

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(позначення документа)

Використання методів гейміфікації при дослідженні засобів технічного зору роботів
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи СТМм-21-1
Андрій БЕРЕЗАНСЬКИЙ
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. В'ячеслав ТИХОНОВ
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Володимир КАРТАШОВ
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма "Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Березанському Андрію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання методів гейміфікації при дослідженні засобів технічного зору роботів

затверджена наказом по університету від " 21 " 11 " 2022 р. № 1503СТ

2. Термін подання студентом роботи 08.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1. Дослідити алгоритми роботи технічного зору роботів

2. Дослідити та проаналізувати методи технічного зору роботів

3. Дослідити переваги використання гейміфікації при вивченні ТЗР

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

ВСТУП

1. Аналітичний огляд літературних джерел

2. Огляд сфер застосування технічного зору роботів

3. Розробка комплексу лабораторних робіт з залученням гейміфікації роботів

4. Аналіз експериментальних даних

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ


5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:

1. Постановка задачі; 2. Схема методу вимірювань координат; 3. Сфера застосування; 4. Актуальність; 5. Структура роботів з технічним зором 6. Визначення понять; 7. Розробка комплексу лабораторних робіт з залученням гейміфікації роботів; 8. Аналіз експериментальних даних; 9. Висновки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд літературних джерел	21.11.22–24.11.22	
2.	Огляд застосування технічного зору робіт у різних галузях використання	25.11.22–26.11.22	
3.	Розробка комплексу лабораторних робіт із залученням гейміфікації при вивченні робототехніки	27.11.22–29.11.22	
4.	Аналіз експериментальних даних	30.11.22–01.12.22	
5.	Графічна частина роботи	02.12.22–03.12.22	
6.	Перевірка керівником	04.12.22-05.12.22	
7.	Перевірка на академічний плагіат	06.12.21	
8.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	07.12.21–08.12.21	

Дата видачі завдання _____ 21.11.2022 р. _____

Студент _____  Андрій БЕРЕЗАНСЬКИЙ _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. В'ячеслав ТИХОНОВ _____
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: 73 с., 36 рис., 11 табл., 5 додатків, 39 посилань.

ТЕХНІЧНИЙ ЗІР РОБОТІВ, ГЕЙМІФІКАЦІЯ РОБОТІВ, ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ, РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕХНІЧНИМ ЗОРОМ, НАВЧАННЯ З ГЕЙМІФІКАЦІЄЮ.

Об'єкт дослідження – роботи з технічним зором.

Предмет дослідження – гейміфікація навчального процесу в дисципліні технічний зір роботів.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка комплексу ЛР з використанням принципів гейміфікації для дисципліни ТЗР.

Методи дослідження – теоретичний аналіз, емпіричний метод, аналітичний метод, статистична обробка даних.

У даній роботі наведено класифікацію технічного зору роботів, класифікацію галузей використання технічного зору роботів, детальний аналіз систем методів технічного зору, огляд методів аналізу розпізнавання зображення, методи розпізнавання об'єктів, розробка блок-схеми, і моделі системи навігації, розпізнавання технічного зору роботів, опис функціонування системи з залученням гейміфікації, розроблено алгоритм оцінки та порівняння результатів учасників дослідження, яка вирішена за допомогою залучення етапів вивчення матеріалів за допомогою гейміфікації. Актуальність: необхідність розробки додатків, систем та методів гейміфікації при дослідженні засобів технічного зору роботів, для збільшення результативних показників та автоматизації процесів. Зір робота означає здатність робота візуально сприймати навколишнє середовище та використовувати цю інформацію для виконання різноманітних завдань. Візуальний зворотний зв'язок широко використовується для навігації роботів та уникнення перешкод. В останні роки

також є приклади, які включають взаємодію з людьми та маніпуляції об'єктами. Це дає змогу вийти за рамки використання штучних орієнтирів і реперних маркерів з метою реалізації контролю на основі бачення в роботах. Існують різні сфери застосування, як з точки зору системи, так і окремі проблеми, такі як відстеження та розпізнавання об'єктів – все це дає нові ідеї для реалізації технічного зору роботів.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification paper has: 73 pages, 36 figures, 11 table, 5 appendices, 39 sources.

TECHNICAL VISION OF ROBOTS, GAMIFICATION OF ROBOTS, USE OF TECHNICAL VISION OF ROBOTS, RECOGNITION OF IMAGES WITH TECHNICAL VISION, LEARNING WITH GAMIFICATION.

The object of research is work with a technical vision.

The subject of research is gamification in combination with the technical vision of robots.

The goal of job qualification work is to develop robots.

Research methods – theoretical analysis, empirical method, analytical method, statistical data processing.

This paper provides the classification of technical vision of robots, the classification of fields of use of technical vision of robots, a detailed analysis of systems of technical vision methods, an overview of image recognition analysis methods, methods of object recognition, development of a block diagram and model of a navigation system, recognition of technical vision of robots, a description functioning of the system with the involvement of gamification, an algorithm was developed for evaluating and comparing the results of research participants, which was solved by involving the stages of studying materials with the help of gamification. Relevance: the need to develop applications, systems and methods of gamification in the study of the means of technical vision of robots, to increase performance indicators and automate processes. Robot vision refers to the robot's ability to visually perceive its environment and use this information to perform a variety of tasks. Visual feedback is widely used for robot navigation and obstacle avoidance. In recent years, there are also examples that include human interaction and object manipulation. This makes it possible to go beyond the use of artificial

landmarks and reference markers in order to implement vision-based control in robots. There are various areas of application, both from a system point of view, and individual problems such as tracking and object recognition - all of which provide new ideas for the implementation of the technical vision of robots.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

2D – Two-Dimensional – двомірний

3D – Three Dimensional – тривимірний

BEO – Bayesian Eigen Objects – Байєсовський власний об'єкт

CCD – Charge-Coupled Device – Пристрій із зарядовим зв'язком

CMOS – Complementary Metal–Oxide–Semiconductor – Комплементарний метал–оксид–напівпровідник

DALSA – Disability Allied Law Students Association – Асоціація студентів права з обмеженими можливостями

DOF –Degrees Of Freedom – Ступені свободи

HRI – Human-Robot Interface – Інтерфейс робота-людини

HTML – Hyper Text Markup Language – Мова гіпертекстової розмітки

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol – Протокол передачі гіпертексту

ID – Identity Document – ідентифікатор

IFR – International Federation of Robotics – Міжнародна федерація робототехніки

ITC – Information Technology Community – Спільнота інформаційних технологій

LLC – Limited Liability Company – Товариство з обмеженою відповідальністю

NASA – National Aeronautics and Space Administration – Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору

OEM – Original Equipment Manufacturer – Виробник оригінального обладнання

PCA – Principal Components Analysis – Аналіз основних компонентів

PPCA – Probabilistic Principle Component Analysis – Імовірнісний аналіз головних компонент

SIFT – Scale-Invariant Feature Transform – масштабно-інваріантне перетворення ознак

SMART – Specific Measurable Achievable Relevant Time-bound – Конкретні

Вимірні Досяжні Відповідні Прив'язки у часі

ToF – Time of-Flight – час польоту

VBPCA – Variational Bayes Principal Components Analysis – Варіаційний аналіз
головних компонентів Байєса

ПК – Персональний Комп'ютер

ЦП – Центральний Процесор

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	8
Вступ.....	12
1 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ.....	15
1.1 Цілі гейміфікації.....	15
1.2 Принципи гейміфікації	17
1.3 Аналіз переваг	18
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ.....	21
2.1 Аналіз існуючих засобів та методів використання технічного зору роботів	21
2.2 Огляд можливостей технічного зору роботів.....	28
2.3 Огляд можливостей налаштування систем технічного зору роботів	29
2.4 Аналіз структури робота з технічним зором.....	30
2.5 Аналіз використання роботизованих систем для відстеження запасів на складах.....	32
2.6 Аналіз систем автоматизованого складання	33
2.7 Аналіз систем автоматизованої перевірки.....	35
2.8 Огляд можливостей забезпечення безпеки.....	37
2.9 Аналіз використання технічного зору роботів для глибинного зондування	38
2.10 Аналіз алгоритмів і методів технічного зору роботів	40
3 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ.....	42
3.1 Аналіз методу розпізнавання зображень у грі-головоломці	42
3.2 Аналіз методу ВОЕ	44

4 РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЙМІФІКОВАНОЇ ЛР В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	52
4.1 ЛР 1 Вивчення технічного зору роботів (без гейміфікації)	52
4.2 ЛР 2 Вивчення технічного зору роботів (з використанням елементів гейміфікації).....	54
4.3 Порівняння результатів виконання двох ЛР	63
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК А	74
ДОДАТОК Б	75
ДОДАТОК В	76
Додаток В	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

На даному етапі спостерігається тенденція автоматизації та діджиталізації всіх галузей нашого життя. Оцінюючи виробничі роботи та інші системи промислової автоматизації значуще взаємодіють з об'єктами, які вони збирають, а також швидко та безпечно пересувалися у своєму середовищі, вони повинні мати можливість бачити та розуміти своє оточення. Економічні та потужні процесори зору, що живляться датчиками зображення, що розпізнають глибину, і працюють з надійними програмними алгоритмами, перетворюють давні прагнення щодо автономної та адаптивної промислової автоматизації в реальність. Автоматизовані системи на виробничих лініях здатні працювати не втомлюючись, швидше та точніше, ніж люди. Однак їхній успіх традиційно зумовлювався надходженням деталей у фіксованих орієнтаціях і місцях, що збільшувало складність виробничого процесу. Будь-яке відхилення в положенні або орієнтації деталі спричиняє збої, або зниження продуктивності. Люди використовують свої очі, разом з іншими органами чуття і мозок, щоб розуміти навколишній світ і орієнтуватися в ньому. Роботи та інші системи промислової автоматизації повинні мати можливість робити те саме. Вони можуть використовувати вузли камер, процесори зору та різноманітні алгоритми програмного забезпечення, щоб вміло адаптуватися до змін виробничих умов, а також поширити переваги обробки зору на інші ділянки ланцюга постачання.

Актуальність роботи полягає в тому, щоб покращити сприйняття важких дисциплін у навчальному процесі з залученням гейміфікації, а особливо зараз у період дистанційного навчання, вивчення, засвоєння, важких технічних дисциплін, можна спростити з впровадженням гейміфікації у навчання.

Ціль роботи: проаналізувати й дослідити результати впровадження гейміфікації в освітній процес на базі дисципліни технічного зору роботів. Порівняння результатів з використанням гейміфікації та без залучення гейміфікації.

Проаналізовано та досліджено, як протягом багатьох років провідні наукові установи досягали результатів та розв'язували завдання до інтеграції технічного зору роботів у різні галузі нашого життя. Visual Service Technology Corp з 1997 року є провідним виробником оптичних лінз, оптичних компонентів і системи освітлення в індустрії машинного зору. NorPix провідний розробник програмного забезпечення для цифрового відеозапису і високошвидкісного відеозапису з використанням однієї або декількох камер. Lumenera, структура Roper Technologies, Inc. виробляє високопродуктивні цифрові камери і користувальницькі OEM-рішення зображень, використовуваних для промислових, наукових, наглядових та астрономічних додатків. Vieworks Co Ltd, фірма, заснована в 1999 році, активно працює на ринках цифрових зображень з використанням своїх чудових технологій візуалізації. Euresys, провідний виробник компонентів для збору зображень, відео та програмного забезпечення для обробки зображень, що володіє більш ніж 25-річним досвідом в області візуалізації зображень, охорони здоров'я, ІТС та відео спостереження. Saber1 Technologies LLC з 2000 року є провідним постачальником цифрових зображень, аксесуарів, систем і рішень. Teledyne DALSA, понад 30 років є світовим лідером у наданні компонентів і рішень для машинного зору. Teledyne DALSA — єдина в світі компанія, що володіє основними технологіями, необхідними для сприйняття, захоплення і обробки зображень з використанням потужних, інноваційних датчиків зображення, камер і плат збору даних для складного програмного забезпечення для зору та інтелектуальних систем бачення. Imperx, Inc — американський виробник високошвидкісних виробів для машинного зору протягом майже двох десятиліть, має великий набір ліній CMOS і CCD – камер, а також широкий асортимент ноутбуків і настільних Framegrabbers. Daheng Imaging, заснована в 1991 році на технологіях, накопичених в Академії наук Китаю, є провідною компанією в Китаї, яка створює, розробляє, виробляє і продає машини-роботи, компоненти та вирішення медичного сектору.

Історично склалося так, що така технологія розширеного зору зазвичай зустрічалася лише в кількох складних дорогих системах. Проте підвищення вартості, продуктивності та енергоспоживання цифрових інтегральних схем тепер прокладає шлях до поширення бачення в різноманітних основних автоматизованих виробничих платформах. Проблеми впровадження залишаються, але їх вирішувати легше, швидше та економічно ефективніше, ніж будь-коли раніше. І галузевий альянс, що складається з провідних постачальників продуктів і послуг, є ключовим фактором у цій успішній історії розвитку технологій.

Фраза «в реальному часі» потенційно може означати швидке оцінювання десятків елементів за секунду. Щоб відповідати вимогам програми в режимі реального часу, різноманітні завдання часто повинні виконуватися паралельно. Перевірки якості на льоту можна використовувати для виявлення пошкоджених матеріалів і автоматичного оновлення бази даних інвентаризації з інформацією про кожен об'єкт і подробицями про будь-які проблеми з якістю.

Можливі сфери використання системи Robotic Vision для відстеження запасів і керування ними можуть забезпечити надійні можливості, не перевищуючи прийнятних витрат на інфраструктуру, завдяки інтеграції кількох складних відеоаналітиків у реальному часі, отриманих з одного відеопотоку.

1 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

1.1 Цілі гейміфікації

Досліджено, що однією з дієвих методик організації освітнього процесу є гейміфікація, або ігрова діяльність. Гейміфікація – це використання окремих елементів ігор у неігрових практиках. Відрізняючись від інших ігрових форматів тим, що її учасники орієнтовані на ціль своєї реальної діяльності, а не на гру як таку, де ігрові елементи інтегруються до реальних ситуацій для мотивації конкретних форм поведінки в конкретних умовах [1]. Основними складовими частинами ігрової діяльності виступають:

- дія;
- початок роботи, перші кроки до пошуку та конкретної діяльності;
- завдання;
- відчуття задоволення від подолання соціальних викликів.

Саме це вроджене бажання використовують розробники ігор, кидаючи виклик гравцям на кожному кроці:

- ризик;
- спонукання до певних дій, пов'язаних із ризиком, і пошуку правильних рішень;
- невизначеність;
- створення моменту переможця як чарівного моменту;
- емоційний зміст;
- формування емоції зворушення, бентежності, щастя чи розчарування, задоволення успіху як підтвердження власної цінності.

Процес залучення гри як одного з найбільш дієвих способів підвищення результативності в різних сферах діяльності не є новою тенденцією навчання для високорозвинених країн світу. Цьому явищу дано назву «гейміфікація» (gamification). Появу цього терміну пов'язують з іменем британського

розробника відеоігор Ніка Пеллінга – Nick Pelling, який ще у 2002 р. вжив його у власних розробках. Водночас залучення елементів гри до складу навчальних технологій у західних вишах розпочалося у 2008 р., набравши широкої популярності із 2010 р. [2]. Гейміфікація поширюється в усіх сферах життя, від професійної діяльності до системи освіти. Залежність ігрові елементів та активізації різних моделей поведінки особистості, змінюючи небажані моделі поведінки на користь більш ефективних (рис. 1.1).

		Змагання	Співпраця	Приналежність до спільноти	Накопичення	Досягнення	Здивування	Прогрес	Розвідування
Механіка гри	Бали					●		●	
	Рівні	●			●	●		●	
	Цілі	●		●		●	●		●
	Відзнаки			●	●	●	●	●	●
	Рейтинги	●	●	●		●			
	Нові можливості					●	●		●
	Події	●	●	●				●	●
	Сповідання			●				●	
	Вікторина	●		●		●		●	
	Прогрес					●		●	

Рисунок 1.1 – Залежність механіки гри від типу змагання

Гейміфікація – це процес використання ігрового мислення і динаміки ігор для залучення молодших школярів до вирішення завдань, перетворення освітнього процесу на гру. Під гейміфікацією в початковій освіті ми розуміємо впровадження ігор, ігрових технік та ігрових практик з освітньою метою. Гейміфікація часто застосовується в реалізації комерційних продуктів; а в освіті деякими елементами такого підходу користувалися вже давно, а саме вчителі молодших класів та дошкільних установ [3]. Будь-яка гра включає в себе такі елементи: – ролі; – уявні ситуації, або сюжет гри; – ігрові дії та правила гри.

