The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Received: *November 11, 2025* | **Revisions Requested:** - | **Revision Received:** -
Accepted: *January 21, 2026* | **Published Online:** *April 10, 2026*

Licensed (C) by Creative Commons Attribution International License 4.0 (CC BY-NC-SA)

DOI: 10.62524/msj.2026.4.1.13

Аналіз підходів НАТО до системи моделювання та імітації, перспективи їх адаптації й упровадження в Україні

Андрій Гризо
кандидат технічних наук, доцент
начальник науково-дослідної лабораторії
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, вул. Сумська, 77/79, Харків, Україна
e-mail: a.hryzo@hups.mil.gov.ua
ORCID: 0000-0003-2483-5953

Олександр Костиря
доктор технічних наук, професор
провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, вул. Сумська, 77/79, Харків, Україна
e-mail: kostyria1958@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3363-2015

Іван Трофимов
кандидат технічних наук, старший дослідник
професор кафедри
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, вул. Сумська, 77/79, Харків, Україна
e-mail: tininterpritor@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7080-909X

Дмитро Нелінь
начальник науково-дослідного відділу
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, вул. Сумська, 77/79, Харків, Україна
e-mail: nelindima35@gmail.com
ORCID: 0009-0003-9448-392X

Андрій Лук'янчиков
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, вул. Сумська, 77/79, Харків, Україна
e-mail: laa1968@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3584-7901

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Анотація. Актуальність дослідження зумовлена потребою у трансформації систем підготовки та управління військ в умовах нових типів загроз, що проявилися під час російсько-української війни. Масоване застосування безпілотних систем, високоточного озброєння, засобів радіоелектронної боротьби і кібератак висвітлило обмеження традиційних підходів до навчання військ та аналізу результатів операцій. У зв'язку із цим зростає роль систем моделювання та імітації, які у НАТО розглядаються як стратегічний ресурс для підготовки, планування, дослідження та проведення операцій у багатодоменному середовищі. Метою роботи є аналіз структури, методологічних засад і ключових напрямів розвитку системи моделювання та імітації у НАТО, а також виявлення можливостей адаптації цих підходів у Збройних Силах України. У статті розкрито діяльність інституційних компонентів системи, підходи до стандартизації та технологічні ініціативи. Показано, що ефективність систем моделювання та імітації визначається рівнем інтеграції, стандартизації та доступності синтетичних середовищ. Обґрунтовано, що у вітчизняній практиці потенціал таких систем залишається недооціненим, термін "навчально-тренажерна база" не охоплює аналітично-дослідницьку функцію, яка є ключовою для підтримки прийняття рішень і дослідження операцій. Основними методами дослідження є системний і порівняльний аналіз, контент-аналіз нормативних документів НАТО, наукових публікацій українських дослідників та національних керівних документів у сфері підготовки військ і розвитку тренажерно-імітаційних систем. Результати статті можуть бути використані під час формування національної концепції розвитку систем моделювання та імітації, розроблення стандартів валідації тренажерів і моделей, створення єдиного інформаційно-аналітичного простору підготовки Збройних Сил України.

Ключові слова: моделювання та імітація, НАТО, симулятори, тренажери, підготовка військ, Збройні Сили України.

Вступ (Introduction)

Сучасне безпекове середовище характеризується високим рівнем невизначеності, багатодоменністю та зростаючою динамікою розвитку загроз, що суттєво ускладнює процеси підготовки, планування та ведення операцій. У цьому контексті традиційні методи військового навчання та аналізу мають обмежені можливості щодо відтворення реалістичних сценаріїв майбутніх подій. Як рішення розглядаються варіанти синтетичних середовищ, під якими розуміють штучно створені інтегровані простори, що об'єднують моделі, імітатори, інформаційні системи та реальні дані для відпрацювання навчальних сценаріїв, військових ігор і дослідження альтернативних варіантів розвитку подій.

З науково-методологічної точки зору терміни "modelling and simulation", "моделювання і симуляція", а також українські відповідники "моделювання" та "імітація" є функціонально рівнозначними. У стандартах НАТО (зокрема AMSP-01C, MSG-123) під "modelling" мають на увазі побудову абстрактної моделі об'єкта чи процесу, а під "simulation" – практичне застосування цієї моделі для експериментів або навчання. У військовій термінології країн НАТО ці обидва поняття розглядають як елементи єдиного процесу, що взаємно доповнюють один одного. Відповідно, скорочення M&S охоплює їх разом та застосовується як узагальнений рівнозначний термін "Modelling and Simulation" (моделювання (імітація)), який і будемо надалі використовувати у цьому значенні.

Підхід НАТО у сфері M&S є доцільним для України з огляду на його комплексність, стандартизованість і спрямованість на інтеграцію навчальних, аналітичних та управлінських процесів у єдиному інформаційному середовищі. Протягом останніх десятиліть країни – члени НАТО сформували розгалужену систему M&S, яка поєднує методологічні стандарти, інституційну підтримку та інструменти спільного навчання, аналізу й оцінювання операцій.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Розвиток M&S у НАТО має стратегічне значення, оскільки дозволяє проводити військові ігри, програвання сценаріїв операцій, аналітичні дослідження та оцінювання ризиків без залучення значних матеріальних ресурсів. Особливу роль у цьому процесі відіграє Командування з питань трансформації (Allied Command Transformation, ACT), яке розглядає формування інтегрованого синтетичного середовища НАТО як пріоритетне завдання.

Такі середовища охоплюють наземний, морський, повітряний, космічний та кіберпростір, створюючи умови для безризикового випробування варіантів дій і багатопрофільної підготовки. Важливим чинником є їхня економічна доцільність: використання синтетичних середовищ дозволяє суттєво зменшити витрати на проведення реальних навчань, маневрів і випробувань озброєнь, скорочує потребу у витраті матеріальних ресурсів і водночас знижує ризики для особового складу та техніки.

Для України, що переходить на принципи НАТО у підготовці та управлінні, впровадження цих підходів є необхідною умовою створення сучасної, взаємосумісної системи моделювання та імітації, здатної забезпечити ефективну бойову підготовку, аналіз і планування операцій.

Центральним елементом у сфері M&S є впровадження підходу, який орієнтується на наявні дані. Він передбачає використання реальних оперативних, розвідувальних, логістичних та технічних даних як основи для побудови моделей і проведення імітацій. На відміну від традиційних сценарних методів, що значною мірою спиралися на експертні припущення, такий підхід забезпечує підвищену достовірність результатів, знижує рівень суб'єктивності та дозволяє формувати більш реалістичні прогнози розвитку ситуації. Це створює передумови для більш точного планування багатодоменних операцій та підвищення їхньої ефективності.

Досвід російсько-української війни наочно продемонстрував критичне значення таких підходів. Масштабне застосування безпілотних систем, засобів радіоелектронної боротьби, кібероперацій і високотехнологічних засобів ураження створює середовище, яке важко відтворити у традиційних навчаннях [1–4]. Українська практика підтвердила необхідність швидкої адаптації M&S до нових загроз, інтеграції даних з різнорідних джерел, а також проведення випробувань у синтетичних середовищах для перевірки ефективності нових тактик і технологій. Потенційно моделювання та імітація дають змогу не лише підвищити якість підготовки, а й стати елементом оперативної підтримки прийняття рішень у реальному часі.

Ефективне застосування засобів M&S неможливе без єдиних стандартів, які виконують роль "спільної мови" для взаємодії різнорідних систем. Значний внесок у цій сфері здійснили міжнародні організації IEEE, ISO та SISO, ключовим кроком для НАТО стало ухвалення у 1998 році архітектури HLA (High Level Architecture), яку закріплено у STANAG 4603. HLA забезпечує універсальний підхід до створення розподілених інтерактивних середовищ, у яких підсистеми взаємодіють через обмін повідомленнями, зберігаючи узгодженість функціонування.

Таким чином, системи M&S у діяльності НАТО виходять за межі інструментів технічної імітації суто для навчання. Вони постають як стратегічний ресурс, який інтегрує аналітичні, навчальні та управлінські функції, сприяючи підтримці оборонної спроможності, й розглядаються як стратегічні переваги НАТО у складному багатодоменному середовищі.

Метою роботи є аналіз структури, методологічних засад і ключових напрямів розвитку системи моделювання та імітації у НАТО, а також виявлення можливостей адаптації цих підходів у Збройних Силах України (ЗС України). Наукова новизна роботи полягає у комплексному розгляді системи M&S НАТО як інтегрованого інструменту підготовки військ, аналізу операцій і підтримки прийняття рішень у багатодоменному середовищі. У дослідженні узагальнено зміст ключових керівних документів НАТО з урахуванням їхньої потенційної адаптації до національної системи підготовки, а також висвітлено відмінності між навчально-

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

тренажерним і дослідницько-аналітичним використанням систем M&S. Теоретичне значення роботи полягає у розширенні наукових уявлень про роль моделювання та імітації у формуванні спільного інформаційного простору управління й навчання військ, що сприяє розвитку сучасної теорії військової підготовки та управління. Практичне значення результатів визначається можливістю їх використання під час розроблення національної концепції розвитку систем M&S, створення нормативно-методичної бази сертифікації тренажерних засобів і поступової інтеграції українських розробок у спільні програми НАТО. Отримані висновки можуть бути корисними для органів військового управління, наукових установ та підприємств оборонно-промислового комплексу, що працюють над створенням і впровадженням тренажерно-імітаційних систем.

