انستیتو واشنگتن برای سیاست خاور نزدیک
جستار سیاست‌گذاری
آگوست ۲۰۲۳
شماره ۱۳۹

رویکرد «سامانهٔ سامانه‌ها» برای مقابله با پهپادها

بررسی عملیات‌های اخیر از خاورمیانه تا اوکراین

اریک فیلی

بعد از پایان جنگ سرد، ارتش آمریکا بر برتری هوایی خود در جنگ‌ها حساب می‌کرد؛ محاسبه‌ای که تجربه‌های آن در خلیج‌فارس، بالکان، افغانستان، و عراق آن را تقویت کرد. اما در دهه گذشته، با اشاعه پهپادها (هواگردهای بی‌سرنشین)[1] در میان حریفان دولتی و غیردولتی آمریکا، محیط عملیاتی تغییر کرده است. پهپادها توانمندی هدف‌گیری دقیق را به شکلی ارزان و موثر فراهم می‌کنند که نیاز به داشتن یک نیروی هوایی بزرگ و مدرن را مرتفع می‌کند. در آوریل ۲۰۲۱، ژنرال کنث اف. مکنزی جونیور، رییس وقت ستاد فرماندهی مرکزی آمریکا، نزد کمیته

دو پهپاد رزمی بیرقدار تی.بی۲ در مالکیت و مدیریت اوکراین، مسلح به بمب‌های هدایت‌شونده لیزری مام-ال (MAM-L). منبع: شاتراستاک

«برای اولین بار بعد از جنگ کره، ما بدون برتری هوایی کامل عملیات می‌کنیم.»

ژنرال کنث اف. مکنزی جونیور، رییس پیشین ستاد فرماندهی مرکزی آمریکا

کنگره درباره این «نقطه عطف» در جنگ هوایی این‌گونه شهادت داد: «برای اولین بار بعد از جنگ کره، ما بدون برتری هوایی کامل عملیات می‌کنیم... تا وقتی نتوانیم یک توانمندی شبکه‌ای برای شناسایی و نابودی [پهپادها] توسعه دهیم و به میدان بفرستیم، برتری با مهاجم خواهد بود.»[۲]

برای رفع این چالش روزافزون، آمریکا و دیگر کشورها سرمایه‌گذاری در سامانه‌های ضدپهپاد یا سامانه‌های ضد-هواگردهای بی‌سرنشین را آغاز کرده‌اند. این سامانه‌ها ممکن است از رادار، چشم الکترونیک/فروسرخ، حسگرهای صوتی، یا فرکانس رادیویی برای شناسایی نشانه‌های فیزیکی، بصری، حرارتی، صوتی، یا الکترومغناطیسی پهپاد استفاده کنند.[۳] وقتی پهپاد شناسایی شد، می‌توان به شیوه‌های پرتابی (موشک‌ها، پهپادهای دیگر، توپ‌ها، و تورها) یا شیوه‌های غیرپرتابی با آن درگیر شد –این مورد دوم شیوه‌هایی را مثل استفاده از جنگ الکترونیک، هک کردن، یا ارسال پالس‌های انرژی هدایت‌شده برای اختلال، در اختیار گرفتن کنترل، یا از کار انداختن پهپاد شامل می‌شود. به عنوان راهی دیگر، می‌توان سازه‌های حمایت‌کنندهٔ یک سامانه پهپادی را هدف گرفت.

این جستار سامانه‌ها و شیوه‌های ضدپهپاد مورد استفاده در جنگ‌های اخیر در سوریه، یمن، لیبی، ناگورنو-قره‌باغ، و اوکراین را بررسی می‌کند. در برخی موارد، مثلا در لیبی و ناگورنو-قره‌باغ، پهپادهای رزمی تاثیرات استراتژیک داشته‌اند: یا پیشرفت‌های مهم را متوقف کرده‌اند یا به پیروزی‌های مهم کمک کرده‌اند. در جنگ‌های دیگر هم، مثلا در اوکراین، پهپادهای شناسایی به عنوان یک ابزار نیروافزا و در حمایت از نیروهای زمینی عمل کرده‌اند. با این حال، بیشتر پهپادهای آمریکایی، ترکیه‌ای، روسی، و چینی مورد بحث ــهمچنین پهپادهای دست‌ساز تحت مدیریت بازیگران غیردولتی مثل داعش، با نرخ رهگیری ۸۰ درصد، ۹۰ درصد، و در برخی موارد نزدیک به ۱۰۰ درصد بنا به ادعا سرنگون شده‌اند. این رهگیری‌ها نه به وسیله سامانه‌های نوظهور و اختصاصی ضدپهپاد، بلکه به وسیله سامانه‌های قدیمی پدافند هوایی و جنگ الکترونیک حاصل شده است؛ از جمله مخلوطی از پدافندهای هوایی عصر شوروی. در محیط اوکراین، سامانه‌های مدرن‌تر ناتو نیز به کار گرفته شده است.

هر جا که پدافندها چندلایه بوده، فعالیت‌های ضدپهپاد موفق‌تر بوده است؛ چون فرصت‌های چندگانه‌ای را برای رهگیری پهپادها در زمان پرواز فراهم می‌کرده و سامانه‌های اعلام خطر بهنگام، سامانه‌های ارضی پدافند هوایی، تجهیزات جنگ الکترونیک، و هواپیماهای رزمی به شیوه‌ای یکپارچه عمل می‌کرده‌اند. افزون بر این، استفاده از پهپادها یا پدافندهای جدیدتر و توانمندتر ــکه اغلب از خارج خریداری شدــ به میزان قابل توجهی تحرکات میدان جنگ را به‌ویژه در لیبی و اوکراین تحت تاثیر قرار داد.

سوریه ۲۰۱۱ تا امروز

جنگ سوریه از یک جنگ داخلی به یک نزاع منطقه‌ای تحول پیدا کرد و شماری از قدرت‌های خارجی را درگیر خود ساخت. نیروهای روسی که در سال ۲۰۱۵ در حمایت از رژیم بشار اسد مداخله کردند، اصلی‌ترین اپراتورهای پهپاد و سامانه‌های ضدپهپاد در سوریه بودند. این بخش از جستار حاضر عمدتا بر تجارب آن‌ها تمرکز می‌کند، گرچه به عملیات‌های ترکیه در شمال‌غرب سوریه نیز اشاره خواهد شد.

کانون عملیاتی اصلی روسیه در سوریه در پایگاه هوایی حمیمیم بود که در آن‌جا آرایشی از پدافند هوایی متشکل از سامانه‌های موشک سام (زمین به هوا) کوتاه‌برد، میان‌برد، و دوربرد و تجهیزات جنگ الکترونیک را مستقر ساخت.[۴] در اواخر سال ۲۰۱۷، روسیه یک ستاد فرماندهی ضدپهپاد جداگانه در سوریه مستقر کرد و به یکپارچه‌سازی رادارهای اعلام خطر، موشک‌های سام، و تجهیزات جنگ الکترونیکی خود پرداخت[۵] و، پس از آن، پدافندهای روسی در حمیمیم و طرطوس از موفقیت قابل ملاحظه‌ای علیه حملات پهپادی جهادی‌ها و اپوزیسیون سوریه برخوردار شدند.[۶] پدافندهای زمینی روسی همچنین موفقیت‌هایی علیه پهپادهای ترکیه‌ای فعال در استان ادلب سوریه کسب کردند.[۷]

با این حال، سامانه‌های پانتسیر-اس۱ روسی و سوری که به طور جداگانه کار می‌کردند، اغلب در برابر پهپادهای ترکیه در شمال سوریه عملکرد خوبی نداشتند؛ شاید به این دلیل که با کمک جنگ الکترونیکی ترکیه کور می‌شدند.[۸] علاوه بر این، برخی از پانتسیرهای سوری که نابودشده ممکن است مدل‌های صادراتی نامرغوب بوده و خدمه سوری آنها نیز کم‌تجربه بوده باشند و همین آن‌ها را در برابر استفاده تهاجمی از جنگ الکترونیک ترکیه آسیب‌پذیر کرده است.[۹] روسیه هم از قرار ده‌ها پهپاد شناسایی اورلان-۱۰ را در برابر پدافندهای هوایی ترکیه و نیروهای شورشی سوری از دست داده است.[۱۰]

برای عملیات‌های ضدپهپادی روسیه و ترکیه، جنگ الکترونیک بسیار حیاتی بود. سامانه سیار جنگ الکترونیک کراسوخا-۴ روسیه سیستم ارتباطی پهپادهای شناسایی و پهپادهای رزمی را که در ارتفاع کم و متوسط عملیات می‌کردند، از قرار در بردهای بیش از ۱۵۰ کیلومتر، از کار می‌انداخت.[۱۱] سامانه جنگ الکترونیک کورال ترکیه هم ظاهرا از داخل ترکیه از پهپادهای این کشور در عملیات‌های «سرکوب و نابودی دفاع هوایی دشمن» در شمال سوریه حمایت می‌کرد.[۱۲] سامانه کورال احتمالا دلیل توانایی ترکیه برای اداره پهپادهایش در منطقه پوشش سامانه‌های پانتسیر سوری بود، بدون اینکه رهگیری شوند. این عملا به ترکیه امکان داد تا پهپادهای خود را به صورت نیروی هوایی متعارف استفاده کند، و حملات هوا-به-هوا و هوا-به-زمین در شمال سوریه انجام دهد.[۱۳]

درگیریهای هوا-به-هوا عامل نابودی شمار کمتری از پهپادها بوده است. هواپیماهای سوری پهپادهای اردنی را با موشک‌های هوا-به-هوا در ژوئن ۲۰۱۷ سرنگون کردند اما علیه پهپادهای ترکیه در شمال سوریه کمتر موثر بودند.[۱۴] ترکیه با استفاده از هواپیمای بوئینگ ای-۷تی پیس ایگل آواکس (سامانه کنترل و هشدار هوابرد) عملیات‌های پهپادی خود را از آن سوی مرز حمایت می‌کرد و اف-۱۶ها را برای شلیک موشک تا فراتر از برد بصری به سمت هواپیمای سوخو-۲۴ سوری، که می‌خواستند پهپادهای ترکیه را بر فراز سوریه رهگیری کنند، هدایت می‌کرد.[۱۵]

در مجموع، از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰، پدافندهای روسی در سوریه از قرار بیش از ۱۵۰ پهپاد را از کار انداخته اند.[۱۶] تجربه روسیه در دفاع از پایگاه هوایی حمیمیم بر مفهوم فعلی عملیات‌های ضدپهپادش به شدت تاثیر گذاشت و پایه‌ای برای آموزش ضدپهپاد در تمام ارتش روسیه در سطح دسته، گروهان، گردان، و تیپ فراهم کرد.[۱۷] گفته شده از سال ۲۰۱۹، تمام رزمایش‌های نظامی مهم روسیه شامل مانورهای شبیه‌سازی دفع حملات از سوی اسکادران‌های پهپادی، با تکیه بر جنگ الکترونیک به عنوان عنصر کلیدی، بوده است.[۱۸] افسران لجستیک، تعمیر و نگهداری، و حتی آشپزها در تاکتیک‌های ضدپهپادی آموزش می‌بینند، و آموزش ضدپهپادی حالا در تمام سرویس‌های نظامی روسیه اجباری است.[۱۹]

عربستان سعودی، یمن، ۲۰۱۵ تا امروز

در جنگ یمن، عربستان سعودی حین دفاع از مرزهای طولانی و اهداف صنعتی پراکنده و مراکز جمعیتی خود در برابر حملات پهپادی تجربه وسیعی ــ هر چند به بهای گزاف[۲۰] ــ کسب کرد.[۲۱] حوثی‌ها در حملات‌شان علیه عربستان اتکای بسیاری به پهپاد داشتند ــ از سال ۲۰۲۱، تقریبا دو-سوم حملات آن‌ها شامل پهپاد بود[۲۲] ــ و عمدتا از پهپادهای خانواده «قاصف-۱/۲کِی» و «صمّاد-۱/۲/۳» ایران استفاده می‌کردند.

