودگی
- اشیاء، مرز زمینی و آبی
- ردیابی اهداف در حال حرکت
- تجسم سریع و کنترل منطقه
- نقشه برداری

۳-۲-۳-ارتش:

- بازدید مقدماتی و نظارت بر منطقه
- حمل و نقل تسلیحات و تجهیزات
- پشتیبانی مستقیم وظایف جنگی و آموزشی
- تمرین و آموزش کارکنان شبکه پدافند هوایی توپخانه ای و موشکی
- انجام بخش‌هایی از جاسوسی
- ردیابی یک هدف متحرک
- مبارزه با تروریسم
- ایجاد اختلالات راداری و مخابراتی از نزدیک (اتصال به فرستنده)
- پرواز انبوه: برای ایجاد اختلالات راداری
- عملیات تخریبی
- هواشناسی
- عملیات تخریبی کوچک ولی دقیق (بدون انجام عملیات انتحاری) به صورت قرار گرفتن بر تجهیزات دشمن و انهدام آنها از قبیل وسایل مخابراتی، رادار و حتی سیستمهای ناوبری تانک‌ها و نفربر
- حفظ جان سربازان و عدم نیاز به عملیات انتحاری
- دسترسی به مکان و اهداف غیر قابل دسترسی

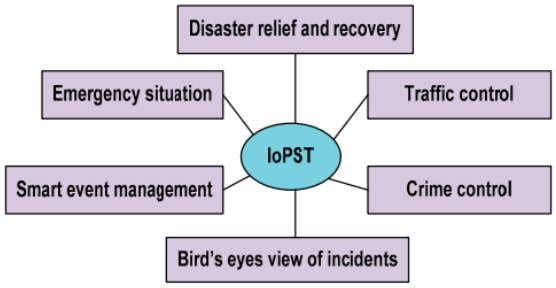
هواپیماهای بدون سرنشین همچنین در تحویل محموله از کاربرد بیشتری برخوردار هستند[۲۷-۲۵].

[1]- Real time
[2]- Geodesy
[3]- Public Safety and Civil Security

www.SID.ir

۴- کاربردهای پهپادها در امنیت عمومی و شهر هوشمند

استفاده از فناوری‌های اینترنت اشیاء در شهرهای هوشمند می‌تواند منجر به ایجاد تغییرات و پیشرفت در اقتصاد، ایمنی، مدیریت بهره برداری عمومی و حمل و نقل در شهرهای هوشمند شود. جذاب ترین کاربرد هواپیماهای بدون سرنشین، جمع آوری داده‌های اینترنت اشیاءبا استفاده از دستگاه‌های پوشیدنی در شهرهای هوشمند یا در رویدادها است[۲۸,۲۹]. یک هواپیمای بدون سرنشین می‌تواند با دستگاه‌های ناهمگن روی زمین-که قادر به برقراری ارتباط در نواحی بزرگ نیستند- ارتباط برقرار کند و به منظور تصمیم گیری نهایی و اقدام به موقع، اطلاعات را به مقصد مورد نظر ارسال کند. توسعه چنین فن‌آوری‌های ارتباطی منجر به تغییر در نحوه برقراری ارتباط با تعداد زیاد اشیای متصل به اینترنت می‌شود. با این حال، اینترنت اشیاء به ارتباطات بین خود اشیا اشاره دارد. مفهوم اینترنت اشیاء به اشیایی اشاره می‌کند که هوشمند نیستند و شامل هوش مصنوعی[1] نمی‌شود. علاوه بر این، اینترنت اشیای رباتیک[2] یک مفهوم هوشمند است که به اشیای‌های مرتبط امکان مذاکره، استدلال، تصمیم گیری و تفویض اختیار می‌دهد[۳۰]. در مقابل، اینترنت اشیای امنیت عمومی[3] به اشیای پوشیدنی برای امدادگران اشاره دارد که برای امنیت عمومی استفاده می‌شوند و از طریق اینترنت متصل هستند مانند دوربین‌ها، حسگرها و هواپیماهای بدون سرنشین. اینترنت اشیای امنیت عمومی انواع مختلف خدمات عمومی مانند پاسخ اضطراری، رفع بلایا، کنترل ترافیک، تشخیص جرم، بررسی تصادفات، مدیریت رویدادهای هوشمند و غیره را پوشش می‌دهد (شکل (۳)).



شکل(۳): تصویری از مفهوم اینترنت اشیای امنیت عمومی [۲۱]

دستگاه‌های پوشیدنی اینترنت اشیای امنیت عمومی به منظور امنیت عمومی در شهرهای هوشمند با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و به امدادگران این امکان را می‌دهند تا اطلاعات را با پست‌های فرماندهی و بخش‌های مربوط به اشتراک بگذارند. این دستگاه‌های متصل می‌توانند به تیم‌های امدادی و پلیس برای شناسایی زمان وقوع فجایع یا جرایم کمک کنند.

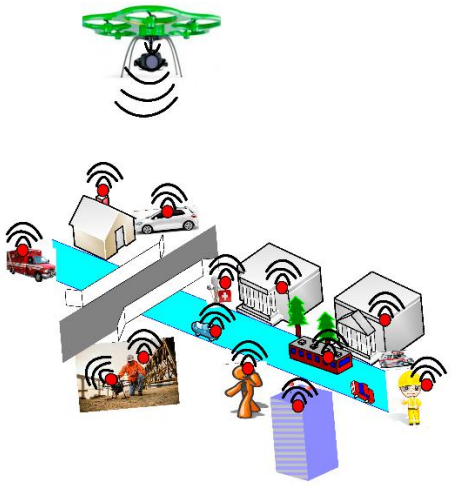
اما به دلیل محدود بودن توان ارسالی دستگاههای پوشیدنی، آنها قادر به ارسال اطلاعات در مسافت‌های طولانی نیستند. با این حال فناوری پهپاد قادر است خدمات را به صورت زنده در مناطق وسیع جغرافیایی ارائه دهد. استفاده از فناوری هواپیماهای بدون سرنشین ارزانترین و کارآمدترین روش برای نظارت بر یک مجرم فراری، پیدا کردن فرد مفقودالاثر، بررسی صحنه فاجعه بخصوص در موقعیت‌های زمان-بحرانی است. بنابراین بهترین ویژگی‌های یکپارچه سازی پهپادها و اینترنت اشیای امنیت عمومی مواردی است که قرار است به آنها دست یابند و بیشترین مزایا از جمله قابلیت برنامه ریزی مجدد آنها، قابلیت سنجش خوب، توانایی به‌هم وصل شدن و شناسایی اشیا، حضور همزمان در همه جا و قابلیت ارتباط را دارند[۲۱].

دستگاههای پوشیدنی اینترنت اشیای امنیت عمومی به شهرهای هوشمند یا منطقه آسیب دیده متصل می‌شوند تا امدادگران بتوانند اطلاعات را با پست‌های فرماندهی و طرف‌های مربوطه به اشتراک بگذارند (شکل (۴)). هواپیماهای بدون سرنشین نقش مهمی در جمع آوری داده‌ها از دستگاه‌های مختلف در هنگام وقوع یک فاجعه یا رویداد برنامه ریزی شده در شهرهای هوشمند دارند. این دستگاه‌های متصل به تیم‌های پلیس و جستجو و نجات کمک می‌کنند تا تشخیص دهند چه موقع یا کجا جرم یا فاجعه رخ داده است. بنابراین، تیم‌های پلیس یا تیم‌های جستجو و نجات می‌توانند تصمیمات درستی بگیرند و عاملان را ردیابی کنند. در اینجا، فناوری پهپادی قادر به حمل این دستگاه‌ها و ارائه خدمات در یک ناحیه تحت پوشش بزرگ است. در حالی که دستگاه‌های متصل به دلیل قدرت ارسال محدود قادر به ارسال اطلاعات از راه دور نیستند. پروتکل‌های عملیاتی هواپیماهای بدون سرنشین آنها را قادر می‌سازد تا مستقیماً بر عملکرد تیم جستجو و نجات تأثیر بگذارند. جستجو و نجات نمایانگر امیدوار کننده ترین کاربردهای هواپیماهای بدون سرنشین برای امنیت عمومی است. پردازش جستجو و نجات با توجه به آب و هوا، محیط زیست، تجربه جستجوگرها و مکان افراد گمشده می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

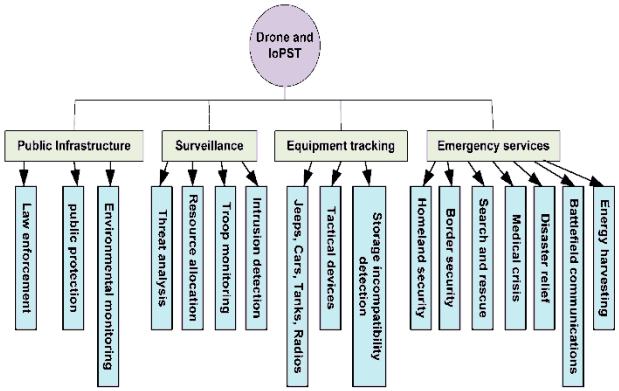
[1] - Artificial Intelligence (AI)
[2] - Internet of Robotic Things (IoRT)
[3] - Internet of Public Safety Things (IoPST)

www.SID.ir

هواپیماهای بدون سرنشین داده‌های جمع آوری شده را در زمان واقعی ارسال می‌کنند. علاوه بر این، آنها کمک‌های تاکتیکی برای افزایش امنیت عمومی و ایمنی افسران از نظر آگاهی موقعیتی ارائه می‌دهند. هواپیماهای بدون سرنشین نه تنها مراقبت فوری برای کسانی که تحت تأثیر یک جرم/ فاجعه قرار دارند ارائه می‌دهند بلکه می‌توانند داده‌هایی را جمع آوری کنند که به شهرها کمک می‌کند تا پس از وقوع یک فاجعه مورد بازسازی قرار بگیرند. علاوه بر این، تصمیم گیری در مورد امنیت عمومی بر اساس مقادیر انبوهی از داده‌های جمع آوری شده توسط دستگاه‌های مختلف متصل به پهپادها که قادر به ارسال اطلاعات در زمان واقعی هستند، صورت می‌گیرد. داده‌های زمان واقعی به مقامات امنیت عمومی اجازه می‌دهند تا به سرعت اقدام به حفظ امنیت مردم کنند.مقامات بر اساس داده‌های زمان واقعی دریافت شده از پهپاد، به صورت آنی، تحلیل می‌گیرند. تجزیه و تحلیل در زمان واقعی به رفعِ یه موقعِ مشکلات امنیت عمومی کمک می‌کند تا به مردم قبل از وقوع حوادث / جرایم کمک کنیم. بنابراین، ترکیب پهپادها و اینترنت اشیای امنیت عمومی به بسیاری از کارها و کاربردها کمک می‌کند، همانطور که در شکل(۵) نشان داده شده است. برنامه‌های کاربردی شامل زیرساخت‌های پلیس، نظارت، ردیابی تجهیزات و خدمات اضطراری هستند[۲۱].



شکل(۴) : تصویری از هواپیماهای بدون سرنشین و اینترنت اشیای امنیت عمومی [۲۱]



شکل (۵) : کاربردهای اینترنت اشیای امنیت عمومی در ترکیب با پهپاد [۲۱]

۴-۱- موارد استفاده از پهپادها به عنوان بسترهای سنجش متحرک[1] برای پاسخ به فاجعه، امنیت مدنی و امنیت عمومی

۴-۱-۱-سنجش شهر هوشمند

یکی از جنبه‌های اساسی یک شهر هوشمند قابلیت سنجش آن است که از طریق تعداد زیادی سنسور مستقر انجام می‌شود. اما استقرار این سنسورها تنها بخشی از زیرساخت مورد نیاز است، زیرا داده‌های تولید شده برای پشتیبانی از تصمیم گیری آگاهانه باید جمع آوری و جمع شوند. پهپادها می‌توانند نقش مهمی در فراهم آوردن یک شبکه حسگر بی سیم متحرک، اتصال رله شبکه و آگاهی موقعیتی ایفا کنند. از آنها انتظار می‌رود با بسیاری از اشیاء هوشمند مختلف مانند سنسورها و دستگاه‌های تعبیه شده ارتباط برقرار کنند. تحرک آنها، امکان تهیه داده‌های زمان واقعی و پتانسیل حمل سخت افزار برای تصمیم گیری سرخود، پهپادها را به کاندیدای ایده آل تبدیل می‌کنند. در واقع، پهپادها انتظار می‌رود نقش مهمی را در شهرهای هوشمند و زیرساخت‌های اینترنت اشیاء در سطح شهر ایفا کنند.

۴-۱-۲-جمع آوری اطلاعات

برای تقسیم هزینه تهیه و بهره برداری از پهپادها، آژانس‌های متعدد دیگری می‌توانند همکاری کنند و کنسرسیومی را تشکیل دهندکه منابع و مهمتر از آن، داده‌های جمع‌آوری شده توسط این دستگاه‌ها (مانند تصاویر یا محتواهای ویدیویی زنده) را به اشتراک می‌گذارد[۳۱]. پهپادها می‌توانند در صورت مجهز بودن به فرستنده-پاسخ دهنده‌ها[2]، برای تعیین محل کردن واحدهای امنیت مدنی مانند آتش نشانی یا پلیس استفاده شوند. این امر

[1] - Mobile sensing platform (MSP)
[2]- Transponder

www.SID.ir

باعث افزایش آگاهی وضعیتی می‌شود و می‌تواند بین آژانس‌ها برای هماهنگی عملیات یا بهبود امنیت واحدهای موجود در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد[۲۰].

