

Лабораторная работа № 5

Компьютерный практикум по статистическому анализу данных

Кузнецова С.В.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Кузнецова София Вадимовна
- Российский университет дружбы народов

- Освоить синтаксис языка Julia для построения графиков.

Выполнение лабораторной работы

Основные пакеты для работы с графиками в Julia

1. Основные пакеты для работы с графиками в Julia

```
[1]: using Plots
      # Задание функции:
      f(x) = (3x.^2 + 6x - 9).*exp.(-0.3x)
      # Генерация массива значений x в диапазоне от -5 до 10 с шагом 0,1:
      x = collect(range(-5, 10, length=151))
      # Генерация массива значений y:
      y = f(x)
      # Указываем, что для построения графика используется gr():
      gr()
      # Построение графика:
      plot(x, y,
            title="Graph of the Function f(x)",      # Заголовок графика
            xlabel="x-axis (Input)",                 # Подпись оси x
            ylabel="y-axis (Output)",                 # Подпись оси y
            label="f(x) = (3x² + 6x - 9)e⁻⁰·³ˣ",      # Легенда
            color="blue",                            # Цвет графика
            lw=2,                                     # Толщина линии
            grid=true)                               # Включение сетки
```

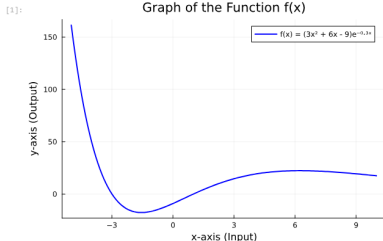


Рис. 1: График функции, построенный при помощи gr()

Основные пакеты для работы с графиками в Julia

```
[2]: pyplot()
# Построение графика:
plot(x, y,
      title="График функции f(x)",           # Заголовок графика
      xlabel="Ось x (входные данные)",        # Подпись оси x
      ylabel="Ось y (выходные данные)",       # Подпись оси y
      label="f(x) = (3x^2 + 6x - 9)e^{-0.3x}", # Легенда
      color="blue",                          # Цвет графика
      lw=2,                                  # Толщина линии
      grid=true)                             # Включение сетки
```

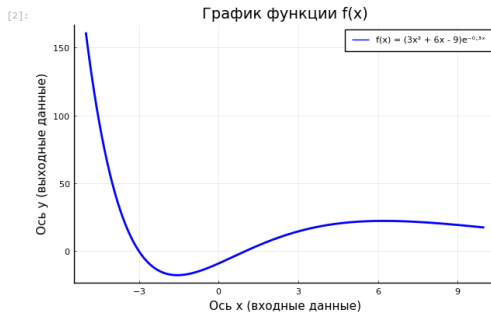


Рис. 2: График функции, построенный при помощи pyplot()

2. Опции при построении графика

```
[3]: # Указываем, что для построения графика используется pyplot():
      pyplot()
      # Задание функции sin(x):
      sin_theor(x) = sin(x)
      # Построение графика функции sin(x):
      plot(sin_theor,
            title="График функции sin(x)",          # Заголовок графика
            xlabel="Ось x (аргумент)",              # Подпись оси x
            ylabel="Ось y (значение функции)",       # Подпись оси y
            label="sin(x)",                         # Легенда
            lw=2,                                    # Толщина линии
            color="blue",                           # Цвет линии
            grid=True)                              # Включение сетки
```

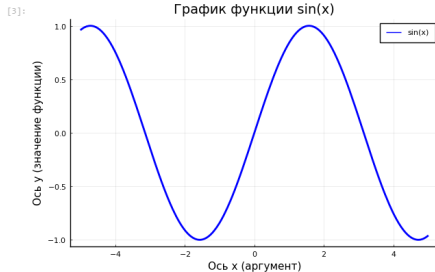


Рис. 3: График функции $\sin(x)$

Опции при построении графика

```
[4]: # Задание функции разложения исходной функции в ряд Тейлора:
sin_taylor(x) = [(-1)**i * x**(2*i+1) / factorial(2*i+1) for i in 0:4] |> sum
# Построение графика функции sin_taylor(x):
plot(sin_taylor,
      title="График разложения sin(x) в ряд Тейлора", # Заголовок графика
      xlabel="Ось x (аргумент)", # Подпись оси x
      ylabel="Ось y (значение функции)", # Подпись оси y
      label="Ряд Тейлора (первые 5 членов)", # Легенда
      lw=2, # Толщина линии
      color="red", # Цвет линии
      grid=true) # Включение сетки
```

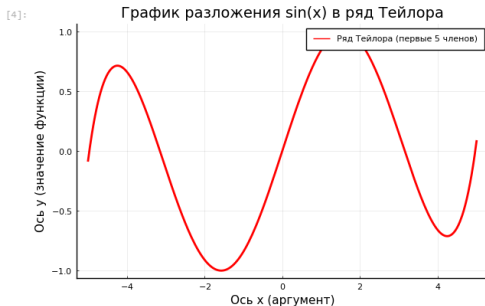


Рис. 4: График функции разложения исходной функции в ряд Тейлора

Опции при построении графика

```
[5]: # построение двух функций на одном графике:
# Построение графика теоретической функции sin(x):
plot(sin_theor,
     label="sin(x)",           # Легенда для sin(x)
     lw=2,                    # Толщина линии
     color="blue")            # Цвет линии sin(x)
# Добавление графика разложения в ряд Тейлора:
plot(sin_taylor,
     label="Ряд Тейлора (5 членов)", # Легенда для ряда Тейлора
     lw=2,                    # Толщина линии
     color="red")              # Цвет линии для ряда Тейлора
# Добавление оформлений:
title("Сравнение sin(x) и его ряда Тейлора") # Название графика
xlabel("Ось x (аргумент)") # Подпись оси x
ylabel("Ось y (значение функции)") # Подпись оси y
```

