

УДК 004.021

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.036170

Р. О. КОЛЕСНИК, магістр;

А. Б. КОБА, ст. викладач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОЇ ГРИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ

*Розглянуто використання математичного аналізу для подальшого створення імітації військової гри.*

*Проаналізовано можливість використання математичного аналізу для імітації військової гри. Використаний підхід дасть змогу ефективніше аналізувати втрати своїх та чужих на бойовій карті, а зміна коефіцієнта уможливить налаштування сил підрозділів.*

*Описано програмне забезпечення імітаційного моделювання JCATS, за основу якого можна взяти імітаційні алгоритми та впровадити їх у військову гру. Військова гра дає можливість планувати етапи наступу на противника з аналізом втрат своїх та чужих.*

**Ключові слова:** моделювання; військова гра; JCATS; бойові дії; алгоритм; підрозділ; битва; математичний аналіз.

### Вступ

Останні роки Україна активно обороняється від агресора. Військовим потрібно активно вдосконалювати зброю, техніку, різноманітне обладнання тощо. Але варто звернути особливу увагу на імітацію бою. За допомогою карти штаб імітує можливі бої, які можуть відбутися на тій чи іншій території. У військових таку імітацію називають «Військовою грою».

Створюючи гру, розробнику потрібно виконувати симуляцію кроків для вироблення якогось балансу. Під час битв підрозділів треба відшукувати математичну модель, аби вірно розрахувати втрати і в який проміжок часу вони можуть статися. Тому було розроблено математичну модель для спрощеного моделювання атаки підрозділів.

У центрі імітаційного моделювання є одна з програм під назвою JCATS. Цю систему імітаційного моделювання (СІМ) було створено Лабораторією імітаційного моделювання при Національній лабораторії Лоренса Лівормора (США) та є однією з найпотужніших систем, представлених сьогодні на ринку конструктивних тренажерів. За допомогою цієї гри офіцерський склад та військовослужбовці можуть розглядати різні версії битви у грі.

JCATS — це версія 3D гри для звичайних військовослужбовців, де кожен виконує свою роль. Але не вистачає версії програми, де штаб міг би проектувати саму битву з різними підрозділами та враховувати ймовірності втрат своїх та чужих [1].

Система JCATS дає можливість достатньо успішно імітувати будь-які дії в різних середовищах (земля, вода, повітря) [2].

У статті розглядатиметься неперервний підхід, тобто сили ворогуючих підрозділів подано у вигляді неперервних величин, а їх бій проходить у неперервний проміжок часу. Це вирішення дає змогу скористатися методами математичного аналізу і дістати відповіді на поставленні запитання. За допомогою цих розрахунків можна багато чого зрозуміти щодо завдань військової битви.

### Основна частина

Початковими даними для симуляції битви є ворожі підрозділи з певною кількістю солдат або бойової техніки. Звісно, є випадки зустрічі різнорідних армій із різною кількістю видів техніки. Але ми не будемо розглядати ці бойові дії з важкою структурою, а зупинимось на більш простій — зустрічі двох військ із однаковими типами військовослужбовців та бойовою ситуацією, але з різною кількістю солдат. Тому за початкові дані будемо брати певну кількість солдат із кожного боку на момент битви.

У реальній битві війська атакують один одного з вогнепальної зброї або у ближньому бою. Кожна атака є дискретною та може привести до перемоги або поразки. Після певної дії атаки, солдат має перезарядити зброю, прицілитись тощо, тобто він не одразу може здійснити ще одну атаку. Ефект від цих атак залежить від потужності зброї, бойових вмінь або обороноздатності протилежної сторони. Тому всі ці фактори можна замінити деяким коефіцієнтом  $k$ , який описуватиме певну середню кількість військовослужбовців, яку буде знищено за певний проміжок часу. У цьому коефіцієнті можна використати такі фактори:

- модифікований тип зброї або підвищена точність попадання;
- спосіб оборони або швидкість прийняття рішення;
- вплив місцевості, погоди та інше.

Потрібно зазначити, що майже ніколи солдати не мають однакою екіпіровку, кількість та схожі умови ведення бою. Тому коефіцієнт для різних військ буде різний. Але поки можна перевірити, що буде з військами з однаковим коефіцієнтом.

