УДК 004.89:004.94:355.5 DOI 10.59226/2786-6920.1.2026.16-28



БАБАК СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ
кандидат військових наук, старший науковий співробітник,
Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ»
https://orcid.org/0000-0002-2248-454X



БАРКАТОВ ІГОР ВАЛЕНТИНОВИЧ
доцент НТУ «ХПІ»,
Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ»
https://orcid.org/0000-0003-2605-574X



КРАСОВСЬКИЙ ПАВЛО ОЛЕКСІЙОВИЧ
начальник центру імітаційного моделювання,
Київський інститут Національної гвардії України
https://orcid.org/0009-0004-7957-6279

КОНЦЕПЦІЯ ТА АРХІТЕКТУРА ГЕНЕРАТОРА ТАКТИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ СИМУЛЯЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Подано концепцію та архітектуру інтелектуального генератора тактичних сценаріїв для військових симуляцій, зокрема системи імітаційного моделювання Steel Beasts Professional. Описано модульну структуру системи, механізм генерації та результати попередньої функціональної валідації прототипу. Підтверджено технічну працездатність розробленої концепції у контрольованих умовах.

Ключові слова: *тактичні сценарії; система імітаційного моделювання; Steel Beasts Professional; військова освіта; штучний інтелект.*

Постановка проблеми. Масоване використання високоточної зброї, зокрема безпілотних систем, суттєво вплинуло на тактику сучасного загальновійськового бою, зумовивши необхідність перегляду підходів до управління підрозділами. Особливо це стосується скорочення циклів прийняття рішень і підвищення точності прогнозування перебігу бойових дій.

На сучасному етапі розвитку військової науки спостерігається активна інтеграція інтелектуальних систем у процеси бойової підготовки, планування операцій та моделювання бойових дій. Додатковим каталізатором упровадження інноваційних технологій, заснованих на штучному інтелекті (ШІ), стало повномасштабне вторгнення рф в Україну.

Підготовка офіцерів танкових і механізованих підрозділів окрім технічних навичок потребує й розвиненого тактичного мислення в умовах невизначеності. Висока ресурсна затратність повномасштабних польових навчань зумовлює доцільність упровадження у систему військової освіти високоточних симуляторів, зокрема *Steel Beasts Professional* (SBPro) [1].

Наявний підхід до створення навчальних сценаріїв характеризується значними часовими витратами, суб'єктивністю та обмеженою варіативністю, що негативно впливає на формування у курсантів навичок ситуаційної обізнаності та планування. Тож ключова проблема полягає у відсутності інструментів автоматизованої генерації тактично коректних сценаріїв, адаптованих до умов сучасної війни і потреб військової освіти.

© С. А. Бабак, І. В. Баркатов, П. О. Красовський, 2026
© Науковий вісник Київського інституту Національної гвардії України, 2026

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У системних дослідженнях останніх років як іноземних, так і вітчизняних дослідників приділяється неабияка увага теоретичному підґрунтю застосування у військовій освіті симуляційних технологій.

Зі швидким розвитком штучного інтелекту методи інтелектуального прийняття рішень поступово перевершили людський рівень у різних змаганнях людини й машини, особливо у складних сценаріях багатоагентної спільної роботи, що було розглянуто у праці [2]. Автори аналізують основні середовища моделювання з різних позицій, зокрема формати завдань, розподіл «винагород» та базові технології, які при цьому використовуються, а також здійснюють комплексний огляд основних підходів до інтелектуального прийняття рішень, алгоритмів та моделей для багатоагентних систем (MAS). У звіті NATO Science and Technology Organization [3] зазначається, що застосування штучного інтелекту дає змогу реалізувати комплексний підхід до оперативного планування шляхом автоматизованого формування й аналізу варіантів дій (COA), моделювання поведінки противника та прогнозного оцінювання рішень тощо. Крім того, інтеграція великих обсягів даних і технологій глибинного навчання забезпечує можливість автоматизованої генерації контенту (сценаріїв та моделей середовища), концептуально близького до Процедурної генерації контенту (Procedural Content Generation, PCG) у військових симуляціях.

У працях [4, 5] обґрунтовано, що інтеграція технологій ШІ, машинного навчання, аналізу великих даних і хмарних обчислень із засобами імерсивної реальності (VR/AR/XR) формує базові компоненти архітектури моделювання на засадах парадигми MSaaS (Modeling and Simulation as a Service). Така синергія створює уніфіковане інформаційно-моделювальне середовище, в якому сервіси, керовані відповідною структурою, забезпечують командирів інструментарієм для оперативного прийняття рішень та підвищення рівня професійної компетентності.

Авторами K. Saastamoinen та J. Nuutinen [6] розглядається потенціал ШІ для підвищення продуктивності, адаптивності та цінності прийняття рішень систем моделювання, що наразі використовує армія Фінляндії, зокрема сухопутні війська. Великі мовні моделі (LLM), генеративні агенти та периферійний ШІ можуть бути застосовані до тактичних симуляторів, командно-штабних навчань та освітніх платформ для підтримки процесів навчання, планування місій та оцінювання проведених дій (AAR).

У статті [7] подано багатоагентну, мультимодальну структуру міркувань, яка використовує великі мовні моделі для генерації критичних артефактів навчання, таких як оперативні накази (OPORD). Удосконалено структуру шляхом декомпозиції генерації сценаріїв на ієрархію підзадач, для кожної з них визначено роль інструменту ШІ: генерування варіантів для вибору автором-людиною, створення продукту-кандидата для схвалення чи модифікації людиною або повністю автоматичне генерування текстових артефактів.

Автори праці [8] досліджують інтеграцію цифрових двійників в оборонні програми, зосереджуючись на ключових варіантах використання: від проєктування й розроблення систем, оперативного планування й навчання і до виконання місій та їх аналізу. Розглядаючи застосування технологій цифрових двійників на різних оборонних платформах, дослідники виокремлюють їхні головні переваги: поліпшена операційна продуктивність, прогностичні можливості та збільшений час безвідмовної роботи системи. Це дає змогу генератору сценаріїв використовувати реальні геопросторові дані й тактико-технічні характеристики (TTX) техніки для створення математично точних тактичних ситуацій. У дослідженні [9] наголошується на тому, що архітектура симулятора має бути модульною, завдяки чому генератор ШІ може оперативно змінювати склад сил і засобів усередині сценарію залежно від навчальних цілей.

Критично важливою для розуміння логіки генератора є праця [10]. Автори досліджують принципи ″Human-AI Teaming″, які в контексті генератора сценаріїв може бути використано для створення агентів, що підлаштовуються під рівень підготовки курсанта (Adaptive Difficulty). Це забезпечує високий рівень імерсивності, що корелює з дослідженнями [11], де військовий сценарій розглядається не як статичний набір цілей, а як динамічна ієрархічна система. Такий підхід трансформує віртуальне середовище в інструмент формування тактичного мислення через накопичення іномінального досвіду в умовах невизначеності.