Методологічна основа (Methodological Framework)

Дослідження ґрунтується на комплексному підході, що поєднує аналіз військових, технологічних та організаційно-методичних аспектів розвитку систем M&S у структурах НАТО і визначення можливостей адаптації цих підходів до потреб ЗС країни. Такий підхід дозволяє розглядати M&S не лише як навчальний інструмент, а як важливий елемент єдиної системи управління знаннями, що підтримує процеси підготовки, планування та аналізу операцій.

Методологічну основу дослідження становлять системний, порівняльний і структурно-функціональний аналіз, а також контент-аналіз та елементи прогнозування. Інформаційну базу склали офіційні документи НАТО, матеріали Командування з трансформації (АСТ), Групи моделювання та імітації, Центру передового досвіду M&S, звіти Об'єднаного центру аналізу та уроків, а також наукові праці українських дослідників і відкриті матеріали, присвячені розвитку тренажерно-імітаційних систем та імітаційних технологій у військовій сфері.

Метод системного аналізу використано для розгляду системи M&S НАТО як цілісного утворення зі взаємопов'язаними організаційними, технологічними та нормативними складовими. Порівняльний підхід дав змогу зіставити підходи НАТО та України до розроблення і застосування імітаційних систем, визначити спільні риси та відмінності. Контент-аналіз документів НАТО, українських наукових публікацій і відкритих джерел дозволив узагальнити ключові принципи побудови синтетичних навчальних середовищ і оцінити можливості їх адаптації у національній практиці. Елементи прогнозування застосовано для визначення тенденцій розвитку системи M&S в Україні у контексті інтеграції у спільний інформаційний простір НАТО.

Дослідження має певні обмеження, зокрема використано лише відкриті джерела, що не дають повного доступу до даних щодо організації бойової підготовки ЗС України, а також до технічних характеристик і результатів випробувань M&S-систем НАТО, які могли б деталізувати оцінку їхніх функціональних можливостей.

Результати (Results)

Війна в Україні наочно довела, що традиційні підходи до підготовки військ більше не відповідають викликам сучасного бою. Реалістичне навчання має враховувати дію в електромагнітно насичених і ворожих середовищах, гібридних загроз та "підпорогових" впливів у кількох доменах одразу [1, 2], а також функціонування систем в умовах логістичних збоїв і нестабільного зв'язку. Це вимагає відмови від "спрощених сценаріїв" та переходу до тренувань, що відтворюють складні оперативні проблеми. На думку провідних військових експертів США та НАТО [2], лише систематичне відпрацювання подібних ситуацій у мирний час здатне забезпечити ефективність військ у кризових і бойових умовах. Відтак майбутня система підготовки має інтегрувати багатодоменні загрози, фактори електронної боротьби та кібероперацій, роблячи головний акцент на стійкості та адаптивності військових структур.

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

При цьому слід враховувати, що сучасне покоління навчально-тренувальних засобів і систем імітації здатне забезпечити до 70–80% завдань бойової підготовки, передбачених програмами [5, 6].

Загальний підхід НАТО до систем M&S у систематизованому вигляді наведено на рис. 1, ключовими принципами є взаємосумісність, модульність, реалістичність, інтеграція з C4ISR (Command and Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance / Командування, управління, комп'ютери, зв'язок, розвідка, спостереження і рекогносцирування) та мультирівневе застосування – від індивідуального тренінгу до багатонаціональних операцій. Такі системи призначені для підвищення готовності, тестування тактик і підтримки прийняття оперативних рішень.



Рисунок 1. Загальний підхід НАТО до систем моделювання та імітації

НАТО надає моделюванню та імітаторам бойових систем надзвичайно важливе значення в контексті трансформації сил і модернізації підготовки персоналу, відзначається, що сучасні синтетичні середовища не в змозі повною мірою відтворити майбутні складні умови бойових дій, тому розроблення нових засобів M&S є пріоритетним [7]. Задля виконання цього завдання у НАТО створено певні організаційні структури. До найважливіших із них, які відповідають за моделювання й імітацію бойових дій, належать:

1. *Об'єднане командування з трансформації НАТО* (ACT), яке очолює стратегічні дослідження та розроблення концепцій, пов'язаних із багатодоменними операціями та імітацією бойових дій. ACT підтримує тісну співпрацю з Центром передового досвіду з M&S, а також з іншими структурами НАТО, впроваджуючи інновації в програми навчань і досліджень.

2. *Центр передового досвіду з M&S НАТО* (NATO Modelling & Simulation Centre of

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Excellence, M&S CoE), який, відповідно до "Основних принципів Центрів досвіду НАТО" (освіта та навчання; аналіз та отримані уроки; розроблення концепцій та апробація; розроблення доктрин та стандартів), спеціалізується на навчанні, обміні досвідом і розробленні методик у сфері M&S. Центр проводить комплексні курси (в тому числі базовий курс з моделювання, сертифікацію фахівців з комп'ютерних вправ тощо), які охоплюють як імітацію бойових дій, так і суміжну підтримку [9, 10]. Крім того, Центр є об'єднуючим хабом для спільноти фахівців: військових, науковців та представників оборонної промисловості [7]. Під егідою центру проводяться регулярні конференції й форуми, зокрема центр організовує та проводить щорічний Форум НАТО з комп'ютерного аналізу, навчання та досліджень (Computer Assisted Analysis, Exercise, Experimentation Forum, CA²X² Forum), який об'єднує більше 300 експертів з понад 30 країн. За словами керівника центру, він тісно взаємодіє з АСТ і збройними силами союзників, спільно розробляючи наступні покоління сервісів моделювання для навчання та досліджень [10, 11].

3. *Об'єднаний центр ведення бойових дій* (Joint Warfare Centre, JWC) – підпорядкований Союзному командуванню операцій НАТО (Allied Command Operations, ACO), на операційному рівні центр виконує роль моста між командуваннями трансформації (АСТ) і операцій (ACO) та відповідає за організацію командно-штабних навчань оперативного та стратегічного рівня з використанням розподіленої імітації. JWC має потужні обчислювальні та імітаційні інфраструктури, включно із мобільними ситуаційними центрами, системами управління сценаріями та мережевими тренажерами.

У звіті JWC відзначається, що центр активно застосовує "інноваційні методики навчань та передові технології імітації" для підвищення готовності й сумісності сил НАТО [12]. Командування JWC повідомляє про впровадження нових, дуже реалістичних середовищ (наприклад, 360-градусне відеоформування) та відкриття окремого відділу військових ігор для розроблення сценаріїв, що імітують реальні або ймовірні у майбутньому бойові умови. Усі ці ініціативи спрямовані на підготовку "наступного покоління сил НАТО" через складні вправи, які відтворюють реальні конфліктні ситуації [12].

4. *Об'єднаний центр підготовки сил* (Joint Force Training Centre, JFTC) – спеціалізується на підготовці сил для спільних (мультинаціональних) операцій на тактичному та оперативному рівнях. Центр проводить навчання, тренування радників і забезпечує підтримку командирів під час підготовки до місій. Для своїх заходів JFTC використовує вправи з комп'ютерною підтримкою (Computer Assisted Exercise, CAX) та інтегровані тренажери-імітатори, поєднуючи сухопутні, повітряні й кібернетичні компоненти. Згідно з інформацією з відкритих джерел, JFTC має сертифікованих інструкторів та власну навчальну мережу [12].

5. *Група моделювання та імітації НАТО* (NATO Modelling and Simulation Group, NMSG), яка входить до Організації НАТО з науки та технологій (NATO Science and Technology Organization, STO) – це спеціалізована група експертів, яка координує дослідження і стандарти в сфері моделювання та імітації, до її складу входить понад 500 фахівців із союзних і партнерських країн у численних робочих групах. Вона координує виконання Генерального плану моделювання та імітації НАТО (NATO M&S Master Plan), формує технічні стандарти і проводить сертифікацію сумісності систем імітації. Група також курує дослідні проєкти, зокрема за концепціями "Моделювання та імітація як послуга" (Modelling & Simulation as a Service. M&SaaS), тактичної підготовки в урбанізованому середовищі тощо [7, 11]. Її діяльність спрямована на створення простору для співпраці експертів держав – членів НАТО, країн-партнерів і представників промисловості задля обміну знаннями та визначення стратегічних напрямів розвитку симуляцій у військовій та безпековій галузях.

Запроваджені NMSG стандарти дозволяють різним імітаційним системам і програмному забезпеченню взаємодіяти між собою без технічних бар'єрів. Уніфіковані рамкові документи NMSG пропонують розробникам чіткі орієнтири та найкращі практики. Це скорочує потребу

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

у створенні базових рішень "з нуля" та дозволяє зосередити зусилля на інноваційності й удосконаленні продуктів. Як наслідок, цикл розроблення пришвидшується, а практичні рішення виходять на ринок у коротші терміни та з вищим рівнем надійності. Це, своєю чергою, посилює ефективність навчання, підготовки та прийняття рішень у військових і безпекових структурах.

6. *Агентство з питань обслуговування систем інформації та зв'язку НАТО* (англ. NATO Communications and Information Agency, NCIA), основна роль цієї структури – підтримка мереж і систем командування, вона також створює інфраструктуру для розподілених тренувань. Наприклад, NCIA координує спільні мережі (Federated Mission Networking), що підключають навчальні центри союзників, та розробляє програмні засоби для візуалізації даних під час навчальних ігор.

