نهج "نظام الأنظمة" لمواجهة الطائرات المسيرة:

دراسة العمليات الأخيرة من الشرق الأوسط إلى أوكرانيا

اريك فيلي

منذ نهاية الحرب الباردة، اعتمد الجيش الأمريكي على تفوق سلاحه الجوي في نزاعاته، وهو توقع تعزز من خلال التجارب التي خاضها في الخليج العربي والبلقان وأفغانستان والعراق. ولكن في العقد الماضي، تغيرت طبيعة العمليات مع الاستخدام الواسع للطائرات بدون طيار من قبل خصوم أمريكا من الدول وغير الدول. وتملك الطائرات المسيرة القدرة الفعالة على تسديد ضربات دقيقة بتكلفة منخفضة، الأمر الذي يجعل الحاجة إلى القوة الجوية الكبيرة والحديثة أمر غير ضروري. وتعليقاً على "نقطة التحول" في الحرب الجوية، أدلى قائد "القيادة المركزية الأمريكية" الجنرال كينيث ف. ماكنزي جونيور بشهادته في نيسان/إبريل 2021 أمام لجنة بالكونغرس الأمريكي، قائلاً: "للمرة الأولى منذ الحرب الكورية، نحن نعمل بدون تفوق جوي كامل... وإن لم نتمكن من تطوير ونشر قدرة شبكية لرصد [الطائرات المسيرة] والقضاء عليها، فستبقى الأفضلية للمهاجم".

"للمرة الأولى منذ الحرب الكورية، نحن نعمل بدون تفوق جوي كامل" – الجنرال كينيث ف. ماكنزي جونيور، القائد السابق للقيادة المركزية الأمريكية.

لمواجهة هذا التحدي المتزايد، بدأت الولايات المتحدة ودول أخرى بالاستثمار في أنظمة مضادة للطائرات المسيرة، أو أنظمة جوية مضادة للطائرات المسيرة (C-UAS). يمكنها استخدام أجهزة استشعار الرادار، أو أجهزة استشعار كهروضوئية/بالأشعة تحت الحمراء (EO/IR)، أو أجهزة الاستشعار الصوتية، أو أجهزة استشعار الترددات اللاسلكية لاكتشاف المؤشرات المادية أو البصرية أو الحرارية أو المسموعة أو الكهرومغناطيسية للطائرة المسيرة. بمجرد اكتشافها، يمكن الاشتباك معها من خلال الوسائل الحركية (الصواريخ والطائرات المسيرة الأخرى والمدافع والشبكات) أو الوسائل الثابتة، ومنها استخدام وسائل الحرب الإلكترونية أو القرصنة أو نبضات الطاقة الموجهة للتشويش على الطائرة المسيرة أو الاستيلاء عليها أو إحراقها. كما يمكن أن تستهدف الهجمات بدلاً من ذلك عناصر أخرى تدعم نظام الطائرات المسيرة.

يستعرض هذا البحث الأنظمة والأساليب المستخدمة للتصدي للطائرات المسيرة في النزاعات القائمة أو التي جرت في كل من سوريا واليمن وليبيا وناغورنو كاراباخ وأوكرانيا. وفي بعض الحالات، على غرار ليبيا وناغورنو كاراباخ، كان للطائرات المسيرة المقاتلة تأثير استراتيجي، إما في وقف عمليات تقدم كبيرة أو المساهمة بشكل كبير في تحقيق الانتصارات؛ بينما في نزاعات أخرى، مثل أوكرانيا، كانت طائرات الاستطلاع المسيرة بمثابة قوات إضافية تعمل لدعم القوات البرية. مع ذلك، تم إسقاط معظم الطائرات المسيرة الأمريكية والتركية والروسية والصينية

المعنية، بالإضافة إلى الطائرات المسيرة المحلية الصنع التابعة لجهات فاعلة غير حكومية مثل تنظيم "الدولة الإسلامية"، مع نسبة اعتراض يقال بأنها بلغت 80% و90% وفي بعض الحالات ما يقارب من 100%. ولم تنفَذ عمليات الاعتراض من خلال أنظمة جديدة ومخصصة لمكافحة الطائرات المسيرة، بل من خلال أنظمة الدفاع الجوي وأدوات الحرب الإلكترونية القديمة، من بينها مجموعة من الدفاعات الجوية التي تعود إلى الحقبة السوفيتية. وفي السياق الأوكراني، استُخدمت أيضاً أنظمة أكثر حداثة تابعة لـ "حلف شمال الأطلسي" ("الناتو").

التسميات المختصرة

AAM صاروخ جو-جو
AEW&C نظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً
C-UAS نظام جوي مضاد للطائرات بدون طيار
EO/IR كهروضوئي/بالأشعة تحت الحمراء
EW الحرب الإلكترونية
GNA حكومة الوفاق الوطني (ليبيا)
LNA الجيش الوطني الليبي
MANPADS أنظمة الدفاع الجوي المحمولة
NASAMS النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو
SAM صاروخ أرض-جو
SEAD/DEAD تحييد الدفاعات الجوية للعدو/ تدمير الدفاعات الجوية للعدو
SPAAG مدفع مضاد للطائرات ذاتي الدفع
UAS نظام جوي بدون طيار
UAV مركبة جوية بدون طيار

كانت جهود التصدي للطائرات المسيرة أكثر نجاحاً عندما كانت الدفاعات متعددة المستويات، الأمر الذي منحها إمكانية اعتراض هذه الطائرات أثناء تحليقها في عدة نقاط، بينما كانت أنظمة الإنذار المبكر والدفاعات الجوية الأرضية وأدوات الحرب الإلكترونية والطائرات المقاتلة تعمل جميعها بطريقة متكاملة. كما أن استخدام الطائرات المسيرة أو الدفاعات الأحدث والأكثر قدرة، التي غالباً ما يتم الحصول عليها من الخارج، أثّر بشكل كبير على تغير الأوضاع خلال المعارك، خصوصاً في ليبيا وأوكرانيا.

سوريا، 2011-

تطوّر الصراع في سوريا من حرب أهلية إلى صراع إقليمي استقطب عدداً من القوى الخارجية. وكانت القوات الروسية، التي تدخلت في عام 2015 لدعم نظام بشار الأسد، المشغل الرئيسي للطائرات المسيرة وأنظمة مكافحة الطائرات المسيرة في سوريا. وسيركز هذا القسم إلى حد كبير على تجارب القوات الروسية، كما سيتطرق أيضاً إلى العمليات التركية في شمال غرب سوريا.

كان مقر مركز العمليات الرئيسي لروسيا في سوريا في "قاعدة حميميم الجوية"، حيث نشرت روسيا منظومة دفاع جوي تتألف من أنظمة أرض-جو قصيرة ومتوسطة وطويلة المدى وأدوات الحرب الإلكترونية. وبعد أن أنشأت روسيا مركز قيادة منفصل للتصدي للطائرات المسيرة في سوريا في أواخر عام 2017 ودمجت فيه رادارات الإنذار المبكر وصواريخ أرض-جو وأدوات الحرب الإلكترونية، حققت الدفاعات الروسية في حميميم وطرطوس نجاحاً كبيراً ضد هجمات الطائرات المسيرة التي شنها الجهاديون والمعارضة السورية. كما حققت الدفاعات الأرضية الروسية بعض النجاح ضد الطائرات المسيرة التركية التي كانت تنشط في محافظة إدلب السورية.

