



ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ: СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції

20-21 листопада 2025 р.

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Національна академія Державної прикордонної
служби України ім. Богдана Хмельницького
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
Державний заклад вищої освіти «Університет менеджменту освіти»
Державний податковий університет
Комунальний заклад вищої освіти «Вінницька академія безперервної освіти»
Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти
Інститут комп'ютерних систем і технологій "Індустрія 4.0"
ім. П. Н. Платонова
Університет Бельсько-Бяльський (Польща)
Люблінська політехніка (Польща)**

«ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ: СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції
20-21 листопада 2025 р.**

**Суми/Вінниця
НІКО/КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»
2025**

УДК 004
ББК 32.97
Е50

Рекомендовано до видання Вченою радою КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (протокол № 8 від 25.11.2025 р.)

Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції 20-21 листопада 2025 р. – Суми/Вінниця: НІКО/ КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2025. – 420 с.

ISBN 978-617-7422-25-8

Збірник містить матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції «Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління. Матеріали збірника подано у авторській редакції. Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Матеріали відтворюються зі збереженням змісту, орфографії та синтаксису текстів, наданих авторами.

УДК 004
ISBN 978-617-7422-25-8

© Вінницький національний технічний університет, 2025

© КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2025

© Вид-во Суми, НІКО, 2025

ЗМІСТ

Didur V.O., Khoshaba O.M.	DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR AN ELECTRONIC DIARY AND STUDENT ASSESSMENT IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS	15
Drakon D.S.	HUMAN-AI COLLABORATION IN DECISION-MAKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	18
Kazartceva I.S.	HUMAN-AI COLLABORATION IN DECISION-MAKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	19
Kuzionko- Ochrymiuk E., Khaletskyy A.V.	DIGITAL COMPETENCES IN THE MODERN ECONOMY	28
Lukov D.A., Khoshaba O.M.	DESIGN AND DEVELOPMENT OF A RESEARCH-INFORMED SOFTWARE TOOL FOR FOREIGN LANGUAGE LEARNING	30
Prystrom J.	SMART COMMUNITY – THE ROLE OF DIGITAL AND MEDIA COMPETENCES IN BUILDING INNOVATIVE COMMUNITIES	33
Romaniuk O.N., Maidanyuk V.P., Nechiporuk M, Shevchuk R.P.	DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF GRAPHIC IMAGE STEGANOGRAPHY	34
Zora I.E.	COMPARATIVE ANALYSIS OF CENTRALISED SCHEDULING AND DECENTRALISED COORDINATION IN MODERN DISTRIBUTED SYSTEMS	36
Андрійчук М.Д.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАННІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	37
Бардадим О.В., Гаркавий С.Ф.	LEARNLM (LLM) ЯК СУЧАСНА МОДЕЛЬ САМООСВІТИ	39
Баришев Ю. В., Казміревський В.В.	ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОГРАФІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОПОДІБНИХ ГЕШ-ФУНКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛІТИННОГО АВТОМАТУ	40
Бевз С. В., Барасій О. А., Миронюк О. В.	РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЕБСИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ПОРУШЕНЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ «CLEAN LAND»	44
Бевз С. В., Бурбело С. М., Коваленко О. О., Рябуха Є. В.	МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ВЕБПОРТАЛІВ З АВТОМАТИЧНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ВХІДНИХ ДАНИХ	47
Бідник Т.В.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК МЕХАНІЗМ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	48
Білий Р. О.	МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА КРИТИЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ АРХІТЕКТУР	52

