

ЩУР ГЛІБ

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-3796-2866>e-mail: [hlib.o.shchur@lpnu.ua](mailto:hlib.o.shchur@lpnu.ua)

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-САПЕРОМ У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Інтелектуальна промисловість все більше впроваджує кіберфізичні системи, однак люди все ще важливі. За цих обставин технології віртуальної реальності швидко впроваджуються в інтелектуальні системи. Віртуальна реальність, безсумнівно, матиме великий вплив на простоту використання та гнучкість кіберфізичних систем.*

*Постійна потреба модифікувати виробничі системи відповідно до вимог клієнтів вимагає впровадження нових методів організації процесів або управління виробництвом. Приймаючи рішення щодо автоматизації та комп'ютеризації потоку даних, дуже важливо мати досвід і навчання в нових сценаріях. Технологія віртуальної реальності допомагає досягти цих цілей, не перешкоджаючи фактичній діяльності та не накладаючи надмірних фінансових витрат.*

*Завдяки зниженню вартості та зменшенню ризиків, пов'язаних з використанням віртуальної реальності під час навчання, навчальні сесії можна використовувати частіше та різноманітніше. Завдяки визначенню підкомпонентів, моделей, інструментів і налаштувань навчального курсу віртуальної реальності, а також завдань, які повинні виконати учасники, цей метод дозволяє організувати всю навчальну програму даним чином.*

*Ключові слова: кіберфізичні системи, віртуальна реальність, інтелектуальна система управління.*

SHCHUR GLIB

Lviv Polytechnic National University

## INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF A SAPER ROBOT IN A VIRTUAL ENVIRONMENT

*Intelligent industry is mostly composed of cyber-physical systems, however humans are still essential. Under these circumstances, virtual reality technologies are quickly incorporated into intelligent systems. These techniques will surely have a bigger impact on the simplicity of use and flexibility of cyber-physical systems.*

*The ongoing need to modify production systems to meet client requirements necessitates the introduction of new methods for process organisation or production management. When making decisions on the automation and computerization of the data flow, it is very important to have experience and training in novel scenarios. Virtual reality technology undoubtedly aids in achieving these goals without obstructing actual operations or imposing undue financial burdens.*

*Experience training sessions may be used more frequently and in a wider variety of ways thanks to the cost and risk reductions associated with the use of virtual reality in training. By specifying the sub-components, models, tools, and settings of the virtual reality training course as well as the tasks that participants must complete, this method enables the entire programme to be organised in an immersive context. Coordinated and recorded actions are taken.*

*The following benefits are justifying the use of virtual reality:*

- *Saving time: people learn faster thanks to exciting trainings.*
- *Cost savings: unlike real-time training, which is difficult to scale and replicate, training can be easily distributed across different convenient locations.*
- *Improves engagement: soft communication skills and procedural learning require a realistic environment.*
- *Improves memory: students retain more information for longer when they are fully engaged physically and emotionally.*
- *Increases safety: on-site training is challenging and access to areas may be dangerous or difficult. Also, repeating the operation as many times as necessary to learn from mistakes is not a risk.*
- *Improves analysis: the digital aspect of virtual reality learning allows for real-time data collection. It can provide immediate feedback to listeners and quickly demonstrate results to the board through large-scale impact analysis.*

*Keywords: cyber-physical systems, virtual reality, intelligent control system.*

### Вступ

Віртуальна реальність відкриває нові можливості для підвищення ефективності, а також може значно скоротити витрати на навчання. Це може бути досягнуто шляхом зменшення потреби у фізичному просторі та зменшення часу потрібного на навчання. Ключові фактори успішного впровадження віртуальної реальності в навчальний процес включають:

1. Скорочення часу, необхідного для навчання.
2. Збільшення кількості користувачів, які можуть впоратися з операціями без попереднього досвіду.
3. Зменшення витрат на навчання.
4. Зниження ризику травмування.

