
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 004.891: 004.9

А. А. ЯРОВИЙ, І. Р. АРСЕНЮК, А. В. КОЗЛОВСЬКИЙ,
Д. П. ПАЛАМАРЧУК, О. О. КОРОЛЕНКО

МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ІГРОВИМ ПОСЕЛЕННЯМ З ЕКСПЕРТНОЮ СИСТЕМОЮ ПІДБОРУ ПОВЕДІНКИ ІГРОВИХ ПЕРСОНАЖІВ

*Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе 95, 21021, Вінниця,
Україна, e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua*

Анотація. У статті розглядається новий підхід до моделювання інтелектуальної поведінки ігрових персонажів через мультиагентну систему, інтегровану з експертною системою для підбору поведінки. Внаслідок інтеграції цієї системи ігрові персонажі набувають здатності адаптувати свою поведінку відповідно до своїх індивідуальних характеристик і взаємодії з іншими персонажами. Для моделювання особистісних рис персонажів було розглянуто кілька відомих психологічних моделей, таких як FFM (The Five Factor Model), HEXACO та AD (Affiliation and Dominance Model). Після аналізу та порівняння моделей було прийнято рішення скомбінувати HEXACO та AD, оскільки це дозволяє одночасно детально моделювати індивідуальні характеристики ігрових персонажів і точно описувати їхні міжособистісні відносини. Для вибору поведінки ігрового персонажа розроблено систему балів, яка оцінює шаблони поведінки залежно від вхідних даних: настрою персонажа, його особистісних рис, типів взаємовідносин та знань про поведінку інших ігрових персонажів. Ці дані використовуються для обчислення загального балу кожного шаблону поведінки, що визначає дію персонажа. Обчислення здійснюється за допомогою складених матриць поведінкової відповідності, що дозволяють узгоджувати шаблони з характеристиками персонажа. Введення випадкової похибки забезпечує варіативність у поведінці ігрових персонажів і запобігає детермінації результатів. Система балів формалізована у вигляді математичної моделі, яка описує вплив кожного фактора на вибір поведінки за допомогою функцій обчислення балів та відповідних вагових коефіцієнтів. Для тестування експертної системи створено ігровий прототип на платформі Unity, де ігрові персонажі виконують завдання для підтримки життєдіяльності поселення. Вони самостійно обирають завдання, орієнтуючись на стан середовища та взаємодіють один з одним відповідно до підбраного експертною системою шаблону поведінки. Запропонований підхід дозволяє створити динамічне ігрове середовище з непередбачуваними діями ігрових персонажів, що залежатимуть від їхніх особистісних рис та міжособистісних відносин з іншими ігровими персонажами, що відкриває нові можливості для вдосконалення систем поведінки в іграх.

Ключові слова: мультиагентна система, експертна система, інформаційні технології, поведінка ігрового персонажу, комп'ютерна відеогра.

Abstract. This article presents a novel approach to modeling the intelligent behavior of game characters through a multi-agent system integrated with an expert system for behavior selection. By incorporating this system, game characters acquire the ability to adapt their behavior according to their individual traits and interactions with other characters. To model personality traits, several well-known psychological frameworks were considered, including FFM (The Five Factor Model), HEXACO, and AD (Affiliation and Dominance Model). After comparing the models, a combination of HEXACO and AD was chosen, as this approach allows for detailed modeling of both individual game character traits and their interpersonal relationships. To select the appropriate behavior for a game character, a scoring system was developed that evaluates behavior templates based on input data: the character's mood, personality traits, relationship types, and knowledge about the behavior of other game characters. This data is used to calculate a total score for each behavior template, determining the character's final action. The calculation process is performed using compound behavior matching matrices that align templates with character traits. The introduction of a random deviation ensures variability in game character behavior and prevents deterministic outcomes. The scoring system is formalized as a mathematical model that describes the influence of each factor on behavior selection through scoring functions and corresponding weighting coefficients. To test the expert system, a game prototype was developed on the Unity platform, where game characters perform tasks to maintain the settlement's functionality.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

They independently choose tasks based on the current environment state and interact with one another according to behavior templates selected by the expert system. The proposed approach enables the creation of a dynamic game environment with unpredictable character actions, determined by their personality traits and interpersonal relationships. This opens new opportunities for improving behavior systems in games.

