

**Висновки**

Використання дискретного косинус-перетворення дозволяє досить ефективно боротися з періодичним технологічним шумом, а послідовне використання згортки відфільтрованого сигналу з відомим електромагнітним імпульсом ПЕМПЗ, дозволяє з високою точністю визначити час розриву суцільності ґрунту.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Пикареня Д. С. Опыт применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для решения инженерно-геологических и

геологических задач / Д.С. Пикареня, О.В. Орлинская. – Днепропетровск: Изд-во «СВИДЛЕР», 2009. – 120 с.

2. Орлинская О. В. О влиянии электромагнитных полей на образование гидротермально-метасоматических рудных формаций / О. В. Орлинская, Д. С. Пикареня, Г. М. Стюкас [та ін.] // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. – № 2. – С. 98–104.
3. Зверев В.А. Выделение сигналов из помех численными методами / В.А.Зверев, А.А.Стромков. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001. – 188 с.
4. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов / Э.Айфичер, Б.Джервис. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.

пост. 20.04.2017

**Л.О. ОЛІЙНИК**, к.ф.-м.н. доцент

**С.М. БАЖАН**, студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

## Математична модель розрахунку балансу комп'ютерних ігор жанру Tower Defense

Метою роботи є побудувати математичну модель розрахунку балансу комп'ютерної гри жанру Tower Defense. При розробці програмного коду гри необхідно мати досить гнучкий алгоритм підбору стратегій для комп'ютера, щоб задовольнити інтерес гравця і викликати в нього бажання продовжити гру. Саме проблемі вибору стратегій для дій комп'ютера присвячена дана робота.

Математична модель, що побудована в дані роботі, дає змогу визначити параметрів керування, а разом з ним і стратегії, які регулюють рівень складності гри і дають змогу гравцеві отримати перемогу, при правильному виборі його власної стратегії.

**Постановка проблеми**

XXI століття — століття комп'ютерних технологій, які щодня розвиваються і використовуються як для праці, так і для відпочинку. Окрему нішу займають комп'ютерні ігри, тобто комп'ютерні програми або частини комп'ютерних програм, що служать для організації ігрового процесу (геймплея).

Головна мета розробників комп'ютерних ігор — створити програму, яка б мала кілька рівнів складності, ігровий процес, викликала високий рівень зацікавленості гравця і дозволяла б йому при виборі правильних стратегій поведінки досягати перемоги. Крім того, перемога гравця не повинна бути досить легкою. Отже, при розробці програмного коду комп'ютерної гри необхідно мати досить гнучкий алгоритм підбору стратегій, що гарантують певний процент позитивних результатів для гравця. Цей відсоток визначає рівень складності гри.

Саме проблемі математичного моделювання алгоритму вибору стратегій комп'ютерної програми у відповідності до рівня складності гри присвячена дана робота. Вибір стратегії залежить від так званих параметрів керування. Розв'язання задачі визначення параметрів керування базується на математичній теорії ігор.

**Постановка задачі:** створити математичну модель алгоритму вибору стратегій ігрової програми, які визначають рівень складності гри і гарантують певний відсоток вигравів гравцеві, за умови, коли він визначить вірну стратегію гри для себе.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Інформаційна база у сфері математичних моделей для комп'ютерних ігор жанру Tower Defense майже відсутня. Аналіз джерел, знайдених в мережі Інтер-

нет([1]—[5]), показав, що данні моделі представлені тільки у формі опису до розрахунків, які не мають чіткого алгоритму, та розрахункових формул, і вони спрямовані тільки на гру вузького типу.

**Основні загальноприйняті поняття та термінологія**

**Tower Defense** (з англ. — «*Вежовий захист*») — жанр стратегічних комп'ютерних ігор. Гра полягає в тому, що необхідно знищити супротивників, які нападають і не допустити, щоб вони дійшли до кінця ігрового поля [6]. Знищення противника проводиться за допомогою будівництва веж, що розставляються уздовж ігрового поля по якому рухаються противники.

Гра відбувається на **полі** або **карті**, як правило це прямокутник, але форма поля може бути і іншою. Полем або картою рухаються ігрові одиниці, що називаються **юнітами**. Юніти можуть мати різну інтерпретацію — це можуть бути військові, якісь монстри, бойова техніка. Серед юнітів виділяється максимально сильна одиниця, так званий **бос**. Задача гравця полягає в тому, щоб підібрати за певними характеристиками впливу на юнітів, так звані, **вежі**, і розташувати їх таким чином, щоб ні один з юнітів не пройшов свій шлях до кінця. В деяких іграх є так звані головні форти або замки, які необхідно захистити від юнітів.