Але варто пам'ятати, що успішність навчального процесу на основі віртуальної реальності прямо залежить від якості підготовленого навчального матеріалу або віртуального навчального середовища.

### Аналіз літературних джерел

В ідеї інтелектуальної фабрики, людина продовжуватиме відігравати важливу роль у виробничому процесі, тому так багато залежить від підготовки та навчання. Пропоноване рішення з використанням

віртуальної реальності здається одним із найкращих рішень щодо проведення навчання співробітників, оскільки воно може бути повністю інтегровано з реальною виробничою системою. Проведені випробування підтверджують ефективність, що дозволяє зробити висновок, що дані інтелектуальні системи можна та потрібно впроваджувати у різні індустрії [1].

Знання та уроки, отримані під час розробки системи VR-Mech, є цінними для створення інших суміжних систем навчання, зокрема з точки зору впровадження різних рівнів, починаючи від базових інструкцій і закінчуючи сценаріями з механізмом оцінювання. Це має вирішальне значення для прискорення розробки таких систем у майбутньому та сприяє адаптації поточних систем [2].

У роботах [3-5] наведено метод автоматизованого розпізнавання підповерхневих об'єктів (мін), за допомогою нейронних мереж. Наведені статистичні дані. Він є корисним адже підтверджує, що існує можливість автоматизації розпізнавання такого складного процесу, як розпізнавання підповерхневих об'єктів.

Майбутні напрямки роботи [6-8] вказують на широкомасштабне впровадження робота, а також можливість створення менших, але більш швидких і автономних роботів з використанням технології та інтелектуальних систем. Це створює перспективи для подальшого розвитку і вдосконалення робототехнічних рішень на основі отриманих результатів дослідження.

У дослідженнях [9-11] наведено використання різних 3D-моделей у задачі симуляції у віртуальній реальності мало значний вплив на продуктивність учасників. Загалом запровадження тривимірних моделей призвело до покращення продуктивності, однак ефект став статистично незначущим після того, як учасники зробили чотири або більше спроб виконати завдання. Це розуміння свідчить про те, що кількість спроб значно впливає на продуктивність. Результати цього дослідження можуть вплинути на дизайн симуляції віртуальної реальності та допомогти оптимізувати сценарії навчання для різних застосувань у таких сферах, як освіта, навчання та дослідження. Тим не менш, важливо визнати деякі обмеження, такі як відносно малий розмір вибірки та специфічні характеристики використовуваних тривимірних моделей, які можуть вплинути на можливість узагальнення результатів. Таким чином, майбутні дослідження з більшими та більш різноманітними зразками та варіаціями характеристик тривимірних моделей можуть ще більше збагатити наше розуміння зв'язку між якістю даних моделей та продуктивністю симуляції віртуальної реальності.

### Основний матеріал

Для початку, потрібно зрозуміти як саме можна створювати досвід в віртуальному середовищі того як працюватиме конкретний тренувальний сценарій.