Питання впровадження ШІ та автоматизації моделювання бойових дій є об’єктом особливої

уваги провідних українських військових наукових шкіл. Ключовий аспект цієї трансформації становить перехід від статичних сценаріїв навчання до динамічних, адаптивних середовищ, здатних відтворювати складність сучасного багатодоменного поля бою. У цьому контексті розроблення концепції та архітектури інтелектуального генератора тактичних сценаріїв для систем імітаційного моделювання, зокрема SBPro, набуває стратегічного значення для Збройних Сил України, Національної гвардії України та інших складових Сил оборони.

Дослідження досвіду російсько-української війни свідчать, що ШІ-технології вже є не футуристичною концепцією, а критичним інструментом у збройній та інформаційній боротьбі [12]. Чисельна перевага противника спонукає Україну до створення технологічної переваги, де програмне забезпечення та автономні системи стають засобом збереження особового складу та підвищення точності ударів. Проте реалізація цього потенціалу потребує відповідної підготовки офіцерського корпусу, що неможливо без використання сучасних засобів імітаційного моделювання бойових дій.

У працях [13, 14] зазначається, що система SBPro зарекомендувала себе як один із провідних інструментів для відпрацювання тактики дій малих підрозділів на бронетехніці. Ця система дає змогу моделювати балістику, системи управління вогнем та взаємодію підрозділів із високим рівнем деталізації. Однак традиційний процес створення тактичних сценаріїв у SBPro надзвичайно трудомісткий, вимагає від інструкторів ручного введення великої кількості параметрів – від маршрутів руху до алгоритмів поведінки противника.

Питання інтеграції ШІ у вищу військову освіту України є предметом активних дискусій. На думку авторів [15, 16, 17], використання систем ШІ, зокрема адаптивне навчання та нейросимвольні моделі, здатні значно підвищити аналітичні здібності майбутніх офіцерів. Вони посилаються на успішний досвід країн НАТО, де ШІ-симуляції інтегровано у стандарти підготовки.

У дослідженні [18] проаналізовано досвід упровадження засобів імітаційного моделювання в освітній процес вищих військових навчальних закладів (ВВНЗ) із використанням платформи MOODLE. Автори обґрунтовують переваги поєднання CIM із LMS, що дає змогу структурувати навчальні сценарії як окремі цифрові об’єкти, проте зазначають про виклики, пов’язані з технічною сумісністю й необхідністю розроблення практичних рекомендацій для інструкторського складу. Це безпосередньо корелює з необхідністю створення генератора сценаріїв, який би міг інтегруватись у модульні структури MOODLE.

Попри значні здобутки, у зазначених працях недостатньо висвітлено питання автономної архітектури, що здатна в одному циклі поєднувати збір бойового досвіду, його перетворення на тактичні алгоритми та безпосереднє експортування у формат сценаріїв для симуляційних систем.

Окрему увагу в контексті розроблення інтелектуальних генераторів варто приділити трансформації класичного циклу прийняття військових рішень (MDMP). Згідно з аналітичним оглядом Military Review [19] інтеграція ШІ в цей процес уможливлює автоматизування генерації варіантів дій (COA). Це має критичне значення для архітектури генератора тактичних сценаріїв, оскільки дає змогу системі створювати не лише візуальний контент, а й логічно обґрунтовані тактичні ситуації, що засновуються на реальних доктринальних засадах планування операцій, адаптованих до швидкоплинних умов сучасного бою.

Аналіз опрацьованих джерел виявив три ключові напрями, які потребують подальших досліджень. По-перше, незважаючи на значний теоретичний доробок щодо LLM у військових симуляціях, немає практичних досліджень з їх безпосередньої інтеграції в конкретні комерційні платформи, зокрема SBPro. По-друге, у більшості публікацій не взято до уваги технічні обмеження конкретних симуляційних систем: форматів даних, редакторів сценаріїв, API. По-третє, відчутно бракує досліджень із верифікації якості автоматично генерованих сценаріїв за педагогічними критеріями. У вітчизняному контексті проблематика залишається малодослідженою, попри гостру практичну потребу в умовах прискореної підготовки офіцерського корпусу Збройних Сил України.

Отже, розроблення методики та інструментарію ШІ-генерації тактичних сценаріїв є науково новим і практично значущим завданням.

Мета статті – обґрунтування концепції, розроблення архітектури інтелектуального генератора тактичних сценаріїв для систем імітаційного моделювання, зокрема SBPro, із використанням алгоритмів штучного інтелекту, а також аналіз результатів його реалізації.

Викладення основного матеріалу. На сучасному етапі розвитку військових технологій система імітаційного моделювання SBPro являє собою не просто тренажерний комплекс, а інтелектуальне середовище для формування оперативно-тактичних компетенцій майбутніх офіцерів. На відміну від процедурних тренажерів, орієнтованих на механічне опанування органів управління, SBPro фокусується на когнітивному аспекті бою – управлінні підрозділом як єдиною системою.

Основні функціональні можливості системи в освітньому процесі такі.

1. Масштабованість моделювання бойових дій. Технічна архітектура симулятора дає змогу реалізувати сценарії від індивідуальної підготовки екіпажу до складних операцій на рівні танкового взводу, роти й батальйону. Це забезпечує курсанту розуміння його місця у загальному бойовому порядку й уможливлює відпрацювання питань взаємодії з доданими підрозділами (мотопіхотою, артилерією, інженерними військами).

2. Міжвидова інтеграція озброєння і техніки. Система забезпечує високоточне моделювання не лише танків (Leopard 2, Abrams, Т-серія тощо), а й широкого спектра легкої бронетехніки, засобів ППО та ПТРК. Це дає змогу вивчати сильні та слабкі сторони як власного озброєння, так і техніки противника, що є важливим для розроблення ефективних контрзаходів на полі бою.

3. Створення багатокористувальницьких навчальних середовищ. Завдяки мережевим можливостям SBPro у процесі колективних навчань кожний курсант виконує свою роль у складі підрозділу. Такий підхід стимулює розвиток комунікаційних навичок, навичок радіообміну, а також здатності командира у реальному часі керувати вогнем і маневром підлеглих.

4. Об’єктивний аналіз у режимі післядії (After Action Review – AAR). Технологія AAR є фундаментальним інструментом військової педагогіки. Вона уможливлює детальний розбір кожної фази бою: відстеження траєкторії пострілів, кутів підльоту снарядів, таймінг прийняття рішень і доцільність маневрів. Можливість «побачити бій очима противника» кардинально змінює рівень опанування матеріалу, аналіз помилок стає наочним і беззаперечним.