۳-۱-۴-به کار اندازی(تحریک)

پهپادها را می‌توان برای کارهای بازرسی و تعمیر که به دستکاری خودگردان نیاز دارند[۳۲,۳۳] یا به سادگی برای عملیات لجستیک استفاده کرد[۳۳]. به عنوان مثال، برای تحویل بسته‌ها[34-36]. با این حال، بخش عمده ای از مشارکت‌های فعال در دفاع مدنی و عملیات امنیت عمومی در استفاده از قابلیت‌های پردازش سرخود وجود دارد که به دستگاه اجازه می‌دهد داده‌های جمع آوری شده از برنامه‌های سنجش را پردازش کند (یا حداقل پیش پردازش کند). این می‌تواند از جمع آوری داده‌ها به عنوان مثال برای ارزیابی خسارت[31] یا برای تأمین امنیت عمومی سواحل یا بنادر [۳۷,۳۸] تا تفسیر این داده‌ها متغیر باشد. به عنوان مثال پشتیبانی از تیم‌های دفاع مدنی زمینی[۳۹,۴۰]، مکان‌یابی قربانیان[۴۱]یا ارزیابی خسارت[۳۱]. بیشتر این وظایف عملگر به عنوان خدمات سطح بالا توصیف شده است. با توجه به کاربردهای عملگر، شرکت در عملیات لجستیکی از جمله تأمین، تحویل و مأموریت‌ها متداول ترین کاربرد است.

۴-۱-۴-خدمات

استفاده از پهپادها برای طیف گسترده ای از کارهای نظارتی پیشنهاد شده است که زمینه‌هایی از نظارت شهری[۴۲]، نظارت هوایی[۴۳]، نظارت بر مرز[۴۴] و به طور کلی وظایف ردیابی و نظارت[۴۵] را پوشش می‌دهند.هم چنین نظارت بر خطوط لوله[۴۶]، املاک شخصی[۴۷] و در صورت بروز بلایا، قربانیان[۴۱]. در زمینه دفاع مدنی و امنیت عمومی، هنگامی که عملیات در حال انجام است، از پلتفرم‌های سنجش متحرک و دسته‌های چند عاملی برای پستیبانی از تیم‌های دفاع مدنی زمینی، برای ارائه کمک‌های اضطراری و کمک در عملیات جستجو و نجات استفاده می‌شود[۳۹,۴۰].

از پتانسیل قابلیت‌های به کارگماری پهپادها به ویژه در زمینه کاوش یا بازیابی مواد خطرناک یاد شده است[۴۵]. علاوه بر این یک گسترش منطقی به قابلیت‌های نظارت، ارزیابی خسارت و عملیات بازرسی و تعمیر مانند بازرسی خطوط برق[۴۸]، بازرسی شبکه برق[۳۳,۴۹] و بازرسی زیرساخت‌ها توسط پهپادها با استفاده از قابلیتهای دستکاری خودگردان آنها انجام شده است[۴۹].

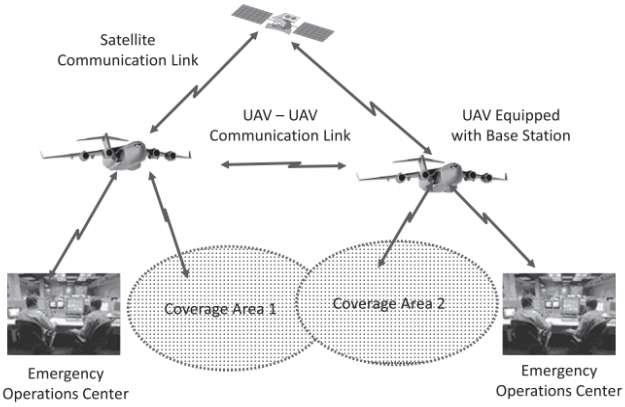
۲-۴-شبکه‌های مخابراتی هوایی[1]

از آنجا که پهپادها در مقایسه با سنسورهای ایستا سنتی هنوز هم بسیار پر هزینه هستند و با توجه به اینکه در بسیاری از موارد الزامات اساسی یک زیرساخت، توسط زیرساخت‌های موجود برآورده می‌شود، جای تعجب نیست که بخش خوبی از مقالات کار خود را در زمینه شرایط اضطراری یا عواقب ناگهانی یک واقعه ویرانگرِ زیرساخت مانند سونامی یا زلزله قرار دهند (که هر دو ممکن است در شرایط آب و هوایی ایدهآل برای عملیات پرواز پهپاد اتفاق بیفتد). می‌توان از پهپادها برای ساخت و بهره برداری از سرورهای ارتباطی مستقر در پهپادها، فراهم آوردن دسترسی بی سیم به قربانیان در یک منطقه اضطراری پس از یک فاجعه یا هنگامی که زیرساختهای ارتباطی دچار حمله شده اند استفاده کرد. در حالی که اکثر مقالات، شبکه‌های ارتباطی اضطراری (سلولی) را از طریق ازدحام خودگردان و غیر متمرکز که کاملاً از پهپادها تشکیل شده اند در نظر می‌گیرند، کارهای دیگر، استفاده از دسته‌های ناهمگن (در اینجا پهپادها و وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین) را برای سیستم‌های پیام رسانی که برای ایجاد ارتباط بین موقعیت‌های ثابت (مانند پناهگاه‌ها) طراحی شده اند، پیشنهاد می‌کنند. مزیت چنین زیرساخت‌های پویا و قابل استفاده این است که می‌توان آن را سازگار کرد تا فقط در مکان‌هایی که در حال حاضر در حال بهره برداری هستند، حداکثر استفاده و عملکرد سیستم را داشته باشند.

یک ایستگاه پایگاه هوایی ایستگاهی است که می‌تواند توسط یک بالون یا وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپاد) حمل شود و زیرساخت‌های لازم برای تسهیل ارتباطات بی‌سیم و/یا سلولی را در هنگام پاسخ به فاجعه به دنبال فاجعه طبیعی و انسانی ایجاد می‌کند.(شکل(۶)). برخلاف پلتفرم‌های ارتفاع بالا، ایستگاه‌های هوایی مبتنی بر پهپاد می‌توانند پرواز کرده یا در یک ارتفاع چند هزار پا بالای زمین معلق مانده و پوشش Wi-Fi/سلولار را برای نواحی تحت تأثیر فاجعه ارائه دهند. آنها همچنین به افزایش ظرفیت شبکه سلولی موجود در طول وقایع عمومی مانند مراسم تحلیف ریاست جمهوری و گشت‌ها، رویدادهای ورزشی، یا کنسرت‌ها کمک می‌کنند [۵۰].

[1]- Aerial Communication Network (ACN)

www.SID.ir



شکل(۶): ایستگاه پایه هوایی: یک تصویرکلی [۵۰]

شبکه‌های پهپاد-سلول چند سطحه برای سناریوهای مختلف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. این شبکه‌ها در موارد مختلف می‌توانند به شبکه‌های زمینی ناهمگن کمک کنند که برخی از آنها به ترتیب عبارتند از:

- فراهم آوردن خدمات در مناطق روستایی
- جایگزینی برای یک ایستگاه پایه معیوب
- ارایه خدمات به کاربران با تحرک بالا
- کمک به ماکروسل در حالت تراکم در شبکه دسترسی رادیویی
- کمک به یک ماکروسل در حالت تراکم شبکه‌ی مرکزی
- فراهم آوردن منابع اضافه برای رویدادهای موقت مانند کنسرت‌ها و رویدادهای ورزشی
- فراهم اوردن پوشش برای نقاط کور
- کاهش اتلاف انرژی شبکه‌های حسگر به وسیله‌ی حرکت به سمت آنها

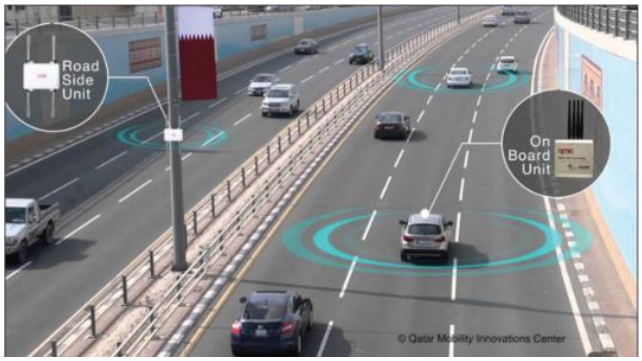
حرکت پهپادها آنها را قادر به ارایه خدمات به کاربران با تحرک بالا و نیازمند نرخ ارسال داده بالا می‌کند. در شبکه‌های حسگر با دستگاه‌های توان پایین، به جای الزام به ارسال اطلاعات به ایستگاه‌های پایه دور، پهپاد می‌تواند به سمت این دستگاه‌ها حرکت کرده و با توجه به نزدیکی و قابلیت دید مستقیم امکان برقراری ارتباط با توان پایین را فراهم کند.در حوادث پیش بینی نشده حجم بسیار زیادی از داده‌ها توسط حسگرها ایجاد می‌شود؛در این مواقع پهپاد-سلول‌ها بار سراسری روی شبکه را کاهش داده و به نوعی طول عمر کارکرد حسگر را افزایش می‌دهند[۲۴].

۳-۴-کاربرد پهپاد برای کنترل ترافیک و راهنمایی و رانندگی و پلیس هوشمند

۱-۳-۴-سیستم‌های حمل و نقل هوشمند[1] برای شهر هوشمند

سیستم‌های حمل و نقل هوشمند یکی از قدیمی ترین فن آوری‌های شهر هوشمند است و در بسیاری از شهرهای جهان مستقر شده است. . به عنوان مثال، در مادرید، اسپانیا، کلیه سیستم ها و قطعات حمل و نقل عمومی از جمله قطار، تراموا (قطار برقی درون شهری، قطار خیابانی)، اتوبوس ها و ایستگاه های اتوبوس به یک اتاق کنترل مرکزی متصل می‌شوند که در آن داده ها به صورت بلادرنگ جمع آوری و پردازش می‌شوند تا خدمات و برنامه های هوشمند و کارآمد برای کاربران نهایی فراهم شود. به عنوان کاربر حمل و نقل عمومی، می‌توانید از زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه کنار خانه خود مطلع شوید، که دقیقاً براساس ترافیکِ آنی در مسیر اتوبوس محاسبه می‌شود.

نسل بعدی فناوری سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با تکثیر وسایل نقلیه متصل و خودگردان فعال می‌شود. فناوری وسایل نقلیه متصل، به وسایل نقلیه در جاده یکسان وسیله ای برای برقراری ارتباط و تبادل داده‌های زمان واقعی ارائه می‌دهد که می‌تواند عملکرد ایمنی و در نتیجه بهبود ایمنی جاده را بهبود بخشد. در کنار سایر فن آوری‌های سنجش، می‌توان از وسایل نقلیه متصل برای فعال کردن وسایل نقلیه بدون راننده استفاده کرد که این امر باعث تغییر در نحوه حرکت ما می‌شود. چنین کارکردهایی از وسایل نقلیه متصل در حال حاضر در سراسر جهان مورد آزمایش قرار گرفته است. یک پروژه آزمایشی در مقیاس بزرگ برای وسایل نقلیه متصل در شهر دوحه، قطر، در شکل(۷)نشان داده شده است.



شکل (۷) : استقرار واحدهای کنار جاده ای[2] و واحدهای سواربرآن[3] در دوحه،قطر، برای فعالسازی آزمایش ارتباطات وسیله نقلیه-به-واحدِ-کنار جاده وسیله نقلیه به-وسیله نقلیه [۵۱]

[1] - Intelligent Transportation System (ITS)
[2] -Roadside Unit (RSU)
[3] -On Board Unit

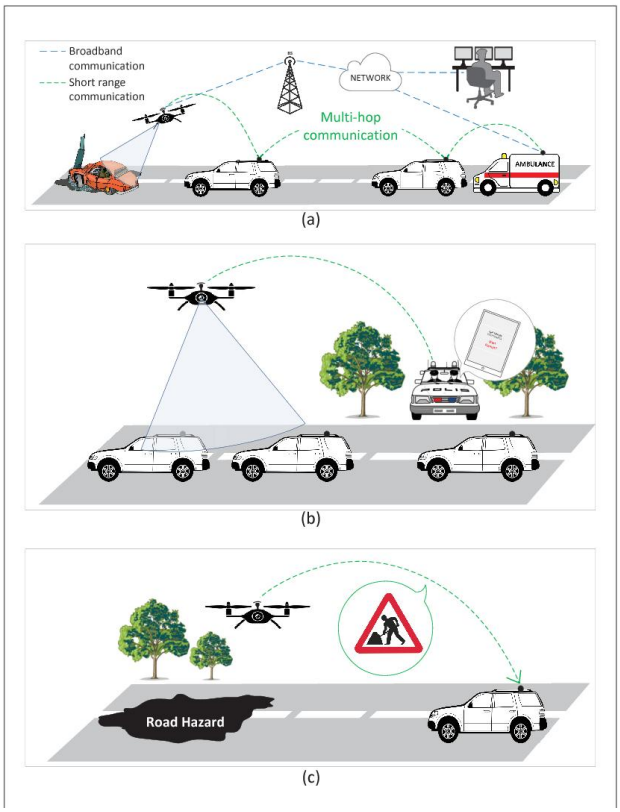
www.SID.ir

اتوماسیون وسایل نقلیه یک قدم به جلو به سمت شبکه‌های حمل و نقل کاملاً خودکار رفته است. اما هنوز هم نیاز به خودکار کردن سایر بازیگران شبکه حمل و نقل مانند عوامل پلیس راهنمایی و رانندگی، تعمیر و تیم‌های تعمیر و نگهداری بزرگراه‌ها و تیم‌های پشتیبانی وجود دارد. آخرین مرحله به سمت سیستم‌های حمل و نقل کاملاً خودکارنقطه به نقطه می‌تواند با استفاده از پهپادهای خودکار فعال شود[۵۱].