Перш ніж побудувати формулу, наведемо вхідні дані. Нехай  $x(t)$  — це кількість військовослужбовців у першому підрозділі, яка буде зменшуватись після атаки супротивника, а  $y(t)$  — це кількість військовослужбовців другого підрозділу. Виходячи з опису, можна подати формули (1) та (2) у такому вигляді:

$$\frac{dx}{dt} = -ky; \tag{1}$$

$$\frac{dy}{dt} = -kx. \tag{2}$$

Отже, швидкість втрат військовослужбовців першого підрозділу є пропорційною до кількості військовослужбовців другого підрозділу та навпаки.

З огляду на зазначене ми отримуємо диференційні рівняння [3], подані формулами (3) і (4):

$$x = \frac{e^{-kt}}{2} (Q_1(e^{2kt} + 1) - Q_2(e^{2kt} - 1)); \tag{3}$$

$$y = \frac{e^{-kt}}{2} (Q_2(e^{2kt} + 1) - Q_1(e^{2kt} - 1)). \tag{4}$$

Тут  $Q_1$  і  $Q_2$  — константи інтегрування, які потрібно визначити [3]. Якщо кількість військовослужбовців першого підрозділу в момент початку битви становила  $t = 0 = x_0$ , а другого підрозділу відповідно  $t = 0 = y_0$ , то, скориставшись виразами (3) і (4), дістанемо  $Q_1 = x_0$ ,  $Q_2 = y_0$ . Після спрощення матимемо:

$$x = \frac{1}{2} e^{-kt} ((x_0 - y_0)e^{2kt} + x_0 + y_0); \tag{5}$$

$$y = \frac{1}{2} e^{-kt} ((y_0 - x_0)e^{2kt} + x_0 + y_0). \tag{6}$$

Було розв'язано формули, за допомогою яких визначено кількість військовослужбовців, котрі залишилися у кожному підрозділі після проведеного бою.

Графік, зображений на рис. 1, розраховано за допомогою системи Wolfram Alfa. Взяті значення для  $x_0 = 90$  та  $y_0 = 100$  для кожного підрозділу експонента будуть діяти по-різному. Підрозділ, який під час бою мав більшу кількість солдат, дістане додатний стимул, тобто швидкість скорочення кількості бійців у підрозділі зменшиться. Інший підрозділ отримає від'ємний стимул, тобто швидкість зменшення підрозділу зростатиме. Отже, якщо підрозділи перебувають в однаковому стані та мають майже однакою кількість військовослужбовців, то перемаже підрозділ, який має більшу кількість людей. Але ситуація може змінитись, якщо змінити коефіцієнт. Тоді перевагу дістане підрозділ із більшим коефіцієнтом.

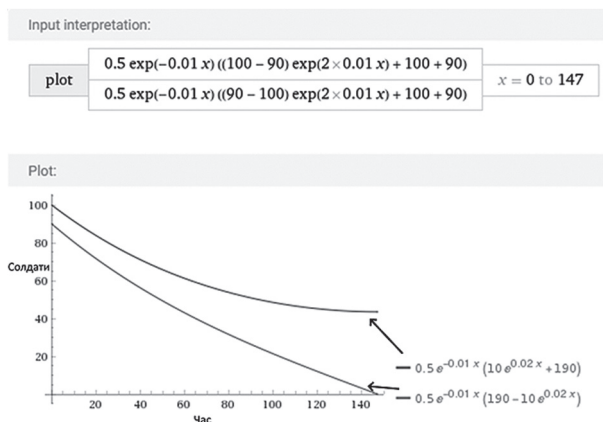


Рис. 1. Графік втрат за проміжок часу

Аналізуючи графік на рис. 1 можна побачити, що на початку поєдинку два підрозділи втрачають кількість солдат із однакою швидкістю, оскільки різниця між ними невелика. Але з плином часу, швидкість втрат другого підрозділу зростає. І тому, маючи перевагу у 10%, можна здобути не тільки перемогу, а й зберегти майже половину підрозділу військовослужбовців.

