



Un helicóptero tipo Apache despegó del aeródromo Michael del Ejército, en el Campo de Pruebas Dugway, Utah, el 22 de septiembre de 2011, mientras una aeronave no tripulada tipo Shadow se prepara para volar en el campo de batalla. Las dos aeronaves participaban en una demostración de equipos tripulados y no tripulados conocida como actividades de capacidad de integración de sistemas tripulados y no tripulados. (Foto: Ejército de EUA)

Pateando la colmena

Reimaginando la colaboración de equipos tripulados y no tripulados en operaciones multidominio

Capitán Clayton B. Jaksha, Ejército de EUA

La tecnología no va a limitar nuestra capacidad de competir en las operaciones multidominio (MDO): lo harán los humanos. Aunque el cerebro humano es hábil para aprender y adaptarse, los esquemas y sistemas existentes tienden a limitar nuestra imaginación, que de otro modo sería ilimitada. Para que la aviación del Ejército compita en las MDO, no debemos permitir que nuestras percepciones de las aeronaves, tecnologías y tácticas actuales oscurezcan nuestra visión de las futuras técnicas operativas. El Comando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de EUA (TRADOC) ha identificado cinco tareas clave para tener éxito en las MDO contra adversarios con capacidades de antiacceso/negación de área (A2/AD): competir, penetrar, desintegrar, explotar y volver a competir¹. El principal reto de la Aviación del Ejército será operar en un espacio aéreo muy disputado y obtener el conocimiento de la situación necesario para ejecutar la maniobra eficaz entre dominios². La colaboración entre aeronaves tripuladas y no tripuladas (MUM-T) será decisiva para que la aviación del Ejército pueda penetrar, desintegrar y explotar al enemigo, pero la MUM-T en su forma actual es incapaz de realizar maniobras entre dominios de manera eficaz. La MUM-T solo será eficaz en las MDO después de un cambio de material hacia los sistemas de enjambre, la adopción de la inteligencia artificial en los procesos de mando tipo misión y de selección de blancos, y la reorganización en formaciones multidominio a nivel de pelotón.

En la actualidad, la aviación del Ejército define la MUM-T como «la maniobra integrada de la aviación del Ejército [ala rotatoria] y los sistemas aéreos no tripulados (UAS) para llevar a cabo tareas de movimiento hasta el contacto, ataque, reconocimiento y seguridad», canalizando su definición en función de los sistemas participantes y las tareas funcionales³. Al definir el término, los redactores de la doctrina previeron que un AH-64E y un MQ-1C o un RQ-7B trabajaran en tándem a través de varios niveles de interoperabilidad (LOI). Al principio del desarrollo de los UAS, la OTAN reconoció que la incipiente integración de los UAS requería una estandarización en todo el territorio de la OTAN. El Acuerdo de Estandarización de la OTAN (STANAG) 4586 dio lugar a las definiciones de los LOI 1-5, que el Ejército adoptó en su propia doctrina MUM-T⁴. Cada LOI representa un nivel creciente de integración e interoperabilidad entre un UAS y una plataforma de ala rotatoria

tripulada, llegando a permitir que la aeronave tripulada tome el control de la carga útil o la trayectoria de vuelo de la UA (aeronave no tripulada, LOI 4 y 5).

Por definición, el marco del LOI limita la MUM-T a dos sistemas: el tripulado y el no tripulado. Además, los LOI mayores en realidad eliminan la potencia de combate. Cuando un helicóptero tipo AH-64E Apache ejecuta el LOI 3 o 4, el copiloto-artillero tiene que abandonar sus propias miras y armas para manipular la carga útil de la UA, neutralizando efectivamente al Apache como plataforma de armas durante las operaciones de MUM-T. Mientras tanto, el operador de la carga útil del UAS en la estación de control en tierra se convierte en mano de obra sobrante, ya que el Apache usurpa el sensor de la UA: es un uso ineficiente y torpe de la mano de obra. Los sistemas y la arquitectura actuales de la MUM-T requieren un rediseño para las MDO; afortunadamente, las futuras aeronaves de despegue vertical permiten la integración de muchas tecnologías a principios de su desarrollo que permitirán a la aviación del Ejército competir en el futuro campo de batalla.

Transformación del material en los equipos tripulados y no tripulados

Los cambios sustanciales de material necesarios para la MUM-T en las MDO tendrán que producirse en última instancia en aeronaves no tripuladas y no en aeronaves tripuladas. Las aeronaves tripuladas deben transportar seres humanos y, por lo tanto, están limitadas en su tamaño, maniobrabilidad y capacidad de asumir riesgos. Por otra parte, los UAS tienen un extraordinario potencial de crecimiento. El desarrollo de los UAS militares en las décadas anteriores dio lugar a grandes UAS de ala fija con costosos sensores, potentes radios y vehículos aéreos aerodinámicos diseñados para quedarse en posición durante largos períodos sobre la misma ubicación geográfica. La misión de contra-insurgencia impulsó esta percepción de los UAS como plataformas de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, pero los UAS asumirán un nuevo papel en las MDO. Para

El capitán Clayton B. Jaksha es un aviador del Ejército cualificado en el AH-64E Apache con experiencia operacional en apoyo de las operaciones Inherent Resolve y Atlantic Resolve. Es licenciado en Ingeniería Eléctrica por la Academia Militar de EUA.

tener éxito en las MDO, el Ejército debe desarrollar UAS totalmente automatizados y baratos, capaces de realizar operaciones de enjambre.

