النشرة العلمية للقوة الجوية والفضائية: آفاق السرعة الفرط صوتية
2025، المجلد 01، العدد 01
DOI: 10.82498/N709-3971

إعادة التوازن للأفضلية الفرط صوتية: **نحو حروب الدفاع الجوي المعرفية**

عادل بن صنقور – مجموعة "إيدج"، الإمارات العربية المتحدة

تضغط الصواريخ الفرط صوتية الأُطر الزمنية، وتناور بشكل غير متوقع، وتعمل على ارتفاعات تتجاوز نطاق معظم أنظمة الدفاع الجوي. وهذه الخصائص تجعلها التهديد الصاروخي الأكثر إرباكاً منذ ظهور الصواريخ الباليستية، إذ تتحدى الفرضيات التي يقوم عليها الردع والدفاع. فالأنظمة التقليدية، بما فيها تلك المتعددة المستويات وذات الترابط العالي، تتعرض للإشباع بسرعة، ولا تستطيع توفير حماية موثوقة ضد وابل من الصواريخ الفرط صوتية. ويناقش هذا البحث أن هزيمة مثل هذه التهديدات تتطلب تحولاً جذرياً في النموذج: اعتماد حروب الدفاع الجوي المعرفية، حيث يُعزّز الذكاء الاصطناعي عملية اتخاذ القرار البشري عبر سلسلة الاستهداف، ومن دون أن يحل محله بالكامل. ومن خلال تمكين القدرة على تحديد أولويات التهديدات في الزمن الفعلي، واعتماد استراتيجيات اعتراض تكيفية، واستخدام النماذج التنبؤية للمسارات المعقدة، تُتيح الأنظمة المعرفية المرونة اللازمة لردم الفجوة. وبناء على الدروس المستفادة من النزاعات المعاصرة والبرامج الدفاعية الناشئة، يُوضح البحث كيف ينبغي للجيوش أن تفكر بوتيرة أسرع، لا مُجرّد أن تبذل جهداً أكبر، للحفاظ على المصداقية، وحماية القوات، وصون الاستقرار الاستراتيجي في عصر الأسلحة الفرط صوتية.

الكلمات المفتاحية
الأسلحة الفرط صوتية، الدفاع الجوي المعرفي، الذكاء الاصطناعي، الدفاع الجوي والصاروخي المتكامل.

لقد أصبحت الأسلحة الفرط صوتية واقعاً حاضراً، وهي تُعيد تشكيل تكتيكات الدفاع الجوي. ففي ضوء قدرتها على التحليق بسرعات تفوق (ماخ 5)، والمناورة بشكل غير متوقع، والعمل على ارتفاعات تقع فوق نطاق صواريخ "كروز" التقليدية وأدنى من مسارات الصواريخ الباليستية، تقلص هذه الأنظمة الوقت المتاح للاشتباك من دقائق إلى ثوانٍ فقط (Birkler et al, 2021; Schwartz, 2022). وفي مثل هذا السياق، لم يعد الدفاع الجوي التقليدي، القائم على دورات متعاقبة من الكشف والتصنيف واتخاذ القرار والاشتباك، كافياً. فلطالما كان التفوق الجوي ساحة تنافس ديناميكية بين الهجوم والدفاع، حيث يسعى كل طرف إلى التكيف مع ابتكارات الطرف الآخر (O'Connell, 2019). غير أن الأسلحة الفرط صوتية تكسر هذه الدورة من خلال ضغط عامل الزمن ذاته، إذ يتقلص وقت اتخاذ القرار بشكل هائل، ولا يبقى سوى ثوانٍ معدودة للاستجابة، حتى للمشغّلين الأكثر تدريباً، بينما تتعرض الأنظمة التقليدية للإشباع سريعاً. وهذا لا يُمثل تحدياً تقنياً فحسب، بل تكتيكياً وعملياتياً أيضاً. فالقدرة على كشف وتتبّع واعتراض الأهداف عالية القيمة ضمن أطر زمنية ضيقة، تُصبح العامل الحاسم في الحفاظ على دفاع جوي موثوق.

إن بروز الأسلحة الفرط صوتية يكشف عن ثغرات في البُنى التقليدية للدفاع الجوي. إذ تتكامل السرعة والارتفاع والقدرة على المناورة لتُشكّل تهديدات يصعب كشفها والتنبؤ بها واعتراضها. وتضغط الأنظمة الفرط صوتية سلسلة الاستهداف، مما يزيد من احتمالية أن تُفضي الهجمات المتزامنة، والمكوّنة من مركبات جوية متعددة عاملة

اتصل: عادل بن صنقور adel.binsanqoor@edgegroup.ae مجموعة "إيدج"، الإمارات العربية المتحدة

