

Малюга А.І.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС АВТОШКІЛ

Головним викликом для освіти є перманентне підвищення результату навчального процесу та пошук ефективних освітніх технологій. У статті з'ясовано, що віртуальна реальність в цьому контексті є ідеальним рішенням, що сприяє зростанню продуктивності та концептуальному розумінню конкретного діапазону педагогічних завдань. Технології штучного інтелекту в освіті перманентно прогресують, забезпечуючи безпечне і контрольоване середовище для цікавих експериментів, які неможливо проводити в реальному житті. Освітній процес в контексті можливостей віртуальної реальності має безперечні переваги яскравості та автономності. Встановлено, що всебічне вдосконалення досвіду вчителів та студентів, досягнення набагато більших ефектів навчання з меншими зусиллями, технічні переваги штучного інтелекту при моделюванні віртуального простору навчання водінню розкривають прихований потенціал навчального процесу та підвищує його ефективність в соціальному, технологічному та економічному ракурсах.

У статті визначено, що впровадження VR-технологій в навчальний процес автошкіл забезпечують бездоганну фізику для симуляції водіння, коли керування автомобіля, імпульс, тертя шин філігранно відтворюють реальні процеси. Технології віртуальної реальності в навчальному процесі автошкіл пропонують філігранно відтворене контрольоване середовище з високою гнучкістю для освоєння навиків справлятися зі складними та небезпечними сценаріями на дорозі. З'ясовано, що завдяки технологіям віртуальної реальності забезпечується досконале відтворення фізики при стимуляції водіння, коли всі фізичні процеси ідеально його відображають, сприяючи максимальному засвоєнню корисних водійських навичок. У статті досліджено концептуальну базу існуючих сучасних розробок щодо шляхів впровадження технологій віртуальної реальності та програмної інженерії на навчальний процес в автошколах, в тому числі зважаючи на рівні автоматизації транспортних засобів. Виявлено, що за допомогою технологій віртуальної реальності створюються імерсійні симуляції дорожнього руху з вищою безпекою та нижчими витратами, а програмна інженерія дозволяє створювати індивідуальні навчальні плани та імплементувати системи моніторингу біометричних даних водіїв для підвищення ефективності навчання.

Ключові слова: VR-технології, штучний інтелект в освіті, програми автошкіл, симуляція водіння, рівні автоматизації, VR-гарнітура, 3D-моделювання, досвід навчання.

Постановка проблеми. Автомобілі є одним з найбільш поширених і легкодоступних видів транспорту, що підвищує рівень комфорту та статусність водіїв, однак водіння все ще лишається небезпечним заняттям [33, р. 1232]. Навчання водінню на рівні освоєння майстерності безпечного і комфортного керування транспортним засобом являє собою важливий педагогічний і технологічний процес надання освітніх послуг щодо освоєння учнями знань і технічних навичок водіння, розуміння важливості безпечної поведінки на дорозі.

Цей процес важливий для зменшення ризиків дорожньо-транспортних пригод та аварій, особливо з огляду на сучасну статистику ДТП. Окрім масштабного позитивного соціального ефекту,

технології віртуальної реальності в навчальному процесі автошкіл безцінні з огляду на пом'якшення стресу майбутніх водіїв. Природно, що людина, вперше сідаючи за кермо та стикаючись з щільним міським трафіком, нервує та відчуває невпевненість в собі. Технології віртуальної реальності під час навчання допомагають зробити процес адаптації простішим і менш ризикованим, зменшити фобії ще до потрапляння майбутнього водія в реальний трафік, коли одне невірне прийняте рішення може стати шкідливим для здоров'я водія та оточуючих.

Дослідження дорожньо-транспортних пригод довели, що людська помилка є провокуючим фактором дорожньо-транспортних пригод та нещасних випадків по всьому світу. Віртуальна

реальність (VR) використовувалася для вивчення поведінки за кермом, оскільки вона пропонує альтернативи для оцінки поведінки за кермом з високим ступенем занурення в безпечне і відтворюване середовище [24].

Так, з початку 2021 р. в Україні сталося 29545 аварій, що на 19,5% вище за показник попереднього року, при цьому травмовано 3696 осіб, загинули 415 осіб [4]. За 2022 р. сталося менше аварій – 18628 – проте число загиблих вище і становить 2791 особа, травмованих більше 23 тис. осіб [3]. Основною причиною аварій було порушення правил дорожнього руху, зокрема, перевищення швидкості руху, порушення правил маневрування, проїзду перехресть, пішохідних переходів, недотримання дистанцій тощо (там само).

У той же час сучасні процеси глобалізації та інформаційного прогресу, загострення ринкової конкурентного суперництва компаній актуалізують питання підвищення цифрових компетенцій та кваліфікації людських ресурсів, досягнення високого рівня освіти в контексті цифровізації бізнес-процесів та всіх сфер суспільного життя. Сучасні компанії вимагають від працівників високих освітніх навичок рівня STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics, зокрема, в сфері водійської майстерності, цифрових навичок водіння.

VR-технології у навчанні водінню можуть застосовуватись в форматі гейміфікації, яка має на меті надати студентам знання про водіння та цінні практичні навички до того, як вони почнуть керувати авто в реальному житті. При цьому знання правил цієї гри підвищує обізнаність і відповідальність водія для зменшення ймовірності аварій на дорогах і кількості дорожньо-транспортних пригод. До того ж, системи VR-реальності є перспективною технологією навчання для необхідного оволодіння водіями автоматизованим транспортним засобом та отримання навичок взаємодії з новим обладнанням.

