

Подано до редакції: 14.02.2025

Прийнято після рецензування: 07.04.2025

Затверджено до друку: 01.05.2025

Опубліковано: 30.06.2025

УДК 373.5.091.3:004.94-027.63

<https://doi.org/10.32405/2411-1309-2025-34-121-132>

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ВИВЧЕННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Анна Деркач,*молодший науковий співробітник відділу**математичної та інформатичної освіти,**Інститут педагогіки НАПН України, м. Київ, Україна**старший викладач кафедри інформаційних технологій і**програмування, здобувач третього рівня вищої освіти,**Український державний університет імені Михайла Драгоманова*<https://orcid.org/0009-0008-5276-8165>a.s.derkach@npu.edu.ua

Стаття присвячена аналізу підходів до вивчення 3D-моделювання в школах різних країн світу. У роботі досліджено, як ця технологія інтегрується в навчальні програми та вивчається в шкільних курсах. Зокрема, було встановлено, що в країнах Європи та Азії 3D-моделювання може вивчатися як окремий предмет або інтегруватися в різні навчальні предмети. У країнах Північної та Південної Америки також спостерігається тенденція інтеграції 3D-моделювання в різні шкільні предмети. Окрема частина дослідження стосується виявлення відмінностей вивчення 3D-моделювання в країнах Африки та Близького Сходу. У цих регіонах технологія поки що не вивчається в школах, ймовірно, через обмеження розвитку освіти, традиційний підхід до навчання та економічні фактори. Автори вказують на необхідність подолання цих перешкод для розвитку технологічної грамотності учнів. У роботі також запропоновано перспективні шляхи впровадження зарубіжного досвіду в систему вивчення 3D-моделювання в українських школах, а також підкреслено важливість розвитку технологій у навчальній сфері для готовності учнів до викликів сучасного світу.

Ключові слова: 3D-моделювання, навчання, школа, освіта, досвід, світ.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Трансформаційні зміни в освітніх системах країн світу вимагають постійної адаптації методів навчання до нових технологічних можливостей та особливостей освітнього середовища. Однією з найперспективніших інноваційних технологій, яка активно впроваджується в загальну середню освіту, є 3D-моделювання – інструмент, який дає змогу учням розширити свої можливості творчого мислення, візуалізації, сприяє розвитку критичного мислення та просторового

сприйняття. Важливо також враховувати вимоги сучасного ринку праці, де володіння навичками 3D-моделювання стає все більш важливим. Навчання учнів 3D-моделюванню може дати їм переваги на майбутньому ринку праці та сприяти їх подальшому професійному розвитку.

Для розроблення та вдосконалення методики навчання 3D-моделювання, важливим аспектом є з'ясування змісту вивчення тривимірного моделювання в закладах загальної середньої освіти, способів організації навчальної діяльності та особливостей вивчення 3D-моделювання в освітніх системах країн світу. Так, країни, які вже мають досвід вивчення елементів 3D-моделювання в школах, можуть мати доступ до передових методик, інструментів та програмного забезпечення. Вивчення цього досвіду знайомить з останніми тенденціями та новими можливостями у цій галузі, дасть змогу організувати вивчення 3D-моделювання в школах таким чином, щоб підготувати учнів до майбутніх професійних викликів і забезпечити їх конкурентоспроможність на ринку праці. На сьогодні уряди розвинених країн докладають значних зусиль для оновлення освітніх систем, змісту освіти, впровадження нових STEM-технологій.

Отже, проблема впровадження 3D-моделювання у навчальні програми шкіл залишається актуальною як в Україні, так і в багатьох країнах світу. Вивчення цього питання потребує аналізу практик, методів і підходів до навчання в контексті різних національних освітніх систем, що дасть можливість виявити сильні та слабкі сторони чинних підходів, а також окреслити можливі шляхи вдосконалення процесу навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо впровадження 3D-технологій у школи показує важливість цього напрямку як в Україні, так і за кордоном. Зокрема, значний внесок у вивчення проблем інтеграції 3D-моделювання в освітній процес зробили такі науковці, як Дудка О.М., Мосіюк О.О., Ожга М.М., Сікора Я.Б., Усата О.Ю., а також міжнародні дослідники, зокрема J. Horvath, R. Cameron, L.P. Apress, S. Bhaduri та інші. Вони досліджували різні аспекти впровадження 3D-технологій у навчання, зокрема в контексті розвитку технічних і творчих навичок учнів, а також проводили аналіз впливу 3D-моделювання на навчальні досягнення учнів. У роботах цих авторів висвітлено ключові проблеми, зокрема труднощі, пов'язані з доступом до технологій тривимірного моделювання, методичними підходами до навчання та інтеграцією нових технологій 3D-моделювання у традиційні навчальні плани. Важливим є також дослідження досвіду впровадження 3D-технологій у різних країнах світу, що дасть змогу порівняти ефективність застосовуваних стратегій і підходів у різних освітніх системах. Варто зауважити, що дослідження стану вивчення тривимірного моделювання в закладах загальної середньої освіти України нами вже проведено (Деркач & Твердохліб, 2024).