إشعار حقوق النشر: © 2025 كابيتال 360 ذ.م.م. (ش.ش.و.). جميع الحقوق محفوظة.
يتم نشر هذه المجلة الأكاديمية من قبل شركة كابيتال 360 ذ.م.م. (ش.ش.و.) ("كابيتال 360") لمؤتمر قادة القوات الجوية الدولي في دبي (DIACC) كمطبوعة غير تجارية ومتاحة الوصول، وموجودة على الموقع الإلكتروني الرسمي للفعالية لأغراض التعليم والبحث العلمي. جميع المحتويات هي ملكية فكرية لكابيتال 360 و/أو للمؤلفين المعنيين، مع تضمين بعض المواد بموجب ترخيص. يجوز للمستخدمين تحميل ومشاركة واقتباس المحتوى لأغراض غير تجارية مع ضرورة ذكر المصدر، على أن أي إعادة إنتاج أو تكييف أو توزيع بغرض تجاري يتطلب موافقة خطية مسبقة من مالك الحقوق المعني و/أو كابيتال 360، حسب الاقتضاء. تخضع هذه المطبوعة لأحكام المرسوم بقانون اتحادي رقم 38 لسنة 2021 بشأن حقوق المؤلف والحقوق المجاورة (دولة الإمارات العربية المتحدة).

بمحركات نفاثة وأنظمة جوية غير مأهولة وصواريخ "كروز" وصواريخ فرط صوتية، إلى إنهاك قدرات الدفاع (Lewis, 2021). والنتيجة لا تتمثل في إرهاق الأنظمة التشغيلية فحسب، بل في تشكيل تحدٍ لعملية اتخاذ القرار ذاتها.

إن التصدي لهذه التحديات يتطلب ما هو أبعد من مجرد تحسينات تدريجية. فهو يستلزم اعتماد حرب دفاع جوي معرفية، حيث يُعزّز الذكاء الاصطناعي عملية اتخاذ القرار البشري عبر سلسلة الاستهداف. إذ يُسهم الذكاء الاصطناعي في تسريع عملية الكشف، وإعطاء الأولوية للتهديدات، والتنبؤ بالمناورات المحتملة، واقتراح مسارات عمل مُثلى، بينما يحتفظ الإنسان بمهام الإشراف والحدس والتوجيه الاستراتيجي (Cummings, 2020). وينتج عن ذلك دورة اتخاذ قرار مُبسّطة: الملاحظة، القرار، التنفيذ (ODA)، حيث يتم دمج مرحلة تقدير الموقف ضمن المعالجة الآلية، بما يُتيح للمشغّلين الاستجابة بسرعة أكبر ودقة أعلى وثقة أعظم.

وباختصار، فإن عصر الأسلحة الفرط صوتية يفرض الحاجة إلى الابتكار التكنولوجي وتحول المنهجيات العملياتية معاً. إذ ينبغي للمدافعين أن يتمكنوا من الملاحظة واتخاذ القرار والتنفيذ بوتيرة أسرع من التهديد، ليس عبر استبدال البشر، بل من خلال دمج الحكم والتقدير البشري مع الإدراك الآلي لضمان استعادة التوازن التكتيكي وصون الموثوقية العملياتية في ساحة المعركة المتسارعة (Birkler et al, 2021; Schwartz, 2022).

تحدي الأسلحة الفرط صوتية

تُربك الأسلحة الفرط صوتية أنماط الدفاع الجوي التقليدية من خلال الجمع بين السرعة الفائقة ومدى الارتفاع والقدرة على المناورة. فإلى جانب قدرتها على التحليق بسرعات تتجاوز (ماخ 5)، تقلّص هذه الأنظمة أطر الاشتباك من دقائق إلى ثوانٍ معدودة. إذ يُمكن لصاروخ يُتم إطلاقه من مسافة 500 كيلومتر أن يصل إلى هدفه في غضون خمس دقائق تقريباً، أو أقل، وهو ما يجعل دورات الكشف والتصنيف واتخاذ القرار والاشتباك المتعاقبة في الأنظمة التقليدية غير كافية للاستجابة بفاعلية (Lewis, 2021; Schwartz, 2022). هذا التسارع يُغيّر المشهد التكتيكي جذرياً، ويضغط الأطر الزمنية المتاحة أمام كل من الأفراد المشغّلين والأنظمة الآلية على حد سواء.

تعمل الصواريخ الفرط صوتية في نطاق ارتفاع يقع فوق مستوى تحليق صواريخ "كروز" التقليدية وأدنى من مسارات الصواريخ الباليستية، لتشغل بذلك نطاقاً تُواجه فيه الصواريخ الاعتراضية التقليدية صعوبة في التوجيه الفعّال. فالقيود الهوائية تحدّ من فاعلية الصواريخ الاعتراضية، في حين تُواجه أنظمة التغطية الحسيّة ودقة الرادارات والخصائص الحركية للصواريخ الاعتراضية تحديات فريدة عند هذه السرعات والارتفاعات القصوى (Birkler, Karako, & Weitz, 2021). إن اجتماع هذه العوامل يخلق وضعاً تُصبح فيه أنظمة الدفاع التقليدية ليست مُجهدة فحسب، بل قد تُصبح غير فعّالة في مواجهة التهديدات عالية السرعة.

