ISSN 2786-5460 (Print)
ISSN 2786-5479 (Online)

МІЖРЕГІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

INTERREGIONAL ACADEMY OF PERSONNEL MANAGEMENT

НАУКОВІ ПРАЦІ МІЖРЕГІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СУСПІЛЬСТВО

SCIENTIFIC WORKS OF INTERREGIONAL ACADEMY OF PERSONNEL MANAGEMENT

INFORMATION TECHNOLOGY AND SOCIETY

Випуск 2 (13), 2024
Issue 2 (13), 2024

Видавничий дім
«Гельветика»
2024

Рекомендовано до друку Вченою радою
Міжрегіональної Академії управління персоналом
(протокол № 8 від 27 червня 2024 року)

Інформаційні технології та суспільство / [головний редактор О. Попов]. – Київ : Міжрегіональна Академія управління персоналом, 2024. – Випуск 2 (13). – 96 с.

Журнал «Інформаційні технології та суспільство» є науковим рецензованим виданням, в якому здійснюється публікація матеріалів науковців різних рівнів у вигляді наукових статей з метою їх поширення як серед вітчизняних дослідників, так і за кордоном.

Редакційна колегія не обов'язково поділяє позицію, висловлену авторами у статтях, та не несе відповідальності за достовірність наведених даних і посилань.

Головний редактор: **Попов О. О.** – член-кор. НАН України, д-р техн. наук, професор, в.о. директора Центру інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики Національної академії наук України.

Редакційна колегія:

Василенко М. Д. – д-р фіз.-мат. наук, проф., професор кафедри кібербезпеки, Національний університет «Одеська юридична академія»; **Горбов І. В.** – канд. техн. наук, с.н.с., старший науковий співробітник, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України; **Дуднік А. С.** – д-р техн. наук, доц., доцент кафедри мережевих та інтернет технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка; **Євсеєв С. П.** – д-р техн. наук, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця; **Зибін С. В.** – д-р техн. наук, доц., завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення, Національний авіаційний університет; **Кавун С. В.** – д-р екон. наук, канд. техн. наук, проф., завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних систем та технологій, Міжрегіональна Академія управління персоналом; **Комарова Л. О.** – д-р техн. наук, с.н.с., директор Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки та стратегічних комунікацій, Національна академія Служби безпеки України; **Мілов О. В.** – д-р техн. наук, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця; **Охріменко Т. О.** – канд. техн. наук, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії протидії кіберзагрозам в авіаційній галузі, Національний авіаційний університет; **Рудніченко М. Д.** – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська політехніка»; **Скуратовський Р. В.** – канд. фіз.-мат. наук, доц., доцент кафедри обчислювальної математики та комп'ютерного моделювання, Міжрегіональна Академія управління персоналом; **Супрун О. М.** – канд. фіз.-мат. наук, доц., доцент кафедри програмних систем і технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка; **Табунщик Г. В.** – канд. техн. наук, проф., професор кафедри програмних засобів, Національний університет «Запорізька політехніка»; **Фомін О. О.** – д-р техн. наук, доц., професор кафедри комп'ютеризованих систем управління, професор кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, Державний університет «Одеська політехніка»; **Хохлачова Ю. Є.** – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри безпеки інформаційних технологій, Національний авіаційний університет; **Чолишкіна О. Г.** – канд. техн. наук, доц., директор Інституту комп'ютерно-інформаційних технологій та дизайну, Міжрегіональна Академія управління персоналом; **Чорний О. П.** – доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту електричної інженерії та інформаційних технологій, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського; **Юдін О. К.** – д-р техн. наук, проф., директор центру кібербезпеки Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки та стратегічних комунікацій, Національна академія Служби безпеки України; **Гопеєнко Віктор** – dr. sc. ing., проф., проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи», Університет прикладних наук ISMA (Латвійська Республіка); **Leszczyna Rafal** – dr hab. inż., професор кафедри комп'ютерних наук у менеджменті, Гданський технологічний університет (Республіка Польща).

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа:
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1173 від 11.04.2024 року.

Відповідно до Наказу МОН України № 1290 від 30 листопада 2021 року (додаток 3) журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія Б) зі спеціальностей 121 – Інженерія програмного забезпечення, 122 – Комп'ютерні науки, 123 – Комп'ютерна інженерія, 124 – Системний аналіз, 125 – Кібербезпека, 126 – Інформаційні системи та технології.

Усі електронні версії статей журналу оприлюднюються на офіційній сторінці видання
http://journals.maup.com.ua/index.php/it

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

© Міжрегіональна Академія управління персоналом, 2024
© Автори статей, 2024

ЗМІСТ

В'ячеслав БОЧОК, Наталія ФЕДОРОВА
ЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ НАВЧАННЯ ДЛЯ DEEP Q-LEARNING МОДЕЛЕЙ....6

Микола ВАСИЛЕНКО, Валерія СЛАТВІНСЬКА, Валерій РАЧУК
АНАЛІЗ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ В КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ
В КОНТЕКСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ЇХ БЕЗПЕКИ....12

Олег ГЕЙКО, Іван ВАРАВА
ЕТАЛОННА АРХІТЕКТУРА ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ВЕРИФІКАЦІЇ
МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ....17

