Збройна боротьба: теорія, забезпечення, досвід

УДК 355.422 (423)

DOI: 10.30748/zhups.2021.69.04

І.В. Баркатов, В.П. Варакута, В.С. Фарафонов, В.О. Тюрін, С.С. Гончарук, А.А. Лозко

*Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”, Харків*

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ТРИВИМІРНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ БОЙОВОГО ДОСВІДУ ПІДРОЗДІЛІВ В ОПЕРАЦІЇ ОБ’ЄДНАНИХ СИЛ

Збір, обробка й аналіз об’єктивної та достовірної інформації для візуалізації бойових епізодів в зоні операції Об’єднаних сил, здійснюється з метою професійного аналізу дій протидіючих сторін та виявлення недоліків (або позитивних моментів) в діях наших військ. Це також являє собою важливе науково-практичне завдання для подальшого розвитку воєнного мистецтва ведення бойових дій на сході країни. Із зазначеною метою в країнах НАТО використовується методика After action review – аналіз проведених дій (АПД). У зв’язку з намаганням керівництва країни реформувати Збройні Сили України до стандартів НАТО, а за політичними планами, вступити до цього Альянсу, впровадження методики ААР (АПД) в ЗС України доцільно розглядати як актуальне завдання. Одним із ефективних засобів АПД є інтерактивна тривимірна візуалізація, яка включає в себе моделі місцевості й розташування на ній підрозділів (екіпажів, бійців) та з високою точністю й деталізацією відтворює хід бойових дій, що досліджуються у просторі й часі на загальному тактичному фоні. Для наукового дослідження й аналізу бойових епізодів, що уже сталися, та прогнозування можливих дій сторін в тій чи іншій бойовій ситуації, пропонується використання автоматизованого способу вибору раціонального сценарію бойових дій військових формувань сторін з однієї бойовими засобами (наприклад, механізовані, танкові екіпажі та підрозділи).

Ключові слова: after action review, аналіз проведених дій, автоматизований спосіб вибору раціонального сценарію, інтерактивна тривимірна візуалізація.

Вступ

Постановка проблеми. Зміст відкритих інформаційних матеріалів, щодо ведення бойових дій підрозділами Збройних Сил (ЗС) України в зоні операції Об’єднаних сил (ООС) проти Російської Федерації (РФ) та незаконних збройних формувань (НЗФ) в багатьох випадках перенасичений ідеологічними і політичними барвами [1–2].

Україна вибрала курс на вступ до Північно-Атлантичного Альянсу, що вкрай важливо для забезпечення національної безпеки країни [3]. Тому, ЗС України під час процесу реформування намагаються виконати усі вимоги й стандарти НАТО, в першу чергу, що стосується процедури прийняття адекватних, зважених рішень на бойове застосування озброєння та військової техніки (ОВТ) командирами різних рівнів в різних умовах ведення бойових дій. При цьому тактика ведення загальновійськового бою, повинна в повній мірі відповідати новітнім технічним розробкам ОВТ в області радіоелектрон-

ної боротьби (РЕБ), безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та дронів, керованих ракет і снарядів з лазерним наведенням, зброї з дистанційним керуванням, з програмним наведенням за принципом “запустив і забув”, тощо. Для цього важливо мати досвід тих бойових подій (танкових дуелей, артилерійських і мінометних ударів, маневрів, контрударів, вогневих пасток і т. ін.), що уже відбулися в районі ООС (АТО).

Отже, важливого значення набуває наявність достовірної інформації про бойові події, що відбулися і відбуваються в ООС (АТО), для подальшого розбору й аналізу негативних або позитивних бойових дій своїх військ і противника та вироблення нових способів, нової тактики ведення збройної боротьби з ворогом на Сході країни. Потрібен доступний та достатньо простий механізм, який би давав змогу оцінювати й розглядати той чи інший бойовий епізод в динаміці (русі всіх елементів бойового епізоду), в реальному просторі та часі, для розробки ре-

комендація щодо усунення виявлених недоліків або, навпаки, вжиття заходів для їх узагальнення та впровадження як приклад у війська.

Одним із шляхів вивчення досвіду бойових дій на Сході країни є інтерактивна тривимірна візуалізація бойових епізодів. Актуальність роботи полягає в розгляді принципів, правил та системності візуалізації інформації при відновленні бойового епізоду в просторі, динаміці та часі зі всіма елементами ОБТ, що приймали в ньому участь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз матеріалів у відкритих джерелах ЗМІ, які характеризують хід та результати боїв мають як правило, загальний характер. Так, наприклад, “Урядовий контактний центр” [4] в рамках збереження таємниць під час знаходження країни в практичному стані війни з РФ, обмежується загальними фразами про втрати серед особового складу ЗС України та мирних мешканців під час щоденного звіту про події в районах ООС. З джерел РФ або, так званих ОРДЛО, взагалі про бойові дії сторін надходить викривлена інформація [5–6].

Важливо підкреслити, що вивчення змісту матеріалів, які описують ведення бойових дій підрозділами ЗС України в районі ООС, свідчить, що вони в багатьох випадках мають загальні риси. На даний момент наявні дані про бойові епізоди, що відбулися в ООС (АТО) або мають текстовий опис, або нанесені (проілюстровані) на карту.

Тому, щоб мати повну “картину” і всі “тонкощі” даної події, доцільна її візуалізація, що вимагає точної та достовірної інформації, такої як, наприклад, склад сторін, де відбулося бойове зіткнення, хто і як діяв з обох сторін, на якому місці, коли, чому, і як відбулися втрати, де знаходилися в такий-то момент часу ті або інші танки (БМП, БТР, підрозділи або елементи ОБТ) і т. ін.

Отже, **метою статті** є обґрунтування та пропозиції щодо застосування інтерактивних тривимірних візуалізацій для вивчення бойового досвіду підрозділів в операції Об’єднаних сил.

