

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМУ
ПОВЕДІНКИ ЮНІТІВ У ПОКРОКОВИХ ІГРОВИХ ПРОЄКТАХ
ІЗ СІТКОВОЮ СТРУКТУРОЮ ПОЛЯ**

Абдулаєв Т.С.

e-mail: timur.abdulaiev@nure.ua

Науковий керівник – ст. викл. Олійник О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ
м. Харків, Україна

This paper examines the problem of developing combat behavior patterns for turn-based tactical games with a grid structure, considering spatial positioning, cover utilization, and dynamic combat scenarios. The main approaches to building tactical behavior have been analyzed, and their advantages and disadvantages in the context of grid-based combat have been discussed. The validity of using a Utility-based behavior architecture combined with the A* pathfinding algorithm has been substantiated. Suggested a flexible decision-making system based on the Chebyshev distance heuristic for accurate movement cost estimation, Behavior Profiles for defining diverse enemy archetypes, and Dynamic Phase Overrides for real-time tactical adaptation based on battlefield conditions.

Розробка алгоритму поведінки для тактичних покрокових ігор є складним завданням, оскільки від поведінки комп'ютерних опонентів безпосередньо залежить залученість гравця. Задача юнітів не лише швидко знаходити найкоротші шляхи на ігровій сітці, але й приймати рішення, що є тактично обґрунтованими. До цього входять такі дії як використання укриття, оцінювання ймовірності влучання, обхід гравця з флангів та вчасний відступ.

У покрокових тактичних іграх, для реалізації поведінки юнітів, найбільш ефективним є використання оптимізованого алгоритму пошуку шляху, а також системи прийняття рішень на основі корисності.

Процес прийняття рішень (в рамках одного ходу юніта) можна розділити на кілька ключових етапів:

1. Навігація та пошук шляху (алгоритм A*).
2. Утилітарний підхід до оцінки дій.
3. Профілі поведінки.
4. Динамічна адаптація.

Пошук шляху: як основа переміщення по сітковому полю є алгоритм A* [1], що був адаптований для роботи з вартістю переміщення, або movement points (MP). Важливою складовою алгоритму є вибір правильної евристичної функції для оцінки відстані до цілі. У випадку сіткових ігор, де дозволено рух по діагоналі, будемо використовувати відстань Чебишова.

Базова відстань Чебишова між двома точками (x_1, y_1) та (x_2, y_2) математично визначається як максимальна різниця їхніх координат по будь-якій з осей:

$$D_{Chebyshev} = \max(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|)$$

Варто зауважити, що ця формула підходить для випадків, коли крок по діагоналі коштує ту саму кількість МР, скільки і прямий крок. Проте в ігрових реаліях руху по діагоналі часто встановлюють більшу вартість для досягнення більшої геометричної достовірності. Тому на практиці застосовується «зважена» відстань, яка розраховується за наступною формулою:

$$H = C_{straight} \cdot (dx + dy) + (C_{diagonal} - 2 \cdot C_{straight}) \cdot \min(dx, dy),$$

де dx та dy – абсолютна різниця координат, $C_{straight}$ – вартість прямого кроку, а $C_{diagonal}$ – вартість діагонального. Ось ця формула дозволяє алгоритму A^* максимально точно прогнозувати витрати очок дій, уникаючи побудови неефективних маршрутів.

Оцінка дій: на відміну від жорстких дерев поведінки, даний алгоритм генерує список усіх можливих дій для юніта (туди входить переміщення, атака, очікування, використання навичок) і кожній дії присвоює числову оцінку, тобто «вагу». Після аналізу отриманого списку, юніт завжди обирає дію з найвищим балом.

Сама оцінка формується на основі системи нагород та штрафів. Наприклад:

1. Оцінка атаки враховує бонус за шанс вбити ціль, відсоток втраченого здоров'я цілі (щоб юніт фокусувався на слабких), а також штрафи за наявність укриття у гравця.

