

8. О. Н. Романюк, та О. О. Дудник, "Розробка методів текстуровання для задач фотореалістичного рендерингу", Матеріали сьомої міжнародної науково-технічної конференції "Моделювання і комп'ютерна графіка", 18-24 вересня 2017 р, с. 26-33.
9. О. О. Дудник, та О. Н. Романюк, "Аналіз методів фільтрації текстур" Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції "Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2015), Вінниця, 16-17 квітня 2015 р.,
10. A. N. Romanyuk, and O. O. Dudnyk, "Ways to improve performance of anisotropic texture filtering", Control and Communications (SIBCON), 2017 International Siberian Conference on. IEEE, 2017, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7998589/>
11. A. N. Romanyuk, and O. O. Dudnyk, "Ways to improve performance of anisotropic texture filtering", Control and Communications (SIBCON), 2017 International Siberian Conference on. IEEE, 2017, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7998589/>
12. S. I. Vyatkin, S. A. Romanyuk, and O. O. Dudnyk, "Geometric modeling with scalar perturbation functions", Measuring and computing equipment in technological processes, № 4, pp. 45-50, 2014.

**РОМАНЮК О. Н.,
НОВОСЕЛЬЦЕВ О.О.,
СТАНІСЛАВЕНКО С.Г.,
МАЙДАНЮК В.П.,
РОМАНЮК С.О.**

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ НОВИХ МЕТОДІВ ТЕКСТУРУВАННЯ

Анотація: Проаналізовано нові методи текстуровання.

Ключові слова: рендеринг, текстуровання, процедурне текстуровання, реалістичність, щільність текселів

У комп'ютерних системах високу ефективність візуалізації забезпечують методи та засоби, що дають змогу оптимально використовувати обчислювальні ресурси графічної системи для забезпечення високого рівня реалістичності відтворення графічних зображень. Одним із таких засобів є текстуровання [1-10], яке дозволяє врахувати локальні особливості поверхні без надмірного ускладнення геометрії моделі.

У комп'ютерній графіці з'являється багато нових методів текстуровання, які пропонують різноманітні підходи для створення реалістичних зображень.

Наприклад, метод PBR (Physically Based Rendering) використовує реалістичні алгоритми для імітації взаємодії світла з поверхнею, використовуючи декілька карт текстур. Програми, як-от Substance Designer і Substance Painter від Adobe, дозволяють детально керувати матеріалами та створювати високодеталізовані текстури, які підходять для різних сцен. Техніка texel density consistency забезпечує однорідність текстур, процедурне текстуровання дозволяє автоматично генерувати текстури, використовуючи алгоритми, а впровадження машинного навчання допомагає оптимізувати текстурні атласи. Також популярним стає Vector Displacement Mapping, який використовує векторні карти переміщення для створення складних поверхонь, і ушорення каналів текстур, що допомагає зменшити кількість використовуваних текстур, оптимізуючи пам'ять і покращуючи продуктивність.

Розглянемо більш детально зазначені методи.

PBR, або Physically Based Rendering, це техніка текстуровання, яка використовує фізично обґрунтовані моделі для створення більш реалістичних матеріалів у комп'ютерній графіці. Цей метод відтворює взаємодію між світлом та поверхнею таким чином, що відповідає реальному світові. Використовуючи PBR, дизайнери створюють текстури, розраховуючи на те, що світло взаємодіє з різними матеріалами однаково, незалежно від освітлення чи атмосферних умов. Основна ідея полягає в тому, що матеріали мають однаковий вигляд у різних освітленнях і з різних точок зору, що досягається за допомогою карт альbedo, глянцевої, металічності та нормалей. Карта альbedo визначає базовий колір поверхні, карта глянцевої показує, наскільки матеріал відблискує, а карта металічності розділяє металічні та неметалічні частини матеріалу. Нормальна карта використовується

для додавання текстур та деталей без необхідності збільшення кількості полігонів моделі. PBR є стандартом у сучасному 3D моделюванні, оскільки забезпечує більш реалістичні та переконливі результати, які важливі для ігор, кіно та візуалізацій.

