

## تحسين القتال الجوي في المستقبل ديناميكيات الاستقلالية والعمل الجماعي البشري

هيدر آر بيني (Heather R. Penney)

كبير الباحثين المقيمين،  
معهد ميتشل لدراسات الفضاء الجوي،  
الولايات المتحدة

### ملخص

إن القوات الجوية الحديثة تفتقر إلى القدرة والقوة القتالية والقدرة على البقاء اللازمة لخوض صراع بين الأطراف. يخطط العديد من القادة لتكملة هيكل قواتهم بتقنيات الطائرات القتالية التعاونية (CCA). إن نشر مجموعة من الأسلحة المضادة للسفن على نطاق واسع قد يزيد من القدرة القتالية، ويخلق مزيجاً من القوات أكثر قدرة على تحمل الاستنزاف/المرونة، ويوفر للقادة احتياطياً استراتيجياً، ويمكّن من تنفيذ عمليات معقدة. ومع ذلك، يركز تطوير الـ CCA الحالي على مهام البعثة، وليس العمل الجماعي. سوف تتفاعل ديناميكيات العمل الجماعي مع جميع برامج استقلالية الـ CCA الأخرى ويجب أخذها في الاعتبار منذ البداية. يجب أن يتضمن تطوير الـ CCA ما يلي: (1) تحسين تكوين فرق الـ CCA البشرية بناءً على نقاط القوة لدى كل زميل في الفريق، (2) تضمين المشغلين وتوفير الأدوات التي سيحتاجون إليها لفهم كيفية أداء الـ CCA في ساحة المعركة، (3) ضمان قدرة المقاتلين على الثقة والاعتماد على استقلالية الـ CCA (4) ضمان قدرة المقاتلين على الحفاظ على السيطرة المؤكدة على الـ CCA في العمليات الديناميكية للغاية، و (5) ضمان إمكانية إدارة أحمال العمل الجماعي من قبل البشر.

## مقدمة

إن عائلة الـ CCA التي يتم نشرها على نطاق واسع يمكن أن تزيد من القدرة القتالية للقوات الجوية، وتخلق مزيجاً من القوة أكثر تحملاً للاستنزاف / أكثر مرونة، وتوفر للقادة احتياطياً استراتيجياً لعمليات الزيادة، وتمكن العمليات المعقدة التي تعقد دفاعات الخصم. ورغم أن هذا النهج يتمتع بإمكانات كبيرة، فإن جهود تطوير الـ CCA الحالية تركز في المقام الأول على مهام البعثة. (المجلس الاستشاري العلمي التابع لوزارة القوات الجوية، 2022) هذا أمر إشكالي لأن فعالية الـ CCA في القتال سوف تعتمد في المقام الأول على مدى نجاحها في التعاون مع البشر، وليس فقط القدرات مثل الأسلحة وأجهزة الاستشعار. منذ البداية، يجب دمج المقاتلين ذوي الخبرة العالية مع خبراء التكنولوجيا المهرة لبناء ديناميكيات العمل الجماعي، باستخدام تشكيلات الطيران البشرية كنماذج. نظراً لأن ديناميكيات العمل الجماعي ستتفاعل مع جميع برامج استقلالية الـ CCA الأخرى، فيجب بناء العمل الجماعي منذ البداية. يسلط الجدول 3.1 الضوء على السمات الرئيسية التي تحتاجها القوات الجوية في الصراعات المستقبلية بين الأقران والتي يمكن أن توفرها لها القدرة على التعاون المشترك.

الكتلة	يجب أن يكون لدى القوات الجوية القدرة على تركيز قواتها وتأثيراتها لتحقيق أهداف المهمة والتغلب على قدرة الخصم على الدفاع
تحمل الاستنزاف	يجب أن يكون لدى القوات الجوية القدرة على مواصلة العمليات القتالية الفعالة (بسرعة عالية وكتلة كبيرة) حتى مع امتصاص الخسائر القتالية لأنظمة الأسلحة والمشغلين بمرور الوقت.
الاحتياطي الاستراتيجي - الطيارون	يجب أن يكون سلاح الجو قادراً على استبدال أو تعويض الخسائر القتالية للمقاتلين المهرة وذوي الخبرة بسرعة.
الاحتياطي الاستراتيجي - الطائرات	القدرة على استبدال الطائرات بمعدل يطابق أو يتجاوز معدل خسارتها.
المرونة التشغيلية	القدرة على تحمل خسائر القتال مع الاستمرار في تنفيذ المهمة بفعالية في الوقت الفعلي.
التعقيد التشغيلي	القدرة على إثارة حالة من عدم اليقين لدى الخصم من خلال تأليف مقالات مهمة مفاجئة ومربكة.

الجدول 3.1: السمات المطلوبة للقوات الجوية في الحرب المستقبلية (Penney, 2022b)

## التعاون بين الإنسان والآلة

ولأغراض هذا التقييم، تعتبر الـ CCA طائرات مقاتلة شبه مستقلة مزودة بمزيج من أجهزة الاستشعار والأسلحة وغيرها من المعدات التي يمكن تصميمها لأداء مهام مختلفة. وهذا يعني أن استقلالية الـ CCA سوف تحتاج إلى أن تكون مزيجًا من البرامج التقليدية والخوارزميات التعلم الآلي، وسوف تظل تتطلب التفاعل البشري حتى تتمكن الطائرات من تنفيذ مهمتها. حتى الآن، ركزت جهود البحث والتطوير في المقام الأول على المشكلة الأكثر وضوحًا وهي كيفية إبعاد البشر عن أنظمة التحكم والمنطق الـ CCA (Interview, 2022).