يتضاعف التهديد العملياتي عند إطلاق موجات متعددة من المركبات الفرط صوتية بشكل متزامن أو بالتكامل مع أنظمة أخرى. فالهجمات المعقّدة، التي تشمل مركبات جوية عاملة بمحركات نفاثة، وأنظمة جوية غير مأهولة، وصواريخ "كروز"، وصواريخ باليستية، وصواريخ فرط صوتية، يُمكن أن تُربك حتى أكثر أنظمة الدفاع متعددة المستويات تقدّماً (Lewis, 2021). حيث يفرض مثل هذا الإشباع قرارات قيادية عاجلة وعالية المخاطر، ويضغط سلسلة الاستهداف، مما يزيد من احتمالية ضياع فرص الاشتباك. وعلى أرض الواقع، يتعيّن على المشغّلين اتخاذ قرارات خاطفة في أجزاء من الثانية، بينما يديرون مسرح عمليات مكتظ وسريع التغيّر.

لا تقتصر تحديات الأسلحة الفرط صوتية على البُعد التقني فحسب، بل تُلقي أيضاً بضغوط عملياتية وبشرية عميقة. فتضاؤل الأطر الزمنية لاتخاذ القرار بوتيرة متسارعة يُمكن أن يؤثر سلباً على معنويات الأفراد العسكريين، ويُضعف الثقة على مستوى القيادة.

كما قد يتأثر الرأي العام بالقدرات الدفاعية، فيما قد تشعر القيادات بالإحباط عندما تبدو الأدوات التقليدية غير كافية (O'Connell, 2019). وتُصبح القدرة على اتخاذ قرارات حاسمة في ظل هذه الظروف عاملاً جوهرياً للحفاظ على الفاعلية العملياتية وصون الثقة في أنظمة الدفاع.

تُغيّر الأسلحة الفرط صوتية بشكل جوهري قواعد الدفاع الجوي. فالجمع بين السرعة والقدرة على المناورة والارتفاع وإمكانية الإشباع من شأنه أن يخلق تهديداً جديداً من حيث النوعية، وهو ما يتطلب حلولاً متكاملة تكنولوجية وبشرية ومنهجيات عملياتية (Schwartz, 2022). ويُمهّد الطريق أمام حروب الدفاع الجوي المعرفية، التي تسعى إلى استعادة التوازن من خلال دمج الذكاء الاصطناعي مع التقدير البشري للتمكّن من الملاحظة واتخاذ القرار والتنفيذ بوتيرة أسرع من التهديد.

الدفاع الجوي المعرفي: المفهوم والتكيّفات المبكرة

إن الترقيات التدريجية، مثل تطوير صواريخ اعتراضية أسرع، أو توسيع نطاق تغطية الرادارات، أو بناء شبكات استشعار متعددة المستويات، لم تعد كافية للتصدي للتحديات المركّبة التي تفرضها التهديدات الفرط صوتية. فهذه الأسلحة تُقلّص أطر اتخاذ القرار، وتستغل الفجوات المرتبطة بالارتفاع، وتُناور بشكل غير متوقع، لتُنتج سيناريو يعجز فيه الأفراد المشغّلون وحدهم عن كشف وتتبع والاشتباك مع الأهداف عالية القيمة بشكل موثوق (Karako, 2020; Lewis, 2021). ويُجسّد الدفاع الجوي المعرفي تحولاً جذرياً في النموذج؛ إذ يدمج كل من الذكاء الاصطناعي، وشبكات الاستشعار المتقدمة، والتقدير البشري معاً في منظومة موحّدة استباقية. ومن خلال تعزيز القدرات البشرية بدلاً من استبدالها، يُتيح هذا النهج للمُدافعين العمل بسرعات تُوازي أو تتجاوز سرعات التهديد، بما يضمن استعادة التوازن التكتيكي والعملياتي معاً.

ترتيب التهديدات بحسب الأولوية في الزمن الفعلي: غالباً ما تُنتج الاشتباكات مع الصواريخ الفرط صوتية مئات المسارات المتزامنة عبر ميادين متعددة، بما في ذلك أسراب الطائرات غير المأهولة، وصواريخ "كروز"، والدفعات الباليستية أو الفرط صوتية المتعاقبة. وتقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي بتقييم هذه التهديدات بسرعة، فتُحدد الأهداف الأعلى خطورة، مع تقليص أولوية الأنشطة الأقل تهديداً. وبهذا يُمكن للأفراد المُشغّلين أن يُركّزوا على القرارات الاستراتيجية والأخلاقية والظرفية، من دون أن يغمرهم حجم البيانات. ويُمكن رسم تشبيه تاريخي مع بدايات الدفاع الجوي في الحرب العالمية الثانية؛ حين واجه مشغّلو الرادارات فيضاً من الطائرات المُعادية، وكان النجاح مرهوناً بالقدرة على التمييز السريع بين التهديدات الحرجة وبين التشويش الخلفي (Price, 2019). أما اليوم، فإن الذكاء الاصطناعي يُؤدّي هذه المهمة بسرعات تفوق قدرة البشر على الاستيعاب بمراحل.

