

УДК 51:001.891, 378.147:004

Державний реєстраційний номер: 0120U101870

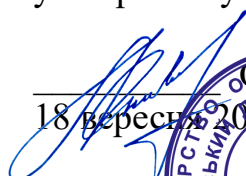
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Шевченка, 14, м. Івано-Франківськ, 76000. Тел. +380963102636;

e-mail: office@ksu.ks.ua; http://www.kspu.edu

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор Херсонського державного
університету


Олександр СПІВАКОВСЬКИЙ
18 вересня 2025 року



**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
ЗАСОБАМИ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ
(заключний)**

Перший проректор
доктор педагогічних наук, професор



Сергій ОМЕЛЬЧУК

Наукова керівниця НДР
докторка педагогічних наук, професорка

Наталія ВАЛЬКО

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Наукова керівниця:

докторка педагогічних наук, професорка,
професорка кафедри комп'ютерних наук
та програмної інженерії



Валько Н.В.

Відповідальна виконавиця:

кандидатка педагогічних наук, доцентка,
докторантка Мелітопольського державного
педагогічного університету імені Богдана
Хмельницького, Запоріжжя



Кушнір Н.О.

Реферат

Сучасне високотехнологічне суспільство вимагає більш глибокого розуміння принципів роботи цифрових технологій, що є умовою забезпечення успішної самореалізації та безпечного життя у теперішньому світі. Широке впровадження таких технологій як штучний інтелект, іммерсивні технології та метавсесвіт, блокчейн, інтернет речей, великі дані та інших, кардинально змінили усі сфери життя суспільства, що фіксується у понятті Індустрія 4.0. На перший план виходять технології і професії, в яких інженерні здібності відіграють першочергову роль. Затребуваними на ринку праці є фахівці, що володіють навичками сучасних технологій та творчо підходять до вирішення проблем. У відповідь на вимоги суспільства, новими завданнями системи освіти стало підвищення рівня науково-технічних та технологічних знань усіх верств населення, фахівців та майбутніх фахівців різних галузей, у тому числі учителів, а також учнів. Зростання кількості і якості технологій, зокрема комп'ютерних, роблять актуальним інтегроване навчання основою якого є STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) проекти з використанням робототехнічних пристроїв. Фундаментом такого навчання, зокрема, є математична освіта, фізика, програмування, конструювання та їх інтеграція. Інтегративний науковий підхід є основою для проєктної роботи, роботи в команді. Саме цей підхід в освіті дозволяє підвищити мотивацію учнів до опанування теоретичними знаннями на основі практичної діяльності, та формує розуміння науки як чинника технічного та соціально-культурного прогресу. Відповідно до Концепції розвитку природничо-математичної освіти, метою STEM освіти є “розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей” зокрема через транс дисциплінарний підхід.

Abstract

The modern high-tech society demands a deeper understanding of the principles of digital technologies, which is a prerequisite for successful self-realization and a secure life in the present world. The widespread adoption of technologies such as artificial intelligence, immersive technologies and metaverse, blockchain, the Internet of Things, big data, and others has radically transformed all spheres of society's life, as captured by the concept of Industry 4.0. Technologies and professions where engineering abilities play a primary role come to the forefront. Professionals with skills in modern technologies and a creative approach to problem-solving are in demand in the job market. In response to societal demands, the new challenges for the education system include raising the level of scientific, technical, and technological knowledge for all layers of the population, professionals, and future specialists in various fields, including teachers and students. The increasing quantity and quality of technologies, especially computer technologies, make integrated learning, with STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) projects using robotics devices, a relevant educational approach. The foundation of such education includes mathematical education, physics, programming, construction, and their integration. The integrative scientific approach forms the basis for project work and teamwork. This educational approach allows increasing students' motivation to acquire theoretical knowledge based on practical activities and fosters an understanding of science as a factor in technical and socio-cultural progress. According to the Concept of the Development of Natural and Mathematical Education, the goal of STEM education is "the development of personality through the formation of competencies, a natural-scientific worldview, worldview positions, and life values," particularly through a transdisciplinary approach

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТРАНСФОРМАЦІЯ STEM ОСВІТИ	7
1.1. Опис методології	8
1.2. Приклад проведення проекту	14
1.3. Опис проведення заняття “Автоматичний полив рослин”	18
1.4. Висновки до розділу 1.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1.	24
РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ІММЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ ТА STEM	25
2.2. Вивчення технологій штучного інтелекту на позакласних заняттях з підлітками.....	38
2.3. Методологія роботи.....	41
2.4. Опис деяких активностей для проведення занять з ШІ.	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	52
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

В сучасному світі електронних пристроїв людина може втілювати в життя будь-які проекти, які роблять її життя комфортнішим та безпечним. Основою таких рішень є робототехніка. Створити і запрограмувати робота сьогодні дуже просто. Представляємо вам навчально-методичний посібник для проведення майстер-класів з програмування роботів та розумних речей на основі micro:bit. Цей посібник допоможе запланувати та провести STEM заняття для позашкільної роботи, або під час навчального процесу.

Зростання кількості і якості технологій, зокрема комп'ютерних, роблять актуальним навчання на основі STEM проектів з використанням робототехнічних пристроїв. На перший план виходять технології і професії, в яких інженерні здібності відіграють першочергову роль. Затребуваними на ринку праці є фахівці, що володіють навичками сучасних технологій та творчо підходять до вирішення проблем.

STEM проєкти є одним з видів організації навчально-пізнавальної роботи учнів у школі та поза її межами. Поєднання експериментальної роботи з навчанням посилює навички дослідження навколишнього світу і допомагає пізнавати світ з точки зору науковості та обґрунтованості фактів. Вивчення роботи пристроїв, їх побудова та винахідницький підхід до створення прототипів формують науковий світогляд учнів та сприяють розвитку пізнавальної діяльності.

РОЗДІЛ 1. ТРАНСФОРМАЦІЯ STEM ОСВІТИ

Події останніх років, такі як COVID-2019 та війна в Україні, суттєво вплинули на систему освіти в цілому, а також безпосередньо на всіх учасників освітнього процесу. Сильний стрес, нестача спілкування з друзями, нові місця та умови проживання, складні побутові умови, у тому числі відсутність електрики та інтернету, для багатьох українців стали реаліями сьогодення. Самою незахищеною категорією є діти, деякі з них втратили рідних, вимушені були переїхати і починати жити у абсолютно нових обставин (інше місто або країна, інші вчителі або навчання онлайн, інше оточення однолітків і нестача спілкування та інші). Увага учених спрямована на пошук шляхів подолання навчальних втрат [навч втрати], зокрема у процесі вивчення математики, традиційно важкої для опанування [Vasylieva]. Саме математика відіграє істотну роль у “інтегративному підході реалізації природничо-математичної (STEM освіти)” [Концепція]. Створення осередків STEM освіти, в яких діти-переселенці могли б спілкуватися зі своїми однолітками, котрі опинилися у такій самій ситуації як і вони самі; зустрічатися не онлайн, а у реальному житті; спільно працювати над цікавими творчими завданнями; здобувати нові знання, посилювати свої навички та визначитись з власними уподобаннями та перспективами щодо майбутньої, професії є вкрай важливим завданням. Разом з тим, дослідниками було проведено систематичний огляд літератури, який показав, що STEM-освіта розвиває навички, які дають сім'ям мігрантів доступ до економічних і соціальних вигод і сприяють процесам соціальних інновацій у країнах призначення [СТ].

Іншим важливим компонентом STEM-освіти є інтеграція змісту природничих знань, її практичної спрямованості та залучення учнів до науково-дослідної роботи [11]. Інтегровані STEM проєкти є одним з видів організації навчально-пізнавальної роботи учнів у школі та поза її межами.

Поєднання експериментальної роботи з навчанням посилює навички дослідження навколишнього світу і допомагає пізнавати світ з точки зору науковості та обґрунтованості фактів. Вивчення роботи пристроїв, їх побудова та винахідницький підхід до створення прототипів формують науковий світогляд учнів та сприяють розвитку пізнавальної діяльності.

1.1. Опис методології

При роботі над проєктом інтегрованого навчання діти отримують базові знання про роботу пристроїв та фізичні закони які при цьому діють, отримують узагальнене уявлення про функціонування систем, отримують досвід проведення експериментів та досвід винахідництва. Діти отримують початкові відомості з моделювання, програмування, комп'ютерної обробки інформації та вивчають фізичні основи роботи сенсорів, їх обмеження та можливості застосування. Проєкти інтегрованого навчання є одним з видів організації навчально-пізнавальної роботи учнів у школі та поза її межами. Кожне заняття спрямоване на реалізацію певного проєкту та містить завдання на дослідження, конструювання, програмування.

Нами було створено і проведено серію інтегрованих занять з робототехніки для дітей віком 10-16 років. Метою статті є представлення досвіду проведення інтегрованих занять для дітей.

Організаційні умови, в яких проводились заняття:

1. Варіативний склад учасників;
2. Різна технічна і програмна база (MicroBit, Lego Mindstorm EV3, Zumi);
3. Тривалий час проведення заняття: з 10:00 до 15:30.

Заняття проводяться більше року один раз на 2 тижні. Залежно від кількості наборів конструкторів є певні обмеження на кількість учасників занять (від 10 до 28). Формування групи відбувається за попередньою реєстрацією. Над проєктами учні працюють переважно в парах. Заняття

розділено на 2 частини з перервою на обід. Проєкти були побудовані з використанням micro:bit.

Переважає більшість проєктів, наведених у статті, побудовані з використанням плати micro:bit, яка створена спеціально для навчання програмуванню та схемотехніці. То ж попереднє знання програмування не обов'язкове. Діти навчаються програмувати в процесі створення пристроїв. Якщо навички програмування вже є, то робота над проєктом допоможе їх вдосконалити.

При створенні проєктів використовувались матеріали базових проєктів micro:bit, дослідницьких проєктів NASA, проєктів Hacking STEM Microsoft. Тому, при бажанні, можна ознайомитись з відповідними матеріалами, внести зміни, доповнити чи розширити матеріалами цього курсу. В наступному переліку наведені ресурси, які були використані для проєктної діяльності:

1. Проєкти Hacking STEM

<https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/instructor-materials/hacking-stem>

2. Онлайн редактор micro:bit <https://makecode.microbit.org/>

3. Сайт підтримки micro:bit <https://microbit.org/>

4. Сайт проєктів для школи NASA <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/>

Кожен з проєктів містить етап створення прототипу. Проєкти підібрані таким чином, щоб можна було використовувати доступні матеріали, які є в кожній оселі. Тому, при необхідності, проєкти можуть бути проведені в дистанційному форматі. В цьому випадку на етапі програмування використовується вбудований симулятор makecode.microbit.org.

Також наведені проєкти мають середньострокову тривалість. Вони розраховані на діяльність впродовж 4.5 годин. Тому можуть бути

застосовані у активностях під час шкільних канікул (STEM табори, майстер класи тощо).

Проведення заняття такої тривалості потребує ретельної підготовки та планування. Види робіт повинні чергуватися, для перемикання уваги дітей та зміни діяльності.

У процесі розробки занять ми використовували багаторічний досвід роботи STEM-школи Херсонського державного університету [ми], проте стикалися з наступними труднощами:

1. Відсутність методичної літератури українською мовою, яка містить збалансоване подання матеріалу, необхідного для реалізації певного проєкту. Велика кількість навчальної літератури та онлайн ресурсів для проведення занять фокусуються на певних аспектах, наприклад, акцент робиться на принципах роботи певних датчиків та конструювання схеми (це часто притаманно навчальній літературі по Arduino), фізичних законах та вимірюваннях (фізика) тощо. Зауважимо, що на одній і тій самій схемі можна реалізувати різні задачі, що моделюють життєві ситуації та вимагають незначних змін у програмі. Наприклад, одна і та сама схема дозволяє реалізувати такі ситуації: а) хворий натискає кнопку виклику персоналу (стан “кнопку натиснуто” викликає блимання світлодіода); б) при відкритті сейфу спрацьовує сигналізація (стан “кнопку не натиснуто” викликає блимання світлодіода). Таким чином, учні не просто збирають схему та програмують покроково за зразком, а самостійно пропонують зміни для реалізації іншої життєвої ситуації та більш глибоко розуміють взаємозв’язки та принцип роботи елементів конструкції та команд в програмному коді. Надалі дані завдання можна ускладнити, додавши на схему та у програму можливість звукового сигналу. Освітні проєкти NASA (<https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/>) часто зорієнтовані на конструювання, містять гарний опис обладнання, критерії оцінювання конструювання, наприклад, побудова ракети

(<https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/rocket-activity-heavy-lifting/>). Ідеї цих проєктів можуть бути використані учителями для розробки поглиблених проєктів STEM, що включають доповнення конструкцій певними мікроконтролерами та датчиками з написанням відповідного програмного коду. Також компанією Microsoft розроблено серію дослідницьких проєктів Hacking STEM (<https://learn.microsoft.com/uk-ua/training/educator-center/instructor-materials/hacking-stem>), які містять багато цікавої інформації з галузі технологій та комплексно описують завдання дослідження. Кожен з таких проєктів має опис роботи для учителя та учня, критерії оцінювання та дидактичні матеріали.