عربستان، با تلاش متمرکز برای مقابله با این تهدید، ادعا کرد که

۹۰ درصد پهپادها را رهگیری کرده است،[۲۳] که نتیجه یکپارچه‌سازی رادارهای زمینی سطح پایین، هواپیمای آواکس، و جنگنده‌های اف-۱۵ آن بود. نیروی هوایی سلطنتی سعودی یکی از تنها سه کشوری در خاورمیانه است که هواپیمای آواکس در اختیار دارد، و یک اسکادران متشکل از پنج بوئینگ ای-۳اِی سنتری (E-3A Sentry) ساخت آمریکا و دو هواپیمای آواکس ساب ۲۰۰۰ ایری‌آی (Erieye) را اداره می‌کند.[۲۴] افزون بر این، در فوریه ۲۰۲۰، بریتانیا رادارهای سیار ساب جیراف (Saab Giraffe) را به عربستان اعزام کرد، که یک تصویر هوایی شبکه‌ای ۳۶۰درجه فراهم می‌کنند.[۲۵] فرانسه هم ظاهرا با تهیه‌کردن رادارهای نامشخصی از گروه تالس (احتمالا گراند مستر) پوشش بیشتری فراهم کرد.[۲۶] اف-۱۵های نیروی هوایی سعودی مسلح به موشک‌های هوا-به-هوای پیشرفته و رادارهایی است که قادر به شناسایی پهپادهای کوچک است؛ گرچه راه‌حلی موثر اما پرهزینه برای مقابله با تهدید پهپاد به شمار می‌رود.[۲۷]

حوثی‌ها از مجموعه‌ای از سامانه‌های سام برای دفاع در برابر پهپاد استفاده می‌کنند؛ از جمله موشک‌های تغییریافته آر-۲۷ هوا-به-هوا و سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره (MANPADS) که قبلا به نیروی هوایی یمن تعلق داشت، به علاوه سام‌های ایرانی میثاق-۲ که از روی شانه پرتاب می‌شود.[۲۸] فقط تا پایان سال ۲۰۱۵، حوثی‌ها موفق شدند دوازده پهپاد ائتلاف را سرنگون کنند.[۲۹] از آن زمان تاکنون چندین پهپاد رزمی ساخت آمریکا از جمله ام‌کیو-۹بی را هم با استفاده از سام‌ها سرنگون کرده‌اند.

یک ناکامی مهم سعودی در ۱۴ سپتامبر ۲۰۱۹ اتفاق افتاد؛ در آن زمان ایران هجده پهپاد و هفت موشک کروز را به تاسیسات فرآوری سعودی آرامکو در بقیق پرتاب کرد که موجب شد نیمی از تولید روزانه نفت این کشور و ۵ درصد تولید روزانه نفت جهان متوقف شود.[۳۰] موشک‌های سام پاتریوت سعودی که وظیفه محافظت از سایت‌های یادشده را داشتند از قرار نتوانستند با پهپادهایی که نزدیک می‌شدند درگیر شوند[۳۱] ــ گرچه پاتریوت به هیچ وجه برای مقابله با پهپادهای کوچک مانورپذیر که در ارتفاعات کم پرواز می‌کنند طراحی نشده است.[۳۲] افزون بر این، رادارهای پاتریوت گویا میدان دید نسبتا باریک ۱۲۰ درجه دارند که لازم است برای پاسخ موثر به سمت قابل انتظار حمله جهت داده شوند.[۳۳] با توجه به آنکه بیشتر حملات موشکی و پهپادی از زمان آغاز جنگ در سال ۲۰۱۵ از سمت جنوب نشأت گرفته بود، آتشبارهای پاتریوت سعودی به همان سمت جهت‌گیری کرده بودند،[۳۴] و رادارهای پاتریوت، بنابرین، قادر به شناسایی و پاسخ به حمله‌ای از سمت شمال‌شرق نبودند.

برای رفع این کمبود، چندین هفته بعد چهار رادار سنتینل اِی.ان/ام.پی.کیو۶۴ آمریکایی، و سامانه‌های راداری فرانسوی و بریتانیایی یادشده ارسال شد تا با ایجاد پوشش ۳۶۰ درجه‌ای، پدافند در مقابل

هواپیماهای اف-۱۵اس.اِی نیروی هوایی سلطنتی سعودی

بقایای موشک‌های کروز ایرانی و پهپادهای انتحاری شاهد-۱۳۱ که برای حمله به تاسیسات نفتی آرامکوی سعودی استفاده شد؛ در یک کنفرانس خبری در ریاض. ۱۸ سپتامبر ۲۰۱۹. منبع: رویترز/ حمد آی محمد

موشک‌های کروز و پهپادها تقویت شود.[۳۵] آمریکا و عربستان از آن زمان مانورهای مشترک ضدپهپاد عمدتا از پایگاه هوایی شاهزاده سلطان نزدیک ریاض انجام داده‌اند.[۳۶] افزون بر این، در مارس ۲۰۲۳، آمریکا و عربستان اولین مانور مشترک ضدپهپاد خود را در «مرکز آزمایش یکپارچه شن‌های سرخ» ــ یک سایت آموزش منطقه‌ای جدید که برای آزمایش تکنولوژی‌های ضدپهپادی جدید و موجود در پادشاهی تاسیس شده ــ با موفقیت به انجام رساندند.[۳۷]

لیبی، ۲۰۱۴ تا امروز

در سال ۲۰۱۹، غسان سلامه نماینده ویژه سازمان ملل در امور لیبی جنگ لیبی را «بزرگ‌ترین جنگ پهپادی... در دنیا» خواند چرا که از آغاز نبردها در سال ۲۰۱۴ بیش از یک هزار حمله هوایی را شاهد بوده است.[۳۸] هر دو طرف نبرد از پهپادها و پدافندهای هوایی که ساخته نیروهای خارجی و تحت مدیریت آن‌ها بود استفاده کردند؛ «دولت وفاق ملی لیبی» عمدتا به پهپاد بیرقدار تی.بی۲ که ترکیه تامین و مدیریت می‌کرد متکی بود و «ارتش ملی لیبی» عمدتا پهپاد وینگ لونگ ۲/۱ ساخت چین را که از سوی امارات تامین می‌شد به میدان می‌فرستاد.[۳۹] هر دو طرف همچنین از پهپادهای کوچک تجاری برای شناسایی استفاده می‌کردند، اما نهایتا معلوم شد که این پهپادها نامطمئن و در برابر پارازیت آسیب‌پذیر هستند.[۴۰]

در مجموع، عملیات‌های ضدپهپادی نرخ فرسایش بالایی برای پهپادها در لیبی به بار آورد. پهپادهای وینگ لونگ ۲/۱ ساخت چین و سامانه‌های پانتسیر-اس۱ ساخت روسیه ــ که به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹ از سوی امارات تامین شد[۴۱] ــ به ارتش ملی لیبی برتری تاکتیکی مهمی نسبت به دولت وفاق ملی لیبی داد.[۴۲] تا سپتامبر ۲۰۱۹، ارتش ملی لیبی پهپادهای ساخت ترکیه را که تحت مدیریت دولت وفاق ملی بود تقریبا قلع و قمع کرد، و دولت

وفاق ملی عمدتا با توپ‌های ضدهوایی نامرغوب و سامانه‌های پدافند هوایی دوش-پرتاب فقط تعدادی از پهپادهای ارتش ملی لیبی را سرنگون کرد.[۴۳] با این حال تا ژانویه ۲۰۲۰، نه ماه بعد از آغاز تهاجم ارتش ملی لیبی به طرابلس، ترکیه یک پدافند یکپارچه چندلایه[۴۴] را در پایگاه‌های هوایی مصراته و میتیگا متعلق به دولت وفاق ملی مستقر کرد که به دولت وفاق ملی امکان داد تا به طور مرتب پهپادهای ارتش ملی را بر فراز مناطقی که در شمال‌غرب لیبی کنترل می‌کرد سرنگون کند.[۴۵]

پدافندهای زمینی دولت وفاق ملی شامل سامانه‌های سام «هاوک» و «حصار» و سامانه‌های ضدهوایی خودران «کورکوت» می‌شد که ترکیه فراهم می‌کرد.[۴۶] ترکیه همچنین سامانه‌های رادار زمینی، دریایی، هوایی، و هشدار بهنگام ارسال کرد. روی زمین، دولت وفاق ملی رادارهای ۳۶۰ درجه‌ای اِی.ان/ام.پی.کیو۶۴ سنتینل (AN/MPQ-64) را مستقر کرد که آرایه امواج فازبندی‌شده دارند.[۴۷] در دریا ناوچه‌های کلاس «گابیا»ی ترکیه با استفاده از رادارهای پایش هوایی دوربرد ای.ان/اس.پی.اس-۴۹، توانمندی هشدار بهنگام برای دولت وفاق ملی فراهم کردند.[۴۸] در هوا، ترکیه از هواپیماهای آواکس مثل بوئینگ ای-۷تی پیس ایگل استفاده کرد که نزدیک ساحل طرابلس پرواز می‌کردند.[۴۹] برای جنگ الکترونیک، در اوایل سال ۲۰۲۰ ترکیه سامانه کورال خود را در پایگاه هوایی میتیگا مستقر کرد،[۵۰] که نه تنها قادر بود در عملیات‌های وینگ لونگ اماراتی اختلال ایجاد کند که همچنین نشان داد در ایجاد اختلال و هدف‌گیری سامانه‌های پانتسیر سام نیز کارآمد است.[۵۱] دولت وفاق ملی همچنین پهپاد پرسه‌زن، چرخبال و خودکار کارگو-۲ تولید شرکت اس.تی.ام ترکیه را در سامانه‌های خود ادغام کرد تا کاروان‌های لجستیک و یگان‌های در حال عقب‌نشینی ارتش ملی لیبی را تعقیب و نابود کند.[۵۲] در حالی که تیم کارشناسان سازمان ملل مدعی است که کارگو-۲ واقعا یک سامانه خودکار است، اس. تی.ام ادعا می‌کند که اپراتور انسانی همیشه در جریان عملیات حضور دارد.[۵۳]

سامانه اصلی ارتش ملی لیبی در پدافند زمینی، که برای مقابله با پهپادها استفاده می‌شد، از جمله پانتسیر-اس۱، گویا به دست خدمه مزدور گروه روسی واگنر و نیروهای بی‌تجربه لیبیایی اداره می‌شد.[۵۴] از نوامبر ۲۰۱۹ تا مارس ۲۰۲۰، ارتش ملی لیبی مدعی بود سامانه‌های پانتسیر آن دست‌کم شانزده هواپیمای ترکیه‌ای را سرنگون کردند و در مجموع عامل نابودی بیش از نیمی از کل بیست و چهار پهپاد ترکیه‌ای سرنگون‌شده در لیبی هستند.[۵۵]

با این حال، به رغم موفقیت اولیه، معلوم شد که پانتسیرهای ارسال شده به لیبی ــ مثل آن‌هایی که به سوریه فرستاده شد ــ در برابر جنگ الکترونیک ترکیه و پهپادهای بیرقدار تی.بی۲ و بمب‌های هدایت‌شده لیزری مام-ال (MAM-L) و مام-سی (MAM-C) آسیب‌پذیر هستند.[۵۶] پانتسیرها اغلب نه تنها هنگام عملیات در میدان نبرد بلکه در هنگام غیرعملیاتی بودن هم هدف گرفته می‌شدند، مثل زمانی که در آشیانه پارک شده بودند یا در هنگام حمل‌ونقل روی تریلرهای تخت.[۵۷] این امر یک مزیت کلیدی پهپادها یعنی توانمندی

در لیبی؛ بقایای یک پهپاد رزمی وینگ لونگ ۲ ساخت چین تحت مالکیت و اداره امارات

هدف‌گیری مستمر را نشان می‌دهد؛ چون پهپادها می‌توانند بر فراز میدان نبرد پرسه بزنند و در آسیب‌پذیرترین موقعیت به اهداف خود حمله کنند. پانتسیرها هم گاهی با اشباع حملات می‌شدند، چون ترکیه هر از گاه به طور همزمان با نیم دوجین پهپاد یا بیشتر حمله می‌کرد.[۵۸] در چند مورد، سامانه پانتسیر-اس۲ نتوانست با پهپادهای ترکیه‌ای درگیر شوند و، دست‌کم در یک مورد، آرایش رادار آن درست پیش از نابودشدن، در حال چرخش مشاهده شد که نشان می‌داد روشن و در حال کار است.[۵۹] تا پایان می ۲۰۲۰، خدمه‌های پانتسیر با سوییچ کردن به حسگرهای چشم الکترونیکی غیرعامل تا حدی دفاع خود را ارتقا دادند، و در نتیجه آسیب‌پذیری خود را در برابر پارازیت سامانه‌های جنگ الکترونیک کورال کمتر کردند.[۶۰]

ناگورنو-قره‌باغ، سپتامبر- نوامبر ۲۰۲۰

در جنگ ناگورنو-قره‌باغ در سال ۲۰۲۰، آذربایجان از پهپاد رزمی بیرقدار تی.بی۲ ساخت ترکیه و مهمات پرسه‌زن هاروپ ساخت اسرائیل استفاده کرد و تقریبا تمام لایه‌های پدافند هوایی ارمنستان را در صحنه عملیات شکست داد.[۶۱] پهپادهای آذربایجان به طور مرتب پدافندهای هوایی ارمنستان را نابود می‌کردند[۶۲] که غالبا در فضای باز و بدون استتار یا دیگر تدابیر دفاعی روی زمین استقرار داشتند.[۶۳] روی‌هم‌رفته، آذربایجان ۶۵ درصد سامانه‌های دفاع هوایی ارمنستان را که در ناگورنو-قره‌باغ مستقر بود نابود کرد.[۶۴] در مقایسه،[۶۵] ارمنستان فقط دو تی.بی۲ را در کل دوره درگیری سرنگون کرد.[۶۶] هواپیماهای جنگنده چندمنظوره و سرنشین‌دار هم عمدتا در آسمان غایب بودند و این به پهپادها امکان داد بدون مانع به عملیات بپردازند.[۶۷]

