

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеський національний технологічний університет**  
**Університет Інформатики і прикладних знань, м.Лодзь, Польща**  
**Національний технічний університет України «Київський**  
**політехнічний інститут»**  
**Навчально-науковий інститут комп'ютерних систем і технологій**  
**«Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова**

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

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**  
**ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

*Матеріали конференції*



Одеса

21-22 квітня 2022 р.

Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 21-22 квітня 2022 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022 р. – 251 с.

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

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова** - д.т.н., проф., **Єгоров Б.В.**, ректор ОНТУ

### **Співголови:**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доц., проректор з наукової роботи ОНТУ,

**Котлик С.В.** – к.т.н., доц., директор ННІКСіТ "Індустрія 4.0" ОНТУ,

**Даріуш Долива**, д.математичн.наук, уповноважений декана факультету Інформатики УІтаПЗ, м.Лодзь, Польща,

**Ковалюк Т.В.** - к.т.н., доц., Київський національний університет імені Тараса Шевченка

### **Члени оргкомітету:**

**Плотніков В. М.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри ІТтаКБ ОНТУ,

**Артеменко С.В.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КІ ОНТУ,

**Хобін В.А.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри АТПтаРС ОНТУ,

**Тарасенко В.П.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри СКС НТУУ «Київський політехнічний інститут»,

**Невлюдов І.Ш.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КІТАМ ХНУРЕ,

**Мельник А.О.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри ЕОМ НУ “Львівська політехніка”,

**Жуков І.А.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КСтаМ НАУ.

Матеріали подано українською та англійською мовами.

Редактор збірника Котлик С.В.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Д. Форсьє, Django. *Разработка веб-приложений на Python*. Нью-Йорк, 2019.
2. Р. Саймон, К. Ханну, *Администрирование PostgreSQL 9. Книга рецептов*. Лондон: Питер Пресс, 2015.
3. М. Тьягу, О. Фред, *Redis Cookbook*. О'Reilly, 2011.

УДК 004.925

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ СЦЕН**

РОМАНЮК<sup>1</sup> О.Н.(rom8591@gmail.com), ВІНТОНЮК<sup>1</sup> В.В., ЧЕХМЕСТРУК<sup>1</sup> Р. Ю.,  
РОМАНЮК<sup>1</sup> О.В., КОТЛИК<sup>2</sup> С.В., РОМАНЮК<sup>3</sup> С.О.

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Одеський національний технологічний університет

<sup>3</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

*Проаналізовано особливості формування тривимірних графічних сцен. Розглянуто графічний конвеєр, відтворення оптичних властивостей поверхонь, рейдери, методи зафарбовування*

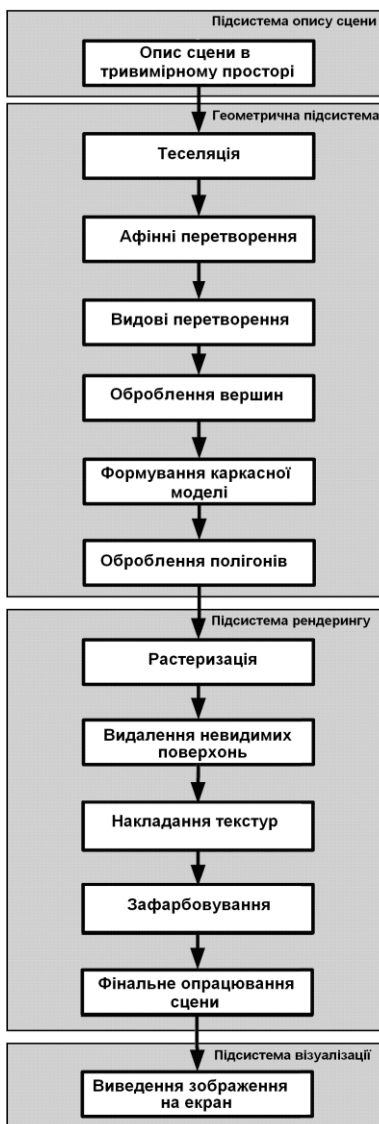


Рис. 1. Основні етапи графічного конвеєра

Тривимірні графічні зображення це зображення об'ємних предметів, яке виконано на площині [1-14]. При побудові таких зображень дотримуються певної послідовності дій, які в сукупності утворюють графічний 3D-конвеєр [4]. Групу операцій, що виконують відособлені проміжні дії, прийнято називати етапом, або стадією 3D-конвеєра. Конвеєрна організація [4-6] обчислень найчастіше на сьогоднішній день використовується для побудови апаратних засобів графічних систем.. На рис. 1 зображено основні стадії графічного конвеєра, за виконання яких відповідає окрема підсистема.

