МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Сілезька академія, Польща
Комунальний заклад «Професійно-технічне училище № 2»
Дніпровської міської ради

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА НАУЦІ

Збірник наукових праць
IV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

20 травня 2025 року

Запоріжжя, 2025

УДК 004:[378+001](062.552)

Рекомендовано до друку Вченою радою Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького
(протокол № 16 від 03.06.2025 р.)

Редакційна колегія:
Фалько Н. М. – доктор психологічних наук, доцент;
Осадча К. П.– доктор педагогічних наук, професор;
Круглик В. С. – доктор педагогічних наук, професор;
Полякова Л. І. – кандидат історичних наук, доцент;
Муртазієв Е. Г. – кандидат педагогічних наук, доцент;
Чорна А. В. – кандидат педагогічних наук, доцент;
Сіциліцин Ю. О. – доктор філософії, старший викладач.

Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць IV міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя-Мелітополь, 20 травня 2025 р., МДПУ імені Богдана Хмельницького). Випуск 14. Запоріжжя: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. 576 с.

До збірника ввійшли матеріали, присвячені актуальним проблемам цифрової трансформації суспільства та окремих сфер його функціонування, а також інноваційного розвитку освіти. Збірник буде корисним науково-педагогічним працівникам, аспірантам та студентам.

У матеріалах конференції збережено орфографію та пунктуацію авторів. За достовірність та оригінальність матеріалу відповідальність покладається на авторів.

© Автори публікацій, 2025

ЗМІСТ

Секція І
ШЛЯХИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ОСВІТИ: ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТОДИКИ, РЕСУРСИ

Білокопитова М. О., Волобоєва А. О., Островська К. В.
Роль лінгвістичних додатків у викладанні іноземних мов 16

Борисенко О. М.
Професійна підготовка майбутніх фахівців, зокрема авіаційної галузі: сучасні тенденції та виклики 19

Владика В. С., Лобода Є. А.
Шляхи інноваційного розвитку освіти: технології, методики, ресурси 21

Гаркушка Д. Ю.
Інструменти STEM-технологій у професійній підготовці майбутніх педагогів професійного навчання 24

Гасанова Ш. І., Іванова Н. Г.
Логотип як полісеміотичний текст у цифровому лінгводидактичному просторі: освітній сайт з іспанської мови SPANISHBOOM.COM 29

Гузь А. М.
Вплив знань з безпеки життєдіяльності на психофізіологічну готовність курсантів до плавальної практики 33

Давидюк А. В.
Тренінг для педагогічних працівників ЗП(ПТ)О «Використання відкритого програмного забезпечення у професійно-технічній освіті» 36

Дерстуганова Н. В.
Гармонізація освітніх структур в Європі: досвід України в окресленні переліку загальних компетентностей 43

Євлах М. О.
Формування медіаграмотності в професійній підготовці цифрових технологів: світові підходи 47

Захарова К. Ф.
Інноваційні підходи до викладання дисципліни «Економічна демографія»: технології, методики, ресурси 52

Каркоцький І. О.
Методи формування в бакалаврів з професійної освіти здатності до застосування тренінгових технологій навчання 56

Качур А. Д.
Підходи до розробки індивідуальної освітньої траєкторії майбутнього фахівця..... 61

Комарницький К. С.
Аналіз засобів формування компетентності з кібернетичної безпеки, які можна використати під час навчання інженерів-програмістів 68

Конюхов С. Л., Крашеніннік І. В.
Методика колаборативного навчання баз даних у закладах вищої освіти 72

Коровець Х. І., Дем'янюк А. В.
Роль гри у розвитку дітей дошкільного віку.....79

Кумейко В. В.
Моделювання процесу впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у змішане навчання для підвищення професійної компетентності ІТ-фахівців 82

Меркушева А. А.
Організація змішаного освітнього процесу з графічного дизайну з урахуванням стилів навчання студентів.....85

