

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

## МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Виконав: студент групи СПм-23-4

Кириленко Дмитро Володимирович

Керівник : професор

Кучук Георгій Анатолійович

2025

2

## КОНЦЕПЦІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (AR)



Реальність – віртуальність



МАРКЕРНА



БЕЗМАРКЕРНА



ЛОКАЦІЙНА

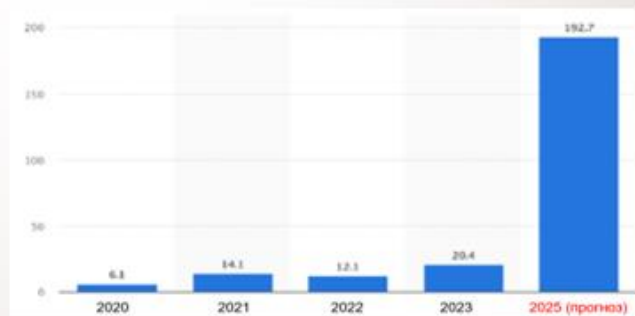


ПРОЄКЦІЙНА

Типи AR



Застосування AR



Ринок AR

3

## ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Технологія доповненої реальності (AR — Augmented Reality) має низку характерних особливостей, які відрізняють її від інших візуальних і цифрових технологій:

1. **Поєднання реального та віртуального**
2. **Інтерактивність у реальному часі**
3. **Прив'язка до простору та об'єктів**
4. **Платформність і доступність**
5. **Реалістичність і контекстуальність**
6. **Широкий спектр застосування**

- **Освіта:** вивчення анатомії, фізики, історії з візуалізацією.
- **Медицина:** тренажери, візуалізація під час операцій.
- **Маркетинг і торгівля:** віртуальна примірка товарів, реклама.
- **Ігри та розваги:** інтерактивні ігри на базі реального світу.
- **Промисловість та будівництво:** візуалізація проєктів у реальному середовищі.

4

## ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ



Інтерфейс програми AR City



Застосунок Accu Vein



Інтерфейс програми IKEA Place



Інтерфейс програми Mondly

5

## ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ: ДОПОВНЕНА ТА ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНОСТІ

Характеристика	Доповнена реальність (AR)	Віртуальна реальність (VR)
<b>Визначення</b>	Накладення віртуальних об'єктів на реальний світ	Повне занурення у штучно створене середовище
<b>Взаємодія з реальністю</b>	Поєднує реальний та віртуальний світи	Повністю замінює реальний світ
<b>Пристрої</b>	Смартфони, планшети, AR-окуляри	VR-шоломи, рукавички, контролери
<b>Рівень занурення</b>	Часткове	Повне
<b>Мобільність</b>	Висока – можна використовувати будь-де	Обмежена – потребує спеціального обладнання
<b>Приклади використання</b>	Освіта, медицина, роздрібна торгівля, навігація	Ігри, тренажери, віртуальні тури, моделювання
<b>Залежність від простору</b>	Використовується у реальному просторі	Створює новий віртуальний простір
<b>Спосіб подачі інформації</b>	Віртуальні елементи накладаються на реальність	Інформація подається в повністю віртуальному середовищі

6

## МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

**Мета дослідження** - розробка методу оптимального розташування віртуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору.

### Основні задачі дослідження:

- 1) визначити підходи до оптимального розташування об'єкта доповненої реальності;
- 2) обґрунтувати критерій для визначення оптимальної перцептивної відстані розміщення об'єкта;
- 3) удосконалити метод оптимального розташування віртуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору.

7

## ЗАВДАННЯ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Рациональне компонування в AR означає стратегічне розташування віртуальних об'єктів таким чином, щоб максимально підвищити ефективність і зручність використання AR-застосунки. Це має на увазі не тільки розміщення об'єктів у відповідних місцях, але і їх правильну орієнтацію і забезпечення логічного взаємодії з реальним середовищем і кожен з кожним.