Для кожної гри такого типу необхідно мати **баланс гри** — це одна з найскладніших сторін розробки ігор. З тієї інформації, що є сьогодні в середовищі розробників ігор даного типу, випливає, що баланс гри визначається експериментально під час бета-тестування певної версії гри, за рахунок підбору тих чи інших параметрів керування, тобто характеристик юнітів та веж. Але остаточно баланс гри відточується протягом деяко-

го часу після виходу самої гри. Після випуску нової версії балансу розробники пропонують встановити патч який виправить всі недоліки і збалансує гру.

Саме математична модель балансу гри повинна визначати оптимальну сукупність керуючих параметрів, які впливають на вибір тієї чи іншої стратегії поведінки гравців, і надати розробнику повний перелік стратегій, у відповідності з рівнями складності гри.

**Параметри керування** — масив даних, який визначає вибір певної ігрової стратегії. Кількість керуючих параметрів може як збільшуватись так і зменшуватись або змінюватись, в залежності від складності гри.

#### Обмеження та припущення

Технічне завдання на розрахунок показників включає такі обмеження та припущення.

1. Довжина шляху юніта буде складати від 10% до 20% загальної кількості клітин ігрового поля.

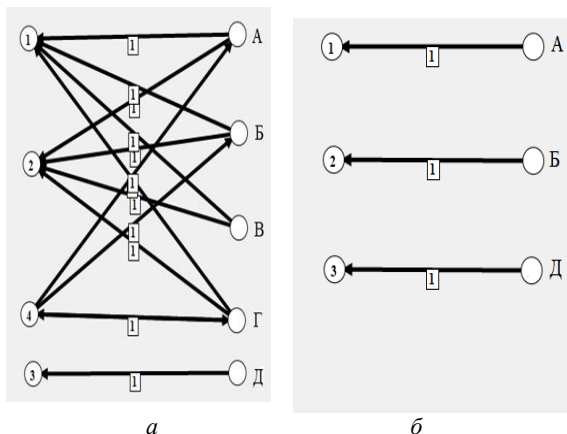
2. Зона обстрілу побудованої вежі є обмеженою, але може змінюватись протягом гри.

3. Вежа може вразити або знищити супротивника тільки тоді, коли він знаходиться в зоні обстрілу.

4. Основними параметрами є скорострільність веж та кількість життів юніта. Скорострільність веж визначає їх міць і вартість. А кількість життів юніта визначає його час, необхідний для його знищення.

Якщо при сталому значенні кількості життів юніта, скорострільність веж буде занадто мала або навпаки велика, то гравець буде завжди програвати, або вигравати, що призведе до втрати інтересу до даної гри.

На рис. 1 наведено варіант взаємодії юнітів та веж різного рівня оснащення. На першому рисунку відображається принцип взаємодії веж та юнітів різних видів, на другому рисунку взаємодія тільки однакового типу.



- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 1) піхота;             | А – протипіхотні вежі;         |
| 2) військова техніка ; | Б – протитанкові вежі;         |
| 3) авіація;            | В – вежі які уповільнюють рух; |
| 4) бос.                | Г – вежі масового ураження;    |
|                        | Д – протиповітряні.            |

Рис.1. Карта впливу (а — різних видів, б — однакових видів)

Розв'язання задачі моделювання балансу гри базується на математичній теорії ігор. Для отримання функції виграшу та матрицю гри розроблено певний розрахунковий апарат, що дозволяє при змінах параметрів керування отримувати певні набори стратегій для даної гри.

В даній роботі побудовано матрицю гри для веж та юнітів однакового типу з чотирма параметрами керування.

Для визначення функції виграшу, необхідно мати інформацію про шлях пересування юнітів та кількість часу, протягом якого вони проходять цей шлях.

Нехай  $S$  — довжина шляху юнітів — не більше 20% і не менше 10% загальної кількості клітин ігрового поля.  $a$  — довжина ігрового поля;  $b$  — ширина ігрового поля.