Міщенко І. Д.
Інтеграція наскрізної практичної підготовки бакалаврів з цифрових технологій у професійній освіті на засадах студентоцентрованого підходу.....89

Молчанова К. К., Лупаренко С. Є.
Вплив віртуального простору на формування англійського сленгу.....93

Мороз М. В.
Сучасні інструменти та стратегії для інноваційного розвитку освіти 96

Наумук І. М., Верчак О. Є.
Аналіз сучасних тенденцій у навчанні програмуванню в закладах загальної середньої освіти.....100

Омельченко П. С., Мірошниченко О. М.
Інноваційна діяльність сучасного педагога: формування нового освітнього середовища..... 104

Павлига П. Д.
Формування політики використання хмарних сервісів в навчальному процесі закладів вищої освіти України..... 107

Попова В. М.
Тренінг для формування емпатії та саморегуляції студентів через призму об'єктно-орієнтованого програмування..... 111

Розумейко Н. О.
Методика оцінювання навчальних досягнень бакалаврів спеціалізації «Цифрові технології» під час комплексного кваліфікаційного іспиту 115

Ройко Л. Л.
Використання комп'ютерного тестування при викладанні вищої математики 123

Сидорчук Р. Д.
Сучасні зарубіжні підходи до формування інформаційно-цифрової компетентності ІТ-фахівців через проектне навчання..... 127

Синеруб А. Ю., Дем'янюк А. В.
Модернізація дошкільної освіти: інноваційні підходи в умовах сьогодення..... 130

Соболев Д. О.
Формування здатності до професійної мобільності у здобувачів вищої освіти у процесі навчання програмування 133

Солошенко-Задніпровська Н. К.
Цифрова гейміфікація як тенденція розвитку іншомовної освіти..... 139

Староста В. І.
Академічне (не)дистанційне консультування: погляди учасників освітнього процесу 143

Стасюк Т. Є., Дем'янюк А. В.
Розвиток навичок предметно-практичної діяльності дітей дошкільного віку з особливими освітніми потребами в умовах інклюзивної групи закладу дошкільної освіти..... 150

Столяр Д. Б., Лаврів Л. П.
Використання штучного інтелекту для створення інтерактивних симуляційних сценаріїв 152

Цьомик В. С., Сидорак М. С., Білоус І. І.
Психоемоційне напруження серед працівників закладів початкової освіти: вплив на безпеку та профілактика 155

Устенко А. О.
Досвід застосування штучного інтелекту при вивченні вищої математики 158

Ушакова-Кирпач І. М., Клепачов В. С.
Особливості впливу hard та soft skills на розвиток підприємницьких навичок 163

Фалько О. М., Круглик В. С.
Методи формування в бакалаврів з професійної освіти готовності до застосування технологій навчання у співробітництві 166

Чихун В. А.
Зарубіжний досвід розробки гейміфікаційних стратегій у навчанні фахівців з цифрових технологій 171

Шапкін В. Є., Заздравнов А. А.
Дубайська декларація про відкриті освітні ресурси 2024 року та перспективи системи вищої освіти в Україні 175

Ярич І. Я.
Професійна освіта в умовах інноваційних викликів: перспективи та модернізація 179

Kuzmina I. Y., Kuzmina O. O.
Education as a strategic resource of innovative development of Ukrainian society 185

Matviienko L. H.
The use of open educational resources (OER) in the professional training of students 189

Oliinyk V. V.
Innovative teaching methods for student success 192

Секція ІІ
ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СУСПІЛЬСТВА

Білоус С. О.
Електронні сервіси та системи для юристів в Україні 196

Гиренко В. В., Майданюк В. П
Веб-застосунок для криптографічного захисту файлів 200

Десятнюк Л. Б., Шубіна Л. Ю.
Базові концепції інформаційних технологій в медицині.....205