Виклад основного матеріалу

Однією з найважливіших характеристик будь-якої програми з 3D технологіями, є ступінь адекватності оцінки і висновків по етапах, часу і т. н. вибраного бойового епізоду (або його елементів), який розглядається. Візуальна інформація, що утворюється під час відновлення, є основою візуалізації бойового епізоду. При цьому для формування необхідних елементів бойового епізоду доцільно створити візуальний ряд, максимально наближений до реальності. Це означає, що потрібно не тільки створити 3D зображення, що імітує реальну місцевість та ОБТ сторін [7], а й змінювати їх в імітаційному середовищі відповідно до динаміки бойових дій в про-

сторі й часі (рис. 1). Максимальна затримка реакції на вхідні дані (зміна положення елементів бою, подія, що відбулася в модульованому оточенні) дорівнює одній тридцятій секунди. Система візуалізації повинна надавати такі можливості: експорт тривимірних моделей з пакетів тривимірного моделювання, відображення тривимірних моделей, програмний інтерфейс для управління внутрішнім станом і параметрами відображення, різні спеціальні ефекти.

Враховуючи спеціальні вимоги до візуалізації бойових епізодів, доцільно розробити принципи побудови системи візуалізації.

Рис. 1. Схема функціонування симулятора реального часу

Джерело: розроблено авторами.

Як правило система візуалізації складається з декількох компонент, основними з яких є графічний конвеєр і набір керуючих програм (рис. 2). При цьому графічний конвеєр може складатися з трьох основних компонентів: формування достовірних даних (інформації), геометричної обробки цих даних і rasterизації, тобто переведення векторного зображення даних в растрове. Набір керуючих програм являє собою засоби для початкової ініціалізації конвеєра та взаємодії із зовнішнім середовищем. Система візуалізації повинна розроблятися відповідно за спеціальною вимогою змінювати ландшафт в реальному масштабі часу. При цьому потрібно забезпечити дотримання тимчасової діаграми. Візуалізація місцевості вимагає великого обсягу обчислень, які можна робити як на стороні CPU (центрального пристрою, що обробляє інформацію), так і на сторо-

ні GPU (окремого пристрою комп'ютера що, виконує графічний рендеринг).

Однак більшість додатків крім обчислень, необхідних для візуалізації місцевості, виробляють також і обчислення, специфічні для них.

У зв'язку з цим основні вимоги, що пред'являються до сучасних алгоритмів візуалізації ландшафтів – це мінімізація використання ресурсів центрального процесора, звільняючи їх для завдань моделювання бойового епізоду.

Рис. 2. Загальна схема функціонування системи візуалізації

Джерело: розроблено авторами.

Щоб значно зменшити обсяг даних для візуалізації можна, по-перше, відсікати невидимі ділянки ландшафту місцевості, а по-друге, проводити візуалізацію віддалених ділянок місцевості з меншою деталізацією. При цьому рівні деталізації відіграють значну роль у візуалізації відкритих просторів, оскільки не має необхідності відображати віддалені ділянки ландшафтів в повній деталізації.

На сьогодні методи зменшення деталізації віддалених ділянок ландшафту поділяються на два великі класи: засновані на регулярній сітці та на нерегулярній сітці.

Одним з найбільш широко використовуваних методів візуалізації ландшафтів на основі регулярної сітки є Fast Terrain Rendering Using Geometrical MipMapping. Автором цього методу, опублікованого в 2000 році, є Willem H. de Boer. Він запропонував використовувати для створення рівнів деталізації

ландшафту техніку, схожу на створення MIP рівнів при текстурованні (звідси в назві MipMapping).

Одним з найпопулярніших методів візуалізації відкритих просторів на основі нерегулярної сітки є Thatcher Ulrich автор роботи Rendering Massive Terrains using Chunked Level of Detail Control [8], що була представлена на конференції Siggraph у 2002 р.

Основною ідеєю розробленого методу була інтеграція регулярної сітки зі способом зберігання даних, що використовуються в методі Chunked LOD.

Для цього був розроблений метод підготовки даних, що дозволяє не тільки швидко отримувати рівні деталізації менш деталізованих ділянок ландшафту з більш детальних ділянок (і навпаки), але й працювати з регулярною сіткою.

Відомі методики використання комп'ютерних програм у підготовці командирів тактичного рівня [9], 3D програмування архітектури криптографічних

пристроїв [10] та 3D графіки [11], не дають повної просторової та до найдрібніших подробиць картини бойового епізоду, що змінюється в часі й просторі.

Крім того, вони не дозволяють моделювати ту або іншу бойову ситуацію, що могла б скластися в тому чи іншому місці місцевості, в той чи інший проміжок часу.

Тому впровадження ААР (АПД) є насущним завданням для Збройних Сил України.

Саме для цієї мети в середині 70-х років двадцятого сторіччя військовими фахівцями США був розроблений метод After action review (AAR), що означає – аналіз проведених дій (АПД).

Рис. 3. Схема інформаційної взаємодії елементів системи візуалізації
Джерело: розроблено авторами.

АПД – це отримання інформації та обговорення події, яке зосереджене на оцінці її результату, що дозволяє військовому після бою (чи тренування) знайти відповіді на такі питання:

№ 1 – “що відбулося протягом бойового епізоду?” – це визначення фактів стосовно бою та його загальних результатів;

№ 2 – “чому бойовий епізод відбувся за таким сценарієм?” – це виявлення причин виникнення бойового зіткнення та його наслідків;

Доцільно виділити наступні режими роботи програмного комплексу:

1. За видами використаних даних для візуалізації:

- робота з підготовленим сценарієм візуалізації;
- робота в реальному часі на основі повідомлень, що надходять від програмного комплексу моделювання.

2. За кількістю користувачів:

- один користувач;

В подальшому цей метод удосконалювався, був прийнятий збройними силами багатьох країн світу, у тому числі країнами-членами НАТО та поширений на інші види діяльності.

Наразі в країнах НАТО він є одним з головних методів, який застосовується під час оцінки та аналізу дій сторін, того чи іншого бойового епізоду, з метою усунення в подальшому виявлених недоліків в діях військових, а також під час планування й ведення бойових дій та під час військових навчань.

При створенні такої системи візуалізації треба дотримуватися функціональної взаємодії усіх її елементів (рис. 3).

– багато користувачів:

а) без синхронізації (всі працюють з різними сценаріями візуалізації);

б) з синхронізацією сценарію (один користувач є “провідним” і управляє часом відображення, інші користувачі є “ведомими” і керують лише точкою спостереження й параметрами налаштування відображення);

№ 3 – “як можна було покращити результат бою?” – це пошук заходів, здатних вирішити виявлені проблеми.