На сьогоднішній день SBPro використовується в освітньому процесі, зокрема у Київському інституті Національної гвардії України та Військовому інституті танкових військ НТУ «ХПІ». Завдяки цьому здійснюється формування адаптивного тактичного мислення курсантів. По завершенні відповідного курсу поліпшується взаємодія між військовослужбовцями, екіпажами й підрозділами. Це свідчить про доцільність використання SBPro як повноцінного засобу для моделювання бою. Створення вихідної обстановки (сценаріїв) потребує від викладача або інструктора високого рівня підготовки. Здійснення постійного контролю за кожним учасником позитивно позначається на результатах занять. Програмне середовище так само передбачає можливість коригування дій курсантів інструктором у реальному часі, що робить моделювання бойових дій гнучким на рівні підрозділів і органів управління. У цьому контексті актуалізується необхідність розроблення генератора тактичних сценаріїв, який забезпечить автоматизацію формування вихідної обстановки, варіативність навчальних ситуацій та їх адаптацію до різних симуляційних платформ.

Отже, використання SBPro в освітньому процесі ефективно руйнує шаблони навчання, забезпечуючи розвиток тактичного мислення. Курсанти отримують можливість відпрацьовувати як стандартні алгоритми (згідно зі статутами й порадниками), так і нестандартні тактичні завдання в умовах динамічної протидії ШІ, іншого курсанта чи інструктора, які діють за противника. Це сприяє розвитку:

1) гнучкості тактичного мислення – здатності адаптувати план бою під умови, що постійно змінюються;

2) стресостійкості під час прийняття рішень – здатності діяти в умовах «туману війни» та обмеженого часу;

3) прогностичних здібностей – розумінню наслідків прийнятих рішень без ризику для життя особового складу чи втрати дороговартісної або дефіцитної техніки.

Тож SBPro інтегрує теоретичні знання з тактики, вогневої підготовки та інших споріднених навчальних дисциплін у цілісні практичні навички, що забезпечує високу якість підготовки офіцерського складу, адаптовану до вимог сучасного мережецентричного бою.

Традиційне створення сценарію інструктором займає від 4 до 10 годин. Ми пропонуємо

впровадження AI Scenario Engine, що ґрунтується на такому:

1) генеративне проєктування: ШІ аналізує рельєф (наприклад, панівні висоти) і автоматично розставляє позиції OPFOR (сил противника) згідно з доктриною (наприклад, статут армії рф чи НАТО);

2) адаптивна складність: якщо курсант демонструє високий темп просування, ШІ в реальному часі вводить резерви противника або застосовує дистанційне мінування;

3) NLP-інтерфейс: викладач формує завдання природною мовою (наприклад, «Створити засідку взводу танків на марші в умовах обмеженої видимості»), а ШІ конвертує це у файл сценарію .sce з прописаними тригерами.

Процес створення сценарію у SBPro традиційно базується на редакторі місій, де логіка юнітів прописується через систему тернарних умов і тригерів. Однак для створення «інтелектуального» противника (OPFOR) необхідно вийти за межі лінійних скриптів.

Технічна реалізація цього процесу охоплює такі складники.

1. Використання API та обмін даними. Оскільки SBPro має закриту архітектуру, інтеграція зовнішнього ШІ (наприклад на базі Python-скриптів) відбувається через парсинг файлів сценаріїв або використання мережевих пакетів протоколу DIS (Distributed Interactive Simulation). Це дає змогу зовнішньому модулю ШІ «бачити» координати курсантів у реальному часі.

2. Генерація дерева рішень (Decision Trees). На відміну від статичних наказів ШІ-модель будує динамічне дерево рішень. Наприклад, якщо підрозділ курсантів втрачає більше 30 % боєздатності, то ШІ автоматично змінює тактику противника з «оборони» на «контратаку», ініціюючи відповідні скрипти у SBPro.

3. Масштабування складності. ШІ-модуль аналізує «теплову карту» вогневого впливу курсантів. Якщо вогонь ведеться занадто точно (що свідчить про високий рівень підготовки), то ШІ впроваджує елементи невизначеності – постановку димових завіс, використання хибних цілей або РЕБ-перешкод, – що візуалізуються через обмеження каналів зв'язку у симуляторі.

Етап автоматизації генерації сценаріїв на основі ГІС-даних та LLM дає змогу перейти від ручного розставлення об'єктів до автоматичного проєктування оперативного середовища й тактичної обстановки.

Автоматизація складається з кількох компонентів.

1. Аналіз навколишнього середовища, зокрема ландшафту (Terrain Analysis). ШІ-агент використовує дані висот (DTED) і класифікацію рослинності з карт ГІС. Алгоритм розраховує сектори обстрілу (Line of Sight) для кожної точки на мапі. На основі цього ШІ автоматично визначає оптимальні місця для капонірів, позицій ПТРК та маршрутів прихованого висування танків.

2. Використання LLM для трансформації доктрини в код. Викладач вводить вхідні дані: «Наступ батальйонної тактичної групи на підготовлену оборону в районі [координати]». LLM (наприклад, GPT-4 або спеціалізована Llama) генерує формалізований тактичний наказ (OPORD), а спеціальний конвектор перетворює цей наказ на набір XML-інструкцій для редактора місій SBPro, розставляючи юніти згідно з бойовим порядком (інтервали й дистанції між машинами, глибина ешелонування тощо).

3. Динамічне середовище. Здійснюється рандомізація метеорологічних умов і часу доби, що генеруються ШІ для кожної ітерації вправи. Це запобігає «ефекту звикання» курсантів до конкретного сценарію, змушуючи їх щоразу проводити розвідку заново.

У процесі дослідження розроблено концепцію та архітектуру програмного комплексу. В основу концепції побудови архітектури програмного комплексу (див. рис. 1) покладено вимогу щодо роботи його складників як цілісної системи, а не набору розрізнених програм. Складниками програмного комплексу стали Редактор, Симулятор, Візуалізатор.

На рисуку 1 відображено взаємодію елементів програмного комплексу на етапі розроблення й дослідного використання. У подальшому тренувальний датасет може бути виключено з програмного комплексу й на фазі експлуатації його архітектура набуває вигляду, поданому на рис. 2.

Редактор – інтерактивний інструмент для створення та управління сценаріями симуляції (див. рис. 3). Він побудований на базі React.js і надає користувачеві зручний інтуїтивний інтерфейс для роботи з картографічними даними. На екрані відображується інтерактивна карта місцевості з нанесеними об'єктами, маршрутами й вузловими точками, тобто це типовий сценарій, створений користувачем уручну.