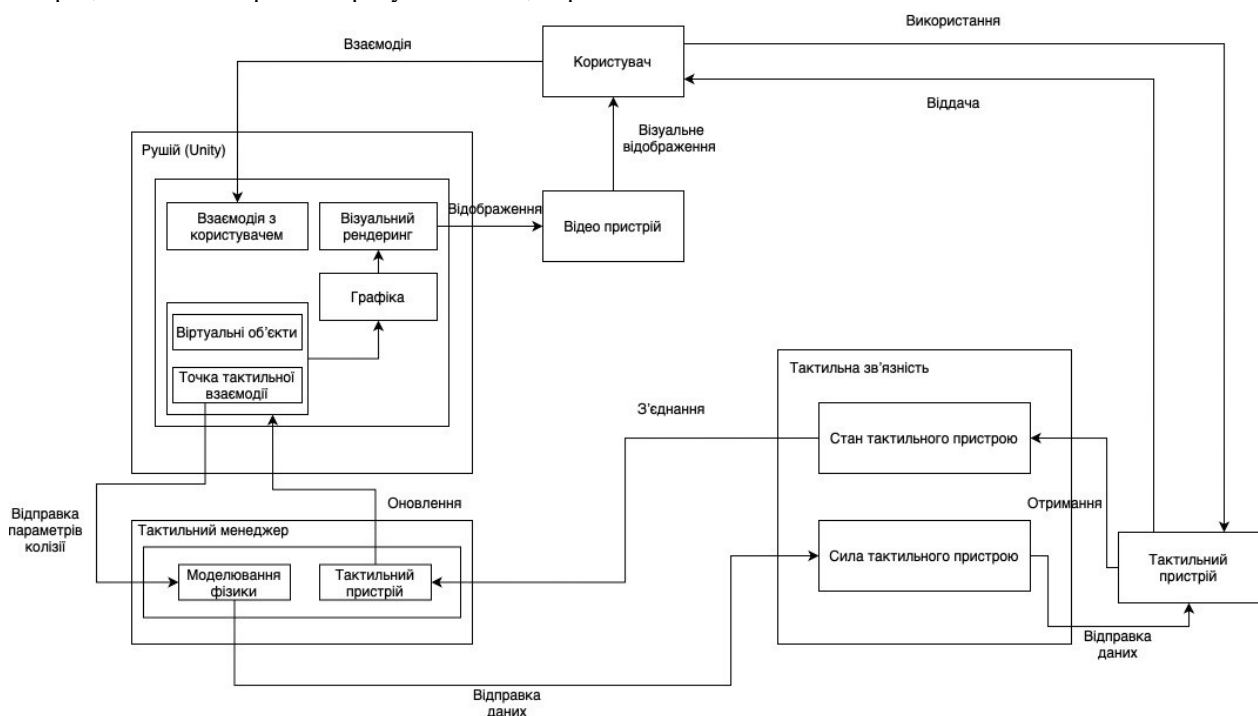


Рис. 1. Схема роботи програмного рішення

На рисунку наведено схему роботи програмного рішення інтелектуальної системи. Центральною частиною цієї схеми є користувач, який і буде взаємодіяти з системою в цілому. Користувач взаємодіє з системою через візуальний інтерфейс (екран шолому віртуальної реальності, який зображений на рисунку як «Відео пристрій») та тактильні пристрої (у нашому випадку, за допомогою контролерів). Розглянемо усю схему детальніше:

Ліворуч є вікно «Рушій (Unity)», саме на цьому рушії і розроблятиметься інтелектуальна система. Рушій містить такі підкомпоненти, як «Взаємодія з користувачем», «Віртуальні об'єкти», «Візуальний рендеринг», «Графіка» і «Точка тактильної взаємодії». Тобто, рушій напряму відповідає за взаємодію користувача з віртуальним світом. Рушій отримуватиме інформацію від користувача про те, з якими елементами віртуального простору користувач взаємодіє та як відповідати на дії користувача. Розглянемо детальніше елементи підеlements рушії:

- **Взаємодія з користувачем:** Цей компонент обробляє вхідні дані користувача, такі як натискання клавіш, рухи миші або сенсорні взаємодії, і перетворює їх на відповідні дії в рушії. Наприклад, якщо користувач натискає клавішу "перемістити вперед", цей компонент перетворить це на відповідний рух в віртуальному середовищі.
- **Графіка:** це компонент, який відповідає за візуалізацію віртуального середовища. Він генерує 3D-моделі, текстури, освітлення та інші візуальні ефекти, які користувач бачить на екрані.
- **Візуальний рендеринг:** цей компонент відповідає безпосередньо за відмальовування віртуального простору користувачеві та передає зображення на «Відео пристрій».