لكنّ أنظمة "بانتسير-س1" الروسية والسورية، التي عملت بشكل مستقل، لم تحقق نجاحاً في أغلب الأحيان في وجه الطائرات المسيرة التركية في شمال سوريا، وربما تكون قد تعطلت بعد تعرضها لهجمات إلكترونية تركية. أما بعض طائرات "بانتسير" السورية التي تم تدميرها فربما كانت نماذج أقل جودة ومخصصة للتصدير (تفتقر إلى بعض العناصر الأساسية) وكان يتم تشغيلها من قبل طواقم سورية تفتقر إلى الكفاءة، مما جعلها ضعيفة أمام الهجمات الإلكترونية التركية. كما يقال بأن روسيا فقدت العشرات من طائرات الاستطلاع المسيرة الروسية الصنع من طراز "أورلن-10" أمام الدفاعات الجوية التركية وقوات المتمردين السوريين.

وقد لعبت الهجمات الإلكترونية دوراً حاسماً في عمليات التصدي للطائرات المسيرة الروسية والتركية. فمنظومة الحرب الإلكترونية المتنقلة "كراسوخا-4" الروسية عطّلت اتصالات الطائرات المسيرة والطائرات المسيرة القتالية التي تعمل على ارتفاعات منخفضة ومتوسطة، على مدى يزيد عن 150 كيلومتراً كما يقال. ويقال أيضاً بأن منظومة الحرب الإلكترونية التركية "كورال" دعمت الطائرات المسيرة التركية التي تنفذ عمليات صدّ وتدمير الدفاعات الجوية للعدو (SEAD/DEAD) في شمال سوريا عبر الحدود مع تركيا. والأرجح أن منظومة "كورال" هي التي منحت تركيا إمكانية إرسال طائراتها المسيرة داخل مناطق اشتباك أنظمة "بانتسير" السورية، دون أن يتم كشفها الأمر الذي سمح لتركيا فعلياً بنشر هذه الطائرات كقوة جوية تقليدية، من خلال تنفيذ ضربات جو-جو وجو-أرض في شمال سوريا.

وتسببت الاشتباكات الجوية بتدمير أعداد أقل من الطائرات المسيرة. فقد أسقطت الطائرات السورية طائرات مسيرة أردنية بصواريخ جو-جو في حزيران/يونيو 2017 لكنها كانت أقل فاعلية في التصدي للطائرات المسيرة التركية في شمال سوريا. ودعمت تركيا عمليات طائراتها المسيرة عبر الحدود من خلال طائرات نظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً (AEW&C)

من طراز "بوينغ إي-7ت بيس إيغل"، بحيث أمرت طائرات "أف-16" بإطلاق صواريخ خارج المدى البصري على الطائرات الهجومية السورية من طراز "سوخوي-24" في محاولة لاعتراض الطائرات المسيرة التركية والطائرات المسيرة القتالية فوق شمال سوريا.
وبشكل عام، ووفقاً لبعض التقارير، عطلت الدفاعات الروسية في سوريا بين عامي 2018 و 2020، أكثر من 150 طائرة مسيرة. وقد أثرت تجربة روسيا في الدفاع عن "قاعدة حميميم الجوية" بشدة على الطريقة التي تنتهجها حالياً في عمليات تصديها للطائرات المسيرة. كما تعلمت روسيا من تلك التجربة الأسس اللازمة لتدريب من يقومون بالتصدي للطائرات المسيرة في صفوف الجيش الروسي، على مستوى الفصيل والسرية والكتيبة واللواء. ويقال أنه منذ عام 2019، تضمنت جميع التدريبات العسكرية الروسية الرئيسية تدريبات تحاكي هجمات أسراب الطائرات المسيرة وكانت فيها الهجمات الإلكترونية عنصراً أساسياً. كما يتم تدريب اللوجستيين ومسؤولي الصيانة وحتى الطهاة على تكتيكات التصدي للطائرات المسيرة، وأصبح التدريب على صد هجمات الطائرات المسيرة حالياً إلزامياً في جميع الأجهزة العسكرية الروسية.

المملكة العربية السعودية، اليمن، 2015-

خلال حربها في اليمن، اكتسبت المملكة العربية السعودية خبرة واسعة، وإن بثمن باهظ، في الدفاع عن حدودها الطويلة وأهدافها الصناعية المتفرقة جغرافياً ومراكزها السكانية ضد ضربات الطائرات المسيرة. فقد اعتمد الحوثيون بشكل كبير على الطائرات المسيرة في هجماتهم على السعودية، بحيث كانت ثلثي هجماتهم تقريباً منذ عام 2021 بالطائرات المسيرة، كما استخدموا بشكل أساسي طائرات "قاصف-/21ك" و"صماد-1/2/3" التي زودتهم بها إيران.

Royal Saudi Air Force F-15SAs.

Debris from Iranian cruise missiles and Shahed 131 kamikaze drones used to attack Saudi Aramco oil facilities on display at a news conference in Riyadh, September 18, 2019. REUTERS/Hamad I Mohammed

ومن خلال الجهود المركزة لمواجهة التهديدات، ادعت السعودية أن معدل اعتراض الطائرات المسيرة بلغ 90% نتيجة دمجها للرادارات الأرضية منخفضة المستوى وطائرات رادار الإنذار المبكر ومقاتلات "أف-15". فالقوات الجوية الملكية السعودية هي إحدى ثلاث قوات في الشرق الأوسط تمتلك طائرات نظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً، وتشغل سرباً من خمس طائرات "بوينغ إي-3أ سانتري" أمريكية الصنع وطائرتي "ساب 2000 إيريي" من نظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً. بالإضافة إلى ذلك، في شباط/فبراير عام 2020، نشرت بريطانيا رادارات "ساب جيراف" المتنقلة في السعودية، والتي توفر صورة جوية شبكية بزاوية قدرها 360 درجة. ووفقاً لبعض التقارير، قدمت فرنسا تغطية إضافية عبر رادارات غير محددة الصنف

من مجموعة "تاليس" (ربما "غراوند ماستر"). وقدمت طائرات "أف-15" التابعة للقوات الجوية الملكية السعودية المزودة بصواريخ جو-جو متقدمة ورادارات قادرة على اكتشاف الطائرات المسيرة الصغيرة حلاً فعالاً ولكن باهظ التكلفة لمواجهة تهديد الطائرات المسيرة.

ويستخدم الحوثيون مجموعة متنوعة من أنظمة صواريخ أرض-جو لدفاعات الطائرات المسيرة، من بينها صواريخ "آر-27" جو-جو المحوّلة وأنظمة الدفاع الجوي المحمولة (MANPADS) التي كانت سابقاً تابعة للقوات الجوية اليمنية، بالإضافة إلى صواريخ أرض-جو "ميثاق-2" الإيرانية المحمولة على الكتف. وبحلول نهاية عام 2015 وحده، نجح الحوثيون في إسقاط ما يصل إلى 12 طائرة مسيرة تابعة للتحالف. ومنذ ذلك الحين، أسقطوا العديد من الطائرات القتالية الأمريكية الصنع، بما في ذلك "إم كيو-9 ب ريبرز"، باستخدام صواريخ أرض-جو.