Keywords: multi-agent system, expert system, information technology, game character behavior, computer video game

DOI: 10.31649/1681-7893-2025-50-2-133-141

ВСТУП

В сучасних умовах складно знайти людину, яка ніколи не чула про відеоігри. Щороку великі ігрові студії випускають нові проекти, підтримуючи зацікавленість гравців у всьому світі. Проте однієї лише кількості ігор недостатньо для збереження лояльності аудиторії. Якщо студія постійно створює подібні за структурою та ідеями ігри, вона ризикує втратити інтерес гравців. Для уникнення цього, розробники повинні впроваджувати інноваційні підходи та аналізувати недоліки існуючих рішень.

Одним із таких недоліків є обмеженість поведінки другорядних персонажів, зокрема відсутність якісної інтелектуальної компоненти. Гравець, потрапляючи до віртуального світу в очікуванні захопливої пригоди, цікавих діалогів та динамічної взаємодії з NPC (Non-player character – персонаж, яким не керує гравець), часто стикається з повторюваними шаблонами поведінки, одноманітними репліками та відсутністю взаємин між персонажами. Це створює відчуття штучності та передбачуваності, що знижує рівень занурення у гру. В результаті гравець втрачає інтерес і починає шукати новий, більш захопливий ігровий досвід.

Розробники усвідомлюють актуальність цієї проблеми, тому в сучасних іграх впроваджуються різні підходи до побудови систем поведінки персонажів [1], зокрема:

- FSM (Finite State Machines) – абстракція для управління станом, корисна для анімацій та програмованих дій.
- Behavior Tree – розширення FSM, яке дозволяє скласти дерево рішень, де кожна гілка реалізує частину бажаної складної поведінки.
- Utility AI – визначає найкращу дію для виконання за певної ситуації.
- GOAP (Goal Oriented Action Planning) – передбачає знаходження послідовності дій, які слід виконати для того, щоб досягнути поставленої цілі у певній ситуації.

Вищезазначені підходи значно спрощують створення логіки прийняття рішень для NPC. Деякі з них мають практичну реалізацію, зокрема бібліотека ReGoap [2], яка пропонує спрощену версію GOAP і дозволяє ефективно інтегрувати систему цілеспрямованої поведінки у гру. Такі інструменти відкривають нові можливості для малих студій, що прагнуть конкурувати з великими розробниками.

Втім, детальний аналіз наявних рішень показує, що більшість із них не враховують аспект взаємодії між персонажами, що є критично важливим для створення реалістичного, динамічного ігрового світу. Введення міжперсональних відносин, характеристик та контекстних реакцій NPC дозволяє зробити взаємодію непередбачуваною та цікавою для гравця. Саме такий підхід здатен додати сучасним відеоіграм ту глибину, якої їм часто бракує.

Метою роботи є розробка підходу до моделювання інтелектуальної поведінки ігрових персонажів за рахунок інтегрованого застосування мультиагентної системи із експертною системою підбору поведінки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У контексті моделювання поведінки ігрових персонажів особливе значення має якісне відтворення їхньої соціальної взаємодії. Для вирішення проблеми динамічного підбору поведінки у відповідь на змінні обставини середовища було вирішено розробити спеціалізовану експертну систему, яка враховує такі ключові фактори, як особистісні риси персонажів, характер їхніх взаємовідносин, а також ступінь обізнаності один про одного. Це дозволяє забезпечити адаптивний та контекстно релевантний вибір шаблонів поведінки у різноманітних соціальних ситуаціях.

Оскільки побудова експертних систем значною мірою спирається на формалізовані знання фахівця у певній предметній області, на початковому етапі було здійснено додатковий аналіз сучасних моделей структури особистості. Метою цього етапу було виявлення такої моделі або їх комбінацій, що найбільш повно і функціонально відображають риси характеру, релевантні для ігрових персонажів.

