

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

## Харківський національний університет радіоелектроніки

### Штучна імунна система на основі моделі клонального відбору для керування поведінкою ботів в RPG-іграх

Виконав:  
магістрант групи КСМм-23-1 Худяков А.А.

Науковий керівник:  
ст. викл. каф. ЕОМ Фомічов О.О.

1



Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кафедра ЕОМ

## Актуальність проблеми

- Великий інтерес до методів інтелектуальної обробки даних
- Сфера розробки ігрових проектів займає великий сегмент сучасного IT-ринку
- Системи штучного інтелекту для ботів в ігрових проектах користуються великою увагою
- Великий науковий інтерес до біологічних методів організації обчислень, в тому числі штучних імунних систем
- Імунна модель клонального відбору не використовувалася для керування поведінкою ботів в RPG-проектах

2

## Існуючі рішення

Найбільш поширеними системами керування ботами в іграх є:

- Бінарні дерева прийняття рішень
- Штучні нейронні мережі

Найбільш поширеними імунними моделями є:

- Модель штучної імунної мережі
- Модель відбору клонів

3

## Постановка задачі

- Розробити імунний метод на основі моделі клонального відбору для керування поведінкою ботів в RPG-грі
- Використати імунний метод Clonalg як основу для нового методу керування поведінкою ботів
- Використати технологію Unity при розробці RPG-гри для дослідження імунного методу керування ігровими ботами
- Дослідити особливості роботи запропонованого імунного методу clonalg-грг для керування поведінкою ігрових ботів

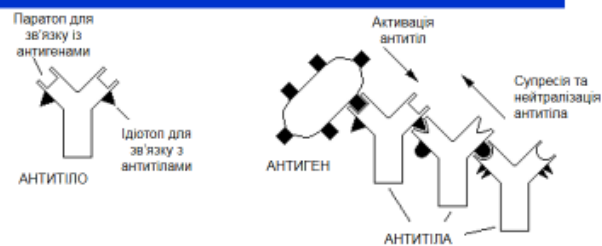
4

## Використані технології

- Платформа .NET 4.5
- Мова програмування C#
- Середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019
- Середовище ігрової розробки Unity 2019

5

## Модель штучної імунної мережі, алгоритм aiNET

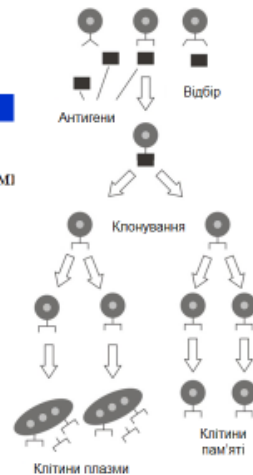


- Показник афінності як міра подібності антитіл та антигенів
- Робота зі зв'язками типу антитіло-антиген та зв'язками типу антитіло-антитіло
- Зупинка при досягненні специфічності антитіл до антигенів

6

## Модель клонального відбору, алгоритм Clonalg

- Мира подібності імунних об'єктів – афінність між антитілами та антигенами
- Набор антигенів як цільова задача або навчальна вибірка
- Оператори відбору та старіння для редагування популяції антитіл
- Зупинка алгоритму при досягненні стану специфічності, коли всі антитіла відтворили антигени
- Клітини імунної пам'яті для пришвидшення роботи



7

## Недоліки існуючих імунних моделей та методів

- Принципово невизначена кількість популяції антитіл, необхідних для вирішення практичних задач
- Велика кількість помилок у прийнятті рішення у випадках недосягнення стану повної специфічності антигенам
- Виконання надмірних обчислень під час клонування, мутації, відбору клонів та супресії антитіл
- Умовна сходиність імунних алгоритмів

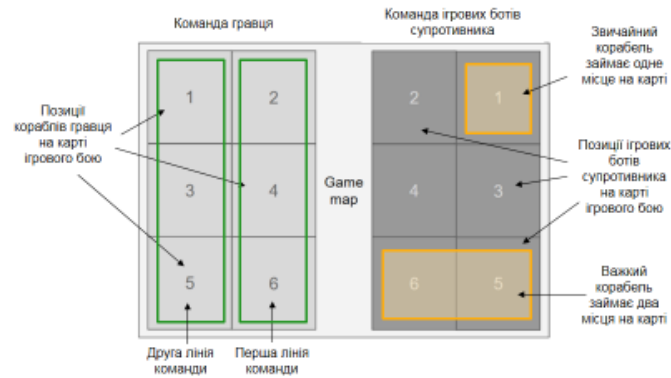
8

## Особливості ігрового дизайну проєкту, загальні положення

- Користувач формує команду для протидії команді опонента
- Команди складаються з космічних кораблів, які мають різні можливості та характеристики та займають певну позицію на карті ігрового бою
- Всі кораблі користувача та ігрові боти команди опонента ходять (атакують чи відновлюються) по черзі допоки в одній з команд не буде знищено всі кораблі
- Розміщення корабля чи ігрового бота на карті ігрового бою впливає на його бойові можливості та можливості його ураження кораблями команди супротивника