Дудкіна Ю. О.
Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на електронні докази в цивільному процесі..... 208

Дьяковська Г. О., Алієва О. Г., Копійко С. С.
Цифрова трансформація суспільства: техніка як актант і мережеві агенти..... 213

Кудряшов А. Д.
Аналіз проблем формування особистих звичок та роль цифрових інструментів у їх подоланні (на прикладі веб-застосунку "Habits Tracker") 216

Кузнецова В. А.
Основні напрямки цифрової трансформації суспільства, її значення, досягнення та перспективи 220

Лучковська К. В.
Захист персональних даних в умовах цифрового суспільства 224

Мамиченко С. А.
Soft skills як запорука професійної майстерності педагога в умовах цифрових трансформацій.....228

Райковська І. Т.
Диджиталізація стратегічного аналізу: трансформація аналітичних процесів у цифрову епоху.....232

Романов Д. О.
Світовий досвід використання комп'ютерних тренажерів у кібербезпеці 236

Ткаченко В. В.
Інтелектуальне управління операціями – роль штучного інтелекту.....239

Ушакова-Кирпач І. М., Дідик В. А.
Краудфандинг як інструмент підтримки соціальних проєктів 242

Худолєй І. І.
Аналіз можливостей використання відкритих геоінформаційних сервісів (на прикладі OpenStreetMap).....245

Шишкіна О. В., Волошин Д.М., Малихін А. Г.
Роль фінансових посередників у створенні та впровадженні інноваційних фінансових продуктів в умовах цифровізації 249

Щерба В. В.
Цифрова трансформація правової системи вплив інформаційних технологій 253

Яремчук К. А.
Роль електронного судочинства в суспільних відносинах 257

Ярощук В. О., Крушинська А. В.
Кіберстрахування як інструмент фінансової безпеки в умовах цифровізації..... 261

Riepin O. V., Bykova T. A.
Augmented reality technologies as a transformative tool in tourism 266

Секція ІІІ
ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Адаменко В. О.
Сучасні вебсервіси для управління освітнім процесом: переваги та недоліки 270

Бикова Т. А.
Використання цифрових технологій для проєктування авіаційної техніки.....274

Боб О. В.
Системи автоматичної перевірки рішень у програмуванні: аналіз та вибір платформи для освітнього середовища 277

Богданова Н. Г.
Цифрова революція в освіті: як технології формують майбутнє науки..... 281

Веретюк Т. В.
Цифрова грамотність викладача-філолога в умовах трансформації освіти 284

Вінник О. М.
Створення інтерактивного онлайн-посібника для підготовки до єдиного вступного іспиту з англійської мови. Практичний досвід 289

Гандзюк О. М., Валецький Ю. М.
Цифрові технології в освіті та наукових дослідженнях: нові перспективи для комунікативної підготовки парамедиків і фармацевтів 293

Гнатюк С. М., Лупаренко С. Є.
Вплив сучасних інформаційно-комунікаційних технологій на освітній процес 297

Гуліч О. О.
Штучний інтелект у формуванні іншомовної компетентності: психолінгвістичний аспект 300

Євсєєв Т. Є., Аброскін Ю. Ю.
Розробка навчального модуля з елементами гейміфікації для вивчення методів шифрування..... 305

Зеленюк О. С., Іванова Н. Г.
Цифровізація мовної освіти: структура та стратегії розвитку youtube-каналу @ivanka.ispanka 308

Іванова Н. Г., Коптіна Д. В.
Інновації у викладанні іспанської мови для початківців: аналіз відеоуроку Youtube-каналу Іванка Іспанка..... 314

Кожевников П. П.
Використання цифрових технологій в процесі підготовки здобувачів спеціальності А5 «Професійна освіта» 318

Колесников К. В.
Кроки впровадження STEM-технології навчання для підготовки фахівців фізкультури і спорту 321

Коломоєць Ю. В., Ткачук В. В.
Напрями впровадження штучного інтелекту в контексті фахової передвищої освіти 326