При використанні PBR у текстурюванні використовують кілька методів. Перш за все, дизайнери створюють карти альbedo [1, 6], які визначають базовий колір поверхні без впливу тіней або освітлення. Для моделювання віддзеркалення світла та блискучості поверхонь застосовують карту глянцевої. Карта металічності допомагає розділити металічні та неметалічні елементи матеріалу, вказуючи на те, як світло відбивається від різних частин поверхні. Нормальна карта використовується для додавання деталей та текстур, імітуючи нерівності та складнощі матеріалу, що збільшує реалізм без необхідності комплексного моделювання. Також можуть використовуватися карти висоти для створення рельєфу на поверхні. Важливим є точне відтворення світлових властивостей матеріалів, тому часто використовують спеціалізоване програмне забезпечення для калібрування текстур під конкретні освітлювальні умови сцени. PBR метод вимагає точності у виборі параметрів текстур, але в результаті забезпечує однаковий і реалістичний вигляд матеріалів у різних умовах освітлення.

PBR (Physically Based Rendering) впроваджено у багатьох сучасних програмних пакетах для 3D-моделювання та графічного дизайну. Ось декілька популярних програм, які активно використовують цей метод:

Substance Painter - це інструмент для текстурювання, який дозволяє художникам створювати складні текстури за допомогою PBR. Substance Painter забезпечує широкий набір інструментів для роботи з матеріалами і текстурами, включаючи підтримку різних карт, таких як альbedo, нормалі, глянцевість і металічність.

Adobe Substance Designer - це ще один потужний інструмент від Adobe, призначений для створення складних матеріалів і текстур для PBR. Substance Designer дозволяє створювати текстури процедурним способом [10], з можливістю детального налаштування всіх аспектів матеріалу.

Blender - безкоштовний і відкритий 3D-пакет, який включає повноцінну підтримку PBR через свій рендеринг Eevee s Cycles, забезпечуючи артистам інструменти для створення фізично правильних матеріалів.

Autodesk Maya і Autodesk 3ds Max - обидва ці пакети мають розширені можливості для роботи з PBR, включаючи підтримку відповідних шейдерів і текстурних карт, які дозволяють створювати високоякісні візуальні ефекти і деталізовані сцени.

Substance Designer є індустріальним стандартом для створення процедурних матеріалів. Ця програма дозволяє створювати текстури з нуля, використовуючи графічний редактор на основі вузлів, що дає можливість комбінувати різноманітні вхідні дані та динамічні фільтри для створення складних поверхонь і матеріалів. Substance Designer дозволяє також імпортувати різноманітні ресурси, включно з сканами реальних матеріалів, що можна перетворювати та адаптувати під конкретні потреби проекту. Програма підтримує створення матеріалів PBR, які можуть бути легко інтегровані у більшість сучасних 3D-додатків та ігрових двигунів.

Substance Painter є інструментом для текстурювання 3D-моделей, що дозволяє дизайнерам формувати деталі безпосередньо на 3D-моделях з реалістичним відображенням матеріалів. Програма надає потужні функції, такі як "layering" система (система шарів), динамічні маски, передові браші та підтримка часткових відбитків, що робить її ідеальною для деталізації комплексних текстур. Substance Painter особливо ефективний у створенні високо деталізованих текстур для ігрових персонажів та складних сцен, забезпечуючи інструменти для швидкого і ефективного текстурювання на основі реальних фізичних властивостей матеріалів.

Обидві програми інтегровані з Adobe Creative Cloud, що забезпечує безперервну взаємодію з іншими продуктами Adobe та дозволяє легко обмінюватися активами та ресурсами в рамках креативних проектів. Substance Painter та Designer регулярно оновлюються, щоб включати нові технології та вдосконалення, такі як покращені алгоритми рендерингу, більш ефективні інструменти для моделювання освітлення.

Texel density consistency, або однорідність щільності текселів, є важливим аспектом при створенні текстур в 3D-моделюванні, що забезпечує уніфікований вигляд текстур на різних частинах моделі. Тексел — це текстильний елемент (текстурний піксель), що відображається на поверхні 3D-моделі. Щільність текселів визначає кількість текселів, що покривають певну область поверхні моделі, і є критичним фактором для забезпечення якості візуальних текстурних деталей.

