

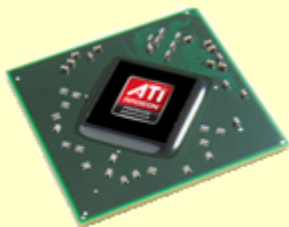
Мальований Олександр Григорович

**Розробка методу та програмних засобів для
розпаралелення рендерингу Гуро**

Науковий керівник
д.т.н., проф. Романюк О.Н.

Вінниця – 2019

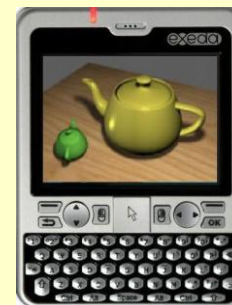
Галузі застосування та перспективи розвитку графічних засобів



У 2018 році реалізовано понад 450 млн. графічних процесорів



. У найближчі 5 років сумарний продаж ігор для мобільних телефонів збільшиться у 18 разів, а прибуток від їх реалізації досягне 17,5 млрд. дол.



У минулому році продано 35 млн. кишенькових комп'ютерів. До 2020 р. щорічний продаж нетбуків зросте до 139 млн. одиниць



У 2018 році реалізовано понад 3 млн. графічних станцій



Оборот у галузі ігрових консолей склав у 2018 році 17,94 млрд. дол



Відеокарти



У 2018 році у світі реалізовано 302 млн. ноутбуків, зокрема, в Україні – 720 тис. шт.



Архітектури AMD Fusion, Larrabee



У бортових системах прогнозується широке використання комп'ютерної графіки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності формування графічних сцен за рахунок розпаралелення рендерингу за методом Гуро.

Основними задачами дослідження є:

1. Провести аналіз існуючих методів і засобів зафарбовування поверхонь тривимірних об'єктів.
2. Виведення аналітичної залежності приросту інтенсивностей кольору для визначення інтенсивностей кольору ділянки поверхні, обмеженої трикутником;
3. Розробити методи підвищення продуктивності рендерингу Гуро за рахунок розпаралелення. Розробити програмні та апаратні компоненти на основі запропонованих методів;
4. Провести експериментальні дослідження розроблених засобів зафарбовування.

Об'єкт дослідження – процес зафарбовування тривимірних об'єктів у системах комп'ютерної графіки.

Предмет дослідження – методи та засоби формування тривимірних графічних об'єктів.

Методи дослідження. У процесі досліджень використовувались: теорія чисел та чисельних методів, методи аналітичної геометрії для розробки методів рендерингу тривимірних об'єктів; комп'ютерне моделювання для аналізу та перевірки отриманих теоретичних положень.

Основні етапи та систематизація процедур графічного конвеєра

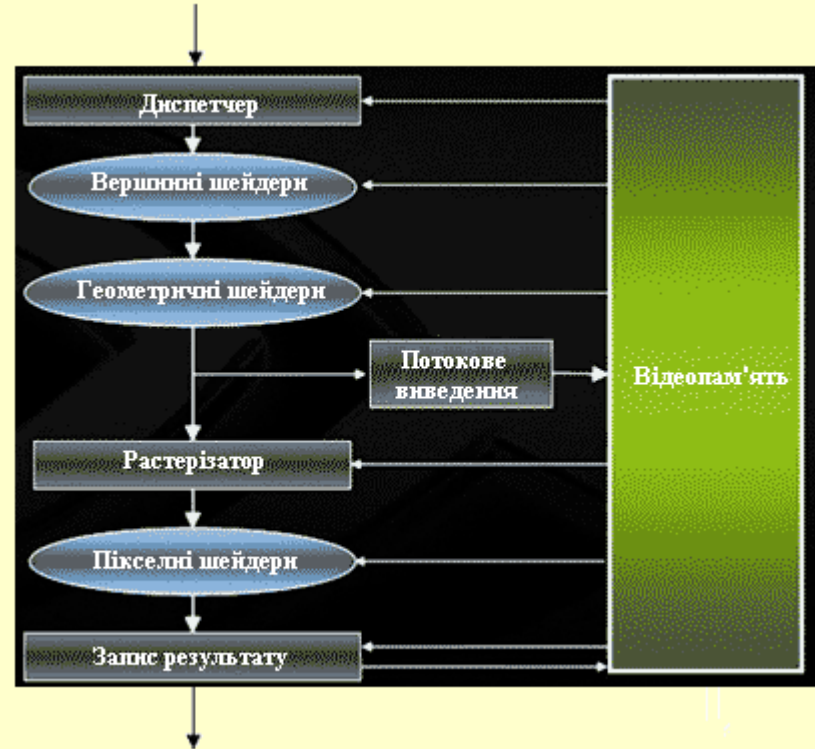
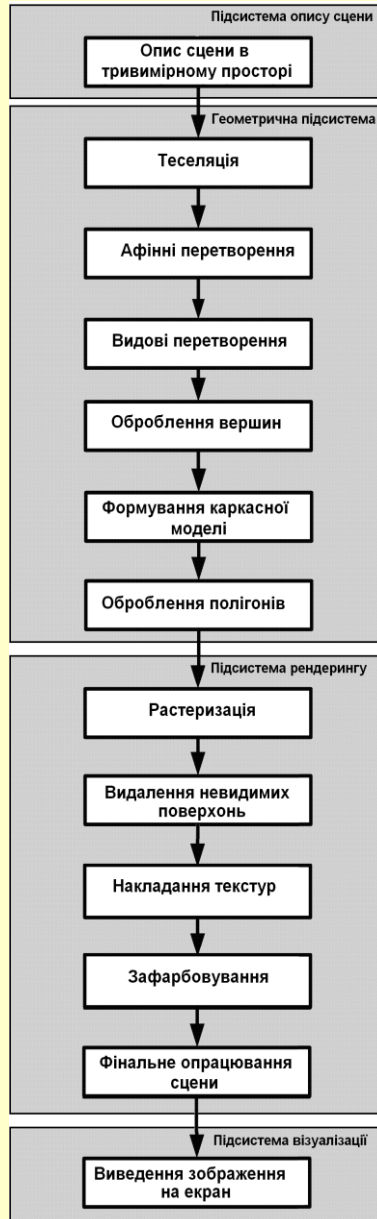
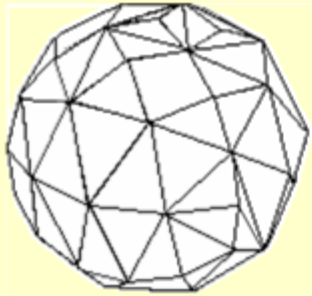