Курепін В. М.
Цифрові технології у навчанні та наукових дослідженнях: виклики, перспективи, напрямки розвитку 328

Листопад О. А., Листопад Н. Л.
Хмарні платформи для зберігання та обробки науково-дослідної інформації..... 331

Лучко Ю. І.
Трансформація ролі викладача у вищій освіті в контексті впровадження штучного інтелекту 337

Мазур І.-С. В.
Роль інноваційних інструментів вебдизайну у професійній підготовці фахівців ІТ 341

Маловецька Н. Г.
Використання інструменту Exam.Net для підвищення якості та об'єктивності оцінювання 345

Мардарова І. К., Гуданич Н. М.
Інформаційно-комунікаційні технології як засіб формування валеологічної культури дітей дошкільного віку.....348

Наумук І. М.
Фактчекінг у наукових та технічних публікаціях 353

Недо А. О., Герасін О. С.
Огляд сучасних суднових роботів 357

Носова Н. І.
Можливості використання цифрових технологій та імплементації цифрових рішень в освітній процес й науково-дослідницьку діяльність на сучасному етапі технологічного розвитку в Україні 361

Одинцова Г. С.
Використання цифрових інструментів для створення текстів «нової природи».....364

Олійник В. В.
Проєктно-орієнтований підхід до навчання технології 3D-друку у професійно-технічній освіті 367

Пирх Є. О.
Використання віртуальних лабораторій у закладах професійної освіти 371

Роботько Д. О.
Вимоги до програмного забезпечення інформаційних систем управління знаннями 375

Романюк О. Н., Мазур В. В.
Роль конкурсів з веб-дизайну для студентів України 378

Романюк О. Н., Романюк О. В., Ковальова Ю. О.
Роль мистецьких компетенцій для студентів 382

Санін В. С.
Аналіз проблем цифровізації освіти та автоматизації діяльності закладу вищої освіти 388

Свинчук О. В., Котова А. А.
Програмне забезпечення для підвищення живучості підсистеми сонячних панелей системи генерації, розподілу та зберігання енергії 392

Свинчук О. В., Мангуплі Ю. Д.
Програмне забезпечення для підвищення живучості підсистеми акумуляторних батарей системи генерації, розподілу та зберігання енергії.....395

Свинчук О. В., Руденко О. С.
Програмне забезпечення для резервного копіювання даних системи генерації, розподілу та зберігання енергії на основі методів машинного навчання.....398

Свинчук О. В., Савчин А. Р.
Програмне забезпечення для підвищення функціональної стійкості гібридного інвертора та системи генерації, розподілу та зберігання енергії 401

Столяр Д. Б., Лаврів Л. П.
Застосування віртуальної та доповненої реальності для навчання медичних працівників у віддалених регіонах 404

Сторожук Ю. В.
Адаптивна генерація навантаження в тестуванні продуктивності програмного забезпечення 407

Харламова Л. Д.
Інтеграція технологій штучного інтелекту у процес навчання математики 410

Хижан А. О., Терещенко Н. Ю., Хижан О. І.
Цифрові інструменти обрахунку результатів хроматографічного аналізу 416

Храпач А. І.
Аналіз інструментів Google Workspace For Education для покращення процесів викладання та навчання..... 419

Циганенко Д. М.
Цифрові технології в освіті та наукових дослідженнях.....423

Четверик В. К.
Генеративний штучний інтелект у контексті навчання іноземних мов здобувачів ЗВО 428

Чорна А. В., Христовой Д. Ю.
Використання штучного інтелекту для автоматизації створення мультимедійного контенту.....433

Шикиринська О. В., Толстяк А. І.
Потенціал дидактичних комп'ютерних ігор у формуванні цифрового громадянства старших дошкільників.....438