Мета дослідження: систематизація зарубіжного досвіду впровадження тривимірного моделювання в освіті системи з метою аналізу того, як зарубіжні країни вирішують завдання, пов'язані з розвитком та впровадженням технологій 3D-моделювання в освітній процес закладів загальної середньої освіти.

Методи дослідження. У ході дослідження було використано теоретичні (аналіз літературних джерел та нормативних документів, систематизація теоретичного матеріалу з проблеми дослідження) та емпіричні (узагальнення педагогічного досвіду) методи.

Результати та обговорення. За останні кілька десятиліть 3D-моделювання стало ключовим інструментом наукової діяльності та взаємодії з навколишнім світом і знайшло широке застосування у різних галузях досліджень та технологій. Інтеграція 3D-моделювання у сферу освіти створює захопливі можливості, які дають можливість репрезентувати наукові концепції у новому форматі. Наприклад, для моделювання наукових явищ, таких, як утворення зірок і галактик, функціонування людського тіла чи вплив змін клімату на різні екосистеми. Ці симуляції уможливають вивчення наукових концепцій, взаємодію з ними та дослідження предмету у спосіб, недосяжний з використанням традиційних методів навчання.

Аналіз 3D-моделювання в закордонних школах має важливі педагогічні та соціальні аспекти. По-перше, враховуючи швидкі темпи розвитку технологій, вивчення 3D-моделювання може забезпечити учням кращу адаптацію до сучасного цифрового світу та підготувати їх до майбутніх кар'єрних викликів у сферах, пов'язаних із візуалізацією даних та моделюванням. По-друге, можна виявити оптимальні методи та педагогічні підходи для ефективного впровадження цього предмету в шкільні програми. Результати таких досліджень можуть служити цінним ресурсом для педагогів та освітніх організацій, які планують модернізацію навчальних програм та забезпечення високого рівня якості навчання.

У цьому контексті варто також розглянути загальні переваги вивчення 3D-моделювання в закладах загальної середньої освіти незалежно від країни. Воно сприяє розвитку як технічних, так і творчих навичок, стимулює просторове мислення, уміння вирішувати проблеми та працювати над проектами. Наприклад, у Польщі на 2023/2024 навчальний рік передбачено вивчення предмету «Техніка» у 4–8 класах початкової школи (10–13 років), який передбачає виконання нескладних проєктів та оволодіння практичними прийомами технічної діяльності. У рамках цього предмету учні можуть використовувати 3D-моделювання для впровадження інноваційних конструкційних рішень при створенні технічних конструкцій, таких, як будинок, комп'ютер, велосипед, іграшка та інші (Ministerstwo Edukacji i Nauki, 2022). Крім того, запроваджується освітня ініціатива «Лабораторії майбутнього», яка має на меті підтримку формування STEM-компетентностей у учнів початкових шкіл. Ця ініціатива забезпечує доступ до різноманітного обладнання, такого, як 3D-принтер, VR-окуляри та інші, для створення проєктів на кшталт «Створіть модель свого міста», «Створіть моделі дорожніх знаків», «Створення листівки» тощо, де використовується 3D-моделювання та 3D-друк (Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, n.d.). У технічній середній школі та на II етапі галузевої школи (16–18 років) передбачені уроки з курсу «Інформатика», на яких учні проєктують тривимірні моделі за допомогою програмного засобу «Blender». Після закінчення навчання у школі учні можуть продовжити вивчати 3D-моделювання та 3D-друк на етапі професійно-технічної освіти для здобуття професії «Технік із цифрового друку».