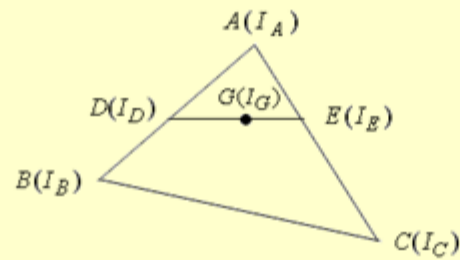
Схема потокового оброблення даних

Приклади зафарбовування сфери

Метод однотонного зафарбовування



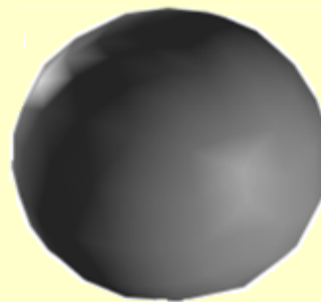
Метод зафарбовування за Гуро



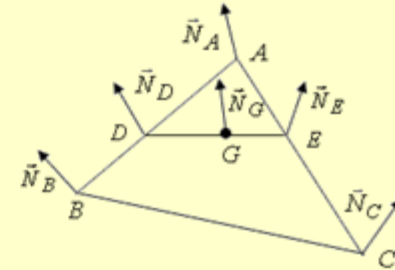
$$I_D = I_A \frac{y_D - y_A}{y_B - y_A} + I_B \left(1 - \frac{y_D - y_A}{y_B - y_A} \right)$$

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

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



Метод зафарбовування за Фонгом



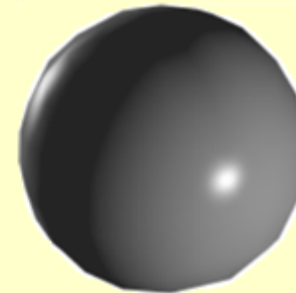
$$x_G \vec{i} = x_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \vec{i} + x_E \left(1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right) \vec{i}$$

$$y_G \vec{j} = y_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \vec{j} + y_E \left(1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right) \vec{j}$$

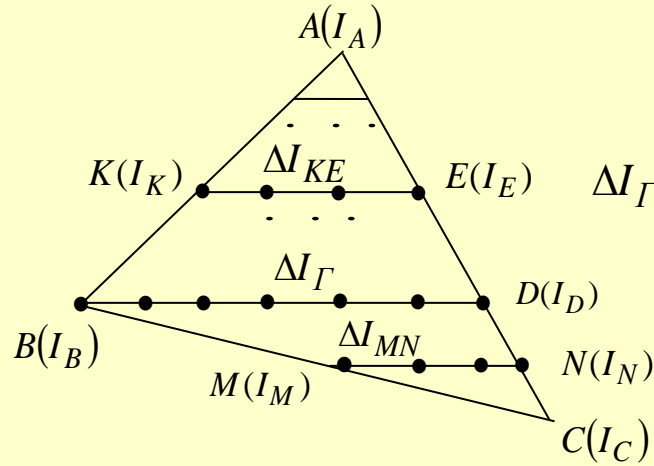
$$z_G \vec{k} = z_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \vec{k} + z_E \left(1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right) \vec{k}$$

