

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Вінницький національний технічний університет
Інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації,
робототехніки та програмування ім.П.Н.Платонова**



МАТЕРІАЛИ

**V ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ
ТА СТУДЕНТІВ**

**«КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ І МУЛЬТИМЕДІА
ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД
ДО КОМУНІКАЦІЇ - 2025»**

**25-26 вересня 2025 р.
ОДЕСА**

≡ **ПРЕЗИДІЯ ТА ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ** ≡

ПРЕЗИДІЯ

Лариса Іванченкова	Ректор Одеського національного технологічного університету, д.е.н., професор
Богдан Єгоров	Радник ректора, академік НААН України, д.т.н., професор
Ольга Ольшевська	Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ОНТУ, к.т.н., доцент
Тетяна Ревенюк	В.о. директора навчально-наукового інституту Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ОНТУ, к.т.н., доцент

ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ

Сергій Котлик	к.т.н., доц., каф. Інформаційних технологій та кібербезпеки, ОНТУ
----------------------	---

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ОРГКОМІТЕТУ

Сергій Шестоपालов	к.т.н., доц., каф. Комп'ютерної інженерії, ОНТУ
--------------------------	---

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ

Annakaisa Kultima	University Lecturer, Department of Art and Media, Aalto University (Helsinki, Finland)
Jeanette Falk	Assistant Professor, Department of Computer Science, The Technical Faculty of IT and Design, Aalborg University in Copenhagen (Copenhagen, Denmark)
Johanna Pirker	Computer Science Professor (Games Engineering), Institute of Interactive Systems and Data Science at Graz University of Technology (Graz, Austria)
Lars Kristensen	Lecturer in media, aesthetics and storytelling, Höskolan i Skövde, (Skövde, Sweden)
Marcus Toftedahl	Project manager, Science Park Skövde (Skövde, Sweden)
Михайло Кисленко	Senior mobile developer, Ubisoft (Україна)
Олександр Романюк	зав. каф. Програмного забезпечення, ВНТУ (Україна)
Олександр Терьошин	Unity3d developer, Wear studio (Україна)
Олексій Ізвалов	регіональний координатор Global Game Jam в Східній Європі, к.т.н., доц. ЕТІ ім. Ельворті (Україна)
Павло Івасюк	Co-Founder компанії WhoAR (Україна)
Павло Ломовцев	зав. каф. Інформаційних технологій і кібербезпеки, ОНТУ (Україна)
Петро Горват	зав. каф. Комп'ютерних систем і мереж, ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Україна)
Сергій Артеменко	зав.каф. Комп'ютерної інженерії, ОНТУ (Україна)
Уляна Марікуца	зав. каф. Систем віртуальної реальності, Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2025 / Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 25-26 вересня 2025 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2025 р. – 505 с.

Збірник включає матеріали доповідей учасників конференції, які об'єднані за тематичними напрямками конференції.

Збірник буде корисним як для фахівців і працівників фірм, зайнятих в області розробки та просування комп'ютерних ігор, так і для викладачів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками і спеціальностями програмного забезпечення, комп'ютерних наук, комп'ютерної інженерії, прикладної математики та обробки інформації, буде корисним професіоналам у сферах гейміфікації, кіберспорту, стрімінгу, віртуальної реальності, доповненої реальності, штучного інтелекту, машинного навчання, геймдизайну, саунддизайну.

Результати досліджень у збірнику представляють собою своєрідний зріз сучасного стану справ в перерахованих галузях знань, який може допомогти як фахівцям, так і студентам університетів скласти загальну картину розвитку комп'ютерних ігор та мультимедіа та пов'язаних з ними питань.

Наукові праці згруповані за напрямками роботи конференції та наведені в алфавітному порядку прізвищ авторів.

Матеріали (тези доповідей) друкуються в авторській редакції. Відповідальність за якість та зміст публікацій несе автор.

Матеріали подано українською та англійською мовами.
Редактор збірника Котлик С.В.

ПРОБЛЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- 1. Освіта та наука (гейміфікація в освітніх процесах, серйозні ігри, ігрові методики викладання та тренінгів)**
- 2. Медіапростір (кіберспорт, стрімінг, соціальні мережі і гейміфікація)**
- 3. Бізнес (бізнес-моделі, монетизація, маркетинг та реклама в геймдеві, азартні ігри)**
- 4. Технологічні інновації та сучасні ігрові механіки (геймдизайн, AR/VR, IoT і взаємодія з іграми, носимі пристрої та їх роль у геймінгу)**
- 5. Дизайн, арт та анімація (дизайн рівнів, саунддизайн, візуал та арт-складова ігор, анімація)**
- 6. Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах (ігровий штучний інтелект, процедурна генерація контенту, адаптивна складність ігор, AI як ігровий наративний інструмент)**

СПИСОК організацій, представники яких брали участь у роботі конференції

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of Nationals of Ukraine
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Kharkiv national economic university named after semen kuznets
Kherson State University
Lviv Polytechnic National University IPMT
National University of «Kyiv-Mohyla Academy»
Smart Alpaca LLC (USA)
Відокремлений структурний підрозділ «Конотопський індустріально-педагогічний коледж Сумського державного університету»
Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету»
Військова академія, м.Одеса
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
Вінницький національний технічний університет
Волинський національний університет імені Лесі Українки
ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій Одеського національного технологічного університету»
ВСП Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледж СумДУ
Державний біотехнологічний університет
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського»
Державний податковий університет
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Донбаська державна машинобудівна академія
Донецький національний університет імені Василя Стуса
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Житомирський державний університет імені І.Я.Франка
Запорізький національний університет
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Інститут поліграфії та медійних технологій Національного університету «Львівська політехніка»
Інститут транспортних систем та технологій Національної академії наук України
Київський авіаційний інститут
Київський інститут Національної гвардії України
Київський інститут Національної гвардії України – центр імітаційного

моделювання
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Київський національний університет технологій та дизайну
Комунальний заклад «Харківський ліцей № 164 Харківської міської ради»
Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області
Комунальний заклад «Ліцей №24» Кам'янської міської ради
Комунальний заклад «Одеський педагогічний фаховий коледж»
Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ
Криворізький національний університет
Луцький Національний технічний університет
Миколаївський національний аграрний університет
Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури
Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет «Одеська політехніка»
Національний університет харчових технологій
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Одеський національний медичний університет
Одеський національний морський університет
Одеський національний технологічний університет
Поліський Національний університет
Приватна наукова установа «Інститут миру і права»
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
Приватний вищий навчальний заклад «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука»
Сумський національний аграрний університет
Сумський державний університет
Українська державна льотна академія
Український державний університет імені Михайла Драгоманова
Харківська гуманітарно-педагогічна академія
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харківський національний університет радіоелектроніки
Херсонський національний технічний університет
Хмельницький національний університет
Центральноукраїнський інститут розвитку людини Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Зміст

Розділ 1. Освіта та наука (гейміфікація в освітніх процесах, серйозні ігри, ігрові методики викладання та тренінгів)	Стор.
SIMULATION GAMES FOR RISK ASSESSMENT AND STRATEGY DEVELOPMENT IN ENSURING ORGANIZATIONAL OPERATIONAL RESILIENCE (SCENARIO BUILDING OF FAILURES, CYBERATTACKS, AND TECHNICAL DISRUPTIONS TO TEST ORGANIZATIONAL READINESS). Brynza N.O. Mazepa A.S. (Kharkiv National University of Radio Electronics)	24
ІГРОВІ МЕХАНІКИ В БАЙЄСІВСЬКІЙ МОДЕЛІ ВІДСТЕЖЕННЯ ЗНАНЬ ДЛЯ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ. Мельник К.В. (Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут")	25
GAMIFICATION OF ASSESSMENT: THE ROLE OF BADGES IN THE LEARNING PROCESS. Melnyk K.V. (National technical university "Kharkiv polytechnic institute")	28
ARTIFICIAL INTELLIGENCE, GAME THEORY, GAMIFICATION AND SERIOUS GAMES AS TOOLS FOR OPTIMIZING THE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC PROCESS. Novikova1 H.V., Denysenko1 I.V., Kharchenko1 O.O. Novikov2 A.M. (1National University of "Kyiv-Mohyla Academy", 2Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of Nationals of Ukraine)	31
NEURAL NETWORKS IN THE PREPARATION OF TEXT INFORMATION FOR PRINTING: PROSPECTS FOR USE IN THE PREPRESS STAGE. Selmenska Z.M., Sinyavsky Y.R. (Lviv Polytechnic National University IPMT)	34
INTERACTIVE TECHNOLOGIES FOR DISTANCE LEARNING. Selmenskyi R.A. (Lviv Polytechnic National University IPMT)	35
TASKS AND PROJECT MANAGEMENT FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING PROJECT MANAGEMENT PROCESSES. Skorin Yuri, Kondratiev Oleksandr. (Kharkiv national economic university named after semen kuznets)	37
ФІЛОСОФСЬКІ АСПЕКТИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ: ОНТОЛОГІЧНИЙ, ЕПІСТЕМОЛОГІЧНИЙ ТА ФЕНОМЕНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ. С.Андрєєв, В.Андрєєва, Д.Гамбурян (Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області)	39
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИХОВАННЯ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНСЬКІЙ ОСВІТІ: ПЕРЕВАГИ ТА РИЗИКИ. С. Андрєєв, О. Сторожук К. Єлізєв (Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області)	41
ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ: ЯК ІГРОВІ МЕХАНІКИ ПІДВИЩУЮТЬ МОТИВАЦІЮ СТУДЕНТІВ. Бабенко А.Ю. (Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна)	44
ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРИ СТВОРЕННІ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ. Бевз С.В. ¹ , Бурбело С.М. ¹ , Бабійчук І.С. ² (¹ Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова, ² Вінницький національний технічний університет)	45
РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ З ІСТОРІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. Брільов Є. Ю., Стрюк А. М. (Криворізький національний університет)	47
ГЕЙМІФІКАЦІЯ В МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ – СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ КЛІНІЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ. Анненкова І.П., Бурячківський Е.С., Усиченко К.М. (Одеський національний медичний університет)	50
РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСОНАЖІВ НАСТІЛЬНОЇ РОЛЬОВОЇ ГРИ ПІДЗЕМЕЛЛЯ ТА ДРАКОНИ (DND). Войдюк І.В. (Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті)	52
ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ОСВІТНІХ ПРОЦЕСАХ НА ПРИКЛАДІ ЗАНЯТЬ З МАТЕМАТИКИ ТА ФІЗИКИ В СЕРЕДНІХ ТА ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ. Войтік Т.Г. Копейкіна Т.Г. (Одеський національний морський університет, Військова академія)	54
ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В КРАЇНАХ	56

