

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра програмного забезпечення



**Магістерська кваліфікаційна робота  
на тему:**

# Методи та засоби розпаралелення процедури рендерингу

---

Виконала: ст. гр. 1ПЗ-14м Даньковська Ольга Володимирівна  
Науковий керівник: к.т.н., доц. Кательніков Денис Іванович

---

## ***Мета дипломної роботи:***

*Підвищення продуктивності зафарбовування тривимірних графічних сцен за рахунок розпаралелення*

## ***Об'єкт дослідження:***

*процес зафарбовування тривимірних графічних об'єктів у системах комп'ютерної графіки*

## ***Предмет дослідження:***

*методи та засоби розпаралелення процедури рендерингу тривимірних графічних сцен*

---

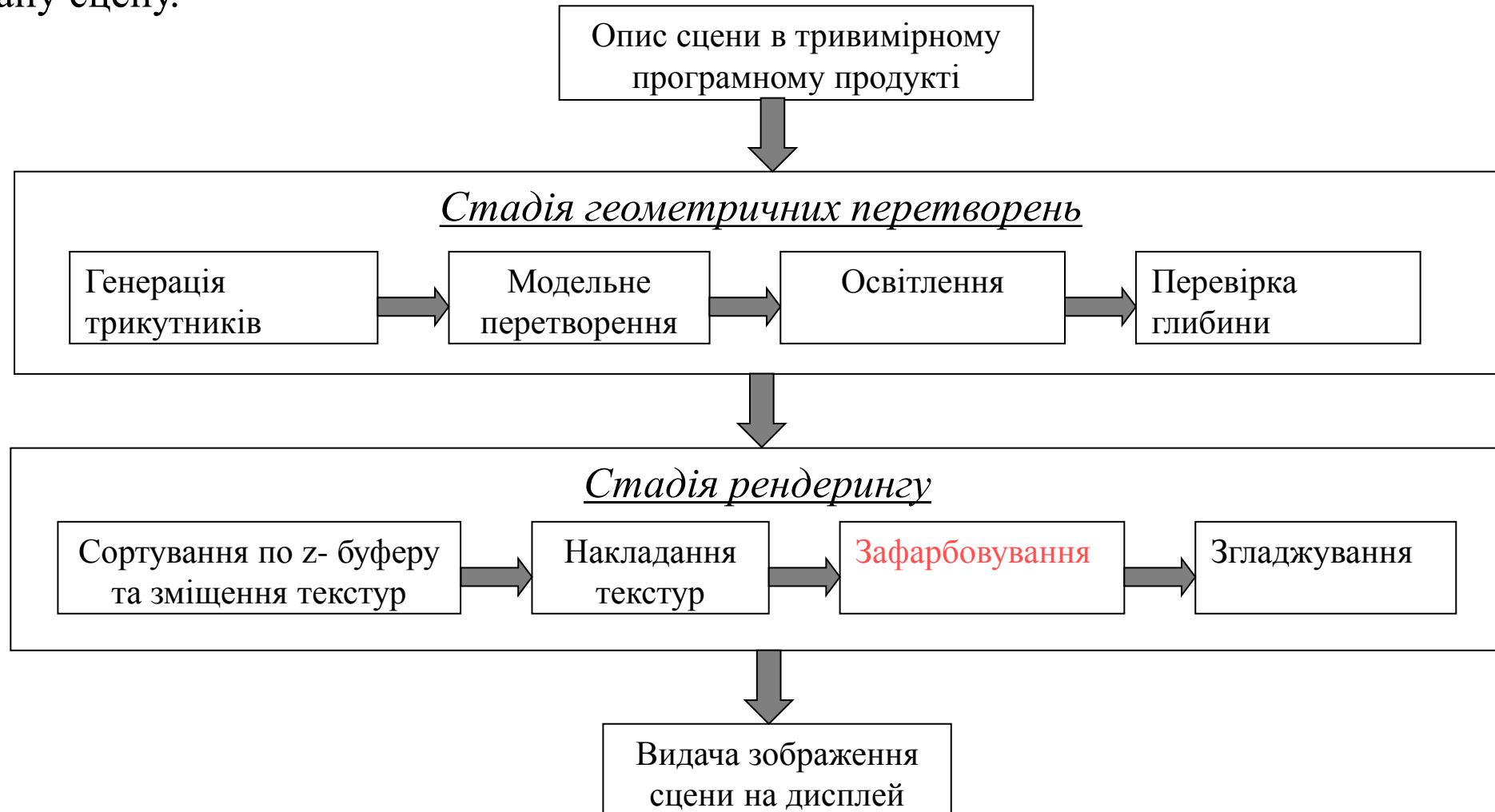
---

*Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:*

- 1. Проаналізувати існуючі методи зафарбовування та розпаралелення у комп'ютерній графіці.*
  - 2. Розробити нові методи розпаралелення рендерингу за методом Гуро.*
  - 3. Розробити нові методи розпаралелення рендерингу за методом Фонга.*
  - 4. Розробити комбіновані методи прискореного зафарбовування.*
  - 5. Розробити апаратну реалізацію методів розпаралелення процедури рендерингу.*
  - 6. Розробити програмне забезпечення для моделювання отриманих результатів.*
-

# Графічний конвеєр

Конвеєр – це логічна сукупність обчислень, що виконуються послідовно і дають на виході синтезовану сцену.

