

إصدار الشهادات للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وأنظمة إدارة حركة مرورها

كينيث كُون (Kenneth Kuhn)

يستعرض

هذا المنظور الخيارات لتنظيم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (small Unmanned Aerial System [sUAS]). وتعرّف الإدارة الفيدرالية للطيران (Federal Aviation Administration [FAA]) منظومة جوية صغيرة بدون طيار على أنها طائرة يتراوح وزنها بين 0.55 رطلاً و55 رطلاً (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، غير مؤرخ). في هذا المنظور التحليلي، تشير منظومة جوية صغيرة بدون طيار إما إلى طائرة يتم توجيهها عن بُعد من قِبَل مشغّل بشريّ أو إلى طائرة مستقلة (ذاتية القيادة). تجري طائرة مستقلة (ذاتية القيادة) عمليات "حيث يدخل الطيار عن بُعد فيها خطة تحليق" لتقوم الطائرة بعدئذٍ بالتحليق بدون توجيه بشريّ إضافي، بحسب الإدارة الفيدرالية للطيران (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016a). تشمل اللوائح المحتملة التي ننظر فيها متطلبات خاصة بإصدار الشهادات لتصميم الطائرات بالإضافة إلى معايير أكثر ابتكاراً ومرونة مرتكزة على المخاطر. إننا ننظر أيضاً في التحديات الفريدة المرتبطة بمراقبة حركة المرور الجوية (air traffic control [ATC]) بالنسبة لحركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. ونصّف الأدوار التي قد تؤديها الإدارة الفيدرالية للطيران ومشغّلو المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار ومُصنّعوها في المستقبل، وبالأخص فيما يتعلّق بسلامة عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وفعاليتها.

الخلفية

كان هناك أكثر من 550,000 منظومة جوية صغيرة بدون طيار (sUAS) مسجّلة في الأشهر التسعة الأولى من عام 2016 (لورانس [Lawrence]، 2016). وتقدر توقعات الإدارة الفيدرالية للطيران للفضاء الجوي (FAA Aerospace Forecast) أنه سيكون هناك بين 2.75 مليون و4.47 مليون طائرة مُسيّرة يُطلقها هواة وبين 0.24 مليون و1.62 مليون طائرة مُسيّرة تجارياً بحلول عام 2021 (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2017a). وبحسب تقديرات غولدمان ساكس (Goldman Sachs) (غير مؤرخ)، سيتمّ بيع 7.8 مليون "طائرة بدون طيار لأغراض تجارية/لمستهلكي التجزئة" بحلول عام 2020. قد يؤدي نمو حركة المرور الجوية المُرافق إلى نتائج غير مرغوب بها، مثل زيادة خطر إصابة المارة أو وفاتهم نتيجة لحوادث تحطم الطائرات. وقد ظهرت بالفعل قضايا مرتبطة بعمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وذكرت الأخبار أنّ الإدارة الفيدرالية للطيران قد تلقت أكثر من 1,800 تقرير حول "طائرات بدون طيار منخرطة في نشاطٍ خطير أو غير مصرّح به" على مدى فترة 12 شهراً الماضية (واينهاوس ولانجيفين [Whitehouse and Langevin]، 2017). كما حدثت حوادث بارزة جداً بشكلٍ خاصّ تورطت فيها منظومات جوية صغيرة بدون طيار تحلّق

على مقربةٍ بدرجةٍ خطيرةٍ من مطاراتٍ مزدحمةٍ، بما فيها مطار سان فرانسيسكو الدولي (San Francisco International Airport) ومطار لندن جاتويك (London Gatwick Airport) (إيفانجيليستا [Evangelista]، 2017؛ بي.بي.سي نيوز [BBC News]، 2017).

يمكن أن تحدّ اللوائح، والأنظمة والإجراءات من خطر حدوث عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار دون عتيةٍ مقبولة. يُجري تقريرٌ منفصلٌ صادرٌ عن مؤسسة RAND ضمن هذه السلسلة مقارنةً ومقابلةً للوائح بخصوص الاستخدام التجاري للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار في بلدانٍ مختلفة (جونز [Jones]، سيصدر قريباً). ونركّز في هذا المنظور على الولايات المتحدة وعلى الخيارات للتنظيم المستقبلي لتصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار ولمستقبل مراقبة حركة المرور الجوية (ATC).

تدير الإدارة الفيدرالية للطيران الطائرات التقليدية وذلك إلى حدٍ كبيرٍ عن طريق مطالبة الطائرات الحصول على شهادات جدارة جوية ومن خلال إدارة حركة المرور الجوية بنشاط في معظم أنحاء الدولة. وعلى الرغم من أنّ الإدارة الفيدرالية للطيران قد أسست مكتباً معنياً بالمنظومات الجوية بدون طيار (Unmanned Aircraft Systems [UAS]) يضمّ عدداً صغيراً من الموظفين للتعامل مع تلك المنظومات والقضايا ذات الصلة، يخشى مكتب المساءلة الحكومي الأمريكي (U.S. Government Accountability Office [GAO]) من أنّ "الموظفين الحاليين البالغ عددهم خمسة موظفين في المكتب المعني بالمنظومات الجوية بدون طيار [قد] يمثل التطور المتسارع للتكنولوجيا السريعة عبئاً عليهم" و"قد يواجهون مشاكل أكبر إن لم [يكن] من الواضح أيّ من صلاحيات الإدارة الفيدرالية للطيران ومواردها سينظّم عمليات المنظومات الجوية بدون طيار" (مكتب المساءلة الحكومي [GAO]، 2016). وقد ورد في أحد الأخبار الحديثة أنّ "إيجاد طريقة لدمج الطائرات بدون طيار بأمان في الفضاء الجوي الوطني هو أحد المرتكزات الكبرى التي تؤخّر مستقبل التنظيم الأمريكي للطائرات بدون طيار وعمليات التسليم بواسطة الطائرات بدون طيار على نطاق واسع"، وربط قضية عمليات التسليم بواسطة الطائرات بدون طيار بخطط إدارة ترامب (Trump administration) بشأن "خصخصة مراقبة حركة المرور الجوية" (جليسر [Glaser]، 2017a).

لقد قرّض قانون التجارة الجوية لعام 1926 (Air Commerce Act of 1926) على الحكومة الفيدرالية إنشاء مساعدات ملاحية للطيارين، ووَضع لوائح خاصة بالسلامة، وإنفاذ هذه اللوائح. تمّ اقتراح هذا القانون

صراحةً من أجل "تعزيز الملاحة المدنية" (نولان [Nolan]، 2010) ويظهر نجاحه بالقيام بذلك بالتحديد جلياً اليوم. يُبدّل حالياً جهداً مماثلاً يرمي إلى تعزيز نشاط المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. تُعتبر اللوائح المنصوص عليها في القسم 107 الخاصة بالإدارة الفيدرالية للطيران (FAA's Part 107 Regulations) (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016a) اللوائح الأولية بشأن عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. ولا تشمل هذه اللوائح حتّى الآن تفاصيل حول إصدار شهادات الجدارة الجوية، أو معايير التصميم، أو إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، إلّا أنّ المراقبين، ومُصنّعي المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار ومُشغليها، وآخرين يتوقعون إجراء تحديثات وتوسيعات على القسم 107 في السنوات القادمة. وأشار أحد الخبراء المختصين في الموضوع إلى أنّه، ومع تزايد حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، "سيتم تحديد عتبة أعلى للموثوقية والقدرة" الخاصتين بهذه الأنظمة، إلى أنّ "كيفية تنفيذها لا تزال غير أكيدة".¹ شكّلت الإدارة الفيدرالية للطيران لجنة استشارية معنية بالطائرات بدون طيار (Drone Advisory Committee) من أجل مناقشة تنظيم عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. إنّها تُجري عدداً من الاجتماعات في السنة وتساعد على تشكيل اللوائح الخاصة بالمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. تقدّم أيضاً إعلانات حديثة صادرة عن مكتب سياسات العلوم والتكنولوجيا في البيت الأبيض (White House Office of Science and Technology Policy [OSTP]) والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) إشارات على حشد الزخم في هذا المجال المهمّ من السياسات العامة.

ومع مضيّ هذه الجهود قُدماً، سيتمّ التركيز بشكلٍ خاصّ على وضع معايير لتصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار واحتمالية طلب إصدار شهادات الجدارة الجوية. وفي الوقت عينه، من المرجّح أن يطرّور المُصنّعون عدداً كبيراً نسبياً من تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بشكلٍ سريعٍ إلى حدّ ما. ويتمثّل جزءٌ من جاذبية تكنولوجيا المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بالتكلفة المنخفضة المرتبطة بامتلاك مثل هذه الطائرات وتشغيلها، وبالتالي، يُعتبر القطاع عرضةً لإمكانية أن تُؤدّي اللوائح إلى رفع تكاليف حيازة منظومة جوية صغيرة بدون طيار. ويتمتّع المُصنّعون بالموقع الملائم لتحمل أغلبية العبء المترتب على ضمان سلامة تصاميم الطائرات وعلى الحدّ بخلاف ذلك من التكاليف غير المباشرة والخارجية

المرتبطة بعمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وعلى الرغم من ذلك، تدعو الحاجة إلى مزيدٍ من العمل من أجل تطوير إطار عمل تنظيمي ملائم، وبالأخص فيما يتعلق بتعريف المخاطر.

تعمل الحكومة الفيدرالية والقطاع على وضع أنظمة لإدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. ويجب أن توفر هذه الأنظمة رسداً آلياً لحركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وإدارتها إلى حدٍ كبير. سيُشجّع التقدّم المُحرز في هذه المجالات تطوير قطاع المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار مع تأسيس إطار عمل لإدارة التكاليف غير المباشرة والخارجية في الوقت عينه.

تنظيم تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS)

تُنظّم هيئات الطيران المدني (Civil aviation authorities [CAAs]) تصميم الطائرات وصيانتها وتُصدر شهادات الجدارة الجوية التي تمنح المالكين الإذن لتسيير الطائرات. تتضمن معايير الجدارة الجوية سلامة عامة المواطنين، وذلك جزئياً من خلال الحدّ من خطر التصادمات الجوية بين الطائرات والارتطام بالأرض. وقد استُخدمت هذه المعايير أيضاً من أجل تحقيق أهداف أخرى، مثل تنظيم الانبعاثات والضجيج الذي تنتجه محركات الطائرات. لا تفرض حتى الآن اللوائح المنصوص عليها في القسم 107 بشأن عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) إصدار شهادات الجدارة الجوية (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016a). وقد تطلب هيئة الطيران المدني إصدار شهادات لهذه الطائرات أو قد تسمح لتلك الطائرات التي تفي بتصميمها بمعايير معينة فقط بالوصول إلى أجزاء مراقبة من الفضاء الجوي بدون فرض استخدام شهادات الجدارة الجوية. يمكن تعريف هذه المعايير مباشرة من حيث خطر الحوادث أو قد تركز إلى مكونات من تصميم طائرة ما. وقد تُصدر هيئة الطيران المدني بدلاً من ذلك شهادات لمُشغّلين أو مُصنّعين محدّدين تسمح بتشغيل أنواع محدّدة من الطائرات في أجزاء أو فئات معينة من الفضاء الجوي. وغالباً ما تُجري الوكالات التنظيمية تمييزات بين المُشغّلين الذين يديرون طائرات ضمن مدى رؤيتهم البصرية مقابل أولئك الذين يرغبون في إدارة الطائرات التي تحلق إلى ما هو أبعد من ذلك، وبين عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار في المناطق المأهولة مقابل عملياتها في المناطق غير المأهولة (جونز [Jones]، سيصدر

قريباً). باختصار، تتوفر خيارات متعدّدة متى تعلّق الأمر بإصدار الشهادات أو بتنظيم تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بخلاف ذلك.