Білий Р. О., Рейда О. М.	АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ТЕКСТІВ МЕТОДОЛОГІЇ СЕМАНТИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОРЕКЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ OCR З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT	53
Білий Р. О., Рейда О. М.	СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ GOOGLE WORKSPACE ДЛЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ НАВИЧОК УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ КОЛЕДЖУ КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ	55
Близнюк В.І.	ІНФОРМАЦІЙНА КУЛЬТУРА МОЛОДІ В УМОВАХ ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ: РОЛЬ ОСВІТНІХ МЕДІАПЛАТФОРМ	57
Боденчук Б. І.,	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОШУКУ ВАКАНСІЙ У СФЕРІ ІТ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ВЕБСКРАПІНГУ	60
Бочарова А.О., Супрун О.М.	НЕЛІНІЙНА ПЕДАГОГІКА ЯК «МОТИВАЦІЙНИЙ ГАЧОК» В МОБІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ЛЕГКОЇ АТЛЕТИКИ	61
Бондаренко Р.В., Єфременко А.М.	РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ВЕБ- ПЛАТФОРМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ TELEGRAM-БОТАМИ	62
Брильянт І.А., Чехместрук Р.Ю.	ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ	64
Вараниця М.С., Романюк О. Н.	АВТОМАТИЗОВАНА ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ПЕРЕКЛАДУ УКРАЇНСЬКИХ СЛІВ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ	65
Василик Д. М., Ткаченко О. М.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЦИНІ	68
Витковець І.О.	ЗАСТОСУВАННЯ АГЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОБІТ У ЛАБОРАТОРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ JETIQ	70
Войтко В.В., Малініч П.П.	МЕТАПРОГРАМУВАННЯ ЯК ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ ANDROID-ЗАСТОСУНКІВ	71
Войтко В.В., Музичук Д.Р.	РОЗРОБКА СИСТЕМИ «3D ADAPT NEURO LIMB STUDIO» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ БІОНІЧНИХ ПРОТЕЗІВ	74
Войтко В. В., Шиндирук В. Д., Барчук Н. Є., Гаврилюк О. В.	АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ	76
Волосенко В.Ф., Чехместрук Р. Ю.	ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН ПОСЛУГ В УКРАЇНІ	80
Воронова А.С., Смирнова Т.А.		81

Гавриш Є. О., Романюк О. В.	УДОСКОНАЛЕННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ІСТОРІЇ ПРОСЛУХОВУВАННЯ В АУДІОПЛЕЄРАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МУЗИКОТЕРАПІЇ	83
Главчев М.І., Баленко О.І., Главчева Ю.М.	ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АНСАМБЛЮ ПОТОКОВИХ КРИПТОАЛГОРИТМІВ	86
Глущенко А.В., Шабачька С.А.	КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАННИХ В МЕДИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	89
Голуб Н.В.	ЯК ЗАХИСТИТИ СВІЙ СМАРТФОН ВІД ЗЛАМІВ І ШПИГУНСЬКИХ ПРОГРАМ	91
Гончаренко Д.О., Романюк О.Н.	АНАЛІЗ НАЙПОТУЖНІШИХ ВІДЕОКАРТ У 2024-2025 РОКАХ	92
Горбенко Д. А.	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ ТА ФІСКАЛІЗАЦІЇ	94
Грицишин В. О., Стахов О. Я., Майданюк В. П.	АНАЛІЗ ФОРМАТІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІТІВ ДЛЯ МІНІ- ІГОР У MINECRAFT	95
Гросс А.В., Сердюк Н.М.	GITOPS ЯК ОСНОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЯМИ В ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	96
Гузь А.С.	ВПЛИВ ЦИФРОВОЇ НЕРІВНОСТІ НА ЯКІСТЬ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ	99
Гуменчук А.В., Романюк О.Н.	ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ГОЛОГРАФІЧНИХ МОНІТОРІВ	99
Денисюк А.В., Власенко Д.В.	ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ЧИСТОТУ АРХІТЕКТУРИ ТА КОДУ	101
Дорогий Я.Ю., Кравчук В.С., Цуркан В.В.	ТЕНЗОРНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ КОМАНД RED/BLUE/PURPLE	102
Дяденчук А. Ф.	РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ ГРАМОТНОСТІ ПЕДАГОГІВ У КОНТЕКСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ	105
Завальнюк, Є. К., Романюк, О. Н.	КОМБІНУВАННЯ ПРЯМОГО МЕТОДУ ТА МЕТОДУ РЕЙТРЕЙСИНГУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ	106
Захарчук М. Д., Романюк О.Н.	ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	108
Здітовецький Д.В., Ратушняк Т.В.	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЛОКАЛЬНІЙ ТА ІНТЕРНЕТ МЕРЕЖІ	111
Іванов Р.А., Рейда О.М.	АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ ГНУЧКОГО РОЗГОРТАННЯ МУЛЬТИКРАЇНОВИХ E- COMMERCE РІШЕНЬ НА БАЗІ SALESFORCE COMMERCE CLOUD	113
Іванов Р.А., Рейда О.М.	ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЄДИНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ (SRP) ПРИ ПОБУДОВІ МОДУЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ STOREFRONT-ПРОЕКТІВ НА SFCC	115

Успішна реалізація програми ШПМ засвідчила ефективність такого формату для підвищення цифрової компетентності педагогів закладів позашкільної освіти [5]. У 2025-2026 навчальному році заплановано продовження роботи школи з розширенням тематики занять, зокрема в напрямках використання штучного інтелекту, створення цифрових освітніх продуктів та розвитку цифрового лідерства.