Передумовою впровадження АПД в інтерактивну тривимірну візуалізацію бойового епізоду – є наявність достатньо детальних достовірних даних із потоку інформації стосовно цього епізоду, що аналізується й оцінюється [12]. Потім він вводиться для візуалізації в програмний комплекс з визначеним функціонуванням його елементів (рис. 4) [13–14].

в) з синхронізацією з програмним комплексом моделювання в реальному часі.

3. За режимом візуалізації:

– звичайний режим;
– стерео режим (необхідні відповідні технічні засоби).

Такий програмний комплекс інтерактивної тривимірної візуалізації бойових епізодів позбавлений недоліків, притаманних текстовому опису з ілюстраціями та має наступні переваги:

– абсолютна емоційна нейтральність та політична безбарвність отриманої інформації про бойові

епізоди;

– візуальна деталізація рельєфу та тактичних властивостей місцевості, включаючи рослинність, час доби (освітлення), погодних умов в яких велися бойові дії, тощо;

– динамічний перебіг бою.

– можливість спостерігати за обстановкою з будь-якої точки місцевості, на будь-якому проміжку часу та на протязі усього бою.

Рис. 4. Склад програмного комплексу та загальна схема функціонування інтерактивної тривимірної візуалізації
Джерело: розроблено авторами.

До того ж, по-перше, це дає можливість з високою точністю відтворити зображення, яке бачив той чи інший військовий у момент прийняття певного рішення, що дозволяє здійснити аналіз його дій. А по-друге, це дає можливість побачити обстановку з точки зору противника, зокрема, відтворити зображення, яке надають безпілотні літальні апарати (БПЛА) противника [15]. Однак існують загрози в недостовірності або нестачі повної розвідувальної інформації про бойовий епізод, що досліджується. Тому, завдання створення інтерактивної тривимірної візуалізації бойових дій у часі, вимагає абсолютної повноти та відсутності протиріч у вихідних даних з усього потоку інформації, оскільки в процесі створення такої демонстрації подій, наявні протиріччя та пробіли в них, стануть хибними і зведуть

усю роботу нанівець. Для цього в програмному комплексі інтерактивної тривимірної візуалізації бойових епізодів вказуються напрямки уточнення даних і створюється мотивація для їх поповнення.

Без достовірної інформації неможливо не тільки правильно оцінити дії сторін в конкретному бойовому епізоді, який уже стався, а й унеможливити на його прикладі розробити ефективну тактику дій.

Для чіткого й професійного аналізу й дослідження бойових епізодів, що уже сталися та з метою прогнозування можливих дій сторін в тій чи іншій бойовій ситуації під час АПД, пропонується автоматизований спосіб вибору раціонального сценарію (АСВРС) бойових дій військових формувань (в/ф) сторін з однорідними бойовими засобами (наприклад, механізовані, танкові екіпажі та підрозділи). АСВРС

полягає в комутації інформації про бойові засоби своїх в/ф та кожного в/ф противника. Ці дані записуються в блоках пам'яті програмного комплексу:

- визначається однорідність бойових засобів в/ф;
- фіксуються рівні неповноти інформації про координати бойових засобів в/ф сторін;
- залежно від вихідних даних, формуються рекомендації щодо вибору раціонального сценарію дій;
- “викликається” необхідна інформація з вихідних блоків пам'яті для знаходження залишків своїх бойових засобів і противника;
- за допомогою команди від блоку управління в блоці візуалізації висвічується інформація про раціональний сценарій, про переможця в бойових діях та залишках своїх бойових засобів і противника.

Двосторонні бойові дії (б/д) можна описати за допомогою диференціальних рівнянь Ланчестера [17–20]. При цьому кожна з двох воюючих сторін A і B містить по одному в/ф (наприклад, екіпажу, підрозділу, тощо).

Для виявлення закономірностей ведення б/д досить розглянути два в/ф B_1 і B_2 противника. Показниками бойових засобів (БЗ) сторони A до початку б/д будуть:

m – кількість БЗ до початку б/д;

μ_1 – інтенсивність вогню БЗ по в/ф B_1 , пропорційна ймовірності ураження цілі одним пострілом ρ_1 і скорострільності БЗ f_1 , тобто

$$\mu_1 = \rho_1 f_1,$$

де μ_2 – інтенсивність вогню БЗ по в/ф B_2 , пропорційна ймовірності ураження цілі одним пострілом ρ_2 і скорострільності БЗ f_2 , тобто $\mu_2 = \rho_2 f_2$.

В процесі б/д $t > 0$ по стороні A спадає величина m в момент часу t позначається $m(t)$.

Військові формування B_1 і B_2 сторони B мають аналогічні показники: $N_1, \lambda_1, n_1(t)$ і $N_2, \lambda_2, n_2(t)$.

При одночасному початку б/д угруповання A з в/ф B_1 і B_2 [21] дає відповідь про вибір раціонального сценарію і кінець БД. Критерій початкового знищення i -го різнорізного в/ф противника.

$$\max \mu_i \lambda_i. \quad (1)$$

Під різнорізними в/ф розуміються ті, у яких ці множення не рівні

$$\mu_i \lambda_i \neq \mu_j \lambda_j. \quad (2)$$

Природно, що однорідними ф/в будуть ті, яким відповідає рівність множення

$$\mu_i \lambda_i = \mu_j \lambda_j. \quad (3)$$

Під високим рівнем ефективності будемо розуміти перемогу сторони A (знищення всіх БЗ противника) з максимально можливим збереженням своїх

БЗ. У разі крайньої необхідності (при явній перевазі ворога) необхідному рівню ефективності може відповідати нанесення противнику максимальних втрат (мінімальний рівень залишків його БЗ), навіть при ураженні сторони A .

Залежно від умов і вихідних даних при частковій інформації про БЗ сторін виникають такі проблемні питання:

– за яких умов діє чи ні критерій до порядку знищення однорідних в/ф в разі неповноти інформації про координати БЗ сторін?

– як вибрати раціональний сценарій стороні A при заданих початкових вихідних умовах про неповноту інформації сторін і наявності однорідних в/ф?

– якою ціною дістається перемога, тобто скільки залишилося БЗ у переможця?

– в разі поразки сторони A , який сценарій призводить до нанесення максимального збитку противникові, і який він?