Олена ГЛАЗУНОВА, Віктор АНДРЮЩЕНКО, Валентина КОРОЛЬЧУК, Тетяна ВОЛОШИНА
ВЕБ-ОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ДЕКАНАТУ: РЕАЛІЗАЦІЯ ПРЕЦЕДЕНТУ
ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПЛАНУ СТУДЕНТА....26

Євгеній КЛИМЕНКО, Олена ГЛАЗУНОВА
МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ОСВІТНІХ ДАНИХ У СИСТЕМАХ
ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ....34

Наталія КОТЕНКО, Тетяна ЖИРОВА, Максим БОЛЬШАКОВ
РОЛЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНСТРУМЕНТІВ СИСТЕМНОГО АДМІНІСТРАТОРА....41

Оксана КОШОВА, Дмитро ОЛЬХОВСЬКИЙ, Станіслав СУПРУН, Станіслав ВОЛКОВ
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ
DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE-АТАК НА ВЕБ-САЙТИ....47

Артур ОЛЕКСІЙ, Геннадій ПУХА
СТВОРЕННЯ ДАТАСЕТУ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА
ДЛЯ ТРЕНУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ПРИДУШЕННЯ ШУМІВ....56

Дмитро ОЛЬХОВСЬКИЙ, Давід ЛИСЕНКО, Андрій ЖУЛЯ
АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ПРИКЛАДІ ROOTKIT
ДЛЯ ЯДРА ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ....61

Роман ОНИЩЕНКО, Наталія КОТЕНКО, Тетяна ЖИРОВА
РОЛЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСОБІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТЕСТУВАННІ
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ....66

Володимир ПЛАХОВ, Наталія ДОЦЕНКО
ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УСПІШНОСТІ
ПРОЄКТІВ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМАНД....71

Олександр ПОПОВ, Андрій ЯЦИШИН, Олег ВЛАСЕНКО, Андрій КОЦЮБИНСЬКИЙ,
Олександр КАНДЗЬОБА, Дмитро КАТОЛИК
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ В УКРАЇНІ....78

Олена ТРОФИМЕНКО, Анастасія ДИКА, Наталія ЛОГІНОВА, Олександр ЗАДЕРЕЙКО, Нікіта СТРУК
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ СИМУЛЯТОРАХ....89

CONTENTS

Viacheslav BOCHOK, Nataliia FEDOROVA
CENTRALIZED LEARNING FOR THE DEEP Q-LEARNING MODELS 6

Nikolai VASILENKO, Valeriia SLATVINSKA, Valeriy RACHUK
ANALYSIS OF UNAUTHORIZED ACCESS TO COMPUTER NETWORKS IN THE CONTEXT OF THEIR SECURITY MEASURES 12

Oleh HEIKO, Ivan VARAVA
REFERENCE ARCHITECTURE FOR THE SOFTWARE PLATFORM FOR VERIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS 17

Olena HLAZUNOVA, Viktor ANDRIUSHCHENKO, Valentyna KOROLCHUK, Tetiana VOLOSHYNA
WEB-ORIENTED SYSTEM OF THE ELECTRONIC DEAN'S OFFICE: IMPLEMENTATION OF THE PRECEDENT OF FORMING THE STUDENT'S INDIVIDUAL PLAN 26

Yevhenii KLYMENKO, Olena HLAZUNOVA
METHODS EDUCATIONAL DATA MINING IN E-LEARNING SYSTEMS 34

Nataliia KOTENKO, Tetyana ZHYROVA, Maksym BOLSHAKOV
THE ROLE AND EFFECTIVENESS OF SYSTEM ADMINISTRATOR TOOLS 41

Oksana KOSHOVA, Dmytro OLKHOVSKY, Stanislav SUPRUN, Stanislav VOLKOV
SOFTWARE OF THE SYSTEM FOR SIMULATING THE PROCESS OF DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE-ATTACKS ON WEBSITES 47

Artur OLEKSII, Hennadii PUKHA
CREATING A DATASET OF ACOUSTIC SIGNALS OF THE WATER ENVIRONMENT FOR TRAINING A NEURAL NETWORK FOR NOISE SUPPRESSION 56

Dmytro OLHOVSKY, David LYSENKO, Andrey ZHULYA
SECURITY ANALYSIS AND CLOUD INFRASTRUCTURE PROTECTION METHODS USING ROOTKIT FOR OPERATING SYSTEM KERNEL 61

Roman ONYSHCHENKO, Nataliia KOTENKO, Tetyana ZHYROVA
THE ROLE AND EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN SOFTWARE TESTING 66

Volodymyr PLAKHOV, Nataliia DOTSENKO
USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO PREDICT THE SUCCESS OF PROJECTS OF DISTRIBUTED TEAMS 71

Oleksandr POPOV, Andrii IATSYSHYN, Oleh VLASENKO, Andriy KOTSYUBYNSKY, Olexandr KANDZYOBA, Dmytro KATOLYK
PROSPECTS OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR RADIATION MONITORING AND CONTROL IN UKRAINE 78

Olena TROFYMENKO, Anastasiia DYKA, Nataliia LOGINOVA, Olexander ZADEREYKO, Nikita STRUK
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MILITARY TRAINING SIMULATORS 89

УДК 004.056
DOI https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.2.13

Олена ТРОФИМЕНКО
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій,
Національний університет «Одеська юридична академія», trofymenko@onua.edu.ua
***ORCID**: 0000-0001-7626-0886*

