

УДК 681.31

АНТИАЛІАЙЗИНГ КОНТУРІВ ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЗАФАРБОВУВАННЯ МЕТОДУ ГУРО

О.Н.Романюк

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто питання суміщення в одному обчислювальному процесі визначення адрес точок контуру та їх інтенсивностей кольору при використанні для зафарбовування методу Гуро.

Ключові слова: *рендеринг, зафарбовування, антиаліайзинг, реалістична графіка*

Вступ

У більшості сучасних систем комп'ютерної графіки зображення формують у дискретній формі, що обумовлює ефект аліайзингу [1, 2] на межах об'єктів, спричинений недостатньою роздільною здатністю пристроїв відображення. Зоровий апарат людини розрізняє ступінчастість контурів графічних об'єктів, тому методи усунення ефекту аліайзингу відіграють важливу роль у синтезі реалістичних зображень. Без вирішення задачі антиаліайзингу меж об'єктів неможливо досягти достатнього ступеня реалістичності.

Аналіз проблеми і постановка задачі

Серед методів формування тривимірних графічних об'єктів широкого поширення отримав метод Гуро [1,2], згідно з яким розраховуються значення інтенсивностей для полігональних вершин, які потім у процесі растеризації лінійно інтерполуються вздовж ребер і рядків сканування. Алгоритмічна та схемотехнічна простота методу Гуро спонукає науковців продовжувати роботи з удосконалювання цього підходу. Один із напрямків модифікації полягає в підвищенні реалістичності за рахунок усунення аліайзингу на зовнішніх межах графічного об'єкта та його складових ділянок.

При антиаліайзингу векторних границь полігонів окремо розраховується колір пікселя та площа його покриття відрізком прямої, що обумовлює неоднорідність обчислювального процесу та великі витрати часу.

У зв'язку з цим актуальною є задача розробки нового підходу по суміщенню цих процедур.

Викладення основного матеріалу

Згідно з методами крайового антиаліайзингу для згладжування контурів графічних примітивів інтенсивність кольору пікселя встановлюють пропорційно до площі покриття пікселя об'єктом [2]. Серед методів формування відрізків прямих найбільшого поширення отримали методи, які ґрунтуються на обчисленні оцінювальної функції [3], знак якої використовується для визначення координат точок траєкторії. Будемо розглядати формування ребер полігонів, які належать першому октанту, оскільки вирази для інших октантів отримують аналогічно з врахування правила подвійності [3]. У

Таблиця 1. Визначення площі покриття пікселя відрізком прямої

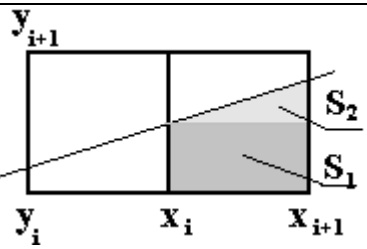
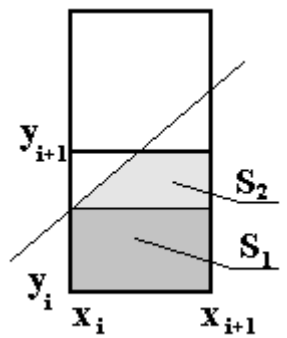
Тип перетину	Значення площ
	$S_1 = kx_i - y_i$ $S_2 = \frac{k}{2}$ $S = kx_i - y_i + \frac{k}{2}$
	$S_1 = kx_i - y_i$ $S_2 = \frac{k}{2}$ $S = kx_i - y_i + \frac{k}{2}$

табл. 1 зображено різні випадки перетину пікселя відрізком прямої. З наведеної таблиці випливає, що вираз для розрахунку площі S співпадає для всіх можливих випадків і має вигляд

$$S = \frac{МП}{БП} x_i - y_i + \frac{1}{2}, \quad (1)$$

де БП, МП - відповідно більший та менший прирости відрізка прямої.

Розглянемо використання оцінювальної функції для антиаліайзингу векторних

границь багатокутників. Оцінювальну функцію будемо розраховувати за формулами [4]:

$$OF_{i+1} = \begin{cases} OF_i - МП, & \text{якщо } OF_i \geq 0, \\ OF_i + \Delta, & \text{якщо } OF_i < 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $OF_0 = \lfloor BP/2 \rfloor$, $\Delta = BP - MP$.

Якщо оцінювальна функція, отримана на деякому кроці, має додатний знак, то значення оцінювальної функції збігається із значенням оцінювальної функції у точці, що була обрана на даному кроці. У випадку, коли знак оцінювальної функції є від'ємним, її значення збігається із значенням оцінювальної функції у точці, що розташована на одну дискрету нижче точки, що була обрана на даному кроці. Таким чином, якщо на i -ому кроці інтерполювання отримано додатне значення оцінювальної функції, то це значення збігається зі значенням оцінювальної функції в точці, що була обрана на цьому кроці. Оцінювальна функція в “дійсній” точці для цього випадку буде дорівнювати: $OF_{i \text{ дійсн}} = OF_i^+$.