У межах аналізу було розглянуто три відомі моделі структури особистості: FFM (The Five-Factor Model), HEXACO та AD (Affiliation-Dominance Model) [3, 4]. Результати порівняння моделей наведено у таблиці 1.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

Таблиця 1. Порівняння моделей структури особистості

Параметр	FFM	HEXACO	AD
Кількість факторів	5	6	2
Фактори	Openness (відкритість – дослідження, цікавість, нові підходи), Conscientiousness (добросовісність), Extraversion (екстраверсія або комунікабельність), Agreeableness (зговірливість, доброзичливість), Neuroticism (емоційна нестабільність)	Honesty – Humility (чесність – скромність), Emotionality (емоційність), eXtraversion, Agreeableness, Conscientiousness, Openness	Affiliation (потреба у приналежності, соціальна орієнтованість), Dominance (прагнення до влади)
Основна мета	Загальна класифікація особистісних рис	Впровадження етичних/моральних аспектів особистості	Моделювання соціальної поведінки
Рівень деталізації	Високий	Високий	Низький
Фокус	Особистісні риси	Особистість та моральна поведінка	Соціальна поведінка



Рисунок 1 – Узагальнена схема алгоритму підбору поведінки ігрових персонажів

Керуючись отриманим порівнянням було вирішено відмовитися від використання моделі FFM, оскільки модель HEXACO охоплює ширший спектр особистісних характеристик, зокрема додає шостий фактор Honesty-Humility, який є критично важливим для точного моделювання етичної поведінки ігрових персонажів та соціальної динаміки в ігровому середовищі. Це забезпечує вищу деталізацію при формуванні особистісних рис ігрових персонажів, що у свою чергу позитивно впливає на якість висновків експертної системи.

Проте, незважаючи на переваги HEXACO, дана модель не повною мірою охоплює динамічні міжособистісні відносини, що є ключовим елементом у контексті управління взаємодією між ігровими персонажами в ігровому середовищі. Враховуючи це було прийнято рішення про комбінування моделей HEXACO та AD, де остання дозволяє у простій, але ефективній формі відображати відносини між персонажами через призму домінування і ступеня близькості. Такий підхід дає змогу побудувати більш реалістичні соціальні сценарії, в яких поведінка персонажів визначається не лише їхніми внутрішніми характеристиками, а й їхньою поточною позицією у соціальній структурі поселення.

Для реалізації механізму вибору найбільш адекватної поведінки ігрового персонажа у конкретному контексті було розроблено продукційну експертну систему з гібридним механізмом логічного виведення, що поєднує прямий та зворотний підходи до організації механізму логічного виведення [5, 6]. Одним із ключових компонентів цієї експертної системи є система балів, яка дозволяє кожному шаблону поведінки надавати числову оцінку на основі релевантних вхідних даних. Такий підхід дає змогу забезпечити як швидкий вибір дії у простих ситуаціях, так і поглиблений аналіз у складних соціальних конфліктах, що потребують багаторівневого логічного виведення.

Перед початком обробки всі вхідні дані нормалізуються до уніфікованого формату, який дозволяє стандартизувати процес обчислення балів для кожного шаблону поведінки. Основними вхідними параметрами є: поточний настрій ігрового персонажа, його особистісні риси у вигляді параметрів HEXACO, тип відносин із цільовим ігровим персонажем, а також знання про

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

параметри AD цільового ігрового персонажа. Для спрощення підрахунку балів, параметри HEXACO ігрового персонажа трансформуються в еквівалентні параметри AD. Знання про цільового ігрового персонажа одразу подаються у формі параметрів AD, оскільки у більшості сценаріїв детального аналізу його особистості не вимагається – достатньо лише знати загальний контекст відносин.

На основі цих даних система формує набір маркерів відносин (індикаторів), що визначають узагальнені особистісні риси цільового ігрового персонажа у контексті соціального зв'язку. Було визначено дев'ять основних маркерів відносин, кожен з яких відображає певний аспект взаємодії відповідно до шкал моделі AD. Отримані маркери інтегруються в загальний механізм обчислення балів, де вони відіграють важливу роль у пріоритезації шаблонів поведінки. Після цього до обчислених балів вводиться випадкова похибка, що моделює варіативність у поведінці ігрових персонажів та запобігає надмірній передбачуваності системи. Такий підхід дозволяє уникнути однакових реакцій у схожих ситуаціях, надаючи системі більшої динамічності та реалізму. Загальна логіка функціонування експертної системи та послідовність обробки даних відображені на рис. 1 у вигляді схеми алгоритму.

