

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.87>
УДК 004.451:376.36:615.8:616-053.2

Гейміфікована система підтримки фізичної реабілітації дітей

Самохін Артем Вікторович¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4141-3798>; 9817307@stud.op.edu.ua

Дідик Анастасія Артемівна¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5498-0081>; 9792604@stud.op.edu.ua

Холостенко Дар'я Анатоліївна¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7595-5544>; stenkoartist@gmail.com

Зайцев Андрій Сергійович²⁾

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6467-5168>; Zaitsevandrui1@gmail.com

¹⁾ Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

²⁾ Центр реабілітації матері та дитини МОЗ України

АНОТАЦІЯ

У роботі обґрунтовано актуальність розроблення новітніх підходів до фізичної реабілітації дітей з розладами аутистичного спектра на тлі глобального та вітчизняного зростання кількості діагностованих випадків. Авторами акцентовано на проблемі сенсорного перевантаження та швидкої втрати інтересу пацієнтів під час застосування традиційних методів терапії. Метою дослідження є створення та впровадження гейміфікованої системи реабілітації, що поєднує терапевтичну гру з автоматизованим аналізом біометричних даних. Визначено, що об'єктом дослідження виступає процес сенсомоторної інтеграції в межах фізичної терапії, а предметом – апаратно-програмний комплекс на базі ігрового рушія Unity, який взаємодіє з балансувальною дошкою. На підставі аналізу існуючих рішень (зокрема середовища Scratch) у роботі застосовано методи об'єктно-орієнтованого проєктування, апаратної інтеграції сенсорів (акселерометрів та гіроскопів) для захоплення рухів, а також алгоритми інтелектуального аналізу даних із використанням мови Python. Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробленні механіки адаптивної складності, що здатна динамічно коригувати ігрове середовище (швидкість, напрямки появи об'єктів) залежно від виявлених моторних і когнітивних труднощів пацієнта. Практичне значення роботи зводиться до створення проєкту “Guard the Gard” – інструмента, який нівелює психоемоційні бар'єри у комунікації «реабілітолог-дитина» та перетворює суб'єктивні спостереження лікаря на точні цифрові показники. Створено передумови для оптимізації роботи медичного персоналу завдяки модулю локального аналізу, який автоматично формує графічні звіти з вихідних даних сесій. У висновкових положеннях акцентовано на перспективності подальшого масштабування системи шляхом інтеграції контролерів руху, переходу до хмарної архітектури зберігання медичних записів, а також розширення цільової аудиторії продукту для реабілітації пацієнтів із порушеннями опорно-рухового апарату.

Ключові слова: гейміфікація; інтернет речей; інформаційні системи у медицині; фізична реабілітація; сенсомоторна інтеграція; балансувальна дошка; терапевтична гра; адаптивне середовище; автоматизований аналіз інформації

Для цитування: Самохін А. В., Дідик А. А., Холостенко Д. А., Зайцев А. С. “Гейміфікована система підтримки фізичної реабілітації дітей”. *Інформатика. Культура. Техніка.* 2026; Том 3 № 2 (4): 1125–1134. DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.87>

Вступ. Актуальність проблеми. Світова та вітчизняна тенденції останніх років підтверджують різке зростання виявлення розладів аутистичного спектра (РАС), особливо серед дітей (за оцінками, відсоток поширеності серед дорослого населення США становить 2.21 % (відсоток отримано методом імітаційного моделювання), серед дітей – 3.2 % [1], [2]). Медіанний показник поширеності аутизму у світі становить 100 на 10 000 осіб [3]. В Україні з 2008 по 2013 рік за даними МОЗ України захворюваність на розлади зі спектру аутизму зросла в 3,8 разів з 2,4 до 9,1 на 100 000 дитячого населення [4]. Тобто з кожним днем ця цифра зростає, що означає динамічне навантаження на систему охорони здоров'я та вимагає впровадження високотехнологічних та масштабованих рішень. Посилюються прояви цього захворювання, серед яких порушення пропріоцепції, вестибулярної системи та уваги сьогодні визнані ключовими супутніми ознаками. Розповсюдженою групою супутніх ознак аутизму виділяють порушення великих моторних функцій, пропріоцепції та балансу [5].

Одним з найбільш дієвих підходів усунення таких порушень є реабілітація дітей, що поєднує фізичну терапію, яка передбачає вправи на баланс, координацію на пропріоцептивне тренування на нестабільних поверхнях (балансирувальних дошках), повторення рухів та

психотерапію для усунення стану тривоги. Аналіз літератури показав, що цілеспрямовані на баланс тренування довели свою ефективність у редукції не тільки РАС, а й інших порушень моторних функцій [6]. Розповсюдженим є застосування у складі комплексної реабілітації методу сенсорної інтеграції Дж. Айрес [7]. Сенсорна інтеграція – це процес систематизації інформації від різних сенсорних систем: рухової, зорової, слухової, тактильної, нюхової, смакової. За Дж. Айрес, першим етапом сенсорної інтеграції також є робота саме із вестибулярною та пропріоцептивною системами. Інші види вправ цього методу спрямовані на стимуляцію кожної системи відчуттів (або їх комбінації).

