

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Розробка методів зафарбовування та моделей відбивних здатностей поверхонь для створення реалістичної комп'ютерної графіки.

Частина 2. Розробка методів та засобів розрахунку інтенсивностей кольору пікселів

Виконав ст. гр. 1АКІТ-16м: Поліщук О. В.
Науковий керівник: д.т.н., проф. Кветний Р. Н.



Вінниця – 2018

Розробка методів зафарбовування та моделей відбивних здатностей поверхонь для створення реалістичної комп'ютерної графіки.

Частина 2. Розробка методів та засобів розрахунку інтенсивностей кольору пікселів

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення продуктивності зафарбовування за рахунок розробки нових методів та розпаралелення обчислювального процесу.

Об'єкт дослідження. Процес формування дифузної та спекулярної складових кольору в системах комп'ютерної графіки.

Предмет дослідження. Методи та засоби підвищення процедури зафарбовування тривимірних графічних сцен.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Проаналізувати існуючі методи рендерингу при формуванні графічних сцен.
2. Розробити нову модифікацію методу Гуро, основу на додатковій триагуляції.
3. Розробити адаптивний метод зафарбовування з використанням апроксимуючих поліномів різної степені.
4. Розробити нові модифікації методу Фонга, які, на відмінну від існуючих, мають більш високу продуктивність.
5. Розробити структурну схему пристрою для зафарбовування за методами Гуро і Фонга.
6. Розробити алгоритми та програмні засоби для реалізації запропонованих методів.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Модифіковано метод зафарбовування Гуро, який на відмінну від існуючого, передбачає розбиття вихідних трикутників середніми лініями на чотири складових, з паралельним зафарбовуванням тільки одного із них і розповсюдженням результатів зафарбовування на інші трикутники, що дозволило до 4 разів підвищити продуктивність зафарбовування.
2. Запропоновано адаптивний метод зафарбовування, який відрізняється від класичного тим, що для зафарбовування використовується метод Гуро або Фонга залежно від кривизни поверхні, що дозволило підвищити продуктивність зафарбовування більш ніж в 2 рази.
3. Запропоновано метод адаптивної нормалізації векторів, який на відмінну від існуючого, підвищує продуктивність зафарбовування на 10%.

Методи зафарбовування зображень

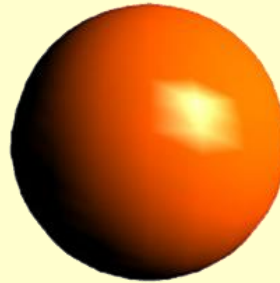
Зафарбовування – це процес розрахунку інтенсивностей кольору та відповідних адрес пікселів для всіх компонентів сцени.

На даний момент використовують три основних методи зафарбовування:

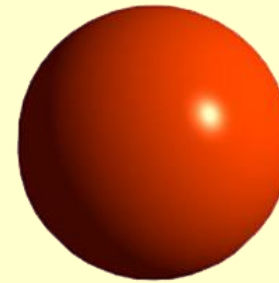
Плоске
зафарбовування



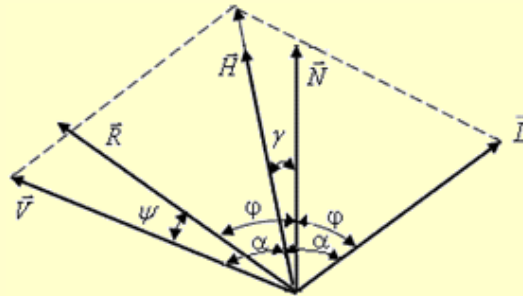
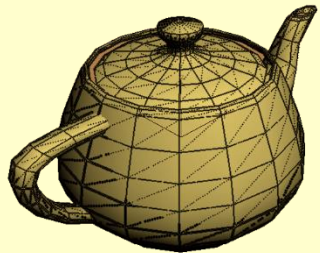
Метод Гуро



Метод
Фонга



Згідно цих методів виконується розрахунок інтенсивності кольорів згідно обраної моделі освітлення