Подібна тенденція спостерігається й у Чехії, де в школах проводиться поступове впровадження переглянутої Рамкової освітньої програми в галузі нової інформатики та цифрових компетентностей. Незважаючи на це, програма (MŠMT ČR & NPI ČR, n.d.) не містить згадок про 3D-моделювання, а лише звертає увагу на використання моделей у курсі середньої школи (еквівалент 10–11 класу в українській освіті). У системі освіти існують предмети за вибором та гуртки, такі, як «3D-моделювання», які мають за мету ознайомлення з оптимізованим для друку дизайном тривимірних об'єктів та реалізацію самого друку. Окрема увага приділяється темам «Практика малювання та дизайну» та «Студійний дизайн». Під час уроків учні моделюють різні об'єкти, починаючи від простих брелків до складних агрегатів машин, а також займаються 3D-друком. Окремо впроваджується проєкт під назвою «3D-моделювання для початкових шкіл і дитячих будинків». Основною метою цього проєкту є пропонування дітям занять, які розвиватимуть їх творчі здібності веселою формою і водночас підтримуватимуть їх у технічній освіті. Проєкт адресований учням 6–9 класів початкової школи та багаторічної старшої школи. Протягом одного проєктного дня (6–8 годин) учні вивчають основні операції для створення 3D-моделі (Sosna, 2022). Також, згідно з джерелом (Svobodová, 2021), є декілька пропозицій щодо включення 3D-моделювання в курс технічної освіти, але, поки, безрезультатно.

У Німеччині організація освітнього процесу має свої особливості. У системі освіти цієї країни регулювання здійснюється головним чином на рівні федеральних земель, а не на рівні держави в цілому. Це призводить до розбіжностей і відмінностей у системах освіти між 16 землями. Застосування 3D-друку в навчальних програмах ще не відбулось у глобальних масштабах, поки він відіграє підпорядковану, або, навіть, ігрову роль. 3D-моделювання, незважаючи на значний акцент на комп'ютерне моделювання, розглядається лише поверхнево у розділі «Графіка» під час вивчення інформатики в 6 класі, а також вивчається у розділі «Дизайн» предмету «Образотворче мистецтво» під час вивчення повітряної перспективи. Державний інститут шкіл землі Північного Рейну-Вестфалії розробив посібник з 3D-друку, оскільки використання нових мультимедіа включено до всіх навчальних програм з різних предметів. Проте, навіть якщо в деяких федеральних землях використання нових медіа було включено до навчальних програм з різних предметів, це не означає, що школи будуть безперервно друкувати 3D-моделі. Зазвичай використання інноваційної 3D-технології спрямоване на спеціальні проєкти, цільові проєктні дні або відбувається у формі робочих груп (Jacqueline, 2018). У багатьох землях спостерігається зростання інтересу до інтеграції інноваційних підходів, у тому числі 3D-моделювання в межах STEM-освіти. Як свідчить джерело (Ruhr-Universität Bochum, n.d.), у рамках співпраці зі спеціалізованими компаніями проводяться курси з 3D, під час яких педагоги можуть пройти підготовку та отримати практичні ідеї для проєктної діяльності з урахуванням вікових особливостей учнів.

Схожа ситуація спостерігається і в Австрії. Хоча 3D-моделювання та 3D-друк не мають окремого місця в офіційній освітній програмі, багато тем, що входять до навчальних курсів, опосередковано охоплюють ці технології. Учителі активно інтегрують 3D-технології в навчання як засіб розвитку технічного мислення, просторової уяви та

проектної діяльності учнів. Відмінні від традиційних підходи до навчання, пов'язані з 3D-моделюванням, були розроблені та випробувані в шкільній практиці, що документується книгою (Universität Wien, 2021), опублікованій Австрійським дидактичним центром компетентності дидактики фізики при Віденському університеті. У цій книзі наведено приклади, які вказують на можливість використання 3D-моделювання в школах, наприклад, учні можуть створити тривимірні сонцезахисні окуляри, досліджуючи інформацію про око та вплив ультрафіолетових променів, або розробити тривимірний фільтр для багаторазового використання води та зберігати інформацію про потрібну фільтрацію питної води.

Більш структуроване введення 3D-моделювання в навчальний процес спостерігається в освітніх програмах країн Балтії. Зокрема, у Латвії 3D-моделювання включене до навчальної програми 7 класу з предмету «Дизайн та технології». Основна мета вивчення полягає в ознайомленні з можливостями моделювання та друку на 3D-принтері з метою розвитку просторового мислення та вирішення практичних задач. Застосовуючи проблемний метод, учні створюють 3D-моделі на основі власних скетчів. Учні досліджують та збирають інформацію з інтернету про процес виготовлення тривимірних друків продуктів, вивчають матеріали та технології, розуміють, як параметри друку впливають на фізичні властивості об'єкта для 3D-друку. Крім того, учні визначають проблему та створюють кілька ідей продукту (скетчів), планують послідовність виготовлення виробу, створюють його 3D-модель у програмі моделювання, розраховують кількість необхідного матеріалу, випробовують виготовлений виріб у різних побутових ситуаціях. Як зазначено у джерелі (Valsts izglītības satura centrs, 2020), коли школа не має власного 3D-принтера, можливе налагодження партнерства з іншими навчальними закладами чи технологічними центрами. У випадку неможливості друку, учні створюють віртуальні моделі за допомогою програм 3D-моделювання, що відображають конструктивні особливості виробу. У майбутньому ці моделі можуть бути використані для проєктів з інших навчальних тем.