Цілі гейміфікації:

- підвищити залученість до навчання та пізнання нового;

- залучити нову аудиторію;
- пробудити інтерес до навчання;
- збільшити конверсії та результати;
- підвищити лояльність учасників.

1.2 Принципи гейміфікації

Аналіз літературних джерел показав, що наразі актуальне використання наступних принципів гейміфікації, які ми розглянемо нижче.

Принцип мотивації. Аудиторію потрібно мотивувати до взаємодії, адже ми любимо ігри не так, а за результат. Людині приємно самому чогось досягти. Так і у маркетингу. Придумайте винагороду за інтерактив. Воно залежить від вашої діяльності. Це може бути подарунок, купон на знижку, зізнання.

Принцип несподіваних заохочень. Якщо ви не готові обдарувати аудиторію матеріальними призами, зверніться до емоційних. Пропонуйте нестандартні опитування та тести з непередбачуваним фіналом. Подібні прийоми викликають цікавість та позитивні емоції.

Принцип статусу, кожна людина прагне певного статусу і хоче стати кращою у своїй діяльності. Йому не просто приємно підвищити самооцінку, а й продемонструвати свої успіхи іншим. Саме тому в багатьох іграх та програмах навчального характеру відображається прогрес користувача та його друзів.

Елементи гейміфікації – це інструменти, що є складовими гейміфікації.

Розглянемо існуючі елементи гейміфікації:

- коїни;
- бали;
- лідерборди;
- статуси;
- рейтинги;
- бейджі;
- нагороди;

- рівні;
- аватари.

1.3 Аналіз переваг

Аналіз літературних джерел показав, що існує чимало переваг, пов'язаних з освітньою використанням гейміфікації при вивченні та дослідженні, наприклад, засобів технічного зору роботів, розглянемо їх.

Гейміфікація як основна стратегія. Це дозволяє вчитися, імітуючи гру. Використання та поєднання таких дисциплін, як математика та технологій, а також багатьох інших складних технічних наук. Це є ключовим, оскільки обидві дисципліни часто заперечують через їх складність. Крім того, поєднання обох робить його ще більш ефективним. Безпосередня практичність. Навчання, працюючи і граючи, а не просто читаючи. З раннього дитинства вчать, що технології та математика є логічними предметами [4].

Розглянемо структурні елементи гейміфікації у вигляді піраміди за такими рівнями:

- компоненти гейміфікації (зовнішні атрибути: нагороди, значки, символи тощо);
- принципи роботи, а саме змагання і взаємодія з учасниками гри, очікування перемоги, зворотний зв'язок;
- динаміка гри, тобто прогрес гравця, стосунки між учасниками гри, емоції.

Елементи гейміфікації можна застосувати на різних етапах освітньої діяльності як:

- цілісний урок;
- структурний елемент уроку;
- багаторазове використання.

Відмінною особливістю гейміфікації є дозвіл на помилки. Отже, можна не боятися осуду та покарання за помилки, почувати себе вільно, тобто зникає страх перед неправильними діями, а на зміну йому приходять ініціативність і

впевненість. Можна самостійно обирати варіанти дій, що заохочує до активної діяльності та формує почуття відповідальності за власні вчинки. В цій роботі було задіяно інструкцію з побудови ігрової системи одного із провідних експертів в області гейміфікації. Розглянемо більш ґрунтовно ігрові механізми запропонованих кроків. Перший крок – встановлення цілей гейміфікації. Мета має відповідати стратегії SMART [5].

Цілі мають бути:

- конкретними (specific);
- вимірюваними (measurable);
- досяжними (achievable);
- актуальними (relevant);
- обмеженими в часі мати термін досягнення time-bound.

Оскільки завдання гейміфікації повинні містити зазначені характеристики та керуватися поставленими цілями відповідно до кожного елемента системи. Другий крок – визначення цільової поведінки гравців. Поведінка повинна бути продуманою для кожного з учасників системи гейміфікації. Необхідно виконати опис всіх ланцюжків дій кожного із гравців, що в подальшому становитиме основу проектування системи.

На цьому етапі потрібно відповісти на такі запитання:

- Що повинні зробити гравці, учасники?
- Як це виміряти?
- Як це сприяє досягненню мети?
- Як діє зворотний зв'язок.

Образи гравців мають бути чітко визначеними. Опис різних типів гравців, з обдуманого мотивацією щодо виконання дій, визначених на кожному з етапів. Четвертий крок – розробка структури системи гейміфікації, також мікрорівень – цикли залучення. Це ланцюжки мотивація до дії, далі дія і зворотний зв'язок. Мотивація гравця до дії, виконання дії, отримання зворотного зв'язку від системи у вигляді нагород або інших подій, які є реакцією системи на дії гравця. На етапі зворотного зв'язку заохочення до здійснення наступної дії

наприклад, за допомогою закликів до дії, прийомів управління мотивацією; – макрорівень – «подорож гравця». Подання захоплюючої історія, на якій заснована система гейміфікації. Поетапність завдань із безлічі циклів залучення за наперед розробленим сценарієм. П'ятий крок – упровадження механізмів гейміфікації та забезпечення гравцям відчуття успіху та задоволення. Ігрова діяльність молодших школярів має приносити відчуття радості, задоволення. Сам процес гри має бути приємним заняттям, розвагою. Шостий крок – обрання інструментів. Використання інформаційних технологій для роботи ігрової системи, реалізації процесу гейміфікації, задіяння хмарних технологій, гаджетів, мобільних застосунків, електронно-цифрових пристроїв, підготовлених на попередніх етапах. Вона сприяє мотивації молодших школярів до освітнього процесу. Розвиває розумові навички, просторову уяву та реакцію. Заохочує до роботи в інтерактивному середовищі. Формує практичні вміння та навички роботи у групах із закріпленням навчального матеріалу. Сприяє організації самостійної роботи студентів тощо [6].

Аналіз літературних джерел показав, що застосування типу варіаційних елементів гейміфікації залежить від контексту матеріалу, який вивчається. Для складних завдань краще використовувати елементи, які допоможуть студентові зосередитися на власному прогресі. Досліджено, якщо потрібно засвоїти складну навичку, алгоритм, формулу, метод, теорію, то краще порівнювати власний прогрес зі своїм прогресом учора, а не з успіхами інших студентів. Це стосується саме засвоєння навичок, які вимагають часу, сил і наполегливості, адже їх кожен опановує виключно у власному темпі. Якщо порівнювати когось з іншими, тими, хто робить це швидше та легше. Тому дуже важливо впроваджувати гейміфікацію у навчальний процес

2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

2.1 Аналіз існуючих засобів та методів використання технічного зору роботів

Огляд літератури показав, що зір робота означає здатність візуально сприймати навколишнє середовище та взаємодіяти з ним. Зір роботів розширює методи комп'ютерного зору для виконання завдань, поставлених перед роботами та робототехнічними системами. Типовими завданнями є навігація до заданого цільового місця, уникаючи перешкод, пошук людини та реакція на команди людини або виявлення, розпізнавання, захоплення та доставка об'єктів [7]. Для багатьох живих видів, не в останню чергу у випадку з людьми, зорове сприйняття відіграє ключову роль у їхній поведінці. Координація рук і очей, здатність рухатися дає нам гнучкість, спритність і міцність рухів, з якими ще не може зрівнятися жодна машина. Щоб знайти та ідентифікувати статичні, а також рухомі об'єкти, щоб визначити, як їх схопити та поводитися з ними, ми часто покладаємося на наше зорове чуття. Одним із важливих факторів є наша здатність відслідковувати об'єкти, тобто утримувати об'єкт у полі зору протягом певного часу за допомогою нашої окорухової системи, а також рухів голови та тіла. Люди здатні зробити це швидко та надійно без особливих зусиль. Тому природно очікувати, що штучні когнітивні системи, які ми прагнемо розробити, певною мірою зможуть продемонструвати подібні можливості. Таким чином, мета зору робота полягає в тому, щоб використовувати силу візуального сприйняття для спостереження та сприйняття навколишнього середовища та реагування на нього. З цього випливає приклад людей, а саме етап оцінки, і для пояснення того, що насправді відбувається у відео послідовності, не потрібно жодних розширених міркувань. Для програм, які передбачаються в майбутньому, цього недостатньо. Потрібні системи зору, здатні надавати адекватну інформацію незалежно від

того, чи система має маніпулювати об'єктом чи взаємодіяти з людиною. Нам потрібні системи, які розуміють те, що вони «бачать» відповідно до відомих або автономно придбаних моделей: ці системи повинні сприймати, щоб діяти, і діяти, щоб сприймати. Прикладом може бути робот, який входить у кімнату, виявляє стіл з відстані кількох метрів, локалізує кілька об'єктів на ньому та переводить свій погляд на кожен із них, щоб отримати більш детальне зображення всього, або окремих частин, об'єктів. Потім ця інформація може бути використана або для наближення до об'єкта для його підйому, або для збереження інформації про типове положення об'єкта в навколишньому середовищі.[8] Таким чином, характер і рівень деталізації вилученої візуальної інформації залежить від кількох факторів:

- завдання, яке має виконати система робота;
- кількості та положення візуальних датчиків;
- необхідної швидкості обробки;
- середовище в приміщенні/зовні, наприклад.

Існують різні застосування візуального введення, як з точки зору системи, так і окремі проблеми, такі як відстеження та розпізнавання об'єктів. Це структуровано наступним чином. Обговорення починається з першого етапу, де надається огляд методів від перших днів і використання зору в промисловому застосуванні до останніх тенденцій у роботі зору, беручи до уваги висновки з біології, неврології та когнітивної науки. Важливо розглядати не лише окремі функції зору робота, але й зору робота системи. Орієнтовна модель системи зору робота показана на малюнку. Огляд має на меті вказати, що на цьому досить абстрактному рівні опису система зору робота виконує три основні функції: навігацію, захоплення та взаємодію з роботом-людиною – HRI [9]. Взаємодія цих функцій залежить від завдання. Наприклад, навігація – це сьогодні вважався значною мірою вирішеною проблемою з методами, придатними для застосування та складними темами, відкритими для дослідження. Важливі аспекти зору робота, для яких було досягнуто надійної продуктивності, на це вказують квадрати жовтого кольору (рис. 2.1). Звертаючи

увагу на відкриті проблеми, які все ще вважаються невирішеними, які позначено блакитним кольором, і більш пов'язані з формалізацією семантики завдань робота та їх прив'язкою до хапання та HRI.

Візуальний зворотний зв'язок дозволяє роботам взаємодіяти з навколишнім середовищем різними способами. У деяких випадках візуальний зворотний зв'язок використовується для навігації та уникнення перешкод, тоді як більш складні приклади включають взаємодію з користувачем і маніпулювання об'єктами. Найпростішою взаємодією між роботом і об'єктом може бути, наприклад, штовхання об'єкта, щоб отримати інформацію про розмір або вагу об'єкта. Тут може бути достатньо простих візуальних підказок, що забезпечують приблизне 3D-положення об'єкта [10]. Більш складною взаємодією може бути захоплення об'єкта з метою отримання фізичного контролю над об'єктом. Коли робот бере об'єкт у свої руки, він може виконувати з ним подальші дії, наприклад досліджувати його з інших точок зору. У випадках, коли візуальний зворотний зв'язок вводиться для локалізації робота, картографування або алгоритмів уникнення перешкод, вилучення візуальних функцій низького рівня, таких як кути, цікаві функції, такі як SIFT, або оптичний потік може бути достатнім. Візуальний зворотний зв'язок полегшує лише роботу по вдосконаленню процесу.

Існує кілька підходів, які поєднують функції та встановлюють прямі зв'язки, які не показані. Також функції, такі як адаптація до конкретних завдань або навчання, також явно не вказані, можуть застосовуватися до кількох блоків і будуть згадані, коли це необхідно.

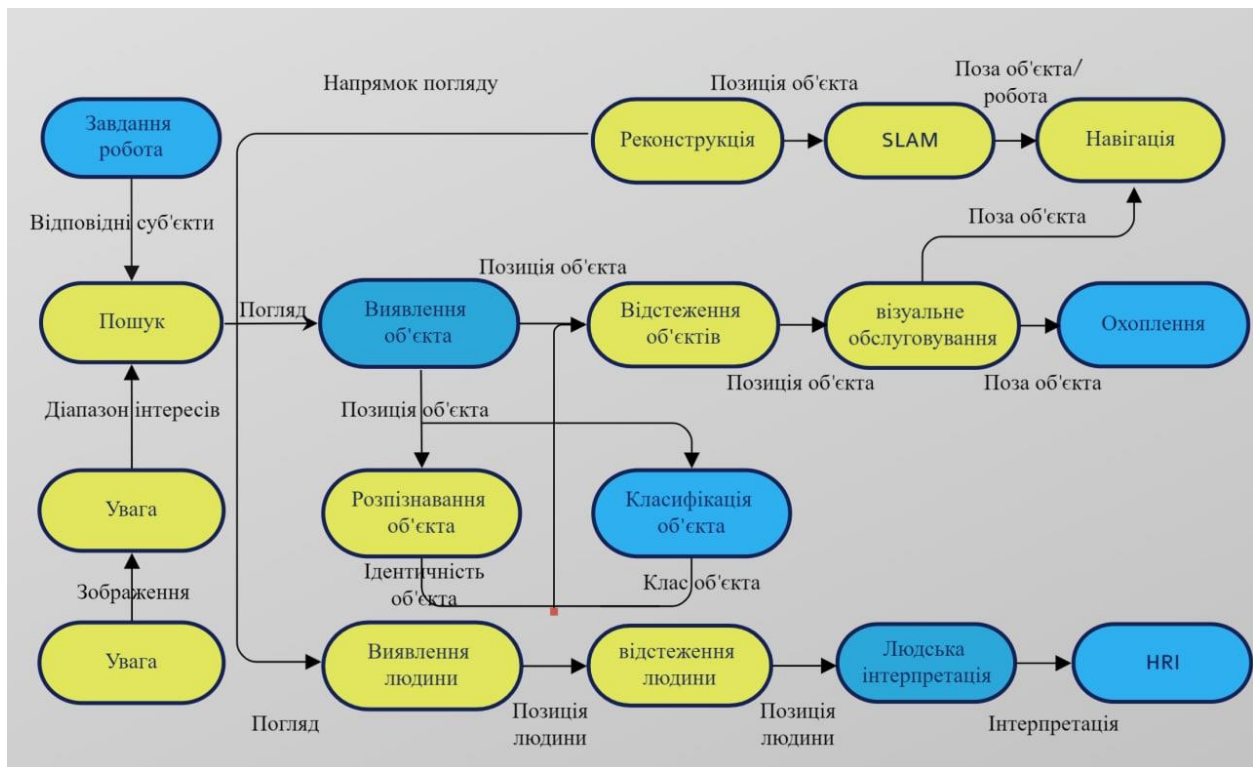


Рисунок 2.1 – Блок-схема основних завдань системи зору робота, навігація, захоплення та взаємодія з роботом

Після опрацювання літератури було виявлено, що більша частина сенсорної кори головного мозку людини пов'язано з баченням. Комп'ютерний зір намагається реалізувати функцію розуміння сцени та об'єктів навколишнього середовища. Зі збільшенням швидкості обчислювальної потужності та прогресом у методах комп'ютерного зору головною тенденцією робототехніки стало те, що роботи бачать. Однак залишається фундаментальна відмінність між комп'ютерним зором і зором робота [11]. Комп'ютерний зір націлений на розуміння сцени здебільшого з окремих зображень або з фіксованого положення камери. Методи адаптовані для конкретних застосувань, а дослідження зосереджені на окремих проблемах і алгоритмах. З іншого боку, зір робота вимагає розгляду з точки зору системного рівня, де зір є одним із кількох сенсорних компонентів, які працюють разом для виконання конкретних завдань. Цю властивість роботизованої системи також називають втіленням, де, подібно до біологічних систем, властивості тіла формують завдання сприйняття. Зір використовується як засіб, за допомогою якого робот

може діяти в навколишньому світі та взаємодіяти з ним – система робота сприймає, щоб діяти, і діє, щоб сприймати. Візуальна обробка не є ізольованою сутністю. У майбутньому очікується, що роботи зможуть замінити більшість процесів, які зараз виконують люди. Щоб надійно та безпечно взаємодіяти зі світом, роботам необхідно сприймати й інтерпретувати навколишнє середовище, щоб усвідомлювати контекст і діяти належним чином. Загалом, мета заздалегідь надати роботам мінімальну інформацію та змусити їх збирати й інтерпретувати необхідну інформацію, необхідну для виконання нових завдань, шляхом взаємодії та онлайн навчання [12]. Це було довгостроковою метою та одним із головних стимулів у галузі розвитку штучних когнітивних систем. Наприклад, для сервісного робота, який повинен виконувати завдання в середовищі людини, він повинен мати можливість вивчати об'єкти та категорії об'єктів. Однак роботи не зможуть формувати корисні категорії чи представлення об'єктів, будучи пасивними спостерігачами навколишнього середовища. Технічний зір використовується в роботах більш як три десятиліття. Приклади включають застосування в промислових умовах, сервісі, медицині та підводній робототехніці тощо. Огляд деяких аспектів зору роботів від ранніх початків до останніх робіт зосереджується, зокрема, на спробах розробки систем активного зору та прикладах, де візуальна обробка розглядається як основний аспект роботи, а не просто необхідний вхід у контур керування. Дослідження комп'ютерного зору та дослідження зору в робототехніці мають багато спільних характеристик. Наприклад, проблема структури та руху в баченні має свій аналог SLAM (одночасна локалізація та відображення) у робототехніці, візуальний SLAM є однією з важливих тем. Відстеження є ще однією сферою, яка викликає великий інтерес в обох спільнотах, у багатьох варіаціях, таких як 2D і 3D відстеження, відстеження одного і кількох об'єктів, відстеження жорстких і деформованих об'єктів. Іншими темами, які цікавлять обидві спільноти, є розпізнавання об'єктів і дій [13].