وفي 14 أيلول/سبتمبر عام 2019، حدث فشل سعودي ذريع عندما أطلقت إيران 18 طائرة مسيرة وسبعة صواريخ كروز على محطتي معالجة النفط "بقيق" و"خريص" التابعتين لشركة "أرامكو" السعودية، مما أدى إلى توقف نصف إنتاج البلاد اليومي من النفط الخام و5% من الإنتاج اليومي العالمي. ويقال بأن أنظمة صواريخ "باتريوت" أرض-جو التي تشغلها السعودية والمكلّفة بحماية المواقع فشلت في الاشتباك مع الطائرات المسيرة القادمة، على الرغم من أن صواريخ "باتريوت" لم تُصمم أبداً لمواجهة الطائرات المسيرة الصغيرة القابلة للمناورة والمحلّقة على ارتفاعات منخفضة. فضلاً عن ذلك، تتمتع رادارات "باتريوت" حالياً بمجال رؤية ضيق نسبياً يبلغ 120 درجة، مما يتطلب توجيهها نحو الاتجاه المتوقع للهجوم من أجل الرد بفعالية. وبما أن معظم هجمات الصواريخ والطائرات المسيرة منذ بدء الصراع في عام 2015 انطلقت من الجنوب، فقد تم توجيه بطاريات "باتريوت" السعودية وفقاً لذلك، وبالتالي لم تتمكن رادارات "باتريوت" من التعرف على هجوم قادم من الشمال الشرقي والرد عليه.

وتمت معالجة هذه القصور بعد أسابيع من خلال نقل أربعة رادارات أمريكية من طراز "إيه إن/إم بي كيو-64 سنتينل"، وأنظمة الرادار الفرنسية والبريطانية المذكورة أعلاه، لتعزيز الدفاعات ضد صواريخ كروز والطائرات المسيرة من خلال توفير تغطية بمدى 360 درجة. ومنذ ذلك الحين، أجرت الولايات المتحدة والمملكة العربية السعودية تدريبات مشتركة للتصدي للطائرات المسيرة، منطلقة بشكل أساسي من "قاعدة الأمير سلطان الجوية" بالقرب من الرياض. بالإضافة إلى ذلك، أكملت الولايات المتحدة والسعودية في آذار/مارس عام 2023، أول تدريبات مشتركة للتصدي للطائرات المسيرة في "مركز الرمال الحمراء للتجربة المتكاملة"، وهو موقع تدريب إقليمي تم إنشاؤه حديثاً في المملكة لاختبار تقنيات التصدي للطائرات المسيرة الجديدة والحالية.

ليبيا، 2014-

في عام 2019، وصف الممثل الخاص للأمين العام للأمم المتحدة في ليبيا، غسان سلامة، النزاع الليبي بأنه "أكبر حرب بالطائرات المسيرة... في العالم"، حيث نُفذت أكثر من ألف غارة جوية بالطائرات المسيرة منذ بدء الصراع في عام 2014. فقد استخدم الطرفان طائرات مسيرة ودفاعات جوية قامت أطراف أجنبية بتزويدها وتشغيلها، مع اعتماد "حكومة الوفاق الوطني" بشكل أساسي على طائرات "بيرقدار تي بي 2" التي توفرها وتشغلها تركيا، ونشر "الجيش الوطني الليبي" بشكل أساسي طائرات "وينغ لونغ I/II" الصينية الصنع والتي تزودها وتشغلها الإمارات العربية المتحدة. كما استخدم الطرفان طائرات مسيرة تجارية صغيرة للاستطلاع، ولكن تبين في النهاية أنها غير فعالة وعرضة للتشويش.

وبشكل عام، أنتجت عمليات التصدي للطائرات المسيرة معدلات استنزاف عالية نسبياً للطائرات المسيرة في ليبيا. فالطائرات المسيرة الصينية من طراز "وينغ لونغ I/II" وأنظمة صواريخ أرض-جو "بانتسير-س1" الروسية، التي قدمتها الإمارات العربية المتحدة في عامي 2016 و2019 على التوالي، منحت "الجيش الوطني الليبي" أفضلية تكتيكية كبيرة على "حكومة الوفاق الوطني". وبحلول أيلول/سبتمبر 2019، كان "الجيش الوطني الليبي" قد قضى عملياً على الطائرات المسيرة التركية التي تشغلها "حكومة الوفاق الوطني"، وكانت المدافع المضادة للطائرات ذات الجودة الأدنى إلى حد كبير وأنظمة الدفاع الجوي المحمولة على الكتف التابعة لـ "حكومة الوفاق الوطني" تسقط فقط بعض الطائرات المسيرة التابعة "للجيش الوطني الليبي". ولكن بحلول كانون الثاني/يناير 2020، أي بعد تسعة أشهر من بدء هجوم "الجيش الوطني الليبي" على طرابلس، نشرت تركيا دفاعاً متكاملاً متعدد المستويات في "قاعدتي مصراتة ومعيتيقة الجويتين" التابعتين لـ "حكومة الوفاق الوطني"، مما سمح لهذه الأخيرة بإسقاط الطائرات المسيرة التابعة "للجيش الوطني الليبي" بانتظام فوق المناطق الخاضعة لسيطرتها في شمال غرب ليبيا.

وقد تضمنت الدفاعات الأرضية لـ "حكومة الوفاق الوطني" أنظمة صواريخ أرض-جو "هاوك" و"حصار" التي تزودها تركيا وأنظمة مدافع "كوركوت" ذاتية الدفع المضادة للطائرات. كما نشرت تركيا أنظمة رادار برية وبحرية وجوية وأنظمة إنذار مبكر. وعلى الأرض، نشرت "حكومة الوفاق الوطني" رادار المصفوفة الطورية "إيه إن/إم بي كيو-64 سنتينل" الذي يوفر تغطية بمدى 360 درجة. وفي البحر، زودت الفرقاطات التركية من فئة "غابيا" "حكومة الوفاق الوطني" بنظام إنذار مبكر باستخدام رادار المراقبة الجوية بعيد المدى "إيه أن/أس بي أس-49". أما في الجو، فاستخدمت تركيا طائرات نظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً مثل "بوينغ إي-7ت بيس إيغل" قبالة سواحل طرابلس. وبالنسبة للهجمات الإلكترونية، نشرت تركيا في أوائل عام 2020 نظام "كورال" الخاص بها في "قاعدة معيتيقة الجوية"، والذي لم يكن قادراً على تعطيل عمليات "وينغ لونغ" الإماراتية فحسب، بل أثبت أيضاً فعاليته مجدداً في تعطيل واستهداف

أنظمة صواريخ أرض-جو "بانتسير". كما استخدمت "حكومة الوفاق الوطني" الذخائر المتسكعة المستقلة ذات الزعانف الدوارة من طراز "أس تي أم كارغو-2" تركية الصنع لتعقب القوافل اللوجستية والوحدات المنسحبة "للجيش الوطني الليبي". وزودت هذه الأنظمة المبرمجة مسبقاً "حكومة الوفاق الوطني" بقدرة "فاير، فورقيت أند فايند Fire, forget and Find" فعلية دون الحاجة إلى إبقاء عامل بشري في الصورة.

In Libya, debris from a downed UAE-owned and operated Chinese Wing Loong II combat drone.

ويشمل نظام الدفاع الأرضي الرئيسي عن النقاط التابع "للجيش الوطني الليبي" والمستخدم في مواجهة الطائرات المسيرة، أنظمة "بانتسير-س1" الروسية التي تم تشغليها، وفقاً لبعض التقارير، من قبل طواقم من مرتزقة "مجموعة فاغنر" الروسية وليبيين غير مدربين بما فيه الكفاية. فقد زعم "الجيش الوطني الليبي" أن أنظمة "بانتسير" الخاصة به أسقطت منذ تشرين الثاني/نوفمبر عام 2019 حتى آذار/مارس عام 2020 ما لا يقل عن 16 طائرة تركية وكانت مسؤولة بشكل عام عن تدمير أكثر من نصف الطائرات المسيرة التركية التي تم إسقاطها في ليبيا والتي يبلغ عددها الإجمالي حوالي 20 طائرة.

