



ACADEMIA DE LAS CIENCIAS
Y LAS ARTES MILITARES

Comunicaciones académicas

Previsibles tecnologías emergentes y disruptivas en la Simulación Militar

Francisco J. Gómez Ramos

Academia de las Artes y las Ciencias Militares
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

26 de diciembre de 2023

Introducción

Tanto las tecnologías emergentes, como las capacidades desarrolladas tanto en el campo civil, como en el militar tienen un potencial carácter disruptivo en el campo del Modelado y la Simulación (M&S), estimulando la puesta en práctica de nuevas aplicaciones, el llevar a cabo nuevas simulaciones, con nuevos sistemas y nuevos escenarios y operaciones a simular, y mejorar la eficiencia y la eficacia de las aplicaciones existentes. Varios foros y publicaciones se han preocupado últimamente de llevar a cabo ese ejercicio de prospección, destacando el congreso 2022 del NATO *Modelling and Simulation Group* (NMSG) que tuvo lugar en la ciudad inglesa de Bath y que tuvo como objetivo principal el explorar como las tecnologías disruptivas podrían impactar en el desarrollo futuro del dominio del M&S y al que se hizo mención en mi comunicación anterior.

El primer cuarto de siglo XXI ha visto el desarrollo de tecnologías emergentes y disruptivas, como, la digitalización, los vehículos autónomos, la IA (inteligencia artificial), la computación cuántica, el *Machine Learning* (ML), los Gemelos Digitales... las cuales previsiblemente afectarán toda nuestra forma de vida, y en particular al mundo de la Defensa, tan presente en la actualidad debido a las

condiciones geopolíticas imperantes. En la presente comunicación intentaremos enfocarla en como previsiblemente podrán afectar al dominio del modelado y la simulación y los otros dominios de su aplicación y de su entorno y, particularmente, en la aplicación del M&S al desarrollo de capacidades militares. Algunas de ellas no son ya meras especulaciones, sino que se encuentran en avanzado grado de desarrollo, como el *Data Farming* o las arquitecturas de simulación orientadas a servicios (SOA). Algunas de ellas, como la IA, también presentan inquietantes problemas éticos que el M&S puede ayudar a prever, analizar, desentrañar y organizar.

No se puede olvidar que la situación geopolítica de tensión presente actúa como potenciador de la necesidad de búsqueda de nuevos avances que proporcionen superioridad tecnológica en cualquier dominio relacionado con la Defensa.

Hasta el momento presente un factor que ha tenido una gran influencia en el desarrollo del M&S ha sido el empleo de sistemas de simulación COTS (*Commercial on the Shelf*) como juegos de simulación conocidos como *Serious Games* (de los cuales podemos nombrar sólo algunos de los más conocidos VR-Forces, VBS-2 y 3 ...), o derivados o influidos por ellos, aunque no sean realmente COTS (como *SWORD*). Particularmente los hemos empleado como motores de simulación y se han visto particularmente favorecidos cuando se requerían bajos costes y una eficaz visualización. Aunque hay que reconocer que muchas de esas ventajas de partida disminuían, o incluso desaparecían, cuando se requerían desarrollos adicionales que llevaran a comportamientos o representaciones físicas de los equipos o de las capacidades más realistas, u otros requisitos, tales como, apoyo para la captura de datos o la revisión de las simulaciones (AAR, *After Action Review*). El empleo de HW de origen COTS es muy común en nuestros días y a menudo se complementan con equipos personalizados que incluyen varias tecnologías de visualización, incluidas XR, sensores y mandos y equipos hápticos (de simulación sensorial) y otras capacidades que proporcionan al participante sensaciones inmersivas.

Un recorrido por alguna de esas tecnologías y su impacto en el M&S

La situación actual de partida en este campo ya es la siguiente: se están utilizando ampliamente combinaciones heterogéneas de motores de juegos, gemelos digitales, IA, arquitecturas del tipo M&S como servicio (MSaaS), etc., para poner en práctica ideas sobre simulaciones complejas de alto rendimiento y alta fidelidad. En ellos se ha enfatizado el empleo de estándares abiertos de interoperabilidad de sistemas M&S, como la Arquitectura de Alto Nivel (HLA) de la Organización de Estándares de Interoperabilidad de Simulación (SISO) y en el congreso de Bath se presentó parte del trabajo técnico que se está llevando a cabo actualmente para

adecuarla frente a estos nuevos desafíos que se presentan al incorporar estos nuevos conceptos relacionados con las tecnologías emergentes. En estas aplicaciones y en el momento actual parece haber cierta desaceleración en el empleo de sistemas COTS, al menos en determinadas aplicaciones, favoreciéndose el empleo de HW específico y el desarrollo de aplicaciones SW particulares para ellos.