Роботизоване бачення є одним із останніх інновацій у робототехніці та технологіях автоматизації. По суті, технічний зір роботів — це складна технологія, яка допомагає роботу, зазвичай автоматизованому роботу, краще ідентифікувати предмети, орієнтуватися, знаходити об'єкти, перевіряти та обробляти частини або деталі перед виконанням програми.

Роботи зору зазвичай використовують серію ретельно відкаліброваних алгоритмів, калібрування та навіть датчики визначення температури, які мають різний діапазон складності та застосування. Подібно до того, як технологія швидко вдосконалюється, робототехнічний зір постійно вдосконалюється та рухається в більш плавному напрямку. Ця інноваційна, але проста технологія може скоротити експлуатаційні витрати та створити просте рішення для всіх типів автоматизації або робототехніки. Роботи, які працюють пліч-о-пліч, якщо вони оснащені технологією роботизованого бачення, не стикаються один з одним. Також є підвищена безпека для працівників, оскільки роботи зможуть «бачити» будь-яких працівників, які перебувають на шляху.

Розглянемо завдання, які можуть роботи, оснащені технологією технічного зору:

- вимірювання;
- зчитування штрих-кодів і сканери;
- перевірка деталей двигуна;
- перевірка упаковки;
- перевірка якості деревини;
- огляд поверхні;
- керівництво та перевірка орієнтації компонентів і частин;
- перевірка на наявність дефектів.

Процес технічного зору складається з двох кроків:

1. Зображення: робот використовує свою технологію зору, щоб сканувати або «бачити». Він може сканувати двовимірні речі, як-от рядкове сканування та сканування штрих-кодів, а також 3D-зображення та рентгенівські зображення для перевірки.

2. Обробка зображення: після виявлення об'єкта або зображення робот обробляє його або «думає про це». Наприклад, він знаходить і виявляє краї, наявність перешкод, підраховує пікселі, виявляє та обробляє об'єкти відповідно до свого програмування, розпізнає шаблони та обробляє зображення відповідно до свого програмування.

Залежно від цього процесу та алгоритму, який використовується для керування діями робота, певна частина буде зібрана, може бути виявлено несправність у продукті, продукт може бути просканий і розпізнаний тощо. Технологію технічного бачення застосовується практично, і використовується в низці галузей промисловості, включаючи автомобільну, промислову, виробництво, пакування харчових продуктів і продуктів, а також складання деталей [14].

Існує багато можливостей застосування камер і систем обробки зображень у поєднанні з роботами (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Застосування технічного зору у виробництві

Concept Systems має можливості інтегрувати технологію роботизованого бачення, модернізувати старих роботів новими системами керування, надавати інноваційні рішення для автоматизації та робототехніки, а також керувати всіма аспектами концепції та інтеграції.

2.2 Огляд можливостей технічного зору роботів

Проаналізувавши літературу, показано, що сучасні промислові роботи зазвичай мають певну кількість датчиків, наприклад, щоб виявити наявність захоплених частин або негайно зупинити їхні рухи, коли є небезпека зіткнення. Розглянемо переваги систем, які пропонують обробку зображень і можуть використовувати її для захоплення та оцінки значно більшої кількості деталей. Використання роботів також може призвести до великих витрат і простою, наприклад, якщо вони пошкодять деталі або інші пристрої автоматизації через неправильні рухи. Тут також системи камер допомагають підвищити надійність систем із вбудованими роботами (рис 2.3).



Рисунок 2.3 – Виробництво в співробітництві з роботами

У поєднанні з системою зору та використанням оцінених зображень камери як основи роботи мають значно кращі можливості прийняття рішень, щоб гнучко реагувати на несподівані ситуації. Великий відсоток використання, особливо в сегменті, що швидко зростає так званих коботів: для прямої співпраці з людьми ці колаборативні роботи без екрануючого захисного

пристрою. Безпечне запобігання нещасним випадкам є пріоритет, щоб уникнути будь-якого ризику для здоров'я людей-колег [16].

2.3 Огляд можливостей налаштування систем технічного зору роботів

Проаналізовано, що роботи з технічним зором пропонують багато інших переваг: забезпечення більш гнучких процесів, оскільки оцінені дані зображення можна використовувати для точного керування рухами робота. Завдання, як захоплення компонентів із певної позиції, можуть зазнати невдачі без використання обробки зображень, якщо компонент не прибуде точно в очікуване положення, де робот призначений його підняти. У багатьох випадках це не проблема для роботизованої системи, удосконаленої системою бачення: камера робить зображення неправильно розташованого компонента, наступний аналіз зображення обчислює його відхилення від положення, а потім передає виправлені 2D або 3D координати захоплення на системи керування роботом. У межах, що залежать від процесу, цей метод гарантує надійний підбір компонентів. Найважчим завданням під час збирання компонентів є так зване збирання сміття: щоб робот захоплював частини, які лежать несортованими в контейнері, потрібні складні системи бачення. Вони обробляють виявлення наступного компонента, який можна вибрати, разом із точним визначенням його 3D-положення та передають цю інформацію роботу. Виходячи з поточного стану технологій, у багатьох випадках це завдання було б нерозв'язним без використання обробки зображень.

Окрему систему обробки зображень можна оптимально поєднати з роботом у певній програмі, при дотриманні первинних факторів. Одним із основних критеріїв є розташування камери в системі: вона може бути постійно встановлена над коміркою робота поза роботизованою рукою, наприклад, або прикріплена безпосередньо до руки робота «на руці». У другому сценарії технічний зір робота доступний дуже близько до місця дії або біля захвату, але рухи вимагають, щоб вага камери була якомога меншою, щоб вона була дуже

міцною з точки зору прискорення та вібрацій, і щоб прокладка кабелю добре розроблена та задовольняла регламент для роботів.

2.4 Аналіз структури робота з технічним зором

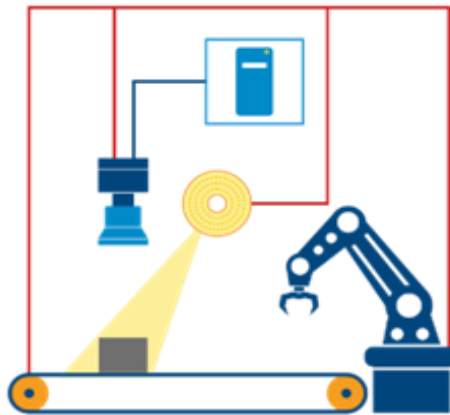
Проаналізовано, що розробка робота, з технічним зором, необхідно зробити вибір камери, яка підходить для розв'язання поставленої задачі. Для цього завдання традиційна промислова камера чи так звана інтелектуальна камера, або «розумна камера» (рис 2.4). У розумних камерах зроблені зображення аналізуються безпосередньо в корпусі камери, тоді як промислові камери передають свої зображення в систему ПК для аналізу, що, як правило, забезпечує вищу точність і швидкість обробки зображень, ніж інтелектуальні камери[17]. Обидві архітектури мають свої переваги та недоліки, тому такі критерії, як необхідна точність, швидкість процесів і рухів, тип промислового середовища та відповідний необхідний клас захисту системи зору, що несе здатність робота та переважний зв'язок інтерфейси.



Рисунок 2.4 – Приклад вигляду «розумної камери»

Досліджено, що камера є не єдиним вирішальним фактором успішного використання систем зору в робототехніці. Освітлення є важливим елементом будь-якої системи обробки зображень. Лише при освітленні, оптимально налаштованому для завдання, камери можуть записувати зображення необхідної якості, щоб згодом забезпечити надійний аналіз. Оптика також відіграє важливу роль у захопленні зображення. У додатках роботизованого бачення з архітектурою на роботизованій руці (рис. 2.5) одна з речей, яку необхідно забезпечити, це те, що вібрації та прискорення не призводять до змін налаштувань, наприклад діафрагми. Якщо робочі відстані часто змінюються, доцільним рішенням можуть стати автофокусні лінзи. Зокрема, під час застосування на руці навіть кабельна розв'язка системи зору має важливий вплив на стабільність усієї системи: через постійні рухи робота [18].

Окремо від роботизованої руки



Розміщення на роботизованій руці

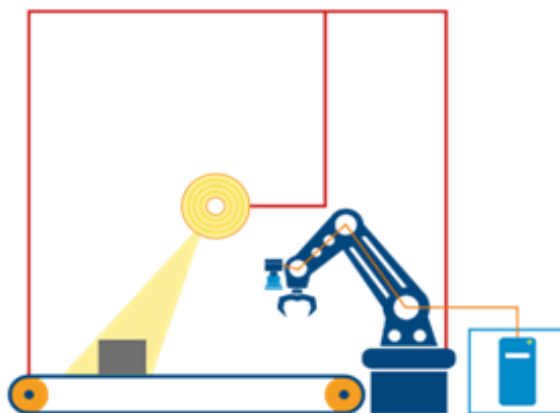


Рисунок 2.5 – Порівняння положення камери на роботизованій руці та окремо від неї

На додаток до вибору оптимального апаратного забезпечення бачення для робота – програмне забезпечення відіграє ключову роль у забезпеченні економічного успіху таких систем. Як правило, роботи, потенційно необхідні захвати, камери та іноді навіть системи освітлення працюють зі своїми власними засобами керування. Таким чином, інтеграція всіх залучених підсистем, їх програмування та контроль, а також забезпечення належного функціонування зв'язку на всіх рівнях вимагають складної конструкції. Значною мірою загальні витрати на впровадження таких систем часто залежать від тривалості розробки. У результаті вирішальним фактором є те, чи можна виконати складні завдання за допомогою доступного програмного забезпечення та сумісних інструментів програмування з мінімальними зусиллями.

Іншими словами, реалізація роботів, які «бачать», не є тривіальним завданням. Однак переконливі можливості, які виникають завдяки додаванню в конструкцію видимості, часто виправдовують зусилля, уможливорюючи інноваційні, гнучкі рішення в багатьох промислових застосуваннях [19].

2.5 Аналіз використання роботизованих систем для відстеження запасів на складах

Проаналізовано, що вбудовані інновації технічного бачення можуть допомогти покращити відстеження продукту на виробничих лініях і підвищити ефективність зберігання. Хоча штрих-коди та радіочастотні ідентифікаційні мітки також можуть допомогти відстежувати та направляти матеріали, їх не можна використовувати для виявлення пошкоджених або дефектних товарів. Інтелектуальне відстеження та обробка сировини та продукції в епоху вбудованого бачення стане основою для наступного покоління систем управління запасами, оскільки технології датчиків зображення продовжують розвиватися та інші компоненти обробки зору стають все більш інтегрованими. Камери з високою роздільною здатністю вже можуть надавати детальні

зображення робочих матеріалів і інвентарних тегів, але для аналізу зображень, ідентифікації об'єктів у них, ідентифікаційних тегів, пов'язаних із цими об'єктами, і виконання перевірок якості потрібне складне програмне забезпечення в режимі реального часу.

Пакувальна лінія для фармацевтичних препаратів використовує роботів із зоровим керуванням, які швидко збирають шприци з конвеєрних стрічок і розміщують їх у пакування.

Фраза «в реальному часі» потенційно може означати швидке оцінювання десятків елементів за секунду. Щоб відповідати вимогам програми в режимі реального часу, різноманітні завдання часто повинні виконуватися паралельно. Перевірки якості на льоту можна використовувати для виявлення пошкоджених матеріалів і автоматичного оновлення бази даних інвентаризації з інформацією про кожен об'єкт і подробицями про будь-які проблеми з якістю. Системи Robotic Vision для відстеження запасів і керування ними можуть забезпечити надійні можливості, не перевищуючи прийнятних витрат на інфраструктуру, завдяки інтеграції кількох складних відеоаналітиків у реальному часі, отриманих з одного відеопотоку [20].

2.6 Аналіз систем автоматизованого складання

Аналіз літератури показав, що вбудоване бачення є технологією, що забезпечує розвиток заводського виробництва в таких сферах, як обробка сировини та складання. Камери знаходять застосування для отримання зображень, наприклад, частин або місць призначення. Подальша обробка зору надсилає дані до робота, що дозволяє йому виконувати такі функції, як підняття та розміщення компонента. Як згадувалося раніше, промислові роботи за своєю суттю забезпечують такі переваги автоматизації, як масштабованість і повторюваність. Додавання до суміші обробки зору робить ці машини набагато гнучкішими. Той самий робот можна використовувати з різними частинами,

оскільки він може бачити, з якою саме частиною має справу, і відповідно адаптуватися (рис 2.6).

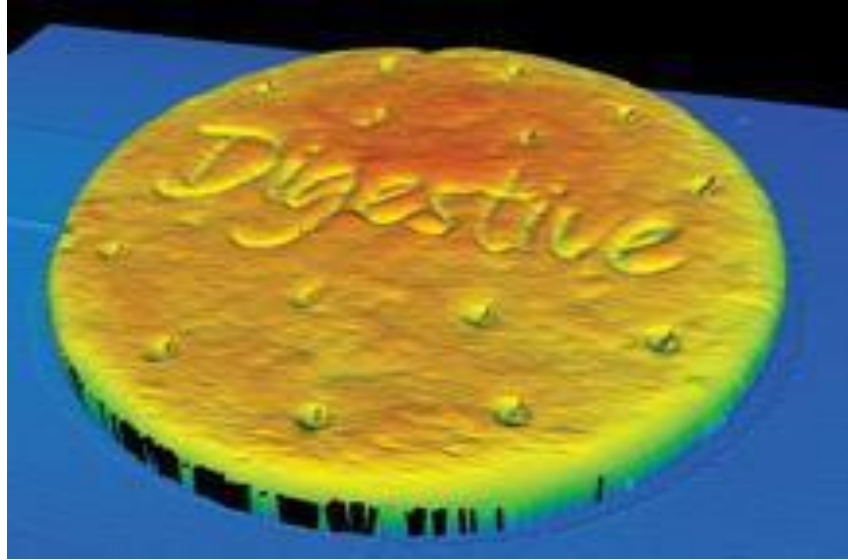


Рисунок 2.6 – Використання тривимірного зображення для вимірювання форми печива та перевірки його на наявність дефектів

Фабрики також можуть використовувати vision у додатках, які вимагають високоточного складання; камери можуть «зображати» компоненти після того, як вони підібрані, з невеликими корекціями в положенні робота, зробленими для компенсації механічних недоліків і різних місць захоплення. Вибирати деталі з кошика також стає легше. За допомогою камери можна визначити місцезнаходження конкретної деталі з орієнтацією у купі деталей [21].

Тривимірне бачення, що розрізняє глибину, — це зростаюча тенденція, яка може допомогти роботам краще сприймати навколишнє середовище. Економічне 3D бачення зараз з'являється в різноманітних додатках, від роботизованого збирання сміття з використанням візуального керування до високоточної виробничої метрології. Процесори зору останнього покоління тепер можуть вміло обробляти величезні набори даних і складні алгоритми, необхідні для отримання глибокої інформації та швидкого прийняття рішень. Тривимірне зображення дозволяє виконувати завдання обробки зору, які раніше були неможливі за допомогою традиційних 2D камер. Інформацію про глибину

можна використовувати, наприклад, для того, щоб керувати роботами збиранням частин, які неорганізовані в контейнері.