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В MICROSOFT EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ. Романенко Я.М., Старик С.П. (Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України)	450
ВПЛИВ СПЕКТРУ КОЛЬОРІВ НА ПРИВАБЛИВІСТЬ ІГОР. Романюк О.Н., Гавриленко О.Р.Ю., Молявчик В.С. (Вінницький національний технічний університет)	453
ВИКОРИСТАННЯ РЕЛЬЄФНОГО ТЕКСТУРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк ¹ О.Н. Захарчук ¹ М.Д., Новосельцев ¹ О.О., Котлик ² С.В. (¹ Вінницький національний технічний університет, ² Одеський національний технологічний університет)	454
ГОЛОСОВІ ІНТЕРФЕЙСИ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк О.Н., Романюк О.В., Бабій Б.В., Майданюк В.П., Снігур А.В. (Вінницький національний технічний університет)	457
РОЗВИТОК ІГРОВОГО ДИЗАЙНУ: ВІД КЛАСИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДО МОБІЛЬНИХ ТА ІНТЕРАКТИВНИХ ФОРМАТІВ. Снігур Т.С., Жук Є.М. (Одеський національний технологічний університет)	459
ІНТЕГРАЦІЯ ОСНОВ UI/UX ДИЗАЙНУ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС. Франчук Р.В. (Український державний університет імені Михайла Драгоманова)	460
КАГУРА, БУНРАКУ ТА ЯПОНСЬКА МІФОЛОГІЯ ЯК ОСНОВА ВІДЕОГРИ «KUNITSU-GAMI: PATH OF THE GODDESS». Хайло А.С. (Київський національний університет ім. Т. Шевченка)	462
ПРОЦЕДУРНА ГЕНЕРАЦІЯ ІГРОВОГО КОНТЕНТУ. Чубар М.В., Штефан Н.З. (Національний університет «Одеська політехніка»)	465
ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ У СТВОРЕННІ ЛАНДШАФТІВ. Шаповал В.В., Комісаров В.Р. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)	466
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ UI/UX ДЛЯ ІГОР: БАЛАНС МІЖ ЕСТЕТИКОЮ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЮ. Язвінська Д.І. (Національний університет «Одеська політехніка»)	470
Розділ 6. Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах (ігровий штучний інтелект, процедурна генерація контенту, адаптивна складність ігор, AI як ігровий наративний інструмент)	472
INTEGRATED ALGORITHMIC MODEL OF AIR DEFENSE SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Volkov A., Chornobay V. (Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University)	472
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БАГАТОАГЕНТНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЙ В ОСВІТНІХ СИМУЛЯТОРАХ. Бобарчук О.А. (Державний університет «Київський авіаційний інститут»), Злотківська Т.В. (Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця)	473
ТЕХНОЛОГІЇ АГЕНТНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДО ЗАДАЧ ПОБУДОВИ СТРУКТУРОВАНИХ ВИБІРОК ДАНИХ НА ОСНОВІ СЕМАНТИЧНИХ ЗАПИТІВ. Богут О. М., Мотринєць Я. Я. (Приватний вищий навчальний заклад «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука»)	476
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В МОБІЛЬНИХ ІГРАХ: ГЕНЕРАЦІЯ КОНТЕНТУ, АДАПТИВНА СКЛАДНІСТЬ І ПОВЕДІНКА NPC. Вдовенко Д.О., Сєдих О.Л. (Національний університет харчових технологій)	478
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І МАШИННЕ НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ. Власюк ¹ Д. В., Романюк ¹ О.Н., Котлик ² С.В. (¹ Вінницький національний технічний університет, ² Одеський національний технологічний університет)	479
AI AS A TOOL FOR AUTOMATED CONSTRUCTION OF PUZZLES AND MATHEMATICAL GAMES. Daniil Doroshenko, (Oles Honchar Dnipro National University)	481