$$\vec{N}_G = \frac{x_G \vec{i} + y_G \vec{j} + z_G \vec{k}}{\sqrt{x_G^2 + y_G^2 + z_G^2}}$$

$$I_G = f(\vec{N}_G, \vec{L}, \vec{V}, n, k_s, k_d, I_l^{ex})$$



Властивість сталості приросту інтенсивності кольору

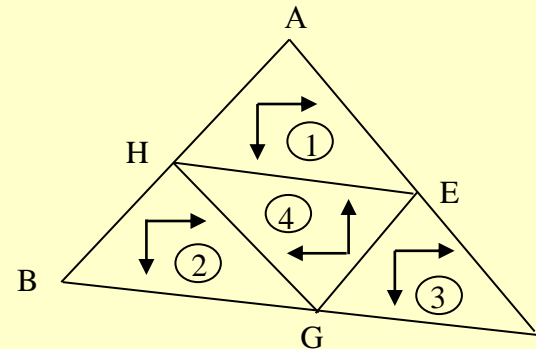
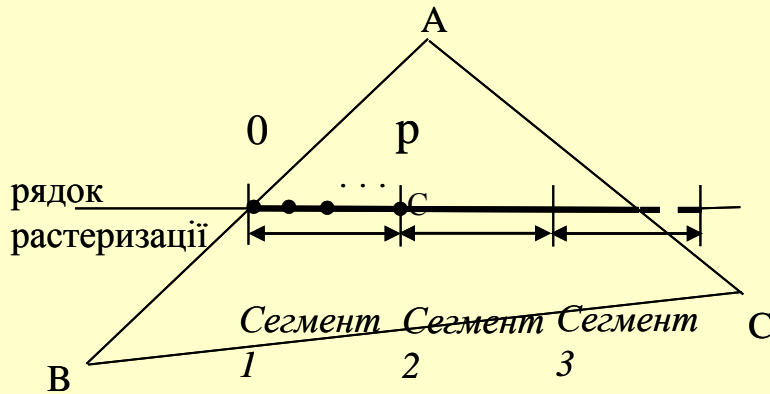
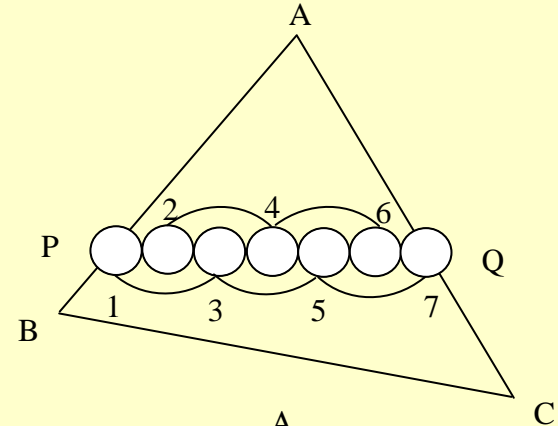
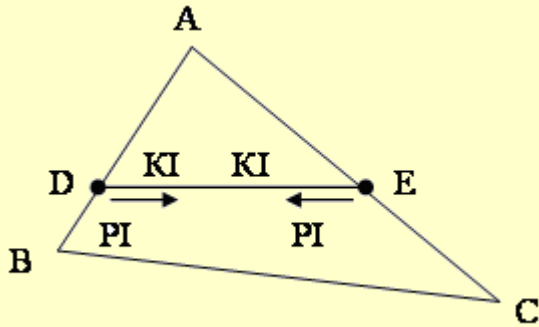