Підкреслюючи значущість VR-технологій під час навчання водійській майстерності, слід зазначити про супутні процеси, які супроводжують процес традиційного навчання водінню: надто довгий час очікування водійських прав, некваліфіковані інструктори (або інструктори, рівень кваліфікації яких відстає від рівня сучасного технологічного прогресу), брак вільного часу, висока вартість тестів та низький відсоток їх проходження. Це посилює актуальність дослідження питань впровадження технологій віртуальної реальності в навчання водінню.

Всі описані вище передумови зумовлюють зростання попиту на розробку інноваційних систем навчання водінню, які будуть сприяти навчанню, зниженню ризиків ДТП, та одночасно підвищувати ефективність бізнес-процесів в транспортно-логістичних та інших компаніях, які потребують висококваліфікованих водіїв.

Отже, одним з високоефективних інноваційних підходів до навчання водійської майстерності наразі є запровадження в освітній процес технологій віртуальної, в тому числі змішаної, реальності. Останні являють собою проривну технологічну новачку, що трансформує способи, методи навчання водійській майстерності, пропонує широкий спектр можливостей, які оптимізують процес отримання знань і навичок та підвищують його результативність. Така новачка дає можливість користувачам взаємодіяти, відчуваючи себе у віртуальному середовищі. Вона поступово витісняє з сучасного життя практику відвідування автошколи або наймання людини-інструктора, що є трудомістким і затратним процесом.

VR-технології дозволяють конструювати імерсійні симуляції дорожнього руху, що точно відображують реальні умови на дорозі. Спеціальні VR-симулятори дозволяють інструкторам та учням навчатись в безпечному віртуальному просторі, де вони можуть освоювати управлінські навички за різних дорожніх ситуацій. Це надає можливість учням навчатись, експериментувати і вдосконалювати свої навички, не ризикуючи потрапити у реальну небезпеку на дорозі [30, р. 225].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Навчання водійській майстерності є надзвичайно важливим етапом якісної підготовки майбутніх фахівців. На думку А. Адхан (A. Adnan), М. Саїд (M. Said), вміння безпечно та впевнено керувати автомобілем є ключовим фактором скорочення числа аварій на дорогах та збереження життя [7, р. 1113]. Західні науковці Б. Джон (B. John), Дж. Куріан (J. Kurian), Р. Фітцгеральд (R. Fitzgerald), Д. Гох (D. Goh) вивчають потенціал технологій змішаної реальності для надання студентам ефективного досвіду навчання, максимально долаючи розрив між цифровим і фізичним світом. Змішана реальність дозволяє студентам бачити своє реальне оточення з накладеними віртуальними функціями для покращення цифрового досвіду [20, р. 510–511].

Аналіз освітнього досвіду та задоволеності навчанням водінню проводить, зокрема, К. Сурвин'я (K. Sukwinya). Науковець ставить за

мету створення навчальних матеріалів на основі технологій віртуальної реальності та вивчення задоволеності вибірки студентів віком від 18 років такими навчальними матеріалами [32, р. 1].

Перевагами впровадження технологій віртуальної реальності в навчальний процес автошкіл є не тільки більш швидка адаптація до реального водіння і зменшення його фобій, а й підвищення рівня безпеки, скорочення витрат, індивідуальний підхід до учнів, можливість спостерігати та оцінювати реакції учнів на різні ситуації. В той же час недоліками впровадження таких технологій в навчання є високі витрати на модернізоване обладнання, потреба в перепідготовці інструкторів, викладачів, технічні проблеми та обмеження системи. Віртуальні технології в комплексі з засобами програмної інженерії посилюють персоналізацію та адаптацію навчального процесу під запити учнів: генеруються індивідуальні навчальні модулі для кожного учня, враховуються вихідний рівень обізнаності. Перспективою ж віртуальних технологій в навчанні має стати подальша інтелектуалізація та адаптація штучного інтелекту під запити і особливості людини [31, р. 96].

Ще одним перспективним напрямом розвитку віртуальних технологій в навчанні водінню має стати більша доступність та зручність, можливість навчатись з будь-якого цифрового пристрою або локації. Сфера застосування віртуальних технологій буде виходити за межі автошкіл на корпоративні автопарки, урядові програми безпеки дорожнього руху, військову підготовку [30, р. 226]. Це підвищить якість водійської підготовки та забезпечить високий рівень безпеки на дорогах, тобто дасть широкий соціальний ефект.

Віртуальна реальність в сучасних роботах розглядається як технологія, що дає можливість навчити людей справлятися зі складними ситуаціями, занурюючи їх у віртуальне середовище. Застосовуючись у багатьох сферах освіти, віртуальна реальність підвищує якість навчання, адже щоб навчання було ефективним, воно має бути адаптоване до можливостей, продуктивності та потреб користувача [35, р. 725].

Додатки віртуальної реальності є інтерактивними та захоплюючими, адже дають ефект телеприсутності, при цьому освіта має скористатись їх можливостями, щоб зробити заняття приємнішими та більш креативними, з елементами нової реальності. Замість пасивного отримання інформації та її передачі учням та студентам, освітні центри, що працюють на основі віртуальної реальності, зможуть вирішувати багато завдань:

навчання через переживання та взаємодію з навколишнім середовищем. Це підвищує мотивацію до навчання, розширює масштаб залучення як студентів, так і викладачів у навчальний процес, а також прискорює його [28, р. 155].