پهپادها پتانسیل بالایی دارند که بتوانند رانندگی خودگردان را تکمیل کنند و جاده‌های کاملاً خودکار را فعال کنند. بسیاری از برنامه‌های جدید مرتبط با سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌توانند با استفاده از پهپادهای خودکار فعال شوند یا به بهبود ترافیک، ایجاد ایمنی و امنیت بهتر در جاده یا افزایش راحتی راننده کمک کنند. قبل از استفاده از پهپادها در چنین کاربردهایی، هنوز مشکلات جدی برای برطرف شدن وجود دارد. این مشکلات شامل انرژی محدود، قابلیت‌های پردازش و محدوده ارسال سیگنال است. با در نظر گرفتن انقلاب فن آوری در دهه‌های گذشته، این پتانسیل بسیار زیاد وجود دارد که محدودیت‌های فوق در استفاده از پهپاد در آینده نزدیک پاک شود. در بخش‌های زیر فقط تعدادی از این کاربردها را لیست و توصیف می‌کنیم.

۲-۳-۴-مأمور گزارش حادثه پرنده

هنگامی که یک تصادف رانندگی رخ می‌دهد، زندگی افراد درگیر به کارآیی تیم امداد و نجات بستگی دارد، که به طور مستقیم به سرعت رسیدن تیم نجات به صحنه تصادف بستگی دارد. هنگامی که نزدیکترین پایانه تیم نجات خیلی دور از محل تصادف قرار داشته باشد، زمان رسیدن تیم نجات می‌تواند خیلی طولانی باشد. در برخی شهرها، تیم نجات از هلیکوپترها برای رسیدن به حوادث مستقر در مناطق منزوی و روستایی استفاده می‌کند. چنین راه حل هزینه بالایی دارد که آن را برای بسیاری از شهرها و سناریوها نامناسب می سازد. ازدحام ترافیکی در مسیر رسیدن یا اطراف محل حادثه که می‌تواند ناشی از تصادف گزارش شده باشد نیز یکی دیگر از عوامل مهم است که می‌تواند تیم نجات را به تأخیر بیندازد. در این زمینه، پهپادها می‌توانند یک راه حل مکمل خوب برای کمک به رسیدن تیم نجات در کوتاهترین زمان به صحنه تصادف باشند. در واقع، همانطور که در شکل(۸-الف) نشان داده شده است، تیم نجات می‌تواند به یک پهپاد خودکار مجهز باشد که می‌تواند تا رسیدن به محل حادثه به سرعت از روی ترافیک پرواز کند. همچنین می‌توان تعدادی ایستگاه پهپاد در سطح شهر مستقر کرد که از آن پهپادها می‌توانند برای یک مأموریت اقدام به برخاستن کنند. وقتی پهپاد به محل حادثه رسید، می‌تواند گزارش مفصلی از اوضاع ارسال کند، به عنوان مثال، تعداد افراد درگیر و وضعیت آنها به همراه پروفایل‌های آنها، که توسط عکس‌ها و فیلم‌ها قابل پشتیبانی است. این پهپادها همچنین می‌تواند برای ایجاد یک کانال ارتباطی زمان واقعی (صوتی و تصویری در صورت امکان) بین محل حادثه و تیم نجاتِ هنوز در راه (و همچنین تیم در مرکز کنترل) باشد. چنین کانال ارتباطی می‌تواند همچنین به تیم نجات کمک کند تا در صورت لزوم دستورالعمل‌هایی از راه دور ارائه دهد. مأمور گزارش حادثه پرنده، همچنین می‌تواند در حالی که منتظر رسیدن تیم نجات است، یک کیت کمک‌های اولیه را به محل حادثه ارائه دهد[۵۱].



شکل (۸) : نمونه‌هایی از کاربردهای پهپاد در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند [۵۱]
:الف) از یک پهپاد استفاده می‌شود تا قبل از رسیدن به صحنه حادثه، یک گزارش پیشرفته به تیم نجات ارائه دهد. ب) یک پهپاد توسط پلیس برای گرفتن متخلفان راهنمایی و رانندگی استفاده می‌شود. ج) از پهپادها به عنوانواحد کنار جاده‌ایپرنده استفاده می‌شود که هشداری در مورد خطرات جاده ای،-که در منطقه ای که از قبل مجهز به واحد کنار جاده ای نشده است، شناسایی شده-،همه پخشی کند.

۳-۳-۴-واحد کنار جاده پروازی

در آینده نزدیک خودروهای ما به فناوری ارتباط برد نزدیک اختصاصی[1] مجهز خواهند شد تا وسایل نقلیه از طریق کانال DSRC (مشابه Wi-Fi) با سایر وسایل نقلیه و زیرساخت‌های

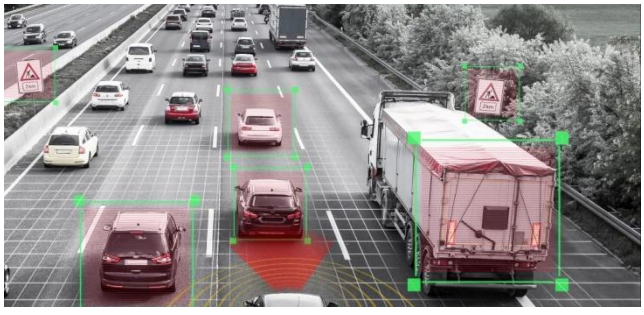
[1] - Dedicated Short Range Communication (DSRC)

www.SID.ir

جاده ای در محیط اطراف ارتباط برقرار کنند. چنین فن‌آوری هنگامی کارآمد است که تعداد وسایل نقلیه مجهز در جاده به آستانه خاصی برسد. در عین حال، برای پشتیبانی از برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه، نیاز به نصب واحد های کنار جاده‌ای در جاده وجود دارد. علاوه بر این، واحد کنار جاده‌ای در بعضی جاها مانند تقاطع‌ها برای پشتیبانی از ارتباط DSRC مورد نیاز است، که نمی‌تواند از موانعی مانند ساختمانهای اطراف عبور کند. در حقیقت، DSRC روی فرکانس بیش از ۵/۹ گیگاهرتز کار می‌کند، که به نظر می‌رسد برای نفوذ در موانع ضعیف است. بسیاری از واحدهای کنار جاده‌ای در کنار جاده در موقعیت‌های ایستا به همراه چند واحد کنار جاده‌ای متحرک نصب خواهند شد. اگر واحد کنار جاده‌ای روی یک وسیله تعمیر و نگهداری بزرگراهی نصب شود، در هنگام ایستادن وسیله تعمیر و نگهداری، در حالت ایستا قرار دارد و سپس می‌تواند با شروع رانندگی خودرو در بزرگراه به حالت متحرک تغییر یابد. مشابه یک وسیله تعمیر و نگهداری بزرگراهی، یک پهپاد می‌تواند به فناوری ارتباط برد نزدیک اختصاصی مجهز شود تا بتواند یک واحد کنار جاده‌ای پرنده را فعال کند، همانطور که در شکل(۸) نشان داده شده است. واحد کنار جاده‌ای پرنده می‌تواند برای اجرای یک کارکرد خاص به یک مکان از پیش تعریف شده پرواز کند. به عنوان مثال، حادثه ای را در بزرگراه در بخشی که مجهز به هیچ واحد کنار جاده‌ای نیست، در نظر بگیرید. سپس اپراتور بزرگراه در مرکز کنترل می‌تواند یک پهپاد را برای پرواز به محل حادثه و فرود در محل مناسب به کار اندازد تا اطلاعات را از طریق هوا همه پخشی کرده و کلیه وسایل نقلیه نزدیک را در مورد این حادثه مطلع کند.

۴-۳-۴-چشم پلیس پرنده

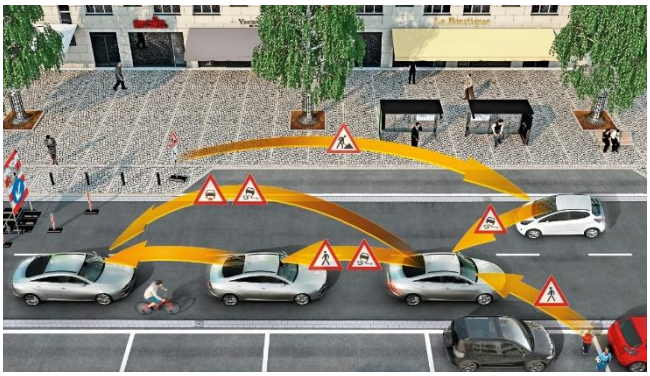
پلیس راهنمایی و رانندگی به آخرین فن آوری‌ها مجهز شده است تا ترافیک ایمن تر در جاده‌ها امکان پذیر شود. دوربین‌های سرعت و دوربین‌های مدار بسته همچنان پرکاربردترین فناوری برای اجرای قوانین راهنمایی و رانندگی هستند. اگر راننده از حد مجاز سرعت فراتر رود، می‌توان با یک دوربین ایستا یا متحرکِ سرعت، او را جلب کرد و اگر یک راننده علامت توقف را رد کند، می‌تواند توسط یک دوربین مدار بسته درآن نزدیکی گرفتار شود. با گذشت زمان، دوربین‌های ایستا کمتر کارآمد می‌شوند چرا که رانندگان هنگام نزدیک شدن به منطقه زیر زوایای آن دوربین‌ها، از آنها مطلع می‌شوند و رفتارهای رانندگی خود را تنظیم می‌کنند. این امر باعث ایجاد دوربین‌های متحرک شده است که می‌توانند در مکان‌های مختلف (گاهی اوقات مکان‌های ناشناخته) نصب شوند تا رانندگان را غافلگیر کنند. در واقع، آخرین فن آوری‌ها، دوربین‌های تشخیص سرعت را کاملاً متحرک می‌سازند تا در حین جابجایی بتوان از آن‌ها بهره برد. این دوربین‌های پیشرفته متحرک تشخیص سرعت، معمولاً در وسایل نقلیه پلیس تعبیه شده اند که در جاده رانندگی می‌کنند تا وسایل نقلیه‌ای که قوانین راهنمایی و رانندگی را در مناطق اطراف نقض کنند، دستگیر کنند. همان فناوری را می‌توان در یک پهپاد تعبیه کرد برای تجهیز دوربین تشخیص سرعت پرنده یا سایر کارکردهای اجرای ترافیک. پهپادهای کاملاً خودکار قادر به انجام همه کارها یا کارهای خاص مأمورین پلیس راهنمایی و رانندگی هستند. به عنوان مثال، یک پهپاد می‌تواند برفراز یک جاده پرواز کند و یک وسیله نقلیه مشخص را برای شناسایی و یک بررسی عادی از گواهینامه رانندگی متوقف کند. پهپاد می‌تواند یک وسیله نقلیه را با نگه داشتن چراغ راهنمایی و رانندگی، که می‌تواند جلوی وسیله نقلیه به رنگ قرمز تبدیل شود، متوقف کند. همان پهپاد می‌تواند بر فراز بزرگراه پرواز کند و هر وسیله نقلیه را برای سرعت گرفتن یا شکستن قوانین ترافیکی جلب کند. در اینجا ممکن است مسئله محدودیت در حداکثر سرعت یک پهپاد در مقابل یک وسیله نقلیه سریع که در بزرگراه رانندگی می‌کند، ایجاد شود. این محدودیت را می‌توان با اجازه دادن به پهپادها برای پرواز در ارتفاع زیاد برای به دست آوردن یک نمای کلی برطرف کرد که این محدودیت در سرعت را جبران کند [۵۱]. مثال هایی از استفاده از پهپادها در سیستمهای حمل و نقل در شکل(۹) نشان داده شده است.



(۹-الف)

(۹-ب)

www.SID.ir



(ج-۹)

شکل(۹) : سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، الف-شمارش وسایل نقلیه در ترافیک و خواندن علائم راهنمایی رانندگی [۵۲]، ب-ارتباط از طریق واحدهای کنار جاده‌ای و برج ها [۵۳]، ج-ارتباط وسیله نقلیه به وسیله نقلیه[۵۴]

۴-۴-نمونه‌های هواپیماهای بدون سرنشین برای امنیت عمومی

در هواپیماهای بدون سرنشین همه چیز درباره میزان بار است. بنابراین نوع رویداد مشخص می‌کند که چه نوع تجهیزاتی باید در بار باشند. بنابراین، رایج ترین پهپادهای مورد استفاده برای امنیت عمومی عبارتند از: نوآوری‌های Dà-Jiang، Inspire (DJI) وDJI Phantom ، که در شکل(۱۰) نشان داده شده است.

شکل(۱۰) : پهپاد **DJI** امنیت عمومی[۲۱]

هر دو از خانواده DJI هستند.DJI Phantom ، به راحتی قابل دستیابی است، به سادگی فرود و برخاست می‌کند، از نظر زاویه دادن به دوربین انعطاف پذیر بوده و قادر به پرواز در اطراف اشیاء است. اما حتی خلبانان باتجربه می‌توانند در نقاط سختی قرار بگیرند.علاوه بر این، پهپادهای SAR،DJI بهتری را فراهم می‌آورند، بنابراین آنها می‌توانند برای انواع فعالیت‌هایی مانند پایش محیط زیست، مدیریت فاجعه، نقشه برداری و مدل‌سازی سه بعدی استفاده شوند.

