Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

Лабораторная работа № 4

Тема: Реализация и исследование алгоритмов генерации окружностей

Студент: Блохин Д.М.

Группа ИУ7-42Б

Оценка (баллы) _____

Преподаватель Куров А. В.

Москва.
2020 г.

Цель работы:

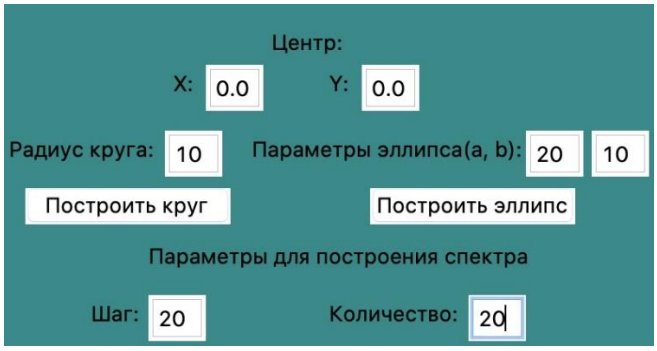
Реализация алгоритмов построения окружности, исследование и сравнение визуальных и временных характеристик алгоритмов.

Техническое задание:

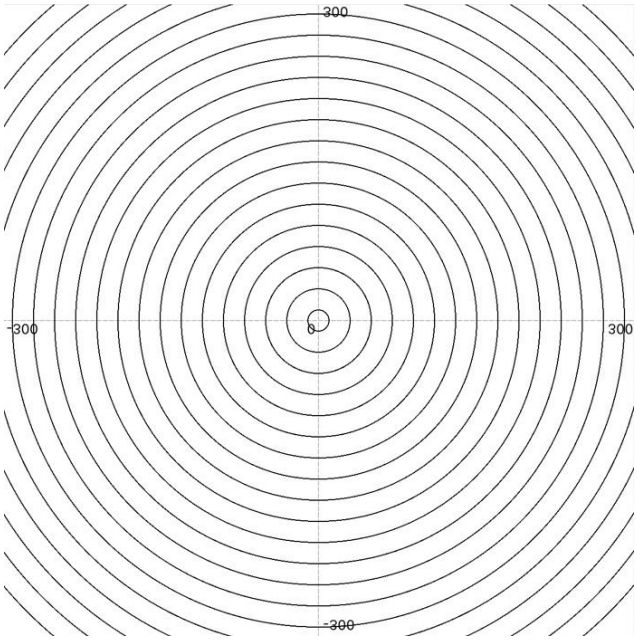
1. Вывод на экран окружности, построенной с помощью одного из нижеперечисленных алгоритмов. Предоставить пользователю возможность выбрать любой из них:
   - Канонического уравнения $X^2 + Y^2 = R^2$;
   - Параметрического уравнения $X = R * cost, Y = R * sint$;
   - Алгоритма Брезенхема;
   - Алгоритма средней точки;
   - Библиотечный алгоритм.
2. Вывод на экран эллипса, построенного с помощью одного из нижеперечисленных алгоритмов. Предоставить пользователю возможность выбрать любой из них:
   - Канонического уравнения $\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1$;
   - Параметрического уравнения $X = a * cost, Y = b * sint$;
   - Алгоритма Брезенхема (модифицировать самостоятельно);
   - Алгоритма средней точки;
   - Библиотечный алгоритм;
3. Исследование визуальных характеристик при рисовании спектра концентрических окружностей.
4. Исследование визуальных характеристик при рисовании спектра концентрических эллипсов.
5. Исследование временных характеристик алгоритмов построения окружностей (результат вывести в виде графика).
6. Исследование временных характеристик алгоритмов построения эллипсов (результат вывести в виде графика).

