

УДК: 004.9

*Біємська А.С., магістрант,
Свінцицька О.М., к.е.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ РОЗСІЮВАННЯ ПОСТРІЛУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАНУ ПЕРСОНАЖА

Однією з ключових задач при розробці ігор жанру FPS (First Person Shooter) є створення реалістичної та збалансованої механіки стрільби. Статичні показники точності зброї ігнорують вплив фізичного стану стрільця на стабільність ведення вогню. Це призводить до так званої поведінки «gun-and-gun», коли точність практично не погіршується під час руху, що суперечить як реальним фізичним законам, так і вимогам до збалансованості ігрового процесу [1].

Для подолання зазначених обмежень доцільним є застосування математичного моделювання динамічного розсіювання (spread), що змінюється в реальному часі. Розроблена модель описує залежність розсіювання від двох фундаментальних факторів — руху персонажа та використання режиму прицілювання ADS (Aim Down Sights). Поточне значення розсіювання визначається формулою:

$$Spread = BaseSpread \times (1 + \alpha \times M) \times (1 - \beta \times A)$$

де *BaseSpread* позначає базову характеристику точності конкретного виду зброї, *M* відображає наявність чи відсутність руху персонажа, α визначає ступінь зростання розсіювання внаслідок руху, *A* індикує стан прицілювання, а β встановлює величину стабілізаційного ефекту при використанні ADS. Так, підвищення коефіцієнта α робить стрільбу в русі суттєво менш ефективною, тоді як збільшення β стимулює використання прицілу, оскільки забезпечує підвищення точності.

Практична цінність запропонованої моделі полягає в її універсальності та здатності інтегруватися в широкий спектр ігрових сценаріїв. Наприклад, снайперські гвинтівки потребують вищої чутливості до руху, щоб уникнути нереалістичної високої точності під час переміщення, тоді як пістолети-кулемети, орієнтовані на ближній бій, можуть мати значно менший штраф за мобільність. Таким чином, параметри α та β можуть використовуватися як інструменти балансування між різними класами озброєння без потреби у створенні окремих, непов'язаних між собою моделей точності.

Реалізація моделі в ігровому русії передбачає використання обчисленого значення *Spread* як параметрів конуса, в межах якого генерується випадкове відхилення напрямку польоту кулі від ідеальної

лінії прицілювання. Залежно від вимог реалізму та бажаного ігрового відчуття можуть застосовуватися різні методи стохастичного моделювання: рівномірний розподіл точок у площині перерізу конуса або гаусівський розподіл, що формує природніший розподіл влучань із більшою концентрацією поблизу центру [2]. Останній є більш обґрунтованим, оскільки він відповідає реальним закономірностям коливань ствола під час стрільби, спричиненим мікрорухами тіла та імпульсами віддачі.

Розширення моделі можливе за рахунок введення неперервних замість бінарних змінних. Зокрема, параметр M може визначатися не як факт руху, а як функція миттєвої швидкості персонажа, що дозволяє моделювати плавний перехід від стрільби стоячи до стрільби під час бігу. Аналогічно, індикатор A може бути поширений на багатоступеневу систему прицілювання, коли точність поступово зростає у процесі входження в режим ADS. Додатковими факторами для майбутніх модифікацій можуть стати поза персонажа (стоячи, присівши, лежачи), стабілізація зброї після серії пострілів, механіка віддачі та відновлення точності при автоматичній стрільбі, а також вплив параметрів втоми або навичок персонажа.

Таким чином, запропонована модель забезпечує реалістичнішу інтерпретацію механіки стрільби порівняно зі статичними підходами. Динамічне визначення точності створює багатий простір для тактичної взаємодії гравця з ігровим середовищем, сприяє підвищенню імерсивності та дозволяє гнучко налаштовувати характеристики різних класів зброї таким чином, щоб вони зберігали свою унікальність, але водночас залишалися збалансованими у межах загального геймплейного процесу. Модель є розширюваною, обчислювально недорогою та легко інтегрується в сучасні ігрові рушії, що робить її перспективною для широкого застосування у розробці комп'ютерних ігор.

Список використаних джерел:

1. Voorhees G. A., Call J., Whitlock K. *Guns, Grenades, and Grunts: First-Person Shooter Games*. Bloomsbury Academic & Professional. USA. 2012. URL: <https://www.bloomsbury.com/us/guns-grenades-and-grunts-9781441193537/> (дата звернення: 22.11.2025).
2. Cricenti A. L., Branch P. A. *The Ex-Gaussian distribution as a model of first-person shooter game traffic*. Multimedia Systems, 2013. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00530-012-0272-2> (дата звернення: 22.11.2025).