Air Force Looking to Boost Connectivity for Simulators (RAND Corp.)

Es previsible que estas tecnologías faciliten la interacción y reparto de señales en sistemas de simulación interactivos y distribuidos, la generación rápida de entornos sintéticos a partir de inteligencia de señales o imágenes tomadas por satélite; también es previsible que afecten a la mejora de la inmersión de los participantes en esos entornos y por lo tanto que se mejore aún más la eficiencia de esos sistemas. Permitirán aumentar exponencialmente el número de participantes en los ejercicios simulados, así como, mejorar la preparación de los CAXs (*Computerized Assisted Exercises*) en función de los objetivos buscados y mejorar el análisis de los resultados, etc., etc.

Incluso permitirán ayudar al diseño eficaz de esos sistemas, sus componentes y sus arquitecturas y optimizar sus configuraciones modulares en función de los fines, permitiendo desarrollar SW y códigos específicos para llevarlo a cabo.

También es previsible que estos sistemas procuren, como ya se está intentando con los actuales, posibilitar un empleo responsable de la IA y no es desdeñable el que se produzca un profundo cambio que se verá favorecido por el aumento exponencial de la gestión de datos y capacidad de cálculo, que permitirán abordar

los complejos sistemas futuros de cibernsimulación (polígonos de experiencias de redes virtuales).

Más concretamente, se intuye que, se disminuirá el decalaje del tiempo de actuación en el sistema de simulación con los sistemas reales, permitiéndose con ello la mejora de la detección rápida de objetos en los sistemas de alerta temprana y por lo tanto en su empleo como sistemas de entrenamiento.

La mejora en la obtención masiva de datos, en el análisis de imágenes, en la rapidez de la fusión de datos, permitirá, entre otras posibles aplicaciones, la reconstrucción 3-D de entornos sintéticos a partir de imágenes y señales MW captadas por satélites y UAVs, con su proceso mediante IA y el empleo de Geometría Computacional (Diseño Geométrico Digital, DGD) para su empleo no sólo en la creación de modelos y su empleo en sistemas simulados, sino también en sistemas de Realidad Aumentada de empleo directo en operaciones militares con el fin de mejorar la eficacia de los sistemas de combate y de los propios combatientes, así como, de los sistemas de mando y control a cualquier nivel. El levantamiento de estos entornos permitirá también el que se incluyan representaciones georreferenciadas de los objetos que se detecten y que resulten de interés para el planeamiento de misiones en las que resulte crítica la precisión en la definición de los instantes de tiempo en que se vaya a ejecutar cada acción determinada.

Con ello vemos que esa tendencia en la evolución de los sistemas M&S se verá necesariamente influida por como esas mismas tecnologías emergentes y disruptivas influyan en el desarrollo de los futuros sistemas, su doctrina de empleo, etc., por lo que los expertos en el desarrollo de sistemas M&S deberán estar, más que nunca, alertas a cómo se vayan produciendo estos cambios para intentar adelantarse a su implantación operativa. Siempre se ha dicho que las guerras en curso son los mejores campos de experimentación para el desarrollo de los futuros sistemas, por lo que deberá permanecer muy atento a las actuales operaciones en Ucrania y el Medio Oriente.

Como ya se ha adelantado, el empleo de técnicas de *Big Data* y de IA, en general servirán para el desarrollo de las futuras redes virtuales de experimentación Cyber y de operaciones en el «metaverso». También las mismas permitirán un rápido avance en técnicas de detección de inteligencia a nivel estratégico e incluso táctico, e incluso permitirán establecer alertas AT (antiterroristas) fiables en el rastreo de señales.

Aunque ya se han llevado a cabo importantes innovaciones y los Gemelos Digitales ya se encuentran en empleo, sobre todo en los dominios naval y aeronáutico, es previsible el desarrollo de nuevos marcos más específicos para el diseño de detalle

de los futuros; así como, su aplicación para la búsqueda de la superioridad en la posesión de información.