Baratos y fungibles. Consideremos la amenaza de la defensa antiaérea integrada A2/AD: las UA grandes y lentas en altitudes medias son objetivos principales de la defensa antiaérea enemiga. Peor aún, la propia doctrina del Ejército a menudo muestra a las UA quedándose directamente sobre las formaciones enemigas, como si el enemigo no intentara desactivar o destruir esas UA con medios cinéticos o no cinéticos⁵. El Ejército no posee grandes cantidades de UAS capaces de colaborar con aeronaves tripuladas y no puede reconstituirlos a un ritmo que permita a los altos mandos arriesgar rutinariamente su destrucción en zonas de A2/AD. El reto de crear UAS baratos y fungibles es la base del cambio material y mental necesario para las MDO. El estado final de este cambio de paradigma es el aumento de la cantidad de UAS en dos o tres órdenes de magnitud, mientras que el precio por UAS disminuye en órdenes de magnitud similares.

El valor logístico de los UAS baratos y numerosos es evidente: los altos mandos arriesgan menos al permitir que esos sistemas entren en una zona de A2/AD y el Ejército puede reconstituir fácilmente sus pérdidas. La forma más fácil de comenzar a lograr este objetivo es reducir el tamaño de las UA. Utilizando la terminología estándar del Departamento de Defensa, los UAS producidos en masa y baratos para las MDO deberían ser UAS del grupo 1 o 2⁶. Aunque su valor va más allá de los dólares — desplegados en masa, las pequeñas UA que realizan operaciones de enjambre presentan un complejo dilema táctico al enemigo y ofrecen cobertura a las fuerzas amigas en una zona de A2/AD.

Enjambre. Recordemos la ceremonia de apertura de los Juegos Olímpicos de Invierno de 2018 en Pyeongchang: un enjambre de 1200 UA comerciales iluminó el cielo con deslumbrantes constelaciones de snowboarders, patinadores y curlers⁷. Aunque impresionante, el espectáculo fue una llamada de atención al mundo de que los enjambres de UA inteligentes no solo son factibles, sino también francamente aterradores. Las UA capaces de formar enjambres pueden moverse delante de su compañero tripulado para saturar los sistemas de puntería, presentar innumerables dilemas y abrumar a los responsables del enemigo. El TRADOC reconoce que los enjambres

actuarán como «medidas de protección para las formaciones y sistemas individuales, derrotando los proyectiles entrantes antes de que los sistemas de protección cercana entren en acción para derrotarlos»⁸. En pocas palabras, se destruye un miembro del enjambre de drones más grande en lugar del elemento protegido. Las ventajas intrínsecas del enjambre permiten las operaciones ofensivas del elemento protegido.

El enjambre aprovecha un medio infrautilizado para derrotar al radar: abrumar físicamente al sistema. Fundamentalmente, la interferencia activa logra este efecto a través de medios electromagnéticos, pero requiere un emisor potente y la frecuencia correcta, y suele estar limitada a un sistema de radar concreto. Incluso sin emitir, los enjambres de UA interfieren en el dominio físico y atascan las pantallas de los radares simplemente moviéndose en grandes cantidades. Los enjambres de UA serían los linieros ofensivos de las plataformas tripuladas que penetran en la zona de A2/AD para atacar los nodos críticos. Los elementos de defensa antiaérea integrada no podrían detectar a un Apache maniobrando detrás de una nube de UA; la avalancha de objetivos físicos desintegraría el sistema de defensa antiaérea y crearía el caos. Más allá de su papel como carnada de defensa antiaérea, el Ejército podría equipar a las UA individuales del enjambre con una variedad de sensores de bajo costo; esto crea un escudo que simultáneamente defiende contra las amenazas mientras recolecta datos de esas mismas amenazas. A medida que se desarrolle la tecnología de enjambre, esta alterará la tecnología de defensa antiaérea y condenará a los sistemas actuales a la obsolescencia. Aprovechando los enjambres de UA y la MUM-T, este tipo de maniobra al descubierto podría ser clave para penetrar en la zona de A2/AD.