співвідношень може коливатися, однак такий аналіз уже дає змогу зробити певні висновки, щодо того, як кольори прев'ю можуть впливати на популярність, продажі та успіх гри.

Важливо, що цей аналіз стосується лише комп'ютерних ігор та ніяк не стосується консолей та мобільних пристроїв, оскільки там зовсім інший перелік ігор та власні тренди.

У результаті проведення аналізу було показано, що закономірність у кольоровій гаммі прев'ю та привабливості гри для гравця дійсно є, на що вказує помітна перевага деяких кольорів, в особливості важких [5]. Користувачі віддають перевагу, в першу чергу, більш темним кольорам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] *Визначення прев'ю* [Електронний ресурс]. Available: <https://slovotvir.org.ua/words/prev-yu>
- [2] “Розділ ‘популярне’ у Steam” [Електронний ресурс]. Available: <https://store.steampowered.com/charts/mostplayed/?l=ukrainian>
- [3] *TinEye Labs: Color – сайт для визначення переважаючих кольорів у зображенні* [Електронний ресурс]. Available: https://labs.tineye.com/color/3433fb59635d5469d1510171b1c0345d2100bd05?ignore_background=True&color_format=hex&ignore_interior_background=True
- [4] E. Berlin and P. Kay, *Basic Color Terms: Their Universality and Evolution* [Електронний ресурс]. Available: <https://archive.org/details/basiccolortermst0000berl>
- [5] “Вплив кольору на когнітивні функції людини” [Електронний ресурс]. Available: https://www.researchgate.net/publication/373921492_THE_INFLUENCE_OF_COLOR_ON_HUMAN_COGNITIVE_FUNCTIONS

УДК 004.925

ВИКОРИСТАННЯ РЕЛЬЄФНОГО ТЕКСТУРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РОМАНЮК¹ О.Н. (rom8591@gmail.com),
ЗАХАРЧУК¹ М.Д. (mz764233@gmail.com),
НОВОСЕЛЬЦЕВ¹ О.О., КОТЛИК² С.В.

¹Вінницький національний технічний університет

²Одеський національний технологічний університет

Проаналізовано основні методи використання рельєфного текстурювання у комп'ютерних іграх, зокрема bump mapping, normal mapping, parallax mapping, relief mapping та parallax occlusion mapping. Розглянуто їхні особливості, переваги, недоліки та галузі застосування в різних жанрах ігрової індустрії.

Сучасна індустрія комп'ютерних ігор характеризується постійним зростанням вимог до якості візуалізації та рівня реалістичності тривимірних сцен. Традиційні методи збільшення деталізації шляхом нарощування полігонів є надмірно ресурсоемними і призводять до зниження продуктивності навіть на потужних графічних процесорах. У зв'язку з цим актуальним стає використання методів рельєфного текстурювання, які дозволяють створювати ілюзію складних поверхонь без істотного збільшення кількості полігонів [1].

Рельєфне текстурювання – [2] це метод комп'ютерної графіки, який дозволяє створювати ілюзію об'ємності та складної геометрії поверхонь без фактичного збільшення кількості полігонів у 3D-моделі. Суть полягає у використанні спеціальних карт (висот, нормалей, відстаней тощо), які змінюють взаємодію поверхні зі світлом і перспективою, завдяки чому плоска геометрія візуально сприймається як рельєфна [3].