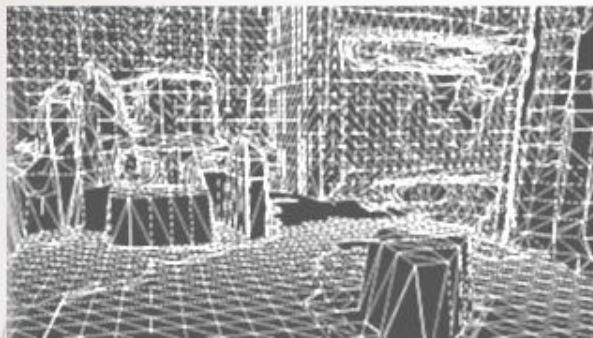
Це обумовлено такими факторами:

1. **Реалістичність і занурення:** щоб враження від AR були переконливими, віртуальні об'єкти повинні виглядати так, як ніби вони природно існують в реальному середовищі.
2. **Комфорт і безпека користувача:** віртуальні об'єкти повинні бути розташовані на комфортній відстані від користувача і не повинні заважати його руху або огляду реального світу.
3. **Інтерактивність:** розташування віртуальних об'єктів повинно полегшувати взаємодію користувача з ними.
4. **Продуктивність і ефективність:** розміщення і орієнтація віртуальних об'єктів може вплинути на продуктивність AR- програми.

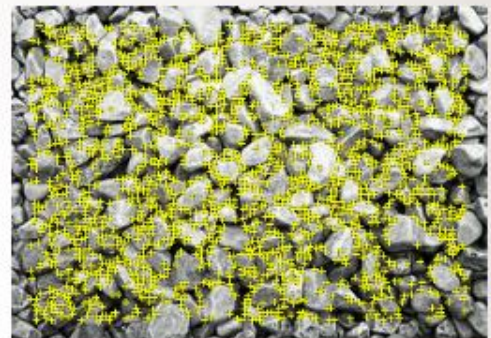
Макет повинен підтримувати конкретні цілі AR- програми, будь то навчання, розвага, допомога в виконанні завдання або щось інше.

8

## ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ



Каркасна віртуальна карта простору

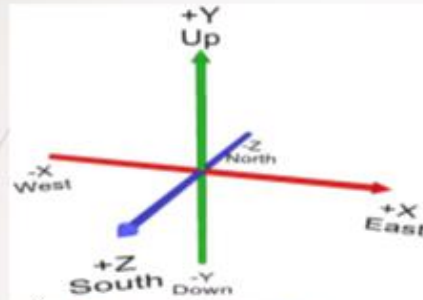


Візуалізація хмари характерних точок

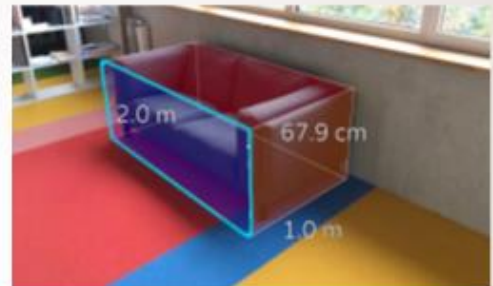
1. **Виявлення середовища**, використовуються сенсори, GPS, компаси, камери.
2. **Відстеження (Tracking)**, відстежують положення користувача та об'єктів.
3. **Рендеринг графіки (Rendering)**, накладання 3D-об'єктів на реальний світ
4. **Інтерфейс користувача (User Interface)**
5. **Пристрої відображення:** смартфони, планшети, AR-окуляри, проєкційні системи
6. **Інтеграція з мережею (Connectivity)**
7. **Геолокація (Geolocation)**
8. **Платформи та Software Development Kit**

## СУТНІСТЬ ВІРТУАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ AR

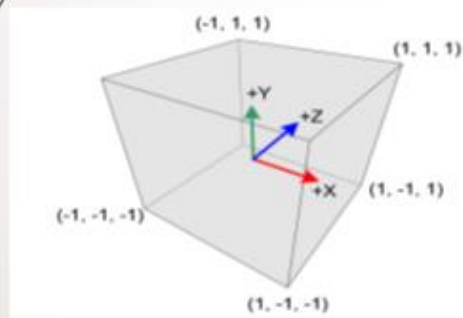
9



Представлення 3D-вектора



Приклад вимірювання фізичних об'єктів



Вектори для трансформації об'єктів



Візуалізація установки об'єкта

10

## КРИТЕРІЙ ОПТИМАЛЬНОСТІ

Критерій K1 визначає попередні умови для розміщення віртуального об'єкта:

$$K_{1X} = \frac{X_0}{X_P} \leq 1; \quad K_{1Y} = \frac{Y_0}{Y_P} \leq 1; \quad K_{1Z} = \frac{Z_0}{Z_P} \leq 1,$$

де  $X_0$  та  $Z_0$  представляють лінійні розміри (ширину та глибину відповідно) віртуального об'єкта;  $X_P$  та  $Z_P$  є лінійними розмірами (шириною та глибиною, відповідно) доступної площини у просторі;  $Y_0$  позначає лінійний розмір висоти об'єкта, а  $Y_P$  представляє доступну висоту у фізичному просторі.