9

## Особливості ігрового дизайну проекту, карта ігрового бою



10

## Особливості ігрового дизайну проекту, ключові характеристики кораблів

- міцність – визначає життєздатність корабля у бою;
- енергія – визначає коефіцієнт підвищення атаки, захисту та відновлення корабля;
- атака – визначає рівень ушкодження, яке завдає цей корабель;
- захист – визначає броню корабля, яка зменшує ушкодження від атаки корабля з команди супротивника;
- швидкість – визначає черговість ходу в бою;
- відновлення – визначає кількість одиниць міцності корабля, які можна відновити замість атаки по кораблю супротивника.

11

## Особливості ігрового дизайну проекту, типи та особливості кораблів

- **support** – корабель підтримки, 1 місце на карті, 1 спосіб ближньої атаки, 2 способи відновлення;
- **scout** – корабель з максимальною швидкістю, 1 місце на карті, 1 спосіб ближньої атаки, 1 спосіб дальньої атаки, 1 спосіб відновлення;
- **cruiser** – базовий бойовий корабель, 1 місце на карті, 2 способи ближньої атаки, 1 спосіб дальньої атаки, 1 спосіб відновлення;

12

### Особливості ігрового дизайну проекту, типи та особливості кораблів (продовження)

- **frigate** – підсилений бойовий корабель зі збільшеним захистом, 1 місце на карті, 2 способи ближньої атаки, 2 способи дальньої атаки, 1 спосіб відновлення;
- **destroyer** – важкий бойовий корабель зі збільшеною міцністю, 2 місця на карті, 2 способи ближньої атаки, 2 способи дальньої атаки, 2 способи відновлення;
- **dreadnought** – надважкий бойовий корабель, збільшені міцність та захист, зменшена швидкість, 2 місця на карті, 3 способи ближньої атаки, 3 способи дальньої атаки, 3 способи відновлення.

13

### Особливості ігрового дизайну проекту, типи та особливості атаки та відновлення

- **ближня атака**: тільки перша лінія (2, 4 та 6 позиції);
- **дальня атака**: тільки друга лінія (1, 3 та 5 позиції);
- **I спосіб атаки** – тільки на обраний корабель супротивника;
- **II спосіб атаки** – на всі кораблі супротивника;
- **III спосіб атаки** – тільки на обраний корабель супротивника зі зменшенням його енергії на 30% від поточного значення;
- **I спосіб відновлення** – ремонтує сам себе;
- **II спосіб відновлення** – ремонту будь-якого корабля своєї команди;
- **III спосіб відновлення** – ремонт всіх кораблів своєї команди.

14

### Особливості ігрового дизайну проекту, формули атаки та відновлення кораблів

Визначення урону, який наносить корабель під час атаки

$$damage = \frac{e_1}{e_2} \times (A_1 - D_2),$$

Визначення значення відновленої міцності корабля під час ремонту

$$rp = R \times ke$$

15

## Особливості алгоритму clonalg-rpg

$$clonalg - rpg = \left[ \begin{array}{l} Presentation(AB, AG) \rightarrow^{AG>0} \\ Cloning(AB, CL) \rightarrow \\ Mutation(AB, CL) \rightarrow \\ ClonSelection(AG, CL) \rightarrow \\ SelfRegulation(AB, CL) \rightarrow \\ Termination(AB, AG) \end{array} \right]$$

- Антигени представляють кораблі з команди супротивника
- Антитіла представляють ігрових ботів
- Зупинка алгоритму у разі зникнення антигенів або антитіл

16

## Особливості алгоритму clonalg-rpg

- Оператор презентації – визначає афінності типу антитіло-антиген
- Оператор клонування – пропорційний в залежності від кількості способів атаки корабля
- Оператор мутації – адаптивний до кількості клонів, в залежності 1 клон – 1 мутація, виконання однієї команди
- Оператор відбору клонів – елітарний на основі афінності антигенів
- Оператор саморегуляції в популяції антитіл – пропорційний та елітарний, в залежності від кількості способів відновлення корабля
- Оператор зупинки алгоритму – статичний, при умові зникнення всіх антигенів або всіх активних антитіл

17

## Особливості роботи імунних операторів алгоритму clonalg-rpg

- Оператор презентації – визначає афінності типу антитіло-антиген

$$affAg_i = \frac{1}{1 + (Ds_i - Dc_i) + (Es_i - Ec_i)}$$

- Оператор клонування на основі кількості доступних способів атаки

$$n_i = C_i \times N_{AG}$$

18

## Особливості роботи імунних операторів алгоритму clonalg-rpg

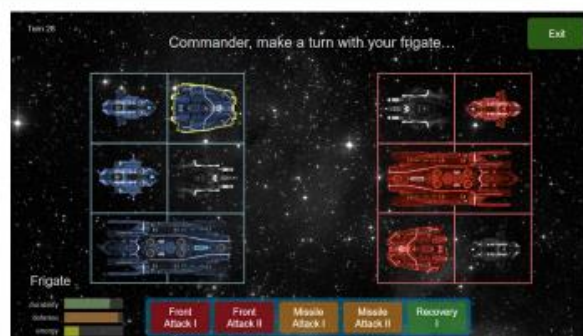
- Оператор саморегуляції в популяції антитіл

$$aff^*Ab_i = \frac{1}{1 + |Ds_i - Dc_i - R_i|} \quad \text{- визначення афінності між клоном та батьківським антитілом}$$

$$aff^*AB = \frac{1}{S} \sum_s \left( 1 + \left| Ds_s - Dc_s - \frac{R}{S} \right| \right)^{-1} \quad \text{- визначення афінності між клоном всіма наявними активними антитілами}$$

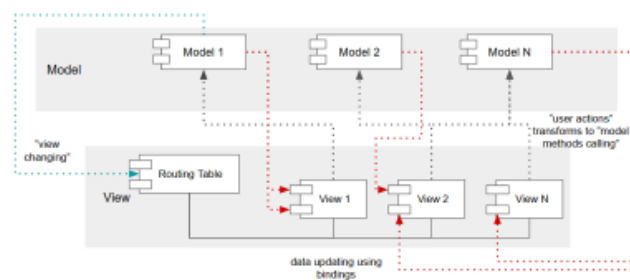
19

## Ігровий проект для моделювання роботи алгоритму clonalg-rpg



20

## Архітектура ігрового проекту



21

## MV-архітектура ігрового проєкту



22

## Результати випробувань clonalg-grg, результати ігрових боїв

Типи команд	Ручне керування без ШІС	Випадкове керування	Керування clonalg-grg
5 на 5	50 %	85,15 %	50,35 %
4 на 4	50 %	96,75 %	49,15 %

Типи команд	Ручне керування без ШІС	Випадкове керування	Керування clonalg-grg
5 на 5	1	100,00 %	12,40 %
	2	0,00 %	82,35 %
	3+	0,00 %	5,25 %
4 на 4	1	100,00 %	3,60 %
	2	0,00 %	88,25 %
	3+	0,00 %	8,15 %

23

## Результати випробувань clonalg-grg, статистика виклику команд кораблями

Варіанти дій кораблів	Ручне керування		Випадкове керування		Керування clonalg-grg	
	5 на 5	4 на 4	5 на 5	4 на 4	5 на 5	4 на 4
I спосіб ближньої атаки	19,33 %	9,82 %	24,56 %	18,89 %	20,29 %	11,01 %
II спосіб ближньої атаки	9,83 %	10,42 %	11,22 %	10,56 %	10,86 %	8,57 %
III спосіб ближньої атаки	3,15 %	7,89 %	2,22 %	5,56 %	3,90 %	9,76 %
I спосіб дальньої атаки	22,00 %	6,05 %	17,89 %	10,56 %	20,00 %	6,25 %
II спосіб дальньої атаки	5,83 %	10,62 %	6,22 %	10,56 %	4,86 %	8,57 %
III спосіб дальньої атаки	3,15 %	7,89 %	2,22 %	5,56 %	3,90 %	9,76 %
I спосіб відновлення	19,87 %	18,65 %	24,56 %	18,89 %	19,67 %	18,75 %
II спосіб відновлення	14,02 %	22,42 %	8,89 %	13,89 %	14,52 %	22,32 %
III спосіб відновлення	2,50 %	6,25 %	2,22 %	5,56 %	2,00 %	5,00 %

24

## Висновки

- Проведено аналіз найбільш поширених моделей та алгоритмів штучних імунних систем
- Виділено набір універсальних імунних операторів та проведено аналіз можливостей їх модифікації та адаптації до задачі
- Модифіковано модель клонального відбору та метод Clonalg для керування поведінкою ігрових ботів у RPG-проекті
- Розроблено комп'ютерну гру на основі технології Unity із дворівневою архітектурою Model-View
- Проаналізовано роботу clonalg-prg при керуванні ігровими ботами у RPG-грі