При конкретній реалізації на програмному й апаратному рівнях можуть мати місце деякі відмінності, однак значеннєвий зміст стадій конвеєра практично не міняється.

При формуванні тривимірного зображення виділяють етапи опису тривимірного зображення, геометричних перетворень і рендерингу. На стадії опису сцени визначаються стани складових об'єктів, їх взаємне розташування та визначається стратегія наступних дій над об'єктами. На стадії геометричних перетворень виконують декомпозицію графічної сцени та афінні перетворення над отриманими об'єктами. Після перетворення з глобального простору в простір спостерігача виконують відсікання, вилучення невидимих граней та конвертують отримані результати в екранний простір. У подальшому визначаються параметри вершин тривимірної сцени, включаючи їх розташування в екранній системі координат, вектори нормалей, освітленість, текстурні координати та інші. Найважливішими на цьому етапі вважаються процедури перетворень і освітлення, тому весь етап оброблення вершин часто називають T&L ( transformation and Lighting) [2]. У подальшому здійснюється «збір» трикутників і формування каркасної моделі. На етапі обробки полігонів оброблюються вхідні примітиви як цілісні об'єкти та при необхідності формуються нові. Цей етап введено в графічний конвеєр зовсім недавно, після

появи стандартів DirectX і Open GL [7].

Комп'ютерна візуалізацією [1] – це методика переведення абстрактних уявлень про об'єкти в геометричні образи, що дає можливість користувачу спостерігати результати комп'ютерного моделювання явищ і процесів. При візуалізації враховують специфікацію об'єктів, їх атрибути, взаємне розташування, динаміку і способи взаємодії. Етап рендерингу [1-3] – це етап кінцевої візуалізації, на якому згідно з даними, отриманими на етапі геометричних перетворень, формуються піксели зображення, для яких визначаються екранні координати та інтенсивності кольору. Етап рендерингу вважається найбільш трудомістким у графічному конвеєрі, оскільки пов'язаний із попикселними діями, складними обчисленнями й передбачає врахування багатьох параметрів. Рендеринг у загальному обсязі обчислень із формування тривимірних сцен складає 60-80 % [1], тому в значній мірі визначає продуктивність графічних систем.

В останні роки при формуванні тривимірних зображень широке розповсюдження отримала технологія шейдерів [8]. Шейдер – це програма для реалізації одного з етапів графічного конвеєра і використовується в тривимірній графіці для визначення кінцевих параметрів об'єкта чи зображення. У графічному конвеєрі для оброблення вершин, полігонів і їх пікселів уводять відповідно вершинний геометричний і піксельний рейдери. Найбільше навантаження мають останні шейдери як за кількістю точок, що обробляються, так і за складністю обчислень.

Для досягнення фотореалістичності в комп'ютерній графіці необхідно точно відтворити властивості поверхні та фізично правильно описати ефекти освітлення на сцені. Відповідно до прийнятого в комп'ютерній графіці підходу, розрахунок освітленості точок поверхні розпадається на дві основні задачі. Перша передбачає визначення способу розрахунку освітленості в заданій точці тривимірного простору та вирішується за допомогою побудови математичної моделі освітлення [9]. Друга задача використовує модель освітлення для розрахунків освітленості тривимірних об'єктів із конкретною геометрією й властивостями поверхні та вирішується за допомогою так званої моделі зафарбовування (Shading model) [2].

Для заданих оптичних властивостей поверхонь, відносного положення поверхні на сцені, кольору та положення джерела світла, характеристик джерел світла та орієнтації площини спостереження модель освітлення дозволяє розрахувати інтенсивність світла, випромінюваного з певної точки поверхні в заданому напрямку спостереження. Для зменшення обсягів обчислення в більшості пакетів використовують емпіричні моделі [10], основані на спрощених фотометричних розрахунках. При використанні глобальних моделей освітленості тривимірну сцену розглядають як єдину систему, для якої описують освітлення з урахуванням взаємного впливу об'єктів. При цьому розраховують багаторазове відбиття й переломлення світла. При такому підході отримують високоякісні зображення, однак це потребує великого обсягу обчислень і, як наслідок, тривалого часу формування графічної сцени. Зрозуміло, що широке використання таких моделей у системах реального часу можливо в перспективі з використанням потужних апаратних засобів.

При формуванні зображень із використанням локальної моделі освітлення [2] взаємодія обмежується тільки однократним відбиттям світла від поверхні. При цьому розраховується дифузна й спекулярна складові кольору, а розсіяне світло апроксимується. Такі моделі найбільш поширені на даний час і застосовуються в системах реального часу.