2.7 Аналіз систем автоматизованої перевірки

Як показав огляд літератури, що додатковою перевагою використання зору для роботизованої навігації є те, що ті самі зображення також можна використовувати для перевірки деталей, які обробляються. Таким чином роботи не тільки стають більш гнучкими, але й можуть виробляти якісніші результати. Цей результат також може бути досягнутий з меншими витратами, оскільки система зору може виявляти, передбачати та запобігати «застряванню» та іншим небажаним результатам. Якщо потрібен високий ступінь точності в русі робота, можна використати техніку, що називається візуальним сервокеруванням. Камера прикріплена до або поруч із роботом і забезпечує постійний візуальний зворотний зв'язок, а не лише одне зображення на початку завдання, щоб контролер робота міг виправляти невеликі помилки в русі [22].

Окрім робототехніки, зір має багато застосувань і надає багато переваг в автоматизованому контролі. Він виконує такі завдання, як перевірка наявності компонентів, зчитування тексту та штрих-кодів, вимірювання розмірів і вирівнювання, а також виявлення дефектів і візерунків. Історично склалося так, що гарантія якості часто виконувалася випадковим відбором зразків із виробничої лінії для ручної перевірки, а потім використанням статистичного аналізу для екстраполяції результатів на більший виробничий цикл. Такий підхід залишає неприпустимий простір для того, щоб дефектні деталі спричиняли застрягання в машинах далі на виробничій лінії або для транспортування дефектної продукції. Автоматизована перевірка, з іншого боку, може забезпечити наближення до 100-відсоткової гарантії якості. І завдяки останнім досягненням у продуктивності обробки зору.

Систему зору потрібно необхідно синхронізувати з іншим обладнанням і протоколами введення/виведення, щоб добре працювати в програмі. Загальний

сценарій перевірки передбачає відділення несправних деталей від правильних під час їх проходження через виробничу лінію. Ці частини рухаються вздовж конвеєрної стрічки з відомою відстанню між камерою та розташуванням ежектора, який видаляє несправні частини. Коли деталі переміщуються, їхні окремі розташування необхідно відстежувати та співвідносити з результатами аналізу зображення, щоб переконатися, що машина правильно сортує несправності.

Існує кілька методів для синхронізації процесу сортування з системою зору, наприклад мітки часу з відомими затримками та датчики наближення, які також відстежують кількість деталей, що проходять повз. Однак найпоширеніший метод покладається на кодери. Коли деталь проходить повз точку огляду, датчик наближення виявляє її присутність і запускає камеру. Після відомого підрахунку кодера машина відсортує частину на основі результатів аналізу зображення [23].

Проблема з цією технікою полягає в тому, що системний процесор повинен постійно відстежувати значення кодера та датчики наближення, одночасно запускаючи алгоритми обробки зображень, щоб класифікувати частини та спілкуватися з системою викиду. Це багатифункціональне жонглювання може призвести до складної архітектури програмного забезпечення, збільшити значну затримку та тремтіння, збільшити ризик неточності та зменшити пропускну здатність (рис 2.7)

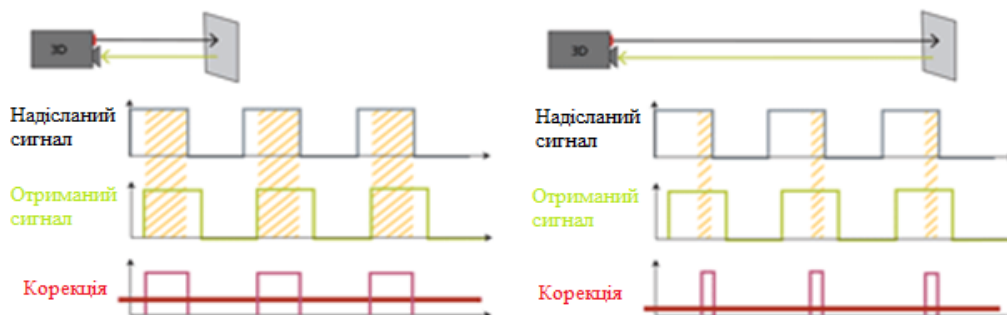


Рисунок 2.7 – Порівняння систем в залежності від конструкції роботи

Різні затримки відправленого до отриманого корелюють із різними відстанями між датчиком часу польоту та частинами об'єкта чи сцени. Високопродуктивні процесори, такі як польові програмовані вентильні матриці, зараз використовуються для розв'язання цієї проблеми, забезпечуючи апаратно-часовий метод тісної синхронізації входів і виходів із результатами огляду [24].

2.8 Огляд можливостей забезпечення безпеки

Люди все ще є ключовим аспектом сучасного автоматизованого виробничого середовища, додаючи їхню гнучкість для налаштування процесів «на льоту». Їм потрібно співпрацювати з роботами, які більше не замкнені в клітках, а ділять робочий простір зі своїми колегами-людьми. Промислова безпека в цьому контексті є великою проблемою, оскільки підвищена гнучкість і цілі безпеки можуть бути суперечливими. Система, розгорнута в спільному робочому просторі, повинна мати вищий рівень сприйняття навколишніх об'єктів, таких як інші роботи, робочі деталі та люди.

Тривимірні камери допомагають створити надійну карту навколишнього середовища навколо робота. Ця можливість дозволяє надійно виявляти людей у зонах безпеки та попередження, забезпечуючи адаптацію траєкторій руху та швидкості для цілей співпраці, а також для уникнення зіткнень. Удосконалені системи безпеки на основі візуалізації вже широко використовуються в автомобілях, а перші продукти безпеки промислової автоматизації на основі візуалізації зараз виходять на ринок. Вони прагнуть запропонувати розумний і гнучкий підхід до безпеки машин, необхідний для зміни автоматизації виробництва [25].

2.9 Аналіз використання технічного зору роботів для глибинного зондування

Як показав аналіз літератури, 3D камери можуть надати значні переваги перед їхніми 2D попередниками у виробничих середовищах. Існує кілька альтернатив технології датчика глибини, кожна з яких має сильні сторони, недоліки та загальні випадки використання (табл. 2.1). Стереоскопічне бачення, що поєднує два датчики 2D зображення, наразі є найпоширенішим підходом до 3D датчиків. Пасивне, тобто покладаючись виключно на навколишнє освітлення визначення діапазону за допомогою стереоскопічного зору використовує різницю в точках огляду між парою майже ідентичних камер для вимірювання відстані до об'єкта інтересу. У цьому підході центри перспективи двох камер розділені базовою лінією або відстанню між зіницями для створення паралакса, необхідного для вимірювання глибини [26].

Таблиця 2.1 – Типи технологій датчиків тривимірного зору

Структуроване світло				
	Стереоскопічний зір	Фіксований шаблон	Програмований шаблон	Час польоту
Точність глибини	від мм до см труднощі з гладкою поверхнею	від мм до см	від нм до мм змінні шаблони та різні джерела світла підвищують точність	від мм до см залежить від роздільної здатності датчика
Швидкість сканування	середня	швидка	швидка/середня	швидка
Діапазон відстані	середній діапазон	від дуже короткого до середнього залежить від потужності освітлення	від дуже короткого до середнього залежить від потужності освітлення	від короткого до дальнього залежить від потужності лазера та модуляції
Продуктивність при слабкому освітленні	слабка	добра	добра	добра
Продуктивність на відкритому повітрі	добра	слабка/задовільна	слабка/задовільна	задовільна
Складність	висока	низька/середня	середня/висока	низька

програмного забезпечення				
Вартість матеріалу	низька	середня	середня/висока	середня

Kinect від Microsoft є найвідомішим на сьогодні структурованим світловим 3D датчиком. Підхід до структурованого світла, як і методика вимірювання часу прольоту, яка обговорюватиметься далі, є прикладом активного сканера, оскільки він генерує власне електромагнітне випромінювання та аналізує відображення цього випромінювання від об'єкта. Структуроване світло проектує набір візерунків на об'єкт, фіксуючи отримане зображення за допомогою офсетного датчика зображення. Подібно до методів стереоскопічного бачення, цей підхід використовує переваги відомого розділення камери та проектора, щоб знайти конкретну точку між ними та обчислити глибину за допомогою алгоритмів триангуляції. Таким чином, алгоритми обробки зображень і триангуляції перетворюють спотворення проєктованих візерунків, викликане шорсткістю поверхні, в тривимірну інформацію.

Система непрямого часу прольоту – ToF отримує інформацію про час подорожі шляхом вимірювання затримки або фазового зсуву модульованого оптичного сигналу для всіх пікселів у сцені. Як правило, цей оптичний сигнал розташований у ближній інфрачервоній частині спектра, щоб не заважати людському зору. Датчик ToF у системі складається з масиву пікселів, де кожен піксель здатний визначати відстань до сцени. Кожен піксель вимірює затримку отриманого оптичного сигналу відносно надісланого сигналу. У кожному пікселі виконується кореляційна функція з наступним усередненням або інтегруванням. Тоді отримане значення кореляції представляє час у дорозі або затримку. Оскільки всі пікселі отримують це значення одночасно, можливе «моментальне» тривимірне зображення [27].

2.10 Аналіз алгоритмів і методів технічного зору роботів

Проаналізовано, що алгоритми Vision зазвичай вимагають високої обчислювальної продуктивності. На відміну від багатьох інших програм, де стандарти означають наявність сильної спільності між алгоритмами, що використовуються різними розробниками обладнання, таких стандартів, які б обмежували вибір алгоритму, не існує в програмах бачення. Навпаки, часто існує багато підходів для розв'язання конкретної проблеми зору. Таким чином, алгоритми зору дуже різноманітні, і мають тенденцію доволі швидко змінюватися з часом. Звісно, системи промислової автоматизації, як правило, повинні відповідати жорстким рамкам витрат і енергоспоживання[28].

Досягти поєднання високої продуктивності, низької вартості, низької потужності та можливості програмування є складним завданням. Апаратне забезпечення спеціального призначення зазвичай забезпечує високу продуктивність при низькій вартості, але з незначною часткою програмування. ЦП загального призначення забезпечують можливість програмування, але мають низьку продуктивність, низьку економічну ефективність або низьку енергоефективність. Вимогливі програми обробки зору найчастіше використовують комбінацію елементів обробки, яка може включати, наприклад:

- ЦП загального призначення для евристики, прийняття складних рішень, доступу до мережі, інтерфейсу користувача, керування сховищем і загального контролю;
- високопродуктивний цифровий сигнальний процесор для обробки в реальному часі з помірною швидкістю з помірно складними алгоритмами;
- один або кілька високо паралельних двигунів для обробки піксельної швидкості з простими алгоритмами.

Хоча будь-який процесор теоретично може бути використаний для обробки зору в системах промислової автоматизації, найбільш перспективними типами сьогодні є:

- високопродуктивний процесор;
- графічний процесор із процесором;
- цифровий сигнальний процесор з прискорювачем, або прискорювачами і ЦП;
- програмовані вентиляльні матриці з центральним процесором.

Швидке розширення використання технологій бачення в промисловій автоматизації є частиною значно більшої тенденції. Від споживчої електроніки до автомобільних систем безпеки, сьогодні ми бачимо технологію бачення, що дозволяє створювати широкий спектр продуктів, які є більш розумними та чутливими, ніж раніше, і, отже, більш цінними для користувачів. Ми використовуємо термін «вбудоване бачення» для позначення цього висхідного практичного використання технології бачення у вбудованих системах, мобільних пристроях, ПК спеціального призначення та хмарі, де промислова автоматизація є однією з демонстраційних програм [29].

Вбудоване бачення може додати цінні можливості чинним продуктам, таким як системи промислової автоматизації з покращеним баченням, про які йдеться в цій статті. Це також може забезпечити значні нові ринки для виробників обладнання, програмного забезпечення та напівпровідників.

Проаналізовано та досліджено, що галузь технічного зору роботів та застосування його до виробництва, навчання, бізнесу, заводів і фабрик, медицини є достатньо розвиненою та поступово втілюваною в технічні рішення. Проаналізовано, що лишається цілий ряд невирішених проблем, серед яких однією з найскладніших є створення систем або алгоритмів, які дозволяють надійно ідентифікувати об'єкт, попри зміну умов освітлення, перекриття його частини та зміни кута зору. Досліджено, що розробка такої системи чи її окремих елементів є перспективним та актуальним напрямком для наукових досліджень. Також було розглянуто можливості технічного зору роботів. Розглянуто можливості технічного зору роботів, можливості налаштування систем технічного зору, структуру роботи з технічним зором, використання роботизованих систем з технічним зором. Проаналізовано використання роботизованих систем з технічним зором, системи автоматизованого складання, автоматизованої перевірки.

3 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

3.1 Аналіз методу розпізнавання зображень у гри-головоломці

Аналіз оцінки рейтингу відповідності та продуктивності фреймворку з точки зору клієнта можна схарактеризувати через час, необхідний для вирішення поданого запиту на мітку. Припускаючи постійний коефіцієнт збігів окремих гравців, очікувану кількість збігів на один поданий час переміщення мітки t можна оцінити за формулою:

$$m = \frac{c_m \cdot p \cdot a_g}{d \cdot l \cdot a_t} \cdot t, \quad (3.1)$$

Де c_m — константа відповідності, p це — кількість активних гравців, a_g — це кількість атрибутів, відібраних у кожному екземплярі гри, a — загальна кількість атрибутів у групі атрибутів, l — це кількість активних міток, а d — це складність відповідності.

Відповідна константа c_m є статичною для даного ігрового формату, і її можна оцінити за даними живої гри шляхом моніторингу, або зміни інших параметрів.

Роль p і l є інтуїтивно зрозумілою; більша кількість гравців збільшує коефіцієнт відповідності, тоді як більша кількість міток кандидатів зменшує його співвідношення між a_g і a_t являє собою відповідну здатність; якщо задана група атрибутів містить більше атрибутів, ніж може містити окремий екземпляр гри. Існує лише реквізит, можливість того, що невідому мітку можна зіставити з її справжнім класом. Іншими словами, випадкова вибіркова група атрибутів із десятками класів призведе лише до кількох випадків, коли зображення без міток змішуються з відомими зображеннями, які мають той самий атрибут. Нарешті, складність зіставлення не визначається в термінах подібності між об'єктами-зображеннями з різними атрибутами. У цьому налаштуванні міра

подібності базувалася на суперкатегоріях об'єктів набору даних [30]. Наприклад, зіставлення між зображеннями, які належать до однієї суперкатегорії, а саме: вилка, ніж, ложка, є складніша, ніж зіставлення між різними суперкатегоріями, а саме: апельсин, телевізор, іграшковий ведмедик. Таким чином, складність зіставлення була визначена як

$$d = \frac{a_g}{E \cdot [s_g]}, \quad (3.2)$$

де $E \cdot [s_g]$ являє собою очікувану кількість різних суперкатегорій в екземплярі гри s_g . Це отримано:

$$E \cdot [s_g] = \sum_{i=1}^{a_g} i \cdot P \cdot (s_g = i | a_g), \quad (3.3)$$

де $P \cdot (s_g = i | a_g)$ представляє ймовірність вибірки суперкатегорій у екземплярі гри, враховуючи розмір вибірки a_g . Це можна розрахувати як співвідношення між можливими вибірками, які містять суперкатегорії, та всіма можливими комбінаціями вибірок:

$$P \cdot (s_g = i | a_g) = \frac{[x^{a_g} \cdot y^i] \cdot G \cdot (x, y)}{\binom{a_l}{a_g}}, \quad (3.4)$$

Тут $G \cdot (x, y)$ є двомірною генеруючою функцією у вигляді $G \cdot (x, y) = \sum_{m, n} \geq 0 \cdot g_{m, n} x^m y^n$, тоді як $[x^m y^n] \cdot G \cdot (x, y)$ належати до коефіцієнта $g_{m, n}$ від $G \cdot (x, y)$. Вираз

$\binom{a_l}{a_g}$ представляє всі можливі комбінації вибірки a_g атрибуту із загального a_l , обчисленого за допомогою біноміального коефіцієнта. Генеруюча функція

$G(x, y)$ побудована так, що змінна x відстежує кількість атрибутів вибірки, а y — кількість суперкатегорій:

$$G(x, y) = \prod_{i=1}^{|S|} \left(1 + \sum_{j=1}^{s_i} \binom{s_i}{j} \cdot x^j \cdot y \right), \quad (3.5)$$

де S – набір усіх суперкатегорій у групі атрибутів, де $|S| \leq a_t$, а s_i – кількість атрибутів, що належать i -й суперкатегорії набору S .

