

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

МАТЕРІАЛИ V Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти:
реалії, проблеми якості, інновації»

MATERIALS of the V International Scientific and Practical
Internet Conference “The development of modern science and
education: realities, problems of quality, innovations”

29-31 травня 2024
May 29-31, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Інститут професійної освіти НАПН України

Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України

Федеральний інститут професійної освіти (ФРН)

Вища технічна школа в Катовіце (Польща)

Люблінська політехніка (Польща)

Європейський інститут безперервної освіти (Словацька Республіка)

Технічний університет Дортмунда (ФРН)

ЗАТ «Національний центр ядерних досліджень» Міністерства транспорту, зв'язку
та високих технологій Азербайджанської республіки

(Азербайджанська Республіка)

Маріямпольська колегія (Литва)

«РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ: РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ»

МАТЕРІАЛИ

V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

29-31 травня 2024 року

Запоріжжя – 2024

УДК [001.895÷378.1](043.2)

T13

Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації:
матеріали V Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 29-31 травня
2024 р.) / [за наук. ред. С. В. Кюрчев, В. О. Радкевич, В. М. Кюрчев та інш.].
Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. 576 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету імені Дмитра Моторного
(протокол № 10 від 28.05.2024 р.)

Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
«Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації» вміщує
результати наукових досліджень науковців, наукових співробітників, викладачів,
здобувачів різних рівнів вищої освіти, вчителів з актуальних проблем гуманітарних,
природничо-математичних і технічних наук. Напрямки роботи конференції:
актуальні питання та проблеми фізико-математичних наук; інновації та
закономірності розвитку технічних наук; перспективні напрями наукових досліджень
з біосистемної агроінженерії, агротехнологій та агроекології; реалізація STEM-
освіти: стан, шляхи та перспективи; використання інноваційних технологій в
освітньому процесі в умовах сучасних викликів.

Редакційна колегія:

Кюрчев С. В. – доктор технічних наук, професор;

Радкевич В. О. – доктор педагогічних наук, професор, дійсний член (академік)
НАПН України;

Кюрчев В. М. – доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії
України в галузі науки і техніки, член-кореспондент НААН України, Заслужений
працівник освіти України;

Кідалов В. В. – доктор фізико-математичних наук, професор, Заслужений діяч
науки і техніки України;

Тітова О. А. – доктор педагогічних наук, професор;

Дьоміна Н. А. – кандидат технічних наук, доцент;

Дяденчук А. Ф. – кандидат технічних наук, доцент.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і
посилань, зміст тез несуть автори публікацій. Матеріали видані в авторській редакції.

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2024

© Автори, 2024

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНИХ НАУК

Микола Шут, Тарас Січка, Людмила Благодаренко. Впровадження результатів досліджень властивостей полімерних композитів в освітній процес з фізики.....	13
Олексій Капустян, Юлія Федоренко, Дмитро Безущак. Граничні множини імпульсних нескінченновимірних динамічних систем.....	20
Олександр Станжицький, Вікторія Цань. Дослідження дисипативності систем динамічних рівнянь на часових шкалах з малою функцією зернистості.....	24
Ніна Касімова. Розв’язність задачі оптимального керування в коефіцієнтах для нелінійної виродженої параболічної варіаційної нерівності (Solvability Issue for Optimal Control Problem in Coefficients for Non-Linear Degenerate Parabolic Inequality)	29
Фарход Асроров, Олег Перегуда. Інтегральні множини розривних динамічних систем.....	33
Віктор Сорич, Ніна Сорич. Нові можливості знаходження верхніх меж найкращих наближень.....	38
Кирило Бондаренко, Ольга Кічмаренко. Наближений розв’язок задачі оптимального керування для рівняння з похідною хукухари зі швидкоколивними коефіцієнтами на скінченному інтервалі.....	43
Grygoriy Petryna, Andrii Stanzhytskyi. On the Approximation of Stochastic Systems with Delay.....	49
Оксана Федунік -Яремчук. Колмогоровські поперечники класів періодичних функцій багатьох змінних у просторі.....	51
Elena Shornikova. Magnetooptics of colloidal nanocrystals.....	56
Олена Дереза. Розробка керуючої програми обробки деталі «підстава».....	57

Данііл Вічорський. Сплайн інтерлінація та її місце в сучасному науковому просторі.....	63
Олександр Рапчинський. Математичні моделі протікання та лікування онкологічних хвороб.....	66