لا شك أن المهندسين يحرزون تقدماً في التحديات الأساسية المهمة المتعلقة بتطوير الـ CCA، مثل ديناميكيات التحكم في الطيران المستقل، وسلامة الطيران، والوعي بمساحة المعركة، واتخاذ القرارات التكتيكية، والاستشعار والمناورة. ومع ذلك، فإن تطوير فهم لكيفية تعاون الـ CCA مع البشر مفقود إلى حد كبير في الجهود الحالية. إن ما يتأخر، أو حتى يغيب، هو مشاركة المقاتلين في العملية لتحديد كيفية تفاعل الـ CCA مع البشر وما هي المعلومات التي يحتاجها البشر لكي تكون هذه التفاعلات فعالة في العمليات في العالم الحقيقي. يجب أن يشارك المقاتلون في المراحل المبكرة من برامج تطوير الـ CCA لتشكيل كيفية عمل هذه الطائرات المستقلة جنبًا إلى جنب مع البشر في ساحة المعركة.

هذا النهج ليس جديدًا - إن الحاجة إلى فهم وتفسير كيفية تفاعل البشر مع الآلات والعكس صحيح تسمى الآن "هندسة العوامل البشرية"، وهو نهج يركز على الإنسان في علم تصميم كيفية تفاعل البشر مع الآلات لتعزيز أداء الفرق البشرية الآلية. على سبيل المثال، لم تأخذ التصميمات المبكرة لمقصورة القيادة في الاعتبار حدود الإدراك البشري، وتحميل المهام، والعادات، والإدراك، والسلوكيات الأخرى. في كثير من الأحيان، يتم تحسين أجهزة التحكم في الطائرات من أجل توفير المساحة والوزن في المساحات الضيقة في قمرة القيادة، وليس من أجل أداء الطيار. وقد ساهم ذلك في وقوع حوادث الطائرات. مع تزايد تعقيد الطائرات، أصبح هندسة العوامل البشرية جزءًا أساسيًا من تصميم الطائرات. إن طائرات الجيل الخامس اليوم، مثل المقاتلة الشبح إف-35، تظهر كيف يمكن

للهندسة البشرية وتقنيات المعالجة المتقدمة تبسيط أحمال المهام وتمكين الطيارين من القيام بما يجيده البشر على أفضل وجه: أداء المهام المعرفية عالية المستوى مثل اتخاذ القرار وإدارة المعارك. من المفترض أن تتعاون الطائرات القتالية التعاونية مع مقاتل بشري، ومع ذلك، في الغالب، يتم استبعاد المقاتلين من تطوير الـ CCA. ينبغي إعطاء الأولوية للهندسة البشرية بشكل متعمد كمبدأ أولي لتطوير الـ CCA.



. من المفترض أن تتعاون الطائرات القتالية التعاونية مع مقاتل بشري، ومع ذلك، في الغالب، يتم استبعاد المقاتلين من تطوير الـ CCA. ينبغي إعطاء الأولوية للهندسة البشرية بشكل متعمد كمبدأ أولي لتطوير الـ CCA.

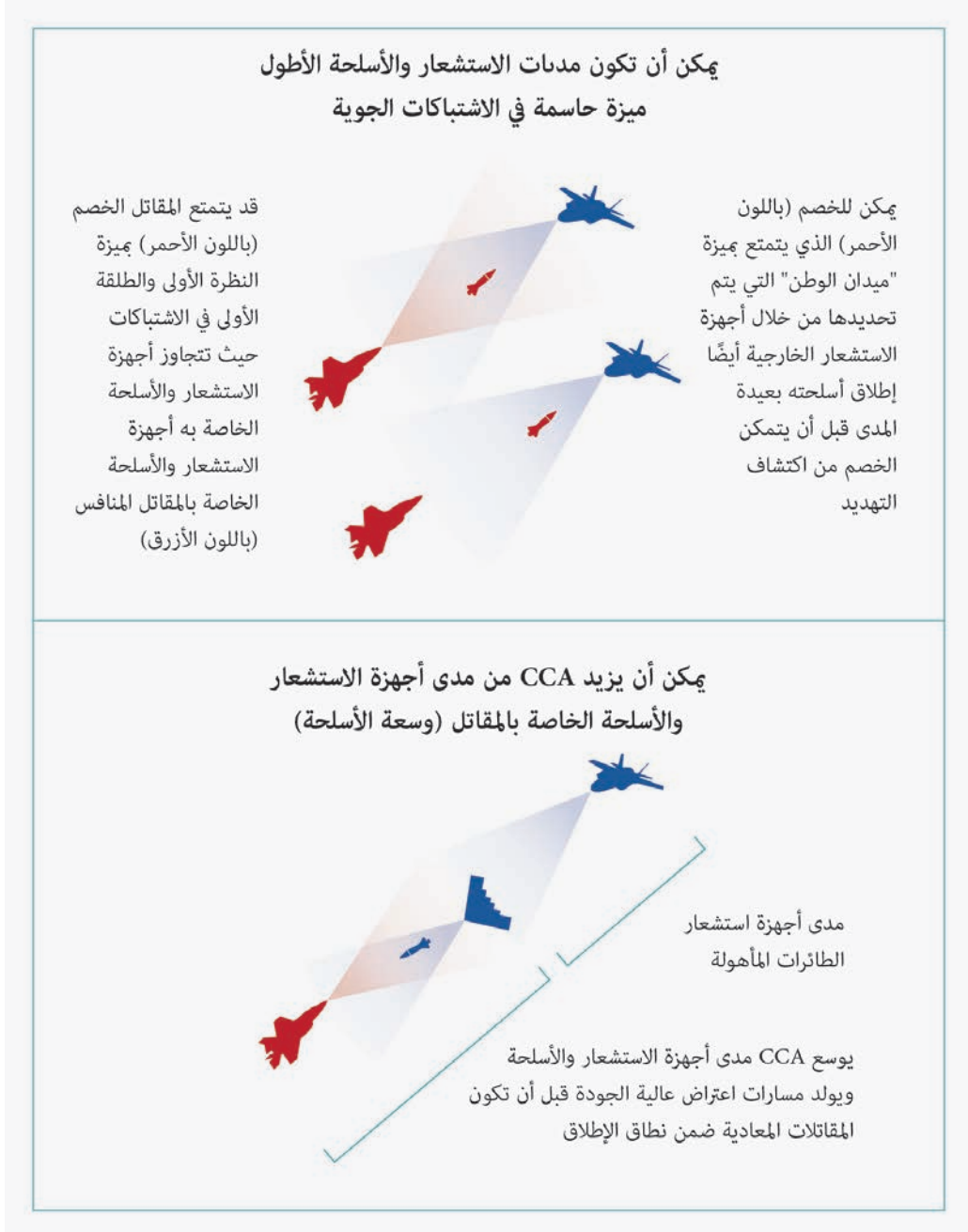
إن المفاهيم التالية تشكل مفتاحًا لتطوير الـ CCA التي تقدم مساهمات مفيدة ليس فقط في ساحة المعركة، ولكن لمقاتل الحرب.

## تحديد نقاط القوة والضعف النسبية للبشر والطائرات القتالية التعاونية لبناء فريق الـ CCA البشري المناسب

مع ترسيخ حزم مهام الـ CCA والمفاهيم التشغيلية، ضع في اعتبارك فجوات المهام الحالية للقوات الجوية الحديثة وكيف يمكن لـ CCA سد هذه الفجوات. على وجه التحديد، كيف يمكن لـ CCA إنشاء نظام معقد من الأنظمة التي تعمل على تعزيز المرونة في ساحة المعركة مع فرض معضلات على الخصم؟ إن إنشاء فرق بشكل متعمد للاستفادة من نقاط القوة لدى البشر والآلات يمكن أن يؤدي إلى تعظيم قيمتها التشغيلية النسبية والتخفيف من نقاط الضعف الخاصة بكل منهما.

## تطوير المفاهيم التشغيلية ومفاهيم التوظيف والتكتيكات والتقنيات والإجراءات لاستغلال نقاط القوة في الفريق

على الرغم من أن المقاتلين يتفوقون عمومًا على أن زملاء فريق الـ CCA المستقلين يمكن أن يقدموا مزايا تشغيلية في صراع بين أقرانهم، إلا أن العديد منهم لا يزالون يتساءلون عن التفاصيل الدقيقة لما يجب أن يفعل الـ CCA في ساحات المعارك المتنازع عليها. على سبيل المثال، كيف يمكن لسماة فريق الـ CCA البشري أن يساعد في مواجهة التهديدات المعادية، لتشمل عمليات صنع القرار بالإضافة إلى أنظمتها؟ كيف يمكن للذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي الذي تستضيفه الـ CCA تحديد أنماط سلوك الخصم في ساحة المعركة لزيادة الوعي بالتهديد أو الهدف، وكيف يمكنهم اقتراح مسارات طيران بديلة بسرعة لزيادة قدرة الفريق على البقاء؟ هل يمكن لأسراب الـ CCA أن تحبط استهداف العدو، أو تعتيم مواقع الطائرات الصديقة، أو إخفاء أهداف المهمة الصديقة؟ كيف يمكن استخدام الـ CCA بطرق تؤدي إلى إطالة وإبطاء عمليات اتخاذ القرار لدى الخصم، مما يبقيه في "شلل التحليل" بدلاً من التصرف؟ بمجرد أن يفهم صناعات السياسات والمحاربون السماة المميّزة لفريق الـ CCA البشرية، يمكنهم البدء في الإجابة على هذه الأسئلة ورسم خريطة لكيفية عمل الـ CCA ومناورتها والشراكة مع البشر لتحقيق نجاح المهمة. يوضح الشكل 3.1 أحد هذه المفاهيم.



الشكل 3.1: استغلال الـ CCA لتحقيق ميزة الضربة الأولى والقتل الأول (Gunzinger, Stutzriem, and Sweetman 2024)

## ديناميكيات العمل الجماعي في برنامج الـ CCA، تم تصميمها على أساس التفاعلات البشرية المجربة بين فرق القتال

يجب أن تحظى العوامل البشرية في ديناميكيات العمل الجماعي والبروتوكولات بأولوية أكبر في تطوير تصميمات وبرامج الـ CCA. يتعين على خبراء التكنولوجيا التعامل مع العمل الجماعي باعتباره أكثر من مجرد مدخلات بشرية إلى الـ CCA، والمعلومات الفنية التي يتشاركها البشر والآلات، وروابط البيانات التي يستخدمونها. تتضمن عمليات العمل الجماعي التعاوني الحقيقي سلوكيات مثل الأخذ والعطاء للأدوار والمسؤوليات بين زملاء الفريق بالإضافة إلى الإجراءات والعقود والتشكيلات القياسية. وسيطلب هذا من خبراء التكنولوجيا مراعاة الإدراك البشري، والعواطف، وحلقات التغذية الراجعة، والتواصل، والثقة، والأخطاء، والعديد من الأجزاء الشخصية الأخرى لديناميكيات الفريق أثناء تطويرهم لبرامج وخوارزميات الـ CCA. إحدى الطرق الفعالة للقيام بذلك هي استخدام رؤى المقاتلين لإعلام تطوير ونضج برامج الـ CCA والخوارزميات.

### بناء الإتقان من خلال الاختبار والتدريب المستمر

سوف يحتاج المقاتلون إلى محاكاة قوية ورحلات جوية في العالم الحقيقي لإتقان مفاهيم وتكتيكات العمل الجماعي لـ CCA وتطوير الثقة في أن الـ CCA ستوفر ميزة قتالية في ساحات المعارك شديدة التنافس. في حين يمكن القيام بالكثير من هذا في المحاكاة، يحتاج المقاتلون إلى التعرض والخبرة مع زملاء فريق الـ CCA في العالم الحقيقي المادي لبناء الألفة والثقة، ثم إتقان عمليات العمل الجماعي. يتعين على الـ CCA القيام بطبقات تدريبية مع طيارين متوسطي المستوى بمستويات متفاوتة من المهارة والخبرة لإثبات فعاليتهم القتالية، وليس مجرد مجموعة صغيرة من الأعضاء المدربين تدريباً عالياً في مجتمع الاختبار والتقييم العملي. إذا كانت الـ CCA فعالة فقط في البيئات المثالية الخاضعة لسيطرة مشددة، فقد لا تكون موثوقة في القتال. يجب أن تتاح للمقاتلين ذوي الخبرة والقدرات المختلفة أيضاً الفرصة للتخطيط للمهام، والطيران، والاطلاع على سير العمل مع الـ CCA بشكل منتظم، سواء لتدريب البشر أو تدريب الـ CCA. وبما أن الـ CCA ستكون جزءاً من حزم مهام القتال المستقبلية، فإن التدريب على الطيران يجب أن يكون أكثر تواتراً من اختبارات الصواريخ المتقطعة أو إسقاط الأسلحة الحية التي يقوم بها أطقم الطائرات حالياً كجزء من تدريبهم.

### إشراك المحاربين في تطوير الـ CCA لتعزيز فهمهم لعامل الـ CCA

يجب على المقاتلين المشاركة في تشكيل المنطق والتفاعل والحوافز والأوزان ونماذج استقلالية الـ CCA بحيث يصبح سلوك الـ CCA في العمليات في العالم الحقيقي منطقيًا بالنسبة لهم. وهذا يعني أن المهندسين وخبراء التكنولوجيا يجب أن يتعاونوا مع المشغلين الحاليين والمؤهلين لضمان أن استقلالية الـ CCA تتوافق مع احتياجات المقاتل. تعمل خوارزميات التعلم الآلي لـ CCA على تحسين نتائج محددة للغاية مثل معدلات استهلاك الوقود، ومناورات تجنب التهديدات، والسرعة الجوية للأهداف، وما إلى ذلك. يتم دمج هذه الخوارزميات مع بعضها البعض ثم يتم تضمينها داخل برامج حتمية تقليدية لإنتاج سلوكيات محددة. إن إشراك المقاتلين بشكل عميق في تطوير الـ CCA من شأنه أن يحسن فهمهم لكيفية تفاعل خوارزميات الـ CCA وطبقات البرمجة لإنشاء سلوكيات اتخاذ القرار في الـ CCA.

## ”

ينبغي إشراك المشغلين في عملية تطوير الـ CCA - من الناحية المثالية عن طريق دمجهم في فرق تطوير الـ CCA - ليس فقط لضمان قيام زملائهم في الفريق المستقلين بتنفيذ الإجراءات كما هو متوقع ولكن أيضاً حتى يتمكنوا من فهم المنطق الذي يدعم سلوكهم وشرحه.

ينبغي إشراك المشغلين في عملية تطوير الـ CCA - من الناحية المثالية عن طريق دمجهم في فرق تطوير الـ CCA - ليس فقط لضمان قيام زملائهم في الفريق المستقلين بتنفيذ الإجراءات كما هو متوقع ولكن أيضاً حتى يتمكنوا من فهم المنطق الذي يدعم سلوكهم وشرحه. وبالمثل، يجب أن يكون البشر قادرين على الثقة في أن الـ CCA لن يقوم بأفعال خطيرة تبدو وكأنها حلول منطقية لعامل الـ CCA. ورغم أن هذه المتطلبات قد تبدو واضحة، فإن تطوير البرمجيات ذات السمات الضرورية سوف يتطلب محاكاة قوية ورحلات فعلية تختبر أداءها بشكل تدريجي ثم تعدله في مواقف صعبة على نحو متزايد.

## تطوير أدوات تفاعلية للمهمة لدعم التعلم المستمر والإتقان

وسوف يحتاج البشر إلى أدوات قوية لتخطيط المهام لدمج الـ CCA في خططهم التشغيلية. في حين سيتم توحيد العديد من تكتيكات وأدوار العمل الجماعي، سيحتاج البشر إلى أن يكونوا قادرين على تعديل وتخصيص عمليات اتخاذ القرارات والسلوكيات الخاصة بالـ CCA لتلائم تفاصيل هدف مهمة معينة، وترتيب المعركة للتهديد، وتقارير الاستخبارات، ومستويات المخاطر، ونوايا القائد. ويجب عليهم أيضاً أن يكونوا قادرين على تحديد خطط الطوارئ، لتشمل ما يسميه العديد من المقاتلين ”الملاحظات المسموعة“ - الانحرافات عن الخطة التي يتم توصيلها في الوقت الفعلي. وعلاوة على ذلك، وبينما يتعلم البشر المزيد عن السمات الفريدة لـ CCA، فقد تكون هناك عناصر أخرى يسعون إلى تعديلها من أجل المهمة. كل هذه العناصر مهمة في تخطيط المهمة.

## تطوير العمليات لضمان سلامة الخوارزمية وأمان البيانات

إن إرساء الثقة في مستويات الاستقلالية والتعلم الآلي في الـ CCA سيتطلب تزويد المقاتلين بالوسائل اللازمة لمراقبة صحة عامل الـ CCA بشكل مستمر وصدق بيانات المستشعر وغيرها من المدخلات. يجب على المقاتلين أيضاً أن يتقوا في أن سلامة برنامج وكيل الـ CCA الخاص بهم والذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي لم يتم إتلافها أو اختراقها بشكل خبيث من قبل خصم. وسيطلب هذا الأمر عمليات للكشف عن المحاولات الخبيثة لمهاجمة الـ CCA أو إتلافها أو السيطرة عليها ورفضها. نظراً للطبيعة التطورية للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، فإن تطوير هذا المستوى من الضمان والأمان والحفاظ عليه يجب أن يكون جزءاً من عمليات الـ CCA اليومية. لا يمكن أن يتوقف الأمر عند تطوير الـ CCA. تتمثل طبيعة برامج التعلم الآلي في التغيير والتكيف مع كل إدخال بيانات وتكرار التشغيل. قد تؤدي هذه التعديلات التي تعتمد على البيانات إلى تحسين أداء المهمة، ولكن التغييرات في سلوك الـ CCA التي ليست شفافاً ومفهومة قد تؤدي أيضاً إلى إخفاء البيانات الفاسدة أو الهجمات الخبيثة.

## يجب أن يتشارك الـ CCA نفس الوعي بساحة المعركة مع البشر

لكي يتمكن البشر والـ CCA من مزامنة جهودهم بشكل فعال كفريق وكجزء من حزمة مهمة أكبر، يجب عليهم أن يتشاركوا نفس الفهم لمساحة المعركة. يتطلب هذا من كل عنصر من عناصر الفريق تحديث عناصره الأخرى بشكل مستمر لتحسين الوعي الظرفي للفريق بأكمله. إن المناورة، والعمل المنسق، والأولويات التكتيكية، والاستهداف، وغير ذلك من القرارات والسلوكيات كلها سياقية - إذا لم يكن لدى عميل الـ CCA نفس صورة ساحة المعركة، فلن يتصرف بالطرق التي يحتاجها البشر أو يتوقعونها. إن الحاجة إلى الوعي المشترك بساحة المعركة تصبح أكثر تعقيداً بسبب القيود المفروضة على الحكم الذاتي. عندما يتم تقديم خوارزميات الذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي في بيئات لا تتناسب مع تجارب التدريب السابقة، فقد يكون سلوكها غير متوقع أو حتى خطيراً. قد يؤدي سلوك الـ CCA المتباين إلى مواجهة الإجراءات البشرية في ساحة المعركة، أو إرباك أو تعقيد عناصر أخرى من حزمة المهمة، أو حتى الفشل في التصرف على الإطلاق. يتعين على البشر استخدام فهمهم التطبيقي لكيفية استجابة وكيل الـ CCA الخاص بهم لمحفزات ساحة المعركة والمدخلات الأخرى حتى يتمكنوا من توقع سلوك الـ CCA واستباقه وإدارته في السيناريوهات غير المتوقعة أو غير المدربة. وهذا أمر بالغ الأهمية لسلامة الطيران، وسلامة العمليات الجماعية، ونجاح المهمة.

## فهم الفرق بين التحكم التوجيهي والتحكم الوصفي

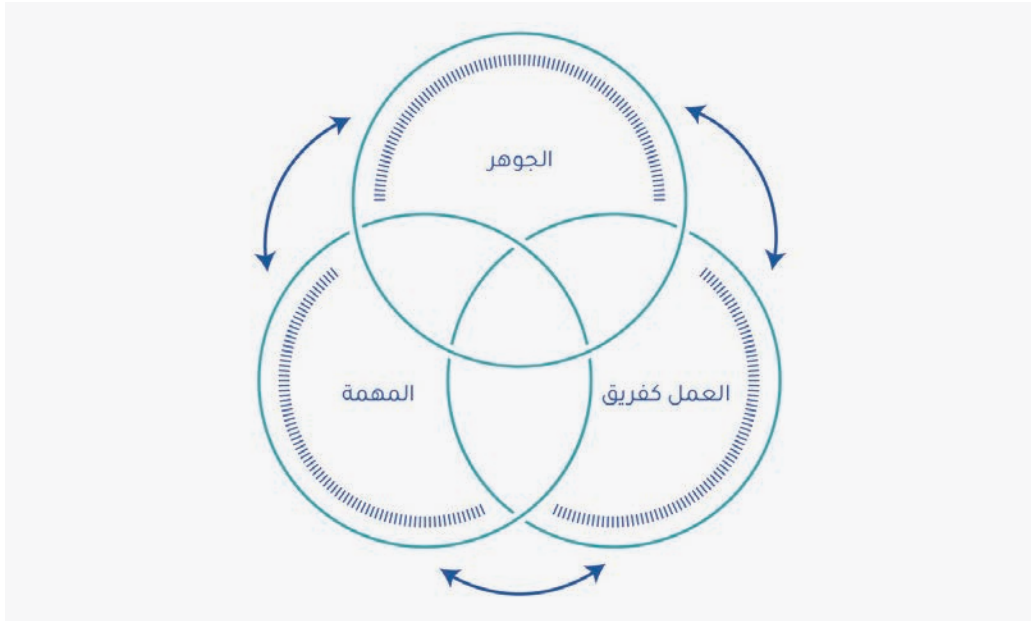
عندما لا يتم فرض مستوى التحكم في الـ CCA تلقائياً بواسطة إجراء أو تطبيقه بالمعايير، سيحتاج زملاء الفريق البشري إلى الاختيار بين استخدام إجراءات التحكم التوجيهية أو الوصفية. غالباً ما يتم استخدام التحكم التوجيهي في علاقات العمل الجماعية ذات الثقة المنخفضة "لإصلاح" أخطاء زملاء فريق الـ CCA أو مواصلة العمليات عندما يتم تحديد أن أحد زملاء الفريق ليس مؤهلاً تماماً. غالباً ما يستخدم قادة الطيران المقاتل التحكم التوجيهي مع الأجنحة الجديدة لأنهم يفتقرون إلى الخبرة والمهارة اللازمة لإدراك مساحة المعركة بدقة، واتخاذ قرارات العمل الجماعي الجيدة، ثم المناورة بشكل فعال. وفي الطرف الآخر من مقياس التحكم، يستخدم البشر التحكم الوصفي عندما يكون لديهم ثقة عالية في زملائهم في الفريق أو عندما يكونون مشبعين بالمهام. في سيناريو العمل الجماعي عالي الثقة، يستخدم البشر التحكم الوصفي لأنهم يعتقدون أن زميلهم في الفريق يشترك معهم في وعيهم بمساحة المعركة وسوف يتصرف بشكل مناسب. من فوائد التحكم الوصفي أنه يوفر أكبر قدر من الاستقلال في العمل ويمكن أن يتيح سلوكيات الـ CCA المبتكرة مع تقليل أعباء العمل البشرية.

لتسهيل عمليات العمل الجماعي الفعالة، يجب أن يكون البشر قادرين على تعديل مستوى التحكم في الـ CCA بشكل ديناميكي استناداً إلى متطلبات ساحة المعركة في الوقت الفعلي. وهذا يعني أن البشر يجب أن يكونوا قادرين على التحول بسلاسة بين التحكم التوجيهي والوصفي حسب الحاجة على مدار المهمة. تعد هذه القدرة على التكيف مهمة لتحسين أعباء العمل البشرية، واستغلال السمات الفريدة لـ CCA، والاستجابة لظروف ساحة المعركة المتغيرة. انظر الشكل 3 للحصول على إطار عمل يشرح الطرق التي يمكن من خلالها زيادة أو تقليل استقلالية الـ CCA.



## يجب على الـ CCA التواصل بشكل استباقي وسريع مع البشر لضمان السيطرة

غالبًا ما يقدم البشر إقرارًا شفهيًا إلى قادة رحلاتهم أو سلطات المهمة الأخرى للإشارة إلى أنهم تلقوا أمرًا وتقديم تأكيد على أنهم سوف يمثلون. لكن التحكم المؤكد لا يعني أن الـ CCA تعترف ببساطة بالتوجيهات البشرية وتنفذها بشكل أعمى. يتضمن العمل الجماعي الحقيقي دورة اتصال استباقية واستجابية. على سبيل المثال، قد يكون لدى أحد الطيارين ذوي الخبرة معلومات تؤدي إلى تغيير تكتيك أو خطة اللعبة، وقد يقترح مسار عمل على قائد الرحلة أو حتى يوجه الرحلة للتصرف - وهو ما يمكن للقائد دائمًا تجاوزه. وبدلاً من ذلك، قد يستجيب مساعد الطيار لتوجيهات قائد الرحلة بـ "سلبى" أو "غير قادر"، فيرفض التوجيه ويتبعه على الفور بشرح موجز للسبب. تتضمن الاتصالات التي تضمن السيطرة التبادلات التي تعمل على تحسين الوعي الجماعي بمساحة المعركة بين الفرق، واقتراح مسارات العمل، وإغلاق طلبات المعلومات، وطلبات الأذونات، والإقرار بالأوامر، من بين أمور أخرى. يتعين على المقاتلين العمل مع خبراء التكنولوجيا فيما يتعلق بأنواع المعلومات التي يحتاجون إليها من زملائهم في الفريق لضمان السيطرة البشرية وأفضل الوسائل لعرض هذه التبادلات ونقلها.



الشكل 3.2: تم تصميم Warfighter View للوظائف المستقلة بناءً على العمليات المعرفية التي يستخدمها الطيارون المقاتلون عند تنفيذ المهام التشغيلية. تتفاعل وتتداخل الميزات والوظائف الأساسية والمهمة والعمل الجماعي بشكل متكرر لإنتاج السلوكيات التشغيلية المطلوبة. تشمل الوظائف الأساسية الطيران والملاحة الأساسية؛ وتشمل وظائف المهمة أشياء مثل الاستخبارات والمراقبة والاستطلاع (ISR)؛ وقمع الدفاع الجوي للعدو (SEAD)؛ أو الهجوم الجوي المضاد (OCA)؛ ويشمل العمل الجماعي ووظائف مثل توقيت المهمة، والطيران التشكيلي، والمناورة كجزء من فريق، ومشاركة المعلومات مع الكيانات الخارجية وداخل تشكيلات الطائرات، ومزامنة التأثيرات التي يخلقها زملاء متعددون في ساحة المعركة. كل هذه وظائف يمكن نظريًا أن تكون أكثر أو أقل استقلالية اعتمادًا على معايير المهمة (Penney, 2022).

## إعطاء الأولوية للاتصال المرن من أجل توحيد الجهود وتطوير خطط الطوارئ "الاتصال الخارجي"

تعتمد عمليات التحكم في CCA وتكوين الفريق بشكل كبير على الشبكات التي تربط جميع الطائرات في فريق واحد. بدون القدرة على التواصل، سوف يجد البشر صعوبة في السيطرة على زملائهم في الفريق المستقلين. إن هذه المشكلة لا تختلف كثيراً عن تلك التي تواجهها الفرق البشرية الحديثة. لقد أصبح الاتصال هو الأساس لعمليات ساحة المعركة الحديثة مع تحرك القتال نحو قدرات غير مترابطة، وتشكيلات منفصلة، وأنظمة توفر الدعم خارج النطاق البصري لبعضها البعض في المناطق المتنازع عليها، وشبكات القتل، وغيرها من الوظائف الشبكية. يمكن أن يصبح التحكم الفعال صعباً بشكل خاص عندما تكون مواقف القتال غير متوقعة أو مربكة، حيث يمكن أن يؤدي هذا بسهولة إلى إرهاب البشر وإرباك الـ CCA لديهم. لتسهيل التحكم المؤكد، يجب على الـ CCA توفير التواصل الاستباقي وردود الفعل المستجيبة للإنسان. يجب على الـ CCA أن تستمر في التعاون بشكل فعال مع البشر بطرق تتوافق مع أهداف المهمة، حتى في أسوأ الحالات الطارئة حيث يتم رفض الاتصالات أو روابط البيانات أو تعطلها.

## يجب على خبراء التكنولوجيا التعاون مع المقاتلين لتطوير واجهات مستخدم بديهية

وسوف يحتاج خبراء التكنولوجيا إلى العمل مع المقاتلين لتحليل عمليات العمل الجماعي ومن ثم الاستفادة من الرمزية الحالية و"علم التبديل" وأنماط العادات لإنشاء واجهات مستخدم بديهية. يجب أن يتم التفكير في التفاعلات الجماعية طوال دورة تنفيذ المهمة بأكملها، من بدء تشغيل المحرك إلى إيقاف تشغيله. يتعين على المهندسين تحليل تفاعلات الفريق عبر مدى المهام إلى مهام تعاونية مع المقاتلين، نظراً لأن المقاتلين فقط هم القادرون على توفير الدقة المطلوبة في سير عمل المهمة. تتضمن عناصر ديناميكيات العمل الجماعي هذه كيفية تواصل الـ CCA مع الإنسان، وكيف سيواجه الإنسان الـ CCA أو يتحكم فيها، وأنواع المعلومات التي يتبادلونها، وكيف يجب على الطائرات المأهولة والـ CCA المناورة.

## الخاتمة

ركز خبراء التكنولوجيا على إثبات جدوى الطائرات ذاتية القيادة من خلال تحليل المهام إلى مهام منفصلة وإظهار قدرة الطائرات ذاتية القيادة على تنفيذ تلك المهام. في هذا النموذج، تم التعامل مع البشر كمدخلات عرضية للبيانات، تمامًا مثل مثل أجهزة الاستشعار أو روابط البيانات الأخرى، وليس كشركاء حقيقيين. إن تشكيل فريق فعال في القتال هو أكثر تعقيداً وتفاعلاً. والأمر الأكثر أهمية هو أن العمل الجماعي يجب أن يحترم أيضاً عوامل الأداء البشري والقيود المفروضة عليه. وهذا يعني دمج العوامل البشرية في خوارزميات العمل الجماعي والبرمجيات.

ولحسن الحظ، يمكن للتكوينات البشرية الموجودة أن تكون بمثابة نماذج راسخة وعالية الأداء لكي يقوم خبراء التكنولوجيا بتقليدها أثناء تطوير ميزات التعاون في ال CCA.

تلخص التوصيات التالية الإجراءات التي ينبغي لصناع السياسات وخبراء التكنولوجيا اتخاذها لإنشاء فرق CCA بشرية فعالة:

### تحسين تكوين فرق ال CCA البشرية.

- تحديد نقاط القوة والضعف النسبية الرئيسية للبشر وال CCA لبناء فرق الإنسان وال CCA المناسبة.
- تطوير مفاهيم التوظيف والتكتيكات والتقنيات والإجراءات اللازمة لاستغلال نقاط القوة في الفريق والتخفيف من أوجه القصور فيها.
- ديناميكيات العمل الجماعي في برنامج ال CCA، تم تصميمها على أساس التفاعلات البشرية المجربة بين فرق القتال .
- بناء إتقان العمل الجماعي في ال CCA من خلال الاختبار والتدريب المستمر.

### إشراك المشغلين في تطوير ال CCA وتزويدهم بالأدوات التي سيحتاجون إليها لفهم كيفية أداء ال CCA في ساحة المعركة.

- إشراك المقاتلين في تطوير واجهات مستخدم التعلم الآلي لـ CCA القابلة للتفسير.
- تطوير أدوات تفاعلية لتخطيط المهمة واختبار المهمة وإيجازها لدعم التعلم المستمر وإتقان أداء ال CCA وعمليات العمل الجماعي.

### ضمان قدرة المقاتلين على الاعتماد على استقلالية ال CCA.

- تطوير العمليات للمقاتلين لتقييم سلامة وأداء ودقة عمليات ال CCA في الوقت الفعلي.
- تأكد من أن هذه العمليات تزود المقاتلين بملاحظات حول سلامة خوارزمية ال CCA وأمان البيانات.
- تأكد من أن أداء ال CCA يأخذ في الاعتبار سلامة الطيران ويستند إلى نفس الوعي بمساحة المعركة مثل البشر المتعاونين. يجب أن يكون زملاء الفريق البشري قادرين على مراقبة وتقييم هذا الوعي الجماعي بمساحة المعركة لتحديد المواقف التي تتطلب اتخاذ إجراءات للتعويض عندما يواجه ال CCA مواقف لم يتم تدريبهم عليها.

## ضمان قدرة المقاتلين على الحفاظ على السيطرة المؤكدة على الـ CCA في العمليات الديناميكية للغاية.

- تطوير زملاء في الفريق يمكنهم التحول بشكل مرن وملائم بين نماذج التحكم المختلفة على مدار المهمة.
- تأكد من أن الـ CCA تتواصل بشكل استباقي واستجابة مع البشر لضمان السيطرة.
- إعطاء الأولوية للاتصال المرن باعتباره أولوية فنية لجهود الفريق وتطوير عقود "الاتصال الخارجي" لـ CCA.

## تأكد من أن أحمال العمل الجماعي قابلة للإدارة بالنسبة للبشر.

- تعزيز التعاون بين خبراء التكنولوجيا والمقاتلين لتطوير واجهات بشرية بديهية مع الـ CCA.
  - دمج واجهات القيادة والتحكم لـ CCA بشكل كامل في برنامج الطيران التشغيلي لنظام أسلحة المقاتل.
- وسوف يظل البشر يمثلون الميزة النوعية الأساسية بسبب مرونتهم المعرفية وقدرتهم على التكيف والحدس وغير ذلك من السمات البشرية التي لا توصف. ومع ذلك، فإن الطائرات القتالية التعاونية لديها القدرة على القيام بأكثر من مجرد تعزيز المهام البشرية. يمكن أن تصبح الـ CCA مضاعفات قوة حقيقية بطرق تتجاوز بكثير قيمة الكمية - إذا تم تطوير مفاهيم التشغيل الجماعي والبرامج والواجهات والقدرات الأخرى بشكل صحيح.

## المراجع

- Department of the Air Force Scientific Advisory Board. (2022) Collaborative Combat Aircraft for Next Generation Air Dominance, p. 1.
- Government Autonomy Program Manager. (2022) Interview.
- Gunzinger, M., Stutzriem, L., and Sweetman, B. (2024) The need for collaborative combat aircraft for disruptive air warfare. Mitchell Institute for Aerospace Studies. Available from: <https://mitchellaerospacepower.org/wp-content/uploads/2024/02/The-Need-For-CCAs-for-Disruptive-Air-Warfare-FULL-FINAL.pdf>
- Penney, H.R. (2022a) Beyond Pixie Dust: A Framework for Understanding and Developing Autonomy in Unmanned Aircraft. The Mitchell Institute for Aerospace Studies. Available from: <https://mitchellaerospacepower.org/beyond-pixie-dust-a-framework-for-understanding-and-developing-autonomy-in-unmanned-aircraft/>
- Penney, H.R. (2022b) Five Imperatives for Developing Collaborative Combat Aircraft for Teaming Operations. The Mitchell Institute for Aerospace Studies. Available from: <https://mitchellaerospacepower.org/five-imperatives-for-developing-collaborative-combat-aircraft-for-teaming-operations/>