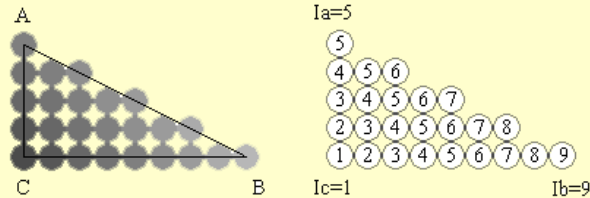
$$I = k_a I_a + I_i (k_d (\vec{N} \cdot \vec{L}) + k_s (\vec{N} \cdot \vec{H})^n)$$

$$(\vec{V} \cdot \vec{R})^n = \cos^n \psi \quad - \text{ДФВЗ Фонга,}$$

$$(\vec{N} \cdot \vec{H})^n = \cos^n \gamma \quad - \text{ДФВЗ Бліна,}$$

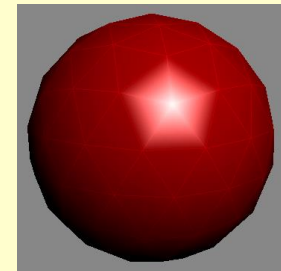
Зафарбовування за методом Гуро

До найпоширеніших методів зафарбовування відносять метод Гуро, який забезпечує прийнятний компроміс між швидкістю формування тривимірних зображень та їх якістю.

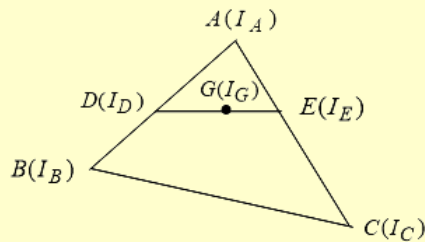
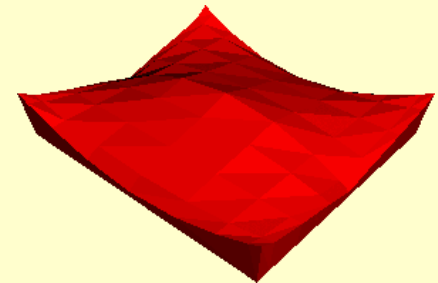


Недоліки методу Гуро

Прояв ефекту «stars»



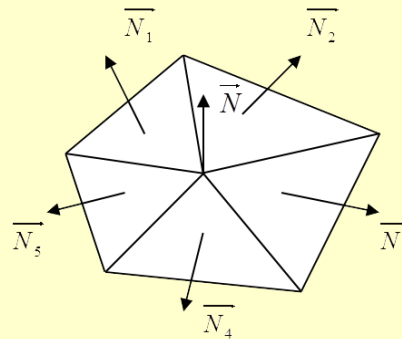
Прояв смуг Маха



$$I_D = I_A \frac{y_D - y_A}{y_B - y_A} + I_B \left(1 - \frac{y_D - y_A}{y_B - y_A} \right)$$

$$I_E = I_A \frac{x_E - x_A}{x_C - x_A} + I_C \left(1 - \frac{x_E - x_A}{x_C - x_A} \right)$$

