

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ФОТОРЕАЛІСТИЧНІСТЬ 3D-ГРАФІКИ

Шендрік К.С.

email: kyrylo.shendrik@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС  
м. Харків, Україна

The article examines the impact of various parameters on the photorealism of 3D graphics integrated into video. Key aspects influencing realism, such as lighting, materials, textures, and animation, are analyzed. Different methods for achieving high realism are compared. The findings highlight the importance of physically accurate techniques for enhancing the integration of 3D elements into live-action footage.

3D-графіка та комп'ютерна анімація активно використовуються в кіноіндустрії, рекламі, відеоіграх та інших сферах цифрових технологій. Завдяки постійному розвитку алгоритмів рендерингу та зростанню обчислювальних потужностей, реалістичність візуального контенту досягає все вищих рівнів. Однак навіть сучасні технології не завжди дозволяють досягти повної достовірності, що впливає на сприйняття зображення глядачем. Аналіз основних параметрів, які впливають на фотореалістичність 3D-графіки, дозволяє покращити якість інтеграції цифрових об'єктів у реальні відеоматеріали.

**Актуальність проблеми.** З розвитком технологій 3D-графіки та VFX все більшої популярності набувають методи фотореалістичного відтворення. Незважаючи на вдосконалення алгоритмів та апаратного забезпечення, не всі цифрові сцени виглядають переконливо. Визначення ключових факторів, які впливають на сприйняття реалістичності 3D-графіки, є актуальним завданням.

**Мета роботи.** Метою дослідження є аналіз впливу різних параметрів (освітлення, матеріалів, текстур, анімації) на фотореалістичність 3D-графіки у відео, а також порівняння методів для досягнення найбільш реалістичних результатів.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо основні параметри, що впливають на фотореалістичність.

### 1. Освітлення

Освітлення має важливе значення для реалістичності зображення. Для точного відтворення фізики світла використовуються наступні технології:

– Глобальне освітлення (Global Illumination) – моделює реальні відбиття світла від поверхонь, створюючи природну передачу світлотіні.

– HDR (High Dynamic Range Image) – використання HDR-зображень як джерела світла дозволяє отримати правдоподібні відбиття та загальну атмосферу сцени [1].

– Методи трасування променів (Ray Tracing) – забезпечують фізично коректне моделювання тіней, заломлення та відбиття світла, що особливо важливо для інтеграції 3D-об'єктів у відео [2].

## 2. Матеріали та шейдери

– Матеріали визначають, як об'єкт взаємодіє зі світлом, що критично для його реалістичного вигляду. Основні підходи:

– PBR (Physically Based Rendering) – фізично коректна система, яка моделює відображення, розсіювання та інші властивості поверхні.

– Мікронерівності (Microdetails) – невеликі дефекти поверхні (подряпини, пил, нерівності), які покращують реалістичність.

– SSS (Subsurface Scattering) – імітація розсіювання світла під поверхнею напівпрозорих матеріалів (шкіра, мармур, віск) [3].

## 3. Текстури та деталі поверхонь

– Чіткість і деталізація текстур мають значний вплив на правдоподібність об'єкта. Використовуються:

– Високоякісні текстури (4K, 8K) – дозволяють зберігати дрібні деталі навіть при великих масштабах.

– Normal Maps та Displacement Maps – використовуються для імітації нерівностей поверхні без додаткової геометрії.

– Procedural Texturing – генерація текстур алгоритмічно для отримання реалістичних варіацій кольору та структури.

## 4. Глибина різкості та кінематографічні ефекти

– Реалістичне зображення потребує врахування оптичних ефектів:

– Глибина різкості (Depth of Field, DoF) – моделює ефект розмиття на об'єктах поза фокусом, як у реальних камерах.

– Боке (Bokeh) – форма і якість розмиття світлових джерел, що створює додатковий візуальний ефект.

– Motion Blur – розмиття об'єктів під час руху, що додає реалістичності динамічним сценам.

## 5. Реалістична анімація та фізика руху

– Навіть ідеально змодельований і освітлений об'єкт буде виглядати неправдоподібно без природної анімації. Основні фактори:

– Закон кінематики – об'єкти повинні рухатися відповідно до законів фізики, включаючи інерцію, гравітацію та силу тертя.

– Procedural Animation – генерація рухів у реальному часі на основі фізичних законів (наприклад, симуляція тканини, волосся, рідин).

– Keyframe Animation vs Motion Capture – використання реальних рухів людини або ручне налаштування поз для забезпечення плавності руху.

## 2. Порівняльний аналіз методів

Різні методи обчислення та програмні засоби мають свої особливості при досягненні фотореалістичності. Трасування променів (Ray Tracing) реалізовано в таких програмах, як Blender (Cycles), Autodesk Arnold та NVIDIA RTX [4]. Воно забезпечує високу точність освітлення, тіней та

відбиттів, проте потребує значних обчислювальних ресурсів. Наприклад, у фільмі "Blade Runner 2049" активно використовували трасування променів для створення реалістичних світлотіньових ефектів та відображень на поверхнях.

Растрові методи (Rasterization), які використовуються у рушіях Eevee (Blender), Unity та Unreal Engine, забезпечують швидку візуалізацію, що важливо для інтерактивних середовищ, але поступаються в точності світлотіньових ефектів. Наприклад, у відеогрі "Fortnite" використовується раштеризація для швидкого рендерингу великих відкритих просторів із високою частотою кадрів.

Гібридні підходи, такі як використання Lumen в Unreal Engine 5, поєднують трасування променів та раштеризацію, досягаючи балансу між якістю та продуктивністю [5]. Завдяки цьому, вони широко застосовуються у відеоіграх, архітектурній візуалізації та кіноіндустрії. Наприклад, у "The Matrix Awakens: An Unreal Engine 5 Experience" використовували Lumen для створення реалістичного освітлення та динамічних тіней у великомасштабному міському середовищі.

**Висновки.** Фотореалістичність 3D-графіки залежить від багатьох параметрів, серед яких ключову роль відіграють освітлення, матеріали, текстури та реалістична анімація. Використання сучасних фізично коректних методів освітлення та матеріалів значно покращує правдоподібність цифрових об'єктів. Найкращі результати досягаються при застосуванні трасування променів, проте гібридні методи, такі як Unreal Engine, забезпечують оптимальний баланс між якістю та продуктивністю.

### Список використаних джерел:

1. Технологія трасування променів: що це, навіщо потрібно і чим відрізняється від звичайного RTX?. URL: <https://ek.ua/ua/post/5066/298-ray-tracing-technology-what-is-it-why-is-it-needed-and-how-is-it-different-from-regular-rtx/> (дата звернення: 04.03.2025).
2. Що таке HDRI? – 3DAS. 3DAS. URL: <http://3das.com.ua/shho-take-hdri/> (дата звернення: 04.03.2025).
3. Підповерхневе Розсіювання – Subsurface Scattering – blender manual. Blender Documentation – blender.org. URL: [https://docs.blender.org/manual/uk/2.90/render/shader\\_nodes/shader/sss.html](https://docs.blender.org/manual/uk/2.90/render/shader_nodes/shader/sss.html) (дата звернення: 04.03.2025).
4. За та проти трасування променів. GameDev спільнота – gamedev.dou.ua. URL: <https://gamedev.dou.ua/articles/all-about-ray-tracing-in-gamedev/> (дата звернення: 04.03.2025).
5. Lumen Global Illumination and Reflections. Epic Games Documentation – epicgames.com. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine> (дата звернення: 04.03.2025).