МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.
Г. ШУХОВА» (БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и
автоматизированных систем

Лабораторная работа №1
по дисциплине: Компьютерная графика
тема: «Растровые алгоритмы»

Выполнил: ст. группы ПВ-223
Игнатьев Артур Олегович

Проверил:
Осипов Олег Васильевич

Белгород 2024 г.

Содержание:

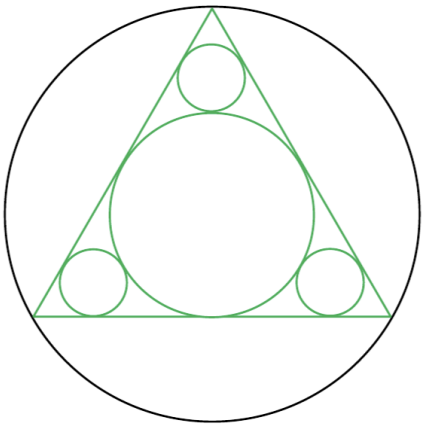
1. Название темы.
2. Цель работы.
3. Постановка задачи.
4. Вывод необходимых геометрических формул для построения изображения.
5. Реализации алгоритмов Брезенхейма для рисования отрезка и окружности.
6. Текст программы для рисования основных фигур.
7. Результат работы программы (снимки экрана).
8. Вывод о проделанной работе.

Цель работы: изучение алгоритмов Брезенхейма растеризации графических примитивов: отрезков, окружностей.

Задачи:

1. Изучить целочисленные алгоритмы Брезенхейма для растеризации окружности и линии.
2. Разработать алгоритм и составить программу для построения на экране изображения в соответствии с номером варианта (по журналу старосты). В качестве исходных данных взять указанные в таблице №1

Вариант 3:



Задание: Реализовать вращение внутреннего зелёного треугольника против часовой стрелки.

1. Описанная окружность

Описанная окружность — это окружность, которая проходит через все вершины треугольника. Её центр совпадает с центром треугольника, а радиус равен расстоянию от центра до любой из вершин.

Формулы для описанной окружности:

Центр окружности: C(x_C, y_C)— центр окна.

Радиус окружности: R = $\frac{7}{8} \times \frac{\min(W,H)}{2}$, где W и H — ширина и высота окна.

Этот радиус масштабирует окружность так, чтобы она не касалась границ окна. Умножение на $\frac{7}{8}$ делает окружность чуть меньше.

Алгоритм:

1. Вычисляем центр окружности $C(x_C, y_C) = \left(\frac{W}{2}, \frac{H}{2}\right)$
2. Радиус окружности равен R = $\frac{7}{8} \times \frac{\min(W,H)}{2}$
3. Вызываем метод frame.Circle() для отрисовки окружности с этим центром и радиусом.

Код:

```
// Радиус описанной окружности
float radius = 7.0f / 8 * ((W < H) ? W - 1 : H - 1) / 2;
// Рисуем описанную окружность
frame.Circle((int)C.x, (int)C.y, int(radius + 0.5f), COLOR(0, 0, 0));
```

2. Вершины треугольника

Треугольник вписан в описанную окружность. Его вершины лежат на окружности и равномерно распределены по углам: 0°, 120°, 240°. Треугольник вращается на угол θ, который изменяется во времени.

Формулы для вершин треугольника:

1. Первая вершина: $A_{1(x_1,y_1)} = \left(x_C + Rcos(\theta), y_c + Rsin(\theta)\right)$
2. Вторая вершина (поворот на 120°): $A_2(x_2, y_2) = (x_c + Rcos(\theta + 120°), y_c + Rsin(\theta + 120°))$
3. Третья вершина (поворот на 240°): $A_3(x_3, y_3) = (x_c + Rcos(\theta + 240°), y_c + Rsin(\theta + 240°))$

Здесь θ — это угол вращения треугольника.

Алгоритм:

1. Определяем радиус описанной окружности R.
2. Вычисляем координаты трёх вершин треугольника по углам 0°, 120°, 240° и с учётом текущего угла вращения.
3. Соединяем вершины треугольника с помощью метода frame.DrawLine().