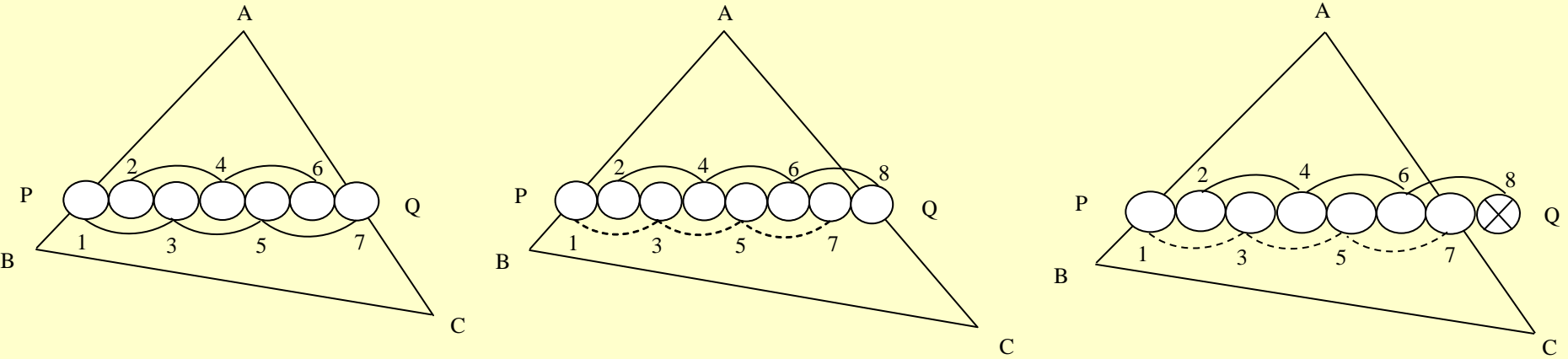
$$\Delta I_z, \Delta I_s - const$$

$$\Delta I_{KE} = \Delta I_{MN} = \Delta I_{\Gamma} - const$$

$$\Delta I_{\Gamma} = \frac{(I_C - I_A) \cdot \Delta y_{BC} - (I_C - I_B) \cdot \Delta y_{AC}}{\Delta x_{AC} \cdot \Delta y_{BC} - \Delta x_{BC} \cdot \Delta y_{AC}},$$

$$\Delta I_B = (I_B - I_C + \Delta I_{\Gamma} \Delta x_{BC}) / \Delta y_{BC}.$$



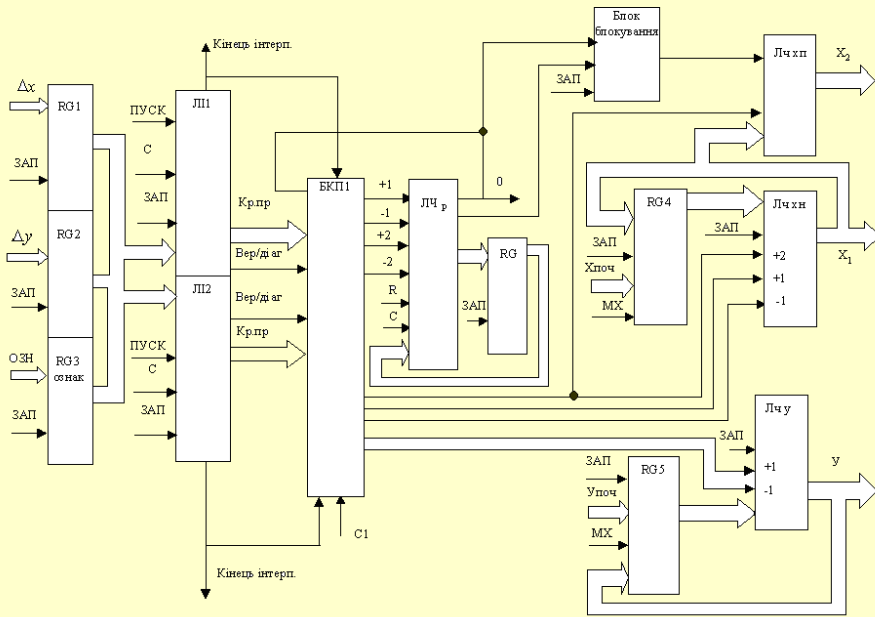


$$I_2 = I_{PB} + \Delta I_{\Gamma}, \quad I_4 = I_2 + 2\Delta I_P, \quad I_6 = I_4 + 2\Delta I_P, \dots, \quad I_{2w} = I_{2w-2} + 2\Delta I_P, \dots;$$

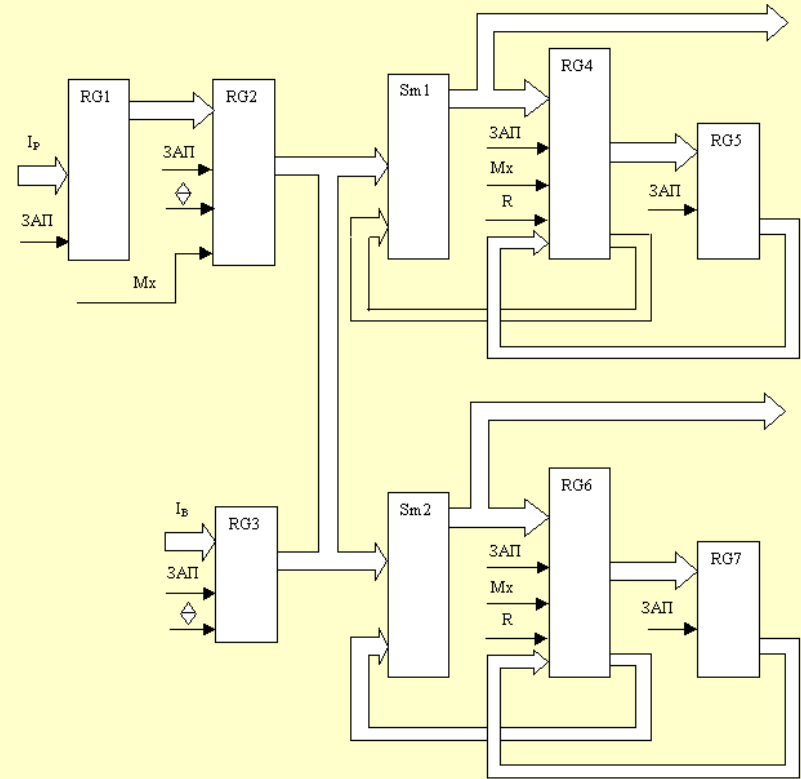
$$I_1 = I_{PB}, \quad I_3 = I_1 + 2\Delta I_P, \quad I_5 = I_3 + 2\Delta I_P, \quad I_7 = I_5 + 2\Delta I_P, \dots, \quad I_{2w+1} = I_{2w-1} + 2\Delta I_P, \dots$$