Віртуальна реальність інтегрує тривимірні об'єкти в поєднанні зі слухом і зором для створення ефектів для користувачів, наче вони перебувають у штучно змодельованому середовищі. Користувач під час навчання може спостерігати за об'єктами в кіберпросторі з усіх ракурсів, отже, тривимірна система координат, що використовується в віртуальній реальності, заснована на декартовій системі координат [25, р. 68]. Феномен віртуальної реальності з'явився в області міждисциплінарних досліджень і за останні роки сфера її діяльності зростає завдяки дослідженням та інвестиціям галузі у виробництво різних VR-продуктів. Віртуальна реальність розроблена синтезом технологій, що використовуються для візуалізації та взаємодії з віртуальною атмосферою [9, р. 2].

Професійні симулятори є платформними симуляторами, громіздкими та дорогими для широкого загалу, проте дають ефект занурення в процес водіння, на відміну від традиційних програм тренувань на плоскому екрані. Більш того, віртуальні технології, імітуючи водіння в кіберпросторі, можуть скоротити час навчання через зменшення психологічної напруги і тривожності протягом навчання водінню. VR-технології заповнюють прогалини між платформними та плоскими симуляторами, за рахунок того, що учні мають змогу навчатись в імерсивних, змодельованих небезпечних дорожніх сценаріях [34].

Зокрема, Б. Ланг (B. Lang) досліджуючи питання впливу технологій віртуальної реальності на водійську майстерність, розробляє систему автоматичного синтезу навчальних програм, що покращує шкідливі звички водіння. Завдяки такому підходу спочатку виявляються неправильні звички водія, коли він їде у віртуальному місті, потім синтезується індивідуальна навчальна програма, яка допомагає покращити навички водіння на основі виявлених неправильних звичок користувача [33].

Технології віртуальної реальності в навчальному процесі автошкіл класифікуються за критерієм рівня занурення користувачів. Так, неімерсивні візуалізації – налаштування настільних моніторів, легко та економічно вигідно реалізувати. Напівімерсивна віртуальна реальність досягається за допомогою проєкційних дисплеїв, які забезпечують доповнення реального світу за

допомогою цифрового накладання. На противагу цьому, дисплеї, встановлені на голові, і печерні автоматичні віртуальні середовища, які складаються з проєкції, що відображається на стіни, забезпечують високий рівень занурення [27].

Незважаючи на широкий спектр досліджень процесу застосування VR-технологій для навчання водійської майстерності, досі не сформовано єдиного концептуального підходу до аналізу його переваг та ризиків.

Метою статті є розробка концептуального підходу до аналізу напрямів впровадження технологій віртуальної реальності в навчальному процесі автошколи з огляду на зростання його ефективності та рівня безпеки на дорогах. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні дослідницькі завдання: дослідити теоретичні підходи щодо застосування штучного інтелекту, VR-технологій в освітньому процесі, зокрема, в автошколах; проаналізувати сучасний стан навчального процесу в автошколах, нові освітні технології; розкрити сутність існуючих технологій віртуальної реальності, адаптивних до програм автошкіл.

Виклад основного матеріалу. Досліджуючи теоретичні підходи щодо впровадження технологій штучного інтелекту в освітньому процесі, слід сфокусувати увагу навколо найсучасніших і найбільш містких концепцій, в рамках яких доцільно вивчати напрями застосування VR-технологій у навчальному процесі автошкіл. Окремим блоком до концептуальної бази доцільно віднести останню версію системи визначення автоматизації транспортних засобів, яку також потрібно враховувати під час розробки інноваційних навчальних програм [28].

Аналіз теоретичних підходів до застосування технологій штучного інтелекту в освітньому процесі.

На думку Л. Чен (L. Chen), П. Чен (P. Chen), З. Лін (Z. Lin), штучний інтелект в освітньому процесі слід розглядати як «кульмінацію комп'ютерів», пов'язану з прогресом машин та інноваційних розробок інформаційно-комунікаційних технологій. Останні дають змогу комп'ютерам виконувати функції, наближені до людських. В освітньому контексті це функції викладання і розробки якісних навчальних програм та функції сприйняття нових знань, споживання освітніх послуг [17].

Концепція штучного інтелекту в освіті С. Акгун (S. Akgun), Х. Грінхау (C. Greenhow) містить чотири елементи: визначення штучного інтелекту через теорії машинного навчання і алго-

ритмів; розкриття процесу застосування штучного інтелекту в освітніх закладах та його переваг для вдосконалення навчальних програм; опис етичних викликів та дилем використання штучного інтелекту в освіті; безпосереднє викладання штучного інтелекту [10, p. 431].

Полісистемну концепцію штучного інтелекту в освіті пропонують і А. Алам (A. Alam), А. Моханті (A. Mohanty). Зокрема, науковці вважають, що концептуально штучний інтелект в освіті складається з таких елементів як інтелектуальні системи навчання, системи персоналізації та адаптації, оцінки, прогнозування та профілювання, що можуть бути застосовані до академічних послуг [12, p. 17]. Технології штучного інтелекту вдосконалюють та модифікують педагогіку і рутинну працю викладачів, посилюючи освітню спрямованість в процесі своєї імплементації в навчальні програми, а також професійній реорганізації, коли штучний інтелект витіснить одні професії, трансформує інші, та створить принципово нові [11, p. 1].