Аналіз методики оцінки та зіставлення атрибутів На першому етапі експериментів оцінювалися здібності зіставлення атрибутів запропонованої структури з точки зору точності маркування та швидкості збігу [31]. З цією метою систему було розгорнуто в локальній мережі, доступній для предметної групи з 25 гравців. Після реєстрації на ігровому сервері гравці отримали короткий вступ до ігрової механіки, а також трохи часу для практики. Гра була налаштована на отримання 5 випадкових класів атрибутів із 5 різними зображеннями на клас, а також два додаткові зображення перевірки без міток. Вибраною групою атрибутів для експериментів з оцінки був «тип об'єкта», що відповідає традиційній задачі класифікації об'єктів. Експериментальна оцінка складалася з кількох прогонів, де початкова база даних фреймворку була ініціалізована 5, 10 і 15 випадково вибраними класами атрибутів (типами об'єктів). У кожному прогоні групу з 2 і 5 перевірючих зображень надсилали на інфраструктуру для маркування. Для кожного набору зображень перевірки кількість збігів і вірогідність мітки для кожного зображення відстежувалися протягом 10 хвилин, при цьому 25 користувачів грали одночасно. Записані дані також використовували для оцінки константи відповідності c_m .

3.2 Аналіз методу BOE

Розширений алгоритм зору допомагає роботам навчитися бачити в 3D. Дослідники з Університетів Брауна та Університету Дюка представили нове

представлення об'єктів, яке дозволяє роботам ідентифікувати тривимірні об'єкти з частково затемненою геометрією. Проаналізовано, що цей метод, званий Баєсівськими власними об'єктами ВЕО, був першим методом, який міг виконувати спільну класифікацію, оцінку пози та 3D геометричне завершення (рис. 3.1).

Крім того, метод ВЕО має надзвичайно складні завдання, включаючи спільну класифікацію, завершення та оцінку пози на великомасштабному наборі даних побутових об'єктів як за точністю, так і за часом запиту [32].

Досліджено що роботи, як правило, стають марними, коли їх розміщують на безладній і незнайомій території. Однак дослідники з Університетів Дюка та Університету Брауна розробили новий алгоритм комп'ютерного зору, щоб розв'язувати цю проблему.

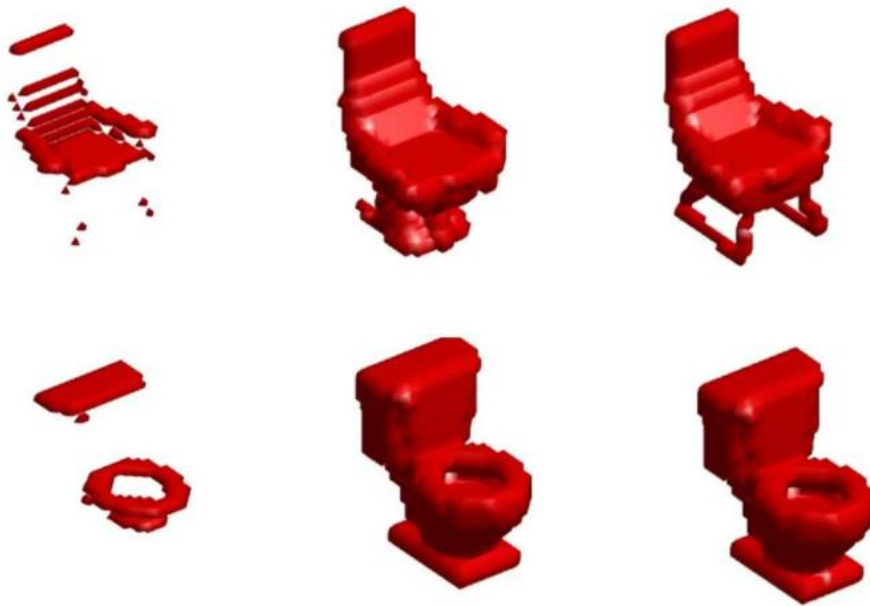


Рисунок 3.1 – Класифікація і оцінка пози об'єкту технічним зором

У своїх роботах вони заявили, що їхній новий алгоритм, ВЕОs, здатний розпізнавати 3D-об'єкти та інтуїтивно з'ясувати об'єкти, які частково закриті або перекинуті [33]. Перед тестуванням роботи тренувалися з 4000 тривимірними об'єктами, що складаються з ванн, ліжок, стільців, столів,

комодів, моніторів, тумб, диванів, столів і туалетів. На відміну від інших алгоритмів розпізнавання образів, ВЕО не потребує кількох ракурсів для визначення типу об'єкта. Під час експериментів роботів попросили ідентифікувати 908 предметів з однієї точки спостереження. Їм вдалося правильно вгадати близько 75% об'єктів, що є значним покращенням у порівнянні з попередніми аналогічними алгоритмами з точністю 50%. Бен Берчфіл і Джордж Конідаріс, автори статті, сказали, що ВЕО лише шукають подібності та відмінності між об'єктами, щоб розпізнати їх, на відміну від звичайних алгоритмів, яким потрібно бачити всю сутність. Коли ВЕО виявляє узгодженість у класах, він вирішить ігнорувати узгодженість і скорочувати обчислювальний процес, тому розмір проблеми можна зменшити до більш керованого розміру, докладаючи більше зусиль до частин, які відрізняються одна від одної. Таким чином, ВЕО спрощує проблему та вивільняє більше ресурсів туди, де вони найбільше потребують: обчислювальні дорогі розділи, наприклад, яка сторона має бути верхньою стороною, або як виглядає 3D-геометрія, якщо частина геометрії прихована. Досліджено, що цей метод багаторівневого застосування, оскільки об'єкти завжди перекриваються та блокують один одного в реальному світі. Проаналізовано, що одним із компонентів ВЕО є алгоритм глибокого навчання, який дозволяє роботам швидко аналізувати вхідні дані. Досліджено, що Берчфіл вважав, що цей підхід не підходить для зворотного завдання, особливо коли вихідні дані складніші за вхідні дані. Проаналізовано, що у процесі тестування навчені роботи отримали близько 75% правильних відповідей з однієї точки зору. ВЕО є точнішим і швидшим, ніж попередні методи [34]. Цей метод не потребував повної сцени для ідентифікації об'єктів, а також не вимагав кількох переглядів для отримання додаткової інформації для розпізнавання об'єктів. Крім того, ВЕО схожий на те, що люди обробляють розпізнаванням зображень, яке узагальнює те, що люди бачать та інтерпретують, у чуттєві об'єкти, а не просто бачить об'єкти без співвіднесення їх із попередніми знаннями. Зрештою, Берчфіл рішуче заявив, що вони сподіваються побудувати більш надійну

систему, яка використовується як базова лінія за загальною схемою сприйняття робота [35].

Дослідження узагальнених результатів методу, варто поглянути на те, що важливо запровадити новий алгоритм, ВЕО, через неминучість невидимих об'єктів у реальному світі. Однією з ключових функцій є виконання часткового завершення об'єктів у 3D. Роботи не повинні вивчати повний екземпляр, а лише частини екземпляра. Крім того, цей алгоритм фокусується на спільній класифікації, оцінці пози та геометричному завершенні.

Ще одна особливість ВЕО полягає в застосуванні варіаційного Баєсівського аналізу головних компонентів (VBPCA) для багатокласового представлення об'єктів для вивчення компактних баз. По суті, VBPCA є розширенням ймовірнісного PCA, PPCA. Наприклад, кожна точка даних може бути представлена як:

$$x_i = W \cdot c_i + \mu + \varepsilon_i, \forall x_i \in X, \quad (3.6)$$

де:

- x – точка даних;
- X — це матриця, що містить усі точки даних;
- W — базисна матриця;
- c — проекція кожної точки даних на базисну матрицю;
- μ — середнє значення всіх точок даних;
- ε — гаусівський шум із нульовим середнім.

Узагальнений робочий процес представлено на (рис 3.2), і можна чітко побачити, як це часткове завершення об'єкта працює в ВЕО.

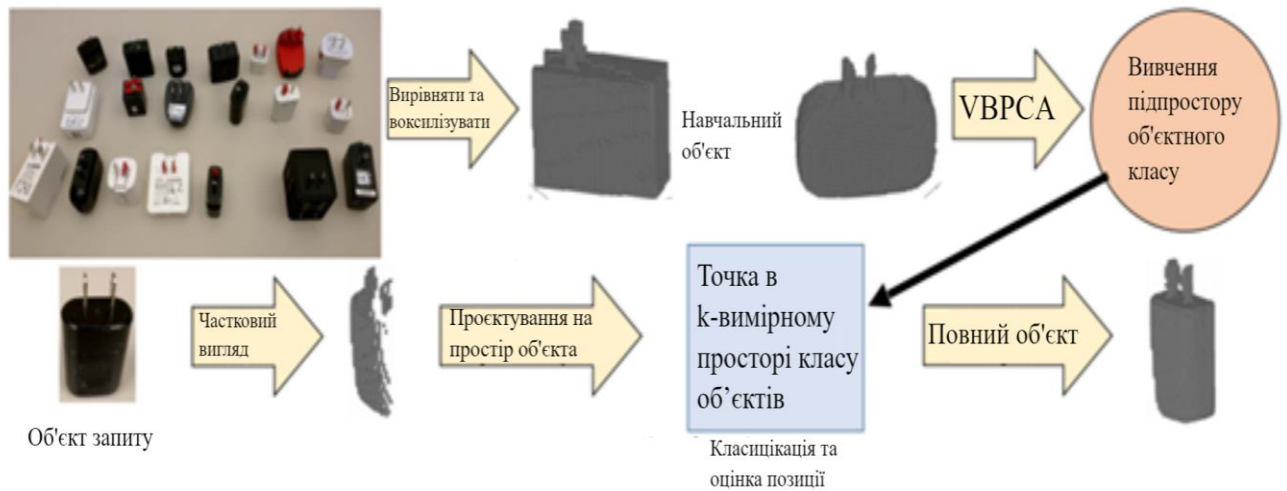


Рисунок 3.2 – Загальний огляд процесу ВЕО

Щоб побачити продуктивність ВЕО у класифікаційних завданнях, проаналізовано, що автори також порівнюють його результат з іншими популярними алгоритмами комп'ютерного та роботизованого зору [36]. Оцінки порівняння наведено в табл. 3.1, 3.2, а помилки завершення та час запиту представлені на (рис 3.4).

Таблиця 3.1 – Оцінки порівняння предметів з відомою позицією

Відома позиція	ВЕО, %	Метод базова ліній, %	3DshapeNets, % [37]
Ванна	48	70	76
Ліжко	95	94	77
Стілець	93	0	38
Письмовий стіл	46.5	17.4	22.1
Комод	64	67.4	90.7
Монітор	91	78	74
Нічник	55.8	75.6	38.4
Диван	92	88	57
Стіл	75	0	1
Туалет	80	82	79
Загальний %	74.2	52	50.2

Зараз можемо побачити вже інші результати, коли позиція предметів була не відома, табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Оцінки порівняння предметів з відомою позицією

Відома позиція	ВЕО, %
Ванна	4
Ліжко	64
Стілець	83
Письмовий стіл	16.3
Комод	51.2
Монітор	86
Нічник	36
Диван	49
Стіл	76
Туалет	46
Загальний %	46.5

Можемо побачити як відрізняються отримані результати в залежності від положення об'єкта (рис 3.3).

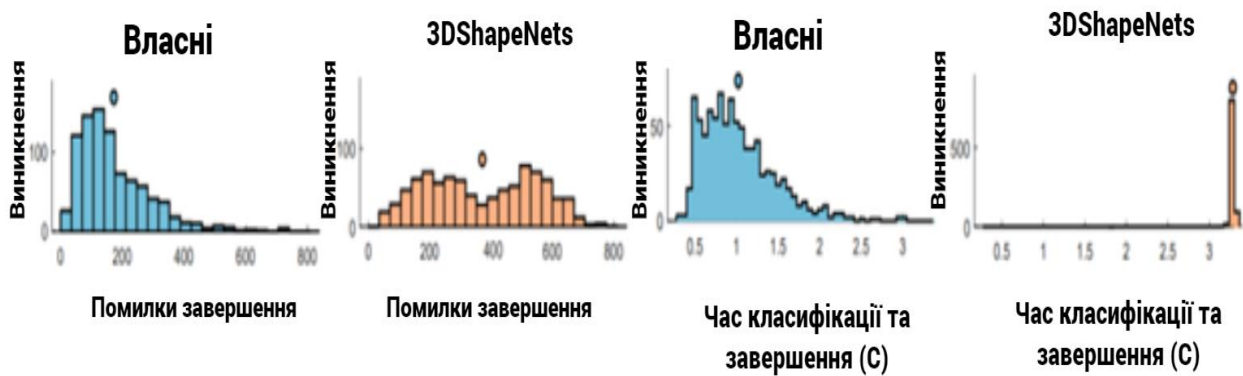


Рисунок 3.3 – Помилки завершення та час запиту для ВЕО та 3DShapeNets

Проаналізовано, що алгоритм ВЕО перевершує всі інші попередні алгоритми на значний коефіцієнт у всіх типах тестів продуктивності [38]. Також можемо побачити вибірку об'єктів і їх відмінність (рис. 3.4).

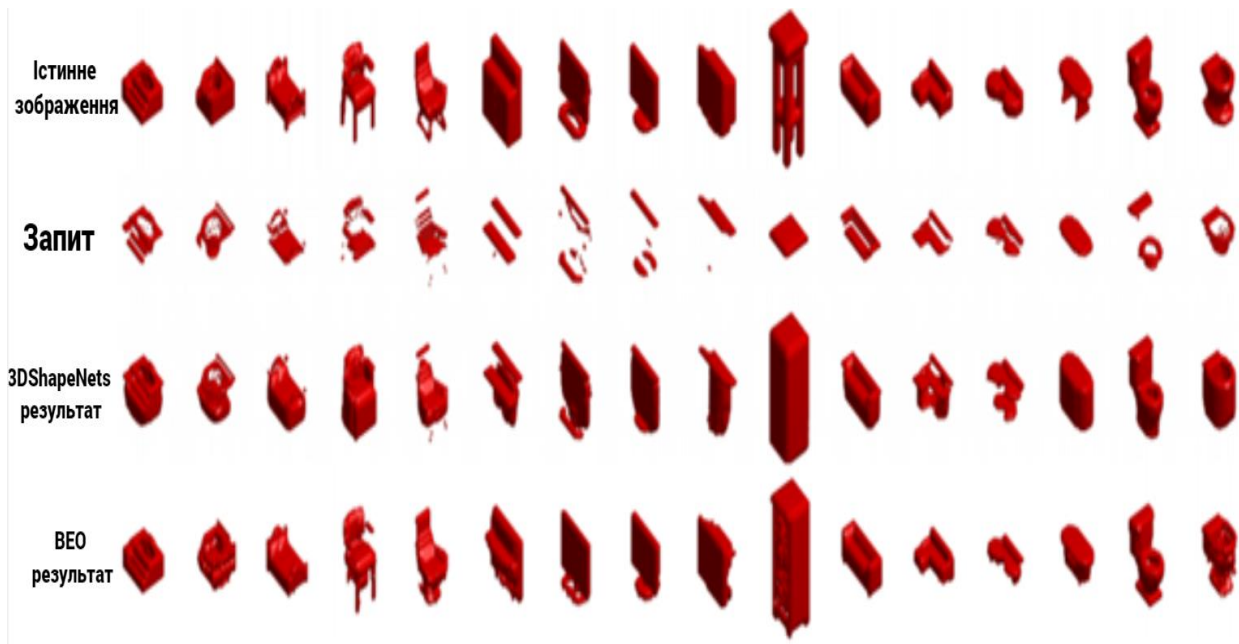


Рисунок 3.4 – Вибірка довершень об'єктів і пояснюється основна відмінність 3DShapeNets від ВЕО. 3DShapeNets

Можна побачити класифікацію об'єктів і одночасне завершення їх тривимірних форм, але ВЕО спочатку розбирає об'єкт на частини, а потім виконує процес класифікації (рис 3.5).