Шубін Л. А.
Дослідження можливостей бібліотеки Opencv для цифрової обробки зображень в рамках дисципліни "Системи розпізнавання образів"..... 441

Шубна О. Ю.
Використання сучасних цифрових технологій для впровадження принципів професійної орієнтації в інженерному та графічному навчанні.....444

Ярич І. Я.
Технологія web-квесту як засіб розвитку фахової компетентності сучасного педагога закладу професійної освіти.....447

Ярощук В. О., Фасолько Т. М.
Розв'язання задач лінійного програмування із застосуванням програмного засобу Microsoft Excel.....452

Grod I. M.
Computer experiment as a tool for deepening knowledge of differential equations 457

Ivannikov T. O.
Leveraging cloud computing to advance scientific cooperation and higher education.....459

Ivanova R. Y.
Digital legal education and the role of international organizations in promoting rule of law through technological innovation..... 461

Lishchenko A.-M. L., Yuvkovetska Y. O.
Opportunities and challenges of using artificial intelligence in education: between automation and humanization of the learning process 464

Tverdokhliebova N. Y., Yevtushenko N. S.
Using digitalization tools in training specialists in the field of occupational safety 467

Zazdravnov A. A., Shapkin V. E.
Experience of using distance smart learning on electrocardiographic diagnostics for interns in the specialty "General Practice – Family Medicine" 471

Секція IV
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ ІТ-ГАЛУЗІ

Власов Д. О., Наумук О. В.
Розробка засобів визначення виробника мережного адаптера на основі MAC-адреси 475

Гайтан О. М., Фещенко Д. О.
Застосування штучного інтелекту в тестуванні програмного забезпечення 478

Герасименко Д. І., Наумук О. В.
Аналіз бібліотек для генерації синтетичних даних на мові Python 482

Древинський В. В.
Розробка програмного забезпечення системи корпоративних комунікацій з використанням блокчейн технології 486

Золотарьов П. Р.
Розробка та дослідження роботи фреймворку автоматизованого тестування в галузі освіти і дошкільного навчання 488

Зорін Н. О., Терейковська Л. О.
Семантична сегментація об’єктів будівництва 491

Малярчук М. П.
Spark як засіб ефективної обробки Big Data 494

Масьома В. Т.
Безпека даних: хмарні сховища, кібератаки та захист даних 497

Наумук О. В.
Протоколи безпеки в сучасних комп'ютерних мережах: VPN, IPSEC, SSL/TLS 501

Наумук О. В., Колінько П. О.
Аналіз трендів у дизайні UI: як фронтенд адаптується до сучасних вимог 505

Пронченко А. В., Наумук О. В.
CSS-фреймворки: аналіз підходів розробки на Bootstrap і Tailwind 509

Прус Б. В.
Життєвий цикл розробки мобільної системи для інтелектуального агрегування медіаконтенту 512

Прус О. В., Коваленко О. О., Майданюк В. П.
Моделювання й впровадження оптимізації продуктивності на етапах життєвого циклу багатопроєктного середовища 515

Романенко С. О.
Шляхи покращення продуктивності систем реального часу шляхом оптимізації алгоритмів паралельної обробки на гетерогенних обчислювальних середовищ 524

Романюк О. Н., Завальнюк Є. К., Бобко О. Л.
Напрямки підвищення продуктивності та реалістичності формування тривимірних графічних зображень 528

Романюк О. Н., Майданюк В. П., Нечипорук М. Л.
Особливості шифрування графічних зображень 533

Романюк О. Н., Майданюк В. П., Романюк О. В.
Аналіз сучасних архітектур GPU 538

Романюк О. Н., Майданюк В. П., Романюк О. В., Новосельцев О. О., Мельник А. В.
Використанням паралаксного текстурування для підвищення реалістичності формування тривимірних зображень 543

Романюк О. Н., Романюк О. В.
Перспективні напрями розвитку розподілених баз даних 551