تصوّر تنبّؤي للمسارات: يُتيح التعلّم الآلي (Machine Learning) إجراء تحليل استباقي للمناورات المحتملة، بما في ذلك مسارات الطيران المعقدة أو المُضلّلة. ومن خلال دمج بيانات الاستشعار الفضائية والجوية والأرضية، يُنتج الذكاء الاصطناعي تنبؤات احتمالية حتى في ظل مستويات عالية من عدم اليقين (Wright, 2021). ويُشرف الأفراد المشغّلون على الحالات الشاذة أو النادرة، لضمان بقاء الحدس والخبرة والحكم الأخلاقي في صلب العملية. ويُشبه ذلك تطور أنظمة المدفعية البحرية في منتصف القرن العشرين، حين اعتمد المشغّلون بشكل متزايد على الحوسبة التناظرية لاستباق حركة الأهداف في بيئات ديناميكية؛ إلا أن الفارق اليوم أن الذكاء الاصطناعي يُجري ملايين العمليات الحسابية في ثوانٍ، مما يُمكّن الإنسان من توجيه القرارات بدلاً من الانشغال بالحسابات.

سلاسل الاستهداف التكيفية: ينبغي لتسلسلات الاشتباك في السيناريوهات الفرط صوتية أن تبقى مرنة. فالأنظمة المعرفية تعمل على تحسين مهام الاعتراض بشكل مستمر، مع إعادة تخصيص الموارد ديناميكياً أثناء الطيران لمواجهة محاور التهديد المتغيّرة. ويحدد الأفراد قواعد الاشتباك والأولويات الاستراتيجية، ويتدخلون عندما تتطلب

الحاجة اتخاذ قرارات تقديرية (Karako, 2020). وبهذا يعمل النظام كشبكة دفاعية "حيّة"، تُعيد تهيئة نفسها باستمرار كما يفعل سرب مُدرّب جيداً عند مواجهة مناورات غير متوقعة، ولكن بسرعات تفوق ردود الأفعال البشرية.

التعاون البشري ـ الآلي وتسريع دورة اتخاذ القرار (ODA): يعمل الذكاء الاصطناعي على تسريع حلقة OODA التقليدية من خلال استيعاب مرحلة تقدير الموقف (Orientation)، مُحوّلاً إياها إلى دورة الملاحظة والقرار والتنفيذ (ODA Shen & Zhang, 2021). ومن خلال تقديم مسار العمل الأمثل في الزمن الفعلي، يضغط الذكاء الاصطناعي دورات اتخاذ القرار من دقائق إلى ثوانٍ معدودة، بينما يحتفظ العنصر البشري بالسلطة العُليا من خلال توفير التوجيه الاستراتيجي والرقابة الأخلاقية وضمان الالتزام بالمنهجيات العملياتية. وعلى غرار اعتماد الطيار المُقاتل على نظام عرض متطوّر لتنفيذ مناورات معقدة، يثق المشغّلون بالخيارات التي يُولّدها الذكاء الاصطناعي، لكنهم يظلون مسؤولين عن القرار النهائي، بما يضمن الحفاظ على الاعتبارات الأخلاقية والعملياتية.

التدريب والتعلّم باستخدام التوأم الرقمي: تعتمد المحاكاة المتقدمة على إنشاء تمثيل ثلاثي الأبعاد مطابق للأنظمة الواقعية بنسبة واحد إلى واحد، مدمجة مع شبكات إنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات الذكاء الاصطناعي لمحاكاة التهديدات (Boschert & Rosen, 2016). ويُتيح استخدام التوأم الرقمي لكل من الأفراد المشغّلين وأنظمة الذكاء الاصطناعي التدريب ضمن سيناريوهات واقعية وتكيفية، بما يُسهم في تطوير قدرات التصوّر التنبّؤي للمسارات، وتعزيز التعاون البشري - الآلي، وتحسين إجراءات التشغيل والتكتيكات (TTPs). كما أن التعرّض المُتكرّر لاشتباكات متزايدة التعقيد يُمكّن المشغّلين من الاستجابة بكفاءة تحت الضغط، فيما يتعلّم الذكاء الاصطناعي أنماط السلوك، ويستبق مناورات المراوغة، ويقترح خيارات محسّنة لاتخاذ القرار. فعلى سبيل المثال، تُتيح محاكاة الهجمات المتعددة والمتزامنة، والتي تشمل أسراب الطائرات غير المأهولة وصواريخ "كروز" والموجات الفرط صوتية، لكل من الذكاء الاصطناعي والفِرق البشرية تطوير مستوى التنسيق المُعقد واللحظي المطلوب في العمليات الواقعية.

تُجسّد البرامج الأولية، مثل أنظمة الاعتراض في مرحلة الانزلاق، وأنظمة الطاقة الموجَّهة، ومنصّات إدارة المعارك المعزَّزة بالذكاء الاصطناعي، الإمكانات الواعدة للدفاع الجوي المعرفي (Lewis, 2021; Wright, 2021). غير أنّ هذه التقنيات تبقى غير مكتملة ما لم تُدمج معها قدرات التحليل التنبّئي، واتخاذ القرار التكيفي، وآليات الإشراف البشري المنظّم. فالتأثير الحقيقي لا يتحقق إلا عندما تتقاطع التكنولوجيا مع التدريب والمنهجيات العملياتية وثقافة القيادة، لتشكّل منظومة قادرة على توقّع التهديدات والتكيّف معها والتصدّي لها بدقة وسرعة.

