

УДК 004.89

О.В. Оборська

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ВОЄННИХ ДІЙ МЕХАНІЗОВАНИХ ВІЙСЬК З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

Розглядається побудова інформаційної системи моделювання воєнних дій механізованих військ з використанням онтологічного підходу. Описано процес побудови бази знань та математичні моделі окремих задач для розв'язування яких призначена система. Здійснено імітаційне моделювання функціонування системи, наведено відповідні приклади.

Вступ

Ефективність застосування військ (сил) сучасних збройних сил у значній мірі залежить від рівня розвитку системи управління, який, у свою чергу, визначається ступенем їх автоматизації. Автоматизація управління може суттєво підвищити бойової можливості військ (сил) і одночасно в декілька разів скоротити час, які витрачають органи управління на оперативне планування і доведення завдань до підлеглих.

На сьогоднішній день управління у тактичній ланці Сухопутних військ (СВ) Збройних Сил України (ЗСУ) здебільш здійснюється у «ручному» режимі. Використання службовими особами персональних електронних обчислювальних машин та інформаційних систем автоматизує лише незначний обсяг функціональних обов'язків, примушуючи службових осіб органів та пунктів управління використовувати технології минулого сторіччя, внаслідок чого на прийняття рішення витрачається неприпустимо велика кількість часу. Існуючі засоби автоматизації не забезпечують підтримку прийняття рішень, процесу управління та структурно, навіть у планах розбудови, не належать до єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) Збройними Силами України, так як системного проекту ЄАСУ на сьогоднішній день не існує.

Автоматизована система управління (АСУ) тактичної ланки СВ ЗСУ – це сукупність взаємозалежних органів та пунктів управління, обладнаних комплексом комп'ютерних апаратно-програмних засобів підтримки прийняття рішень та засобів

© О.В. Оборська, 2014

зв'язку, що забезпечують ефективне управління з'єднаннями, частинами і підрозділами. Система підтримки прийняття рішень (СППР) дозволяє моделювати перебіг бойових дій, виробляти оптимальні за певними критеріями варіанти рішень та надавати їх для вибору командирам.

Ефектом від впровадження СППР буде оптимізація організаційно-штатних структур з'єднань, частин і підрозділів СВ ЗСУ, розвиток тактики і оперативного мистецтва, покращення оперативної і бойової підготовки СВ ЗСУ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Під час математичного моделювання бойових дій [1–3] можна виділити ряд важливих показників, які безпосередньо впливають на їх результат. До таких показників для моделювання бойових дій сухопутних військ відносяться: відстань між військами; характеристики маневрових можливостей військ; прохідність місцевості (коефіцієнт супротиву руху); видимість цілі (ймовірність виявлення цілі); ймовірність знищення цілі; сектор пошуку цілі; щільність розподілу вогневих засобів по цілям противника; число необхідних пострілів для знищення цілі (характеристика розсіювання, захищеність цілі, відстань тощо).

У більшості випадків значення цих показників напряму залежить від тактико-технічних характеристик (ТТХ) різних видів озброєння, військової техніки (ОВТ) та організаційно-штатної структури з'єднань,

частин і підрозділів. Тому необхідні потужні програмні засоби для зберігання відповідної інформації. Така інформація має зберігатися в базі знань (БЗ), а не в базі даних, оскільки під час моделювання бойових дій важливу роль відіграє логічне виведення, яке можна реалізувати на основі знань про предметну область (ПО).

Оскільки ТТХ ОВТ та організаційно-штатна структура військ ґрунтується на певних нормативних документах, то ядром такої бази знань служитиме онтологія СВ ЗСУ. Отже виникає актуальна науково-технічна проблема побудови СППР, центральною компонентою якої є вище визначена БЗ [4].

Ціль роботи

Мета роботи – проектування та програмна реалізація системи підтримки прийняття рішень під час організації і ведення бойових дій з'єднаннями, частинами і підрозділами Сухопутних військ Збройних Сил України.