Наступним вікном є «Тактильний менеджер». Цей компонент відповідає за управління фізичними тактильними пристроями, у нашому випадку контролерами. Він містить наступні підкомпоненти:

- **Моделювання фізики:** оскільки користувач взаємодіє з віртуальними об'єктами та віртуальний світ повинен імітувати реальний світ, то для нас є дуже важливим реалістичний відклик віртуальних об'єктів для створення відчуття присутності та реалістичності для користувача.
- **Тактильний пристрій:** це фізичний пристрій, який матиме при собі користувач, і який слугуватиме так званим «містком» між реальним та віртуальним світом. У нашому випадку, це контролери для шолому віртуальної реальності.

Наступним вікном є «Тактильна зв'язність». Цей компонент відповідає за управління фізичними тактильними пристроями, у нашому випадку контролерами. Він містить наступні підкомпоненти:

- **Стан тактильного пристрою:** поточний стан пристрою, наприклад, чи він увімкнений або вимкнений, або який режим вібрації він зараз використовує.
- **Сила тактильного пристрою:** інтенсивність вібрації, яку зараз генерує пристрій. Наприклад, різні об'єкти, з якими буде взаємодіяти користувач, можуть давати вібрацію різної сили, яку користувач відчує через контролери.

Стрілки, позначені такими діями, як «Взаємодія», «Відображення», «Підключення» тощо, показують напрямки взаємодії між компонентами. Взаємодія відбувається між користувачем та рушієм. Усі дії, які виконує користувач, в першу чергу приймає та обробляє рушій Unity. Це зображено дією «взаємодія».

Рушій працює з тактильним менеджером та відправляє параметри колізії, які обробляються тактильним менеджером. Це зображено дією «відправка параметрів колізії». Тактильний менеджер відправляє оброблені дані в блок тактильної зв'язності. Даний модуль перевіряє силу та стан тактильного пристрою. Це описано дією «відправка даних». Дані про силу тактильного пристрою відправляються на сам тактильний пристрій, який в свою чергу перевіряє власний стан через модуль тактильної зв'язності. Це зображено діями «відправка даних» та «отримання».

Модуль тактильної зв'язності з'єднаний з тактильним пристроєм. Це зображено дією «з'єднання».

Користувач відправляє дані про використання тактильного пристрою. Це зображено дією «використання». В свою чергу, тактильний пристрій дає свій відгук користувачу. Це зображено дією «віддача».

Тактильний пристрій передає інформацію про себе рушії. Це зображено дією «оновлення».

Сам рушій за допомогою блоку візуального рендерингу передає інформацію на відео пристрій. Це зображено дією «відображення». В свою чергу, відео пристрій показує картинку користувачу. Це зображено дією «візуальне відображення».

### Висновки

Було проведено аналіз сучасного стану досліджень у галузі інтелектуальних систем з використанням віртуальної реальності. Розглянуто перспективи та можливі напрямки застосування відповідних систем, а також оцінено сучасний стан ринку та попит на використання технології віртуальної реальності в інтелектуальних системах. Досліджено технічні аспекти використання віртуальної реальності в навчанні, зосереджено увагу на поняттях технології з ефектом присутності, реалізму та ефекту занурення, а також на важливості мультисенсорного зворотного зв'язку.

Враховано недоліки і переваги використання такої технології в навчанні, зокрема у відношенні до сприйняття та емоційного відгуку користувачів.

На основі аналізу було поставлено завдання з пропозицією кращого рішення проблеми та розробки системи для його втілення. Детально розглянуто можливі середовища розробки, вимоги до них та вибрані технології.

Результати дослідження підкреслили значення реалістичності та ефективності навчання у віртуальній реальності, проте також вказали на потребу у подальшому вдосконаленні, включаючи оптимальний розподіл ресурсів та залучення людського фактору.