إنّ الدفاع الجوي المعرفي أكثر من مجرد ابتكار تقني؛ فهو يُمثل تحوّلاً في المنهجيات العملياتية والثقافة والبُنى التنظيمية. فمن خلال دمج الذكاء الاصطناعي في صُلب عملية اتخاذ القرارات العملياتية، مع إبقاء التقدير البشري في موقع المحور، تكتسب القوى الدفاعية كلاً من السرعة والمرونة معاً. إذ يتمكّن الأفراد المشغّلون من اتخاذ قرارات حاسمة ضمن أطر زمنية ضيّقة، فيما يحافظ القادة على الإشراف الاستراتيجي، وتبلغ المنظومة الدفاعية ككل درجة من الرشاقة تستعيد الثقة ومصداقية الردع والفاعلية التشغيلية. ومن خلال الجمع بين الدروس التاريخية والتكنولوجيا المتقدّمة والمنهجيات العملياتية المستقبلية، يُحوّل الدفاع الجوي المعرفي منظومة الدفاع الجوي من نظام تفاعلي إلى قوّة استباقية وتكيفية ورشيقة، قادرة على مواجهة أكثر التهديدات إرباكاً في ميادين المعارك المعاصرة.

الآثار الاستراتيجية والعملياتية

تُغيّر الأسلحة الفرط صوتية بصورة جذرية الحسابات العملياتية والاستراتيجية في مجال الدفاع الجوي. فالجمع بين السرعة الفائقة، والمناورة غير المتوقعة، والعمل على ارتفاعات صعبة، يضغط الأطر الزمنية لاتخاذ القرار ويكشف عن ثغرات في البُنى التقليدية للدفاع (Karako, 2020; Lewis, 2021). وعندما يتم استخدام موجات متعددة

مـن المركبـات الفـرط صوتيـة في وقت واحـد، وغالبـاً بالتكامل مع الطائـرات غير المأهولـة وصواريخ "كـروز" والصواريخ الباليسـتية، فـإن التعقيـد العملياتـي الناتـج سيتسـبب بإنهـاك أكثر سلاسـل الاسـتهداف تقدّماً، وسـيُجبر القـادة على اتخـاذ قـرارات سـريعة وعاليـة المخاطر في ظل ظروف تتسـم بعـدم اليقين، حيـث يُمكن أن تؤدي أي تأخيـرات أو أخطاء إلـى تعريـض الأهداف عاليـة القيمـة والبُنى التحتيـة الحيوية للخطـر (Wright, 2021).

إن الضغـوط التـي تفرضهـا مثل هـذه البيئات تتجاوز الاعتبـارات التقنية البحتـة. إذ يتعيّن على الأفراد المشـغّلين التعامل مـع أُطـر زمنيـة آخذة في الانكماش بسـرعة، وأعبـاء إدراكيـة متزايدة، واحتماليـة الإنهـاك العملياتـي، وجميعها عوامل قـد تُؤثـر علـى جـودة القـرارات ومعنويـات الوحدات وثقـة القيـادات العسـكرية والمدنية علـى نطاق أوسـع (Shen & Zhang, 2021). وفـي هـذا السـياق، لا يكمـن التحـدي فقـط فـي اعتـراض الصواريـخ، بـل فـي إدارة الأبعـاد البشـرية والإجرائيـة والتكنولوجيـة لمسـرح عمليـات مكتظ ومضغـوط زمنياً.

يُوفّـر الدفـاع الجـوي المعرفي إطـاراً قادراً على التصـدّي لهذه التحديات المتشـابكة. فمن خلال دمـج تحليل التهديدات المدعـوم بالـذكاء الاصطناعـي، والنمـاذج التنبؤية للمسـارات، واسـتراتيجيات الاشـتباك التكيفيـة مع التقدير البشـري، يُمكـن للقـادة تحويـل الأطـر الزمنيـة المضغوطـة إلـى فـرص قابلـة للتنفيذ فـي اتخاذ القـرار. كمـا يُمكن دمـج البيانات متعـدّدة المجـالات، بمـا في ذلك المعلومـات الفضائيـة والجوية والسـيبرانية، ضمن صـورة عملياتية موحّـدة، بما يُتيح الاشـتباك الاسـتباقي بـدلاً مـن الاقتصـار علـى الاسـتجابات التفاعليـة (Boschert & Rosen, 2016). وبهـذا المعنى، تُوسّـع الأنظمـة المعرفيـة نطـاق الإدراك البشـري، مما يُتيـح لصنّـاع القرار توقّـع أنماط التهديـدات المعقّـدة، وإعادة تخصيـص الأصـول الدفاعيـة ديناميكيـاً، والحفاظ على زمـام المبـادرة العملياتية.