ولكن على الرغم من النجاحات الأولية، تبين أن أنظمة "بانتسير" التي تم نشرها في ليبيا، على غرار تلك المتواجدة في سوريا، ضعيفة أمام الهجمات الإلكترونية التركية وطائرات "بيرقدار تي بي 2" التي أطلقت قنابل "أم إيه أم-أل" و"أم إيه أم-سي" الموجهة بالليزر. وغالباً ما كان يتم ضرب أنظمة "بانتسير" ليس فقط خلال تشغيلها في ساحة المعركة ولكن أيضاً أثناء إيقاف تشغيلها، كما هو الحال عندما تكون متوقفة في مرآب الطائرات أو خلال نقلها على شاحنات مسطحة. ويُثبت ذلك القدرة المفيدة للاستهداف المستمر للطائرات المسيرة، التي يمكن أن تحلق فوق مسرح العمليات وتهاجم أهدافها في أوضاعها الأكثر ضعفاً. كما كان يتم اكتساح أنظمة "بانتسير" في بعض الأحيان، حيث كانت تركيا تهاجم أحياناً بحوالي ست طائرات مسيرة أو أكثر بشكل متزامن. وفي عدة مرات، كانت أنظمة "بانتسير-س1" تفشل حتى خلال تشغيلها في

الاشتباك مع الطائرات المسيرة التركية، وفي حالة واحدة على الأقل، شوهدت مجموعة الرادار الخاصة بها وهي في حالة دوران، ما يشير إلى أنها كانت في وضع التشغيل، قبل تدميرها بوقت قصير. وبحلول نهاية أيار/مايو عام 2020، قامت طواقم "بانتسير" بتحسين دفاعها إلى حد ما من خلال التحول إلى أجهزة الاستشعار الكهروضوئية السلبية، مما حدّ من قابلية تعرضها للتشويش من قبل أنظمة الحرب الإلكترونية "كورال".

ناغورنو كاراباخ، أيلول/سبتمبر- تشرين الثاني/نوفمبر 2020

خلال نزاع ناغورنو كاراباخ في عام 2020، استخدمت أذربيجان الطائرات المسيرة القتالية التركية الصنع "بيرقدار تي بي 2" والذخائر المتسكعة الإسرائيلية الصنع من نوع "هاروب" لتجاوز كل مستوى تقريباً من مستويات الدفاعات الجوية الأرمينية المنتشرة بكثافة في مسرح العمليات. فالطائرات المسيرة الأذربيجانية دمرت الدفاعات الجوية الأرمينية المتمركزة على الأرض، التي غالباً ما كانت تُنشر في العراء، عدة مرات دون تمويه أو استخدام تدابير دفاعية أخرى. وبشكل عام، دمرت أذربيجان 65% من أنظمة الدفاع الجوي الأرمينية المنتشرة في ناغورنو كاراباخ. وفي المقابل، أسقطت أرمينيا طائرتين فقط من طراز "تي بي 2" خلال النزاع بأكمله. وغابت الطائرات المقاتلة المأهولة المتعددة الأدوار إلى حد كبير عن المجال الجوي، مما سمح للطائرات المسيرة بالعمل دون عوائق.

وقامت أذربيجان أيضاً بتحويل طائرات "أنتونوف-2" الثنائية السطح من الحقبة السوفيتية إلى طائرات موجهة عن بُعد وإرسالها إلى مناطق الاشتباك الأرمينية الخاصة بالدفاع الجوي كوسائل خداع وتضليل. وعندما تم تفعيل صواريخ أرض-جو الأرمينية واشتباكها مع الطائرات الثنائية السطح، استخدمت طائرات "هاروب" الأذربيجانية، المتسكعة فوقها، أجهزة الاستشعار الكهروضوئية/العاملة بالأشعة تحت الحمراء الخاصة بها لتحديد موقع الرادارات الأرمينية وتدميرها من خلال الهجمات الانتحارية. ونقلت طائرات "بيرقدار تي بي 2" بيانات الاستهداف إلى المدفعية الأذربيجانية و/أو أطلقت قنابل موجهة بالليزر لتدمير الأنظمة الأرمينية. ولم تقر أذربيجان علناً باستخدامها الهجمات الإلكترونية في ناغورنو كاراباخ. ولكن كما هو الحال في مسارح العمليات السورية والليبية، دمرت طائرات "بيرقدار تي بي 2" الأذربيجانية العديد من أنظمة الدفاع الجوي الأرمينية أثناء عمل راداراتها، مما يشير إلى الاستخدام المشترك للهجمات الإلكترونية والطائرات المسيرة.

وتتكون الدفاعات الجوية الأرضية الأرمينية في الغالب من أنظمة صواريخ أرض-جو متنقلة قديمة من الحقبة السوفيتية، أبرزها أنظمة "أس إيه-8"، وأثبتت أنها أقل قدرة من الأنظمة الروسية الأكثر حداثة المنتشرة في سوريا. ولم تكن الأنظمة الأرمينية في مجملها قادرة على تحديد مواقع

الطائرات المسيرة الأذربيجانية بصورة مستمرة وتتبعها واستهدافها. وتفتقر أنظمة "أس إيه-10" و"أس إيه-11" الأرمينية إلى القدرة على تجميع الإشارات الرادارية المختلفة في صورة عملياتية واحدة. ووفقاً لبعض التقارير، كانت أنظمة مثل "أس إيه-4" و"أس إيه-6" و"أس إيه-8" و"أس إيه-13" قادرة على تحديد مواقع الطائرات المسيرة الأذربيجانية ولكن غير قادرة على اعتراضها، وكانت ضعيفة أمام الهجمات الإلكترونية للعدو. وأسقطت أنظمة صواريخ أرض-جو "أس إيه-10" و"أس إيه-11" وأنظمة الدفاع الجوي المحمولة الأرمينية عدداً قليلاً من الطائرات المسيرة الأذربيجانية ولكن بسبب استخدامها في النزاع في مرحلة متأخرة جداً، فإن تأثيرها لم يكن كبيراً. وكانت المدافع الأرمينية المضادة للطائرات والذاتية الدفع على غرار "زيد أس يو-23-4 شيلكا"، أو مركبات "أم تي-أل بي" المجهزة بمدافع مضادة للطائرات، غير فعالة إلى حد كبير دون رادارات وموجهات كهروضوئية مطوّرة.

A Turkish Bayraktar TB2 combat drone armed with MAM-L laser-guided bombs, September 27, 2021. Credit: Oryx

وأثبتت أنظمة الحرب الإلكترونية الأرمينية من نوع "بول-21" التي زودتها روسيا فعاليتها الكبيرة في تعطيل الطائرات المسيرة الأذربيجانية عند استخدامها. ولدى أرمينيا مجمع "طارد" متنقل واحد للهجمات الإلكترونية، لكنه لم ينجح وتم تدميره في القتال وفقاً لرئيس الوزراء نيكول باشينيان. وفي شمال غرب أرمينيا، نشرت روسيا نظام الحرب الإلكترونية المتنقل "كراسوخا" في قاعدتها العسكرية في غيومري. وتزعم بعض التقارير أن نظام "كراسوخا" أسقط ما لا يقل عن تسع طائرات "بيرقدار تي بي 2"، على الرغم من أنه من غير الواضح ما إذا كانت هذه الادعاءات صحيحة بما أن غيومري تقع على بعد حوالي 250 كيلومتراً من ساحة المعركة الرئيسية وبالتالي ربما خارج المدى الفعال لنظام "كراسوخا".