Анастасія ДИКА
аспірант кафедри інформаційних технологій,
Національний університет «Одеська юридична академія»,
dyka.anastasiia@gmail.com
***ORCID**: 0000-0002-4196-8734*

Наталія ЛОГІНОВА
кандидат педагогічних наук, доцент,
завідувачка кафедри інформаційних технологій,
Національний університет «Одеська юридична академія», loginova@onua.edu.ua
***ORCID**: 0000-0002-9475-6188*

Олександр ЗАДЕРЕЙКО
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій,
Національний університет «Одеська юридична академія», zadereyko@onua.edu.ua
***ORCID**: 0000-0003-0497-9861*

Нікіта СТРУК
студент,
Національний університет «Одеська юридична академія», nikita.struk.softdev@gmail.com
ORCID: *0009-0004-9127-7271*

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ СИМУЛЯТОРАХ

***Анотація**. Наразі симулятори на основі ШІ відіграють важливу роль у вдосконалені підготовки військовослужбовців і рятувальників, тренування операторів до керування безпілотними літальними та надводними апаратами. Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в програмні тренувальні системи здатне суттєво оптимізувати військові навчальні програми, зробити їх ефективнішими та при цьому скоротити час і витрати, необхідні для навчання та набуття необхідних професійних навичок.*

***Мета статті** – дослідити роль ШІ у навчальних симуляторах та можливості застосування ШІ для військових цілей.*

***Методологія**. Засобами мови C++ в редакторі ігрового рушія Unreal Engine і з використанням системи візуального скриптування Blueprints розроблено програмний симулятор для навчання оператора управлінню безпілотним надводним апаратом. В цьому симуляторі за допомогою ШІ керуються кількість та поведінка ворогів (як людей, так і військової надводної та повітряної техніки), головна мета яких – завадити гравцеві виконати місію. Крім ворогів, ШІ у створеному ігровому симуляторі створює можливі штучні пастки: міни та бонові загородження.*

***Наукова новизна.** Проаналізовано та систематизовано сфери можливого застосування ШІ у програмах військового вишкілу. Розглянуто можливості розробленого ігрового симулятора зі ШІ для навчання оператора безпілотного надводного дрона. З'ясовано, що ігрові симуляції забезпечують безпечне, контрольоване віртуальне середовище, в якому оператори можуть практикувати та відточувати навички керування безпілотними апаратами.*

***Висновки**. Отримані результати проведеного аналізу вказують на потужний потенціал використання інтелектуальних навчальних систем для військової галузі. Робота сприяє розвитку навчальних інтелектуальних віртуальних платформ для військових. Вона є корисною для подальших досліджень у сфері військового ШІ та розробки ефективних, сучасних навчальних симуляторів в галузі військового моделювання. Зрештою, ці досягнення допоможуть нашому війську бути краще підготовленим й оснащеним до викликів і ризиків сучасної війни.*

***Ключові слова:** штучний інтелект (ШІ), машинне навчання, військові симулятори, навчальні симулятори, тренувальна система, військова галузь, кібербезпека, тестування, віртуальна реальність, віртуальне середовище.*

Olena TROFYMENKO, Anastasiia DYKA, Nataliia LOGINOVA, Olexander ZADEREYKO, Nikita STRUK.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MILITARY TRAINING SIMULATORS

Abstract*. Currently, AI-based simulators play an important role in improved training of soldiers and rescuers, training of operators to control unmanned aerial vehicles and surface vehicles. The implementation of artificial intelligence (AI) in software training systems can significantly optimize military training programs, make them more effective, and at the same time reduce the time and costs required for training and acquiring the necessary professional skills.*

The purpose *of the article is to investigate the role of AI in training simulators and the possibilities of using AI for military purposes.*

Methodology*. Using the C++ in the Unreal Engine and the Blueprints visual scripting system, a software simulator has been developed for training an operator to control an unmanned surface vehicle. In this simulator, with the help of AI, the number and behavior of enemies (both people and military surface and air vehicles) are controlled, the main purpose of which is to prevent the player from completing the mission. In addition to enemies, the AI in the created game simulator creates possible artificial traps: mines and boom barriers.*

Scientific novelty*. Areas of possible application of AI in military training programs have been analyzed and systematized. The possibilities of the developed game simulator with AI for training the operator of an unmanned surface drone are considered. Game simulations have been found to provide a safe, controlled virtual environment in which operators can practice and hone their drone control skills.*

Conclusions*. The obtained results of the conducted analysis indicate the powerful potential of using intelligent educational systems for the military industry. The work contributes to the development of educational intelligent virtual training platforms for the military. It is useful for further research in the field of military AI and the development of effective, modern training simulators in the field of military simulation. Ultimately, these advances will help our military be better prepared and equipped for the challenges and risks of modern warfare.*

Key words: *artificial intelligence (AI), machine learning, military simulators, educational simulators, training system, military industry, cyber security, testing, virtual reality, virtual environment.*

Вступ. Постановка проблеми. Застосування штучного інтелекту (ШІ, Artificial Intelligence, AI) та машинного навчання (Machine Learning, ML) у різних областях військової галузі стрімко зростає. У динамічній сфері сучасних гібридних війн ШІ постає як трансформаційна сила, яка змінює способи та засоби розробки стратегій, планування, проведення та оцінки військових операцій. Впровадження ШІ стосується самих різних сфер військової справи: від збору та аналізу розвідувальних даних до автономної «розумної» зброї, від керування безпілотниками та розпізнавання об'єктів, звуків і розуміння мови до довгострокового планування і прогнозування успішності військових операцій з урахуванням численних факторів і взаємозв'язків.