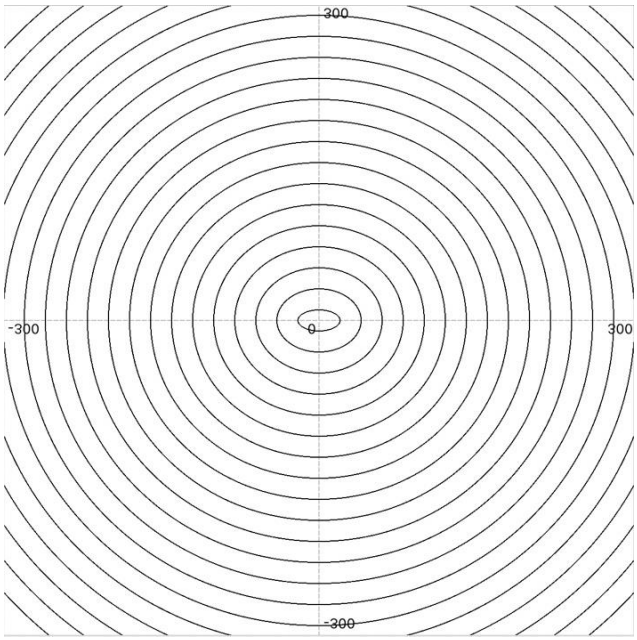
Примеры работы программы

Для примеров будут использоваться следующие входные данные:



Библиотечный алгоритм





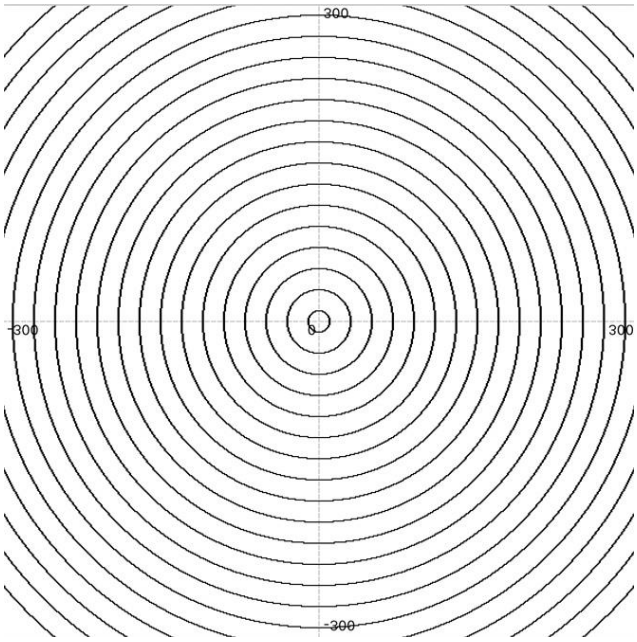
Каноническое уравнение

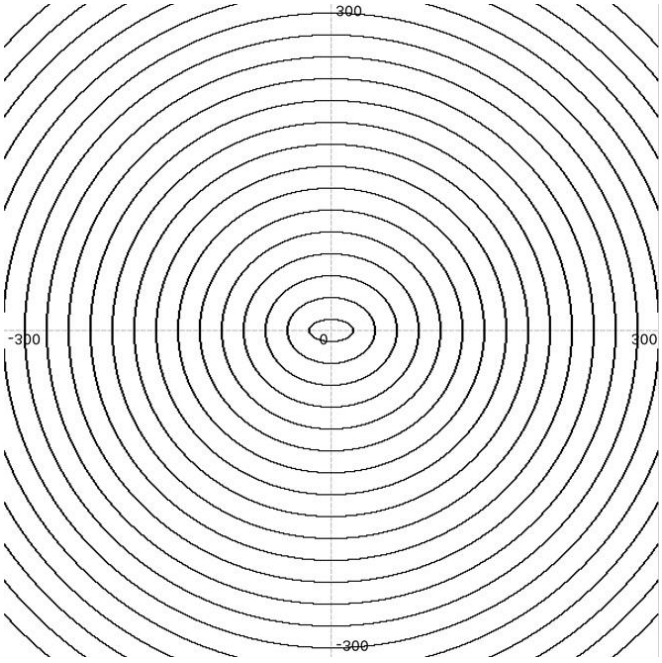
Для окружности: $X^2 + Y^2 = R^2$

Для эллипса: $\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1$

Нужно рассчитать все точки окружности.

Данный способ довольно таки простой, но требует большого количества вычислений.