На поставлені питання в існуючій літературі [17–20; 22–23], що розглядають ведення б/д між двома сторонами в умовах неповноти інформації про координати однорідних БЗ сторін, відповідей немає. Тому вибір раціонального ведення б/д для розглянутих умов рівносильний обґрунтуванню сценарію. Розглянемо наступні сценарії почергового знищення угруповань противника:

– сценарій $S \cdot \{A; B_1 \cap B_2\}$ або S_0 , під час якого сторона A веде одночасно б/д з в/ф B_1 силами $\eta_1 \cdot m$ і з в/ф B_2 силами $(1 - \eta_1) \cdot m$ (значення η_1 вибирається за умови одночасного закінчення б/д), наприклад, при наявності розвідки у сторін $\eta_1 = (1 + \mu_1 N_2) / (\mu_2 N_1) - 1$;

– сценарій $S \cdot \{A; B_1, B_2\}$ або S_{12} , під час якого сторона A веде б/д по черзі: спочатку з в/ф B_1 , а потім залишилися БЗ – з в/ф B_2 .

– сценарій $S \cdot \{A; B_2, B_1\}$ або S_{21} , під час якого сторона A веде б/д з в/ф B_2 , а потім залишилися БЗ – з в/ф B_1 . Для стислості раціональний (кращий) сценарій позначимо $S+$, який веде до максимального залишку своїх БЗ при перемозі над противником. Протилежна раціональному – найгірший сценарій $S-$, який веде до знищення всіх БЗ сторони A з максимальним залишком БЗ у сторони B . Введемо умовні позначення сценарію БЗ сторони A при неповноті інформації про координати БЗ сторін. Згідно формули (1), вихідними даними в/ф є для сторони A : $A : m, \mu_1, \mu_2, RA(-+, -+)$, для сторони $B_1 : N_1, \lambda_1, RB_1(-+)$, для сторони B : $B_2 : N_2, \lambda_2, RB_2(-+)$, де $RA(-+, -+)$ – мітка в/ф A з інформацією про координати БЗ відповідно сторін

B_1 і B_2 ; $RB_1(-+)$ – мітка в/ф B_1 з інформацією про координати БЗ сторони A ; $RB_2(-+)$ – мітка в/ф B_2 з інформацією про координати БЗ сторони A . Для згаданих міток в дужках вказані значення: “-” – відсутність даної інформації, “+” – її наявність.

$S_{ij}(++,++)$ – відповідає сценарію S_{ij} при повній інформації сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 (++) і повній інформації (++) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A [21];

$S_{ij}(+-,++)$ – відповідає сценарію S_{ij} при наявності (відсутності) інформації (+-) сторони A про координати БЗ в/ф B_1 (B_2), – повної інформації (++) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A ;

$S_{ij}(-+,++)$ – відповідає сценарію S_{ij} при відсутності (наявності) інформації (-+) сторони A про координати БЗ в/ф B_1 (B_2), – повної інформації (++) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A ;

$S_{ij}(-,-,++)$ – відповідає сценарію S_{ij} при повній відсутності інформації сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 (-) і повної інформації (++) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ протилежної сторони.

Надалі, кожному сценарію неповноти інформації сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 відповідає чотири сценарії неповноти інформації в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A . Щоб не приводити перебір усіх 16 сценаріїв неповноти інформації сторін про координати БЗ один одного, як приклад представимо останні чотири варіанти:

$S_{ij}(-,++)$ – відповідає сценарію S_{ij} при відсутності інформації (-) сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 і повної інформації (++) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A ;

$S_{ij}(-,+,-)$ – відповідає сценарію S_{ij} при відсутності інформації (-) сторони A про координати БЗ в/ф B_1 (B_2) і наявності (відсутності) інформації (+-) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A ;

$S_{ij}(-,-,+)$ – відповідає сценарію S_{ij} при відсутності інформації (-) сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 – відсутності (наявності) інформації (-+) в/ф B_1 (B_2) про координати БЗ сторони A ;

$S_{ij}(-,-,-)$ – відповідає сценарію S_{ij} при відсутності інформації сторони A про координати БЗ в/ф B_1 , B_2 (-) і відсутності інформації (-) в/ф B_1 , B_2 про координати БЗ сторони A .

Вихідні диференціальні рівняння для першого етапу б/д при сценарії $S_{21}(-+,+,-)$ запишуться у вигляді [17–20]:

$$\begin{aligned} m'(t) &= -\lambda_1 \cdot N_1 - \lambda_2 n_2(t) \cdot m(t) / M; \\ m'(t) &= -\mu_2 \cdot m(t), \end{aligned} \quad (4)$$

де $m(0) = M$; $n_1(0) = N_1$, $n_2(0) = N_2$.

У припущенні знищення на 1-му етапі в/ф B_2 і залишку БЗ у сторони A $m_1[t_1\infty] = M_1$ для 2-го етапу рівняння будуть виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} m_1'(t) &= -\lambda_1 n_1(t) N_1 \\ n_1'(t) &= -\mu_1 m_1(t) n_1(t) / N, \end{aligned} \quad (5)$$

де $m_1(0) = M_1$; $n_1(0) = N_1$; $n_2(0) = 0$.

Рішення рівнянь (4)–(5) з вихідними даними: $m=33$; $\mu_1=0.2$; $\mu_2=0.1$; $N_1=19$; $\lambda_1=0.1$; $N_2=10$; $\lambda_2=0.2$ за допомогою програмного засобу Mathematica [24] для наведеного прикладу (4), (5) і для всіх сценаріїв неповноти інформації про координати БЗ сторін дозволяє заповнити рядки табл. 1–4.