Рягузов О. О.
Розробка модуля Transaction & Log Analytics: досвід виробничої практики 554

Ткачук В. І., Майданюк В. П.
Налаштування Windows з використанням системного реєстру 557

Форкерт П. П.
Універсальний синтаксис виклику функцій в діалекті мови програмування GO 561

Шевченко І. В.
Узгодженість даних: strong vs eventual consistency 565

Haitan O., Chebotariov O.
Developing an adaptive pfm tool for Ukrainian users: the case of Grosholiub.....569

Voloboieva A. O., Ivashchenko D. O.
English at international tech conferences: opportunities and challenges for non-philological majors in esp contexts 571

4. Bernardi M. L., Cimitile M., Mercaldo F. Process mining meets malware evolution: a study of the behavior of malicious code. International symposium on computing and networking – across practical development and theoretical research. 2016.

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА РЕАЛІСТИЧНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Романюк Олександр Никифорович
д.т.н., професор, професор кафедри
програмного забезпечення
Вінницький національний технічний університет

Завальнюк Євген Костянтинович
аспірант
Вінницький національний технічний університет

Бобко Олексій Леонідович
аспірант
Вінницький національний технічний університет

Анотація. *Проаналізовано напрямки підвищення продуктивності та реалістичності формування тривимірних графічних зображень.*

Directions for increasing productivity and realism of formation of three-dimensional graphic images. *Abstract. The directions for increasing the productivity and realism of the formation of three-dimensional graphic images are analyzed.*

Реалістичність тривимірної графіки підвищується завдяки вдосконаленню як апаратних компонентів, так і програмних засобів. Одним із провідних напрямів є використання фізично обґрунтованого рендерингу [1, с. 320, 331], що забезпечує правдоподібне моделювання світлової взаємодії з поверхнями, включаючи мікрофасетні структури та ефект Френеля. Важливе значення має також глобальне освітлення [1, с. 377], яке охоплює непряме освітлення та міжоб'єктні відбиття, а методи мікрогеометрії — такі як bump mapping, normal mapping і parallax occlusion mapping — дають змогу візуалізувати деталі без збільшення

полігональності. Вагомий внесок у підвищення якості зображення вносить трасування променів, що дозволяє правдоподібно відтворювати тіні, віддзеркалення та заломлення. Матеріали набувають реалістичності завдяки точному опису їхніх фізичних властивостей: коефіцієнтів заломлення, внутрішнього розсіювання світла, а також спектральних характеристик. Освітлення сцени суттєво поліпшується з використанням HDR-текстур, Image-Based Lighting та моделей атмосферного розсіювання. Реалістичні рухи забезпечуються технологіями інверсної кінематики, фізичними симуляціями динаміки рідин, тканин, волосся та анімацією на основі захоплення руху. Шейдери й ефекти постобробки, включаючи глибину різкості, кінематографічне розмиття, хроматичну аберацію, додають зображенню природних оптичних властивостей. У складних сценах важливо використовувати рівні деталізації та тесселяцію для ефективного управління геометрією. Сучасні технології, зокрема алгоритми штучного інтелекту — як-от NVIDIA DLSS чи RTXDI — застосовуються для поліпшення якості текстур, підвищення роздільної здатності та симуляції фізичних ефектів у режимі реального часу. Завдяки поєднанню цих рішень можливо досягти фотореалістичного зображення у сфері цифрових ігор, віртуальної реальності, кіновиробництва та інженерної візуалізації.