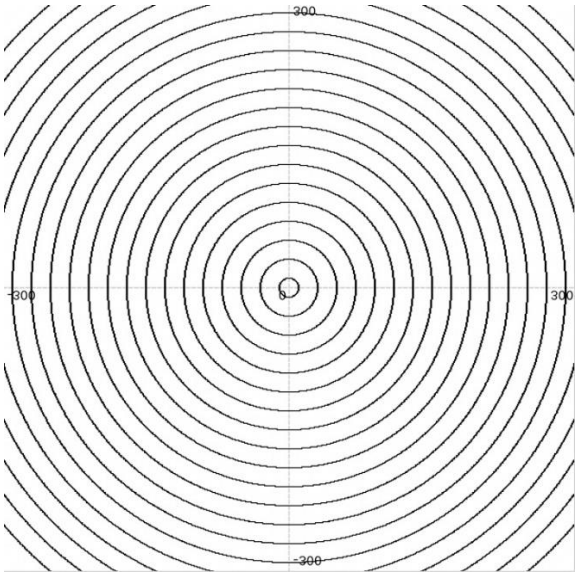


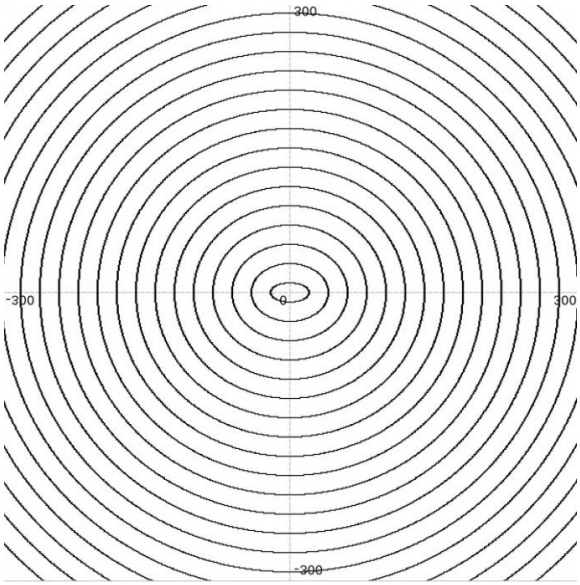
Код алгоритма:

```
void canon_circle(int x_c, int y_c, int r, graphics_scene *canvas)
{
   int x = 0, y = 0;
   double r2 = r * r;
   while (x <= r)
   {
      y = (int)round(sqrt(r2 - x * x));
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
      x += 1
   }

   while (y <= r)
   {
      x = (int)round(sqrt(r2 - y * y));
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
      y += 1
   }
}

void canon_ellipse(int x_c, int y_c, int a, int b, graphics_scene *canvas)
{
   int x = 0, y = 0;
   double a2 = a * a;
   double b2 = b * b;
   while (x <= a)
   {
      y = (int)round(b * sqrt(1.0 - x * x / a2));
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
   }

   while (x <= b)
   {
      x = (int)round(a * sqrt(1.0 - y * y / b2));
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
   }
}
```

Параметрическое уравнение

Для окружности: $X = R * cost, Y = R * sint$
Для эллипса: $X = a * cost, Y = b * sint$
Нужно рассчитать для каждого значения параметра $t = \frac{1}{R}$ $(0 < t < 2)$ значения координат соответствующих точек окружности и соединить их затем отрезками прямых
Также достаточно простой способ, но требует большого количества вычислений.