Apoyo a humanos y la autonomía. Un problema importante de la actual MUM-T es el uso ineficiente del capital humano en el empleo del sistema. La MUM-T en las MDO no debe tratar de eliminar la aportación humana, sino apoyar al juicio humano y automatizar todo lo que no requiera una decisión humana. Los actuales LOI relegan a la MUM-T el control de la trayectoria de vuelo de la UA y de su punto de interés de los sensores, pero ese nivel de control es poco manejable en las MDO. Imagínese un pequeño enjambre de UA y la tarea imposible de controlar la trayectoria de vuelo de cada aeronave y el funcionamiento de la carga útil. Incluso para un operador en tierra cuya



[Concepto artístico] Los investigadores del Ejército desarrollan un enfoque de aprendizaje por refuerzo denominado Hierarchical Reinforcement Learning que permitirá a los enjambres de vehículos aéreos y terrestres no tripulados cumplir de forma óptima diversas misiones y minimizar la incertidumbre sobre el rendimiento en el campo de batalla. (Foto: Ejército de EUA/Shutterstock)

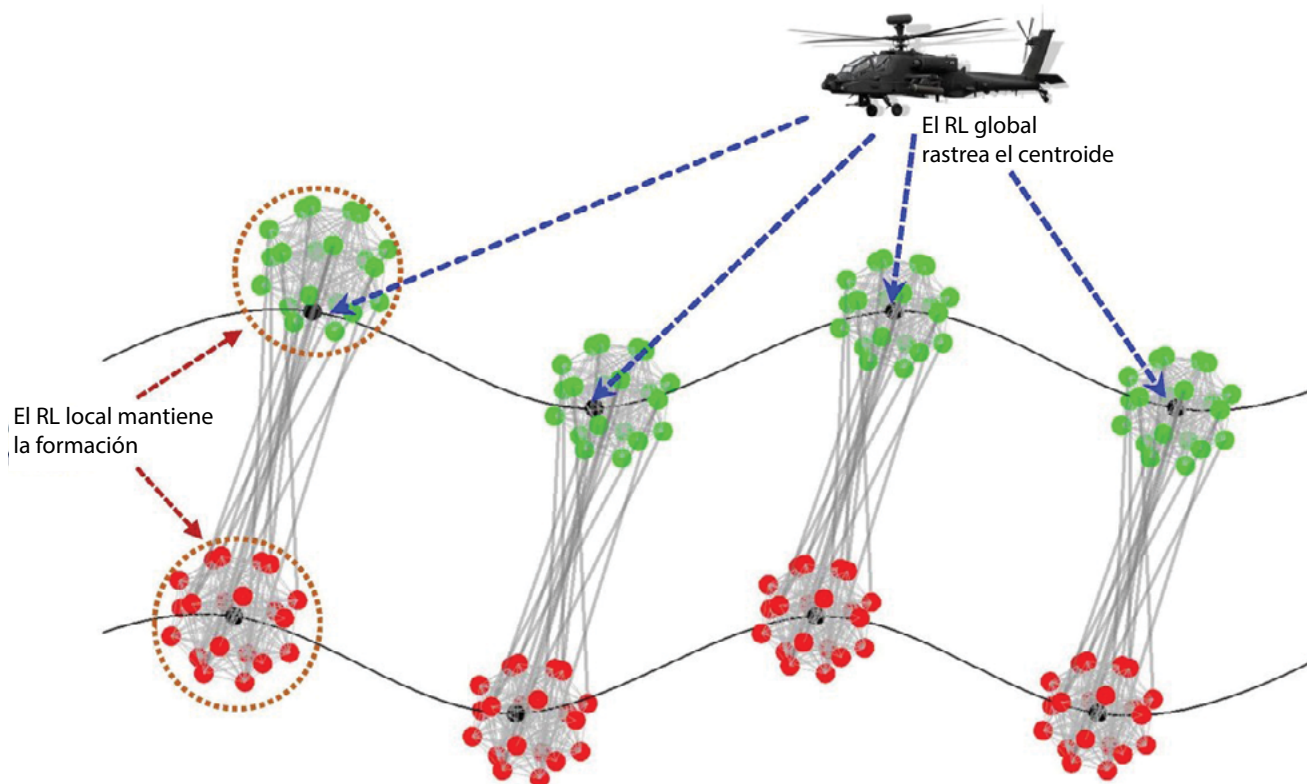
única tarea sea gestionar el enjambre, sería imposible. En cambio, el enjambre debe poseer un cierto nivel de autonomía para controlar su propia trayectoria de vuelo y la utilización de la carga útil. El ser humano debe dirigir tácticas y prioridades más amplias al enjambre de UA. A continuación, el enjambre busca la entrada de humanos cuando requiere una decisión o adquiere información crítica sobre el ambiente operacional.

En última instancia, el TRADOC ya considera que «los enjambres de sistemas no tripulados masivos, de bajo costo y autoorganizados, dirigidos por algoritmos biomiméticos para abrumar a los adversarios, [como una alternativa] viable a los sistemas caros y exquisitos»⁹. Sin embargo, los enjambres no reemplazarán por completo a los grandes UAS; sistemas como el MQ-1C seguirán teniendo un lugar en las MDO. Los UAS más grandes tendrán que realizar la gestión de la red y llevar cargas útiles más pesadas y avanzadas. La MUM-T se basa en el trabajo en equipo y en la

integración de sistemas tripulados, no tripulados y autónomos en el equipo. Los sistemas automatizados como los enjambres de UA serán herramientas de ayuda a los sistemas con humanos «en el ciclo» de decisión. El ser humano proporciona un juicio táctico, operacional y ético insustituible; el enjambre de UA existe para aumentar el poder de la decisión humana.

