

5

القيادة والسيطرة اللامركزية في العمليات الجوية: الآثار المترتبة على إدارة المعركة الجوية وقيادة المهمة

جاستن بروك

زميل باحث في القوة الجوية، معهد رويال يوناييتد للخدمات (RUSI)، لندن

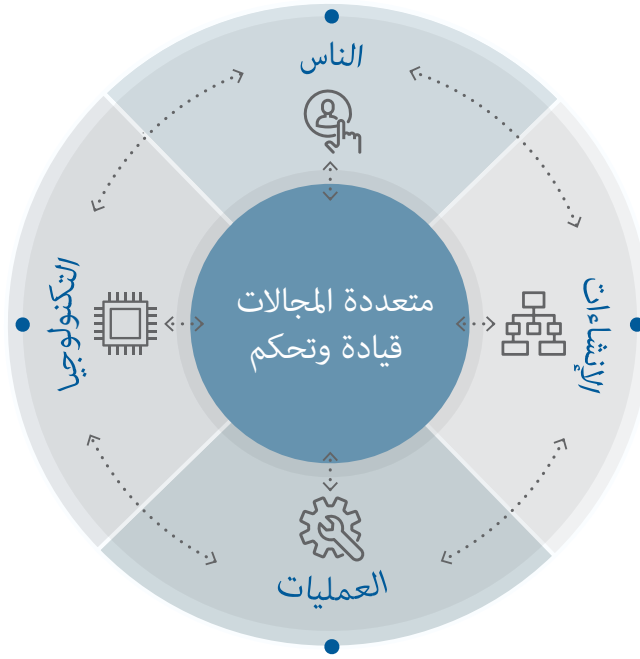
مقدمة

تدرك القوات الجوية في جميع أنحاء العالم التي تركز على المنافسة العسكرية بين الأقران أو شبه الأقران بشكل متزايد الحاجة إلى تبني تصاميم قيادة وتحكم (C2) غير مركزية للمهمة. ولكن، يجب التغلب على مستوى المقاومة الثقافية والسياسية العالي للسماح بتحقيق ذلك. وستتطلب قدرات القيادة والتحكم (C2) اللامركزية إعادة إدخال المفاهيم التقليدية لقيادة المهمة حيث يتم تفويض سلطات صنع القرار والأذونات بشكل متزايد إلى قادة القتال المتوسطي الرتب نسبياً على المستوى التكتيكي. ومع ذلك، يتم تطوير معظم تصاميم القيادة والتحكم (C2) المستقبلية بدرجة معينة على الأقل من اللامركزية حتى يصبح من الصعب على القوى المعارضة العثور على العقد الرئيسية المحمولة جواً والأرضية واستهدافها وتحطيمها. تستكشف دول القوة الجوية الرائدة مجموعات الأصول المدارية الموزعة والمركبات الجوية غير المأهولة (UAV) لتحل محل عمليات المعالجة والاستغلال والنشر (PED) ومنصات القيادة والتحكم (C2) القديمة.

وفيما لا يزال الشكل المستقبلي للمجال المداري كجزء من هندسات القيادة والتحكم (C2) والاستخبارات والمراقبة والاستحواد على الهدف والاستطلاع (ISTAR) الموزعة غير مؤكد لأن التقدم السريع على مستوى قدرات أجهزة الاستشعار الفضائية وعرض النطاق الترددي للاتصالات والمتانة تشير إلى زيادة حادة في دورها، ومع ذلك، فإنه من المحتمل أيضاً أن يكون استخدام هذه الأصول عملية متنازع عليها بشدة أو حتى مرفوضة في المستقبل. توفر الطائرات دون طيار إمكانية التحمل لفترة طويلة دون المسارات نفسها التي يمكن التنبؤ بها والتي يحتمل أن تكون معرضة للخطر مثل الأقمار الصناعية في المدار. إن بقاء منصات الجيل الخامس مثل مقاتلة اف-35 (F-35) والطائرات دون طيار التي تكون إمكانية ملاحظتها منخفضة جداً مثل أحجار الأساس في بنية

القيادة والتحكم (C2) والاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) الموزعة من الجيل التالي لا يتطلب روابط بيانات وأجهزة استشعار آمنة وغير واضحة فحسب، بل قدرة معالجة ديناميكية أيضاً للحد من متطلبات النطاق الترددي وتحديد البيانات ذات الصلة ونقلها تلقائياً إلى الأصول الأخرى. لذلك، قد تظل القوات الجوية في المستقبل المنظور معتمدة على قدرات القيادة والتحكم (C2) المركزية على أساس أنظمة قديمة كبيرة الحجم.