تعمل الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA) بمثابة هيئة الطيران المدني المسؤولة عن الطائرات المسيّرة في الولايات المتّحدة. وقد أشارت الوكالة إلى أنّه "تم تطوير معايير الجدارة الجوية القائمة اعتماداً على سنواتٍ من الخبرة على مستوى السلامة التشغيلية في مجال الطائرات التي يقودها البشر وإالتالي] فهي قد تكون مُقيّدة جداً بالنسبة للمنظومات الجوية بدون طيار في بعض المجالات وغير ملائمة في أخرى" (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2013). إنّ المثال المحدّد الذي تذكره الإدارة الفيدرالية للطيران هو المتطلبات الهيكلية لطائرات التي تتضمن بقاءها في جميع "ظروف الطقس المُتوقّعة" (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2013). ثمة أيضاً المقولة الساخرة ولعلها تكون خياليةً بوجود أن يُدخل مُصنّع حزام أمان في تصميم منظومة جوية بدون طيار من أجل الوفاء بمعايير إصدار الشهادات الرسمية. وتدعو الحاجة إلى إجراء مزيدٍ من الاختبارات من أجل تحديد المتطلبات الهيكلية الملائمة للطائرات بدون طيار وبالأخص للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وتعمل الإدارة الفيدرالية للطيران على وضع لوائح مرتبطة بالقاعدة المقترحة "عمليات الطائرات الصغيرة بدون طيار فوق المناطق المأهولة" (Operations of Small Aircraft Over People "Unmanned") (البيت الأبيض [White House]، 2016)، ولكن ليس من الواضح ما إذا كانت هذه اللوائح ستشمل معايير لتصميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار أو لاستخدامها أو لكليهما معاً.

اختبار تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS)

اختارت الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA) مواقع اختبار منظومات جوية بدون طيار (UAS Test Sites) حيث سيتمكّن مُشغّلو المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) من إجراء التجارب وساعدت في تمويلها (البيت الأبيض [White House]، 2016). وقد اقترح الباحثون في الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) منشأةً إضافيةً لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها (نوستار) (National UAS Testing and Recording) (INuSTAR) (كوبارديكار [Kopardekar]، 2015)، والتي قد تُعتبر بمثابة منصة اختبار لتقييم تكنولوجيات المنظومات الجوية بدون طيار. قد تسمح

هذه المنشأة باختبار رحلات في ظلّ "ظروف جوية" مختلفة وفي سيناريوهات تنطوي على مخاطر محتملة متعددة، بما فيها "محاكاة الحيوانات الأليفة" على الأرض (كوبارديكار [Kopardekar], 2015). قد تريد شركات تسليم الطرود وغيرها من مُشغلي المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار تسيير منظوماتها في ظلّ طقسٍ قاسٍ، إلا أنّ الطائرات بدون طيار الأصغر حجماً والمُستخدمة حالياً ليست مُجهزةً للتخليق في ظلّ ظروفٍ مماثلة. قد تساعد منشأة مثل المنشأة الوطنية لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها (نوستار) المُشغّلين والجهات التنظيمية التابعة للحكومة الفيدرالية في الاطلاع على قدرات تكنولوجيات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وأدائها. ويُعتبر هذا الأمر مهماً، علماً أنّ عدداً من هذه التكنولوجيات يعدّ جديداً أو يتطوّر بسرعة. ويُعتبر هذا الأمر موازياً لمجال المركبات الأرضية المستقلة (ذاتية القيادة)، حيث استنتج الباحثون أنّ "الاختبار المُتسارع، والاختبار الافتراضي، وأجهزة المحاكاة، والنمذجة الرياضية، واختبار السيناريوهات والدراسات الإرشادية" قد تكون ضرورية (كالرا وبادوك [Kalra and Paddock], 2016).

يُعتبر جمع البيانات وتحليلها اهتمامين مشتركين، وقد تساعد الشركات الخاصة في تمويل منشأةٍ مثل المنشأة الوطنية لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها (نوستار). لاحظ أنّه تمّ تأسيس مثل هذه المنشآت لدراسة المركبات الأرضية المستقلة (ذاتية القيادة). تُشكّل منشأة الاختبار أم سيتي (Mcity Test Facility) في ميتشيجن مثالاً على شراكةٍ بين القطاعين العام والخاصّ من أجل اختبار تكنولوجيات المركبات الموصولة والمستقلة (ذاتية القيادة) (جامعة ميتشيجن [University of Michigan]، غير مؤرّخ). وقد استثمرت خمس عشرة شركة أكثر من مليون دولار أمريكي لكل منها لتمويل تأسيس منشأة أم سيتي. يجب أن تكون تكاليف تأسيس مثل هذه المنشأة لاختبار المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وإدارتها منخفضة جداً بالمقارنة مع التقديرات الحالية لحجم سوق المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار في الولايات المتحدة. ومن المهمّ الإشارة إلى أنّ اختبار تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار سيكون بالضرورة مختلفاً جداً عن اختبار الطائرات الأكثر تقليدية. وسيتمّ التركيز بشكلٍ أكبر على اختبار البرمجيات والتأكيد على صحتها، لأنّ البرمجيات ستكون مهمّةً بشكلٍ خاصٍ لسلامة عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وستشمل البيانات ذات الصلة تقديراتٍ كميّةً لاحتمالات فشل مكونات

محدّدة من المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بطرقٍ مختلفة، وللخطر الناتج عن ذلك بالنسبة للأشخاص والممتلكات، أرضاً وجوّاً على حدّ سواء. ستسعى الجهات التنظيمية للحصول على بيانات مفصلة بشأن دقّة أنظمة الملاحة وموثوقيّة مكونات الاتصال. ويجب أن يسمح الاختبار للمحلّلين بتقدير الضرر الذي قد يلحق بالأشخاص، والحيوانات والأجسام على الأرض عندما تصطدم طائرة بها مثل الإشارة إلى كتلة المركبات وسرعتها. وهذه القائمة ليست قائمة شاملة، ولكنها من الممكن أن تشير إلى بعض أنواع البيانات المفيدة التي يمكن جمعها من خلال منشأة مثل المنشأة الوطنية لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها الوطنيين (نوستار).

المعايير المحتملة المرتكزة إلى المخاطر

قد يتمثّل أحد الاحتمالات لتنظيم تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (SUAS) بأن تصدر الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA)، التي تعمل بمثابة هيئة الطيران المدني (CAA) في هذا البلد، شهادات الجدارة الجوية للطائرات التي تمّ اختبار تصاميمها في منشأة مثل المنشأة الوطنية لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها (نوستار) (NuSTAR) وتمّ فحصها من قِبَل الإدارة الفيدرالية للطيران. قد تثير خطّة كهذه المخاوف في صفوف المُصنّعين والمُشغّلين من أنّ عملية إصدار الشهادات قد تؤخّر الابتكار في تصاميم الطائرات وقد تزيد من تكاليف شراء أسطول منظومات جوية صغيرة بدون طيار وتشغيله بشكلٍ محتمل. وتُعتبر أيضاً مخاوف مكتب المساءلة الحكومي (GAO) بشأن النقص في عدد الموظفين في المكتب المعني بالمنظومات الجوية بدون طيار والتابع للإدارة الفيدرالية للطيران (FAA's UAS office) ذات صلة هنا (مكتب المساءلة الحكومي [GAO], 2016). ففي حال كانت الهيئة التنظيمية المسؤولة تعاني من نقصٍ في الموارد، قد تتأخّر عمليات إصدار الشهادات بشكلٍ إضافي، وقد يتمّ اتخاذ قرارات تنظيمية لا تحسّن السلامة العامة. من جهةٍ أخرى، يمكننا أن نشعر بالاطمئنان لفكرة أنّ أولوية الإدارة الفيدرالية للطيران الأساسية هنا ستكون البحث عن الصالح العام. وإذا كان للإدارة الفيدرالية للطيران أن تصدر الشهادات لتصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، قد يكون من المهمّ بالنسبة للوكالة أن تعمل مع المُصنّعين لضمان أنّ عملية إصدار الشهادات تحقق الهدف المرجوّ منها والمتمثّل في تحسين السلامة العامة وأنها لا تؤدي بشكلٍ غير ضروري إلى ارتفاع تكاليف المُصنّعين.

قد يركّز نظامٌ مرتكزٌ إلى المخاطر لتصميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) بشكلٍ أكثر مباشرةً على قضايا مثيرة للقلق، مثل مخاطر التصادم الجوي، والضرر اللاحق بالأشخاص، والضرر اللاحق بالملكيات، وبالأخصّ البنية التحتية.

وقد يتمثل احتمالٌ آخرٌ في أن تتحقّق الإدارة الفيدرالية للطيران، أو مُصنّعو الطائرات بدون طيار، أو أطراف ثالثة مستقلة من أنّ تصاميم الطائرات تفي بمعايير معينة فيما يتعلّق بالخطر لدى تسييرها في بيئات معينة. قد يركّز مثل هذا النظام المرتكز إلى المخاطر بشكلٍ أكثر مباشرةً على قضايا مثيرة للقلق (ويتجنّب الوضع الهزلي الذي يجب فيه أن يشمل تصميم منظومة جوية بدون طيار حزام أمان). أصدرت الوكالة الأوروبية لسلامة الطيران (European Aviation Safety Agency [EASA]) عام 2015 وثيقة حدّدت "مقاربة مرتكزة إلى المخاطر لتنظيم الطائرات بدون طيار" (الوكالة الأوروبية لسلامة الطيران [EASA]، 2015). وتحدد هذه الوثيقة مخاطر السلامة الأكثر شيوعاً على أنّها مخاطر التصادم الجويّ بطائرةٍ تقلّ بشراً، والضرر اللاحق بالأشخاص، والضرر اللاحق بالملكيات، وبالأخصّ البنية التحتية (الوكالة الأوروبية لسلامة الطيران [EASA]، 2015). وتابعت الوكالة الأوروبية لسلامة الطيران بإصدار إشعارٍ رسميٍّ ل"إطار العمل التنظيمي لتشغيل الطائرات بدون طيار" المُقترح والذي يركّز إلى تقييم المخاطر (الوكالة الأوروبية لسلامة الطيران [EASA]، 2017). وتعد الإدارة الفيدرالية للطيران في سبيلها للنظر في مقاربةٍ مماثلةٍ لتنظيم تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (ستيفنسون [Stevenson]، 2016).

تمّ طرح فكرة نظام مرتكز إلى المخاطر باعتبارها بديلاً عن الفكرة الأكثر مباشرةً لإدارة تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بالطريقة نفسها التي تتمّ بها إدارة تصاميم الطائرات التقليدية. يركّز النظام التقليدي إلى إصدار شهادات تُفيد بأنّ الطائرات مطابقة لمتطلبات تصميم معينة بحسب فنّتها. تمّة قيود مفروضة على أبعاد الطائرات وتجهيزاتها. لا يتمّ التعبير عن هذه القيود

من حيث الخطر.