В теоретичних поглядах М. Рохас-Санчеса (M. Rojas-Sánchez), П. Паулоса-Санчеса (P. Palos-Sánchez), Дж. Фолгадо-Фернандеса (J. Folgado-Fernández) сутність застосування штучного інтелекту в освіті полягає у впровадженні інтелектуальних систем навчання, моделювання реальності, автоматизованій оцінці всіх режимів оцифрованих артефактів, які підтримують і покращують освіту. Насправді, штучний інтелект має величезний потенціал для покращення навчання, викладання, оцінювання та управління освітою, пропонуючи студентам більш персоналізоване та адаптивне навчання, сприяючи розумінню вчителями процесу навчання і надаючи запити з машинною підтримкою в будь-якому місці та в будь-який час. Штучний інтелект стимулює еволюцію практик викладання та навчання, а також розробку програм, що є базисом освітніх досліджень [28, p. 155-192].

Інтелектуальні системи моделювання реальності мають продукувати оптимальні стратегії навчання для кожного майбутнього водія, базуючись на динаміці його прогресу в освоєнні водійської майстерності та індивідуальних потреб [31, p. 97]. Такі технології за рахунок мінімізації розриву між віртуальним та реальним просторами, істотно покращують якість викладання та навчальний досвід [20, p. 510].

В автомобільній сфері бурхливий прогрес технологій віртуальної реальності та автоматизованого процесу водіння змушує науку, бізнес та

освіту впроваджувати нові концепції інтерфейсу користувачів транспортних засобів, вдосконалювати навчальний процес в автошколах. Розвиток технологій програмного забезпечення суттєво вдосконалив системи автоматизованого водіння та людино-машинні його інтерфейси, що якісно трансформували модель взаємодії людського й штучного інтелекту та просунули вперед наукові досягнення в транспортних дослідженнях і розробках. У 2021 р. Комітет стандартизації автоматизованих транспортних дорожніх засобів Співки автомобільних інженерів (SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee) опублікувала останню версію визначення автоматизації транспортних засобів (ТЗ) для майбутньої стандартизації та уніфікації технічної термінології [29].

Отже, дослідження шляхів впровадження VR-технологій в навчання водінню має ґрунтуватись на вивченні розвитку автоматизації транспортних засобів від ручного та допоміжного водіння до високо та повністю автоматизованих транспортних засобів, а також вимагає класифікації рівнів автоматизації. Тому Комітет зі стандартів автоматизованих транспортних засобів SAE (2021) запровадив спільну мову для визначення цих рівнів автоматизації (рис. 1).

На нижчих рівнях автоматизації існують проблеми з поінформованістю про ситуацію і безпеку, тоді як на вищих рівнях ці проблеми дола-

ються та виникає нова взаємодія та досвід водіїв. Технології VR-реальності вдосконалюють цей досвід за рахунок безпечного та контрольованого середовища.

Аналіз сучасного стану навчального процесу в автошколах, нових освітніх технологій.

Моделі машинного навчання використовують комп'ютери для моделювання процесу навчання людини з метою підвищення продуктивності конкретних завдань на основі знань, виявлених і отриманих з реального світу [6]. Незважаючи на те, що роль штучного інтелекту в суспільстві і, зокрема, освіті, постійно розвивається, система штучного інтелекту, яка приймає критично важливі рішення, повинна поважати етичні норми та відповідати соціальним нормам, щоб отримати визнання [19].

Навчальний процес в сучасних автошколах характеризується активним залученням нових освітніх технологій, зокрема, технологій візуалізації та віртуалізації, що дозволяють моделювати особливий вид простору – сенсорні навчальні простори, з ігровими елементами, популярними серед молоді. Ці технології надають нові можливості для відображення та пояснення змісту навчальних програм [16, р. 93].

Сучасний стан навчального процесу в автошколах визначається цілями її загально-управлінської стратегії зростання якості навчальних