أوكرانيا، شباط/فبراير 2022-

تتكون دفاعات أوكرانيا بالطائرات المسيرة في حربها ضد روسيا إلى حد كبير من ثلاث مستويات، هي: طائرات مقاتلة مزودة بصواريخ جو-جو؛ ودفاعات جوية أرضية، بما فيها صواريخ أرض-جو ومدافع مضادة للطائرات؛ وجنود مسلحين بأنظمة الدفاع الجوي المحمولة والمدافع الرشاشة الثقيلة. وقبل الحرب، كان مخزون أوكرانيا يتألف بشكل شبه حصري من أنظمة الدفاع الجوي الأرضية التي تعود إلى الحقبة السوفيتية، على غرار تلك المستخدمة في سوريا وليبيا وناغورنو كاراباخ. وبمرور الوقت، مع دخول أنظمة الدفاع الجوي الغربية المتقدمة، مثل النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو وصواريخ "آيرس-تي" التي تُطلق من السطح و"فامباير" و"أفينجر" و"ستينغر" و"جيبارد"، أنشأت أوكرانيا بنية دفاع جوي متكاملة متعددة المستويات أكثر فاعلية وأوسع نطاقاً. وبناءً على التقديرات المنشورة عن المعدات المدمرة، أثبتت أوكرانيا حتى الآن مهارة متزايدة في إسقاط الطائرات المسيرة المقاتلة الروسية، في حين أن أنظمة الحرب الإلكترونية الروسية تُسقط وفقاً لبعض التقارير آلاف الطائرات المسيرة الأوكرانية شهرياً، ومعظمها على الأرجح طائرات مسيرة تقوم بمهام استطلاعية تجارية يمكن الاستغناء عنها.

وقامت القوات الأوكرانية بتشغيل طائرات مسيرة قتالية من طراز "بيرقدار تي بي 2" وطائرات استطلاع مسيرة أصغر حجماً مزودة من قبل تركيا، بينما استخدمت القوات الروسية بشكل أساسي طائرة استطلاع "أورلان-10" الروسية، والذخائر المتسكعة "لانسيت-1/3"، والطائرات المسيرة الهجومية أحادية الاتجاه "شاهد-131/136" الإيرانية (الاسم الروسي: جيران-1/2)، وتم استخدام هذه الأخيرة بعد ستة أشهر من الغزو. ويستخدم الطرفان ذخائر متسكعة، بدرجات متفاوتة من الفعالية، وآلاف الطائرات المسيرة التجارية ذات المراوح الأربع والرخيصة الثمن والتي يمكن الاستغناء عنها، وخاصة طائرة "دي جي آي ميفيك" الصينية الصنع، لمجموعة متنوعة من الأدوار مثل الاستطلاع ورصد المدفعية والقصف. ووفقاً لبعض التقارير تم استخدام الطائرات المسيرة التجارية ذات المراوح الأربع لطرد طائرات العدو ذات المراوح الأربع من الجو.

In Ukraine, debris from a Russian Lancet kamikaze drone that exploded prematurely after failing to penetrate protective chain-link fencing around a Ukrainian AHS Krab self-propelled howitzer artillery gun, January 2023. Credit: Kriegsforscher

Dozens of DJI Mavic 3T reconnaissance drones delivered to the Ukrainian military, March 2023. Credit: Mykhailo Fedorov

وفي الأشهر القليلة الأولى من الغزو، دمرت طائرات "تي بي 2" الأوكرانية عشرات المركبات والمعدات العسكرية الروسية التي كانت تتحرك ضمن أرتال على الطرق، بينما أسقطت القوات البرية الأوكرانية أو عطلت ما لا يقل عن 45 طائرة استطلاع روسية من طراز "أورلان-10".

والجدير بالذكر أن الصور المنشورة لطائرات "أورلان-10" بعد سقوطها أظهرت أن معظمها كان سليماً، مما يشير إلى استخدام الهجمات الإلكترونية بدلاً من الوسائل الحركية.

وأفادت تقارير أن القوات الروسية أسقطت أول طائرة "تي بي 2" في منتصف آذار/مارس 2022، وفي الأشهر الخمسة الأولى من الحرب، دمرت حوالي 90% من جملة الطائرات المسيرة الأوكرانية التي اعترضت طريقها. كما استخدمت القوات الروسية بشكل فعال أدوات الحرب الإلكترونية لتتبع الطائرات المسيرة الأوكرانية وشل حركتها. وفي المعدل، كان متوسط العمر المتوقع للطائرات المسيرة الأوكرانية، من الطائرات التجارية ذات المراوح الأربع إلى الطراز الأكبر حجماً ذات الأجنحة الثابتة، ثلاث رحلات للأولى وست رحلات للثانية، ولم تنجح سوى حوالي 30% من مهام الطائرات المسيرة الأوكرانية. وبحلول صيف عام 2022، كانت روسيا قد توغلت في مناطق شرق أوكرانيا ودمجت بشكل فعال رادارات الإنذار المبكر والدفاعات الجوية الأرضية وأدوات الحرب الإلكترونية لكشف الطائرات المسيرة الأوكرانية وعرقلتها وتعطيلها. ووفقاً لأحد الطيارين الأوكرانيين، أصبحت طائرات "بيرقدار تي بي 2" "عديمة الفائدة تقريباً" مع ازدياد تكامل الدفاعات الروسية، مما تطلب من الطيارين الأوكرانيين استخدام "تي بي 2" بشكل أكثر انتقائية للعمليات الخاصة.

ولكن النظام الروسي للحرب الإلكترونية "طارد" كان، كما هو الحال في أرمينيا، غير فعال إلى حد كبير. وكانت أنظمة الحرب الإلكترونية الروسية الأكثر قدرة، مثل "كراسوخا"، التي تشوش وتعطل الرادار وروابط الاتصالات الخاصة بطائرات "تي بي 2"، تتسبب في بعض الأحيان بنفس القدر من التعطيل للقوات والمعدات الروسية. كما كانت أنظمة الحرب الإلكترونية "آر-330 زد إيتش زيتل" قصيرة المدى فعالة أيضاً في تشويش إشارات "جي بي إس" الخاصة بطائرات "تي بي 2" و"دي جي آي ميفيك".

كما استخدمت القوات الروسية بشكل فعال الطائرات المسيرة من طراز "أورلان-10" مع تكتيكات مماثلة لتلك التي استخدمتها القوات الأذربيجانية في ناغورنو كاراباخ لتنفيذ عمليات تحييد/تدمير الدفاعات الجوية للعدو. وبعد تحليق طائرات "أورلان-10" في مناطق الاشتباك الخاصة بالدفاعات الجوية الأوكرانية، متسببة بتفعيل صواريخ أرض-جو الأوكرانية لرادارات التحكم بالحرائق الخاصة بها وبالتالي الكشف عن موقعها، صدت طائرات "أورلان-10" الأنظمة المكشوفة باستخدام أدوات الحرب الإلكترونية ونقلت إحداثيات الاستهداف إلى المدفعية الروسية من أجل تدميرها. فأجبر ذلك أنظمة صواريخ أرض-جو قصيرة إلى متوسطة المدى الأوكرانية مثل "أس إيه-8" و"أس إيه-11" على الانسحاب أكثر إلى ما وراء الخطوط الأمامية للحد من خسائرها.