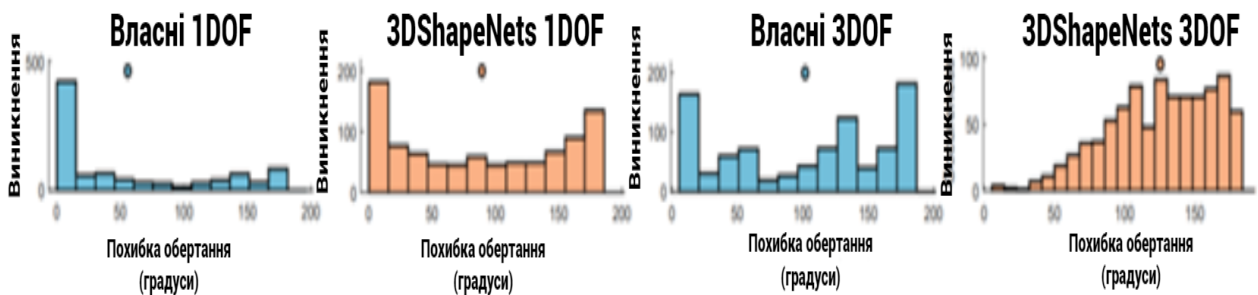


Рисунок 3.5 – Вибірка довершень об'єктів і пояснюється основна відмінність 3DShapeNets від ВЕО. 3DShapeNets

Наступним тестом є порівняння ВЕО і базових алгоритмів у продуктивності оцінки пози. експеримент встановлюється як з 1 ступенем свободи –1DOF з 1 ступенем точності, так і з 3 ступенями свободи 3DOF з 20 ступенями точності. На (рис. 3.6), показано що алгоритм ВЕО отримує меншу помилку обертання в тесті оцінки пози.

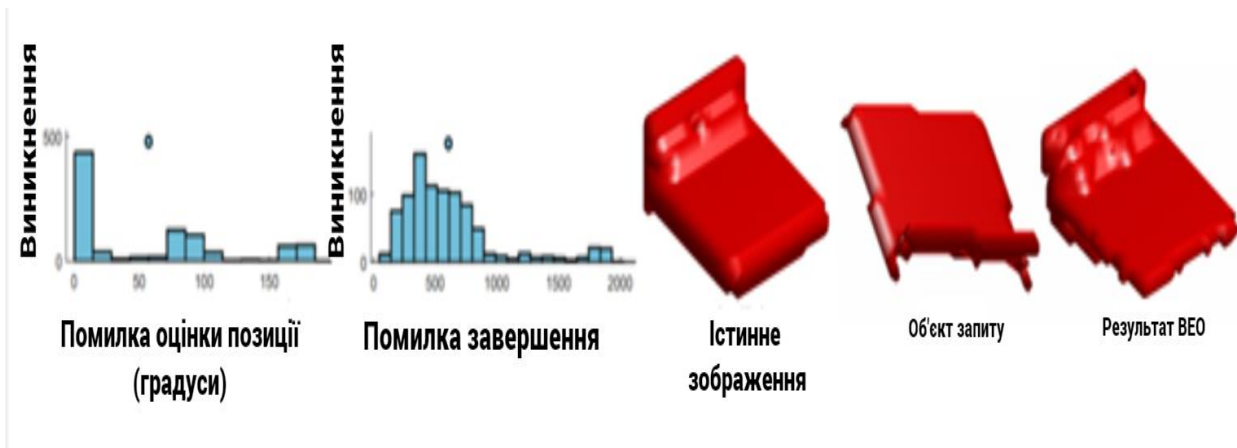


Рисунок 3.6 – Тест на оцінку пози, класу та 3D-геометрії суглоба

Щоб підсумувати першокласну продуктивність ВЕО, вище представлено результати. Легко побачити, як повний ВЕО відновлює тривимірну форму об'єкта порівняно з базовою – істинною формою.

Було досліджено і проаналізовано методи, і алгоритм технічного зору роботів. Також вивчено та досліджено способи для ідентифікування роботами об'єктів в полі комп'ютерного зору та надзвичайно корисним у реальних умовах. Також було порівняно різні методи, і алгоритми технічного зору роботів. Порівняння якісних і кількісних характеристик результатів методів і алгоритмів.

На основі проведених досліджень та опрацювання матеріалу, можна побачити, що найефективнішим є метод ВЕО. Порівняно з іншими методами, має середньо більший відсоток довершення об'єктів, меншу середню помилку завершення об'єктів, метод може знехтувати деякими складними кутами зору до об'єкта та його місця положення. Аналізуючи графіки, можна побачити, що метод має кращий результат часу класифікації завершення та менший час помилки на відміну від інших порівняних методів.

4 РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЙМІФІКОВАНОЇ ЛР В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Для досягнення поставлених цілей та задач було розроблено та реалізовано 2 лабораторні роботи, а також методичні вказівки для них. Одна з залученням гейміфікації, а друга без залучення. На основі цього були отримані результати, які були проаналізовані для порівняння процесу засвоєння матеріалів. Методичні вказівки до лабораторних робіт представлені нижче.

4.1 ЛР 1 Вивчення технічного зору роботів (без гейміфікації)

Автономні роботизовані системи можуть досягати виняткового рівня швидкості, точності та повторюваності, перевершуючи людські можливості в широкому діапазоні завдань, які передбачають певну форму взаємодії з навколишнім середовищем. Попри значний прогрес у сферах захоплення та маніпулювання роботами, люди все ще перевершують діяльність, пов'язану зі сприйняттям та міркуваннями, через складність, суб'єктивність та невизначеність цих процесів. Щоб краще розуміти зміни в навколишньому середовищі та реагувати на них, роботам потрібна екологічна обізнаність і розумні міркування, які дозволять витончено розв'язувати проблеми. Цього можна досягти шляхом залучення людини до процесу прийняття рішень, на основі технічного зору роботів.

1 Тема роботи. Вивчення програмно-апаратної реалізації технічного зору роботів.

2 Мета роботи. Ознайомлення з принципами роботи та алгоритмами роботи технічного зору роботів.

3 Підготовка до виконання роботи.

Під час підготовки до ЛР необхідно опрацювати теоретичний матеріал за 2 розділом цієї кваліфікаційної роботи. Ознайомитися з чинними засобами та методами використання технічного зору. Також потрібно підготувати

програмне забезпечення для виконання лабораторної роботи SMath Studio, Microsoft Visual Studio, Inkscape.

Порядок виконання роботи

Запустити файл SMath.exe, який знаходиться у каталозі D:\LB1. Дослідження ефективності алгоритмів для технічного зору роботів. Досліджується спосіб визначення найкращих вхідних даних, характеристик під час роботи зі змінними різного типу та при виконанні арифметичних дій над змінними. Основні принципи, за якими розраховуються потрібні атрибути для побудови алгоритму технічного зору роботів описані у розділі 3, вхідні дані знаходяться у файлі In.txt, який знаходиться у каталозі D:\LB1(матеріал до якої розташовано у додатку А).

4.2 У текстовому файлі використовуються глобальні змінні: дві змінні типу з не цілими значеннями, 15 змінних типу цілих значень (w1–w15). (матеріал до якої розташовано у додатку Б).

4.3 Потрібно виконати розрахунок з отриманням результатів для 15 змінних, та емпіричним методом визначити найкращі результати.

4.4 Сформувати висновок на основі отриманих результатів та порівняння роботи алгоритму в залежності від вхідних даних та найкращих даних для роботи алгоритму з максимальною ефективністю.

4.5 Отримані результати звірити з результатами ефективності роботи алгоритму та отримані дані занести до таблиці створеній у google form (матеріал до якої розташовано у додатку В).

4.2 ЛР 2 Вивчення технічного зору роботів (з використанням елементів гейміфікації)

Автономні роботизовані системи можуть досягати виняткового рівня швидкості, точності та повторюваності, перевершуючи людські можливості в широкому діапазоні завдань, які передбачають певну форму взаємодії з навколишнім середовищем. Дарма, що значний прогрес у сферах захоплення та маніпулювання роботами, люди все ще перевершують діяльність, пов'язану зі сприйняттям та міркуваннями, через складність, суб'єктивність та невизначеність цих процесів. Щоб краще розуміти зміни в навколишньому середовищі та реагувати на них, роботам потрібна екологічна обізнаність і розумні міркування, які дозволять витончено розв'язувати проблеми. Це поки що неможливо здійснити за допомогою традиційних методів штучного інтелекту, але можна досягти шляхом залучення людини до процесу прийняття рішень, на основі технічного зору роботів. Нарешті буде реалізовано веб-інфраструктуру, яка збирає дані користувача для оптимізації шляху робота під час наближення до людей. Високорівнева діаграма фреймворку, що взаємодіє з групою клієнтів, зображена (рис 4.1).

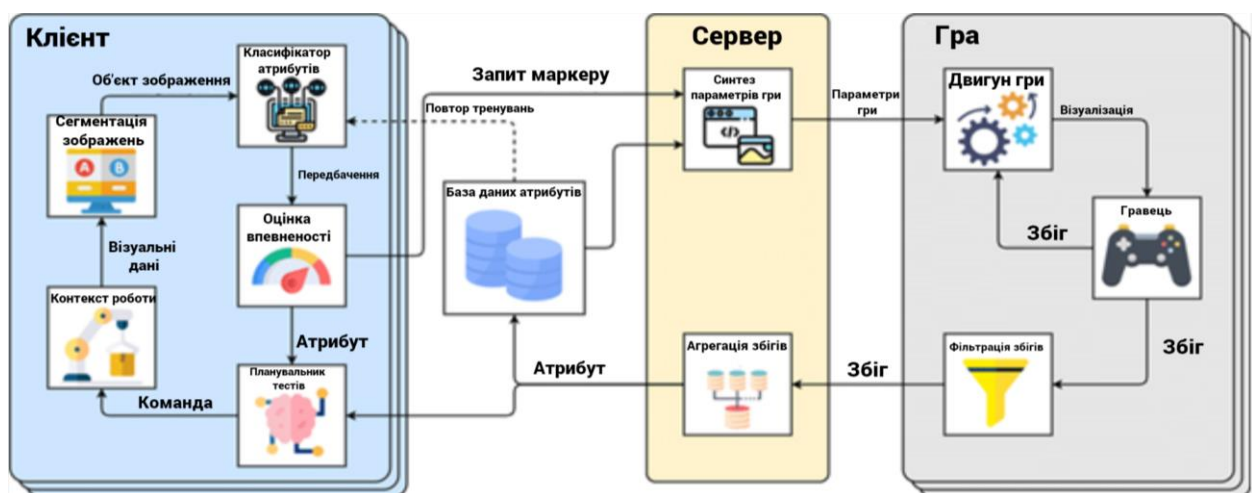


Рисунок. 4.1 - Класифікатори атрибутів для характеристики об'єктів, виявлених у середовищі робота

1 Тема роботи. Вивчення програмно-апаратної реалізації технічного зору роботів.

2 Мета роботи. Ознайомлення з принципами роботи та алгоритмами технічного зору роботів.

3 Підготовка до виконання роботи.

Під час підготовки до ЛР необхідно опрацювати теоретичний матеріал за 2 розділом цієї кваліфікаційної роботи. Ознайомитися з чинними засобами та методами використання технічного зору. Також потрібно підготувати програмне забезпечення для виконання лабораторної роботи SMath Studio, Microsoft Visual Studio, Inkscape.

4 Опис та інтеграція гейміфікації у вивчення технічного зору

Захоплення роботом і планування маніпуляцій у неструктурованих і динамічних середовищах значною мірою залежать від атрибутів об'єктів, якими маніпулюють. Хоча підходи до глибокого навчання забезпечили виняткову продуктивність сприйняття роботів, людське сприйняття та міркування все ще перевершують обробку нових класів об'єктів. Крім того, навчання таких моделей вимагає великих наборів даних, отримання яких, як правило, дороге. Ця робота поєднує в собі краудсорсинг і гейміфікацію, щоб використовувати людський інтелект, покращуючи аспекти розпізнавання об'єктів і оцінки атрибутів сприйняття роботом інформації. Фреймворк використовує систему зіставлення атрибутів, яка кодує візуальну інформацію в онлайн-грі-головоломці, використовуючи колективний інтелект гравців для розширення початкової бази даних атрибутів і реагування на конфлікти сприйняття в реальному часі. Фреймворк розгортається та оцінюється в додатку для підтвердження концепції для покращення розпізнавання об'єктів під час захоплення автономного робота, а також пропонується модель для оцінки часу відповіді. Отримані результати демонструють, що за наявності достатньої кількості гравців фреймворк може запропонувати маркування нових об'єктів майже в реальному часі на основі суто візуальної інформації та людського

досвіду. Хоч те, що платформи краудсорсингу надають корисні засоби розв'язання складних проблем міркування за допомогою колективного мислення, більшості з них бракує мотивації натовпу та вимагають дорогих стимулів, таких як винагорода або оплата за участь користувачів [39]. Альтернативний підхід до підвищення залученості учасників у середовищах розв'язання проблем полягає у використанні естетично привабливих та інтелектуально складних інтерфейсів, які розважають і мотивують користувача, наприклад, ігор. Маючи понад два мільярди активних гравців, дані, зібрані через ці надійні, синхронізовані та високошвидкісні ігрові мережі, можна використовувати для розв'язання реальних проблем, навіть якщо гравці не знають про цей процес. Деякі проекти, які отримують наукову цінність від участі гравців, це, наприклад, NASA перша нейронна мультимодальна мережа спостереження та навчання для глобальної оцінки коралових рифів. і Foldit, Поєднання гейміфікації та краудсорсингу може знайти багато застосувань у робототехніці. Наприклад, у рішеннях, пов'язаних зі сприйняттям, робототехнічне та ігрове середовища повинні мати загальні параметри, які розпізнають гравці, які, своєю чергою, реагують, змінюючи свій ігровий процес, таким чином покращуючи продуктивність роботи. Система кодує візуальну інформацію, що захоплює онлайн-гру-головоломку, покладаючись на колективний інтелект гравців для пов'язування зображень і об'єктів, що мають однакові атрибути. Робота сприяє синергетичному поєднанню ігрової механіки з системою краудсорсингу з метою покращення сприйняття роботи. Порівняно з традиційними робототехнічними підходами краудсорсингу, фреймворк створений, щоб кинути виклик і розважити гравців, не покладаючись на фінансову компенсацію, водночас приховуючи базову роботизовану програму. Враховуючи досить велику базу гравців, система може реагувати на конфлікти живого сприйняття майже в реальному часі, що неможливо з традиційними моделями, які навчаються та перенавчаються в автономному режимі. Фреймворк оцінювали в режимі реального часу для покращення ідентифікації об'єктів у автономному хапанні роботів.

Нещодавно робототехніки почали використовувати людський інтелект через краудсорсинг, покращуючи можливості систем інтелектуальних роботів. Пропонуючи систему, яка використовує натовпи онлайн-неспціалістів для співпраці з роботами для ідентифікації та позначення об'єктів у 3D хмарах точок майже в реальному часі. Платформа RoboTurk використовує краудсорсинг для збору даних про маніпуляції рукою робота для навчання моделям навчання з підкріпленням. Використовуючи краудсорсингову платформу для ручного сегментування та анотування 3D-сцен у позначених об'єктах, покращуючи захоплення роботом.

Прогнози класифікатора атрибутів оцінюються на основі їх вірогідність, і клієнт може запросити допомогу з позначенням прогнозів з низьким рівнем вірогідність. Запит на мітку передається на сервер, який синтезує параметри гри шляхом поєднання основної правди та отриманих даних. Параметри гри передаються до ігрового механізму, який доступний для користувачів. Гравці створюють відповідності між відомими та невідомими зображеннями на основі їхніх атрибутів. Збіги фільтруються та повертаються на сервер, який збирає їх для оцінки атрибутів невідомих зображень. Результати передаються клієнту, який може використовувати їх безпосередньо в планувальнику завдань. Коли мітка досягає достатньо високої надійності та кількості збігів, він стає відомим/перевіреном і включається в базу даних, яку можна використовувати для повторного навчання класифікатора клієнта. Значки були отримані та змінені.