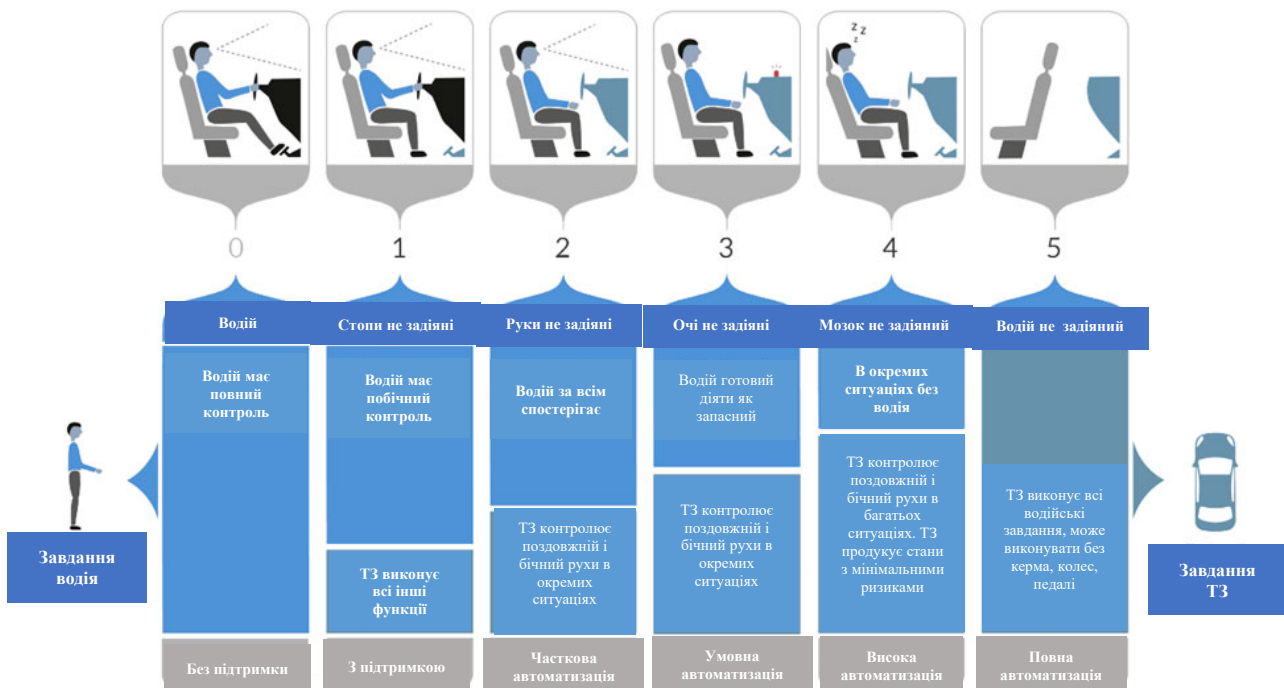


Рис. 1. Рівні автоматизації транспортних засобів

Дж.: [29].

послуг. Якість освітніх послуг є системною та інтегрованою діяльністю академічних підрозділів або навчальних програм підвищення рівня водійської майстерності через освіту [21].

В Україні поступово запроваджується реформа в підготовці водіїв, її наближення до європейських стандартів. Реформа здійснюється через запуск нової системи підготовки майбутніх водіїв та, відповідно, змінюються навчальні програми автошкіл. За новою системою, час та ефективність підготовки майбутніх фахівців оптимізується за рахунок скорочення теоретичних годин, додаванням тем про електромобілі, медичне забезпечення при ДТП, введенням нових умов допуску до практичної частини навчання (лише після складання іспиту з теорії) [1].

Мірою розвитку цифрових технологій у навчальний процес і процес складання іспитів у вітчизняних автошколах вводяться зміни. Це верифікація та доступ до класів при складанні іспитів за допомогою відеокамер, які будуть ідентифікувати обличчя майбутнього водія. Крім того, такими технологіями є face-id-ідентифікація особи, фіксація обличчя та екрану при негативних відповідях на іспиті, унеможливлення віддаленого доступу до робочих місць, контроль за поведінкою особи і відео-фіксація процесу іспиту. Автомобілі будуть оснащені відеореєстратором з чотирма камерами [2].

Аналіз існуючих технологій віртуальної реальності, адаптивних до програм автошкіл.

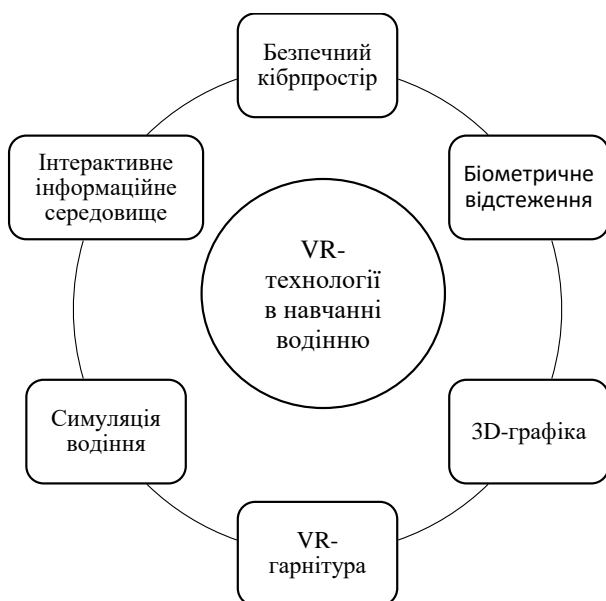


Рис. 2. Елементи системи VR-технологій в навчанні водінню

Дж.: розроблено автором на основі [5; 22].

Якщо віртуальні технології у навчанні водійській майстерності розуміти як систему взаємопов'язаних елементів, можна стверджувати, що вона складається з наступних елементів (рис. 2): безпечний кіберпростір; інтерактивне інформаційне середовище, що впливає на рівень засвоєння знань майбутнього водія через відповідне програмне забезпечення; 3D-графіка, техніки відображення та зображення, що включають побудову геометричної проекції тривимірної моделі; симуляція водіння через створення кількох віртуальних панорам, які створюють ілюзію присутності в просторі; гарнітура віртуальної реальності [5, с. 42].

Крім того, в такій системі функціонує і елемент біометричного моніторингу, адже технології віртуальної реальності здатні впоратись з біометричною автентифікацією користувачів, відстежуючи їх поведінку під час виконання цілеспрямованих завдань [22, р. 55].

