

Арсен ГРЕБЕНЮК,
кандидат філософських наук, методист відділу
інформаційних технологій та дистанційної роботи ВІППО;
Ігор ОКСЕНЮК,
завідувач відділу інформаційних технологій та дистанційної роботи ВІППО

Тривимірна графіка в сучасному освітньому процесі



Тривимірна графіка є розділом комп'ютерної графіки, що стосується зображення об'ємних об'єктів – зазвичай у вигляді проєкцій на екран електронного пристрою. Вона широко використовується в різних галузях наук, проєктуванні, розвагах. Інтеграція тривимірної графіки в освітній процес відбувається повільно, проте віртуальні моделі різноманітних об'єктів є перспективним ілюстративним засобом, який замінює чи доповнює використання засобів предметної наочності. У статті описано принципи тривимірної графіки, особливості її створення та відтворення на екранах цифрових пристроїв. Рекомендовано комп'ютерні програми та вебсайти, здатні сприяти інтеграції тривимірної графіки до освітнього процесу в закладах середньої, вищої та післядипломної освіти.

Ключові слова: тривимірна графіка, цифрова освіта, наочність, цифровий вміст, віртуальна реальність.

Arsen Hrebeniuk, Ihor Okseniuk. Three-Dimensional Graphics in the Modern Educational Process.

Three-dimensional graphics is a branch of computer graphics that deals with the representation of three-dimensional objects, usually in the form of projections on an electronic device screen. It is widely used in various fields of science, design and entertainment. Integration of three-dimensional graphics into the educational process is slow, but virtual models of various objects are promising illustrative tools that replace or complement the use of visual aids. The article describes the principles of three-dimensional graphics, features of its creation and reproduction on the screens of digital devices. Computer programs and websites that can facilitate the integration of three-dimensional graphics are recommended for use in the educational process of secondary, higher and postgraduate education.

Keywords: three-dimensional graphics, digital education, visualization, digital content, virtual reality.

Постановка проблеми. Тривимірна графіка набула поширення в різних галузях науки та культури в міру розвитку комп'ютерної техніки і має великий потенціал до використання в педагогіці. Вона широко застосовується в інженерному проєктуванні, відеоіграх, при створенні цифрового живопису. Проєкції тривимірних об'єктів, відтворювані на екранах електронних пристроїв, здатні замінити такі засоби наочності, як масштабні моделі, природні зразки, що особливо актуально в онлайн-освіті, коли педагоги не мають доступу до матеріальних ілюстративних засобів або скористатися ними не так зручно, як при очному навчанні. В той же час використання тривимірної графіки пов'язане з проблемами її створення та відтворення, що потребують поглибленої уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема тривимірної графіки в освітньому контексті мало розвинена у вітчизняній науковій та методичній літературі. Теоретичні засади 3D-графіки описано в статті Козяр М., Парфенюк О. «Чотиривимірна графіка як новий етап графічної підготовки здобувачів вищої освіти в технічних закладах вищої освіти» [6],

де під терміном «чотиривимірна графіка» розуміється анімація. У статті Юрченко А., Удовиченко О., Шершень О. «Особливості вивчення 3D-графіки в умовах неформальної освіти» описано доступність вебресурсів для навчання 3D-моделювання [8]. Стислий огляд теми здійснено в праці Андрієвської В. М. «Особливості вивчення 3D-графіки в ракурсі STEM-освіти» [4]. Більш комплексно її розглянуто в Пойди С. А., Галич Т. В. «Формування та розвиток просторової уяви учнів шляхом створення та використання 3D-моделей» [7]. Деякі практичні аспекти відображено в статті Гевко І. В., Потапчук О. І., Луцик І. Б., Ящик О. Б., Макаренко Л. Л. «Методика використання 3D-моделювання та друку у графічній підготовці майбутніх фахівців галузі цифрових технологій» [5].

Звіт неприбуткової освітньої організації EDUCAUSE «Learning in Three Dimensions: Report on the EDUCAUSE/HP Campus of the Future Project» описує становище використання 3D-графіки у вищій освіті на прикладі США [2]. Можливості застосування 3D-графіки в початковій школі описано в статті Клемента М., Бартека К. «3D modelling and its use in education» [1].

Позитивний ефект використання показано в Теплої М., Теплої П., Смейкала П. – «Influence of 3D models and animations on students in natural subjects» [3].