Математичне забезпечення моделювання бойових дій

Для того, щоб визначити елементи, які необхідно зберігати в онтології бази знань СППР, проаналізуємо математичні моделі, які використовують для моделювання бойових дій, наведені у роботах [1–3].

З формальної точки зору, будь-який бій – це реальний процес, що відбувається в часі і в просторі, характеризується наявністю двох ворогуючих сторін, складом і чисельністю, які змінюються під взаємним впливом. Кожна сторона прагне виконати поставлене перед нею завдання, що досягається найчастіше нанесенням протилежній стороні необхідного числа втрат при допустимому зменшенні своєї чисельності. Кожна сторона складається з деякого числа елементів, що є учасниками бою. Залежно від масштабу бою в якості елементів можуть вибиратися: окремі бійці, окремі зразки ОВТ в одному бою, або підрозділи і частини в іншому.

Кожний такий елемент характеризується деякою сукупністю змінних вели-

чин, що є функціями часу і визначають характер його дії і положення в просторі. Конкретне значення цих величин у деякий момент часу називається станом елемента. Зміна станів елементів бою у часі, що відбувається у відповідності з конкретними закономірностями перебігу бою, становить реальну сутність бою. Бій – процес кінцевий і характеризується своїм результатом. З формальної точки зору результат бою можна визначити як сукупність станів всіх елементів у деякий момент часу, після якого кожен з цих станів не змінюється.

Виходячи з цих міркувань, математична модель бою є такою: дано дві множини Q і U , де $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, що визначають якісний і кількісний склад воюючих сторін.

Для кожного елемента $q_i \in Q$ існує багатовимірна випадкова функція

$$\zeta_i(t) = \zeta_i(\zeta_{i1}(t), \zeta_{i2}(t), \dots, \zeta_{ir(i)}(t))$$

для $T_0 \leq t \leq T_1$, де T_0 і T_1 відповідно позначають моменти початку і кінця бою. Випадкові функції

$$\zeta_{i1}(t), \zeta_{i2}(t), \dots, \zeta_{ir(i)}(t)$$

називаються параметрами елемента q_i ; l -реалізація випадкової функції $\zeta_i(t)$ позначається

$$\zeta_i^l(t) = \zeta_i(\zeta_{i1}^l(t), \zeta_{i2}^l(t), \dots, \zeta_{ir(i)}^l(t)).$$

Січення випадкової функції $\zeta_i(t)$ при деякому заданому моменті часу $T_0 \leq t_z \leq T_1$ називається станом елемента q_i й позначається $C_i(t_z)$. Невипадковий вектор

$$\zeta_i^l(t_z) = (\zeta_{i1}^l(t_z), \zeta_{i2}^l(t_z), \dots, \zeta_{ir(i)}^l(t_z))$$

називається станом елемента q_i в t_z для l -ї реалізації і позначається $C_i^l(t_z)$. Сукупність $\{C_i^l(T_0)\}$ для всіх $i = 1, 2, \dots, n$ називається початковим станом сторони Q для

l-ї реалізації. Аналогічно описуються елементи $U_j (j=1,2,\dots,m)$ сторони U і вводяться відповідні визначення та поняття:

$$\xi_j(t) = \xi_j(\xi_{j1}(t), \xi_{j2}(t), \dots, \xi_{jr(j)}(t)),$$

$$\xi_j^l(t) = \xi_j(\xi_{j1}^l(t), \xi_{j2}^l(t), \dots, \xi_{jr(j)}^l(t)),$$

$$D_j(t_z) = \xi_j(t_z) = (\xi_{j1}(t_z), \xi_{j2}(t_z), \dots, \xi_{jr(j)}(t_z)),$$

$$D_j^l(t_z) = \xi_j^l(t_z) = (\xi_{j1}^l(t_z), \xi_{j2}^l(t_z), \dots, \xi_{jr(j)}^l(t_z)).$$

Сукупність $\{D_j^l(T_0)\}$ для всіх $j=1,2,\dots,m$ називається початковим станом сторони U для l-ї реалізації, а сукупність $\{D_j^l(T_1)\}$ – об’єктивним результатом бою сторони U для l-ї реалізації.