Навчальні військові симулятори є важливою ланкою якісної підготовки пілотів, операторів безпілотних апаратів, військовослужбовців, рятувальників і не тільки, оскільки вони допомагають відпрацьовувати бойові сценарії. Тому впровадження в такого роду програмні тренувальні системи алгоритмів ШІ та машинного навчання є вельми актуальним, оскільки здатне суттєво оптимізувати військові навчальні програми, зробити їх ефективнішими та при цьому скоротити час і витрати, необхідні для навчання та набуття необхідних професійних навичок.

Технологічні інновації у поєднання зі ШІ наразі стають вирішальним фактором у визначенні успішного результату бойових дій, тому дослідження спрямовані на їхній розвиток є вельми актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз наявних досліджень свідчить про важливість дослідження можливих сфер застосування ШІ у навчальних симуляторах для військової галузі. Так, у роботі [7] зазначено, що ШІ позитивно впливає на відеоігри, що надалі може бути використано для різних симуляцій на користь галузей освіти, військової сфери, охорони здоров'я та аерокосмічної сфери. Автори статті [11] наголошують на важливості інтеграції правильної тактичної поведінки в генерацію реалістичних військових симуляцій, що поєднує визначення бойової тактики, доктрини, правил ведення бою та концепції операцій. У дослідженні [6] розглянуто навчальний підхід до моделювання саме військового командування, коли гравців навчають ухвалювати тактичні, оперативні та стратегічні рішення, включаючи керування підрозділами, ефективний розподіл ресурсів і одночасне призначення дій. Тобто автори цього дослідження зосередились на покращенні та автоматизації ухвалення військових рішень. Схожій проблематиці присвячена стаття [9], в якій проаналізовано роль ШІ, моделювання та симуляції в ухваленні стратегічних військово-політичних рішень. Автори роботи [5] наголошують на важливості пояснень та обговорення проблем, пов'язаних зі створенням складних і ефективних систем у програмах військового вишкілу, оскільки це підвищує довіру, прозорість і підзвітність. Відтак, повсюдне впровадження технологій ШІ, у тому числі й у військову сферу, потребує підвищеної уваги до цього напрямку, й відповідно, висвітлення питань потенційних переваг навчальних симуляторів зі ШІ, систематизації можливих сфер застосування ШІ для військових навчальних цілей та розробки нових програмних систем подібного роду.

Мета статті – дослідити роль ШІ у навчальних симуляторах та можливості застосування ШІ для військових цілей.

Виклад основного матеріалу

1. Технології ШІ у симуляторах для тренування військовослужбовців

Симуляції на основі ШІ пропонують реалістичне середовище для тренувань військовослужбовців, дозволяючи їм відпрацьовувати бойові сценарії та набувати нових здібностей. Під час таких навчань бойові загони піхоти розміщують у симульованому районі певної, характерної місцевості, де перед ними ставиться певне бойове завдання, наприклад, очистити будівлю, у якій можуть розміститися вороги. Тактичні симуляції створюють як високореалістичні середовища полів битв, так і віртуальних опонентів у ньому [12]. Так, віртуальна система тренування Vipe Holodeck для тренування військовослужбовців і рятувальників від компанії Northrop Grumman використовує величезні екрани по периметру тренувального майданчика та високочутливі сенсори для імітації необхідних для навчання ситуацій і тим самим переносять гравця у віртуальний світ. Систему можна навіть використовувати з 3D-окулярами та підключати до інших, щоб дозволити військовослужбовцям брати участь у навчанні, навіть якщо вони перебувають у різних кінцях світу [8].

Технології доповненої та віртуальної реальності (Augmented Reality (AR) та Virtual Reality (VR), AR/VR) також відіграють значну роль в еволюції військового моделювання. Завдяки AR/VR військовослужбовці можуть виконувати тренувальні місії у реалістичних симуляціях бойових ситуацій без витрати бойових патронів або небезпек фізичних тренувань. Ці технології дозволяють військовослужбовцям відточувати свої навички при проходженні ситуативних тактичних операцій у безпечному, контрольованому середовищі, знижуючи тим самим ризики травм і покращуючи загальну продуктивність навчання [2].

Машинне навчання (Machine Learning, ML) – ще одна технологія ШІ, яка трансформує індустрію військового моделювання. Аналізуючи величезну кількість даних проведених тренувань, алгоритми ML можуть ідентифікувати закономірності й тенденції та використовувати їх для покращення майбутніх симуляцій. Ця технологія може допомогти оптимізувати навчальні програми, зробити їх ефективнішими та при цьому скоротити час і витрати, необхідні для навчання військовослужбовців і рятувальників.