Під егідою цих інституційних органів у сфері M&S впроваджується багато ініціатив, найбільш вагомими з них є:

1. *Генеральний план моделювання та імітації НАТО* (NATO M&S Master Plan) [8]. Це стратегічний документ НАТО, який визначає бачення, цілі та підхід до використання моделювання й імітації в Альянсі, до його основних завдань належать:

– формування єдиної політики НАТО у сфері моделювання та імітації;

– визначення стандартів для забезпечення сумісності систем держав-членів;

– узгодження використання імітаційних технологій у навчанні, плануванні операцій, дослідженнях і розвитку озброєнь;

– оптимізація витрат завдяки спільному використанню рішень у сфері M&S;

– підтримка взаємосумісності сил НАТО.

2. *Ініціатива "Next Generation of Modelling & Simulation"* (NexGen M&S), яка спрямована на створення сталого середовища "імітації як послуги" (MSaaS) – єдиного модульного синтетичного простору з розподіленими можливостями планування, аналізу, розіграшу бойових дій (wargaming) і навчання на стратегічному та операційному рівнях. Інструменти та середовища M&S надаються користувачам (командуванням, навчальним центрам, дослідникам) як сервіс через мережеві або хмарні платформи без необхідності локальної інсталяції чи обслуговування складних систем. Командування трансформації також залучає до проєкту промисловість і наукові кола через Консультаційну групу промисловців НАТО (NATO Industry Advisory Group, NIAG), у тому числі представників близько 55 компаній з 15 країн – членів НАТО [7].

Проєкт вже переходить у фазу практичної реалізації, на зустрічі міністрів оборони країн – членів НАТО (15 жовтня 2025 року) 13 учасників підписали меморандум про створення "Distributed Synthetic Training High Visibility Project" ("Високопріоритетний проєкт з розподіленої синтетичної підготовки"). Меморандум визначає організаційні рамки, технічні стандарти та мінімальні вимоги до участі у розподілених тренуваннях. Відповідно до його положень кожна держава-учасниця зобов'язана брати участь у визначеній кількості тренувальних заходів щороку, що сприяє підтриманню належного рівня взаємосумісності та готовності сил у межах єдиного синтетичного навчального простору.

Ключовою особливістю проєкту є створення постійно діючого середовища, яке спирається на існуючу інфраструктуру, персонал та стандарти, що забезпечать можливість державам-учасницям "підключатися" до мережі для проведення регулярних спільних тренувань. Для реалізації цього завдання передбачається використання вже наявних симуляційних систем. Наголошується, що одним із ключових уроків, отриманих з українського досвіду, є усвідомлення ризиків централізованого навчання. Збирання особового складу в єдиному навчальному центрі створює загрозу безпеці в умовах сучасних високоточних ударів. Натомість розподілені тренувальні центри, у яких підрозділи можуть працювати з власних баз, забезпечують значно вищу гнучкість, стійкість і безперервність

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

підготовки [36].

3. *Особливої уваги заслуговує узагальнена методологія перевірки та валідації* Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV), яку розроблено SISO (Simulation Interoperability Standards Organization – міжнародною неприбутковою організацією, яка займається розробленням, узгодженням та впровадженням стандартів взаємосумісності у сфері M&S) спільно з НАТО. Вона забезпечує системний підхід до перевірки та валідації M&S-засобів, орієнтований на прозорість, відтворюваність та документованість усіх дій і рішень [13, 14]. Методологія складається з трьох рівнів – технічного, проєктного та організаційного, поєднує концептуальну основу, рамкові вимоги до реалізації й налаштування. Для НАТО GM-VV є ключовим інструментом у багатонаціональних навчаннях та розподілених синтетичних середовищах, оскільки вона створює довіру до результатів моделювання (імітації) і забезпечує їхню взаємосумісність [15]. Для України впровадження цієї методології могло б вирішити проблему відсутності єдиних критеріїв оцінювання тренажерів, що нині ускладнює процес закупівель і впровадження нових систем [16]. Таким чином, GM-VV слід розглядати не лише як технічний стандарт, а й як механізм управління якістю у сфері M&S.

Ще однією важливою структурою є Об'єднаний центр аналізу та засвоєння досвіду (Joint Analysis and Lessons Learned Centre, JALLC), який підпорядковано ACT. Участь JALLC у сфері M&S має опосередкований характер, центр не створює самі імітаційні системи, але здійснює підготовку матеріалів для розроблення моделей та сценаріїв застосування імітаторів, аналізує їх використання та збирає досвід навчань і операцій. JALLC оцінює ефективність існуючих рішень, виявляє обмеження та розробляє рекомендації щодо вдосконалення процедур, стандартів і доктрин НАТО. Таким чином, центр підтримує реалізацію стратегічних планів, зокрема NATO M&S Master Plan, сприяючи сумісності та узгодженій взаємодії сил NATO без безпосередньої участі у створенні або експлуатації імітаторів.

У 2024 році НАТО започаткувало ініціативу JALLC-UKR, спрямовану на систематизацію та аналіз уроків війни росії проти України. Для цього було сформовано аналітичну групу JURLAT (Joint Ukraine and russia Lessons Analysis Team – Група аналізу уроків України та росії), яка розробляє аналітичні матеріали, розміщує їх на Порталі отриманих уроків НАТО та видає щоквартальний бюлетень із ключовими висновками. Хоча основна діяльність здійснюється в режимі обмеженого доступу, створено також несекретну версію порталу, що забезпечує відкритий доступ до аналітичних матеріалів і ресурсів для користувачів.

Зазначимо, що у 2025 році країни НАТО та Україна додатково створили Спільний центр з аналізу, підготовки та освіти JATEC (NATO-Ukraine Joint Analysis, Training and Education Centre), метою якого є розбудова спроможностей сил оборони України, аналіз досвіду російсько-української війни, розвиток освіти та підготовки, досягнення взаємосумісності між Україною і НАТО. Внесок України включає надання аналітичних матеріалів та даних з практичного досвіду бойових дій, участь у розробленні навчальних програм і сценаріїв, а також спільне проведення тренінгів та навчань із силами НАТО. Це дозволяє враховувати національний досвід у спільних навчальних і аналітичних ініціативах.

Узагальнені результати проведеного аналізу системи M&S у НАТО подано в табл. 1, яка відображає ключові рівні, структури та ініціативи, їхні функції та призначення. Такий підхід дозволяє не лише окреслити ієрархію структур та ініціатив, а й виявити їхню взаємодоповнюваність у забезпеченні сумісності, підвищенні ефективності підготовки багатонаціональних сил та інтеграції передових технологій у військову практику НАТО.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Таблиця 1. Основні рівні, структури та ініціативи НАТО у сфері моделювання та імітації

Структури / ініціативи	Функції	Призначення
Стратегічний рівень		
NATO M&S Master Plan	Визначає цілі, напрями та стандарти розвитку моделювання та імітації у НАТО.	Служить стратегічною рамкою для інтеграції моделювання та імітації у діяльність Альянсу.
Allied Command Operations (ACO)	Планування та проведення операцій НАТО; застосування моделювання та імітації для підтримки рішень.	Забезпечення ефективності та готовності багатонаціональних сил у реальних операціях.
Allied Command Transformation (ACT)	Розвиток концепцій, доктрин і навчальних підходів; впровадження моделювання та імітації у підготовку військ.	Підтримка трансформації Альянсу до багатодоменних операцій та майбутніх сценаріїв бойових дій.
Науково-технологічний рівень		
NATO Science and Technology Organization (STO)	Координує наукові дослідження у сфері оборони.	Генерує інноваційні рішення для підвищення спроможностей НАТО.
Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV)	Визначає концептуальні принципи; надає архітектурні шаблони та інструменти; дозволяє адаптацію методології під конкретний проєкт або організацію.	Стандартизований підхід до перевірки та валідації моделей і симуляцій; забезпечення довіри до результатів; уніфікація вимог до M&S-засобів.
Тренувально-експериментальний і консультаційний рівень		
NATO Modelling and Simulation Group (NMSG)	Розроблення стандартів, рекомендацій і технологій у сфері моделювання та імітації.	Забезпечення сумісності систем і узгодженості підходів у країнах НАТО та партнерів.
Joint Warfare Centre (JWC)	Організація та проведення командно-штабних і комп'ютерно-підтримуваних навчань.	Тренування штабів і підрозділів на оперативному та стратегічному рівнях.
Joint Force Training Centre (JFTC)	Проведення комп'ютерно-підтримуваних навчань та тренувань радників перед розгортанням.	Забезпечення готовності військ до багатонаціональних операцій.
Joint Analysis and Lessons Learned Centre (JALLC)	Збирання, аналізування та поширення уроків з операцій і навчань.	Формування бази знань для удосконалення діяльності Альянсу.
NATO Modelling & Simulation Centre of Excellence (M&S COE)	Освітня та консультативна підтримка; розроблення методологій M&S; проведення курсів.	Сприяння інтеграції M&S у навчальні програми та розвиток експертного потенціалу НАТО.
CA²X² Forum	Платформа для обміну досвідом між військовими, науковими установами та промисловістю.	Розвиток партнерства і пошук інноваційних рішень у сфері M&S.
Інноваційно-технологічний рівень		
Next Generation M&S (NexGen M&S)	Створення інтегрованого багатодоменного синтетичного середовища.	Підвищення реалістичності й масштабності навчань та експериментів.
M&S as a Service (M&SaaS)	Надання імітаційних інструментів через хмарні сервіси.	Забезпечення доступності, масштабованості та економічності використання M&S.