Слід відміти, реабілітація дітей з РАС потребує створення особливих умов, що враховують специфіку їхнього сприйняття довколишнього середовища. Традиційні фізичні методи реабілітації часто викликають у дітей сенсорне перевантаження або, навпаки, недостатню залученість, втрату інтересу, не завжди «комфортне» для дитини спілкування з фахівцем-реабілітологом (Рис. 1а). Ще однією з проблем, яка виникає під час фізичної реабілітації, є складність постійного об'єктивного контролю пацієнта.

Для покращення процесу реабілітації дітей з РАС авторами розробляється та впроваджується проєкт “Guard the Gard”, який пропонує адаптивне ігрове середовище на рушії *Unity*, що дозволяє контролювати рівень сенсорних стимулів і перетворювати фізичні вправи на безпечну та зрозумілу гру, яка знижує психоемоційне навантаження при виконанні вправ. Крім того проєкт “Guard the Gard” може бути сучасним інтелектуальним інструментом, який забезпечить лікарів і батьків об'єктивними даними про стан дитини в реальному часі (Рис. 1б).

У результаті консультації з реабілітологом, було поставлено три наступні задачі, які має вирішувати система:

- 1) полегшення проходження фізичної реабілітації для дітей;
- 2) виявлення та корекція непропорційної уваги у сприйнятті кольорів;
- 3) залучення когнітивних здібностей дитини (для застосування у реабілітації дітей із затримками психічного розвитку).

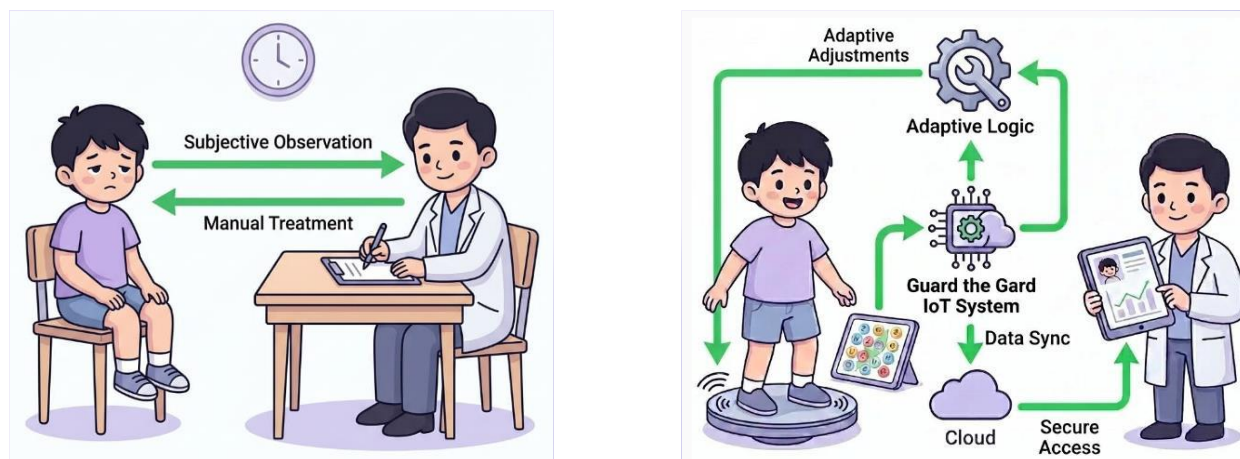


Рис. 1. Схема процесу реабілітації дітей:

а – спілкування з фахівцем-реабілітологом; б – ідея проєкту “Guard the Gard”

Джерело: розроблено авторами

Мета роботи. Розробка та впровадження системи реабілітації дітей з РАС на основі гейміфікація та автоматичного аналізу даних про стан дитини. Для досягнення мети поставлено завдання побудови стабільної серверної інфраструктури, програмного забезпечення для локального аналізу, реалізації візуально адаптивного контенту та розробки системи автоматизованої звітності для виявлення специфічних рухових аномалій.

Основна частина роботи. Для формування вимог до системи реабілітації дітей з РАС проведені консультації з фахівцями-реабілітологами щодо використання ними методу

сенсомоторної інтеграції – виконання дитиною комплексних вправ за допомогою спеціалізованого інвентаря (наприклад, балансувальних дошок та м'ячів) під наглядом фахівця. Аналіз цього методу дозволив сформулювати низку критичних моментів, які знижують ефективність процесу реабілітації в схемі спілкування «реабілітолог-дитина» (Рис. 1а).

Перший з них – це бар'єр для дитини: страх нових обставин, тісний контакт з реабілітологом, швидка втрата інтересу до однотипних вправ.

Другий – бар'єр для реабілітолога, адже фокус його роботи зміщується із фізичної реабілітації дитини на її емоційний стан. Крім того, існуючий метод сенсомоторної інтеграції характеризується високим рівнем суб'єктивності, оскільки об'єктивних вимірювальних даних про хід занять унеможлиблює оперативну корекцію програми. Тобто неперсоналізованість процесу значно обмежує потенціал користі, адже нема можливості швидко визначати та адаптуватися під потреби дитини.

Таким чином для усунення значущості цих критичних моментів та для підвищення ефективності реабілітації потрібен перехід до автоматизованого методу заохочення дітей та збору об'єктивних вимірювальних даних про хід занять з реабілітації.

Для реалізації такого переходу запропоновано введення в звичну схему взаємодії реабілітолог-дитина посередника «ігрового помічника» – системи підтримки фізичної реабілітації, з якою дитина була б самостійно вмотивована взаємодіяти завдяки її гейміфікації.

Структура такої системи наведена на Рис. 2.