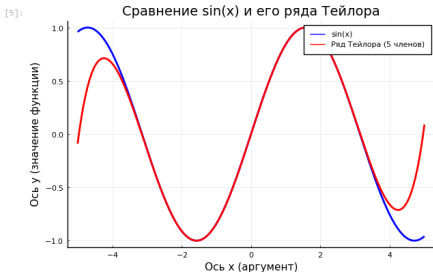


Рис. 5: Графики исходной функции и её разложения в ряд Тейлора

Опции при построении графика

```
[n]: plot(  
    # функция sin(x):  
    sin_taylor,  
    # надпись в секунде, цвет и тип линии:  
    label = "sin(x), разложение в ряд Тейлора",  
    line=(blue, 0.5, 0, :solid),  
    # размер графика:  
    size=(800, 600),  
    # параметры отображения значений на осях  
    ticks = (-5.0:0.5:5.0),  
    yticks = (-1.0:1.0:1.0),  
    tickfont = font(12, "Times New Roman"),  
    ytickfont = font(12, "Times New Roman"),  
    # надпись на осях:  
    ylabel = "y",  
    xlabel = "x",  
    # название графика:  
    title = "Разложение в ряд Тейлора",  
    # надпись значений, заданной по оси x:  
    xrotation = rad2deg(pi/4),  
    # заливка области графика цветом:  
    fillrange = 0,  
    fillalpha = 0.5,  
    fillcolor = :lightgoldenrod,  
    # название окна окна:  
    background_color = :ivory  
)  
plot(  
    # функция sin_taylor:  
    sin_taylor,  
    # надпись в секунде, цвет и тип линии:  
    label = "sin(x), теоретическое значение",  
    line=(black, 1.0, 0, :dash))
```

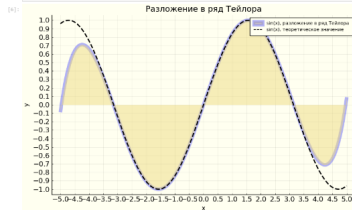


Рис. 6: Вид графиков после добавления опций при их построении

3. Точечный график

3.1. Простой точечный график

```
[7]: # Параметры распределения точек на плоскости:  
x = range(1, 10, length=10)  
y = rand(10)  
# Параметры построения графика:  
plot(x, y,  
      seriestype = :scatter,          # Тип графика: точки  
      title = "Точечный график распределения", # Название графика  
      xlabel = "Ось X (параметр x)",      # Подпись оси X  
      ylabel = "Ось Y (случайные значения)", # Подпись оси Y  
      label = "Точки данных",           # Легенда для точек  
      color = :blue,                     # Цвет точек  
      markersize = 8,                     # Размер маркеров  
      grid = true)                       # Включение сетки
```



Рис. 7: График десяти случайных значений на плоскости (простой точечный график)

3.2. Точечный график с кодированием значения размером точки

```
[8]: # Параметры распределения точек на плоскости:
n = 50
x = rand(n) # случайные значения для оси X
y = rand(n) # случайные значения для оси Y
ms = rand(50) * 30 # случайный размер маркеров
# Параметры построения графика:
scatter(x, y,
        markersize = ms, # Размер маркеров зависит от случайных значений
        title = "Точечный график с случайными размерами маркеров", # Название графика
        xlabel = "Ось X (случайные значения)", # Подпись оси X
        ylabel = "Ось Y (случайные значения)", # Подпись оси Y
        label = "Точки данных", # Легенда для точек
        color = :blue, # Цвет точек
        grid = true, # Включение сетки
        legend = :topright) # Размещение легенды в правом верхнем углу
```

[8]: Точечный график с случайными размерами маркеров

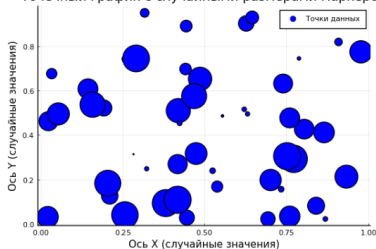


Рис. 8: График пятидесяти случайных значений на плоскости с различными опциями отображения (точечный график с кодированием значения размером точки)

3.3. 3-мерный точечный график с кодированием значения размером точки

```
[9]: # Параметры распределения точек в пространстве:  
n = 50  
x = rand(n) # случайные значения для оси X  
y = rand(n) # случайные значения для оси Y  
z = rand(n) # случайные значения для оси Z  
ms = rand(50) * 50 # случайный размер маркеров  
# Параметры построения графика:  
scatter3d(x, y, z,  
         markersize = ms, # Размер маркеров зависит от случайных значений  
         title = "Точечный график в 3D пространстве", # Название графика  
         xlabel = "X", # Подпись оси X  
         ylabel = "Y", # Подпись оси Y  
         zlabel = "Z", # Подпись оси Z  
         label = "Точки данных", # Легенда для точек  
         color = 'blue', # Цвет точек  
         grid = true, # Включение сетки  
         legend = :topright) # Размещение легенды в правом верхнем углу
```

[9]: Точечный график в 3D пространстве

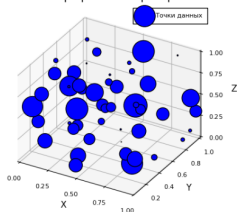


Рис. 9: График пятидесяти случайных значений в пространстве с различными опциями отображения (3-мерный точечный график с кодированием значения размером точки)

4. Аппроксимация данных

```
[10]: # Массив данных от 0 до 10 с шагом 0.01:  
x = collect(0:0.01:9.99)  
# Экспоненциальная функция со случайным сдвигом значений:  
y = exp(ones(1000) * x) + 4000*randn(1000)  
# Построение графика:  
scatter(x, y,  
        markersize = 3,          # Размер маркеров  
        alpha = 0.8,             # Прозрачность маркеров  
        title = "График экспоненциальной функции с шумом", # Название графика  
        xlabel = "Переменная x", # Подпись оси X  
        ylabel = "Значения функции y", # Подпись оси Y  
        label = "Сдвиг с шумом", # Легенда для точек  
        color = :blue,           # Цвет точек  
        grid = true,             # Включение сетки  
        legend = :topright)      # Размещение легенды в правом верхнем углу
```

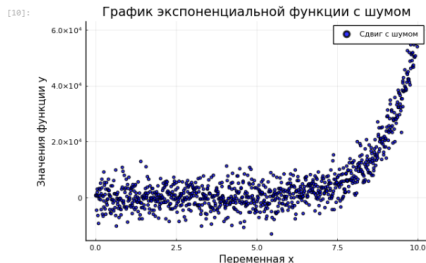


Рис. 10: Пример функции

```
[12]: # Определение массива для нахождения коэффициентов полинома:  
A = [ones(1000) x x.^2 x.^3 x.^4 x.^5]  
# Решение матричного уравнения:  
c = A\y  
# Построение полинома (переименовали f в f_poly):  
f_poly = c[1]*ones(1000) + c[2]*x + c[3]*x.^2 + c[4]*x.^3 + c[5]*x.^4 + c[6]*x.^5  
# Построение графика аппроксимирующей функции:  
plot(x, f_poly,  
      linewidth = 3,      # Толщина линии  
      color = 'red',      # Цвет линии  
      title = "Аппроксимация функции полиномом 5-й степени", # Название графика  
      xlabel = "Переменная x", # Подпись оси X  
      ylabel = "Значение функции y", # Подпись оси Y  
      label = "Аппроксимирующий полином", # Легенда для аппроксимирующей функции  
      grid = true,      # Включение сетки  
      legend = :topright) # Размещение легенды в правом верхнем углу
```