2. Складність пояснення принципів роботи датчиків або певних технологій (наприклад, радіо, мобільного зв'язку) учням, які ще взагалі не вивчали фізику або вивчають онлайн в школі, тобто не мають досвіду проведення лабораторних робіт. Принцип роботи радіо використовувався для реалізації проєктів “Шукачі скарбів”, “Космічні мандри”, “Охоронна система” та інші (опис деяких проєктів наведено у таблиці 1).

3. Обмежений бюджет підготовки занять обумовлював вибір проєктів та матеріалів для проведення експериментів і конструювання доступної цінової категорії (приклади проєктів наведені на рисунку 1).

4. Довга тривалість заняття. Більшість проєктів з робототехніки розрахована на проведення в межах одного уроку (від 45 хвилин в школах до 1-2 годин в позашкільних гуртках). Тому утримувати увагу дітей впродовж тривалого часу можна за рахунок зміни видів діяльності, організації рухової активності. Тому на кожному занятті використовувався етап конструювання і змагальний етап. На етапі конструювання діти могли проявити фантазію та свої конструкторські здібності, працювали в командах і працювали з різними інструментами, матеріалами. Етап змагання дозволяє працювати не тільки за столами, але й організувати рухову активність, перенести роботу дітей на вулицю (якщо це дозволяють

обставини та погода). Наприклад пошук “скарбів” відбувався на вулиці - діти шукали захований маячок, який подавав сигнали; перегони моделей машин тестувалися на похилій поверхні тротуару; вимірювання вологості ґрунту проводилося на прилеглих до будівлі газонах.

5. Варіативний склад групи. Тобто на кожному занятті з’являються учні, які прийшли вперше, ніколи до цього не займалися робототехнікою або навпаки, відвідували аналогічні заняття на постійній основі, хотіли прийти або батьки привели примусово та інші обставини. Діти, які зустрічаються на таких заняттях не знайомі, або малознайомі між собою, то важливим етапом є знайомство. Тому, важливим етапом є знайомство. Для цього ми використовуємо так звані «Ice Breaker Games». Робота над проєктами зазвичай відбувається у малих групах або у парах, тому створення атмосфери довіри, гарної взаємодії є важливим для організації командної роботи.

В ході таких ігор діти знайомляться, можуть повідомити про себе якусь інформацію та взнають деяку інформацію про одне одного. Також це хороша нагода зробити активність не за робочими столами. Проблема занять з програмування в тому, що більшу частину діти знаходяться на своєму робочому місці і мало рухаються. Тому використання ігор на знайомство на основі перекидання м’яча, чи передачі якогось предмета урізноманітнюють рухову активність.

Також ігри на початку можуть застосовуватись для актуалізації знань. В цьому випадку обираються теми гри, дотичні до теми заняття.

В ході заняття може виникнути потреба обрати одного чи двох дітей для виконання окремих завдань. Наприклад для конструювання прототипу, чи сформувати команду для роботи над 3Д моделлю. В такому випадку ми застосовували гру «Камінь-ножиці-папір». В ігровій формі діти змагалися набираючи собі команду.

Приклади “Ice Breaker Games”

1. Гра на знайомство — крім свого імені, кожний гравець називає якість (рису характеру), яка починається на першу літеру імені або відповідає йому. Наприклад: Віра — вірність, Сергій — сміливість, Наталка — надійність та ін.

2. Гра на знайомство — крім свого імені, кожний гравець називає свою якість, якби ти був якимось предметом, наприклад: якби Ім'я був «чашкою» - я б ніколи не розбивався, мав гарний візерунок тощо.

3. Гра на актуалізацію знань — покажи (поясни) слово: діти по черзі показують слово жестами без слів, інші намагаються його вгадати. Як варіант цієї ж гри — пояснити слово не називаючи його чи однокореневі слова. Приклади слів підбираються відповідно до теми: датчик, робот, сигналізація, таємниця, код, програма, тестування, micro:bit, програміст, експеримент, банк, сейф, охорона, доступ, безпека. Пояснення: передача інформації можлива лише тоді, коли система передавач-отримувач мають спільну систему команд (понять). У випадку неправильної інтерпретації інформація може бути втрачена. Висновок: чітко формулюємо визначення та використовуємо терміни в професійному спілкуванні.

4. Гра на актуалізацію знань — в непрозорий мішечок кладуть предмети різної форми або їх частини. Важливо, щоб серед них були такі, що не часто трапляються в повсякденній діяльності дитини. Наприклад: дюбель чи його фіксатор, портативні інструменти, мобільний телефон старої моделі чи ліхтарик незвичайної форми. Всліпу дитина обирає предмет і, не дивлячись на нього, описує його характеристики, намагається вгадати назву. Пояснення: наш мозок працює як сучасні нейронні мережі. Ми можемо точно назвати предмет, якщо вже його бачили чи працювали з ним (дані є в нашій базі знань). Якщо такого досвіду не було — то намагаємося співставити його характеристики з минулим досвідом, називаючи об'єкти, які вже знаємо. Висновок: вчимося новому, поповнюємо свою базу знань.

1.2. Приклад проведення проекту

Розглянемо більш детально типові етапи проведення занять.

Першим етапом є вступне слово. На цьому етапі створюється мотивація, відбувається постановка завдання та актуалізація знань. Ставляться завдання, які відповідають цілям сталого розвитку [Global]. Дослідження проблеми з різних точок зору: значення для людини, оточуючого середовища, захищеність від стихії, вплив випадкових факторів. Це важливий етап для майбутнього моделювання. Тут розглядаються можливі варіанти реалізації проекту, виділяються критичні питання, фіксуються вдалі ідеї подальшої побудови та реалізації моделей. Саме на цьому етапі доцільно проводити ігри “Ice Breaker”.

Другий етап — моделювання та створення прототипу. В залежності від проєкту, прототипом може бути сама електронна схема на основі micro:bit (наприклад, як у проєкті сигналізації). В цьому випадку основною темою дослідження стає тема сприйняття інформації та її обробка, тема сенсорів та їх характеристик, перетворення фізичних сигналів у електричні, їх фіксація та аналіз. Також є проєкти в яких можлива побудова конструкторської моделі (прототипу) з підручного матеріалу (наприклад, машинка, роборука, сейф). Така модель будується для перевірки базової функціональності створеної системи. Вона імітує роботу справжніх пристроїв та полегшує розуміння основних конструкторських та інженерних побудов. Розширенням етапу моделювання, в залежності від наявних матеріалів та технічних можливостей, є побудова 3D моделей та їх друк. Можна проводити це в командах. Частина дітей створює функціональний прототип, частина — 3D модель, яку можна буде роздрукувати. На етапі побудови прототипу відбувається експериментальна діяльність тестування конструкторських та інженерних ідей. Різноманіття

підручного матеріалу дає можливість оперувати такими поняттями як: надійність конструкції, жорсткість з'єднання, степінь свободи тощо.

На початку етапу створення прототипу слід нагадати дітям про правила техніки безпеки. Розвиток технологій на сучасному етапі настільки швидкий, що більшість домашньої техніки не проходить стадії ремонту, або пристрій створюється без можливості ремонту. Наприклад, сучасні акумулятори в мобільних телефонах вже вбудовані і їх не можна замінити. Іноді техніку легше замінити новою моделлю з розширеними функціями, ніж ремонтувати. Тому сучасні діти не мають великого досвіду роботи з різними інструментами. Потрібно нагадати про небезпеку, яка може виникнути як наслідок необережного поводження з інструментами (ножиці, клейовий пістолет, застосовані матеріали тощо).

Третій етап — програмування. Більшість представлених проєктів не містять складних програмних реалізацій. Їх модифікація дає можливість провести експеримент, порівняти показники при різних вхідних даних та початкових умов. Головне на цьому етапі не “дати правильну відповідь”, а отримати досвід знаходження відповіді на питання на основі отриманих даних. На інтегрованих заняттях в першу чергу велику увагу приділяється дослідженням та експериментальній роботі. Діти порівнюють показники датчиків за різних умов, аналізують отримані дані. Результати експериментів в різних групах, як і при проведенні будь яких фізичних дослідів) можуть бути подібними але не однаковими. На цьому етапі вводяться такі поняття як: точність вимірювань, похибка, вхідні дані, початкові умови, отриманий результат, діапазон значень тощо. В залежності від отриманих результатів діти можуть отримати індивідуальне завдання для уточнення вхідних/вихідних параметрів або зміни конструкції пристрою.

Заключний етап — обговорення, підведення підсумків. На цьому етапі потрібно актуалізувати отриману інформацію, нагадати про нові

терміни та поняття, намітити подальші кроки удосконалення проєктів, отримати/надати відгук про виконаний проєкт.

Таблиця 1.1.

Приклади проєктів реалізованих на MicroBit в рамках занять
“Ukraine Hacker-School”

Назва	Обладнання на одну команду	Основні етапи заняття
Шукачі скарбів	MicroBit - 1 шт.; + один мікробіт учитель використовує в якості маячка для пошуку “скарбів”	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Знайомство з MicroBit 3. Знайомство з радіо 4. Обмін повідомленнями: встановлення пари (групи) передавач-приймач, надсилання сигналу, отримання сигналу, реакція на отриманий сигнал. 5. Дослідження сили сигналу та вимірювання відстані на яку він діє. 6. Програмування “маячка” 7. Пошук радіосигналу на відстані (пошук “скарбів”) 8. Підведення підсумків
Охоронна система	MicroBit - 2 шт.; магніт - 1 шт.	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Знайомство з MicroBit 3. Магнітометр, його властивості 4. Вимірювання показників магнітної сили та вимірювання відстані на яку вона діє. 5. Програмування сигналізації 6. Робота з радіо 7. Обмін повідомленнями: встановлення пари (групи) передавач-приймач,

		надсилення сигналу, отримання сигналу, реакція на отриманий сигнал 8. Підведення підсумків
Космічні мандри	MicroBit - 2 шт.; кульки надувні - 4 шт.; соломинка для коктейлів - 1 шт.; ліска; паперовий (малярний скотч);	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Побудова ракети 3. Удосконалення конструкції ракети 4. Знайомство з MicroBit 5. Знайомство з акселерометром 6. Оснащення ракети акселерометром та встановлення пари: “ракета - центр керування польотом” (радіо) 7. Програмування взаємодії ракети та центра 8. Підведення підсумків
Автоматичний полив рослин	Micro:Bit - 1 шт.; металічні скріпки, або зачищені кінці дроту для встановлення в ґрунт - 2 шт.; дріт для підключення до Micro:Bit - 2 шт; соломинка для коктейлів - 1 шт.; серводвигун - 1 шт.; паперовий стаканчик - 1 шт.; паперовий (малярний) скотч для фіксації конструкції насоса; рослинка - 1 шт.	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Дослідження проблеми 3. Знайомство з MicroBit 4. Побудова моделі поливу 5. Визначення вологості ґрунту, побудова таблиці для різних станів 6. Знайомство з серводвигуном, його програмування 7. Підведення підсумків
Роборука	MicroBit - 1 шт.; серводвигун - 1 шт.; соломинка для коктейлю - 1 шт; нитки, картон для моделі руки, пальців	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Побудова захвата (End Effector) 3. Побудова конструкції пальця 4. Знайомство з MicroBit 5. Програмування серводвигуна

		6. Компоновка пальців в модель руки 7. Програмування взаємодії пальців, гра “камінь-ножиці-папір” 8. Підведення підсумків
Автоперегони	MicroBit - 1 шт.; двигун та драйвер - 1 шт.; колесо - 1 шт; матеріали для основи машини (картон, дерев’яні шпальки, палички, зубочистки); пластикові кришки для колес: гумове кільце для коліс	1. Вступне слово. Постановка задачі 2. Побудова конструкції машини 3. Випробування різних конструкцій, вдосконалення моделі 4. Перегони механічних двигунів 5. Знайомство з роботою двигуна 6. Знайомство з MicroBit 7. Програмування двигуна 8. Встановлення мотора на модель та перегони з електричним мотором 9. Підведення підсумків

Важливо, щоб заняття носили дослідницький характер, тому ми не надаємо учням готового рішення, а пропонуємо розробити певну конструкцію, проводимо серію дослідів, порівнюємо результати команд, стимулюємо учнів висувати гіпотези щодо причин успіху або не досить вдалих результатів, змінити конструкцію та експериментально перевірити припущення. Для прикладу наведемо опис одного із занять.

1.3. Опис проведення заняття “Автоматичний полив рослин”

За основу для проєкту був взятий проєкт Plant Watering [Watering] з сайту makecode.microbit.org.