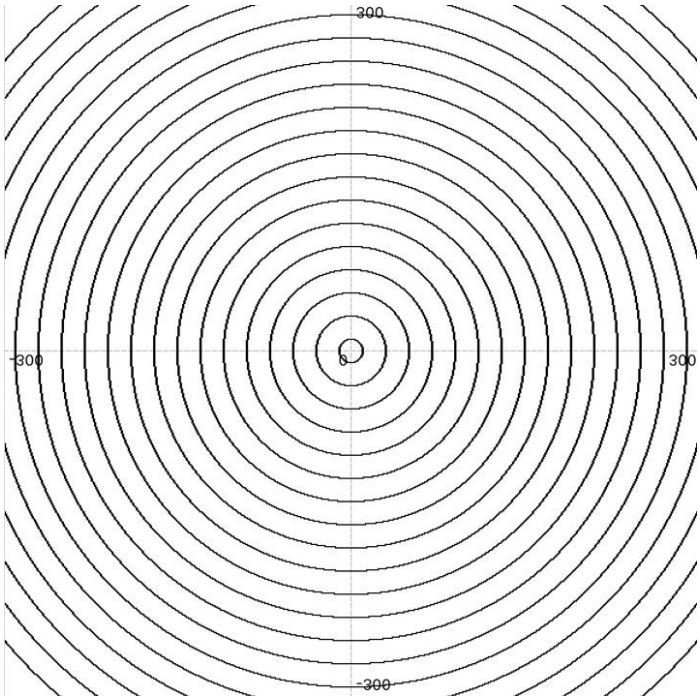


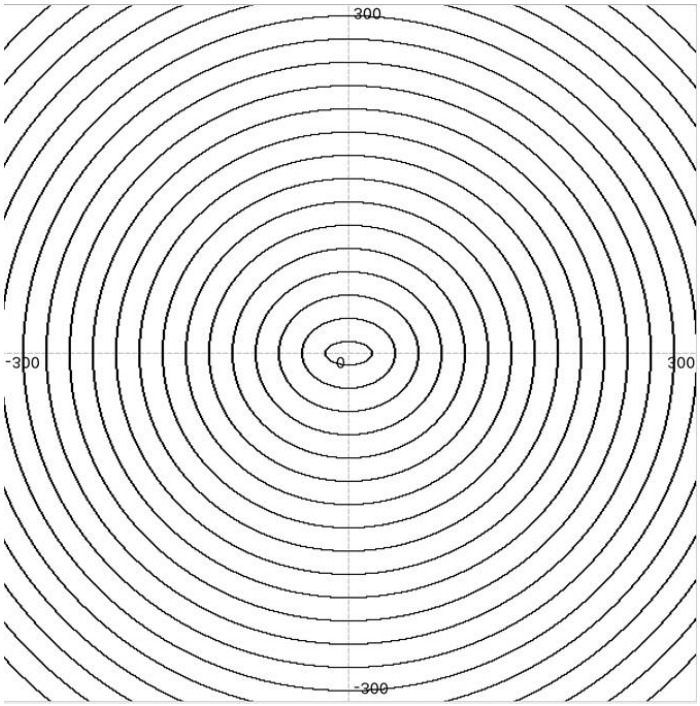
Код алгоритма:

```
void param_circle(int x_c, int y_c, int r, graphics_scene *canvas)
{
   double d = 1.0 / (double)r;
   int x, y;
   double tmp = 0;
   while (tmp <= M_PI_2 + d)
   {
      x = (round(r * cos(tmp)));
      y = (round(r * sin(tmp)));
      draw_pix (x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix (x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix (x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix (x_c - x, y_c - y, canvas);
      tmp += d;
   }
}

void param_ellipse(int x_c, int y_c, int a, int b, graphics_scene *canvas)
{
   int max_r = (a > b) ? a : b;
   double d = 1.0 / (double) max_r;
   int x, y;
   double tmp = 0;
   while (tmp <= M_PI_2 + d)
   {
      x = (round(a * cos(tmp)));
      y = (round(b * sin(tmp)));
      draw_pixel(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pixel(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pixel(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pixel(x_c - x, y_c - y, canvas);
      tmp += d;
   }
}
```

Алгоритм Брезенхема

Алгоритм Брезенхема эффективнее предыдущих, так как для построения достаточно генерировать $^1/_8$ часть окружности. Остальные части получаются путем симметричного отражения относительно определенной прямой.