Для реалізації адаптивної поведінки ігрових персонажів у межах експертної системи було використано набір матриць поведінкової відповідності, що дозволяють зіставити поточні характеристики ігрового персонажа з можливими шаблонами поведінки. Такий підхід сприяє формуванню більш гнучких і контекстуально обґрунтованих рішень, наближених до реалістичної взаємодії в ігровому середовищі. Загалом було створено п'ять матриць, кожна з яких відповідає за окремий аспект аналізу:

- матриця настрою ігрового персонажа;
- матриця особистісних параметрів AD ігрового персонажа;
- матриця основного типу відносин;
- матриця другорядного типу відносин;
- матриця маркерів взаємовідносин.

Кожен елемент зазначених матриць містить набір шаблонів поведінки, релевантних відповідним умовам. Розрахунок загального балу відбувається шляхом послідовного оброблення кожної матриці.

На першому етапі обирається відповідний елемент матриці особистісних параметрів AD, що визначається за перетином значень поточних параметрів персонажа. Для матриці настрою вибір елемента базується безпосередньо на поточному емоційному стані ігрового персонажа.

Матриці типу відносин виконують основну функцію в оцінюванні контексту соціальної взаємодії між ігровими персонажами. Спочатку здійснюється пошук відповідного шаблону поведінки із заданим типом відносин в основній матриці, яка має вищий пріоритет. Якщо відповідний шаблон знайдено, його бали додаються до загальної оцінки, а матриця другорядного типу відносин при цьому не враховується. У разі відсутності відповідного шаблону в основній матриці, система звертається до другорядної, проте шаблони з неї мають удвічі меншу вагу при оцінюванні, що відображає їхню знижену пріоритетність у загальній логіці вибору поведінки.

На завершальному етапі аналізується матриця маркерів відносин, яка містить дев'ять основних елементів, що характеризують соціальну динаміку між ігровими персонажами. Для кожного шаблону поведінки перевіряється наявність відповідних маркерів у характеристиках цільового персонажа, після чого за кожну відповідність додається додатковий бал.

Загальну структуру вищезазначених матриць наведено на рис. 2.

Оскільки процес розробки ігор може значно відрізнятись залежно від жанру, основної ідеї та ігрового середовища, було вирішено створити вісім базових абстрактних шаблонів поведінки: ігнорування, спостереження, стримана дружність, помірна дружність, активна дружність, стримана ворожість, помірна ворожість та активна ворожість. Ці шаблони є інтуїтивно зрозумілими та універсальними, що дозволяє розробникам легко інтегрувати їх у власну логіку, не залежачи від специфічних знань чи складної структури проєкту. Вони виступають основою для подальшої деталізації поведінки ігрових персонажів у контексті конкретного проєкту.

Основою експертної системи є система балів, яку для кращого розуміння доцільно представити у вигляді математичної моделі.

Для спрощення роботи з виразами вважатимемо, що U – множина всіх можливих шаблонів поведінки, x – конкретний шаблон, для якого обчислюється бал ($x \in U$). Оскільки система балів переважно функціонує через використання матриць поведінкової відповідності, спершу необхідно сформулювати правило визначення належності шаблону поведінки до елемента матриці поведінкової відповідності

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

$$f_m(x, M) = \begin{cases} 1, & x \in M, \\ 0, & x \notin M, \end{cases} \quad (1)$$

де M – множина шаблонів поведінки, серед якої здійснюється пошук x ($M \subseteq U$).