وبالنسبة لأوكرانيا، أثبتت الدفاعات الجوية الأرضية الغربية أنها أساسية لتحسين معدلات اعتراض الطائرات المسيرة. وتزعم القوات الأوكرانية أن صواريخ "آيرس-ت أس أل أم"

الحرارية التي زودتها بها ألمانيا قد أسقطت كل قذيفة واجهتها منذ نشرها في تشرين الأول/أكتوبر 2022، بينما أفاد وزير الدفاع الأمريكي لويد أوستن أن النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو (NASAMS) الذي زودتها به الولايات المتحدة، حقق "معدل نجاح بنسبة 100%" في أوكرانيا. وزودت الولايات المتحدة على الأرجح أوكرانيا بنسخة ثانية من النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو (NASAMS-2)، المجهز بنظام الاتصالات القياسي "لينك-16" الخاص بـ"حلف شمال الأطلسي"، مما يجعل النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو قابلاً للتشغيل المتبادل مع أنظمة صواريخ أرض-جو أخرى مثل "يو أس باتريوت" و"آيرس-ت أس أل أم" الألمانية. ويمكن لأجهزة الاستشعار من أحد الأنظمة، بما في ذلك الطائرات التي تحلق خارج المجال الجوي الأوكراني، أن توفر عند دمجها بشكل صحيح، بيانات استهداف لتمكين نظام آخر من الاعتراض.

وأفاد الملحق العسكري الأوكراني لدى الولايات المتحدة، الجنرال بوريس كريمينتسكي، أن المدافع المضادة للطائرات ذاتية الدفع من طراز "جيبارد" التي زودتها بها ألمانيا، وكذلك "زيد أس يو-23-4" و"أس إيه-8"، "نجحت" ضد الطائرات المسيرة. كما أكد تحليل أجراه المعهد الملكي البريطاني للخدمات المتحدة أن "جيبارد" فعالة للغاية، بينما تجد "أس إيه-19" و"زيد أس يو-23-4" العائدة إلى الحقبة السوفيتية صعوبة في إسقاط طائرات "شاهد-136" المسيرة الإيرانية. ونشرت أوكرانيا أيضاً أنظمة الدفاع الجوي المحمولة بين وحداتها واستخدمتها بفعالية ضد الطائرات المسيرة من طراز "شاهد-136"، وكذلك ضد الطائرات الروسية التي تحلق على ارتفاعات منخفضة من أجل تجنب أنظمة صواريخ أرض-جو الأوكرانية. والجدير بالذكر أن نظام "أس إيه-18" هو نظام الدفاع الجوي المحمول الأكثر شيوعاً الذي نشرته القوات الأوكرانية، لكنها أصبحت تمتلك الآن أيضاً مجموعة متنوعة من أنظمة الدفاع الجوي المحمولة التي يزودها بها الغرب، من بينها "ستينغر" الأمريكي و"مارتلت" و"ستار ستريك" البريطانيين و"ميسترال" الفرنسي و"بيورون" البولندي.

وفي خضم النزاع، زعمت أوكرانيا أن معدلات اعتراض الطائرات الإيرانية من طراز "شاهد-136" ارتفعت من 70% في تشرين الأول/أكتوبر 2022 إلى 100% بحلول كانون الثاني/يناير 2023. وتسعى القوى الغربية جاهدة من أجل ضمان أن تحافظ أوكرانيا على تلك الأفضلية. فبعد وقت قصير من تعهد الولايات المتحدة بتزويد أوكرانيا ببطارية صواريخ "باتريوت" في 21 كانون الأول/ديسمبر 2022، بدأ 65 جندياً أوكرانياً تم اختيارهم بعناية بالتدريب في قاعدة "فورت سيل" في ولاية أوكلاهوما. ووصلت أول بطارية "باتريوت" زودتها الولايات المتحدة إلى أوكرانيا في 19 نيسان/إبريل 2023، وتم استخدامها على الفور. بالإضافة إلى ذلك، تعهدت ألمانيا بتزويد أوكرانيا ببطارية صواريخ "باتريوت" واحدة بينما تعهدت هولندا بتزويدها ببطاريتين.

الخلاصة

لا يوجد حل سحري مضاد للطائرات المسيرة. فالدفاع الأكثر فاعلية ضد هذه الطائرات حالياً يتكون من أنظمة متعددة المستويات ومتكاملة وقابلة للتشغيل البيني وقادرة على توفير تغطية بزاوية مداها 360 درجة باستخدام مجموعة متنوعة من الخيارات التدميرية والتعطيلية، مثل المدفعية المضادة للطائرات وأجهزة اعتراض الصواريخ أرض-جو والصواريخ جو-جو وأنظمة الحرب الإلكترونية والعديد من أسلحة الطاقة الموجهة.

ويصف اللواء شون غيني، المدير المنتهية ولايته "للمكتب المشترك الجديد لأنظمة مكافحة الطائرات المسيرة الصغيرة" (JCO) التابع للجيش الأمريكي، "نهج "نظام الأنظمة" المتعدد المستويات لأسلوب القيادة والتحكم المشترك" على أنه "أفضل طريقة" لمواجهة الطائرات المسيرة، مضيفاً أنه "في ساحات المعارك الدائرة في الوقت الحالي، "ليس هناك منظومة واحدة قادرة على التصدي لنطاق تهديدات [الطائرات المسيرة]".

وقد أكدت تجارب مشغلي الطائرات المسيرة في مناطق نزاعات أخرى على هذه النتائج بشكل عام. على سبيل المثال، أسقطت إسرائيل عدداً من الطائرات المسيرة باستخدام مجموعة متنوعة من أنظمة مخصصة باستهداف وتدمير تلك المسيرات وأخرى تقوم بتعطيلها الكترونياً. وفي آذار/مارس 2021، أسقطت مقاتلات "أف-I35" الإسرائيلية طائرتين مسيرتين إيرانيتين من طراز "شاهد-197" فوق بلدان مجاورة، إحداهما كانت تقترب من الجنوب والأخرى من الشرق، بالتنسيق مع هذه الدول قبل أن تتمكن من دخول المجال الجوي الإسرائيلي. وفي تموز/يوليو 2022، أسقطت إسرائيل ثلاث طائرات مسيرة تابعة لـ"حزب الله" كانت تقترب من منصات الغاز البحرية المجاورة لحقل كاريش للغاز الطبيعي في شرق البحر الأبيض المتوسط باستخدام مقاتلات "أف-16" وصواريخ أرض-جو "باراك 8" تم إطلاقها من السفينة الحاملة للصواريخ "آي أن أس إيلات". وفي آذار/مارس 2023، أسقطت إسرائيل طائرة مسيرة تابعة لحركة "حماس" فوق غزة باستخدام أجهزة اعتراض "القبة الحديدية".

ومع ذلك، فإن العديد من أنجح الحالات التي تم فيها التصدي للطائرات المسيرة الموضحة في هذا البحث، تضمنت الدفاع عن نقاط الاستهداف لتلك المسيرات مثل القواعد العسكرية. وتظل الوحدات والمرافق التي لا تدخل في نطاق حماية الدفاعات المتكاملة أكثر عرضة للخطر، على الأقل في الوقت الحالي. علاوة على ذلك، لم يتم الإبلاغ عن قيام أي جهة فاعلة مشاركة في النزاعات التي تمت مناقشتها باستخدام أنظمة مخصصة لمكافحة الطائرات المسيرة، بل اعتمدت بدلاً من ذلك في الغالب على منصات الدفاع الجوي القديمة المصممة لإسقاط الصواريخ الباليستية والطائرات التقليدية. وفي حين أن هذه الأنظمة يمكن أن توفر دفاعاً مناسباً ضد الطائرات المسيرة

الكبيرة، إلا أنها في نهاية المطاف باهظة التكلفة لكي يتم استخدامها ضد أعداد أكبر من الطائرات المسيرة الصغيرة.