تمّة مجموعة موضوعية ومتنامية من الأبحاث حول المخاطر المرتبطة باستخدام المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، ولكن لا تزال هناك بعض الفجوات. يعرض لوم وواجونير (Lum and Waggoner) (2011) نموذجاً رياضياً ذا صلة بشكلٍ خاصّ يقدر المخاطر التي تطرحها عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بالارتكاز إلى الخصائص المادية لتصميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. لا يحدّد هذا النموذج الضرر الذي تتسبب به الضربات اللاحقة بالمباني وتدعو الحاجة إلى اختباره والتحقّق منه بشكلٍ إضافيٍّ باستخدام أساليب تجريبية. في نظامٍ مرتكزٍ إلى المخاطر لإدارة تصميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، يجب تعريف جميع المخاطر ذات الصلة وتقديرها باعتبارها إشارة على الإلكترونيات الجوية الفضائية والبيئات التشغيلية. قد يتوجّب أن تشمل معايير المخاطر ذات الصلة إمكانية أن تصطدم منظومة جوية صغيرة بدون طيار بطائرات أخرى، أو بأشخاص أو بملكيات على الأرض وتقديرات للضرر الذي قد ينتج عن ذلك. قد يكون هناك أيضاً معايير مرتبطة بمخاطر أخرى، مثل خطر فقدان الاتصال بين طيار عن بُعد ومنظومة جوية صغيرة بدون طيار أو خطر انحراف منظومة جوية صغيرة بدون طيار إلى فضاء جويّ مُراقب. تدعو الحاجة إلى إجراء تحليلٍ إضافيٍّ لدعم تطوير هذه المعايير ونظامٍ فعّالٍ مرتكز إلى المخاطر لتنظيم تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. من المهمّ أيضاً الإشارة إلى أنّه وفي حين يمتلك مصنّعو الطائرات حافزاً طبيعياً لجعل تصاميم منظوماتهم الجوية الصغيرة بدون طيار آمنة، قد يكونون أيضاً مهتمّين بالحدّ من تكاليف التصنيع وبضمان الموافقة على استخدام تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار التي طوّروها. يمكن أن يدفع ذلك بالمصنّعين إلى المبالغة في تقدير سلامة طائراتهم في حال السماح لهم ب"إصدار شهادات ذاتياً". وبالتالي، من المهمّ تعريف الخطر بشكلٍ ملائمٍ وبطريقةٍ شفافة؛ بالفعل، قد يكون من المنطقيّ أن يكون هناك أطراف ثالثة مستقلة مسؤولة عن اختبار تصاميم الطائرات والتحقّق منها. أمّا في حال انتقالنا باتجاه نظامٍ مرتكزٍ إلى المخاطر يتحقّق فيه مُصنّعو المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار أو أطراف ثالثة مستقلة من تصاميم الطائرات، ستكون البيانات من مواقع اختبار المنظومات الجوية بدون طيار ومنشآت مثل المنشأة الوطنية لاختبار المنظومات الجوية بدون طيار وتسجيلها (نوستار) (NuSTAR) مفيدةً في عملية التحقّق.

تتوفّر هنا فرصة لتحمل القطاع أغلبية العبء الذي قد يقع بخلاف ذلك على عاتق الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA): بالتحديد، من خلال اللجوء إلى خبرة المُصنّعين في تصميم الطائرات. في حال اعتماد نظامٍ مركّزٍ إلى المخاطر، يمكن أن يُنتج حوافز للبحث والتطوير، بالإضافة إلى مختبرٍ طبيعيٍّ للتجريب الذي ما كان ليجود في حال استخدام متطلباتٍ تصميمٍ صارمةٍ بدلاً من ذلك. على الرغم من ذلك، يُعتبر التحديّ التقني الذي يعترض تطوير نماذج الخطر والتحقّق منها هائلاً ويجب عدم التغاضي عنه.

ومن المهمّ الإشارة إلى أنّ عمليّات المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ ستتعدد. سيستخدم بعض المُشغّلين الطائرات من أجل رصد المحاصيل الزراعية أو البنية التحتية في مناطق نائية، في حين سيريد آخرون تسليم الطرود في بيئات حضرية. فبدلاً من وجود مجموعةٍ واحدةٍ من معايير الجدارة الجوّية لإصدار الشهادات أو معيارٍ واحدٍ مركّزٍ إلى المخاطر، قد يتطوّر نظام يتّمعّ بالمزيد من الفوارق الدقيقة. في حال تمكّن مُشغّل من الوفاء بمتطلباتٍ معيّنة أو ضمان مستوى معيّن من السلامة، بالارتكاز إلى نوعٍ تكنولوجيات المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ المُستخدّمة وكيفية استخدام المُشغّل لها على حدّ سواء، قد يُسمح لذلك المُشغّل بالوصول إلى جزءٍ معيّنٍ أو فئةٍ معيّنةٍ من الفضاء الجوّي. مثلاً، قد توجد مجموعة واحدة من المعايير لتسيير منظومة جوّية صغيرة بدون طيارٍ بما يتجاوز مدى الرؤية البصرية، وأخرى لتسيير منظومة جوّية صغيرة بدون طيارٍ فوق الأماكن المأهولة، وأخرى لتسيير منظومة جوّية صغيرة بدون طيارٍ في الفضاء الجوّي الذي يخدم حركة المرور الجوّية لغير المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ. قد تتطلب بعض العمليات شهادات جدارة جوّية صادرة عن الإدارة الفيدرالية للطيران، في حين قد تتطلب أخرى مجرد رخصة أو التحقّق من أنّها تفي بمعايير معيّنة. يبدو أنّ مكتب النكامل المعني بالمنظومات الجوّية بدون طيارٍ والتابع للإدارة الفيدرالية للطيران (FAA's UAS Integration)

Office) ينظر بالتحديد في مقارنة كهذه. إنّه يشير إلى رغبة في "توسيع نطاق القسم 107 ليشمل معايير للتسيير فوق أشخاصٍ غير مشاركين" وإنّما أيضاً في "توسيع نطاق القسم 107 لتسيير العمليات على ارتفاعٍ منخفضٍ من خلال إصدار شهادات الجدارة الجوّية" (لورانس [Lawrence]، 2016). يتوقّع المحلّلون أن تكون المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ مجهزةً بأنظمة استشعارٍ وتقادٍ تسمح لها بتقادي العقبات، بما في ذلك الطائرات الأخرى، بشكلٍ موثوقٍ وآلي. يموّل البيت الأبيض (White House) والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) بحثاً من أجل تحديد "معايير لتكنولوجيات الكشف والتقادي والقيادة والسيطرة" (البيت الأبيض [White House]، 2016). سيحدد وجود أنظمة الاستشعار والتقادي وغيابها وسماتها مخاطر تصادم الطائرات بدون طيارٍ الواحدة بالأخرى أو بأجسامٍ أخرى. ومع تطوير أنظمة الاستشعار والتقادي، سيكون من المهم اختبارها، وبالأخصّ في حال اعتماد الوطن نظاماً مركّزاً إلى المخاطر لإصدار شهادات الجدارة الجوّية.

إنّ استخدام المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ محظورٌ حالياً في مناطق معيّنة، بما في ذلك المناطق التي تقع على مقربةٍ من المطارات المزدهمة. يمكن حجب شهادات الجدارة الجوّية عن المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ التي لا تشتمل على أنظمة تضمن عدم تحليق الطائرات عبر مناطق محددة. يمكن توحيد هذه الأنظمة من خلال اللوائح، كما يحدّد القانون بشأن المعايير التقنية الخاص بالإدارة الفيدرالية للطيران رقم TSO-C166b (FAA Technical Standard Order TSO-C166b) C166b automatic) المعايير لأجهزة البثّ الخاصّة بتقنيّة المراقبة التابعة للتلقائية (dependent surveillance-broadcast [ADS-B]). لا يوجد حالياً مجموعة مقبولة دولياً من المعايير لتكنولوجيات "رسم السياج الجغرافي"، على الرغم من أنّه يتم الإعلان عن المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيارٍ

سيحدد وجود أنظمة الاستشعار والتقادي وغيابها وسماتها مخاطر تصادم الطائرات بدون طيارٍ الواحدة بالأخرى أو بأجسامٍ أخرى. ومع تطوير أنظمة الاستشعار والتقادي، سيكون من المهم اختبارها، وبالأخصّ في حال اعتماد الوطن نظاماً مركّزاً إلى المخاطر لإصدار شهادات الجدارة الجوّية.

للأغراض الشخصية من إنتاج دي.جي.آي (DJI) على أنها مجهزة بمثل هذه التكنولوجيا (ليسوينج [Leswing]، 2015). ستكون متطلبات تكنولوجيا رسم السياج الجغرافي فريدة للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وسيشكل وضع المعايير تحدياً تقنياً جديداً بالنسبة للإدارة الفيدرالية للطيران والشركاء في القطاع، بغض النظر عن إطار العمل التنظيمي.

من الضروري أن يكون لمنظومة جوية صغيرة بدون طيار تعمل في بيئة حضرية أجهزة تسمح لنظام مراقبة حركة المرور الجوية (ATC) وإدارتها برصد عمليات الطائرة بسهولة. في حال قيام الإدارة الفيدرالية للطيران بإدارة شهادات الجدارة الجوية، يمكن تحديد المعايير لأجهزة كهذه. وفي حال وافق القطاع على الوفاء بالمعايير المرتكزة إلى المخاطر، يتوجب على الباحثين تحديد كيفية استخدام هذه الأجهزة للحد من المخاطر بأسلوب يمكن الدفاع عنه وشفاف. إنّه من مصلحة المصنّعين ضمان إمكانية تعقب طائراتهم وإدارتها من قبل أنظمة مراقبة حركة المرور الجوية التي سيعتبرها المشغلون أدوات مفيدة من أجل الحد من الخطر.

قضايا مرتبطة بأجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية (ADS-B)

يفترض الكثيرون أنه سيتم استخدام تكنولوجيات أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية (ADS-B) لتعقب عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) وأن أجهزة البث الخارجية الخاصة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية (ADS-B Out) يجب أن تكون مطلوبة في تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. تشمل هذه الأجهزة عموماً جهاز استقبال للنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) وجهاز مُرسل مُستجيب بأسلوب أس (Mode S transponder) مع رسائل دورية موسّعة، باستخدام رابط بيانات على تردد يساوي 1090 ميغاهرتز (MHz)، أو جهاز إرسال واستقبال عالمي محمول جواً (Universal Airborne Transceiver) ينقل البيانات على تردد يساوي 978 ميغاهرتز. تبتت الطائرات المُجهزة بأجهزة بثّ خارجيّة خاصّة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية معلومات عالية الدقة وعالية النكامل بشأن الموقع، والسرعة، وتحديد الهوية. وتساوي التكلفة الحاليّة لنظام أجهزة بثّ خاصّة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية، بما في ذلك جهاز استقبال للنظام العالمي لتحديد المواقع وجهاز مُرسل مُستجيب حوالي 2,000 دولار أمريكي (يو أفونيكس [uAvionix]، غير مؤرخ). إنّه مبلغ كبيرٌ بالمقارنة مع

لقد أظهرت الأبحاث أنّه من السهل جداً استخدام أجهزة الراديو المُعرّفة برمابياً من أجل الاضطلاع بالغمر، وقرصنة الأجهزة وغيرها من الهجمات الإلكترونية على الأنظمة التي تعتمد على رسائل أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية (ADS-B). يمكن أن يستخدم مُهاجم أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة التلقائية أو رابط بيانات آخر من أجل إصدار الأوامر، الأمر الذي يمكنه من مراقبة طائرة وحتّى تحطيمها عمداً.

تكلفة امتلاك منظومة جوية صغيرة بدون طيار، والتي تتراوح بين 4,000 دولار أمريكي و50,000 دولار أمريكي، بحسب نوع الطائرة (فاستشك ويونغ [Vascik and Jung]، 2016). ومع نمو حركة المرور على قنوات البيانات ذات الصلة، تظهر مخاوف بأن جودة تلك القنوات ستندهور. لقد أشار أحد المنشورات إلى احتمال حصول "فقدان خطير للرسائل بسبب حركة المرور المتنامية على القناة على التردد 1090 ميغاهرتز" (ستروماير وآخرون [Strohmeier et al.]، 2014). يطرح احتمال عدم تلقّي اتصالات نظام مراقبة حركة المرور الجوية (ATC) أو اتصالات الطائرات، وبالتالي عدم التصرف بناءً عليها، إشكاليةً بشكلٍ خاص بالنظر إلى أنّه يتم توجيه المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار عن بُعد. وفي حال فقدان الرسائل التي تصف موقع طائرة وسرعتها، ستزيد صعوبة إدارة مسار الطائرة وضمان تجنّب الطائرة للمخاطر، بما فيها طائرات أخرى.

وفي فعالية حديثة، أيد ممثلو القطاع استخدام تكنولوجيات الاتصال البديلة، باستثناء الحالات "غير العادية" حيث قد يكون التنسيق مع طائرات أكبر أو أنظمة مراقبة حركة المرور الجوية التقليدية ضرورياً². لم يبدو أن الممثلين يشعرون بالقلق بشكلٍ خاص حيال قضايا إدارة الطيف الترددي،

مع الإشارة إلى أنّ الأبراج الخلوبية الحديثة قد تتيح الاتصالات المستمرة، والموثوقة، والأمنة، لا سيما في المناطق الحضرية.³ لقد اختبرنا جميعاً انقطاعاً عرضياً لمكالمات أو زرنا منطقة كانت خدمة الاتصال الخلوبى فيها ضعيفة، الأمر الذي يطرح الأسئلة بشأن القدرة على استخدام الأبراج الخلوبية لرصد نشاط المنظومات الجوئية الصغيرة بدون طيار في مختلف أنحاء الولايات المتحدة وإدارته.