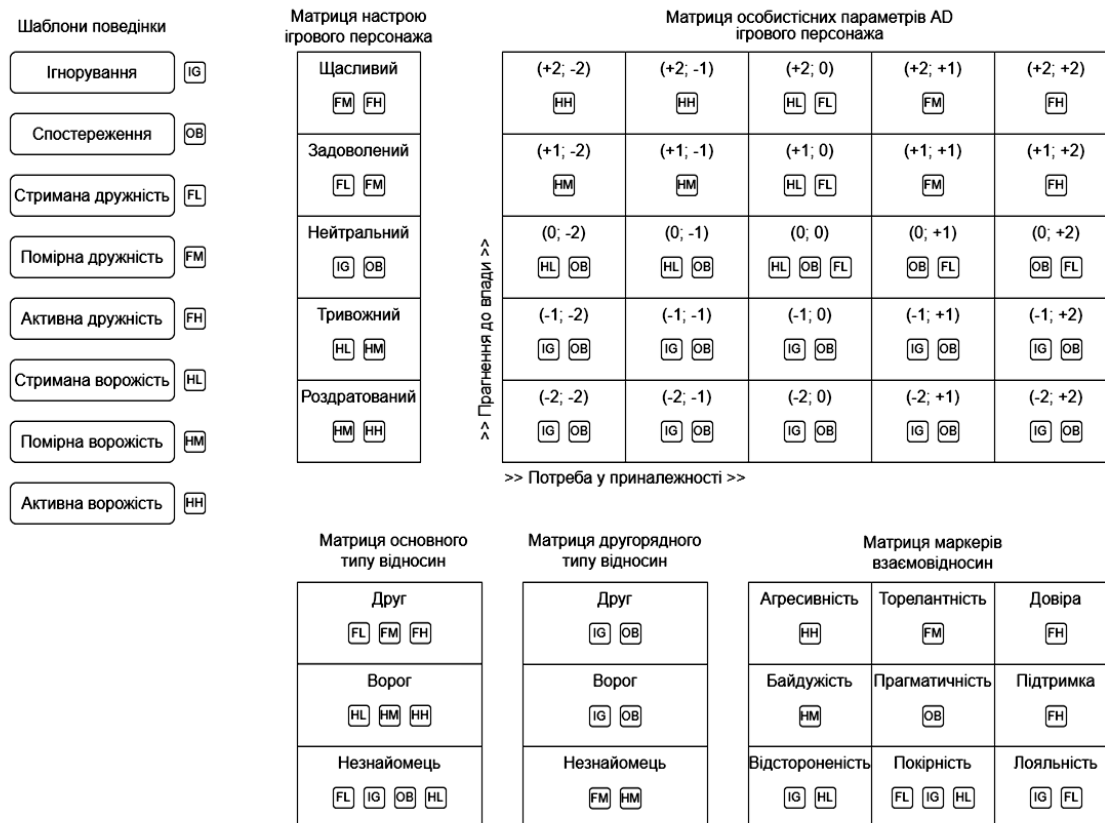


Рисунок 2 – Структура матриць поведінкової відповідності

Отримавши вираз визначення належності шаблону поведінки до елемента матриці поведінкової відповідності можна записати вираз для обчислення балу за матрицею настрою ігрового персонажа

$$f_{pm}(x) = f_m(x, A_{pm,0}) * pm_c, \quad (2)$$

де A – матриця настрою ігрового персонажа ($A_{ij} \subseteq U$), pm – номер рядка матриці A , що відповідає поточному параметру настрою ігрового персонажа, pm_c – коефіцієнт впливу настрою ігрового персонажа на вибір шаблону поведінки.

Далі записуємо вираз для обчислення балу за матрицею особистісних параметрів AD ігрового персонажа

$$f_p(x) = f_m(x, B_{pd,pa}) * p_c, \quad (3)$$

де B – матриця особистісних параметрів AD ігрового персонажа ($B_{ij} \subseteq U$), pd – номер рядка матриці B , що відповідає параметру dominance ігрового персонажа, pa – номер стовпця матриці B , що відповідає параметру affiliation ігрового персонажа, p_c – коефіцієнт впливу параметрів AD ігрового персонажа на вибір шаблону поведінки.