$\{C_i^l(T_1)\}$ і $\{D_j^l(T_1)\}$ разом називаються об’єктивним результатом бою для l-ї реалізації, а $\{C_i^l(T_0)\}$ і $\{D_j^l(T_0)\}$ – початковим станом бою для l-ї реалізації.

Якщо задані деякі критерії оцінки результату бою у вигляді деяких функціоналів

$$\Phi_1(\{C_i^l(T_1)\}; \{D_j^l(T_1)\}),$$

$$\Phi_2(\{C_i^l(T_1)\}; \{D_j^l(T_1)\})$$

і т. д., то значення цих функцій при конкретних значеннях аргументів називається результатом бою за відповідним критерієм.

Певні значення n і m , разом із властивостями випадкових функцій ζ_i і ξ_j будуть відрізняти один від одного різні бої за масштабом і фізичним змістом, за перебігом у часі.

Щоб для кожного бою можна було виділити всі елементи, зміна параметрів яких у часі визначала б розвиток бою, а також відповідні цим елементам випадкові функції ζ_i і ξ_j , то було б отримано повний математичний опис бою. Такий бій

можна було б вивчати методами теорії випадкових функцій. Однак на практиці виділити елементи бою внаслідок їх різноманіття і складних взаємозалежностей вкрай складно. Тому треба виділяти лише ті елементи, які істотно визначають розвиток бою, зводячи їх число до мінімуму, причому часто корисно об’єднувати елементи в групи, вважаючи кожен групу одним елементом.

Слід мати на увазі, що всі виділені параметри, що характеризують одновимірні випадкові функції, будуть лише деякими наближеннями точних, оскільки задаються вони деякими характеристиками (на практиці найчастіше обмежуються математичним сподіванням і кореляційною функцією).

Для прикладу розглянемо моделювання танкового бою на тактичному рівні. Такий рівень дає змогу віднести до елементів бою окремі бойові засоби: танки, артилерійські установки, протитанкові засоби і т. д. Параметри елементів характеризують їх розташування на місцевості, переміщення, характер діяльності і результат цієї діяльності. Зміна цих параметрів у часі визначається випадковими функціями часу, тобто деякими випадковими процесами.

Як параметри для обраних елементів бою приймаються такі випадкові функції від дійсного аргументу часу t :

$\eta_1(t)$ – функція боєздатності;

$\eta_2(t)$ – функція місця розташування;

$\eta_3(t)$ – функція швидкості;

$\eta_4(t)$ – функція характеру дії;

$\eta_5(t)$ – функція кількості боєприпасів.

Модель має давати алгоритмічний спосіб отримання наближених реалізацій цих функцій, що дає змогу надалі отримати наближені характеристики цих функцій для практичного їх використання. Ці реалізації здійснюються в трьох основних моделях:

- пересування елементів;
- виявлення елементів (цілей);
- стрільби.

Для реалізації моделі побудуємо онтологію предметної області. Термінами предметної області в даному випадку будуть: бойові машини, гармати, артилерійські снаряди тощо. Зв'язками між термінами будуть: «має снаряд», «має гармату» тощо.

Мета використання процедурних складових онтологічної моделі має полягати у тому, що на інформаційному рівні виконання операцій ідентифікації поточного стану об'єкта задаються «межі» проблемних ситуацій. На їх основі формується поточний інформаційний образ процесу діяльності, який будемо називати апостеріорною моделлю.

Математичні моделі пересування техніки, моделювання виявлення цілей та моделювання стрільби наведено у [2–4].

Моделювання бойових дій механізованого підрозділу

Основні дані для моделювання перебігу бойових дій зберігаються в онтології. Детальніше побудову таких систем описано в [5–9].