На відміну від Латвії, у Франції розвиток напрямів, пов'язаних із 3D-технологіями, відбувається менш структуровано. Так, у 2016 році було проведено оновлення навчальної програми з інформатики, однак у цьому переглянутому курсі не було згадок про 3D-моделювання та друк. Це може бути пов'язано з вибірковістю предметів, включаючи інформатику та технології (Baron & Drot-Delange, 2016). Проте, у 2019 році в початковій школі Франції було запущено комплексний міждисциплінарний проєкт під назвою «Елементарне 3D» під керівництвом Сеймура Пейперта. У рамках цього проєкту учні мали можливість зібрати прототип принтера, створеного для них у навчальній лабораторії. Цей проєкт був результатом трирічної роботи над методологією трансдисциплінарних проєктів та педагогічного вдосконалення технологічних навичок, пов'язаних з математикою та 3D-друком у класі. Учні займаються моделюванням та друкуванням корисних об'єктів протягом навчального року, таких, як протези руки, картини з Музею образотворчого мистецтва, квитки для наукових співробітників Національного центру наукових досліджень, осердя вітряних турбін та інше (Spiderwan, 2019).

У Норвегії та Данії ситуація дещо інша. Обидві країни передбачають 120–140 годин на рік для вивчення вибіркових предметів, зокрема, інформатика чи технології. Проте вибір самого предмету залишається на розсуд директора навчального закладу, так кожна школа визначає, чи буде уведено 3D-моделювання до курсу. Незважаючи на наявність багатьох фірм-виробників 3D-принтерів, вивчення 3D-моделювання та друку не передбачено у норвезьких школах (Utdanningsdirektoratet, 2022). Як зазначено у джерелі (Norway Makers, n.d.), деякі норвезькі школи, зокрема середня школа Frogn, співпрацюють із творчою майстернею Norway Maker, яка тісно пов'язана з Норвезьким технічним музеєм. Учні цієї школи використовують 3D-принтери для вивчення технологій та проведення досліджень – вони друкують елементи для створених ними дистанційно керованих підводних човнів, що застосовуються для вивчення тихоокеанських устриць у фіорді Осло. Крім того, за допомогою 3D-друку виготовляється обладнання для виробництва косметичних засобів із продуктів, отриманих із власних пасік учнів.

У Фінляндії підхід до організації навчання дещо відрізняється. Базова освіта охоплює початкову школу від 1 до 9 класу, де кожна школа або муніципалітет самостійно обирає навчальний підхід, але діє загальна навчальна програма. У деяких школах, наприклад, у Helsinki Suomalainen Yhteskoulu, у курсі за вибором «Технології» використовується 3D-друк уже з 3-го класу. Учні займаються створенням моделей будинку, парку, спортивного майданчика тощо. Також у деяких школах проводиться спільний проєкт з образотворчого мистецтва, рідної мови та технічної роботи, у рамках якого учні розробляють сценарій оповідання, створюють зовнішній вигляд героїв та моделюють їх на комп'ютері, а потім створюють анімаційний фільм за цим сценарієм. У джерелі (Innokas-verkoston blogi, 2018) зазначається, що основи 3D-моделювання опановуються всіма учнями в рамках технічних дисциплін, де вони створюють прості авторські вироби. Учні 7-х класів працюють над ювелірними проєктами, тоді як учні 6–7 класів можуть розробляти штампи для друку на тканині. У 8–9 класах на факультативних заняттях реалізуються складніші проєкти, зокрема створення деталей до власних технічних розробок (ROBOAI, n.d.). Використовується різноманітне програмне забезпечення – TinkerCad, SketchUpMake, DesignSpark або Fusion 360 – вибір якого залежить від технічної бази школи та наявності підтримки з боку Google.