Виклад основного матеріалу. Тривимірна графіка – це розділ комп'ютерної графіки, що стосується зображення об'єктів у тривимірному просторі – зазвичай у вигляді проєкцій на екран електронного пристрою. А також – сукупність програмних і апаратних прийомів та інструментів, призначених для зображення об'ємних об'єктів. «Тривимірна» означає, що об'єкт має три виміри: довжину, ширину та висоту. Слід відрізнити повноцінні 3D-зображення від зображень «з ефектом 3D» (аналіфічних) – які лише справляють враження глибини при користуванні спеціальними окулярами, але їх неможливо повноцінно розглянути з різних ракурсів. Тривимірною графікою не є також зображення, що змінюють свій вигляд залежно від кута огляду. Щоби вважатися повноцінним 3D, зворотний бік, простіше кажучи, повинен у якій-небудь формі існувати за межами уяви, коли спостерігач його не бачить.

Тривимірні моделі реалізуються як віртуальні геометричні фігури чи їх поєднання, задані математично. Вони можуть мати реалістичні текстури, що симулюють властивості різних матеріалів, як-от шорсткість або заломлення світла. Тривимірна модель може бути анімована та розглядатися з різних ракурсів на екрані: є змога обертати її, наближувати, зазирнути всередину.

Модель складається з одного чи більше «примітивів» – об'ємних і плоских геометричних тіл (наприклад, сфера, куб, площина). Поверхня 3D-моделі поділяється на многокутники (переважно три- та чотирикутники) – полігони (від грец. *πολύγωνος* – багатокутний), чії вершини є математичними точками, що мають певні координати в просторі. Точки з'єднуються ребрами (відрізками, що з'єднують вершини). Моделювання може бути за рівнем деталізації низькополігональне (Low-Poly), середньополігональне (Mid-Poly) та високополігональне (High-Poly). Низькополігональні моделі потребують менше апаратних ресурсів для відтворення на екрані. Зазвичай низькополігональною моделлю вважається та, що використовує мінімальну кількість полігонів, необхідну для представлення певної ідеї.

Для створення складних плавних, органічних форм доречний метод скульптингу (цифрової скульптури). Він полягає в деформації моделі, поділеної на багато полігонів, що дозволяє працювати з нею, як з віртуальним пластиліном. Різними інструментами цей «пластилін» витягується, згладжується, нашаровується чи забирається. Що більша кількість полігонів, то детальнішим буде результат.

Крім того, тривимірна модель може задаватися кривими лініями, як криві Безьє, що легко змінюються в процесі роботи переміщенням ключових точок.

Потім кривій надається товщина і її може бути перетворено на звичайну полігональну модель. Або – використовуватися для деформації інших моделей, наприклад, для розташування копій об'єкта вздовж вигнутої лінії. Таким чином можливо змоделювати огорожу, ланцюг тощо.

На модель накладається текстура чи матеріал. Під текстурою зазвичай розуміється просте одно- чи багатоколірне забарвлення, тоді як матеріал враховує оптичні властивості, такі як блиск, заломлення світла. Декілька моделей разом з такими об'єктами, як джерела світла, складають сцену. Фінальне зображення сцени, зафіксоване на площині екрана і показане з точки зору віртуальної фото- / відеокамери, називається *рендером*. Рендер може бути фотореалістичним, на відміну від попереднього перегляду, який певною мірою завжди спрощений. Роздільна здатність рендера може відрізнитися від роздільної здатності екрана. Як правило – в більший бік для якості подальшої обробки.

Створення цифрової графіки з використанням тривимірних моделей типово відбувається впродовж декількох етапів:

- 1) побудова геометрії моделей шляхом поєднання примітивів і зміни розміру, положення їхніх граней і вершин;
- 2) накладання на моделі текстур і матеріалів;
- 3) створення з декількох моделей сцени;
- 4) додавання освітлення і точки спостереження (камери);
- 5) якщо результатом повинна бути анімація – задання ключових кадрів, які позначають зміни в сцені;
- 6) візуалізація та рендерування для створення статичного зображення або відео.

Технічно будь-яке зображення на екрані електронного пристрою є відео, але відображення тривимірної моделі особливе тим, що людина взаємодіє із зображенням і керує ним у більшому ступені свободи. При роботі з двовимірною графікою «глибина» ілюзорна (накладання плоских об'єктів один на іншого), а зворотного боку об'єктів не існує. «Перевернувши» пласку картинку, користувач отримує її дзеркальне відображення; вона не може містити одне зображення на фронтальному боці й інше – на тиловому. Будь-які реалізації подібного є ілюзіями з підміною одного зображення іншим. У разі з тривимірною графікою зворотний бік існує, навіть якщо невидимий.