Doctrina de efectos y selección de blancos de los equipos tripulados y no tripulados

Los enfrentamientos en las MDO requieren técnicas de selección de blancos dinámica eficaces y practicadas para mantener el ritmo operacional. La doctrina contemporánea de selección de blancos dinámica (encontrar, localizar, rastrear, seleccionar, atacar, evaluar) requiere una amplia participación humana en todo el ciclo de selección de blancos¹⁰. Esto es por una buena razón—la decisión de asignar recursos, determinar



Los investigadores del Ejército prevén un sistema de control jerárquico para la coordinación de vehículos terrestres y aéreos apoyado por el aprendizaje reforzado (RL) que permite a los enjambres de aeronaves y vehículos terrestres no tripulados cumplir varias misiones simultáneamente. (Gráfico: Ejército de EUA)

los efectos y, en última instancia, matar, requiere una intensa comprensión de la situación y un juicio informado. Sin embargo, las reuniones de estado mayor, sesiones informativas y la toma de decisiones de los comités entorpecen el proceso y ralentizan el ciclo de selección de blancos. En las MDO, la engorrosa interferencia humana permitirá que ciertos blancos escapen al alcance de nuestros efectos. La doctrina de selección de blancos no requiere cambios sustanciales, pero las MDO obligarán a acelerar el proceso existente. En las MDO, los comandantes deben aprovechar el aumento tecnológico para destruir rápidamente los blancos de alta prioridad. Las futuras operaciones de selección de blancos requieren redes de sensores fusionadas que emparejen de forma inteligente a las plataformas de armas con los blancos para conseguir efectos en todos los dominios¹¹. La MUM-T entre los enjambres de sensores no tripulados y los helicópteros de ataque crea una red de sensores para las plataformas de armas en todos los dominios orgánicos a la aviación del Ejército.

Recolección de datos fusionada. El TRADOC ya reconoce que «la selección de blancos [empleará] datos de sensores fusionados» para permitir que «las unidades amigas que operan de forma dispersa vean y luchen en zonas amplias»¹². El concepto de sensores distribuidos en el campo de batalla dista mucho de ser novedoso, pero el Ejército nunca los ha desplegado a la escala o con la densidad que requieren las MDO. Además, las décadas anteriores de contrainsurgencia han entrenado a los líderes para considerar el vídeo de movimiento completo (FMV) como el requisito de inteligencia estándar para la selección de blancos. Aunque el FMV mejora en gran medida la comprensión de la situación, también requiere la línea de visibilidad directa de los sensores y devora el ancho de banda, dos aspectos peligrosos e insostenibles en las MDO. Para aprovechar la potencia de los enjambres de sensores distribuidos de las UA, el Ejército debe equipar estas pequeñas UA con una combinación de sensores ligeros de baja potencia. Esto está lejos de ser una quimera; el TRADOC

predice que «la reducción del tamaño y de los requisitos de energía de muchos [sensores electrónicos] los hace más adecuados para ser empleados por sistemas remotos, robóticos y autónomos»¹³. En concreto, las redes aerotransportadas de antenas de radiogoniometría (DF), el radar indicador de blancos móviles en tierra (GMTI), los sensores acústicos y las cámaras electro-ópticas/infrarrojas (EO/IR) limitadas proporcionarán a la MUM-T la red de sensores para que los altos mandos puedan seleccionar blancos con éxito en las MDO. Ninguna de estas tecnologías es nueva, pero su reducido tamaño y su proliferación modernizarán la detección, localización precisa, y seguimiento de blancos dinámicos con una limitada intervención humana.

Los sistemas de radiogoniometría ya son la tecnología más pequeña, ligera y madura que pueden emplear los enjambres de UA. Curiosamente, una de las primeras aplicaciones de la radiogoniometría fue la aviónica: los radiogoniómetros automáticos orientan a las aeronaves que vuelan hacia o desde las radiobalizas omnidireccionales en tierra. La radiogoniometría es el proceso de determinar la ubicación de un emisor recibiendo y procesando sus señales, analizando su intensidad y proporcionando al usuario una dirección hacia el emisor. Normalmente, un sistema de radiogoniometría solo proporciona un acimut, mientras que dos o más proporcionan una localización cuadrícula con niveles de confianza crecientes. Estos sistemas detectan pasivamente las emisiones del enemigo y, por lo tanto, deben estar ampliamente desplegados para generar triangulaciones precisas. Las limitadas formaciones de guerra electrónica del Ejército ya emplean hoy en día sistemas de radiogoniometría portátiles¹⁴. Si una cuarta parte de un enjambre de UA estuviera equipada con sistemas de radiogoniometría, podría localizar rápidamente cualquier emisor en el campo de batalla y, a continuación, señalar o combinar otros medios en esa ubicación. La radiogoniometría es una poderosa herramienta de localización y fijación, especialmente cuando está confirmada por el GMTI.