Технічний аспект підходу НАТО полягає в уніфікації стандартів і створенні єдиних тренувальних середовищ. Усі організації дотримуються Генерального плану моделювання та імітації НАТО (NATO M&S Master Plan), який затверджується Північноатлантичною радою, та регламентує обмін даними за загальними протоколами (наприклад, High Level Architecture

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

(HLA) і Distributed Interactive Simulation (DIS)). Новітня концепція – розподілена платформа "імітація як послуга" (MSaaS) передбачає збереження усіх моделей і даних в єдиному синтетичному середовищі з хмарним доступом [7]. Такий підхід дозволяє ефективно поєднувати тренування в різних доменах (сухопутному, повітряному, кіберпросторі) і знижує витрати на підготовку.

Приклади конкретних технічних розробок включають проєкт "Електромагнітний шар" для багатодоменних операцій, у рамках якого створюється віртуальне середовище для відображення електромагнітних ефектів (інфрачервоне / радіовипромінювання) за бойових умов [17]. Це дає змогу навчати персонал оперативно змінювати режими роботи засобів радіоелектронної боротьби та радіолокаційного виявлення, оцінювати їхню ефективність в умовах, що моделюють реальні бойові сценарії. Проводяться експерименти з системами доповненої реальності, розподіленими віртуальними майданчиками та алгоритмами штучного інтелекту для створення різних сценаріїв M&S [18, 19]. Усі ці рішення спрямовано на підвищення достовірності тренувань, зменшення витрат ресурсів і пришвидшення циклів підготовки.

НАТО забезпечує інтеграцію зусиль між згаданими організаціями через спільні програми та стандарти. ACT і M&S CoE регулярно координують напрями роботи, зокрема, керівник центру M&S CoE відзначає тісну роботу з ACT під час розроблення заходів ініціативи "NextGen M&S".

Центр M&S CoE також об'єднує експертні спільноти, його ініціативи забезпечують взаємодію військових, науковців і промисловців на конференціях (що сприяє обміну ідеями та кращими практиками). ACT, зі свого боку, залучає промисловість через NIAG для визначення технічних потреб і тенденцій у сфері M&S [7].

Співпраця прослідковується і на рівні виконання. Наприклад, відзначається, що JWC працює у тісній взаємодії з ACT і ACO для розроблення вправ, які відповідають новим стратегічним пріоритетам НАТО [4]. Усі штаби використовують єдину модель сил НАТО і мережеві ресурси, що підтримуються NCIA, для проведення спільних командно-штабних навчань. Крім того, Дорадча група NMSG на регулярних семінарах і робочих зустрічах створює можливості для обміну інформацією між організаціями та союзниками, забезпечуючи єдність підходів та сумісність імітаційних засобів.

Таким чином, розвиток моделювання та імітації у НАТО забезпечується взаємодією стратегічного планування (NATO M&S Master Plan), науково-дослідної діяльності (STO/NMSG), практичної реалізації (JWC, JFTC, JALLC) та інтеграційних платформ (CA²X² Forum). Ці ініціативи створюють цілісну систему, що дозволяє ефективно проводити підготовку військ до багатодоменних операцій та майбутніх викликів.

У ЗС України розвиток моделювання та імітації до 2022 року відбувався поступово, переважно за підтримки країн – партнерів НАТО, із запозиченням західних підходів до підготовки військ. Перші практичні впровадження імітаційного моделювання в навчання військ розпочалися наприкінці 2000-х років. Зокрема, за підтримки уряду США, в Національному університеті оборони України було встановлено систему JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation), що започаткувало проведення комп'ютерних командно-штабних навчань [28]. Станом на 2019 рік у ЗС України вже функціонували близько 15 центрів імітаційного моделювання у різних видах військ та навчальних установах [29]. Це надало спроможності проводити як тактичні тренування підрозділів, так і командно-штабні (в тому числі міжвидові) навчання від рівня взводу / роти до бригади і вище, у єдиному віртуальному середовищі. Окрім системи JCATS, активно використовуються американська система VBS3 (Virtual Battlespace 3) для віртуального тактичного бою, а також лазерні засоби типу MILES (Multiple Integrated Laser Engagement System) для імітації бойових дій на місцевості. Причому система MILES може об'єднуватися з JCATS – дії підрозділів на полігоні відображаються на

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

екранах штабів у реальному часі [29].

Чинною основою для впровадження систем моделювання та імітації в ЗС України є відомчі документи, зокрема “Концепція розвитку навчальної матеріально-технічної бази Збройних Сил України“, “Концепція розвитку тренажерної бази Збройних Сил України”, “Основні напрямки впровадження навчального програмного забезпечення в підготовку Збройних Сил України”. Вони визначають основні напрями розвитку навчальної матеріально-технічної бази, тренажерів та навчального програмного забезпечення, встановлюють єдині вимоги до тренажерної бази, систематизують використання відповідних засобів у процесі навчання та сприяють взаємній координації розробок різних установ [5, 20]. Але ці концепції не були реалізовані в повному обсязі, переважно через обмежене фінансування, крім того, у процесі їх виконання та формування загальних вимог до навчально-тренувальних засобів недостатньо уваги приділялося специфічним вимогам до тренажерних систем, зокрема аспектам їхньої стандартизації, взаємосумісності та можливості інтеграції в єдине інформаційно-моделювальне середовище [5].

Після початку широкомасштабної війни 2022 року значення систем M&S для ЗС України зросло кардинально. Швидка трансформація збройних сил, переозброєння на західні зразки, розгортання нових бригад потребувало масованої підготовки особового складу в стислі терміни. За таких умов використання імітаторів стало не розкішшю, а необхідністю. Так, за даними Головного управління забезпечення супроводження життєвого циклу озброєння та військової техніки, у 2024 році було кодифіковано та допущено до експлуатації **13 зразків тренажерних засобів вітчизняного виробництва**, тоді як у 2022 – 2023 роках лише один.

Як відповідь на попит, на ринок вийшли як давні виробники, так і нові вітчизняні компанії з виробництва тренувального обладнання. Наприклад, українська компанія Logics7 створила віртуальний тренажер, який повністю імітує роботу мобільних систем ППО і дозволяє відпрацьовувати складні сценарії на кшталт перехоплення крилатих ракет [30]. За даними компанії, її виторг у 2023 році зріс у 10 разів порівняно з довоєнним. Продукція конструкторського бюро “Логіка”, яке спеціалізується на розробленні імітаторів і тренажерів, активно використовується для підготовки мобільних вогневих груп [31]. Окремо слід відзначити приклад української компанії “Skiftech”, яка у 2025 році отримала контракт (у рамках 10-річної програми на 921 млн дол.) від Армії США на розроблення і сервіс своїх лазерних тренажерних систем. Це перший успішний контракт українського підприємства у сфері оборонних технологій зі збройними силами США. Системи Skiftech отримали статус Brave-1 і вже використовуються у навчальних центрах ЗС України, НГУ, ДПСУ та ССО [32].

Паралельно з внутрішніми зусиллями Україна почала отримувати масштабну допомогу від партнерів у сфері підготовки військ. Країни – партнери НАТО розгорнули програми навчання українських солдатів і екіпажів на своїй території, де також широко застосовуються сучасні імітаційні технології. Показовим є приклад навчання українських танкових екіпажів на Leopard 2. У 2023 році в Польщі було проведено 30-денний курс, який поєднував заняття на віртуальних тренажерах з практикою водіння і стрільби на реальних танках [33].

Важливим зразком вітчизняної розробки є створений у Харківському національному університеті Повітряних Сил програмно-математичний комплекс “Віраж-РД”, який є прикладом інтегрованого тренажно-імітаційного синтетичного середовища, призначеного для моделювання оперативно-тактичних дій у повітряному просторі. Система забезпечує імітацію, оброблення та візуалізацію геопросторових і тактичних даних у режимі реального часу, підтримуючи сценарне моделювання з урахуванням тактико-технічних характеристик засобів повітряного нападу, вогневих засобів ППО, радіолокаційних станцій, топографії та логістичних обмежень. Основна методологія застосування “Віраж-РД” передбачає його використання як інструмента дослідницького й прикладного характеру. Шляхом моделювання різних варіантів ведення бойових дій система дозволяє провести порівняльне оцінювання

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

ефективності рішень, оптимізувати розподіл сил і засобів, а також формалізовано обґрунтувати вибір найкращих тактичних сценаріїв.

Варто зазначити, що на національному рівні "Віраж-РД" інтегрований у загальний інформаційний простір підготовки Повітряних Сил. Він використовується сумісно з геоінформаційною системою "Аргумент" (для роботи з цифровими картами, розрахунку оптимальних позицій тощо) та автоматизованою системою збирання й відображення даних про повітряну обстановку "Віраж-Планшет", що забезпечує оброблення та передачу радіолокаційної інформації між підрозділами ППО [34, 35].