Інноваційні системи на основі гарнітур віртуальної реальності з відстеженням руху очей для розпізнавання розповсюджених водійських помилок нівелюють проблеми відсутності перевірки сліпих зон або неухважності до пішоходів на вулиці (рис. 3). Агреговані дані про рух очей синтезують персоніфікований маршрут тренування, через який учень буде стикатись з подіями та відпрацьовувати свої водійські навички [23].



Рис. 3. Інноваційна система з VR-гарнітурою для персоніфікованих навчальних програм

Дж.: [23].

Така персоніфікована система водіння через технології віртуальної реальності суттєво покращує ризикові звички водіїв та мінімізує частоту їх повторення, а тренувальний ефект переважає за тривалістю та іншими результатами ефекти традиційних навчальних методик.

Розглядаючи VR-гарнітуру для симуляції процесу водіння, слід зазначити, що вона складається із встановлених інструментів, що використовуються під час навчання водінню або реальних автомобільних розробок. Більшість симуляторів використовують монітори або проектори як основну систему відображення [16, р. 93]. Спектр сучасних VR-гарнітур включає Oculus Rift S, HTC Vive Pro, HTC Vive Cosmos, Valve Index і Samsung HMD Odyssey+ [13, р. 2].

Технології симуляції водіння, що включені в систему VR-технологій, включають технології моделювання руху транспортного засобу відповідно до різних факторів дорожнього середовища, що мають бути враховані під час подорожі (дороги, час, погода, пейзажі, транспортний потік тощо). Для покращення реальності процесу симуляції водіння транспортного засобу під час дослідження змінюється та оновлюється програмне та апаратне забезпечення, зокрема, для підвищення реальності симуляційного середовища та майбутніх розширень системи симуляції водіння. Відповідно, учні можуть створювати власні необхідні ситуації для водіння, щоб покращити свої навички.

Пристроями віртуальних технологій під час навчання можуть бути віртуальні дисплеї, встановлені на голові, кермо-контролер з силовим зворотним зв'язком тощо – головне, що такі технології забезпечують ефект бездоганної фізики для симуляції водіння, коли керованість автомобіля, імпульс, тертя шин філігранно відтворюють реальні процеси. Більш того, впровадження VR для симуляції забезпечує більш реалістичну перспективу водіння, аніж застосування екрану монітору. В той же час існують і деякі технічні недоліки, що по мірі технологічного прогресу з часом мають всі перспективи подолатись. Це доволі проста симуляція ландшафту і навколишнього світу, що не враховує присутність людини та перешкоди. Також рульове управління автомобілем для симуляції відрізняється від реального управління, а графічний інтерфейс може бути занадто низьким.

Окрім переваг, що забезпечує сучасна VR-гарнітура, існують і певні загрози з її боку. Вони спричинені порушенням ергономічного балансу системи «людина-техніка» і негативному впливі на фізичне й психічне здоров'я людини, що значно обмежує їх застосування в різних сферах, в тому числі і в освіті [18, р. 99].

Для візуалізації зображення під час навчального процесу можна використовувати цілий спектр технік відображення. Наприклад, це може

бути використання шолома, встановленого на голові, для представлення візуальних підказок водієві, використовуючи оптичний прозорий шолом, шолом з прозорим відео або непрозорий шолом для чистих віртуальних світів. Також це може бути використання лобового скла як проекційної зони, або як оптичного суматора для досягнення оптичної прозорості, розміщення відеокамер вперед і відтворення доповненого зображення на екранах, встановлених перед лобовим склом [14, р. 229].

Під час навчання водінню за допомогою VR-технологій студенти можуть ознайомитись з такими темами, як геометричне моделювання, рендеринг, виявлення зіткнень, анімація моделей та графічний дизайн. Конструювання прикладної системи надає студентам доступ до реальної сторони програмної інженерії, що неможливо забезпечити під час традиційного навчання.

Проектування та конструювання процесу водіння на основі віртуальної реальності корисне для освоєння студентами не тільки водійських навичок як таких, а й при плануванні сценаріїв водіння, просторовому моделюванні дорожніх ситуацій. Тобто віртуальна реальність дає можливість виходу за межі суто академічних знань і механічних навиків. Вона сприяє навчанню майстерності водіння, розвиває водійську інтуїцію та віртуозність.

Аналізуючи сучасний стан навчального процесу в автошколах в контексті запровадження нових освітніх технологій, слід зазначити, що автошколи постійно вдосконалюють навчальний досвід і покращують безпеку дорожнього руху, просуюючи навички водіння на новий технологічний рівень. Це відбувається завдяки отриманню автошколами можливості впроваджувати в навчальний процес новітніх підходів: персоналізоване навчання, реалістичні симуляції, імерсивні сценарії, надання безризикового простору набуття й відпрацювання навичок, більш гнучкий навчальний графік. Крім того, інтеграція VR в навчальні програми автошкіл суттєво збільшить часову і економічну ефективність навчального процесу в довгостроковій перспективі, зменшуючи потребу в багаторазових заняттях і мінімізуючи знос транспортного засобу.

Закуповуючи програмне забезпечення віртуальної реальності у технологічно розвинутих компаній, автошколи пропонують учням реалістичні сценарії водіння й динаміку транспортного засобу, ситуаційну обізнаність, тренінги з ідентифікації небезпек, навички захисного водіння,

приймання швидких рішень в небезпечних ситуаціях. Все це значно поглибить водійські навички учнів, підносячи їх на рівень майстерності, і покращить статистику ДТП.