Якщо на i -ому кроці інтерполювання оцінювальна функція має від'ємне значення, то значення оцінювальної функції для прогнозуючої точки буде дорівнювати:

$$OF_i^- = (y_i - 1) \cdot BP - x_i \cdot MP + BP/2 = y_i \cdot BP - x_i \cdot MP - BP/2 = OF_i - BP.$$

З останнього виразу випливає, що значення оцінювальної функції у дійсній точці знаходиться за формулою: $OF_{i \text{ дійсн}} = OF_i^- + BP$.

З урахуванням наведених виразів та формули (1) отримуємо вираз для обчислення площі покриття пікселя ребром багатокутника:

$$S_{\text{набл}} = \begin{cases} 1 - \frac{OF_i}{BP}, & \text{якщо } OF_i \geq 0, \\ \frac{-OF_i}{BP}, & \text{якщо } OF_i < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Якщо I_i - інтенсивність кольору i -го граничного пікселя, яка розраховується за алгоритмом Гуро, то для усунення ефекту аліазингу його інтенсивність встановлюється пропорційно до площі, яку відтинає від пікселя відрізок прямої, тобто $I_{Pi} = I_i S_i$. З урахуванням виразу (3) отримуємо:

$$I_{Pi} = \begin{cases} I_i - \frac{OF_i}{BP} I_i, & \text{якщо } OF_i \geq 0; \\ \left| \frac{OF_i}{BP} I_i \right|, & \text{якщо } OF_i < 0. \end{cases}$$

Пропонується використати оцінювальну функцію $I_{C_i} = \frac{OF_i}{БП} I_i$, знак якої збігається із знаком оцінювальної функції (2). Останній вираз для розрахунку інтенсивності кольору пікселя може бути записаний у вигляді:

$$I_{P_i} = \begin{cases} I_i - I_{C_i}, & \text{якщо } I_{C_i} \geq 0; \\ |I_{C_i}|, & \text{якщо } I_{C_i} < 0. \end{cases}$$

Розглянемо вирази для інкрементального розрахунку оцінювальної функції I_C . Значення інтенсивності кольору наступного пікселя можна встановити через приріст ΔI інтенсивності кольору вздовж ребра багатокутника та інтенсивність кольору попереднього пікселя: $I_{i+1} = I_i + \Delta I$.

Якщо згідно з алгоритмом лінійного інтерполювання з точки i в точку $i+1$ виконується горизонтальне крокове переміщення, то з врахуванням виразу (2) знаходимо:

$$\begin{aligned} I_{C_{i+1}} &= \frac{OF_{i+1}}{БП} I_{i+1} = \frac{OF_i + \Delta}{БП} (I_i + \Delta I) = \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \frac{\Delta}{БП} I_i + \frac{\Delta}{БП} \Delta I = \\ &= \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \frac{БП - МП}{БП} I_i + \frac{БП - МП}{БП} \Delta I = \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} I_i - \frac{МП}{БП} \Delta I + I_i + \Delta I. \end{aligned}$$

$$\text{Уведемо позначення: } K_{\Delta} = \frac{МП}{БП} \Delta I, \quad K_{\Delta} = \text{const}; \quad K_{I_i} = \frac{МП}{БП} I_i; \quad K_{OF_i} = \frac{OF_i}{БП} \Delta I.$$

Перепишемо останній вираз з урахуванням позначень:

$$I_{C_{i+1}} = I_{C_i} + K_{OF_i} - K_{I_i} - K_{\Delta} + I_i + \Delta I.$$

Розглянемо як змінюється I_C при виконанні діагонального кроку:

$$\begin{aligned} I_{C_{i+1}} &= \frac{OF_{i+1}}{БП} I_{i+1} = \frac{OF_i - МП}{БП} (I_i + \Delta I) = \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} I_i - \frac{МП}{БП} \Delta I = \\ &= I_{C_i} + K_{OF_i} - K_{I_i} - K_{\Delta}. \end{aligned}$$

Значення K_I може бути розраховане через своє попереднє значення за формулою:

$$K_{I_{i+1}} = \frac{МП}{БП} (I_i + \Delta I) = \frac{МП}{БП} I_i + \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{I_i} + K_{\Delta}.$$

Розглянемо, як змінюється значення K_{OF} при виконанні горизонтального кроку:

$$K_{OF_{i+1}} = \frac{OF_i + \Delta}{БП} \Delta I = \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \Delta I - \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{OF_i} + \Delta I - K_{\Delta}.$$

При виконанні діагонального кроку значення K_{OF} знаходиться за виразом:

$$K_{OF_{i+1}} = \frac{OF_i - МП}{БП} \Delta I = \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{OF_i} - K_{\Delta}.$$

З урахуванням наведених виразів можна запропонувати алгоритм згладжування ребер багатокутників, що зафарбовуються за методом Гуро, граф-схему якого зображено на рис.1. Згідно з алгоритмом у циклі підготування визначаються параметри K_{Δ}, K_I, K_{OF} , а також початкове значення оцінювальної функції I_C . У циклі інтерполювання інкрементально визначаються інтенсивності кольору точок із використанням мікрооперацій типу «додавання», що обумовлює високу швидкодію алгоритму.

Висновки

Розроблений підхід відрізняється від відомих тим, що в одному обчислювальному процесі суміщено розрахунок точок траєкторії та їх кольору з одночасним усуненням ефекту аліайзингу. У циклі інтерполювання відсутні “довгі” операції, що обумовлює високу продуктивність підходу та простоту апаратної реалізації.

Отримані результати можуть бути використані у графічних акселераторах для покращення якості зображень.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Херн Д., Павлин Бейкер М. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. – М. : Издательский дом «Вильямс». 2005. –1168 с.
- 2.Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. С англ. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
- 3.Романюк О. Н., Курінний М.С. Ефективний алгоритм антиаліайзингу векторних границь багатокутника // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – 2002. – С. 105-109.

4.Петух А.М. Інтерполяція при формуванні та перетворенні зображень // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 1994. -№3. -С. 34 - 39.

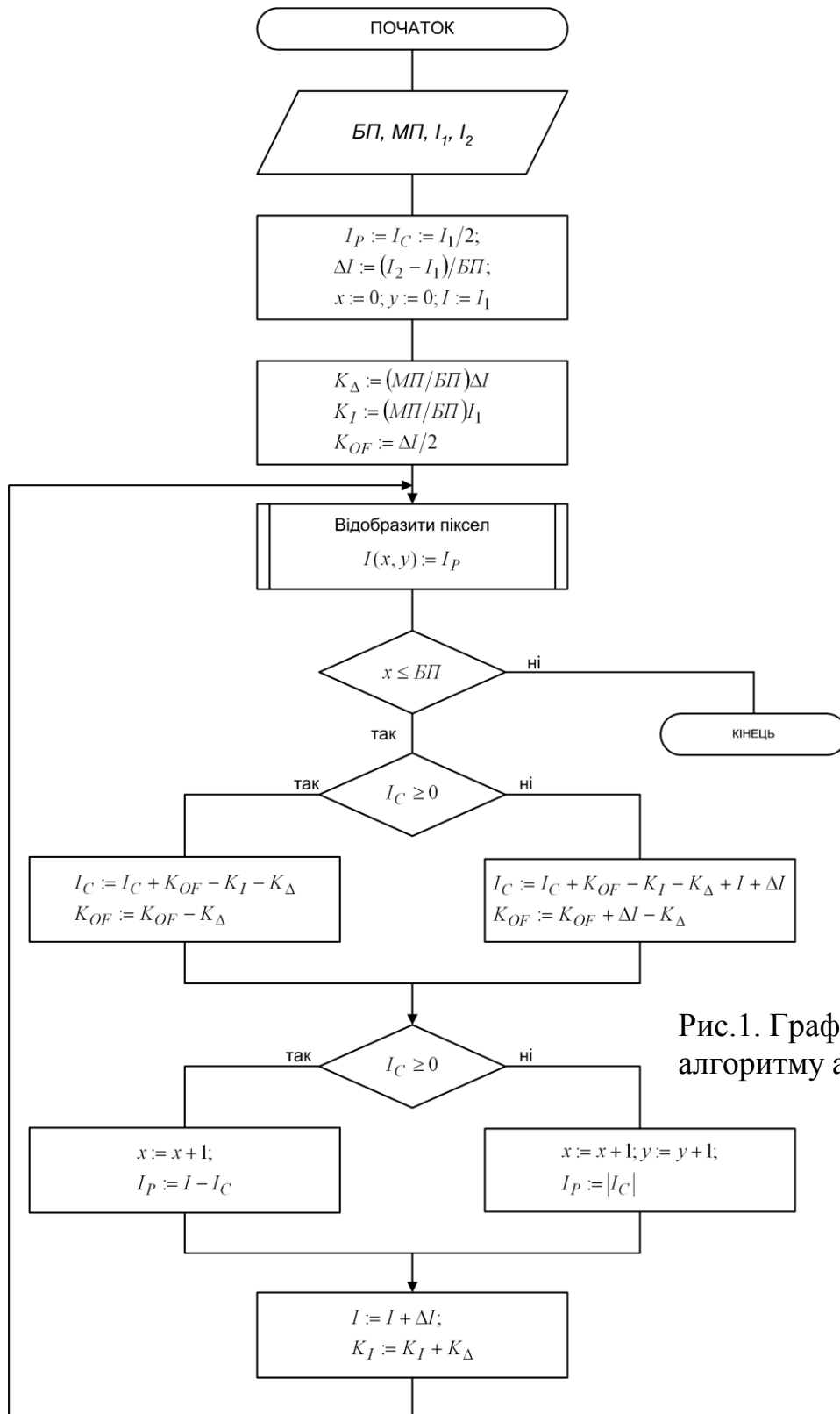


Рис.1. Граф-схема алгоритму антиаліайзінгу

Романюк Олександр Никифорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення *Вінницького національного технічного університету*