Розвиток графічних процесорів, нових API (DirectX 12, Vulkan) та рушіїв (Unreal Engine, Unity, CryEngine) дав змогу активно застосовувати складні методи візуалізації без значних втрат продуктивності. Використання рельєфних карт дозволяє зменшити кількість полігонів у 3D-моделі, перекладаючи завдання створення ефекту об'єму на текстурні шейдери. Таким чином,

замість геометрично деталізованих об'єктів із сотнями тисяч полігонів можна використовувати оптимізовані моделі, доповнені картами нормалей, висот чи відстаней [4]. Це дозволяє зберегти баланс між продуктивністю та якістю зображення.

Метою роботи є аналіз основних методів рельєфного текстуровання в комп'ютерних іграх.

Основними методами рельєфного текстуровання є bump mapping, normal mapping, parallax mapping, relief mapping та parallax occlusion mapping (POM). Кожен із них має власну область застосування, рівень обчислювальної складності та візуальний ефект.

Першим із широко застосованих методів рельєфного текстуровання став bump mapping, розроблений ще у 1978 році Джеймсом Блінном. Техніка полягає у використанні карти висот (height map), де значення яскравості кожного пікселя визначає величину локальної нерівності поверхні. У процесі рендерингу змінюються лише нормалі пікселів, які впливають на відбиття світла, тоді як сама геометрія об'єкта залишається незмінною. Це створює ілюзію об'ємності, хоча об'єкт зберігає початковий полігональний силует. Основна перевага bump mapping — його простота та низьке навантаження на GPU, що зробило цей метод популярним у перших тривимірних іграх. Недоліком є відсутність реальної глибини: западини та виступи виглядають лише візуально, без взаємодії з іншими об'єктами або тінями. Сьогодні bump mapping активно застосовується у мобільних іграх, інді-проектах і стратегіях у реальному часі (RTS), де важлива продуктивність. Прикладом є серія StarCraft II, де технологія використана для деталізації споруд і поверхонь ландшафту при великій кількості одночасно відтворюваних об'єктів.

Наступним кроком стало впровадження normal mapping, яке суттєво підвищило якість візуалізації. Замість карти висот застосовується карта нормалей (normal map), що зберігає інформацію про напрямки векторів нормалі для кожного пікселя. Це дозволяє симулювати взаємодію поверхні зі світлом більш природним чином, з урахуванням динамічних змін освітлення та перспективи. Процес створення карти нормалей передбачає використання високополігональної моделі, на основі якої програмно генерується текстура з інформацією про нормалі, яка потім застосовується до low-poly версії моделі. Завдяки цьому художники отримують змогу відтворювати дрібні деталі — тріщини, шви, фактурні елементи — без збільшення полігональності. Технологія є стандартом для AAA-проектів, особливо в жанрах FPS, екшн-RPG та open world, де гравець часто взаємодіє з об'єктами на близькій відстані. Яскравим прикладом є The Witcher 3: Wild Hunt, де normal mapping використовується для деталізації одягу, обладунків, дерев'яних поверхонь і кам'яної архітектури, що створює відчуття складної геометрії при оптимальному навантаженні на систему.

З метою ще більш реалістичної передачі рельєфу було розроблено parallax mapping [5]. Метод базується на принципі зміщення текстурних координат залежно від кута огляду. Для кожного пікселя виконується вибірка з карти висот, яка визначає, наскільки змінюється положення текстури відносно точки спостереження. Це створює ефект перспективної глибини, що перевищує візуальні можливості bump чи normal mapping. Однак слід зазначити, що геометричний силует об'єкта залишається плоским, а глибина симулюється лише в межах площини текстури. Parallax mapping є більш вимогливим до ресурсів GPU, але виправданий для проектів, де велику роль відіграє деталізація оточення. Він активно застосовується у жанрах екшн-адвенчур, survival horror та RPG. Наприклад, у Assassin's Creed: Unity parallax mapping використовується для відтворення складних архітектурних фасадів, бруківки та текстур підлоги, забезпечуючи значно глибший ефект сприйняття міського середовища.