$$\delta_K = \delta_{\text{ноч.}} + z \cdot 2^{-(V+1)}, \quad \delta_{KH} = \delta_{\text{ноч.}} + \lfloor z/2 \rfloor \cdot 2^{-(V+2)}, \quad \Delta\delta = \delta_K - \delta_{KH} = 3/4 \cdot z \cdot 2^{-(V+1)}.$$

Структурні схеми пристроїв для зафарбовування парних і непарних точок рядка растеризації



Структурна схема адресного блоку



Структурна схема блоку визначення інтенсивностей кольору внутрішніх точок трикутника

Сегментна реалізація зафарбовування за Гуро

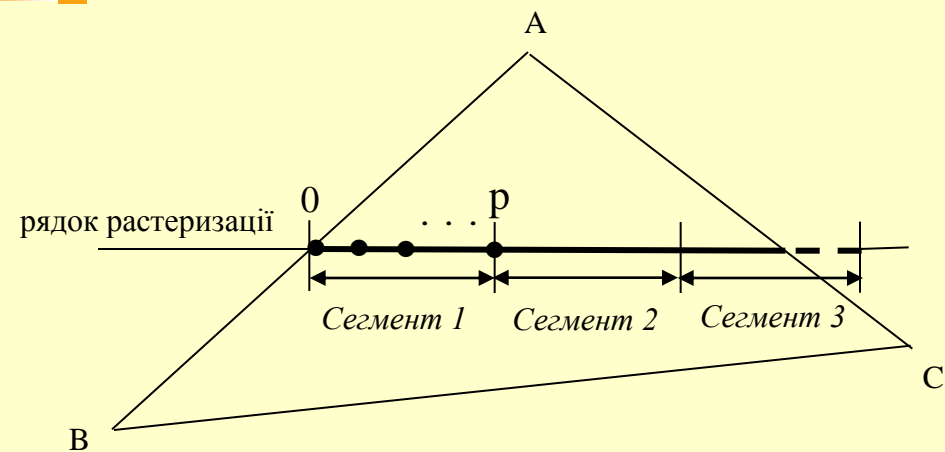
$$I_i = I_0 + i \cdot \Delta I_\Gamma.$$

$$k = \log_2 p + 1,$$

$$\frac{(k-1)!}{2((k-1)-2)!} = \frac{(k-1) \cdot (k-2) \cdot (k-3)!}{2(k-3)!} = \frac{(k-1)(k-2)}{2},$$

$$\frac{(k-2)!}{2!((k-2)-2)!} = \frac{(k-2) \cdot (k-3) \cdot (k-4)!}{2(k-4)!} = \frac{(k-2) \cdot (k-3)}{2},$$

$$w = k + (k-2) \cdot \frac{(k-1) + (k-3)}{2}.$$



Розрядність сегмента	w
2	2
4	4
8	8
16	14
32	22
64	32

Сегмент 1

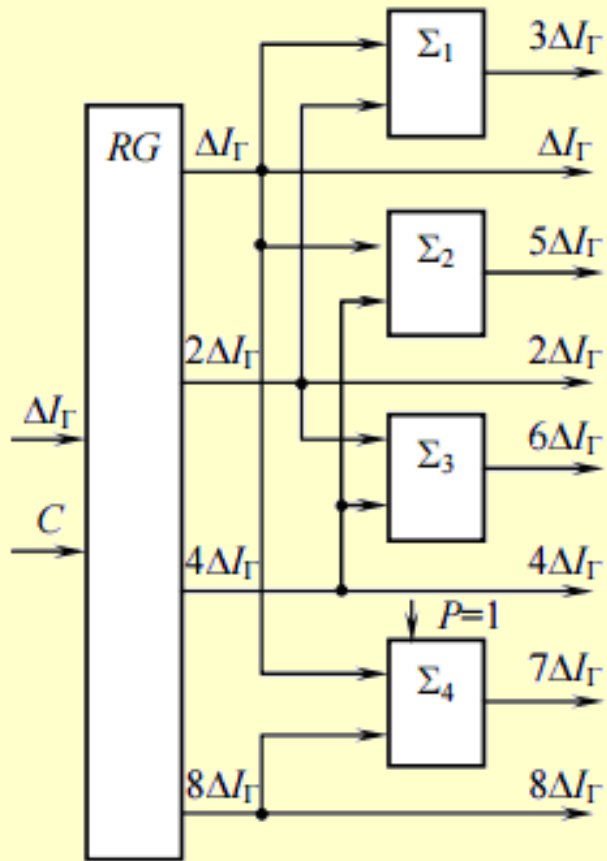
I_0	$I_0 + \Delta I_\Gamma$	$I_0 + 2\Delta I_\Gamma$...	$I_0 + (k-1)\Delta I_\Gamma$
-------	-------------------------	--------------------------	-----	------------------------------

Визначення приростів інтенсивностей кольору

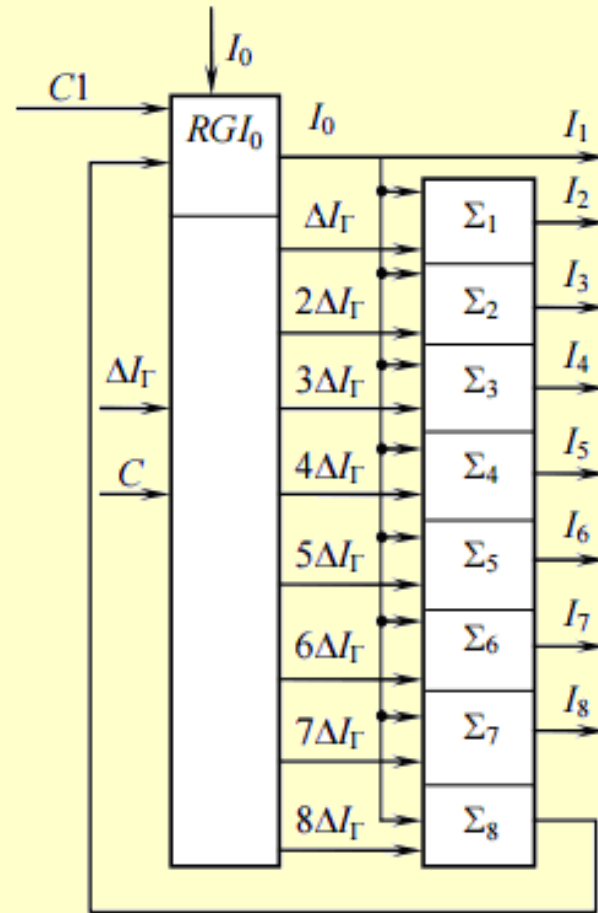
ΔI_Γ	$2\Delta I_\Gamma$	$3\Delta I_\Gamma$...	$(k-1)\Delta I_\Gamma$	$k\Delta I_\Gamma$
-------------------	--------------------	--------------------	-----	------------------------	--------------------

Сегмент 2

$I_0 + k\Delta I_\Gamma$...	$I_0 + 2(k-2)\Delta I_\Gamma$	$I_0 + 2(k-1)\Delta I_\Gamma$
--------------------------	-----	-------------------------------	-------------------------------

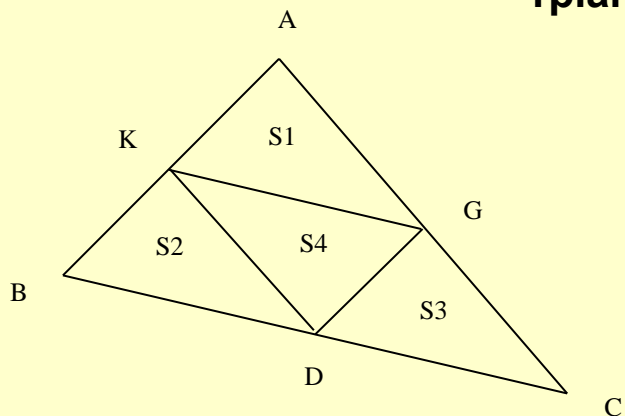


Структурна схема пристрою для визначення приростів інтенсивностей кольору



Структурна схема пристрою для визначення інтенсивностей кольору

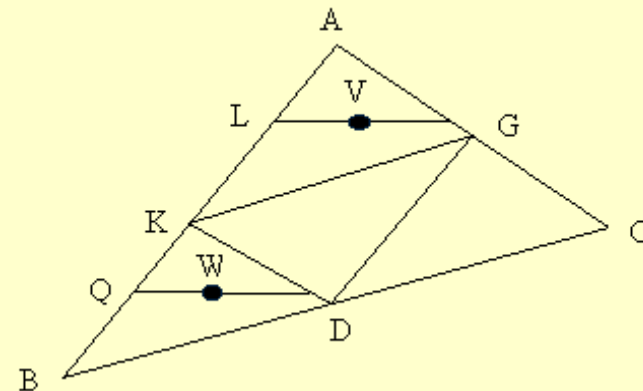
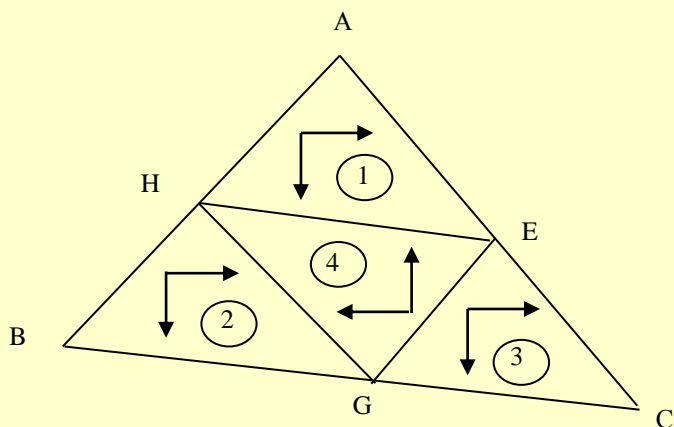
Метод підвищення продуктивності зафарбовування за Гуро з використанням триангуляції Серпінського



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

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

Напрямки зафарбовування складових трикутників



$$I_V = I_L + \Delta I_{\Gamma LV}, \quad \text{де } I_L = I_A + \Delta I_{AK} \text{БП}_{AL};$$

$$I_W = I_Q + \Delta I_{\Gamma QW}, \quad \text{де } I_Q = I_K + \Delta I_{KQ} \text{БП}_{KQ}.$$

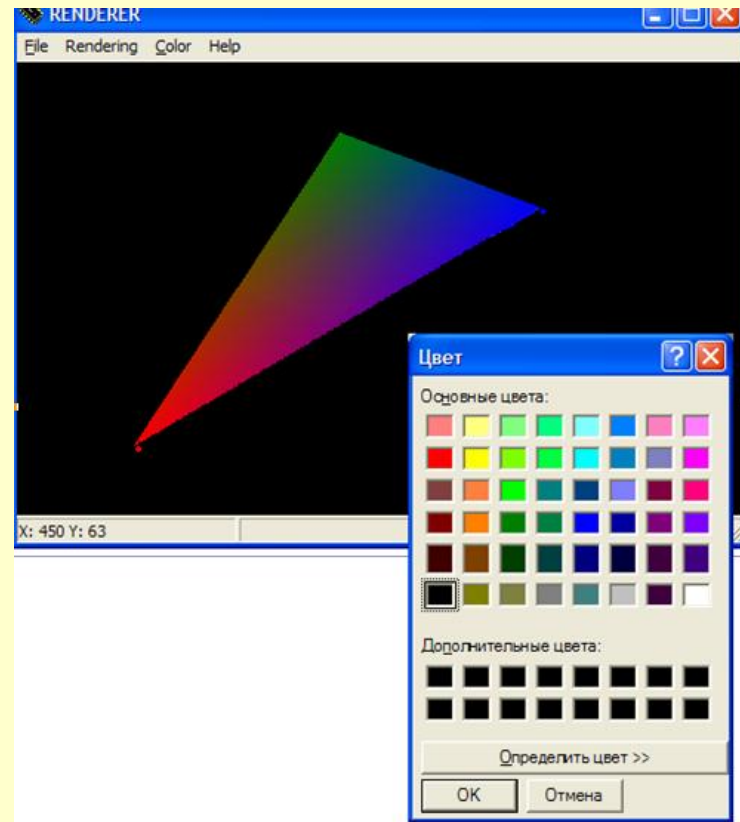
$$I_V = I_A + \Delta I_{AK} \text{БП}_{AL} + \Delta I_{\Gamma LV},$$