وفي المقابل، نشر الجيش الأمريكي عدة منصات مخصصة لمكافحة الطائرات المسيرة بين أجهزته، مثل "كويوتي" و"أل-ميديس"، مع خضوع عدد من النماذج الأولية الإضافية للاختبار التشغيلي في الميدان، مثل "هيليوس". وتُستخدم أساساً "قبة الحماية من الطائرات المسيرة" الإسرائيلية، وهي نظام مضاد للطائرات المسيرة قادر على استخدام حلول الاستهداف التدميري للمسيرات أو تعطيلها الكترونياً لشل حركة مجموعة متنوعة من الطائرات المسيرة، في العديد من دول "الناتو" والدول الآسيوية (انظر الملحق). وتتيح هذه الأنظمة فرصة لتعزيز وتكملة أنظمة الدفاع الجوي القديمة التي لا تزال في الخدمة، الأمر الذي يساعد على سد فجوة قدرات مكافحة الطائرات المسيرة مع تقليل تكلفة اعتراضها.

وحين تتوفر الإمكانيات بصورة مكثفة ومتكاملة، يمكن تحقيق معدلات الاعتراض المُدّعى بها والبالغة 80 أو 90% أو في بعض الأحيان ما يقارب 100% باستخدام التقنيات الحالية. لكن من المرجح أن تستمر الأنظمة ذاتية التشغيل في الانتشار بمعدل متسارع في العقود القادمة. وإذا أرادت الولايات المتحدة المحافظة على تفوقها في ساحة المعركة، سواء ضد منافسيها الذين يملكون مقدرات عسكرية مقاربة لها أو غيرهم، فإن الاستثمار المستمر وإجراء الاختبارات ونشر المنصات المضادة للطائرات المسيرة ستكون ذات أهمية قصوى. وفي خطاب عام ألقاه الجنرال ماكنزي في شباط/فبراير 2021، تحدث عن خطورة الوضع قائلاً: "إن التهديد المتزايد الذي تشكله هذه الأنظمة [الطائرات المسيرة الصغيرة المتاحة تجارياً] إلى جانب افتقارنا إلى القدرات الشبكية التي يمكن الاعتماد عليها لمواجهتها هو أكثر التطورات التكتيكية إثارة للقلق منذ ظهور العبوة الناسفة في العراق".

"إن التهديد المتزايد الذي تشكله هذه الأنظمة [الطائرات المسيرة الصغيرة المتاحة تجارياً] إلى جانب افتقارنا إلى القدرات الشبكية التي يمكن الاعتماد عليها لمواجهتها هو أكثر التطورات التكتيكية إثارة للقلق منذ ظهور الأجهزة المتفجرة المرتجلة في العراق. - الجنرال ماكنزي"

في السنة المالية 2022/23، تعتزم وزارة الدفاع الأمريكية إنفاق أكثر من 668 مليون دولار على البحث والتطوير في مجال مكافحة الطائرات المسيرة وما لا يقل عن 78 مليون دولار على مشتريات مكافحة الطائرات المسيرة. واليوم، يتطلع "المكتب المشترك لأنظمة مكافحة الطائرات المسيرة الصغيرة" ("المكتب المشترك") (JCO) إلى نشر أنظمة الطاقة الموجهة ميدانياً وأنظمة الموجات الدقيقة العالية القدرة لتعطيل الطائرات المسيرة، خاصة وأن الطائرات المسيرة المعادية أصبحت مستقلة ومقاومة بشكل متزايد للهجمات الإلكترونية. لكن "المكتب المشترك" لا يزال

يشدد على الحاجة إلى "اعتماد حل حركي" في حالة فشل حلول التعطيل الالكتروني. ومن المرجح أن يحدد البحث المستمر عن ردود فعالة على هذا التهديد مستقبل الحرب المضادة للطائرات المسيرة لسنوات قادمة.

The I-MADiS system (circled) was used to down an Iranian drone while parked on the bow of the USS Boxer *(LHD-4) as the ship transited the Strait of Hormuz, July 18, 2019. Credit: U.S. Marine Corps*

الملحق: مجموعة مختارة من أنظمة مكافحة الطائرات بدون طيار

الفئة	النظام	الوصف	المستخدمون	
صواريخ أرض-جو	"حصار"	نظام صواريخ أرض-جو حراري مُركب على المركبات تركي الصنع مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 10 و20 كلم.	تركيا	
	صاروخ "آيرس-تي" الذي يُطلق من السطح	نظام صواريخ أرض-جو حراري مُركب على المركبات ألماني الصنع مع مدى اشتباك مقدر له بأن يصل إلى 40 كلم.	أوكرانيا	
	"أفينجر أم 1097 إيه أن/تي دبليو كيو-1"	نظام صواريخ أرض-جو حراري مُركب على المركبات أمريكي الصنع على قاعدة صاروخ "إف آي إم-92 ستينغر"، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 كلم.	المملكة العربية السعودية، أوكرانيا	
	"إم آي إم-23ب هوك" المحسن	نظام صواريخ أرض-جو أمريكي الصنع مقطور وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 25 و35 كلم.	المملكة العربية السعودية، تركيا، أوكرانيا	
	"إم آي إم-104 باتريوت"	نظام صواريخ أرض-جو أمريكي الصنع مُركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له لـ 70 كلم.	المملكة العربية السعودية، أوكرانيا	
	النظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو	نظام صواريخ أرض-جو أمريكي/نرويجي الصنع موجه بالرادار، ثابت أو مركب على المركبات مع	أوكرانيا	

		مدى اشتباك مقدر له بأن يصل إلى 40 كلم.		
	"إس إيه-3 غوا" (إس-125 نيفا/بيتشورا)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع ثابت وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 25 و35 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، الحوثيون، سوريا، روسيا، أوكرانيا	
	"إس إيه-4 غانيف" (2 ك 11 كراغ)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له لـ 55 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، سوريا، أوكرانيا	
	"إس إيه-6 غاينفول" (2 ك 12 كاب)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له بأن يصل إلى 25 كلم.	أرمينيا، الحوثيون، سوريا، روسيا، أوكرانيا	
	"إس إيه-8 غيكو" (9 ك 33 أوزا)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له لـ 15 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، سوريا، أوكرانيا	
	"إس إيه-10 غرامبل" (إس-300 بي/بي إس/بي تي)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع نطاق اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 50 و75 كلم.	أرمينيا، روسيا، أوكرانيا	

	"إس إيه-11 غادفلاي" (9 ك 37 باك-إم1)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له لـ 35 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، أوكرانيا	
	"إس إيه-13 غوفر" (9 ك 35 ستريلا-10)	نظام صواريخ أرض-جو حراري روسي الصنع مركب على المركبات مع مدى اشتباك مقدر له لـ 5 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، سوريا، أوكرانيا	
	"إس إيه-15 غاونتلت" (9 ك 330 تور-إم)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 10 و15 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، سوريا، أوكرانيا	
	"إس إيه-17 غريزلي" (9 ك 317 باك-إم 2 إي)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 35 و50 كلم.	أذربيجان، روسيا، سوريا، أوكرانيا	
	"إس إيه-19 غريزون" (2 ك 22 تونغوسكا)	مدفع مضاد للطائرات ذاتي الدفع روسي الصنع مركب على المركبات ونظام صواريخ أرض-جو مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 كلم للمدافع و20 كلم للصواريخ.	روسيا، أوكرانيا	
	"إس إيه-21 غرولر" (إس-400 تراينف)	نظام صواريخ أرض-جو روسي الصنع مركب على المركبات وموجه بالرادار مع مدى اشتباك مقدر له لـ 250 كلم.	روسيا	