Наступним кроком є обчислення балу за матрицями типів відносин

$$f_r(x) = \begin{cases} 2 * r_c, & f_m(x, C_{rp,0}) = 1, \\ f_m(x, D_{rs,0}) * r_c, & f_m(x, C_{rp,0}) \neq 1, \end{cases} \quad (4)$$

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

де C – матриця основного типу відносин ($C_{ij} \subseteq U$), r_p – номер рядка матриці C , що відповідає параметру типу відносин ігрового персонажа, D – матриця другорядного типу відносин ($D_{ij} \subseteq U$), r_s – номер рядка матриці D , що відповідає параметру типу відносин ігрового персонажа, r_c – коефіцієнт впливу параметру типу відносин ігрового персонажа на вибір шаблону поведінки.

Бал на основі матриці маркерів взаємовідносин обчислюється за наступним виразом

$$f_{rm}(x) = (\sum_{i,j \in R} f_m(x, E_{i,j})) * m_c, \quad (5)$$

де E – матриця маркерів взаємовідносин ($E_{ij} \subseteq U$), R – множина координат матриці E , що відповідає маркерам взаємовідносин ($R \subseteq \{0, \dots, m-1\} \times \{0, \dots, n-1\}$, де m – кількість рядків матриці E , n – кількість стовпців матриці E), m_c – коефіцієнт впливу маркерам взаємовідносин на вибір шаблону поведінки.

Після отримання всіх значень на основі виразів (1)–(5), можна записати підсумковий вираз для обчислення загального балу шаблону поведінки

$$f(x) = f_p(x) + f_{pm}(x) + f_r(x) + f_{rm}(x) + \varepsilon, \quad (6)$$

де ε – випадково згенерована величина, що впроваджує похибку з метою забезпечення варіативності результатів та уникнення детермінованості поведінки.

Для перевірки працездатності розробленої експертної системи було прийнято рішення реалізувати мультиагентну систему на базі ігрового рушія Unity, що дозволяє представити агентів у ролі ігрових персонажів та надати їм інтелектуальну складову завдяки інтеграції експертної системи.

З метою створення умов, максимально наближених до реального ігрового процесу, мультиагентну систему було реалізовано у вигляді ігрового прототипу, основною ідеєю якого є управління поселенням через організацію взаємодії між ігровими персонажами. Ціль гри полягає в ефективному керуванні поселенням до моменту завершення будівництва нового житла або повного вичерпання запасів їжі.

Кожен ігровий персонаж здатний виконувати різні завдання, необхідні для підтримки життєдіяльності поселення, а також самостійно приймати рішення щодо вибору дій, орієнтуючись на поточний стан ігрового середовища. Крім того, ігрові персонажі можуть оцінювати стан один одного та взаємодіяти між собою. Однак без інтеграції експертної системи така взаємодія є статичною та передбачуваною.

Враховуючи вимоги до логіки поведінки ігрових персонажів, було вирішено реалізувати їх у вигляді рефлекторних агентів [7], здатних реагувати на зміни в ігровому середовищі для прийняття відповідних рішень. Для більш детального опису принципу їхньої роботи використовується укрупнена структура агента [8].

Гравець виступає у ролі спостерігача та координатора, завданням якого є аналіз стану поселення і ресурсів, а також надання рекомендацій ігровим персонажам щодо доцільніших дій. Таким чином формується динамічне ігрове середовище, що дає змогу інтегрувати та ефективно тестувати експертну систему підбору поведінки ігрових персонажів.

Першочерговим кроком є налаштування параметрів ігрових персонажів та їхніх взаємовідносин за допомогою інструментів середовища Unity. Налаштування: визначення настрою та параметрів HEXASO ігрового персонажа, а також створення списку взаємовідносин із зазначенням типу та знань про цільового ігрового персонажа. Приклади конфігурації ігрових персонажів наведено на рис. 3.

Наступним важливим етапом у побудові системи є реалізація логіки виконання дій, що відбуваються у відповідь на обраний шаблон поведінки. Цей процес тісно пов'язаний зі сценарієм відеогри та її жанровими особливостями, тому реалізується безпосередньо розробником. Саме на цьому етапі визначається, як саме ігрові персонажі поведуться у конкретних ситуаціях, ґрунтуючись на рекомендаціях експертної системи.