Основні блоки системи наступні:

Блок «Дитина-гра» являє собою інтерфейс, за допомогою якого дитина балансує на балансувальній дошці керую персонажами гри у 2D просторі. Поточна версія гейміфікованої системи підтримки фізичної реабілітації дітей з РАС використовує балансувальну дошку для тренування вестибулярного апарату.

Блок «Збір даних» містить мікроконтролер та комплекс сенсорів, які вимірюють положення балансувальної дошки, що перетворюється у керуючі сигнали гри. Поточна версія системи має датчик MPU-6050, який передає дані на плату Arduino Nano, що з'єднаний з ПК. Передаються дані про кут нахилу (акселерометр) та кутову швидкість (гіроскоп).

Блок «Алгоритми адаптації» призначений для реакції середовища на результати зібраних даних, виявлення «проблемних» зон дитини та їх корекції.

Блок «Звіт для реабілітолога» дозволяє представити динаміку метрик прогресу пацієнта та скоригувати подальші вправи.

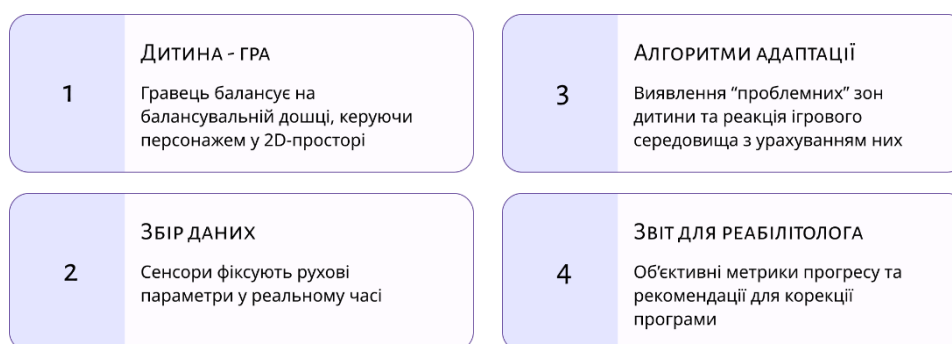


Рис. 2. Структура системи "Guard the Gard"

Джерело: розроблено авторами

При виборі екосистеми для розробки ігор проведено порівняльний аналіз системи для візуального програмування *Scratch* та професійного рушія *Unity* (Табл. 1). *Scratch* дозволяє як швидко зайти в розробку гри так і використовувати існуючі бібліотеки ігор та налаштовувати їх для створення інтерфейсу «Дитина-гра» [8]. Але розробки на базі *Scratch* не враховують особливості сенсорного сприйняття дітей з РАС, мають застарілу графіку та,

головне, не здатні збирати й аналізувати дані про поведінку гравця. Можливості *Unity* набагато більші, так як цим рушієм користуються як інді-розробники, так і великі студії для створення ігор. Тому саме він використовувався для створення ігор.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики рішень в середовищі *Scratch* та *Unity*

Характеристика	Ігри на <i>Scratch</i>	«Guard the Gard'» (<i>Unity</i>)
Геймдизайн та графіка	Базові	Сучасні, наявні методи для виявлення проблем з увагою дитини до певних стимулів
Аналіз даних гравця-пацієнта	Відсутній	Автоматизований (Data Aggregation Engine)
Адаптація під потреби гравця	Відсутня	Присутня за кількома характеристиками

Джерело: розроблено авторами

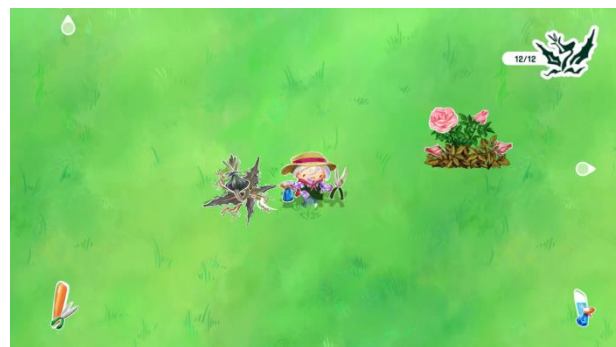
При створенні ігри окрім розвитку рухів дитини з РАС враховано необхідність розвитку сприйняття звуків та кольорів. У гру впроваджено «ворогів» різних кольорів, що дозволяє аналізувати зорову увагу: з яких сторін дитина пропускає об'єкти, а де реагує вчасно. Важливим елементом навантаження є наявність звукового супроводу гри: рух та дії персонажів підкреслюються характерними звуками, що створює завершену, пов'язану між собою множину сенсорних сигналів різного типу. Рівень гучності звуку можна змінювати або вимикати повністю для досягнення оптимального рівня навантаження дитини на кожному етапі реабілітації.

Впроваджено кілька рівнів складності для градації навантаження та більш персоналізованого підходу до потреб гравця. Основним показником адаптованості дитини до викликів системи є швидкість реакції на оточуючі подразники та здатність коректно виконати необхідну послідовність фізичних вправ, отож основними регуляторами складності визнано швидкість руху як персонажа, яким керує дитина, так і навколишніх елементів взаємодії.

Враховуючи вікову категорію цільової аудиторії, було обрано нейтральну тематику ігрової частини системи: «вороги» є бур'янами, які намагаються зашкодити садовій культурі, а персонаж гравця – бабуся-садівник, не отримує поранень від взаємодії з «ворогами», що знімає стрес та дозволяє сфокусуватися процесі (Рис. 3).