- مركز العمليات الجوية - قيادة وتحكم



بيئة المستقبل

تتميز بيئة القتال الجوية المستقبلية بالتطور المتزايد في كل مكان لأنظمة صواريخ سطح-جو بعيدة المدى (برونك، 2020 أ)، وصواريخ جو-جو بعيدة المدى (VLRAAMs) والطائرات المقاتلة والاعتراضية ذات مستوى الملاحظة المنخفض جداً (VLO) (برونك، 2020 ب). يعمل هذا الجيل الجديد من أنظمة التهديد

على زيادة مستوى المخاطر بشكل مطرد للعمليات الجوية التقليدية التي تعتمد بشكل كبير على أصول القيادة والتحكم المركزية مثل إي-3 أو أكس (E-3 AWACS). ستعمل أنظمة صواريخ السطح- جو بعيدة المدى وصواريخ جو- جو بعيدة المدى (VLRAAMs) والطائرات المقاتلة والاعتراضية ذات مستوى الملاحظة المنخفض جدًا بشكل متزايد على إخبار طائرات القيادة والتحكم التقليدية (C2) والاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) على العمل بعيدًا جدًا عن الأراضي المعادية، ستؤدي أجهزة الاستشعار الموجودة على منصات وقدرات مركز الاتصالات إلى تقليل المنفعة التشغيلية بشكل كبير. في الوقت نفسه، يستمر توافر أنظمة الضربات الدقيقة بعيدة المدى والأدوات الإلكترونية الهجومية في زيادة التهديد الذي يمكن أن تشكله الدول الحديثة على مرافق القيادة والسيطرة الأرضية المركزية لبعضها البعض مثل مراكز العمليات الجوية المشتركة (كوشال، مايسي وستيكنغز، 2019). وعليه، تواجه اثنتان من الركائز الأساسية للقوة الجوية الغربية في أوائل القرن الحادي والعشرين تحديًا وجوديًا محتملاً.

منذ أواخر الثمانينيات، اعتمدت القوات الجوية الغربية بشكل كبير على القوة الجوية لتمكين عمليات القوات المشتركة من إجراء عمليات برية وبحرية أصغر بكثير مما كان يمكن أن يكون ضروريًا لولا ذلك. وقد أدى النجاح المذهل لهذا النموذج في صراعات متعددة خلال التسعينيات والعقد الأول من القرن الحادي والعشرين إلى تصميم القوة عبر الجيوش والبحرية التي افترضت توفر الدعم الجوي وقدرات القيادة والتحكم التقليدية (C2) الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) الممكنين جواً. وبذلك، فإن القدرة على توفير قدرات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) عند الطلب والدعم الناري من الجو تمثل الآن شرط أساسي مسبق للعديد من الدول الغربية لتوظيف القوة العسكرية. كما أدى الاعتماد على عمليات التحالف لتوليد شرعية جماهيرية وسياسية إلى خلق متطلبات التكامل وعدم التضارب والأدوات والرقابة كجزء من العمليات الجوية اليومية. لقد أدى هذا المزيج من الاعتماد على القوة الجوية للعمليات المشتركة، وتكامل التحالف كمتطلب ثابت، إلى إنشاء نموذج قيادة وتحكم (C2) شديد المركزية مع إنشاء مركز العمليات الجوية المشترك (CAOC) كنقطة محورية.

النماذج القديمة لأنظمة القيادة والتحكم (C2) مراكز العمليات الجوية المشتركة (CAOC)

يتم إنشاء أمر المهام الجوية (ATO) ضمن مركز العمليات الجوية المشتركة لمدة 72 ساعة بالرجوع إلى مختلف مهام القوة المشتركة ومنتجات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) وعمليات الأدونات الطائرة متعددة الجنسيات والعوامل التمكينية مثل الناقلات. تتطلب هذه العملية مئات من المتخصصين المختصين، ومرافق كبيرة وثابتة وروابط اتصالات ممتازة، الأمر الذي يجعل مركز العمليات الجوية المشترك (CAOC) هدفًا قيمًا وواضحًا للغاية للدول المعادية في أي حرب كبرى. كلما اقترب المركز من منطقة العمليات، زاد احتمال تعرضه لقدرات الضربة الدقيقة الحركية بعيدة المدى. ومع ذلك، كلما تمت

إزالته، زاد الاعتماد التشغيلي على وصلات الاتصالات المدارية والمدفونة التي هي ضمن خط البصر، والبعيدة عن خط البصر والتي يحتمل أن تكون معرضة للخطر.