### Література

1. Zawadzki, Przemyslaw & Żywicki, Krzysztof & Buń, Paweł & Górski, Filip. (2020). Employee Training in an Intelligent Factory Using Virtual Reality. [https://www.researchgate.net/publication/343088656\\_Employee\\_Training\\_in\\_an\\_Intelligent\\_Factory\\_Using\\_Virtual\\_Reality](https://www.researchgate.net/publication/343088656_Employee_Training_in_an_Intelligent_Factory_Using_Virtual_Reality)
2. Cirulis, Arnis & Taube, Lauris & Amsons, Toms & Sokolovs, Alvis. (2023). Data Collection and Feedback Preparation in Virtual Reality Training Systems. [https://www.researchgate.net/publication/375754164\\_Data\\_Collection\\_and\\_Feedback\\_Preparation\\_in\\_Virtual\\_Reality\\_Training\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/375754164_Data_Collection_and_Feedback_Preparation_in_Virtual_Reality_Training_Systems)
3. Lytvyn, Vasyl & Peleshchak, Ivan & Peleshchak, Roman & Mediakov, Oleksandr & Pukach, Petro. (2023). Development of a hybrid neural network model for mine detection by using ultrawideband radar data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. [https://www.researchgate.net/publication/371959774\\_DEVELOPMENT\\_OF\\_A\\_HYBRID\\_NEURAL\\_NETWORK\\_MODEL\\_FOR\\_MINE\\_DETECTION\\_BY\\_USING\\_ULTRAWIDEBAND\\_RADAR\\_DATA](https://www.researchgate.net/publication/371959774_DEVELOPMENT_OF_A_HYBRID_NEURAL_NETWORK_MODEL_FOR_MINE_DETECTION_BY_USING_ULTRAWIDEBAND_RADAR_DATA)
4. Giannakis, I., Giannopoulos, A., Warren, C. (2019). A Machine Learning-Based Fast-Forward Solver for Ground Penetrating Radar With Application to Full-Waveform Inversion. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57 (7), 4417–4426. doi:<https://doi.org/10.1109/tgrs.2019.2891206>
5. Hai-zhong, Y., Yu-feng, O., Hong, C. (2012). Application of ground penetrating radar to inspect the metro tunnel. *Proceedings of the 14th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR)*. Shanghai, 759–763. doi:<https://doi.org/10.1109/icgpr.2012.6254963>
6. Sathiamoorthy, Keerthana. (2019). Bomb detection and disposal robot: Aid for risky Military Fields. [https://www.researchgate.net/publication/335569959\\_Bomb\\_detection\\_and\\_disposal\\_robot\\_Aid\\_for\\_risky\\_Military\\_Fields](https://www.researchgate.net/publication/335569959_Bomb_detection_and_disposal_robot_Aid_for_risky_Military_Fields)
7. Aydogdu, O, Unluturk, A, “Design and implementation of a mobile robot used in bomb research and setup disposal”, *International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, 2013, pp.1-6.
8. Premkumar, M, “Unmanned Multifunctional robot using Zigbee adopter network for defense application”, *International journal of Advanced research in computer engineering and technology*”, 2013, pp. 47-55.
9. Holuša, Věroslav & Vaněk, Michal & Beneš, Filip & Švub, Jiří & Staša, Pavel. (2023). Virtual Reality as a Tool for Sustainable Training and Education of Employees in Industrial Enterprises. *Sustainability*. [https://www.researchgate.net/publication/373470273\\_Virtual\\_Reality\\_as\\_a\\_Tool\\_for\\_Sustainable\\_Training\\_and\\_Education\\_of\\_Employees\\_in\\_Industrial\\_Enterprises](https://www.researchgate.net/publication/373470273_Virtual_Reality_as_a_Tool_for_Sustainable_Training_and_Education_of_Employees_in_Industrial_Enterprises)
10. Seo, H.J.; Park, G.M.; Son, M.; Hong, A.-J. Establishment of Virtual-Reality-Based Safety Education and Training System for Safety Engagement. *Educ. Sci.* 2021, 11, 786.
11. Jensen, L.; Konradsen, F. A review of the use of Virtual Reality head-mounted displays in education and training. *Educ. Inf. Technol.* 2018, 23, 1515–1529.