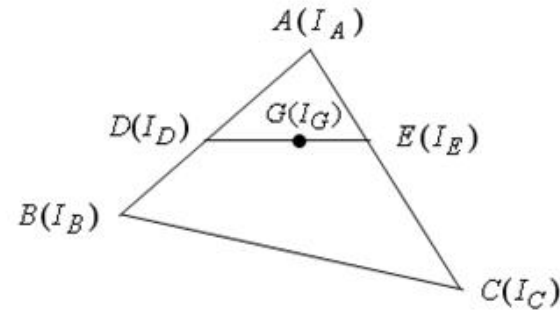
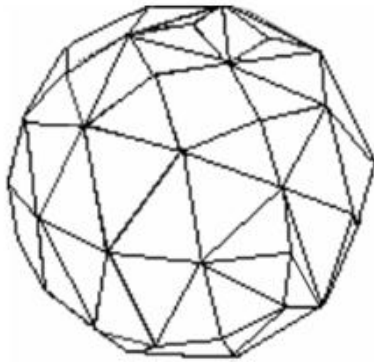


# Методи зафарбовування

Метод однотонного зафарбовування

Метод зафарбовування за Гуро

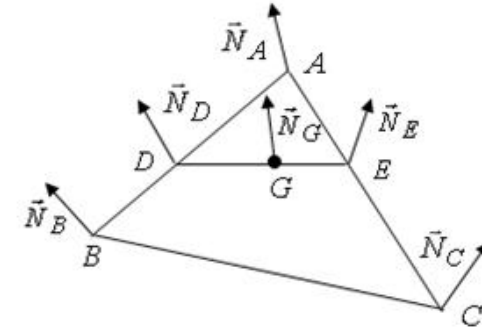
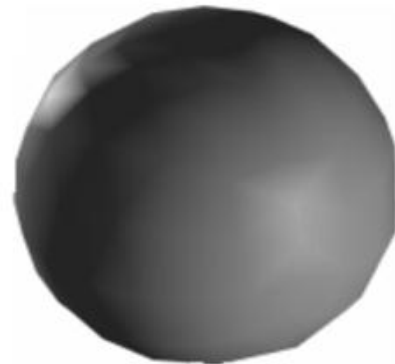
Метод зафарбовування за Фонгом



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

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

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



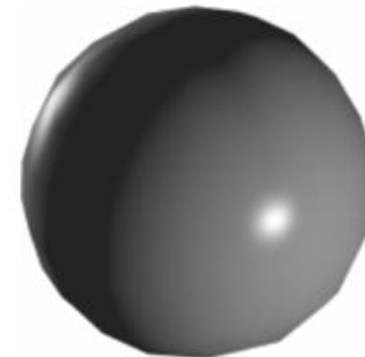
$$x_G \vec{i} = x_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \vec{i} + x_E \left( 1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right) \vec{i}$$

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

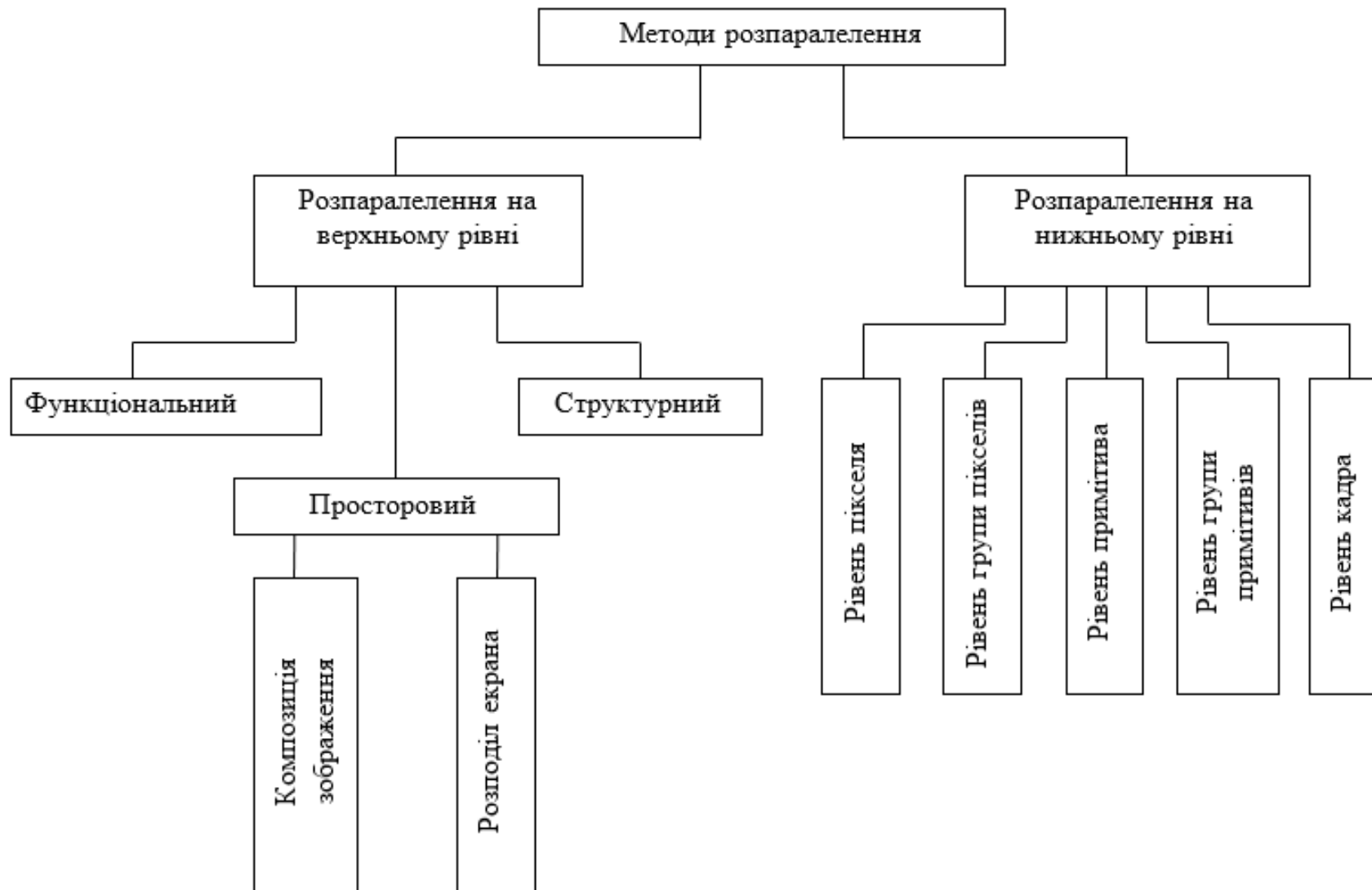
$$z_G \vec{k} = z_D \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \vec{k} + z_E \left( 1 - \frac{x_G - x_D}{x_E - x_D} \right) \vec{k}$$