2. ШІ у системах пілотування

Поширено такі симулятори використовуються як віртуальні тренажери для навчання бойових льотчиків. Оскільки експлуатація літаків і повітряного простору стає дедалі складнішою, то використання тільки традиційних методів навчання не дозволяє всебічно підготувати пілотів до непередбачуваної природи реальних умов польоту. Використання технологій ШІ та ML в пілотних навчальних програмах можуть симулювати широкий спектр сценаріїв: від поломки обладнання до несприятливих погодних умов. Керовані ШІ симулятори польотів здатні створювати високодеталізовані динамічні середовища, які з неймовірною точністю імітують реальний світ. Навчальні програми зі ШІ пропонують сценарії, які адаптуються в режимі реального часу до дій пілота, забезпечуючи рівень інтерактивності та реалізму, який раніше був недосяжний. Так, система Air-Guardian, розроблена в Лабораторії комп'ютерних наук і штучного інтелекту Массачусетського технологічного інституту (MIT CSAIL) стежить за очима, щоб визначати предмети на численних моніторах, на яких спрямовує погляд пілот, і тим самим в нейронній системі формуються так звані карти помітності. Ці карти помітності в Air-Guardian допомагають пілотам і системі ШІ розпізнавати за допомогою маркерів уваги потенційні ризики та реагувати на них набагато раніше, ніж традиційні системи [3].

Потенціал ШІ для трансформації наразі використовується не лише у навчанні пілотів, а й для запровадження систем пілотування ШІ в безпілотних винищувачах F-16 Військово-повітряних сил (ВПС) США (проєкт VENOM) [4]. Тестування таких інтелектуальних безпілотних систем було успішним. Наразі ведуться розробки над навігаційними системами на основі ШІ, які не залежатимуть від супутників, адже супутники є цілями під час війни й можуть бути виведені з ладу. Тож замість використання супутникової навігації військові зацікавлені у навігаційній системі на основі ШІ, яка використовуватиме магнітне поле Землі. Для цього відповідну інтелектуальну систему треба навчити звертати увагу на магнітне випромінювання Землі й при цьому ігнорувати сторонні сигнали, наприклад, електромагнітні сигнали, створювані самими літаками [13].

3. Симулятори для керування безпілотними надводними апаратами

Перспективи розвитку та використання таких інтелектуальних систем для симуляторів і кооперативного керування виходять за межі авіації й поширюється на широкий спектр робототехніки, завдяки їх диференційованості та адаптивності через наскрізний процес навчання до вимог ситуації, забезпечуючи збалансоване партнерство між людиною та машиною. Так, симулятори на основі ШІ відіграють важливу роль у вдосконалені підготовки операторів до керування безпілотними апаратами. Ігрові симуляції забезпечують безпечне, контрольоване віртуальне середовище, в якому пілоти можуть практикувати свої навички та відточувати свою майстерність керування безпілотними надводними апаратами (БНА) або надводними дронами (НД).

Через зростаючі загрози морській безпеці, серед яких напади ворожих збройних сил чи піратів на кораблі, як оборонні, так і цивільні, виробники стали розробляти все більше нових моделей з автономним режимом керування. Це сприяє зростанню світового ринку БНА. Залежно від специфіки задач БНА бувають: спостережні, картографічні та геодезичні, екологічно-моніторингові, охоронні та оборонні, вантажні тощо. Так, приміром, вантажні дрони для транспортування на короткі та середні відстані пропонують альтернативний засіб логістичного транспортування у важкодоступні райони, що дуже важливо за умов ведення бойових дій. Сучасні інтелектуальні дрони використовуються в оборонних цілях для спостереження за периметром, патрулювання кордонів, розмінування деяких видів мін тощо. Такі дрони підвищують безпеку, відстежуючи й реагуючи на потенційні загрози.

У розробленому авторами програмному симуляторі БНА «Black Sea Hunter» штучним інтелектом керуються поведінка ворогів (як людей, так і військової техніки), головна мета яких – завадити гравцеві виконати місію. Вороги можуть як перебувати неподалік в цілі, так і патрулювати деякі частини ігрового рівня. В розробленому програмному симуляторі передбачено декілька типів ворогів, залежно від способу їх пересування:

– *наземні* – патрульні групи, вогневі позиції та броньовані машини піхоти. Патрульні групи складаються з 2-5 людей, що патрулюють прибережну територію та *мають* малу дальність видимості й рівень ураження. Вони озброєнні автоматами, що завдають певну шкоду дронові. Вогневими позиціями може бути бункер або укриття з мішків із піском, посередині якого стоїть крупнокаліберний кулемет, що завдає середньої шкоди дронові. Дальність видимості є невеликою, а рівень ураження – середній (рис. 1). Броньовані машини піхоти в симуляторі виступають у ролі пересувних вогневих позицій, що мають на озброєнні крупнокаліберний кулемет, що завдає середньої шкоди дронові. Дальність видимості є невеликою, а дальність ураження – середня. Швидкість пересування висока;

– *надводні* – кораблі класів фрегат, корвет та катер. Кораблі класу фрегат виконують свої бойові місії у відкритому морі, тому бойові чергування такого роду кораблі будуть нести лише на рівнях із великим водним простором. Перебуваючи в порту фрегати не нестимуть загрози. Вони оснащені протикорабельними кулеметами, що завдають значної шкоди дронові (рис. 2,а). Мають малу швидкість пересування, велику дальність видимості та ураження. Також, такий корабель може нести на собі вертоліт. Кораблі класу корвет є кораблями ближньої морської зони, призначені для дозорної та конвойної служби, протичовної та протиповітряної оборони військово-морських баз та пунктів базування [1]. Вони будуть зустрічатися у місіях із прибережним типом місцевості, де будуть нести патрулювання, або портовим, де перебуватимуть у спокої. Корвети оснащені протикорабельними кулеметами, що завдають велику шкоду дронові. Вони мають середню швидкість пересування, велику дальність видимості та ураження. Кораблі класу катер є малими патрульними суднами для берегової або портової охорони. Зустрічаються катери лише на рівнях прибережного та портового типу місцевості, де нестимуть патрулювання. Оснащені крупнокаліберними кулеметами, що завдають середню шкоду дронові. Мають високу швидкість пересування, середню дальність видимості та ураження;