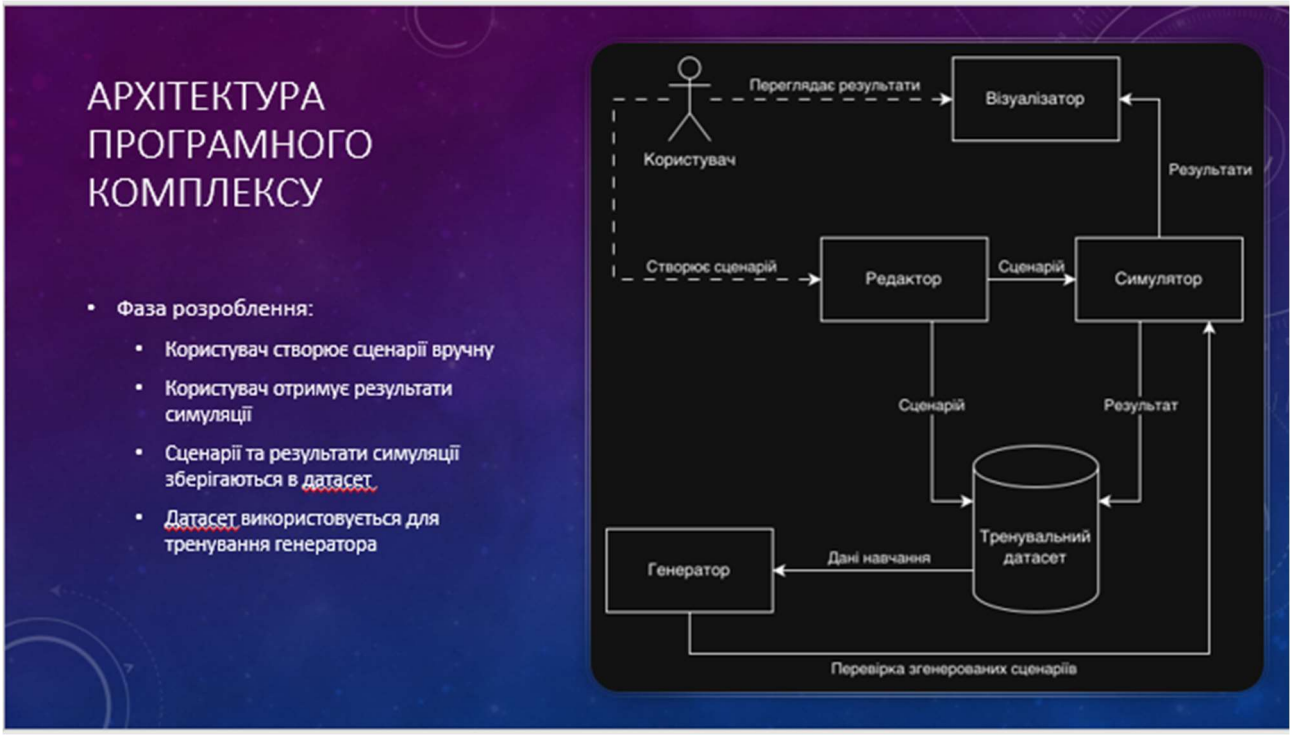


Рисунок 1 – Архітектура програмного комплексу на етапі розроблення

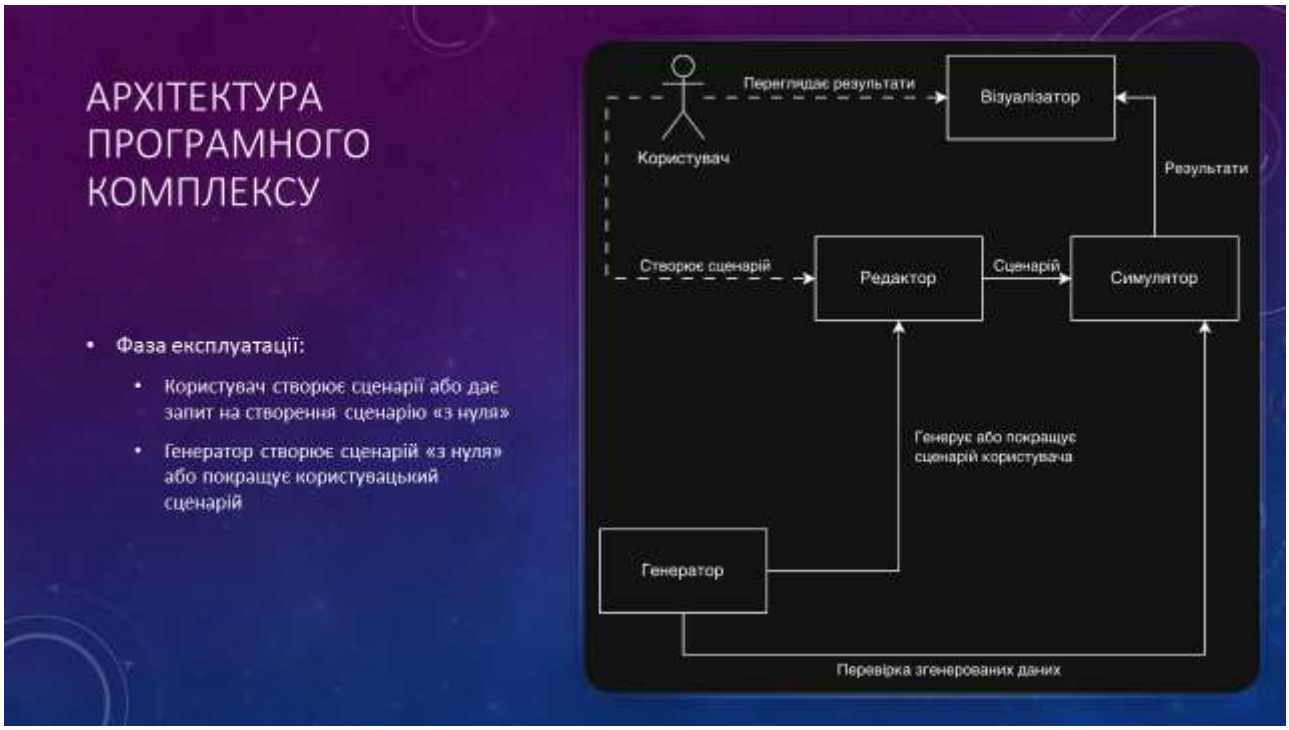


Рисунок 2 – Архітектура програмного комплексу на етапі експлуатації

Основні можливості Редактора:

– розміщення і переміщення окремих об’єктів на карті;

– налаштування маршрутів і взаємодій між елементами;

– запуск симуляції та перегляд результатів одночасно в інтерфейсі.