در طی پرتاب یک پهپادِ DJI، پهپاد شروع به جستجوی مداخله می‌کند، و هنگامی که پیدا شد، سعی خواهد کرد که متجاوز را تعیین موقعیت کند. همچنین برنامه پرواز را تغییر می‌دهد تا با کاهش زمان پرواز به نقطه اندازه گیری معنی دار بعدی برسد. هواپیماهای بدون سرنشین DJI در گرفتن تصاویر با کیفیت کافی برای نقشه برداری سه بعدی مورد نیاز برای بازسازی تصادف و تجسم صحنه جرم در شهرهای هوشمند کارآمد هستند[۲۱].

۴-۵-کاربردهای نظامی پهپادها

۴-۵-۱-پهپادها و جنگ‌های آینده

سامانه‌های جنگی آینده‌که بازوی تهاجمی ارتش‌ها در دهه‌های آتی خواهند بود، شبکه‌هایی متشکل از سامانه‌های سرنشین دار و بدون‌سرنشین است‌که در یک شبکه ارتباطی دیجیتالی به هم گره خورده اند، این سامانه‌ها تهیه اطلاعات جاسوسی و بخش عمده ای از جنگ را بر عهده خواهند داشت. بالگردهای بدون سرنشین نیز به اندازه ای ظرفیت خواهند یافت که بتوانند در طول مأموریت‌های بالای شش ساعته خود، سلاح و مهمات حمل کنند. ساخت پهپادهای بسیار کوچکی دنبال می‌شود که در کوله‌پشتی سربازان جا گرفته و در هنگام لزوم در بالای ارتفاعات و پشت بام‌ها مستقر و بدون جلب توجه دشمن و حتی شهروندان یک شهر، تصاویر ارزشمندی را تهیه و ارسال نمایند [۵۵].

۴-۵-۲-مأموریت‌های عملیاتی آینده پهپادها

پهپادها در آینده نزدیک می‌توانند به ویژه در انجام صحیح جمله دقیق دوربرد، پشتیبانی نزدیک هوایی و جنگ‌های اطلاعاتی مؤثر باشند. این حملات می‌توانند به صورت زیر باشند[۵۶]:

- **حمله دقیق راهبردی:** در حمله دقیق دوربرد، پهپادها می‌توانند به عنوان بخشی از یک ساختار حمله دقیق و شناسایی بزرگتر به کار برده شوند. ارسال داده‌ها در زمان نزدیک به واقعی از پهپادها می‌تواند موجب افزایش دقت هدفگیری و ارزیابی خسارت وارده پس از حمله گردد. به علاوه، پهپادها را می‌توان به گونه ای مجهز نمود که توان حمل و استفاده از تسلیحات دقیق را برای انهدام داشته باشند.
- **پشتیبانی هوایی نزدیک:**پشتیبانی هوایی نزدیک، کاربرد مستقیم امکانات هوایی در پشتیبانی از نیروهای زمینی می‌باشد. پشتیبانی هوایی نزدیک، انجام پروازها برعلیه اهدافی است که در مأموریت‌های نیروهای هم‌پیمان می‌باشند؛ بنابراین هماهنگی دقیق ضروری است. چون پهپادها می‌توانند از فواصل نزدیک به خط مقدم صحنه نبرد حرکت نموده و توسط فرماندهان مستقر در خط مقدم هدایت شوند لذا این پهپادها زمان انتظار برای پشتیبانی هوایی را کاهش می‌دهند. ضمن آن که خود نیز می‌تواند با

www.SID.ir

حمل تسلیحات پاره ای از عملیات رزمی انهدامی را به صورت محدود نیز انجام دهند؛ بنابراین پهپادهای مجهز به سلاح‌های هدایت شونده دقیق، می‌توانند در فراهم آوردن پشتیبانی هوایی نزدیک برای واحدهای زمینی مؤثر باشند. این نوع پشتیبانی فقط زمانی به کار می‌رود که نیروهای سطحی توسط قدرت آتش اصلی نمی‌توانند دشمن را کنترل کنند. در این شرایط جان خلبان هواپیماهای سرنشین دار به شدت در معرض خطر بوده و فشارهای روانی و هیجانات ناشی از این امر دقت آنان را کاهش می‌دهد و چه بسا آن مواضع نیروهای خودی را به اشتباه مورد هدف قرار دهند. اما پهپادها میتوانند فارغ از هرگونه نگرانی و دلهره به دقت وارد عمل شده و پشتیبانی هوایی نزدیک لازم را به عمل آورند.

- **عملیات مقابله با بحران:** عملیات مقابله با بحران یک عملیات چند فعالیتی است که در بر گیرنده ی فعالیت‌های سیاسی، نظامی و مدنی است که بر اساس قوانین داخلی و بین المللی برای همکاری و جلوگیری از مناقشات و حل اختلاف بنا شده اجرا می‌شود.پهپادها می‌توانند نقاط بحرانی، توده جمعیتی و انسانی، نقاطی که در معرض تخریب و خرابکاری می‌باشد را مراقبت و اطلاعات بصری زنده را در اختیار ستاد مقابله با بحران قرار دهند. یک فرمانده عملیاتی می‌داند وقتی از ترکیب انواع فناوری بتوان سلاح و مهمات متنوعی تولید نمود، با استفاده از طرح‌های عملیاتی خاص، سفارش ساخت نوعی از وسیله را می‌دهد که شاید تا آن زمان کسی آن را مطرح نکرده و آن را به کار نگرفته است.
- **جنگ اطلاعاتی(تجسسی و شناسایی):** پهپادها را از لحاظ تاریخی در ارتش برای استقرار در بسیاری از مأموریتهای اطلاعاتی، نظارت و شناسایی[1] در ارتش استفاده کرده اند. چنین سناریوهایی به طور کلی شامل نظارت بر مکان‌های مورد علاقه در طی یک دوره زمانی طولانی می‌شود. با پهپادهای مستقر شده، اطلاعات ارسالی مانند تصاویر، فیلم‌ها و داده‌های حسگر را به یک ایستگاه کنترل از راه دور منتقل می‌کنند[۵۷]. پهپادها می‌توانند به عنوان مانعی در برابر اشکال جنگ‌های اطلاعاتی استفاده شوند؛ زیرا آنها نسبتاً ارزان و پایا هستند. برای مثال، اگر بخشی از مأموریت‌های آمریکایی در یک مدار غیر قابل عمل باشند، در این صورت با استفاده از پهپادهای تجسسی و شناسایی بلند پرواز و دوربرد می‌توان به سرعت به اطلاعات موردنیاز دست یافت.
- **چالش ضد دسترسی:** پهپادها می‌توانند به روش‌های مختلفی راهبرد ضد دسترسی را بشکنند. پهپادهای بلند پرواز و دوربرد می‌توانند مکان دقیق پرتاب کننده‌های موشک بالستیک را تشخیص دهند. می‌توان پهپادهای خاصی تهیه کرد که بتوانند موشک‌های بالستیک میان‌برد را در مرحله دوم پرتابشان منهدم کنند. از آن جایی که بسیاری از پهپادها نیازی به باندهای طویل برای پرواز ندارند و همچنین بعضی از پهپادهای کوتاه برد حتی می‌توانند از فرودگاه‌ها و میدان‌های آماده نشده پرواز کنند، لذا این توانایی را دارند که در بسیاری از موارد، ازجمله اوایل درگیری که دسترسی به پایگاه‌های هوایی بزرگتر محدود است، جایگزین هواپیماهای سرنشین دار در بعد شناسایی و تا حدودی رزمی شوند.
- **جنگ‌های شهری:** پهپادها در عملیات‌های نظامی آینده، چه حفظ صلح و چه جنگ که در مکان‌های مشخص شهری روی می‌دهند، به کار خواهند رفت. روندهای جمعیت شناسی در جهان رو به توسعه بیانگر آن است که در نقاطی از جهان، شهر نشینی بیش از پیش افزایش خواهد یافت. آژانس تحقیقات پیشرفته دفاعی آمریکا[2] در حال توسعه ریز پهپادها است. این پهپادهای خیلی کوچک که ممکن است طول و عرض آنها بیشتر از شش اینچ نباشد، برای شناسایی عوامل جنگ بیولوژیکی و شیمیایی و نیز برای استفاده به عنوان تجهیزات شنود در ساختمان‌ها طراحی شده اند. در آینده ممکن است از پهپادهای کوچک، پهپادهای تاکتیکی و ریز پهپادها برای شناسایی خیابانها، بررسی درون ساختمان‌ها به منظور محافظت واحدهای آمریکایی از کمین‌ها و تیراندازان ماهر، کمک به نیروهایی که به صورت واحدهای رزمی و یا غیررزمی سازماندهی شده‌اند و شناسایی مکان‌های آلوده به عوامل

[1] - Intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR)

[2] - Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)

www.SID.ir

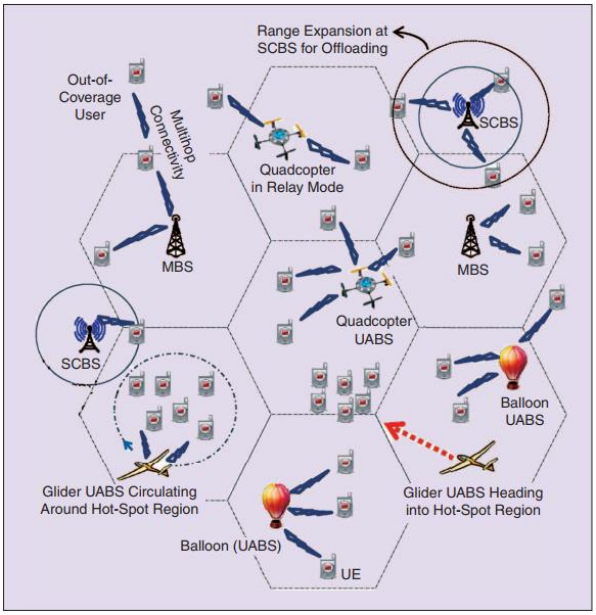
بیولوژیکی و شیمیایی و سپس هشدار به نیروهای خودی، استفاده نمود [۵۶].

۵- چالش‌ها و فرصت‌های ارتباطات پهپادها

۵-۱-نمونه سناریوهای مخابراتی امنیت عمومی با پهپادها

سناریوی اول: سناریوی ارتباط شبکه ناهمگن امنیت عمومی پهن‌باند به کمک پهپاد[1] مقیاس بزرگ

اولین سناریوی عملی امنیت عمومی در شکل(۱۱) نمایش داده شده است، که مستلزم فراهم آوردن ارتباطات امنیت عمومی[2] در محیط‌های تحت تأثیر فاجعه، به دنبال یک زلزله، سونامی یا گردباد است. درچنین محیط‌هایی، نیازی حیاتی به نگه داشتن ارتباط پرسرعت باندپهن بین امدادگران و بین پاسخگران و قربانیان وجود دارد، همه ی داده‌های ارتباطی اساسی آنها ممکن است به وسیله ی زیرساخت شبکه ی آسیب دیده به خطر افتد [۵۸].

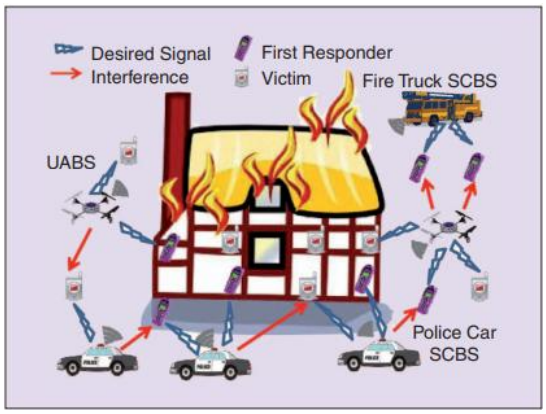


شکل (۱۱): یک سناریوی ارتباط امنیت عمومی مقیاس-بزرگ. ایستگاه‌های پایه بزرگ[3]، ایستگاههای پایه سلول-کوچک[4] و پهپاد-ایستگاه پایه‌ها یک زیرساخت شبکه ناهمگن را تشکیل می‌دهند،که پهپاد-ایستگاه پایه‌ها می‌توانند به صورت پویا موقعیت خود را برای پوشش بهینه و اتصال باند پهن یکپارچه تغییر دهند[۵۸].

در سناریوی نشان داده شده در شکل (۱۱)، تنها دو تا از هفت تا ایستگاه‌های پایه سلول-بزرگ با نواحی تحت پوشش بزرگ، بعد از حادثه فعال مانده اند. همچنین تعدادی از ایستگاه‌های پایه‌ی سلول-کوچک نیز نشان داده شده اند، که می‌توانند برای نگه داشتن اتصال در سناریوهای ارتباطی امنیت عمومیمهم باشند. تکنیک‌های توسعه ی برد[5] عموماً توسط ایستگاه‌های پایه سلول-کوچک برای توسعه ی پوشش و توزیع عادلانه ی کاربران بین سلول‌های مختلف استفاده می‌شوند. شکل (۱۱) نشان می‌دهد که چگونه انواع مختلف پهپادها به عنوان پهپاد-ایستگاه پایه‌ها خدمت می‌کنند تا اتصال باند پهن همه جا حاضر را نگه دارند. در مناطق ویژه و اضطراری (ناآرام)، با تجهیز کاربر متراکم تر، پهپادهای چند روتوره می‌توانند در یک موقعیت ثابت معلق بمانند، در حالیکه گلایدرها باید یک مسیر دایره ای را دنبال کنند. روش‌های رله کردن و مخابرات چند مرحله ای[6] هم چنین می‌توانند برای توسعه ی پوشش صحنه ی حادثه از طریق پهپادها یا تجهیزات کاربر دیگر استفاده شوند.