Крім вищезазначених методів, реалістичність тривимірної графіки підвищується завдяки точному моделюванню камерних ефектів, які імітують оптику реальних фотокамер. Це включає глибину різкості, що фокусує увагу на певних об'єктах, ефект боке, який моделює форму діафрагми, а також він’єтування, що створює затемнення країв зображення. Значний вплив має також правильне використання кольорокорекції [1, с. 160], тонального відображення та калібрування гамма-кривої, що забезпечує відповідність відтінків і контрасту з природним сприйняттям зображення людським оком. Реалістичність руху й анімації підсилюється завдяки застосуванню систем частинок та фізично обґрунтованих моделей зіткнень і гнучкості, які дозволяють правдоподібно відтворювати дощ, дим, вогонь, пил, вибухи та інші складні природні явища. Водночас розвиток алгоритмів процедурної генерації дозволяє створювати складні сцени, рослинність, текстури та цілі світи без ручного моделювання, що значно зменшує ресурси при високому рівні деталізації. Ще одним важливим аспектом є симуляція

взаємодії з користувачем у реальному часі — у віртуальній або доповненій реальності — де графіка повинна адаптуватися до змін кута огляду, освітлення або дій користувача без втрати якості. І нарешті, інтеграція хмарних обчислень і потокової графіки дозволяє виконувати складні візуалізації поза межами локального обладнання, що відкриває нові можливості для реалістичного рендерингу навіть на менш потужних пристроях. Усі ці методи в сукупності спрямовані на досягнення головної мети — максимальної відповідності візуального образу очікуванням глядача, сформованим на основі реального світу.

Шляхи підвищення продуктивності формування тривимірних графічних зображень охоплюють апаратні вдосконалення, оптимізацію програмного коду та ефективне управління ресурсами. Одним із ключових напрямів є використання апаратних прискорювачів — сучасні графічні процесори (GPU) [2, с. 5] із великою кількістю обчислювальних ядер та спеціалізованими блоками для обробки шейдерів, трасування променів, глибинного буфера та текстурування значно пришвидшують рендеринг. Другим напрямком є застосування мультипоточності та паралельних обчислень, що дозволяє розподілити завдання рендерингу між ядрами GPU або CPU, забезпечуючи масштабування під час обробки складних сцен. Для цього використовуються обчислювальні платформи, такі як CUDA або OpenCL.

Також важливою є оптимізація графічного конвеєра — зменшення кількості викликів draw call, групування об'єктів за матеріалами та геометрією, застосування culling-алгоритмів (view frustum culling, occlusion culling) для виключення невидимих об’єктів. Суттєво прискорює відтворення сцени використання рівнів деталізації, де складні моделі замінюються спрощеними на великих відстанях, а також інстансінг — багаторазове використання однієї геометрії з різними параметрами. Ще одним напрямом є застосування відкладеного рендерингу, при якому спочатку обчислюються геометричні дані сцени, а потім освітлення, що дає змогу ефективно працювати з великою кількістю джерел світла.

Компресія текстур, застосування форматів зі зменшеним розрядом точності (наприклад, FP16), використання тайлінгу і вирізання регіонів екрана— усе це дозволяє скоротити навантаження на пам’ять та пропускну здатність шин. Сучасні рушії також використовують техніки

динамічного масштабу зображення — наприклад, NVIDIA DLSS або AMD FSR, що рендерять сцену у нижчій роздільності з подальшим апскейлом, зберігаючи високу якість. Не менш важливою є ефективна організація буферів і кешування, зокрема буферів кадрів, тіней, глибини, а також асинхронне завантаження ресурсів, що мінімізує затримки.

Нарешті, для підвищення продуктивності широко застосовуються інструменти профілювання та дебагу, які дозволяють виявити вузькі місця у графічному конвеєрі, такі як затримки шейдерів, перевантаження по пам’яті або невдале розбиття сцен. Усі ці шляхи реалізуються комплексно, залежно від специфіки програмного забезпечення, апаратної платформи та вимог до інтерактивності чи реалістичності сцени.