Неоднорідна щільність текселів може призвести до того, що одні частини моделі будуть виглядати розмиті чи недостатньо деталізовані порівняно з іншими, більш деталізованими аретами.

Це може негативно вплинути на візуальну цілісність і реалізм сцени, особливо в іграх та інших візуальних застосунках, де увага до деталей є важливою.

Щоб досягти консистентності щільності текселів, розробники використовують ряд методів та інструментів. Один з підходів полягає в ручному налаштуванні розміщення UV-розгортки, де кожен сегмент поверхні моделі вручну налаштовується для забезпечення однакової щільності текселів. Іншим популярним методом є використання спеціалізованих плагінів та інструментів у 3D-пакетах, таких як 3ds Max, Maya, Blender, що дозволяють автоматично аналізувати і оптимізувати щільність текселів.

Крім того, є спеціалізоване програмне забезпечення, таке як xNormal або Handplane Baker, яке дозволяє дизайнерам вимірювати і коригувати щільність текселів, забезпечуючи тим самим більш рівномірне покриття текстури по всій моделі. Це зокрема корисно при створенні великих або складних 3D-сцен, де різні об'єкти можуть мати різні рівні деталізації.

Узгодженість щільності текселів має важливе значення не тільки для естетики, але й для оптимізації продуктивності. Коректно налаштовані текстури забезпечують кращу візуальну якість без зайвого навантаження на рендерингові системи, що є критичним для ігрових застосунків та віртуальної реальності, де швидкодія і згладжування є ключовими.

Для забезпечення консистентності тексельної щільності в 3D-моделях використовують декілька методів.

UV-розгортка - метод для контролю тексельної щільності, який полягає у вручну розгорненому відображенні 3D-моделі на 2D-площину. Цей процес дозволяє художнику точно визначати, як текстури будуть накладатися на модель, забезпечуючи рівномірний розподіл текселів по всій поверхні.

Багато сучасних 3D-редакторів, таких як Blender, 3ds Max, і Maya, мають вбудовані інструменти або додаткові плагіни, які дозволяють вимірювати та нормалізувати тексельну щільність. Ці інструменти можуть автоматично коригувати розміри UV-патчів для забезпечення однакової тексельної щільності по всій моделі.

Іноді для забезпечення однакової тексельної щільності в моделі може знадобитися зміна розмірів текстурних карт. Це може включати збільшення розміру текстур для деталізованих областей або зменшення для менш важливих частин. Для динамічного адаптування тексельної щільності можна використовувати процедурне текстурування [10], яке базується на алгоритмах, що автоматично враховують масштаби і форму поверхні. Для проєктів, де критично важливий високий рівень деталізації та продуктивність, здійснюється комплексний аналіз тексельної щільності, включаючи тестування в реальних умовах використання, для ідентифікації та вирішення задач з тексельною щільністю.

Застосування цих методів дозволяє досягти високої якості візуалізації, оптимізувати ресурси обробки і забезпечити кращий візуальний досвід, особливо в іграх і віртуальній реальності, де якість текстур і рівномірність їх відображення мають велике значення.

Перспективно-коректне текстурування — це важливий аспект комп'ютерної графіки, що дозволяє створювати реалістичні зображення на 3D-об'єктах. Вона базується на математичних моделях, що імітують, як світло взаємодіє з поверхнями. Це включає в себе правильне масштабування текстур, щоб забезпечити візуальну правдоподібність при зміні кута зору. Використання перспективно-коректного текстурування дозволяє уникати спотворень, які можуть виникати при проєкції плоских текстур на криволінійні поверхні. Цей процес включає врахування координат об'єкта та камери, що дозволяє досягти натурального вигляду. Застосування таких методів у відеоіграх, анімації та візуалізації архітектури є стандартом, оскільки воно підвищує загальну якість зображення, роблячи його більш привабливим та зрозумілим для глядача.