а



б

Рис. 3. Вигляд ігрового процесу:

а – стандартний сценарій; б – Взаємодія з «ворогом» особливого типу

Джерело: розроблено авторами

Особливу увагу під час розробки було приділено візуальній привабливості системи. Аналіз аналогів показав, що якісна графіка є ключовим інструментом для утримання уваги та заохочення дитини. Дослідження підтверджують, що діти з розладами аутистичного спектра мають специфічні особливості когнітивного сприйняття кольору та вищу ймовірність дефектів колірного зору (Zachi, 2017). Крім того, такі пацієнти демонструють унікальну чутливість до певних відтінків (Grandgeorge & Masataka, 2016) і можуть мати як сильні фіксації на одному кольорі, так і фобії щодо інших (Ludlow, 2013). З огляду на це, візуальне

оформлення гри базується на використанні чітких, зрозумілих кольорів (що є важливим для завдань із колірною ідентифікацією) та впізнаваних образах персонажів. Зі свого боку, завданням 2D-анімації та технічної інтеграції було зробити ігровий процес максимально комфортним та захопливим. Динаміка рухів розроблялася з урахуванням психологічного комфорту: деталізована, плавна анімація супротивників є неагресивною, не викликає роздратування чи негативних емоцій, проте інтуїтивно зрозуміло сигналізує гравцю про наявність ігрової загрози. Це формує спокійну атмосферу, що мотивує пацієнта під час сесії.

Оскільки візуальний простір гри побудований в ізометричній проєкції (вид зверху), рух об'єктів вимагає відображення в багатьох напрямках. З технічної точки зору, для оптимізації, класичну покадрову анімацію було інтегровано зі скриптуванням. Для економії ресурсів та уникнення створення надлишкових кадрів на кожному діагоналі, спрайти ворогів розділено на незалежні складові, що дозволило направляти їх програмно. Це забезпечило раціональне використання ресурсів ігрового рушія.

Додано вправи на когнітивні навантаження для підвищення ефективності при реабілітації дітей із затримками психічного розвитку. В умовах обмеженості фізичних методів взаємодії з системою (керування можливо лише кутами нахилу) основну здібність взаємодії персонажа з навколишніми елементами було автоматизовано. Проте таке вимушене полегшення було збалансовано рішеннями у механіці: взаємодія може відбуватися тільки після заповнення шкали «часу перезарядки» в нижньому куті екрана, що унеможливорює незалучене проходження гри та потребує від гравця як розуміння механіки, так і уважного спостереження за її візуальним відображенням. Ще одним елементом когнітивного навантаження є введення особливого типу «ворогів»: на відміну від основних, що зникають самостійно від автоматизованої взаємодії, ці зупиняються на місці та потребують унікального набору рухів для усунення, що є не тільки додатковим фізичним викликом, але й концентрують увагу на вирішенні поставлених грою задач. Перед початком кожної ігрової сесії реабілітолог має можливість вивести на екран інструкцію для ознайомлення чи повторення інструкцій взаємодії в усіх ігрових сценаріях.

Важливим аспектом гри є вибір бонусів (швидкість, множинне усунення ворогів або розстановка пасток), що дозволяє визначити психологічний профіль дитини, дає простір для розвитку креативності та логічного мислення (Рис. 4).

На Рис. 4а наведено меню вибору покращення, що слугує винагородою за пройдений етап гри та дозволяє урізноманітнити досвід від кількох сесій поспіль.

На Рис. 4б показано як під впливом вибору гравця на поле додаються елементи, іконки інтерфейсу, анімації взаємодій, що надає контролю над процесом та сприяє більшій залученості.

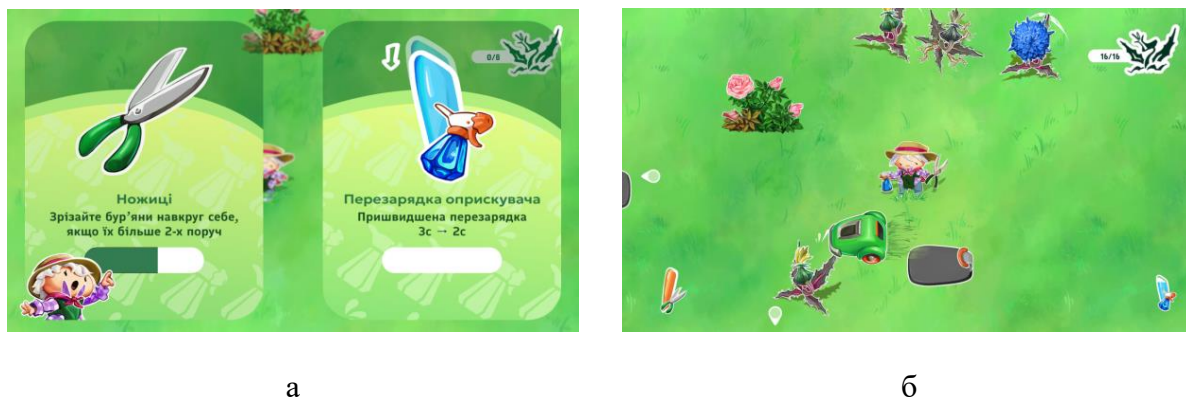


Рис. 4. Вигляд ігрового процесу:

а – вибір винагороди за пройдений етап гри; б – приклад контролю над процесом гри

Джерело: розроблено авторами

Ще однією ключовою особливістю системи є механіка адаптивної складності, що динамічно реагує на дії гравця. Під час ігрового процесу ведеться безперервний підрахунок

пропущених ворогів за кольорами та напрямками. Програмно цей механізм реалізовано так: алгоритм сортує масив збережених даних про пропуски, визначаючи два найбільш «проблемні» напрямки. Якщо різниця між найгіршим та наступним за ним показником становить більше двох помилок (починаючи з другої хвили), система ігнорує випадковий спавн. Замість цього вона розраховує кут у межах сектора найбільших пропусків (за допомогою кватерніонів та обертання базового вектора) і генерує об'єкти саме там. Також з кожною хвилиною загальна кількість ворогів поступово збільшується за допомогою глобального множника. Це дозволяє акцентовано тренувати саме ті аспекти уваги та моторики, які викликають у пацієнта найбільші труднощі.

Оскільки основним пріоритетом проекту є аналіз даних пацієнта, нижче представлений алгоритм обробки даних на сервері (Рис. 5).

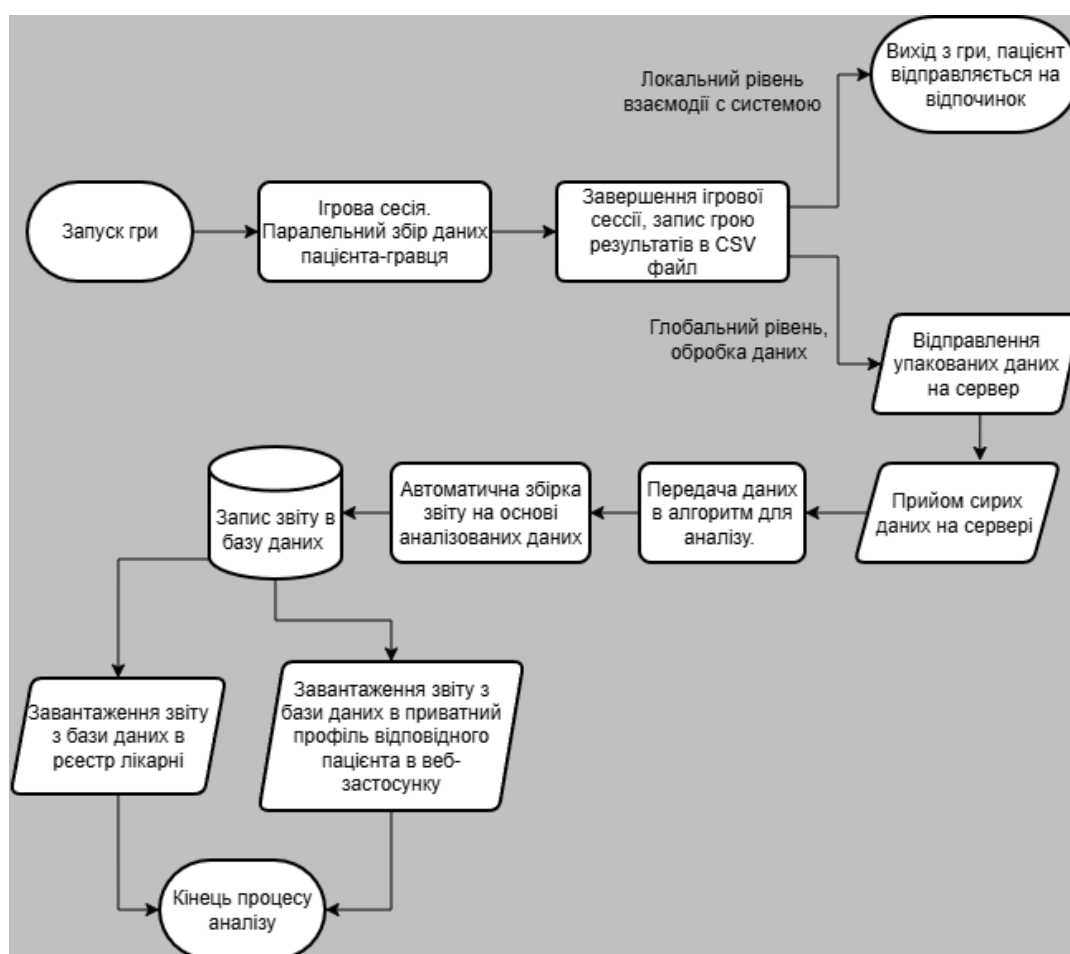


Рис. 5. Алгоритм обробки даних на сервері

Джерело: розроблено авторами

Процес починається із запуску гри, де під час сесії відбувається паралельний збір рухових метрик дитини.

Архітектура обробки даних у поточній версії системи повністю орієнтована на локальний аналіз, що забезпечує автономну роботу без обов'язкового підключення до мережі та високу швидкість обробки інформації. Основним джерелом даних виступає локальний CSV-файл, який автоматично створюється та оновлюється в директорії AppData/LocalLow після завершення кожної сесії. У ньому накопичуються ключові показники геймплею: кількість виконаних завдань, пропущені елементи, вибрані відповіді, тривалість сесії, динаміка рухів, ігрові напрямки та колірні категорії.