У Великій Британії ситуація з вивченням 3D-технологій є більш визначеною. Тут існує спеціальний предмет під назвою «Дизайн і технології», який включає вивчення 3D-друку. Кожна школа зобов'язана включити цей предмет до своєї навчальної програми, проте використання 3D-друку є необов'язковим, і школи можуть використовувати інші інструменти та методики. Однак, 3D-друк має свої переваги, оскільки є простим і дає змогу створювати різноманітні продукти без обмежень. До складу навчальної програми предмету «Дизайн і технології» (Department for Education, 2013) входить також розділ під назвою «Тверді матеріали», в якому 3D-друк допомагає учням створювати якісні вироби. Учні спочатку проєктують свій продукт, а потім виготовляють його. З 2012–2013 року Міністерство освіти Великої Британії фінансує невеликий проєкт з використання 3D-друку з метою вивчення його потенціалу для збагачення навчання

STEM-предметів (наука, технології, інженерія та математика) і дизайну. Школам запропонували вивчати інноваційні способи використання цієї технології для навчання складніших наукових і математичних концепцій, оскільки 3D-друк має значний потенціал для використання в різних STEM-предметах, зокрема для встановлення зв'язків між математикою, дизайном і фізикою.

Технологія 3D-друку широко використовується також у початкових і середніх школах Китаю та суттєво впливає на освітні процеси. Міністерство освіти Китаю провело опитування щодо застосування 3D-друку в освіті, а в грудні 2014 року Центр досліджень і розробок навчального обладнання Міністерства освіти Китаю заснував «Професійний комітет 3D-освіти». Основною метою створення цього комітету було системне вирішення проблем, що виникають у сфері 3D-освіти, а також розробка галузевих стандартів для 3D-навчального обладнання (Creality_3D, 2018). У 2017 році Міністерство освіти видало методичні вказівки до комплексної практичної діяльності для основної та середньої школи, де проводилося дослідження для учнів 7–9 класів по всій країні на тему «Рекомендовані теми та описи проектно-виробничої діяльності (технологія праці)». У 2018 році Міністерство освіти випустило «План звичайної середньої школи та стандарти навчальної програми з китайської та інших предметів (видання 2017)», в якому 3D-друк був включений до стандартів загальної навчальної програми та стандартів навчальної програми з інформаційних технологій для середньої школи. В одній з початкових шкіл району Ліньцзі, Цзибо, у провінції Тайгун, було встановлено науково-технічний клас, де учні використовували 3D-принтери для друку тривимірних ваз. Нині округ Ліньцзі активно впроваджує ініціативу «3D у класі». Перша група з 13 типових шкіл була обрана як пілотний проект, у межах якого були зібрані відповідні навчальні матеріали, а також проведено навчання наукових і технологічних консультантів округу з метою підтримки впровадження цієї нової технології в початкові та середні школи міста (Journal of Schooling Studies, 2017). Інтеграція 3D-друку з різними дисциплінами, такими, як музика і наука, базується на популяризації 3D-технологій у навчанні інформаційних технологій. Одним із важливих етапів систематичного впровадження 3D-друку в школі стало проведення практичної роботи зі створення шкільних моделей літаків. Спочатку учні розробляли різні конструкції крил та каркасів літака на кресленнях, а потім моделювали та друкували їх з використанням програмного забезпечення для 3D-моделювання. Отримані моделі були встановлені на літак для порівняльних випробувань у польоті, що дозволило значно підвищити точність та порівняння наукових даних і стимулювати учнів до інноваційного мислення.

У країнах Африки та Близького Сходу вивчення 3D-моделювання, на жаль, не має такої активності. Це може бути пов'язано з різним рівнем розвитку освіти та доступом до технологій у цих регіонах. Недостатність ресурсів та обмежений фокус на традиційних предметах у навчальних програмах можуть стати перешкодою для інтеграції сучасних технологій, таких як 3D-моделювання, у навчальний процес.

Після дослідження особливостей вивчення 3D-моделювання в закладах середньої освіти, можна візуалізувати географічний розподіл за допомогою карти, на якій позна-

чено країни, де вже успішно впроваджене вивчення 3D-модельовання. Візуалізувати такі регіони буде корисно для розуміння того, як різні країни реагують на необхідність включення 3D-модельовання у навчальні програми. Карта побудована на основі зібраних даних та досліджень, враховуючи різноманітність підходів до навчання 3D-модельовання в різних культурних та освітніх контекстах. Такий географічний аналіз дає змогу виокремити регіони, де ця технологія вже є важливою складовою освіти, а також вказати на потенційні області для подальшого розвитку цього напрямку.