– *повітряні* – гелікоптери, які можуть базуватися як на березі, так і на фрегаті. Зустрічаються в усіх типах місцевості, мають високу швидкість пересування, високу дальність видимості та середню дальність ураження (рис. 2,б). В симуляторі гелікоптер оснащений крупнокаліберним кулеметом, що здатен завдати середню шкоду дронові.

Рис. 1. Відтворені у симуляторі вороги «патрульні групи» і «вогневі позиції»

На початку місії вороги в симуляторі не знають про наявність БНА в їхній місцевості, тому вони перебувають у стані спокою. Якщо на мить дрон гравця промайнув у полі зору радіоелектронної розвідки (РЕР) або одного з ворогів, тоді противник переходить у стан зацікавленості. Через деякий проміжок

часу, якщо дрон (гравець) ще перебуває у полі видимості противника, ворог викриває гравця і настає стан тривоги з переходом усіх патрульних сил у бойовий режим. Під час бойового режиму всі обізнані про місцезнаходження дрона супротивники, наближаються до дрона, щоб у нього поцілити (рис. 2,в). Якщо дрон покине переслідувачів, тоді стан ворогів зміниться на режим «на сторожі». Під час цього стану сили противника патрулюватимуть територію, де останнього разу перебував дрон. Під час цього стану, якщо дрон не з'являвся у полі зору довгий проміжок часу, настає стан спокою, інакше – тривога.

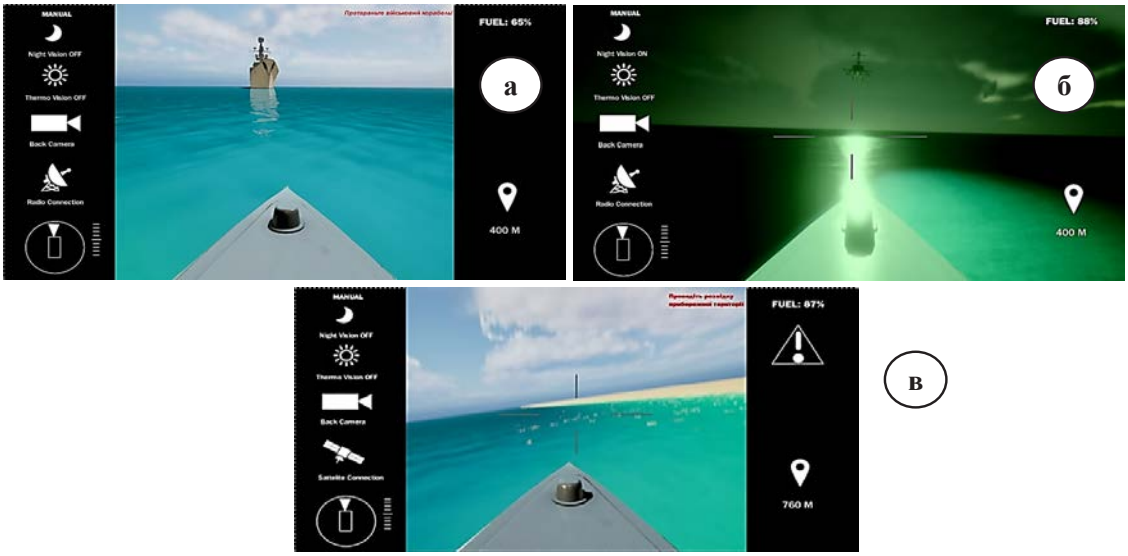

Рис. 2. Сценарні рівні у симуляторі «Black Sea Hanter»:
а) дрон у полі видимості ворожого фрегата;
б) дрон у полі видимості ворожого гелікоптера (нічний режим);
в) дрон у зоні дії РЕР

Перед створенням рівня за сценарієм у параметрах можна змінити рівень штучного інтелекту, який змінює швидкість реакції та точність ворогів. Рівні складності поділяються на: новачок, досвідчений, ветеран та легенда. Також у параметрах можна змінювати наявність того чи іншого типу ворогів та їхню чисельність. Максимальна кількість ворогів залежить від виду місцевості. Крім того, деякі з ворогів можуть перебувати лише у певних видах місцевості, наприклад, наземні сили лише на прибережній та портовій місцевості.

Крім ворогів, ШІ у симуляторі створює можливі штучні пастки: міни (рис. 3) та бонові загородження (плавучі бони). Контактні міни здатні нанести шкоду дронові, оскільки спричиняють вибух при контакті, а бонові плавучі загородження слугують для обмеження руху поверхнею води.