Фактично, протягом останнього десятиліття в Україні сформувалася власна школа моделювання та імітації, яка пройшла шлях від локальних навчально-тренувальних розробок до створення інтегрованих середовищ підготовки. Військове керівництво ЗС України, науковці та виробники усвідомлювали та наголошували на необхідності розвитку сучасної тренажерної бази ЗС України. Напередодні широкомасштабної війни було здійснено низку практичних кроків і сформульовано пропозиції щодо прискорення впровадження технологій моделювання та імітації у систему бойової підготовки. Хоча до 2022 року ці ініціативи перебували переважно на стадії концептуальної реалізації, загальна тенденція була очевидною. Фахова українська спільнота усвідомлювала відставання від стандартів НАТО у сфері M&S і поступово розпочала процес його подолання. Отримані результати свідчать, що сформована науково-практична база і накопичений досвід у сфері M&S створюють підґрунтя для подальшої інтеграції українських систем моделювання до європейського та натівського освітньо-тренувального простору.

Аналіз розвитку вітчизняних тренажерних технологій показує, що реалізація більшості проєктів стримувалася низкою об'єктивних чинників. Головними з них були недостатнє фінансування, застаріла матеріально-технічна база, відсутність координаційного центру, який би узгоджував діяльність розробників і користувачів тренажерних систем, а також відсутність єдиних технічних стандартів, узгоджених із вимогами НАТО. Через розпорошення наукових зусиль і дефіцит підготовлених фахівців частина ініціатив не перейшла зі стадії наукових розробок у практичне застосування. Проте закладений теоретичний фундамент дозволив після 2022 року швидко адаптувати вже наявні напрацювання до нових умов підготовки військ, коли технології M&S стали одним із ефективних інструментів навчання.

Подальший розвиток систем M&S в Україні слід орієнтувати на врахування передового досвіду НАТО, де ці системи розглядаються як невід'ємний компонент багатодоменних операцій та колективної підготовки військ. Такі сучасні підходи передбачають, що системи M&S мають не лише забезпечувати якісну підготовку особового складу, а й слугувати аналітичним інструментом для оцінювання прийнятих рішень у процесі планування та ведення операцій. Вони мають відтворювати реалістичну обстановку, забезпечувати налаштування рівнів складності, враховувати часові масштаби бойових дій і мати можливість прив'язки сценаріїв до реальних координат місцевості. Це дає змогу перевіряти ефективність управлінських рішень, оцінювати взаємодію підрозділів та прогнозувати наслідки різних варіантів дій у контрольованому середовищі.

Упровадження автоматизованих процедур збирання, фіксації та аналізу результатів тренувань підвищує об'єктивність оцінювання та створює умови для реалізації повного циклу зворотного зв'язку від навчання до аналітичного опрацювання рішень і подальшого оновлення навчальних сценаріїв. Такий підхід перетворює моделювання на універсальний інструмент підтримки рішень, який поєднує функції підготовки, експериментування й дослідження ефективності бойових дій.

Обговорення (Discussions)

За результатами дослідження виявлено, що ефективність систем M&S визначається

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

рівнем їхньої інтеграції до єдиної методологічної та технічної бази. Аналіз показує, що підходи НАТО до розбудови синтетичних середовищ ґрунтуються на стандартизації, уніфікації протоколів взаємодії та централізованому управлінні розвитком відповідної інфраструктури. У вітчизняній практиці спостерігається поступовий перехід від ізольованих ініціатив до системного підходу, однак залишаються організаційні та методологічні обмеження, зокрема відсутність єдиних критеріїв оцінювання засобів M&S і координаційного центру розробок.

У системі НАТО M&S-системи розглядаються як складова багатодоменних операцій і процесу управління знаннями. Основні принципи їхньої побудови враховуються ще на етапі створення (взаємосумісність, модульність та інтеграція із C4ISR-системами) та забезпечують можливість застосування моделей на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях.

Під управлінням знаннями у контексті систем M&S розуміють організований процес накопичення, узагальнення й повторного використання інформації, отриманої в ході навчальних, аналітичних та імітаційних процесів, з метою підвищення ефективності підготовки військ і прийняття рішень. У цьому контексті M&S є інструментом накопичення організаційного досвіду та побудови баз знань для оперативного планування.

Українські системи, попри наявність позитивних прикладів (зокрема програмно-математичний комплекс “Віраж-РД”), характеризуються обмеженою стандартизацією та фрагментарністю інформаційних потоків. Відсутність спільної нормативної бази ускладнює впровадження єдиних підходів до створення та оцінювання якості розроблених продуктів.

Удосконалення національної системи підготовки потребує впровадження єдиної методологічної основи для розроблення, перевірки та валідації засобів M&S. Методологія GM-VV може бути використана як базова для створення національних стандартизованих процедур перевірки достовірності моделей, визначення вимог до документації та критеріїв сумісності. Її адаптація до українських умов сприятиме підвищенню рівня довіри до результатів моделювання і створенню передумов для взаємодії з тренувальними середовищами держав – членів НАТО.

У вітчизняній практиці досить поширеними є терміни “навчальна матеріально-технічна” та “тренажерна” база, що підкреслює навчальне призначення систем. Водночас переважно таке розуміння занижує сприйняття повного функціоналу засобів M&S. Системи моделювання й імітації мають не лише навчальне, а й аналітично-дослідницьке призначення – вони здатні відтворювати складні сценарії, проводити експерименти з варіантами застосування сил і засобів, оцінювати тактико-технічні рішення та формувати кількісні оцінки ефективності. Недостатня увага до цієї ролі обмежує можливості застосування засобів M&S як інструмента підтримки прийняття рішень і наукового дослідження операцій. Усвідомлення і формалізація аналітично-дослідницької функції синтетичних середовищ сприятиме більш ефективному використанню наявних ресурсів і прискоренню розроблення тактичних та оперативних рішень.

Узагальнені результати зіставлення підходів до розроблення, використання та оцінювання засобів M&S у ЗС України та в НАТО наведено у табл. 2.

Таким чином, у вітчизняному підході навчально-тренажерні системи ЗС України розглядаються переважно як інструмент бойової підготовки та навчання. Натомість системи **M&S** у НАТО відіграють роль цілісної системи знань і технологій, що охоплює весь життєвий цикл оборонних рішень від наукових досліджень і розробок до операційного аналізу та підготовки військ.

Розвиток національного сегмента виробництва засобів M&S вимагає поєднання наукового потенціалу університетів із можливостями промислових підприємств. Приклади вітчизняних компаній, які впроваджують власні рішення у сфері віртуальних тренажерів, свідчать про формування бази для технологічного зростання. Доцільним є створення постійно

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

діючого координаційного органу, відповідального за узгодження вимог, сертифікацію систем і узгодження технічних інтерфейсів з міжнародними стандартами.

Таблиця 2. Порівняння ролі систем моделювання й імітації у процесі підготовки та прийняття рішень у ЗС України та НАТО

Критерій	Навчально-тренажерні системи у ЗС України	Modelling and Simulation (M&S) у НАТО
1. Основне призначення	Підготовка особового складу, відпрацювання навичок роботи на конкретних робочих місцях, зразках озброєння чи техніки	Підтримка всього циклу військової діяльності: навчання, аналіз операцій, дослідження, планування, прийняття рішень
2. Рівень інтеграції	Зазвичай автономні системи, орієнтовані на окремі види або роди військ	Інтегровані багаторівневі середовища з об'єднанням різних симуляцій у спільну федерацію
3. Методологічна основа	Переважає практичне тренування; методика спирається на навчальні програми та досвід бойової підготовки	Ґрунтується на єдиній інтегрованій системі M&S (NATO M&S Master Plan) та стандартах SISO, IEEE (HLA, DIS, GM-VV)
4. Типи моделей	Переважно натурні або напівнатурні тренажери (апаратні комплекси з візуалізацією)	Концептуальні, математичні, алгоритмічні та віртуальні моделі, які можуть представляти цілі системи бойових дій, логістики чи управління
5. Мета використання	Формування індивідуальних та колективних навичок управління озброєнням і технікою	Аналіз ефективності систем, відпрацювання сценаріїв операцій, оцінювання ризиків, підтримка рішень командування
6. Організаційний рівень	Переважно тактичний (бойова обслуга, екіпаж, підрозділ, батарея, частина).	Тактичний, оперативний і стратегічний рівні в єдиній архітектурі (наприклад, MSaaS)
7. Технологічна архітектура	Локальні комп'ютерно-тренажерні комплекси, часто без взаємодії з іншими системами	Відкрита, модульна, сумісна за стандартами HLA/FOM, що дозволяє створювати федерації симуляцій (Federated Mission Networking)
8. Управління достовірністю	Оцінка здебільшого емпірична, через результати тренування або експертну перевірку	Використовується формалізована методологія GM-VV для доведення достовірності моделей
9. Рівень автоматизації та інтелектуалізації	Обмежений, сценарії часто задаються вручну	Використовуються когнітивні агенти, автоматичне генерування сценаріїв, адаптивне моделювання
10. Кінцевий результат	Зростання індивідуальної й колективної підготовки персоналу	Підвищення ефективності управління операціями, планування сил і засобів, інтеграція досвіду в цикл навчання та аналізу

Упровадження концепції MSaaS створює умови для розподіленого доступу до тренувальних ресурсів та їх інтеграції у хмарні інфраструктури. Такі рішення можуть забезпечити спільне використання середовищ моделювання, зокрема у системі підготовки Повітряних Сил. До перспективних напрямів розвитку належать використання технологій доповненої реальності, автоматизованих систем оцінювання результатів тренувань та алгоритмів штучного інтелекту для формування адаптивних сценаріїв навчання.