سناریوی دوم: سناریوی ارتباط شبکه ناهمگن پهن‌باند به کمک پهپاد مقیاس-کوچک

دومین سناریوی عملی ارتباط امنیت عمومی یک محیط شبکه ناهمگن پهن‌باند به کمک پهپاد در مقیاس-کوچک است (شکل (۱۲))، نمایاننده وضعیتی که ساختمانی آتش گرفته و یا مضنونی سنگر گرفته است.



شکل(۱۲) : یک سناریوی آتش‌سوزی ساختمان [۵۸]

صحنه حادثه توسط تعدادی از ایستگاه‌های پایه سلول-کوچک، که در اتومبیل‌های پلیس، کامیون‌های آتش نشانی و پهپادها تعبیه شده اند، سرویس‌دهی می‌شوند. این ایستگاه‌های پایه سلول-کوچک اتصال به موقع به پهنای باند را برای امدادگران و قربانیان را، به‌طور معمول برای اهداف آگاهی عمیق از طریق پخش ویدئویی بیسیم به صورت آنی فراهم می‌کنند.

یک چالش مهم در شبکه‌های ناهمگن پهن‌باند به کمک پهپاد پرداختن به چالش‌های تداخل شدید و بسیار پویا در حین و بعد

[1]- Broadband and UAV assisted HetNet (BAHN) Public Safety Communication (PSC)
[2] -Public Safety Communication
[3] -Macro Base Station (MBS)
[4] -Small Cell Base Station (SCBS)
[5]- Range-expansion technique
[6]- Multihop-communication

www.SID.ir

از سناریوهای فاجعه است. درمقایسه با تکنیک‌های مدیریت تداخل شبکه‌های ناهمگن معمول، سناریوهایی همچون شکل (۱۱)و شکل (۱۲)، بسیار خاص و چالش‌برانگیز هستند. زیرا:

- یک زیر ساخت آسیب دیده بالقوه منجر به مسائل قطعی سرویس می‌شود.
- تحرک ایستگاه‌های پایه سلول-کوچک در پهپادها، خودروهای پلیس و کامیون‌های آتش نشانی منجر به الگوهای تداخل پویا و مکانهای نهایی هماهنگ نشده ی ایستگاه‌های پایه سلول-کوچک می‌شود.
- تغییر پویای موقعیت‌های کاربران در طی یک فاجعه، به طور بالقوه در نواحی تمرکز حرارت و تابشگری شدید(نواحی ناآرام) تجمع می‌کند.
- ترافیک شبکه ناهمگن با ارسال انفجاری و زیاد دیتا (مثلا بعد از زمین لرزه) که می‌تواند موقتاً زیرساخت شبکه را بیش از حد پر کند.
- نیاز به حفظ کیفیت بالای سرویس برای پرسنل امنیت عمومی در سناریوهای مأموریت‌های مهم و حیاتی [۵۸].

سناریوی سوم: کاربرد پهپاد در کنترل امنیت عمومی و نظارت

شکل (۱۳) یک سناریوی معمول برای خدمات امنیت عمومی را با مطرح کردن ارتباطات انجمن-مانند[1] بین گروه‌های مختلف امنیت عمومی ارائه می‌دهد. یک مرکز کنترل از راه دور امنیت عمومی، به حوادث امنیت عمومی نظارت می‌کند و وظایف پاسخگو را به تجهیزات کاربر امنیت عمومی در گروه‌های مختلف، یعنی گروه خدمات پلیس، گروه خدمات آتش نشانی، و گروه خدمات پزشکی مخابره می‌کند. هر گروه شامل یک پهپاد و تعدادی کاربران زمینی است. پهپاد، مجهز به هر دو رابط LTE و Wi-Fi است و کاربر دارای یک ترمینال متحرک دستی[2] است.پهپاد با مرکز کنترل از راه دور با استفاده از لینک اپراتور LTE (لینک با برچسب ۴) ارتباط برقرار می‌کند و در عین حال ارتباط با کاربران زمینی از طریق پیوند Wi-Fi (لینک با برچسب ۱) در ارتباط است.پهپاد در هرگروه به عنوان یک رله برای مخابرات بین چند مرکز[3] عمل کرده، اطلاعات چندرسانه ای تولید شده توسط کاربران زمینی را مبادله می‌کند. به طور خاص، در نواحی برون شهری (حومه ای) که پوشش یک اپراتور ضعیف است، یک پهپاد می‌تواند پوشش وای فای خوب فراهم کرده و پیام‌های هشدار را به وسیله ی Wi-Fi (لینک با برچسب۳) به کاربران معمولی تلفن همراه که در مجاورتش قرار گرفته اند، برساند. علاوه بر این، به پهپادها از گروه‌های ایمنی مختلف اجازه داده می‌شود تا با هم دیگر ارتباط برقرار کنند(لینک با برچسب ۲).

همچنین، یک اپلیکیشن موبایل روی ترمینال‌های دستی گسترش یافته

است تا پیام‌های چند رسانه ای مرتبط با امنیت عمومی شامل موقعیت جغرافیایی، متن، صدا، تصویر و ویدئو را تولید کند. چنین پیام‌های چندرسانه‌ای در چند مرحله به وسیله ی پهپادهایی که از ارتباط مستقیم بین شرکت کنندگان امنیت عمومی استفاده می‌کنند به مرکز کنترل از راه دور تحویل داده می‌شوند[۵۹].

۲-۵-چالش‌های مخابراتی و فنی

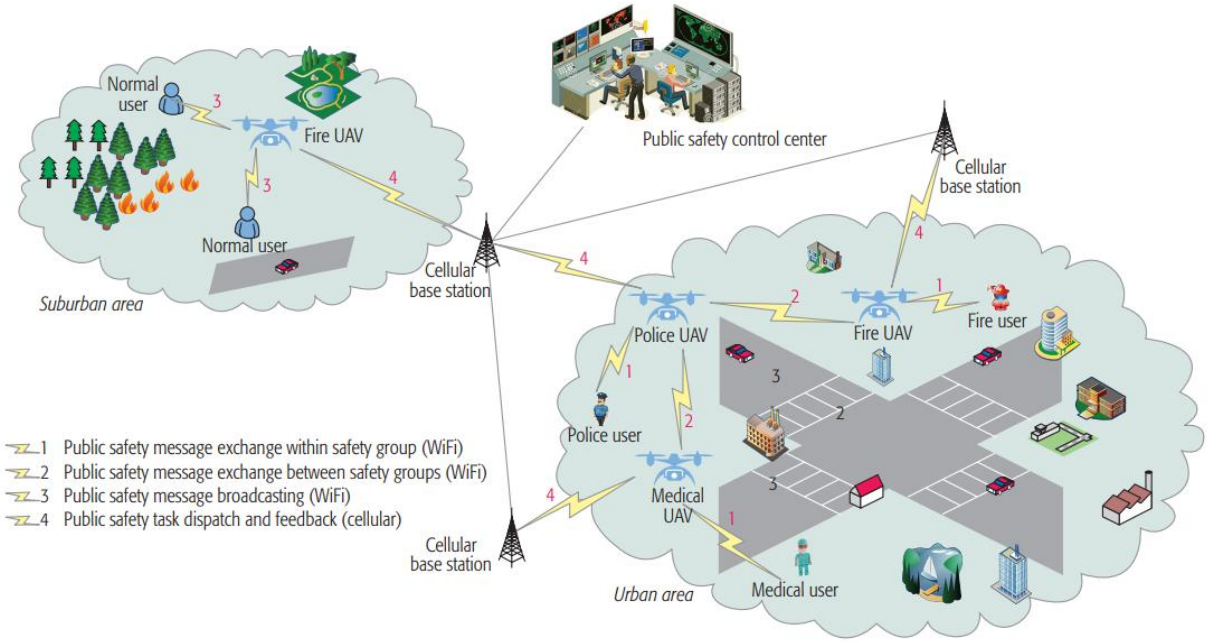
آزمایش‌ها برای اندازه گیری اتصال، پوشش، پایداری، و تداخل با ارتباطات زمینی برای طراحی و استقرار ایستگاه‌های پایه هوایی مهم هستند. هدف از این آزمایشات توسعه دانش بنیادی مورد نیاز برای ساختن مدلهای نظری است که اصول ایستگاههای پایه هوایی را از نظر شبکه و ارتباطات توضیح می‌دهد. مجموعه آزمایش‌های زیر انجام می‌شود [۵۰]:

۱-۲-۵-اندازه گیری‌های قدرت سیگنال

در اولین مجموعه، یک سیگنال سینوسی خالص از یک گره هوایی به یک گیرنده واقع بر زمین فرستاده می‌شود. هدف، اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی در زمین در فواصل مختلف است، مانند ارتفاعی که در آن سیگنال ارسال شده است. به منظورانجام آزمایش، گیرنده در فواصل افقی مختلف قرار گرفته و فرستنده توسط یک بالون یا پهپاد در ارتفاع‌های متنوع حمل می‌شود.

[1]- Community-like
[2]- Handheld mobile terminal
[3]- Intercommunication

www.SID.ir

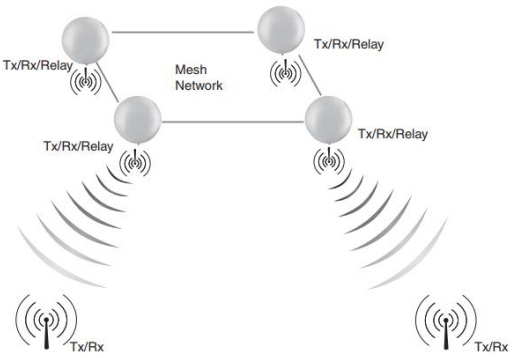


شکل(۱۳) : یک سناریوی امنیت عمومی بهبود یافته توسط پشتیبانی «انجمن» [۵۹]

آزمایش‌های مقدماتی نشان داده اند که به دلیل خط دیدِ مستقیم، انتشارفضای آزاد می‌تواند برای مدل‌سازی انتشار سیگنال فرکانس رادیویی استفاده شود. این به نظر می‌رسد توجیه خوبی برای استفاده از گره‌های هوایی است. با این حال، زمانی که چندین گره هوایی وجود دارد، سیگنال‌های قوی که از بقیه گره‌های هوایی می‌آیند تداخل قوی ایجاد می‌کنند. بنابراین، مدل‌سازی کیفیت سیگنال، زمانی که چندین گره هوایی با گره‌های زمینی در ارتباط هستند، نیاز به تحقیق و بررسی بیشتری دارد.

۲-۲-۵-اتصال، پوشش، و مقیاس پذیری(قابلیت ارتقاء)

دومین مجموعه ی آزمایش‌ها، با هدف مدل‌سازی عملکرد یک شبکه بی‌سیم موردی[1] با استفاده از مجموعه ای از گره‌های هوایی ایجاد می‌شود. این نه تنها به دلیل استقرار چندین گره هوایی بلکه به دلیل نیاز به هماهنگی بین گره‌های هوایی چالش برانگیزتر است .به منظور تولید مجموعه داده‌های تجربی برای محک و همچنین ایجاد مدلهای نظری برای اتصال، پوشش، و مقیاس پذیری، با استفاده از بالون‌ها آزمایش‌هایی انجام می‌شود. این کار، فرآیندهای استقرار گره‌های هوایی را برای انجام آزمایش طولانی تر ساده و تسهیل می‌کند. گره‌ها به وسیله ی بالون‌های پر شده با گاز هلیوم حمل می‌شوند. بالون‌ها به طور مناسب متصل می‌شوند تا آن‌ها را در یک ارتفاع مشخص نگه دارند. هر بالون به یک رزبری پای و یک فرستنده-گیرنده وای فای مجهز شده است. افزودن یک GPS و یک سنسور ارتفاع به هر بالون نیز اندازه‌گیری دقیقی از موقعیت و ارتفاع بالون ارائه می‌دهد. این پلتفرم همچنین برای آزمایش پروتکل‌های مسیریابی مانند شبکه‌های محتمل اختلال و تأخیر[2] مفید است. مفهوم این آزمایش در شکل (۱۴) نشان داده شده است [۵۰].