1. Постановка проблеми

Концепція розумного міста і розумних речей побудована на ідеях взаємодії людини з технологіями. Розумні теплиці є частиною такої концепції. Використання розумних теплиць допомагає використовувати більш ефективно ресурси, збільшити об'єми продукції, автоматизувати ручну працю.

Відповідність Глобальним цілям сталого розвитку [Global]: Глобальна ціль 15 - захищати, відновлювати та сприяти сталому використанню наземних екосистем, раціонально керувати лісами, боротися з опустелюванням, а також зупинити та повернути назад деградацію землі та зупинити втрату біорізноманіття.

Задача: необхідно подбати про полив рослин. Ми використовуємо датчики вологості ґрунту, щоб відстежувати закономірності зміни вологості і те, як це впливає на наші рослини (врожай).

2. Дослідження проблеми.

Обговорення наступних питань:

- що таке сприйняття, як людина сприймає інформацію, яку надає світ (органи чуття, інтерпретація)
- як роботи та пристрої сприймають оточуюче середовище і як повідомляють людині про це (сенсори, передача даних)
- обмеження сприйняття - чи завжди людина, робот можуть правильно визначити показники (дальтонізм, вади органів чуття, параметри датчиків, які обмеження мають сенсори)
- обробка інформації (збір/передача даних, великі дані)

Опис проведення заняття “Автоматичний полив рослин”

За основу для проєкту був взятий проєкт Plant Watering [Watering] з сайту makecode.microbit.org.

3. Вступ до Micro:bit

Micro:bit спеціально розроблений для навчання програмуванню та електроніці та не вимагає обов'язкових попередніх знань програмування.

Створення роботів та інтелектуальних пристроїв на базі Micro:bit дозволяє дітям отримати початкові знання з моделювання, програмування, комп'ютерної обробки даних, а також зрозуміти фізичні основи роботи датчиків, їх обмеження та можливості застосування. Датчики, встановлені на Micro:bit, передають сигнали, які зчитуються в програмі, яка перетворює ці дані на інформацію. Діти вчаться програмувати під час процесу створення пристрою. Якщо навички програмування вже є, робота над проектом допоможе їх удосконалити.

Проект базується на концепції електропровідності та різниці потенціалів. Чим вища вологість ґрунту, тим вища його електропровідність. Датчик занурюється в ґрунт на відстань 45 мм і вимірює електропровідність ґрунту між його контактами. Напруга на виході датчика прямо пропорційна рівню вимірної електропровідності. Чим вища вологість ґрунту, тим вищий рівень сигналу на виході датчика.

Обговорення датчиків Micro:bit (датчик світла, датчик температури) та способів використання інших датчиків, пристроїв (додаткове встановлення двигунів).

На цьому етапі важливо провести дослідження вологості ґрунту та відстежити показники Micro:bit. Діти проводять вимірювання в сухому ґрунті, вологому ґрунті, перезволоженому ґрунті та воді. Всі дані записуються в таблицю. Проводиться кілька вимірювань одного й того ж середовища, а показники усереднюються. Визначаються інтервали сухого/вологого стану. Діти також проводили вимірювання на відкритому повітрі, використовуючи акумуляторний блок для автономної роботи Micro:bit. Таким чином, фізична активність значно компенсувала частину роботи, виконаної в приміщенні.

4. Побудова моделі зрошення - створення конструкції та прототипу системи зрошення на основі важеля. Побудова схеми вимірювання вологості. Тестування системи.



Рис.1.1. Проєкт “Автоматичний полив рослин”

5. Знайомство з серводвигуном, його програмування, тестування системи - конструкція системи поливу може містити мотор, який вмикається коли земля не отримує достатньо вологи. Мотор може приводити в дію насос, який поливає рослину.

6. Підведення підсумків. Актуалізуються визначення нових термінів та понять:

- наука - дані, дослідження, електропровідність, різниця потенціалів, динаміка зміни вологості ґрунту, закономірність;
- технології - сприйняття, сенсори, інформація, обмеження сприйняття;
- інжиніринг - надійність конструкції, фіксація, поняття сили, вантажу і плеча (важіль Архімеда);
- математика - кут повороту, градуси, співвідношення сил для роботи важеля.

7. Удосконалення проєктів може бути за рахунок використання насосів іншого типу. Оскільки в кінці заняття дітей забирали батьки, то для

них діти проводили маленьку презентацію своєї роботи, пояснювали, що і як було реалізовано, що може бути удосконалено.

1.4. Висновки до розділу 1.

Швидкий розвиток таких технологій як робототехніка, штучний інтелект, інтернет речей, іммерсивні технології та інших, їх широке впровадження у всі сфери життя суспільства призвели до якісних змін в економіці, культурі, суспільному житті. Це ставить нові завдання перед системою освіти щодо підвищення рівня технологічних знань фахівців різних спеціальностей та звичайних користувачів, а також підготовки дітей до безпечного життя та успішної самореалізації у високотехнологічному світі майбутнього. Одним із ефективних підходів для досягнення визначених завдань є інтегрована наукова освіта. Особливого значення для опанування нових технологій та розуміння особливостей їх функціонування та обмежень є такі предмети як математика, фізика, програмування, інженерія. STEM-освіта гармонійно поєднує в собі інтеграцію знань з природничих дисциплін, практичне спрямування навчання, дослідницький підхід та проєктну роботу. Все це дозволяє підвищити мотивацію до навчання, сформувати в учнів більш глибоке розуміння взаємозв'язків між різними предметними галузями, сформувати м'які навички (soft skills) такі як робота в команді, критичне мислення та інші.

Проведений аналіз публікацій також засвідчив наявність освітніх втрат, зокрема у вивченні математики, (LEARNING LOSSES) через глобальні виклики, такі як COVID- 19 та війна. Ці ж обставини суттєво збільшили міграцію у всьому світі. Разом з тим, аналіз наукової літератури підтвердив позитивний вплив STEM-освіти на дітей мігрантів. Враховуючи проведений аналіз наукових джерел та власний багаторічний досвід розробки навчальних матеріалів та проведення занять у STEM-школі Херсонського

державного університету, нами були розроблені та проведені заняття для дітей із України в якості волонтерського проєкту “Ukrainian Hacker Scool”.

Серед особливостей проведення занять зазначимо варіативний склад групи на кожному занятті, тривалий час проведення (по 4,5 години), різне технічне оснащення та обмежений бюджет та додаткові матеріали для реалізації проєкту, складність пояснення принципів роботи приладів дітям певної вікової категорії, відсутність відповідної навчально-методичної літератури. Переважна більшість проєктів була реалізована з використанням micro:bit. Кожне заняття включало певні етапи, зокрема вступне слово, постановку задачі, ігри, дослідження та аналіз проблеми, знайомство з пристроями та датчиками, побудова конструкції, програмування, проведення експериментів та удосконалення конструкції, підведення підсумків.

Запропонований досвід може бути використаний, удосконалений та розширений учителями, керівниками гурків, студентами, адаптований для різних цільових або вікових груп.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1.

1. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
2. Vasylieva, D. V., Hodovaniuk, T. L. GIOS online platform as a tool for overcoming learning losses in mathematics. *Information Technologies and Learning Tools*. 2023, Vol 98, No 6., pp. 1-12 DOI: 10.33407/itlt.v98i6.5389
3. Kushnir, N.O., Valko, N.V., Osipova, N.V., Bazanova, T.H. Model of organization of the university ecosystem for the development of STEM-education - *Інформаційні технології в освіті*, 2018, Vol. 4, pp. 77-92.
4. Valko, N.V., Kushnir, N.O., Osadchyi, V.V. Cloud technologies for STEM education. *Ceur workshop proceedings* - 2020, Vol. 2643, pp. 435-447.
5. J. Schult, N. Mahler, B. Fauth, and M. A. Lindner, “Did students learn less during the COVID - 19 pandemic? Reading and mathematics competencies before and after the first pandemic wave”, *An International Journal of Research, Policy and Practice* , volume 33, Issue 4, pp. 544-563. 2022 (in English).
6. I. A. Khalil, “How is learning loss treated in mathematics classrooms at the intermediate stage? A mixed methods study”, *Education 3-13. International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, 2022, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.1080/03004279.2022.2108873> (in English)
7. Sánchez-Gómez, J. S., Ramirez, M. C., & Herrera, A. (2023, June). ICT-Mediated STEM for the Inclusive Education of Migrants and Refugees Children. In *2023 ASEE Annual Conference & Exposition*.
8. Коваленко, В. С., Стець, Н. В., & Варлаюк, В. Ф. (2019). Інтеграція природничих знань як неодмінна складова Stem-освіти. *Імідж сучасного педагога*, (3(186), 10–13. [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2019-3\(186\)-10-13](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2019-3(186)-10-13)

РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ІММЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ ТА STEM

Одним із перспективних напрямів побудови освітнього процесу є використання іммерсивних технологій, що є підґрунтям створення метавсесвіту (metaverse). З урахуванням швидкої еволюції концепції метавсесвіту, значних інвестицій у розробку технологій метавсесвіту, активного розвитку різних сфер бізнесу у метавсесвіті та суттєвого впливу даних технологій на різні сфери життя суспільства, важливим є розуміння поточного масштабу метавсесвіту та подальших наслідків, зокрема для системи освіти. Тому, нами було проаналізовано результати досліджень, що виконувались на перетині понять «іммерсивний», «метавсесвіт» та «освіта» (у різних написаннях та з розширенням до конкретних іммерсивних технологій, як то AR, VR, MR), представлені у базі наукових публікацій Scopus з акцентом на період 2018-2023 років. У статті представлена методологія відбору та опрацювання даних. Проведений відбір даних було опрацьовано зокрема методом наукового катування, що дало можливість виділити галузі, в яких є найбільша кількість досліджень з обраної тематики; кластеризувати напрями, в яких проводились дослідження; авторів, котрі активно займаються досліджуваною тематикою, а також визначити перспективні напрями подальших досліджень. Зазначимо, що кожен з виділених напрямів використання метавсесвіту та іммерсивних технологій в освіті має широке коло питань, що потребують більш глибокого наукового пошуку.

2.1. Методика дослідження

Використання технологій, зокрема іммерсивних, в освіті розглядається великою кількістю науковців, результати та різні аспекти даного напрямку обговорюється на профільних конференціях різного рівня.

Нами вже проводилося дослідження визначення рівня готовності до впровадження STEM-технологій, зокрема робототехніки [7]. Існують окремі дослідження, що стосуються підготовки фахівців у різних галузях: віртуальне навчання конструюванню [1], капітанські мостики морського транспорту [2], симулятори польотів [3], тренування спортсменів [4], лікування та навчання допомоги пораненим [4], [5], навчання архітекторів [6] - це тільки частина прикладів, які вже використовуються в сучасних навчальних центрах та освітніх закладах. Але поточний стан впровадження іммерсивних технологій в цілому в систему освіти, є недостатньо дослідженим.

Дослідження проводилось нами за наступним планом:

1. Визначення мети, ключових питань та області застосування;

2. Обрання методології дослідження: вибір наукометричних баз даних, визначення ключових слів та критеріїв відбору документів, а також експортування даних; вибір інструментів візуалізації отриманих даних та пошук візуальних інтерпретацій, які найбільш наочно демонструють ключові аспекти відібраних даних (зв'язки, співвідношення тощо);

3. Аналіз отриманих результатів, формулювання висновків та визначення перспективних напрямів дослідження.

Нас цікавила ступінь інтересу наукової спільноти до розвитку іммерсивних технологій та метаверсу як природнього продовження та поєднання таких технологій. Окремим питанням було дослідження використання іммерсивних технологій в освіті: розробка, впровадження, найкращий досвід використання іммерсивних технологій в системі освіти та інші аспекти.

Інтерес до іммерсивних технологій зростає. Кількість наукових публікацій в базі Scopus за ключовими словами “metaverse”, “immersive” показало за останні два роки значне збільшення (рис.2.1).

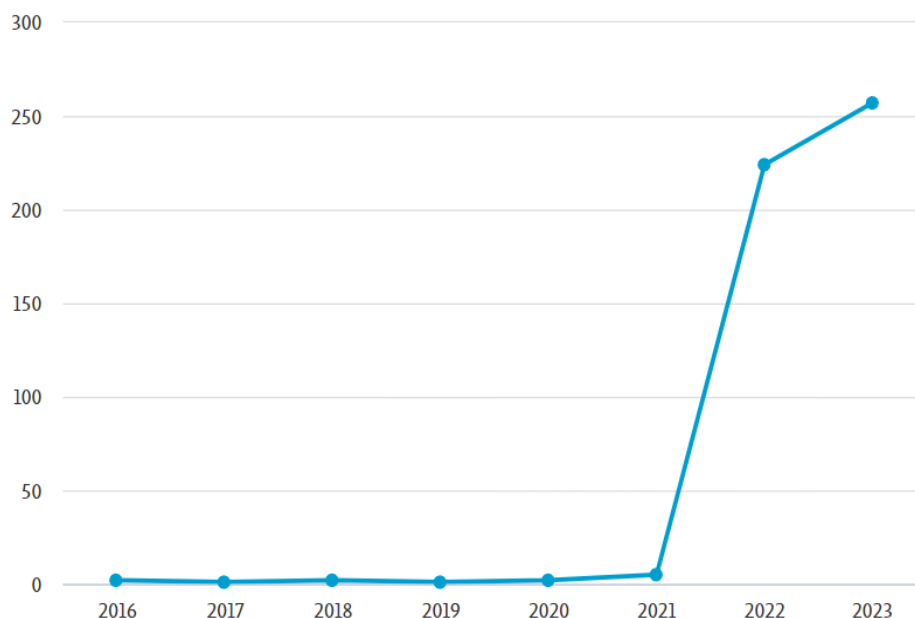


Рис. 2.1. Кількість публікацій в базі Scopus за ключовими словами “metaverse”, “immersive”.