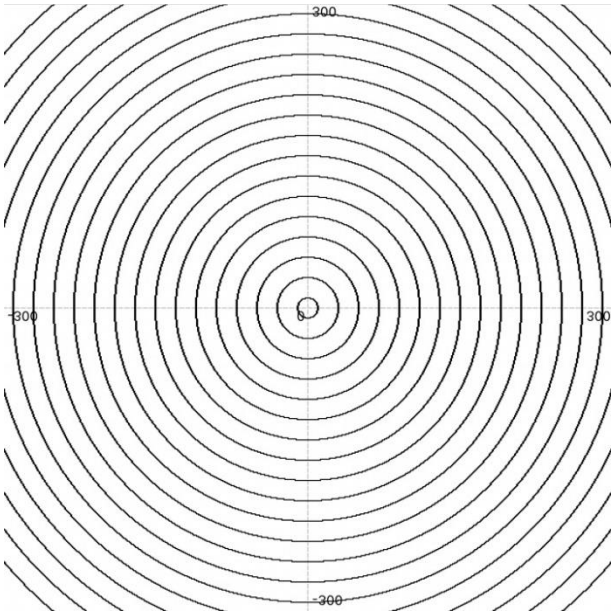
Код алгоритма:

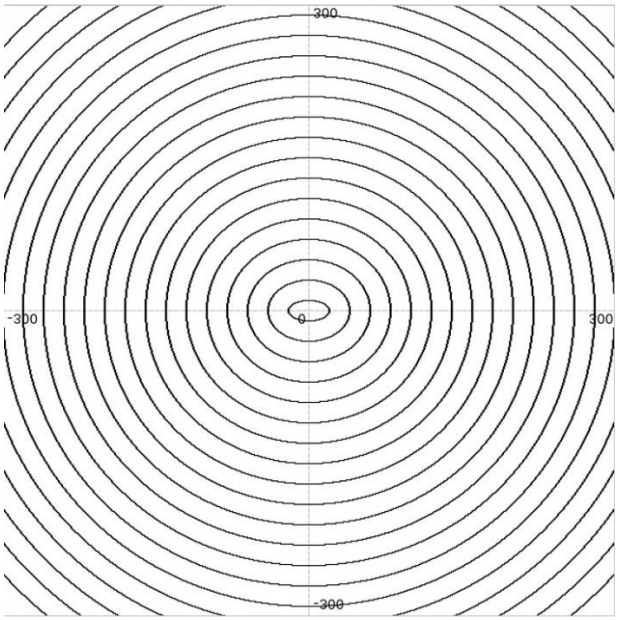
```
void brez_circle(int x_c, int y_c, int r, graphics_scene *canvas)
{
   int x = 0, y = r;
   int d = 2 * (1 - r);
   int d1 = 0, d2 = 0;
   int y_end = 0;
   while (y >= y_end)
   {
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
      if (d < 0)
      {
        d1 = 2 * (d + y) - 1;
        x += 1;
        if (d1 < 0)
           d = d + 2 * x + 1;
        else
        {
           y -= 1;
           d = d + 2 * (x - y + 1);
        }
      }
      else if (d == 0)
      {
         x += 1;
         y -= 1;
         d = d + 2 * (x - y + 1);
      }
      else
      {
         d2 = 2 * (d - x) - 1;
         y -= 1;
         if (d2 < 0)
         {
            x += 1;
            d = d + 2 * (x - y + 1);
         }
         else
            d = d - 2 * y + 1;
      }
   }
}

void brez_ellipse(int x_c, int y_c, int a, int b, graphics_scene *canvas)
{
   int x = 0;
   int y = b; // при b = 0 и a != 0 получится точка
   int a2 = a * a;
   int b2 = b * b;
   int da2 = 2 * a2;
   int db2 = 2 * b2;
   int d = b2 - da2 * b + a2;
   int d1 = 0, d2 = 0;
   int y_end = 0;
   while (y >= y_end)
   {
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
```

```
        draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
        draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
        if (d < 0)
        {
          d1 = 2 * d + da2 * y - a2;
          x += 1;
          if (d1 < 0)
             d = d + db2 * x + b2;
          else
          {
             y -= 1;
             d = d + db2 * x - da2 * y + a2 + b2;
          }
        }
        else if (d == 0)
        {
          x += 1;
          y -= 1;
          d = d + db2 * x - da2 * y + a2 + b2;
        }
        else
        {
          d2 = 2 * d - db2 * x - b2;
          y -= 1;
          if (d2 < 0)
          {
             x += 1;
             d = d + db2 * x - da2 * y + a2 + b2;
          }
          else
             d = d - da2 * y + a2;
        }
    }
}
```

