

УДК 004.92

РЕДУКЦІЯ ПОЛІГОННИХ СТРУКТУР У 3D-ГРАФІЦІ

Покора М.І.

e-mail: mykyta.pokora@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ

м. Харків, Україна

This paper explores the current development of computer graphics and tridimensional modeling calls for the advancement of effective mathematical approaches to the optimization of geometric objects. The main benefits when working with trivial models are the minimization of cost costs without wasting the space of the spacious presentation.

Оптимізація 3д моделей являється процесом видалення зайвих полігонів, граней та точок задля зменшення навантаження графічного процесора при рендері. Метою даної роботи є детальний аналіз та створення математичної моделі, де детально буде показана користь оптимізації 3д моделей.

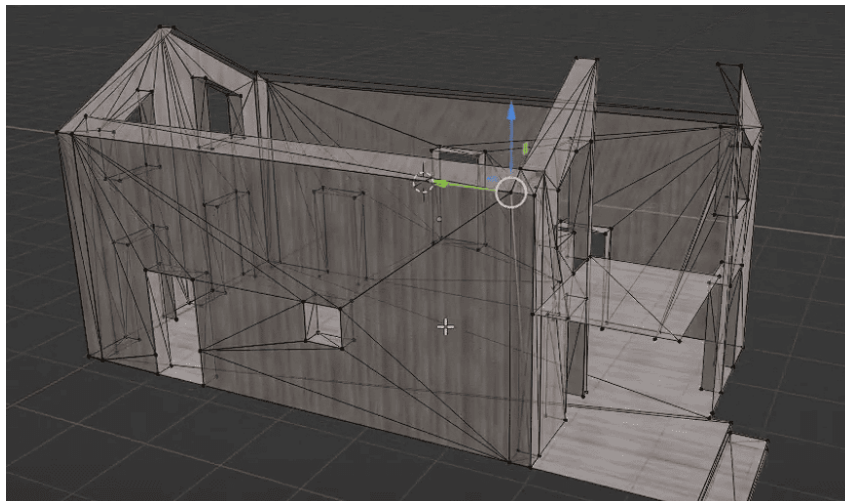


Рисунок 1 – неоптимізована 3д модель

На рисунку 1 детально показано, як виглядає типічна не оптимізована модель. Не в режимі конструктора неможливо встановити якість оптимізації моделі, проте на рисунку можна побачити факт наявності багатьох непотрібних, хаотичних граней, які навантажуватимуть графічний процесор при рендері.

Оптимізація 3д моделі підсумовує під собою не тільки видалення зайвих граней та полігонів, а й видалення неправильних полігонів. Правильним полігоном є полігон-трикутник, тобто той, що складається з 3 точок. Це зменшує ризики артефактів та несправностей при роботі влаштованими у програму 3д середовища інструментами.

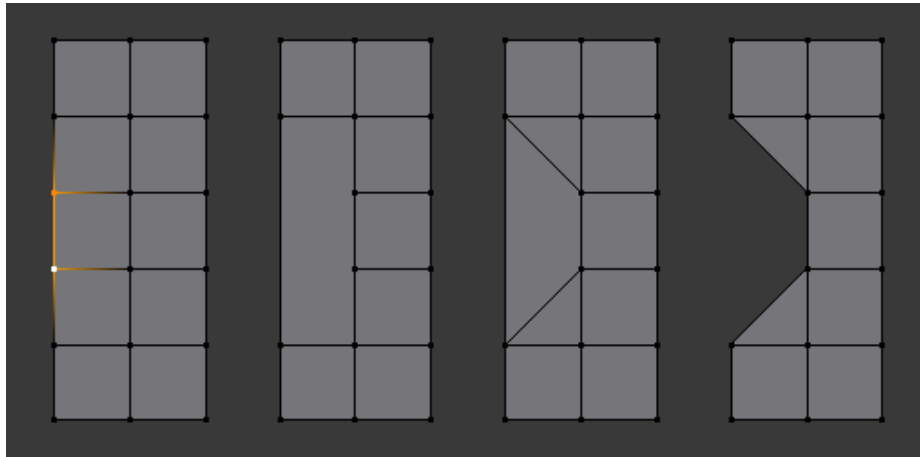


Рисунок 2 – приклад видалення неправильного полігону

На рисунку 2 детально показаний процес створення та видалення неправильного полігону. І хоча, на перший погляд, може здатися, наче трикутні полігони будуть більше навантажувати графічний процесор, у справі вони є більш оптимізованими і навантаження від них менше ніж від багатокутникових полігонів.

На рисунку 3 показаний результат видалення зайвих полігонів та об'єднання двох другорядних граней в одну основну, в кожній неоптимізованій області.