ثراود مُمثلي القطاع وآخرين مخاوف إزاء أمن أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة للتقائنية وروابط البيانات الأخرى. فقد أظهرت الأبحاث أنه من السهل جداً استخدام أجهزة الراديو المُعرفة برماجياً من أجل الاضطلاع بالغمر، وقرصنة الأجهزة وغيرها من الهجمات الإلكترونية على الأنظمة التي تعتمد على رسائل أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة للتقائنية (ستروماير وآخرون [Strohmeier et al.، 2014]). يمكن أن يستخدم مُهاجم أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة للتقائنية أو رابط بيانات آخر من أجل إصدار الأوامر، الأمر الذي يمكنه من مراقبة طائرة وحتى تحطيمها عمداً. سيتم الحد من هذه المخاوف بعض الشيء من خلال وضع نظام إدارة حركة مرور المنظومات الجوئية الصغيرة بدون طيار الذي يُعتبر قادراً على التأشير على أنماط حركة المرور غير العادية تلقائياً. فمثلاً، يمكن أن يرسل نظام إدارة حركة مرور منظومات جوئية صغيرة بدون طيار إشعاراً إلى المُشغّلين عندما يُتوقع أن تحلق طائرات عبر مناطق لا يصرح لها باستخدامها. قد يسمح هذا الإشعار للمُشغّلين أو المسؤولين الحكوميين بتعطيل هجوم ما.

رصد حركة مرور المنظومات الجوئية الصغيرة بدون طيار (sUAS) وإدارتها

توفّر الجهات المزوّدة لخدمات الملاحة الجوئية (Air Navigation Service Providers [ANSPs]) خدمات مراقبة حركة المرور الجوئية (ATC) وإدارتها للطيارين وجهات النقل الجوى. تلعب الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA) دور هيئة الطيران المدني (CAA) ودور الجهة المزوّدة لخدمات الملاحة الجوئية على حدّ سواء في الولايات المتحدة، وهو ترتيب غير اعتياديّ إلى حدّ ما.

نظام مراقبة حركة المرور الجوئية (ATC) الحالي

يعتمد نظام مراقبة حركة المرور الجوئية (ATC) الحالي على مراقبين بشريين في أبراج المطارات ومنشآت أخرى يرصد كلّ واحد منهم مواقع عدد قليل من الطائرات. يقدّم الطيارون ومنظّمو شؤون النقل في مراكز عمليات الخطوط الجوئية خطط التحليق وتعديلات خطط التحليق للجهات المزوّدة لخدمات الملاحة الجوئية (ANSPs)، مع إبلاغ هذه المنظّمات بمسارات الطائرات المُخطّط لها. يجوز أن يطلب المراقبون من أولئك الطيارين اتّباع مسارات معيّنة وتبديل المسار مع ظهور مشكلات، ضامين بالأخصّ عدم اقتراب الطائرات البتّة أكثر من أميال بحرية قليلة الواحدة من الأخرى أو من العقبات. يتواصل المراقبون بانتظام مع الطيارين وفيما بينهم — مثلاً، من أجل إدارة التسليم الآمن للمسؤوليّة من أحد المراقبين إلى آخر مع انتقال الطائرة من إحدى المناطق الجغرافية إلى أخرى. يحافظ المراقبون على توعية بالأوضاع السائدة، البعض على مستوى تكتيكي والآخر على مستوى استراتيجي، بشأن موارد أنظمة النقل الجوي والمعلومات ذات الصلة، مثل بيانات توقع الطقس. وفي مثالٍ على ذلك، انظر في دور مراقب في برج مطار. يسمح هذا الشخص لمركبات الدعم الأرضي في المطار والطائرات بالتقدّم على مدرج، ضامناً امتثال المركبات الأرضية والطائرات للسياسات، والإجراءات، وتعليمات الإفراج. سيوجّه المراقب الطائرات على مدرجات مطار محدّدة، وسيضمن إزالة الجليد عن الطائرات عندما تتطلّب ظروف الطقس ذلك، وسيصنّفها في ترتيبٍ معيّن من أجل استخدام مدرج الإقلاع بالطريقة الأكثر فعالية. ويضمن المراقب الوفاء بمعايير الفصل الزمني بين دوّامات طرف الجناح بين الرحلات القادمة والمغادرة. ويتم إدارة كلّ ذلك في المقام الأول باستخدام الاتصال الصوتي.

ثمّة أدوات متعدّدة تمّ تطويرها أو هي في طور التطوير من أجل مساعدة المراقبين، أو مكننة مهام معيّنة قد يقوم بها المراقبون بخلاف ذلك، أو تحسين السلامة والفعالية. فمثلاً، إنّ الطائرات الحديثة مجهزة بأجهزة استشعار القرب وأنظمة لتجنّب التصادمات الجوئية الوشيكّة والتي تعمل بشكلٍ مستقلّ عن مراقبة حركة المرور الجوئية، مثل نظام تجنّب التصادم الجوى (Traffic Collision Avoidance System [TCAS]). وقد تمّ تصميم نظام تجنّب التصادم الجوى في الأساس من أجل

- (1) تقديم الاستشارة المرئية للطيارين حول عرض الوضع الأفقيّ في حال وجود حركة مرور في الجوار القريب (نطاق يمتدّ إلى ما يتجاوز ذلك الذي يحدّد الخطأ التشغيلي للمراقبين)؛ (2) إنذارهم بصرياً وسمعيّاً

في حال كان تصادمٌ ممكنٌ وشيكاً (بافتراض أنّ الطائرتين تبقيان على المسار نفسه)؛ وفي نهاية المطاف، ومتى كان ذلك ضرورياً، (3) إصدار استشارة بشأن القرارات الواجب اتخاذها تكون مفصلة (مريئة وسمعية)، لإرشاد الطيار حول مناورة عمودية من أجل تجنّب التصادم المحتمل (المجلس الوطني للأبحاث [National Research Council]، 1998).

ستتقدّد نسخٌ حديثةٌ معيّنةٌ من نظام تجنّب التصادم الجوّي استشارات معيّنة تلقائياً، ولكن على وجه العموم، يبقى الطيارون مسؤولين عن ضمان سلامة الطائرات التي يقومون بتسييرها. وتجدر الإشارة أيضاً إلى أنّ نظام تجنّب التصادم الجوّي يعمل بمثابة نوع من نظامٍ آمن من التعطلّ أو نظام تحقّق من السلامة يتم اللجوء إليه باعتباره الحلّ الأخير ولم تكن النية منه البتة أن يحلّ محلّ مراقبة حركة المرور الجوّية أو أن يكون الأداة الوحيدة المُستخدَمة للقضاء على خطر التصادمات الجوّية. وقد يكون من غير الممكن استخدام نظام تجنّب التصادم الجوّي أو أي أداة أخرى تمّ تطويرها حتّى تاريخه من أجل تنسيق حركة المرور على مدرج مطار مزدحم أو إدارتها أو رصدها بشكلٍ كاملٍ وتام.

يعمل نظام تجنّب التصادم الجوّي على نطاقٍ زمنيّ قصيرٍ نسبياً، ساعياً إلى تجنّب كارثةٍ وشيكة. في المقابل، انظر في الجزء من نظام مراقبة حركة المرور الجوّية الذي يعرف بتسمية إدارة تدفق حركة المرور الجوّية. تعتمد إدارة تدفق حركة المرور الجوّية على رؤيةٍ أكثر استراتيجيّةً بكثيرٍ وأفقٍ تخطيطي طويل نسبياً مدّته ساعتان إلى 24 ساعة تقريباً. يجوز أن يطلب مديرو حركة المرور، بما فيهم الموظفون في مركز مراقبة إدارة تدفق حركة المرور الجوّية الوطنية، أن تتجنّب جهات النقل الجوّي التحليق عبر مناطق معيّنة متى وحيث تكون ظروف الطقس سيئة أو أن تضبط جداول الرحلات الزمنية من أجل تجنّب حالات اختلال التوازن بين العرض-الطلب المُتوقّعة. وتجدر الإشارة إلى أنّ الفضاء الجوّي في الولايات المتّحدة ينقسم إلى فئات مختلفة مع أشكالٍ مختلفةٍ من خدمات مراقبة حركة المرور الجوّية المعروضة. يُعتبر الفضاء الجوّي من الفئة G ذا صلة بشكلٍ خاص في سياق نشاط المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار ويشمل الفضاء الجوّي الواقع عند أقلّ من 1,200 قدم فوق مستوى الأرض، وليس على مقربةٍ من مطارٍ له برج مراقبة (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016c). إنّ الفضاء الجوّي من الفئة G هو فضاء جوّي غير مُراقب، ما يعني أنّ الإدارة الفيدرالية للطيران "لا تملك الصلاحيّة ولا المسؤولية لمراقبة حركة المرور الجوّية" (الإدارة الفيدرالية

للطيران [FAA]، 2016c).

ينفد الطيارون والمُشغّلون على حدّ سواء، أو المنظّمات التي تسيّر طائرات تديرها جهة مزوّدة لخدمات الملاحة الجوّية، توجيهات مراقبي حركة المرور الجوّية. ويتمتع المُشغّلون ببعض المرونة، وبالأخصّ متى تعلق الأمر بمجال إدارة تدفق حركة المرور الجوّية الاستراتيجي نسبياً. ثمة طرقٌ متعدّدة لضبط جداول الرحلات الزمنية من أجل القضاء على حالات اختلال التوازن بين العرض-الطلب المُتوقّعة، وبموجب نموذج صنع القرارات التعاوني الحالي، تساعد جهات النقل الجوّي التجاريّة الكبيرة على وضع مسوّدّة لسياسات إدارة تدفق حركة المرور مع الإدارة الفيدرالية للطيران. لا يدير مراقبو حركة المرور الجوّية حالياً حركة مرور المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار بالطريقة التي يديرون بها حركة مرور جهات النقل الجوّي. ويعود السبب في ذلك إلى حدّ كبير إلى أنّ حركة مرور المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار تنشط في المقام الأوّل في الفضاء الجوّي من الفئة G. لا يمكن للمُشغّلين التحليق في فئاتٍ أخرى من الفضاء الجوّي إلا في حال الحصول على الموافقة المسبقة من الإدارة الفيدرالية للطيران. إنّ القيود هي في الواقع أكثر صرامةً مما قد يشير إليه ذلك: يتوجّب على المُشغّلين التجاريين إبقاء طائراتهم ضمن مدى رؤيتهم البصرية في جميع الأوقات، وتسيير طائراتهم تحت 400 قدم فوق مستوى الأرض، وتسيير طائراتهم بسرعات أقلّ من 100 ميل في الساعة، وتسييرها خلال النهار، وعدم تسييرها فوق الأشخاص، وإفساح المجال للطائرات التي يقودها طيار ما لم يكن لديهم تنازل من قبل الإدارة الفيدرالية للطيران (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2017b). وتوجّب على مراقبي حركة المرور الجوّية، في بعض الحالات، إعادة توجيه حركة مرور جوّية أخرى حول منظومة جوّية صغيرة بدون طيار تعمل في منطقة غير ملائمة.

التحدّيات التي تطرحها حركة مرور المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار (sUAS)

لاحظ أنّ اللوائح الحالية تُعيّد استخدامات متعدّدة ممكنةً لتكنولوجيات المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار (sUAS) أو تُحظرها. ويُعتبر تسليم الطرود التجاريّة بواسطة المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار غير عمليّ حيث لا تستطيع المنظومات الجوّية الصغيرة بدون طيار التحليق فوق الأشخاص ويجب التحكّم بها من قبل طيارٍ يحافظ على مراقبةٍ لمدى الرؤية البصرية. وتكون

بلغت تكلفة نظام مراقبة حركة المرور الجوية الحالي حوالي 9.34 مليار دولار أمريكي في السنة المالية (FY) 2016، أو حوالي 1,000 دولار أمريكي في الرحلة التجارية. ومن باب المقارنة، يتراوح متوسط تكاليف التشغيل في الساعة الحالي لمنظومة جوية صغيرة بدون طيار من 75 دولار أمريكي إلى 500 دولار أمريكي في الساعة.