На підставі проведеного аналізу розвитку систем M&S у державах – членах НАТО та оцінки поточного стану їх застосування у ЗС України доцільно запропонувати поетапну систему практичних заходів, спрямованих на формування цілісної національної моделі розвитку M&S-середовища. Заходи структуровано за часовими термінами впровадження – короткостроковим, середньостроковим і довгостроковим.

Короткострокова перспектива (1–2 роки).

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

1) Уніфікація термінології та підходів. Необхідно забезпечити імплементацію єдиної термінологічної бази та класифікації систем M&S НАТО у нормативно-методичних документах ЗС України. Це дозволить досягти єдності розуміння ключових понять, забезпечити узгодженість дій підрозділів та спільність науково-технічного підґрунтя під час створення тренажерно-імітаційних систем.

2) Початкова адаптація стандартів НАТО. Доцільно розпочати поетапне впровадження елементів методології GM-VV для перевірки та валідації наявних тренажерних систем, а також базових архітектурних принципів HLA під час розроблення нових комплексів.

3) Розвиток співпраці з міжнародними структурами. Слід налагодити постійну комунікацію з профільними інституціями НАТО, зокрема ACT, M&S CoE, NMSG та JALLC. Таке співробітництво сприятиме обміну досвідом, спільним семінарам і формуванню навчальних програм для персоналу ЗС України.

4) Створення реєстру національних M&S-засобів. Доцільно провести аудит наявних українських тренажерно-імітаційних систем та створити відкритий каталог (реєстр) для координації розробок, інтеграції нових рішень і запобігання дублюванню зусиль у різних установах та підрозділах.

Середньострокова перспектива (3–5 років).

1) Формування національної концепції розвитку M&S. Необхідно розробити офіційний концептуальний документ, який визначатиме стратегічні цілі, пріоритети, відповідальних виконавців і механізми фінансування розвитку систем моделювання та імітації в Україні. Така концепція має стати підґрунтям для доктринальних і освітніх рішень.

2) Інституціоналізація управління знаннями. Варто створити єдину систему збереження, аналізу та передачі досвіду на основі результатів моделювання, навчань і бойових дій. Центральна база даних сценаріїв, моделей і аналітичних звітів стане основою для розвитку спільного навчального простору та формування доказової бази під час прийняття рішень.

3) Підготовка кадрів і розвиток компетенцій. Рекомендується запровадити навчальні курси у програми військових навчальних закладів за напрямами моделювання та імітації, управління знаннями, аналізу операцій і дослідницьких експериментів. Це забезпечить підготовку фахівців, здатних підтримувати та розвивати національні M&S-платформи.

4) Пілотне впровадження MSaaS. Доцільно розпочати створення хмарної інфраструктури MSaaS, яка надаватиме розподілений доступ до симуляційних ресурсів для навчальних центрів, дослідницьких лабораторій і підрозділів бойової підготовки.

Довгострокова перспектива (понад 5 років).

1) Створення національної інфраструктури M&S. На базі принципів MSaaS необхідно побудувати інтегровану архітектуру M&S-середовища з можливістю взаємодії з аналогічними структурами НАТО та країн-партнерів. Така система стане технологічним каркасом для майбутньої об’єднаної навчально-дослідної мережі оборонного сектору.

2) Заснування координаційного центру M&S. Пропонується створити міжвідомчий центр, відповідальний за координацію наукових, освітніх і промислових ініціатив у сфері моделювання та імітації, а також за стандартизацію, сертифікацію і міжнародну співпрацю. Центр має виконувати функції національного осередку M&S-експертизи.

3) Інтеграція нових технологій. Варто забезпечити системне впровадження технологій доповненої та віртуальної реальності (VR/AR), штучного інтелекту, когнітивного моделювання та автоматизованої аналітики. Це підвищить реалістичність і адаптивність навчальних процесів та ефективність дослідницьких експериментів.

4) Міжнародна участь і обмін досвідом. Необхідно забезпечити участь українських науковців і військових фахівців у спільних дослідженнях та публікаціях у рамках програм NATO STO, SISO, NMSG, що сприятиме інтеграції України до міжнародного наукового простору M&S і підвищить довіру до національних розробок.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Послідовна реалізація запропонованих рекомендацій дозволить створити в Україні цілісну систему моделювання та імітації, яка відповідатиме принципам НАТО, забезпечить уніфікацію підходів, розвиток кадрового потенціалу і технологічну сумісність національних рішень у межах євроатлантичного оборонного простору.

Висновок (Conclusion)

Таким чином, системи моделювання та імітації (M&S) є ключовим інструментом підтримки бойової підготовки, планування операцій і управління знаннями у сучасних збройних силах. Аналіз показав, що у структурах НАТО M&S розвивається як інтегрована система, яка поєднує навчальні, аналітичні та дослідницькі функції, спираючись на стандартизовані методології (HLA, GM-VV, MSaaS) і мережеві рішення. Цей підхід забезпечує взаємосумісність, ефективність обміну даними та підвищує достовірність симуляцій.

Українська практика свідчить про наявність значного потенціалу у сфері моделювання та імітації, проте він залишається реалізованим лише частково. Наявні системи, такі як програмно-математичний комплекс “Віраж-РД”, демонструють приклади ефективної інтеграції тренажерних і аналітичних функцій, однак на загальнодержавному рівні розвиток таких систем стримується фрагментарністю нормативної бази, відсутністю єдиних стандартів сертифікації та недостатньою координацією між розробниками, навчальними установами та органами військового управління.

Дослідження показало, що для забезпечення сумісності з підходами НАТО Україна потребує переходу від розрізнених ініціатив до побудови цілісної системи M&S, інтегрованої у процеси підготовки, аналізу та прийняття рішень. Упровадження єдиної методологічної основи на базі GM-VV, розвиток інфраструктури типу MSaaS та створення національного координаційного центру з питань M&S сприятимуть підвищенню ефективності системи підготовки та розвитку аналітичних спроможностей сил оборони України.

Рекомендації (Recommendations)

Матеріали статті можуть бути використані під час розроблення програм і рішень у сфері розвитку систем моделювання та імітації в секторі безпеки і оборони України. Результати дослідження становлять практичну цінність для органів військового управління, наукових установ і закладів військової освіти, що займаються інформатизацією процесів підготовки військ, створенням інтегрованих тренажерних комплексів та впровадженням стандартів НАТО у цій галузі.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розробленні національної методики верифікації, валідації та акредитації тренажерних систем за моделлю GM-VV, а також на створенні інтегрованих імітаційних середовищ для підвищення ефективності навчання та управлінських рішень.

Конфлікт інтересів (Conflict of Interest)

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів за тематикою статті.

Використані джерела

1. Сирський, О., Лебеденко, А., & Семененко, О. (2025). Україна в умовах “повзучої війни”: зміна парадигми ведення воєнних дій. *Military Science, 3* (2), 6–19. https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.2.1.
2. Center for Strategic and International Studies. (2025, May 2). *Lessons from the Ukraine conflict: Modern warfare in the age of autonomy, information, and resilience*. CSIS. https://www.csis.org/analysis/lessons-ukraine-conflict-modern-warfare-age-autonomy-information-and-resilience.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

3. Гризо, А., Костиря, О., & Трофимов, І. (2025). Російсько-українська війна як каталізатор змін у європейській системі ППО-ПРО: від американської підтримки до стратегічної автономії. *Military Science, 3* (2), 56–77. https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.2.5/.
4. Трофимов, І., Худов, Г., Білецький, С., Гризо, А., & Гладіщук, О. (2024). Особливості бойового застосування радіотехнічних військ Повітряних Сил Збройних Сил України в ході російсько-української війни. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2* (55), 76–85. https://doi.org/10.30748/nitps.2024.55.08.
5. Турінський, О. В., Головняк, Д. В., Маліновська, І. Л., & Нос, І. А. (2024). Аналіз стану тренажерної бази Збройних Сил України. *Системи озброєння і військова техніка, 4* (76), 16–21. https://doi.org/10.30748/soivt.2023.76.02.
6. Рудковський, О. М., Баліцький, Н. М., Ванкевич, П. І., Юркевич, Р. М., & Іванік, Є. Г. (2020). Технічні засоби навчання і підготовки військ. Огляд технологій. *Зб. наук. пр. Військової академії (м. Одеса), 2* (14), 214–223. https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.2.214-223/.
7. NATO Allied Command Transformation. (2023). *NexGen Modelling and Simulation*. NATO ACT. https://www.act.nato.int/article/nexgen-modelling-and-simulation/.
8. NATO Science and Technology Organization (2012). *NATO Modelling & Simulation Master Plan Version 2.0*. https://www.sto.nato.int/wp-content/uploads/nato-ms-master-plan-web.pdf.
9. NATO Allied Command Transformation. (2023). *NATO Centres of Excellence – Modelling and Simulation*. https://www.act.nato.int/article/nato-centres-of-excellence-modelling-and-simulation/.
10. NATO Allied Command Transformation. (2024*). Advancing NATO's Capabilities Through its Modelling & Simulation Centre of Excellence.* https://www.act.nato.int/article/ms-coe-2024/.
11. NATO Modelling & Simulation Group. (2024). *NMSG overview and challenges* [Briefing paper]. SISO. https://cdn.ymaws.com/www.sisostandards.org/resource/collection/DC589D90-B442-43B4-920E-3A39A227F20D/20240226_NMSG_Overview_and_Challenges_BP_v1.pdf.
12. NATO Joint Force Training Centre. (n.d.). *Mission*. NATO JFTC. https://www.jftc.nato.int/our-work/mission/.
13. NATO Modelling & Simulation Group (NMSG). (2014). *Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV). Vol. 1: Introduction and Overview*. STO-TR-MSG-073-Vol.1. NATO Science and Technology Organization.
14. NATO Modelling & Simulation Group (NMSG). (2015). *Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV). Vol. 2: Implementation Guide*. STO-TR-MSG-073-Vol.2. NATO Science and Technology Organization.
15. NATO Science and Technology Organization. (2024). *Book of Abstracts, Collaborative Programme of Work 2024*.
16. Болкот, П. А., Ванкевич, П. І., & Стратійчук, І. О. (2025). Методологічні принципи оцінювання тренажерних засобів вітчизняних та закордонних розробників. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України, 1* (45), 35–46. https://doi.org/10.33405/2409-7470/2025/1/45/339266.
17. Ventura, P., & De Mattia, S. (2023, Dec. 18). *ELMo – Electromagnetic Layer for Multi-Domain Operations: Developing and testing activities*. NATO Modelling and Simulation Centre of Excellence. https://www.mscoe.org/document/elmo-electromagnetic-layer-for-multi-domain-operations-developing-and-testing-activities/.
18. Naval Technology. (2025, Febr. 12). *DSET 2025: NATO disclose priorities in modelling and simulation*. https://www.naval-technology.com/news/dset-2025-nato-disclose-priorities-in-modelling-and-simulation/.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