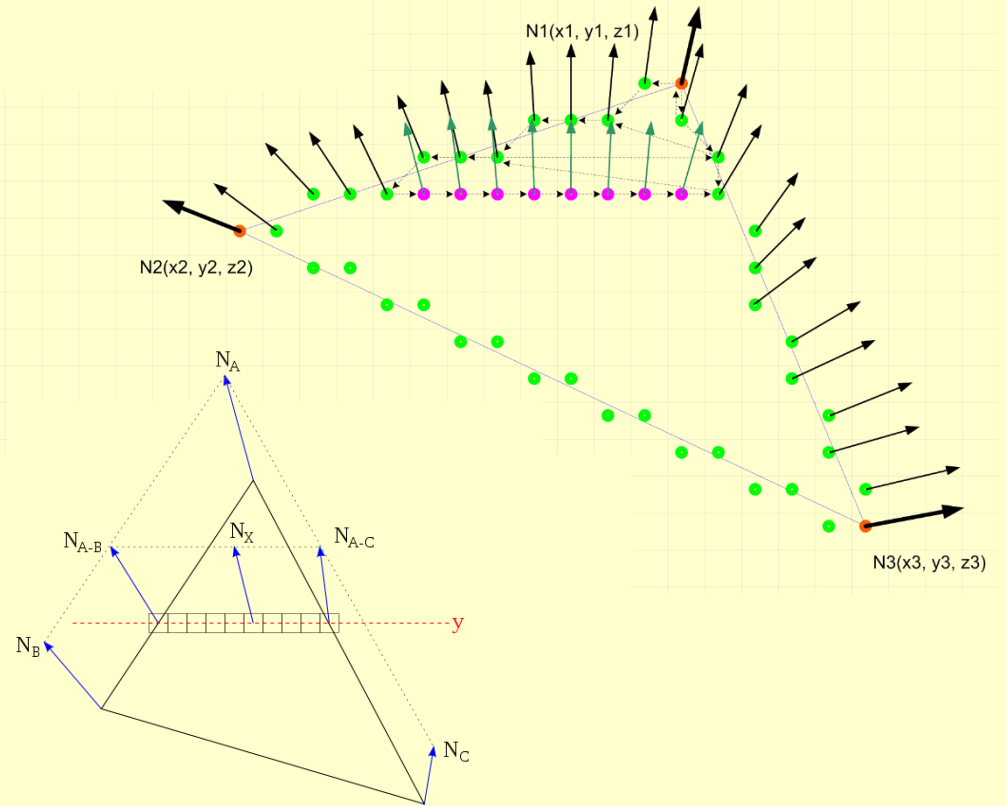
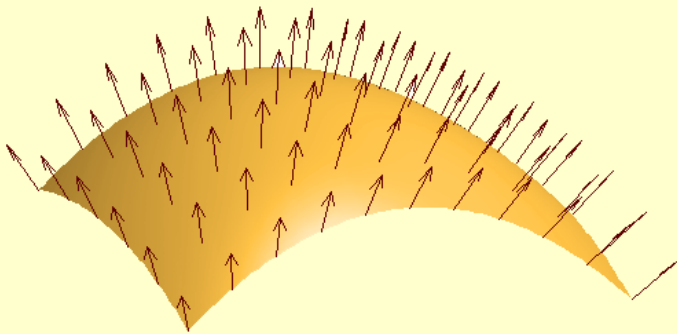
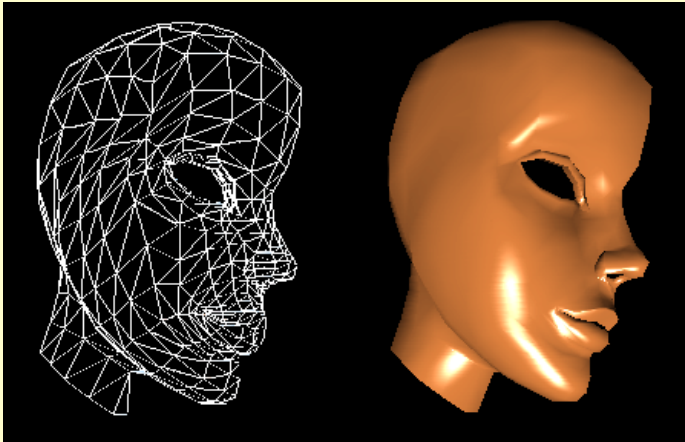
$$I_G = I_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} + I_E \left(1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right)$$



$$\vec{N} = \frac{\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 + \vec{N}_4 + \vec{N}_5}{5}$$

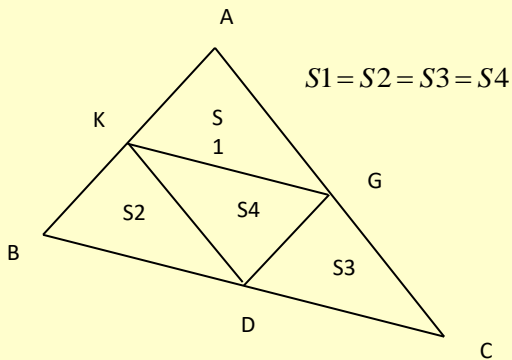
Зафарбовування за методом Фонга

У цьому методі інтерполюються не значення інтенсивностей, а вектори нормалей. Внаслідок, порівняно з методом Гуро, отримують більш точні значення інтенсивностей, більш реалістичні зображення бликів поверхні, а також значно зменшується ефект смуг Маха.