Таблиця 1

Сценарій A	Результати б/д згідно сценаріям $S_{ij:++}, S_{ij:++,-}, S_{ij:++,-,-}, S_{ij:++,-,-,-}$			
	$+, +, +$	$+, +, -$	$+, -, +$	$+, -, -$
$S_{12:++}$	$n[t_\infty] = 18.13$	$m[t_\infty] = 22.11$	$m[t_\infty] = 18.64$	$m[t_\infty] = 20.43$
$S_{0:++}$	$m[t_\infty] = 18.13$	$m[t_\infty] = 20.04$	$m[t_\infty] = 19.96$	$m[t_\infty] = 21.48$
$S_{21:++}$	$m[t_\infty] = 18.13$	$m[t_\infty] = 2$	$m[t_\infty] = 1$	$m[t_\infty] = 20.49$

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 2

Сценарій A	Результати б/д згідно сценаріям $S_{ij:++}, S_{ij:++,-}, S_{ij:++,-,-}, S_{ij:++,-,-,-}$			
	$+, +, +$	$+, +, -$	$+, -, +$	$+, -, -$
$S_{12:+-}$	$m[t_\infty] = 11.35$	$m[t_\infty] = 15.91$	$m[t_\infty] = 12.16$	$m[t_\infty] = 9.4$
$S_{0:+-}$	$n[t_\infty] = -2.37$	$n[t_\infty] = -4$	$m[t_\infty] = 4.2$	$m[t_\infty] = -1.85$
$S_{21:+-}$	$n[t_\infty] = -20.4$	$n[t_\infty] = -20.15$	$n[t_\infty] = -19$	$n[t_\infty] = -19$

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 3

Сценарій A	Результати б/д згідно сценаріям $S_{ij:-+}, S_{ij:-+,-}, S_{ij:-+,-,-}, S_{ij:-+,-,-,-}$			
	$+, +, +$	$+, +, -$	$+, -, +$	$+, -, -$
$S_{12:-+}$	$n[t_\infty] = -15$	$n[t_\infty] = -10$	$n[t_\infty] = -12$	$n[t_\infty] = -10$

Закінчення табл. 3

$S_{0:-,+}$	$n[t_{\infty}] = -5$	$n[t_{\infty}] = -2.38$	$n[t_{\infty}] = 0$	$n[t_{\infty}] = -1.85$
$S_{21:-,+}$	$m[t_{\infty}] = 18.13$	$m[t_{\infty}] = 13$	$m[t_{\infty}] = 6.46$	$m[t_{\infty}] = 6.84$

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 4

Сценарій A	Результати б/д згідно сценаріям $S_{ij:-,++}; S_{ij:-,+}; S_{ij:-,-}; S_{ij:-,-,-}$			
$-,-$	$,++$	$,+-$	$,-+$	$,-,-$
$S_{12:-,-}$	$m[t_{\infty}] = 8.64$	$n[t_{\infty}] = -10$	$n[t_{\infty}] = -12.06$	$n[t_{\infty}] = -10.16$
$S_{0:-,-}$	$n[t_{\infty}] = -8$	$n[t_{\infty}] = -2.23$	$n[t_{\infty}] = -4.75$	$m[t_{\infty}] = 9.8$
$S_{21:-,-}$	$n[t_{\infty}] = -20.41$	$n[t_{\infty}] = -20.15$	$n[t_{\infty}] = -19.2$	$n[t_{\infty}] = -19.1$

Джерело: розроблено авторами.

Після 1-го етапу б/д кількість залишків БЗ:

$$m_1 \cdot [t_{\infty}] = 23, N_1[t_{\infty}] = 19, n_2[t_{\infty}] = 0.$$

Після 2-го етапу б/д кількість залишків БЗ:

$$m_1 \cdot [t_{\infty}] = 13, n_1[t_{\infty}] = n_2[t_{\infty}] = 0.$$

Бойові дії закінчилися перемогою сторони А з залишком БЗ $m_1[t_{\infty}] = 13$. Рівність множень інтенсивностей вогневого ураження БЗ в/ф сторін в наведеному прикладі: $\mu_1 \cdot \lambda_1 = \mu_2 \cdot \lambda_2 = 0.02$ відповідає рівнянню (3), що говорить про однорідність БЗ в/ф, які воюють між собою. У рядках табл. 1–4 залишки БЗ сторони А $m[t_{\infty}]$ мають позитивні знаки, залишки БЗ сторони В $n[t_{\infty}]$ – негативні.

У табл. 1–4 результати оцінок наведені з точністю до другого знака після коми. По-перше, для порівняльного аналізу оцінок; по-друге, для більш точного отримання усереднених оцінок. Природно, що, в кінцевому рахунку, залишки БЗ необхідно округляти до одиниць. Аналіз табл. 1–4 призводить до наступних висновків щодо оцінки результатів б/д стороною А при виборі їй раціонального (S^+) або нераціонального (S^-) сценарію.

Висновок 1: При повній інформації про координати БЗ у сторони А про в/ф В1, В2, а у сторони В – часткової, середні залишки БЗ після б/д під час використання раціонального і нераціонального сценарію, майже не відрізняються один від одного і складають (табл. 1):

$$\left. \begin{aligned} M(S^+) &= (18.13 + 23 + 19.96 + 21.48) / 4 = 20.64 \\ M(S^-) &= (18.13 + 20.24 + 18.56 + 20.43) / 4 = 19.29 \end{aligned} \right\} \text{із табл. 1}$$

Висновок 2: При неповній інформації у сторін і використанні раціонального сценарію стороною А, веде її до перемоги, нераціональної – до поразки (табл. 2–4).

$$\left. \begin{aligned} M(S^+) &= (13.35 + 15.91 + 12.16 + 9.4) / 4 = 12.2 \\ M(S^-) &= (-20.4 - 20.15 - 19 - 19) / 4 = -19.64 \end{aligned} \right\} \text{із табл. 2}$$

$$\left. \begin{aligned} M(S^+) &= (18.13 + 13 + 6.46 + 6.84) / 4 = 11.11 \\ M(S^-) &= (-15 - 10 - 12 - 10) / 4 = -11.75 \end{aligned} \right\} \text{із табл. 3}$$

$$\left. \begin{aligned} M(S^+) &= (8.64 - 2.23 - 4.75 + 9.8) / 4 = 2.86 \\ M(S^-) &= (-20.41 - 20.15 - 19.2 + 17.1) / 4 = -10.62 \end{aligned} \right\} \text{із табл. 4}$$

Висновок 3: При неповній інформації раціональний сценарій сторони А полягає в першочерговому завданні удару усіма БЗ по тому в/ф, по якому є інформація про координати його БЗ (табл. 2–3).

Висновок 4: При відсутності інформації у сторони А про координати БЗ в/ф B_1 і B_2 їй раціональний сценарій знаходиться шляхом складання (моделювання) табл. 4.