	"إس إيه-22 غريهاوند" (بانتسير-إس1)	نظام مدفعي مضاد للطائرات ذاتي الدفع روسي الصنع مركب على المركبات ونظام صواريخ أرض-جو مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 كلم للمدافع و20 كلم للصواريخ.	الجيش الوطني الليبي، روسيا، سوريا	
أنظمة الدفاع الجوي المحمولة	"إف آي إم-92 ستينغر"	نظام صواريخ حراري أمريكي الصنع، يُطلق من الكتف، مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 4 و8 كلم. يمكن أيضاً إطلاقه من نظام "إم 1097 أفينجر".	حكومة الوفاق الوطني، المملكة العربية السعودية، تركيا، أوكرانيا	
	"مارتلت"	نظام صواريخ أرض-جو، أرض-أرض، وجو-أرض من صنع المملكة المتحدة، يُطلق من الكتف وموجه بالليزر مع مدى اشتباك مقدر له لـ 8 كلم.	أوكرانيا	
	"ميثاق-2"	نظام صواريخ حراري إيراني الصنع يُطلق من الكتف، مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 3 و6 كلم.	الحوثيون	
	"ميسترال"	نظام صاروخي حراري فرنسي الصنع، يُطلق من الكتف أو يركَّب على المركبات، مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 3 و6 كلم.	أوكرانيا	

	"بيورون"	نظام صاروخي حراري بولندي الصنع يطلق من الكتف، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 إلى 6 كلم.	أوكرانيا	
	"إس إيه-18 غراوز" (9 ك 38 إيغلا)	صاروخ حراري سوفييتي الصنع، يطلق من الكتف، مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 2 و5 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، أوكرانيا	
	"ستار ستريك"	صاروخ موجه بالليزر من صنع المملكة المتحدة، يطلق من الكتف أو يركَّب على المركبات، مع مدى اشتباك مقدر له بأن يتراوح بين 5 و6 كلم.	أوكرانيا	
صواريخ جو-جو	"إيه آي إم-9 إكس سايدوينندر"	صاروخ جو-جو وأرض-جو حراري أمريكي الصنع، يطلق من الطائرات المقاتلة الأمريكية والأنظمة الأرضية للنظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو.	المملكة العربية السعودية، أوكرانيا	
	صاروخ جو-جو "إيه آي إم-120 سي" المتوسط المدى المتطور	صاروخ جو-جو وأرض-جو أمريكي الصنع موجه بالرادار، يطلق من الطائرات المقاتلة الأمريكية والأنظمة الأرضية للنظام الوطني المتقدم للصواريخ أرض-جو.	المملكة العربية السعودية، أوكرانيا	
مدافع مضادة للطائرات ذاتية الدفع	"جيبارد"	نظام مضاد للطائرات ألماني الصنع مركب على المركبات مع مدى اشتباك مقدر له لـ 5 كلم.	أوكرانيا	

	"كوركوت"	نظام مضاد للطائرات تركي الصنع مركب على المركبات مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 كلم.	تركيا	
	"زيد أس يو-23-4 شيلكا"	نظام مضاد للطائرات روسي الصنع مركب على المركبات مع مدى اشتباك مقدر له لـ 4 كلم.	أرمينيا، أذربيجان، روسيا، أوكرانيا	
الطائرات العاملة بنظام الإنذار المبكر والتحكم المحمول جواً	"بوينغ إي-3أ سانتري"	طائرة إنذار مبكر وتحكم أمريكية الصنع قادرة على رصد وتعقّب التهديدات المحمولة جواً على مدى مقدر له بأن يصل إلى 375 كلم.	المملكة العربية السعودية	
	"بوينغ إي-7ت بيس إيغل"	طائرة إنذار مبكر وتحكم أمريكية الصنع قادرة على رصد وتعقب التهديدات المحمولة جواً على مدى مقدر له بأن يصل إلى 320 كلم.	تركيا	
	"ساب 2000 إيريي"	طائرة إنذار مبكر وتحكم سويدية الصنع قادرة على رصد وتعقب التهديدات المحمولة جواً على مدى مقدر له بأن يصل إلى 350 كلم.	المملكة العربية السعودية	
أنظمة الحرب الإلكترونية	"كورال"	نظام حرب إلكترونية تركي الصنع مركب على المركبات ومصمم للتشويش على رادار العدو وخداعه، مع مدى فعال مقدر له لـ 200 كلم.	تركيا	

	"كراسوخا-4"	نظام حرب إلكترونية روسي الصنع مركب على المركبات ومصمم للتشويش على ترددات الرادار والترددات اللاسلكية، مع مدى فعال مقدر له بأن يتراوح بين 150 و300 كلم.	روسيا	
	"بول-21"	نظام حرب إلكترونية روسي الصنع ثابت أو مركب على المركبات ومصمم لتعطيل أجهزة التموضع والتوجيه، مع مدى فعال مقدر له لـ 25 كلم.	أرمينيا، روسيا	
	"طارد"	نظام حرب إلكترونية روسي الصنع مركب على المركبات ومصمم للتشويش على أنظمة الاتصالات والتموضع، مع مدى مقدر له لـ 30 كلم.	أرمينيا، روسيا	
الأنظمة الأمريكية النموذجية لمكافحة الطائرات المسيرة	نظام الطائرات المسيرة "كويوتي"	نظام مضاد للطائرات بدون طيار أمريكي الصنع، ثابت أو مركب على المركبات، موجه بالرادار ويستخدم صواريخ اعتراضية موجهة سلكياً لتدمير الطائرات المسيرة حركياً، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 15 كلم. ويقال إن القوات الأمريكية تستخدمه في سوريا.	الولايات المتحدة	

	"درونباستر"	نظام حرب إلكترونية أمريكي الصنع، ثابت أو محمول من الأفراد، مصمم لتعطيل إشارات اتصالات الطائرات المسيرة الموجودة في خط الرؤية. ويقال إنه يُستخدم من قبل الجيوش ووكالات إنفاذ القانون في جميع أنحاء العالم.	الولايات المتحدة	
	قبة الحماية من الطائرات المسيرة	نظام مضاد للطائرات المسيرة إسرائيلي الصنع، ثابت أو مركب على المركبات، يستخدم أجهزة استشعار وأجهزة تشويش وأشعة ليزر لتدمير أو تعطيل الترددات اللاسلكية وأنظمة التموضع الخاصة بالطائرات المسيرة، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 2 كلم. ويقال إنه يُستخدم من قبل بعض دول "الناتو" والدول الآسيوية.	إسرائيل	
	الليزر العالي الطاقة مع نظام الإبهار البصري والمراقبة المتكامل (هيليوس)	نظام من أسلحة الطاقة الموجهة الثابتة من فئة 60-120 كيلوواط، أمريكي الصنع، مصمم للاستخدام ضد القوارب الهجومية السريعة والطائرات المسيرة، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 8 كلم. يقال إنه يجري اختباره مع البحرية الأمريكية على متن	الولايات المتحدة	

		المدمِرة "يو إس إس بريبل".		
	نظام أسلحة الليزر العالية الطاقة (HELWS)	نظام من أسلحة الطاقة الموجهة من فئة 15-50 كيلوواط أمريكي الصنع، ثابت أو مركب على المركبات، للاستخدام ضد قذائف الهاون والطائرات المسيرة، مع مدى اشتباك مقدر له لـ 3 كلم. يقال إنه يُستخدم من قبل القوات الأمريكية في مواقع غير معلنة في الخارج.	الولايات المتحدة	
	النظام المتكامل للدفاع الجوي البحري الخفيف (L-MADIS)	نظام حرب إلكترونية أمريكي الصنع ثابت أو مركب على المركبات، متعدد الوظائف، ومصمم لتعطيل إشارات اتصالات الطائرات المسيرة، مع مدى اشتباك غير معلن. يقال إنه أسقط طائرة مسيرة إيرانية في مضيق هرمز في عام 2019 خلال نشره على متن السفينة الحربية "يو إس إس بوكسر".	الولايات المتحدة	