Метод підвищення продуктивності зафарбовування методу Гуро з використанням трикуляці Серпінського

Розбиття трикутника на складові



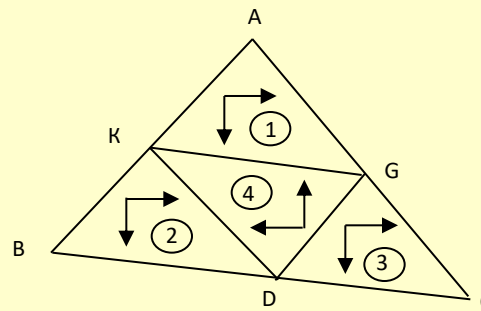
$$AK = KB, AG = GC, BD = DC.$$

$$KG \parallel BC, KG = BD = DC; DG \parallel AB, DG = KA = KB;$$

$$KD \parallel AC, KD = AG = GC.$$

$$\Delta AKG = \Delta KBD = \Delta GDC = \Delta DGK.$$

Напрямки зафарбовування складових трикутників



$$\Delta I_{AK} = (I_K - I_A) / \text{БП}_{AK}$$

$$\Delta I_{GD} = (I_D - I_G) / \text{БП}_{GD}$$

$$I_K = (I_A + I_B) / 2$$

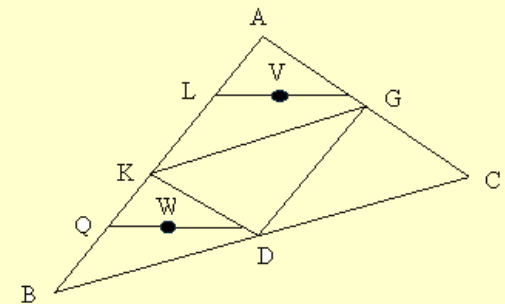
$$I_D = (I_B + I_C) / 2$$

$$I_G = (I_A + I_C) / 2$$

$$\Delta I_{AK} = ((I_A + I_B) / 2 - I_A) / \text{БП}_{AK} = (I_B - I_A) / 2 \cdot \text{БП}_{AK}$$

$$\Delta I_{GD} = (I_D - I_G) / \text{БП}_{GD} = ((I_B + I_C) / 2 - (I_A + I_C) / 2) / \text{БП}_{GD} = (I_B - I_A) / 2 \cdot \text{БП}_{GD}$$

Знаходження інтенсивності кольору у точках V та W



$$I_L = I_A + \Delta I_{AK} \cdot \text{БП}_{AL}$$

$$I_Q = I_K + \Delta I_{KQ} \cdot \text{БП}_{KQ}$$

$$I_V = I_L + \Delta I_{LV} \cdot \text{БП}_{LV}$$

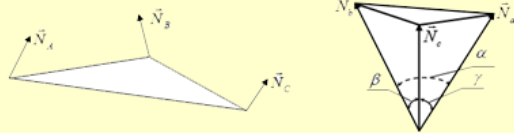
$$I_W = I_Q + \Delta I_{QW} \cdot \text{БП}_{QW}$$

$$I_V = I_A + \Delta I_{AK} \cdot \text{БП}_{AL} + \Delta I_{LV} \cdot \text{БП}_{LV}$$

$$I_W = I_K + \Delta I_{KQ} \cdot \text{БП}_{KQ} + \Delta I_{QW} \cdot \text{БП}_{QW}$$

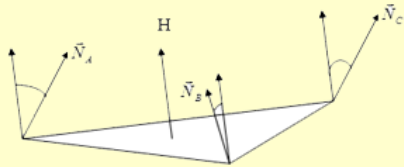
Продуктивність зафарбовування підвищується до 4 разів.