Рис. 3. Вигляд пасток у симуляторі у вигляді мін

Реалізовано симулятор «Black Sea Hanter» засобами мови C++ як основного інструмента для створення елементів ігрового процесу в редакторі ігрового рушія Unreal Engine і з використанням системи візуального скриптування Blueprints.

Тестування ігрового симулятора БНА проводилося за допомогою фреймворка Unreal Test для перевірки відповідності до нефункціональних та функціональних вимог, а також забезпечення стабільності роботи застосунку. Для досягнення цих цілей використовувалися такі методи тестування:

– модульне тестування. Перевірка окремих компонентів симулятора, включаючи головне меню, ігрові режими, а також окремі функції безпілотних надводних апаратів (БНА);

– інтеграційне тестування. Перевірка синхронізації роботи між різними компонентами симулятора для забезпечення коректної взаємодії в комплексі;

– тестування продуктивності. Оцінка роботи симулятора за різних налаштувань графіки та навантаженнях для забезпечення стабільної частоти кадрів і швидкого завантаження рівнів.

Надалі програмний застосунок симулятора «Black Sea Hanter» можна вдосконалювати шляхом впровадження додаткових сценаріїв та більш складних умов пілотування, розширення функціоналу для підтримки різних моделей надводних апаратів та нових типів тренувальних місій. Можна інтегрувати симулятор із реальними системами керування та моніторингу для підвищення його ефективності та реалістичності. Практичними результатами є зменшення ризиків та витрат на тренування і підготовку «пілотів» дронів, водночас покращення ефективності тренувань шляхом наближення ігрового функціоналу до реальних можливих сценаріїв БНА, а саме: знищення кораблів ворожого флоту; розвідка прибережних територій; доставка необхідного спорядження та провізії; розмінування; перевезення людей тощо.

Впровадження ШІ в автоматизовані інтелектуальні тренажери подібного роду є гарним засобом симуляції різноманітних, складних ситуацій і задач під час навчання та бойової підготовки військовослужбовців. При цьому важливо, що технологія інтелектуальної системи навчання забезпечує високий рівень взаємодії та глибокий якісний аналіз, щоб допомогти відточити навички військовослужбовців армії у навчанні.

4. Переваги навчальних симуляторів зі ШІ

Сильними сторонами програмного забезпечення зі ШІ для моделювання військової підготовки є:

– *реалістичність*: військовослужбовці можуть тренуватися в імітовано реалістичних умовах, адже програмно ШІ здатен за лічені хвилини змоделювати у віртуальному навчальному середовищі і відтворити деталі ландшафту реальних геолокацій, в яких планується проведення військової операції. Такі дуже специфічні знання дозволять військовослужбовцям відчути місцевість, краще орієнтуватися і швидше пересуватися в реальному середовищі, точніше планувати матеріально-технічне забезпечення та завчасно підготуватися;

– *економія*: програмне забезпечення зі ШІ для моделювання військового навчання забезпечує економію коштів і часу. Хоча технології ШІ є передовими і потребують інвестицій у розробку та вдосконалення, однак врешті решт ШІ має тенденцію економити гроші організацій у довгостроковій перспективі, завдяки тому, що у виконанні певних завдань ШІ ефективніший за людей. Так, ШІ може синтезувати великі обсяги даних і виконувати складні завдання швидше за людей, без втоми і відпочинку, дозволяючи людям зосередитися на інших завданнях. І коли мова йде про збройні сили, планування та проведення повних репетицій військових навчань зазвичай вимагає більше фінансових ресурсів, ніж відповідне програмне забезпечення симуляторів для військової підготовки [10];

– *багатофакторність*: за сучасних складних викликів ведення бойових дій, коли треба враховувати багатовимірний комплекс реалій, військові симулятори зі ШІ здатні відтворювати численні чинники у військовій підготовці. Мова йде не тільки про оволодіння навичками роботи з високотехнологічною зброєю, а й навчання воювати в різноманітних ландшафтах, використовуючи різне обладнання та стратегії, враховуючи кіберзагрози гібридної війни. Крім того, військовослужбовці мають розуміти соціально-політичний клімат місця дислокації задля ефективної взаємодії з місцевим населенням. Також під час навчання важливо виробити стратегію щодо конкретного ворога в регіоні. Симулятори зі ШІ здатні створювати численних інтелектуальних автономних агентів, можуть моделювати і відтворювати майбутні взаємодії з союзниками, ворогами та місцевими цивільними. Ці агенти можна використовувати для створення різних реалістичних симуляцій, які поєднують різні тактики гібридної війни в численних соціально-політичних спектрах. Оскільки ШІ надає агентам автономію, вони не будуть поводитися за передбачуваними стратегіями, які військовослужбовці можуть потенційно виявити після кількох тренувань.

– *непередбачувані сценарії*: технологія ШІ особливо цінна своєю здатністю включати елемент непередбачуваності в програмне забезпечення для моделювання військової підготовки. Вирішальною складовою успіху у війні є здатність швидко мислити на ногах, чи то зі зброєю в руках, чи під час простого

обміну з місцевим цивільним. Наявність озброєних військовослужбовців, які вже навчені цій навичці до фактичного вступу в бій, дозволяє їм бути більш ефективними за реальних обставин;

– *адаптованість*: симуляції на основі штучного інтелекту можуть адаптуватися до мінливих ситуацій і реагувати на дії окремих військовослужбовців, забезпечуючи більш реалістичне та складне середовище для навчання. ШІ також може допомогти визначити області, де військовослужбовцям може знадобитися додаткова підготовка або підтримка, дозволяючи проводити більш цілеспрямовані та ефективні програми навчання.