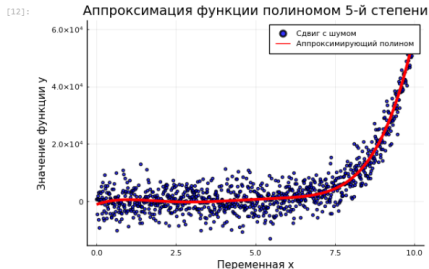


Рис. 11: Пример аппроксимации исходной функции полиномом 5-й степени

5. Две оси ординат

```
[13]: # Пример случайной траектории
plot(randn(100),
      title="Случайная траектория", # Заголовок графика
      xlabel="Время (t)",          # Подпись оси X
      ylabel="y1",                  # Подпись оси Y
      label="Траектория 1",        # Название кривой в легенде
      leg=:topright,               # Легенда в верхнем правом углу
      grid=:off,                   # Отключение сетки
      color=:blue,                 # Цвет графика
      linewidth=2,                 # Толщина линии
      markersize=3,                # Размер маркеров
      )
```

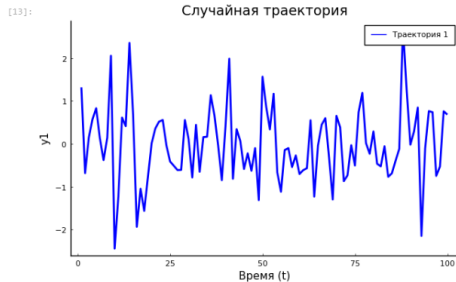


Рис. 12: Пример отдельно построенной траектории

6. Полярные координаты

```
[15]: # Функция в полярных координатах
r(θ) = 1 + cos(θ) * sin(θ)^2
# Полярная система координат
θ = range(0, stop=2π, length=50)
# Построение графика функции в полярных координатах
plot(θ, r(θ),
     proj='polar',          # Использование полярной проекции
     lims=(0, 1.5),        # Ограничения по радиусу
     title="Полярная кривая", # Заголовок графика
     xlabel="Угол (θ)",     # Подпись оси X (Угол)
     ylabel="Радиус (r)",   # Подпись оси Y (Радиус)
     label="r(θ) = 1 + cos(θ) * sin(θ)^2", # Легенда с названием функции
     legend=itopright,      # Позиция легенды в правом верхнем углу
     color=blue,            # Цвет графика
     linewidth=2,           # Толщина линии
     grid=on,               # Включение сетки
     bok=true               # Включение рамки графика
)
```



Рис. 13: График функции, заданной в полярных координатах

7. Параметрический график

7.1. Параметрический график кривой на плоскости

```
[19]: # Параметрическое уравнение
x_t(t) = sin(t)
y_t(t) = sin(2t)
# Построение графика
plot(x_t, y_t, 0, 2π,
     title="Параметрическая траектория", # Заголовок графика
     xlabel="sin(t)", # Подпись оси X
     ylabel="sin(2t)", # Подпись оси Y
     label="Траектория (x = sin(t), y = sin(2t))", # Легенда
     legend=toptight, # Расположение легенды
     fill=(0, :orange), # Заливка до оси X
     lw=2, # Толщина линии
     color=:blue, # Цвет графика
     grid=:on, # Включение сетки
)
```

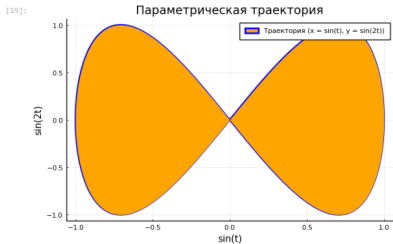


Рис. 14: Параметрический график кривой на плоскости

7.2. Параметрический график кривой в пространстве

```
[23]: # Параметрическое уравнение
t = range(0, stop=10, length=1000)
x = cos.(t)
y = sin.(t)
z = sin.(5t)
# Построение графика
plot(x, y, z,
      title="Параметрическая 3D траектория", # Заголовок графика
      xlabel="x = cos(t)", # Подпись оси X
      ylabel="y = sin(t)", # Подпись оси Y
      zlabel="z = sin(5t)", # Подпись оси Z
      label="Траектория в 3D", # Название траектории в легенде
      legend=:topright, # Расположение легенды
      lw=2, # Толщина линии
      color=:blue, # Цвет графика
      grid=:on, # Включение сетки
      )
```

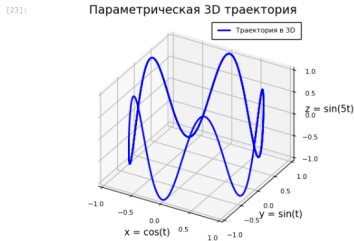


Рис. 15: Параметрический график кривой в пространстве

8. График поверхности

```
[26]: # Построение графика поверхности
f_xy(x, y) = x^2 + y^2
x = -10:10
y = x
# График поверхности
surface(x, y, f_xy,
        title="График поверхности:  $z = x^2 + y^2$ ", # Заголовок
        xlabel="x", # Подпись оси X
        ylabel="y", # Подпись оси Y
        zlabel="z", # Подпись оси Z
        color=viridis, # Цветовая схема
        legend=false, # Отключение легенды
        colorbar=true # Включение цветовой шкалы
    )
```

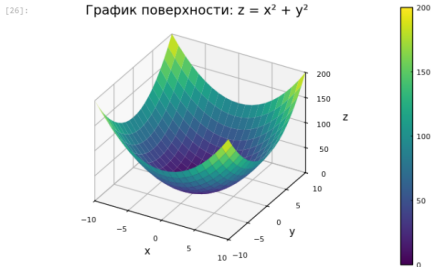


Рис. 16: График поверхности (использована функция surface())

```
[28]: # Построение графика поверхности
f_xy(x, y) = x^2 + y^2
x = -10:10
y = x
# График поверхности в виде каркаса
plot(x, y, f_xy,
      linestyle=:wireframe,          # Каркасный стиль графика
      title="График поверхности: z = x^2 + y^2", # Заголовок
      xlabel="x",                    # Подпись оси X
      ylabel="y",                    # Подпись оси Y
      zlabel="z",                    # Подпись оси Z
      legend=false                    # Отключение легенды
    )
```

