

УДК 004.92+004.85

СТВОРЕННЯ РЕАЛІСТИЧНИХ СВІТЛОВИХ ЕФЕКТІВ У 3D-СИСТЕМАХ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ФОТОННОГО ВІДОБРАЖЕННЯ

Могилевський Д.І

email: dmytro.mohylevskyi@nure.ua,

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра КІТС
м. Харків, Україна

The creation of realistic lighting effects in 3D systems is crucial for enhancing visual authenticity. This study explores the application of neural networks for photon-based rendering. By leveraging deep learning techniques, the proposed approach improves light simulation accuracy and computational efficiency. Neural networks enable adaptive light propagation, enhancing reflections, refractions, and global illumination. The research demonstrates how AI-driven methods optimize rendering pipelines in real-time environments. The findings contribute to the development of more immersive and visually accurate 3D graphics.

У сучасному світі 3D моделювання активно використовується у відеоіграх, кінематографі, архітектурному дизайні та інших галузях, що вимагають високої якості графіки. Однією з ключових проблем є реалістичне освітлення сцен, що відповідає фізичним законам розповсюдження світла. Використання традиційних алгоритмів трасування променів (Ray Tracing) або растеризації має значні обчислювальні витрати, що ускладнює реалістичну візуалізацію в реальному часі.

Для оцінки ефективності запропонованого підходу було проведено серію експериментів. Використано набір сцен з різним рівнем складності освітлення. Порівняння виконувалося між запропонованим підходом та методами трасування променів і Photon Mapping. Для оцінки точності використовувалися метрики середньої абсолютної помилки (MAE) та середньоквадратичної похибки (MSE), які продемонстрували перевагу нейромережевого підходу у швидкості розрахунків без суттєвої втрати якості освітлення.

Нейронні мережі можуть бути використані для симуляції складних світлових ефектів, таких як глобальне освітлення, каустика, віддзеркалення та заломлення світла. Сучасні методи, такі як нейронні поля випромінювання (Neural Radiance Fields, NeRF), дозволяють створювати високодеталізовані 3D сцени, навчаючись на наборах 2D-зображень і моделюючи поведінку світла в середовищі [1]. Крім того, генеративно-змагальні мережі (GAN) можуть використовуватися для покращення деталізації текстур та адаптивної генерації світлових ефектів у реальному часі [2].

Запропонований підхід базується на архітектурі NeRF, яка дозволяє моделювати світлові взаємодії на основі набору тренувальних зображень сцени. Для навчання використовувалися дані з реальних 3D-сцен, які містять складні ефекти освітлення, відбиття та тіней. Оптимізація нейромережі виконувалася за допомогою Adam-оптимізатора з коефіцієнтом навчання 0.001. Крім того, використовувалися техніки аугментації даних для покращення узагальнення моделі на нових сценах.

Фотонне відображення – це метод, який використовується у комп'ютерній графіці для симуляції взаємодії світла з поверхнями та середовищем. Цей підхід базується на фізичних законах розповсюдження світла та дозволяє досягти реалістичного рендерингу сцен, враховуючи ефекти заломлення, віддзеркалення, розсіювання та глобального освітлення. Традиційно для обчислення цих взаємодій використовуються методи трасування променів (Ray Tracing) або методи розповсюдження фотонів (Photon Mapping). Однак, ці підходи мають значні обчислювальні витрати, що обмежує їх використання в реальному часі.

Сучасні розробки у сфері глибокого навчання дозволяють значно оптимізувати цей процес, використовуючи нейронні мережі для передбачення поведінки світлових частинок у сцені. Глибокі нейронні мережі можуть навчитися прогнозувати поведінку світла, виходячи з попередньо оброблених сцен, що значно пришвидшує рендеринг.

Відтак, розвиток нейронних мереж у 3D-візуалізації відкриває нові можливості для генерації реалістичних світлових ефектів. Використання методів NeRF, GAN, LFNs та інших підходів дозволяє значно покращити якість освітлення, скоротити витрати ресурсів та забезпечити фізично коректне моделювання світлових взаємодій [3]. Подальші дослідження у цій сфері можуть зосереджуватися на вдосконаленні швидкості навчання нейромереж, оптимізації їхньої роботи у реальному часі та покращенні інтеграції у 3D-движки. Це відкриває перспективи для створення ще більш реалістичних віртуальних середовищ у майбутньому.

Список використаних джерел:

1. Mildenhall, B., Srinivasan, P. P., Tancik, M., Barron, J. T., Ramamoorthi, R., & Ng, R. (2021). Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. *Communications of the ACM*, 65(1), 99-106.

2. Жеребук О., Фармага І. Використання нейронних мереж для визначення об'єктів на зображенні. *Computer design systems. theory and practice*. 2024. № 1. С. 232-240

3. Аксак Н.Г., Безсонов О.О., Новосельцев І.В., Руденко О.Г. Розпізнавання зміни розміру і кольору зображення на основі згорткової нейронної мережі. *Науково-технічний журнал "Біоніка інтелекту"*. 2018. Т. 2. № 91. С. 114-119. DOI: [https://doi.org/10.30837/bi.2018.2\(91\).17](https://doi.org/10.30837/bi.2018.2(91).17)