Наприклад, при розмірах поля 12 на 16 (одиниця виміру клітинка, тобто площа поля дорівнює 192 клітинкам) довжина шляху знаходиться в межах між  $19,2 \approx 19$  до  $38,4 \approx 39$  (клітин). Тобто

$$[0,1ab] \leq S \leq [0,2ab].$$

Будемо називати **хвилею** — групу юнітів, яка виходить на ігрове поле. Якщо врахувати, що за  $T$  хвилин повинно відбутися  $L$  хвиля. То загальний шлях одного юніта буде перебувати в межах

$$[0,1abL] \leq S_{\text{зар}} \leq [0,2abL].$$

Можна прийняти, що

$$S_{\text{зар}} = \left[ \frac{0,2abL + 0,1abL}{2} \right] = [0,15abL].$$

Виходячи з цього отримаємо обмеження для швидкості руху юніта:

$$\frac{[0,1abL]}{T} \leq V \leq \frac{[0,2abL]}{T}$$

Для визначення часу знаходження юніта або групи юнітів (хвилі) в зоні обстрілу гармати з радіусом дії  $R_j$  визначимо зону обстрілу вежі наступним чином:

$$\max_i \{ |a_i - a|; |b_i - b| \} \leq R_j.$$

З цих умов видно, що зона обстрілу має форму квадрату з стороною  $2R_j + 1$ . Периметр дорівнює  $8R_j$  — це найдовший шлях в зоні обстрілу наведено на рис.2.

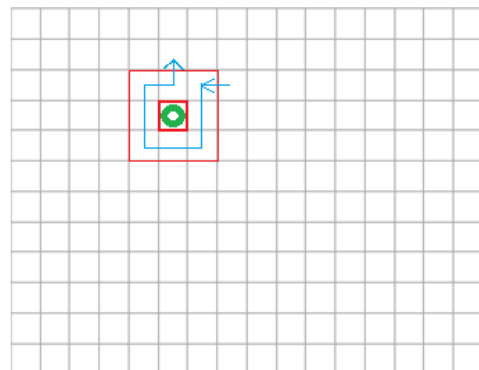


Рис.2. Найдовший шлях в зоні обстрілу

Виходячи з розрахунків викладених раніше, отримаємо три значення часу знаходження одного юніта в зоні обстрілу вежі.

$$t_{j, \min} = \frac{4R_j}{V_{\min}} = \frac{4R_j T}{[0,1abL]},$$

$$t_{j, \text{ном}} = \frac{4R_j}{V_{\text{НОМ}}} = \frac{4R_j T}{[0,15abL]},$$

$$t_{j, \max} = \frac{4R_j}{V_{\max}} = \frac{4R_j T}{[0,2abL]}.$$

Нарешті, можна знайти кількість пострілів вежі  $j$ -того типу за час  $t_{j, \text{ном}}$  перебування групи юнітів в зоні обстрілу, і обчислити скорострільність вежі  $j$ -того типу:

$$Z_{j, \text{ном}} = \frac{m_k x_k [0,15abL]}{(4R_j + m_k - 1)T},$$

де  $k$  — тип юніта ( $k = 1, 2, 3, 4$ );  $m_k$  — кількість юнітів  $k$ -того типу;  $x_k$  — кількість життя юніта  $k$ -того типу.

Аналогічно можна обчислити мінімальну і максимальну скорострільність вежі  $j$ -того типу. Вважаємо, що «якість ураження» вежі визначається знайденим параметром скорострільності.

Аналогічно, якщо ввести коефіцієнт  $W_k$  — «захисних можливостей» юніта  $k$ -того типу збільшує кількість життів юніта, то отримаємо формулу, що представляє функцію виграшу. Якщо ця функція більше нуля, то це означає виграш гравця.