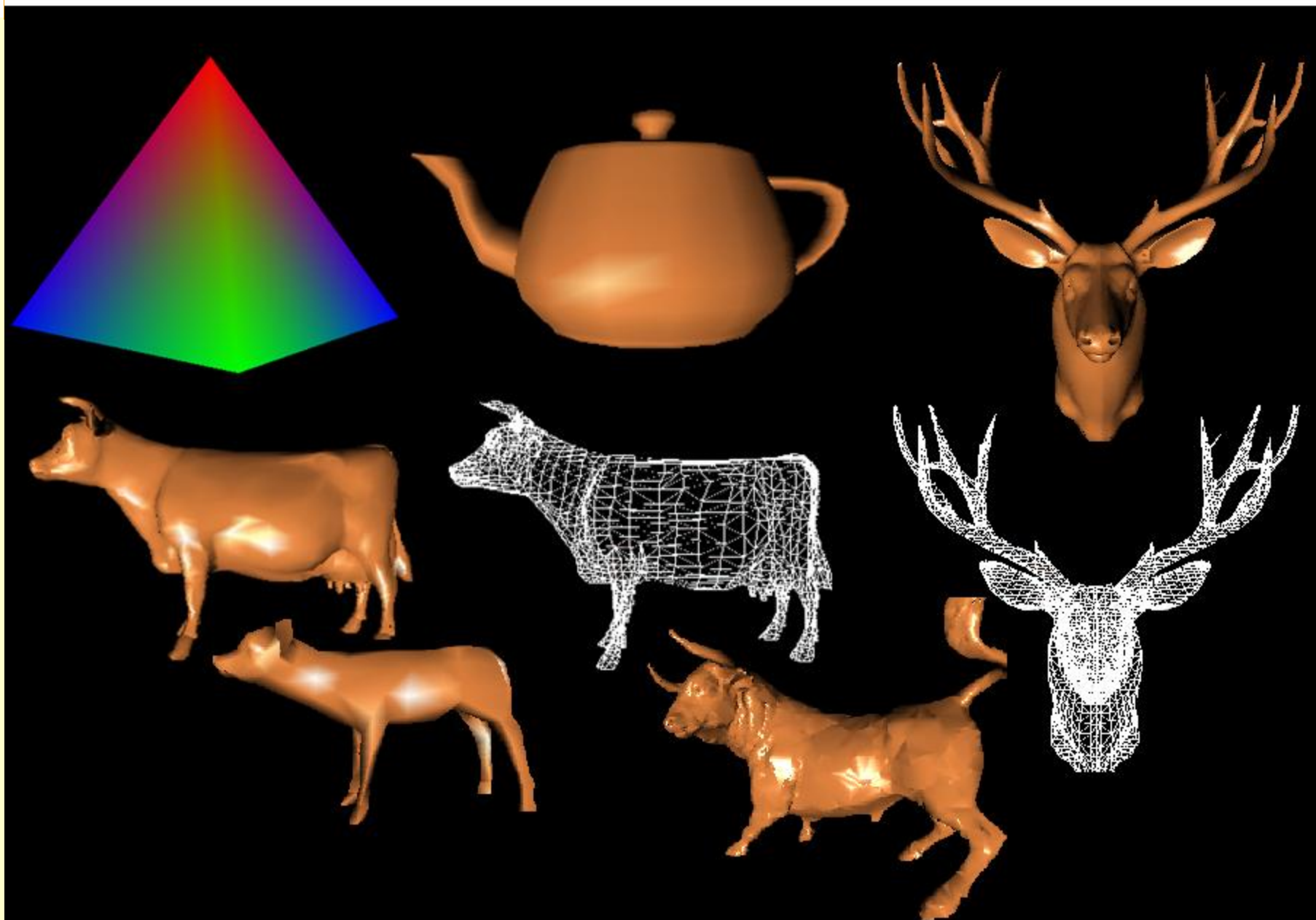
$$I_W = I_K + \Delta I_{KQ} \text{БП}_{KQ} + \Delta I_{\Gamma QW}.$$

Оскільки $LV = QW$, $\text{БП}_{AL} = \text{БП}_{KQ}$, то

$$I_V - I_W = I_A - I_K.$$

Інтерфейс програми для зафарбовування з використанням триангуляції Серпінського





Уперше встановлено залежність приросту інтенсивностей кольору для точок поверхні, обмеженої трикутником, що дає можливість підвищити продуктивність зафарбовування та спростити апаратну реалізацію пристроїв зафарбовування.

Подальшого розвитку отримав метод зафарбовування Гуро, який відрізняється від відомого визначення в кожному такті не однієї, а відразу кількох інтенсивностей точок трикутника, що дозволяє підвищити продуктивність формування графічних сцен.

Практична цінність отриманих результатів. Практична цінність одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих в магістерській кваліфікаційній роботі теоретичних положень запропоновано алгоритми та розроблено програмні засоби зафарбовування у комп'ютерних системах візуалізації тривимірних зображень. Розроблено структурні схеми рендерів.

Подальшого розвитку отримав метод зафарбовування з використанням сферично-кутової інтерполяції, за яким нормалізація векторів виконується без трудомісткої процедури визначення кутів між векторами, що дозволяє зменшити обчислювальні витрати в середньому на 15 % та спростити апаратну реалізацію.

Запропоновано метод усунення артефактів при растеризації ребер суміжних полігонів на етапі формування зображення, який полягає в локалізації точок, не вибраних при растеризації, та довизначення їх параметрів, що виключає необхідність постоброблювання зображень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено комплекс програмних і апаратних засобів, зокрема:

- спеціалізований програмний модуль для тестування методів рендерингу, який дозволяє отримати порівняльні оцінки за точністю й продуктивністю методів;
- високопродуктивні програмні та апаратні засоби для зафарбовування, текстурування, контурного формоутворення та антиаліазингу;
- структурні схеми пристроїв для формування тривимірних зображень, що є основою для виготовлення конкурентоспроможних зразків цієї продукції;
- швидкодіючі графічні акселератори для систем комп'ютерної графіки.

За темою магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 5 наукових праць, з них 3 авторських права на комп'ютерні програми.

Перемоги у міжнародних конкурсах з комп'ютерної графіки
“ІТ-Архангельск”, “Творчество без границ”

Авторські свідоцтва







Дякую за увагу !