Для детальної обробки та візуалізації цих метрик розроблено окремий аналітичний модуль на мові Python. Він скомпільований у самодостатній виконуваний файл (.exe) за

допомогою утиліти PyInstaller, завдяки чому працює повністю автономно й не вимагає встановленого інтерпретатора Python на комп'ютері користувача (Рис. 6). Запуск аналітичного додатку реалізовано напряму з інтерфейсу гри - через натискання кнопки «Статистика» в головному меню, після чого модуль зчитує оновлений CSV-файл та формує наочні графіки й зведені показники прогресу користувача.

Поряд із реалізованим локальним рівнем архітектура системи також передбачає глобальний (серверний) рівень, який наразі є запланованим для майбутнього масштабування, проте ще не реалізований у поточній робочій версії. За цією концепцією упаковані «сирі» дані відправлятимуться на сервер, де спеціальний алгоритм проводитиме їх поглиблений аналіз і автоматично формуватиме підсумковий звіт. Фінальний звіт записуватиметься в базу даних із одночасним завантаженням до реєстру лікарні та в приватний профіль пацієнта у веб-застосунку на базі фреймворку Next.js. Безпеку збереження даних на сервері заплановано забезпечити багаторівневою системою авторизації та хешуванням паролів.

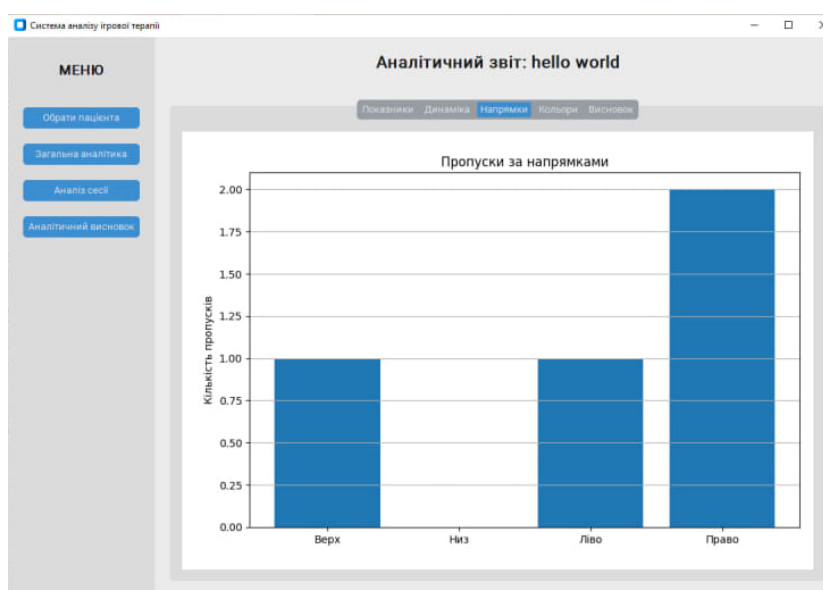


Рис. 6. Інтерфейс аналітичної програми, звіт за напрямками реакції
Джерело: розроблено авторами

Варто зазначити, що поточна робоча версія базується на локальному аналізі (CSV + Python-модуль в AppData/LocalLow), а хмарна інтеграція (серверний варіант) передбачена як наступний етап масштабування.

Крім серверної архітектури система включає модуль локального аналізу даних, призначений для детальної обробки і візуалізації результатів ігрового процесу. При першому запуску гри в директорії AppData/LocalLow зберігається автономний аналітичний додаток. Він розроблений мовою Python і скомпільований у виконуваний файл за допомогою PyInstaller, що дозволяє йому працювати незалежно і не вимагає попередньої установки Python на комп'ютері користувача (Рис. 6).

Аналітична програма запускається безпосередньо натисканням кнопки «Статистика» у головному меню гри. Як основне джерело даних використовується локальний CSV-файл. Цей файл автоматично створюється та оновлюється після кожної завершеної ігрової сесії, дозволяючи аналітичному модулю накопичувати результати гравця з часом. Збірні дані можуть включати інформацію про кількість виконаних завдань, пропущені елементи, вибрані відповіді, тривалість сесії, ігрові напрямки та колірні категорії.

Аналітична програма виконує обробку та агрегування даних перед поданням результатів користувачеві. Зокрема, він групує ігрові дані за окремими сесіями, напрямками гри та колірними категоріями, розраховує відповідні показники та відстежує зміни у результатах

гравця з часом. Це дозволяє аналізувати не лише підсумки конкретної сесії, а й загальну динаміку показників гравця протягом низки сесій.

Оброблені дані подаються у вигляді наочних графіків та аналітичних звітів. Наприклад, система може відображати динаміку пропущених елементів у послідовних сесіях, порівнювати показники для різних ігрових напрямків та колірних категорій, а також демонструвати області, де результати гравця покращуються або залишаються відносно стабільними. Така візуалізація спрощує інтерпретацію великих обсягів накопичених ігрових даних та дозволяє фахівцям виявляти значущі закономірності без необхідності ручної обробки вихідних даних у форматі CSV.

Важливою перевагою такого підходу є те, що аналіз виконується локально на комп'ютері користувача. Завдяки цьому лікарі та батьки можуть отримувати доступ до статистичної інформації та графічних звітів без постійного підключення до Інтернету або доступу до сервера. У той же час зберігання вихідних даних сесій у форматі CSV забезпечує просту і прозору структуру, яку при необхідності можна піддати подальшій обробці або аналізу за допомогою стандартних інструментів роботи з даними.