Зазначимо, що тривимірні моделі мають суттєвий недолік – вони позбавлені тактильності. Хоча їх можна обертати, масштабувати, але користувач все одно взаємодіє з площиною екрана. Реалізація рельєфу на екрані важко реалізована та представлена поодинокими експериментальними розробками.

Також взаємодія з тривимірними моделями виражено демонструє зміщення анатомічної функціональності організму. Щоб обернути чи наблизити

модель, потрібно не брати її руками, а водити пальцями по площині, рухаючи комп'ютерну мишку або виконуючи жести на сенсорному екрані.

Тривимірні моделі можуть слугувати самостійними засобами наочності або ж використовуватися як основа для подальшої творчості. Недооцінено в освіті можливості тривимірних моделей для мистецтва, хоча багато цифрових картин створюються саме за їх допомогою. Зокрема, часто застосовуються авторами цифрового живопису, адже дозволяють швидко налаштувати ракурс, масштаб, композицію. Потім рендер моделі можна обмалювати контуром, мазками віртуального пензля. Деякі програми пропонують стилізувати моделі. Наприклад, щоб вони відображалися в мультиплікаційному стилі. Також моделі можуть імпортуватися в різні програми для подальшої обробки (розфарбовування, анімування), до ігрових рушіїв.

Перспективна галузь використання тривимірних моделей – їх можна «роздрукувати» (створити форму) на 3D-принтерах із пластику чи смоли і таким чином отримати в цілком матеріальному вигляді. Сьогодні існує велике різноманіття програмного забезпечення для 3D-друку (Kisslicer, Cura, Slic3r, CraftWare, 3DTin, Repetier-Host та ін.). Отже, попри загальний рух культури у віртуальну реальність, тут проявляється зворотний процес. 3D-друк можна розглядати як основу для самозабезпечення закладів освіти засобами наочності. Поки що це, звичайно, утруднено невеликим поширенням 3D-принтерів, які все ще сприймаються як новинка, хоча їхнє промислове використання активно поширюється. Отже – педагоги та їхні учні повинні бути ознайомлені з такими нововведеннями.

Такі сайти, як «SketchFab», дозволяють вільно переглядати тривимірні моделі онлайн. «SketchFab» не потребує реєстрації (вона потрібна лише для публікації власних моделей), а моделі демонструються одразу в вебглядачі без потреби завантажувати їх на свій пристрій. Користуватися «SketchFab» можна як з ПК, так і смартфонів. Сайт пропонує авторам лишати підписані мітки на моделях, надає детальну інформацію про геометрію (зокрема, кількість трикутників, на які поділено модель, від якої залежить як швидко та плавно вона відтворюватиметься). Якщо дозволено автором, модель можна завантажити собі в декількох популярних форматах, безкоштовно чи платно. Зареєстровані користувачі можуть додавати моделі до колекцій для подальшої демонстрації. На сайті є сторінки установ науки й культури, які очевидно турбуються про якість і наукову точність своїх моделей.

Іншим прикладом подібних сайтів слугує «Smithsonian Institution», сайт однойменної групи музеїв. На ньому виставлено оцифровані моделі експонатів, які можна переглядати у вебглядачі та завантажувати собі: зразки творів мистецтва, археологічних і палеонтологічних знахідок, пристроїв.

У цілому, змога ділитися своїми моделями є потужним мотиватором у 3D-моделюванні. Якщо особа може виставити свій твір і бачити, скільки разів його переглянуто та завантажено іншими людьми, зростає бажання продовжувати і вдосконалювати навички моделювання у категоріях, які мають попит.

Створення тривимірних моделей не є простим процесом, однак його основи доступні пересічним користувачам. Передусім, звичайно, вчителям інформатики, але не обмежуючись ними.

Сервіс «Tinkercad» пропонує створювати нескладні моделі шляхом поєднання базових геометричних фігур. Також дозволяє складати схеми електричних кіл і виконувати симуляції їх роботи. Додатково включає метод побудови об'єктів, схожий на візуальне програмування в «Sketch» із використанням блоків команд. Підтримується додавання в «Tinkercad» власних моделей та завантаження результату роботи в декількох форматах. Простою для освоєння та доступною є онлайн програма «SculptGL», яка дозволяє створювати скульптури з віртуального пластиліну, надавати їм простих текстур і зберігати результат собі на пристрій.