Висновки. Впровадження інноваційних технологій віртуальної реальності має безліч переваг, дозволяючи майбутнім водіям поглибити сприйняття фізичних та технічних процесів, розширити їх когнітивне мислення щодо феномену водійського хисту. VR-технології надають можливості конструювати програми віртуальної реальності, мотивують майбутніх водіїв, допомагаючи зменшити складність предмету та краще і швидше освоїти його. Це в кінцевому підсумку зменшить ризики дорожніх пригод та зробить процес водіння безпечним для всіх його учасників.

Сучасні технології програмної інженерії активно включаються в навчальні програми для розширення освітніх можливостей та покращення навчання водійській майстерності, а також розширення меж сприйняття майбутніми водіями VR-технологій та можливостей автоматизації транспортних засобів, намірів водіїв використовувати їх під час реального водіння.

У статті досліджено сучасні інноваційні практики в навчанні водійській майстерності за допомогою VR-технологій та сформовано концептуальний підхід до аналізу шляхів їх застосування в освітньому процесі. Виявлено, що сучасні технології віртуальної реальності суттєво вдосконалюють процес навчання за рахунок підвищення безпеки, зменшення витрат, персонального підходу, більшої креативності процесу, занурення у віртуальний простір. В той же час імплементація віртуальних технологій в навчання в автошколах немичуче пов'язане з відносно високими затратами на придбання нового обладнання та програмного забезпечення, недостатньою відповідністю кваліфікації викладачів викликам цифровізації, технічні труднощі, порушення ергономічного балансу.

Навчальні програми, засновані на VR-технологіях, вийдуть за межі лише автошкіл та будуть застосовуватись в корпоративних автопарках, програмах безпеки дорожнього руху, військовій підготовці тощо. Перспективами дослідження є дослідження методів і моделей інтеграції VR-технологій в навчання водінню, аналіз впливу технологій віртуальної реальності на соціальну та економічну ефективність діяльності автошкіл.

Список літератури:

1. Про внесення змін до Типової навчальної програми підготовки та перепідготовки водіїв транспортних засобів: Постанова Кабінету Міністрів України від 06 жовтня 2021р. №1045. URL: www.kmu.gov.ua/npas/pro-vnesennya-zmin-do-tipovoyi-navchalnoyi-programi-pidgotovki-ta-perepidgotovki-vodiyiv-transportnih-zasobiv-i061021-1045 (дата звернення 18.01.2024).
2. Головний Сервісний центр МВС презентував автошколам нові плани видачі посвідчення водія. 2022. URL: www.hsc.gov.ua/2022/12/23/golovnij-servisnij-tsentr-mvs-prezentuvav-avtoshkolam-novi-plani-vidachi-posvidchennya-vodiya/ (дата звернення 18.01.2024).
3. Дюдюк Ю. Смертельні ДТП в Україні. Статистика за 2021. 2021. URL: www.autocentre.ua/ua/avtopravo/dtp/smertelnye-dtp-v-ukraine-statistika-za-2021-god-1338429.html (дата звернення 08.01.2024).
4. Гаращенко Р. Статистика позитивна. У поліції прозвітували про кількість ДТП у 2022 році. 2023. URL: www.rbc.ua/rus/news/statistika-e-pozitivnoyu-politsiyi-prozvituvati-1676036106.html (дата звернення: 08.01.2024).
5. Тимчина В. Нові перспективи освітнього процесу: віртуальна та доповнена реальність. *Нова педагогічна думка*. 2020. № 1 (101). С. 42–46.
6. Abou Elasad, Zouhair Elamrani, et al. The application of machine learning techniques for driving behavior analysis: A conceptual framework and a systematic literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2020, 87: 103312.
7. Adnan, A., & Said, M.N.H. The Future of Driver Training and Education: An Overview of Virtual Reality Applications and Prospects. *Procedia Computer Science*. 2021. 180, 1113–1121.
8. Agbo, F.J., Sanusi, I.T., Oyelere, S.S., & Suhonen, J. Application of Virtual Reality in Computer Science Education: A Systemic Review Based on Bibliometric and Content Analysis Methods. 2021. № 21, 120–142.
9. Ahir, K., Govani, K., Gajera, R., & Shah, M. Application on virtual reality for enhanced education learning, military training and sports. *Augmented Human Research*. 2020. 5, 1–9.
10. Akgun, Selin; Greenhow, Christine. Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2022, 2.3: 431–440.
11. Alam, Ashraf. Possibilities and apprehensions in the landscape of artificial intelligence in education. In: *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)*. IEEE, 2021. p. 1–8.