التطبيقات الزراعية أيضاً محصورةً بمتطلبات مدى الرؤية وبالقيود المفروضة على أبعاد الطائرات المسموح بها. وتطرح عمليات تفتيش الأبراج الخلووية وبني تحتية أخرى تحديات عندما لا تستطيع المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار التحليق على أكثر من 400 قدم فوق مستوى الأرض، ومن جديد، بسبب متطلبات مدى الرؤية البصرية. يحث القطاع الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA) على التخفيف من القيود المفروضة على استخدام المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. يصف ويست (West) (2015) المعايير الحالية للإدارة الفيدرالية للطيران على أنها "مقيّدة جداً" و "غير صديقة للأعمال"، مُدعياً أن "شركات أمريكية متعددة، تعيقها الإدارة الفيدرالية للطيران، قد نقلت عمليات طائراتها بدون طيار إلى الخارج". وقدّرت إحدى الدراسات أن السماح بإجراء عمليات بما يتجاوز مدى الرؤية البصرية قد يتيح النمو على المدى القصير على مستوى "قطاعات الأعمال، بما في ذلك فحص خطوط الأنابيب والسكك الحديدية، والبناء، والتطبيقات البحرية" وقد يدفع بنمو سوق خدمات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بأكثر من 30 في المئة (فاستشك ويونغ [Vascik and Jung]، 2016). قد يزيد السماح بالرحلات فوق المناطق المأهولة سوق عمليات فحص أبراج الاتصالات بواسطة المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بأكثر من 600 في المئة إلى أكثر من 30,000,000 دولار أمريكي في العام في 2020 (فاستشك ويونغ [Vascik and Jung]، 2016). ولا يوفر المؤلفون بيانات كمّية حول حجم سوق تسليم الطرود أو أسواق أخرى التي لا تكون ممكنة إلا ما إن يُسمح بنشاط المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بما يتجاوز الفضاء الجوي من الفئة G. على الرغم من ذلك، فإنه من الواضح أنه ثمة أسباب مهمة تجارية وأخرى للسماح باستخدام المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار في الفضاء الجوي المُراقب.

تفيد الإدارة الفيدرالية للطيران بأن منظمتها المعنية بحركة المرور الجوية (Air Traffic Organization) كان لها موازنة موافق عليها للسنة المالية (fiscal year [FY]) 2016 بقيمة 7.51 مليار دولار أمريكي، وموازنة مطلوبة للسنة المالية 2017 بقيمة 7.54 مليار دولار أمريكي (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016b). بالإضافة إلى ذلك، كان للإدارة الفيدرالية للطيران موازنة موافق عليها للسنة المالية 2016 بقيمة 1.83 مليار دولار أمريكي وموازنة مطلوبة للسنة المالية 2017 بقيمة 1.63 مليار دولار أمريكي لمنشآت مراقبة حركة المرور الجوية (ATC) وأجهزتها (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2016b). وبالتالي، كانت تكلفة نظام مراقبة حركة

المرور الجوية الحالي تساوي 9.34 مليار دولار أمريكي تقريباً في السنة المالية 2016. يُستثنى من ذلك بنود متسلسلة متعددة أخرى من موازنة الإدارة الفيدرالية للطيران التي ترتبط بمراقبة حركة المرور الجوية، بما في ذلك برامج البحث والتطوير التي تدعم جهود تحديث جبل جديد من مراقبة حركة المرور الجوية (NextGen ATC system). (وتجدر الإشارة إلى أن الرئيس دونالد ترامب [President Donald Trump] قد اقترح نقل ملكية النظام الوطني لمراقبة حركة المرور الجوية إلى منظمة غير حكومية، وذلك جزئياً من أجل السيطرة على تكاليف النظام [رويترز [Reuters]، 2017].) وتفيد الإدارة الفيدرالية للطيران بأنه كان هناك حوالي 8.73 مليون رحلة تجارية في الولايات المتحدة عام 2015 (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2017c). ويعني ذلك أن تكلفة نظام مراقبة حركة المرور الجوية تبلغ حوالي 1,000 دولار أمريكي في الرحلة التجارية. ومن باب المقارنة، يفيد فاستشك ويونغ (Vascik and Jung) (2016) بأن متوسط تكاليف التشغيل في الساعة الحالي لمنظومة جوية صغيرة بدون طيار تتراوح من 75 دولار أمريكي في الساعة لطائرة صغيرة، متعددة الأغراض، ومتعددة المراحل إلى 500 دولار أمريكي في الساعة لطائرة أكبر، ثابتة الجناحين تزن بين 25 رطلاً و 55 رطلاً. لا يتم توفير مراقبة حركة المرور الجوية لصالح التحليق التجاري فحسب؛ فإن النظام يدعم أيضاً الطيران العام وحركة مرور الطائرات بأجنحة دوارة ويوفر منافع أخرى. فمثلاً، كان نظام مراقبة حركة المرور الجوية أساسياً

في حماية الأمن القومي في أعقاب عمليات 11 سبتمبر/أيلول، مُبرراً حركة المرور الجويّة المدنيّة ومساعداً الطائرات العسكرية التي طافت في السماء. على الرغم من ذلك، فمن الواضح أنّه في حال تمّ استخدام نظام مراقبة حركة المرور الجويّة الحالي أو نظامٍ مُصمّمٍ على شكل نظام مراقبة حركة المرور الجويّة لإدارة حركة مرور المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار، قد تكون على الأرجح التكلفة بالنسبة للجهة المزوّدة لخدمات الملاحة الجويّة مرتفعة جداً. وقد يؤدي الطلب من مُشغلي المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار الدفع مقابل هذا النظام إلى رفع تكلفة عمليات المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار إلى حدّ كبير.

علاوةً على ذلك، يعتمد النظام الحالي على مُشغّلين بشريين لا يمكنهم رصد سوى مقدار محدود من حركة المرور الجويّة في أي وقت محدد. وضعت الإدارة الفيدرالية للطيران قيم معامل الإنذار خلال الرصد (Monitor Alert Parameter [MAP]) من أجل تحديد متى وأين يكون عدد الطائرة في أجزاء الفضاء الجوي مرتفعاً بما يكفي ليُطرح إشكالية بالنسبة لمُراقبي حركة المرور الجويّة (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2010). وتُعتبر قيم معامل الإنذار خلال الرصد في الأساس عتبات لكثافة الطائرات في قطاعات الفضاء الجوي التي يديرها المراقبون الفرديون التابعون للإدارة الفيدرالية للطيران ويتم ضبطها عادةً بقيم تتراوح بين 5 و15. يهدف الطلب الحالي من جهات النقل الجوي وآخرين بالفعل بتجاوز القدرة في مناطق معينة في أوقات معينة من اليوم. وبحسب ما ذُكر سابقاً في هذا المنظور التحليلي، تتوقّع الإدارة الفيدرالية للطيران أنّه سيكون هناك بين 2.75 مليون و4.47 مليون منظومة جويّة صغيرة بدون طيار مُسيّرة في الولايات المتحدة بحلول عام 2021 (الإدارة الفيدرالية للطيران [FAA]، 2017a). وإذا كانت هذه المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار لتُحلّق في الفضاء الجوي المُراقب

ولتتم إدارتها بالطريقة نفسها التي تتم بها إدارة الطائرات التقليديّة، فقد تطرح كثافة حركة المرور الكبيرة إشكالية.

تحدث أغلبية الحركة المرورية الحالية للمنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار في الفضاء الجويّ غير المُراقب، في مناطق لا تحدث فيها أنواع أخرى من حركة المرور الجوية، وفي مناطق غير مأهولة. وعلى الرغم من أنّه لا تتم حالياً إدارة هذه الحركة المرورية بأي طريقة رسمية، فإنّ المُشغّلين مهتمون بالحدّ من الخطر من خلال استخدام أنظمة لتعقّب هذه الحركة المرورية ومراقبتها. كما أنهم يأملون بأن يتمكّن تطوّر أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار من إقناع الجهات التنظيميّة بفتح فضاء جويّ إضافيّ لحركة مرور المنظومات الجويّة الصغيرة بدون طيار.

أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجويّة بدون طيار (UAS)

تُطلّق على الأنظمة ذات الصلة والتي هي قيد التطوير تسمية أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجويّة بدون طيار (UAS Traffic Management [UTM]). وقد أعلنت شركة خدمات الفضاء الجويّ الفرنسيّة تاليس (Thales) عام 2017 عن إطلاق منصّة إدارة حركة مرور المنظومات الجويّة بدون طيار الخاصّة بنظامها المعروف بتسمية إيكوسيستّم (Ecosystem) (تاليس [Thales]، 2017). وتُعد المنصّة بـ"إصدارٍ ممكنٍ لتصاريح التحليق بالإضافة إلى الإنذار الآني والتدخّل في حالات الطوارئ" (تاليس [Thales]، 2017). وأعلنت شركة الفضاء الجويّ الإيطاليّة ليوناردو (Leonardo) عن نظامها الخاص لإدارة حركة المرور الجويّة للطائرات بدون طيار التي تحلّق على ارتفاع أقل من 150 متراً فوق مستوى الأرض (ريز [Rees]، 2017). أمّا الشركة الأمريكيّة هاريس (Harris) فتعمل على نظامٍ مماثلٍ (برابرس

تتوقّع الإدارة الفيدرالية للطيران (FAA) أنّه سيكون هناك بين 2.75 مليون و4.47 مليون منظومة جويّة صغيرة بدون طيار (sUAS) مُسيّرة في الولايات المتّحدة بحلول عام 2021. وإذا كانت لتحلّق في الفضاء الجويّ المُراقب ولتتم إدارتها بالطريقة نفسها التي تتم بها إدارة الطائرات التقليديّة، فقد تطرح كثافة حركة المرور الكبيرة إشكالية.

[Price]، 2017)، وتعمل الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) مع الشركاء في القطاع على أنظمتها الخاصة المماثلة. لقد أجرت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء تجربة تم فيها بنجاح تعقب 22 طائرة بدون طيار تحلق بشكل متزامن في منطقة واحدة بواسطة نظام إدارة حركة مرور ممكن (يو أي أس فيجن [UAS Vision]، 2016). واختبرت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية مؤخراً أنظمتها في مواقع الاختبار التابعة للإدارة الفيدرالية للطيران (FAA Test Sites)، مُتاحة للطيارين تشغيل طائرات تحلق بما يتجاوز مدى رؤية الطيار البصرية (وارويك [Warwick]، 2017). وطوّرت مبادرة الأبحاث حول إدارة حركة المرور الجوية "سماء أوروبية موحدة" (Single European Sky) خطة لما تسميه يو-سبيس (U-space)، والتي تتألف من "خدمات جديدة وإجراءات محددة مُصممة لدعم الوصول السليم، والفعال والأمن إلى الفضاء الجوي لأعداد كبيرة من الطائرات بدون طيار" (التعهد المشترك لمشروع الأبحاث حول إدارة حركة المرور الجوية الخاصة بمبادرة سماء أوروبية موحدة [SESAR Joint Undertaking]، 2017). تركز الخطة، مثل المبادرة الأوسع، على إدارة حركة المرور الجوية. وتضع كل من الجهود التي بذلتها نظام إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار الخاص بالإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء ويو-سبيس الأوروبية عام 2019 نصب عينيها من أجل تسليم التكنولوجيات الجديدة ونشرها. تُعنى أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار في المقام الأول بتفادي التضارب بين مسارات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. قد تصدر الأنظمة أيضاً إنذارات لضمان تجنب حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار العقبات، بما فيها الطائرات من غير المنظومات الجوية

قد لا تكون أنظمة الاستشعار والتفادي القائمة قادرةً على تخصيص الوصول إلى جزءٍ مزدحمٍ من الفضاء الجويّ وحفظ أمنه بطريقةٍ تزيد من السلامة والفعالية والمساواة إلى أقصى حدّ. سيطر ح تطوير نظام يتمتع بهذه القدرات التحديات.