Таким чином виграш настає в разі, якщо

$$H = n_j \frac{(4R_j + m_k - 1)T}{0,175abL} Q_j Z_j - m_k W_k x_k \geq 0,$$

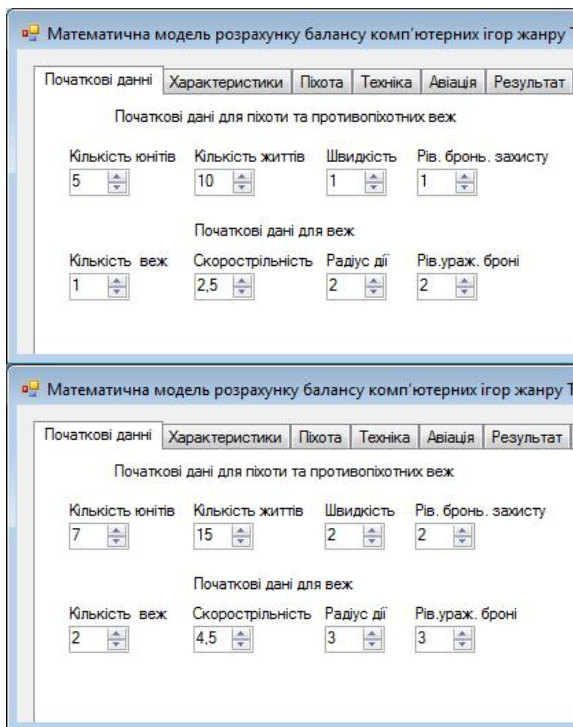


Рис.3. Початкові значення характеристик стратегії для веж та юнітів

де  $n_j$  — кількість веж  $j$ -того типу;  $Q_j$  — рівень ураження броньованої піхоти або техніки, вежею  $j$ -того типу.

Таким чином визначається елемент матриці даної гри, розрахунок якої реалізовано програмним засобом.

Для модельного прикладу розглянуто, ситуацію з 4-ма параметрами керування. На рис. 3 наведено елементи інтерфейсу програми, для введення початкових параметрів для юнітів і веж.

В результаті перебору усіх можливих варіантів параметрів керування, отримано матрицю гри. На рис. 4 наведено фрагмент матриці гри для піхоти та протипіхотної вежі.

Дана матриця містить 6561 варіант результатів гри. Нарешті, матриця гри дозволяє визначити ті стратегії для комп'ютерної програми, які дають наприклад Р%, виграшів для гравця. Таким чином, певна послідовність значень Р% визначає рівень складності гри і кількість позитивних результатів для гравця (рис.5).

The screenshot shows a software window titled "Математична модель розрахунку балансу комп'ютерних ігор жанру Tower Defense". It has several tabs: "Початкові данні", "Характеристики", "Піхота", "Техніка", "Авіація", and "Результат". The "Результат" tab is active, showing a 10x10 matrix of values.

	Початкові данні	Характеристики	Піхота	Техніка	Авіація	Результат				
	-20	70	40	50	150	100	90	230	160	70
	-70	20	-10	0	100	50	40	180	110	20
	-120	-30	-60	-50	50	0	-10	130	60	-30
	-35	10	-5	0	50	25	20	90	55	10
	-85	-40	-55	-50	0	-25	-30	40	5	-40
	-135	-90	-105	-100	-50	-75	-80	-10	-45	-90
	-40	-10	-20	-16...	16...	0	-3,3...	43...	20	-10
	-90	-60	-70	-66...	-33...	-50	-53...	-6,6...	-30	-60
	-140	-110	-120	-116...	-83...	-100	-10...	-56...	-80	-110
	-70	20	-10	0	100	50	40	180	110	20
	-170	-80	-110	-100	0	-50	-60	80	10	-80
	-270	-180	-210	-200	-100	-150	-160	-20	-90	-180
	-85	-40	-55	-50	0	-25	-30	40	5	-40
	-185	-140	-155	-150	-100	-125	-130	-60	-95	-140
	-285	-240	-255	-250	-200	-225	-230	-160	-195	-240

Рис.4. Матриця гри

The screenshot shows a software window titled "Математична модель розрахунку балансу комп'ютерних ігор жанру Tower Defense". It has several tabs: "Стратегії виграшу у %", "Значення характеристик", and "Знач. характ. результат". The "Стратегії виграшу у %" tab is active, showing a table of winning strategies for "Піхота".

Піхота												
195	690	442,5	0	82,5	0	0	262,5	121,88	71,25	442,5	256,88	50%-30%
270	840	555	0	195	71,25	37,5	375	206,25	127,5	555	341,25	50%-30%
540	1680	1110	0	390	142,5	75	750	412,5	255	1110	682,5	50%-30%
270	840	555	0	195	71,25	37,5	375	206,25	127,5	555	341,25	50%-30%
120	540	330	0	0	0	0	150	37,5	15	330	172,5	30%-20%
80	360	220	0	0	0	0	100	25	10	220	115	30%-20%
120	540	330	0	0	0	0	150	37,5	15	330	172,5	30%-20%
120	690	405	0	45	0	0	225	56,25	0	405	191,25	30%-20%
80	460	270	0	30	0	0	150	37,5	0	270	127,5	30%-20%

Рис.5. Стратегії для комп'ютерної програми, які дають виграш 50—30% та 30—20%

Таким чином, за допомогою обраного масиву керуючих параметрів можна впливати на хід гри, змінювати стратегії та обирати більш легкий рівень складності гри.