Таким чином, розвиток цифрової грамотності педагогів є не лише відповіддю на сучасні виклики, а й стратегічною умовою забезпечення якості освіти. Формування відповідних компетентностей потребує комплексного підходу – від удосконалення системи підвищення кваліфікації до створення внутрішніх професійних спільнот, таких як школи педагогічної майстерності. Досвід Палацу дітей та молоді засвідчує, що навіть у межах позашкільної освіти можливо реалізувати ефективні моделі цифрового зростання, які поєднують інноваційність, практичну орієнтацію та педагогічну творчість.

Список використаних джерел

1. Державна служба якості освіти України. Моніторинг сформованості інформаційно-цифрової компетентності вчителів ЗЗСО м. Києва (II цикл, 2024/2025 н.р.) [Електронний ресурс]. Київ, 2025. URL: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/11.02.2025_Zvit-Kiiv-Monitoring-Sformovanist-ICK-II-cikl.pdf (дата звернення: 19.10.2025)
2. Моніторинг готовності та потреб вчителів щодо використання цифрових засобів та ІКТ: 2024. Аналітичний звіт/ О.Овчарук, О.Гриценчук, О.Кравчина; за заг.ред. О.Овчарук. Київ : ІЦО НАПН України. 2024. 100 с.
3. U-LEAD with Europe. Цифрова грамотність: що це таке і чому це так важливо? URL: <https://u-lead.org.ua/news/584> (дата звернення: 19.10.2025)
4. Jenkins H. Convergence Culture: Where Old and New Media Collide. New York: New York University Press, 2006. 384 p.
5. Балабан О., Дяденчук А. Інноваційні технології як чинник підвищення цифрової грамотності керівників гуртків закладів позашкільної освіти. Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали VI Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 28-30 травня 2025 р.) / [ред.колегія: С. В. Кюрчев, В. О. Радкевич, В. М. Кюрчев та ін.]. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. С. 262-267.

ЗАВАЛЬНЮК, Є. К.,
РОМАНЮК, О. Н.,

Вінницький національний технічний університет

КОМБІНУВАННЯ ПРЯМОГО МЕТОДУ ТА МЕТОДУ РЕЙТРЕЙСИНГУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

Анотація: у роботі розглянуто особливості комбінування прямого методу та методу рейтрейсингу для високоефективного й високореалістичного формування тривимірних зображень.

Ключові слова: 3D-рендеринг, рейтрейсинг, прямий метод, рендеринг у реальному часі.

Комп'ютерна графіка характеризується достатньо великою кількістю напрямків формування високореалістичних зображень. Два основні напрямки – це прямий метод [1-4] і метод рейтрейсингу (трасування променів) [5-9]. Обидва методи характеризуються власним набором переваг і недоліків. Відповідно, їх комбінування забезпечує формування більш реалістичних зображень, зберігаючи високу продуктивність обчислень. У роботі проаналізовано особливості обох методів, а також перспективи їх комбінованого використання для оптимізації рендерингу 3D-сцен.

Прямий метод рендерингу полягає у простому обчисленні інтенсивності кольору кожного пікселя сцени без урахування складних оптичних ефектів. Інтенсивність кольору пікселя визначається на основі даних про розташування джерела світла, камери, координат точки поверхні, відповідної пікселю. Метод забезпечує швидке формування зображень, однак багато фізичних ефектів не враховуються, що обмежує реалістичність сформованої сцени.

Водночас, рейтрейсинг полягає у відстеженні траєкторій світлових променів, що проходять через сцену. Враховуються явища відбиття, заломлення світла й багато інших ефектів. Рейтрейсинг за рахунок врахування складних фізичних ефектів забезпечує створення високореалістичних зображень. Однак, метод є обчислювально складним. Тому, застосування рейтрейсингу може обмежуватись лише певними елементами сцени, наприклад, для моделювання тіней.

Комбінування прямого методу й рейтрейсингу дозволяє знайти баланс між реалістичністю та продуктивністю 3D-візуалізації. Рейтрейсинг можна використовувати для візуалізації лише частини сцени, де необхідно є фотореалістичність, а решту сцени візуалізувати на основі прямого методу. Це дає можливість значено зменшити час розрахунків. Комбіновані методи рендерингу є актуальними для систем реального часу,

наприклад, комп'ютерних ігор й інтерактивних додатків, де необхідною є швидка візуалізація без суттєвих втрат у якості зображення.