2. Оцінка переміщення заохочує рух до клітинок, які надають укриття або дозволяють обійти ворога з флангу. Разом з тим, система штрафує за скупчення юнітів біля однієї точки, щоб не надати гравцю можливість легко їх знищити АОЕ-атаками.

3. Оцінка живучості сприяє тому, що юніти залишаються в укриттях і не так легко їх покидають, що дозволяє їм надавати пріоритет стрільбі з більш захищених місць.

Профілі поведінки: щоб уникнути одноманітності ігрового процесу, замість написання окремих скриптів для кожного типу ворога, система використовує об'єктно-орієнтовані матриці ваг, тобто профілі поведінки (пресети). Для уточнення, профілем називається набір числових коефіцієнтів, який визначає «характер» юніта, впливаючи на те, які фактори він вважає пріоритетними при обчисленні корисності дії.

Наприклад, розроблена система підтримує такі профілі:

1. Агресивний профіль отримує високі бонуси за зближення з ворогом та можливість завдати смертельного удару. Такий юніт готовий жертвувати власною безпекою заради нанесення шкоди, майже ігноруючи штрафи за вихід з укриття.

2. Захисний профіль має критично високі бали за перебування в укритті і великі штрафи за стрільбу по цілях, що знаходяться за повним

укриттям. Цей юніт буде тримати позицію та стріляти лише за умови високої ймовірності влучання.

3. Профіль «фланкера» запрограмований на пошук обхідних шляхів. Він отримує величезну нагороду за позиції, з яких ворог не має укриття.

Більш детальне та наочне порівняння наведене у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння вагових коефіцієнтів у різних профілях поведінки юнітів

Параметр оцінки дії	Атака цілі без укриття	Атака цілі в повному укритті	Вихід у фланг цілі	Збереження укриття	Зближення з ціллю
Агресивний профіль	+4	–4	+10	+1	+3
Захисний профіль	+8	–12	+2	+16	–1
Профіль «фланкера»	+12	–16	+22	+4	+1

Динамічна адаптація: статичні профілі поведінки можуть зробити юніта передбачуваним [2]. Для вирішення цієї проблеми розроблено систему умовних фазових перевизначень. Цей механізм дозволяє юніту аналізувати стан поля бою на початку свого ходу і динамічно змінювати свій профіль.

Серед реалізованих тригерів адаптації:

- критичний рівень здоров'я. Наприклад, якщо агресивний берсерк втрачає 70% здоров'я, система може змусити юніта ігнорувати атаку та шукати шляхи для відступу поза зону видимості гравця;

- реакція на втрату союзників. Якщо юніт бачить, що його загін знищують, уцілілі юніти можуть тимчасово отримати бонуси до параметру скупчення, змушуючи їх збиратися разом для формування оборонного периметра.

Перевага використання дельт полягає у можливості математичного додавання матриць ваг. Це дозволяє лише зміщувати акценти юніта.

Реалізація поведінки юнітів на основі поєднання алгоритму A* (із модифікованою формулою Чебишова) та утилітарної системи оцінки дій є високоефективним рішенням для покрокових сіткових ігор. Такий підхід забезпечує не лише швидку навігацію, але й високу тактичну варіативність ворогів завдяки системі профілів. Механізм динамічної адаптації робить юнітів під контролем комп'ютера непередбачуваним, змушуючи їх реагувати на критичні ситуації зміною патернів поведінки просто під час бою.

Список використаних джерел:

1. Patel A. Introduction to A* Pathfinding. Red Blob Games. URL: <https://www.redblobgames.com/pathfinding/a-star/introduction.html> (дата звернення: 08.03.2026).

2. Логвін І.Ю. Новіков Ю.С. Дослідження та використання підходів створення ігрового ШІ, для реалізації поведінки монстрів в ігрових додатках // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 трав. 2023 р. Харків, 2023. Т. 2. Ч. 1. С. 275–276.