Алгоритм средней точки

По эффективности алгоритм близок к алгоритму Брезенхема. В алгоритме средней точки происходит выборка для средних положений между пикселями вблизи заданной окружности





Код алгоритма:

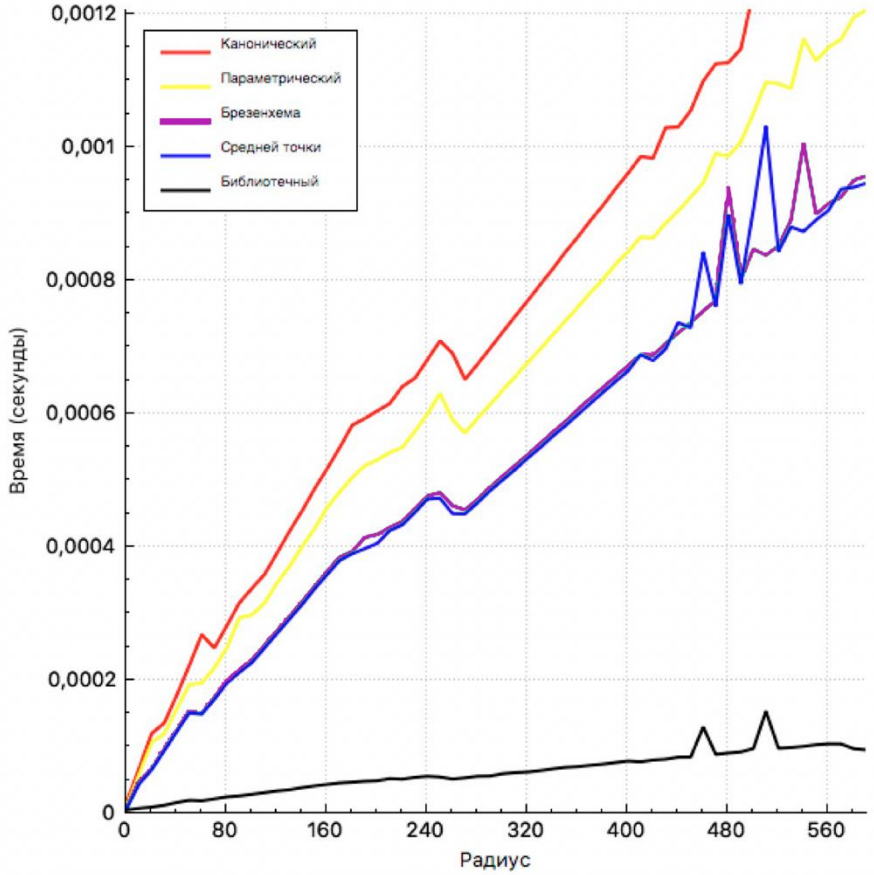
```
void midpoint_circle(int x_c, int y_c, int r, graphics_scene *canvas)
{
   int x = 0;
   int y = r;
   int df = 0;
   int delta = -2 * y;

   int x_bound = r / sqrt(2);
   int f = 1.25 - r;

   for (; x <= x_bound; x++)
   {
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);

      if (f >= 0)
      {
         y -= 1;
         delta += 2;
         f += delta;
      }
      df += 2;
      f += df + 1;
   }

   delta = 2 * x;
   df = -2 * y;
   f += -x - y;
   for (; y >= 0; y--)
   {
      draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
      draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
      draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
      if (f < 0)
      {
         x += 1;
         delta += 2;
         f += delta;
      }
      df += 2;
      f += 1 + df;
   }
}

void midpoint_ellipse(int x_c, int y_c, int a, int b, graphics_scene *canvas)
{
   int a2 = a * a;
   int b2 = b * b;
   int da2 = 2 * a2;
   int db2 = 2 * b2;
   int x = 0;
   int y = b;
   int df = 0;
   int delta = -da2 * y;


   int x_bound = a2 / sqrt(a2 + b2);
   int f = b2 - a2 * b + 0.25 * a2;
```

```
    if (b == 0)
        f = -1;

    for (; x <= x_bound; x++)
    {
        draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
        draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
        draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
        draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
        if (f >= 0)
        {
            y -= 1;
            delta += da2;
            f += delta;
        }
        df += db2;
        f += df + b2;
    }

    if (a == 0)
        x = 0;

    delta = db2 * x;
    df = -da2 * y;
    f += 0.75 * (a2 - b2) - a2 * y - b2 * x;
    for (; y >= 0; y--)
    {
        draw_pix(x_c + x, y_c + y, canvas);
        draw_pix(x_c - x, y_c + y, canvas);
        draw_pix(x_c + x, y_c - y, canvas);
        draw_pix(x_c - x, y_c - y, canvas);
        if (f < 0)
        {
            x += 1;
            delta += db2;
            f += delta;
        }
        df += da2;
        f += a2 + df;
    }
}
```