Для наступного кроку дослідження у якості ключових слів нами було визначено “іммерсивний”, “метавсесвіт” та “освіта”. Дослідження проводилось для наступних типів документів: стаття, доповіді конференцій, звіти.

Для бібліографічного аналізу була обрана наукометрична база Scopus, відбір даних проводився 01.11.2023 за відібраними ключовими словами з 2015 по 2023 рік. Порівняльний аналіз результатів проводився за 2022 та 2023 роки. Були опрацьовані результати пошуку за ключовими словами “metaverse”, а потім “metaverse & education”.

Очікувано, що найбільшу кількість результатів мала галузь Комп’ютерні науки. У 2015 році у наукометричній базі Scopus знайдено лише 2 статті за пошуком по ключовому слову “metaverse”. Значно більшу кількість документів було знайдено за запитами “immersive” та “immersive & education”. Не суттєво змінилося і ранжування галузей за кількістю документів у 2023 році.

Зауважимо, що кількість публікацій присвячених дослідженню різних аспектів метавсесвіту суттєво зросла з 911 за 2022 рік до 1606 за неповний 2023 рік. Кількість публікацій щодо іммерсивних технологій залишається практично на тому самому рівні: 3729 за 2022 рік та 3598 за неповний 2023.

За результатами аналізу 141 документів за 2018-2023 роки за запитом нами визначено групу із 39 авторів, які займаються дослідженнями саме в цій сфері, серед яких методом наукового картування засобами VOSviewer (1.6.20) було виділено 7 основних. Для кожного з авторів було розраховано загальну силу зв'язків у співавторстві з іншими авторами. Було відфільтровано авторів із найбільшою сумарною потужністю зв'язку. Перш ніж перейти до мережевого відображення стосунків між авторами, рейтинг за авторами, які найчастіше цитуються, можна було побачити в інтерфейсі, створеному програмним забезпеченням, як показано на рисунку 2.2.

Selected	Author	Documents	Citations ▼	Total link strength
☒	al ridhawi, ismaeel	1	17	4
☒	aloqaily, moayad	1	17	4
☒	bouachir, ouns	1	17	4
☒	karray, fakhri	1	17	4
☒	saddik, abdulmotaleb el	1	17	4
☒	chu, hui-chun	1	2	2
☒	hwang, gwo-jen	1	2	2
☒	tu, yun-fang	1	2	2
☒	lescop, laurent	1	1	1
☒	sopher, hadas	1	1	1
☒	dorado-diaz, ignacio p.	1	0	6
☒	luimula, mika	1	0	6
☒	pizarro-lucas, emiliana	1	0	6
☒	pyae, aung	1	0	6
☒	ravyse, werner	1	0	6
☒	sanchez, pedro l.	1	0	6
☒	thaw, aung khant	1	0	6
☒	anchna	1	0	5
☒	chen, chein-ming	1	0	5

Рис. 2.2. Автори, що відповідають критеріям відбору, з найвищим індексом цитування

Інтерфейс відсортовано за найбільш цитованим автором перед картографуванням. На рисунку 2.3 представлено карту за критерієм

“загальна сила зв’язку” (total link strength), який вказує на кількість публікацій, у яких два ключові слова зустрічаються разом.

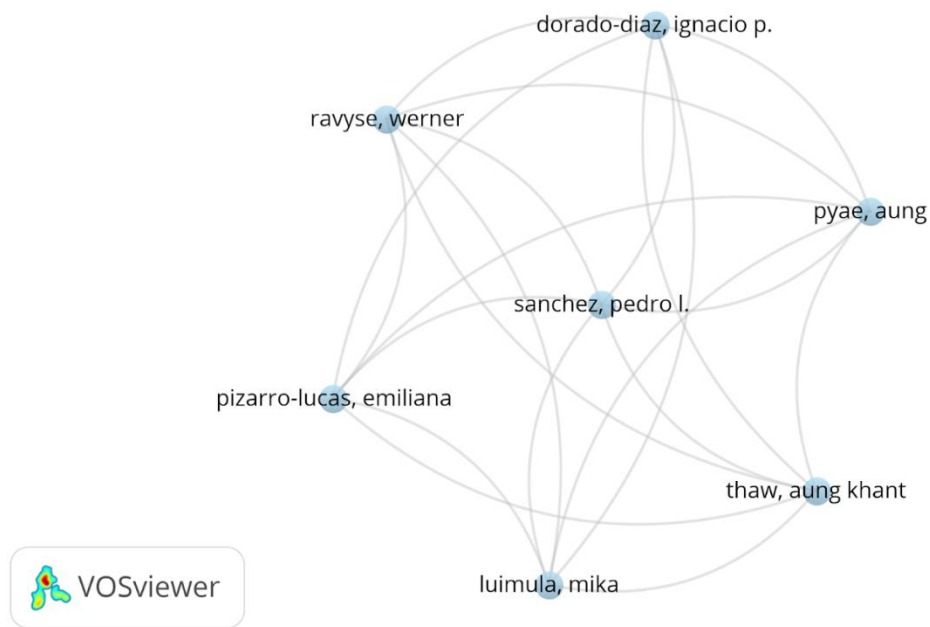
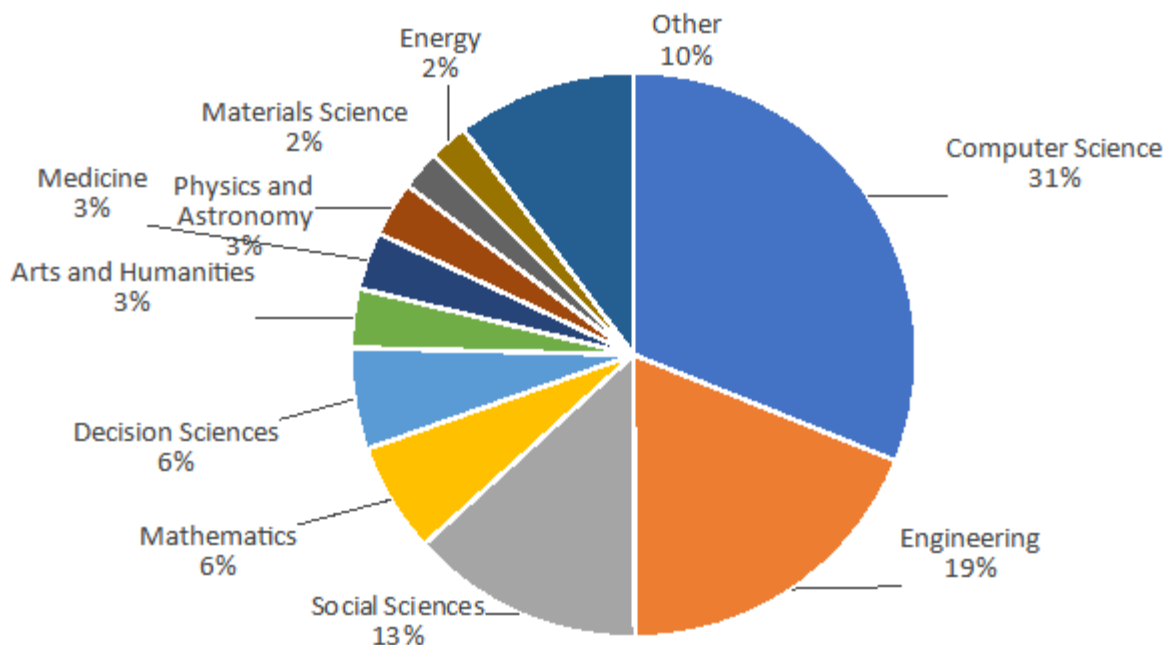


Рис. 2.3. Автори, котрі мають найвищий індекс за критерієм “загальна сила зв’язку”.

Для більш глибокого аналізу за останні 5 років нами було здійснено пошук за запитом [“Metaverse”]&[“Immersive” OR “Augmented Reality” OR “Virtual Reality” OR “Virtual Worlds” OR “Second Life” OR “Immersion virtual reality” OR “Mixed Reality” OR “Avatars” OR “Digital Twins”] & [“Education” OR “Learning” OR “E-learning”]. Було знайдено 582 документи, розподілені за галузями, серед яких 10 містили найбільшу кількість документів. Десять галузей з найбільшою кількістю знайдених документів наведено на рисунку 2.4.



*Рис. 4. Топ 10 галузей за кількістю релевантних документів
(у відсотках)*

Отже, у галузі комп'ютерні науки було знайдено 396 документів, що відповідали умовам відбору, інженерія - 239, соціальні науки - 170, математика - 80, науки про прийняття рішень - 74, мистецтво та гуманітарні науки - 43, медицина - 42, фізика та астрономія - 40, науки про матеріали - 29 та енергетика - 28. Перші дві предметні галузі природньо є лідерами даного напрямку, оскільки окрім досвіду використання іммерсивних технологій та метавсесвіту в освіті, частина досліджень присвячена в першу чергу питанням розробки програмного забезпечення, вирішенню технічних проблем, і лише потім можливостям використання, у тому числі у процесі навчання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами проведеного дослідження були виявлені групи авторів, які протягом останніх п'яти років займалися системними дослідженнями у галузі іммерсивних технологій і освіти. Зупинимось нижче

на найбільш вагомих результатах досліджень, що фіксують стан та різні аспекти у визначеній галузі.

Зауважимо, що серед цих документів тільки дві статті належать авторам з України [8]; [9]. Авторами Dyulicheva Yu. та Glazieva A. досліджувались деякі інструменти для вчителів і учнів, які дозволяють створювати навчальні ігри на основі штучного інтелекту та технологій занурення без наявності навичок програмування. Автори розказують про власний досвід використання на заняттях сервісів, таких як Scratch with AI abilities, Metaverse Studio for AR applications development, Google AI та інших.

Автори Kryvenko I., Chalyu K. описують інструментарій метавсесвіту на основі рішення Microsoft для забезпечення адаптивного навчання медичної інформатики з урахуванням сучасних технологій. Як бачимо, проблема застосування іммерсивних медіа у закладах освіти України ще не знайшла достатнього відображення у міжнародних наукових публікаціях. Додамо також, що нами проводився пошук у наукометричній базі Scopus за запитом “metaverse” AND “education” AND “immersive” AND “systematic” AND “review” AND “Ukraine”, який не дав жодного результату, а за запитом “Ukraine” AND “education” AND “immersive” AND “review” було знайдено три документи, а саме збірники тематичних наукових конференцій восьмий та дев'ятий “Workshop on Cloud Technology in Education” (2020, 2022), “AREdu 2021 – Immersive technology today” (2021).

Серед статей, присвячених контент-аналізу досліджуваної проблематики слід відзначити статтю [10]. Автори зробили аналіз 32 досліджень використання доповненої реальності. За результатами дослідження вони зробили висновок, що наука, гуманітарні науки та мистецтво – це сфери освіти, де доповнена реальність застосовувалася найбільше. За результатами цього дослідження, у галузях здоров'я та соціального забезпечення, освіти (у тому числі підготовки учителів) і

сільського господарства представлені найменшою кількістю досліджень даного напрямку. Разом з тим, відзначається, що доповнена реальність використовувалась в освіті здебільше для мотивації студентів. Цільовими групами для її застосування є дошкільна освіта та професійно-технічне навчання (Vocational educational Training (VET)).

У дослідженні [11] автори зробили системний аналіз 28 публікацій для дослідження загальних характеристик додатків доповненої реальності в STEM-освіті. Ними визначено, що найбільше доповнена реальність використовується у процесі вивчення таких дисциплін як фізика, математика, хімія, астрономія, природничі науки в цілому. Автори відмічають про позитивну тенденцію вивчення дисциплін з використанням доповненої реальності. Проте вони виокремлюють ряд проблемних питань: проблеми технічного характеру, зручність використання, вартість, особливості самого середовища.