شکل (۱۴) : یک شبکه از ایستگاه‌های پایه هوایی:اتصال،پوشش و قابلیت مقیاس‌پذیری [۵۰]

۳-۲-۵-تداخل

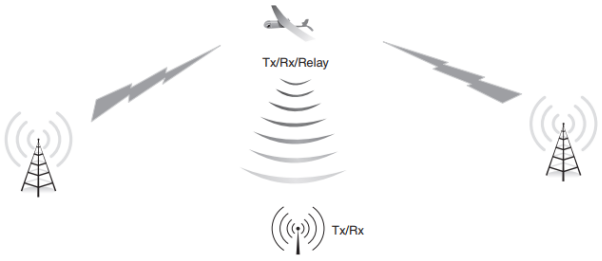
زمانی که چندین گره هوایی وجود دارد، سیگنال های قوی که از گره های هوایی دیگر می‌آیند، تداخل قوی ایجاد می‌کنند. بنابراین، مدل‌سازی کیفیت سیگنال زمانی که چندین گره هوایی با گره های زمینی ارتباط برقرار می‌کنند، نیاز به تحقیق و بررسی

[1] - ad hoc

[2]- Disruption/delay tolerant

www.SID.ir

بیشتری خواهد داشت. مجموعه‌ی سوم آزمایش ها، شامل هوایی کردن یک گره ارتباطی می‌شود که به عنوان پلی بین کاربر نهایی بدون سرویس سلولی به نزدیک ترین دکل سلولی در حال کار عمل می‌کند. راه‌اندازی آزمایشی در شکل۱۵ نشان داده شده است. گره هوایی، شکاف در پوشش سلولی را،-به وسیله ی ارائه‌ی پوشش به کاربران در موقعیت‌هایی که خدمات سلولی در دسترس نیست، پر می‌کند. گره هوایی، کاربران را به نزدیک ترین دکل سلولی متصل می‌کند و بنابراین خدمات سلولی ارائه می‌کند. هدف این مجموعه آزمایش‌ها، اندازه‌گیری کارآرایی ایستگاه پایه به لحاظ ناحیه تحت پوشش، پهنای باند، و تعداد سلول‌های همزمان که می‌توانند با ایستگاه پایه هوایی ایجاد شوند، می‌باشد. در مناطق جغرافیایی که پوشش سلولی وجود دارد، این ایستگاه پایه توانایی ارائه پوشش را ارائه می‌کند. همزمان، سیگنال‌های قوی از گره های هوایی می‌توانند با ارتباط زمینی در دست اقدام تداخل ایجاد کنند. بنابراین، نیاز است تا آزمایش ها انجام شوند تا داده ها جمع آوری شده، تا کیفیت سیگنال و تداخل بین ارتباطات هوایی و زمینی مدل شود.این کار، به استراتژی های کارآمدی برای تسهیم طیف بین ذینفعان مختلف شامل شهروندان و امدادگران، به علاوه بین واحدهای تجاری و امنیت عمومی در طول فرآیند بازیابی فاجعه، منجر خواهد شد [۵۰].



شکل (۱۵) : تصویر یک ایستگاه پایه هوایی، که به عنوان یک پل بین یک کاربر نهایی و نزدیک ترین دکل سلولی فعال عمل می‌کند[۵۰].

۵-۳-ساختار توپولوژی

شبکه‌های چند-پهپاد از یک ساختار ستاره یا مش استفاده می‌کنند. در توپولوژی ستاره همه ی پهپادها به طور مستقیم با گره زمین ارتباط دارند و ارتباطات بین پهپادها از طریق گره زمین تشخیص داده می‌شود. این حالت به خاطر ارتباطات زیاد، پیامدهایی از جمله مصرف بالای انرژی و تأخیر ناشی از پیوندهای هوا به زمین[1] طولانی را به دنبال خواهد داشت. احتمال قطعی ارتباطات در فواصل طولانی به دلیل شرایط آب و هوایی و موانع زمینی و ساختمانی بیشتر است. در این ساختار علاوه بر پیوندهای هوا به زمین، پیوندهایی با پهنای باند بالا برای تضمین کیفیت خدمات مورد نیاز است که منجر به افزایش هزینه‌ی ایجاد شبکه می‌شود [۶۰].

در توپولوژی مش فقط تعدادی از پهپادها با ایستگاه زمینی در ارتباط هستند.پهپادها اغلب با هم در ارتباط بوده و میتوانند به طور مستقیم به تبادل اطلاعات با یکدیگر از طریق یک پیوند هوا به هوا[2] بپردازند. در این روش، قابلیت اطمینان شبکه‌های چندپهپاد بهبود می‌یابد؛ به عنوان مثال اگر ارتباط یک پهپاد با ایستگاه زمین باقی بماند. ارتباط از طریق پیوندهای هوا به هوا تأخیر ارتباطی و هزینه ی ناشی از مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. با این وجود نگهداری شبکه ی پهپاد مش به دلیل تغییر مکرر در تنظیمات شبکه، پیچیدگی بیشتری دارد [۶۱].

۵-۴-محدودیت‌ها و مخاطرات

استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین در مقیاس بزرگ خطر بالایی را به همراه دارد. خطر اصلی سقوط یک هواپیمای بدون سرنشین از ارتفاع بسیار زیاد است که ممکن است ناشی از:

۱- تخلیه باتری،

۲- خسارت ناشی از شرایط آب و هوایی (دمای هوای پایین، بارش)،

۳- برخورد به مانع (درخت، ساختمان، خط ولتاژ بالا).

این خطرات را می‌توان پیش بینی کرد. بنابراین باید اقدامات لازم صورت گیرد تا از وقوع آنها جلوگیری شود. وضعیت باتری و سایر داده‌های تله متری از جمله دما می‌تواند از راه دور توسط سیستم کنترل شود. در صورت عبور یکی از پارامترها، زنگ خطر باید راه اندازی شود. سنسورها و نرم افزاری که بر اساس مسیر پرواز و موانع شناسایی شده مرتباً مسیر را به روز می‌کنند، وظیفه جلوگیری از موانع را بر عهده دارند. تهدیدی جدی برای هواپیمای بدون سرنشین، به دلیل ارزش آن، مردم هستند. پهپاد ممکن است به سرقت برود. در این شرایط، ممکن است تعیین محل و شناخت شرایط مفید باشد. تغییر مسیر دستگاه می‌تواند به سرقت اشاره کند. در این حالت، هواپیمای بدون سرنشین می‌تواند با استفاده از دوربین‌ها (سنسورها) عکس بگیرد و یک بوق بازدارنده دزد را به صدا درآورده و بر مدارک تمرکز کند.

خطرات بسیار مهمی که با استفاده گسترده از هواپیماهای بدون سرنشین غیرنظامی همراه است با حریم خصوصی در ارتباط است. این دستگاه‌ها توانایی دنبال کردن را برای شی تعقیب شده و مشاهده آن از دیدگاه‌های مختلف دارند. آنها می‌توانند به

[1] - Air to Ground (AtG)

[2]- Air to Air (AtA)

www.SID.ir

دوربین، دستگاه‌های دید در شب و سنسورهای مختلف مجهز شده و باعث تسهیل جاسوسی شوند. خطرات بالقوه مرتبط با استفاده گسترده از هواپیماهای بدون سرنشین، نیاز به استفاده از راه حل‌های پیچیده و معرفی قوانین آگاهانه با هدف حفاظت مؤثر از حریم شخصی شهروندان دارد [۵۶].

مجموعه ای از مزایایی که پهپادها برای تروریستها جذاب هستند، نیز به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- امکان حمله به هدف‌هایی که دسترسی زمینی به آنها سخت است.
- امکان انجام یک حمله گسترده با هدف اعمال میزان مرگ حداکثری روی یک جمعیت
- پوشش آماده سازی حمله و انعطاف پذیری در انتخاب محل پرتاب پهپاد
- امکان دستیابی به یک رنج طولانی و دقت قابل قبول با تکنولوژی به طور روزافزون دردسترس و نسبتاً ارزان
- اثربخشی ضعیف دفاع‌های هوایی کنونی در مقابل هدف‌هایی نظیر پهپادهای پایین پرواز کننده
- اثربخشی هزینه نسبی پهپادها در مقایسه با موشک‌های بالستیک و هواپیماهای با سرنشین
- امکان دستیابی به یک اثر روانشناختی قوی از طریق ترساندن مردم و اعمال فشار روی سیاستمداران

یک مهاجم می‌تواند سلاح‌ها یا مواد منفجره را به یک پهپاد ببندد و آن را روی سازه‌ها یا مردم برای زدن خسارت فیزیکی یا کشتن به پرواز در آورد. هدف از حملات ممکن است افراد، ساختمان‌ها یا زیرساخت‌های حمل و نقل مثل هواپیماهای تجاری باشد، پهپادها همچنین می‌توانند برای جاسوسی الکترونیکی استفاده شوند [۶۲].

۵-۵-چالش‌های امنیتی

علاوه بر این، مخابره داده‌ها باید از طریق پروتکل‌های ارتباطی ایمن محافظت شود. امنیت برای هر سیستم دیجیتال مسئله بسیار مهمی است. برای سیستم ارتباطی بی سیم با کمک پهپاد، به دلیل ماهیت بدون سرنشین آن و نیاز به ارتباط بی سیم از راه دور، امنیت یک مشکل جدی تر است. به عنوان مثال، در مقایسه با ایستگاه‌های پایه زمینی، اگر یک ایستگاه پایه سلولی پرنده توسط مهاجمان به خطر بیفتد، تجهیزات کاربر سرویس گیرنده آن به احتمال بیشتری اتصالات سلولی خود را از دست می‌دهند. چون پهپاد ممکن است به طور مستقیم سقوط کند. علاوه بر این، در صورت دستکاری یک پهپاد توسط مهاجمان، تجهیزات کاربر سلولی که توسط ایستگاه‌های پایهی زمینی سرویس دهی می‌شوند ممکن است در اثر پیوندهای دید مستقیم دچار تداخل شدید شوند. بنابراین، اطمینان از امنیت سیستم‌های پهپاد هنگام استفاده از پهپادها برای ارتباطات سلولی ضروری است. در ادامه، امنیت سایبری فیزیکی ارتباطات سلولی به کمک پهپادها مورد بحث قرار می‌گیرد[۵].

۱-۵-۵-امنیت سایبری

هنگام حملات سایبری، دشمنان پیوندهای رادیویی سیستم‌های پهپاد را هدف قرار می‌دهند، که اطلاعاتی از قبیل داده‌های درخواست شده توسط تجهیزات کاربر سلولی، سیگنال‌های کنترل و سیگنال‌های سیستم موقعیت یابی جهانی[1] را برای جهت یابی پهپادها حمل می‌کنند. به عنوان مثال، با رهگیری این اطلاعات، دشمنان می‌توانند با استفاده از سیگنال‌های کنترلی خود، داده‌های منتقل شده و درخواست شده توسط هواپیماهای بدون سرنشین را به سرقت برده یا حتی مستقیماً هواپیماهای بدون سرنشین عملیاتی را دستکاری کنند. از آنجا که هر دو سیگنال داده و کنترل از طریق پیوندهای رادیویی منتقل می‌شوند، اطمینان از امنیت این کانال‌های ارتباطی بی سیم به یک جنبه مهم از امنیت کل سیستم پهپاد تبدیل شده است. در این زیر بخش سطح خطر کلی انواع اتصالات پهپادی، یعنی پیوندهای ماهواره ای، سلولی و Wi-Fi را ارزیابی می‌شود. پس از آن، مسیرهای حمله بالقوه و استراتژیهای دفاعی مربوطه را تحلیل و لیست می‌گردد.

هنگامی که هواپیماهای بدون سرنشین برای ارتباطات سلولی به کار می‌روند، می‌توانند به عنوان تجهیزات کاربر سلولی یا ایستگاه‌های پایه‌ی سلولی / رله‌ها در پرواز باشند، همانطور که در شکل (۱۶) نشان داده شده است. در مورد پهپاد هایی که نقش تجهیز کاربر دارند، هواپیماهای بدون سرنشین می‌توانند مستقیماً یا با ایستگاه‌های پایه‌ی زمینی یا با ایستگاه‌های کنترل زمینی[2] از طریق اتصالات غیر سلولی کنترل شوند که عمدتاً اتصالات Wi-Fi هستند. در حالت اول، هر دو سیگنال داده و کنترل و فرمان[3] از طریق اتصالات سلولی منتقل می‌شوند. در حالت دوم، سیگنال‌های داده و کنترل و فرمان از دو لینک رادیویی جداگانه

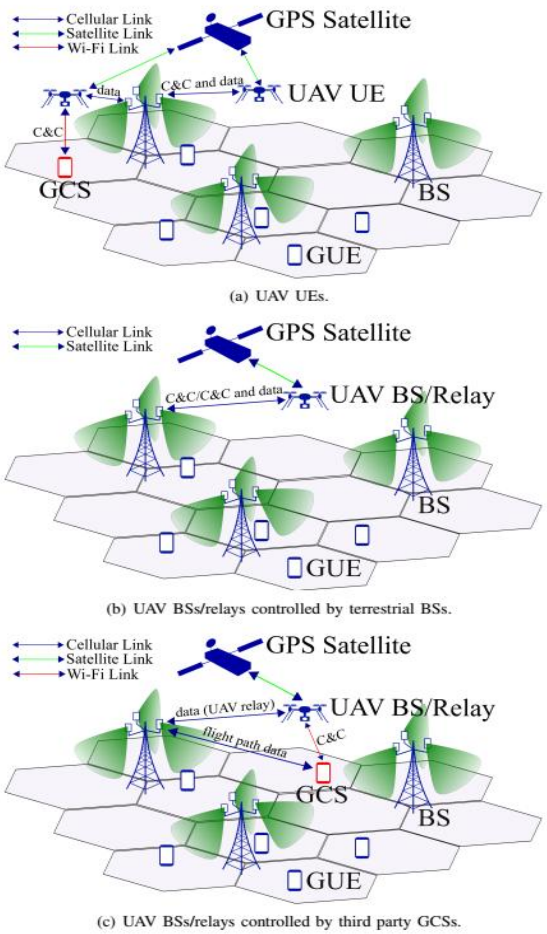
[1] - Global Positioning System (GPS)
[2] -Ground Control Station (GCS)
[3]- control and command

www.SID.ir

استفاده می‌کنند. علاوه بر این، برخی از هواپیماهای بدون سرنشین از راه دور توسط ایستگاه کنترل زمینیاز طریق اتصال ماهواره‌ای کنترل می‌شوند. هنگامی که هواپیماهای بدون سرنشین به عنوان ایستگاه پایه یا رله پرواز خدمت می‌کنند، شرایط مشابهی با توجه به مورد تجهیزات کاربر پهپاد قبلی وجود دارد. با این حال، در حضور ایستگاه کنترل زمینی شخص ثالث، داده‌های مربوط به مسیر پرواز باید توسط شبکه تلفن همراه به ایستگاه کنترل زمینی ابلاغ شود. اطلاعات پیمایش مانند موقعیت، زمان بندی و سرعت را می‌توان از طریق ماهواره‌های GPS از طریق اتصالات ماهواره ای بدست آورد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در این موارد سه دسته ارتباط رادیویی وجود دارد که به ترتیب اتصال ماهواره ای، اتصال سلولی و اتصال Wi-Fi است. مشخص است که در مقایسه با شبکه‌های سلولی و شبکه‌های GPS، شبکه‌های Wi-Fi به دلیل تکنیک‌های امنیتی غیرقابل اعتماد و آسیب پذیر ناامن تر هستند. از آنجا که سیگنال‌های GPS پخش می‌شوند و قالب سیگنال برای عموم مشخص می‌شود، حمله به اتصالات ماهواره ای آسان تر از اتصالات سلولی است که کلیدهای رمزگذاری و کد در هم ساز در انتهای آنها مبادله می‌شوند. بنابراین، سطح ریسک اتصالات سلولی، اتصالات ماهواره ای و اتصالات Wi-Fi به ترتیب کم، متوسط و زیاد ارزیابی می‌شود. جدول (۱) پیوندهای رادیویی و میزان خطر مرتبط با آن را در سه مورد فوق خلاصه می‌کند.