Los sistemas GMTI aerotransportados han sido tradicionalmente demasiado grandes para los UAS pequeños; el Sistema de Radar Conjunto de Vigilancia y Ataque del E-8C, un vehículo aéreo basado en el Boeing 707, es el sistema más prolífico. Pero el GMTI se está haciendo más pequeño la tecnología ha sido recientemente integrada en el MQ-1C Gray Eagle¹⁵. Como su nombre

indica, el GMTI es un radar que detecta y rastrea el movimiento de sistemas terrestres. Es un vínculo crucial en las etapas de detección, localización, y rastreo, pero su precio y tamaño probablemente limitarán su empleo. Incluso en las próximas dos décadas, es probable que el GMTI siga estando limitado a los UAS más grandes y a unos pocos UAS pequeños. Empleado en toda la zona de combate de las MDO, podría señalar a otros sistemas nuevas detecciones o rastrear blancos de alta prioridad antes de emplear las armas. Por sí solo, el GMTI proporciona al equipo tripulado-no tripulado un alcance sensorial excepcional, pero también requiere sensores para defender al equipo y proporcionar blancos cercanos.

Los enemigos pueden intentar enmascarar su apariencia, emisiones y secciones transversales de radar, pero es mucho más difícil enmascarar la acústica. Una columna blindada sonará como una columna blindada, esté o no camuflada. Los enjambres de UA podrían emplear sensores similares a los que se encuentran en las minas antihelicópteros, que detectan firmas acústicas específicas y las utilizan para la selección de blancos cercanos¹⁶. Los sensores acústicos son ineficaces cuando se montan en plataformas aéreas más grandes debido al ruido de los motores, los rotores y las hélices, pero las pequeñas UA presentan un perfil de ruido mucho más silencioso para que los sensores lo superen. Imagínese detectar los sonidos característicos de un tanque T-80 que arranca o de una torreta rotando a un kilómetro de distancia. Aunque esa información por sí sola sería inadecuada para todo lo que no sea la fase de detección del blanco, podría ser el primero de los muchos sensores fusionados que recolectan datos sobre ese blanco. Además, evita que las fuerzas terrestres enemigas sorprendan al equipo tripulado-no tripulado.

En último lugar, los modernos sistemas EO/IR ya son lo suficientemente pequeños para su empleo en enjambres de UA. Las cámaras con cardán en sí mismas no son un limitante tecnológico, pero el reto de exportar el FMV a largas distancias con antenas de baja ganancia es un problema. En lugar de buscar una capacidad persistente de FMV sobre el campo de batalla, los sistemas EO/IR deberían utilizarse en las fases de detección y rastreo, utilizando el procesamiento a bordo para clasificar y transmitir automáticamente imágenes fijas muy compactas a otros nodos del sistema. Dado que, en última instancia, los altos mandos requieren la confirmación visual de ciertos blancos, el

Ejército no puede abandonar por completo los medios de EO/IR en las MDO, pero replantear su uso liberará ancho de banda para otros datos de selección de blancos. La recopilación fusionada en múltiples dominios plantea múltiples dilemas al enemigo, proporciona datos fiables para la selección de blancos y alimenta redes inteligentes de equipos tripulados y no tripulados.

Redes en malla. Los sensores aéreos distribuidos que recolectan información fusionada solo tienen sentido si esos datos pueden trasladarse a algún lugar para su procesamiento. Con el grado de autonomía de los futuros enjambres de vehículos aéreos, debemos abandonar la idea moderna de una estación de control en tierra con un solo enlace de datos por radio de alta ganancia con la plataforma. La MUM-T en las MDO requiere que cada UA se sincronice automáticamente con el comportamiento del enjambre y con las prioridades del sistema tripulado. Si cada UAS intentara coordinarse individualmente con la plataforma tripulada, se sobrecargaría el ancho de banda y la capacidad de procesamiento disponibles. En su lugar, la potencia de procesamiento debe distribuirse dentro del enjambre y enrutarse a través de él utilizando una forma de red en malla. Las redes en malla son redes dinámicas con topologías y rutas de datos flexibles: no hay nodos centrales y los nodos se autoorganizan¹⁷. En una red en malla, un paquete de datos viaja desde su nodo emisor hasta su nodo receptor «saltando» entre otros nodos mediante algoritmos de enrutamiento adaptativos. La moderna tecnología de redes en malla ya permite desplegar sensores en vehículos de combate en constante movimiento, en los que la

Inteligencia artificial y aprendizaje automático. La inteligencia artificial (IA) suena casi demasiado futurista para tomársela en serio, pero es el aumento cognitivo clave que permite emplear la MUM-T en las MDO. La IA es un tipo de computación diseñada para procesar información, razonar soluciones y ejecutar acciones; el proceso por el que la IA adquiere la capacidad de realizar estas funciones ejecutivas es el aprendizaje automático. Un ejemplo básico de aprendizaje automático es entrenar un software para que reconozca una cara proporcionándole cientos de imágenes de esa cara desde diferentes ángulos, aspectos y condiciones de iluminación y, luego, pedirle que utilice la IA para identificar esa cara entre una multitud de personas en FMV¹⁹. La IA que clasifica automáticamente los blancos a través de imágenes fijas y vídeos tiene un valor militar evidente, pero esa aplicación no es la maniobra entre dominios que se requiere para el éxito en MDO.