آذربایجان همچنین هواپیماهای قدیمی و چهارباله آنتونوف-۲ دوران شوروی را به هواپیماهای کنترل از راه دور تبدیل کرد و آن‌ها را به عنوان طعمه به منطقه درگیری پدافند هوایی ارمنستان فرستاد.[۶۸] وقتی سام‌های ارمنستان فعال و با این هواپیماها درگیر می‌شدند، هاروپ‌های آذربایجان که بر فراز آن‌ها پرسه می‌زدند، با استفاده از حسگرهای چشم الکترونیک/فروسرخ خود رادارهای ارمنستان را مکان‌یابی و با حمله انتحاری نابود می‌کردند.[۶۹] بیرقدارهای تی.بی۲ داده‌های هدف‌گیری را به توپخانه‌های آذربایجانی ارسال می‌کردند و/یا به شلیک بمب‌های هدایت‌شونده لیزری برای نابودی سامانه‌های ارمنستان می‌پرداختند.[۷۰] آذربایجان استفاده از جنگ الکترونیک را در ناگورنو-قره‌باغ علنا تایید نکرده ولی مثل جبهه‌های سوریه و لیبی، تی.بی۲های آذربایجان شماری از سامانه‌های دفاعی ارمنستان را در حالی که رادارهای آن‌ها فعال بود نابود کردند که این امر از استفاده ترکیبی از جنگ الکترونیک و پهپادها حکایت دارد.[۷۱]

سامانه‌های ارضی پدافند هوایی ارمنستان عمدتا از سامانه‌های سیار و منسوخ دوران شوروی برای موشک‌های سام تشکیل شده بود[۷۲] (عمدتا سامانه‌های SA-۸[۷۳]) که معلوم شد از بیشتر سامانه‌های روسی مدرن‌تر -که در سوریه مستقر شده- توانمندی کمتری دارند. در مجموع، سامانه‌های ارمنستانی پیوسته از شناسایی، ردگیری، و

پهپاد رزمی بیرقدار تی.بی ۲ ترکیه با بمب‌های هدایت‌شونده لیزری مام-ال (*MAM-L*). منبع: اوریکس

هدف‌گیری پهپادهای آذربایجانی ناتوان بودند.[۷۴] سامانه‌های SA-10 و SA-11 ارمنستان فاقد توانایی شبکه‌سازی از رادارهای پراکنده برای تولید یک تصویر عملیاتی واحد بودند.[۷۵] سامانه‌های SA-4، SA-6، SA-8، و SA-13 گویا می‌توانستند پهپادهای آذربایجانی را شناسایی کنند اما نمی‌توانستند آن‌ها را رهگیری کنند[۷۶] و در برابر جنگ الکترونیک دشمن آسیب‌پذیر بودند.[۷۷] سام‌های SA-11 و SA-15 ارمنستان و سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره چند پهپاد آذربایجانی را سرنگون کردند اما آنقدر دیر وارد جنگ شدند که تاثیر مهمی نداشت.[۷۸] سامانه‌های ضدهواییِ خودران ارمنستان از قبیل زسو-۲۳-۴ شیلکا، یا خودروهای زرهی سبک چندمنظوره مجهز به توپ‌های ضدهوایی، بدون رادارهای ارتقایافته و دوربین‌های الکترونیک/فروسرخ عمدتا بی‌اثر بودند.[۷۹]

در عین حال، استفاده ارمنستان از سامانه‌های جنگ الکترونیک پول-۲۱ (Pole-21) که روسیه تدارک کرده بود در مختل کردن پهپادهای آذربایجانی بسیار موثر از کار در آمد.[۸۰] ارمنستان یک مجموعه سیار جنگ الکترونیک ریپلنت (Repellent) در اختیار داشت، اما بنا به گفته نخست‌وزیر نیکول پاشینیان، عمل نکرد و در نبرد نابود شد.[۸۱] در شمال‌غرب ارمنستان، روسیه در پایگاه نظامی خود در گیومری سامانه سیار جنگ الکترونیک کراسوخا را مستقر کرد. برخی گزارش‌ها ادعا می‌کنند کراسوخا دست‌کم نُه بیرقدار تی.بی۲ را سرنگون کرده است،[۸۲] هرچند با توجه به آنکه گیومری تقریبا ۲۵۰ کیلومتر دور از میدان نبرد اصلی است و احتمالا خارج از برد موثر کراسوخا قرار دارد، معلوم نیست آیا این ادعا اعتبار دارد یا نه.

اوکراین، فوریه ۲۰۲۲ تا امروز

پدافندهای پهپادی اوکراین در جنگ علیه روسیه عمدتا از سه لایه تشکیل می‌شود: جت‌های جنگنده مسلح به موشک‌های هوا-به-هوا؛ پدافندهای هواییِ روی زمین شامل سام‌ها و توپ‌های ضدهوایی؛ و سربازان مجهز به سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره و مسلسل‌های سنگین. پیش از جنگ، عمده موجودی اوکراین منحصرا از سامانه‌های ارضی پدافند هوایی تشکیل می‌شد؛ شبیه آن‌هایی که در سوریه، لیبی، و ناگورنو-قره‌باغ استفاده شد. با گذشت زمان، با ورود سامانه‌های پدافند هوایی پیشرفته غربی، از قبیل «سامانه پیشرفته موشک زمین-به-هوای ملی آمریکا» (ناسام)، ایریس-تی اس.ال.ام (IRIS-T SLM)، وَمپایر، اَونجر، استینگر، و گپارد، اوکراین به یک معماری پدافند هوایی چندلایه، کارآمدتر، گسترده‌تر و یکپارچه رسید.[۸۳] بر اساس تخمین‌های انتشاریافته از تجهیزات منهدم‌شده،[۸۴] اوکراین تاکنون نشان داده که در سرنگون‌سازی پهپادهای رزمی روسی به شکلی فزاینده تبحر یافته است،[۸۵] در حالی که سامانه‌های جنگ الکترونیک روسی گویا هر ماه هزاران پهپاد اوکراینی را سرنگون می‌کنند که بیشترشان احتمالا پهپادهای تجاری شناسایی، ارزان و یکبار مصرف هستند.[۸۶]

نیروهای اوکراینی با پهپادهای رزمی بیرقدار تی.بی۲ که ترکیه تدارک می‌کند و پهپادهای شناسایی کوچک‌تر عملیات کرده‌اند، در حالی که نیروهای روسی عمدتا از پهپاد شناسایی اورلان-۱۰ روسی، پهپاد انتحاری لنست-۲/۱، و پهپاد تهاجمی بی‌بازگشت شاهد-۱۳۶/۱۳۱ (نام روسی: گران-۲/۱) ساخت ایران استفاده کرده‌اند، که این مورد آخر شش ماه بعد از تهاجم وارد میدان شد. هر دو طرف از مهمات پرسه‌زن با درجات مختلفی از کارآیی،[۸۷] و هزاران پهپاد کوادکوپتر تجاری ارزان و یکبار مصرف استفاده می‌کنند که عمدتا مدل دی.جی.آی ماویک ساخت چین است، و کارکردهای متنوعی از قبیل شناسایی، دیدبانی توپخانه، و بمباران دارد.[۸۸] کوادکوپترهای تجاری همچنین از قرار برای سرنگون کردن کوادکوپترهای دشمن در آسمان استفاده شده‌اند.[۸۹]

در چند ماه اول تهاجم، بیرقدارهای تی.بی۲ اوکراین ده‌ها ستون نقلیه نظامی و تجهیزات روسیه را در حال حرکت در جاده‌ها نابود کردند،[۹۰] و همزمان نیروی زمینی اوکراین دست‌کم چهل‌وپنج پهپاد شناسایی اورلان-۱۰ روسی را سرنگون کرد یا از کار انداخت.[۹۱] قابل توجه آنکه عکس‌های انتشاریافته از پهپادهای سرنگون شده اورلان-۱۰ نشان می‌داد که بیشتر آن‌ها سالم هستند که این امر حاکی از آن است که در سرنگونی آنها از جنگ الکترونیک استفاده شده است و نه پرتابه‌های پدافندی.[۹۲]

نیروهای روسی اولین تی.بی۲ را در میانه مارس ۲۰۲۲ سرنگون کردند،[۹۳] و در پنج ماه اول جنگ گویا حدود ۹۰ درصد تمام پهپادهای اوکراینی را که به سمت آن‌ها پرتاب شده بود نابود کردند.[۹۴] آن‌ها از جنگ الکترونیک نیز برای ردیابی و ازکاراندازی پهپادهای اوکراینی استفاده موثری کردند. پهپادهای اوکراینی، از کوادکوپترهای تجاری تا مدل‌های بال ثابت بزرگ،[۹۵] به طور میانگین ظاهرا عمر بسیار کوتاهی داشتند؛ به ترتیب سه و شش پرواز.[۹۶] تا تابستان ۲۰۲۲، روسیه به مناطق شرق اوکراین نفوذ کرده بود و به طور موثر به یکپارچه‌سازی رادارهای هشدار بهنگام،[۹۷] سامانه‌های ارضی پدافند هوایی، و جنگ الکترونیک پرداخت تا از آن برای شناسایی،

مختل کردن، و ازکارانداختن پهپادهای اوکراینی استفاده کند.[۹۸] بنا به گفته یک خلبان اوکراینی، با یکپارچگی روزافزون پدافندهای روسی، تی.بی۲ «تقریبا بلااستفاده» شد، و خلبان‌های اوکراینی مجبور شدند تی.بی۲ را به طور گزینشی‌تر برای عملیات‌های ویژه استفاده کنند.[۹۹]

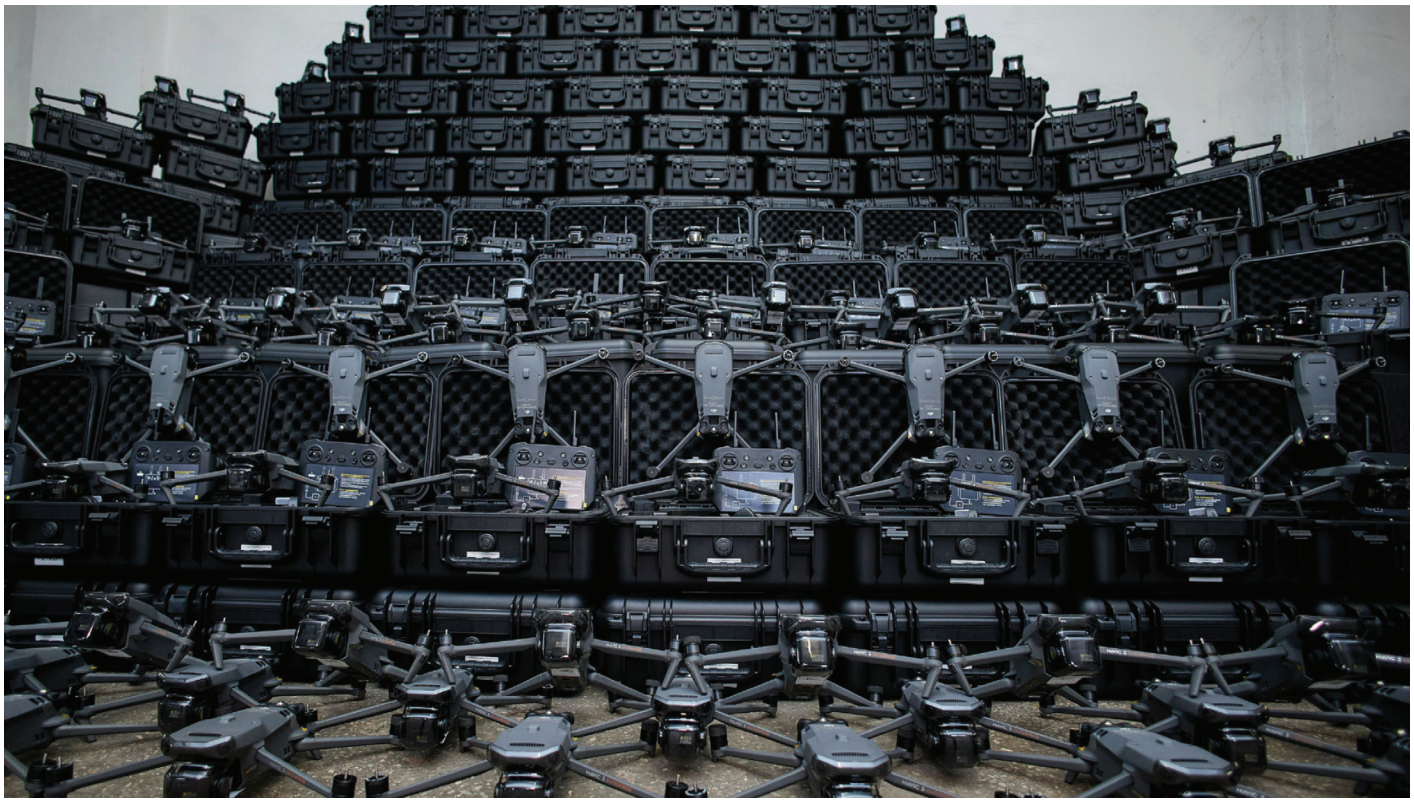
سامانه جنگ الکترونیک ریپلنت روسی، همچنان که در مورد ارمنستان یاد شد، عمدتا بی‌فایده بود.[۱۰۰] سامانه‌های جنگ الکترونیک توانمندتر روسی، مثل کراسوخا، که رادار و عوامل ارتباطی تی.بی۲ها را دچار پارازیت و اختلال می‌کند، گاهی به همان اندازه در کار نیروها و تجهیزات خود روسیه اختلال ایجاد کرده‌اند.[۱۰۱] در عین حال، سامانه‌های جنگ الکترونیک آر-۳۳۰زی.اچ. ژیتل (R-330Zh Zhitel) در پارازیت‌اندازی به سیگنال‌های جی.پی.اس، که پهپادهای تی.بی۲ و دی.جی.آی ماویکس برای ناوبری به آن‌ها وابسته اند، موثر بوده‌اند.[۱۰۲]

