

# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛІЗІЙ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*У статті розглядаються математичні методи визначення колізій у комп'ютерних іграх. Показано, що задачі виявлення зіткнень ігрових об'єктів базуються на апараті вищої математики, зокрема аналітичної геометрії, векторної та лінійної алгебри. Наведено основні алгоритми визначення колізій у двовимірних та тривимірних ігрових середовищах, а також методи оптимізації перевірок.*

**Ключові слова:** комп'ютерні ігри, колізії, вища математика, вектори, ігрова фізика

## Abstract

*The article considers mathematical methods for collision detection in computer games. It is shown that collision detection problems are based on higher mathematics, including analytic geometry, vector algebra, and linear algebra. Basic collision detection algorithms for 2D and 3D games, as well as optimization techniques, are described.*

**Keywords:** computer games, collision detection, higher mathematics, vectors, game physics

## Вступ

Комп'ютерні ігри є складними програмними системами, які поєднують графіку, фізику, математику та алгоритмічне програмування. Однією з ключових задач при розробці ігор є визначення моменту зіткнення об'єктів між собою або з елементами ігрового середовища. Такі зіткнення називаються колізіями.

Без правильного визначення колізій ігровий процес виглядає нереалістичним: персонажі можуть проходити крізь стіни, предмети — накладатися один на одного, а фізика руху стає некоректною. Саме тому алгоритми визначення колізій є обов'язковою частиною будь-якого сучасного ігрового рушія.

Для розв'язання цієї задачі широко застосовуються математичні методи з розділів вищої математики, зокрема аналітичної геометрії, векторної алгебри та елементів математичного аналізу. У даній роботі розглядаються основні математичні підходи до визначення колізій та їх практичне застосування в програмуванні комп'ютерних ігор.

## Постановка задачі дослідження

Основною задачею дослідження є аналіз математичних методів, що використовуються для визначення зіткнень між об'єктами у двовимірних та тривимірних комп'ютерних іграх.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- розглянути поняття колізії та її роль у комп'ютерних іграх;
- дослідити основні геометричні моделі об'єктів;
- описати математичні формули, які застосовуються для перевірки зіткнень;
- пояснити принцип роботи цих формул з точки зору програмної реалізації;
- показати взаємозв'язок між вищою математикою та алгоритмами програмування.

Об'єктом дослідження є ігрові об'єкти та їх взаємодія у віртуальному середовищі.

Предметом дослідження є математичні методи визначення колізій між цими об'єктами.

## Виклад основного матеріалу

### 1. Поняття колізії в комп'ютерних іграх

Колізією називають момент, коли два або більше об'єктів займають спільну область простору. У комп'ютерних іграх це може бути зіткнення персонажа зі стіною, кулі з ворогом або предмета з поверхнею. Для спрощення обчислень складні об'єкти зазвичай замінюють простими геометричними фігурами: прямокутниками, колами, сферами або паралелепіпедами.

### 2. Метод обмежувальних прямокутників (AABB)

Одним з найпоширеніших методів визначення колізій є метод осьово-орієнтованих обмежувальних прямокутників (AABB — Axis-Aligned Bounding Box).

Нехай маємо два прямокутники A і B. Колізія відбувається тоді, коли вони перетинаються по обох координатних осях.

Математично це записується так:

$$\begin{aligned}A_{x1} < B_{x2} \text{ і } A_{x2} > B_{x1} \\ A_{y1} < B_{y2} \text{ і } A_{y2} > B_{y1}\end{aligned}$$

де:

- $A_{x1}$ ,  $A_{y1}$  – координати лівого нижнього кута прямокутника A;
- $A_{x2}$ ,  $A_{y2}$  – координати правого верхнього кута прямокутника A;
- аналогічно для прямокутника B.

Пояснення:

Якщо хоча б по одній осі прямокутники не перетинаються, то зіткнення немає. Цей метод простий у реалізації та швидкий, тому часто використовується у 2D-іграх.

### 3. Визначення колізії між колами

Для круглих об'єктів зручно використовувати формулу відстані між двома точками.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Колізія виникає, якщо:

$$d \leq r_1 + r_2$$

де:

- $r_1$  і  $r_2$  – радіуси двох кіл.

Пояснення:

Якщо відстань між центрами кіл менша або дорівнює сумі їх радіусів, то кола перетинаються. Цей метод активно застосовується для перевірки зіткнень куль, персонажів або ворогів.

### 4. Використання векторів у 3D-іграх

У тривимірних іграх важливу роль відіграє векторна алгебра. Вектори використовуються для опису положення, швидкості та напрямку руху об'єктів.

Скалярний добуток двох векторів визначається формулою:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$$

де  $\theta$  – кут між векторами.

Пояснення:

Скалярний добуток дозволяє визначити, чи рухається об'єкт у напрямку іншого об'єкта, що корисно для прогнозування можливих зіткнень.

## Висновки

У даній роботі було розглянуто основні математичні методи визначення колізій у комп'ютерних іграх. Показано, що ефективна реалізація зіткнень неможлива без використання знань з вищої математики, зокрема аналітичної геометрії та векторної алгебри.

Розглянуті методи, такі як AABB, перевірка відстані між колами та використання векторів, є основою для побудови складніших фізичних моделей. Вони дозволяють досягти балансу між точністю обчислень та продуктивністю програм.

Таким чином, математичні методи є невід'ємною частиною програмування комп'ютерних ігор і відіграють ключову роль у створенні реалістичного та стабільного ігрового процесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Eberly D. Game Physics. Morgan Kaufmann, 2010.
2. Ericson C. Real-Time Collision Detection. CRC Press, 2005.
3. Millington I. Game Physics Engine Development. CRC Press, 2010.
4. Lengyel E. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics. Cengage Learning, 2012.

**Ігнат'єв Максим Сергійович** – студент групи 1ПІ-24б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ignatievms17@gmail.com

**Ignatiev Maksym Serhiyovych** – student of group 1PI-24b, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ignatievms17@gmail.com