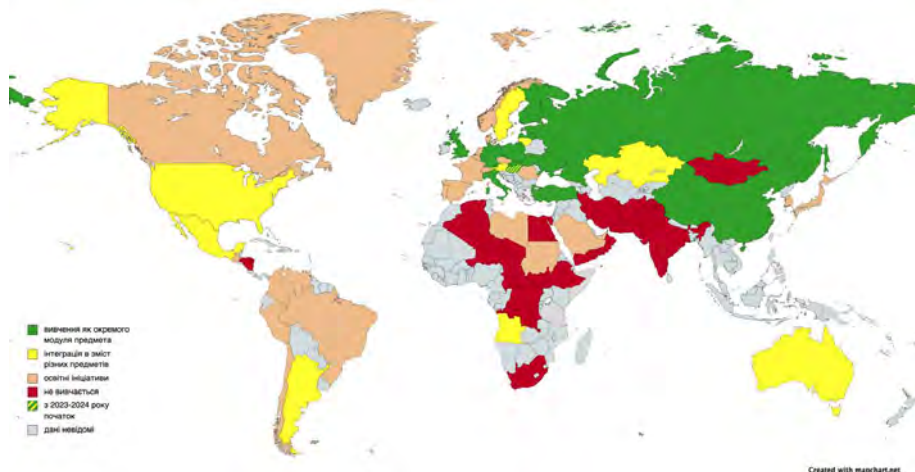


Рисунок 1. Візуалізація стану вивчення 3D-модельовання в освітніх системах країн світу

Окремо нами було проаналізовано стан вивчення 3D-модельовання в освітніх системах країн світу з метою набуття позитивного досвіду організації вивчення тривимірного моделювання в школі.

Таблиця 2.

Порівняння стану вивчення 3D-модельовання в розвинених країнах світу

Країна	Вивчення як окремого модуля предмета	Інтеграція в зміст різних предметів	Освітні ініціативи
Австрія	-	+	STEM-проекти
Велика Британія	+	-	STEM-проекти
Данія	-	-	STEM-проекти
Італія	+	+	STEM-проекти

Китай	+	+	комітет 3D-освіти
Латвія	+	+	співпраця з технологічними центрами
Німеччина	поверхнево	+	комерційні курси для вчителів
Норвегія	-	-	STEM-проекти
Польща	+	+	«Лабораторії майбутнього»
Україна	+	-	позашкільна освіта
Фінляндія	+	+	факультативи
Франція	-	-	міждисциплінарні проекти
Чехія	-	-	гуртки

З таблиці 2 видно, що в багатьох країнах 3D-моделювання вивчається у школі як окремий модуль шкільного предмета, у частині країн інтегрується у зміст середньої освіти. Проте в таких країнах, як Данія, Норвегія, Франція, Чехія вивчення тривимірного моделювання реалізовано у вигляді освітніх ініціатив (гуртки, міждисциплінарні проекти, STEM-проекти тощо).

Висновки дослідження та перспективи подальших розвідок. У країнах Європи та Азії вивчення 3D-моделювання у межах навчальних програм може мати різні форми. У багатьох із них це відбувається як окремий модуль, який надає учням глибше розуміння та практичні навички у сфері 3D-технологій. З іншого боку, у деяких європейських та азійських країнах 3D-моделювання інтегрується у зміст різних предметів. У країнах Північної та Південної Америки також існує тенденція інтегрувати 3D-моделювання в навчальний процес. Зокрема, школи використовують цю технологію для покращення навчання математики, науки, мистецтва та інших предметів. Такий підхід сприяє розвитку творчого мислення та практичних навичок учнів, а також впливає на їх підготовку до майбутніх професій, пов'язаних з технологічними інноваціями. Використання наведених навчальних програм у навчальному процесі школи допомагає учням розвивати технологічну грамотність, здатність застосовувати набуті навички для розв'язання реальних завдань зі створення тривимірних моделей об'єктів, явищ і процесів. При цьому в учнів формуються навички обґрунтовувати свої висновки, визначати ризики та прогнозувати наслідки рішень, ухвалених на основі тривимірного моделювання, а також розвиваються навички моделювання, інформаційної грамотності та критичного мислення, що є важливими у сучасному світі і можуть бути корисними для подальшої освіти та кар'єри. Враховуючи позитивний досвід інших країн, маємо підкреслити потенціал для впроваджен-

ня зарубіжних практик в Україні. Це може допомогти не лише розвинути технічні навички учнів, а й підготувати їх до конкурентоспроможної кар'єри в сучасному світі, але зважаючи на важливість постійного оновлення навчальних програм у контексті швидкого розвитку технологій 3D-моделювання та забезпечення відповідності їх сучасним вимогам.