تمتـد الآثـار لتشـمل الاسـتقرار الاسـتراتيجي أيضـاً. إذ تُعـزّز الدفاعات الموثوقـة منطق الـردع، وتُقلّل مخاطـر التصعيد، وتقـوّي ثقـة الحلفـاء في القدرات المشـتركة. ومـن خلال توقّع التهديدات وإدارة الاشـتباك بسـرعات تُـوازي أو تتجاوز سـرعة الخصـم، يُعيـد الدفـاع الجـوي المعرفي قدراً من السـيطرة فـي بيئة يطغـى عليها عـادة عامل الضغـط الزمني. ومـن المُهـم التأكيـد علـى أن فاعليـة هـذه الأنظمـة لا ترتبـط رهنـاً بالتطـوّر التكنولوجـي، بـل تعتمـد علـى الثقافـة التنظيميـة والتكيّـف مـع المنهجيـات العملياتيـة. فصنـع القـرار الموزّع، والثقـة بـالإدراك المعـزّز بالآلة، والممارسـات القياديـة الاسـتباقية تُصبـح جميعهـا عوامل حاسـمة للنجـاح العملياتـي وللتماسـك الاسـتراتيجي (Karako, 2020).

إن بـروز التهديـدات الفـرط صوتيـة يُعيـد صياغة المشـهد العملياتي والاسـتراتيجي. فالنجـاح لا يقوم حصراً علـى القُدرة التقنيـة، بـل علـى تكامـل التقديـر البشـري مـع التعزيـز المعرفـي للحفاظ علـى المبـادرة، وصـون الدفاعـات الموثوقة، ودعـم الاسـتقرار فـي مسـرح عمليات متسـارع. إذ تُشـكّل القدرة على التوقّـع واتخاذ القـرار والعمل بفاعليـة ضمن أطر زمنيـة مضغوطـة عامـل التفوّق العملياتي في عصر الأسـلحة الفـرط صوتية، بما يضمـن ألا يقتصـر دور المدافعين على رد الفعـل إزاء التهديـدات، بل يتعداه إلى تشـكيل ظروف الاشـتباك بشـكل اسـتباقي.

الاعتبارات والقيود

علـى الرغـم من أن الدفـاع الجوي المعرفي يُقـدّم إمكانات تحويلية، إلا أنّ عـدداً من الاعتبارات والقيـود الجوهرية يجب أن يُخفّـف مـن سـقف التوقعـات. فالأنظمـة المعتمـدة علـى الـذكاء الاصطناعي، حتـى عنـد تدريبها علـى مجموعات بيانـات واسـعة وعاليـة الجـودة، لا يُمكـن أن تُحقـق موثوقيـة مطلقة. إذ قد تنتشـر الأخطـاء في كشـف التهديدات أو التنبـؤ بالمسـارات أو تحديـد الأولويـات بسـرعة عبر سلسـلة الاسـتهداف، لا سـيما في ظل الأطـر الزمنيـة المضغوطة التـي تفرضهـا التهديـدات الفـرط صوتيـة (Lewis, 2021). كمـا أن المخرجـات الاحتماليـة ومحـاولات الخصـم التضليلية ونقـاط الضعـف السـيبرانية تُضيـف جميعها مسـتويات من عـدم اليقين يتعيّـن إدارتها بعنايـة. ومن هنـا، تُصبح الأوضاع التشـغيلية شـبه الآلية ذات أهمية حاسـمة، إذ تُمكّن الأفراد المشـغّلين مـن التحقق من توصيات الـذكاء الاصطناعي أو

تجاوزها في الزمن الفعلي. وفي السيناريوهات عالية المخاطر، مثل الدفاع عن المناطق المأهولة بكثافة أو حماية البُنى التحتيّة الحسّاسة، تتضخم كلفة الخطأ، مما يستلزم اتّباع نهج حذر يخضع للرقابة الدقيقة عند نشر تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

كما أن الاعتبارات الأخلاقية والمعنوية تُعقّد من عملية التخطيط العملياتي. إذ تضغط الاشتباكات مع التهديدات الفرط صوتية دورات اتخاذ القرار إلى ثوانٍ معدودة، مما يُقوّض الرقابة البشرية التقليدية ويُثير تساؤلات حول المساءلة. فالقرارات المُتّخذة في ظل هذه الظروف قد تُفضي إلى عواقب غير مقصودة، بما في ذلك الأضرار الجانبية للسكان المدنيين أو للبُنى التحتية الحيويّة. ومن ثم ينبغي ترسيخ الأطر الأخلاقية ضمن المنهجيات العملياتية وقواعد الاشتباك وبرامج التدريب. وتُوفّر بيئات المحاكاة المتقدمة، ولا سيما أنظمة التوأم الرقمي التي تُحاكي القدرات الواقعية بنسبة (1:1)، فرصة لكل من الذكاء الاصطناعي والأفراد المشغّلين للتدرّب على الاشتباكات ضمن ظروف واقعية (Boschert & Rosen, 2016). وتُسهم مثل هذه المحاكاة في تسهيل التعلّم وتحسين النماذج التنبؤية للمسارات وصقل التعاون البشري - الآلي، بما يضمن توافق القرارات العملياتية مع المسؤوليات الأخلاقية والمعنوية.