تتميز بعض المفاهيم المستقبلية بمراكز عمليات جوية أصغر حجمًا وأكثر توزيعًا (AOCs) لتقليل تعرض القوة المشتركة لهجمات بطريقة قطع الرأس على مراكز القيادة والتحكم التابعة لها. ومع ذلك، يمكن أن يؤدي الاعتماد على عدد أكبر من مراكز العمليات الميدانية الموزعة بدلاً من مراكز عمليات العمليات الجوية المشتركة (CAOC) الكبيرة إلى حدوث ازدواجية في المهام وبالتالي زيادة العبء الواقع على موظفي الاستخبارات والقيادة المرهقين بالفعل. يمكن أن يزيد توزيع قدرات القيادة والحكم أيضًا من الاعتماد على روابط الاتصالات مضمونة، نظرًا لأن كل مركز عمليات جوية قادر فقط على أداء بعض وظائف مراكز العمليات الجوية المشتركة على نطاق كامل حتى مع أتمتة كبيرة للعمليات الضرورية. لذلك، إذا كانت الأدوات الحركية أو غير الحركية ستقطع هذه الروابط أو حتى تعارضها بجديّة، فقد تفقد كل من مراكز العمليات الجوية المشتركة المركزية أو مراكز العمليات الجوية الموزعة القدرة على التنسيق التكتيكي لأصول قدرات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) وشن الغارات والتمكين في المسرح.

علاوة على ذلك، تم السماح لمجموعة مكن كبار القادة الذين يمارسون السيطرة المباشرة والإشراف على العمليات التكتيكية بالظهور خلال عدة عقود من العمليات الجوية غير المتنازع عليها إلى حد كبير. وقد كان الدافع وراء ذلك جزئيًا هو التوافر المتزايد لتغذية الفيديو بالحركة الكاملة في الوقت الفعلي، مما يسمح لقادة مركز العمليات العسكرية المشتركة (CAOC) بإدراك الموقف التكتيكي. وقد استفاد ذلك أيضًا من النقل الكبير في التسامح مع المخاطر على المستوى السياسي خلال ما كان يُنظر إليه في كثير من الأحيان على أنه صراعات تقديرية وغير شعبية. وقد أدى هذا بدوره إلى زيادة الرغبة في تجنب تفويض السيطرة والأدوات إلى المستوى التكتيكي. تؤدي ممارسات القيادة الحالية إلى زيادة المركزية وتقليل وتيرة التشغيل وتقديم مجموعة من التعقيدات المحتملة على مستوى النطاق الترددي ونقاط الضعف الكهرومغناطيسية في العمليات الجوية. على الرغم من أن النزاعات التقديرية هي السياق الذي تم فيه احتجاز السلطات في مستويات أعلى، فإن العودة نحو التخطيط للنزاعات عالية المستوى قد لا يؤدي إلى انعكاس طبيعي لهذا الاتجاه. من المرجح أن ينظر كبار السياسيين والقادة العسكريين في العديد من البلدان إلى المخاطر الجيوسياسية الأسوأ بكثير التي ينطوي عليها صراع الأقران على أنها سبب لمواصلة الإدارة المركزية لصنع القرار التكتيكي. ومع ذلك، فإنه من شبه المؤكد فشل هذا النهج عمليًا ضد خصوم الأقران والأقران نظرًا لبطء الإيقاع التشغيلي، والاتصال خارج خط البصر والنطاق الترددي الذي يتطلبه. يجب أن تتغير ثقافة القائد الجوي التكتيكي لتجنب الشلل التشغيلي لكي تكون مناسبة للنزاعات المستقبلية بين الدول، حيث إن الهجمات الحركية والكهرومغناطيسية والسيبرانية على بناء مركز العمليات الجوية المشتركة (CAOC) وروابط الاتصالات الداعمة لها تقطع القادة عن أصول الخطوط الأمامية.