Використані джерела:

- Деркач, А., & Твердохліб, І. (2024). Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в закладах загальної середньої освіти України. *Проблеми сучасного підручника*, 33, 106–116. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116>
- Baron, G.-L., & Drot-Delange, B. (2016). L'éducation à l'informatique à l'école primaire. 1024: *Bulletin de la Société Informatique de France*, 8, 73–79. <https://hal.science/hal-01403598>
- Creativity_3D. (2018). 创想三维：中小学开设3D打印课程的意义 <https://www.creativity.cn/application/23.html>
- Department for Education. (2013). *3D printers in schools: Uses in the curriculum*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf
- Innokas-verkosten blogi. (2018, October 3). *3D-tulostimen hankinta peruskoulussa*. <https://luovuusjainnovatiivisuus.wordpress.com/2018/10/03/3d-tulostimen-hankinta-peruskoulussa/>
- Jacqueline, O. (2018). *3D-Druck in der Schule – Einführung der additiven Fertigung in die Bildung*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/de/3d-druck-in-der-schule-290829181/>
- Journal of Schooling Studies. (2017). 3D 打印融入中小学 STEM 教育项目的设计与教学 ——从国外融入 3D 打印的典型 STEM 教育项目谈起, [Design and teaching of STEM education projects integrating 3D printing in primary and secondary schools: Starting from typical foreign cases]. *Journal of Schooling Studies*, 4, 68–80.
- Ministerstwo Edukacji i Nauki. (2022). *Podstawa programowa - rok szkolny 2022/2023*. <https://zpe.gov.pl/podstawa-programowa>
- MŠMT ČR & NPI ČR. (n.d.). *Národní pedagogický institut ČR nabízí zdarma různé formy podpory pro školy při zavádění ICT revizí RVP*. <https://revize.edu.cz/>
- Norway Makers. (n.d.). *Bruk av 3D-printing i videregående skole*. Norway Makers. <https://norwaymakers.org/skaperfestivalen/>
- ROBOAI. (n.d.). *3D-mallinnus ja -tulostus*. <https://www.roboai.fi/koulutusmateriaalit/3d-mallinnus-ja-tulostus/>
- Ruhr-Universität Bochum. (n.d.). *Schulforschungsnetzwerk 3D-Druck*. <https://www.mb.rub.de/studieninteressierte/schuelerinnen/schulforschungsnetzwerk-3d-druck/>
- Serwis Rzeczypospolitej Polskiej. (n.d.). *Laboratoria Przyszłości*. <https://www.gov.pl/web/laboratoria/katalog-wyposazenia2>
- Sosna, T. (2022). Současný stav 3D modelování a tvořivosti na základní škole v České republice a ve světě. *Inovace a technologie ve vzdělávání*, 2, 55–66.
- Spiderwan. (2019). *Développer des projets makers (usage de l'impression 3D) en classe – tiers lieux éducatif !* <http://spiderwan.free.fr/projet-impression3D/le-projet.html>

- Svobodová, A. (2021). *3D modelování v kontextu technické výchovy na 1. stupni ZŠ: Učitelství pro. Plzeň*. Unterrichtskonzeptionen im Physikunterricht. (n.d.). <https://aecp.univie.ac.at/lehrer-innen/unterrichtskonzeptionen/>
- Utdanningsdirektoratet. (2022). *Fag- og timestfordeling og tilbudsstruktur for Kunnskapsløftet Udir-1-2022*. <https://www.udir.no/regelverkstolkninger/opplaring/Innhold-i-opplaringen/udir-1-2024/udir-1-2024/endringer/#endringer-1.-10.-trinn>
- Valsts izglītības satura centrs. (2020). *Dizains un tehnoloģijas 1.–9. klasei: Mācību priekšmeta programmas paraugs (ESF projekts Nr. 8.3.1.1/16/I/002 Kompetenču pieeja mācību saturā; ISBN 978-9934-540-27)*