СЕКЦІЯ 2. ІННОВАЦІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ НАУК

Chichek Abbasova, Юрій Бачеріков, Ольга Охріменко, Валерій Кідалов, Володимир Батурін, Олександр Карпенко, Альона Дяденчук, Олександр Коломис, Віктор Стрельчук, Зоя Максименко, Валентина Пономаренко. Формування плівок ZnO на підкладках SiC/porous-Si/Si....	73
Микола М. Ткачук, Олена Зінченко, Андрій Грабовський, Володимир Сєриков, Микола А. Ткачук, Наталя Дьоміна, Ірина Гречка. Варіаційні постановки задачі про контактну взаємодію тіл близької форми.....	79
Євген Гавриленко. Використання системи MASTERCAM при створенні програмного забезпечення токарних верстатів з ЧПУ для виконання допоміжних технологічних операцій.....	84
Альона Дяденчук, Сергій Носань. Моделювання та оптимізація сонячних елементів CdS/CdTe з одношаровими антивідбивними покриттями.....	92
Олександр Вершков, Олександр Мацулевич, Олена Дереза. Загальні налаштування системи MASTERCAM для виконання завдань з розробки управляючих програм токарної обробки валів.....	98
Олена Дереза. Розробка керуючої програми обробки деталі типу тіла обертання.....	104
Галина Антонова, Олена Михайленко, Андрій Чаплінський. Методика розробки програмного забезпечення виконання різьбонарізних операцій в системі MASTERCAM з розробкою постпроцесора для верстата з ЧПУ.....	110
Олександр Романюк, Євген Завальнюк. Метод зворотного трасування променів.....	119

УДК 004.92

Олександр Романюк, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри програмного забезпечення,
Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна

Євген Завальнюк, аспірант кафедри програмного забезпечення,
Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна

МЕТОД ЗВОРОТНОГО ТРАСУВАННЯ ПРОМЕНІВ

Анотація. У роботі розглянуто переваги використання трасування променів для рендерингу зображень. Описано основні особливості методів трасування променів. Наведено напрямки оптимізації трасування променів.

Ключові слова: трасування променів, растеризація, рендеринг, промінь, гібридний рендеринг.

Abstract. In the work, the advantages of ray tracing usage for image rendering are discussed. The main peculiarities of ray tracing methods are described. The optimization directions of ray tracing are listed.

Key words: ray tracing, rasterization, rendering, ray, hybrid rendering.

Основними двома підходами до рендерингу тривимірної графічної сцени є растеризація [1, 2] та зворотнє трасування променів [1, 2]. Растеризація [1, 2] полягає у перетворенні тривимірного полігонального опису сцени в двовимірний масив пікселів. Метод є високопродуктивним [3], але рівень реалістичності сформованих сцен є меншим [4], ніж при застосуванні трасування променів.

Метод зворотного трасування променів (англ. Ray Tracing) [1] є популярним алгоритмом комп'ютерної графіки для симуляції того, як світло взаємодіє з об'єктами в середовищі для створення зображень. Основна ідея полягає в тому, щоб трасувати (відслідковувати) промені світла з камери через кожен піксель зображення у віртуальному просторі. Коли промінь зіштовхується з об'єктом, відбувається взаємодія світла з матеріалом об'єкта, і в результаті цієї взаємодії визначається колір та інші характеристики пікселя. Зазвичай цей процес включає в себе відбиття світла, розсіяння, абсорбцію тощо. Перевагами методу зворотного

трасування променів [5] є забезпечення фотореалістичності результатів, коректне врахування перспективи, можливість розпаралелення розрахунків.

Існують також методи прямого трасування [1, 6] променів від джерела світла, однак вони неефективні [1]. Причиною цьому є те, що на результат візуалізації впливає лише частина променів від джерела.

У методі зворотного трасування використовуються різні типи променів: промені від камери (промені огляду, трасуються через кожен піксель зображення в напрямку сцени), промені від точок джерела світла (промені світла, виходять з джерел світла і трасуються в напрямку об'єктів в сцені), промені для відбиття світла (відбиті промені, трасуються для моделювання відбиття світла від поверхні об'єктів).

Узагальнена формула [7] для визначення кольору пікселя у методі зворотного трасування променів може бути подана так:

$$C = \sum_{i=1}^n I_i \cdot BRDF \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) \cdot V \cdot G,$$

де C - кінцевий колір пікселя, n - кількість джерел світла в сцені, I_i - інтенсивність світла від джерела i , $BRDF$ - двопроменева функція відбивної здатності, \bar{N} - нормаль до поверхні об'єкта, \bar{L}_i - вектор напрямку світла від джерела i , V - видимість, яка враховується для кожного променя, G - геометричний чинник для врахування тіней та блокування світла. Це лише загальна формула, і конкретні додаткові деталі та підрахунки можуть відрізнятися залежно від конкретної реалізації методу.