19. NATO Science and Technology Organization. (2023). *AI-augmented immersive simulation in training and DM course of actions analysis (MSG-189 Final Report)*. https://www.sto.nato.int/document/ai-augmented-immersive-simulation-in-training-and-dm-course-of-actions-analysis-2/.
20. Лук'янчук, В. В., Ніколаєв, І. М., Долина, М. П., Донцов, С. М., & Трофименко, Ю. В. (2025). Системно-концептуальні аспекти створення і використання системи навчально-тренажерних засобів для підготовки бойових обслуг зенітних ракетних комплексів (систем). *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, *2* (59), 51–58. https://doi.org/10.30748/nitps.2025.59.06.
21. Мельник, Я. В., Кравчук, А. А., Єфімова, Р. Г., & Бобильов, В. Є. (2018). Пропозиції щодо концепції створення тренажерної бази для забезпечення заходів бойової та оперативної підготовки у Збройних Силах України. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 1* (31), 5–12. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2018-31-1-68-72.
22. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO). (2006). *Simulation Conceptual Modeling (SCM) Study Group Final Report*. SISO-REF-017-2006.
23. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO). (2024). *Final Report for the Electronic Warfare Data Exchange Model (DEM) Study Group*.
24. Заїка, Л. А., Лаврінчук, О. В., & Крайнов, В. О. (2021). Використання можливостей засобів імітаційного моделювання бойових дій у ході практичної підготовки органів військового управління. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, *3* (42), 89–96. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-42-3-89-96.
25. Маняков, І. В., & Томків, І. О. (2025). Особливості підготовки командно-штабних навчань із застосуванням системи імітаційного моделювання JCATS в Державній прикордонній службі України. *Національні інтереси України*, *2* (7), 289–299. https://doi.org/10.52058/3041-1793-2025-2(7)-289-299.
26. Popov, O. O., Iatsyshyn, A. V., Iatsyshyn, A. V., et al. (2021). *Immersive technology for training and professional development of nuclear power plants personnel. CEUR Workshop Proceedings, 2898 (1),* 230–254. In *AREdu 2021: 4th International Workshop on Augmented Reality in Education* (May 11, 2021, Kryvyi Rih, Ukraine). http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/4631/1/paper13.pdf.
27. Головань, В. Г., Головань, А. В., Дроздов, М. О., & Нікул, С. О. (2021). Застосування технологій 3D моделювання в підготовці військових фахівців. *Освітні інноваційні технології, 1*, 279–285. https://doi.org/10.18372/2786-5487.1.20276.
28. Укрінформ. (2017, 28 лист.). *Віртуальний вишкіл: військових ЗСУ вчитимуть на симуляторах JCATS*. https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2347114-virtualnij-viskil-vijskovih-zsu-vcitimut-na-simulatorah-jcats.html.
29. АрміяInform. (2019, 11 вер.). *Для навчання військовослужбовців створено вже 15 центрів імітаційного моделювання*. https://armyinform.com.ua/2019/09/11/dlya-navchannya-vijskovosluzhbovcziv-stvoreno-vzhe-15-czentriv-imitaczijnogo-modelyuvannya/.
30. Espreso Global. (2025, 18 лют.). *Як українські тренажери допомагають військовим опанувати нову зброю* [How Ukrainian simulators help troops master new weapons]. Espreso Global. https://global.espreso.tv/russia-ukraine-war-how-ukrainian-simulators-help-troops-master-new-weapons-economichna-pravda.
31. Focus.ua. (2025, 7 жовт.). *Бійців ЗСУ мобільних груп ППО навчають на симуляторах ДШКМ (відео)*. https://focus.ua/uk/voennye-novosti/699229-biyciv-zsu-mobilnih-grup-ppo-navchayut-na-simulyatorah-dshkm-video.
32. AIN.UA. (2025, 13 бер.). *Українська miltech-компанія Skiftech виграла контракт армії США на розробку симулятора*. https://ain.ua/2025/03/13/skiftech-vigrala-kontrakt-armiyi-

ssa-na-rozrobku/.
33. DVIDS. (2023, Febr. 13). *NATO allies train Ukrainian soldiers on Leopard tanks in Poland [Video]*. https://www.dvidshub.net/video/879491/nato-allies-train-ukrainian-soldiers-leopard-tanks-poland-b-roll.
34. Єрмошин, М. О., Кулєшов О. В., Меленті, Д. О., & Шурига М. П. (2022). Моделювання противоповітряного бою зенітного ракетного підрозділу із застосуванням геоінфомаційних систем. *Системи обробки інформації, 2* (169), 42–48. https://doi.org/10.30748/soi.2022.169.05.
35. Центр оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України; Командування Повітряних Сил Збройних Сил України. (2019). *ВП 7-09 (12).02: Методичні рекомендації використання спеціалізованого програмного забезпечення "Віраж-Планшет" під час підготовки бойових обслуг підрозділів зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України* [Військова навчально-методична публікація]. Затверджено Командувачем Повітряних Сил ЗС України 02 серпня 2019 р. Отримано з https://www.hups.mil.gov.ua/assets/uploads/library/nadhodzhennya/lypen-veresen-2020/pdf/30.pdf.
36. Супрун, К. (2025, 24 жовт.). *Як гра онлайн: НАТО запускає свій віртуальний полігон*. Militarnyi. https://militarnyi.com/uk/articles/yak-merezheva-gra-nato-zapuskaye-svij-virtualnyj-poligon/.

References

1. Syrskyi, O., Lebedenko, A., & Semenenko, O. (2025). Ukraine in a "War of Attrition": The Warfare Paradigm Shift. *Military Science, 3* (2), 6–19. https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.2.1.
2. Center for Strategic and International Studies. (2025, May 2). Lessons from the Ukraine conflict: Modern warfare in the age of autonomy, information, and resilience. https://www.csis.org/analysis/lessons-ukraine-conflict-modern-warfare-age-autonomy-information-and-resilience.
3. Hryzo, A., Kostyria, O., & Trofymov, I. (2025). russo-ukrainian war as a catalyst for changes in the european air and missile defense system: from american support to strategic autonomy. *Military Science*, *3* (2), 56–77. https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.2.5.
4. Trofymov, I., Khudov, H., Biletskyi, S., Hryzo, A., & Hladishchuk, O. (2024). Peculiarities of the using radio engineering troops of the Air Forces of The Armed Forces of Ukraine during the russian-ukrainian war. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine, 2* (55), 76–85. https://doi.org/10.30748/nitps.2024.55.08.
5. Turinskyi, O., Holovniak, D., Malinovska, I., & Nos, I. (2024). Analysis of the trainer base of the Armed Forces of Ukraine. *Systems of Arms and Military Equipment, 4* (76), 16–21. https://doi.org/10.30748/soivt.2023.76.02.
6. Rudkovskyi, O. M., Balitskyi, N. M., Vankevych, P. I., Yurkevych, R. M., & Ivanik, Ye. H. (2020). Technical training and education means for troops: Technology overview. *Collection of Scientific Papers of the Military Academy (Odesa), 2* (14), 214–223. https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.2.214-223.
7. NATO Allied Command Transformation. (2023). *NexGen Modelling and Simulation*. https://www.act.nato.int/article/nexgen-modelling-and-simulation/
8. NATO. (2012). *NATO Modelling & Simulation Master Plan Version 2.0*. NATO Science and Technology Organization. https://www.sto.nato.int/wp-content/uploads/nato-ms-master-plan-web.pdf.
9. NATO Allied Command Transformation. (2023). *NATO Centres of Excellence – Modelling*