Код:

```
// Вершины треугольника на окружности с радиусом `radius` и углами 0, 120 и 240 градусов
 struct
 {
     float x;
     float y;
 } A[3] = {
     { C.x + radius * cos(angle), C.y + radius * sin(angle) },                  // Первая вершина (угол 0)
     { C.x + radius * cos(angle + 2.0f * M_PI / 3.0f), C.y + radius * sin(angle + 2.0f * M_PI / 3.0f) },  // Вторая вершина (угол 120 градусов)
     { C.x + radius * cos(angle + 4.0f * M_PI / 3.0f), C.y + radius * sin(angle + 4.0f * M_PI / 3.0f) }   // Третья вершина (угол 240 градусов)
      };
```

3. Вписанная окружность

Вписанная окружность — это окружность, которая касается всех сторон треугольника. Её центр является центром треугольника по отношению к его вершинам, а радиус можно вычислить через площадь треугольника и полупериметр.

Формулы для вписанной окружности:

1. Полупериметр треугольника:$p = \frac{a+b+c}{2}$, где a, b, c — длины сторон треугольника.
2. Площадь треугольника (по формуле Герона):$S = \sqrt{p * (p-a) * (p-b) * (p-c)}$
3. Радиус вписанной окружности:$r = \frac{S}{p}$
4. Центр вписанной окружности:$I_x = \frac{a*A_1*x+b*A_2*x+c*A_3*x}{a+b+b}$, $I_y = \frac{a*A_1*y+b*A_2*y+c*A_3*y}{a+b+c}$

Алгоритм:

1. Вычисляем длины сторон треугольника a, b, c.

2. Вычисляем полупериметр p и площадь S.
3. Радиус вписанной окружности r находим по формуле $r = \frac{S}{p}$.
4. Находим центр вписанной окружности I(x,y).
5. Вращаем центр вписанной окружности на угол вращения треугольника, чтобы окружность вращалась синхронно с треугольником.
6. Рисуем окружность методом frame.Circle().

Код:

```
// Вычисляем центр вписанной окружности (Ix, Iy)
float Ix = (a * A[0].x + b * A[1].x + c * A[2].x) / (a + b + c);
float Iy = (a * A[0].y + b * A[1].y + c * A[2].y) / (a + b + c);

// Вращаем центр вписанной окружности вокруг центра треугольника (точка C) на угол
angle
float rotated_Ix = (Ix - C.x) * cos(angle) - (Iy - C.y) * sin(angle) + C.x;
float rotated_Iy = (Ix - C.x) * sin(angle) + (Iy - C.y) * cos(angle) + C.y;

// Рисуем вписанную окружность зелёного цвета
     frame.Circle((int)(rotated_Ix + 0.5f), (int)(rotated_Iy + 0.5f),
int(r_incircle + 0.5f), COLOR(34, 139, 34)); // Вписанная окружность
```

4. Три дополнительные окружности

Эти окружности касаются двух сторон треугольника и вписанной окружности. Для их построения мы выбираем точку, находящуюся между вершинами треугольника и центром вписанной окружности.

Алгоритм:

1. Для каждой вершины треугольника A_i находим направление к центру вписанной окружности.
2. Вычисляем новую точку, сдвигаясь по направлению к вершине от центра вписанной окружности на расстояние, равное радиусу вписанной окружности плюс некоторое фиксированное смещение.
3. Радиус этих окружностей выбираем фиксированным.
4. Рисуем каждую окружность методом frame.Circle().

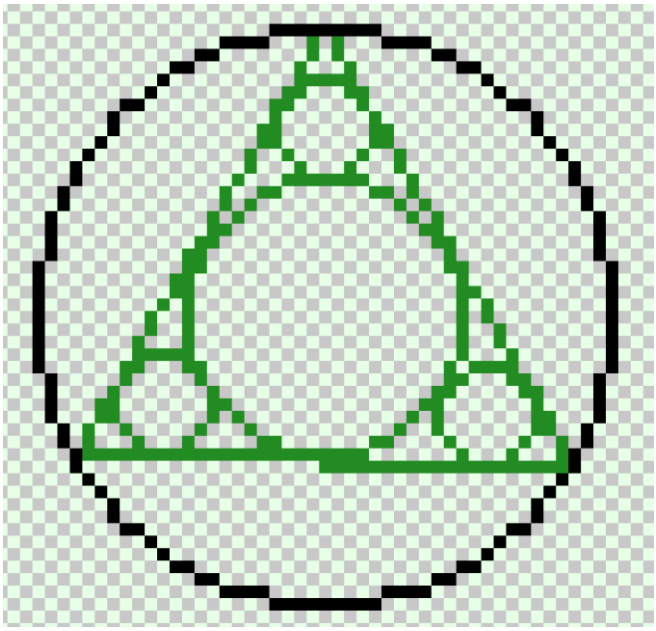
Код:

```
// Внешние окружности между углами треугольника и вписанной окружностью
for (int i = 0; i < 3; i++)
{
    // Смещаем центр этой окружности ближе к вершине
    float direction_x = (A[i].x - rotated_Ix);
    float direction_y = (A[i].y - rotated_Iy);
    float length = sqrt(direction_x * direction_x + direction_y * direction_y);
    direction_x /= length; // Нормализуем вектор
    direction_y /= length;

    // Центр внешней окружности на расстоянии от вписанной окружности
    float distance_to_incircle = r_incircle + (radius * 0.165f); // Устанавливаем
расстояние от вписанной окружности

    // Центр внешней окружности
    float outer_circle_x = rotated_Ix + direction_x * distance_to_incircle;
    float outer_circle_y = rotated_Iy + direction_y * distance_to_incircle;

    // Радиус внешней окружности: 1/4 радиуса описанной окружности
    float outer_radius = radius * 0.165f; // Динамически устанавливаем радиус
внешней окружности

    // Рисуем дополнительные окружности зелёного цвета
```