Визначення видимості в методі зворотного трасування променів полягає у врахуванні того, чи перешкоджає яка-небудь інша поверхня на шляху променя світла від джерела до пікселя. Це важливо для коректного відображення тіней на зображенні. Існують різні методи для визначення видимості, основні з них: метод тіневих об'єктів, метод затухання, метод тіневих карт.

Метод тіневих об'єктів (Shadow Ray Method) [1] полягає у тому, що при трасуванні променя світла від джерела до об'єкта сцени перевіряється, чи

перетинає цей промінь інші об'єкти. Якщо промінь перетинає інший об'єкт, то точка поверхні перебуває в тіні, оскільки світло не може дістатися до неї через перешкоду. Якщо такий перетин не виявлено, то точка освітлюється. Метод є важливим для створення реалістичних зображень, оскільки дозволяє враховувати взаємодію світла з об'єктами та створювати ефекти тіней, що надають зображенню глибину та об'ємність.

Метод затухання (Attenuation Method) полягає у визначенні того, як змінюється інтенсивність світла по мірі його поширення від джерела до поверхні, яку потрібно освітити. Чим далі від джерела, тим менше світла досягає точки, і вона може перебувати у затіненні. Існує декілька способів обчислення рівня затухання, але однією з найпоширеніших є формула оберненої квадратної відстані. Згідно з формулою [8], інтенсивність світла (i) зменшується пропорційно до квадрату відстані (d) між джерелом світла та поверхнею:

$$I = \frac{I_0}{d^2},$$

де I - інтенсивність світла, яка досягає поверхні, I_0 - початкова інтенсивність світла джерела, d - відстань між джерелом світла та поверхнею.

Метод є простим способом моделювання ослаблення світла через відстань, що важливо для створення реалістичних зображень. У додаток до врахування відстані, можуть використовуватися також додаткові фактори, такі як атмосферний пил або туман, які також можуть призводити до затухання світла по мірі його поширення.

Метод тіньових карт (Shadow Map Method) [1] полягає у попередній генерації текстур (тіньових карт), що визначають, які області сцени перебувають у тіні. Потім дані тіньові карти використовуються для визначення видимості точок під час рендерингу основного зображення. Спершу, здійснюється генерація тіньової карти. Сцена візуалізується відносно джерела світла, а не камери. Під час візуалізації записується глибина кожної точки, яку досягає світло від джерела. Ця інформація зберігається у текстурі, яка і є тіньовою картою. Далі здійснюється

рендеринг основного зображення відносно камери. При цьому, перед обчисленням інтенсивності для кожної точки, до якої потрібно визначити належність до тіні, використовують тінюву карту. Застосовується техніка текстурного зіставлення (texture mapping). Якщо точка, відповідна певному пікселю, має більшу глибину, ніж значення, яке збережено у тінювій карті, то піксель знаходиться у тіні. Після цього, формується остаточне зображення з врахуванням інтенсивності світла та наявності тіней, які визначені за допомогою тінювої карти. Метод ефективним, оскільки дозволяє зменшити обчислювальні витрати на визначення тіней у зображенні, а також дає можливість використовувати апаратне прискорення графічних процесорів для обробки текстур і текстурного зіставлення.

Класифікація методів зворотного трасування променів може бути здійснена за різноманітними критеріями. За об'ємом обчислень методи можуть бути обмеженими (трасування, обмежене областями сцени) або повними (трасування проводиться по всій сцені), за характеристиками алгоритму – методи простого трасування (базовий рендеринг сцени без складних ефектів), методи глобального освітлення (враховуються складні ефекти, як розсіювання світла, відбиття, розсіяне відбиття), методи реального часу (характеризуються оптимізованим відтворенням сцен у реальному часі, зокрема для ігор і віртуальної реальності), за використаними техніками оптимізації виокремлюються прості (значна кількість обчислень без оптимізації) та оптимізовані методи (застосовуються різні техніки для зменшення обчислювальних витрат, як тінюві карти, кластеризація променів), за областю застосування – методи візуальної графіки (для розробки візуальних ефектів, кадрів ігор, фільмів) та методи наукової візуалізації (для відтворення складних природних явищ у наукових дослідженнях та інженерних областях).