البنى المستقبلية لأنظمة القيادة والتحكم اللامركزية

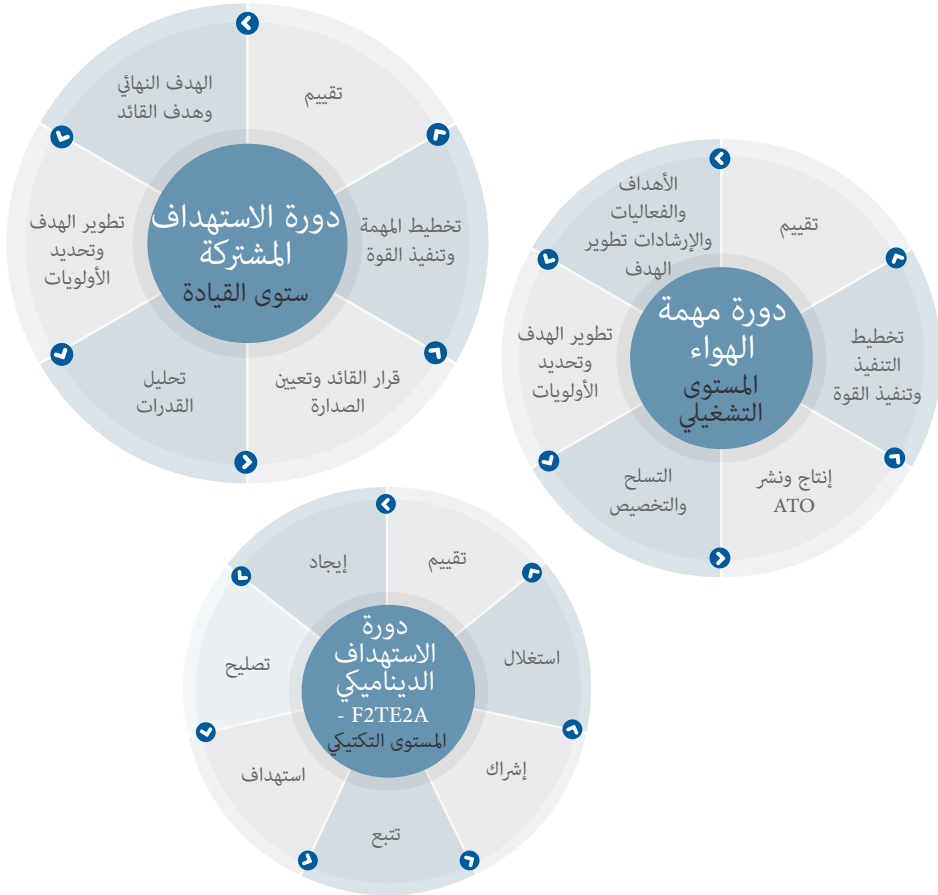
من الواضح للعديد من القوات الجوية أن العقد التقليدية المحمولة جواً القيادة والتحكم (C2) والاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) المشتقة من الطائرات ذات الجسم العريض مثل مثل إي-3 أو أكس (E-3 AWACS) وإي-8 جي ستارز (E-8 J STARS) لم تعد مثالية لسيناريوهات الصراع في المستقبل. تتمتع هذه الأصول بقدرات دفاع عن النفس محدودة للغاية ويجب أن تصدر كميات كبيرة من الإشارات الكهرومغناطيسية التي يسهل اكتشافها من أجل العمل بفعالية، مما يسهل تحديد موقعها وتعقبها. تمثل هذه المنصات أيضًا مصدرًا خطيرًا للإصابات المحتملة، لأنها تحمل أنظمة مهام كبيرة مدربة تدريباً عالياً لتنفيذ المهمة الرئيسية للمعالجة والاستغلال والنشر (PED)، فضلاً عن وظائف إدارة المعركة الجوية. يجب أن تفتق طائرات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) ذات الجسم العريض بعيداً عن أنظمة صواريخ سطح-جو المعادية وصواريخ جو-جو بعيدة المدى (VLRAAMS) اليوم لأنها غير فعالة إلى حد كبير من حيث صورة المستشعر الأولية في المراحل المبكرة من الصراع مع المنافسين المتقدمين تقنياً.