الصغيرة بدون طيار. إنّ للمشاريع الأوسع — مثل جهد نظام إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA UTM) — الهدف الأكثر طموحاً المتمثل بتوفير خدمات إدارة حركة المرور الشاملة، مثل "تصميم الفضاء الجوي، والممرات، ورسم السياج الجغرافي الديناميكي، وتجنب الطقس السيئ والرياح، وإدارة الازدحام، وتجنب التضاريس، والتخطيط للمسار وإعادة التوجيه، وإدارة الفصل، وتحديد التسلسلات والمسافات، وإدارة حالات الطوارئ" (الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء [NASA]، 2017). وترتكز هذه الأهداف بوضوح إلى الخدمات التي توفرها وكالات إدارة حركة المرور الجوية التقليدية.

وتامماً كما لا ينفى نظاماً مثل نظام تجنب التصادم الجوي (TCAS) الحاجة إلى إدارة حركة المرور الجوية التقليدية، لن تنفي أنظمة الاستشعار والتفادي في مجال المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار الحاجة إلى أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار. قد لا يكون نظام استشعار وتفادي قادراً على تخصيص الوصول إلى جزءٍ مزدحمٍ من الفضاء الجويّ وحفظ أمنه بطريقةٍ تزيد من السلامة والفعالية والمساواة إلى أقصى حدّ. سيطر ح تطوير نظام يتمتع بهذه القدرات التحديات. تمثل جهود أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار الحالية خطوات مهمة ومكررة في الاتجاه الصحيح. وبشكلٍ خاص، لا تدير الأنظمة الحالية المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار والطائرات بطيار معاً. يجب عدم استخدام هذه الأنظمة، على الأقل في الوقت الحالي، من أجل إدارة عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار في الفضاء الجويّ المُراقب أو في المناطق المأهولة. ويجب أيضاً عدم استخدام هذه الأنظمة من أجل إدارة طائرات الركاب.

تدعو الحاجة إلى اختبار أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار الحديثة وصفحتها بشكلٍ إضافي. يمكن وضع هذه الأنظمة من أجل إصدار إنذارات للمُشغّلين والجهة المزوّدة لخدمات الملاحة الجوية (ANSP) ذات الصلة عندما تحلق الطائرات عبر مناطق لم يتم التصريح لها بالتحليق فيها، وعندما تهدد الرياح أو الطقس العمليات، وعندما لا يستطيع النظام التحقق من الجدارة الجوية لطائرة تتم مراقبتها في العملية، وعندما تحلق منظومة جوية صغيرة بدون طيار على مسافةٍ قريبة جداً من حركة مرور جوية أخرى، وعندما تتجاوز كثافة الطائرات عتبات القدرة الناعمة والصلبة. يمكن لمديري حركة المرور عندئذٍ التواصل مع سلطات إنفاذ القانون وسلطات أخرى من أجل حلّ المشاكل لدى نشوئها. قد تحول الاستجابة

مع زيادة الازدحام في السماء، تدعو الحاجة إلى اتخاذ تدابير من جانب الحكومة الفيدرالية ومُصنعي المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) ومُشغليها لضمان سلامة المواطنين. قد تحفز هذه التدابير أيضاً التطوير في فضاء المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، وذلك إلى حد كبير بالطريقة نفسها التي عززت بها تدابير الحكومة الفيدرالية الطيران المدني في مرحلة نشوئه.

الحكومي [GAO، 2012]. ينشأ بعض الصعوبات التي تمت مواجهتها خلال الجهود الرامية إلى تحديث نظام إدارة حركة المرور الجوية التقليدي من مواقف أصحاب الشأن الراسخة والاستثمارات التي تجري بناءً على السياسات والإجراءات الحالية. قد يتضح بالفعل أن فرصة البدء من الصفر والتركيز على تطوير أنظمة جديدة لإدارة حركة المرور الجوية تستطيع الاستمرار بتلبية إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار أمر ذو قيمة. وكما أشار كوبرديكار وآخرون (Kopardekar et al.) (2016)، يتيح الوضع الحالي "فرصة فريدة من أجل النظر في كيفية التمكن من توزيع الأدوار والمسؤوليات ووظائف الدعم بين مُشغلي المنظومات الجوية بدون طيار وأنظمتهم الممكنة". وقد يؤدي مثل هذا الفحص إلى إنتاج رؤى ذات صلة بأنظمة مراقبة حركة المرور الجوية التقليدية التي قد تغيب عنا بخلاف ذلك. من المُشجّع بشكلٍ خاص رؤية أن أصحاب الشأن في مجال المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار يتعاونون مع بعضهم البعض ومع الوكالات الحكومية في محاولة لوضع سياسات إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وإجراءاتها. لقد تم تأسيس مجموعات تجارية ومنظمات غير ربحية في القطاع وهي تضع الكتب البيضاء ذات الصلة. تسعى منظمة غير ربحية حديثة التأسيس، تُعرف باسم جمعية أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار العالمية (جلوبال يو تي أم أسوسيشن) (Global UTM Association) إلى تشجيع تطوير أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار والمساعدة في هذا المجال (جمعية أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار العالمية [جلوبال يو تي أم أسوسيشن] [Global UTM Association]، غير مؤرخ). ويشمل أعضاء هذه الجمعية ممثلين عن مُصنعي المنظومات الجوية الصغيرة بدون

السريعة للحالات غير العادية دون وقوع كارثة. وقد يكون من الممكن أيضاً يوماً ما استخدام هذه الأنظمة لإدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار التي تجري في الفضاء الجوي المُراقب، أو التي تنتقل عبر أنواع مختلفة من الفضاء الجوي، أو التي تجري في الأماكن والأوقات التي تتواجد فيها أنواع أخرى من الطائرات. في مثل هذا السيناريو، سيكون من المهم أن تتواصل أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار مع نظام إدارة حركة المرور الجوية القائم.

ويأمل باحثو الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء بأن يقترن تطوير نظام إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بمكافأة إضافية متمثلة في إنتاج رؤى وأدوات يمكن تطبيقها على أنظمة إدارة حركة المرور الجوية التقليدية لتحسين السلامة والفعالية. يدعى كوبرديكار وآخرون (Kopardekar et al.) (2016)، بعد تعريف مفهوم العمليات لأنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية بدون طيار، أن نظاماً مماثلاً لإدارة حركة المرور الجوية التقليدية قد "يحسن فعالية تشغيل الفضاء الجوي".

إن الإدارة الفيدرالية للطيران هي حالياً في خضمّ جهد الجيل التالي (NextGen) الرامي إلى تحديث نظام مراقبة حركة المرور الجوية. ويُعتبر هذا البرنامج معقداً واتضح أنه يقترن بالتحديات من حيث إدارته. فمثلاً، وفي تقرير حديث حول جهد الجيل التالي الحالي، أشار مكتب المساءلة الحكومي (GAO) إلى أن تكاليف عناصر متعددة من البرنامج "قد زادت عن تقديراتها الأولية بمجموع 4.2 مليار دولار أمريكي" وأن "الإدارة الفيدرالية للطيران لا تستطيع توفير ضمانات معقولة للكونغرس وأصحاب الشأن الآخرين بأن الجيل التالي وبرامج إدارة حركة المرور الجوية الأخرى ستجنّب زيادات التكلفة الإضافية أو التأخيرات في الجداول الزمنية" (مكتب المساءلة

طيار، ومُشغليها والوكالات الحكومية حول العالم. في الولايات المتحدة، يُعتبر تحالف الطائرات التجارية بدون طيار (Commercial Drone Alliance) "جمعية رائدة في القطاع تؤيد سياسات الطائرات الأمريكية بدون طيار (جليرس [Glazer], 2017b). وتتعبق أيضاً المجموعة التابعة للجمعية الدولية لأنظمة المركبات بدون طيار (AUVSI) القائمة في القطاع التطورات في مجال إصدار الشهادات للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار وسياسات إدارة حركة مرورها. إنه لحادث حسن التوقيت أن تؤدي الأبحاث الحالية حول إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار بشكلٍ محتمل إلى تكنولوجيات قد تكون مفيدة في سياق الجهود الجارية من أجل تحسين الأنظمة التي تدير حركة المرور الجوية التي تحمل أشخاصاً.

الخلاصة

مع زيادة الازدحام في السماء، تدعو الحاجة إلى اتخاذ تدابير من جانب الحكومة الفيدرالية ومُصنعي المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار (sUAS) ومُشغليها لضمان سلامة المواطنين. قد تحفز هذه التدابير أيضاً التطوير في فضاء المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، وذلك إلى حدٍ كبير بالطريقة نفسها التي عززت بها تدابير الحكومة الفيدرالية الطيران المدني في مرحلة نشوئه. وستتمثل إحدى الطرق الرئيسية لإدارة المخاطر والتكاليف غير المباشرة المنسوبة إلى عمليات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار على حد سواء بوضع معايير لتصاميم الطائرات بدون طيار. لا تتمتع الحكومة الفيدرالية ولا مجتمع الطيران حتى الآن بالخبرة أو البيانات اللازمة لوضع معايير الجدارة الجوية للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وستشمل البيانات المهمة تقديرات كمية لاحتمالات فشل مكونات محددة من المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، وللخطر الناتج عن ذلك بالنسبة للأشخاص والممتلكات، أرضاً وجوياً. قد يكون استخدام مواقع اختبار المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار الخاصة التابعة للإدارة الفيدرالية للطيران (FAA sUAS Test Sites) ذا قيمة متى تعلق الأمر باكتساب خبرة بخصوص تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار. وقد يكون أيضاً تأسيس منشأة جديدة لاختبار تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، يمكن فيها اختبار الطائرات الفردية، والمكونات وأنظمة البرمجيات في محاكاة لبيئات مختلفة مفيداً. وبالنظر إلى تنوع استخدامات تكنولوجيات المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، نوصي بنظام تسلسليّ متى تعلق الأمر بإصدار الشهادات؛

فقد تُمنح تصاميم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار التي تقي بأعلى المعايير الوصول الأكبر، مثلاً، قد تكون قادرة على التحليق فوق المناطق الحضرية. ويمكن تعريف المعايير من حيث الخطر عوضاً عن متطلبات الأجهزة المحددة. تبدو المعايير المرتكزة إلى المخاطر واعدة، ويعود السبب في ذلك جزئياً إلى مرونتها، وإنّ البحث جارٍ حالياً بحيث يمكن استخدامه لتحديد منهجية يمكن الدفاع عنها وشفافة لتقدير الخطر. في حال فرض معايير أكثر تقليدية للجدارة الجوية بالنسبة للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار، يجب أن تشمل هذه المعايير على عناصر جديدة، مثل متطلبات تمنع الطائرات بتكنولوجيات رسم السياج الجغرافي التي تحظر استخدامها في مناطق يتم تحديدها بشكلٍ ديناميكيّ بحسب ما تحدده وكالات الحكومة الفيدرالية والحكومة المحلية. ويتوقع العديد من المحللين أن تستخدم المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار تكنولوجيات أجهزة البث الخاصة بتقنية المراقبة التابعة للتقنية (ADS-B)، وإنّما تبقى قضايا كبيرة مرتبطة بتخصيص التردد والأمن قائمة.