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

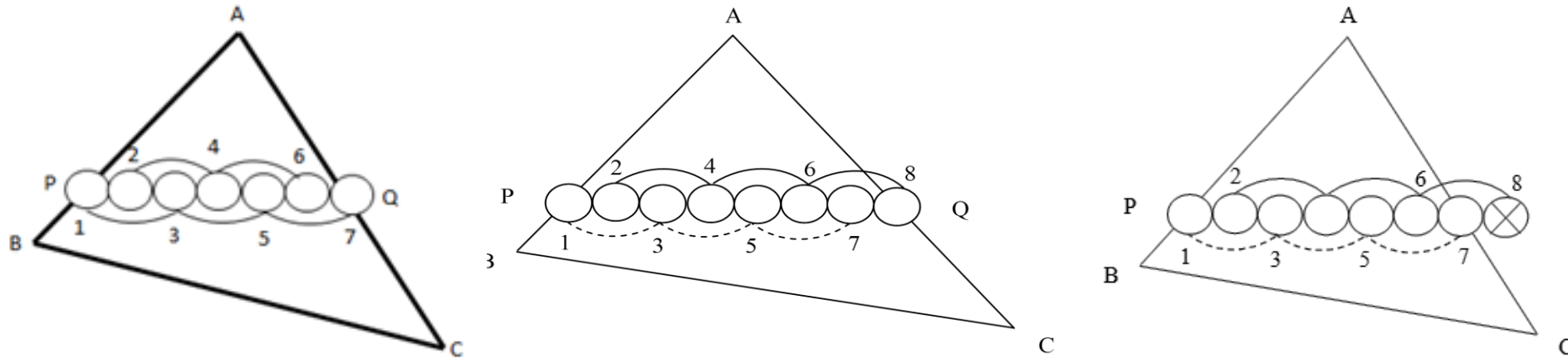
$$I_G = f(\vec{N}_G, \vec{L}, \vec{V}, n, k_s, k_d, I_i^{ex})$$



# Існуючі методи розпаралелення



# Метод незалежного формування парних і непарних PP

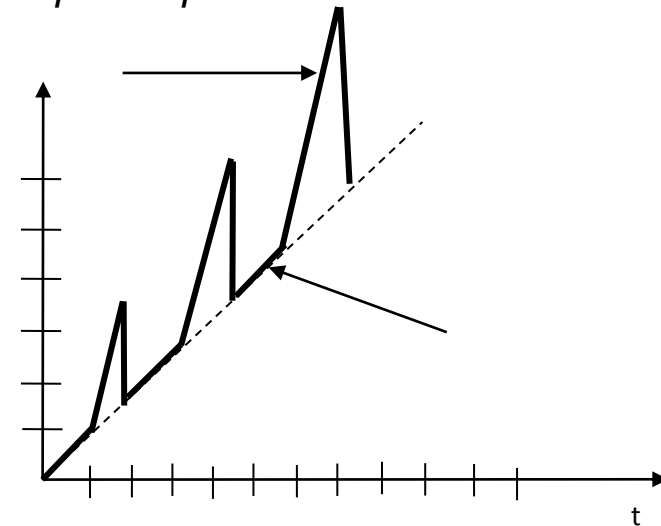


Точки	Значення інтенсивності кольору
1	$I_p + 2\Delta I_p$
3	$I_p + 4\Delta I_p$
5	$I_p + 6\Delta I_p$

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \cdot 2^{-V} = 2^{-(V+1)}$$

де  $V$  - кількість розрядів для дробової частини

Характер накопичення похибки

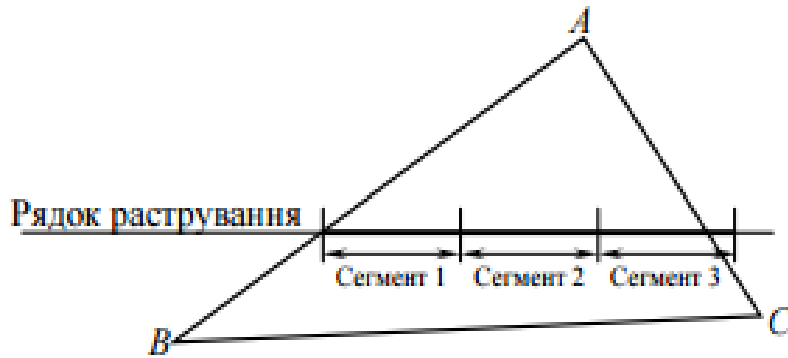


При незалежному зафарбовуванні парних і непарних точок загальна похибка:

$$\delta_6 = 2^{-(V+1)} + \left\lfloor \frac{z}{2} \right\rfloor \cdot 2^{-(V+2)},$$