Анализ времени выполнения алгоритмов:

Для окружностей:

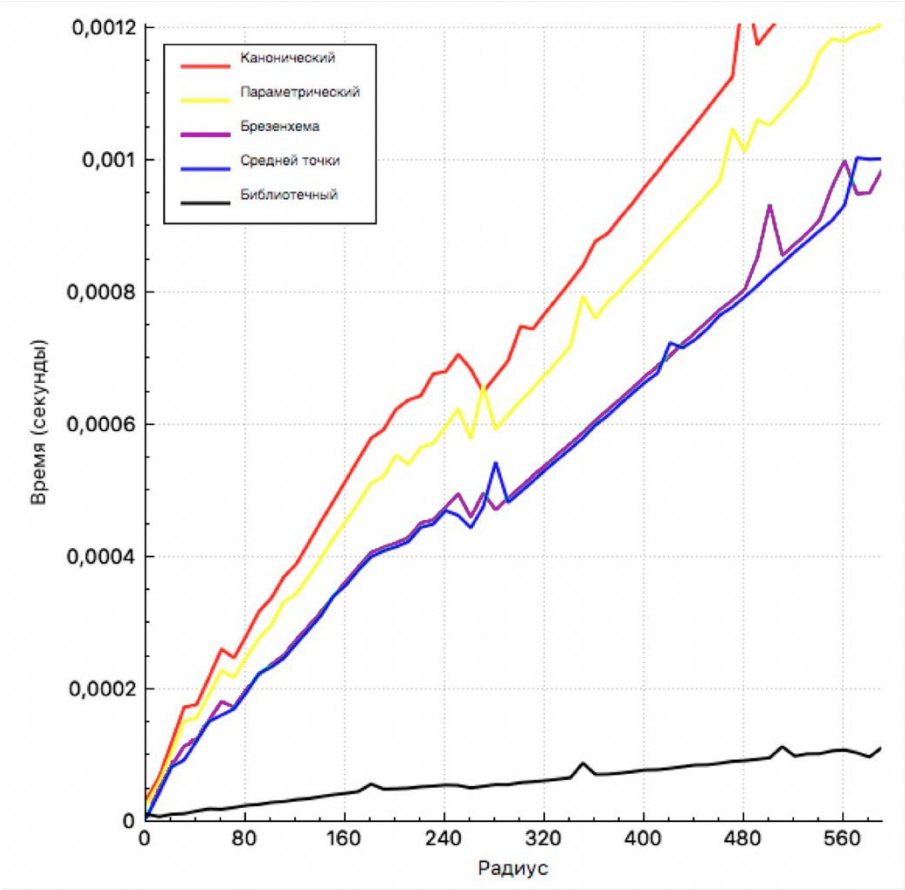
Радиус изменяется от 10 до 620 с шагом 10.



Рисование окружности с помощью уравнения занимает больше всего времени. Время работы алгоритма Брезенхема и алгоритма средней точки практически совпадают.