12. Alam, Ashraf; Mohanty, Atasi. Foundation for the future of higher education or ‘misplaced optimism’? Being human in the age of artificial intelligence. In: *International Conference on Innovations in Intelligent Computing and Communications*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 17–29.
13. Angelov, Vladislav, et al. Modern virtual reality headsets. In: *2020 International congress on human-computer interaction, optimization and robotic applications (HORA)*. IEEE, 2020. p. 1–5.
14. Blissing, B., Bruzelius, F., & Eriksson, O. Driver behavior in mixed and virtual reality—a comparative study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. 2019. 61, 229–237.
15. Blissing, Björn; Bruzelius, Fredrik; Eriksson, Olle. The effects on driving behavior when using a head-mounted display in a dynamic driving simulator. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*. 2022, 19.1: 1–18.
16. Burbules, Nicholas C.; FAN, Guorui; REPP, Philip. Five trends of education and technology in a sustainable future. *Geography and Sustainability*, 2020, 1.2: 93–97.
17. Chen, Lijia; Chen, Pingping; Lin, Zhijian. Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 2020, 8: 75264-75278.
18. Chen, Yumiao; WANG, Xin; XU, Huijia. Human factors/ergonomics evaluation for virtual reality headsets: a review. *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 2021, 3.2: 99–111
19. Gupta, Abhishek, et al. Deep learning for object detection and scene perception in self-driving cars: Survey, challenges, and open issues. *Array*, 2021, 10: 100057.
20. John, B., Kurian, J. C., Fitzgerald, R., & Goh, D. H. L. Students’ Learning Experience in a Mixed Reality Environment: Drivers and Barriers. *Communications of the Association for Information Systems*. 2022. 50(1), 510–535.
21. Kaso, Nurdin. Principal's leadership: how to improve the quality of teaching and learning process in state junior high school of luwu, *Jurnal administrare*, 2021.
22. Kupin, A., Moeller, B., Jiang, Y., Banerjee, N. K., & Banerjee, S. Task-driven biometric authentication of users in virtual reality (VR) environments. In *MultiMedia Modeling: 25th International Conference, MMM 2019, Thessaloniki, Greece, January 8–11, 2019, Proceedings, Part I 25* (pp. 55–67). Springer International Publishing.
23. Lang, B. Facebook Ceo: Quest 2 ‘on Track to Be First Mainstream Vr Headset’, Next Headset Confirmed. Road to VR. 2021. Available at: <https://www.roadtovr.com/zuckerberg-quest-2-mainstream-vr-headset-facebook-q4-2020-earnings/>
24. Maghelal, P. K., Lara, J. C. F., Goonetilleke, R. S., & Luximon, A. Determinants of self-efficacy of driving behavior among young adults in the UAE: Impact of gender, culture, and varying environmental conditions in a simulated environment. *Heliyon*. 2023. 9(3).
26. Melinda, V., & Widjaja, A. E. Virtual Reality Applications in Education. *International Transactions on Education Technology*. 2022. 1(1), 68-72.
27. Riegler, A., Riener, A., & Holzmann, C. A systematic review of virtual reality applications for automated driving: 2009–2020. *Frontiers in human dynamics*. 2021. № 3, 689856.
28. Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*. 2023. 28(1), 155–192.
29. SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Dataset. 2021.
30. Smith, A.B., & Reif, K. Virtual Reality in Driver Education: A Review of Research and Current Developments. *Journal of Safety Research*. 2019. № 71, 225–237.
31. Sujatha, R., & Uma, G. Use of Virtual Reality in Driver Training: A Review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. 2020. 10(2), 96-101.
32. Sukwinya, K. A Production of Virtual Reality Technology Learning Materials: Driving for Preparator of Practical Driving License Test. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*. 2021. № 30(1), 1–17.
33. Tivesten, E. T. Victor, Gustavsson, P. J. Johansson Out-of-the-loop crash prediction: the automation expectation mismatch (AEM) algorithm. *IET Intell Transp Syst*. 2019. №13, pp. 1231–1240
34. Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., ... & Yu, L. F. A review on virtual reality skill training applications. *Frontiers in Virtual Reality*. 2021. № 2, 645–153.
35. Zahabi, M., & Abdul Razak, A. M. Adaptive virtual reality-based training: a systematic literature review and framework. *Virtual Reality*. 2020. № 24, 725–752.

Maliuha A.I. RESEARCH CONCEPTUAL PRINCIPLES VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF DRIVING SCHOOLS

The main challenge for education is the permanent improvement of the result of the educational process and the search for effective educational technologies. The article found that virtual reality in this context is an ideal solution that contributes to the growth of productivity and conceptual understanding of a specific range of pedagogical tasks. The educational process in the context of the possibilities of virtual reality has indisputable advantages of brightness and autonomy. It's established that comprehensive improvement of the experience of teachers and students, achieving much greater learning effects with less effort, technical advantages of artificial intelligence in modeling the virtual space of driving training - all this reveals the hidden potential of the educational process and increases its effectiveness in social, technological and economic perspectives.

The introduction of VR technologies into the educational process of driving schools provides flawless physics for driving simulation, when car controllability, momentum, tire friction filigree reproduces real processes

Virtual reality technologies in the educational process of driving schools offer a meticulously reproduced controlled environment with high flexibility for mastering the skills to cope with complex and dangerous scenarios on the road. Thanks to virtual reality technologies, a perfect reproduction of physics is provided when stimulating driving, when all physical processes perfectly reflect it, promoting the maximum acquisition of useful driving skills. The article examines the conceptual basis of existing modern developments regarding the ways of introducing virtual reality technologies and software engineering into the educational process in driving schools, including taking into account the level of automation of vehicles. Virtual reality technologies have been found to create immersive traffic simulations with higher safety and lower costs, and software engineering allows for the creation of individual training plans and the implementation of driver biometric data monitoring systems to improve training effectiveness.

Key words: *VR-technologies, artificial intelligence in education, driving school programs, driving simulation, levels of automation, VR-headset, 3D modeling, learning experience.*