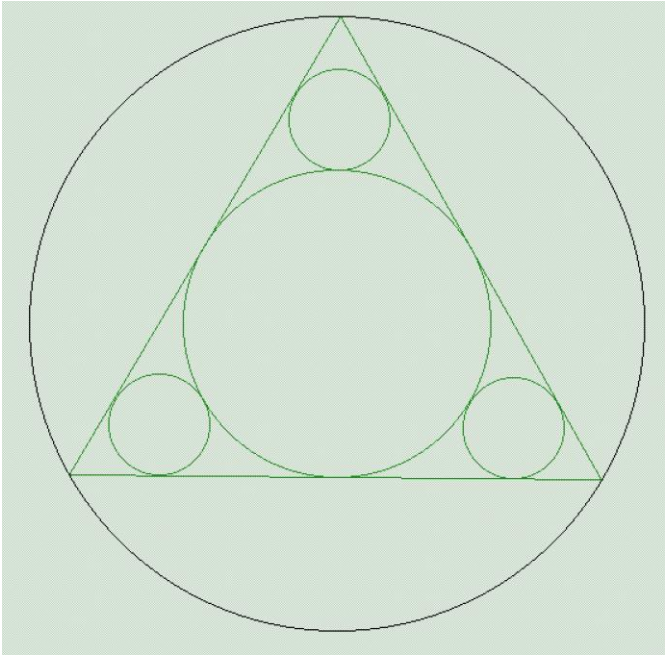
```
    frame.Circle((int)(outer_circle_x + 0.5f), (int)(outer_circle_y + 0.5f),
int(outer_radius + 0.5f), COLOR(34, 139, 34));
     }
```

Таким образом, данный алгоритм последовательно вычисляет и рисует все окружности и треугольник с учётом их вращения.

Внешний вид фигур при низком разрешении:



Внешний вид фигур при высоком разрешении:



При низком и высоком разрешении дефектов не обнаружено.