Зокрема, рейтрейсинг є особливо ефективним для моделювання заломлення в прозорих об'єктах, складних тіней, глобального освітлення. Прямий метод доцільно використовувати для візуалізації об'єктів сцени, що не потребують моделювання складних оптичних ефектів. Це дозволяє забезпечити високореалістичну візуалізацію деталей об'єктів сцени, де це дійсно важливо, і одночасно зберегти високу продуктивність рендерингу для решти сцени.

Системи рендерингу, що базуються на поєднанні прямого методу й рейтрейсингу, називаються гібридними [10-12]. У гібридних системах рендерингу можуть додатково застосовуватись алгоритми, що автоматично визначають, для яких частин сцени варто застосовувати рейтрейсинг, а для яких доцільним є прямий метод.

Перспективним є поєднання гібридного рендерингу із методом рендерингу на основі фізичних характеристик матеріалів (PBR). PBR полягає у врахуванні фізичних явищ і параметрів, таких як мікроскопічна нерівність, френелівське відбиття, затінення, при моделюванні взаємодії світла з поверхнею. PBR може застосовуватись разом як і з прямим рендерингом, так і з рейтрейсингом.

Особливо актуальним є завдання інтеграції рейтрейсингу у системи візуалізації, що працюють у реальному часі. Сучасні графічні процесори (GPU) значно розширили можливості застосування рейтрейсингу в системах реального часу, однак комбінування рейтрейсингу з прямим методом залишається ефективним напрямом оптимізації рендерингу.

Загалом, переваги комбінованого використання рейтрейсингу та прямого методу рендерингу є наступними:

1. Швидкість візуалізації – прямий метод є значно швидшим, тому його застосування для окремих ділянок сцени дозволяє суттєво зменшити загальний час рендерингу.
2. Гнучкість візуалізації – комбінування даних методів дозволяє застосовувати складніший рейтрейсинг лише для тих ділянок сцени, де це є необхідним.
3. Реалістичність візуалізації – застосування рейтрейсингу лише для моделювання складних оптичних ефектів забезпечує високу якість зображення без значних втрат у швидкості візуалізації.

Однак, комбіноване використання даних методів характеризується деякими недоліками. Основний недолік – це складність реалізації. Необхідним є створення ефективних алгоритмів гібридного рендерингу, що б оптимізували час візуалізації, не втрачаючи якості візуалізації. Окрім того, рейтрейсинг у реальному часі залишається ресурсоемним, потребує потужного апаратного забезпечення. Це може стати обмеженням для деяких платформ.

У майбутньому очікується подальше вдосконалення методів гібридного рендерингу для підвищення реалістичності візуалізації при збереженні високої швидкості формування зображень. Розвитку алгоритмів гібридного рендерингу сприяє постійне покращення апаратних засобів. Відповідно, комбіновані методи рендерингу є перспективними для застосування у багатьох галузях, від ігор до кіноіндустрії.

Отже, комбіноване використання рейтрейсингу й прямого методу рендерингу забезпечує високореалістичне й високопродуктивне формування зображень, що досягається застосуванням складних алгоритмів візуалізації лише до відповідних елементів сцени.

Список використаних джерел

- [1] M. Pharr, W. Jakob, and G. Humphreys, Physically Based Rendering. Fourth edition. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2023.
- [2] S. Marschner, and P. Shirley, Fundamentals of Computer Graphics. Fourth edition. Boca Raton, FL, USA: A K Peters / CRC Press, 2016.
- [3] T. Akenine-Möller, E. Haines, N. Hoffman, A. Pesce, M. Iwanicki, and S. Hillaire, Real-Time Rendering. Fourth edition. Boca Raton, FL, USA: A K Peters / CRC Press, 2018.
- [4] О. Н. Романюк, О. В. Романюк, та Р. Ю. Чехмestрук, Комп'ютерна графіка. Вінниця: ВНТУ, 2023.
- [5] О. Н. Романюк, Є. К. Завальнюк, О. Ю. Безсмертний, С. В. Котлик, та Р. П. Шевчук, "Використання гібридного рендерингу при формуванні тривимірних графічних сцен", у Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація–2024», листопад 2024, с. 834–836.
- [6] O. Y. Stakhov, O. N. Romanyuk, and Y. K. Zavalniuk, "Combined usage of Phong shading and ray tracing", in Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Global Trends in the Development of Information Technology and Science», June 2025, pp. 145–150.