Ще більш досконалим методом є relief mapping, розроблений для подолання обмежень класичного parallax mapping. Він базується на використанні алгоритму ray marching, який виконує покрокове відстеження променів крізь карту висот для визначення точок перетину. Це дозволяє реалізувати самооклюзію, тобто ефект приховування одних ділянок поверхні іншими, а також створювати реалістичні тіні та віддзеркалення. Relief mapping дає змогу досягти набагато більшої правдоподібності у порівнянні з попередніми методами, але має суттєвий недолік — високу обчислювальну складність. У зв'язку з цим метод застосовується переважно на ПК та у VR-проектах, де акцент робиться на максимальній якості. Прикладом є серія Crysis, де relief mapping використано для моделювання кам'янистих поверхонь, берегових ліній та архітектурних елементів, забезпечуючи високу точність і реалістичність.

Найбільш прогресивним і складним методом на сьогодні є parallax occlusion mapping (POM). На відміну від звичайного parallax mapping, тут застосовується більш точний алгоритм покрокового пошуку перетину променів із картою висот, який враховує ефекти самооклюзії, тіней та навіть часткову зміну силуету. Це забезпечує максимально реалістичне відображення поверхонь із сильною варіацією висот, наприклад бруківки, ґрунтових доріг, тріщин у стінах. Однак складність алгоритму обмежує його застосування до найбільш важливих об'єктів сцени, які гравець розглядає з близької відстані. POM знаходить широке застосування у симуляторах, VR-додатках і високореалістичних шутерах. У Battlefield V метод використовувався для відображення землі, піску та міських поверхонь, дозволяючи досягти максимальної достовірності навіть при прямому візуальному контакті.

Сучасна практика застосування рельєфного текстуровання передбачає комбінацію різних методів залежно від відстані та важливості об'єктів [6]. Для переднього плану, який гравець розглядає детально, використовуються ресурсоемні алгоритми, такі як POM або relief mapping. Для середнього плану, де баланс продуктивності та якості має вирішальне значення, доцільним є використання normal mapping. Для дальніх об'єктів, які не потребують високої деталізації, достатньо bump mapping. Така ієрархічна система дозволяє оптимізувати навантаження на GPU та водночас досягти високої реалістичності сцени.

Таким чином, розвиток методів рельєфного текстуровання демонструє поступову еволюцію від простих, але швидких алгоритмів до складних і ресурсоемних рішень, здатних створювати майже фотореалістичні поверхні. Кожен метод має власну область застосування, обумовлену жанровими особливостями ігор, апаратними можливостями платформи та вимогами до продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Романюк О. Н., Дудник О. О., «Анізотропна фільтрація текстур з використанням методів кешування», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 59–64, 2016.
- [2] Романюк О. Н., Новосельцев О. О., Романюк С. О., «Особливості текстуровання високої деталізації», *Креативний простір*, № 23, с. 53–55, Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2025.
- [3] Романюк О. Н., Дудник О. О., «Використання модифікованої MIP-піраміди для підвищення продуктивності PARALLAX MAPPING», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, с. 112–116, 2018.
- [4] Романюк О. Н., Майданюк В. П., Новосельцев О. О., «Реалізація рельєфного текстуровання на графічних процесорах», в *Тези доповідей XXXIII Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»*, м. Харків, 14–17 травня 2025 р., Харків: НТУ «ХПІ», с. 1575.
- [5] Романюк О. Н., Станіславенко Є. Г., Новосельцев О. О., Захарчук М. Д., «Використання parallax mapping для формування зображень», в *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2024»*, м. Одеса, 31 жовтня – 1 листопада 2024 р., Одеса: Видавництво ОНТУ, 2024, с. 843–846.
- [6] Романюк О. Н., Захарчук М. Д., «Метод процедурного текстуровання», в *Інноваційні дослідження та перспективи розвитку науки і техніки у XXI столітті*, м. Рівне, 19 жовтня 2023 р., Ч. 3, с. 175–178, Рівне: Редакційно-видавничий центр ПВНЗ «МЕГУ імені академіка Степана Дем'янчука», 2023.

**V Всеукраїнська науково-технічна конференція
молодих вчених, аспірантів та студентів**

**«КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ ТА МУЛЬТИМЕДІА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ
ПІДХІД ДО КОМУНІКАЦІЇ»**

Одеса

25-26 вересня 2025 р.

Збірник включає доповіді учасників конференції. Тези доповідей публікуються у вигляді, в якому вони були подані авторами.

Відповідальність за зміст і форму подачі матеріалу несуть автори статей.

Редакційна колегія: Котлик С.В., Шестопапов С.В.,
Корнієнко Ю.К.

Комп'ютерний набір і верстка: Соколова О.П.

Відповідальний за випуск: Котлик С.В.