У ході виконання роботи створено програму, яка взаємодіючи з онтологією здійснює прогноз результатів бою. Далі наведено перелік, призначення та опис основних модулів:

CellInterface – призначений для представлення елементарної ділянки на полі бою. Класи, що реалізують цей модуль інкапсулюють дані про видимість, прохідність, висоту над рівнем моря цієї ділянки.

MashineInterface – призначений для опису бойової машини. Класи, що реалізують цей модуль інкапсулюють дані про бойову машину (швидкострільність, тип гармати, потужність двигуна і т. д.), боєздатність, поточну позицію.

FieldInterface – призначений для опису поля бою. Класи, що реалізують цей модуль інкапсулюють дані елементарні ділянки та розміри поля бою.

WeaponInterface – описує зброю, яка може розміщуватися на бойовій машині. Класи, що реалізують цей модуль інкапсулюють дані про розсіювання за координатами x та y , радіус стрільби та швидкострільність.

WayInterfalInterface – описує інтервал шляху руху бойової машини.

ShotInformationInterface – описує результати пострілу

GranateInterface – призначений для опису снарядів. Класи, що реалізують цей модуль інкапсулюють дані про радіус ураження.

Для роботи з онтологією було обрано засіб Protégé. Для написання процедур моделювання бойових дій взято середовище Eclipse – вільне модульне інтегроване середовище розробки програмного забезпечення.

Розглянемо приклад функціонування підсистеми моделювання перебігу бою. Необхідно дослідити закономірності результату бою танкової роти (батальйону) при наступі на протитанковий укріплений район. Розглядається наступне тактичне завдання. Танкова рота «наших», що складається з m танків, має прорвати протитанковий укріплений район «чужих». Цей район обороняє n танків «червоних», які замасковані і знаходяться в спеціально створених укриттях. Рота має наступати в заданому бойовому порядку в смугу шириною a метрів і глибиною c метрів. Загальний напрямок руху роти визначається взаємним розташуванням на місцевості вихідної позиції «чужих» і «наших». Напрямок руху для кожного танка «наших» визначається сукупністю орієнтирів (предметів на місцевості).

Бій починається в деякий заданий час T_0 і триває до того моменту, коли сили однієї із сторін стануть небоєздатними. Кінцем бою можна також вважати той момент $T_1 > T_0$, у який буде виконано бойове завдання або втрати однієї зі сторін перевищать допустимий відносний рівень.

Головне вікно програми, яка розроблена у середовищі Eclipse, що реалізує онтологічні моделі зі схемою взаємного розташування бойових машин (БМ) показано на рис. 1. На графіку, показаному на рис. 2, відображено ймовірність виходу з ладу БМ.