نیروهای روسی همچنین از پهپادهای اورلان-۱۰، با تاکتیک‌های مشابه آنچه نیروهای آذربایجانی در ناگورنو-قره‌باغ در عملیات‌های سرکوب و نابودی دفاع هوایی دشمن انجام می‌دادند، به طور موثر استفاده کردند.[۱۰۳] پرواز پهپادهای اورلان-۱۰ به مناطق درگیری پدافند هوایی اوکراین باعث فعال شدن رادارهای کنترل آتش سام‌های اوکراینی می‌شد و وقتی محل آن‌ها افشا می‌شد، اورلان-۱۰ سامانه‌های افشاشده را با استفاده از جنگ الکترونیک مختل می‌کردند و مختصات جغرافیایی آن‌ها را به توپخانه روسیه می‌فرستادند تا این سامانه‌ها را نابود کند.[۱۰۴] این امر سامانه‌های سام برد کوتاه تا متوسط اوکراین از قبیل SA-8 و SA-11 را وادار می‌کرد تا بیشتر به پشت خطوط مقدم عقب‌نشینی کنند تا از خسارت‌های خود بکاهند.[۱۰۵]

برای اوکراین سامانه‌های ارضی پدافند هوایی غربی نقشی کلیدی در افزایش نرخ رهگیری پهپادها داشته است. نیروهای اوکراینی ادعا می‌کنند موشک‌های حرارت‌یاب ایریس-تی اس.ال.ام که آلمان تدارک می‌کند، از زمان ارسال در اکتبر ۲۰۲۲ هر پرتابه‌ای را که با آن روبه‌رو شده‌اند سرنگون کرده‌اند. همزمان بنا به گفته لوید آستین، وزیر دفاع آمریکا، سامانه‌های ناسام که آمریکا تدارک می‌کند، «نرخ موفقیت ۱۰۰ درصد» در اوکراین داشته‌اند.[۱۰۶] آمریکا احتمالا مدل ناسام-۲ را به اوکراین داده که به سامانه مخابراتی ۱۶ کاناله استاندارد ناتو مجهز است،[۱۰۷] و به ناسام‌ها توانایی عملیاتی مشترک با دیگر سام‌ها از قبیل پاتریوت آمریکا و ایریس-تی اس.ال.ام آلمان می‌دهد.[۱۰۸] حسگرهای مربوط به یک سامانه، از جمله هواپیماهایی که بیرون حریم هوایی اوکراین پرواز می‌کنند،[۱۰۹] وقتی به درستی یکپارچه شده باشند، می‌توانند داده‌های هدف‌گیری را فراهم و ارائه کنند تا سامانه دیگری رهگیری را انجام دهد.

بنا به گفته ژنرال بوریس کرمنتسکی، وابسته نظامی اوکراین در

بقایای یک پهپاد انتحاری لنست روسی در اوکراین که نتوانست به حصار توری محافظ اطراف یک توپ خودکششی هوویتزر نفوذ کند و پیش از موقع منفجر شد. منبع: کریگسفورشر



ده‌ها پهپاد شناسایی دی.جی.آی ماویک ۳تی که به ارتش اوکراین داده شده است؛ مارس ۲۰۲۳. منبع: میخایلو فدوروف

آمریکا، ضدهوایی خودران گپارد آلمان، به‌علاوه سامانه‌های زسو-۲۳-۴ (ZSU-23-4) و SA-8، در مقابله با پهپادها «موفق» بوده‌اند.[۱۱۰] تحلیلی از «انستیتو رویال یونایتد سرویسز» بریتانیا هم مدعی است که گپارد بسیار کارآمد است، در حالی که سامانه‌های SA-19 دوران شوروی و زسو-۲۳-۴ (که در اختیار اوکراین است) به سختی می‌توانستند پهپادهای شاهد-۱۳۶ ایرانی، یا هواپیماهای روسی را که در ارتفاع پایین پرواز می‌کنند، ساقط کنند.[۱۱۱] اوکراین همچنین سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره را به تمام یگان‌های خود ارسال کرد و از آن‌ها علیه پهپادهای شاهد-۱۳۶ و نیز علیه هواپیماهای روسی که در ارتفاعات کم پرواز می‌کردند به شکل موثر استفاده کرد.[۱۱۲] رایج‌ترین سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره ارسال شده به نیروهای اوکراینی SA-18 است، اما این نیروها اکنون مجموعه‌ای از سامانه‌های پدافند هوایی غربی را در اختیار دارند؛ از جمله استینگر آمریکایی، مارتلت و استاراستریک بریتانیایی، میسترال فرانسوی، و پیورون لهستانی.[۱۱۳]

طی جنگ، اوکراین مدعی شده است که نرخ رهگیری پهپادهای شاهد-۱۳۶ ایران، از ۷۰ درصد در اکتبر ۲۰۲۲ به ۱۰۰ درصد تا ژانویه ۲۰۲۳ افزایش یافته است.[۱۱۴] بازیگران غربی هم درحال برداشتن گام‌هایی هستند تا اطمینان حاصل شود که اوکراین برتری خود را حفظ می‌کند. مدت کوتاهی بعد از آنکه آمریکا در ۲۱ دسامبر ۰۲۲۲ قول داد یک آتشبار موشکی پاتریوت را به اوکراین بدهد،[۱۱۵] شصت‌وپنج سرباز نخبه اوکراینی آموزش خود را در فورت سیل در اوکلاهما آغاز کردند.[۱۱۶] نخستین آتشبار پاتریوت آمریکا در ۱۹ آوریل ۲۰۲۳ به اوکراین رسید،[۱۱۷] و بلافاصله به کار گرفته شد. افزون بر این، آلمان و هلند هر کدام قول دادند که به ترتیب یک و دو آتشبار موشکی پاتریوت به اوکراین بدهند.[۱۱۸]

نتیجه‌گیری

هیچ‌گونه راه حل معجزه‌آسایی ضدپهپادها وجود ندارد. کارآمدترین دفاع علیه پهپادها در حال حاضر عبارت است از ترکیب سامانه‌های چندلایه و یکپارچه با توانایی عملیاتی مشترک که قادر به پوشش ۳۶۰درجه باشد و از انواعی از راه‌حل‌های مقابله سخت و نرم استفاده کند؛ از توپخانه ضدهوایی، موشک‌های رهگیری زمین-به-هوا و هوا-به-هوا تا سامانه‌های جنگ الکترونیک.

ژنرال شان گینی، مدیر سابق اداره تازه‌تاسیس «مقابله مشترک با سامانه‌های پروازی بی‌سرنشین کوچک»، «بهترین راه» برای مقابله با پهپادها را «رویکرد سامانه سامانه‌های چندلایه به عنوان شیوه رایج

فرماندهی و کنترل» می‌داند و می‌افزاید که در میدان‌های نبرد امروز «هیچ توانمندی واحدی وجود ندارد که مجموعه تهدیدات [پهپادی] را از بین ببرد».[۱۱۹]

تجارب اپراتورهای پهپاد در جنگ‌های دیگر به طور کلی این یافته‌ها را تایید می‌کند. مثلا اسرائیل شماری از پهپادها را با استفاده از انواعی از سامانه‌های مقابله سخت و نرم سرنگون کرده است. در مارس ۲۰۲۱، جنگنده‌های اف-۳۵آی دو پهپاد ایرانی شاهد-۱۹۷ را ــ که یکی از جنوب و دیگری از شرق نزدیک می‌شد[۱۲۰] ــ بر فراز کشورهای همسایه در هماهنگی با این کشورها سرنگون کردند پیش از آنکه پهپادها بتوانند وارد حریم هوایی اسرائیل شوند. در جولای ۲۰۲۲، اسرائیل سه پهپاد حزب‌الله را در حالی که به دکل‌های گاز برون‌کرانه‌ای مجاور میدان گاز طبیعی کاریش در شرق مدیترانه نزدیک می‌شدند با جنگنده‌های اف-۱۶ و موشک‌های زمین به هوای باراک ۸ که از رزم‌ناو آی.ان.اس ایلات شلیک شد سرنگون کرد.[۱۲۱] و در مارس ۲۰۲۳، اسرائیل یک پهپاد حماس را بر فراز غزه با استفاده از رهگیرهای «گنبد آهنین» سرنگون کرد.[۱۲۲]

با این حال، بسیاری از موفق‌ترین موارد مقابله با پهپاد که در این جستار مطرح شد شامل دفاع از اهداف مشخص از قبیل پایگاه‌های نظامی بود. یگان‌ها و تاسیسات بیرون از چتر پدافندهای یکپارچه کماکان آسیب‌پذیرتر هستند ــ دست‌کم فعلا. علاوه بر این، هیچ‌کدام از بازیگران درگیر در جنگ‌های موردبحث گویا از سامانه‌های اختصاصی ضدپهپاد استفاده نکرده‌اند، و به جای آن بیشتر بر پلتفرم‌های پدافند هوایی قدیمی تکیه داشته‌اند که برای سرنگون‌سازی موشک‌های بالستیک و هواپیماهای متعارف طراحی شده‌اند. هر چند این سامانه‌ها می‌توانند دفاع کافی علیه پهپادهای بزرگ فراهم کنند، در نهایت برای استفاده علیه تعداد زیادی از پهپادهای کوچک بیش‌ازحد گران در می‌آیند.

در مقابل، ارتش آمریکا هم‌اکنون چندین پلتفرم ضدپهپادی اختصاصی را به تمام سرویس‌های خود فرستاده است، از جمله کویوت (Coyote) و ال-مادیس (L-MADIS)، به اضافه شماری از تولیدات نمونه آزمایشی، مثل هلیوس (HELIOS)، که در حال تست عملیاتی در میدان هستند. «گنبد پهپادی» اسرائیل هم که یک سامانه ضدپهپادی قادر به استفاده از راه‌حل‌های سخت و نرم برای مقابله با انواعی از پهپادها است، اکنون در شماری از کشورهای ناتو

ده‌ها پهپاد شناسایی دی.جی.آی ماویک ۳تی که به ارتش اوکراین داده شده است؛ مارس ۲۰۲۳. منبع: میخایلو فدوروف

و آسیا در حال استفاده است (پیوست را ببینید).[۱۲۳] این سامانه‌ها فرصتی برای تقویت و تکمیل پدافندهای هوایی قدیمی موجود فراهم می‌کنند، و به پرکردن شکاف در توانمندی‌های ضدپهپاد و کاهش هزینه رهگیری کمک می‌کنند.

با پوشش بیشتر و یکپارچه‌سازی کافی، می‌توان با استفاده از تکنولوژی‌های موجود به نرخ‌های رهگیری ۸۰، ۹۰، یا گاهی تقریبا ۱۰۰ درصد دست یافت. اما سامانه‌های بی‌سرنشین در دهه‌های آتی احتمالا با نرخی شتابان تکثیر خواهند شد. اگر آمریکا می‌خواهد برتری خود را در میدان نبرد حفظ کند ــ خواه علیه رقبایی که تقریبا همتای آمریکا هستند یا دیگران ــ سرمایه‌گذاری مستمر، آزمایش، و به میدان فرستادن پلتفرم‌های ضدپهپاد بسیار مهم خواهد بود.

«تهدید روزافزون این سامانه‌ها با توجه به فقدان توانمندی‌های شبکه‌ای قابل اتکا برای مقابله با آن‌ها، نگران کننده‌ترین تحول تاکتیکی بعد از ظهور بمب‌های دست‌ساز ابداعی در عراق است.»

ـ ژنرال مکنزی

ژنرال مکنزی در یک سخنرانی در فوریه ۲۰۲۱ با تاکید بر فوریت وضعیت گفت: «تهدید روزافزون این سامانه‌ها (پهپادهای کوچک تجاری موجود) با توجه به فقدان توانمندی‌های شبکه‌ای قابل اتکا برای مقابله با آن‌ها نگران‌کننده‌ترین تحول تاکتیکی بعد از ظهور بمب‌های دست‌ساز ابداعی در عراق است.»[۱۲۴]

در سال مالی ۲۰۲۲/۲۳، وزارت دفاع آمریکا قصد دارد بیش از ۶۶۸ میلیون دلار در تحقیق و توسعه ضدپهپاد و دست‌کم ۷۸ میلیون دلار در خرید تکنولوژی ضدپهپاد سرمایه‌گذاری کند.[۱۲۵] امروز، اداره «مقابله مشترک با سامانه‌های پروازی بی‌سرنشین کوچک» در پی آن است که سامانه‌های انرژیِ هدایت‌شده و سامانه‌های میکروویو پرقدرت را برای ازکاراندازی پهپادها به میدان بفرستد، به‌ویژه آنکه پهپادهای دشمن به طور روزافزون خودران [بی نیاز به هدایتگر/خلبان زمینی] و در برابر جنگ الکترونیک مقاوم می‌شوند. با این حال، این اداره تاکید می‌کند در مواردی که راه‌حل‌های مقابله نرم جواب ندهد کماکان به «داشتن یک راه‌حل پرتابه‌ای» نیاز خواهد بود.[۱۲۶] جستجوی مستمر برای پاسخ‌های موثر به این تهدید احتمالا آینده جنگ ضدپهپاد را برای سال‌های آینده تعریف خواهد کرد.

پیوست: گزیده سامانه‌های ضدپهپاد

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
موشک‌های زمین به هوا (سام)			
حصار	سامانه سام حرارت‌یاب، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر. ساخت ترکیه.	ترکیه	
آیریس IRIS-T SLM (قابل شلیک از زمین)	سامانه سام حرارت‌یاب، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده حداکثر ۴۰ کیلومتر. ساخت آلمان.	اوکراین	
اَونجر M1907 AN/TWQ-1	سامانه سام حرارت‌یاب، نصب‌شده بر خودرو، بر اساس موشک استینگر FIM-92 با برد درگیری ۴ کیلومتر. ساخت آمریکا	عربستان سعودی اوکراین	
موشک ارتقایافته هاوک قاتل MIM-23B	سامانه کششی سام، هدایت‌شونده با رادار، با برد درگیری گزارش‌شده ۲۵ تا ۳۵ کیلومتر (I-HAWK). ساخت آمریکا.	عربستان سعودی ترکیه اوکراین	
پاتریوت MIM-104	سامانه سام نصب شده بر خودرو سام، هدایت‌شونده با رادار، با برد درگیری گزارش‌شده ۷۰ کیلومتر. ساخت آمریکا	عربستان سعودی اوکراین	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
موشک‌های زمین به هوا (سام)			
ناسام – موشک پیشرفته زمین به هوای ملی آمریکا	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، به شکل ثابت یا نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۴۰ کیلومتر. ساخت آمریکا/نروژ	ترکیه	
SA-3 گوآ (S-125 نِوا/پچورا)	سامانه سام ثابت، هدایت‌شونده با رادار، با برد درگیری گزارش‌شده ۲۵ تا ۳۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان حوثی‌ها سوریه روسیه اوکراین	
SA-4 گانف (2K11 کروگ)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۵۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان سوریه اوکراین	
SA-6 گِین‌فول (2K12 کوب)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده حداکثر ۲۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان حوثی‌ها سوریه روسیه اوکراین	
SA-8 گکو (9K33 اوسا)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده حداکثر ۱۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان روسیه سوریه اوکراین	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
موشک‌های زمین به هوا (سام)			
SA-10 گرامبل (S-300P/PS/PT)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۵۰ تا ۷۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان روسیه اوکراین	
SA-11 گدفلای (9K37 بوک-ام۱)	سامانه سام ثابت، هدایت‌شونده با رادار، با برد درگیری گزارش‌شده ۲۵ تا ۳۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان حوثی‌ها سوریه روسیه اوکراین	
SA-۱۳ گوفر (9K35 استرلا-۱۰)	سامانه سام حرارت‌یاب، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان روسیه سوریه اوکراین	
SA-15 گانتلت (9K330 تور-ام)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان روسیه سوریه اوکراین	
SA-17 گریزلی (9K317 بوک-ام۲ای)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۳۵ تا ۵۰ کیلومتر. ساخت روسیه	آذربایجان روسیه سوریه اوکراین	

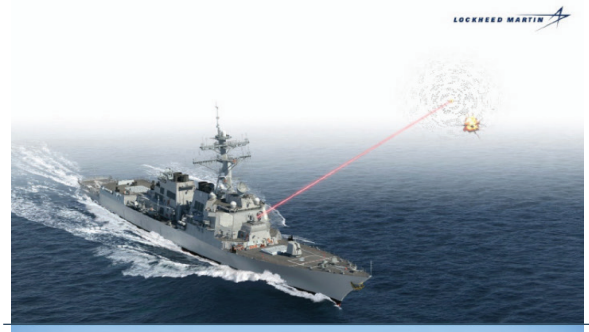
سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
موشک‌های زمین به هوا (سام)			
SA-19 گریسون (2K22 تانگوسکا)	توپ ضدهوایی خودکششی و سامانه سام، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۴ کیلومتر برای توپ‌ها و ۲۰ کیلومتر برای موشک‌ها. ساخت روسیه	روسیه اوکراین	
SA-21 گراولر (اس-۴۰۰ ترایومف)	سامانه سام هدایت‌شونده با رادار، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۲۵۰ کیلومتر. ساخت روسیه	روسیه	
SA-22 گری‌هاوند (پانتسیر اس-۱)	توپ ضدهوایی و سامانه سام، نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۴ کیلومتر برای توپ‌ها و ۲۰ کیلومتر برای موشک‌ها. ساخت روسیه	ارتش ملی لیبی روسیه سوریه	
سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره			
اف.آی.ام-استینگر	سامانه موشک حرارت‌یاب دوش‌پرتاب، با برد گزارش‌شده ۴ تا ۸ کیلومتر؛ می‌توان آن را از روی سامانه اَونجر M۱۰۹۷ نیز شلیک کرد. ساخت آمریکا	دولت وفاق ملی لیبی عربستان سعودی ترکیه اوکراین	
مارتلت	سامانه موشک دوش‌پرتاب هدایت‌شونده با لیزر، زمین-به-هوا، زمین-به-زمین، هوا-به-زمین، با برد درگیری گزارش‌شده ۸ کیلومتر. ساخت بریتانیا	اوکراین	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
سامانه‌های پدافند هوایی تک‌نفره			
میثاق-۲	سامانه موشک دوش‌پرتاب حرارت‌یاب، با برد درگیری گزارش‌شده ۳ تا ۶ کیلومتر. ساخت ایران	حوثی‌ها	
میسترال	سامانه موشک حرارت‌یاب دوش‌پرتاب یا نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۳ تا ۶ کیلومتر. ساخت فرانسه	اوکراین	
پیورون	سامانه موشک دوش‌پرتاب حرارت‌یاب، با برد درگیری گزارش‌شده ۴ تا ۶ کیلومتر. ساخت لهستان	اوکراین	
SA-18 گراوس (9K38 ایگلا)	سامانه موشک دوش‌پرتاب حرارت‌یاب، با برد درگیری گزارش‌شده ۲ تا ۵ کیلومتر. ساخت شوروی	ارمنستان آذربایجان روسیه اوکراین	
استاراستریک	سامانه موشک هدایت‌شوند با لیزر، دوش‌پرتاب یا نصب‌شده بر خودرو، با برد درگیری گزارش‌شده ۵ تا ۶ کیلومتر. ساخت بریتانیا	اوکراین	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
موشک‌های هوا-به-هوا			
اِیم-۹ایکس سایدوایندر	سامانه موشک حرارت‌یاب هوا-به-هوا و زمین-به-هوا، قابل شلیک از هواپیماهای جنگنده آمریکایی و سامانه‌های زمینی ناسام. ساخت آمریکا	عربستان سعودی اوکراین	
موشک هوا به-هوای برد متوسط پیشرفته اِیم-۱۲۰سی (AMRAAM)	سامانه موشک حرارت‌یاب هوا-به-هوا و زمین-به-هوا، قابل شلیک از هواپیماهای جنگنده آمریکایی و سامانه‌های زمینی ناسام. ساخت آمریکا	عربستان سعودی اوکراین	
توپ‌های ضدهوایی خودکششی			
گپارد	سامانه ضدهوایی مستقر بر خودرو با برد درگیری گزارش‌شده ۵ کیلومتر. ساخت آلمان	اوکراین	
کُرکوت	سامانه ضدهوایی مستقر بر خودرو با برد درگیری گزارش‌شده ۴ کیلومتر. ساخت ترکیه	ترکیه	
زسو-۲۳-۴ (ZSU-23-4) شیلکا	سامانه ضدهوایی مستقر بر خودرو با برد درگیری گزارش‌شده ۴ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان آذربایجان روسیه اوکراین	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
هواپیمای کنترل و هشدار بهنگام (آواکس)			
بوییِنگ ای-۳اِی سنتری	سامانه کنترل و هشدار بهنگام هوابرد (آواکس)، قادر به شناسایی و ردیابی تهدیدات هوایی در برد گزارش‌شده حداکثر ۳۷۵ کیلومتر. ساخت آمریکا	عربستان سعودی	
بوییِنگ ای-۷تی پیس ایگل	سامانه کنترل و هشدار بهنگام هوابرد، قادر به شناسایی و ردیابی تهدیدات هوایی در برد گزارش‌شده حداکثر ۳۲۰ کیلومتر. ساخت آمریکا	ترکیه	
ساب ۲۰۰۰ ایری‌آی	سامانه کنترل و هشدار بهنگام هوابرد، قادر به شناسایی و ردیابی تهدیدات هوایی در برد گزارش‌شده حداکثر ۳۵۰ کیلومتر. ساخت سوئد	عربستان سعودی	
سامانه‌های جنگ الکترونیک			
کورال	سامانه جنگ الکترونیکی مستقر بر خودرو، طراحی‌شده برای پارازیت‌اندازی و فریب رادار دشمن، با برد موثر گزارش‌شده ۲۰۰ کیلومتر. ساخت ترکیه	ترکیه	
کراسوخا-۴	سامانه جنگ الکترونیکی مستقر بر خودرو، طراحی‌شده برای پارازیت‌اندازی بر رادار و فرکانس‌های رادیویی، با برد موثر گزارش‌شده ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر. ساخت روسیه	روسیه	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
سامانه‌های جنگ الکترونیک			
پول-۲۱	سامانه جنگ الکترونیکی ثابت یا مستقر بر خودرو، طراحی‌شده برای اختلال در سامانه‌های مکان‌یابی و هدایت، با برد موثر گزارش‌شده ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان روسیه	
ریپلنت	سامانه جنگ الکترونیکی مستقر بر خودرو، طراحی‌شده برای پارازیت در ارتباطات و سامانه‌های مکان‌یابی، با برد گزارش‌شده ۳۰ کیلومتر. ساخت روسیه	ارمنستان روسیه	
نمونه سامانه‌های ضدپهپاد			
سامانه هواپیمای بی‌سرنشین کویوت	ساخت آمریکا. سامانه ضدپهپاد ثابت یا مستقر بر خودرو، هدایت‌شونده با رادار با استفاده از رهگیرهای شلیک‌شده از لوله برای نابودسازی فیزیکی پهپاد؛ با برد درگیری گزارش‌شده ۱۵ کیلومتر. گویا از سوی نیروهای آمریکا در سوریه استفاده می‌شود	آمریکا	
درون-باستر (پهپادکوب)	ساخت آمریکا. سامانه جنگ الکترونیک ثابت یا تک‌نفره که برای اختلال در سیگنال‌های مخابراتی پهپاد در دید مستقیم طراحی شده. گویا از سوی نیروهای نظامی و انتظامی در سراسر دنیا استفاده می‌شود	آمریکا	

سامانه	توضیح	گزیده استفاده‌کنندگان	
نمونه سامانه‌های ضدپهپاد			
درون-دوم (گنبد پهپاد)	ساخت اسرائیل. سامانه ضدپهپاد ثابت یا مستقر بر خودرو با استفاده از حسگرها، پارازیت‌اندازها، و لیزرها، با برد درگیری گزارش‌شده ۲ کیلومتر. از قرار در شماری از کشورهای عضو ناتو و کشورهای آسیایی استفاده می‌شود	اسرائیل	
سامانه لیزری پرانرژی همراه با پایش و کورکننده نوری (هلیوس)	ساخت آمریکا. سامانه مسلح به انرژی هدایت‌شده کلاس ۱۲۰-۶۰ کیلووات، ثابت، برای استفاده علیه قایق‌های تندرو و پهپادها، با برد درگیری گزارش‌شده ۸ کیلومتر. ظاهرا در نیروی دریایی آمریکا بر عرشه ناوشکن یو.اس.اس پربل در حال آزمایش است.	آمریکا	
سامانه سلاح لیزری پرانرژی (HELWS)	ساخت آمریکا. سامانه مسلح به انرژی هدایت‌شده کلاس ۵۰-۱۵ کیلووات، ثابت یا مستقر بر خودرو، برای استفاده علیه خمپاره‌ها و پهپادها، با برد درگیری گزارش‌شده ۸ کیلومتر. از قرار نیروهای آمریکا در مکان‌های اعلام‌نشده در خارج از آن استفاده می‌کنند	آمریکا	
سامانه یکپارچه پدافند هوایی دریایی سبک (L-MADIS)	ساخت آمریکا. سامانه جنگ الکترونیک چندمنظوره، ثابت یا مستقر بر خودرو، طراحی‌شده برای اختلال در سیگنال‌های مخابراتی پهپاد، با برد درگیری اعلام‌نشده. ظاهرا در سال ۲۰۱۹ در تنگه هرمز در حالی که در عرشه ناوشکن یو.اس.اس باکسر مستقر شده بود یک پهپاد ایرانی را سرنگون کرد	آمریکا	

منبع عکس‌ها: شاتراستاک، ویکی‌مدیا، راهنمای جهانی تجهیزات از شبکه یکپارچه‌سازی داده‌های او.ای (ODIN)

یادداشت‌ها:

1. A UAV is a “powered aerial vehicle that does not carry a human operator” and can “fly autonomously or be piloted remotely.” A UAS consists of those systems necessary for the operation of the unmanned vehicle, including ground control stations, control data links, and other related support equipment. “Unmanned Aircraft Systems/Drones,” Harvard University, Risk Management and Audit Services, https://rmas.fad.harvard.edu/unmanned-aircraft-systems-drones.
2. “Posture Statement of General Kenneth F. McKenzie, Commander, United States Central Command,” House Armed Services Committee, April 20, 2021, http://docs.house.gov/meetings/AS/AS00/20210420/112498/HHRG-117-AS00-Wstate-McKenzieK-20210420.pdf; see also Kenneth F. McKenzie Jr., *Striking Back: Iran and the Rise of Asymmetric Drone Warfare in the Middle East*, Policy Note 128 (Washington DC: Washington Institute, 2023), https:// www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/striking-back-iran-and-rise-asymmetric-drone-warfare-middleeast.
3. “Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems,” Congressional Research Service, updated April 17, 2023, https://sgp.fas.org/crs/weapons/IF11426.pdf.
4. Ministry of Defense of the Russian Federation, “Three Echelons of Defense: How Antiaircraft Missile Defense Works at Hmeimim Air Base” (in Russian), TASS: Russian News Agency, February 12, 2016, https://tass.ru/armiya-i-opk/2650477.
5. Mason Clark, *The Russian Military’s Lessons Learned in Syria* (Washington DC: Institute for the Study of War, 2021), https://bit.ly/3JTp2h5. Russian forces “retuned” their radars to better detect smaller, slower, and lower-flying aircraft, enhancing their ability to detect drones. Uzi Rubin, “Iran’s Drones Tip the Balance of Power in the Middle East,” Jerusalem Institute for Strategy and Security, January 1, 2022, https://jiss.org.il/en/rubin-irans-drones-tipthe-balance-of-power-in-mideast/.
6. On January 5, 2018, Russia thwarted an attack by a swarm of thirteen drones targeting its bases in Hmeimim and Tartus. The Pantsir-S1 destroyed seven drones, while Russian soldiers seized control of the remaining six using EW. Ridvan Bari Urcosta, “The Revolution in Drone Warfare: The Lessons from the Idlib De-Escalation Zone,” *Air Force Journal of European, Middle Eastern, and African Affairs* (2020): 51, 62, https://www.airuniversity. af.edu/JEMEAA/Display/Article/2329510/the-revolution-in-drone-warfare-the-lessons-from-the-idlib-de-escalation-zone/.
7. Syrian Pantsir-S1s shot down roughly ten Turkish drones in the first few days of Turkey’s Operation Spring Shield, while the Buk-M2E destroyed about another twenty drones. Bari Urcosta, “The Revolution in Drone Warfare.”
8. Ali Bakeer, “The Fight for Syria’s Skies: Turkey Challenges Russia with New Drone Doctrine,” Middle East Institute, March 26, 2020, https://www.mei.edu/publications/fight-syrias-skies-turkey-challenges-russia-new-drone-doctrine.
9. Heiko Borchert, Torben Schutz, and Joseph Verbovszky, *Beware the Hype: What Military Conflicts in Ukraine, Syria, Libya, Nagorno-Karabakh (Don’t) Tell Us About the Future of War* (Hamburg: Defense AI Observatory, 2021), 44.
10. Antonio Calcara et al., “Why Drones Have Not Revolutionized War: The Enduring Hider-Finder Competition in Air Warfare,” *International Security* 46, no. 4 (Spring 2022): 156, https://doi.org/10.1162/isec_a_00431.
11. “IRL257 Krasukha-4,” *Army Recognition*, April 18, 2022, https://www.armyrecognition.com/russia_russian_military_field_equipment/krasukha-4_1rl257_broadband_multifunctional_jamming_station_electronic_warfare_system_technical_data_sheet_pictures_video_10610156.html.
12. Can Kasapoglu, “Turkey’s Drone Blitz over Idlib,” Jamestown Foundation, April 17, 2020, https://jamestown.org/program/turkeys-drone-blitz-over-idlib/.
13. Bakeer, “The Fight for Syria’s Skies,” https://www.mei.edu/publications/fight-syrias-skies-turkey-challenges-russia-new-drone-doctrine; Kasapoglu, “Turkey’s Drone Blitz over Idlib,” https://jamestown.org/program/turkeysdrone-blitz-over-idlib/.
14. Tom Cooper, “Drones Are Dropping Like Flies from the Sky over Syria,” *War Is Boring*, June 22, 2017, https://warisboring.com/drones-are-dropping-like-flies-from-the-sky-over-syria/.
15. Turkey Relied on NATO-Compatible Equipment to Shoot Down Syrian Su-24 Planes,” DefenseMirror.com, March 3, 2020, https://www.defensemirror.com/news/26448/Turkey_Relied_on_NATO_Compatible_Equipment_to_Shoot_Down_Syrian_Su_24_Planes#.ZEg_LHbMKUl.
16. Calcara et al., “Why Drones Have Not Revolutionized War,” https://www.armyrecognition.com/russia_russian_military_field_equipment/krasukha-4_1rl257_broadband_multifunctional_jamming_station_electronic_warfare_system_technical_data_sheet_pictures_video_10610156.html.

17. Roman Kretsul and Alexey Ramm, “Shooting Drones Included in Combat Training” (in Russian), *Izvestia*, July 10, 2018, https://iz.ru/762715/roman-kretcul-aleksei-ramm/otstrel-dronov-vkliuchili-v-boevuiu-podgotovku.
18. Samuel Bendett, “Russia’s Real-World Experience Is Driving Counter-Drone Innovations,” *Defense News*, May 23, 2021, https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2021/05/23/russias-real-world-experience-is-driving-counter-drone-innovations/.
19. Bendett, “Russia’s Real-World Experience,” https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2021/05/23/ russias-real-world-experience-is-driving-counter-drone-innovations/; Kretsul and Ramm, “Shooting Drones,” https://iz.ru/762715/roman-kretcul-aleksei-ramm/otstrel-dronov-vkliuchili-v-boevuiu-podgotovku.
20. While the Iranian drones used by the Houthis may cost $20,000 each, the U.S. Department of Defense estimates that U.S. Air Force F-15s cost about $29,000 an hour to fly. Each AIM-120C AMRAAM costs around $1 million, and AIM-9X Sidewinders each cost between $430,000 and $470,000. Joseph Trevithick, “Watch a Saudi F-15 Fighter Swoop in Low to Blast a Houthi Rebel Drone out of the Sky,” *The Drive*, March 30, 2021, https://www.thedrive.com/the-war-zone/39992/watch-a-saudi-f-15-fighter-swoop-in-low-to-blast-a-houthi-rebel-drone-out-ofthe-sky.
21. Uzi Rubin, “Iran’s Drones Tip the Balance,” https://jiss.org.il/en/rubin-irans-drones-tip-the-balance-of-power-in-mideast/.
22. Since early 2021, 420 of 680 projectiles (62%) fired from Yemen at Saudi Arabia have been drones. Ari Cicurel, “Houthi Attacks Show Need for Stronger U.S.-Saudi Defense Cooperation,” Jewish Institute for National Security of America, March 24, 2022, 3, https://jinsa.org/jinsa_report/houthi-attacks-show-need-for-stronger-us-saudidefense-cooperation/.
23. U.S. Department of Defense, “Remarks by Secretary of Defense Lloyd J. Austin III on Middle East Security at the Manama Dialogue (As Delivered),” November 20, 2021, https://www.defense.gov/News/Speeches/Speech/Article/2849921/remarks-by-secretary-of-defense-lloyd-j-austin-iii-on-middle-east-security-at-t/.
24. International Institute for Strategic Studies, “Middle East and North Africa,” in *The Military Balance* (London: Routledge/IISS, 2023), 352.
25. “Saudi Arabia/Yemen: Anti-Drone Systems Delivering Improved Results,” *Gulf States Newsletter*, no. 1129 (July 2021), https://www.gsn-online.com/news-centre/a/IISSrticle/saudi-arabiayemen-anti-drone-systems-delivering-improved; see also “Giraffe AMB,” https://www.saab.com/products/giraffe-amb.
26. “Anti-Drone Systems Delivering Improved Results,” https://www.gsn-online.com/news-centre/article/saudi-arabiayemen-anti-drone-systems-delivering-improved. See also “Thales in the Kingdom of Saudi Arabia,” Thales Group, https://www.thalesgroup.com/en/countries/middle-east-and-africa/thales-kingdom-saudi-arabia; and Reuters, “France Deploys Radar System in Saudi Arabia to ‘Reassure’ Kingdom,” January 17, 2020, https://www.reuters.com/article/us-iran-usa-france/france-deploys-radar-system-in-saudi-arabia-to-reassure-kingdomidUSKBN1ZG1HC.
27. In an attack in March 2021 on Ras Tanura, the world’s largest oil-loading facility, Saudi SAM systems and F-15s intercepted ten of eleven incoming Sammad-3 drones and an additional four Qasef-2K drones targeting King Khalid Air Base. Michael Knights, “Continued Houthi Strikes Threaten Saudi Oil and the Global Economic Recovery,” PolicyWatch 3449, Washington Institute for Near East Policy, March 12, 2021, https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/continued-houthi-strikes-threaten-saudi-oil-and-global-economic-recovery. See also “Saudi Arabia Shoots Down Drones and Missiles Aimed at Jizan,” *The National*, July 28, 2021, https://www.thenationalnews.com/gulf-news/2021/07/28/saudi-arabia-shoots-down-drones-and-missiles-aimed-at-jizan/.
28. Seth Jones et al., “The Iranian and Houthi War against Saudi Arabia,” Center for Strategic and International Studies,” December 21, 2021, https://www.csis.org/analysis/iranian-and-houthi-war-against-saudi-arabia.
29. In all, Saudi Arabia lost at least nineteen reconnaissance drones and at least twenty-two combat drones during the Yemen war. Stijn Mitzer and Joost Oliemans, “List of Coalition UAV Losses During the Yemeni Civil War,” *Oryx*, September 16, 2021, https://www.oryxspioenkop.com/2021/09/coalition-uav-losses-during-yemeni.html; see also Tom Cooper, “The Houthis’ Do-It-Yourself Air Defenses—Part Two,” *War Is Boring*, January 16, 2018, https:// warisboring.com/the-houthis-do-it-yourself-air-defenses-2/.
30. Embassy of the Kingdom of Saudi Arabia, “Saudi Ministry of Defense: Aramco Attack Sponsored by Iran,” September 18, 2019, https://www.saudiembassy.net/news/saudi-ministry-defense-aramco-attack-sponsored-iran; Sam Meredith, “An Oil Price Risk Premium Is Back After Attacks in Saudi Arabia Wipe Out 5% of Global Supply,” CNBC, September 16, 2019, https://www.cnbc.com/2019/09/16/oil-prices-saudi-drone-strikeswipe-out-5percent-of-global-supply.html.
31. Seth Frantzman, “Are Air Defense Systems Ready to Confront Drone Swarms,” *Defense News*, September 26, 2019, https://www.defensenews.com/global/mideast-africa/2019/09/26/are-air-defense-systems-ready-to-confrontdrone-swarms/.

32. Gordon Lubold, “Saudi Arabia Pleads for Missile-Defense Resupply as Its Arsenal Runs Low,” *Wall Street Journal*, December 7, 2021, https://www.wsj.com/articles/saudi-arabia-pleads-for-missile-defense-resupply-as-its-arsenal-runs-low-11638878400.
33. David Des Roches, “We Need It Yesterday: Air-Defense Missile Sales in a Period of Maximum Demand,” Middle East Institute, August 9, 2022, https://www.mei.edu/publications/we-need-it-yesterday-air-defense-missile-sales-period-maximum-demand.
34. Ian Williams, “How Drone Attacks Reveal Fixable Flaws with American Air Defenses,” *The Hill*, September 24, 2019, https://thehill.com/opinion/national-security/462661-how-drone-attacks-reveal-fixable-flaws-with-american-air-defenses/.
35. Thomas Gibbons-Neff, “New U.S. Aid to Saudi Arabia Will Include 200 Troops,” *New York Times*, September 26, 2019, https://www.nytimes.com/2019/09/26/world/middleeast/troops-defense-saudi-pentagon.html.
36. Jared Szuba and Elisabeth Gosselin-Malo, “U.S. Military Eyes Counter-Drone Experimentation in Saudi Arabia,” Al-Monitor, October 19, 2022, https://www.al-monitor.com/originals/2022/10/us-military-eyes-counter-drone-experimentation-saudi-arabia.
37. Joseph Haboush, “U.S., Saudi Arabia Complete First Counter-Drone Exercise at Red Sands Testing Facility,” Al Arabiya, March 24, 2023, https://english.alarabiya.net/News/middle-east/2023/03/24/US-Saudi-Arabia-complete-first-counter-drone-exercise-at-Red-Sands-testing-facility.
38. Interview with UN Special Representative for Libya Ghassan Salamé,” YouTube video, 6:52, posted by “United Nations Political and Peacebuilding Affairs,” September 25, 2019, https://www.youtube.com/watch?v=IB3jie4i7SI.
39. Wing Loong drones used satellite links for beyond-line-of-sight control for a range of up to 2,000 km. Bayraktar TB2 drones used datalinks for line-of-sight control for a range of up to 200 km. The GNA used ground data relay stations to somewhat increase the TB2’s range, but their deployment was limited to GNA-controlled areas. Shawn Snow, “Jamming, Precision Artillery and Long Range Drone Strikes on Libyan Battlefield Offer Lessons Learned for U.S. military,” *Army Times*, February 24, 2020, https://www.armytimes.com/flashpoints/2020/02/24/jamming-precision-artillery-and-long-range-drone-strikes-on-libyan-battlefield-offer-lessons-learned-forus-military/; Franz-Stefan Gady, “Useful, but Not Decisive: UAVs in Libya’s Civil War,” International Institute for Strategic Studies, November 22, 2019, https://www.iiss.org/online-analysis/online-analysis//2019/11/mide-uavsin-libyas-civil-war.
40. Jason Pack and Wolfgang Pusztai, *Turning the Tide: How Turkey Won the War for Tripoli* (Middle East Institute, November 2020), bit.ly/2TdamSA.
41. “Libyan Pantsir-S1 Air Defense Systems Have Apparently Destroyed a Dozen Turkish UAVs,” defenceWeb, April 16, 2020, https://www.defenceweb.co.za/land/land-land/libyan-pantsir-s1-air-defence-systems-have-apparently-destroyed-a-dozen-turkish-uavs/.
42. Eugeniusz Cieslak, “Unmanned Aircraft Systems: Challenges to Air Defense,” *Safety and Defense* 7, no. 1 (May 2021): 77, https://sd-magazine.eu/index.php/sd/article/view/110/83.
43. Calcara et al., “Why Drones Have Not Revolutionized War.”
44. Ben Fishman and Conor Hiney, “What Turned the Battle for Tripoli,” PolicyWatch 3314, Washington Institute for Near East Policy, May 6, 2020, https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/what-turned-battle-tripoli; Pack and Pusztai, *How Turkey Won the War for Tripoli*, bit.ly/2TdamSA.
45. “Drone Crash Database,” *Drone Wars*, last updated November 30, 2022, https://dronewars.net/drone-crash-database/.
46. Hisars could operate independently, utilizing its mast-mounted air surveillance radar and EO/IR sensors, or as part of a larger battery, integrated with the fire control radar of the Korkut self-propelled antiaircraft gun (SPAAG). “Korkut Self-propelled Short-Range Air Defense 35mm Gun System,” *Army Recognition*, August 15, 2020, https://www.armyrecognition.com/turkey_army_artillery_vehicle_weapon_systems_uk/korkut_ self-propelled_air_defense_35mm_gun_system_vehicle_technical_data_sheet_specifications_pictures_video_11903175.html; see also Bari Urcosta, “The Revolution in Drone Warfare.”
47. Ekene Lionel, “GNA Deploys Hawk Air Defense Systems and Sentinel 3D Radar at Tripoli’s Airport Ahead of Turkish incursion,” *Military Africa*, January 17, 2020, https://www.military.africa/2020/01/gna-deploys-hawk-airdefense-system-and-sentinel-3d-radar-at-tripolis-airport-ahead-of-turkish-incursion/.
48. Pack and Pusztai, *How Turkey Won the War for Tripoli*, bit.ly/2TdamSA.
49. “Turkish Warplane Carries Out Surveillance Mission over Tripoli Coast,” *Libya Update*, September 16, 2021, https://libyaupdate.com/turkish-warplane-carries-out-surveillance-mission-over-tripoli-coast/.
50. Borzou Daragahi, “Turkey Sends More Troops and Electronic Warfare Tools to Libya in Challenge to Rogue General and UAE,” *Independent*, January 6, 2020, https://www.independent.co.uk/news/world/middle-east/turkey-libya-troops-uae-erdogan-haftar-tripoli-a9272116.html.

51. Ali Bakir, “Turkey’s Electronic Warfare Capabilities: The Invisible Power Behind its UACVs,” Royal United Services Institute, September 27, 2021, https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/turkeys-electronic-warfare-capabilities-invisible-power-behind-its-uacvs; Fishman and Hiney, “What Turned the Battle for Tripoli,” https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/what-turned-battle-tripoli. The Koral located Pantsirs by homing in on its radar and either directed long-range artillery fire at it or jammed its radar long enough to allow Turkish drones to destroy it using laser-guided bombs. Pack and Pusztai, *How Turkey Won the War for Tripoli*, bit.ly/2TdamSA; Fishman and Hiney, “What Turned the Battle for Tripoli,” https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/what-turned-battle-tripoli.
52. Majumdar Roy Choudhury et al., “Final Report of the Panel of Experts on Libya,” UN Security Council, March 8, 2021, 17, https://digitallibrary.un.org/record/3905159?ln=en.
53. Sinan Tavsan, “Turkish Defense Company Says Drone Unable to Go Rogue in Libya,” Nikkei Asia, June 20, 2021, https://asia.nikkei.com/Business/Aerospace-Defense-Industries/Turkish-defense-company-says-drone-unableto-go-rogue-in-Libya.
54. “Lethal Stalkers: How Turkish Drones Are Neutralizing Haftar’s Pantsirs in Libya,” *T-Intelligence*, May 22, 2020, https://t-intell.com/2020/05/22/lethal-stalkers-how-turkish-drones-are-neutralizing-haftars-pantsirs-in-libyabda/.
55. “Libyan Pantsir-S1 Air Defense Systems Have Apparently Destroyed a Dozen Turkish UAVs,” https://www.defenceweb.co.za/land/land-land/libyan-pantsir-s1-air-defence-systems-have-apparently-destroyed-a-dozenturkish-uavs/.
56. Between May 16 and May 20, 2020, the GNA claimed it destroyed nine Pantsir-S1s and captured one. Between nine and fifteen Pantsirs were destroyed in Libya by mid-2020. Stijn Mitzer and Joost Oliemans, “An Unmanned Interdictor: Bayraktar TB2s over Libya,” *Oryx*, November 22, 2021, https://www.oryxspioenkop.com/2021/11/an-unmanned-interdictor-bayraktar-tb2s.html; HARM, “Lethal Stalkers: How Turkish Drones Are Neutralizing Haftar’s Pantsirs in Libya.”
57. Clash Report (@clashreport), “The GNA Air Forces’ UAVs had destroyed a Russian made Pantsir S-1 (SA-22) supplied by the UAE to Haftar in Tarhuna while its tracking radar active,” Twitter, May 20, 2020, 9:41 a.m., https://twitter.com/clashreport/status/1263102542705090561?s=20.
58. Borchert, Schutz, and Verbovszky, *Beware the Hype*, 31.
59. Bakir, “Turkey’s Electronic Warfare Capabilities,” https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/turkeys-electronic-warfare-capabilities-invisible-power-behind-its-uacvs.
60. Pack and Pusztai, *How Turkey Won the War for Tripoli*, p. 12, bit.ly/2TdamSA.
61. Stijn Mitzer and Joost Oliemans, “Aftermath: Lessons of the Nagorno-Karabakh War Are Paraded Through the Streets of Baku,” *Oryx*, January 26, 2021, https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html.
62. “Azerbaijan Shows Footage of Destruction of Armenia’s Air Defense Systems During Second Karabakh War,” video, AzerNews, May 29, 2021, https://www.azernews.az/nation/179489.html.
63. In a December 1, 2020, public address, Azerbaijani president Ilham Aliyev claimed that his country’s forces had destroyed several models of Armenian equipment, including one SA-4, four SA-6s, forty SA-8s, seven S-300 launchers, five SA-15s, and twenty-two drones. President of the Republic of Azerbaijan Ilham Aliyev, “Address of the President Ilham Aliyev to the People” (in Russian), December 1, 2020, https://president.az/ru/articles/view/48205.
64. Uzi Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War: A Milestone in Military Affairs*, Mideast Security and Policy Studies 184 (Ramat Gan: Begin-Sadat Center for Strategic Studies, December 2020), 11, https://besacenter.org/wp-content/uploads/2020/12/184web-no-ital.pdf.
65. On November 8, 2020, the Armenian Ministry of Defense claimed to have downed 264 Azerbaijani drones, likely a gross exaggeration. Eado Hecht, “Drones in the Nagorno-Karabakh War: Analyzing the Data,” *Military Strategy Magazine* (Winter 2022), https://www.militarystrategymagazine.com/article/drones-in-the-nagorno-karabakh-war-analyzing-the-data/.
66. Azerbaijani Bayraktar TB2s alone destroyed at least nineteen SAM systems and nine radars. Loitering munitions, particularly the Harop, destroyed at least eleven SAM systems, including at least two S-300 batteries inside Armenia’s borders and several S-300 radars. Stijn Mitzer et al., “The Fight for Nagorno-Karabakh: Documenting Losses on the Sides of Armenia and Azerbaijan,” *Oryx*, September 27, 2020, https://www.oryxspioenkop. com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html; Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War*, https://besacenter. org/wp-content/uploads/2020/12/184web-no-ital.pdf.
67. Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War*, 14, https://besacenter.org/wp-content/uploads/2020/12/184web-noital.pdf.
68. Nicole Thomas et al., “What the United States Military Can Learn from the Nagorno-Karabakh War,” *Small Wars*

Journal, April 4, 2021, https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/what-united-states-military-can-learn-nagornokarabakh-war.