Графік було побудовано з коефіцієнтом  $k = 0,01$ . Уявімо, що підрахунок ведеться у хвиликах. Із цього випливає, що кожний військовослужбовець кожну хвилину вбиває у середньому 0,01 військового супротивника. Це доволі низька вогнева міць і попадання, але ця битва закінчиться приблизно за 150 хв.

Після повного знищення підрозділу немає сенсу обчислювати функцію та визначати  $x(t)$ ,  $y(t)$ . Нехай кінцевий час битви  $t_1$ , якщо  $t > t_1$ , то  $x(t)$  стане менш як 0, а  $y(t)$  почне збільшуватись. Щоб такого не сталося, потрібно знайти  $t_1$ .

Нехай  $x_0 < y_0$ , підставимо  $x(t_1) = 0$  у формулу (3) і після розрахунків дістанемо

$$t_1 = \frac{1}{2k} \ln \left( \frac{x_0 + y_0}{y_0 - x_0} \right). \quad (7)$$

Тепер можна знайти втрати підрозділу, який здобув перемогу. Для цього підставимо  $t_1$  у формулу (3), і після перетворень ми дістанемо вираз

$$y(t_1) = \sqrt{y_0^2 - x_0^2}. \quad (8)$$

За допомогою формули (8) можна розрахувати результат битви, тобто кількість втрат переможця. Отже, зрозуміло, що підрозділ із більшою кількістю військ переможе, але нам потрібно було знайти втрати сторони, яка перемогла битву.

### Висновок

Таким чином, можна дійти висновку, що коефіцієнт не впливає на втрати переможця, а залежить від початкової кількості військовослужбовців у підрозділі. Від коефіцієнта залежить тільки тривалість самої битви.

Симуляція битв дає змогу отримати результат у разі малих затрат на підрахунки. Затрати на розрахунок були —  $O(1)$ . Показано, що навіть якщо підрозділ трішки перевершує іншу сторону конфлікту, то він повністю знищить підрозділ супротивника у разі менших втрат, чим інтуїтивно можна уявити на перший погляд.

Звичайно, реальна битва не зовсім підпадає під ці формули та діють зовсім інші коефіцієнти. Також важливо зважати на фактори, які не було враховано.

### Список використаної літератури

1. *Taylor James G. Support of JCATS Limited Verification and Validation: report. Monterey, California: Naval postgraduate school, September 2001. 51 p.*
2. *JCATS: Algorithm manual – draft version 8.0. Lawrence Livermore National Laboratory, 2008. 98 p.*
3. *Самойленко А. М., Перестюк М. О., Парасюк І. О. Диференційні рівняння / 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Либідь, 2003. 600 с.*

*Р. О. Колесник, А. Б. Коба*

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ВОЕННОЙ ИГРЫ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Рассмотрено использование математического анализа для последующего создания имитации военной игры.*

*Анализируется возможность использования математического анализа для имитации военной игры. Используемый подход позволит более эффективно анализировать потери союзников и врагов на боевой карте, а меняя коэффициент возможно настраивать силу подразделений.*

*Описано программное обеспечение имитационного моделирования JCATS, за основу которого можно взять имитационные алгоритмы и внедрить их в военную игру. Военная игра дает возможность планировать этапы наступления на противника с анализом потерь союзников и врагов.*

**Ключевые слова:** моделирование; военная игра; JCATS; боевые действия; алгоритм; подразделение; битва; математический анализ.

*R. Kolesnyk, A. Koba*

### SOFTWARE DEVELOPMENT FOR IMITATION OF A WAR GAME BY MATHEMATICAL ANALYSIS

*This article discusses the use of mathematical analysis for the subsequent creation of an imitation of a war game.*

*The possibility of using mathematical analysis to simulate a war game is analyzed. The approach used will allow more efficient analysis of the losses of allies and enemies on the combat map, and by changing the coefficient it is possible to adjust the strength of units.*

*The JCATS simulation software is described, which can be based on simulation algorithms and embedded in a war game. War game makes it possible to plan the stages of an attack on the enemy with an analysis of the losses of allies and enemies.*

**Keywords:** simulation; war game; JCATS; combat operations; algorithm; unit; battle; mathematical analysis.