Перспективним етапом розвитку проєкту є інтеграція розширеної системи контролерів. Це дозволить реалізувати мультимодальне керування, де дитина одночасно рухається на платформі та виконує точкові дії руками (збір предметів, взаємодія з об'єктами). Таке поєднання є надзвичайно корисним для розвитку роздільної уваги, яка часто є дефіцитною при РАС.

Висновки. Впровадження системи “Guard the Gard” дозволяє вирішити широкий спектр задач: зменшити проблему бар'єрності під час реабілітаційного процесу; покращити координацію, баланс та пропріоцепцію дітей з РАС; вплинути на розвиток інтеграції стимулів кількох сенсорних систем; а також об'єктивно оцінювати прогрес та точково звертатися до проблемних зон через адаптацію ігрового середовища як реакції на виявлені під час аналізу порушення. Локальний аналіз – від запису грою статистики в CSV файл та подальшим зчитуванням цього файлу аналітичною програмою до формуванням зручної для перегляду структури – мінімізує вплив людського фактору та пришвидшує коригування плану реабілітації.

Доцільним є використання системи для реабілітації більш широкого кола людей, зокрема із порушеннями опорно-рухового апарату. Методи гейміфікації, застосовані у системі, дозволяють підвищити заохоченість під час проходження реабілітації, алгоритми адаптації та блок звітності здатні слугувати для підвищення ефективності роботи фахівців-реабілітологів. Перспективними напрямками масштабування системи є впровадження розширеної системи контролерів та побудова серверної архітектури.

Система пройшла апробацію в Державному некомерційному товаристві «Український медичний Центр реабілітації матері та дитини Міністерства охорони здоров'я України» та показала свою ефективність.

Автори висловлюють подяку співробітникам цього Центру за проведені консультації, тестування та рецензування системи, а також активне сприяння її розвитку.

Конфлікт інтересів: Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів, зокрема фінансового, особистого, авторського чи будь-якого іншого характеру, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, опубліковані в цій статті

Фінансування: Дослідження проводилося без фінансової підтримки

Доступність даних: Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті рукопису

Технології штучного інтелекту: Використовувались для оформлення списку літератури та перевірки синтаксису

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dietz, P. M., Rose, C. E., McArthur, D. & Maenner, M. D. “National and state estimates of adults with autism spectrum disorder”. *Journal of Autism Dev Disord.* 2020; 50 (12): 4258–4266. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04494-4>.
2. Shaw, K. A., Williams, S., Patrick, M., et al. “Prevalence and early identification of autism spectrum disorder among children aged 4 and 8 years”. *Autism and Developmental Disabilities*

Monitoring Network, 16 Sites, MMWR Surveill Summ. 2025; 74 (SS-2): 1–22. DOI: <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7402a1>.

3. Zeidan, J., Fombonne, E., Scora, J. et al. “Global prevalence of autism: A systematic review update”. *Autism Res.* 2022; 15 (5): 778–790. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.2696>.

4. «Центр громадського здоров'я МОЗ України». – Режим доступу: phc.org.ua. – (дата звернення: 02.05.2026).

5. Гаврелюк, С., Бісмак, О. та Джамалов, Р. «Огляд моделей рухових порушень у дітей з розладами аутистичного спектра залежно від віку». *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія.* 2023; 2: 140–144. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2023.2.140-144>.

6. Cheldavi, H., Shakerian, S., Shetab Boshehri, S. N., & Zarghami, M. “The effects of balance training intervention on postural control of children with autism spectrum disorder: Role of sensory information”. *Research in Autism Spectrum Disorders.* 2014; 8 (1): 8–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.09.016>.

7. Morozova, A. “Sensory integration as one of the methods of effective functioning of the early intervention program”. *International Science Journal of Education & Linguistics.* 2023; 2 (3): 1–6. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20230203.01>.

8. Подгорна, В. В., Кокотєєва, А. С. та Блажко, О. А. «Використання комп'ютерної ігровіфікації фізичних вправ на основі scratch-технологій в адаптивній фізичній культурі». *Наука і техніка сьогодні.* 2023; 11 (25): 512–523. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-11\(25\)-512-523](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-11(25)-512-523).

9. Скрипник, Т. В. «Сенсорна інтеграція як підґрунтя цілісного розвитку дітей з аутизмом». *Особлива дитина: навчання і виховання.* 2017; 4 (80): 24–31. – Режим доступу: kubg.edu.ua. – (Дата звернення: 02.05.2026).

10. Григус, І. М. та Крук, І. М. «Сенсорна інтеграція дітей з раннім аутизмом». *Rehabilitation and Recreation.* 2022; 11: 102–110. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.11.12>.

11. «Інформаційні управляючі системи і технології (ІУСТ-ОДЕСА-2025)». *Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 24–26 вересня 2025 р.)* / вип. ред. В. В. Вичужанін. Одеса, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-531-3>.

12. Мельников, О. та Гришук, Д. «Програмне забезпечення для попередньої діагностики дислексії у дітей». *Automation of Technological and Business Processes.* 2024; 16 (2): 81–87. DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i2.2843>.

13. Zach, E. C., Costa, T. L., Barboni, M. T. S., Costa, M. F., Bonci, D. M. O. & Ventura, D. F. “Color vision losses in autism spectrum disorders”. *Front. Psychol.* 2017; 8: 1127. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01127>.