Actualmente existe mucho interés en los gemelos digitales. Se ha consensado el definirlos como una representación virtual (lo que supone proporcionar cierto grado de interacción humana, por ejemplo, mediante visualización en una pantalla) de un sistema o de objetos del mundo real. Los gemelos digitales se componen cada vez más de una colección heterogénea de capacidades de simulación LVS (*Life Virtual Constructive*) que interoperan abiertamente y por lo tanto se requieren nuevos estándares de simulación. La composición de sistemas de M&S se encuentra continuamente presente y a veces se convierte en un desafío difícil para el que una solución la constituye el empleo del MSaaS (*Modeling and Simulation as a Service*).

Además de crear modelos que puedan utilizarse para la simulación dentro de un gemelo digital, es importante que, siempre que sea posible, los datos de ingeniería, medioambientales y de rendimiento del mundo real sean coherentes entre el gemelo digital y su homólogo del mundo real. Se ha identificado éste como otro de los principales desafíos que enfrentan los desarrolladores de gemelos digitales.

Como consecuencia de todo lo anterior se ha identificado la necesidad de desarrollar estándares de M&S para respaldar la interoperabilidad y el intercambio de información entre artefactos IA, metadatos de M&S, IA y *Big Data*. En este sentido se han utilizado ya las series ISO 8000 y 55000 (calidad de datos y gestión de activos, respectivamente) y se ha identificado la necesidad de llevar a cabo de forma continuada el desarrollo de estándares para respaldar los procesos de verificación, validación y acreditación (VV&A) para el empleo del *Big Data* en entornos MSaaS.

Resulta previsible que a corto plazo aumente el peso de la influencia de la simulación en el desarrollo de futuros Sistemas Autónomos Inteligentes (SAI) y en la conformación de la arquitectura global y de detalle de los futuros sistemas de combate, y en general de defensa, buscando el aumento de su eficacia y eficiencia orientada a la misión, y en la definición de diseños modulares de configuración variable en función de la misma.

Tradicionalmente uno de los ámbitos en el que el M&S ha mostrado un mayor éxito y una mejor relación coste/eficacia es en el de la formación y el entrenamiento. En este dominio resulta inevitable el continuar implantando progresivamente los avances que se vayan obteniendo a los sistemas de instrucción, formación y adiestramiento que se diseñen específicamente para su empleo en los Centros Docentes Militares (CDM) y en los Centros de Instrucción y Adiestramiento, intentando compatibilizarlos con los proyectos de digitalización de la enseñanza en

curso (como por ejemplo el sistema GNOSS). En este campo creo que resultará fundamental el optimizar el empleo de Arquitecturas orientadas a la consecución de objetivos y al usuario individualizado, en modos multiplataforma y aulas de arquitectura optimizada que permitan llevar a cabo la enseñanza y adiestramiento «todo lugar/todo tiempo/cualquier objetivo, con máxima eficiencia». Ello pudiera llevar incluso a un replanteamiento, si no total, al menos profundo, de los sistemas de enseñanza y los planes de estudio que se emplean actualmente (ejercicio que ya se está iniciando y que se requiere además para la formación eficaz del oficial 2035).

Todos estos desarrollos requerirán asimismo de la búsqueda de la necesaria interoperabilidad, con el desarrollo de nuevos estándares o la adopción de normativa ya desarrollada, que deberá validarse en ejercicios normalizados del tipo CWIX (*Coalition Warrior Interoperability Exercise*). La búsqueda de la necesaria coordinación a nivel OTAN seguirá siendo por tanto fundamental, reservándose un relevante papel al NMSG, sus grupos de trabajo y a la oficina OTAN MSCO (*NATO Modelling and Simulation Co-ordination Office*) para desarrollar esos nuevos STANAG y estándares que garanticen esos nuevos niveles de interoperabilidad, a ser posible antes de la entrada en servicio de los nuevos sistemas distribuidos e interactivos de simulación (SDIS) y los nuevos conceptos en los que estos se apoyen. Esa interoperabilidad habrá de buscarse también entre los SDIS y los Sistemas Tecnológicos Operativos (OT). Quizás tras ello se estará más cerca de lograr una efectiva y real simulación LVC (*Life, Virtual and Constructive*) en una arquitectura global en la que se integren sistemas C2, sistemas de simulación de todo tipo y sistemas operativos reales que actúen interactiva y coordinadamente en tiempo prácticamente real.