Дослідження [12] робить акцент на зміну ролі метавсесвіту у суспільному розумінні. В роботі автори наголошують на зміні парадигми від концепції – метавсесвіт як друге життя, до нового бачення – метавсесвіт, як соціальна цінність нового покоління. Така зміна зумовлена передусім інтеграцією мобільних пристроїв та цифрових даних у повсякденне життя. Блокчейн та криптовалюти, незамінні токени (NFT), соціальні мережі стали функціонально необхідними та соціально значущими. Автори проводять аналіз трьох метавсесвітів (Metaverse Ready Player One, Roblox і Facebook) з точки зору апаратного забезпечення, програмного забезпечення та вмісту. Питанням проблем і переваг навчання в метавсесвіті порівняно з традиційною освітою та можливим наслідком навчання в метавсесвіті присвячена стаття [13], яка підготовлена, зокрема за результатами проведення чотирьох майстер-класів з навчання у метавсесвіті з використання віртуальної реальності.

Автори [14] проаналізували ключові тенденції в дослідженні Metaverse і провели ретельний бібліометричний аналіз. Вони досліджували науковий ландшафт досліджень Metaverse. Їхня увага була зосереджена на порівнянні інструментів для проведення такого аналізу. Отримані результати показали, що ці два інструменти (Bibliometrix і VOSviewer) дають хороші результати для досліджень частотних даних, які існують у кількох документах, щоб сформувати мережу взаємозв'язків між ключовими словами, щоб визначити та висвітлити основну тенденцію досліджень у сфері Metaverse. Також ними було визначено, що найпоширенішими темами для статей про метавсесвіт були інформатика, інженерія та соціальні науки, а ключові слова, пов'язані з віртуальною реальністю (VR), доповненою реальністю (AR), блокчейном та Інтернетом речей (IoT), були найчастіше вживаними. Крім того, останні публікації також зосереджені на машинному навчанні, глибокому навчанні та цифрових близнюках (двійник).

Детальний аналіз контенту статей зроблено в роботі [15], яка зосереджена на вивченні питань практичного використання та потенційних переваг XR у співпраці на робочому місці. Для аналізу публікацій з 2009 по 2020 рік автори використовували протокол PRISMA. Ними було проаналізовано близько двохсот наукових статей, на основі якого визначено три основні сфери застосування XR: дизайн, віддалена співпраця і навчання. Також автори вивчали питання програмного забезпечення формування світів розширеної реальності. У результаті дослідження було визначено напрями дослідження XR: співпраця, робочі практики та оцінка передачі знань. Встановлено, що основними прикладними методами досліджень в публікаціях були традиційні і включали інтерв'ю та спостереження. Автори наголошують, що в дослідженнях рідко використовувалася етнографія, оскільки вона потенційно може сприяти розумінню соціальності та матеріальності роботи в реальних робочих умовах.

Системний огляд 41 дослідження, опублікованих з 2011 по 2022 рік в базах ACM Digital Library, Emerald, Google Scholar, IEEE, ScienceDirect, Springer, Taylor and Francis Online і Wiley Online Library зроблено в роботі [16]. Пошук проводився за ключовими словами “Metaverse” or “Augmented Reality” or “Virtual Reality” or “Virtual Worlds” or “Second Life” or “Immersion virtual reality” & or “Mixed Reality” or “Avatars” or “Digital Twins” & [“Education” or “Learning” or “E-learning”] & [“Students” or “pupil” or “learner”] & [“technology adoption” or “technology acceptance”]. Їх аналіз підтвердив, що основним методом збору даних є опитування, інтерв'ю, експеримент. Також ними встановлено, що переважна більшість робіт не мають чіткої предметної області. Серед домінуючих галузей є комп'ютерні науки, медицина, підготовка пілотів та туристична освіта. Також було встановлено, що більшість досліджень метавсесвітів (83%) проводяться у закладах вищої освіти, менше - в шкільній освіті. Причиною цього автори вказують причиною цільові аудиторії академічного навчання професійним навичкам - студенти і аспіранти. Частотна характеристика факторів що «Соціальний вплив/суб'єктивна норма, очікувана продуктивність, очікувана тривалість зусиль, сприятливі умови, уявна насолода, самоефективність, зануреність, уявна сумісність, задоволеність користувачів, уява, взаємодія, уявна тривога та особиста інноваційність» є найпоширенішими спостережуваними факторами, які успішно вплинули на прийняття та налаштування віртуальної реальності. Одним з факторів, що показують важливість прийняття рішення про застосування таких технологій є актуальність синхронного чи асинхронного навчання.

Дослідження [17] виконали системний огляд 236 документів за протоколом SLR в базах Google Scholar, Web of Science, Scopus і PubMed за ключовими словами “Metaverse AND Education” з різними варіантами написання. Виявлено, що найбільш часто використовуваними ключовими словами є AR/VR, AI та I4.0. Показано, що існує як мінімум п'ять центрів

кластеризації дослідження технологій метавсесвітів за ключовими словами: знання (штучний інтелект, доповнена реальність, знання, пандемія/COVID-19, людина, процедури), технології (блокчейн, глибоке навчання, цифрові близнюки, розширена реальність, Industry 4.0 (I4.0), IoT, машинне навчання), платформа (аватар, електронне навчання, навчання, навчання, платформи, віртуальні світи, віртуальне навчальне середовище), академічний (навчання, людський експеримент, університет, стійкість, навчання, Інтернет, студент), екосистеми (екосистеми, системи навчання, прийняття технологій). Одним з важливих питань, яке розглядають автори, є соціальні та етичні наслідки Метавсесвіту. З урахуванням досвіду побудови глобальної мережі Інтернета, та досвіду побудови незалежних майданчиків соціальних мереж чи інших сервісних програм, бачиться, що в майбутньому Метаверс очікує ієрархізація структури відносно капіталовкладень та залученості користувачів.

В дослідженні [18] була зроблена спроба визначити можливості та ризики використання Метавсесвіту в освіті. За основу брались академічні дослідження в індексованих базах Scopus, WoS, Eric та Proquest за ключовим словом “metaverse” і комбінація таких ключових слів, як “education” або “teaching” або “learning”. Процес дослідження застосовувався відповідно до контрольного списку для формування організованого звіту про систематичне узагальнення, огляд і аналіз досліджень у міжнародній літературі PRISMA. Їхнє дослідження показало, що переважна більшість публікацій по метавсесвіту є описовими, тобто досліджують кількісні характеристики а не причинно-наслідкові. В більшості вивчаються технічні можливості метаверсу, а не їх вплив на результати навчання. Причиною вони визначають тривалий процес та адаптація планування такого навчання. Відповідно до вікової категорії, більшість досліджень проводилося для вищої освіти і лише кілька для шкільної освіти та освіти дорослих.

Узагальнюючою є стаття [19], де авторами побудована таксономія для характеристики метавсесвіту як посібник для класифікації послуг метавсесвіту. Ними було визначено ідентифіковано 4 шари, 10 вимірів і 35 характеристик метавсесвіту. Де перший рівень (платформа) спрямований на занурення користувача та застосування у віртуальному світі. Другий рівень досліджує віртуальне представлення людей або цифрових двійників. Третій рівень містить технологію та інфраструктуру, необхідні для роботи метавсесвіту. І останній рівень надає послуги блокчейну, такі як токенизація активів і криптосервіси.

Тема обговорення концепції метавсесвіту та його створення стала можливою завдяки потужним обчислювальним рішенням, розвитку хмарних сервісів, створенню та доступу до величезного обсягу відкритих даних. Поштовхом до їх розвитку стали карантинні обмеження, що відбулися в 2020 році в зв'язку з COVID-19. Як результат - одразу кілька великих компаній, наприклад Microsoft (січень 2022) та Facebook (листопад 2021), оголосили про посилену роботу над платформами метавсесвітів для віртуального спілкування та взаємодії. За дослідженням, яке провела компанія Microsoft [20], європейські компанії розглядають ІТ технології як фактори розвитку бізнесу та економіки. Прикладом можуть бути нові режими електронного бізнесу, торгівлі, цифрових валют, електронного навчання. Використання технологій пов'язане напряму зі змінами всередині компаній і навчанням кваліфікованих фахівців. На сьогоднішній день в європейському просторі створюються освітні програми професійного 3-х річного навчання за професією дизайнер для іммерсивних медіа (GiM) [21].

Питання використання таких технологій в освіті є спірним в освітньому обговоренні, оскільки вартість та трудові затрати на створення контенту поки більші за ті переваги, що дають ці технології. Але суспільство прагне через візуалізацію контенту створити більш прості моделі взаємодії з реальним світом та удосконалити існуючі процеси

використовуючи технічні досягнення. Крім того, “зі зростанням інвестицій у метавсесвіт (або метаверс) необхідне апаратне та програмне забезпечення стає потужнішим і дешевшим, а очікування технологічних фірм щодо цього ринку високі” [22].

Дослідники зазначають, що саме широкий спектр можливостей метавсесвіту, включаючи віртуальний простір, який пропонує реальні репрезентації себе, що, можливо, посилює соціальний аспект викладання та навчання, викликає зростаючий інтерес освітян до досліджуваної технології [23]. Також, за результатами досліджень [23, 24, 25] сучасне покоління учнів і студентів значно більше орієнтовано на використання технологій в освітньому процесі, при цьому покоління Z (new generation of ‘Virtual Natives’) більше орієнтоване на технології штучного інтелекту порівняно з поколінням X або Y. Важливо усвідомити, що одним із завдань системи освіти є формування критичного мислення та відповідального ставлення до використання технологій майбутніми фахівцями. Технології можуть позитивно впливати на формування професійної компетентності, але за умови відсутності зловживань їх використання у процесі здобуття освіти, наприклад, штучного інтелекту.

Важливим питанням є дослідження сценаріїв навчання. Ahmed Tlili та інші зазначають, що “Було дуже мало досліджень, присвячених мобільному навчанню, гібридне навчання та мікронавчання. Крім того, жодне дослідження не було зосереджено на використанні Metaverse в освіті для студентів з обмеженими можливостями” [23, с. 1].

На думку дослідників використання метавсесвіту може розширити можливості навчання, через організацію практичного навчання з використанням викладачами сценаріїв, що недоступні фізичному світі. Це надає учням можливість отримати певний досвід та відчутти актуальність теорії, що вивчалася, поєднати творчість, навчальний та реальний досвід. Впровадження цих сценаріїв в систему вищої освіти може повністю змінити

те, як розробляються і викладаються традиційні курси математики, фізики або хімії [26: с. 36-37].

Дослідження, проведені в співпраці між викладачами університетів, галузевими підприємцями, неурядовими організаціями та студентами дозволили сформувати інтерактивну двосторонню концептуальну модель взаємодії у імерсивному середовищі [27]. Дослідниками визначені соціально-когнітивні фактори впливу: спільна діяльність посилює соціалізацію, захоплююча 4-D/5-D візуалізація полегшує залученість учасників, гейміфікація та досвід STEM / IoT формує емпатійні знання та моральне сумління шляхом інтерналізації, екстерналізації, соціалізації.

2.2. Вивчення технологій штучного інтелекту на позакласних заняттях з підлітками.

Одним із завдань системи освіти є підготовка дитини до успішного життя у сучасному світі технологій та до успішної професійної реалізації та затребуваність на ринку праці. В цьому дослідженні нами описано проведення заняття з учнями в межах гурткової роботи зі штучного інтелекту: введено термінологію, наведено приблизний план проведення занять та надано методологічні рекомендації для них. У процесі заняття діти знайомляться з поняттями штучного інтелекту та машинного навчання, відмінностей між ними, з поняттям комп'ютерного зору, етапами машинного навчання, етапами ідентифікації об'єкта, отримання та класифікації даних, приклади проєктів з розпізнавання образів, дерево рішень, поняття нейромережі та її навчання, а також навчають машинку з вбудованим штучним інтелектом "бачити" об'єкти. Протягом заняття нами було запропоновано різні ігри, спрямовані на розуміння та засвоєння складних понять. Особливістю таких занять є їх тривалість та

різноманітність видів активностей. Вони можуть бути проведені в літніх таборах, під час наукових студій/досліджень на канікулах.

Такі тенденції спонукають до дослідження існуючих програм вивчення технологій ШІ та їх вплив в освіті. Нами було проаналізовано онлайн ресурси, які можна використовувати у освітньому процесі на першому етапі, тобто для знайомства з принципами роботи і використання ШІ. Такі ресурси виступають як засіб формування навичок роботи з ШІ, розуміння його переваг, обмежень та небезпек, а також ранньої профорієнтації [1]. Зроблені рекомендації щодо інтеграції програм штучного інтелекту в навчальний процес та конкретний вплив цих технологій на роль учителя та потенціал для їх ширшого впровадження [2].

У шкільній освіті питання вивчення ШІ залишається малодослідженим і недостатньо розробленим. Попри зростаючий інтерес до STEM-дисциплін, інтеграція ШІ в освітні програми залишається фрагментарною. Більшість кейсів направлено на використання генеративних мереж, складання промтів та накопичення згенерованого контенту. Існує потреба в розробці ефективних методик викладання основ ШІ для дітей, які б не лише пояснювали теоретичні аспекти, а й сприяли розвитку практичних навичок технічного напрямку.