جدول(۱) : تحلیل ریسک لینک‌های رادیویی [۵]

لینک رادیویی (سطح ریسک)	نقش‌های پهپادها
ایستگاه‌های پایه به پهپادها : سلولی (کم)	**تجهیزات کاربر سلولی**
پهپاد به ماهواره‌های GPS : ماهواره ای (متوسط)	
پهپادها به ایستگاه های کنترل زمینی : Wi-Fi (بالا)	
ایستگاه‌های پایه به پهپادها : سلولی (کم)	**ایستگاه‌های پایه / رله‌های پرنده (کنترل شده به وسیله ایستگاه‌های پایه زمینی)**
پهپادها به ماهواره‌های GPS : ماهواره ای (متوسط)	
ایستگاه‌های پایه زمینی به پهپادها : سلولی (کم)	**ایستگاه‌های پایه / رله‌های پرنده (کنترل شده توسط ایستگاه‌های کنترل زمینی طرف سوم)**
ایستگاه‌های پایه زمینی به ایستگاه های کنترل زمینی طرف سوم (کم)	
پهپادها به ماهواره‌های GPS : ماهواره ای (متوسط)	
ایستگاه های کنترل زمینی طرف سوم به پهپادها : Wi-Fi (بالا)	



شکل(۱۶) : موارد استفاده‌ی پهپادهای سلولی [۵]

شناسایی تهدید و اقدامات متقابل

پس از ارزیابی میزان خطر کلی لینکهای رادیویی در موارد استفاده ی بالا، تهدیدات مربوط به این پیوندهای رادیویی شناسایی و ذکر شده است. اقدامات متقابل متناظر نیز ارائه شده است. سرانجام، احتمال و تأثیر تهدیدهای شناسایی شده در جدول (۲) ارزیابی شده است.

- **اغتشاش**[1]: دشمنان برای ایجاد اختلال در روند پذیرش، سیگنال‌های مداخله را در باند فرکانسی یکسان تولید می‌کنند، که روشی متداول برای حملات یکپارچگی است. به عنوان مثال، جمینگ GPS به یک تهدید مهم برای هواپیماهای بدون سرنشین تبدیل شده است. برای حملات جمینگ، افزایش نسبت سیگنال به نویز[2] می‌تواند یک راه حل دفاعی معمول باشد. با این وجود، این همیشه با توجه به میزان توانی که فرستنده می‌تواند تأمین کند و چگونگی

[1] -Jamming
[2] - Signal to Noise Ratio (SNR)

www.SID.ir

کاهش نویز در گیرنده توسط الگوریتم‌های گیرنده مؤثر، محدود می‌شود.

- **استراق سمع**: از آنجا که هر دو اتصال سلولی و Wi-Fi از کانال‌های بی سیم استفاده می‌کنند، ممکن است دشمنان بتوانند اطلاعات منتقل شده را مستقیماً از محیط باز بدست آورند. استراق سمع، جنبه محرمانه بودن امنیت را نقض می‌کند. رمزگذاری و تکنیک‌های امنیتی لایه فیزیکی می‌توانند به عنوان مکانیسم محافظتی استفاده شوند.
- **ربودن**: ربودن در اینجا به حمله‌هایی گفته می‌شود که دشمنان پیوند رادیویی را به دست می‌گیرند. به عنوان مثال، پیوندهای رادیویی بین هواپیماهای بدون سرنشین و ایستگاه کنترل زمینی در سناریوها، همه اتصالات Wi-Fi هستند. برای شروع حملات ربودن، دشمنان ابتدا می‌توانند از فریم‌های مدیریت عدم احراز هویت برای قطع ارتباط بین یک هواپیمای بدون سرنشین و GCS مربوطه استفاده کنند. سپس پهپاد از طریق پروتکل 802.11 می‌تواند از راه دور توسط دشمنان کنترل شود. چندین روش امنیتی در برابر حملات عدم تأیید هویت وجود دارد. می‌توان از الگوریتم‌های ردیابی مؤثر استفاده کرد و قاب‌های منتقل شده می‌توانند رمزگذاری شوند. به عنوان مثال، مکانیسم رمزگذاری WPA2 (802.11i-2004) با طول کلید مناسب به عنوان یک اقدام متقابل توصیه می‌شود. علاوه بر این، تولید کلید پویای پنهان می‌تواند محافظت حتی قوی تری داشته باشد. از طرف دیگر، یک نقطه دسترسی Wi-Fi (AP) می‌تواند با غیرفعال کردن شناسه مجموعه خدمات[1] پنهان شود و تجهیزات کاربر Wi-Fi را می‌توان برای افرادی که آدرس MAC خاصی دارند، محدود کرد.
- **جعل**: دشمنان می‌توانند وانمود کنند که بعضی از واحدهایی هستند که از اطلاعات نادرست استفاده می‌کنند. یک حمله جعل معمولی به هواپیماهای بدون سرنشین، جعل GPS است. با انتقال سیگنال‌های جعلی GPS با قدرت بیشتر از آنهایی که معتبر هستند، هواپیماهای بدون سرنشین می‌توانند توسط دشمنان تصرف شوند. برای جلوگیری از حملات جعل GPS، می‌توان از راه حل‌های دفاعی مانند سنجش جمینگ به نویز و دفاع چند آنتنی استفاده کرد. مثال دیگر حمله جعل می‌تواند حمله مسمومیت حافظه ی پروتکل تفکیک آدرس [2]باشد.
- **محروم سازی از سرویس**[3]: برای حمله محروم سازی از سرویس، دشمنان درخواست‌های بیش از حد به سرور ارسال می‌کنند که این امر باعث تراکم شبکه می‌شود. در نتیجه، کاربران قانونی خدمات خود را از دست می‌دهند.

۲-۵-۵-امنیت فیزیکی

علاوه بر حملات سایبری، دشمنان می‌توانند حملات فیزیکی به هواپیماهای بدون سرنشین را نیز انجام دهند که این یکی دیگر از جنبه‌های نگرانی امنیتی سیستم‌های پهپادی است. برای شروع حملات فیزیکی، دشمنان ابتدا باید به هواپیماهای بدون سرنشین دسترسی پیدا کنند که در دو شرایط قابل دستیابی است. ابتدا، دشمنان می‌توانند به یک پهپاد روی زمین دسترسی پیدا کنند (آسیب دیده و یا باتری از بین رفته است) یا یک هواپیمای بدون سرنشین در حال پرواز را بگیرند. دوم، دشمنان می‌توانند هواپیماهای بدون سرنشین را با انجام موفقیت آمیز حملات سایبری کنترل کنند، همانگونه که قبلاً معرفی شد. در اینجا ما مسیرهای حمله و اقدامات متقابل متناسب با سطوح توانایی مهاجمان را خلاصه می‌کنیم.

- **کم**: هدف دشمنان، دستیابی به داده‌های داخلی هواپیمای بدون سرنشین گرفته شده است، به عنوان مثال داده‌های تله متری از طریق رابط‌های متداول مانند USB. برای دفاع در برابر چنین حملاتی می‌توان مکانیزم‌های خود-ویرانگری را روی هواپیماهای بدون سرنشین اعمال کرد که در شرایط از پیش تعریف شده فعال می‌شوند. با این حال، مکانیسم خود-ویرانگری، به دلیل عوارض جانبی قوی آن، فقط باید در صورت لزوم راه اندازی شود. به عنوان مثال، تهدید بالقوه برای امنیت عمومی، از دست دادن داده‌ها و هواپیماهای بدون سرنشین.
- **متوسط**:مهاجمان می‌توانند از طریق رابط‌های استاندارد بالاتر مانند گروه اقدام مشترک تست (JTAG) به داده‌ها و همچنین به سیستم تعبیه شده دسترسی پیدا کنند. در این حالت، اطلاعات ذخیره شده در پهپاد باید رمزگذاری شود. با این حال، رمزگذاری فقط ممکن است زمان لازم توسط دشمنان را برای به دست آوردن داده‌های مورد نظر خود به تأخیر اندازد.

[1] - service set identifier (SSID)

[2] - Address resolution protocol (ARP) cache poisoning attack

[3] - Denial of Service (DoS)

www.SID.ir

- **بالا**: دشمنان می‌توانند حملات پیشرفته ای مانند حملات کانال جانبی، حملات تزریق خطا و حملات نرم افزاری را برای بازیابی اطلاعات مورد نظر از پهپاد انجام دهند. برای مقابله با چنین حملاتی،پهپادها باید به مکانیزم‌های رمزنگاری برتر و مدیریت کلید ایمن مجهز شوند[۵].

جدول(۲) :تحلیل و بررسی تهدید[۵]

تأثیر	احتمال	رفتار
کم	بالا	اغتشاش
متوسط	بالا	استراق سمع
بالا	متوسط	ربودن
بالا	متوسط	جعل
بالا	بالا	انکار سرویس

جنبه‌های ایمنی خدمات ایمنی عمومی در مشخصات TS 3GPP 33.303 شامل کلید ایمنی و پروتکل‌های امنیتی بررسی شده است[۵۵]. یک اطمینان (اعتماد) برای هر تجهیز کاربر، که به وسیله‌ی کلید خصوصی[1]،گواهینامه‌های مرتبط، یا یک گواهینامه ریشه، پیکر بندی می‌شود. نگرانی‌های امنیتی آینده شامل یکپارچگی پیام[2]، حفاظت محرمانگی برای ارتباطات چندرسانه ای گروهی، مانند ارسال تک پخشی[3] ویدئو توسط پهپاد امنیت عمومی به تعدادی کاربر امنیت عمومی می‌شود.
همچنین نیاز به یک مکانیزم امن و سبک برای جلوگیری از حملات از قبیل استراق سمع و غیره وجود دارد[۵۸].

۶-نتیجه‌گیری

شبکه‌های مخابراتی هوایی با توجه به انعطاف پذیری و ظرفیت بالا، کاربردهای گسترده نظامی، شهری و عمومی پیدا کرده اند؛ به نحوی که انتظار می‌رود شبکه های مخابراتی هوایی یک بخش ضروری شبکه‌های مخابراتی نسل بعد باشد. مشخصات ویژه ای چون تغییر توپولوژی ناشی از پویایی شبکه، ناهمگنی بالا و ارتباطات ضعیف در شبکه مخابراتی هوایی، چالش‌هایی در طراحی آنها ایجاد می‌کند.
در این مقاله انواع پهپادها و ویژگی‌های مهم آنها را بررسی شد. همچنین، کاربردهای متنوع پهپادها در زمینه‌های مختلف شهرهای هوشمند، پلیس هوشمند، نظامی و مدیریت بحران و سوانح مورد مطالعه قرار گرفت و نیز کاربرد شبکه مخابراتی هوایی در شبکه‌های مخابراتی سلولی نسل آینده را در قالب استفاده از وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین به عنوان ایستگاه پایه معرفی شد. به کاربردهای این نوع ایستگاه پایه پویا در سناریوهای مختلف، طراحی و چالش‌های پیش روی آن پرداخته شد و انواع چالش های امنیتی سایبری و فیزیکی بررسی گردید.
آنچه در پایان باید ذکر شود این است که با توجه به کاربردهای روزافزون ارتباطات بی سیم در امنیت عمومی، سیستم‌های مخابراتی نسل بعد باید برمبنای فراهم آوردن امکان برقراری این ارتباطات با سرعت بالا، دسترسی آسان و قابلیت اطمینان بالا طراحی شوند. همچنین نیاز است تا پهپادهایی که دارای زمان پرواز طولانی، مقاومت در برابر شرایط مختلف آب و هوایی، مصرف انرژی بهینه و اندازه مناسب هستند به کارگرفته شوند و برای این منظور باید روش‌هایی مانند بهینه سازی مسیر و مصرف انرژی در پهپاد به کار گرفته شود. همچنین نیاز است تا مسئله کنترل ترافیک ازدحام پهپادها، جلوگیری از برخورد آنها و کارآیی آنها نیز به طور مناسب بهینه شود.