14. Grandgeorge, M. & Masataka, N. “Atypical color preference in children with autism spectrum disorder”. *Front. Psychol.* 2016; 7: 1976. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01976>.

15. Ludlow, A. K. “Color obsessions and phobias in autism spectrum disorders”. The case of J.G. *Taylor & Francis.* 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/13554794.2013.770880>.

Отримано 02.09.2026

Отримано після перегляду 08.10.2026

Прийнято 13.10.2026

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.87>

UDC 004.451:502/504

Gamified system for supporting children's physical rehabilitation

Artem V. Samokhin¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4141-3798>; 9817307@stud.op.edu.ua

Anastasiia A. Didyk¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5498-0081>; 9792604@stud.op.edu.ua

Daria A. Kholostenko¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7595-5544>; stenkoartist@gmail.com

Andrii S. Zaitsev²⁾

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6467-5168>; Zaitsevandrii1@gmail.com

¹⁾ Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Av. Odesa, 65044, Ukraine

²⁾ State Center for Medical Rehabilitation of Mother and Child (Ministry of Health of Ukraine), 2, M. Omelianovycha-Pavlenka Str, Odesa, 65000, Ukraine

ABSTRACT

The paper substantiates the need to develop innovative approaches to the physical rehabilitation of children with autism spectrum disorders, given the rising number of diagnosed cases both globally and domestically. The authors highlight the issues of sensory overload and the rapid loss of patient interest associated with traditional therapy methods. The study aims to create and implement a gamified rehabilitation system that combines therapeutic play with automated biometric data analysis. The object of the study is the process of sensorimotor integration within physical therapy, while the subject is a hardware-software system based on the Unity game engine that interacts with a balance board. Based on an analysis of existing solutions (such as the Scratch environment), the study employs object-oriented design methods, hardware integration of sensors (accelerometers and gyroscopes) for motion capture, and data analysis algorithms implemented in Python. The scientific novelty of the results lies in the development of an adaptive difficulty mechanism capable of dynamically adjusting the game environment (e.g., speed and object appearance patterns) based on the patient's specific motor and cognitive challenges. The practical significance of the work lies in the creation of the "Guard the Gard" project – a tool that eliminates psycho-emotional barriers in the interaction between the rehabilitation specialist and the child, while converting the clinician's subjective observations into precise digital metrics. Conditions have been established to optimize the workflow of medical staff through a local analysis module that automatically generates graphical reports based on session data. The conclusions highlight the potential for further scaling the system by integrating motion controllers, transitioning to a cloud-based architecture for medical record storage, and expanding the product's target audience to include the rehabilitation of patients with musculoskeletal disorders.

Keywords: Gamification, Internet of Things, information systems in medicine, physical rehabilitation; sensorimotor integration; balance board; therapeutic game; adaptive environment; automated information analysis

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ



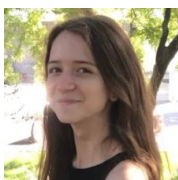
Самохін Артем Вікторович - студент кафедри Інженерії Програмного забезпечення, ведучий розробник системи "Guard the Gard". Full-stack Веб-розробник Одеської Політехніки. Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

Галузь досліджень: розробка комп'ютерних ігор та ігрових систем, Full-stack Веб-розробка, розробка Desktop застосунків.

Artem V. Samokhin - Student, Department of Software Engineering, lead developer of the "Guard the Gard" system, and Full-stack Web Developer at Odesa Polytechnic National University "Odesa Polytechnic", 1, Shevchenko Ave. Odesa, 65044, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4141-3798>; 9817307@stud.op.edu.ua

Research field: Computer game and game system development, Full-stack web development, desktop application development



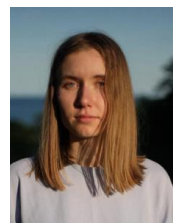
Дідик Анастасія Артемівна - студентка, кафедра штучного інтелекту та аналізу даних, Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

Галузь досліджень: медичні технології (MedTech), розробка інтерактивних ігор для фізичної та когнітивної реабілітації, технічний арт

Anastasiia A. Didyk – student, Department of Artificial Intelligence and Data Analysis. Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Av. Odesa, 65044, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5498-0081>; 9792604@stud.op.edu.ua

Research field: medical technologies (MedTech), development of interactive games for physical and cognitive rehabilitation, technical art



Холостенко Дар'я Анатоліївна - художник, геймдизайнер, Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

Галузь досліджень: розробка візуального стилю, геймдизайн.

Daria A. Kholostenko - artist, gamesdesigner, Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Av. Odesa, 65044, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7595-5544>; stenkoartist@gmail.com

Research field: visual development, gamesdesign



Зайцев Андрій Сергійович - завідувач відділення Ментального здоров'я, лікар-психіатр, лікар фізичної та реабілітаційної медицини, ДНТ «УМЦР Матері та дитини МОЗ України», вул. М. Омеляновича Павленка, 2. Одеса, 65000, Україна

Галузь досліджень: Медична реабілітація

Andrii S. Zaitsev - Head of the Mental Health Department, Psychiatrist, Physical and Rehabilitation Medicine Physician, State Center for Medical Rehabilitation of Mother and Child (Ministry of Health of Ukraine), 2, M. Omelianovycha-Pavlenka St. Odesa, 65000, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6467-5168>; Zaitsevandrii1@gmail.com

Research field: Medical Rehabilitation