Важливо також враховувати, що навчальні підходи мають бути адаптовані до вікових особливостей учнів і поєднувати різні методи активного навчання. Оскільки робота в малих групах, ігрові елементи та проєктна діяльність є ключовими аспектами сучасного навчального процесу, їх доцільно використовувати при роботі і вивченні ШІ. Водночас залишається відкритим питання ефективності таких занять у контексті формування як технічних знань, так і м'яких навичок учнів.

В попередніх дослідженнях нами виділено три етапи формування компетентностей у учнів на уроках інформатики: знайомство з можливостями ШІ, побудова власних програм машинного навчання в

конструкторах, перехід до програмування. Аналіз публікацій показав, що перші два етапи представлені достатньо добре. Третій етап, перехід до створення систем штучного інтелекту та моделей машинного навчання, є недостатньо представленим у публікаціях, оскільки такі задачі відносяться до задач університетського рівня вивчення і містять достатньо багато складних понять та алгоритмів. Перед нами стало завдання визначити необхідний мінімум термінології, виокремити і перевести найпростіші задачі в терміни й аналогії, доступні дітям у віковій групі 10-16 років для побудов ними моделей машинного навчання.

На основі проведеного дослідження нами було визначено мінімально необхідну термінологію, яка використовується при роботі з ШІ, основ побудови ШІ (набір даних, алгоритм, прогноз), класифікації алгоритмів ШІ (комп'ютерний зір, мовні моделі), аспектів роботи програм на основі ШІ та визначили відповідний контент.

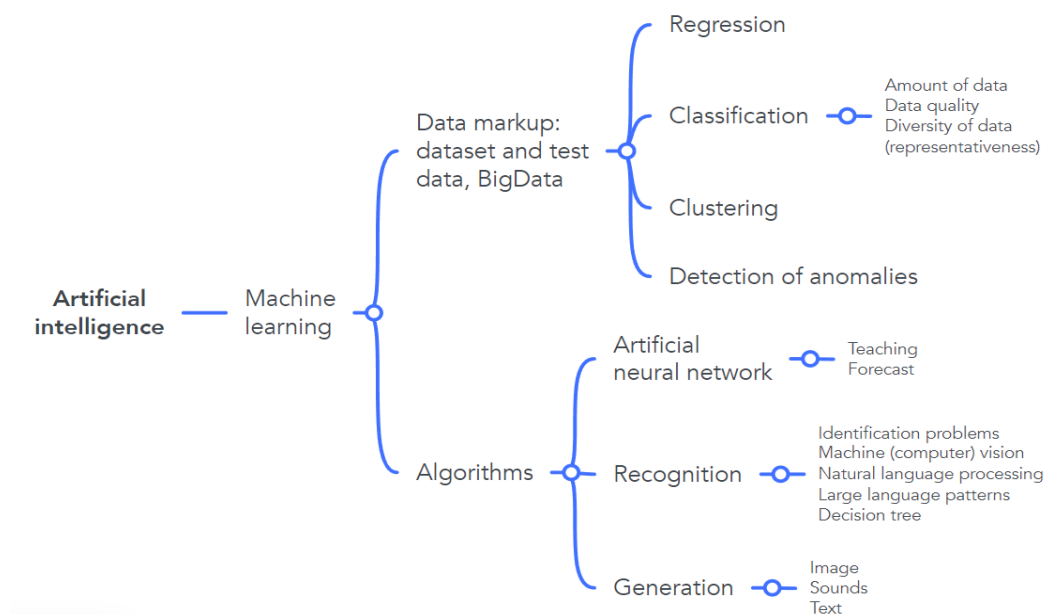


Рис. 3. Mind Map до плану заняття з основними термінами

2.3. Методологія роботи

Ми відштовхувались від двох основних задач, які стоять перед учнями при роботі з інструментами ШІ: набір даних для розмітки та розуміння роботи машинного навчання, зокрема роботи штучних нейронних мереж.

Мета заняття

ознайомити дітей з поняттям штучного інтелекту, нейронних мереж, дерева рішень, комп'ютерний зір, принципами роботи ШІ, нейронної мережі, дати розуміння їх прогностичної сутності, ознайомити з рішеннями на основі ШІ, набути навички роботи з ШІ та роботизованими пристроями з ШІ.

Отримані навички

розрізняти поняття штучного інтелекту та машинного навчання, вміти класифікувати об'єкти, знати способи отримання даних (опитування, експеримент), створювати набори даних та тестові дані до них, класифікувати дані, визначати кількість, якість та різноманіття отриманих даних, аналізувати результати роботи ШІ (правильність, відповідність завданню).

Особливістю заняття є його тривалість 4,5 години. Воно може бути проведене в літніх таборах, під час наукових студій/досліджень на канікулах. В залежності від віку дітей та їх навичок програма заняття може бути скороченою або розширеною, розділеною на кілька частин.

Також особливістю є те, що в цій програмі чергуються види робіт: ознайомлення з термінами та поняттями, дискусія, практична робота, зміна локації для активного руху (як у грі про взуття). На окремих активностях робота може бути налагоджена в групах по двоє-троє дітей.

План проведення заняття:

1. Вступне слово - коротке повідомлення про мету заняття, порядок роботи.

2. Гра “Що у торбинці?” - налаштовує дітей до спостереження за процесом ідентифікації, розкриває важливість попереднього досвіду, практичний досвід як база отримання даних для навчання, роботи мозку людини (власної нейронної мережі).

3. Термінологія - визначення основних понять та термінів, таких як штучний інтелект, машинне навчання, відмінності між ними.

4. Критичний аналіз прикладів використання ШІ у повсякденному житті. Основна мета - встановити що може і що не може робити та чи інша система ШІ, можливі наслідки шкідливого використання, уникнення наслідків, етичні питання, прозорість рішень.

5. Гра “Tic-Tac-Toe” (<https://www.aaronccwong.com/tic-tac-toe>) - онлайн гра на основі ШІ, яка дозволяє визначити поняття стратегії, прогнозу, алгоритму машинного навчання [17].

6. Перехід від правил до даних. Створення набору даних за допомогою дослідження: який тип взуття найпопулярніший - це заняття [18] дозволяє встановити де брати дані, визначити поняття набору даних, а також такі характеристики набору даних як кількість даних, їх якість та різноманіття (репрезентативність). Разом з тим розглядаються такі поняття як класифікація, кластеризація даних, виявлення аномалій.

7. Вступ до алгоритмів машинного навчання з точки зору програмування: аналіз різних зображень об’єкта, наприклад, кота, визначення ознак, за якими ми ідентифікуємо його наявність чи кількість об’єктів. Визначення проблем ідентифікації та наявності аномалій в даних.

8. Створення власного проєкту розпізнавання на основі Teachable Machine від компанії Google (<https://teachablemachine.withgoogle.com/>). Основна мета - створити якісний набір даних для розпізнавання, наприклад, лівої/правої руки. На практиці перевірити важливість характеристик набору

даних - кількість, якість та різноманіття. В кінці роботи увага дітей звертається на те, що ця гра містить блок “тренування”, робота якого є не очевидною (поки що) і підводить до введення поняття нейронної мережі.

9. Від даних до алгоритмів. Гра “Вгадай предмет”. Ця гра показує як на основі відомих характеристик ми проводимо класифікацію, робимо прогноз чи приймаємо рішення. Дозволяє ввести поняття “дерево рішень” у роботі нейронної мережі.

10. Гра “Нейронна мережа людей”. Закріплення поняття про роботу нейронної мережі в задачі відгадування зображення [19]. В якості нейронів - самі діти, які повинні прийняти рішення про відповідність ознак об’єкту і виокремити суттєві від несуттєвих.

11. Програмування Zumi. Ці машинки з вбудованим модулем штучного інтелекту створені для навчання програмуванню. Вони мають власне програмне забезпечення та робоче середовище. Для занять були обрані базові завдання розпізнавання з сайту виробника [20]. Програмувати можна як за допомогою графічного інтерфейсу, так і на мові Python.

12. Підведення підсумків.

2.4. Опис деяких активностей для проведення занять з ШІ.

Зробимо опис деяких активностей зазначених у наведеному плані, для розкриття основних задач. Вибір активностей характеризувався ефективністю демонстрації базових понять і разом з тим простими умовами без спеціального обладнання.

Гра “Що у торбинці?”.

Метою гри є продемонструвати учням, як саме власний досвід людини впливає (навченість) на розпізнавання об’єктів. Розуміння того як саме працює наш власний природний інтелект сприяє кращому усвідомленню принципів розпізнавання об’єктів штучним інтелектом.

Обладнання: непрозора торбинка із щільної тканини, набір різних невеликих предметів.

Діти по черзі опускають руку в торбинку, обрають один із предметів, не виймаючи предмет намагаються тактильно його розпізнати, описують його характеристики та висувують гіпотезу що це, інші діти за поданим описом також можуть запропонувати власні передбачення, після цього виймають предмет із торбинки.

Така вправа створює фон заняття. Не важливо хто вгадав, хто ні. Тут робиться акцент на тому, що є предмети які діти можуть легко впізнати або близько визначити призначення за наявними ознаками (форма, матеріал, величина), оскільки з цим предметом вже колись зустрічалися, знають його. А також є предмети, які не усі діти можуть розпізнати, або ніхто з них не може це зробити, бо немає попереднього досвіду роботи з таким об'єктом. Якщо такого предмету немає в нашому досвіді ("великі дані" в нашому мозку), то ми починаємо знаходити аналогії з інших знайомих речей. Таким чином будуємо передбачення - чим може бути предмет, і називаємо найближчий схожий на нього.

Із нашого досвіду цікавими для розпізнавання предметами виявилися, наприклад, тюбик із ліками, дюбель, клеми для електричних схем тощо. Тюбик міг містити клей або пасту, залежно від власного досвіду діти пропонували різні варіанти. Наприкінці діти дійшли висновку, що отриманих нами даних у даному випадку недостатньо для правильного розпізнавання. У випадку з електричними клемами діти називали "лего", що до них подібне. Зробили висновок, що велику роль грає попередній досвід, який люди отримують в процесі пізнання навколишнього світу та практичної діяльності. Тому навіть просте знайомство з новим поповнює наші запаси даних і дає шанс нашому мозку генерувати більш цікаві, різноманітні, складніші та глибші ідеї.

Термінологія. За нашим визначенням штучний інтелект - це система, яка виконує дію на основі моделі машинного навчання, але містить і додаткові складові. Наприклад, модулі цензури для запитів, захист від зламу моделі.

Визначення машинного навчання нами сформульовано, як модель, в основі роботи якої є алгоритми, вона тренується на даних за допомогою різних методів, наприклад глибинного навчання чи random forest.

Глибинне навчання визначений нами, як процес роботи алгоритмів.

Алгоритми глибинного навчання побудовані на штучних нейромережах.

Глибинне навчання проводиться на основі розмічених даних. Наприклад алгоритми ідентифікації по зображенню чи відеоспостереженню.

Набори даних ми визначили, як структурований, розмічений набір даних. Вони представляють собою створену колекцію для машинного навчання (аналіз даних, навчання, оцінка). Також їх можна обробляти традиційними інструментами аналізу даних.

Великі дані ми визначили, як надзвичайно великі набори даних. Такі дані є зазвичай не структурованими. Керування, обробка чи аналіз таких даних важко провести за допомогою традиційних інструментів, “вручну”.

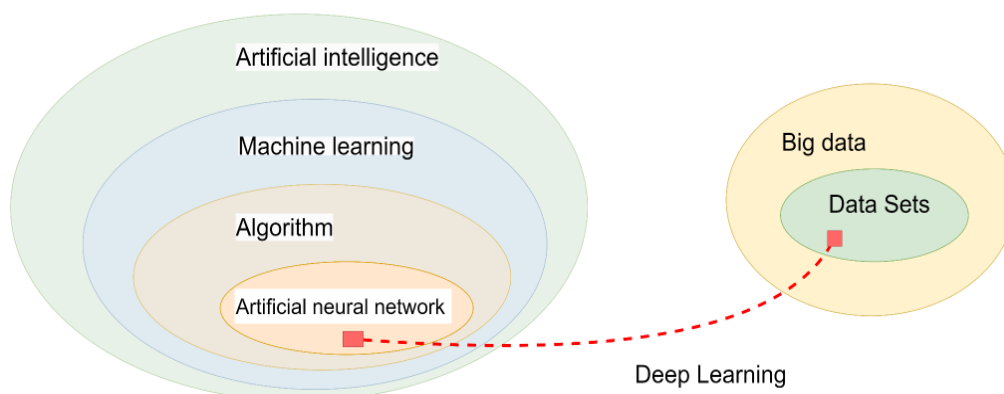


Рис.5. Діаграма термінів

Критичний аналіз прикладів використання ШІ у повсякденному житті.