References

- Baron, G.-L., & Drot-Delange, B. (2016). L'éducation à l'informatique à l'école primaire. 1024: *Bulletin de la Société Informatique de France*, 8, 73–79. <https://hal.science/hal-01403598> (in French).
- Creativity_3D. (2018). 创想三维: 中小学开设3D打印课程的意义 <https://www.creativity.cn/application/23.html> (in English).
- Department for Education. (2013). *3D printers in schools: Uses in the curriculum*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf (in English).
- Derkach, A., & Tverdokhlib, I. (2024). Doslidzhennia stanu vyvchennia 3D-modeliuvannia v zakladakh zahalnoi serednoi osvity Ukrainy. *Problemy suchasnoho pidruchnyka*, 33, 106–116. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116> (in Ukrainian).
- Innokas-verkosten blogi. (2018, October 3). *3D-tulostimen hankinta peruskoulussa* <https://luovuusjainnovativisuus.wordpress.com/2018/10/03/3d-tulostimen-hankinta-peruskoulussa/> (in Finnish).
- Jacqueline, O. (2018). *3D-Druck in der Schule – Einführung der additiven Fertigung in die Bildung*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/de/3d-druck-in-der-schule-290829181/> (in German).
- Journal of Schooling Studies. (2017). 3D 打印融入中小学 STEM 教育项目的设计与教学 ——从国外融入 3D 打印的典型 STEM 教育项目谈起 [Design and teaching of STEM education projects integrating 3D printing in primary and secondary schools: Starting from typical foreign cases]. *Journal of Schooling Studies*, 4, 68–80. (in English).
- Ministerstwo Edukacji i Nauki. (2022). *Podstawa programowa - rok szkolny 2022/2023*. <https://zpe.gov.pl/podstawa-programowa> (in Polish).
- MŠMT ČR & NPI ČR. (n.d.). *Národní pedagogický institut ČR nabízí zdarma různé formy podpory pro školy při zavádění ICT revizí RVP*. <https://revize.edu.cz/> (in Czech).
- Norway Makers. (n.d.). *Bruk av 3D-printing i videregående skole*. Norway Makers. <https://norwaymakers.org/skaperfestivalen/> (in Norwegian).
- ROBOAI. (n.d.). *3D-mallinnus ja -tulostus*. <https://www.roboai.fi/koulutusmateriaalit/3d-mallinnus-ja-tulostus/> (in Finnish).
- Ruhr-Universität Bochum. (n.d.). *Schulforschungsnetzwerk 3D-Druck*. <https://www.mb.rub.de/studieninteressierte/schuelerinnen/schulforschungsnetzwerk-3d-druck/> (in German).
- Serwis Rzeczypospolitej Polskiej. (n.d.). *Laboratoria Przyszłości*. <https://www.gov.pl/web/laboratoria/katalog-wyposazenia2> (in Polish).

- Sosna, T. (2022). Současný stav 3D modelování a tvořivosti na základní škole v České republice a ve světě. *Inovace a technologie ve vzdělávání*, 2, 55–66. (in Czech).
- Spiderwan. (2019). *Développer des projets makers (usage de l'impression 3D) en classe – tiers lieux éducatif* ! <http://spiderwan.free.fr/projet-impression3D/le-projet.html> (in French).
- Svobodová, A. (2021). *3D modelování v kontextu technické výchovy na 1. stupni ZŠ: Učitelství pro Plzeň*. (in Czech).
- Unterrichtskonzeptionen im Physikunterricht. (n.d.) <https://aecpp.univie.ac.at/lehrer-innen/unterrichtskonzeptionen/> (in Danish).
- Utdanningsdirektoratet. (2022). *Fag- og timestfordeling og tilbudsstruktur for Kunnskapsløftet Udir-1-2022*. <https://www.udir.no/regelverkstolkninger/opplaring/Innhold-i-oppleringen/udir-1-2024/udir-1-2024/endoringer/#endoringer-1.-10.-trinn> (in Danish).
- Valsts izglītības satura centrs. (2020). *Dizains un tehnoloģijas 1.–9. klasei: Mācību priekšmeta programmas paraugs (ESF projekts Nr. 8.3.1.1/16/I/002 Kompetenču pieeja mācību saturā; ISBN 978-9934-540-27)* (in Latvian).

Anna Derkach, Junior Researcher of the Department of Mathematics and Informatics Education, Institute of Pedagogy of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine; PhD student of the Department of Information Technologies and Programming, Ukrainian State Mykhailo Drahomanov University, Kyiv, Ukraine.

FOREIGN EXPERIENCE IN TEACHING 3D MODELING IN SECONDARY EDUCATION

Abstract. The article is dedicated to the analysis of approaches to teaching 3D modeling in schools across different countries of the world. The study explores how this technology is integrated into educational curricula and taught within school courses. In particular, it was found that in European and Asian countries, 3D modeling may be taught as a separate subject or integrated into various academic disciplines. In both North and South American countries, there is also a growing trend of integrating 3D modeling into different school subjects. A separate part of the research focuses on the differences in 3D modeling education in African and Middle Eastern countries. In these regions, the technology is not yet widely taught in schools, likely due to limitations in educational development, traditional approaches to teaching, and economic constraints. The authors emphasize the need to overcome these barriers in order to foster technological literacy among students in these regions. The study also proposes prospective ways to implement international best practices into the system of 3D modeling education in Ukrainian schools and highlights the importance of technological advancement in the educational sector to prepare students for the challenges of the modern world.

Keywords: 3D modeling, education, school, learning, experience, world