إنّ الجيل الخامس من طائرات اف-35 أقل اعتماداً بشكل كبير على عناصر التمكين مثل أنظمة الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) نظراً لقدرتها على تزويد الطيارين بوعي متعدد الأطياف للوضع على نطاق واسع. أدت هذه القدرة على بناء الوعي بالأوضاع داخل المجال الجوي المعادي إلى قيام الكثيرين بالتخطيط لاستغلال الطائرة اف-35 (F-35) باعتبارها ركيزة أساسية في شبكة الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) الموزعة من الجيل التالي (برونك، 2020 سي). ومع ذلك، لا يمكن لطائرة اف-35 (F-35) في شكلها الحالي نقل صورة المستشعر الكاملة التي تخلفها لطيارها إلى عناصر قوة أخرى بسبب عرض النطاق الترددي وبنية البرامج وقيود التحكم في الانبعاثات. علاوة على ذلك، تتمتع طائرات اف-35 (F-35) نظراً لكونها مقاتلة قتالية تكتيكية، بقدرة تحمل محدودة مقارنة بعقد أنظمة الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) التقليدية، كما أن الأعداد المحدودة من طائرات اف-35 (F-35) المتاحة ملتزمة بالفعل بمجموعات مهام قمع الدفاع الجوي للعدو/ تحطيم الدفاع الجوي للعدو ومجموعات مهام الحظر. تقدم المنصات مثلاً ف-35 (F-35) حلاً جزئياً فقط لاعتماد أصول وشبكات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) التمكينية التقليدية.

تتطلب تصاميم الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) المحمولة جواً واللامركزية التي يتم تطويرها تغييرات في المعدات لتمكين القوات الجوية من نشر عدد أكبر من المنصات الأصغر. إلى جانب الأصول القتالية المدعومة بالشبكة مثل طائرة اف-35 (F-35)، قد لا تزال مجموعة من منصات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) الأصغر حجماً والمأهولة توفر خياراً لحمل طاقم نظام مهام صغير لتمكين المعالجة والاستغلال والنشر (PED) على متن الطائرة وإدارة المعركة الجوية ومع ذلك، فإن العديد من دول القوة الجوية الرائدة

تستكشف بالفعل مجموعات من الأصول المدارية الموزعة والمركبات الجوية غير المأهولة (UAV) والتي من شأنها أن تحل وظائف المعالجة والاستغلال والنشر (PED) و القيادة والتحكم بهدف التحكم عن بعد بمحطات أرضية بعيدة.

إنّ الشكل المستقبلي للمجال المداري كجزء من تصاميم الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف



والاستطلاع (ISTAR) و القيادة والتحكم (C2) الموزعة غير واضح حاليًا بسبب مجموعة من الاتجاهات المتنافسة. ومن ناحية أخرى، فإنّ التطورات السريعة على مستوى قدرات أجهزة الاستشعار، ومتطلبات المساحة/الوزن/ الطاقة للمعدات، وعرض النطاق الترددي للاتصالات والمتانة من خلال المصفوفات المتعددة المدخلات والمخرجات وانخفاض تكلفة قدرة الإطلاق تشير جميعها إلى زيادة حادة في الدور الذي يمكن أن تلعبه الأصول

المدارية في شبكات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) و القيادة والتحكم (C2) الموزعة في المستقبل. ومع ذلك، فإن انتشار القدرات الحركية والأسلحة الخفيفة المضادة للسوائل، والأصول المدارية الفادرة على الالتقاء وعمليات القرب الهجومية والطيف الكهرومغناطيسي المتنازع عليه بشكل متزايد في الوقت نفسه، تجعل الأصول المدارية وقدرات الوصلة الصاعدة/ الهابطة اللازمة لاستخدامها عرضة بشكل متزايد للرفض أو على الأقل متنازع عليه بشدة في أي حرب مستقبلية.

فإن القدرة على توفير قدرات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) عند الطلب والدعم الناري من الجو تمثل الآن شرط أساسي مسبق