У цьому налаштуванні фреймворк складається з трьох модулів: клієнт, який керує контекстом робота, сервер, який обробляє запити клієнта та генерує параметри гри, і гра, яка розповсюджується серед гравців для краудсорсингу. Клієнт також може бути групою клієнтів. Кожен клієнт вирішує завдання, яке потребує вилучення характеристик об'єктів, які існують у середовищі робота та фіксуються системою на основі зору. Як правило, клієнт виконує це за допомогою методу машинного навчання позначеного як класифікатор атрибутів на малюнку, який обробляє сегментовані зображення сцени та

виводить прогнози атрибутів з певними значеннями вірогідності. Якщо впевненість передбачення достатньо висока для конкретного об'єкта, клієнт не потребує допомоги, і виконання може продовжуватися автономно. Однак, зустрічаючи передбачення з низькою вірогідністю або об'єкти, на яких класифікатор не навчався, модуль оцінки вірогідності може надіслати запит на мітку до структури та покладатися на гравців для отримання оцінки атрибута невідомого об'єкта. Запит на мітку містить зображення об'єкта в сцені, а також його групу атрибутів, яка описує, які атрибути мають шукати гравці – клас об'єкта, можливості тощо. Сервер збирає запити на мітки від кількох клієнтів і використовує їх для створення наборів параметрів для екземплярів гри, які розповсюджуються гравцям. Параметри гри включають затвержені мітки з бази даних атрибутів, а також невелику частину невідомих зображень, взятих із запитів на мітки. Ігровий движок кодує отримані зображення в розроблену гру зі з'єднанням плиток. У грі гравці отримують бали за зіставлення трьох або більше плиток з однаковими атрибутами. Інтерфейс пропонує систему вирівнювання що відкриває внутрішньо ігрові винагороди, а також таблицю лідерів, що підвищує конкурентоспроможність і мотивацію. Гравців заохочують збільшити та уважно оглянути плитки перед зіставленням, оскільки рівень втрачається після кількох помилок зіставлення. Кожного разу, коли плитка без міток поєднується з двома або більше плитками того самого типу, збіг надсилається на сервер. Сервер збирає збіги, отримані від усіх активних екземплярів гри, і оновлює статус міток, надісланих клієнтами. Коли буде досягнуто достатньо великої кількості збігів для певної мітки та консенсус натовпу перевищує вибраний поріг вірогідність, мітка затверджується, або перевіряється та включається до бази даних для майбутнього використання. Цей поріг вибирається на основі специфікацій завдання та стійкості до відмов. Після схвалення етикетки нова інформація, атрибут передається до планувальника завдань для негайного використання під час створення команд робота. Клієнти також можуть періодично перенавчати свій класифікатор атрибутів на основі зростаючої бази даних, створеної ними самими.

Архітектура сервера сервер приймає запити на мітки від клієнтів, кодує їх у екземпляри гри та інтерпретує результати. Зареєстровані користувачі можуть діяти як клієнти або гравці, дозволяючи пов'язувати свою особу з будь-якими зображеннями, запитами на ярлики або збігами, надісланими на сервер. Базу даних можна ініціалізувати довільною кількістю колекцій зображень і базових міток істинності. Кожна мітка містить посилання на зображення, обмежувальну рамку, групу атрибутів, назву атрибута та значення вірогідності. Група атрибутів представляє високорівневий опис атрибутів об'єктів, таких як клас об'єкта, або доступність. Матчі, надіслані гравцями, пов'язані з їхніми запитами на ярлики. Коли кількість збігів для певної мітки перевищує встановлений поріг, найпоширеніший збіг призначається як атрибут мітки, а вірогідність мітки обчислюється як співвідношення між кількістю збігів, що відповідають найпоширенішому атрибуту, до загальної кількості збігів. Запит на мітку приймається як базова правда, коли кількість збігів досягає певного порогу, а його значення вірогідність перевищує 95%. Ці параметри можна налаштувати відповідно до специфікацій клієнта та завдання. На стороні клієнта сервер дозволяє надсилати мітки та надсилати запити через HTTP. Клієнти можуть надсилати запити на мітки в поєднанні з новими зображеннями або з посиланням на чинне зображення, що зберігаються на сервері. Після надсилання клієнти можуть отримувати оновлення для своїх запитів на мітки щодо вірогідності та кількості збігів. Що стосується гри, сервер пропонує інтерфейс HTTP для запиту текстур плитки та подання збігів із плитками без міток. За запитом від екземпляра гри сервер випадковим чином вибирає один або кілька активних запитів міток разом із низкою базових міток істинності з тієї самої групи атрибутів. Вони компілюються в зображення атласу та надсилаються в екземпляр гри разом із назвами атрибутів міток істинності та ідентифікаторами ID запитів міток (рис. 4.2).

Дизайн гри був натхненний що захоплюючим жанром зіставлення плиток у відеоіграх, де гравці маніпулюють плитками, щоб змусити їх зникнути відповідно до визначеного критерію відповідності. У грі гравцеві надається

сітка 8 на 10 плиток, на яку накладаються зображення, отримані з сервера. Кожна плитка позначається відповідною назвою атрибута, якщо зображення відоме, або ідентифікатором запиту на мітку, якщо зображення невідоме. Гравець може виділити ланцюжок з трьох або більше сусідніх фішок, які зникають, якщо їхні атрибути збігаються. Збіг також приймається, якщо ланцюжок плиток містить відомі плитки з однаковими атрибутами та одну плитку без мітки.

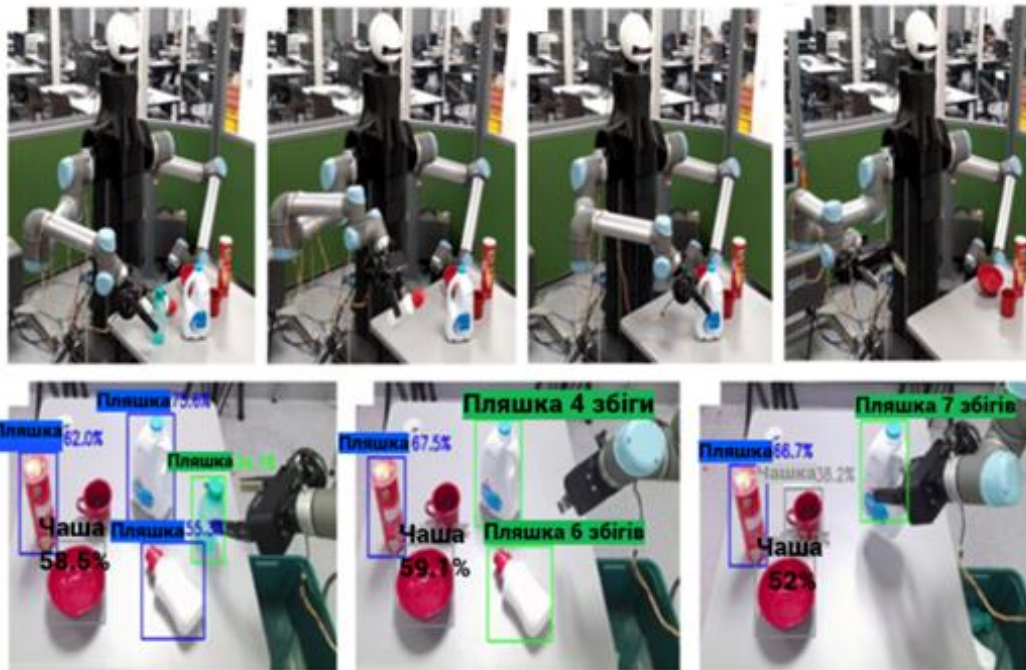


Рисунок 4.2 – Використання гейміфікації у навчальному процесі при вивченні дисципліни технічний зір роботів

У цьому випадку гра надсилає на сервер відповідність, яка пов'язує непозначений файл із загальним атрибутом решти ланцюжка. Щоб підтвердити їхні збіги, користувачі повинні ввести свої облікові дані перед початком гри. Щоб пройти рівень, гравець повинен досягти цільового результату, виконавши успішні матчі. Кількість дозволених помилок зіставлення на рівні обмежена, що спонукає гравців уважно перевіряти плитки перед створенням відповідності. Щоб полегшити це, гравець може збільшити будь-яку плитку в режимі огляду, що особливо цінно для мобільних пристроїв. Щоб допомогти гравцям

визначити відповідні плитки, список відповідних атрибутів відображається у верхньому правому куті інтерфейсу гри. Гравців додатково мотивує система підвищення рівня та онлайн-таблиця лідерів. Кількість дозволених помилок зіставлення на рівні обмежена, що спонукає гравців уважно перевіряти плитки перед створенням відповідності. Щоб полегшити це, гравець може збільшити будь-яку плитку в режимі огляду, що є особливо цінним для мобільних пристроїв. Можливість допомогти гравцям визначити відповідні плитки, список відповідних атрибутів відображається у верхньому правому куті інтерфейсу гри. Гравців додатково мотивує система підвищення рівня та онлайн таблиця лідерів у інтерфейсі гри (рис. 4.3).

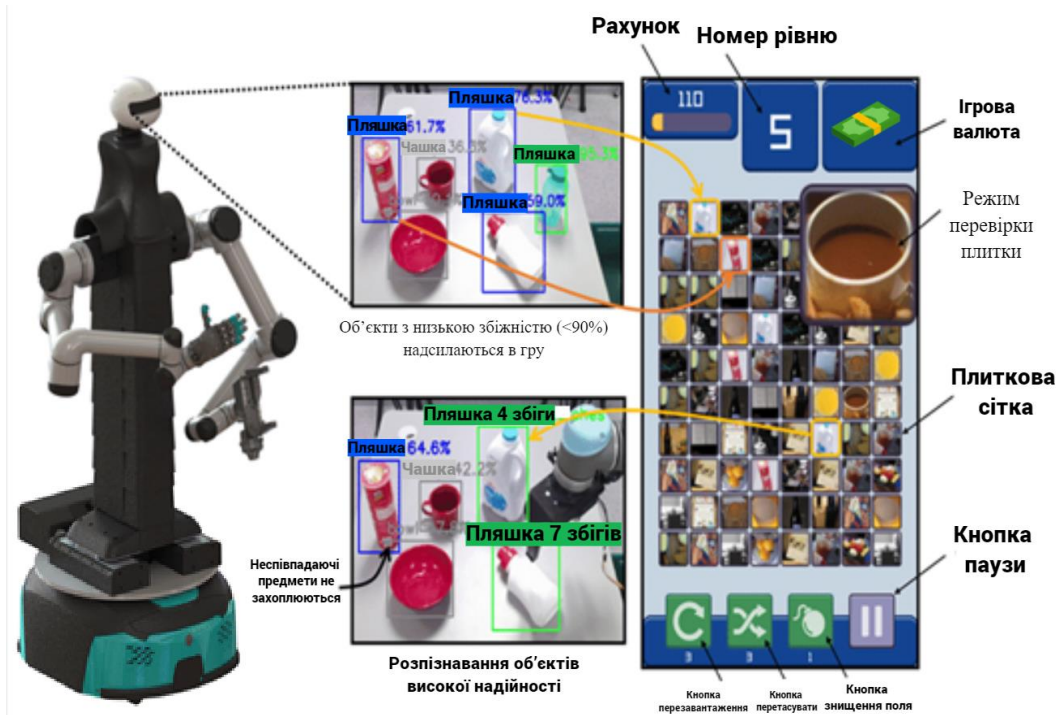


Рисунок 4.3 – Приклад макета та візуалізація дизайну навчального додатка

Можна побачити запропонований дизайн візуалізації навчального додатка з використанням технічного зору роботів та залучення гейміфікації.

Досліджено та проаналізовано, що гравців-учасників, учнів додатково мотивує система підвищення рівня та онлайн-таблиця лідерів, яка також може використовувати для оцінки дійсності матчів гравців. Після підвищення рівня

розблоковуються такі корисні прискорювачі, як «перемішування» та «перезавантаження», щоб запобігти застрягання гравців. Початкові рівні гри налаштовані таким чином, щоб вони містили лише відомі плитки, щоб навчати нових гравців і знайомити їх з ігровою механікою. В майбутньому гру можна експортувати для Windows, Linux, Android, iOS або HTML5 для запуску у веб-браузері.

Порядок виконання роботи:

1. Запустити файл SMath.exe, який знаходиться у каталозі D:\LB1. Дослідження ефективності алгоритмів для технічного зору роботів. Досліджується спосіб визначення найкращих вхідних даних, характеристик під час роботи зі змінними різного типу та при виконанні арифметичних дій над змінними. Основні принципи за якими розраховуються потрібні атрибути для побудови алгоритму технічного зору роботів описані у розділі 3, вхідні дані згідно з варіантом у номері журналу та знаходяться у файлі In.txt, який знаходиться у каталозі D:\LB1(матеріал до якої розташовано у додатку А).

2. У текстовому файлі використовуються глобальні змінні: дві змінні типу з не цілими значеннями, 15 змінних типу цілих значень (w1–w15), (матеріал до якої розташовано у додатку Б).

3. Після розрахунку потрібних даних для запуску навчальної-гри-головоломки, потрібно у файлі Creating a level.txt вписати отримані дані, що знаходиться у D:\GAMETEST, та запустити файл Game.exe.

4. Потрібно виконати розрахунок з отриманням результатів для свого варіанту, та емпіричним методом визначити найкращі результати з отриманих результатів за іншими варіантами.

5. Наочно побачити, як різниця у вхідних даних впливає на алгоритм роботи технічного зору роботів

6. Сформулювати висновок на основі отриманих результатів та порівняння роботи алгоритму в залежності від вхідних даних та найкращих даних для роботи алгоритму з максимальною ефективністю.

7. Отримані результати звірити з таблицею ефективності роботи алгоритму та отримані дані занести до таблиці створеній у google form (матеріал до якої розташовано у додатку В).

4.3 Порівняння результатів виконання двох ЛР

Використання гейміфікації в освітньому процесі підвищує зацікавленість учнів та їх мотивацію, сприяє емоційній залученості та соціальній взаємодії між однолітками. Учні беруть активну участь в роботі, що активізує їх пізнавальну діяльність на відміну від традиційних форм навчання.

Для підтвердження цього, було розроблено комплекс завдань з залученням гейміфікації та без використання гейміфікації. Тестові практичні завдання були розроблені для фокус-групи учнів, які дали згоду на участь у тестуванні, але вони не знали, що тестові практичні завдання будуть відрізнятися наявністю в них гейміфікації. Отримані результати були занесені до створеної google form з результатами лабораторної роботи, та на її основі була створена таблиця відповідності оцінок студентами (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 Оцінки учасників у тестах з гейміфікацією та без неї

Без використання гейміфікації		З використанням гейміфікації	
Г.1		Г.2	
№ в журналі гр.	Оцінка	№ в журналі гр.	Оцінка
1	3	1	4
2	3	2	4
3	5	3	5
4	4	4	5
5	5	5	5
6	3	6	4
7	3	7	4
8	4	8	5
9	3	9	3
10	4	10	5
11	3	11	5
12	5	12	5
13	3	13	4

14	4	14	5
15	3	15	4
16	5	16	5
17	5	17	5

Можемо побачити, як використання гейміфікації напряду впливає на результати і зацікавленість студентів. Головне на що потрібно звернути увагу, що показники балів зросли в учнів, а також, жоден з них не отримав результат гірший за результат у завданні без залучення гейміфікації.

Також більш інформативно можемо пробачати різницю на діаграмах, які представлені на (рис. 4.3, рис. 4.4.).