Otro *asset* que habrá que ganar en el futuro es el desbloqueo del potencial militar en el metaverso. Es de destacar en este ámbito la activación y participación en grupos comunes de interés como el *Metaverse Standards Forum* y el *Digital Twin Consortium*, y el empleo de estándares desarrollados por varios grupos empresariales que quieren desarrollar e implantar sistemas para emplear en el metaverso militar. El desarrollo posterior requerirá de financiación y del mantenimiento futuro del sistema.

Arquitecturas

Los desarrollos que incorporen esas nuevas tecnologías emergentes requerirán probablemente a medio plazo de nuevos desarrollos en lo que se refiere a sus arquitecturas, o al menos modificaciones en las existentes.



IA y simulación (<https://www.rand.org/topics/military-information-technology-systems.html>)

A día de hoy se han ensayado y descrito ya diferentes arquitecturas y conceptos de simulación: Basadas en mensajes (por ejemplo, DIS (*Distributed Interactive Simulation*) o HLA (*High Level Architecture*)), y plataformas de simulación dirigidas por datos frente a frente a federaciones con débiles acoplamientos entre federados. También se está ensayando tanto con arquitecturas abiertas como con sistemas propietarios. Actualmente se están empezando a emplear nuevas arquitecturas específicas entre las que se han citado la arquitectura de referencia de la NATO *Mission Training through Distributed Simulation* (MTDS).

Otras tecnologías capacitadoras

Además de las mencionadas se han identificado otras tecnologías como capacitadoras de los sistemas M&S. Algunas de ellas también se han identificado como retos en el dominio del M&S. Estos facilitadores o capacitadores incluyen el Cloud Computing, tanto proporcionado comercialmente, como recurso propio (*delivered in-house*); redes extranet suministradas junto con seguridad asociada, encriptación y control de acceso; diseño automático de SW y su implantación; empleo de capacidades COTS; mejoras en las interfaces hombre-máquina (HMI), especialmente estas se consideran muy positivamente cuando se emplea motores

de juego propietarios (aunque también en el caso de emplearse COTS). También se consideran como facilitadoras o capacitadoras las técnicas para identificar u procesar el *Big Data*, AI, ML y la visión computerizada.

Conclusión

Como se puede apreciar de lo hasta aquí indicado, el dominio del modelado y la simulación debe de seguir en «vanguardia» sin «morir del éxito» para así colaborar con un papel relevante en el desarrollo de los futuros sistemas de defensa, la formación, la instrucción del personal, el adiestramiento de unidades y en el planeamiento de operaciones o el desarrollo de nuevos conceptos que, como habitualmente, no sólo restringirán su aplicación al dominio M&S e incorporando con ello cierto carácter disruptivo.

Habrà asimismo que continuar explorando como poder tomar ventaja de las tecnologías emergentes o disruptivas para poder desarrollar futuras capacidades militares eficaces a costos adecuados, para mejorar la preparación de fuerzas ágiles con muy altos niveles de disponibilidad y capaces de colaborar en la adopción de decisiones operativas correctas y eficaces, todo ello en un entorno operativo futuro, complejo y multidominio (como lo supone el concepto Ejército 2035).

En este ejercicio prospectivo de la previsible evolución de los sistemas y conceptos del M&S a corto y medio plazo y a su puesta en práctica están llamados a participar expertos y profesionales de muy diverso origen: militares, investigadores e ingenieros de la industria y de los centros de I+D+i multinacionales, estatales, autonómicos y privados. No cabe duda que se considera útil su integración en grupos exploratorios u observatorios tecnológicos que vayan efectuando tanto el seguimiento de los avances que se vayan produciendo en todos los campos potencialmente influyentes, como, el cruce de información entre dominios diferentes, lo que permitirá entrever o explorar la posibilidad de la aplicación o adaptación de los avances que se produzcan en otros dominios.

Nota: Las ideas y opiniones contenidas en este documento son de responsabilidad del autor, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento de la Academia de las Ciencias y las Artes Militares.

© Academia de las Ciencias y las Artes Militares - 2024