Для демонстрації можливостей запропонованого підходу в ігровому прототипі було реалізовано базову систему взаємодії, яка враховує поточний стан ігрових персонажів. Наприклад, коли обидва ігрові персонажі перебувають у стані відпочинку, вони здійснюють спокійні, пасивні дії – наприклад, можуть привітати одне одного чи обмінятися репліками. Якщо ж один із персонажів активно виконує завдання, то інший може проявити до нього інтерес: підтримати або завадити. Подібна динаміка дозволяє зробити поведінку ігрових персонажів більш живою та природною.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

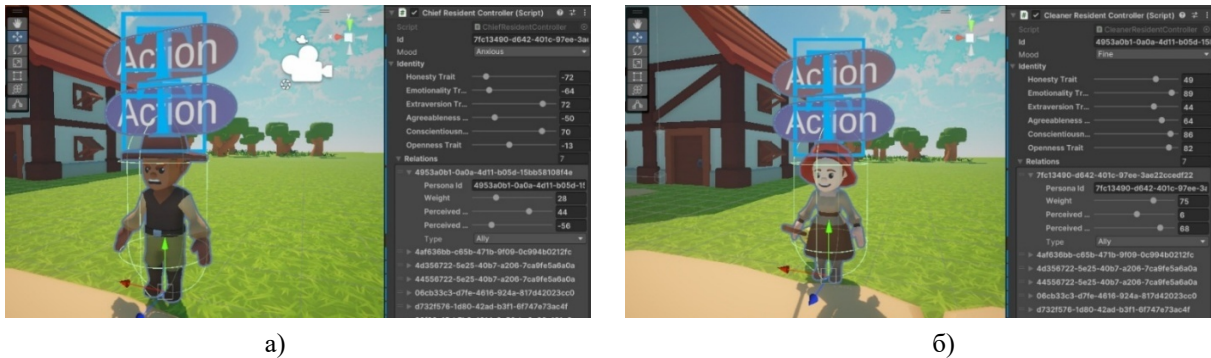


Рисунок 3 – Конфігурація параметрів ігрового персонажа

У кожному конкретному випадку рішення про характер взаємодії приймається відповідно до шаблону поведінки, який було обрано експертною системою на основі персональних параметрів ігрового персонажа та його поточних відносин із ціллю взаємодії. Таким чином, навіть за умови статичного ігрового середовища, взаємодії між персонажами набувають динамічного та варіативного характеру. Приклади взаємодії ігрових персонажів у стані відпочинку наведені на рис. 4, а приклади взаємодії персонажів у різних станах — на рис. 5.



Рисунок 4 – Приклад взаємодії ігрових персонажів у стані відпочинку
(частина 1, а, частина 2 (б))



Рисунок 5 – Приклад взаємодії ігрових персонажів у різних станах (частина 1, (а), частина 2 (б))

Для демонстрації можливостей запропонованого підходу в ігровому прототипі було реалізовано базову систему взаємодій, яка враховує поточний стан ігрових персонажів. Наприклад, коли обидва ігрові персонажі перебувають у стані відпочинку, вони здійснюють спокійні, пасивні дії – наприклад, можуть привітати одне одного чи обмінятися репліками. Якщо ж один із персонажів активно виконує завдання, то інший може проявити до нього інтерес: підтримати або завадити. Подібна динаміка дозволяє зробити поведінку ігрових персонажів більш живою та природною.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

Таким чином відеогра набуває динамічності та непередбачуваності. Гравець не може точно вказати, як поведе себе один ігровий персонаж по відношенню до іншого, оскільки їхня поведінка визначається не лише поточним контекстом, але й особистісними рисами, настроєм та міжособистісними відносинами. Завдяки цьому формується враження живого ігрового світу, в якому взаємодії не є жорстко заданими, а виникають органічно відповідно до ситуації. Це стимулює гравця до постійного спостереження за поведінкою персонажів, аналізу їхніх дій та адаптації власних рішень, що значно збагачує ігровий досвід.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було реалізовано підхід до моделювання інтелектуальної поведінки ігрових персонажів шляхом інтеграції експертної системи підбору поведінки в мультиагентне середовище. Розроблена система враховує низку важливих параметрів, таких як настрої, особистісні риси, типи взаємовідносин і знання про інших ігрових персонажів, що дозволяє формувати варіативну поведінку.