Реалізм – це правдиве, об'єктивне відображення дійсності спеціальними засобами. 3D-зображення отримують шляхом математичних обчислень за алгоритмами, які імітують фізичні процеси реального життя. Оскільки вони є наближеними моделями, то зображення не є повністю адекватним реальному об'єкту, що його бачить спостерігач. Фотореалістична графіка [2] – це сукупність методів і засобів створення реалістичних зображень, які спостерігач не може відрізнити від дійсних фотографій, або ототожнює з ними.

Реалістична графіка передбачає відтворення як конструктивних особливостей об'єкта, так і кольору його поверхонь. Правильна передача кольору об'єктів є одним із найважливіших факторів, що визначає реалізм тривимірної сцени, оскільки за рахунок зміни

кольору створюється ілюзія об'ємності.

До методів, які дозволяють сформуванню зображення із задовільною реалістичністю, відносять метод Гуру [2, 12], який отримав у засобах тривимірної графіки найбільшого поширення, але має ряд артефактів.

Уважається, що реалістичні графічні зображення можна отримати з використанням методів зафарбовування, які враховують локальну кривизну поверхні й відтворюють кольори поверхонь із використанням трьох складових кольору – фонові, дифузної й спекулярної. До таких методів відносять метод Фонга [2,13], який доцільно вибрати за еталонний для порівняння з розробленими. Ступінь візуальної відмінності сформованих зображень порівняно з методом Фонга дозволяє судити про їх реалістичність.

Деталізація об'єктів, яка визначається щільністю триангуляційної мережі, повинна бути достатньою для адекватного відтворення конструктивних особливостей об'єкту. Вважається [2], що для екрана з роздільною здатністю 1280×1024 при середній кількості до 100000 полігонів у сцені забезпечується задовільна за сучасними мірками якість зображення, 500000 полігонів забезпечують якість, близьку до побутового відео, понад 1000000 полігонів у сцені дозволяє наблизитися до фотореалізму. В сучасних комп'ютерних іграх використовується в сцені в середньому 300000– 500000 полігонів, які графічна відеокарта повинна відображати зі швидкістю більшою 25 кадрів у секунду. У найближчі роки очікуються ігри, що використовуватимуть до 1000000– 3000000 полігонів у сцені. Якість зображень об'єктів залежить від якості апроксимації, це припускає подальше зростання кількості вершин полігонів у моделях, причому темпи цього зростання обганяють темпи росту швидкості графічних прискорювачів [14].

Об'єм даних для обробки кожної вершини трикутника становить, як мінімум, 12 байтів: 3 для координат вершини + 3 для параметрів нормалей у вершинах + 3 для координат текстури + 3 для параметрів кольору. Для трикутника в цілому мінімальний об'єм даних складе 36 байтів. Якщо ж застосувати ефекти, передбачені, наприклад, у бібліотеці DirectX (карти оточення, анізотропну фільтрацію), то максимальний об'єм даних для одного трикутника досягає 768 байти. Прийнято вважати [2], що середній об'єм даних на кожний трикутник становить 180 байтів. При наявності мільйона трикутників у сцені загальний об'єм даних складе близько 180 Мбайтів. При швидкості зміни кадрів в іграх приблизно 30 разів у секунду загальний потік даних перевищить 5 Гбайтів/с.

Синтез реалістичних зображень передбачає великий обсяг обчислень, який визначається швидкістю зміни кадрів і складністю геометричних сцен. Так, наприклад, при моделюванні зображення винищувача F-14 модель формується з 76194 полігонів і включає 40678 вершин. Підраховано, що при частоті зміни кадрів – 25 кадрів/с необхідна швидкість обчислень складе 122922000 операцій/с із плаваючою точкою і 190048509000 операцій/с із фіксованою точкою..

Наведені розрахунки свідчать, що формування графічних зображень у реальному масштабі часу є надзвичайно трудомістким і передбачає використання апаратних засобів підтримки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Н. Романюк, *Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник*. Вінниця: ВДГУ, 2001.
2. О. Н. Романюк, та А. В. Чорний, *Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія.*: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006. .
3. О. Н. Романюк, Д. І. Кателініков, та О. П. Косовець, *Веб-дизайн і комп'ютерна графіка*. Вінниця : ВНТУ, 2007. – 103 с.
4. А. Н. Романюк, “Основные процедуры 3D-конвейеризации“, *Труды филиала МВТУ им. Н. Э. Баумана.* Специальный выпуск: материалы международного симпозиума «Наука и предпринимательство, с. 471– 476, 2000.
5. О. Н. Романюк, та О. О. Дудник, “Еволюція конвеєра рендерингу в відеокартах“, на *Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції «Електронні інформаційні ресурси: створення,*