Cuando está bien desarrollada, la velocidad de las capacidades analíticas y predictivas de la IA la hace letal en el campo de batalla. La incorporación de la IA a la doctrina de selección dinámica de blancos le permitirá predecir el comportamiento del enemigo y emparejar los blancos con las plataformas de ataque y las municiones. El Ejército ya está probando la validez de incorporar la IA a los ataques de área profunda, y esa tecnología podría ampliarse a la MUM-T²⁰. La IA podría procesar la inteligencia fusionada recopilada por un enjambre de UA y, a continuación, proporcionar a las aeronaves de ataque tripuladas la ubicación de los objetivos, las velocidades, la orientación recomendada de las armas y la orientación de los enfrentamientos simultáneos. Emparejar la IA con



Emparejar la IA con Misiles de Ataque Multimisión Únicos permitirá a la IA producir efectos masivos sobre un enemigo desprevenido con una fuerza amiga proporcionalmente pequeña.



topología de la red debe «adaptarse de forma constante y automática» a las distancias y al terreno variables¹⁸. Dentro de un enjambre de sensores de alta densidad de nodos y sumamente disperso, un UAS individual podría compartir datos y procesarlos en una metodología de nube con el enjambre para luego proporcionar inteligencia fusionada a la plataforma tripulada.

Misiles de Ataque Multimisión Únicos permitirá a la IA producir efectos masivos sobre un enemigo desprevenido con una fuerza amiga proporcionalmente pequeña²¹. La incorporación de la IA a la selección dinámica de blancos consiste en invertir el paradigma doctrinal de la automatización: en lugar de que los humanos orienten a las máquinas hacia los blancos, las máquinas deberían

orientar a los humanos hacia las decisiones de selección de blancos. El TRADOC prevé que los ciclos de decisión se aceleren «con la inteligencia habilitada por la IA que realiza la recopilación... liberando a los combatientes para que hagan lo que mejor saben hacer — luchar y

Las formaciones MUM-T compactas y orgánicas son una poderosa herramienta en las MDO porque complementan las dicotomías propias del nuevo ambiente operacional. El TRADOC identifica cuatro dipolos que enmarcan el carácter cambiante de la guerra, dos de ellos



Si se organiza correctamente, la aviación del Ejército puede aprovechar la MUM-T para generar formaciones multidominio a nivel de pelotón.



tomar decisiones»²². La plataforma tripulada actúa como mariscal de campo, gestionando por excepción: la información fluye hacia el humano en el ciclo. El cambio fundamental en la doctrina de selección de blancos no es el proceso, sino quién — o qué — realiza cada paso.

Formaciones multidominio y ejemplos de empleo de la MUM-T

Los cambios de material y doctrina generados por las MDO exigen una marcada reorganización de las formaciones de MUM-T. Uno de los tres principios del TRADOC para tener éxito en las MDO es el empleo de formaciones multidominio, es decir, formaciones de combate que tengan la capacidad de «realizar maniobras independientes, emplear fuegos multidominio y maximizar el potencial humano»²³. Si se organiza correctamente, la aviación del Ejército puede aprovechar la MUM-T para generar formaciones multidominio a nivel de pelotón. Los modernos escuadrones de caballería aérea son actualmente la formación MUM-T más integrada de la aviación del Ejército; cada tropa de línea posee ocho helicópteros AH-64 Apache y cuatro UAS RQ-7 Shadow²⁴. Sin embargo, luchar como una formación multidominio requiere que los UAS sean orgánicos no solo a la tropa [una unidad de tamaño de compañía] de caballería aérea, sino también al pelotón de caballería aérea. Los pelotones serán la unidad funcional que luchará conjuntamente en el campo de batalla multidominio, no las tropas. Las plataformas tripuladas de reconocimiento y ataque deben entrenar y combatir regularmente con sus propios enjambres orgánicos de UA. Esto aumentará la confianza del equipo tripulado en el equipo no tripulado y también informará mejor a la IA de los sistemas no tripulados.

son particularmente relevantes para la MUM-T: «los que encuentran vs. los que se esconden» y «los que atacan vs. los que protegen»²⁵. Las plataformas de ataque tripuladas serán las que se escondan y sean fácilmente detectables y susceptibles de enfrentamientos letales y no letales, pero también serán atacantes, capaces de lanzar municiones letales con fuegos directos o indirectos. Mientras tanto, un enjambre de UA equipado con sensores distribuidos es un excelente buscador y un escudo, que protege las plataformas tripuladas maniobrando delante de ellas o a lo largo de sus flancos. Por lo tanto, un elemento del tamaño de un pelotón multidominio orgánico de la aviación del Ejército sería capaz de abarcar todo el espectro de operaciones en un ambiente de guerra cambiante. Los siguientes ejemplos demuestran el poder del pelotón multidominio cuando la aviación del Ejército penetra en las zonas de A2/AD.