Подальше підвищення продуктивності формування тривимірної графіки також досягається шляхом застосування гібридних методів рендерингу [3, с. 293], які поєднують традиційне растеризоване зображення з трасуванням променів лише для вибраних елементів сцени, як-от відбиття, тіні або прозорість. Це дозволяє значно зменшити обчислювальні витрати порівняно з повним ray tracing, зберігаючи при цьому високий візуальний рівень. Важливим є також застосування адаптивних алгоритмів, які змінюють якість зображення в реальному часі залежно від поточного навантаження системи, наприклад, динамічна зміна роздільності або щільності частинок у системах ефектів.

У сфері оптимізації освітлення набули поширення методи, що ґрунтуються на попередньо обчислених даних, які дозволяють зберігати ефекти глобального освітлення для статичних сцен і використовувати їх без дорогих розрахунків у реальному часі. Крім того, у великомасштабних сценах ефективною є сцена на основі просторової ієрархії (BVH, Octree, KD-Tree), що прискорює обчислення зіткнень, видимості та світлових променів. Також використовуються GPU-масиви для асинхронного копіювання даних, обробки великих обсягів геометрії або текстур та векторизації обчислень у шейдерах.

Зростає значення потокової обробки ресурсів — дані завантажуються частинами в міру необхідності, що дозволяє обробляти сцени з великою кількістю об’єктів без перевантаження пам’яті. Для мобільних та енергообмежених пристроїв велике значення має енергетична оптимізація графіки, що передбачає зниження частоти оновлення кадру, відключення непомітних об'єктів, зменшення

складності шейдерів у моменти пікового навантаження. У веб-середовищі важливими є мінімізація обсягу переданих ресурсів і оптимізація формату моделей та текстур.

У контексті розробки ігор та інтерактивних застосунків поширеним є напрям, який передбачає організацію даних у пам'яті таким чином, щоб забезпечити кращу кеш-придатність і зменшити час доступу до ресурсів під час рендерингу.

Також активно використовуються shader precompilation та pipeline state caching, що дозволяє уникнути затримок при динамічній зміні графічного середовища. Завдяки цим методам можливо досягти високої частоти кадрів , навіть у складних сценах із великою кількістю об'єктів, ефектів та джерел світла, що критично для ігор, VR/AR-додатків і професійної візуалізації.

Підвищення продуктивності формування тривимірної графіки є комплексним завданням, що поєднує апаратні інновації з програмними оптимізаціями. Сучасні методи рендерингу використовують паралельні обчислення, ієрархічні структури даних та гібридні алгоритми для ефективного відтворення складних сцен у реальному часі.

Значну роль відіграють динамічна адаптація якості, попереднє обчислення освітлення та інтелектуальне керування ресурсами. Завдяки цим підходам досягається баланс між високою швидкістю рендерингу та збереженням візуальної достовірності зображень.

Отже, алгоритми фізично-обґрунтованого рендерингу дозволяють суттєво підвищити реалістичність формування зображень, а алгоритми гібридного рендерингу разом із застосуванням GPU забезпечують високопродуктивне формування зображень.

Список використаних джерел

1. Real-Time Rendering. Fourth Edition / T. Akenine-Möller et al. Boca Raton: CRC Press, 2018. 1154 p.

2. Nvidia RTX Blackwell GPU Architecture. *Nvidia*. URL: https://images.nvidia.com/aem-dam/Solutions/geforce/blackwell/nvidia-rtx-blackwell-gpu-architecture.pdf (accessed on: 18.05.2025).

3. A hybrid GPU rasterized and ray tracing rendering pipeline for real time rendering of pixel effects / T. L. Sabino et al. *11th International Confernece on Entertainment Computing (ICEC)*, Bremen, Sep 2012. 2012. P. 292—305.

Наукове видання

Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць IV міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя-Мелітополь, 20 травня 2025 р., МДПУ імені Богдана Хмельницького)

Відповідальний редактор	Круглик В.С.
Відповідальний секретар	Сіциліцин Ю.О.
Технічний редактор	Кожевников П.П.

вул. Наукового містечка, 59, м. Запоріжжя, Запорізька область, Україна, 69000

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького