

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кафедра ЕОМ

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ В ІГРОВИХ  
ЗАСТОСУНКАХ**

Кваліфікаційна робота  
Другий (магістерський) рівень

Здобувач:  
ст. гр. СПм-23-3  
Сергеев Данило

Керівник:  
проф. каф. ЕОМ  
Фесенко Т.Г.

## Чому оптимізація ресурсів важлива?



### Обмежені ресурси

Обмеженість ресурсів більшості пристроїв та їх надмірне використання спричиняє зниження продуктивності.



### Обмежений час

Неефективні витрати людського часу на постійну розробку та налаштування об'єктів ігрової сцени.



### Продуктивність

Низький FPS, внаслідок чого користувачі ігрових застосунків отримують негативний досвід.

Довготривала розробка, що призводить до негативу з боку гравців.

## Аналіз стану проблем



### Світлові ефекти

Неефективне використання вбудованих методів та інструментів генерації світлових ефектів.



### Пам'ять

Неефективна організація структури інформації без додаткових змін.



### Автоматизація

Недостатньо оптимізовані інтерфейси керування та налаштування об'єктів або системи однорідних об'єктів.

## Мета та поставлені задачі

Мета – створення моделей, методів та засобів для оптимізації різних складових ігрових застосунків.

- 1 Дослідження інструментів генерації освітлення та впливу структури інформації на завантаження пам'яті.
- 2 Розробка моделі для генерації освітлення, алгоритму оптимізації пам'яті та інтерфейсів для покращення розробки гри.
- 3 Аналіз роботи систем та порівняння результатів.

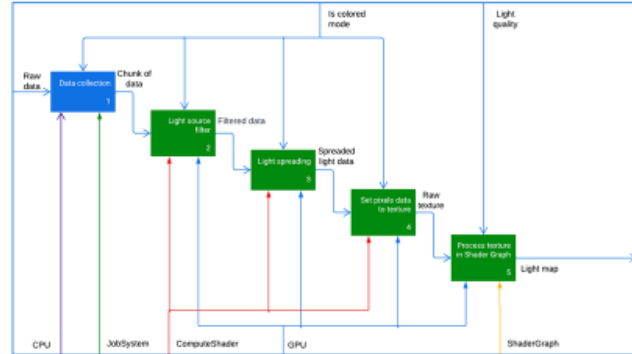


# Модель паралельної генерації освітлення

## Використані технології

- 1 Job System – для швидкої та безпечної паралелізації задач.
- 2 Burst Compiler – для оптимізації вихідного коду.
- 3 Compute Shader – для паралелізації задачі на ГП.
- 4 Shader Graph – для створення допоміжних шейдерів.

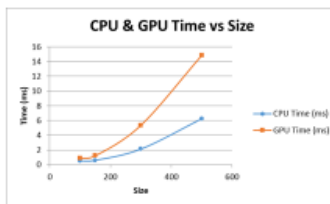
## IDEF0-нотація моделі



# Модель паралельної генерації освітлення

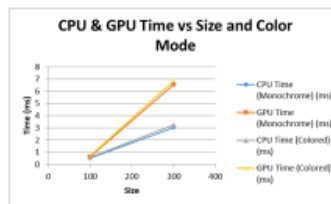
### Залежність часу від розміру мапи

За графіком, можна побачити, що при збільшенні кількості рядків та стовпців матриці, час збільшується не надто сильно.



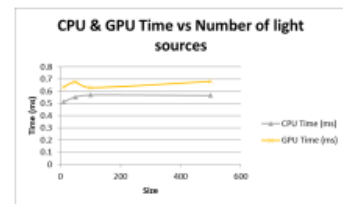
### Залежність часу від розміру мапи та режиму кольору

За графіком, можна побачити, що режим кольору майже не впливає. Проте основу навантаження складає саме розмір мапи освітлення.



### Залежність часу від кількості джерел світла

За графіком, можна побачити, що швидкість єдиного оновлення мапи не залежить від кількості джерел освітлення.

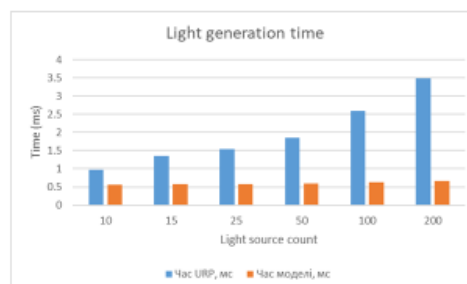


## Модель паралельної генерації освітлення

### Новизна

- 1 Адаптована до специфіки 2D середовищ із постійно змінюваним контентом.
- 2 Має відкриту архітектуру, що спрощує її адаптацію під потреби конкретного проєкту
- 3 Досягнення високої продуктивності завдяки паралельній обробці даних.
- 4 Можливість масштабування кількості джерел світла без істотної втрати продуктивності.

### Порівняльний графік з URP



## Модель оптимізації пам'яті

### Використані технології

- 1 Struct Layout Attribute – дозволяє керувати розміщенням полів у структурі в пам'яті.
- 2 Field Offset Attribute – задає зсув поля в байтах, для контролю розміщення даних у пам'яті.
- 3 Object Pooling – техніка повторного використання об'єктів замість створення нових.
- 4 Object Caching – збереження часто використовуваних об'єктів у пам'яті, для уникнення повторного завантаження.

### Алгоритм оптимізації пам'яті



## Модель оптимізації пам'яті

### Залежність від додаткових вирівнювань

За результатами тестування можна побачити, що якщо використовувати атрибут Struct Layout із автоматичним вирівнювання (Pack = 4) кількість виділеної пам'яті більші в 1.3 рази ніж при оптимізованому рішенні (Pack = 1).

#### Pack = 4 (Default)

Object Type	Count	Size (Bytes)
ForTestFile	1	322,560,024
ConcurrentDictionary<ValidModel> Assembly, Assembly>[]	1	320
ConcurrentDictionary<ValidModel> Guid, List<Microsoft.Extensions.Hosting.IHostedService>[]>	1	320

#### Pack = 1 (Default)

Object Type	Count	Size (Bytes)
ForTestFile	1	242,080,004
ConcurrentDictionary<ValidModel> Assembly, Assembly>[]	1	320
ConcurrentDictionary<ValidModel> Guid, List<Microsoft.Extensions.Hosting.IHostedService>[]>	1	320

### Залежність від типу даних

За результатами тестування можна наочно побачити різницю у виборі між класами та структурами. Саме тому, якщо є великий масив даних, то краще використовувати структуру. Класи ж краще лишити на поведінку об'єктів.

#### Class

Object Type	Count	Size (Bytes)
ForTestFile	20,160,000	645,520,000
ConcurrentDictionary<ValidModel> Guid, List<Microsoft.Extensions.Hosting.IHostedService>[]>	1	181,280,024
ConcurrentDictionary<ValidModel> Assembly, Assembly>[]	1	320

#### Struct

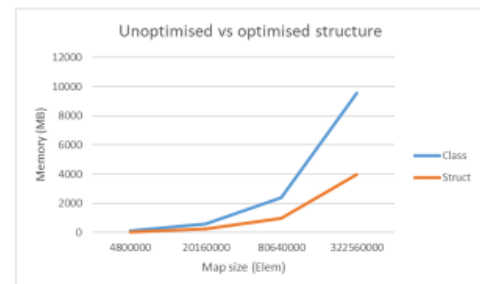
Object Type	Count	Size (Bytes)
ForTestFile	1	342,080,004
ConcurrentDictionary<ValidModel> Assembly, Assembly>[]	1	320
ConcurrentDictionary<ValidModel> Guid, List<Microsoft.Extensions.Hosting.IHostedService>[]>	1	320

## Модель оптимізації пам'яті

### Новизна

- 1 Комплексна систематизація сучасних методів оптимізації пам'яті в ігрових застосунках.
- 2 Обґрунтування доцільності використання низькорівневих засобів управління пам'яттю.
- 3 Аналіз ефективності технік повторного використання об'єктів.

### Порівняльний графік до та після застосування оптимізації

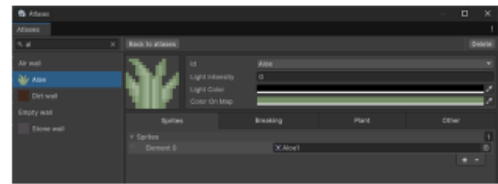
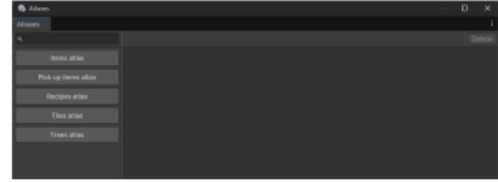