and Simulation. https://www.act.nato.int/article/nato-centres-of-excellence-modelling-and-simulation/.
10. NATO Allied Command Transformation. (2024). *Advancing NATO's Capabilities Through its Modelling & Simulation Centre of Excellence*. https://www.act.nato.int/article/ms-coe-2024/.
11. NATO Modelling & Simulation Group. (2024). *NMSG overview and challenges* [Briefing paper]. SISO. https://cdn.ymaws.com/www.sisostandards.org/resource/collection/DC589D90-B442-43B4-920E-3A39A227F20D/20240226_NMSG_Overview_and_Challenges_BP_v1.pdf.
12. NATO Joint Force Training Centre. (n.d.). *Mission*. NATO JFTC. https://www.jftc.nato.int/our-work/mission/.
13. NATO Modelling & Simulation Group (NMSG). (2014). *Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV). Vol. 1: Introduction and Overview*. STO-TR-MSG-073-Vol.1. NATO Science and Technology Organization.
14. NATO Modelling & Simulation Group (NMSG). (2015). *Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV). Vol. 2: Implementation Guide*. STO-TR-MSG-073-Vol.2. NATO Science and Technology Organization.
15. NATO Science and Technology Organization. (2024). *Book of Abstracts, Collaborative Programme of Work 2024*.
16. Bolkot, P. A., Vankevych, P. I., & Stratiichuk, I. O. (2025). *Methodological principles for evaluating training devices of domestic and foreign developers. Collection of Scientific Papers of the National Academy of the National Guard of Ukraine*, *1* (45), 35–46. https://doi.org/10.33405/2409-7470/2025/1/45/339266/.
17. Ventura, P., & De Mattia, S. (2023, December 18). *ELMo – Electromagnetic Layer for Multi-Domain Operations: Developing and testing activities.* NATO Modelling and Simulation Centre of Excellence. https://www.mscoe.org/document/elmo-electromagnetic-layer-for-multi-domain-operations-developing-and-testing-activities/.
18. Naval Technology. (2025, Febr. 12). *DSET 2025: NATO disclose priorities in modelling and simulation.* https://www.naval-technology.com/news/dset-2025-nato-disclose-priorities-in-modelling-and-simulation/.
19. NATO Science and Technology Organization. (2023). *AI-augmented immersive simulation in training and DM course of actions analysis (MSG-189 Final Report).* https://www.sto.nato.int/document/ai-augmented-immersive-simulation-in-training-and-dm-course-of-actions-analysis-2/.
20. Lukianchuk, V., Nikolaev, I., Dolyna, M., Dontsov, S., & Trofimenko, Y. (2025). Systemic-conceptual aspects of creating and using a system of training and simulation tools for training combat calculations of antifine missile complexes (systems). *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, *2* (59), 51–58. https://doi.org/10.30748/nitps.2025.59.06.
21. Melnyk, Y. V., Kravchuk, A. A., Yefimova, R. G., & Bobylov, B. Y. (2018). Proposals on the concept of the development of a simulator base for the provision of combat and operational training in the armed forces of Ukraine. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, *31* (1), 68–72. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2018-31-1-68-72.
22. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO). (2006). *Simulation Conceptual Modeling (SCM) Study Group Final Report*. SISO-REF-017-2006.
23. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO). (2024). *Final Report for the Electronic Warfare Data Exchange Model (DEM) Study Group.*
24. Zaika, L., Lavrinchuk, O., & Krainov, V. (2021). Use simulation capabilities of combat actions in the training process of military administrative bodies. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, *42* (3), 89–96. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

42-3-89-96.

25. Manyakov, I. V., & Tomkiv, I. O. (2025). Features of conducting command and staff training using the JCATS simulation system in the State *Border Guard Service of Ukraine*. National Interests of Ukraine, *2* (7), 289–299. https://doi.org/10.52058/3041-1793-2025-2(7)-289-299.
26. Popov, O. O., Iatsyshyn, A. V., Iatsyshyn, A. V., *et al.* (2021). *Immersive technology for training and professional development of nuclear power plants personnel. CEUR Workshop Proceedings, 2898* (1), 230–254. In *AREdu 2021: 4th International Workshop on Augmented Reality in Education* (May 11, 2021, Kryvyi Rih, Ukraine). http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/4631/1/paper13.pdf.
27. Golovan , V. H., Golovan , A. V., Drozdov, M. O., & Nikul , S. O. (2025). Application of 3D modeling technologies in the training of military specialists. *Actual Problems in the System of Education: General Secondary Education Institution – Pre-University Training – Higher Education Institution, 1* (5), 279–289. https://doi.org/10.18372/2786-5487.1.20276.
28. Ukrinform. (2017, November 28). *Virtual training: Ukrainian Armed Forces soldiers will be trained on JCATS simulators. Ukrinform.* https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2347114-virtualnij-viskil-vijskovih-zsu-vcitimut-na-simulatorah-jcats.html.
29. ArmiyaInform. (2019, Sept. 11). *Fifteen simulation training centers have already been established for the training of servicemen.* https://armyinform.com.ua/2019/09/11/dlya-navchannya-vijskovosluzhbovcziv-stvoreno-vzhe-15-czentriv-imitaczijnogo-modelyuvannya/.
30. Espreso Global. (2025, Febr. 18). *How Ukrainian simulators help troops master new weapons.* https://global.espreso.tv/russia-ukraine-war-how-ukrainian-simulators-help-troops-master-new-weapons-economichna-pravda.
31. Focus.ua. (2025, Oct. 7). *Air defense mobile group fighters of the Armed Forces of Ukraine are trained on DShKM simulators (video).* https://focus.ua/uk/voennye-novosti/699229-biyciv-zsu-mobilnih-grup-ppo-navchayut-na-simulyatorah-dshkm-video.
32. AIN.UA. (2025, March 13). *Ukrainian miltech company Skiftech won a U.S. Army contract to develop a simulator.* https://ain.ua/2025/03/13/skiftech-vigrala-kontrakt-armiyi-ssa-na-rozrobku/.
33. DVIDS. (2023, Febr. 13). *NATO allies train Ukrainian soldiers on Leopard tanks in Poland [Video]*. https://www.dvidshub.net/video/879491/nato-allies-train-ukrainian-soldiers-leopard-tanks-poland-b-roll.
34. Yermoshin, M., Kuleshov, O., Melenti, D., & Shuriga, M. (2022). Simulation of anti-air fighting of anti-aircraft missile department with the use of geoinformation systems. *Information Processing Systems*, *2* (169), 42–48. https://doi.org/10.30748/soi.2022.169.05.
35. Centre of Operational Standards and Training Methodology of the Armed Forces of Ukraine; Command of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. (2019). *VP 7-09 (12).02: Methodical recommendations for the use of the specialized software "Virazh-Planset" during training of combat crews of air defence missile units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine* [Military training-methodical publication]. Approved by the Commander of the Air Force of the AFU, August 2, 2019. https://www.hups.mil.gov.ua/assets/uploads/library/nadhodzhennya/lypen-veresen-2020/pdf/30.pdf.
36. Suprun, K. (2025, Oct. 24). *Like an online game: NATO launches its virtual training ground*. Militarnyi. https://militarnyi.com/uk/articles/yak-merezheva-gra-nato-zapuskaye-svij-virtualnyj-poligon.

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

Analysis of NATO Approaches to Modelling and Simulation Systems and Prospects for Their Adaptation and Implementation in Ukraine

Andrii Hryzo
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Head of the Scientific Research Laboratory
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
61023, Sumska St. 77/79, Kharkiv, Ukraine
e-mail: a.hryzo@hups.mil.gov.ua
ORCID: 0000-0003-2483-5953

Oleksandr Kostyria
Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading Research Fellow at the Scientific Research Laboratory
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
61023, Sumska St. 77/79, Kharkiv, Ukraine
e-mail: kostyria1958@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3363-2015

Ivan Trofymov
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Professor of the Department
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
61023, Sumska St. 77/79, Kharkiv, Ukraine
e-mail: tininterpritor@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7080-909X

Dmytro Nelin
Head of the Scientific Research Division
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
61023, Sumska St. 77/79, Kharkiv, Ukraine
e-mail: nelindima35@gmail.com
ORCID: 0009-0003-9448-392X

Andrii Lukianchykov
Leading Research Fellow at the Scientific Research Division
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
61023, Sumska St. 77/79, Kharkiv, Ukraine
e-mail: laa1968@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3584-7901

Abstract. The relevance of the study is determined by the need to transform military training and management systems in the context of new types of threats that emerged during the Russian-Ukrainian war. The widespread use of unmanned systems, high-precision weapons, electronic warfare and cyber-attacks has highlighted the limitations of traditional approaches to military training and operational analysis. In this regard, the role of modelling and simulation systems is growing, which NATO considers a strategic resource for training, planning, research and conducting operations in a multi-domain environment. The aim of this work is to analyze the structure,

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No.1 (2026)

methodological principles and key areas of development of the modelling and simulation system in NATO, as well as to identify opportunities for adapting these approaches in the Armed Forces of Ukraine. The article reveals the activities of institutional components of the system, approaches to standardization, and technological initiatives. It has been shown that the effectiveness of modelling and simulation systems is determined by the level of integration, standardization and accessibility of synthetic environments. It is justified that in domestic practice, the potential of such systems remains underestimated, and the term “training and simulation base” does not cover the analytical and research function, which is key to supporting decision-making and operations research. The main research methods are systematic and comparative analysis, content analysis of NATO regulatory documents, scientific publications by Ukrainian researchers, and national guidance documents in the field of military training and the development of training and simulation systems. The results of the article can be used in forming a national concept for the development of modelling and simulation systems, developing standards for the validation of simulators and models, and creating a unified information and analytical space for the training of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: modelling and simulation, NATO, simulators, trainers, military training, Armed Forces of Ukraine.