توفر الطائرات دون طيار القدرة على التحمل لفترة أطول في المحطة مقارنة بالأصول التي تعتمد على طاقم نظام الرحلة والبعثات البشرية، دون نفس المسارات التي يمكن التنبؤ بها والتي يحتمل أن تكون معرضة للخطر مثل الأقمار الصناعية في المدار. لقد أثبتت الطائرات دون طيار الكبيرة مثل الطائرة الأمريكية آر كيو-4 غلوبال هوك (RQ-4 Global Hawk) وديفاين إيغل الصينية (Chinese Divine Eagle) بالفعل القدرة على الطيران على ارتفاعات عالية جدًا لأكثر من 24 ساعة في كل مرة - وهي سمة مرغوبة للغاية لأي عقدة شبكات استخبارات ومراقبة واستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) وقيادة وتحكم (C2) لا مركزية محمولة جواً. بهدف جعلها أكثر قدرة على الاستمرار في مواجهة تهديدات الأقران، توفر الطائرات دون طيار من النوع عالي التحمل (HALE) ذات الأشكال والمواد التي تتميز بمستوى احتمال رصد منخفض جدًا إمكانيات جديدة. تعتمد ملاءمة الطائرات دون طيار ذات مستوى احتمال رصد منخفض جدًا والمعتمدة لمهام شبكات استخبارات ومراقبة واستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) وقيادة وتحكم (C2) داخل نظام لامركزي على تطوير روابط البيانات المتطورة وأجهزة الاستشعار وساتكوم التي يمكن أن تؤدي وظائف مهمتها دون الكشف عن هيكل الطائرة لأجهزة الاستشعار السلبية المعادية. لإنجاز مثل هذه المهام، ثمة تقنيات واعدة في الأفق تتميز بدرجات مختلفة من النضج التكنولوجي ولكنها تظل باهظة الثمن ويتم الاحتفاظ بها على مستوى عالٍ من التصنيف والحساسية الأمنية من قبل الدول التي تعمل بها. هذا يعني أن النشر على نطاق واسع سيكون صعبًا، خاصة على المنصات غير المأهولة بالقرب من المناطق المعادية.

ربط الأصول غير كافٍ

في حين أنّ الطائرات ذات مستوى الملاحظة المنخفض جدًا (VLO) غير المأهولة، يمكن نشر هيكل الطائرات من النوع عالي التحمل والحفاظ عليها بالقرب من القوات المعادية من حلول الجيل الحالي المشتقة من الطائرات، فإن قدرتها على استبدال عقد شبكات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) المحمولة جواً التقليدية تعتمد على تبادل البيانات الآلي وتقنيات المعالجة المتطورة. تُنشئ أصول الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) الحديثة، خاصة تلك التي تحتوي

على مجموعات أجهزة استشعار متعددة الأطياف مثل اف-35 (f-35)، كميات هائلة من البيانات لأنها تنشئ صورة واسعة النطاق لساحة المعركة من حولها. خلال هذه العملية، سيقومون بجمع المعلومات التي من المحتمل أن تكون ذات قيمة أو حساسية عالية لمجموعة واسعة من الأصول الأخرى عبر جميع المجالات. ومع ذلك، فإن قيود النطاق الترددي القائمة على الفيزياء تقيد القدرة على تفريغ أو مشاركة جميع البيانات التي تم جمعها، حتى في بيئة كهرومغناطيسية غير متنازع عليها (والتينغ، 2020). في سيناريو الصراع بين الدول، حيث تتنافس منصات الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) على الوصول المحدود والمتنازع عليه إلى الطيف، ومن المحتمل أن تعمل في ظل ظروف يتم التحكم فيها بالانبعاثات لتقليل تعرضها للاكتشاف والهجوم، ومعالجة الحدود لتقليل البيانات ستكون المجلات التي يجب مشاركتها ضرورية.

يمكن لأطق المهمات البشرية (رهنًا بالقدرة العقلية وعبء العمل) جعل الأولوية المطلوبة الذاتية والمعتمدة على الموقف والأحكام ذات الصلة حول المعلومات التي قد تكون أو لا تستحق نقلها إلى أصول أخرى. ومع ذلك، لا تستطيع الأنظمة الآلية حاليًا القيام بذلك بشكل حاسم إلا في ظروف محددة بشكل صارم. وينطبق الشيء نفسه على المهام التفاعلية التي غالبًا ما تعتمد على رد الفعل والحكم لإدارة المعركة الجوية، والتي تعد جزءًا أساسيًا من مجموعة مهام أو اكس. من المستحيل استبدال عقدي الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والقيادة والتحكم (C2) المركزية في المجال الجوي بهندسة روابط البيانات وعقد الشبكة اللامركزية المثبتة بشكل أساسي على الطائرات بدون طيار من نوع الطائرات ذات مستوى التحمل العالي واختراق الأصول القتالية دون إجابة مناسبة لهذه المشاكل.