Порівняно простий метод фотограметрії: створення тривимірної моделі на основі серії фотографій, зроблених із різних ракурсів. Головний недолік цього методу – необхідність спеціального сканера чи датчика відстані у смартфоні, а також спеціалізованого програмного забезпечення. Альтернативи, такі, як програма «Qlone», не потребують особливого обладнання, проте мають високу ціну, а сканований об'єкт слід розміщувати на спеціальному роздрукованому на папері маті з розміткою.

Створення складних 3D-моделей вручну потребує тривалого навчання, хорошого апаратного забезпечення комп'ютера, просторового мислення, вміння оптимізувати модель для її адекватного відображення чи друку. Оптимізація включає усунення перетинів ребер і граней, спрощення надмірно складних об'єктів, використання прямокутних полігонів приблизно однакового розміру. Найкращим варіантом, з урахуванням функціоналу та доступності, є програма «Blender», основи роботи з якою включено до освітніх програм з інформатики старших класів. «Blender» містить інструменти для охоплення всього процесу моделювання, включаючи полігональне моделювання, скульптинг, текстурування, анімацію та рендеринг. Ця програма безкоштовна і її функції розширюються численними доповненнями. Проте «Blender» важко рекомендувати новачкам у тривимірному моделюванні через складність інтерфейсу.

3D-моделі, використовувані в освіті, повинні бути не лише реалістичними, а й науково коректними. Тому слід віддавати перевагу оцифрованим об'єктам, як-от музейні експонати, пам'ятки архітектури. Модель може бути виконана як художній твір, або створена

Методичні публікації

ентузіастами, яким бракує знань у галузі, котру вони ілюструють. Більшість моделей, доступних для безкоштовного завантаження, – це вправи з 3D-моделювання чи базові моделі, головне призначення яких – слугувати основою для інших, більш детальних моделей або стати частиною композицій, де недоліки будуть непомітні.

Існують хмарні сервіси, що надають віддалене обладнання для роботи з 3D. Прикладом є «Rendergo», де за погодинну оплату надається доступ до потужних робочих станцій. Користувачам потрібно лише мати швидкісне інтернет-з'єднання, а на екрані комп'ютера відтворюється інтерфейс програми, запущеної на віддаленому обладнанні. Завдяки цьому суттєво заощаджується час виконання завдань, вимогливих до апаратного забезпечення. Іноді – понад десятикратно.

Готові текстури пропонують такі сайти, як «Textures.com». Серед них – «безшовні» текстури, які розміщуються на манеру плиток, де протилежні краї відповідають одне одному. Таким чином плитка «розмножується» по поверхні.

Основи тривимірної графіки вивчаються на уроках інформатики, проте педагоги часто не володіють навичками її створення та використання понад необхідний мінімум. Тема 3D-графіки майже відсутня в курсах підвищення кваліфікації педагогів у закладах післядипломної педагогічної освіти.

Разом з тим існують онлайн-курси на платформах Coursera та Ed, Udemy, MIT OpenCourse Ware. Більшість курсів із 3D-графіки присвячено вивченню особливостей роботи у спеціалізованих середовищах тривимірного моделювання та створення 3D-анімації [8].

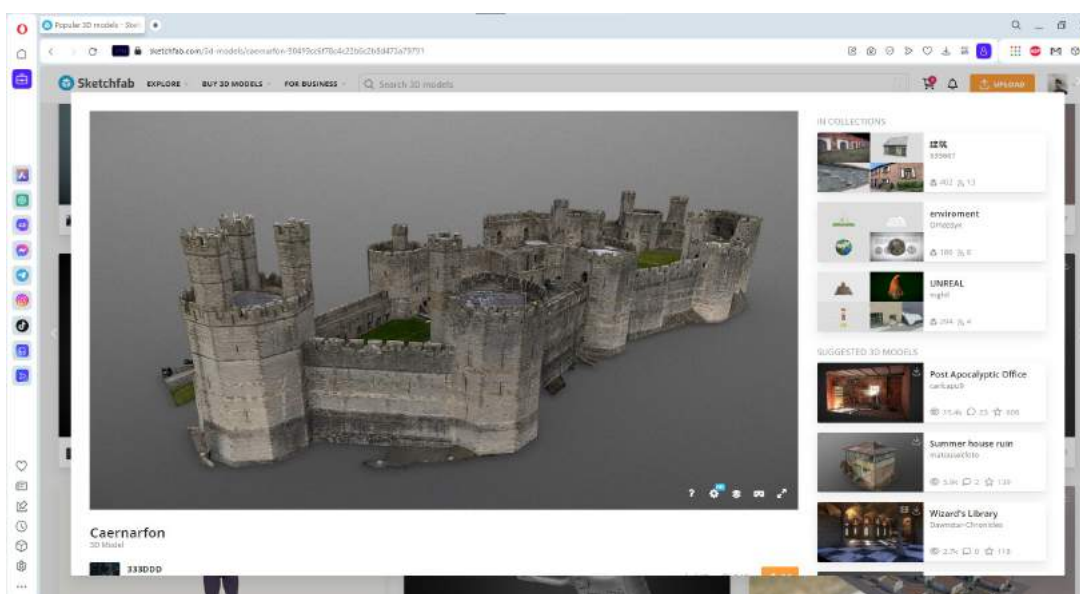
Переважно вивчення 3D-графіки відбувається через самоосвіту. Характерно, що це практично неможливо без використання відеоінструкцій, оскільки моделі потрібно розглядати з різних ракурсів у процесі роботи. Важлива також праця з самими моделями,