Код программы:
Frame.h

```
#ifndef FRAME_H
#define FRAME_H

#include <math.h>

// Структура для задания цвета
typedef struct tagCOLOR
{
	unsigned char RED;		// Компонента красного цвета
	unsigned char GREEN;		// Компонента зелёного цвета
	unsigned char BLUE;		// Компонента синего цвета
	unsigned char ALPHA;		// Прозрачность (альфа канал)

	tagCOLOR() : RED(0), GREEN(0), BLUE(0), ALPHA(255) { }
	tagCOLOR(unsigned char red, unsigned char green, unsigned char blue,
unsigned char alpha = 255) : RED(red), GREEN(green), BLUE(blue), ALPHA(alpha) { }

} COLOR;


template<typename TYPE> void swap(TYPE& a, TYPE& b)
{
	TYPE t = a;
	a = b;
	b = t;
}


// Буфер кадра
class Frame
{
	// Указатель на массив пикселей
	// Буфер кадра будет представлять собой матрицу, которая располагается в
памяти в виде непрерывного блока
	COLOR* pixels;

	// Указатели на строки пикселей буфера кадра
	COLOR** matrix;

public:

	// Размеры буфера кадра
	int width, height;

	Frame(int _width, int _height) : width(_width), height(_height)
	{
		int size = width * height;

		// Создание буфера кадра в виде непрерывной матрицы пикселей
		pixels = new COLOR[size];

		// Указатели на строки пикселей запишем в отдельный массив
		matrix = new COLOR* [height];

		// Инициализация массива указателей
		for (int i = 0; i < height; i++)
		{
			matrix[i] = pixels + i * width;
		}
	}


	// Задаёт цвет color пикселю с координатами (x, y)
	void SetPixel(int x, int y, COLOR color)
	{
```

```
		matrix[y][x] = color;
	}

	// Возвращает цвет пикселя с координатами (x, y)
	COLOR GetPixel(int x, int y)
	{
		return matrix[y][x];
	}


	// Рисование окружности
	void Circle(int x0, int y0, int radius, COLOR color)
	{
		int x = 0, y = radius;
		while(x < y)
		{
			// Определяем, какая точка (пиксель): (x, y) или (x, y - 1) ближе к линии окружности
			int D1 = x * x + y * y - radius * radius;
			int D2 = x * x + (y - 1) * (y - 1) - radius * radius;

			// Если ближе точка (x, y - 1), то смещаемся к ней
			if (D1 > -D2)
				y--;

			// Перенос и отражение вычисленных координат на все октанты окружности
			SetPixel(x0 + x, y0 + y, color);
			SetPixel(x0 + x, y0 - y, color);
			SetPixel(x0 + y, y0 + x, color);
			SetPixel(x0 + y, y0 - x, color);
			SetPixel(x0 - x, y0 + y, color);
			SetPixel(x0 - x, y0 - y, color);
			SetPixel(x0 - y, y0 + x, color);
			SetPixel(x0 - y, y0 - x, color);
			x++;
		}
	}


	// Рисование отрезка
	void DrawLine(int x1, int y1, int x2, int y2, COLOR color)
	{
		int dy = y2 - y1, dx = x2 - x1;
		if (dx == 0 && dy == 0)
		{
			matrix[y1][x1] = color;
			return;
		}

		if (abs(dx) > abs(dy))
		{
			if (x2 < x1)
			{
				// Обмен местами точек (x1, y1) и (x2, y2)
				swap(x1, x2);
				swap(y1, y2);
				dx = -dx; dy = -dy;
			}

			int y, dx2 = dx / 2, p = 0;
			if (dy < 0) dx2 = -dx2;
			for (int x = x1; x <= x2; x++)
			{
				// y = (dy * (x - x1) + dx2) / dx + y1;
				y = (p + dx2) / dx + y1;
				p += dy;
				matrix[y][x] = color;
```

```
                }
            }
            else
            {
                if (y2 < y1)
                {
                    // Обмен местами точек (x1, y1) и (x2, y2)
                    swap(x1, x2);
                    swap(y1, y2);
                    dx = -dx; dy = -dy;
                }

                int x, dy2 = dy / 2, p = 0;
                if (dx < 0) dy2 = -dy2;
                for (int y = y1; y <= y2; y++)
                {
                    // x = (dx * (y - y1) + dy2) / dy + x1;
                    x = (p + dy2) / dy + x1;
                    p += dx;
                    matrix[y][x] = color;
                }
            }
        }


        ~Frame(void)
        {
            delete []pixels;
            delete []matrix;
        }

};


#endif // FRAME_H
```