де  $\left\lfloor \frac{z}{2} \right\rfloor$  - кількість ітерацій для найбільш несприятливого випадку

# Метод підвищення продуктивності зафарбовування за Гуро з використанням сегментації



$$I_j = I_0 + i\Delta I_r,$$

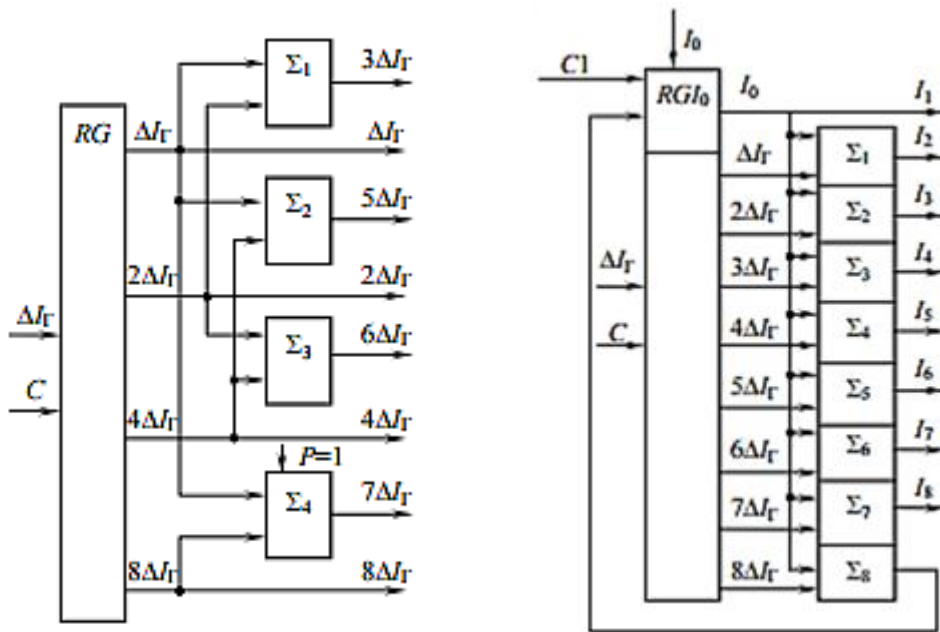
де  $I_0$  – інтенсивність першої точки в сегменті,  
 $\Delta I_r$  – приріст інтенсивності вздовж рядка растрівання.

$$C_k^2 = \frac{k!}{2!(k-2)!}.$$

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

Ураховуючи, що  $2^{j-1} + 2^{j-2} = 2^j - 2^{j-2}$  і  $2^{j-1} = 2^j - 2^{j-1}$ , з використанням мікрооперації віднімання можна отримати ще

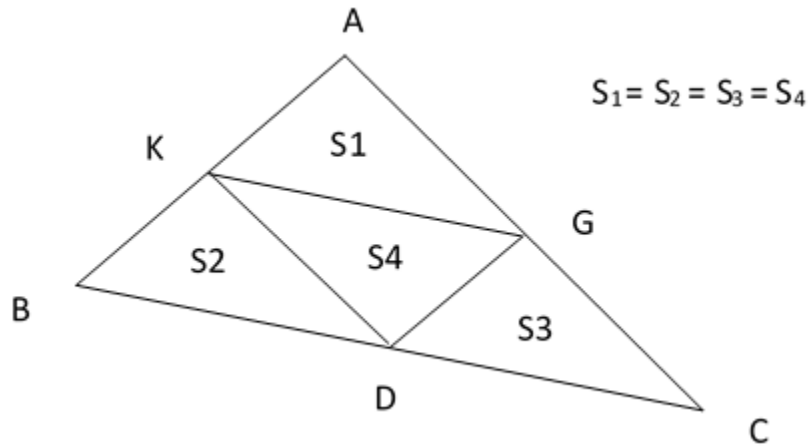
$$\frac{(k-1)!}{2((k-1)-2)!} = \frac{(k-2)(k-3)(k-4)!}{2(k-4)!} = k + (k-2) \frac{(k-1) + (k-3)}{2}$$



Розрядність сегмента	Кількість приростів <u>інтенсивностей кольору</u>
2	2
4	4
8	8
16	14
32	22
64	32



# Метод підвищення продуктивності за Гуро з використанням тріангуляції Серпінського



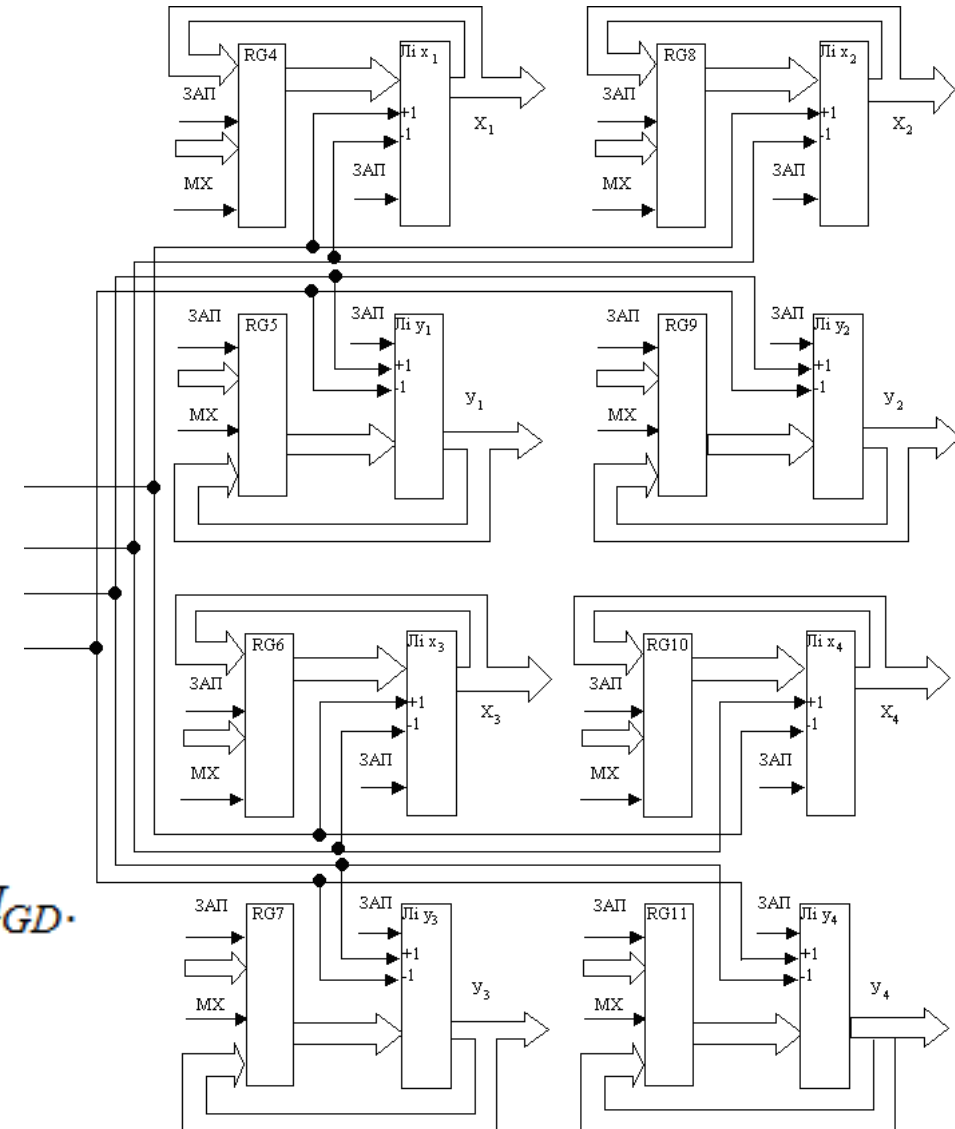
Інтенсивності кольору додаткових точок K, D, G:

$$I_K = (I_A + I_B)/2 \quad I_D = (I_B + I_C)/2 \quad I_G = (I_A + I_C)/2$$

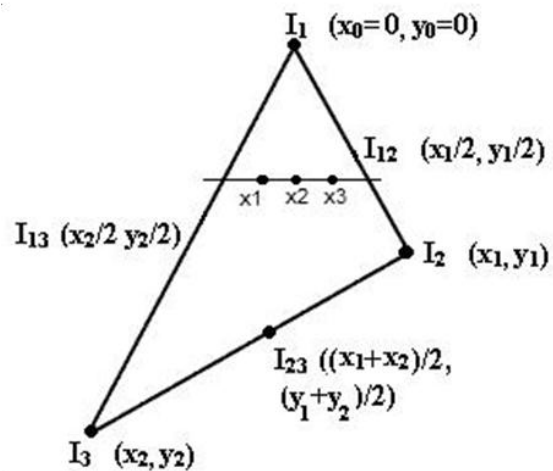
$$\Delta I_{AK} = ((I_A + I_B)/2 - I_A) / \text{БП}_{AK} = (I_B - I_A) / 2 \cdot \text{БП}_{AK}.$$

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

$$I_V - I_W = I_A - I_K$$



# Використання для розпаралелення рендерингу Фонга рівняння поверхні 2-ого порядку

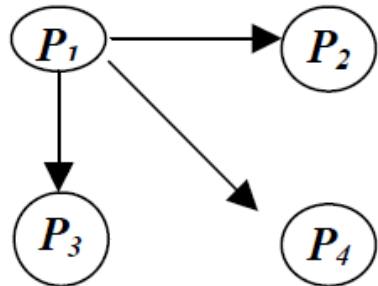


$$I(x, y) = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F,$$

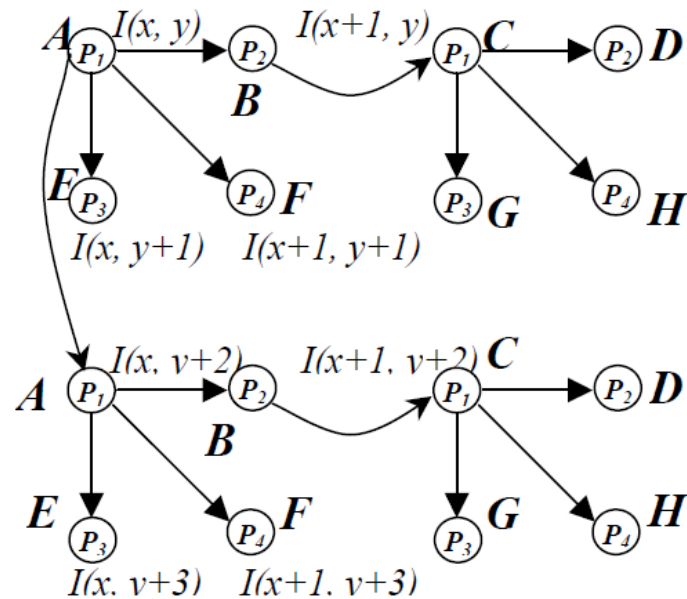
де  $x, y$  – координати точки поверхні,  
 $I(x, y)$  – інтенсивність кольору.

$$I(x+n, y) = A(x+n)^2 + By^2 + C(x+n)y + D(x+n) + Ey + F = (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F) + 2Anx + An^2 + nCy + Dn = I(x, y) + n(A(2x+n) + Cy + D).$$

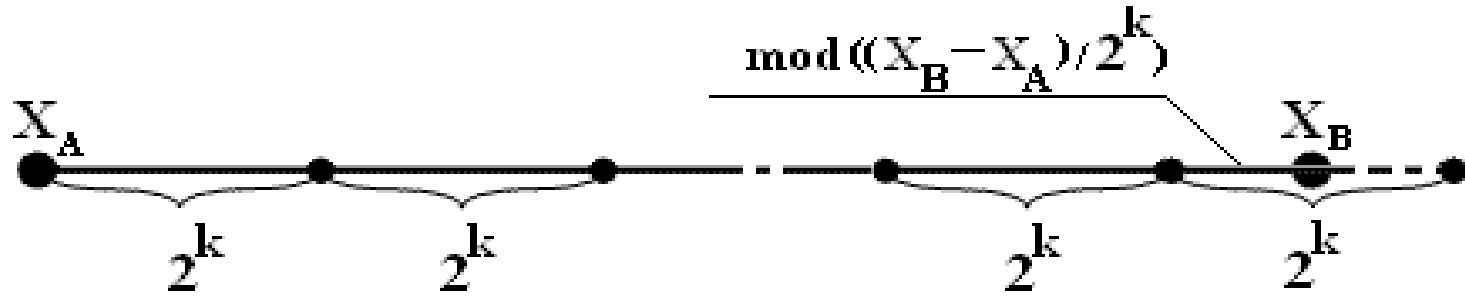
$$\begin{aligned} Px1 &= I(x+2, y) - I(x+1, y) = 2Ax + 3A + Cy; \\ Px2 &= I(x+3, y) - I(x+2, y) = 2Ax + 5A + Cy; \\ Px3 &= I(x+4, y) - I(x+3, y) = 2Ax + 7A + Cy. \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} I(x+1, y) &= I(x, y) + Px. \\ I(x, y+1) &= I(x, y) + Py, I. \\ I(x+1, y+1) &= I(x, y) + Px + Py + C. \end{aligned}$$



# Розпаралелення на основі комбінування методів



$$k_d \cdot I \cdot \frac{\vec{N}_{l_i} + \vec{N}_{p_i}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}} \cdot \vec{L} = \frac{I_{dl_i} + I_{dp_i}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}}$$

де  $\xi$  – кут між векторами  $\vec{N}_{l_i}$ ,  $\vec{N}_{p_i}$ .

$$\Delta_{max} = \frac{I_{dl_i} + I_{dp_i}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}} - \frac{I_{dl_i} + I_{dl_i}}{2} = Q_d \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2 \cdot (1 + \cos \xi)}} - \frac{1}{2} \right).$$

При довжині рядка  $x_B - x_A$

$$\Delta \vec{N}_{AB} = \frac{\vec{N}_B - \vec{N}_A}{x_B - x_A}, \quad \Delta \vec{N} = \Delta \vec{N}_{AB} \cdot 2^k = (\vec{N}_B - \vec{N}_A) \frac{2^k}{x_B - x_A}$$

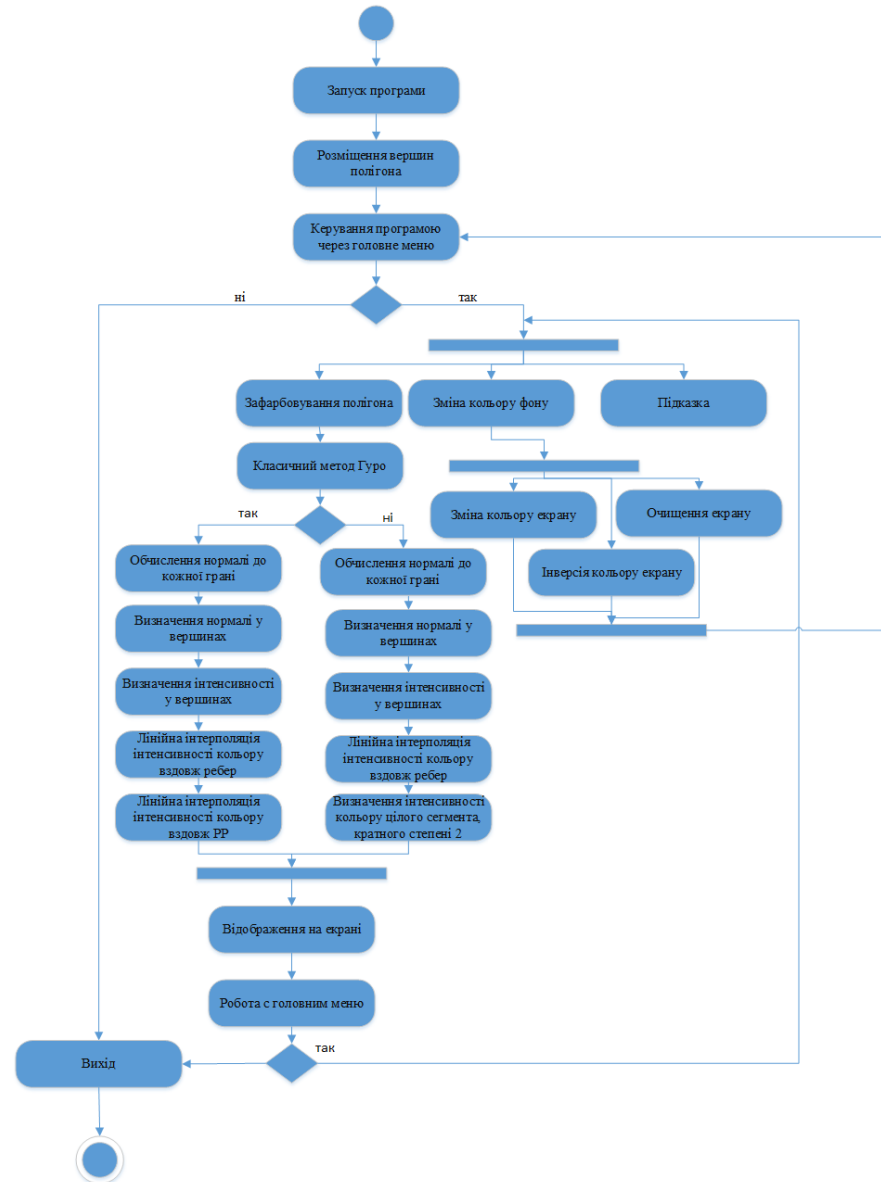
де  $\vec{N}_A$  і  $\vec{N}_B$  – вектори нормалей відповідно в лівій і правій точках рядка растеризації

$$I_{v_i} = I_{l_i} + \frac{I_{p_i} - I_{l_i}}{2^k} \cdot v$$

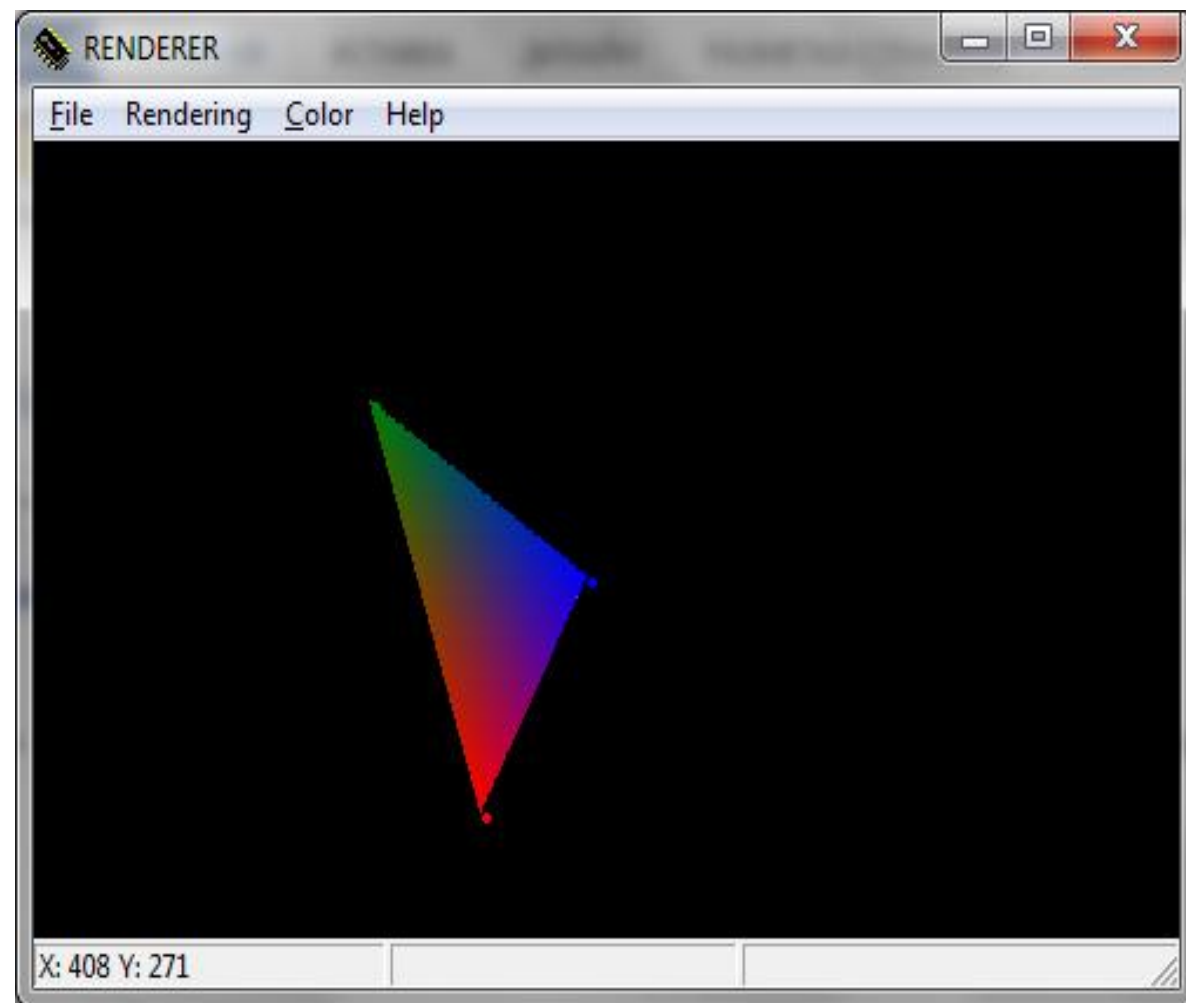
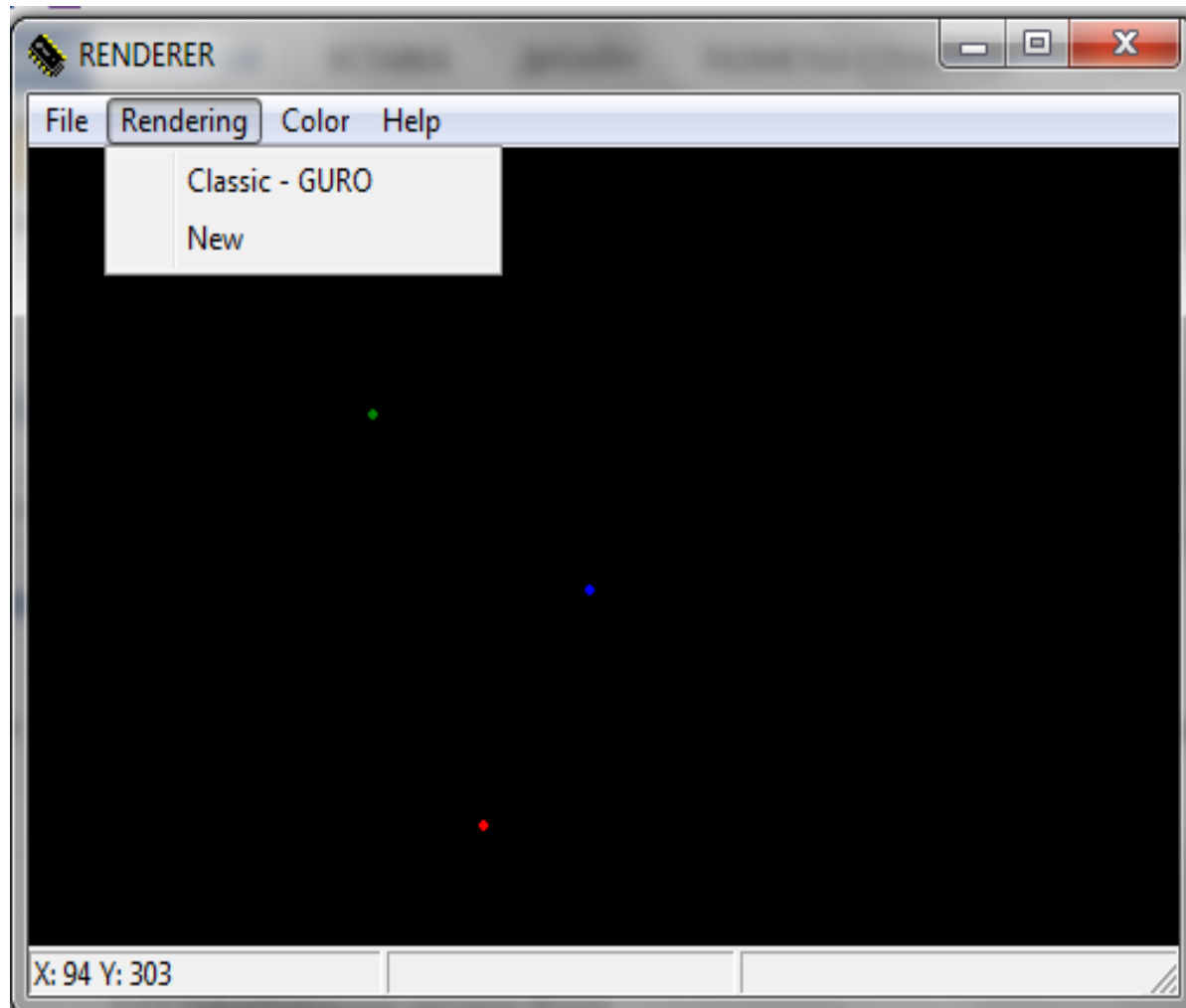
$$I_{dl_i} = k_d \cdot I \cdot \vec{N}_{l_i} \cdot \vec{L}$$

$$I_{dp_i} = k_d \cdot I \cdot \vec{N}_{p_i} \cdot \vec{L}$$

# Розробка алгоритму роботи ПЗ



# Програмне забезпечення



---

За темою магістерської кваліфікаційної роботи було написано 4 наукові праці,  
із них:

- 1 патент (свідоцтво про реєстрацію авторського права № 51700 від 11.10.2013);
- 3 наукові статті у міжнародних наукових практичних конференціях Болгарії, Польщі та України.

---

**Дякую за увагу !**