змога дослідити їх самотужки, часом «розібрати» на складові частини. Доречно використовувати як зразки для моделювання реальні об'єкти, такі, як пам'ятки архітектури, що мотивує здобувачів освіти до набуття практичних умінь 3D-моделювання. Такий досвід описано в статті Пойди С. А. і Галич Т. В. «Формування та розвиток просторової уяви учнів шляхом створення та використання 3D-моделей» [7].

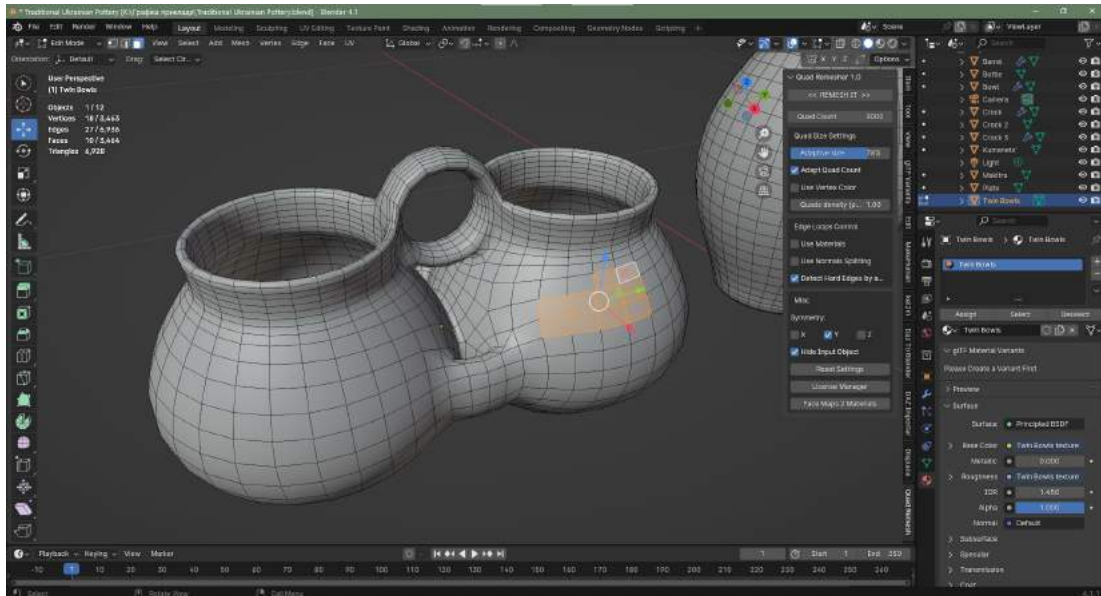
3D-моделювання та друк, згідно з висновками статті «3D modelling and its use in education», вписуються в концепцію освіти STEM/STEAM, ефективно зацікавлюють дітей технологіями та підвищують рівень їхньої обізнаності щодо цифрових технологій [1]. При ширшому застосуванні анімація може слугувати засобом привернення уваги через анімовані стрілки чи виділення; анімацію можна використовувати для демонстрації конкретних або абстрактних процедур, які необхідно запам'ятати й виконати. Завдяки впровадженню 3D-моделей та анімації в навчальний процес учні більше зацікавлені в предметі та, отже, готові докладати більше зусиль для вивчення нових навичок, тим покращуючи свої результати навчання, особливо з природничих наук [3].

Тривимірні моделі присутні в різних сферах життя сучасної людини, тож розуміння принципів їх створення є складником інформаційно-цифрової компетентності та загальної ерудиції.

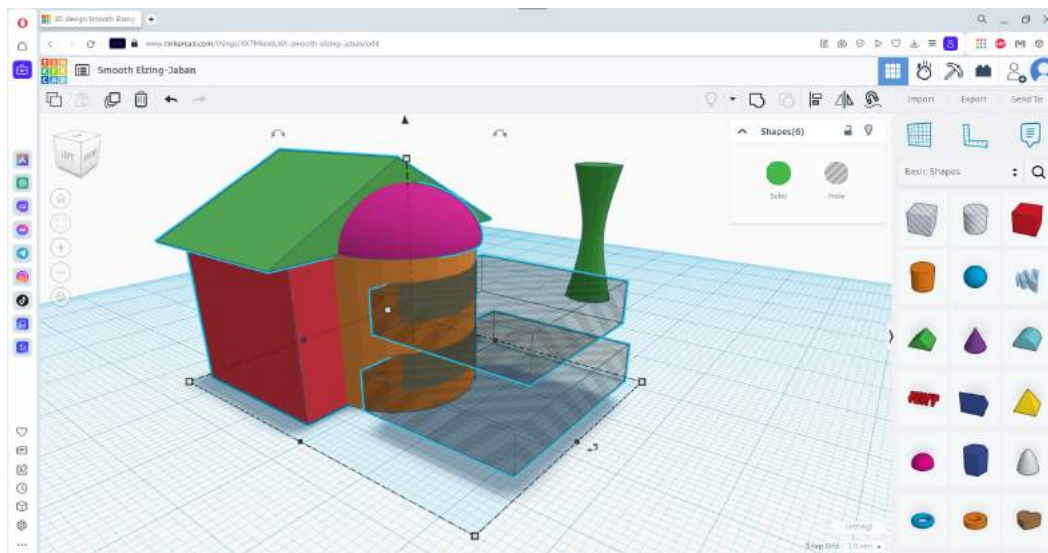
Висновки. Тривимірні моделі є потужним засобом наочності, здатним замінити фізичні об'єкти під час онлайн-занять, виконання дистанційних завдань. Створення таких моделей саме по собі є цікавим завданням для учнів ЗЗСО, ЗВО, педагогів – слухачів курсів підвищення кваліфікації, які мають стосунок до природничих і технічних наук. У цих моделей також є великий потенціал доповнювати уроки історії, технічних і обслуговуючих видів праці, бути складовою сучасної STEM і STEAM-освіти.



Модель фортеці у SketchFab



Виділені на моделі полігони у Blender



Моделювання в Tinkercad

Використані джерела

1. Klement M., Bártek K. 3D modelling and its use in education. *Journal of interdisciplinary research*, 2023. Vol. 13. pp. 30–34. doi: 10.33543/1301.
2. Learning in Three Dimensions: Report on the EDUCAUSE/HP Campus of the Future Project, 2018. URL: <https://www.educause.edu/ecar/research-publications/learning-in-three-dimensions-report-on-the-educause-hp-campus-of-the-future-project/executive-summary-key-findings-acknowledgments>
3. Teplá M., Teplý P., Šmejkal P. Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. *IJ STEM Ed*, 2022. Vol. 9 (65). doi: 10.1186/s40594-022-00382-8
4. Андрієвська В. М. Особливості вивчення 3D-графіки в ракурсі STEM-освіти. *Наумовські читання* : матеріали XIX наук.-метод. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених, присвяч. року мат. освіти в Україні, Харків, 23–24 листопада 2021 р. / [редкол.: Н. О. Пономарьова та ін.]. Харків, 2022. С. 174–175.
5. Гевко І. В., Потапчук О. І., Луцик І. Б., Ящик О. Б., Макаренко Л. Л. Методика використання 3D-моделювання та друку у графічній підготовці майбутніх фахівців галузі цифрових технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 87. № 1. С. 95–110. doi: 10.33407/itlt.v87i1.4710.
6. Козьяр М., Парфенюк О. Чотиривимірна графіка як новий етап графічної підготовки здобувачів вищої освіти в технічних закладах вищої освіти. *Нова педагогічна думка*. 2019. № 4. С. 42–46.
7. Пойда С. А., Галич Т. В. Формування та розвиток просторової уяви учнів шляхом створення та використання 3D-моделей. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. 2018. Т. 2. С. 80–85.
8. Юрченко А., Удовиченко О., Шершень О. Особливості вивчення 3D-графіки в умовах неформальної освіти. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2022. Т. 10 (5). С. 48–57. URL: <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i5-007>