На сучасному етапі розвитку технологій штучного інтелекту, з метою адаптації існуючих складних понять, ми зупинилися на визначенні штучного інтелекту, як системи, яка не тільки може зробити прогнозування, але й прийняти рішення про відповідну дію і виконати цю дію. Прикладом можуть бути безпілотні автомобілі, військові або протипожежні дрони. Зазвичай діти достатньо швидко згадують приклади таких рішень з використанням ШІ як Алекса, безпілотний автомобіль, розумний будинок, чат GPT. Менш очевидними є програми перекладачі, пошукові сайти, соціальні мережі, чат боти компаній, система безпеки банку, комп'ютерні ігри. Майже ніколи не називають приклади використання ШІ, наприклад, для створення ліків, протезів, наукових досліджень у медицині, кліматології, екології. Мета цього завдання дати характеристику названим прикладам: чи вказаний приклад тільки робить прогноз/пропозицію, чи вона приймає рішення і робить дію. Це дає можливість наголосити на відмінності штучного інтелекту, як загального поняття і комплексної системи, та машинного навчання, як моделі, яка працює на основі алгоритму і робить передбачення, висновки, але не робить дії.

Перехід від правил до даних. Гра “Яке взуття найпопулярніше?”

Ця гра є рухливою і завжди дуже подобається дітям. Вона допомагає зрозуміти аспекти формування набору даних, їх кількості та якості, підходить до класифікації даних, знайомить з діаграмою частот.

Авторами Franklin, C. A., & Mewborn, D. S. [20] описано в 2008 році заняття, яке дозволяє навчити дітей проводити статистичні дослідження. Ми зробили акцент у цій вправі на збір інформації, її класифікації, виявленні аномалій. Під час гри діти знайомились з характеристиками зібраної

інформації, такими як кількість і якість інформації, репрезентативність даних.

Обладнання: взуття учасників гри.

Збираємо по одному екземпляру взуття, аналізуємо колір, тип, матеріал і робимо перші висновки щодо того яке ж взуття є найпопулярнішим. Далі задаємо наступні запитання, наприклад, Яке взуття було б найпопулярнішим якби ми проводили збір даних біля спортивної школи? / біля пляжу?/ в театрі? Які екземпляри яких типів взуття взагалі не були представлені? Чи всі категорії містять приблизно однакову кількість взуття?

Деякі містять більше або менше взуття, ніж інші?

Чи очікували б ми інших результатів, якби ми збирали ці дані в театрі?

Що, якби ми зібрали ці дані в школі на Гаваях?

Що, якби ми збирали дані в січні замість квітня?

Ця вправа завершує частину знайомства з даними та їх характеристиками.

Вступ до алгоритмів машинного навчання з точки зору програмування. Гра “Де кіт?” . Метою демонстрації зображень є введення поняття класифікації об’єктів, проблем їх ідентифікації та виявлення аномалій. Для проведення ігри необхідні кілька фотографій в яких об’єкт, наприклад, кіт є важко впізнаваним (рис. 7). Діти спочатку називають ознаки об’єкта. Потім мають довести, чому вони вважають, що на фотографії зображений саме кіт, відповідно до названих ознак, за якими ознаками вони можуть це стверджувати, який мінімальний набір ознак дозволяє визначити кота.

Ця вправа дозволяє критично оцінити дані, подивитися під іншим кутом на відомі об’єкти. Дані розглядаються як сукупність характеристик об’єкта. У цій вправі вводиться поняття аномалій серед даних. Наприклад

на рис.6 є кіт, але є і подушки з зображенням кота, тому такі об'єкти не повинні визначатись алгоритмом як кіт. Окремі ознаки об'єкта можуть не відповідати “середньостатистичним” ознакам цього об'єкта.

В залежності від вікової групи і готовності до дискусій, можна запропонувати дітям вирішити цю проблему, провести “мозковий штурм”, дискусію. Наприклад, кожна з ознак може бути визначена як ключова або ні. Інший варіант, введення коефіцієнтів значущості ознак і перетину з ознаками іншого об'єкта. Ознаки представляють собою багатовимірний простір, в якому формуються вектори властивостей об'єкта. Також можна ввести поняття контекстного вікна. Це поняття визначає кількість інформації (ознак), яку утримує алгоритм, для генерації відповіді. Його величина напряду впливає на якість результату які дає алгоритм (більша деталізація, але), а також має свої недоліки і переваги.

Для успішної ідентифікації об'єкта потрібні різні приклади його зображень (репрезентативність). Варіантів рішень проблеми може бути кілька, важливо обговорити їхні сильні і слабкі сторони, чи вони доповнюють один одного, їх баланс, зробити висновок, що єдиного правильного рішення не існує. Рішення буде залежати від конкретного набору даних.

Важливо наголосити, що набір даних не завжди ідеальний, для ідентифікації об'єкта необхідно мати досвід і знання, оновлювати набори даних.

Ця вправа є фоном для подальшої практичної роботи з розпізнавання на основі Teachable Machine від компанії Google

Створення власного проєкту розпізнавання на основі Teachable Machine від компанії Google. В цьому проєкті діти навчають алгоритм розпізнавати ліву та праву руку. Як правило, ними створюється багато одноманітних знімків для визначення руки. Після запуску такої програми

розпізнавання програма не може визначити правильно руку, якщо вона повернута на 90 градусів, або повернута тильною стороною, або один або більше пальців стиснуті в кулак (рис.8). Робимо висновок, що базу даних об'єкта потрібно змінити, доповнити, збільшити.

Від даних до алгоритмів. Гра “Вгадай предмет”. Метою гри є продемонструвати як працює дерево рішень. Це звичайна дитяча гра, в якій одна людина загадує слово (його можна написати на папері, щоб уникнути непорозуміння), а інші повинні задавати питання про її ознаки. На ці питання можна відповідати тільки “так” або “ні”. Для фіксації властивостей можна на дошці записувати названі властивості у вигляді дерева.

Цікавим є спостереження, що сучасні діти довго вгадують звичайні предмети, які не потребують електрики, наприклад, бочка, балкон, виделка тощо.

Розширення заняття

З початком масового використання програм ШІ питання етики штучного інтелекту є дуже актуальним. Нами під час заняття питання загальнолюдських цінностей та етики штучного інтелекту не розглядалося окремим пунктом. Але для багатьох ситуацій ми піднімали питання етичного його використання. Зокрема, розширення заняття можна зробити за рахунок обговорення за наступними питаннями.

Етика та регулювання штучного інтелекту:

- Безпека даних та людини при використанні штучного інтелекту.
- Проблема авторського права у генерованих зображеннях.
- Упередженість і справедливість, цензура штучного інтелекту.
- Конфіденційність – порушення цифрових прав та приватності.
- Відповідальність – проблема вагонетки.
- Прозорість у прийнятті рішень – автопілот.
- Контроль людиною штучного інтелекту.
- Управління – суспільні цінності та цілі.

Розкриттю цих питань ми плануємо описати в нашій наступній роботі.

5. Висновки.

Проведений аналіз публікацій показав, що існує достатньо високий рівень затребуваності вивчення та навчання технологіям штучного інтелекту. Серед публікацій достатньо велика кількість таких, що розкривають можливості інструментів штучного інтелекту для практичної діяльності. Також достатня кількість публікацій, які описують процес навчання технологіям ІІІ студентів та для підвищення кваліфікації учителів. Однак питання створення програм навчання для дітей алгоритмам ІІІ та грамотності в роботі зі ІІІ розкрито не достатньо.

Проведене дослідження підтвердило важливість інтеграції штучного інтелекту в освітній процес для дітей віком 10-16 років.

Програми навчання відрізняються навчальними цілями. В нашій програмі вивчення акцент зроблено на вивченні саме алгоритмів роботи штучного інтелекту і підведення до основ його програмування, створення нейронної мережі, розуміння основ її роботи, прогностичний характер моделі. Також велика увага приділяється роботі з даними: від створення набору даних через аналіз та обробку результатів до критичного їх оцінювання та опису відповідними характеристиками, важливими для тренування нейронних мереж.

Застосування практичних завдань і реальних кейсів дозволяє учням не лише теоретично ознайомитися з основами ІІІ, але й навчитися застосовувати отримані знання на практиці. Використання роботизованих систем значно підвищує зацікавленість дітей у навчанні та розширює можливості STEM-освіти.

Створена програма добре масштабується як для проведення коротких занять, так і для проведення довготривалого заняття. Підходить для дітей підлітків, щоб зацікавити їх в технологіях та побудові моделей.

Таким чином, результати цього дослідження можуть бути корисними для педагогів та організаторів гурткових занять, які прагнуть впроваджувати сучасні технології в освітній процес. Подальші дослідження можуть зосередитися на розробці методичних матеріалів і адаптації програм навчання відповідно до вікових особливостей дітей та рівня їхньої підготовки, а також оцінку впливу таких занять на розвиток їхніх технічних навичок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. O. R. Ogunseiju, A. A. Akanmu, D. Bairaktarova, D. A. Bowman, and F. Jazizadeh, "Assessment of interactive holographic scenes in learning applications of sensing technologies in construction education," *Journal of Civil Engineering Education*, vol. 149, no. 4, p. 04023007, 2023. [Online]. Available: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JCEECD.EIENG-1899> Accessed on: 4.11.2023. (in English)
2. Templin, T., Popielarczyk, D., & Gryzsko, M. (2022). Using augmented and virtual reality (AR/VR) to support safe navigation on inland and coastal water zones. *Remote Sensing*, 14(6), 1520. doi.org/10.3390/rs14061520 (in English)
3. Albeaino, G., Eiris, R., Gheisari, M., Issa, R.R. DroneSim: a VR-based flight training simulator for drone-mediated building inspections. *Construction Innovation*, 22(4), pp. 831–848, 2022. DOI 10.1108/CI-03-2021-0049 (in English)
4. Giljarhus, K.E.T., Liland, F.F., Oggiano, L. Virtual skeleton methodology for athlete posture modification in CFD simulations. *Sports Engineering*, Vol. 2, no. 61, 39, 2023. [Online]. Accessed on: 2.11.2023. <https://doi.org/10.1007/s12283-023-00430-8> (in English)
5. Rabotin, A., Glick, Y., Gelman, R., ... Fink, N., Furer, A. Practicing Emergency Medicine in the Metaverse: A Novel Mixed Reality Casualty Care Training Platform *Surgical Innovation*, Vol. 30 no. 5, pp. 586–594, 2023. <https://doi.org/10.1177/15533506231191576>. (in English)
6. P. Patel and S. Khan, "Review on virtual reality for the advancement of architectural learning," 2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference, RESEM 2023, 2023. [Online]. DOI <https://doi.org/10.1109/RESEM57584.2023.10236123> (in English)
7. Osadchyi, Viacheslav, Nataliia Valko, and Nataliya Kushnir. "Determining the level of readiness of teachers to implementation of STEM-

education in Ukraine." ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer: proceedings of the 15th International Conference ICTERI 2019. Vol. 2393. Kherson, 2019. [Online]. Available: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_369.pdf Accessed on: 7.08.2023. (in English)

8. Kryvenko, I., Chalyy, K. Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning. Educacion Medica, Vol. 24, no. 5, 100854, 2023. DOI: 10.1016/j.edumed.2023.100854 (in English)

9. Dyulicheva, Yulia Yu., Glazieva, Anastasia O. Game based learning with artificial intelligence and immersive technologies: an overview. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3077, pp. 146 - 159. 2022 (in English)

10. Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, vol. 17, no. 4, pp. 133–149, 2014. (in English)

11. Ibáñez, M.-B., Delgado-Kloos, C. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. Computers and Education, 123, pp. 109-123, 2018. Cited 458 times. <http://www.journals.elsevier.com/computers-and-education/> doi: 10.1016/j.compedu.2018.05.002 (in English)

12. Park, Sang-Min, and Young-Gab Kim. "A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges." IEEE access 10, pp. 4209-4251, 2022. DOI 10.1109/ACCESS.2021.3140175 (in English)

13. Hines, P., & Netland, T. H. Teaching a Lean masterclass in the metaverse International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 14, no. 6, pp. 1121 – 1143, 2023. (in English)

14. Brahimi, Tayeb, and Hala Haneya. "Mapping the Scientific Landscape of Metaverse Using VOSviewer and Bibliometrix." 2023 20th Learning and Technology Conference (L&T). IEEE, 2023. (in English)