يُعتبر النظام الحالي لمراقبة الطائرات التقليدية باهظاً وهو يعتمد على الرصد باستخدام نظامٍ بشريٍّ والمراقبة على المستوى التكتيكي. قد لا يكون استخدام نظامٍ مماثلٍ لإدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار مُجدياً. بدلاً من ذلك، يجب أن تكون أنظمة إدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار أكثر مرونة، وأكثر مكنة، ويجب أن تركز أكثر على المراقبة والإدارة الاستراتيجية لتدفقات حركة المرور بالمقارنة مع النظام المُستخدَم حالياً لإدارة الطائرات التقليدية. وينطبق هذا الأمر على وجه الخصوص على المناطق غير المأهولة، والفضاء الجوي المنخفض الارتفاع، وفي المناطق حيث يكون التضارب مع أشكال أخرى من حركة المرور الجوية غير مُرَجح. ويُعتبر تحديث الأنظمة لإدارة حركة مرور المنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار ذا صلة بشكلٍ خاص بالنظر إلى الاستخدام المحتمل الواسع الانتشار للمنظومات الجوية الصغيرة بدون طيار المستقلة (ذاتية القيادة)، والتي تحلق ذاتياً بين موقع انطلاق وموقع وجهة يحددهما طيار عن بُعد. يجري بالفعل حالياً تطوير أنظمة إدارة حركة المرور ذات الصلة، على الرغم من أنّ الأنظمة الحالية ملائمة فحسب للاستخدام في الفضاء الجوي المنخفض الارتفاع غير المُراقب والمنفصل. يمكن أن ينتج تطوير أنظمة أكثر تقدماً روى وأدوات ستكون مفيدة أيضاً في سياق الجهد الرامي إلى تحديث نظام مراقبة حركة المرور الجوية (ATC) التقليدي.

———, *Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap*, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2013. As of October 4, 2017:

https://www.faa.gov/uas/media/uas_roadmap_2013.pdf

———, Federal Aviation Regulation Part 107, Operation and Certification of Small Unmanned Aircraft Systems, June 21, 2016a.

———, *Budget Estimates: Fiscal Year 2017*, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2016b.

———, *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, FAA-H-8083-25B, 2016c. As of October 4, 2017: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf

———, *FAA Aerospace Forecast: Fiscal Years 2017–2037*, Washington, D.C.: Office of Aviation Policy and Plans, Forecasts and Performance Analysis Division, 2017a. As of October 4, 2017:

https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2017-37_FAA_Aerospace_Forecast.pdf

———, “Unmanned Aircraft Systems: Getting Started,” web page, 2017b. As of October 4, 2017:

https://www.faa.gov/uas/getting_started/

———, “Air Traffic by the Numbers,” web page, July 31, 2017c. As of October 4, 2017:

https://www.faa.gov/air_traffic/by_the_numbers/

GAO—See U.S. Government Accountability Office.

Glaser, April, “Trump’s Plan to Privatize Air Traffic Control Could Expedite Drone Delivery in the U.S.,” Recode.net, June 5, 2017a. As of October 4, 2017:

<https://www.recode.net/2017/6/5/15741038/trump-privatize-air-traffic-control-drone-delivery-us>

[trump-privatize-air-traffic-control-drone-delivery-us](https://www.recode.net/2017/6/5/15741038/trump-privatize-air-traffic-control-drone-delivery-us)

———, “An Alphabet Executive Now Leads an Influential U.S. Drone Policy Association,” Recode.net, June 2017b. As of October 5, 2017:

<https://www.recode.net/2017/6/13/15794388/alphabet-executive-project-wing-drone-delivery-association-policy-faa-air-traffic-control>

Global UTM Association, “UTM Architecture,” homepage, undated. As of October 5, 2017:

<https://gutma.org/>

¹ اتصال شخصي مع الأستاذ خوان ألونسو (Juan Alonso)، فبراير/شباط 2017.

² لجنة الخبراء في القطاع حول “الابتكار، والمشاركين الجدد، وإدارة حركة المرور الجوية” (“Innovation, New, Entrants and ATM”)، منتدى حول البحث والتطوير في مجال إدارة حركة المرور الجوية (ATM R&D) (Seminar)، 30 يونيو/حزيران 2017.

³ لجنة الخبراء في القطاع حول “الابتكار، والمشاركين الجدد، وإدارة حركة المرور الجوية” (“Innovation, New, Entrants and ATM”)، منتدى حول البحث والتطوير في مجال إدارة حركة المرور الجوية (ATM R&D) (Seminar)، 30 يونيو/حزيران 2017.

المراجع

BBC News, “Drone Causes Gatwick Airport Disruption,” July 3, 2017. As of October 4, 2017:

<http://www.bbc.com/news/uk-40476264>

EASA—See European Aviation Safety Agency.

European Aviation Safety Agency, *Concept of Operations for Drones: A Risk Based Approach to Regulation of Unmanned Aircraft*, Cologne, Germany, May 2015. As of October 4, 2017:

https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/204696_EASA_concept_drone_brochure_web.pdf

———, Notice of Proposed Amendment 2017-05 (A): Introduction of a Regulatory Framework for the Operation of Drones, TE.RPRO.00034-006, 2017. As of October 4, 2017:

https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/NPA%202017-05%20%28A%29_0.pdf

Evangelista, Benny, “Drone Near-Miss at SFO Points to Emerging Danger for Airplanes,” *San Francisco Chronicle*, August 17, 2017. As of October 4, 2017:

<http://www.sfchronicle.com/business/article/Drone-near-miss-at-SFO-points-to-emerging-danger-11883033.php>

FAA—See Federal Aviation Administration.

Federal Aviation Administration, “Welcome to the Small Unmanned Aircraft System (sUAS) Registration Service,” web page, undated. As of October 4, 2017:

<https://registermyuas.faa.gov>

———, “Facility Operation and Administration: Section 8: Monitor Alert Parameter,” Air Traffic Organization Policy, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, February 11, 2010. As of October 4, 2017:

<http://tfmlearning.faa.gov/Publications/atpubs/FAC/1708.html>

University of Michigan, “Mcity Test Facility,” homepage, undated. As of October 4, 2017:
<https://mcity.umich.edu/our-work/mcity-test-facility/>

NASA—See National Aeronautics and Space Administration.

National Aeronautics and Space Administration, “UTM: Unmanned Aircraft System (UAS) Traffic Management (UTM),” web page, September 22, 2017. As of October 5, 2017:
<https://utm.arc.nasa.gov/>

National Research Council, *The Future of Air Traffic Control: Human Operators and Automation*, Washington, D.C.: National Academies Press, 1998.

Nolan, Michael S., *Fundamentals of Air Traffic Control*, 5th ed., Clifton Park, N.Y.: Cengage Learning, 2010.

Price, Wayne T., “Harris to Devise Air Traffic Control System for Drones,” *Florida Today*, February 28, 2017. As of October 4, 2017:
<http://www.floridatoday.com/story/news/2017/02/28/harris-corp-air-traffic-control-system-drones/98478398/>

Rees, Caroline, “Leonardo Announces New Secure Air Traffic Management System for Drones,” *Unmanned Systems News*, March 7, 2017. As of October 4, 2017:
<http://www.unmannedsystemstechnology.com/2017/03/leonardo-announces-new-secure-air-traffic-management-system-drones/>

Reuters, “President Trump’s Budget Calls for Privatizing Air Traffic Control,” *Fortune*, March 16, 2017. As of October 4, 2017:
<http://fortune.com/2017/03/16/trump-budget-air-traffic-control-privatize/>

SESAR Joint Undertaking, “U-Space Blueprint,” web page, June 9, 2017. As of October 4, 2017:
<https://www.sesarju.eu/u-space-blueprint>

Stevenson, Beth, “FAA Looks Towards Risk-Based Approach for Micro UAV Ops,” *FlightGlobal.com*, February 26, 2016. As of October 4, 2017:
<https://www.flightglobal.com/news/articles/faa-looks-towards-risk-based-approach-for-micro-uav-422407/>

Strohmeier, Martin, Matthias Schäfer, Vincent Lenders, and Ivan Martinovic, “Realities and Challenges of NextGen Air Traffic Management: The Case of ADS-B,” *IEEE Communications Magazine*, May 2014, pp. 111–118. As of October 4, 2017:
<https://opensky-network.org/files/publications/commag2014.pdf>

Goldman Sachs, “Drones: Reporting for Work,” web page, undated. As of October 4, 2017:
<http://www.goldmansachs.com/our-thinking/technology-driving-innovation/drones/>

Gulden, Timothy, *The Energy Implications of Drones for Package Delivery: A Geographic Information System Comparison*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1718/1-RC, 2017. As of October 5, 2017:
https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1718z1.html

Jones, Therese, *International Commercial Drone Regulation and Drone Delivery Services*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1718/3-RC, forthcoming.

Kalra, Nidhi, and Susan M. Paddock, *Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would it Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?* Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1478-RC, 2016. As of October 4, 2017:
https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html

Kopardekar, Parimal, “Safely Enabling Low-Altitude Airspace Operations: Unmanned Aerial System Traffic Management (UTM),” *International Civil Aviation Organization RPAS Symposium*, briefing slides, 2015. As of October 4, 2017:
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150006814.pdf>

Kopardekar, Parimal, Joseph Rios, Thomas Prevot, Marcus Johnson, Jaewoo Jung, and John E. Robinson, III, “Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations,” Washington, D.C.: 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-4373), 2016.

Lawrence, Earl, “Drone Advisory Committee Meeting: Overview of the UAS Landscape,” in RTCA, *Drone Advisory Committee Public Meeting*, briefing slides, September 16, 2016, pp. 9–15. As of October 4, 2017:
https://www.rtca.org/sites/default/files/dac_sept_2016_ppt_presentation.pdf

Leswing, Kif, “Why Your Drone Can’t Fly Near Airports Anymore,” *Fortune*, November 18, 2015. As of October 4, 2017:
<http://fortune.com/2015/11/18/dji-geofencing-airport/>

Lohn, Andrew J., *What’s the Buzz? The City-Scale Impacts of Drone Delivery*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1718-RC, 2017. As of October 5, 2017:
https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1718.html

Lum, Christopher, and Blake Waggoner, “A Risk Based Paradigm and Model for Unmanned Aerial Systems in the National Airspace,” St. Louis, Mo.: Infotech@ Aerospace Conference, 2011. As of October 4, 2017:
<https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2011-1424>

White House, “New Commitments to Accelerate the Safe Integration of Unmanned Aircraft Systems,” fact sheet, August 2, 2016. As of October 4, 2017: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2016/08/02/fact-sheet-new-commitments-accelerate-safe-integration-unmanned-aircraft>

Whitehouse, Sheldon, and Jim Langevin, “We Must Act to Protect Manned Aircraft from Irresponsible Drone Operators,” *The Hill*, September 1, 2017. As of October 4, 2017: <http://thehill.com/blogs/congress-blog/technology/348815-we-must-act-to-protect-manned-aircraft-from-irresponsible>

Xu, Jia, *Design Perspectives on Delivery Drones*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1718/2-RC, 2017. As of October 5, 2017: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1718z2.html

Thales, “Thales Launches Ecosystem UTM and Joins Forces with Unify to Facilitate Drone Use,” press release, July 3, 2017. As of October 4, 2017: <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/press-release/thales-launches-ecosystem-utm-and-joins-forces-unify-facilitate>

UAS Vision, “NASA Success for Complex Drone Traffic Management Test at FAA Test Sites,” press release, April 25, 2016. As of October 4, 2017: <http://www.uasvision.com/2016/04/25/nasa-success-for-complex-drone-traffic-management-test-at-faa-test-sites/>

uAvionix, “The World’s Smallest and Lightest ADS-B Solutions for sUAS,” web page, undated. As of October 4, 2017: <https://www.uavionix.com/products/ping2020/>

U.S. Government Accountability Office, *Air Traffic Control Modernization: Management Challenges Associated with Program Costs and Schedules Could Hinder NextGen Implementation*, Washington, D.C., GAO-12-223, February 2012. As of October 5, 2017: <http://www.gao.gov/assets/590/588627.pdf>

———, *Federal Aviation Administration: Preliminary Observations of Potential Air Traffic Control Restructuring Transition Issues*, Washington, D.C., GAO-16-386R, February 10, 2016. As of October 4, 2017: <http://www.gao.gov/assets/680/675079.pdf>

Vascik, Parker D., and Jaewoo Jung, “Assessing the Impact of Operational Constraints on the Near-Term Unmanned Aircraft System Traffic Management Supported Market,” Washington, D.C.: 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-4373), 2016. As of October 4, 2017: <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2016-4373>