Висновок 5: При невпевненості в достовірності інформації, її неповноті або відсутності у сторони А інформації про координати БЗ в/ф B_1 і B_2 , вибір їй раціонального сценарію повинен ґрунтуватися на складанні (моделюванні) однієї з табл. 1–4, відповідно вихідним даним сторін.

Отже, запропонований спосіб дозволяє отримати заявлений технічний результат підвищення точності обробки інформації для вибору раціонального сценарію при неповноті розвідувальної інформації про координати БЗ в/ф сторін, що полягає:

– при наявності у сторони А повної інформації про координати БЗ сторони В в розгromі противника і збереженні в середньому $\{(20.64 / 33) \cdot 100\% \} = 63\%$ своїх БСР при виборі раціональної стратегії й $\{(19.29 / 33) \cdot 100\% \} = 54\%$ – нераціональною (табл. 1). Безумовно, якщо командування сторони А хоче підвищити рівень бойової ефективності, необхідно наростити початкову кількість своїх БЗ;

– при наявності у сторони А неповної інформації про координати БЗ сторони В вибір їй нераціонального сценарію веде до поразки, вибір раціонального – до перемоги (табл. 2–3). Раціональний сценарій для сторони А служить першочергове нанесення удару всіма БЗ по в/ф, по якому є інформація про координати БЗ (табл. 2–3);

– при невпевненості в достовірності інформації, її неповноті, відсутності у сторони А інформації про координати БЗ в/ф B_1 і B_2 , що виявилися неоднорідними, вибір раціонального сценарію повинен ґрунтуватися на складанні (моделюванні) однієї з табл. 1–4, відповідно вихідними даним сторін.

Тому, роботу програмного комплексу інтерактивної тривимірної візуалізації в режимі вибору раціонального сценарію (тактики), який можна було б застосувати під час аналізу бойового епізоду, що уже стався або пропонувати його у подальших бойових діях, доцільно організувати в 3-х режимах:

- видачі рекомендацій;
- математичного моделювання;
- дослідницькому.

Режим видачі рекомендацій бажано використовувати для навчання курсантів і офіцерів тактичної ланки в б/д з однорідними в/ф. Рекомендації засновані на обробці та аналізі вихідних даних та дій протидіючих сторін в бойовому епізоді, що стався або під час складання конкретного сценарію.

Режим математичного моделювання викликаний необхідністю отримання відповідей на питання при конкретному бойовому епізоді (сценарію):

- чому сталася перемога (або поразка) в бою?
- на чиєму боці буде (або прогнозується) перемога?
- які залишки БЗ у сторін після бойового епізоду або прогножуються при конкретному сценарію?

Режим дослідження застосовується для отримання відповідей на питання:

- як зміняться залишки БЗ при збільшенні (зменшенні) початкової кількості БЗ сторін А і В?
- як вирішити завдання при неоднорідних БЗ сторін?
- як отримати ряд рішень бойових завдань при різній неповноті інформації про сторону В (противника)?
- як отримати ефективне вирішення бойового завдання завдяки розробці тактики дій при виборі різних сценаріїв?

Методика АПД що включає програмний комплекс інтерактивної тривимірної візуалізації для дослідження бойових епізодів в районі ООС (АТО) та АСВРС в майбутніх бойових діях передбачає декілька етапів впровадження.

На першому етапі вибирається епізод бойових дій підрозділу, що досліджується.

Для цього підбирається спеціальна література, збирається та аналізується інформація, що надходить від засобів масової інформації та інших доступних джерел інформації.

Бойовий епізод має задовольняти ряду вимог стосовно обсягу наявних інформаційних даних:

- наявність тактичної карти із нанесеними орієнтирами;

– початкового положення механізованих і танкових підрозділів (частин) та противника з деталізацією, що найменше до окремого екіпажу;

– поетапного дослідження бойового епізоду з повною деталізацією аж до окремого бійця;

– реальні втрати підрозділів (частин) і противника в результаті бою.

Важливою є навчально-методична цінність досвіду бойового епізоду. Якщо обсяг наявної інформації неповний, то проводиться уточнення й збір додаткових відомостей. Зокрема, для цього виконується опитування осіб, які брали участь, із застосуванням спеціально розроблених анкет із питаннями.

Так, під час побудови інтерактивної тривимірної візуалізації “Дії танкових, механізованих підрозділів Збройних Сил України та їх засобів посилення під час ведення бою на опорному пункті “Серьога” в районі населеного пункту Санжарівка 28 січня 2015 року” значна робота була проведена з вивчення документів: робочої карти командира *тр ОМбр* (який там воював), журналу бойових дій підрозділу та було проведено анкетування безпосередніх учасників тих подій, які відповідали на уточнюючі питання, щоб скласти візуальну картину тих подій в часовому інтервалі, прив’язану до місцевості.

Наступний, другий етап полягав у побудові 3D моделі місцевості. За допомогою програми Digital Pro (ВАТ “Аналітика”, м. Вінниця) створювалась модель рельєфу, яка була узгоджена з аерозйомками місцевості. Далі на загальний фон місцевості наносилася рослинність, орієнтири, споруди й інші об’єкти, які дозволяли виконати прив’язку до карти командира *тр ОМбр* або згадувалися учасниками досліджуемого епізоду.

За допомогою продукту “Конструктор інтерактивних тривимірних візуалізацій дій підрозділів (КІТВ-ДП)”, розробленого у Військовому інституті танкових військ НТУ “ХПІ”, на побудованій моделі місцевості розміщуються моделі бійців (екіпажів або підрозділів), озброєння та військової техніки (ОВТ) перед початком бойових дій прив’язаних до координат карти на загальному тактичному фоні. Кожному учаснику задається послідовність дій (маневр, пересування, вогнева позиція, динаміка ведення вогню тощо) із вимогою якомога повніше використати наявні дані. При виявленні недоліків чи розбіжностей, які не можуть бути зображені на моделі, проводиться повторне уточнення обстановки із залученням учасників, поки усі проблеми не будуть усунені.

Описана методика аналізу проведених дій була успішно застосована під час селекції, оброблення та аналізу усього наявного потоку інформації при створенні тривимірної візуалізацій двох бойових епізодів АТО, що відбувалися в районі м. Дебальцево Донецької області у січні-лютому 2015 р, а саме:

– бойові дії танкових і механізованих підрозділів ЗС України та їх засобів посилення під час ведення бою на опорному пункті “Серьога” в районі населеного пункту Санжарівка 28 січня 2015 р.;

– бойові дії танкових і механізованих підрозділів ЗС України та засобів їх посилення під час штурму населеного пункту Логвіново 12 лютого 2015р.