Текстури повинні змінюватися в залежності від кута зору спостерігача, щоб зберегти натуральний вигляд об'єкта. Форма та розміри об'єкта впливають на те, як текстура буде відображатися. Текстури повинні правильно адаптуватися до вигинів, кутів і інших особливостей геометрії. Текстури мають реагувати на освітлення сцени, щоб створити реалістичні ефекти тіней і відблисків. Метод має враховувати можливі спотворення текстур, які можуть виникнути через проєкцію на неідеальні поверхні.

Відомі методи перспективно-коректного текстурування.

В методі текстурування на основі проєкцій текстура накладається на об'єкт, використовуючи координати проєкції. Часто застосовується при створенні тіней або ефектів, таких як «декаль».

При паралельному текстурованні текстура розподіляється по площині, зазвичай на фрагментах або площинах, що дозволяє точніше враховувати перспективу.

Перспективне масштабування використовується для зміни розміру текстури в залежності від відстані до об'єкта, що допомагає зберегти натуральність вигляду.

В сучасній графіці часто використовуються шейдери для управління відображенням текстур на поверхнях, що дозволяє додатково коригувати ефекти освітлення, тіней та інших параметрів.

Ці методи забезпечують високий рівень деталізації та реалістичності, що є критично важливим у сучасних комп'ютерних іграх та візуалізаціях.

Список використаних джерел

1. The Surface Texture Book /anglais Hardcover – March 7, 2005, 256 pages.
2. Texturing and Modeling, Second Edition: A Procedural Approach (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics) 2nd Edition
3. Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface Texture: Profile—Part 2: Terms, Definitions and Surface Texture Parameters. ISO: Geneva, Switzerland, 2022.
4. Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface Texture: Areal- Part 2: Terms, Definitions and Surface Texture Parameters. ISO: Geneva, Switzerland, 2021.
5. Available online: <https://www.iso.org/standard/74591.html> (accessed on 16 April 2023).
6. Романюк О. Н. Неживенко М. В. Метод накладання текстури на поверхню тривимірного об'єкта // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2008. — № 1. — С. 147—151.
7. Романюк О. Н., Чорний А.В. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. - Вінниця : УНІВЕСУМ-Вінниця,— 190 с.
8. Романюк О. Н., Дудник О. О. Розробка методів текстуровання для задач фотореалістичного рендерингу. Матеріали сьомої міжнародної науково-технічної конференції "Моделювання і комп'ютерна графіка", м. Покровськ, м. Київ, 18-24 вересня 2017 р. – С. 26-33.
9. Іваха О. А., Романюк О. Н. Аналіз методів текстуровання. Матеріали ЛІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024.
10. Романюк О. Н., Дудник О.О. Метод підвищення продуктивності перспективно-коректного текстуровання. Наукові праці ДонНТУ. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". - 2016. - № 1 (22). - С. 43-46.
11. Романюк О.Н., Захарчук М.Д. Метод процедурного текстуровання. Інноваційні дослідження та перспективи розвитку науки і техніки у ХХІ столітті, Рівне, 19 жовтня 2023 р. Рівне, Редакційно-видавничий центр Приватного вищого навчального закладу «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука», 2023 р. ЧЗ. С.175-178.

РОМАНЮК О. Н.,

СНІГУР А. В.,

Вінницький національний технічний університет

ЧАСОВІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЧИТАННЯ

Анотація: У статті на основі побудованих математичних моделей різних способів читання, наприклад у системах дистанційного навчання, визначено часові параметри процесу читання як усього тексту, так і окремих фрагментів тексту. Визначено межі діапазону значень часових параметрів читання окремих фрагментів тексту. Визначено межі загального часу усього процесу читання, а отже і відповідної часової активності людини.

Ключові слова: математичні моделі, дистанційне навчання

При визначенні параметрів процесу читання людиною будь-якого текстового матеріалу за одну спробу, наприклад у системі дистанційної освіти важливим є оцінювання не тільки кількості прочитаного матеріалу, а і часових параметрів цього процесу, що характеризують відповідну часову активність людини. При цьому можуть оцінюватися і часові інтервали активності протягом яких відбувається читання окремих фрагментів відносно великого за об'ємом тексту. На сьогоднішній день існуючі підходи отримання часових характеристик процесу читання зводяться до визначення часу протягом якого відбувається таке читання, а саме: часу читання або навчання з побудовою