Інструмент розроблено для фахівців, які не мають досвіду з програмування. Їм достатньо базових навичок роботи з веб-застосунками.

Візуалізатор (рис. 4, див. рис. 5) являє собою 3D-середовище для наочного відображення

результатів моделювання. Він розроблений на базі рушія Unity й відображує перебіг симуляції у вигляді тривимірної картини, інтуїтивно зрозумілої навіть для користувачів без технічного досвіду. На скриншотах праворуч наведено приклад такого відображення: дорожня інфраструктура, транспортні засоби та їх переміщення показані в реалістичному 3D-вигляді з видом на дерево та під кутом (схоже на тактичну гру).

Зрозуміло, що тактична підготовка особового складу неможлива без прив'язки до реальної місцевості та умов обстановки. SBPro забезпечує таке.



Рисунок 3 – Редактор



Рисунок 4 – Візуалізатор

1. Використання карт із високою роздільною здатністю (Terrain Fidelity), де мікрорельєф (вибоїни, невеликі пагорби, лісосмуги) має фізичні властивості. Це навчає курсантів правильно вибирати вогневі позиції та приховані шляхи висування.

2. Урахування впливу навколишнього середовища на тактику дій військ (від окремого солдата до підрозділу, військової частини тощо): технічна зміна часу доби, пори року та погодних умов безпосередньо впливає на ефективність засобів спостереження (ТПВ, ПНБ), що змінює тактику застосування підрозділу.

Головна перевага Візуалізатора – можливість не просто побачити кінцевий результат, а й зрозуміти, *чому* саме так склалася ситуація: де виникли затори, відбулися критичні події, як рухалися об’єкти в часі тощо (див. рис. 5). Це робить інструмент особливо цінним для аналізу та прийняття рішень на основі результатів моделювання.

Ключовим компоненом системи, математичним «серцем» будь-якого рішення є Симулятор (див. рис. 6). Алгоритми його роботи відповідають всій обчислювальній логіці.

Симулятор прораховує переміщення техніки на полі бою, моделює ведення вогню та визначає факти ураження цілей: які об’єкти було знищено або виведено з ладу, яка ступінь ураження внаслідок бойових дій тощо. Усе це відповідає правилам, заданим у сценарії через Редактор.

Під час аналізу динаміки й результатів бою за допомогою Симулятора було змодельовано 100 варіантів дій сторін (виконано 100 запусків симуляції), середній час одного прорахунку становив 0,42 с, що підтверджує високу продуктивність системи.

Результати симуляції відображуються у вигляді зручних графіків. Порівнюються показники сторін, зокрема відсоток перемоги й відсоток втрат.