Для эллипса:

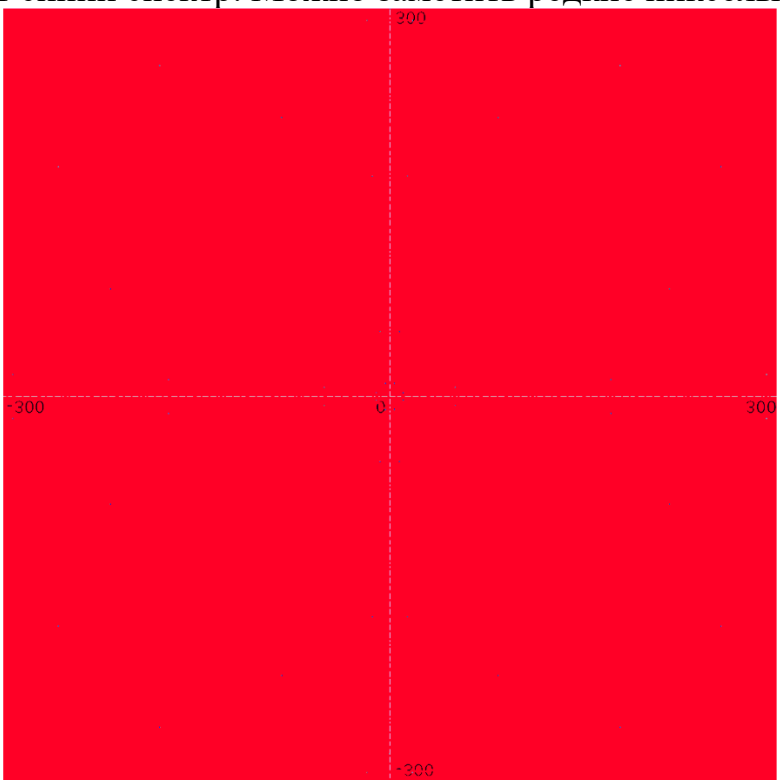
Параметр A изменяется от 20 до 620 с шагом 10, а параметр B – от 20 до 1200 с шагом 20.



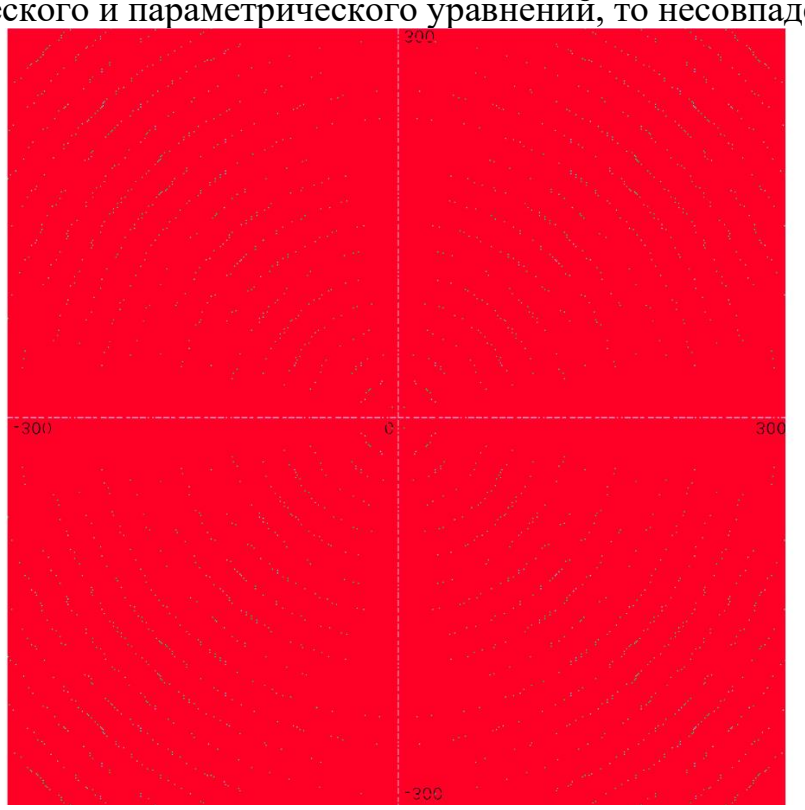
Результаты похожи

Исследование визуальных характеристик

Если построить спектр окружностей сначала алгоритмом средней точки сигим цветом, затем сверху наложить такой же спектр красного цвета фона, построенный с помощью алгоритма Брезенхема, то он практически полностью перекроет синий спектр. Можно заметить редкие пикселы синего цвета



Если проделать аналогичные действия со спектрами, построенным с помощью канонического и параметрического уравнений, то несовпадений будет больше



Интерфейс программы