Розробка багатоагентного програмного забезпечення для симуляції військової підготовки, здатного грати проти досвідченого супротивника-людини та перемагати його в сучасній військовій грі оперативного рівня, в решті решт формує великий попит на військові навчальні симулятори на базі ШІ.

Однак, інтелектуальні технології не є заміною участі людини у військових симуляціях. Хоча такі технології можуть допомогти в процесі навчання, вони не можуть замінити досвід і оцінку досвідченого тренера чи досвідченого військовослужбовця. Натомість AI, AR/VR та ML слід розглядати як інструменти, які можуть покращити та підтримати навчальний процес, а не замінити його.

Висновки. Проведене дослідження показало, що роль впровадження ШІ, доповненої та віртуальної реальності, машинного навчання в навчальні симуляторах для військових цілей можна назвати революційною. Ці технології змінюють спосіб, в який військові організації навчають своїх військовослужбовців, і вони й надалі відіграватимуть вирішальну роль у покращенні готовності, зниженні витрат і підвищенні ефективності. Інвестиції в розвиток цих технологій та розробку ефективних, сучасних навчальних симуляторів для військових цілей сприятиме прогресу в галузі військового моделювання. Зрештою, ці досягнення допоможуть тому, що наші військо буде краще підготовлено й оснащено до викликів і ризиків сучасної війни.

Список використаних джерел:

1. Задерейко О. В., Толокнов А. А., Струк Н. О. Розробка ігрового застосунку «симулятор оператора надводного дрона». *Сучасні технології в енергетиці, електромеханіці, системах керування та машинобудуванні:* матер. VI Всеу-кр. наук.-практ. інтернет-конф. Харків, 06-07 грудня 2023 р. С. 11–12. URL: https://hdl.handle.net/11300/26945/
2. Ackley W. Revolutionizing Military Simulations: The Role of Artificial Intelligence, Augmented Reality/ Virtual Reality, and Machine Learning. URL: https://www.linkedin.com/pulse/revolutionizing-military-simulations-role-artificial-augmented-wayne/
3. AI copilot enhances human precision for safer aviation. MIT News. URL: https://news.mit.edu/2023/ai-co-pilot-enhances-human-precision-safer-aviation-1003
4. Air & Space Forces Magazine. Air Force Secretary Flies in an AI-Piloted F-16, a 'Significant Step' for CCA. URL: https://www.airandspaceforces.com/air-force-secretary-ai-piloted-f-16-cca/
5. Azeem K., Noor J., Dayang H., Haji O. Explainable AI in Military Training Applications. *Advances in Explainable AI Applications for Smart Cities*. 2024. P. 1–36. DOI: 10.4018/978--1-6684-6361-1.ch007.
6. Dimitriu A., Michaletzky T., Remeli V., Tihanyi V. A Reinforcement Learning Approach to Military Simulations in Command: Modern Operations. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 77501–77513. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3406148.
7. Fawcett N., Ngalamoum L. How Artificial Intelligence and Videogames Drive Each Other Forward. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC'2022).* 2022. Vol. 1. P. 317–327. DOI: 10.1007/978-3-031-18461-1_21.
8. Ghandeharizadeh Sh. Holodeck: Immersive 3D Displays Using Swarms of Flying Light Specks. *ACM Multimedia Asia (MMAsia '21),* December 1–3, 2021. ACM, New York, NY, USA. P. 1–7. DOI: 10.1145/3469877.3493698
9. Hodicky J., Kucuk V. Modelling and Simulation and Artificial Intelligence for Strategic Political-Military Decision-031-31268-7_16Making Process: Case Study. *Modelling and Simulation for Autonomous Systems*. 2023. P 269–281. DOI: 10.1007/978-3-
10. Military Training Simulation Software: Artificial Intelligence for Armed Servicemembers. URL: https://sdtcai.com/blog/military-training-simulation-software-ai/
11. Möbius M., Kallfass D., Flock M., Doll Th., Kunde D. Incorporation of Military Doctrines and Objectives into an AI Agent Via Natural Language and Reward in Reinforcement Learning. *Winter Simulation IEEE Conference (WSC'2023)*. 2023. P. 2357–2367. DOI: 10.1109/WSC60868.2023.10408462.
12. Pangarkar T. Artificial Intelligence in Military Statistics 2024 by Efficiency, Tech, Simulations. URL: https://www.linkedin.com/pulse/top-10-ai-applications-military-use-markets-us-icjgf/
13. US Air Force Shows Fighter Plane Piloted by AI. URL: https://learningenglish.voanews.com/a/us-air-force-shows-fighter-plane-piloted-by-ai/7615055.html

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СУСПІЛЬСТВО

INFORMATION TECHNOLOGY AND SOCIETY

ВИПУСК 2 (13)
ISSUE 2 (13)

2024

Коректура
Ірина Чудеснова

Комп'ютерна верстка
Наталія Кузнєцова

Формат 60x84/8. Гарнітура Cambria.
Папір офсет. Цифровий друк.
Підписано до друку 28.06.2024.
Ум. друк. арк. 11,16. Замов. № 0724/552. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК No 7623 від 22.06.2022 р.