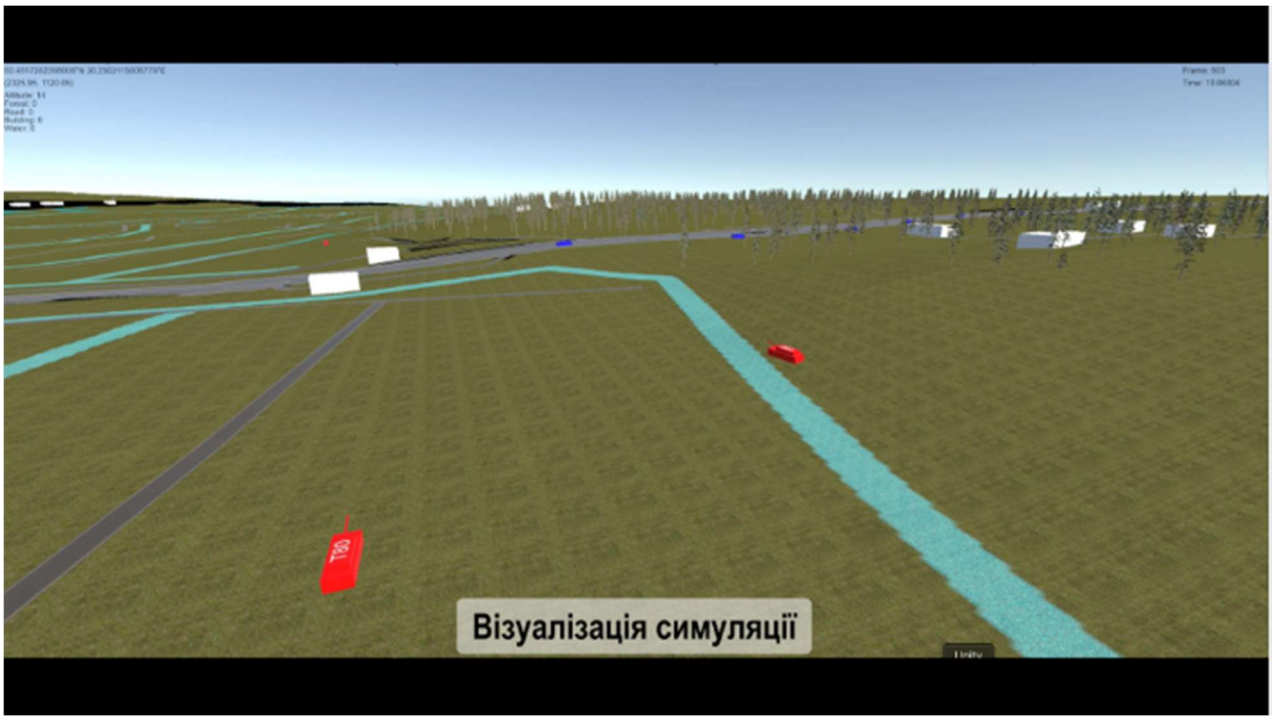


Рисунок 5 – Приклад візуалізації

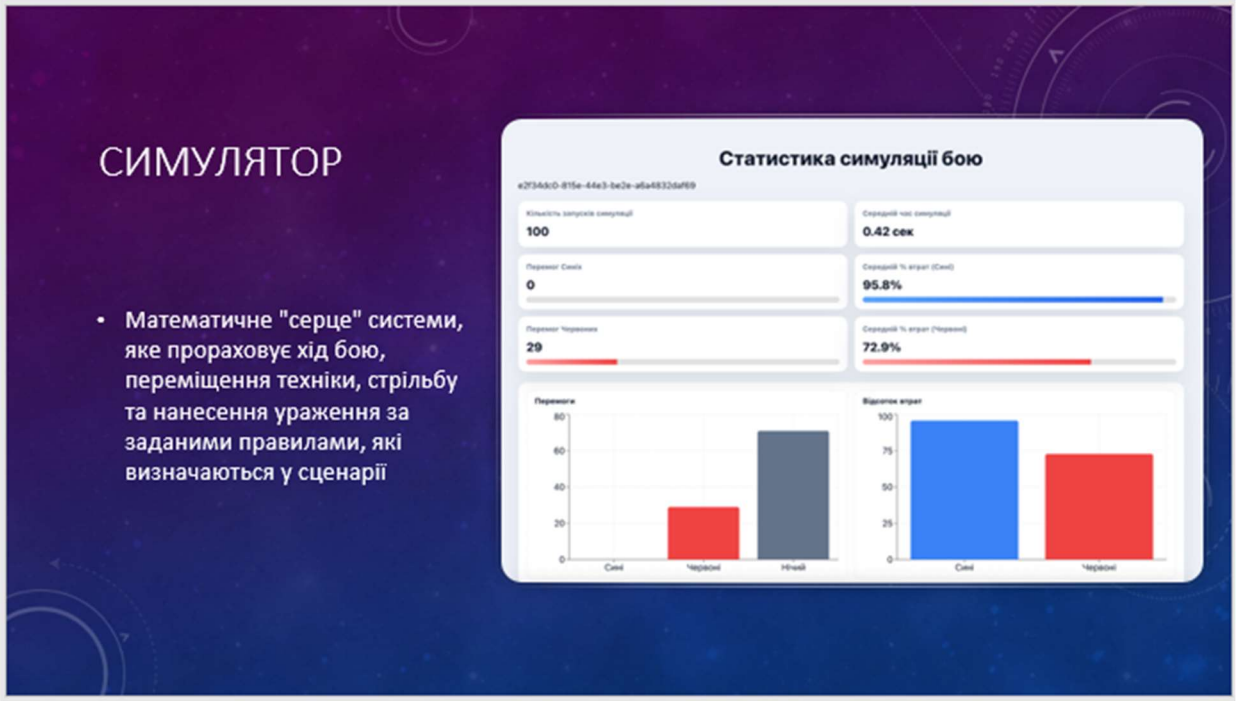


Рисунок 6 – Симулятор

Отже, Симулятор забезпечує об'єктивну, відтворювану і статистичну значущість оцінювання бойових сценаріїв, що робить його основою для прийняття обґрунтованих тактичних рішень.

Висновки й напрями подальших досліджень. Розроблено концепцію та архітектуру генератора тактичних сценаріїв, який інтегрується із симуляційною системою SBPro. Його використання сприяє досягненню значно вищої якості освітнього процесу у вищих військових навчальних закладів, а застосування штучного інтелекту в поєднанні зі SBPro створює такі нові можливості:

– автоматизована генерація сценаріїв на основі бойового досвіду та сучасних доктрин;

– адаптація складності відповідно до рівня підготовки курсантів;

– варіативність умов бою (зміна рельєфу, погодних умов, складу противника);

– моделювання асиметричних загроз і нетрадиційних тактик.

Проведена функціональна валідація в контрольованих умовах підтвердила технічну працездатність системи, зокрема стабільність генерації та узгодженість базових тактичних параметрів сценаріїв. При цьому основними викликами автоматизованої генерації тактичних сценаріїв є забезпечення тактичної коректності, динамічної варіативності та збереження логіки розвитку подій у сценарії.

Кількісне оцінювання результатів апробації дало змогу встановити певні показники ефективності (KPI):

– час генерації сценарію становить у середньому 10–30 с залежно від складності, що у 5–8 разів менше від ручної підготовки;

– рівень варіативності сценаріїв (частка унікальних сценаріїв за фіксованих вхідних параметрів) перевищує 85–90 %;

– відтворюваність сценаріїв (ідентичність результату за однакових вхідних даних) забезпечується на рівні 100 %;

– частка тактично коректних сценаріїв за експертною оцінкою становить 80–90 % (залежно від складності обстановки);

– зниження навантаження на інструктора (витрати часу на підготовку занять) оцінюється на рівні 60–70 %.

Порівняльний аналіз із традиційним підходом до створення сценаріїв показав, що застосування генератора дає змогу суттєво підвищити варіативність навчальних ситуацій без пропорційного збільшення витрат часу. Водночас виявлено, що зі зростанням складності сценарію знижується частка повністю тактично узгоджених варіантів, тобто є потреба в удосконаленні механізмів валідації та розширенні бази правил.

Основними обмеженнями залишаються забезпечення тактичної коректності в умовах високої варіативності, уникнення нелогічних

конфігурацій та формалізація бойового досвіду для подальшого використання в алгоритмах штучного інтелекту.

Отже, отримані результати кількісно підтверджують доцільність застосування інтелектуального генератора сценаріїв у складі військових симуляцій, а також його інтеграції в освітній процес.

Оскільки запропонована концепція та архітектура генератора тактичних сценаріїв на основі штучного інтелекту створюють підґрунтя для переходу від статичного до динамічного моделювання бойового середовища, подальший розвиток системи й науковий пошук варто зосередити на таких ключових напрямах.

1. Формування національного репозиторію сценаріїв. Пріоритетним завданням є створення Національної бази сценаріїв – централізованого репозиторію ШІ-генерованих моделей, що ґрунтуються на актуальному досвіді бойових дій Збройних Сил України. Це сприятиме забезпеченню оперативного оновлення навчальних програм ВВНЗ, стандартизації тактичних прийомів і сталій технологічній перевазі у процесі підготовки офіцерського складу.

2. Перехід до багатодоменних (Multi-Domain) симуляцій. Майбутні дослідження мають спрямовуватися на розширення можливостей архітектури через інтеграцію сценаріїв наземних операцій із моделюванням дій у повітряному, морському та кібернетичному доменах. Метою є створення комплексних навчальних вправ, що відображують синергію різних видів військ у сучасних конфліктах.

3. Розроблення адаптивних агентних моделей. Перспективним напрямом убачається впровадження алгоритмів нелінійної поведінки інтелектуальних агентів (противника і союзних підрозділів). Ідеться про розроблення математичних моделей, що враховують не лише тактичні нормативи, а й психологічний стан особового складу, ефективність інформаційного впливу та динаміку логістичного забезпечення.

4. Конвергенція XR-технологій і тактичних симуляторів. Метою досліджень у галузі XR-інтеграції є поєднання індивідуальної процедурної підготовки (VR/AR) із колективним тактичним злагодженням у професійному програмному середовищі (наприклад, Steel Beasts Professional), що уможливить трансформування ВВНЗ у комплексні центри цифрових компетенцій.

5. Методичне забезпечення і стандартизація. Важливий аспект становить розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для викладацького складу щодо впровадження ШІ-інструментарію в освітній процес. Це передбачає уніфікацію підходів до генерації контенту й забезпечення повної сумісності методик із чинними стандартами НАТО.