Painter.h

```
#ifndef PAINTER_H
#define PAINTER_H

#include "Frame.h"

// Определение числа π, если оно не определено
#ifndef M_PI
#define M_PI 3.14159265358979323846
#endif

// Угол поворота фигуры
float global_angle = 0;

// Координаты последнего пикселя, который выбрал пользователь
struct
{
    int X, Y;
} global_clicked_pixel = { -1, -1 };


class Painter
{
public:

    void Draw(Frame& frame)
    {
        // Шахматная текстура
        for (int y = 0; y < frame.height; y++)
            for (int x = 0; x < frame.width; x++)
            {
                if ((x + y) % 2 == 0)
                    frame.SetPixel(x, y, { 230, 255, 230 }); // Золотистый цвет
```

```
                else
                    frame.SetPixel(x, y, { 200, 200, 200 }); // Серый цвет
            }

        int W = frame.width, H = frame.height;
        // Радиус описанной окружности
        float radius = 7.0f / 8 * ((W < H) ? W - 1 : H - 1) / 2;
        if (radius < 1) return; // Если окно очень маленькое, то ничего не рисуем
        float angle = global_angle; // Угол поворота

        // Центр описанной окружности (центра треугольника)
        struct
        {
            float x;
            float y;
        } C = { W / 2, H / 2 };

        // Вершины треугольника на окружности с радиусом `radius` и углами 0, 120
и 240 градусов
        struct
        {
            float x;
            float y;
        } A[3] = {
            { C.x + radius * cos(angle), C.y + radius * sin(angle) },
// Первая вершина (угол 0)
            { C.x + radius * cos(angle + 2.0f * M_PI / 3.0f), C.y + radius *
sin(angle + 2.0f * M_PI / 3.0f) },  // Вторая вершина (угол 120 градусов)
            { C.x + radius * cos(angle + 4.0f * M_PI / 3.0f), C.y + radius *
sin(angle + 4.0f * M_PI / 3.0f) }   // Третья вершина (угол 240 градусов)
        };

        // Рисуем стороны треугольника
        for (int i = 0; i < 3; i++)
        {
            int i2 = (i + 1) % 3;
            frame.DrawLine(
                int(A[i].x + 0.5f),
                int(A[i].y + 0.5f),
                int(A[i2].x + 0.5f),
                int(A[i2].y + 0.5f), COLOR(34, 139, 34)); // Зелёный цвет
        }

        // Вычисляем длины сторон треугольника
        float a = sqrt(pow(A[1].x - A[2].x, 2) + pow(A[1].y - A[2].y, 2));  //
Сторона между вершинами 1 и 2
        float b = sqrt(pow(A[0].x - A[2].x, 2) + pow(A[0].y - A[2].y, 2));  //
Сторона между вершинами 0 и 2
        float c = sqrt(pow(A[0].x - A[1].x, 2) + pow(A[0].y - A[1].y, 2));  //
Сторона между вершинами 0 и 1

        // Полупериметр
        float p = (a + b + c) / 2;

        // Площадь треугольника по формуле Герона
        float area = sqrt(p * (p - a) * (p - b) * (p - c));

        // Радиус вписанной окружности
        float r_incircle = area / p;

        // Вычисляем центр вписанной окружности (Ix, Iy)
        float Ix = (a * A[0].x + b * A[1].x + c * A[2].x) / (a + b + c);
        float Iy = (a * A[0].y + b * A[1].y + c * A[2].y) / (a + b + c);

        // Вращаем центр вписанной окружности вокруг центра треугольника (точка C)
на угол angle
        float rotated_Ix = (Ix - C.x) * cos(angle) - (Iy - C.y) * sin(angle) +
C.x;
```

```
        float rotated_Iy = (Ix - C.x) * sin(angle) + (Iy - C.y) * cos(angle) +
C.y;

        // Рисуем вписанную окружность зелёного цвета
        frame.Circle((int)(rotated_Ix + 0.5f), (int)(rotated_Iy + 0.5f),
int(r_incircle + 0.5f), COLOR(34, 139, 34)); // Вписанная окружность

        // Внешние окружности между углами треугольника и вписанной окружностью
        for (int i = 0; i < 3; i++)
        {
            // Смещаем центр этой окружности ближе к вершине
            float direction_x = (A[i].x - rotated_Ix);
            float direction_y = (A[i].y - rotated_Iy);
            float length = sqrt(direction_x * direction_x + direction_y *
direction_y);
            direction_x /= length; // Нормализуем вектор
            direction_y /= length;

            // Центр внешней окружности на расстоянии от вписанной окружности
            float distance_to_incircle = r_incircle + (radius * 0.165f); //
Устанавливаем расстояние от вписанной окружности

            // Центр внешней окружности
            float outer_circle_x = rotated_Ix + direction_x *
distance_to_incircle;
            float outer_circle_y = rotated_Iy + direction_y *
distance_to_incircle;

            // Радиус внешней окружности: 1/4 радиуса описанной окружности
            float outer_radius = radius * 0.165f; // Динамически устанавливаем
радиус внешней окружности

            // Рисуем дополнительные окружности зелёного цвета
            frame.Circle((int)(outer_circle_x + 0.5f), (int)(outer_circle_y +
0.5f), int(outer_radius + 0.5f), COLOR(34, 139, 34));
        }

        // Рисуем описанную окружность
        frame.Circle((int)C.x, (int)C.y, int(radius + 0.5f), COLOR(0, 0, 0));

        // Рисуем пиксель, на который кликнул пользователь
        if (global_clicked_pixel.X >= 0 && global_clicked_pixel.X < W &&
            global_clicked_pixel.Y >= 0 && global_clicked_pixel.Y < H)
            frame.SetPixel(global_clicked_pixel.X, global_clicked_pixel.Y, { 34,
175, 60 }); // Пиксель зелёного цвета
    }
};

#endif // PAINTER_H
```

Вывод: в ходе работы изучены алгоритмы Брезенхейма растеризации графических примитивов: отрезков, окружностей. С помощью отрезков были построены и анимированы многоугольники. Собраны в изображение требуемое по варианту.