Запропонований підхід дозволяє створювати ігрові світи з більш реалістичною та динамічною моделлю взаємодії між персонажами, де дії кожного агента не є жорстко запрограмованими, а виникають як результат багатофакторного аналізу. Введення випадкової похибки для уникнення детермінації рішень додатково підвищує рівень непередбачуваності поведінки.

Тестування прототипу на базі створеного ігрового середовища підтвердило працездатність системи, а також її здатність до гнучкого реагування на зміну станів середовища та персонажів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Delassus D., "AI Toolkit — Give a brain to your NPCs, a header-only C++ library." Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://david-delassus.medium.com/ai-toolkit-give-a-brain-to-your-npcs-a-header-only-c-library-02a50ae9faed>.
2. Ferraro L., "ReGoap." Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://github.com/luxkun/ReGoap>.
3. Mobbs A., "An atlas of personality, emotion and behaviour", PLoS ONE, vol. 15, no. 1, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227877>.
4. Ashton M. and Kibeom L, *The H Factor of Personality: Why Some People are Manipulative, Self-Entitled, Materialistic, and Exploitive—And Why It Matters for Everyone*. 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.51644/9781554588640>.
5. Месюра В. І., Яровий А. А., та Арсенюк І. Р., *Експертні системи. Частина 1*. Вінниця: ВНТУ, 2006.
6. Яровий А.А., Арсенюк І.Р. та Месюра В.І.. *Експертні системи. Частина 2*. Вінниця: ВНТУ, 2017.
7. Russell S. and Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed.* 2022.
8. Касілов О. В. *Мультиагентні системи та технології в ігрових додатках: довідник модуля*. Х.: «Друкарня Мадрид», 2018.

REFERENCES

1. Delassus D., "AI Toolkit — Give a brain to your NPCs, a header-only C++ library." Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://david-delassus.medium.com/ai-toolkit-give-a-brain-to-your-npcs-a-header-only-c-library-02a50ae9faed>.
2. Ferraro L., "ReGoap." Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://github.com/luxkun/ReGoap>.
3. Mobbs A., "An atlas of personality, emotion and behavior", PLoS ONE, vol. 15, no. 1, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227877>.
4. Ashton M. and Kibeom L, *The H Factor of Personality: Why Some People are Manipulative, Self-Entitled, Materialistic, and Exploitive—And Why It Matters for Everyone*. 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.51644/9781554588640>.
5. Mesyura V. I., Yarovy A. A., and Arsenyuk I. R., *Expert Systems. Part 1*. Vinnytsia: VNTU, 2006.
6. Yarovy A. A., Arsenyuk I. R. and Mesyura V. I.. *Expert Systems. Part 2*. Vinnytsia: VNTU, 2017.
7. Russell S. and Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed.* 2022.
8. Kasilov O. V. *Multiagent Systems and Technologies in Game Applications: Module Handbook*. X.: "Madrid Printing House", 2018.

Надійшла до редакції: 25.07.2025 р.

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

ЯРОВИЙ АНДРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua

КОЗЛОВСЬКИЙ АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри комп’ютерних наук. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: akozlovskiyi@vntu.edu.ua

АРСЕНІУК ІГОР РОСТИСЛАВОВИЧ – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри комп’ютерних наук. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: air@vntu.edu.ua

ПАЛАМАРЧУК ДМИТРО ПАВЛОВИЧ – студент групи 2КН-24м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: palamarchuk1247@gmail.com

КОРОЛЕНКО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ – аспірант кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, *e-mail: olegkorolenko.legoex@gmail.com*.

A. A. YAROVYI, I. R. ARSENIUK, A. V. KOZLOVSKYI, D. P. PALAMARCHUK, O. O. KOROLENKO

**MULTI-AGENT SYSTEM FOR MANAGING A GAME SETTLEMENT WITH AN EXPERT-
BASED BEHAVIOR SELECTION SYSTEM FOR GAME CHARACTERS**

Vinnitsa National Technical University