- [7] T. L. Sabino, P. Andrade, E. W. G. Clua, A. Montenegro, and P. Pagliosa, “A Hybrid GPU Rasterized and Ray Traced Rendering Pipeline for Real Time Rendering of Per Pixel Effects”, in 11th International Conference on Entertainment Computing (ICEC), September 2012, pp. 292–305.
- [8] P. Shirley, Ray Tracing in One Weekend. 2018. [Online]. Available: <https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing%20in%20a%20Weekend.pdf>.
- [9] P. Shirley, Ray Tracing: The Next Week. 2018. [Online]. Available: https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing_%20The%20Next%20Week.pdf.
- [10] P. Shirley, Ray Tracing: The Rest of Your Life. 2018. [Online]. Available: https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing_%20the%20Rest%20of%20Your%20Life.pdf.
- [11] О. Н. Романюк, та Є. К. Завальнюк, “Метод зворотного трасування променів”, у Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації», травень 2024, с. 119–124.
- [12] O. Romanyuk, “Ray tracing methods for forming three-dimensional graphic images,” in Modern Aspects of Science and Education, Sherman Oaks, CA, USA: GS Publishing Services, 2025, pp. 9–30.

ЗАХАРЧУК М. Д.,

РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет

ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Анотація. Проаналізовано основні етапи формування тривимірних зображень у системах комп'ютерної графіки. Розглянуто особливості рендерингу, взаємодії світла з поверхнями та механізми формування фотореалістичних сцен у графічних конвеєрах.

Ключові слова: тривимірна графіка, рендеринг, геометричні перетворення, освітлення, текстурзування, графічний конвеєр, фотореалістичність.

Формування тривимірних зображень у системах комп'ютерної графіки є комплексним процесом, який поєднує математичні, фізичні та алгоритмічні принципи для побудови візуально реалістичних сцен. Основою цього процесу є тривимірне моделювання, процедури рендерингу та обробка освітлення і текстур, що у сукупності формують кінцеве зображення на площині екрана. На концептуальному рівні мета формування тривимірного зображення полягає у побудові візуальної репрезентації об'єктів, які мають геометричну структуру у тривимірному просторі, через проєкцію на двовимірну площину з урахуванням фізичних характеристик середовища та властивостей матеріалів [1].

У загальному випадку тривимірну сцену можна задати як набір окремих груп елементів: тривимірних об'єктів, джерел освітлення, текстурних карт, камер. У більшості випадків для тривимірного об'єкта задають координати вершин трикутників у просторі сцени та локальні координати в просторі текстури.

Мета дослідження – визначення основних етапів та процесів формування тривимірних зображень.

Текстурою називають дво- або тривимірне зображення, що імітує зорове сприйняття людиною властивостей різних поверхонь. На полігон можна накладати декілька текстур, змішуючи їх різними способами, для того, щоб моделювати зоровий образ потрібного матеріалу.

Першим етапом є геометричне моделювання, яке описує просторову форму об'єктів за допомогою математичних моделей. Найпоширенішими представленнями є многокутникові сітки, зокрема трикутні, які забезпечують компактність, універсальність і зручність обчислень у графічному конвеєрі. Кожен об'єкт сцени визначається набором вершин, ребер і граней, а його геометрія описується у світовій системі координат. Для створення складних поверхонь застосовують параметричні та процедурні моделі, наприклад, поверхні Безьє або NURBS, що дозволяють більш точно описати криволінійні контури.

Наступним етапом є декомпозиція – перетворення координат, що включає послідовність лінійних операцій, які переводять геометричні дані з моделі об'єкта у координати екрана. Цей процес охоплює модельне (Model), світове (World), видове (View) та проєкційне (Projection) перетворення. Модельне перетворення виконує позиціонування об'єкта у світовій системі координат шляхом множення векторів вершин на матрицю трансформації.

Світове перетворення узгоджує положення всіх об'єктів сцени у спільній системі координат, що дозволяє враховувати їх взаємне розташування. Далі застосовується видовий перехід, який визначається положенням і орієнтацією камери в сцені. Його матриця M_{view} утворюється на основі базисних векторів огляду: напрямку

**ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ:
СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ**

Збірник матеріалів
Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції
20-21 листопада 2025 р.

Редактор С.А.Пойда, М.С. Ніколаєнко
Комп'ютерне верстання С.А.Пойда, М.С. Ніколаєнко

Підписано до друку 07.11.2025 Гарнітура Times New Roman
Формат 60х84/16 Папір офсетний
Друк цифровий Ум. друк. арк. 24,4
Тираж 300 пр. Зам. № 1/25

Видавництво НІКО
м.Суми, вул.Харківська, 54
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи України
серія СМв № 044
від 15.10.2012
Е-mail: ms.niko@i.ua
Телефон для замовлень: +38(066) 270-64-68