وتُؤثر الاعتبارات الاستراتيجية ومتطلبات الموارد بدورها على نشر الدفاع الجوي المعرفي. فهذه الأنظمة المتقدمة تتطلب استثمارات كبيرة في أجهزة الاستشعار وأنظمة الاعتراض وبُنى الذكاء الاصطناعي التحتية والتدريب، وغالباً ما تتجاوز تكلفتها تكلفة الأسلحة الفرط صوتية الهجومية (Karako, 2020). وقد يُفضي هذا الاختلال إلى شكل من الاستنزاف التكنولوجي، يتسابق فيه الخصوم على التفوّق في القدرات، والكفاءة من حيث التكلفة، ومدى الوصول العملياتي. وبناءً عليه، يجب دمج الدفاع الجوي المعرفي ضمن إطار استراتيجي أوسع، يُوازن بين الاستثمار والردع واستدامة العمليات، بدلاً من التعامل معه كحلّ تكنولوجي معزول. ولا تقلّ أهمية التكيّفات التنظيمية والثقافية عن الأبعاد التقنية؛ إذ يتعيّن على الأفراد المشغّلين والمهندسين والقادة التحوّل إلى نموذج تُعزَّز فيه التقدير البشري بالذكاء الاصطناعي، وتُبنى فيه الثقة بالتوصيات المولّدة آلياً بشكل منهجي، وتتطوّر فيه المنهجيات العملياتية لاستغلال مكامن القوة في التعاون البشري - الآلي (Shen & Zhang, 2021).

ويُمثل تكامل الأنظمة تحدّياً إضافياً. فتنسيق أجهزة الاستشعار المتعددة وأنظمة الاعتراض والتحليلات المدعومة بالذكاء الاصطناعي وشبكات القيادة الموزّعة ليس بالأمر البسيط. إذ يُمكن لعدم التوافق في التوقيت أو تفسير البيانات أو الاتصالات أن ينتج عنه إخفاقات مُتسلسلة تُقوّض الفاعلية. وتُقدّم تقنيات التوأم الرقمي والنماذج التنبؤية حلاً عبر تمكين الاختبار المستمر والتحسين والتدرّب، بما يسمح للأفراد المشغّلين بتطوير فهم حدسي لسلوك الذكاء الاصطناعي وديناميكيات النظام. وتُسهم هذه الأساليب في تحسين سلاسل الاستهداف التكيفية وتعزيز التماسك العملياتي وضمان عمل فرق الإنسان - الآلة بسلاسة تحت ضغوط قصوى. وفي النهاية، يُوسّع الدفاع الجوي المعرفي من قدرة الإنسان على اتخاذ القرار لكنه لا يستبدله؛ إذ إن فاعليته تعتمد على تصميم منظومة مُحكمة وتدريب صارم ورقابة راسخة، بما يضمن دفاعاً أخلاقياً وعملياتياً موثوقاً حتى في ظل الضغوط الفريدة لعصر التهديدات الفرط صوتية.

الخلاصة

تُعيد الأسلحة الفرط صوتية تعريف مسرح العمليات انطلاقاً من عامل الزمن. فالجمع بين السرعة والقدرة على المناورة والارتفاع يُحوِّل أطر الاشتباك من دقائق إلى ثوانٍ. وهذا الضغط الزمني لا يكشف فجوات تقنية فحسب، بل يُعرّي أيضاً حدوداً بنيوية في طرائق تفكير الجيوش وتنظيمها واتخاذها للقرار. إن المنهجيات العملياتية التقليدية، المصمَّمة على أساس التسلسل: كشف، تصنيف، قرار، اشتباك؛ لم تُبنَ قط لأطر زمنية تُقاس بالميلي ثانية. ومن ثم فالتحدّي المركزي ليس تقنياً فقط، بل مفاهيمي أيضاً: هل تستطيع المنهجيات العملياتية، وهي أداة للاستقرار المُقنّن، أن تستوعب بالكامل عدم استقرار الصراع الفرط صوتي؟

يكشف هذا التوتر أن الدفاع الجوي المعرفي ليس ابتكاراً في المنهجيات العملياتية فحسب، بل هو تحوّلٌ ثقافيٌ وبشريٌ أيضاً. إذ تُوفّر المنهجيات العملياتية هيكلاً لا غنى عنه، غير أن الاعتماد على هذا الهيكل وحده ينطوي على خطر الجمود في بيئة تكون فيها القدرة على التكيّف مفتاح البقاء. وما تتطلّبه الحرب الفرط صوتية هو تحوّل في الصفات ذاتها التي تُنمَّى في رأس المال البشري.

ففي حين ركّز الدفاع الجوي التقليدي على الانضباط الإجرائي والإتقان التقني، يقتضي عصر الفرط صوتية ما يلي:

- المرونة المعرفية: القدرة على إعادة تأطير المشكلات والارتجال في ظل ندرة زمنية حادّة.
- الإلمام بالتعاون البشري – الآلي: يتعيّن على المشغّلين تنمية حكم حدسي بشأن متى يثقون بتوصيات الذكاء الاصطناعي ومتى يتجاوزونها، وكيف يفسّرون المخرجات الاحتمالية تحت الضغط.
- استجابات أخلاقية تحت الضغط الزمني: القدرة على اتخاذ قرارات خلال ثوانٍ تظلّ منسجمة مع الأهداف الاستراتيجية والقانون الدولي والاعتبارات الأخلاقية.
- مرونة تعاونية: القدرة على العمل كجزء من شبكات بشرية – آلية موزّعة، والحفاظ على التماسك عبر الميادين حتى عندما تكون المعلومات جزئية أو ملتبسة أو محل نزاع.

تُمثل هذه الصفات تحوّلاً حاسماً: من مُشغّلين ينفّذون إجراءاتٍ مقرّرة سلفاً إلى صنّاع قرارٍ تكيّفيين يوازنون بين السرعة والحُكم، ويعملون بكفاءة في بيئات عدم اليقين. ويتطلّب تنمية هذا الرأسمال البشري أساليب إعداد جديدة؛ إذ ينبغي أن تُفسح التدريبات الإجرائية المجال لبيئات تدريب غامرة، تُسخِّر محاكاة التوأم الرقمي وألعاب الحرب المتقدمة للتدرّب على الاشتباكات تحت وطأة الضغط، وعدم القدرة على التنبؤ، والالتباس الأخلاقي في القتال الفرط صوتي. وينبغي ألا يقتصر التدريب على بناء المنعكسات فحسب، بل أن يبني أيضاً الثقة بالزملاء والشركاء الآليين وبقدرة المرء على الحسم وسط ضغطٍ زمنيٍّ بالغ.

في المُحصّلة، لن يكون التفوّق في عصر الأسلحة الفرط صوتية حِكراً على من يملك أسرع صاروخٍ اعتراضي أو أكثر المستشعرات تقدّماً، بل لمن يتفوّق تفكيراً على الخصم، ويتكيّف بأعلى قدرٍ من السلاسة، ويتخذ القرار بأعظم قدرٍ من الحكمة. إن مستقبل الدفاع الجوي سيتعلّق بدرجة أقلّ بالتقنيات المنفردة، وبدرجة أكبر بتكامل التقدير البشري مع الإدراك الآلي على نحو يُحافظ على زمام المبادرة والمصداقية تحت الضغط.

وعليه، فالدفاع الجوي المعرفي ليس مجرّد مواءمةٍ في المنهجيات العملياتية، بل إعادة تصوّرٍ لمعنى الدفاع في عصر السرعة. وستؤول الميزة الحاسمة إلى القوى القادرة على توقّع التهديد، والتهيّؤ، والعمل بوتيرة أسرع منه،

مـع التمسّـك بوضـوحٍ أخلاقـي واسـتراتيجي. وخلاصـة القـول: إن النصـر في عصر الفـرط صوتية لـن يكون لمـن يعترض الصواريـخ فحسـب، بل لمن يسـبق إيقاع الزمـن للمعركـة بالتفكير.

المراجع

Birkler, J., Karako, T., & Weitz, R. (2021). *Hypersonic weapons*: Background and issues for Congress. Center for Strategic and International Studies (CSIS). Available at: https://www.csis.org/analysis/hypersonic-weapons-background-and-issues-congress

Boschert, S., & Rosen, R. (2016). Digital twin—The simulation aspect. In P. Hehenberger & D. Bradley (Eds.), *Mechatronic futures* (pp. 59–74). Springer. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-32156-1_5

Karako, T. (2020). *Hypersonic weapons and defense*: Operational challenges and concepts. Center for Strategic and International Studies (CSIS). Available at: https://www.csis.org/analysis/hypersonic-weapons-and-defense-operational-challenges-and-concepts

Lewis, J. (2021). *Hypersonic and ballistic missile defense: Technological challenges and strategic implications*. Center for Strategic and International Studies (CSIS). Available at: https://www.csis.org/analysis/hypersonic-and-ballistic-missile-defense-technological-challenges-and-strategic

O'Connell, R. (2019). Airpower in the 21st century: Strategy, tactics, and operational challenges. *Air & Space Power Journal*, 33(4), 15–30. Available at: https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/

Price, T. (2019). Radar and the early air defense networks. *Air & Space Power Journal*, 33(4), 15–30. Available at: https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/

Schwartz, J. (2022). The operational challenges of hypersonic weapons for modern air defense. *Journal of Strategic Studies*, 45(2), 123–145. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01402390.2022.2058743

Shen, X., & Zhang, Y. (2021). Human–machine teaming in defence applications: Accelerating the OODA loop. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 18(3), 245–262. Available at: https://journals.sagepub.com/home/dms

Wright, A. (2021). Predictive modelling and AI in modern air defence. *Journal of Strategic Studies*, 44(6), 879–902. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01402390.2021.1952104