## Автоматизація процесів розробки гри

### Використані технології

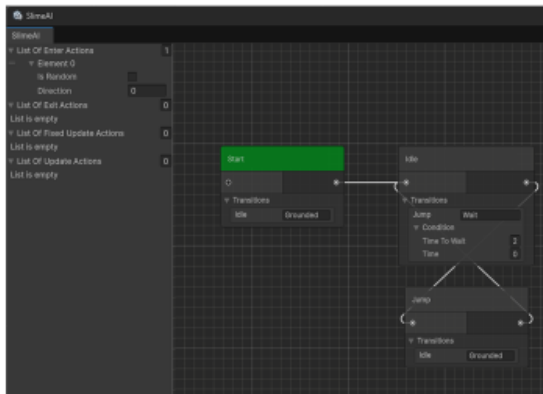
- 1 Unity Editor class – базовий клас для розширення інспектора компонентів у редакторі Unity.
- 2 Unity Editor Window class – дозволяє створювати власні вікна для інструментів та автоматизації.
- 3 Property Drawer – редагування відображення полів у інспекторі за допомогою атрибутів.
- 4 Attribute – мітка, що додає метадані до поля, методу або класу.

### Система менеджменту об'єктів в Unity

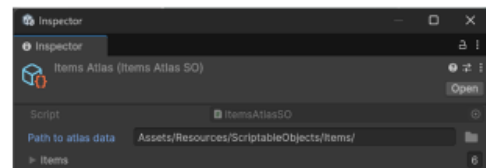
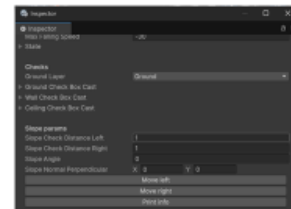


## Автоматизація процесів розробки гри

### Система налаштування Finite State Machine для NPC AI



### Додаткові елементи користувацького інтерфейсу

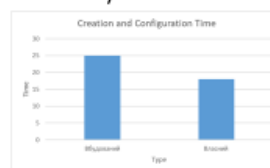


## Автоматизація процесів розробки гри

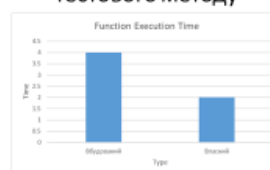
### Новизна

- 1 Розроблено кастомну систему менеджменту об'єктів через Editor Window.
- 2 Реалізовано інструмент візуального налаштування Finite State Machine для NPC.
- 3 Обидва інструменти повністю адаптовані під будь-який проєкт.

Порівняльний графік часу створення та налаштування об'єктів



Порівняльний графік часу виклику тестового методу



## Висновки

### Область використання

- 1 Модель генерації освітлення – доречно використовувати для 2D ігор з динамічним ігровим світом. Наприклад «Sandbox».
- 2 Моделі автоматизації – є можливість інтеграції до будь-якого проєкту через свою гнучкість.
- 3 Модель оптимізації пам'яті – можна використовувати в будь-якому проєкті. Підходить як ознайомлювальний матеріал для початківців у GameDev і не тільки.

### Що можна покращити?

- 1 Модель генерації освітлення – можливе вдосконалення системи через переогляд поточних алгоритмів генерації світла.
- 2 Моделі автоматизації – розглянути можливість додавання нового роду вікон та допоміжних атрибутів.
- 3 Модель оптимізації пам'яті – розглянути більш глибокі можливості ігрових рушіїв та особливості збирача сміття.

## Висновки

### Загальні висновки

- 1 Усі розроблені моделі успішно впроваджені до ігрового проєкту та неодноразово протестовані.
- 2 Ефективність моделей підтверджена результатами різного виду тестувань.
- 3 Побудовано вектор напрямку для майбутніх розробок та вдосконалень існуючих.



## Апробація отриманих результатів

Стаття у журналі, матеріали якого входять до переліку фахових видань України категорії Б:

1. Фесенко Т.Г. Долгополов О.М., Сергеев Д.В., Сергородцев І.Д., Жук М.В. Інформаційні технології для створення музично-ігрових проєктів: бібліометричний аналіз. Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку, 2025, Том 2, №80.

### Тези доповіді:

1. Сергеев Д. В., Долгополов О. М., Фесенко Т. Г. Застосування rle алгоритму для створення ігрового контенту. 27-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»: Міжнар. молодіж. форум, м. Харків. Харків, 2023. С. 129–130.
2. Сергеев Д. В., Долгополов О. М., Фесенко Т. Г. Особливості генерації структур 2d ігр на платформі unity. 27-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»: Міжнар. молодіж. форум, м. Харків. Харків, 2023. С. 131–132.