Перспективним напрямком оптимізації процесу трасування є кластеризація променів. Це метод оптимізації, що використовується для зменшення кількості променів, які потрібно трасувати, з метою підвищення обчислювальної продуктивності. Основна ідея полягає в тому, щоб групувати промені, які мають

подібні характеристики або проходять через схожі області сцени. Сформовані групи променів можуть бути оброблені як один об'єкт під час процесу трасування. Це забезпечує зменшення витрат на обчислення. У результаті, процес візуалізації сцени включає етапи її поділу на області, групування променів, що проходять через близькі точки або області, у кластери, оптимізації сформованих кластерів, трасування променів відносно представників кластерів, корекції результатів трасування. Найбільш обчислювально затратним етапом трасування променів (75 – 95% часу [1]) є визначення перетинів променів із об'єктами сцени. Тому для зменшення кількості обчислень знаходяться перетини променів із обмежувальними об'ємами об'єктів. Для досягнення компромісу між реалістичністю візуалізації об'єктів і високою продуктивністю обчислень можливе адаптивне поєднання методів растеризації та методів трасування променів, утворюючи гібридний конвеєр. Наприклад, застосування гібридного конвеєра в архітектурі GPU Nvidia Turing [9] дозволило реалізувати формування зображень у реальному часі з якістю, що відповідала використанню трасування променів.

У той же час, для створення високореалістичних зображень, які враховують складні фізичні явища, використовуються складні методи трасування променів. До складних методів трасування належать рефлексивне трасування (моделювання відбиття променя від рефлексивної поверхні згідно із законом відбиття), рефракційне трасування (моделювання заломлення світла через прозорі матеріали зі зміною напрямку та швидкості), трасування м'яких тіней (моделювання формування тіней, що виникають внаслідок розсіяного світла від неточкового джерела), методи моделювання глобального освітлення (враховуються відбиття, розсіювання, заломлення світла, ефекти середовища).

Висновок. Трасування променів забезпечує формування фотореалістичних тривимірних графічних сцен. Для оптимізації алгоритмів трасування променів використовуються обмежувальні об'єми об'єктів, кластеризація променів, застосовується гібридний конвеєр рендерингу.

Список використаних джерел

1. Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехмestрук Р. Ю. Комп'ютерна графіка: електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 147 с. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/37689> (дата звернення: 28.04.2024).
2. The Development of Physically Correct Reflectance Model Based on Logarithm Function / O. Romanyuk et al. *2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Wrocław, Poland, 21–23 September 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/acit58437.2023.10275589> (date of access: 30.04.2024).
3. Романюк О. Н., Чорний А. В. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Вінниця : УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006. 190 с.
4. Особливості базових алгоритмів рендерингу / О. Н. Романюк та ін. *The 4th International scientific and practical conference “Modern problems of science, education and society”*, м. Київ, 19-21 черв. 2023 р. Київ, 2023. С. 281–285.
5. Романюк О. Н., Обідник М. Д., Мальований В. Г. Компромiсне рішення між методами растеризації та трасування променів. *Четверта міжнародна науково-технічна конференція “Моделювання та комп'ютерна графіка”*, м. Донецьк, 5-8 жовт. 2011 р. Донецьк, 2011. С. 203–207.
6. Романюк О. Н., Озерова К. О., Романюк О. В. Особливості методів трасування променів при формуванні фотореалістичних зображень. *Інформаційні технології – 2022: зб. тез ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців*, м. Київ, 19 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 281–285.
7. Vectorization for Fast, Analytic, and Differentiable Visibility / Y. Zhou et al. *ACM Transactions on Graphics*. 2021. Vol. 40, no. 3. P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1145/3452097> (date of access: 02.05.2024).
8. Constant-Linear-Quadratic Falloff. *Developer Valve Software*. URL: https://developer.valvesoftware.com/wiki/Constant-Linear-Quadratic_Falloff:fr#:~:text=entity%20based%20lightsources,-,Quadratic%20Attenuation,more%20it%20will%20be%20diminished. (date of access: 30.04.2024).
9. Романюк О. Н., Чан А. Л. В., Панфілова Ю. О. Аналіз архітектури Turing для побудови відеокарт. *Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень : збірник доповідей Міжнародної науково-технічної конференції*, м. Вінниця, груд. 2018 р. Вінниця, 2019. С. 149–152.

МАТЕРІАЛИ

V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

29-31 травня 2024 року

«РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ: РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ»

(м. Запоріжжя, 29-31 травня 2024 р.)

Відповідальний за випуск: Н. А. Дьоміна
Дизайн і верстка: А. Ф. Дяденчук, А. А. Іванченко

Адреси для листування:
69006, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226
E-mail: vmf@tsatu.edu.ua
Сайт конференції: <https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/mvfconf>