Кінцевим результатом є інтерактивні тривимірні візуалізації, які з високою точністю і детальністю відображає відомості про епізод бойових дій у динаміці. В результаті створюються сприятливі передумови для проведення послідовного та детального АПД бойового епізоду та проводиться АСВРС можливих бойових дій у подальшому за тим чи іншим сценарієм.

Кінцевим продуктом є інтерактивна тримірна візуалізація бойового епізоду, яка з високою точніс-

тю та деталізацією відображає бойовий епізод у динаміці, максимально наближений до реальних подій.

Висновки

Запропонована методика АПД з використанням програмного комплексу інтерактивної тривимірної візуалізації бойових епізодів у поєднанні з автоматизованим способом вибору раціонального сценарію військових дій сторін з однорідними бойовими засобами, дають можливість ретельно проаналізувати дії військ в конкретній бойовій ситуації, виявити недоліки в їх діях або, навпаки, зазначити вдалі способи збройного протистояння.

Крім того, весь цей комплекс дає можливість подальшого наукового дослідження можливих сценаріїв ведення боїв та сучасних методів і способів ведення різних видів бойових дій.

Список літератури

1. Бутусов Ю. Війна і вина. : веб-сайт. URL: gazeta.zn.ua/internal/voyna-i-vina-.html (дата звернення: 10.06.2021).
2. Ярчук О. Аналіз боя. Дебальцевська дуга 26.01–02.02.2015. *Хроніка війни* : веб-сайт. URL: http://oyblogg.blogspot.de/p/blog-page_4.html (дата звернення: 12.06.2021).
3. Кириленко В. А., Лобанов А. А. Алгоритм визначення пріоритетних завдань, покладених на систему забезпечення воєнної безпеки держави. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби*. 2013. № 2. С. 109-116. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=foxvWpwAAAAAJ&hl=uk> (дата звернення: 12.06.2021).
4. Урядовий контактний центр. *Державні сайти України* : веб-сайт. URL: <https://ukc.gov.ua/novyny-2/news/> (дата звернення: 12.06.2021).
5. Кривопапов А. А. Военные возможности России на фоне украинского кризиса. *Научно-практический рецензируемый журнал: Контуры глобальных трансформаций*. 2016. № 5. Т. 9. С. 41–58. URL: <https://doi.org/10.23932/2542-0240-2016-9-5-41-58> (дата звернення: 12.06.2021).
6. Рожин Б. Что представляют собой сегодня ВСУ и армия ЛДНР? *Военно-политический журнал*. URL: http://interpolit.ru/blog/chto_predstavljajut_soboj_segodnja_vsu_i_armija_ldnr/2016-10-18-7244 (дата звернення: 17.06.2021).
7. Тотмаков О. С. Система визуализации для нового поколения тренажеров военной техники : дис. ... канд тех. наук : 05.13.01 / Москва, 2006. 161 с.
8. Thatcher Ulrich. Loose Octrees in Mark DeLoura, ed., *Game Programming Gems*, Charles River Media. 2000. P. 444–453. URL: <http://www.tulrich.com/geekstuff/partitioning.html> (дата звернення: 17.06.2021).
9. Герасимов С. Г. Методика використання комп'ютерних програм у підготовці командирів тактичного рівня. *Проблеми та напрями вдосконалення підготовки військових фахівців з урахуванням досвіду антитерористичної операції у східних областях України* : зб. тез доп. XVI наук.-метод. конф. Житомир : ЖВІ, 2017. С. 40.
10. Березовський С. А., Чечельницький В. Я. 3D програмування архітектури криптографічних пристроїв. *Наука: безпека країни та розвиток військово-промислового комплексу*: зб. тез доп. по матеріалам інформаційно-комунікативного заходу тов. “Міжнародний виставковий центр”, Київ : МВЦ, 2016. 153 с.
11. Дерев'янчук А. Й., Москаленко Д. Р. Доцільність використання 3D графіки під час підготовки військових спеціалістів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*: зб. тез доп. наук.-пр. конф. Національного університету оборони України ім. І. Черняхівського. Київ : НУОУ, 2014. № 2. С. 119–124.
12. Фарафонов В. С., Баркатов І. В., Бабак С. А. Застосування інтерактивної 3D моделі тактичного поля для вивчення досвіду бойових дій в зоні АТО. *Наукове забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України*: зб. тез доп. VIII наук.-пр. конф. Національної академії Національної гвардії України. Харків : НАНГУ, 2017. С. 144.
13. Баркатов І. В., Фарафонов В. С., Головач С. О. Розробка інтерактивної 3D моделі тактичного поля для підвищення ефективності занять з тактичних і тактико-спеціальних дисциплін при підготовці офіцерів запасу. *Перспективи розвитку автоматизованих систем управління військами та геоінформаційних систем*: зб. матеріалів наук.-пр. конф. Національної Академії Сухопутних військ ЗС України. Львів : НАСВ, 2015. С. 144.
14. Баркатов І. В., Фарафонов В. С., Дичко С. С. *Війна на Донбасі 2014-2018 рр.* : зб. тез доп. по матеріалах IV Всеукраїнської наук. військ.-істор. конф. Національного військово-історичного музею України. Київ : НВІМУ, 2019.
15. Болобан С. І., Осадчук Р. М., Савчук А. В. Методичні рекомендації щодо навчання дешифрування наземних об'єктів на знімках з безпілотних літальних апаратів за досвідом АТО. *Проблеми та напрями вдосконалення підготовки військових фахівців з урахуванням досвіду антитерористичної операції у східних областях України* : зб. тез доп. XVI наук.-метод. конф. Військового інституту ім. С. П. Корольова. Житомир : ЖВІ, 2017. С. 90.

16. Черноскутов А. И., Кукушкин С. С., Ситкевич О. В., Шемигон Н. Н. Способ выбора рациональной стратегии в боевых действиях разнородных группировок: пат. RU 2013138164А Российская Федерация : № 2013138164/08 ; заявл. 15.08.2013 ; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5.
17. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций : уч. пособие для студ. вузов. Москва : Сов. радио, 1964. 388 с.
18. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учебник для высших технических учебных заведений. Москва : Сов. радио, 1969. 576 с.
19. Фурсенко О. К., Дрогаченко А. О. Методи оптимізації у військово-прикладних задачах : навч. посіб. Харків : ХНУПС, 2020. 140 с.
20. Чабаненко П. П. Закономірності та особливості оцінювання ефективності систем у бойових діях за ймовірнісними моделями. *Наука і оборона*. 2016. № 4. С. 16-22. URL: <http://tta.org.ua/index.php/2618-1614/article/view/195223>.
21. Черноскутов А. И. и др. Способ и устройство целераспределения по групповым объектам: пат. RU 2419140С2 Российская Федерация : № 2419140 ; опубл. 20.05.2011 г., G06F 17/00, G01S 5/04, F41G 7/00, F41G 7/34.
22. Городнов В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО : уч. пособие. Харьков : ВИРТА, 1987. 383 с.
23. Городнов В. П., Суконько С. М., Овчаренко В. В. Застосування математичного апарату неповно доступних систем масового обслуговування для моделювання бойових дій підрозділу національної гвардії України з озброєними злочинцями. *Актуальні питання освіти і науки* : зб. тез доп. V Міжнародної наук.-пр. конф., 2017. С. 201-206.
24. Дьяконов В. П. *Mathematica 5/6/7*. Полное руководство. Москва : ДМК-Пресс, 2010. 625 с. URL: <https://rucont.ru/efd/199402> (дата звернення: 19.06.2021).

Надійшла до редколегії 02.06.2021

Схвалено до друку 13.07.2021

Відомості про авторів:

Баркатов Ігор Валентинович

доцент
завідувач науково-дослідної лабораторії
Військового інституту
танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2605-574X>

Варакута Володимир Павлович

кандидат військових наук доцент
доцент кафедри
Військового інституту
танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Фарафонов Володимир Сергійович

кандидат хімічних наук
провідний науковий співробітник
науково-дослідної лабораторії
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9582>

Тюрін Валерій Олександрович

старший науковий співробітник
науково-дослідної лабораторії
Військового інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3311-9043>

Гончарук Сергій Степанович

науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
Військового інституту
танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5607-1033>

Information about the authors:

Igor Barkatov

Associate Professor
Head of Research Laboratory
of Military Institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2605-574X>

Volodymyr Varakuta

Candidate of Military Science Associate Professor
Senior Lecturer
of Military Institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>

Volodymyr Farafonov

Candidate of Chemical Sciences
Leading Researcher at Research Laboratory
of Military institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9582>

Valerii Tiurin

Senior Researcher at Research Laboratory
of Military Institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3311-9043>

Serhii Honcharuk

Researcher at Research Laboratory of Military Institute
of Military Institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5607-1033>

Лозко Андрій Андрійович

науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
Військового інституту
танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3868-9064>

Andrii Lozko

Researcher at Research Laboratory of Military Institute
of Military Institute
of Tank Troops NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3868-9064>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЕВОГО ОПЫТА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В ОПЕРАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ СИЛ

И.В. Баркатов, В.П. Варакута, В.С. Фарафонов, В.А. Тюрин, С.С. Гончарук, А.А. Лозко

Сбор, обработка и анализ объективной и достоверной информации для визуализации боевых эпизодов в зоне операции Объединенных сил проводится с целью профессионального анализа действий противоборствующих сторон и выявления недостатков (или позитивных моментов) в действиях наших войск, представляет собой важное научно-практическое задание для дальнейшего развития военного искусства ведения боевых действий на востоке страны. С этой целью в странах НАТО используется методика After action review - анализ проведенных действий (АПД). В связи с попыткой руководства страны реформировать Вооруженные Силы Украины к стандартам НАТО, а по политическим планам – вступить в этот Альянс, внедрение методики AAR (АПД) в Вооруженные Силы Украины целесообразно рассматривать как актуальной задачей. Одним из эффективных средств АПД является интерактивная трехмерная визуализация, которая включает в себя модели местности и расположение на ней подразделений (экипажей, бойцов) и с высокой точностью и детализацией воспроизводит ход боевых действий, которые можно исследовать в пространстве и времени на общем тактическом фоне. Для научного исследования и анализа боевых эпизодов, которые уже произошли, и прогнозирование возможных действий сторон в той или иной боевой ситуации, предлагается использование автоматизированного способа выбора рационального сценария боевых действий военных формирований сторон с односторонними боевыми средствами (например, механизированные, танковые экипажи и подразделения).

Ключевые слова: after action review, анализ проведенных действий, автоматизированный способ выбора рационального сценария, интерактивная трехмерная визуализация.

USE OF INTERACTIVE THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATIONS TO STUDY COMBAT EXPERIENCE IN JOINT FORCE OPERATIONS

I. Barkatov, V. Varakuta, V. Farafonov, V. Tiurin, S. Honcharuk, A. Lozko

The content of open information materials on the conduct of hostilities by units of the Armed Forces of Ukraine in the area of the Joint Forces operation against the Russian Federation and illegal armed groups is in many cases saturated with ideological and political colors. Ukraine has decided to join the North Atlantic Alliance, which is extremely important for the country's national security, so the Ukrainian Armed Forces in the reform process are trying to meet all NATO requirements and standards, especially the procedure for making appropriate decisions on the conditions of hostilities. Well-known methods of using computer programs in the training of tactical level commanders, three-dimensional programming of cryptographic device architecture and three-dimensional graphics do not give a complete spatial and to the smallest detail picture of a combat episode that changes in time and space. In addition, they do not allow you to simulate a specific combat situation that may occur in a particular place on earth over a period of time. To do this, in the mid-70's of the twentieth century, American military experts developed a method of analysis after action (AAR). This method was later refined and adopted by the armed forces of many countries around the world, including NATO members. For the purpose of clear and professional analysis and study of a combat episode that has already taken place in a specific combat situation, an automated method of selecting a rational scenario of combat operations with a single weapon (eg, mechanized, tank crews and units) is used. ASVRS must provide information on the armament of its military formations and each military formation of the enemy.

Keywords: after action review, action analysis, automated method of rational scenario selection, interactive three-dimensional visualization.