Ejemplo 1: Los que detectan y los que atacan. Un pelotón de caballería aérea ejecuta un movimiento de contacto en una zona A2/AD. Un radar de defensa anti-aérea enemigo emite en un patrón de búsqueda como parte de una red de defensa antiaérea integrada. El enjambre de UA por delante del equipo de ataque tripulado utiliza la radiogoniometría para calcular la ubicación aproximada del sistema. Una UA de tipo Grupo 4 por encima observa la red con EO/IR y realiza una búsqueda con IA desarrollada para cazar los nodos de defensa antiaérea integrada con IA. Tras determinar la ubicación de sus emplazamientos de mando y control, generación de energía, radares y misiles, el gran UAS asigna los blancos a los helicópteros de ataque tripulados orgánicos, a los fuegos de largo alcance y a las plataformas conjuntas que participan en la misión. A continuación, la IA presenta el conjunto de ataques al puesto de mando principal del comandante

de la zona de combate. Tras la aprobación, las plataformas de ataque utilizan tecnologías de ataque simultáneo múltiple como los Misiles de Ataque Multimisión Únicos para desintegrar y penetrar la red de defensa antiaérea.

Ejemplo 2: Protección contra la guerra electrónica.

Parecido a el primer ejemplo, un enjambre de UA detecta un radar de defensa antiaérea mediante métodos de recolección fusionados. Pero esta vez, el enemigo emplea sus capacidades de guerra electrónica y enciende los emisores de interferencia activa en las proximidades del enjambre. Esto inutiliza una parte considerable del enjambre, pero la mayoría está fuera del alcance de la interferencia, es capaz de percibir la amenaza y se reposiciona. Dado que el enjambre de UA opera en una topología de red en malla, es capaz de reorganizarse y reconfigurarse a la vez que proporciona una alerta temprana a la plataforma tripulada que está detrás del enjambre. Gracias a la IA, la red de sensores aéreos no tripulados analiza la señal de interferencia, asigna los atacantes y espera la orden de ataque de un humano con autoridad para tomar decisiones.

Ejemplo 3: El factor humano. Un UAS de Grupo 4 que utiliza el GMTI detecta un grupo de vehículos que se dirigen hacia las fuerzas amigas. El enjambre de UA aprovecha la goniometría en las comunicaciones del enemigo para triangular su posición. Una gran UA que realiza ISR gira automáticamente los medios de EO/IR en posición y, a través de la IA, clasifica la imagen como una gran cantidad de vehículos técnicos. La confianza en el blanco, el ritmo y la dirección de la marcha, y el tamaño de la fuerza desencadenan un traspaso del blanco a un helicóptero de ataque tripulado. El recurso tripulado ve las imágenes y reconoce que los vehículos son camionetas que transportan refugiados fuera de la zona de combate. El recurso tripulado aplica su juicio, rechaza el conjunto de blancos y se asegura de que pasen con seguridad.

Conclusión

El avance material necesario para que la MUM-T tenga éxito en las MDO parece ciencia ficción, pero

ese avance es producto de tecnologías que ya existen. Aunque el enjambre de UA parece poco probable, todos los indicios apuntan a su posibilidad y potencial. El Ejército ya está investigando métodos para que los futuros aviones de elevación vertical puedan gestionar tres o más UAS a la vez²⁶. Los avances tecnológicos incrementales seguirán adelante, pero la aviación del Ejército no debe permitir que su doctrina y sus formaciones se queden atrás a medida que se desarrolla la MUM-T. La comunidad de aviadores del Ejército debe aprender a aceptar la mitad no tripulada de la MUM-T y encontrar formas de hacer que el equipo sea tácticamente sólido mientras la MUM-T hace la transición a las MDO.

Quizás el mayor reto para el desarrollo de la futura MUM-T sea el cambio psicológico necesario para confiar en un compañero no tripulado cada vez más inteligente. Confiar en los UAS será incómodo y, al igual que su tecnología de apoyo, requerirá un cambio gradual. Mucho antes de que los aviadores den una patada a la colmena y suelten un enjambre de UAS en el campo de batalla, los aviadores deben confiar en sus sistemas no tripulados mediante un entrenamiento regular. La aviación del Ejército debe asignar más responsabilidades a los UAS y desarrollar su relación con las aeronaves tripuladas demostrando su competencia en el entrenamiento colectivo con fuego real. Ignorar el entrenamiento tipo MUM-T hoy corroe la confianza que las futuras formaciones requerirán en las MDO. Por lo tanto, la capacidad de la Aviación del Ejército para implementar la MUM-T en las MDO depende decisivamente de su capacidad para entrenar con la MUM-T ahora. Ya sea por inconveniencia, frustración o indolencia, la decisión de abandonar la MUM-T hoy significa que fracasaremos cuando se implemente en las MDO. La tecnología estará lista pronto — no podemos limitarnos. ■

Las opiniones expresadas en este documento son exclusivamente del autor y no son las opiniones del Ejército de EUA o del Departamento de Defensa.