إن مكونات شبكة القيادة والتحكم المحمولة جواً اللامركزية والآلية للغاية وشبكة مشاركة البيانات مثل تلك التي تتم متابعتها في إطار برنامج القيادة والتحكم المشترك لجميع المجالات (JADC2) في متناول مصممي هياكل الطائرات (خدمة أبحاث الكونغرس، 2021). ومع ذلك، فإن هذا الطموح يفوق قدرة الذكاء الاصطناعي وتقنية الاستقلالية القابلة للتطبيق حاليًا. إن متطلبات مثل هذا النظام واضحة، لأن الجزء الأكبر من الكتلة القتالية في القوات الجوية في جميع أنحاء العالم سيظل يتم توفيره بواسطة مقاتلات الجيل الرابع المتقدمة وذخائر المواجهة حتى منتصف عام 2030 على الأقل. لن تكون أنظمة الأسلحة هذه قادرة على أداء الأدوار المطلوبة منها في النزاعات عالية الحدة دون تغذية إدراك الواقع الميداني في الوقت الحقيقي والاستهداف والإشارة إلى الأسلحة من جميع أنحاء ساحة المعركة. ومع ذلك، بدون الحكم الذاتي وقدرات تحديد الأولويات المطلوبة للسماح بمعالجة الحافة الآلية لاستبدال أطقم المهام البشرية حقًا في إدارة المعركة الجوية ومهام الاستخبارات والمراقبة والاستحواذ على الهدف والاستطلاع (ISTAR) والمعالجة والاستغلال والنشر (PED)، قد تظل القوات الجوية معتمدة بشكل كبير على بنية مركزية محمولة جواً تعتمد على أنظمة قديمة كبيرة الحجم.

المراجع:

جاستن برونك، (2020، (ايه))، "أنظمة الدفاع الجوي الروسية والصينية الحديثة المتكاملة: طبيعة التهديد ، مسار النمو والخيارات الغربية" ، أوراق RUSI من حين لآخر، متوافر على https://static.rusi.org/20191118_iads_bronk_web_final.pdf

جاستن برونك، (2020، (بي))، "Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook" ، متوافر على https://static.rusi.org/russian_and_chinese_combat_air_trends_whr_final_web_version.pdf

جوستين برونك (2020، (سي)) ، "خيارات القتال الجوي لحكومة المملكة المتحدة" ، أوراق RUSI العرضية، متوافر على <https://rusi.org/explore-our-research/publications/occasional-papers/combatairchoicesuk> -

خدمة أبحاث الكونغرس، القيادة والتحكم المشترك لجميع المجالات (JADG2) ، تقرير، (2021)، متاح على <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11493>

Kaushal ،Sidharth and Macy ،Archer and Stickings ،Alexandra (2021) ،"مستقبل الدفاع الجوي والصاروخي لحلف الناتو" ، أوراق RUSI Occasional Papers ، متوافر على <https://static.rusi.org/NATOMissileDefence2021.pdf>

Jack ،Watling ،"From Multirole to Modularity" ،RUSI Defense Systems ،متوافر على <https://rusi.org/explore-our-research/publications/rusi-defence-systems/multirole-modularity>

جاستن بروك هو زميل باحث في القوة الجوية والتكنولوجيا في فريق العلوم العسكرية في معهد الخدمات المتحدة الملكي (RUSI). وهو أيضاً محرر في مجلة أنظمة دفاع في معهد الخدمات المتحدة الملكي لأنظمة الدفاع (RUSI) على الإنترنت. تشمل مجالات خبرته الخاصة البيئة الجوية القتالية الحديثة، والدفاعات الجوية الأرضية الروسية والصينية، والقدرات النفاثة السريعة، والمركبات الجوية القتالية غير المأهولة وتكنولوجيا الأسلحة الجديدة. كتب على نطاق واسع لمعهد معهد الخدمات المتحدة الملكي لأنظمة الدفاع (RUSI) ومجموعة متنوعة من المنشورات الخارجية، فضلاً عن ظهوره بانتظام في وسائل الإعلام الدولية. وهو مرشح دكتوراه بدوام جزئي في قسم الدراسات الدفاعية في كينجز كوليدج بلندن وحاصل على ماجستير في تاريخ العلاقات الدولية من كلية لندن للاقتصاد والعلوم السياسية، ودرجة البكالوريوس (مع مرتبة الشرف) في التاريخ من جامعة يورك.