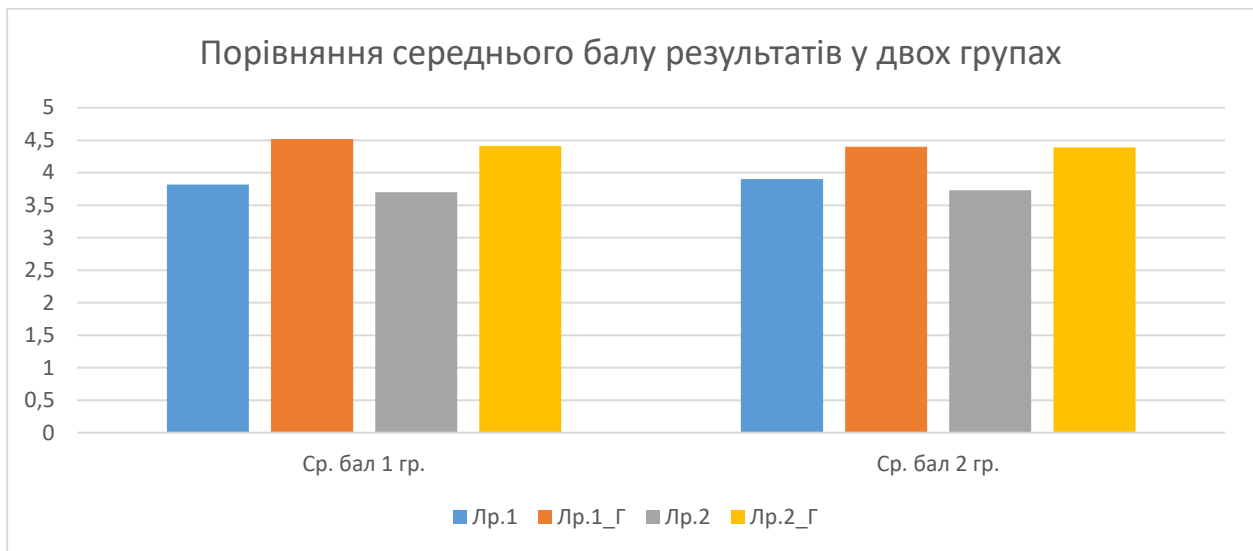


Рисунок 4.3 – Графік залежності середніх балів з гейміфікацією та порівнянням результатів тестування

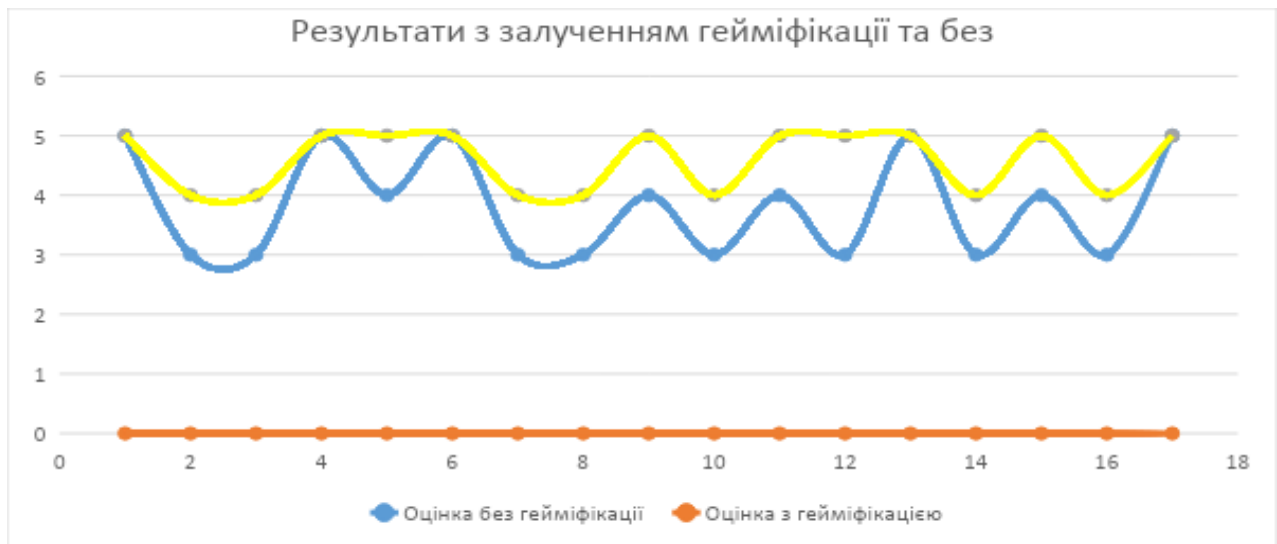


Рисунок 4.4 – Діаграма залежності балів з гейміфікацією та порівнянням результатів тестування

На графіку та діаграмі можна побачити, що середній показник отриманих балів більший за попередні результати.

Досліджено і проаналізовано, що впровадження гейміфікації в процес навчання сприяє підвищенню пізнавальної активності учнів, формуванню інтересу до знань, розвитку навчальної мотивації та ініціативи. За допомогою гейміфікації, учні можуть сформулювати більш точний і правильний висновок, бо бачать як в залежності від вхідних даних змінюється алгоритм роботи технічного зору та відсоток кращого розпізнання об'єктів алгоритмом. Гейміфікація в освіті з залученням технічного зору роботів – поширення гри на різні сфери освіти, яка дозволяє розглядати гру і як метод навчання і виховання, і як форму виховної роботи, і як засіб організації цілісного освітнього процесу. Спектр застосування гейміфікації в освіті досить широкий, що дозволяє говорити про перспективи цієї технології та її елементів. Проведений аналіз доводить існування різноманітних можливостей впровадження технології гейміфікації в навчальний процес.

Проведено два дослідження в яких перевірялась ефективність впровадження гейміфікації розроблених ЛБ в аспектах мотивації та якості знань. Досліджено, що узагальнення отриманого практичного досвіду буде

корисно для глибокого розуміння суті гейміфікації в навчальному процесі, побудови адаптивних систем для покращення засвоєння навчального матеріалу, необхідність і можливості, які зроблять легким перехід до вирішення складніших завдань, і засвоєння складного матеріалу швидше. Проведене дослідження буде корисно для науковців, розробників, аспірантів і студентів, що спеціалізуються або цікавляться проблематикою гейміфікації.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано та досліджено, що галузь технічного зору роботів та застосування його до виробництва, навчання, бізнесу, заводів і фабрик, медицини є достатньо розвиненою та поступово втілюваною в технічні рішення. Проаналізовано, що лишається цілий ряд невирішених проблем, серед яких однією з найскладніших є створення систем або алгоритмів, які дозволяють надійно ідентифікувати об'єкт, попри зміну умов освітлення, перекриття його частини та зміни кута зору. Досліджено, що розробка такої системи чи її окремих елементів є перспективним та актуальним напрямком для наукових досліджень.

Підсумовуємо висновки з даної роботи нижче:

- На основі отриманих результатів, застосування варіаційних елементів гейміфікації залежить від контексту матеріалу, який вивчається. Для складних завдань краще використовувати елементи, які допоможуть студентові зосередитися на власному прогресі. Досліджено, якщо потрібно засвоїти складну навичку, алгоритм, формулу, метод, теорію, то краще порівнювати власний прогрес зі своїм прогресом учора, а не з успіхами інших студентів. Це стосується саме засвоєння навичок, які вимагають часу, сил і наполегливості, адже їх кожен опановує виключно у власному темпі. Якщо порівнювати когось з іншими, тими, хто робить це швидше та легше, можна втратити відчуття власного прогресу. Тому дуже важливо впроваджувати гейміфікацію у навчальний процес.
- Досліджено, що розробка такої системи чи її окремих елементів є перспективним та актуальним напрямком для наукових досліджень. Також було розглянуто можливості технічного зору роботів. Розглянуто можливості технічного зору роботів, можливості налаштування систем технічного зору, структуру роботи з

технічним зором, використання роботизованих систем з технічним зором. Проаналізовано використання роботизованих систем з технічним зором, системи автоматизованого складання, автоматизованої перевірки.

- Було досліджено і проаналізовано методи, і алгоритм технічного зору роботів. Також вивчено та досліджено способи для ідентифікування роботами об'єктів в полі комп'ютерного зору та надзвичайно корисним у реальних умовах. Також було порівняно різні методи, і алгоритми технічного зору роботів. Порівняння якісних і кількісних характеристик результатів методів і алгоритмів.
- На основі проведених досліджень та опрацювання матеріалу, можна побачити, що найефективнішим є метод ВЕО. Порівняно з іншими методами, має середньо більший відсоток довершення об'єктів, меншу середню помилку завершення об'єктів, метод може знехтувати деякими складними кутами зору до об'єкта та його місця положення. Аналізуючи графіки, можна побачити, що метод має кращий результат часу класифікації завершення та менший час помилки на відміну від інших порівняних методів.
- Досліджено і проаналізовано, що впровадження гейміфікації в процес навчання сприяє підвищенню пізнавальної активності учнів, формуванню інтересу до знань, розвитку навчальної мотивації та ініціативи. Гейміфікація в освіті з залученням технічного зору роботів – поширення гри на різні сфери освіти, яка дозволяє розглядати гру і як метод навчання і виховання, і як форму виховної роботи, і як засіб організації цілісного освітнього процесу. Спектр застосування гейміфікації в освіті досить широкий, що дозволяє говорити про перспективи цієї технології та її елементів. Проведений аналіз доводить існування різноманітних можливостей впровадження технології гейміфікації в навчальний процес.

- Досліджено та проаналізовано, що гравців-учасників, учнів додатково мотивує система підвищення рівня та онлайн-таблиця лідерів, яка також може використовувати для оцінки дійсності матчів гравців. Після підвищення рівня розблоковуються такі корисні прискорювачі, як «перемішування» та «перезавантаження», щоб запобігти застрягання гравців. Початкові рівні гри налаштовані таким чином, щоб вони містили лише відомі плиткі, щоб навчати нових гравців і знайомити їх з ігровою механікою. В майбутньому гру можна експортувати для Windows, Linux, Android, iOS або HTML5 для запуску у веб-браузері.

Проведено два дослідження в яких перевірялась ефективність впровадження гейміфікації розроблених ЛБ в аспектах мотивації та якості знань. Досліджено, що узагальнення отриманого практичного досвіду буде корисно для глибокого розуміння суті гейміфікації в навчальному процесі, побудови адаптивних систем для покращення засвоєння навчального матеріалу, необхідність і можливості, які зроблять легким перехід до вирішення складніших завдань, і засвоєння складного матеріалу швидше. Проведене дослідження буде корисно для науковців, розробників, аспірантів і студентів, що спеціалізуються або цікавляться проблематикою гейміфікації.

Гейміфікація непомітно спонукає учасників на досягнення поставлених цілей. Гейміфікація освіти підвищує пізнавальний інтерес, саме тому питання впровадження її в освітній процес є актуальним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Alyetal. Sensing, Navigation and Reasoning Technologies for the DARPA Urban Challenge. California Institute of Technology, 2007.
2. Biloshchytskyi, Andrii, Kuchansky, Alexander, Bezmogorychnyi, Dmytro, Pyda, Sofiia & Kuzomko, Anastasiia. (2016). Creation of the concept of the GameHub infrastructure in Ukrainian Universities. Management of Development of Complex Systems, 26, 163 – 170.
3. Bohren et al. Little Ben: The Ben Franklin Racing Team’s Entry in the 2007 DARPA Urban Challenge // Journal of Field Robotics. – 2008 – 25p.
4. Gamification: Toward a Definition. Deterding S., Khaled R., Nacke L.E., Dixon D. Vancouver : Gamification Workshop Proceedings, 2011. P. 12-15.
5. Groh F. Gamification: State of the Art Definition and Utilization in Proceedings of the 4th Seminar on Research Trends in Media Informatics Institute of Media Informatics, 2012.
6. Janaki K., Mario H. Gamification at work: designing engaging business software. Springer, 2013. 168 p.
7. Johannesson Erik Integrated Stereovision for an Autonomous Ground Vehicle. – Lund Institute of Technology, 2005.
8. Kapp K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Case-Based Methods and Strategies for Training and Education. New York: Pfeiffer: An Imprint of John Wiley&Sons, 2012.
9. Kiryakova G., Angelova N., Yordanova L. Gamification in education. URL: https://www.academia.edu/34773510/GAMIFICATION_IN_EDUCATION (Дата звернення: 02.10.2022).
10. Klas Nordberg Per-Erik Forssen, Johan Wiklund. A flexible runtime system for image processing in a distributed computational environment for an unmanned aerial vehicle // In the proceedings of the 9th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP . – 2002.

11. Law of Ukraine «On Higher Education» No. 1556-VII of 01.07.2014 // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine, (2014). – P. 37 – 38.
12. Salen K., Zimmerman E. Rules of Play: Game Design Fundamentals. Cambridge : MIT Press, 2003. 688 p.
13. Science of Ukraine – the view of young scientists through the prism of the present: abstracts of the reports of the AllUkrainian scientific and practical conference / [editors-compilers I. Gerasy`menko, O. Palamarchuk], (2017). Cherkasy: FOP Nechy`tajlo O.F., 144.
14. Thrun et al. Stanley: The Robot That Won The DARPA Grand Challenge – Stanford Artificial Intelligence Laboratory, 2006.
15. UK Ministry of Defence MOD GRAND CHALLENGE INNOVATION THROUGH CHALLENGE. – 2008
16. Yu-kai Chou: Gamification & Behavioral Design. URL: <http://yukaichou.com/gamification-examples/octalysis-complete-gamificationframework> (Дата звернення: 15.10.2022).
17. Zatwarnicka-Madura B. Gamification: current status, trends and development prospects. Actual Problems of the economy, 2016, № 6. P. 376-382
18. Возняк-Запур М. Механізми гейміфікації у дистанційному навчанні / Марта Возняк-Запур. – Краків : Ofi cyna Wydawnicza AFM, 2018. – 59 с.
19. Джонг Т. Методичні рекомендації для вчителів Go-Lab / Тод де Джонг, Маттіас Гінц, Адріан Гользер, Фані Стіланіду, 2015.
20. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології: навч. Посіб. / І.М. Дичківська. – Київ : Академвидав, 2004. – 351 с.
21. Захарова О., Грузд А. Підвищення якості послуг вищої освіти за допомогою гейміфікації. Наукові праці національного технічного університету. Економічні науки. 2017. Вип. 32. С. 113–122.
22. Макаревич О. Гейміфікація як невід’ємний чинник підвищення ефективності елементів дистанційного навчання : наукова стаття. Young Scientist. 2015. № 2 (17). С. 275–278.

- 23.Макаревич О. Гейміфікація як невід'ємний чинник підвищення ефективності елементів дистанційного навчання : наукова стаття. *Young Scientist*. 2015. № 2 (17). С. 275–278.
- 24.Чепіль М.М. Педагогічні технології : навчальний посібник / Марія Миронівна Чепіль, Надія Зеновіївна Дудник . – Київ : Академвидав, 2012. – 222 с. .
- 25.Konevshhy`ns`ka, O.E. (2017). Foreign experience of using minecraft: education edition in project activity. *Information Technologies in Education*», 3 (32), 86 – 97.
- 26.Kravec`z`, N.S. (2017). Stages of the creation of a geypound system for use in the educational process of higher educational institutions. *Herald of KDAK*, 50, 198 – 206.
- 27.Zaxarova O.V., Gruzd A.V. (2017). Improving the quality of higher education services by means of gaming // *Scientific papers of the National Technical University. Economic sciences*, 32, 113 – 122.
- 28.Makarevy`ch, O.O. (2015). Gaming as an integral factor in improving the effectiveness of the elements of distance learning: a scientific paper – *Journal «Young Scientist»*, 2 (17), 275 – 278.
- 29.Tkachenko, O. (2015). Gameimization of education: formal and informal space: scientific article – *Journal «Actual questions of humanitarian sciences»*, 11, 32 – 38.
- 30.RoboCup. Home Rules & Regulations. – 2010.
- 31.SRVC Semantic Robot Vision Challenge Rules. – 2010.
- 32.Darpa darpa Urban Challenge Rules. – 2007.
- 33.Darpa Grand Challenge 2005 Rules. – 2004.
- 34.Вашуленко М. С. Українська мова : підруч. Для 2 кл. загальноосвіт. Навч. Закл. З навчанням українською мовою / М. С. Вашуленко, С. Г. Дубовик. К. : Видавничий дім «Освіта», 2012. 160 с.
- 35.3D mapping of Ukrainian Education System. Modernization of Pedagogical Higher Education by Innovative Teaching Instruments (MoPED) 586098-EPP-

- 1-2017-1-UAЕРРКА2-СВНЕ-JP. Borys Grinchenko Kyiv University, 2018.
URL: https://drive.google.com/file/d/1FxxwfrUrTcPI0J3FI9-UGS94osH_up14P/view (Дата звернення: 22.10.2022).
- 36.Вашуленко М. С. Українська мова: підруч. Для 3 кл. загальноосвіт. Навч. Закл. з навчанням українською мовою / М. С. Вашуленко, О.І. Мельничайко, Н.А. Васильківська / за ред. М.С. Вашуленка. К. : Видавничий дім «Освіта», 2013. 192 с.
- 37.Вашуленко М. С. Українська мова: підруч. Для 4 кл. загальноосвіт. Навч. закл. з навчанням українською мовою / М. С. Вашуленко, С. Г. Дубовик, О.І. Мельничайко / за ред. М.С. Вашуленка. К. : Видавничий дім «Освіта», 2015. 192 с.
- 38.Koster R. Theory of fun for game design . O'ReillyMedia, Inc., 2013. 300 p. 8.
Shapiro J. Making Games: The Ultimate Project-Based Learning. KQED, 2014. URL: <https://ww2.kqed.org/mindshift/series/guide-to-games-and-learning> (Дата звернення: 12.10.2022).
- 39.М. С. Вашуленко, О.В. Вашуленко. К. : Видавничий дім «Освіта», 2012. 152 с.