Notas

1. U.S. Army Training and Doctrine Command (TRADOC) Pamphlet (TP) 525-3-1, *The U.S. Army in Multi-Domain Operations*, 2028 (Fort Eustis, VA: TRADOC, 2018), viii–ix.

2. TP 525-3-6, *The U.S. Army Functional Concept for Movement and Maneuver*, 2020-2040 (Fort Eustis, VA: TRADOC, 2017), 28.

3. Field Manual (FM) 3-04, *Army Aviation* (Washington, DC: U.S.

Government Publishing Office [GPO], 2020), 1-3.

4. Mário Monteiro Marquez, *Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability, Standardization Agreement 4586* (Bruselas: NATO, 2017), accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-271/EN-SCI-271-03.pdf>.

5. Army Techniques Publication (ATP) 3-04.1, *Aviation Tactical Employment* (Washington, DC: U.S. GPO, 2021), 7-25.

6. «Classification of the Unmanned Aerial Systems», Geospatial Applications of Unmanned Aerial Systems (UAS), Pennsylvania State University, table 1, accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>.

7. Dan Parsons, «Olympic Drone Swarm Heightens Army Concerns over Air Defense», *Defense Daily*, 3 de abril de 2018, accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.defensedaily.com/olympics-drone-swarm-heightens-army-concerns-air-defense/army/>.

8. TP 525-3-6, *The U.S. Army Functional Concept for Movement and Maneuver*, 40.

9. TP 525-92, *The Operational Environment and the Changing Character of Warfare* (Fort Eustis, VA: TRADOC, 2019), 20.

10. ATP 3-60.1, *Dynamic Targeting* (Washington, DC: U.S. GPO, 2015), 35-43.

11. TP 525-3-4, *The U.S. Army Functional Concept for Fires, 2020-2040* (Fort Eustis, VA: TRADOC, 2017), 9.

12. *Ibid.*, 10.

13. TP 525-8-6, *The U.S. Army Functional Concept for Cyberspace and Electronic Warfare Operations, 2025-2040* (Fort Eustis, VA: TRADOC, 2018), 11.

14. Armando Limon, «Electronic Warfare Soldiers Train with Radio Direction Finding System», *Army.mil*, 11 de abril de 2018, accedido 15 de septiembre de 2021, https://www.army.mil/article/203723/electronic_warfare_soldiers_train_with_radio_direction_finding_system.

15. Jen Judson, «General Atomics Demos Gray Eagle's Role in Multidomain Ops», *Defense News*, 22 de enero de 2020, accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.defensenews.com/land/2020/01/22/general-atomics-demos-gray-eagles-role-in-multidomain-ops/>.

[general-atomics-demos-gray-eagles-role-in-multidomain-ops/](https://www.defensenews.com/land/2020/01/22/general-atomics-demos-gray-eagles-role-in-multidomain-ops/).

16. Nikolai Litovkin, «Russian Army to be Beefed Up with Anti-Chopper Mines», *Russia Beyond*, 25 de julio de 2017, accedido 15 de septiembre de 2021, https://www.rbth.com/defence/2017/07/25/russian-army-to-be-beefed-up-with-anti-chopper-mines_810775.

17. «Introduction to Mesh Networks», *Airberry*, 6 de mayo de 2012, https://web.archive.org/web/20130811032810/http://airberry.com/downloads/airberry_Whitepaper_EN_02_Wireless_Mesh.pdf.

18. *First, Second and Third Generation Mesh Architectures* (Santa Clara, CA: Mesh Dynamics, 2005), accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.meshdynamics.com/documents/MDThirdGenerationMesh.pdf>.

19. Rafia, «Artificial Intelligence (AI) Image Recognition», *Logikai*, 3 de agosto de 2020, accedido 15 de septiembre de 2021, <https://logikai.io/blog/using-artificial-intelligence-ai-image-recognition>.

20. Nathan Strout, «How the Army Plans to Use Space and Artificial Intelligence to Hit Deep Targets Quickly», *Defense News*, 5 de agosto de 2020, accedido 15 de septiembre de 2021, <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/smd/2020/08/05/how-the-army-plans-to-use-space-and-artificial-intelligence-to-hit-deep-targets-quickly>.

21. Spencer Hudson y Shannon Haataja, «Survive and Project Indirect Fires», *Army.mil*, 8 de febrero de 2018, accedido 15 de septiembre de 2021, https://www.army.mil/article/200241/survive_and_project_indirect_fires.

22. TP 525-92, *The Operational Environment and the Changing Character of Warfare*, 20.

23. TP 525-3-1, *The U.S. Army in Multi-Domain Operations*, 19.

24. FM 3-04, *Army Aviation*, 2-8.

25. TP 525-92, *The Operational Environment and the Changing Character of Warfare*, 19.

26. Grant Taylor y Terry Turpin, «Army Aviation Manned-Unmanned Teaming (MUM-T): Past, Present, and Future», *18th International Symposium on Aviation Psychology* (2015): 564-65, accedido 15 de septiembre de 2021, https://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1095&context=isap_2015.