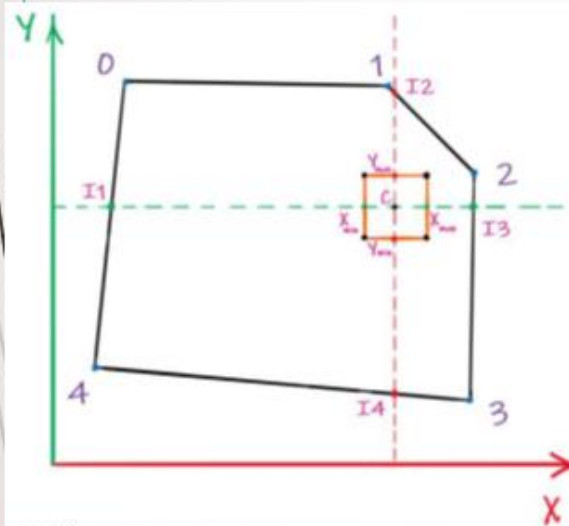
Критерій K2 оцінює, наскільки обсяг вільного простору навколо віртуального об'єкта відповідає встановленому параметру просторової нейтральності.

$$K_+(X_+, D_+) = \begin{cases} \frac{X_+}{D_+}, & \text{якщо } X_+ < D_+; \\ 1, & \text{якщо } X_+ \geq D_+, \end{cases} \quad K_-(X_-, D_-) = \begin{cases} \frac{X_-}{D_-}, & \text{якщо } X_- < D_-; \\ 1, & \text{якщо } X_- \geq D_-, \end{cases}$$

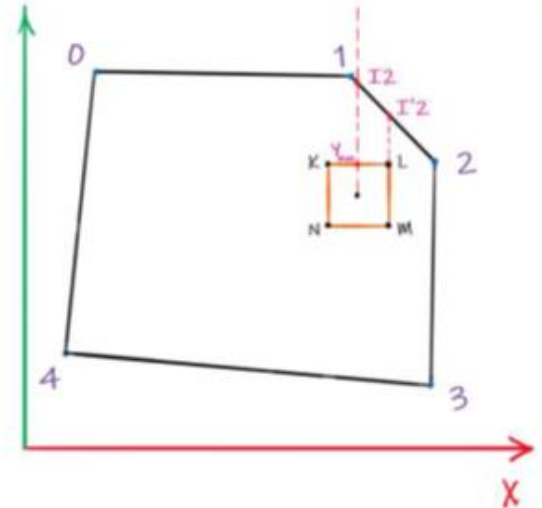
$$K_2 = (K_- - K_+)^2.$$

11

## ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ВІРТУАЛЬНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ТА ГРАНИЦЯМИ ПЛОЩИН



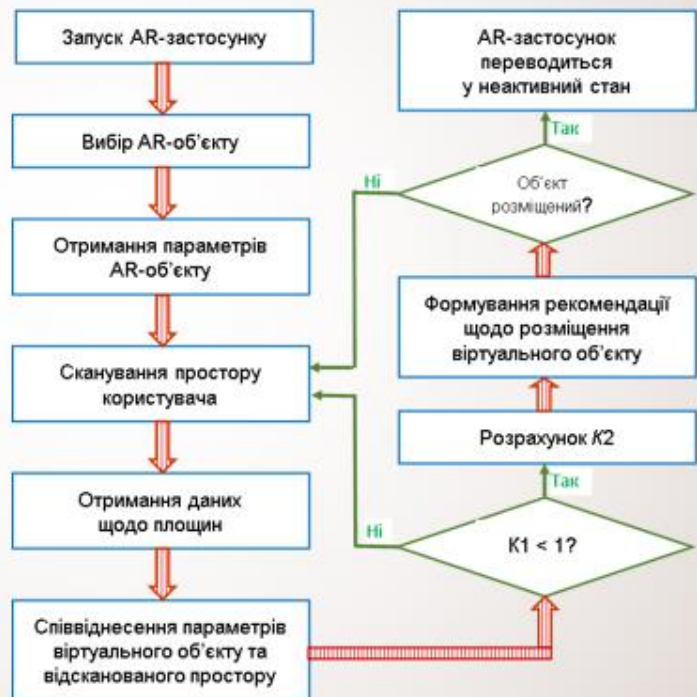
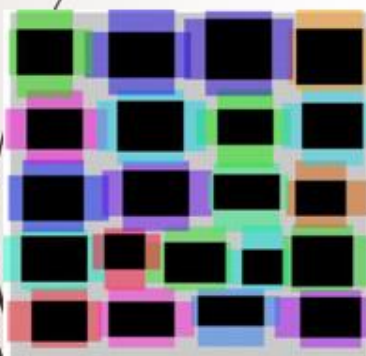
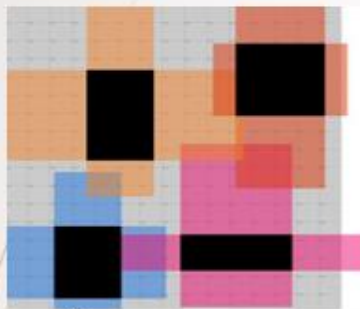
Розташування віртуального об'єкта  
на площині