Warwick, Graham, “BVLOS Drones Share Airspace in NASA UTM Test,” *Aerospace Daily & Defense Report*, June 8, 2017. As of October 4, 2017: <http://aviationweek.com/awincommercial/bvlos-drones-share-airspace-nasa-utm-test>

Welser, William, IV, and Jia Xu, *What’s the Buzz on Delivery Drones?* Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, PE-230-RC, 2016. As of October 5, 2017: <https://www.rand.org/pubs/perspectives/PE230.html>

West, Gretchen, “Drone On: The Sky’s the Limit, if the FAA Gets Out of the Way,” *Foreign Affairs*, Vol. 94, May–June 2015, pp. 90–97. As of October 4, 2017: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-05-01/drone>

شكر وعرفان

أودُّ أن أشكر باريمال كوبارديكار (Parimal Kopardekar) ووليام شان (William Chan) من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) على دعمهما ورؤيتهما خلال هذا المشروع. وأنا ممتن أيضاً لبييل ولسر (Bill Welser) وجا شو (Jia Xu) من مؤسسة RAND لجمع فريق باحثي مؤسسة RAND التابع لنا والمهتم بالاستخدام المدني للطائرات بدون طيار المُستخدمة للتسليم وإدارته. وأخيراً، أنا مدينٌ للمراجعين الداخليين من مؤسسة RAND ومن خارجها الذين استخدمتُ تعليقاتهم من أجل تحسين هذا المنظور. ويشمل هؤلاء المراجعون الأستاذ خوان ألونسو (Juan Alonso) من جامعة ستانفورد (Stanford University) وجيف هاغن (Jeff Hagen)، وريتشارد مايسون (Richard Mason)، وتوم لاتوريت (Tom LaTourrette) ومارجوري بلومنتال (Marjory Blumenthal) من مؤسسة RAND.

برنامج مؤسسة RAND للعلم والتكنولوجيا والسياسات (RAND Science, Technology, and Policy Program)

أُجريَ هذا البحث ضمن إطار برنامج معهد مؤسسة RAND للعلم والتكنولوجيا والسياسات (Rand Science, Technology, and Policy Program)، الذي يركّز في المقام الأول على دور التطور العلمي والابتكار التكنولوجي في السلوك البشري، وعمليات صنع القرارات العالمية والإقليمية من حيث علاقتها بالعلم والتكنولوجيا، والتأثيرات المترابطة التي يُحدثها العلم والتكنولوجيا على تحليل السياسات وخيارات السياسات. يغطي البرنامج مواضيع من نوع استكشاف الفضاء، وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات، والتقنيات متناهية الصغر (تقنيات النانو) والتكنولوجيات الحيوية. أبحاث البرنامج تدعمها الوكالات الحكومية، والمؤسسات، والقطاع الخاص.

هذا البرنامج هو جزءٌ من معهد مؤسسة RAND للعدل والبنية التحتية والبيئة (RAND Justice, Infrastructure, and Environment)، وهو قسمٌ من مؤسسة RAND مخصصٌ لتحسين عمليات صنع السياسات وصنع القرارات في مجموعةٍ كبيرةٍ من مجالات السياسات، ويشمل ذلك العدالة المدنية والجنائية، وتطوير البنية التحتية وتمويلها، والسياسات البيئية، والتخطيط للنقل وتكنولوجيا النقل، والهجرة وحماية الحدود، والسلامة العامة والمهنية، وسياسات الطاقة، وسياسات العلم والابتكار، والفضاء، والاتصالات السلكية واللاسلكية.

للمزيد من المعلومات حول برنامج مؤسسة RAND للعلم والتكنولوجيا والسياسات، يُرجى زيارة الموقع الإلكتروني: www.rand.org/jie/stp، أو الاتصال بالمدير على العنوان الإلكتروني التالي: stp@rand.org.

مشاريع مؤسسة RAND (RAND Ventures)

مؤسسة RAND هي منظمةٌ بحثيةٌ تعمل على تطوير حلولٍ لتحديات السياسات العامة وللمساعدة في جعل المجتمعات في جميع أنحاء العالم أكثر أماناً وأماناً وأكثر صحةً وازدهاراً. مؤسسة RAND هي مؤسسةٌ غير ربحية، حيادية، وملتزمةٌ بالصالح العام.

مشاريع مؤسسة RAND (RAND Ventures) هي واسطةٌ للاستثمار في الحلول عن طريق السياسات. المساهمات الخيرية تدعم قدرتنا على النظر البعيد نحو المستقبل، ومعالجة المواضيع الصعبة والخلافية في أغلب الأحيان، ومشاركة نتائجنا بطرقٍ مبتكرةٍ ومقنعة. نتائج أبحاث مؤسسة RAND وتوصياتها مبنيةٌ على البيانات والأدلة، ولذلك هي لا تعكس بالضرورة تفضيلات السياسات أو الاهتمامات لدى عملائها أو مانحيها أو داعميها.

لقد تمّ توفير التمويل لهذا المشروع عن طريق مَنحٍ سخيةٍ من المجلس الاستشاري المعنيّ بمعهد مؤسسة RAND للعدالة والبنية التحتية والبيئة (RAND Justice, Infrastructure, and Environment Advisory Board)، وجهاتٍ مانحةٍ أخرى لذلك المعهد. تعكس مساهمات هذه الجهات، بمجموعها، المَنح التي تمّ تلقّيها من مجموعةٍ من المصادر، تشمل الشركات، والجمعيات التجارية والمهنية، والأفراد، والوكالات الحكومية، والمؤسسات الخاصة.

عن هذا المنظور التحليلي

قد تصبح الطائرات بدون طيار المُستخدَمة للتسليم منتشرةً على نطاقٍ واسعٍ على مدى الأعوام الخمسة إلى العشرة القادمة، لا سيما بالنسبة لما يُعرف بلوجستيات "الميل الأخير" ("last-mile" logistics) التي تُعنى بالأغراض الصغيرة الخفيفة الوزن. لقد كانت شركات مثل أمازون (Amazon)، وغوغل (Google)، ويونايته بارسل سرفس (United Parcel Service) [UPS]، ودي أتش أل (DHL)، وعلي بابا (Alibaba) تجري اختبارات ريفية المستوى في تجريب أنظمة عمليات التسليم بواسطة الطائرات بدون طيار. وقد غدا تطوير أنظمة كهذه مَعْلَمًا رئيسياً عندما جرت أول عملية تسليم تجارية بواسطة الطائرات بدون طيار، وافقت عليها الإدارة الفيدرالية للطيران (Federal Aviation Administration) بتاريخ 17 يوليو/ تموز 2015. في المستقبل، قد تقوم الطائرات بدون طيار بدعم، أو في بعض الحالات حتى بالحلول محل أساطيل الشاحنات، وقد يكون لها تداعيات مهمة على استهلاك الطاقة، والسلامة العامة، والخصوصية الشخصية، وتلوث الهواء، وضجيج المدن، وإدارة الملاحة الجوّية، وأنماط استهلاك السلع والخدمات في المناطق الحضرية.

من أجل دعم الوعي بشأن القضايا ذات الصلة، أطلقت مؤسسة RAND دراسة استكشافية تجمع بين خبرة مؤسسة RAND في عمليات الطائرات المسيّرة بدون طيار، وأبحاث مجال النقل، وتحليل الأنظمة، والتحليل السلوكي، وتطبيقها على هذا المجال البحثي الناشئ والجاري استكشافه.

تشمل الدراسة عدداً من الجهود البحثية التكميلية التي تركز على أوجهٍ مختلفةٍ من نظام التسليم عن طريق الطائرات بدون طيار، وتأثيراته المحتملة. في هذا المنظور، ألخص مشهد السياسات وأصِف الخيارات المتوقّرة لتنظيم تصاميم الطائرات بدون طيار ولمستقبل إدارة حركة المرور الجوّية. ويجب أن يكون هذا البحث ذا أهمية بالنسبة لأصحاب المشاريع والهواة الذين ينظرون في الاستخدام المستقبلي لأساطيل الطائرات بدون طيار لأغراض تجارية وتفاعلية، ولصانعي السياسات، ولأولئك المهتمين بالفضاء الجوي وإدارة أنظمة الطيران. وسيكون هذا المنظور التحليلي مفيداً لجميع المهتمين بالسياسات العامة الخاصة بالطيران والطائرات بدون طيار. تشمل منشورات مؤسسة RAND الأخرى ضمن هذه السلسلة الآتي:

- "ما هذا الطنين بشأن الطائرات بدون طيار المُستخدَمة للتسليم؟" (*What's the Buzz? on Delivery Drones*) (ولسر وشو [Welser and Xu]، 2016)
- "ما هذا الطنين؟ التأثيرات على مستوى المدينة لعمليات التسليم بواسطة الطائرات بدون طيار" (*What's the Buzz? The City-Scale Impacts of Drone Delivery*) (أون [Lohn]، 2017)
- "تداعيات الطائرات بدون طيار المُستخدَمة لتسليم الطرود على الطاقة" (*The Energy Implications of Drones for Package Delivery*) (غولدن [Gulden]، 2017)
- "مناظير التصميم بشأن الطائرات بدون طيار المُستخدَمة للتسليم" (*Design Perspectives on Delivery Drones*) (شو [Xu]، 2017)
- "تنظيم الطائرات بدون طيار التجارية الدولية وخدمات التسليم بواسطة الطائرات بدون طيار" (*International Commercial Drone Regulation and Drone Delivery Services*) (جونز [Johns]، سيصدر قريباً).

عن المؤلّف

كينيث كُون (Kenneth Kuhn) هو باحثٌ في مجال العمليات في مؤسسة RAND وعضو رئيسي في الهيئة التعليمية في كلية باردي للدراسات العليا التابعة لمؤسسة RAND (Pardee RAND Graduate School). يركّز بحثه على عمليات أنظمة النقل (وبالأخص إدارة حركة المرور الجوّية)، وإدارة البنى التحتية، وتأثيرات الطقس والأحداث القاسية، واللوجستيات. حصل كُون على تدريب تقني في مجال الحل الأمثل، والإحصاءات، وهندسة النقل، والتعلّم الآلي، وعلم الاقتصاد. قبل بدء العمل في مؤسسة RAND، كان أستاذاً مساعداً في جامعة كانتربري (University of Canterbury) في كرايستشيرتش، نيوزيلندا، وباحث في مجال أنظمة الطيران في الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA).

حقوق الطبع والنشر الإلكترونيّ محدودة

هذه الوثيقة والعلامة (العلامات) التجارية الواردة فيها محميةٌ بموجب القانون. يتوفّر هذا التمثيل للملكية الفكرية الخاصة بمؤسسة RAND للاستخدام لأغراض غير تجارية حصرياً. يحظر النشر غير المصرّح به لهذا المنشور عبر الإنترنت. يُصرّح بنسخ هذه الوثيقة للاستخدام الشخصي فقط، شريطة أن تظل مكتملة دون إجراء أي تعديل عليها. يلزم الحصول على تصريح من مؤسسة RAND، لإعادة إنتاج أو إعادة استخدام أي من الوثائق البحثية الخاصة بنا، بأي شكل كان، لأغراض تجارية. للمزيد من المعلومات حول تصاريح إعادة الطباعة والربط على المواقع الإلكترونية، الرجاء زيارة صفحة التصاريح في موقعنا الإلكتروني www.rand.org/pubs/permissions

مؤسسة RAND هي منظمةٌ بحثية تعمل على تطوير حلولٍ لتحديات السياسات العامة وللمساعدة في جعل المجتمعات في أنحاء العالم أكثر أمناً وأماناً، وأكثر صحةً وازدهاراً. مؤسسة RAND هي مؤسسة غير ربحية، حيادية، وملتزمة بالصالح العام.

لا تعكس منشورات مؤسسة RAND بالضرورة آراء عملاء ورعاة الأبحاث الذين يتعاملون معها. RAND® هي علامة تجارية مسجلة.

للحصول على مزيدٍ من المعلومات حول هذا المنشور، الرجاء زيارة الموقع الإلكتروني www.rand.org/t/PE269



www.rand.org