[1]- Private key
[2] - Integrity
[3]- Multicast

www.SID.ir

مراجع

[1] Alsamhi, SH., Ma, O., Ansari, MS., Almalki, FA. "Survey on Collaborative Smart Drones and Internet of Things for Improving Smartness of Smart Cities," IEEE Access, vol. 7, pp. 128125–128152, Aug. 2019.

[2] Tang, L., Shao, G. "Drone remote sensing for forestry research and practices,"*Journal of Forestry Research*, 26(4):791–797, 2015.

[3] Fahlstrom P., Gleason T., Introduction to UAV systems. John Wiley & Sons, 2012.

[4] Al-Hourani, A. and Gomez, K. Modeling cellular-to-UAV path-loss for suburban environments. IEEE Wireless Communications Letters, 7(1), pp.82-85, 2017.

[5] Fotouhi, A., Qiang, H., Ding, M., Hassan, M., Giordano, L.G., Garcia-Rodriguez, A. and Yuan, J.,"Survey on UAV Cellular Communications: Practical Aspects, Standardization Advancements, Regulation, and Security Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 4, pp. 3417-3442, 2019.

[6] Al-Hourani, A., Kandeepan, S. and Lardner, S., Optimal LAP Altitude for Maximum Coverage. *IEEE Wireless Communications Letters*, 3(6):569–572, Dec. 2014.

[7] Zeng, Y., Zhang, R. and Lim, T.J., "Wireless communications with unmanned aerial vehicles: opportunities and challenges," *IEEE Communications Magazine*, 54(5):36–42, 2016.

[8] Ding, M., Wang, P., López-Pérez, D., Mao, G. and Lin, Z., "Performance Impact of LoS and NLoS Transmissions in Dense Cellular Networks,"*IEEE Transactions on Wireless Communications*, 15(3):2365 2380, March. 2016.

[9] Ding, T., Ding, M., Mao, G., Lin, Z., López-Pérez, D. and Zomaya, A.Y.,"Uplink Performance Analysis of Dense Cellular Networks With LoS and NLoS Transmissions," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 16, no. 4, pp. 2601-2613, April. 2017.

[10] M. Ding and D. Lopez Perez, "Please Lower Small Cell Antenna Heights in 5G," 2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Washington, DC, 2016.

[11] Ding, M. and Lopez-Perez, D.,"Performance Impact of Base Station Antenna Heights in Dense Cellular Networks," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 16, no. 12, pp. 8147-8161, Dec. 2017.

[12] Quintero, S.A., Papi, F., Klein, D.J., Chisci, L. and Hespanha, J.P., "Optimal UAV coordination for target tracking using dynamic programming," 49th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), Atlanta, GA, pp. 4541-4546, Dec. 2010.

[13] Fotouhi, A., Ding, M. and Hassan, M., "Understanding autonomous drone maneuverability for Internet of Things applications," IEEE 18th International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), Macau, pp. 1-6, 2017.

[14] Sayler, k., A World of Proliferated Drones: A TechnologyPrimer, 2015, https://www.cnas.org/publications/reports/a-world-of-proliferated-drones-a-technology-primer,[Online; accessed 20-May-2018].

[15] Skyfront. https://skyfront.com/. Accessed: 2018-05-10.

[16] Dudek, M., Tomczyk, P., Wygonik, P., Korkosz, M., Bogusz, P. and Lis, B., "Hybrid fuel cell–battery system as a main power unit for small unmanned aerial vehicles (UAV) ", Int. J. Electrochem. Sci, 8(6), pp.8442-8463, 2013.

[17] Shaheed, M.H., Abidali, A., Ahmed, J., Ahmed, S., Burba, I., Fani, P.J., Kwofie, G., Wojewoda, K. and Munjiza, A., Flying by the Sun only: The Solarcopter prototype. Aerospace Science and Technology, 45, pp.209-214, 2015.

[18] Simic, M., Bil, C. and Vojisavljevic, V., "Investigation in Wireless Power Transmission for UAV Charging," Procedia Computer Science, vol. 60, pp. 1846–1855, 2015.

[19] Rodgers, E., "https://www.theverge.com," 12 Jul 2012. [Online].Available:https://www.theverge.com/2012/7/12/3154543/lockheed-martin-stalker-drone-48-hour-laser-power.

[20] Hildmann, H. and Kovacs, E., "Review: Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as Mobile Sensing Platforms (MSPs) for Disaster Response, Civil Security and Public Safety," Drones, vol. 3, no. 3, p. 59, 2019.

[21] Alsamhi, S.H., Ma, O., Ansari, M.S. and Gupta, S.K., "Collaboration of Drone and Internet of Public Safety Things in Smart Cities: An Overview of QoS and Network Performance Optimization," Drones, vol. 3, no. 1, p. 13, 2019.

[22] Mendonça, R., Marques, M.M., Marques, F., Lourenco, A., Pinto, E., Santana, P., Coito, F., Lobo, V. and Barata, J., "A cooperative multi-robot team for the surveillance of shipwreck survivors at sea," OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, Monterey, CA, pp. 1-6, 2016.

[23] Zhang, J., Xiong, J., Zhang, G., Gu, F. and He, Y., "Flooding disaster oriented USV & UAV system development & demonstration," OCEANS 2016 - Shanghai, Shanghai, pp. 1-4, April. 2016.

[24] Cao, X., Yang, P., Alzenad, M., Xi, X., Wu, D. and Yanikomeroglu, H., "Airborne Communication Networks: A Survey," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 36, no. 9, pp. 1907-1926, Sept. 2018.

[25] ملک زاده، امین، UAV,Drone، کارگروه پهپاد سازمان هوایی و فضایی ایران.

[26] Kardasz P., Doskocz J., Hejduk M., Wiejkut P., Zarzycki H. Drones and Possibilities of Their Using. J Civil Environ Eng 6: 233 , 2016.

[27] توکلی، حمید، "کاربردهای نظامی میکروپهپادها، چالش‌ها و رویکردها،" *کنفرانس ملی فناوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک*"، ۱۳۹۷.

[28] Dhillon, H.S., Huang, H. and Viswanathan, H., "Wide-area Wireless Communication Challenges for the Internet of Things," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 2, pp. 168-174, Feb. 2017.

[29] Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., Jawhar, I., Idries, A., Mohammed, F., "Unmanned aerial vehicles applications in future smart cities". Technol. Forecast. Soc. Chang, in press, 2018.

[30] Alsamhi, S., Ma, O., Ansari, M., "Artificial Intelligence-Based Techniques for Emerging Robotics Communication: A Survey and Future Perspectives", arXiv, 2018.

[31] Ezequiel, C.A.F., Cua, M., Libatique, N.C., Tangonan, G.L., Alampay, R., Labuguen, R.T., Favila, C.M., Honrado, J.L.E., Canos, V., Devaney, C. and Loreto, A.B., "UAV aerial imaging applications for post-disaster assessment, environmental management and infrastructure development," 2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Orlando, FL, pp. 274-283, 2014.

[32] Mora, A., Vemprala, S., Carrio, A. and Saripalli, S., "Flight performance assessment of land surveying trajectories for multiple UAV platforms," 2015 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS), Cancun, pp. 1-7, 2015.

[33] Saponara, S. and Neri, B., "Radar sensor signal acquisition and 3D FFT processing for smart mobility surveillance systems," 2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), Catania, pp. 1-6, 2016.

[34] Gupta, L., Jain, R. and Vaszkun, G., "Survey of Important Issues in UAV Communication Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 2, pp. 1123-1152, Secondquarter 2016.

www.SID.ir

2016 4th International Conference on Applied Robotics for the Power Industry (CARPI), Jinan, pp. 1-4, 2016
[20] Namuduri, K., Chaumette, S., Kim, J. H., and Sterbenz, J. P. G., UAV networks and communications. Cambridge, New York, Port Melbourne, New Delhi, Singapore, Cambridge University Press, 2017.
[51] Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., Uluagac, A.S., Kadri, A. and Tuncer, A., "UAV-Enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 3, pp. 22-28, March 2017.
[52] "DENSO," [Online]. Available: https://www.denso.com/be/en/innovation/story/energy-management/.
[53] Holzer, V. H., "PS WELT," [Online]. Available: https://www.welt.de/motor/article145557535/Der-elektronische-Horizont-hilft-beim-Spritsparen.html.
[54] "continental-automotive," [Online]. Available: https://www.continental-automotive.com/ja-JP/Passenger-Cars/Autonomous-Mobility/Functions/V2X-Communication.
[55] Dempsey M., Eyes of the Army - U.S. Army Roadmap for Unmanned Aircraft Systems 2010-2035. Fort Rucker, Alabama, USA, US Army UAS Center of Excellence, 2009.
[56] شاهینی، مهدی و همکاران، جایگاه و نقش نیروی هوایی در جنگ‌های آینده، تهران، مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۸۰.
[57] Naqvi, S.A.R., Hassan, S.A., Pervaiz, H. and Ni, Q., "Drone-Aided Communication as a Key Enabler for 5G and Resilient Public Safety Networks," in IEEE Communications Magazine, vol. 56, no. 1, pp. 36-42, Jan. 2018.
[58] Merwaday, A., Tuncer, A., Kumbhar, A. and Guvenc, I., "Improved Throughput Coverage in Natural Disasters: Unmanned Aerial Base Stations for Public-Safety Communications," in IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 11, no. 4, pp. 53-60, Dec. 2016.
[59] Yuan, Z., Jin, J., Chen, J., Sun, L. and Muntean, G.M., "ComProSe: Shaping Future Public Safety Communities with ProSe-Based UAVs," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 12, pp. 165-171, Dec. 2017.
[60] Gupta, L., Jain, R. and Vaszkun, G., "Survey of Important Issues in UAV Communication Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 2, pp. 1123-1152, Secondquarter 2016.
[61] Hayat, S., Yanmaz, E. and Muzaffar, R., "Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 4, pp. 2624-2661, Fourthquarter 2016.
[62] Miasnikov, E., Threat of Terrorism Using Unmanned Aerial Vehicles:Technical Aspects, Center for Arms Control, Energy and Environmental Studies;Moscow Institute of Physics and Technology, 2005.
[35] Hayat, S., Yanmaz, E. and Muzaffar, R., "Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 4, pp. 2624-2661, Fourthquarter 2016.
[36] Chen, M., Hu, Q., Mackin, C., Fisac, J.F. and Tomlin, C.J., "Safe platooning of unmanned aerial vehicles via reachability," 2015 54th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), Osaka, pp. 4695-4701, 2015.
[37] Zhang, J., Xiong, J., Zhang, G., Gu, F. and He, Y., "Flooding disaster oriented USV & UAV system development & demonstration," OCEANS 2016 - Shanghai, Shanghai, pp. 1-4, 2016.
[38] Nugroho, G., Satrio, M., Rafsanjani, A.A. and Sadewo, R.R.T., "Avionic system design Unmanned Aerial Vehicle for disaster area monitoring," 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA), Surabaya, pp. 198-201, 2015.
[39] Cook, Z., Zhao, L., Lee, J. and Yim, W., "Unmanned aerial vehicle for hot-spot avoidance with stereo FLIR cameras," 2015 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), Goyang, pp. 318-319, Oct. 2015.
[40] Cook, Z., Zhao, L., Lee, J. and Yim, W., "Unmanned aerial system for first responders," 2015 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), Goyang, 2015, pp. 306-310, Oct. 2015.
[41] Nakata, R., Clemens, S., Lee, A. and Lubecke, V., "RF techniques for motion compensation of an Unmanned Aerial Vehicle for remote radar life sensing," 2016 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), San Francisco, CA, pp. 1-4, May. 2016.
[42] Giyenko, A. and Im Cho, Y., "Intelligent UAV in smart cities using IoT," 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Gyeongju, pp. 207-210, 2016.
[43] Madany, Y.M., Elkamchouchi, H.M. and Ahmed, M.M., "Modelling and Simulation of Robust Navigation for Unmanned Air Systems (UASs) Based on Integration of Multiple Sensors Fusion Architecture," 2013 European Modelling Symposium, Manchester,pp. 719-724, 2013.
[44] Hayat S., Yanmaz E., Muzaffar R., "Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 4, pp. 2624-2661, Fourthquarter 2016.
[45] Pauner, C., Kamara, I. and Viguri, J., "Drones. Current challenges and standardisation solutions in the field of privacy and data protection," 2015 ITU Kaleidoscope: Trust in the Information Society (K-2015), Barcelona, pp. 1-7, 2015.
[46] Skinnemoen, H., "UAV & satellite communications live mission-critical visual data," 2014 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology, Yogyakarta, pp. 12-19, 2014.
[47] Inata, H., Say, S., Ando, T., Liu, J. and Shimamoto, S., "Unmanned aerial vehicle based missing people detection system employing phased array antenna," 2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Doha, pp. 1-6, 2016.
[48] Montanari, R., Tozadore, D.C., Fraccaroli, E.S. and Romero, R.A., "Ground Vehicle Detection and Classification by an Unmanned Aerial Vehicle," 2015 12th Latin American Robotics Symposium and 2015 3rd Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR), Uberlandia, pp. 253-258, 2015.
[49] Zhang, Y., Ren, Z., Liu, L., Wei, C. and Yin, C., "Design for a fast high precision UAV power emergency relief system,"

www.SID.ir