[28]:

График поверхности: $z = x^2 + y^2$

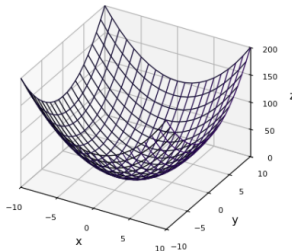


Рис. 17: График поверхности (использована функция plot())

```
[32]: # Определение функции поверхности
f_xy(x, y) = x^2 + y^2
# Диапазон значений для осей
x = -10:0.1:10
y = x
# Построение графика поверхности
plot(x, y, f_xy,
      linestyle='surface',          # Поверхностный график
      title="График поверхности: z = x^2 + y^2", # Заголовок графика
      xlabel="x",                  # Подпись оси X
      ylabel="y",                  # Подпись оси Y
      zlabel="z",                  # Подпись оси Z
      color=:viridis,              # Цветовая схема
      legend=false,                # Отключение легенды
      colorbar=true
    )
```

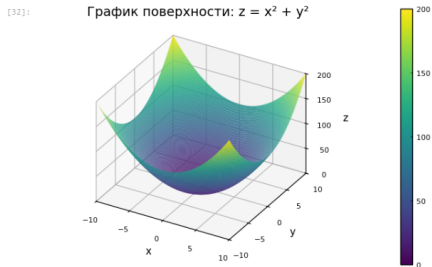


Рис. 18: Сглаженный график поверхности

```
[35]: # Определение диапазонов значений для осей
x = range(-2, stop=2, length=100)
y = range(sqrt(2), stop=2, length=100)
# Определение функции поверхности
f_xy(x, y) = x * y - x - y + 1
# Построение графика поверхности
plot(x, y, f_xy,
      linestyle=:surface,          # Поверхностный график
      title="Поверхность: f(x, y) = xy - x - y + 1", # Заголовок графика
      xlabel="x",                  # Подпись оси X
      ylabel="y",                  # Подпись оси Y
      zlabel="z",                  # Подпись оси Z
      c=:cgrad([:red, :blue]),      # Градиент цвета
      camera=(-30, 30),             # Угол обзора камеры
      legend=false,                 # Отключение легенды
      colorbar=true)
)
```

[35]:

Поверхность: $f(x, y) = xy - x - y + 1$

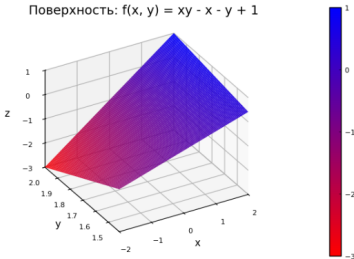


Рис. 19: График поверхности с изменённым углом зрения

9. Линии уровня

```
[38]: # Определение диапазонов для x и y
x = 1:0.5:20
y = 1:0.5:10
# Определение функции поверхности
g(x, y) = (3x + y^2) * abs(sin(x) + cos(y))
# Построение графика поверхности
plot(x, y, g,
      linestyle=:surface,          # Поверхностный график
      title="Функция: g(x, y)",    # Заголовок графика
      xlabel="x",                  # Подпись оси X
      ylabel="y",                  # Подпись оси Y
      zlabel="z",                  # Подпись оси Z
      c=:cgrad([:green, :yellow, :red]), # Градиент цвета
      colorbar=true                 # Включение цветовой шкалы
    )
```

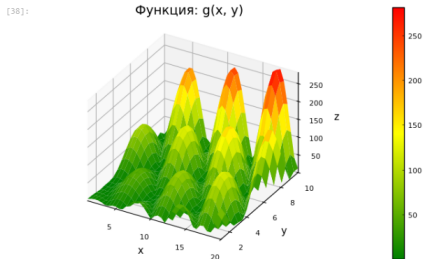


Рис. 20: График поверхности, заданной функцией $g(x, y) = (3x + y^2) |\sin(x) + \cos(y)|$

```
[40]: # Построение контурного графика
      contour(x, y, g,
              title="Контурный график функции g(x, y)", # Заголовок
              xlabel="x",                                # Подпись оси X
              ylabel="y",                                # Подпись оси Y
              color=:viridis,                             # Цветовая схема
              lw=1.5                                       # Толщина линий
              )
```

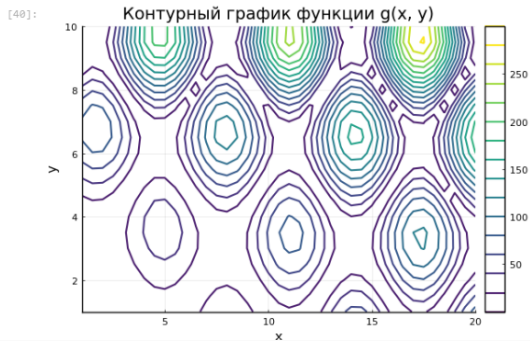


Рис. 21: Линии уровня

```
[42]: p = contour(x, y, g,  
                title="Заполненный контурный график функции g(x, y)", # Заголовок  
                xlabel="x", # Подпись оси X  
                ylabel="y", # Подпись оси Y  
                fill=True, # Заполнение области между уровнями  
                color=cm.viridis, # Цветовая схема  
                legend=False, # Отключение отдельной легенды  
                colorbar=True  
                )
```

[42]: Заполненный контурный график функции $g(x, y)$

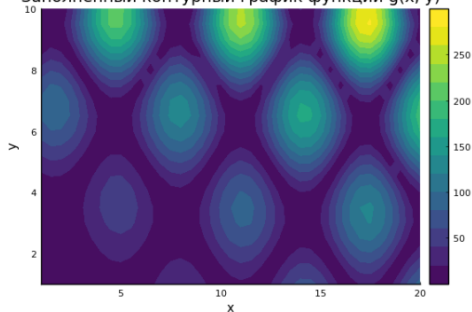


Рис. 22: Линии уровня с заполнением

10. Векторные поля

```
[45]: # Определение переменных
X = range(-2, stop=2, length=100)
Y = range(-2, stop=2, length=100)
# Определение функции
h(x, y) = x^3 - 3x + y^2
# Построение поверхности
plot(X, Y, h,
      linetype = :surface, # Тип графика: поверхность
      title = "График функции h(x, y)", # Заголовок графика
      xlabel = "X", # Подпись оси X
      ylabel = "Y", # Подпись оси Y
      zlabel = "h(x, y)", # Подпись оси Z (значения функции)
      color = :plasma, # Цветовая схема
      legend = :false, # Отключение легенды (если она не нужна)
      grid = true, # Включение сетки
      colorbar=true
)
```