6. Емпірична валідація та оцінювання ефективності. Завершальним етапом циклу досліджень мають стати системні випробування із залученням курсантів та офіцерів. Кількісне і якісне оцінювання впливу автоматизованої генерації сценаріїв на рівень тактичного мислення дасть змогу верифікувати архітектурні рішення та вносити корективи у розвиток інтелектуальних систем підтримки навчання.

Отже, генератор тактичних сценаріїв на основі штучного інтелекту є не лише технічним модулем SBPro, а й стратегічною платформою для розвитку військової освіти, поєднуючи інноваційні технології з актуальним бойовим досвідом.

Перелік джерел посилання

1. Steel Beasts Pro PE User's Manual. eSim Games, 2024. URL: https://www.esimgames.com/downloads/ (accessed: 02.01.2026).

2. Jin, W. et al. A comprehensive survey on multi-agent cooperative decision-making: Scenarios, approaches, challenges and perspectives. *arXiv*. 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.13415.

3. Science & technology trends 2020–2040: Exploring the S&T edge / NATO Science & Technology Organization, 2020. URL: https://surl.lu/nzsnkj (accessed: 02.01.2026).

4. Modelling and simulation as a service (MSaaS): Rapid deployment of virtual training environments : Technical Report STO-TR-MSG-136 / NATO Science and Technology Organization, 2018. URL: https://surl.li/gdrsgr (accessed: 02.01.2026).

5. AI-augmented immersive simulation in training and DM course of actions analysis / NATO STO, 2022. URL: https://surl.li/rfwpbu (accessed: 02.01.2026).

6. Saastamoinen, K., Nuutinen, J. Next-generation readiness: Applying AI to military simulators and wargaming in Finland. *Procedia*

Computer Science. 2025. Vol. 270. P. 3479–3487. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.09.473.

7. Hans, S. et al. Towards AI-assisted generation of military training scenarios. arXiv. 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.07690.

8. Giberna, M. et al. On digital twins in defence: Overview and applications. 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.05717.

9. Garrett R. K. Jr. et al. Modular model and simulation architecture. Patent US No. US9514254B2. 2016. URL: https://patents.google.com/patent/US9514254B2/en (accessed: 02.01.2026).

10. Park, J. S. et al. *Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. In* Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST′23) (pp. 1–22). Association for Computing Machinery. 2023. DOI: https://doi.org/10.1145/3586183.3606763.

11. Sottilare, R. A., Goldberg, B. S. Designing adaptive instructional content for real-time training and education. *Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems.* 2014. Vol. 2. P. 55–68. URL: https://lnk.ua/NlT4nCjMR (accessed: 02.01.2026).

12. Rakhmetov B., Murzagulova K. Artificial intelligence in warfare: The case of the Russia-Ukraine war. *Journal of Strategic Security.* 2025. Vol. 18. No. 4. P. 64–77. DOI: https://doi.org/10.5038/1944-0472.18.4.2470.

13. Лаврінчук О. В., Заїка Л. А., Щолок А. В. Загальний огляд та особливості використання системи імітаційного моделювання бойових дій Steel Beasts. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НА НГУ, 2025. Вип. 1 (45). С. 87–93.

14. Steel Beasts Pro: гейміфікація у навчанні для військових. *Боривітер*. 2023. URL: https://lnk.ua/3QVoSPeGX (дата звернення: 02.01.2026).

15. Bestyuk O., Pokhnatiuk O. Integration of artificial intelligence into higher military education as a factor in increasing the efficiency of professional training. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Pedagogy and psychology*. 2025. Vol. 11. No. 2. P. 60–71. DOI: https://doi.org/10.52534/msu-pp2.2025.60.

16. Красовський П. О., Зінченко С. В. Система імітаційного моделювання бойових дій у Київському інституті Національної гвардії України. *Застосування новітніх технологій в освітньому процесі військових навчальних закладів :* матеріали круглого столу (м. Київ, 26 верес. 2025 р.). Київ : КІ НГУ, 2025. С. 50–53.

17. Штучний інтелект у військовій сфері / Трофименко О. та ін. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. № 1 (25). С. 161–176. DOI: https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.25.161176.

18. Бабак С. А., Баркатов І. В., Зінченко С. В., Красовський П. О. Впровадження засобів імітаційного моделювання в освітній процес ВВНЗ з використанням платформи MOODLE: переваги, виклики та практичні рекомендації. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НА НГУ, 2025. Вип. 2 (46). С. 5–12. DOI: https://doi.org/10.33405/2409-7470/2025/2/46/352547.

19. Rein, Christopher M. Modernizing military decision-making: The impact of artificial intelligence on the tactical level. *Military Review Online Exclusive*. Army University Press, 2025. URL: https://lnk.ua/iviANO7WR (accessed: 02.01.2026).

References

1. Steel Beasts Pro PE User's Manual. eSim Games (2024). Retrieved from: https://www.esimgames.com/downloads/ (accessed 2 January 2026) [in English].

2. Jin, W., Du, H., Zhao, B., Tian, X., Shi, B., & Yang, G. (2025). A comprehensive survey on multi-agent cooperative decision-making: Scenarios, approaches, challenges and perspectives. *arXiv.* DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.13415 [in English].

3. NATO Science & Technology Organization (2020). Science and technology trends 2020–2040: Exploring the science and technology edge. Retrieved from: https://surl.lu/nzsnkj (accessed 2 January 2026) [in English].

4. NATO Science and Technology Organization (2022). Modelling and simulation as a service: Rapid deployment of virtual training environments. Retrieved from: https://surl.li/gdrsgr (accessed 2 January 2026) [in English].

5. NATO Science and Technology Organization (2022). Artificial intelligence augmented immersive simulation in training and decision-making course of actions analysis. Retrieved from: https:// surl.li/rfwpbu (accessed 2 January 2026) [in English].

6. Saastamoinen, K., & Nuutinen, J. (2025). Next-generation readiness: Applying artificial intelligence to military simulators and wargaming in Finland. *Procedia Computer Science,* vol. 270,

pp. 3479–3487. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.09.473 [in English].

7. Hans, S. et al. (2025). Towards artificial intelligence assisted generation of military training scenarios. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.07690 [in English].

8. Giberna, M., Voos, H., Tavares, P., Nunes, J., Sorg, T., Masini, A., & Sanchez-Lopez, J. L. (2025). On digital twins in defence: Overview and applications. https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.05717 [in English].

9. Garrett, R. K., Jr., et al. (2016). *Modular model and simulation architecture* (U.S. Patent No. 9,514,254). U.S. Patent and Trademark Office. Retrieved from: https://patents.google.com/patent/US9514254B2/en (accessed 2 January 2026) [in English].