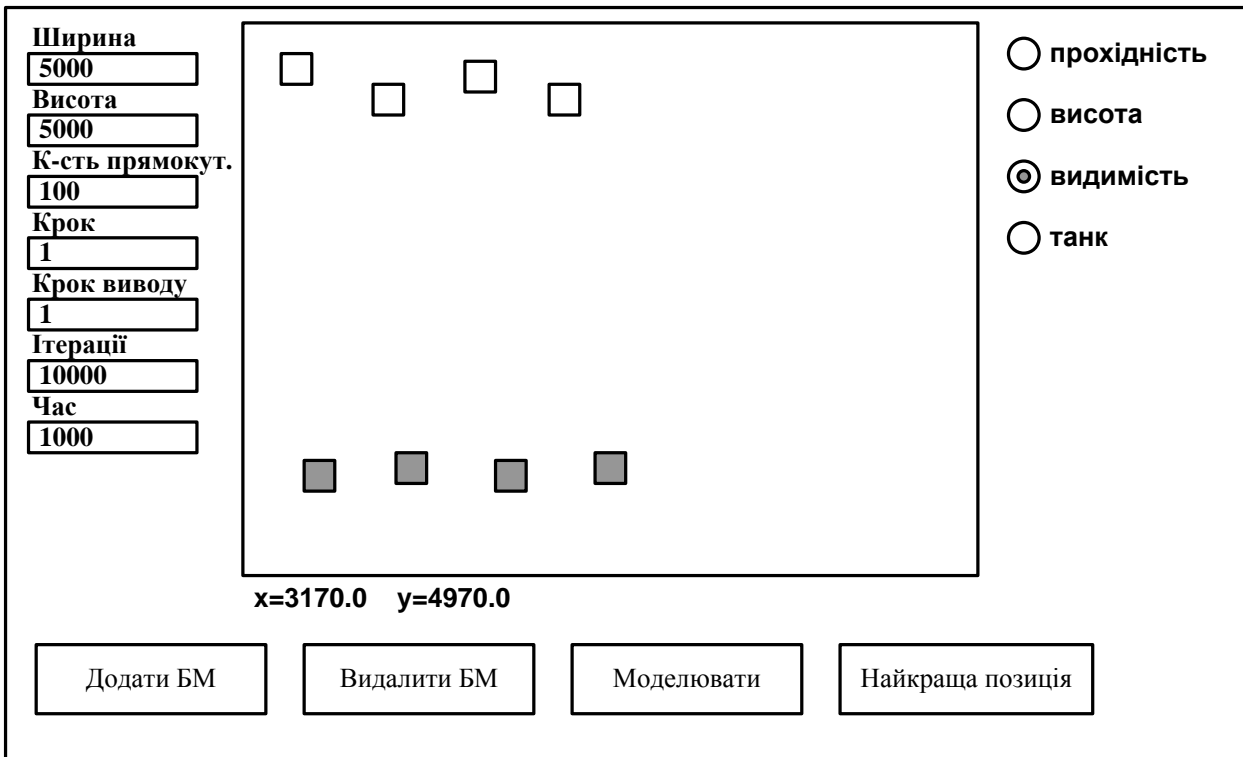


Рис. 1. Головне вікно програми

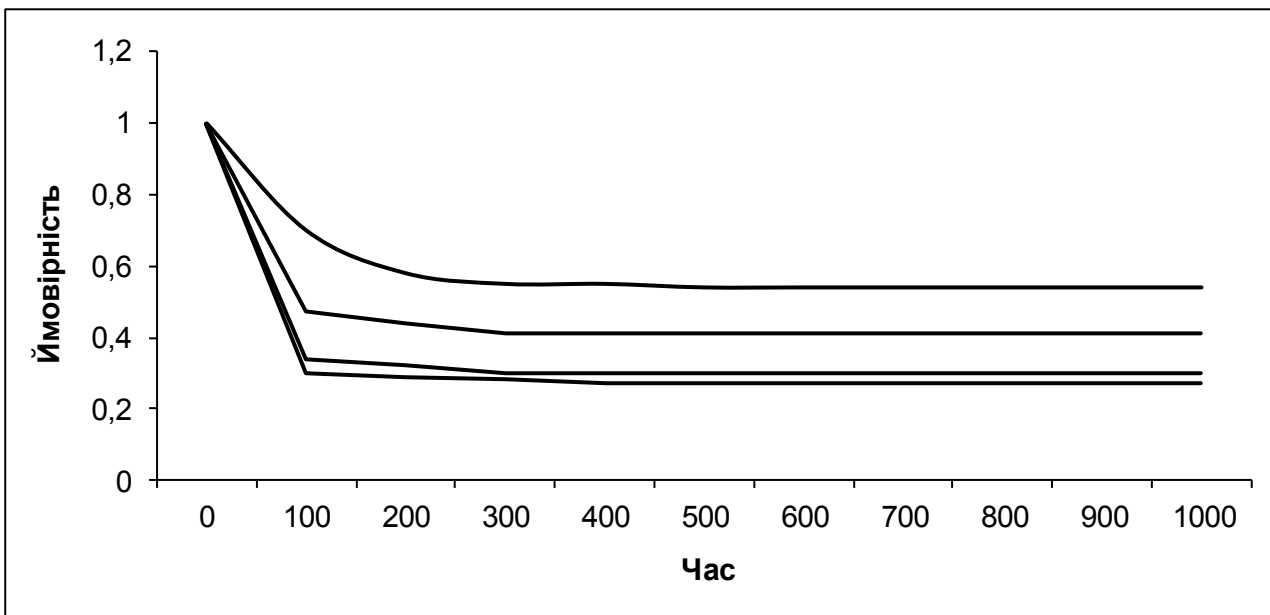


Рис. 2. Графік ймовірності виходу з ладу кожної БМ

Бій розпочнеться приблизно в момент $T_0 = 65\text{ с}$, оскільки бойові машини знаходяться на відстані, що перевищує радіус пострілів. Необхідно 65 с , щоб ця відстань стала допустимою для початку атаки. Бій закінчується у момент $T_1 = T_0 + 180\text{ с}$. Починаючи з цього моменту графіки ймовірностей стає паралельним, до осі x (див. рис. 3), отже, це кінець бою.

Обчислимо ймовірності виграшу кожної із сторін згідно з формулою $P = \frac{p}{p+q}$ [1]:

$$P(\text{виграш «наших»}) = \frac{0,2}{0,4+0,2} = 0,33;$$

$$P(\text{виграш «чужих»}) = \frac{0,4}{0,4+0,2} = 0,66.$$

Більшу ймовірність виграшу червоних можна пояснити кращою захищеністю їх військ, оскільки за умовою задачі «червоні» замасковані і знаходяться в спеціально створених укриттях.

Перевіримо адекватність моделі на наступному прикладі. Розглянемо тепер так званий дуельний бій, тобто розмістимо

на карті дві однакові бойові машини («чужу» і «свою»), так щоб відстань між ними не перевищувала радіус пострілу і позначимо добре замасковану ділянку. Цю ділянку виберемо так, щоб жодна бойова машина не знаходилася в ній. Результати такого бою наведено на рис. 4, на якому відображено динаміку бою.