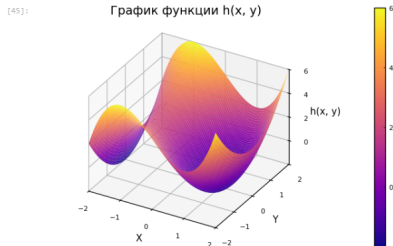


Рис. 23: График функции $h(x, y) = x^3 - 3x + y^2$

```
[50]: # Построение линий уровня
contour(X, Y, h,
        title = "Линии уровня функции h(x, y)", # Заголовок графика
        xlabel = "X", # Подпись оси X
        ylabel = "Y", # Подпись оси Y
        color = :plasma, # Цветовая схема для контуров
        legend = false, # Отключение легенды (если не требуется)
        grid = true, # Включение сетки
        linewidth = 2, # Толщина линий
        colorbar=true
    )
```

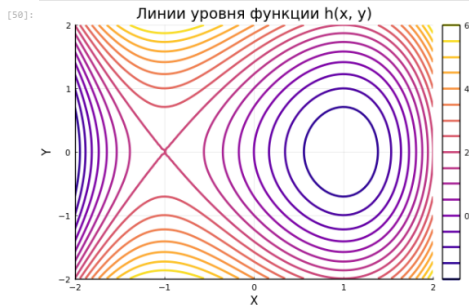


Рис. 24: Линии уровня для функции $h(x, y) = x^3 - 3x + y^2$

11. Анимация

11.1. Gif-анимация

```
[61]: # построение поверхности:  
i = 0  
X = Y = range(-5, stop=5, length=40)  
surface(X, Y, (x,y) -> sin(x+10sin(i))+cos(y))
```

[61]:

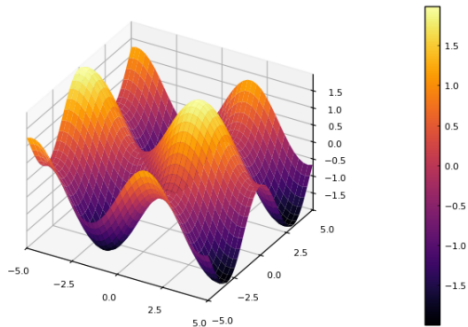


Рис. 25: Статичный график поверхности

```
[62]: # анимация:  
X = Y = range(-5,stop=5,length=40)  
@gif for i in range(0,stop=2π,length=100)  
    surface(X, Y, (x,y) -> sin(x+10sin(i))+cos(y))  
end
```

[Info: Saved animation to C:\Users\Ivan\Favorites\tmp.gif

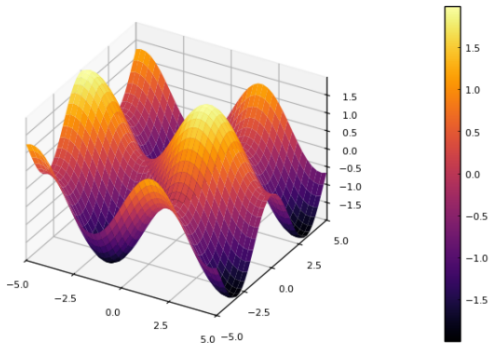


Рис. 26: Анимированный график поверхности

11.2. Гипоциклоида

```
[42]: # радиус малой окружности:
radius = 1
# коэффициент для построения большой окружности:
k = 3
# число отсчётов:
n = 100
# массив значений угла  $\theta$ :
# theta from  $\theta$  to  $2\pi$  ( + a little extra)
 $\theta = \text{collect}(\theta:2*\pi/100:2*\pi+2*\pi/100)$ 
# массивы значений координат:
X = radius*k*cos.( $\theta$ )
Y = radius*k*sin.( $\theta$ )
# задаём оси координат:
plt=plt(5,xlim=(-4,4),ylim=(-4,4), c=:red, aspect_ratio=1, legend=false, framestyle=:origin)
# большая окружность:
plot!(plt, X,Y, c=:blue, legend=false)
```

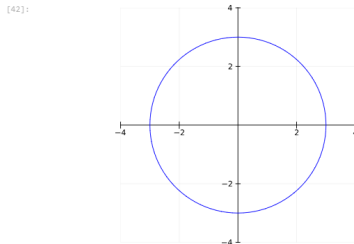


Рис. 27: Большая окружность гипоциклоиды


```
[44]: i = 50  
t = 0[1:i]  
# гипоциклоида:  
x = radius*(k-1)*cos.(t) + radius*cos.((k-1)*t)  
y = radius*(k-1)*sin.(t) - radius*sin.((k-1)*t)  
plot!(x,y, c=:red)
```

[44]:

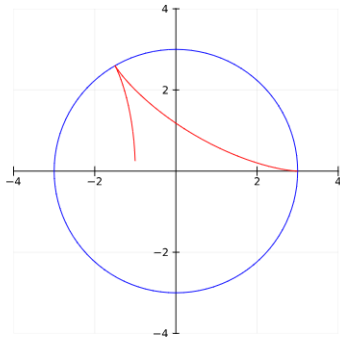


Рис. 28: Половина пути гипоциклоиды

```
[45]: # малая окружность:  
xc = radius*(k-1)*cos(t[end]) .+ radius*cos.(θ)  
yc = radius*(k-1)*sin(t[end]) .+ radius*sin.(θ)  
plot!(xc,yc,c=:black)
```

[45]:

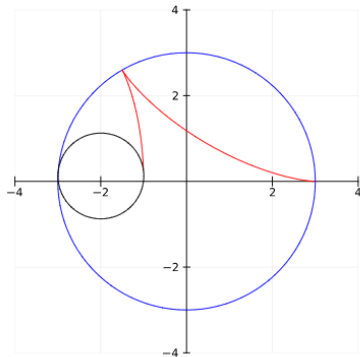


Рис. 29: Малая окружность гипоциклоиды

```
[46]: # радиус малой окружности:  
x1 = transpose([radius*(k-1)*cos(t[end]) x[end]])  
y1 = transpose([radius*(k-1)*sin(t[end]) y[end]])  
plot!(x1,y1,markershape=:circle,markersize=4,c=:black)  
scatter!([x[end]],[y[end]],c=:red, markerstrokecolor=:red)
```

[46]:

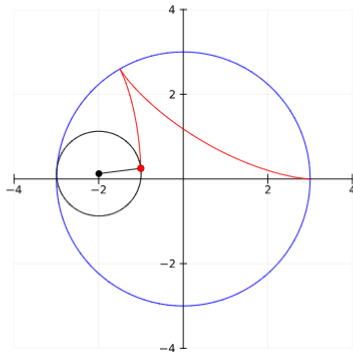


Рис. 30: Малая окружность гипоциклоиды с добавлением радиуса

```
[50]: anim = @animate for i in 1:n
# задаём оси координат:
plt=plot(5,xlim=(-4,4),ylim=(-4,4), c=:red, aspect_ratio=1,legend=false, framestyle=:origin)
# большая окружность:
plot!(plt, X,Y, c=:blue, legend=false)
t = 0[1:1]
# гипоциклоида:
x = radius*(k-1)*cos.(t) + radius*cos.((k-1)*t)
y = radius*(k-1)*sin.(t) - radius*sin.((k-1)*t)
plot!(x,y, c=:red)
# малая окружность:
xc = radius*(k-1)*cos(t[end]) .+ radius*cos.(θ)
yc = radius*(k-1)*sin(t[end]) .+ radius*sin.(θ)
plot!(xc,yc,c=:black)
# радиус малой окружности:
x1 = transpose([radius*(k-1)*cos(t[end]) x[end]])
y1 = transpose([radius*(k-1)*sin(t[end]) y[end]])
plot!(x1,y1,markershape=:circle,markersize=4,c=:black)
scatter!([x[end]], [y[end]], c=:red, markerstrokecolor=:red)
end
gif(anim,"hypocycloid.gif")
```

[Info: Saved animation to C:\Users\Ivan\Favorites\hypocycloid.gif

[50]:

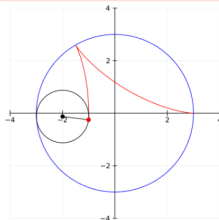


Рис. 31: Малая окружность гипоциклоиды с добавлением радиуса

12. Errorbars

```
[68]: using Statistics
      # Параметры
      sds = [1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32]
      n = 10
      y = [mean(sd*randn(n)) for sd in sds]
      errs = 1.96 * sds / sqrt(n)
      # Построение графика
      plot(y,
           ylims = (-1, 1),
           title = "Средние значения с погрешностями",
           xlabel = "Итерации",
           ylabel = "Среднее значение",
           label = "Среднее значение",
           errorbars = errs,
           legend = :topright,
           linecolor = :blue,
           linewidth = 2,
           size = (600, 400)
      )
```

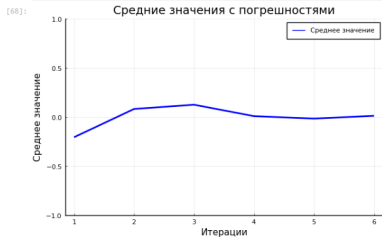


Рис. 32: График исходных значений

```
[78]: # Построение графика с ошибками и улучшениями
plot(y,
      ylims = (-1, 1),
      title = "Средние значения с погрешностями",
      xlabel = "Итерации",
      ylabel = "Среднее значение",
      label = "Среднее значение",
      err = errs,
      legend = :topright,
      linecolor = :blue,
      linewidth = 2
    )
```

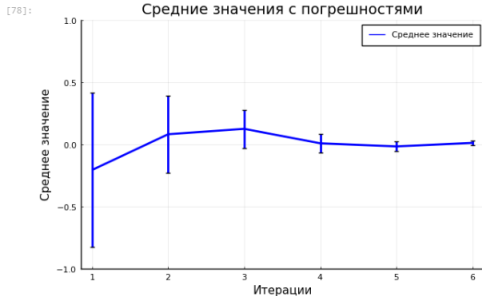


Рис. 33: График исходных значений с отклонениями

```
[80]: plot(y, 1:length(y),  
         xerr = errs,  
         marker = stroke(3,:orange)  
       )
```

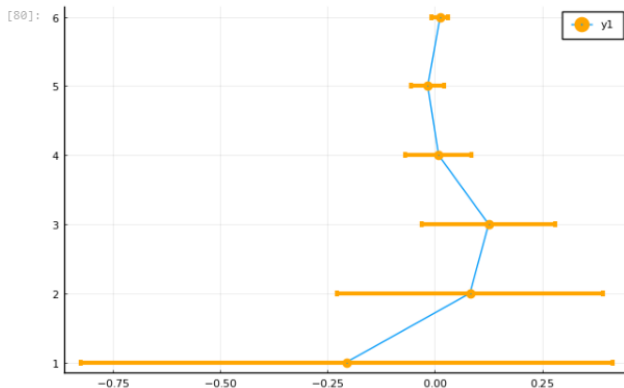


Рис. 34: Поворот графика

```
[81]: plot(y,  
         ribbon=errs,  
         fill=:cyan  
      )
```

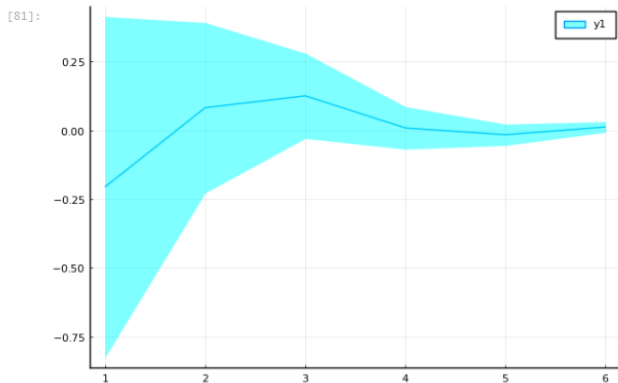


Рис. 35: Заполнение цветом


```
[82]: n = 10
x = [(rand()*1) .* randn(n) .+ 2i for i in 1:5]
y = [(rand()*1) .* randn(n) .+ i for i in 1:5]
f_v(v) = 1.96std(v) / sqrt(n)
xerr = map(f_v, x)
yerr = map(f_v, y)
x = map(mean, x)
y = map(mean, y)
plot(x, y,
     xerr = xerr,
     yerr = yerr,
     marker = stroke(2, :orange)
)
```