15. Vasarainen , M., Paavola , S & Vetoshkina , L, A Systematic Literature Review on Extended Reality: Virtual, Augmented and Mixed Reality in Working Life, International Journal of Virtual Reality, vol. 21, no. 2, pp. 1-28, 2021. <https://doi.org/10.20870/IJVR.2021.21.2.4620> (in English)
16. Alfaisal, Raghad, Haslinda Hashim, and Ummu Husna Azizan. "Metaverse system adoption in education: a systematic literature review." Journal of Computers in Education: pp.1-45, 2022. (in English)
17. De Felice, F., Petrillo, A., Iovine, G., Salzano, C., & Baffo, I. How Does the Metaverse Shape Education? A Systematic Literature Review. Appl. Sci., vol. 13, no. 9, 5682, 2023; <https://doi.org/10.3390/app13095682> (in English)
18. Sarıtaş, M. T. & Topraklıkoğlu, K.. Systematic literature review on the use of metaverse in education. International Journal of Technology in Education (IJTE), vol. 5, no. 4, pp. 586-607. 2022. <https://doi.org/10.46328/ijte.319> (in English)
19. Vaghani, Anjali, Tan Gürpınar, and Nick Große. "A Taxonomy Characterizing Blockchain-Empowered Services for the Metaverse." Edited by Sergey Y. Yurish: p. 64, 2022. (in English)
20. A Guide to the Future. How companies across industries in Central and Eastern Europe approach the digital revolution. [Online]. Available: <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/CE-DIGTRNS-CNTNT-content-MGC0002953.pdf> . Accessed on: 10.11.2023.
21. Gestalter/-in für immersive Medien (ab August 2023) IHK Berlin [Online]. Available: <https://www.ihk.de/berlin/ausbildung/ausbildungsberufe-von-a-bis-z/gestaltung-immersive-medien-5688836> Accessed on: 10.11.2023. (in English)
22. Mogaji, E., Wirtz, J., Belk, R.W., Dwivedi, Y.K. Immersive time (ImT): Conceptualizing time spent in the metaverse. International Journal of Information Management, vol. 72, no. 102659, 2023. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2023.102659 (in English)

23. Ahmed Tlili, Ronghuai Huang, Boulus Shehata, Dejian Liu... Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis, *Smart Learning Environments* vol. 9(1),no. 24. – pp.. 1-31, 2022. (in English)
24. Kushnir, N., Manzhula, A., Valko, N. New approaches of teaching ICT to meet educational needs of net students generation. *CEUR Workshop Proceedings*, 1000, pp. 195–208. 2013. (in English)
25. Kushnir, N., Manzhula, A., Valko, N. Bridging the Generation Gap in ICT Education. *Communications in Computer and Information Science*, 412 CCIS, pp. 229–251, 2013 (in English)
26. Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy / Dwivedi, Y.K., Hughes, L., Baabdullah, A.M., (///), Vigla, G., Wamba, S.F. // *International journal of Information Management*, vol. 66, 102542., pp. - 2-55, 2022. (in English)
27. KWOK, Percy Lai-Yin, Joe Kwong-Ngai CHEN, and Jordan Tsz-Chun FUNG. "Two-way Knowledge Transfer Among University Academics, Young Entrepreneurs, NGOs and Students in STEM and IoT Metaverses: Conceptual Model, Research Agendas and Contextual Challenges." *Proceedings of the 30th International Conference on Computers in Education, ICCE 2022. Asia-Pacific Society for Computers in Education*, 2022. (in English)
28. Kushnir, N. O., & Valko, N. V. (2023). Methodical aspects of studying artificial intelligence by future teachers. In *Ceur workshop proceedings*. 155–170. 41 (7). <https://ceur-ws.org/Vol-3553/paper25.pdf> .
29. Spivakovsky, O. V., Omelchuk, S. A., Kobets, V. V., Valko, N. V., & Malchykova, D. S. (2023, Oct.). Institutional policies on artificial intelligence in university learning, teaching and research. , 97 , 181–202. Retrieved from <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5395> doi: 10.33407/itlt.v97i5.5395

30. Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences*, 12 (8), 569.
31. Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26 , 582–599.
32. Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, 28 (7), 8445–8501. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w> .
33. Laupichler, M. C., Aster, A., Schirch, J., & Raupach, T. (2022). Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100101.
34. Markauskaite, L., Marrone, R., Poquet, O., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Howard, S., et al. (2022). Rethinking the entwinement between artificial intelligence and human learning: What capabilities do learners need for a world with ai? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3 , 100056. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100056> .
35. Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9 (6), 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584> .
36. Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., et al (2021). Ethics of ai in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1> .
37. Yang, W. (2022). Artificial intelligence education for young children: Why, what, and how in curriculum design and implementation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3 , 100061.

38. How, M.-L., & Hung, W. L. D. (2019). Educating AI-thinking in science, technology, engineering, arts, and mathematics (steam) education. *Education Sciences*, 9 (3), 184. <https://doi.org/10.3390/educsci9030184> .
39. Uzule, K. (2020). Teacher training and education programs in latvia: are e-competences included? *Business, Management and Education*, 18 (2), 294–306.
40. Andrews, C. J. (2022). Preparing to design robots for social contexts. *IEEE Technology and Society Magazine*, 41(1):15–17. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9731821> .
41. Gotterbarn, D., Brinkman, B., Flick, C., Kirkpatrick, M. S., Miller, K., Vazansky, K., & Wolf, M. J. (2018). Acm code of ethics and professional conduct.
42. Green, N. L., & Crotts, L. J. (2020). Argument schemes for ai ethics education. In *Cmna@ comma* (pp. 41–50).
43. Burton, E., Goldsmith, J., & Mattei, N. (2018). How to teach computer ethics through science fiction. *Communications of the ACM*, 61 (8), 54–64. <https://doi.org/10.1145/3154485> .
44. Hands On AI Projects for the Classroom: A Guide for Elementary Teachers https://cdn.iste.org/www-root/Libraries/Documents%20%26%20Files/Artificial%20Intelligence/AIGDEL_0820-red.pdf
45. Franklin, C. A., & Mewborn, D. S. (2008). Contemporary Curriculum Issues: Statistics in the Elementary Grades: Exploring Distributions of Data. *Teaching Children Mathematics*, 15(1), 10-16. Retrieved Jul 24, 2024, from <https://doi.org/10.5951/TCM.15.1.0010>
46. Parmar Sanjay. Artificial Intelligence Class 9. Creating a human neural network. Class 10. <https://www.tutorialaicsip.com/ai/creating-a-human-neural-network-ai-class-9-10/>
47. Zumi. Lesson works with Zumi. <https://learn.robolink.com/lesson/signdetection/>

48. Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M. *et al.* Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?. *Int J Educ Technol High Educ* **16**, 39 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікації авторів за темою дослідження

1. Валько Н.В. Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: дис. д-ра пед. наук: 13.00.04. Запоріжжя, 2020. 510 с.
2. Kushnir Nataliya, Osypova Nataliia, Valko Nataliia, Kuzmich Liudmyla, Distance Learning Technologies in Institution of Higher Education by Means of LCMS Moodle. Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops (ICTERI 2020) Kharkiv, Ukraine, October 06-10, 2020., p. 1152-1163, <http://ceur-ws.org/Vol-2732/20201152.pdf>
3. Kushnir N., Osypova N., Valko N., Kuzmich L. Model of an Education Robotics Course for Natural Sciences Teachers. Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference (ICTERI 2020), Kharkiv, Ukraine, October 06-10, 2020., Vol. 2740, p. 322-333, <http://ceur-ws.org/Vol-2740/20200322.pdf>
4. Valko N., Osadchyi V., Education individualization by means of artificial neural networks, E3S Web Conf., Volume 166, 2020, The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020), E3S Web of Conferences **166**, 10021 (2020), DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016610021>
5. Osadchyi V., Valko N., Kuzmich L., Abdullaeva N. Studies of impact of specialized STEM training on choice further education. The International

Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2020). SHS Web Conf. Volume 75, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207504014>

6. Валько Н.В., Кушнір Н.О. Компетентнісний підхід до підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. Тези IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Науково-методичні засади створення інноваційної моделі STEM-освіти», 04-05 листопада 2020 р.
7. Nataliia V. Valko, Viacheslav V. Osadchyi, Vladyslav S. Kruhlyk. Cloud resources use for students' project activities // CEUR Workshop Proceedings. - Vol. 2879. - P. 304-317. 2020. <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper16.pdf>
8. Valko N.V., Osadchyi V.V. Analysis and prospects for the preparation of future teachers of the integrated course "Natural sciences". Symposium on Advances in Educational Technology. November 12-13, 2020. Kyiv, Ukraine. Vol.2. P.473-479. Printed in Portugal. ISBN: 978-989-758-558-6. DOI: 10.5220/0000155000003364
9. Zadorozhnii Vitalii, Valko Nataliia. The Use of Software and Hardware Arduino for the Students' Formation of Research and Engineering Competencies. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology - Volume 1: AET, P. 188-195, 2020, Kyiv, Ukraine. DOI:10.5220/0010922300003364. ISBN: 978-989-758-558-6 <https://www.scitepress.org/PublicationsDetail.aspx?ID=Z97EmIOKFjs=&t=1>
10. Valko, N.V., Osadchyi, V.V., Kuzmich, L.V. Construction of an Education Model of Natural Disciplines' Students in the Distance Learning Conditions. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology - Volume 2: AET, P. 34-43, 2020, Kyiv, Ukraine. ISBN: 978-989-758-558-6. DOI:10.5220/0010928100003364.

<https://www.scitepress.org/PublicationsDetail.aspx?ID=0ZA+hXfsvxE=&t=1>

11. Naumuk Iryna, Valko Nataliia. Development of Media Education in Ukraine: Current State and Modern Requirements. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology - Volume 2: AET, 73-84, 2020, Kyiv, Ukraine. DOI:10.5220/0010928600003364. ISBN: 978-989-758-558-6.

<https://www.scitepress.org/PublicationsDetail.aspx?ID=ogJcC+hhaEg=&t=1>

12. Valko N.V., Osadchyi V.V. Principles of Effective Functioning of Training System of Future Teachers of Natural and Mathematical Science for STEM Technologies Usage. ICHTML 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110402016> SHS Web Conf. Volume 104, 2021, Second International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2021), 02016. Published: in Rptss - International Conference on Research Paradigms Transformation in Social Sciences. DOI: 10.1051/SHSCONF/202110402016. WoS

13. Osadchyi, V.V., Valko, N.V., Kuzmich, L.V. Using augmented reality technologies for STEM education organization. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1840(1), 012027, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012027>

14. Valko N.V., Osadchyi V.V. Teaching robotics to future teachers as part of education activities. ICON-Masted_2021, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1946 012-016. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1946, XIII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (Icon-MaSTEd 2021) 12-14 May 2021, Kryvyi Rih, Ukraine. DOI 10.1088/1742-6596/1946/1/012016. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1946/1/012016/meta>

15. Валько Н.В., Н.В.Осипова, Н.О.Кушнір. Курс з освітньої робототехніки: навчально-методичні вказівки і рекомендації. Херсон: «Айлант», 2021. 55 с. ISBN 978-966-630-295-6.
https://drive.google.com/file/d/1IKfy8UZpSyGrxFwiLgY7LZYq4OF2_EV2/view
16. Nataliia V. Valko, Tatiana L. Goncharenko, Nataliya O. Kushnir, Viacheslav V. Osadchyi. Cloud technologies for basics of artificial intelligence study in school. p.170-183. Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2021). Kryvyi Rih, Ukraine, December 17, 2021. <https://cte.ccjournals.eu/cte2021/CTE2021/> ,
<http://ceur-ws.org/Vol-3085/paper31.pdf>
17. Valko, N.V., Osadchyi V.V. Review of state of computer vision technologies development in the world and Ukraine. Journal of Physics: Conference Series, vol. 2288, special issue 1: XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education 18/05/2022 - 20/05/2022 Kryvyi Rih, Ukraine.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2288/1/012002/meta>
18. Osadchyi, V., Valko, N., Kuzmich, L., Abdullaeva, N. (2022). Research on the impact of specialized STEM education on later education choices. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, 10(2), 57–68. <https://doi.org/10.32919/uesit.2022.02.05>
19. Тиніна А.Л., Валько Н.В., Вивчення основ штучного інтелекту в шкільному курсі інформатики. Збірник наукових праць "Information Technologies in Education" (ITE), вип. 50, Червень 2022, DOI 10.14308/ite000756, с. 59-69. ISSN 1998-6939
<http://ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/839> .
20. Nataliya O. Kushnir, Nataliia V. Valko Methodical aspects of studying artificial intelligence by future teachers. Proceedings of the 2nd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2023), September

18-23, 2023, IvanoFrankivsk, Ukraine. P. 155-170. <https://ceur-ws.org/Vol-3553/paper25.pdf>;

<https://doors.easyscience.education/digitransfed23/paper25.pdf>

21. O. V. Spivakovsky, S. A. Omelchuk, V. V. Kobets, N. V. Valko, and D. S. Malchykova, "Institutional policies on artificial intelligence in university learning, teaching and research", IT3H, vol. 97, no. 5, pp. 181–202, Oct. 2023. <https://doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5395> .

<https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5395> . (WoS)

22. N. V. Valko, N. O. Kushnir. Experience of conducting integrated irregular classes in robotics. XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024). Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2871, Issue 1, Article 012021, DOI 0.1088/1742-6596/2871/1/012021 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2871/1/012021> .

23. Kushnir N.O., Valko N.V., Osadchyi V.V. The use of immersive technologies in education: analysis of scientific studies in the SCOPUS bibliographic database for the period 2015–2023. Імідж сучасного педагога: електрон. наук. фах. Журн. (категорія "Б"), 2024. № 5(218). 106 с. [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-5\(218\)-20-29](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-5(218)-20-29) .