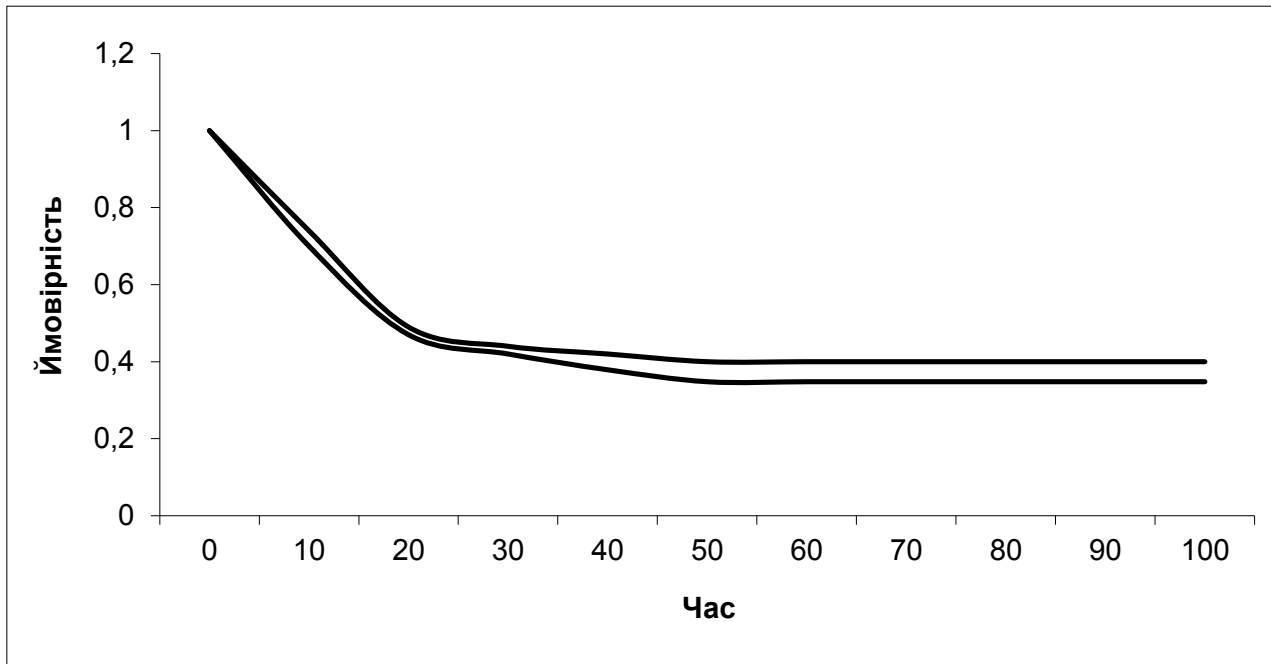


Рис. 3. Графіки середньої ймовірності виграшу двох однакових бойових машин в однакових умовах

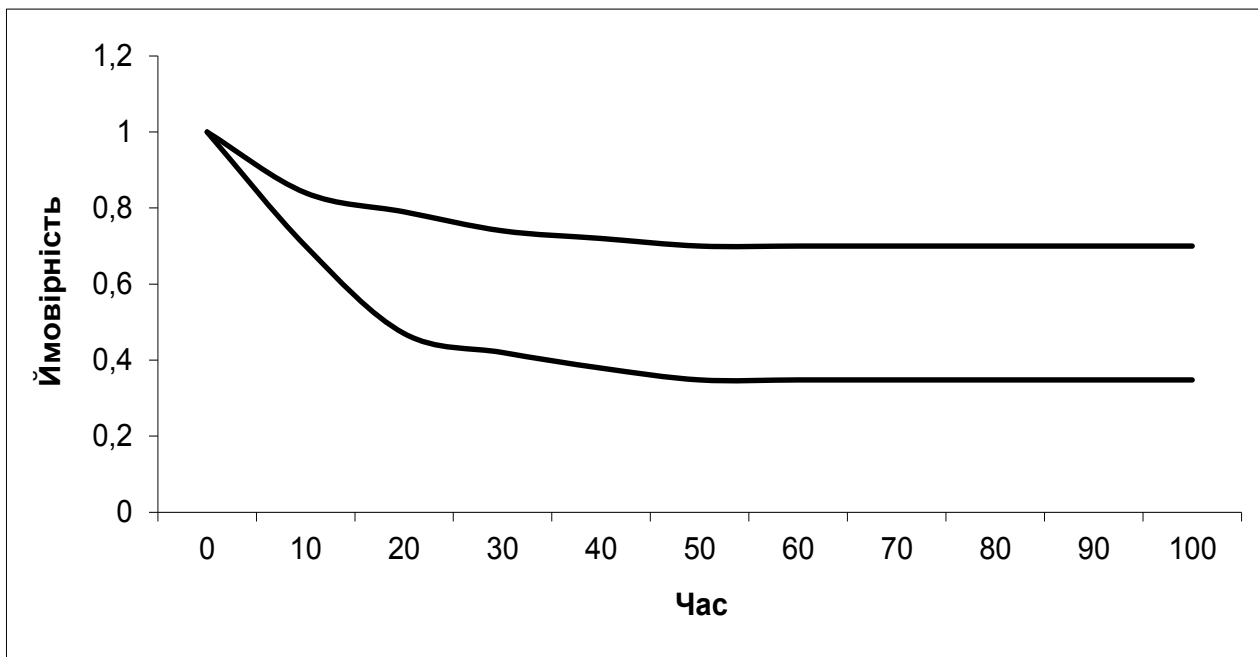


Рис. 4. Графіки середньої ймовірності виграшу однакових бойових машин

Оскільки бойові машини однакові, то ймовірності їх виграшу теж однакові. Незначну перевагу «наших» можна пояснити похибкою моделювання.