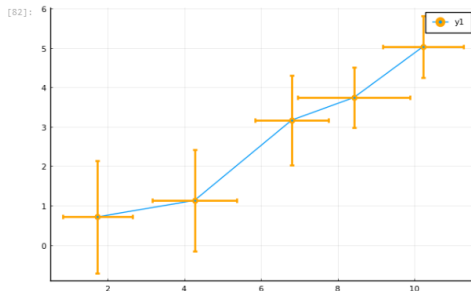


Рис. 36: График ошибок по двум осям

```
[83]: plot(x, y,  
          xerr = (0.5xerr,2xerr),  
          yerr = (0.5yerr,2yerr),  
          marker = stroke(2, :orange)  
        )
```

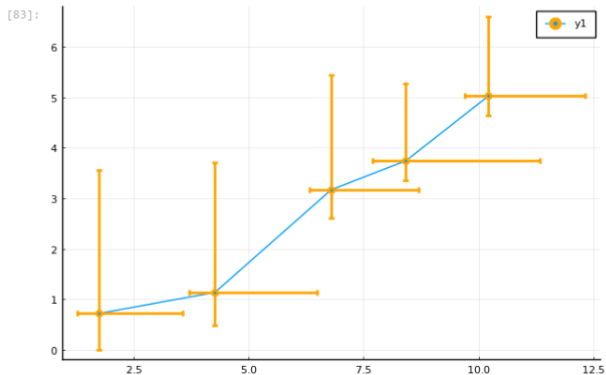


Рис. 37: График асимметричных ошибок по двум осям

▼ 13. Использование пакета Distributions

```
[85]: using Distributions  
      pyplot()  
      ages = rand(15:55,1000)  
      histogram(ages)
```

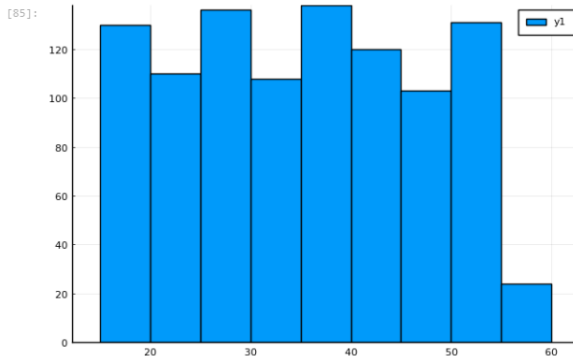


Рис. 38: Гистограмма, построенная по массиву случайных чисел

```
[86]: d=Normal(35.0,10.0)
ages = rand(d,1000)
histogram(
  ages,
  label="Распределение по возрастам (года)",
  xlabel = "Возраст (лет)",
  ylabel= "Количество"
)
```

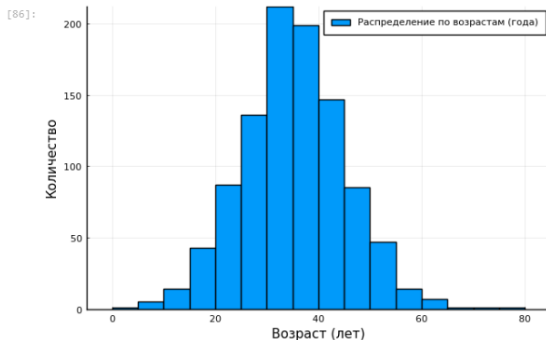


Рис. 39: Гистограмма нормального распределения

```
[89]: plotly()  
      d1=Normal(10.0,5.0);  
      d2=Normal(35.0,10.0);  
      d3=Normal(60.0,5.0);  
      N=1000;  
      ages = (Float64[]);  
      ages = append!(ages,rand(d1,Int64(ceil(N/2))));  
      ages = append!(ages,rand(d2,N));  
      ages = append!(ages,rand(d3,Int64(ceil(N/3))));  
      histogram(  
        ages,  
        bins=50,  
        label="Распределение по возрастам (года)",  
        xlabel = "Возраст (лет)",  
        ylabel= "Количество",  
        title = "Распределение по возрастам (года)"  
      )
```

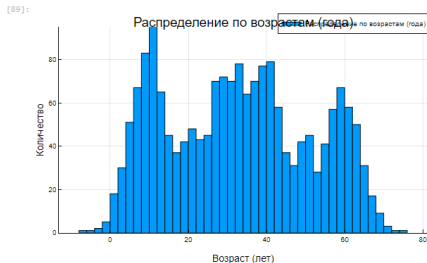


Рис. 40: Гистограмма распределения людей по возрастам

14. Подграфики

```
[90]: # загружаем pyplot():  
pyplot()  
# построение серии графиков:  
x=range(-2,2,length=10)  
y = rand(10,4)  
plot(x,y,  
      layout=(4,1)  
)
```

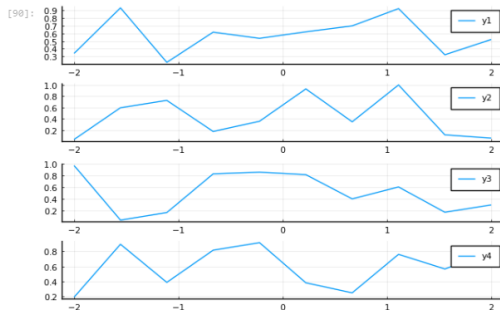


Рис. 41: Серия из 4-х графиков в ряд

```
[91]: plot(x,y,  
         layout=4  
        )
```

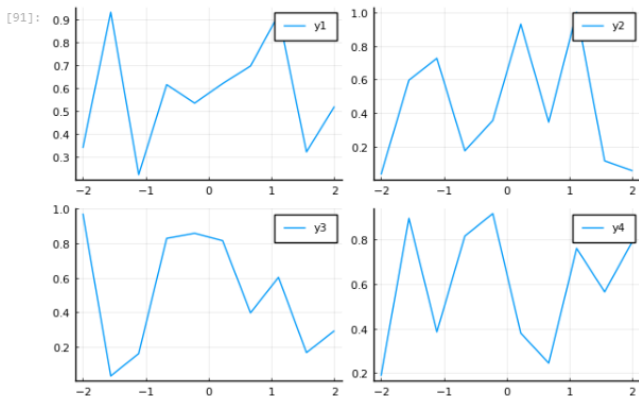


Рис. 42: Серия из 4-х графиков в сетке

```
[92]: # график в виде линий:  
p1 = plot(x,y)  
# график в виде точек:  
p2 = scatter(x,y)  
# график в виде линий с оформлением:  
p3 = plot(x,y[:,1:2],xlabel="Labelled plot of two  
~ columns",lw=2,title="Wide lines")  
# 4 гистограммы:  
p4 = histogram(x,y)  
plot(  
    p1,p2,p3,p4,  
    layout=(2,2),  
    legend=False,  
    size=(600,600),  
    background_color = 'ivory'  
)
```