69. Stefano D'Urso, "Let's Talk About the Israel Air Industries Loitering Munitions and What They're Capable Of," *Aviationist*, January 7, 2020, https://theaviationist.com/2022/01/07/iai-loitering-munitions/.
70. "Lessons for UAV Employment in Nagorno-Karabakh Region," *Principles of War*, September 18, 2021, https://theprinciplesofwar.com/uav/lessons-for-uav-employment-in-nagorno-karabakh-region/; Thomas et al., "What the United States Military Can Learn from the Nagorno-Karabakh War," https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/whatunited-states-military-can-learn-nagorno-karabakh-war.
71. Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War*, 13, https://besacenter.org/wp-content/uploads/2020/12/184web-noital.pdf.
72. The systems include SA-4, SA-6, SA-8, SA-11, SA-13, SA-15, and S-300. Shaan Shaikh and Wes Rumbaugh, "The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh," Center for Strategic and International Studies, December 8, 2020, https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense.
73. Ben Ho, "The Second Nagorno-Karabakh War: Takeaways for Singapore's Ground-Based Air Defense," *Journal of Indo-Pacific Affairs* (Fall 2021): 26, https://www.airuniversity.af.edu/JIPA/Display/Article/2743721/the-second-nagorno-karabakh-war-takeaways-for-singapores-ground-based-air-defen/.
74. Calcara et al., "Why Drones Have Not Revolutionized War," 162.
75. Gustav Gressel, "Military Lessons from Nagorno-Karabakh: Reason for Europe to Worry," European Council on Foreign Relations, November 24, 2020, https://ecfr.eu/article/military-lessons-from-nagorno-karabakh-reason-for-europe-to-worry/.
76. Shaikh and Rumbaugh, "The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh," https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense.
77. Calcara et al., "Why Drones Have Not Revolutionized War," 163.
78. Shaikh and Rumbaugh, "The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh," https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense; Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War*, 10, https://besacenter.org/wp-content/uploads/2020/12/184web-no-ital.pdf.
79. Mitzer and Oliemans, "Lessons of the Nagorno-Karabakh War," https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html.
80. Shaikh and Rumbaugh, "The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh," https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense.
81. Rubin, *The Second Nagorno-Karabakh War*, 14, https://besacenter.org/wp-content/uploads/2020/12/184web-noital.pdf.
82. Stephen Bryen, "Russia Knocking Turkish Drones from Armenian Skies," *Asia Times*, October 26, 2020, https://asiatimes.com/2020/10/russia-knocking-turkish-drones-from-armenian-skies/.
83. The U.S. Department of Defense has provided SAMs, MANPADS, antiaircraft guns, radars, loitering munitions, reconnaissance drones, and equipment to integrate Western air defense launchers, missiles, and radars with Ukrainian equipment. Ukraine also received several different ground-based systems from Britain, Germany, France, and other European nations. See Department of Defense, "Ukraine Fact Sheet," April 19, 2023, https://media.defense.gov/2023/Apr/19/2003203480/-1/-1/1/UKRAINE-FACT-SHEET-APRIL-19.PDF.
84. Note: *Oryx* documents only destroyed, damaged, and captured equipment with photo or videographic evidence. As of July 2023, *Oryx* reported that Ukraine had destroyed at least 145 Russian drones (mostly Orlan-10) while capturing more than 119 drones. Russia had destroyed at least 24 Bayraktar TB2s and at least another 77 Ukrainian reconnaissance drones, while capturing an additional 54 drones. Stijn Mitzer et al., "Attack on Europe: Documenting Russian Equipment Losses During the 2022 Russian Invasion of Ukraine," *Oryx*, February 24, 2022, https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html.
85. Ukraine's Ministry of Defense claimed in July 2023 that Russian forces have lost at least 3,993 battlefield drones: "The Total Combat Losses of the Enemy from 24.02.2022 to 26.07.2023," https://www.mil.gov.ua/en/news/2023/07/26/the-total-combat-losses-of-the-enemy-from-24-02-2022-to-26-07-2023/.
86. In a May 2023 report, interviews with Ukrainian and Western military officials conducted by the Royal United Services Institute indicated that Russian EW is contributing to a Ukrainian loss rate of 10,000 drones per month. Jack Watling and Nick Reynolds, "Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of Its Invasion of Ukraine," Royal United Services Institute, May 19, 2023, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/meatgrinder-russian-tactics-second-year-its-invasion-ukraine.
87. Russian loitering munitions have missed or failed to destroy their target at least forty-one times. There are several photos in the open source (Twitter) demonstrating the Lancet-3's inability to penetrate passive defense measures like vehicles hiding behind trees and simple netting or chain-link fencing placed over Ukrainian vehi-

cles. Stijn Mitzer and Joost Oliemans, “Hit or Miss: The Russian Loitering Munition Kill List,” *Oryx*, November 25, 2022, https://www.oryxspioenkop.com/2022/11/hit-or-miss-russian-loitering-munition.html.
88. Maximillian Bremer and Kelly Grieco, “Air Denial: The Dangerous Illusion of Decisive Air Superiority,” Atlantic Council, August 30, 2022, https://www.atlanticcouncil.org/content-series/airpower-after-ukraine/air-denial-the-dangerous-illusion-of-decisive-air-superiority/.
89. David Hambling, “‘Shahed Catchers’: Ukraine Will Deploy Interceptor Drones Against Russian Kamikazes,” *Forbes*, November 2, 2022, https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2022/11/02/shahed-catchers-ukraines-interceptor-drones-to-bring-down-russian-kamikazes/?sh=4568aa67b680.
90. Ragip Soylu, “Russia-Ukraine War: Turkey’s Bayraktar TB2 Drones Proving Effective Against Russian Forces,” Middle East Eye, February 28, 2022, https://www.middleeasteye.net/news/russia-ukraine-war-turkey-drones-effective-deadly.
91. “How Ukraine Is Winning the Drone-Jamming War,” *Economist*, May 18, 2022, https://www.economist.com/the-economist-explains/2022/05/18/how-ukraine-is-winning-the-drone-jamming-war.
92. “How Ukraine Is Winning,” https://www.economist.com/the-economist-explains/2022/05/18/how-ukraine-iswinning-the-drone-jamming-war.
93. Vikram Mittal, “The Ukrainian Military Is Changing Its Tactics with Bayraktar TB2 Drones,” *Forbes*, June 23, 2022, https://www.forbes.com/sites/vikrammittal/2022/06/23/ukrainian-military-is-changing-its-tactics-with-the-bayraktar-tb2-drones/?sh=636e5eef1ec0.
94. Mykhaylo Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia’s Invasion of Ukraine: February–July 2022* (London: Royal United Services Institute, 2022), 37, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
95. In one example, a Russian military spokesperson claimed that Russian antiaircraft systems destroyed thirty Ukrainian combat drones, including nine TB2s, over a three-day span during Ukraine’s attempt to seize Snake Island in May 2022. TASS: Russian News Agency, “Kiev Loses 30 Drones in Attempt to Seize Snake Island—Russian Defense Ministry,” May 10, 2022, https://tass.com/defense/1449051?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com.
96. Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
97. Alia Shoaib, “Ukraine’s Drones Are Becoming Increasingly Ineffective as Russia Ramps Up Its Electronic Warfare and Air Defenses,” *Business Insider*, July 3, 2022, https://www.businessinsider.in/international/news/ukrainesdrones-are-becoming-increasingly-ineffective-as-russia-ramps-up-its-electronic-warfare-and-air-defenses/ articleshow/92633146.cms.
98. To illustrate the density of the EW environment, Russia reportedly placed up to ten EW complexes along every 20 km on the frontlines of the Donbas region. Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
99. Jack Detsch, “‘It’s Not Afghanistan’: Ukrainian Pilots Push Back on U.S.-Provided Drones,” *Foreign Policy*, June 21, 2022, https://foreignpolicy.com/2022/06/21/ukraine-us-drones-pushback/.
100. Using software tools, Thomas Withington of the Royal United Services Institute found the true effective range of Russia’s Repellent-1 to be little more than half what is advertised, with an overall success rate of 10–50 percent beyond 20 km. “How Ukraine Is Winning,” https://www.economist.com/the-economist-explains/2022/05/18/ howukraine-is-winning-the-drone-jamming-war.
101. Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
102. Bryan Clark, “The Fall and Rise of Russian Electronic Warfare,” *IEEE Spectrum*, July 30, 2022, https://spectrum.ieee.org/the-fall-and-rise-of-russian-electronic-warfare.
103. Justin Bronk, Nick Reynolds, and Jack Watling, *The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence*, (London: Royal United Services Institute, 2022), https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/russian-air-war-and-ukrainian-requirements-air-defence.
104. Bronk, Reynolds, and Watling, *The Russian Air War,* https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/russian-air-war-and-ukrainian-requirements-air-defence.
105. Bronk, Reynolds, and Watling, *The Russian Air War,* https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/russian-air-war-and-ukrainian-requirements-air-defence.

106. U.S. Department of Defense, “Opening Remarks by Secretary of Defense Lloyd J. Austin III at the Seventh Ukraine Defense Contact Group,” November 16, 2022, https://www.defense.gov/News/Speeches/Speech/Article/3219885/ opening-remarks-by-secretary-of-defense-lloyd-j-austin-iii-at-the-seventh-ukrai/.
107. “‘Very Impressive’: NASAMS Thwarting Russian Attacks with 100% Precision; Expert Says Deployed to Defend Leadership,” *EurAsian Times*, November 17, 2022, https://eurasiantimes.com/very-impressive-nasams-thwarting-russian-targets-with-100-precision/.
108. “Western Air-Defence Systems Help Ukraine Shoot Down More Missiles,” *Economist*, November 6, 2022, https://www.economist.com/europe/2022/11/06/western-air-defence-systems-help-ukraine-shoot-down-more-missiles.
109. Including E-3 Sentry, E-8C Joint STARS, P-8 Poseidon, RC-12 Guardrail, RQ-4D Phoenix, RC-135S Cobra Ball, and RC-135U Combat Sent. “Very Impressive: NASAMS Thwarting Russian Attacks,” https://eurasiantimes.com/very-impressive-nasams-thwarting-russian-targets-with-100-precision/.
110. David Brennan, “Shahed-136: The Iranian Drones Aiding Russia’s Assault on Ukraine,” *Newsweek*, December 30, 2022, https://www.newsweek.com/shahed-136-kamikaze-iran-drones-russia-ukraine-1770373.
111. Bronk, Reynolds, and Watling, *The Russian Air War*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/russian-air-war-and-ukrainian-requirements-air-defence.
112. Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
113. Zabrodskyi et al., *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting*, https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022.
114. Andrew Kramer, “We Heard It, We Saw It, Then We Opened Fire,” *New York Times*, October 23, 2022, https://www. nytimes.com/2022/10/23/world/europe/ukraine-russia-drones-iran.html; Uzi Rubin, “Russia’s Iranian-Made UAVs: A Technical Profile,” Royal United Services Institute, January 13, 2023, https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russias-iranian-made-uavs-technical-profile; Defense of Ukraine (@DefenceU), “Instead of New Year’s fireworks. russia launched 45 Iranian-made kamikaze drones at Ukraine throughout New Year’s Eve. All 45 of them were shot down. The kremlin terrorist cannot waver the determination of Ukrainians. 2023 is the year of new victories,” Twitter, January 1, 2023, 6:36 a.m., https://twitter.com/DefenceU/status/1609513940488421376?s=20.
115. David Vergun, “Ukraine Getting Patriot Battery, Other Defense Weapons,” U.S. Department of Defense, December 21, 2022, https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3253206/ukraine-getting-patriot-battery-other-defense-weapons/.
116. Lara Seligman, “‘Absolutely a Quick Study’: Ukrainians Master Patriot System Faster Than Expected,” Politico, March 21, 2023, https://www.politico.com/news/2023/03/21/ukrainian-soliders-patriot-missile-training-oklahoma-00088166.
117. Adam Pemble, “U.S.-Made Patriot Guided Missile Systems Arrive in Ukraine,” Associated Press, April 19, 2023, https://apnews.com/article/russia-ukraine-war-patriot-missile-system-4c79f9110899ca1880a61f2d1f328179.
118. “Patriots Promise Ukraine Its First Defence Against Ultra-Fast Russian Missiles,” *Economist*, January 24, 2023, https://www.economist.com/europe/2023/01/24/patriots-promise-ukraine-its-first-defence-against-ultra-fastrussian-missiles.
119. Jen Judson, “Pentagon’s Counter-Drone Boss Tackles Rising Threat,” *Defense News*, March 10, 2023, https://www. defensenews.com/unmanned/2023/03/10/pentagons-counter-drone-boss-tackles-rising-threat/.
120. Anna Ahronheim, “As Iranian Drone Threat Increases, Israeli F-35s Down Two,” *Jerusalem Post*, March 7, 2022, https://www.jpost.com/middle-east/iran-news/article-700573.
121. Emanuel Fabian, “IDF Shoots Down 3 Hezbollah Drones Heading for Karish Gas Field,” *Times of Israel*, July 2, 2022, https://www.timesofisrael.com/idf-says-it-shot-down-3-hezbollah-drones-heading-for-karish-gas-field/.
122. “Iron Dome Shot Down Hamas Drone over Gaza,” *Jerusalem Post*, March 22, 2023, https://www.jpost.com/breaking-news/article-735059.
123. Yaakov Lappin, “Russia’s UAV Onslaught Ups Interest in Israeli Defense System,” Jewish News Syndicate, June 20, 2023, https://www.jns.org/israel-news/russia/23/6/20/296399/.
124. “Keynote Address: Gen. Kenneth F. McKenzie Jr.,” Middle East Institute, February 8, 2021, https://www.mei.edu/multimedia/video/keynote-address-gen-kenneth-f-mckenzie-jr.
125. “Department of Defense Counter–Unmanned Aircraft Systems,” Congressional Research Service, updated April 17, 2023, https://sgp.fas.org/crs/weapons/IF11426.pdf.
126. Mikayla Easley, “Army Piloting Pentagon’s Counter-UAS Efforts,” *National Defense*, October 6, 2022, https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/10/6/army-piloting-pentagon-counter-uas-efforts.

درباره نویسنده

اریک فیلی دستیار تحقیق در برنامه مطالعات نظامی و امنیتی انستیتو واشنگتن و دارای مدرک کارشناسی مطالعات خاورمیانه از دانشگاه ایالتی فلوریدا است.

THE WASHINGTON INSTITUTE FOR NEAR EAST POLICY
1111 19TH STREET NW, SUITE 500 | WASHINGTON, DC 20036
WWW.WASHINGTONINSTITUTE.ORG
©2023 THE WASHINGTON INSTITUTE FOR NEAR EAST POLICY.
ALL RIGHTS RESERVED.