У результаті моделювання знаходимо найкращу позицію для БМ. Тепер переставимо «нашу» БМ в цю позицію і знову спрогнозуємо результати. Тоді ймовірність виграшу «наших» значно зросла (див. рис. 4).

Висновки

Для прийняття ефективних управлінських рішень Сухопутним військам Збройних Сил України необхідна така автоматизована система управління військами, центральною компонентою якою є база знань. Ядром такої бази знань, у свою чергу, є онтологія предметної області. Центральною системою АСУ є СППР. Така система реалізована для механізованих і танкових підрозділів на основі онтологічної моделі, яка побудована в середовищі Protégé. Модуль моделювання бойових дій розроблений за допомогою програмного засобу Eclipse.

Перевагою такого підходу є те, що використання БЗ дає змогу реалізувати логічне виведення, а отже будувати план дій (2, 3 кроки петлі Бойда) [10]. Окрім того онтології стали світовим стандартом подання знань у форматі OWL, а отже наш модуль легко може інтегруватись у будь-яку СППР.

Результати проведеного моделювання засвідчили адекватність реалізованої у програмі моделі бойових дій, їх несуперечність відомим результатам та здоровому глузду.

Таким чином, запропонований у статті підхід до проектування системи підтримки прийняття рішень під час організації і ведення бойових дій з'єднаннями, частинами і підрозділами Сухопутних військ Збройних Сил України та його програмна реалізація можуть бути використані при розробці автоматизованої системи управління тактичної ланки Сухопутних військ як складової Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України.

1. *Ткаченко П.Н., Куцев Л.Н., Мецераков Г.А., Чавкин А.М., Чебыкин А.Д.* Математические модели боевых действий. – М.: Советское радио, 1969. – 240 с.
2. *Вентцель Е.С.* Введение в исследование операций. – Советское радио, 1969. – 390 с.
3. *Можаровський В.М., Загорка О.М.* Основні положення методики визначення варіанта (способу) бойових дій та складу уруповання військ (сил) для відбиття агресії // Наука і оборона – 2011. – № 1 – С. 3–6.
4. *Литвин В.В., Лучук Е.В., Ткачук П.П.* Система підтримки прийняття рішень як складова автоматизованої системи управління сухопутних військ збройних сил України // Військово-науковий вісник. – 2013. – Випуск 2(9). – С. 43–46.
5. *Литвин В.В.* Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 240 с.
6. *Литвин В.В.* Підхід до побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій // Проблеми програмування; Інститут програмних систем. – Київ, 2013. – № 4. – С. 43–52.
7. *Досин Д.Г., Литвин В.В., Нікольський Ю.В., Пасічник В.В.* Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях – Львів: «Цивілізація», 2009. – 414 с.
8. *Литвин В.В.* Моделювання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з використанням онтологічного підходу // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запорізький національний технічний університет. – 2011. – № 2(25). – С. 93–101.
9. *Литвин В.В., Даревич Р.Р., Досин Д.Г., Шкутяк Н.В.* Проектування інтелектуальних агентів прийняття рішень в просторі ознак з використанням онтологічного підходу // Штучний інтелект. – Інститут проблем штучного інтелекту. – Донецьк, 2010. – № 4. – С. 398–403.
10. *Литвин В.В., Оборська О.В., Вовнянка Р.В.* Метод моделювання процесу підтримки прийняття рішень у конкурентному середовищі // Математичні машини й системи. – К.; 2014. – № 1. – С. 50–57.

Одержано 08.07.2014

Про автора:

Оборська Оксана Володимирівна,
аспірантка.

Місце роботи автора:

Національний університет
«Львівська політехніка»,
79013, м. Львів,
вул. Бандери, 12,
кафедра інформаційних систем та мереж.
Тел.: (032)258 2538.
E-mail: oksana949@gmail.com