Порівняння  
відстаней

12

## МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ



13

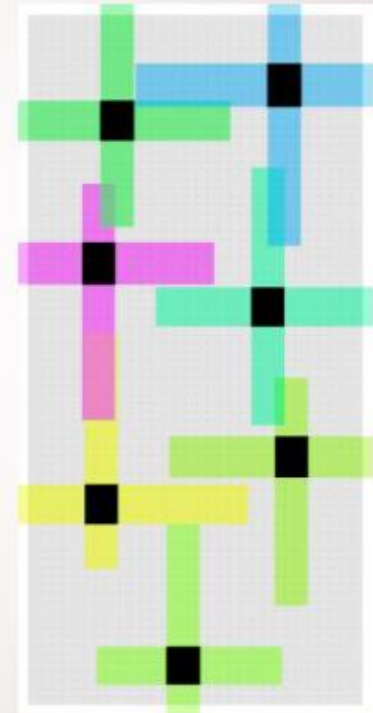
## ПРИКЛАД РОЗТАШУВАННЯ 7 ОБ'ЄКТІВ AR У ПРЯМОКУТНІЙ ЗОНІ

### Вхідні дані прикладу

Номер об'єкту	Розмір	Буфер
1	(3, 4.7)	(11.1, 8.7, 10, 17)
2	(3, 5.0)	(11.9, 9.4, 16.1, 9.7)
3	(3, 4.9)	(6.9, 8.9, 15.7, 6.8)
4	(3, 4.5)	(8.6, 10, 11.5, 13.9)
5	(3, 4.6)	(7.6, 11.7, 5.2, 17.5)
6	(3, 4.8)	(9.5, 7.3, 14.8, 6.8)
7	(3, 4.4)	(6.3, 7.4, 5.9, 14.2)

### Результати обчислення розташування об'єктів

Но- мер	Розміри (лінійний, з/к)	К	Ря- ДОК	Розташування
1	[3, 4.7], [11.1, 8.7, 10, 17]	0.58	1	[6.48, 65.3]
2	[3, 5.0], [11.9, 9.4, 16.1, 9.7]	0.58	1	[21.51, 69.33]
4	[3, 4.9], [6.9, 8.9, 15.7, 6.8]	0.697	2	[4.81, 48.75]
3	[3, 4.5], [8.6, 10, 11.5, 13.9]	0.697	2	[20.02, 43.90]
5	[3, 4.6], [7.6, 11.7, 5.2, 17.5]	0.697	3	[5.05, 20.99]
6	[3, 4.8], [9.5, 7.3, 14.8, 6.8]	0.697	3	[22.1, 26.33]
7	[3, 4.4], [6.3, 7.4, 5.9, 14.2]	1	4	[12.41, 2.38]



14

## ВИСНОВКИ

Сукупність отриманих у кваліфікаційній роботі результатів дозволило вирішити актуальне науково-технічне завдання, спрямоване на оптимальне розташування віртуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору.

В результаті проведених досліджень отримані такі результати:

1. Проведений аналіз сучасного стану розвитку технології доповненої реальності.
2. Визначені підходи до оптимального розташування об'єкта доповненої реальності.
3. Обґрунтований критерій для визначення оптимальної перцептивної відстані розміщення об'єкта, з урахуванням яких формується цільова функція і розробляється метод її оптимізації..
4. Удосконалений метод оптимального розташування віртуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору за рахунок попереднього знаходження мінімального за об'ємом описаного навкруги об'єкту доповненої реальності паралелепіпеда та застосування при розміщенні у просторі даного об'єкту концепта оптимальної перцептивної відстані.

## ПУБЛІКАЦІЯ У ФАХОВОМУ ЖУРНАЛІ КАТЕГОРІЇ «Б»

Кучук Г. А., Ірха Д. А., Кириленко Д. В. Аналіз розташування об'єкта доповненої реальності у фізичному просторі. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава : Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2025. Вип. 1(79). С. 161–164.