10. Park, J. S., O′Brien, J., Cai, C., Morris, M. R., Liang, P., & Bernstein, M. S. (2023). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST′23). Association for Computing Machinery, pp. 1–22. DOI: https://doi.org/10.1145/3586183.3606763 (accessed 30 March 2026) [in English].

11. Sottilare, R. A., & Goldberg, B. S. (2014). Designing adaptive instructional content for real-time training and education. *Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems,* no. 2, pp. 55–68. Retrieved from: https://lnk.ua/NlT4nCjMR (accessed 2 January 2026) [in English].

12. Rakhmetov, B., & Murzagulova, K. (2025). Artificial intelligence in warfare: The case of the Russia–Ukraine war. *Journal of Strategic Security*, no. 18 (4), pp. 64–77. DOI: https://doi.org/10.5038/1944-0472.18.4.2470 [in English].

13. Lavrinchuk O. V., Zaika L. A., Shcholok A. V. (2025). *Zahalnyi ohliad ta osoblyvosti vykorystannia systemy imitatsiinoho modeliuvannia boiovykh dii Steel Beasts* [General overview and features of the use of the combat simulation system Steel Beasts]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Natsionalnoi hvardii Ukrainy*. Kharkiv : NA NHU, vol. 1 (45), pp. 87–93 [in Ukrainian].

14. Boryviter (2023). *Steel Beasts Pro: heimizatsiia u navchanni dlia viiskovykh* [Steel Beasts Pro: Gamification in training for military personnel]. Retrieved from: https://lnk.ua/3QVoSPeGX (accessed 2 January 2026) [in Ukrainian].

15. Bestyuk, O., & Pokhnatiuk, O. (2025). Integration of artificial intelligence into higher military education as a factor in increasing the efficiency of professional training. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series: pedagogy and psychology,* vol. 11 (2), pp. 60–71. DOI: https://doi.org/10.52534/msu-pp2.2025.60 [in English].

16. Krasovskyi P. O., Zinchenko S. V. (2025). *Systema imitatsiinoho modeliuvannia boiovykh dii u Kyivskomu instytuti Natsionalnoi hvardii Ukrainy* [System of combat simulation modelling at the Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine]. Proceedings of the roundtable materials *"Zastosuvannia novitnikh tekhnolohii, pidkhodiv ta metodiv u pidhotovtsi viiskovykh fakhivtsiv"* (Kyiv, September 26, 2025). Kyiv : KI NHU, pp. 50–53 [in Ukrainian].

17. Trofymenko O., Lohinova N., Sokolov A., Chykunov P., Akhmametieva H. (2024). *Shtuchnyi intelekt u viiskovii sferi* [Artificial intelligence in the military domain]. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika,* no. 1 (25), pp. 161–176. DOI: https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.25.161176 [in Ukrainian].

18. Babak S. A., Barkatov I. V., Zinchenko S. V., Krasovskyi P. O. (2025). *Vprovadzhennia zasobiv imitatsiinoho modeliuvannia v osvitnii protses vyshchykh viiskovykh navchalnykh zakladiv z vykorystanniam platformy MOODLE: perevahy, vyklyky ta praktychni rekomendatsii* [Implementation of simulation tools into the educational process of higher military educational institutions using the MOODLE platform: advantages, challenges and practical recommendations]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Natsionalnoi hvardii Ukrainy*. Kharkiv : NA NHU, vol. 2 (46), pp. 5–12. DOI: https://doi.org/10.33405/ 2409-7470/ 2025/2/46/352547 [in Ukrainian].

19. Military Review (2025). Modernizing military decision-making: The impact of artificial intelligence on the military decision-making process. Retrieved from: https://lnk.ua/iviANO7WR (accessed 2 January 2026) [in English].

Стаття надійшла до редакції / Received: 13.01.2026
Прорецензовано та прийнято до друку / Reviewed and accepted for publication: 11.02.2026
Опубліковано / Published: 30.06.2026

BABAK SERHII
Ph.D. in Military Sciences, Senior Researcher,
Military Institute of Armored Forces,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
https://orcid.org/0000-0002-2248-454X

BARKATOV IHOR
Associate Professor,
Military Institute of Armored Forces,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
https://orcid.org/0000-0003-2605-574X

KRASOVSKYI PAVLO
Head of the simulation center,
Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine
http://orcid/org/0009-0004-7957-6279

CONCEPT AND ARCHITECTURE OF A TACTICAL SCENARIO GENERATOR FOR MILITARY SIMULATIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

This study introduces the concept and system architecture of an intelligent tactical scenario generator for military simulations, with a particular focus on integration into the Steel Beasts Professional (SBPro) platform. The primary objective of the research is to enhance the realism, adaptability, and efficiency of officer training by automating the creation of tactical scenarios through artificial intelligence (AI) algorithms. The generator is designed to formalize scenario development as a multi-factor optimization problem, taking into account terrain, force composition, operational objectives, and dynamic adversary behavior.

The research tasks included: (1) defining the requirements for adaptive tactical training environments; (2) developing a modular architecture capable of integrating AI-driven scenario generation with SBPro; (3) designing algorithmic solutions based on large language models (LLMs), geographic information system (GIS) analysis, and agent-based modeling; and (4) conducting preliminary functional validation of the prototype in controlled conditions.

Methodologically, the study employed a combination of mathematical modeling, optimization theory, and simulation-based validation. The generator's architecture was structured into modules responsible for scenario generation, adaptive difficulty adjustment, OPFOR (opposing force) control, and integration with the After-Action Review (AAR) system. AI algorithms were applied to automate mission planning, generate nonlinear adversary behavior, and adapt training complexity to the level of cadet proficiency.

The results demonstrate that the proposed generator significantly reduces the time required to prepare training exercises – from several hours to minutes – while simultaneously increasing the variability and unpredictability of combat scenarios. Preliminary validation confirmed the technical feasibility of the concept, showing that the system can replicate complex tactical situations, including combined-arms operations, without the resource costs associated with live training. Moreover, the integration of AI-driven adversary models ensures that cadets encounter dynamic and adaptive challenges, fostering tactical flexibility, decision-making under uncertainty, and resilience in stressful environments.

In conclusion, the intelligent tactical scenario generator represents a qualitative leap in military education by combining the high-fidelity simulation capabilities of SBPro with advanced AI technologies. Future research directions include the development of a national repository of AI-generated scenarios based on current operational experience, integration with multi-domain simulations (land, air, cyber), and the creation of methodological standards for AI-assisted training in line with NATO practices.

Keywords: *tactical scenarios; simulation system; Steel Beasts Professional; military education; artificial intelligence.*