Адаптивний метод зафарбовування поверхонь

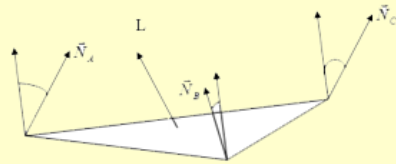


$$|\vec{N}_A \cdot \vec{N} - \vec{N}_B \cdot \vec{N}| \leq \mu, \quad |\vec{N}_A \cdot \vec{N} - \vec{N}_C \cdot \vec{N}| \leq \mu, \quad |\vec{N}_B \cdot \vec{N} - \vec{N}_C \cdot \vec{N}| \leq \mu,$$

Перевіряється кожен трикутник на наявність складових:

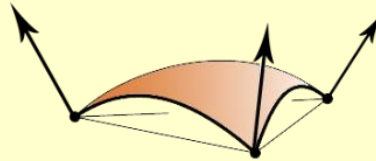
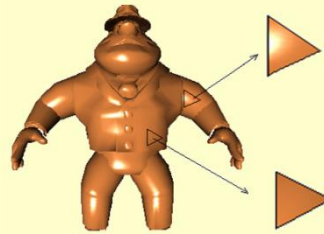


$$|\vec{N}_A \cdot \vec{H} - \vec{N}_B \cdot \vec{H}| \leq q, \quad |\vec{N}_A \cdot \vec{H} - \vec{N}_C \cdot \vec{H}| \leq q, \quad |\vec{N}_B \cdot \vec{H} - \vec{N}_C \cdot \vec{H}| \leq q,$$

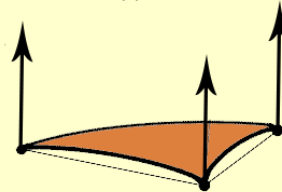


$$|\vec{N}_A \cdot \vec{L} - \vec{N}_B \cdot \vec{L}| \leq \rho, \quad |\vec{N}_A \cdot \vec{L} - \vec{N}_C \cdot \vec{L}| \leq \rho, \quad |\vec{N}_B \cdot \vec{L} - \vec{N}_C \cdot \vec{L}| \leq \rho,$$

Порогові значення:
 μ – локальної кривизни
 ρ – спекулярної складової
 q – дифузної складової



Якщо нормалі утворюють великий кут, та присутні спекулярна і дифузні складові – трикутник має відблиск і зафарбовується за методом Фонга



Якщо нормалі розташовані паралельно, та в трикутнику відсутні дифузні і спекулярні складові – трикутник не має відблиску і зафарбовується за методом Гуро

Швидкодія підвищується в середньому на 25%

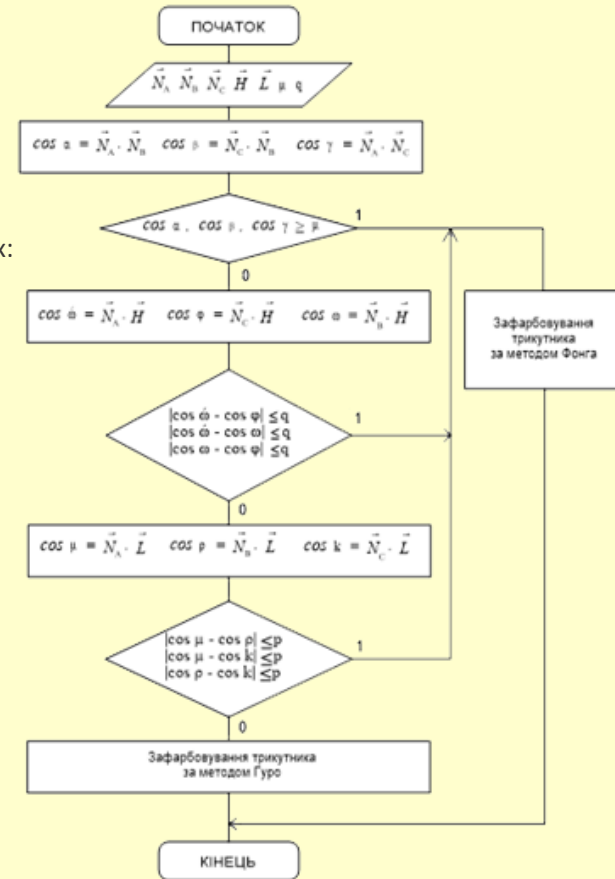
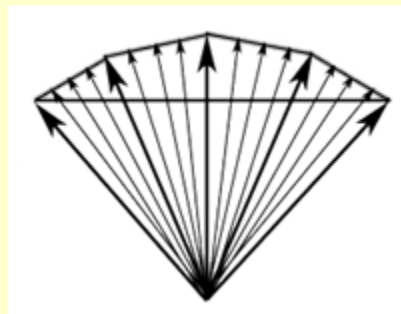
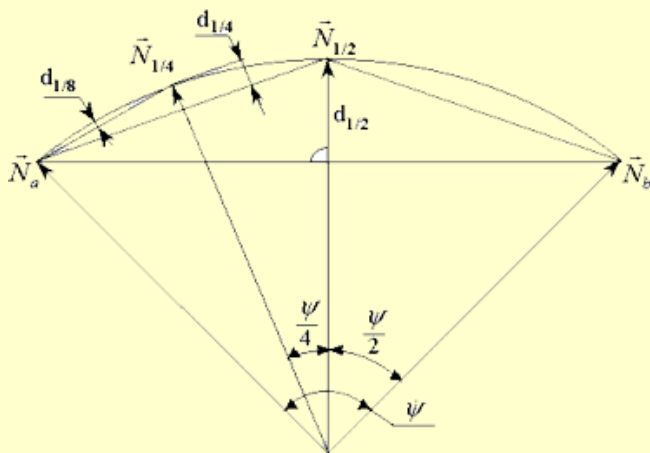
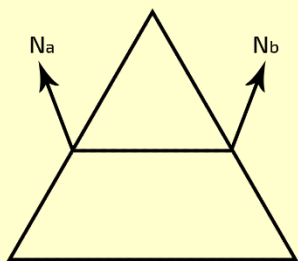


Схема адаптивного алгоритму

Адаптивна нормалізація векторів нормалей



Поділ рядка rasterизації на сегменти

$$\vec{N}^p = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \vec{i} + \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \vec{j} + \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \vec{k}$$

$$\vec{N}_{(1/2)}^p = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{\sqrt{2(1 + \cos \psi)}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{z_{(1/2)}}$$

$$z_{(1/2)} = \sqrt{2(1 + \cos \psi)}$$

$$\vec{N}_{(1/2^{n+1})}^p = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{(1/2^n)}}{\sqrt{2 + z_{(1/2^n)}}}$$

$$d_{(1/2)} = 1 - \cos \frac{\psi}{2} = 1 - \frac{\sqrt{2(1 + \cos \psi)}}{2} = 1 - \frac{z_{(1/2)}}{2}$$

$$d_{(1/2^{i+1})} = 1 - \cos \frac{\psi}{2^{i+1}} = 1 - \sqrt{\frac{1 + \cos \frac{\psi}{2^i}}{2}} = 1 - \sqrt{2 + z_{(1/2^i)}}$$

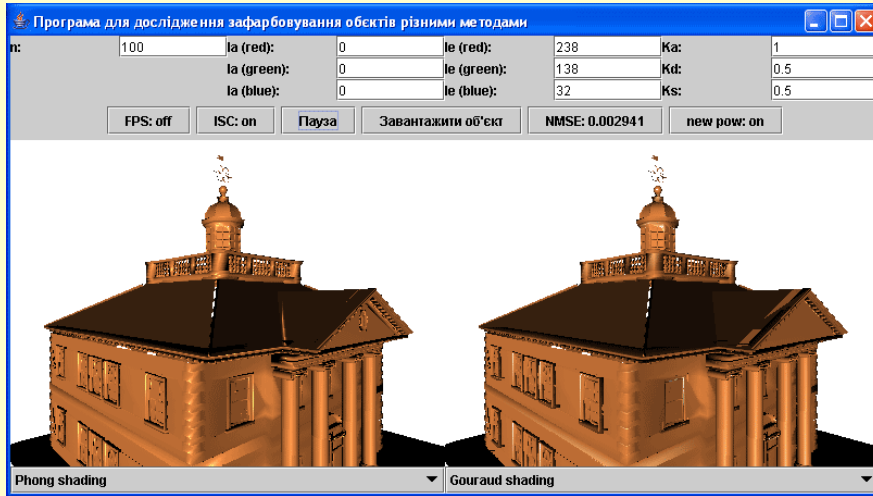
Швидкодія підвищується на 10%



Схема алгоритму адаптивної нормалізація векторів нормалей

Програмна реалізація методів зафарбовування у складі графічного конвеєра

Графічний інтерфейс розробленого програмного модуля



У програмному модулю візуальна відмінність між двома зображеннями оцінювалася за нормованою середньоквадратичною похибкою

$$NMSE = \frac{\sum_i (R_1(i) - R_2(i))^2 + (G_1(i) - G_2(i))^2 + (B_1(i) - B_2(i))^2}{\sum_i R_1(i)^2 + G_1(i)^2 + B_1(i)^2}$$

$NMSE \leq 0,0001$ – візуально зображення не відрізняються;
 $NMSE = [0,0001 - 0,00025]$ – існують незначні відмінності;
 $NMSE = [0,00025 - 0,001]$ – існують візуально помітні відмінності;
 $NMSE \geq 0,001$ – суттєва різниця зображень один від одного.

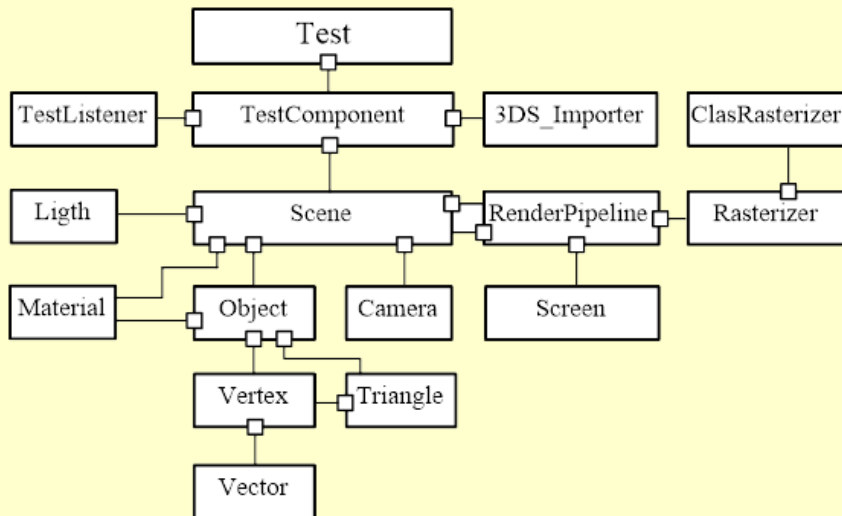
n:	100	la (red):	0	le (red):	238	Ka:	1
		la (green):	0	le (green):	138	Kd:	1
		la (blue):	0	le (blue):	32	Ks:	1

FPS: off	ISC: on	Пауза	Завантажити об'єкт	NMSE: 0.0	new pow: on
----------	---------	-------	--------------------	-----------	-------------

Phong shading	▼	Phong shading	▼
---------------	---	---------------	---

Програмна реалізація методів зафарбовування у складі графічного конвеєра

Об'єктно-орієнтована модель програмного модуля



Короткий опис класів, які використовуються в програмі

Назва класу	Опис класу
idx3d_3ds_Exporter	Реалізує збереження об'єкта в файл
idx3d_3ds_Importer	Завантаження об'єкта з файлу (він повинен бути розміщений в тій ж директорії, що й програма та мати розширення *.3ds)
idx3d_3ds_Camera	Реалізує розташування камери в сцені
idx3d_3ds_Color	Реалізуються різні операції з кольором
idx3d_3ds_CoreObject	Забезпечує реалізацію основних методів роботи з об'єктом, та основні властивості того ж об'єкта

Приклади сформованих зображень



Публікації



Два свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір:

1. Комп'ютерна програма «Рендеринг тривимірних зображень»
2. Комп'ютерна програма для зафарбовування поверхонь тривимірних об'єктів у медичних системах візуалізації.

Вісім статей по темі магістерської роботи,
три з яких опубліковані за кордоном



Дякую за увагу!