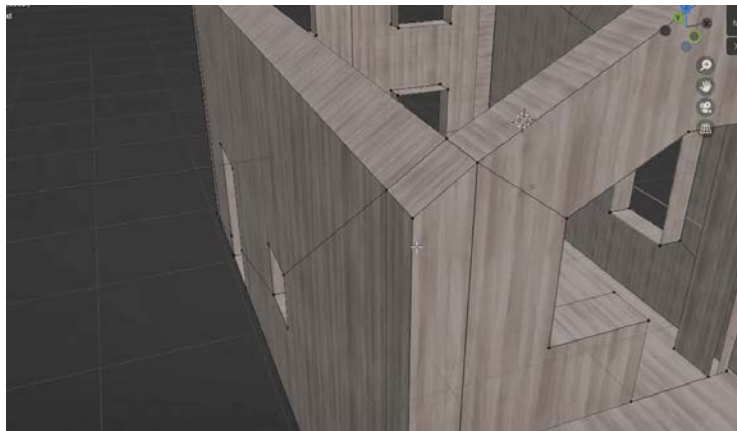


Рисунок 3 – Оптимізована 3D модель з рисунку 1

Математична модель оптимізації 3D-моделі: Видалення зайвих елементів та заповнення отворів

Таблиця 1 – Параметри вхідної 3D-моделі

Параметр	Позначення	Математичне представлення	Конкретні значення
Вершини	V	$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$	n = 782 вершини
Грані	F	$F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$	m = 1456 граней
Ребра	E	$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$	k = 2342 ребра

На таблиці 1 вказані початкові характеристики моделі: кількість вершин, кількість граней, кількість ребер.

Таблиця 2 – Критерії видалення зайвих граней

Критерій	Формула	Умова видалення	Конкретні значення	Математичне пояснення
Площа грані	$S(f) = 1/2 *$		$(v2-v1) \times (v3-v1)$	
Орієнтація нормалей	$\cos(\theta) = (n(f1) \cdot n(f2)) / ($	$n(f1)$	*	$n(f2)$
Комплексна оцінка	$Q(f) = 0.6 * S(f) + 0.4 * (1 -$	$n(f1) \cdot n(f2)$)	$Q(f) < 0.2$

Таблиця містить критерії для спрощення 3D-моделей. Видаляються малі грані, майже паралельні поверхні та малозначущі елементи, щоб зменшити кількість полігонів без втрати форми.

Таблиця 3 – Алгоритм заповнення отворів

Етап	Математична модель	Формула розрахунку	Конкретні значення	Результат
Визначення контуру	Множина вершин контуру	$L = \{v1, v2, \dots, vk\}, k \in \mathbb{N}$	$k = 12$ вершин	Контур отвору
Апроксимація поверхні	Мінімізація похибки	$E(S) = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{(x_{vi} - x_{proj})^2 + (y_{vi} - y_{proj})^2 + (z_{vi} - z_{proj})^2}$	Середня похибка 0.003 м	Відновлена поверхня
Оцінка якості	Коефіцієнт відновлення	$R = 1 - (L_{err} / L_{original}), L_{err} = \sqrt{\sum_{i=1}^k ($		$v_i - v^i$

Таблиця містить математичні моделі та формули для аналізу 3D-поверхонь. Вона включає визначення контуру за множиною вершин, апроксимацію поверхні шляхом мінімізації похибки та оцінку якості відновлення за коефіцієнтом точності. Конкретні значення і результати допомагають оцінити ефективність кожного етапу.

Таблиця 4 – Підсумкова цільова функція оптимізації

Компонент	Математичне вираження	Конкретні значення	Результат
Кількість видалених граней	242 грані	Зменшення на 16.6%	1214 граней замість 1456
Похибка апроксимації	$\varepsilon = 0.003$ м	Мінімальна похибка	Практично не помітна
Збереження топології	Втрата зв'язності < 1%	99.4% цілісності	Топологія збережена

В результаті оптимізації маємо зменшення кількості полігонів на 16.6%, що є доволі великим результатом для оптимізації використання ресурсів графічного процесора, при цьому, якість 3д моделі, як роботи від спеціаліста, значно виросла, оскільки усі графічні інструменти будуть працювати з нею відмінно, що доводить важливість та необхідність оптимізованості кожної створеної моделі, як в геймдеві так і в інших галузях де сфера 3д моделювання використовується.

Список використаних джерел:

1. Акімова Е. В. Основи комп'ютерної графіки. – К.: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2018.
2. Гаврилов В. В. Математичні методи тривимірного моделювання. – Х.: ХНУРЕ, 2020.
3. Жуков М. І. Комп'ютерна анімація та 3D-моделювання. – Л.: Видавництво ЛНУ, 2019.