

УДК 004.925

О.Н. РОМАНЮК, М. С. КУРІННИЙ, О. В. МЕЛЬНИК

## АНТИАЛІАЙЗИНГ ЗОБРАЖЕННЯ ВІДРІЗКІВ ПРЯМИХ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВОЇ МОДЕЛІ ПІКСЕЛА

*Вінницький національний технічний університет*

*95, Хмельницьке шосе, м. Вінниця, Україна*

*E-mail: vinncei@gmail.com*

**Анотація.** Розроблено метод антиаліаїзingu з використанням нової моделі піксела у вигляді шестикутника, яка забезпечує більш високу якість згладжування порівняно з найпоширенішою квадратною моделлю, характеризується простотою обчислень і, як наслідок, має просту апаратну реалізацію.

**Аннотация.** Разработан метод антиалиаизинга с использованием новой модели пикселя в виде шестиугольника, которая обеспечивает более высокое качество сглаживания по сравнению с распространенной квадратной моделью, характеризуется простотой вычислений и, как следствие, имеет простую аппаратную реализацию.

**Abstract.** Prepared by the method for antialiasing with using a new model of the pixel in the form of a hexagon, which provides higher quality antialiasing, compared with square models, characterized by simplicity of computation and, consequently, has a simple hardware implementation.

**Ключові слова:** антиаліаїзинг, модель піксела, інтенсивність кольору.

### ВСТУП

На даному етапі розвитку комп'ютерної графіки особливу увагу приділяють підвищенню реалістичності синтезованих зображень. Одним з факторів, що суттєво впливають на реалістичність зображення, є ефект аліаїзingu [1-4], який спричинений недостатньою роздільною здатністю пристроїв відображення та проявляється у вигляді чітко виражених сходинок (або зубців) на краях графічних об'єктів. Оскільки існують фізичні та економічні обмеження щодо підвищення роздільної здатності сучасних пристроїв відображення, то у системах комп'ютерної графіки використовують спеціальні методи антиаліаїзingu – усунення східчастості графічних зображень.

### АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МОДЕЛЕЙ ПІКСЕЛІВ

У більшості алгоритмів антиаліаїзingu інтенсивність кольору піксела встановлюється пропорційно до площі, яку відсікає траєкторія від ділянки, що займає піксель.

Найбільш поширеною є модель, у якій піксель розглядається як квадрат зі стороною, що дорівнює одиниці [1, 2]. Центр квадрата збігається із центром піксела. Функція фільтра для даної моделі має такий вигляд

$$F(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } |x| \leq 0.5 \text{ та } |y| \leq 0.5; \\ 0, & \text{якщо } |x| > 0.5 \text{ та } |y| > 0.5. \end{cases}$$

Обчислення для даної моделі зводиться до обчислення площі тієї частини квадрата, яка покривається графічним примітивом. Інтенсивність кольору піксела при цьому визначається за формулою:

$$I_p = S \cdot I_M + (1 - S) \cdot I_\phi.$$

Приведена модель на даний час найбільш поширена, оскільки для геометричних графічних примітивів знаходження площі покриття не потребує значних обчислювальних витрат [1, 2]. Однак, у більшості пристроїв відображення інформації просторове розподілення інтенсивності світла, що випромінюється на екрані, не має форми квадрата, тому дана модель не забезпечує максимальної якості згладжування границь зображення. Для пристроїв відображення, які використовують ЕПТ, більш адекватною є "гаусівська" модель [3]. Для LCD моніторів у якості функції фільтра часто використовують функцію Хемінга [3].

Оскільки моделі, які використовують функції Хемінга та Гауса, характеризуються відносно великими обчислювальними витратами, то їх використовують тільки у тих випадках, коли до якості крайового згладжування пред'являються досить жорсткі вимоги.

Для широкого класу задач та пристроїв відображення достатню якість забезпечує „конусна” модель пікселя [2]. Дана модель є спрощеним варіантом „гаусівської” моделі, оскільки передбачає, що інтенсивність світла пікселя є максимальною в центрі і лінійно зменшується у напрямку до границі пікселя [4]. Таке спрощення дозволяє дещо зменшити обчислювальні витрати, однак конусна модель використовується переважно для формування статичних зображень програмним шляхом.

У переважній більшості високопродуктивних алгоритмів антиаліазингу для спрощення формули знаходження площі фрагментів пікселів за основу беруть піксель, як квадрат зі стороною, що дорівнює одиниці [3]. Математична модель, яка розглядає піксель як одиничне коло, є більш точною, а тому забезпечує більш високу якість згладжування. Але через складність розрахунку площі фрагмента пікселя така модель не набула широкого поширення в засобах комп'ютерної графіки. Слід зазначити, що при одиничних розмірах пікселів у вигляді квадрату та кола їх площі відрізняються в 1,27 рази.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою статті є розробка методу антиаліазингу з використанням нової моделі пікселя у вигляді шестикутника, яка забезпечує більш високу якість згладжування порівняно з найбільш поширеною квадратною моделлю, характеризується простотою обчислень і, як наслідок, має просту апаратну реалізацію.

Нехай задано множину точок  $T_{i,j}$  ( $i = 1, 2, \dots, H$ ,  $j = 1, 2, \dots, V$ ), які розташовані всередині пікселя у вигляді матриці, що складається з  $H$  стовпців та  $V$  рядків. Для кожної точки  $T_{i,j}$  введемо ознаку  $P_{i,j}$  таким чином, що для точок, які покриваються графічним примітивом,  $P_{i,j} = 1$ . В усіх інших випадках  $P_{i,j} = 0$ . Площу покриття пікселя графічним примітивом можна наближено обчислити за виразом:

$$S_{\text{ітвд}} \approx S_a = \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V P_{i,j}.$$

Для розрахунку значення ознак  $P_{i,j}$  використаємо метод оцінювальної функції. Відомо, що оцінювальна функція від'ємна для всіх точок, що лежать всередині графічного примітива. Таким чином, знак оцінювальної функції, яка розрахована у допоміжній точці  $T_{i,j}$ , визначає розташування даної точки відносно границі графічного примітива.

Використаємо оцінювальну функцію для нової моделі пікселя у формі шестикутника. В цьому випадку інтенсивність кольору пікселя буде залежати від кількості вершин шестикутника, що потраплять до графічного примітиву, який відтинатиметься відрізком прямої. Значення оцінювальної функції у загальному виді будемо визначати за формулою [1]:

$$OF_{i,j} = y\Delta x - x\Delta y. \quad (1)$$

Розрахуємо значення оцінювальної функції у точках  $T_1 \div T_7$ , які розміщено у шестикутнику рис. 1.

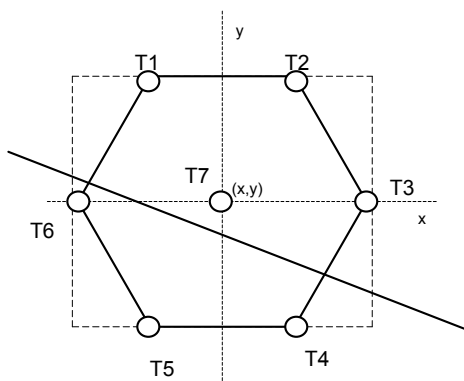


Рис. 1. Розташування точок  $T_1 \div T_7$  в пікселі

Початком відліку візьмемо центр шестикутника. Тоді точки  $T_1 \div T_7$  шестикутника відповідно будуть мати такі координати:

$$T_1(x - \frac{1}{4}, y + \frac{1}{2}), T_2(x + \frac{1}{4}, y + \frac{1}{2}), T_3(x + \frac{1}{2}, y), T_4(x + \frac{1}{4}, y - \frac{1}{2}),$$

$$T_5(x - \frac{1}{4}, y - \frac{1}{2}), T_6(x - \frac{1}{2}, y), T_7(x, y).$$

Підставивши значення координат для точки  $T_1$  у формулу (1), отримаємо таке співвідношення

$$OF_1 = (y + \frac{1}{2})\Delta x - (x - \frac{1}{4})\Delta y = OF_{i,j} + \frac{(2\Delta x + \Delta y)}{4},$$

Для інших точок знайдемо відповідно

$$OF_2 = OF_{i,j} + \frac{(2\Delta x - \Delta y)}{4}, OF_3 = OF_{i,j} - \frac{\Delta y}{2}, OF_4 = OF_{i,j} - \frac{(2\Delta x - \Delta y)}{4},$$

$$OF_5 = OF_{i,j} - \frac{(2\Delta x + \Delta y)}{4}, OF_6 = OF_{i,j} + \frac{\Delta y}{2}, OF_7 = y\Delta x - x\Delta y = OF_{i,j}.$$

Отримані формули прості з обчислювальної точки зору. Слід зазначити, що ділення на 2 і 4 можна реалізувати шляхом зсуву. Функції  $OF_1 \div OF_7$  незалежні одна від одної, а тому можуть бути розраховані окремим процесором.

У подальшому для аналізу використовуємо тільки знак оцінювальної функції. По кількості функцій одного знаку можна визначити площу частини піксела, яку відтинає відрізок прямої. Інтенсивність кольору піксела встановлюється пропорційно до кількості точок шестикутника, які мають оцінювальну функцію одного знаку (табл.1).

Таблиця 1

**Значення інтенсивностей кольору**

Кількість вершин шестикутника, що потрапили до меж заповненої ділянки зображення	Значення інтенсивності кольору піксела, %
0	0 %
1	14 %
2	28 %
3	42 %
4	57 %
5	71 %
6	85%
7	100 %

Таким чином, використання оцінювальних функцій, дає можливість визначити вісім градаций інтенсивності кольору піксела, який частково покриватиметься графічним примітивом.

Для виключення трудомісткої операції ділення, апаратна реалізація якої ускладнена, у табл. 2 наведено апроксимаційні формули, особливість яких полягає у використанні виключно операцій зсуву та нагромаджувального додавання

Таблиця 2

**Апроксимаційні формули для визначення інтенсивностей кольору**

Кількість точок шестикутника, що потрапили до меж заповненої ділянки зображення	Апроксимаційні формули	Значення відносно похибки обчислень
1	$\frac{1}{7} \approx \frac{2}{16} + \frac{1}{64} + \frac{2}{1024} = \frac{73}{512}$	0,1953 %
2	$\frac{2}{7} \approx \frac{1}{4} + \frac{2}{64} + \frac{1}{256} = \frac{73}{256}$	0,1953 %

(продовження табл. 2)

3	$\frac{3}{7} \approx \frac{1}{4} + \frac{2}{16} + \frac{3}{64} + \frac{1}{256} + \frac{2}{1024} = \frac{219}{512}$	0,19532 %
4	$\frac{4}{7} \approx \frac{2}{4} + \frac{1}{16} + \frac{2}{256} + \frac{1}{1024} = \frac{585}{1024}$	0,02441 %
5	$\frac{5}{7} \approx \frac{2}{4} + \frac{3}{16} + \frac{1}{64} + \frac{2}{256} + \frac{3}{1024} = \frac{731}{1024}$	0,0586 %
6	$\frac{6}{7} \approx \frac{3}{4} + \frac{1}{16} + \frac{2}{64} + \frac{3}{256} + \frac{1}{1024} = \frac{877}{1024}$	0,08137 %

На рис. 3 зображено пристрій для розрахунку  $\frac{I \cdot S_a}{7}$ . Значення  $I$  поступає на вхід зсувного регістра, який використовується для знаходження доданків, які поступають на вхід нагромаджувального суматора, утвореного комбінаційним суматором і регістром. Сигнал додавання в нагромаджувальному суматорі формується тільки у моменти знаходження апроксимуючих доданків на виході зсувного регістра.

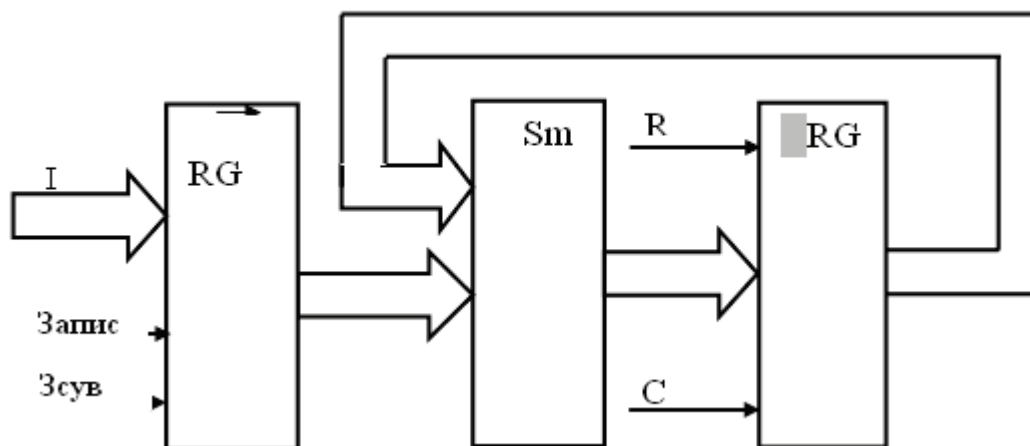


Рис. 3. Пристрій для визначення інтенсивності кольору пікселя

Проведемо порівняння площ для різних моделей пікселя. При  $a=1$ , площі фігур, зображених на рис. 4, будуть для: шестикутника – 0,6495, квадрата – 1, круга – 0,785.

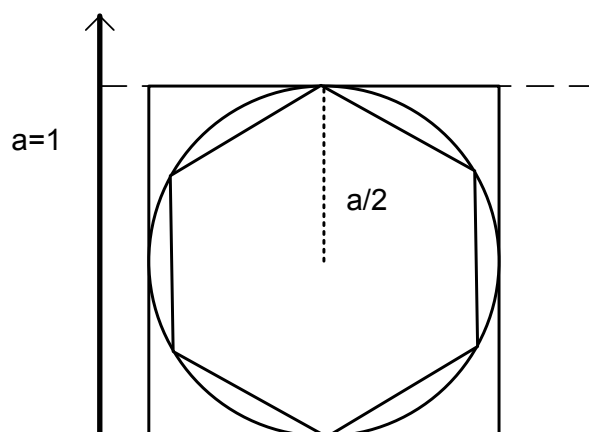


Рис. 4. Різні моделі пікселя

Математична модель, яка розглядає піксель як одиничний круг, є більш точною, ніж математична модель з використанням одиничного квадрата. Математична модель з використанням шестикутника наближається по точності до круга.

## ВИСНОВКИ

Розроблено метод антиаліаїзingu з використанням нової моделі піксела у вигляді шестикутника, яка забезпечує більш високу якість згладжування порівняно з найбільш поширеною квадратною моделлю.

Моделі піксела у вигляді шестикутника є спрощеною моделлю круга, яка відповідає формі маски більшості екранів.

Запропонований метод полягає у введенні субпікселізації і визначенні інтенсивностей складових кольору піксела з використанням оцінювальних функцій, розрахованих у допоміжних точках усередині піксела. Метод не містить «довгих» операцій у циклі інтерполювання, має просту апаратну реалізацію, не потребує збільшення розмірів кадрового буфера та фільтрації на стадії постоброблення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Роджерс Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс : Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
2. Фоли Дж. Основы интерактивной машинной графики./ Дж. Фоли, А. Ван Дем : Пер. С англ. – М.: Мир, 1985. – 384 с.
3. Романюк О.Н. Математичні моделі пікселів для задач антиаліаїзingu / О.Н. Романюк, М.С. Курінний : Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 2002. – №3. – С. 35-47.
4. Романюк О.Н. Використання методу оцінювальної функції для задач антиаліаїзingu / О.Н. Романюк, М.С. Курінний : Матеріали міжнародної науково-технічної конференції „Компьютерные технологии в науке, образовании и промышленности”. – Дніпропетровськ – 2004.

Надійшла до редакції 24.11.2010р.

**РОМАНЮК О. Н.** – д. т. н., доцент, перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

**КУРІННИЙ М. С.** – к. т. н., ТОВ «Інтертелеком», Вінниця, Україна.

**МЕЛЬНИК О. В.** – здобувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.