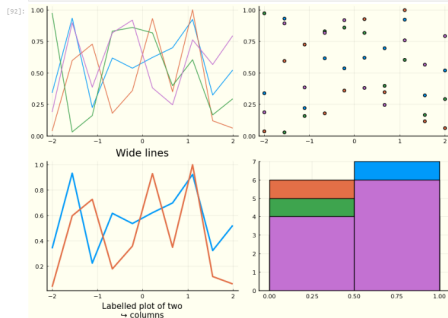


Рис. 43: Объединение нескольких графиков в одной сетке


```
[93]: seriestypes = [:step, :sticks, :bar, :hline, :vline, :path]
      titles = ["step" "sticks" "bar" "hline" "vline" "path"]
      plot(rand(20,1), st = seriestypes,
            layout = (2,3),
            ticks=nothing,
            legend=false,
            title=titles,
            m=3
      )
```

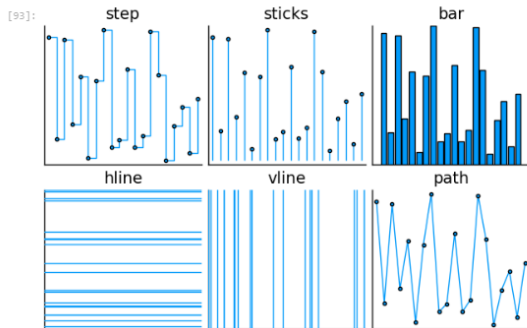


Рис. 44: Разнообразные варианты представления данных

```
[94]: l = @layout [ a{0.3w} [grid(3,3)  
b{0.2h} ]]  
plot(  
  rand(10,11),  
  layout = l, legend = false, seriestype = [:bar :scatter :path],  
  title = ["($i)" for j = 1:1, i=1:11], titleloc = :right, titlefont = font(8)  
)
```

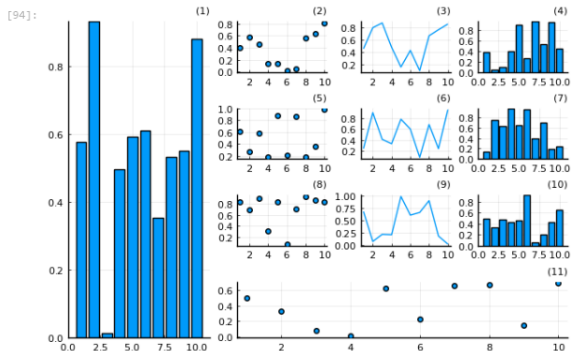


Рис. 45: Демонстрация применения сложного макета для построения графиков

Самостоятельное выполнение

1) Постройте все возможные типы графиков (простые, точечные, гистограммы и т.д.) функции $y = \sin(x)$, $x = 0, 2\pi$. Отобразите все графики в одном графическом окне:

```
[13]: # Определим диапазон x от 0 до 2π
x = 0:0.01:2π
# Определим функцию y = sin(x)
y = sin.(x)
# Создаем несколько подграфиков для различных типов графиков
plot(layout=(2, 2), title="y = sin(x)")
# Линейный график
plot!(x, y, seriestype=:line, label="Line", subplot=1, lw=2)
# Точечный график
plot!(x, y, seriestype=:scatter, label="Scatter", subplot=2)
# Гистограмма
histogram!(y, bins=30, label="Histogram", subplot=3)
# График ступеней
plot!(x, y, seriestype=:step, label="Step", subplot=4, lw=2)
```

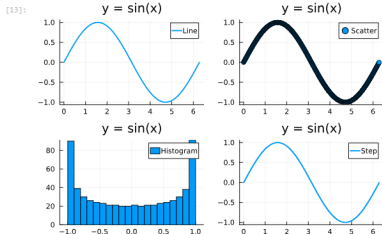


Рис. 46: Решение задания №1

- 2) Постройте графики функции $y = \sin(x)$, $x = 0, 2\pi$ со всеми возможными (сколько сможете вспомнить) типами оформления линий графика. Отобразите все графики в одном графическом окне:

```
[14]: # Определим диапазон x от 0 до 2π
x = 0:0.01:2π
# Определим функцию y = sin(x)
y = sin(x)
# Список стилей линий
line_styles = [:solid, :dash, :dot, :dashdot]
# Построим графики с разными стилями линий в одном окне
plt = plot(x, y, linestyle=:solid, label=":solid", xlabel="x", ylabel="y", title="Графики функции y = sin(x) с разными стилями линий", lw=2)
for ls in line_styles[2:end]
    plot!(plt, x, y, linestyle=ls, label=":ls", lw=2)
end
display(plt)
```

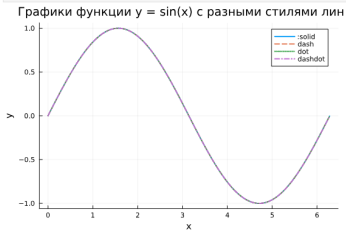


Рис. 47: Решение задания №2

Самостоятельное выполнение

3. Постройте график функции $y(x) = \pi x^2 \ln(x)$, назовите оси соответственно. Пусть цвет рамки будет зелёным, а цвет самого графика — красным. Задайте расстояние между надписями и осями так, чтобы надписи полностью уместились в графическом окне. Задайте шрифт надписей. Задайте частоту отметок на осях координат: 1

```
[5]: # Определена функция y(x)
y(x) = pi * x**2 * log(x)
# Диапазон значений x
x = 0.1:0.01:10
# Построение графика
plot(x, y, (x),
      color = 'red,          # Цвет графика
      label = L"y(x) = \pi x^2 \ln(x)", # Легенда
      xlabel = "x",          # Подпись оси X
      ylabel = L"y(x)",      # Подпись оси Y
      framestyle = 'box,     # Стиль рамки
      grid = false,         # Убирает сетку
      xticks = 0:2:10,       # Частота отметок на оси X
      yticks = -50:50:200,   # Частота отметок на оси Y
      bordercolor = 'green)  # Цвет рамки
```

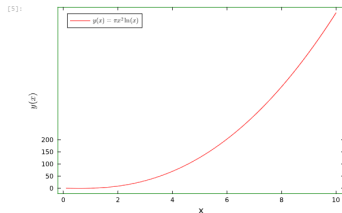


Рис. 48: Решение задания №3

4. Задайте вектор $x = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$. В одном графическом окне (в 4-х подокнах) изобразите графически по точкам x значения функции $y(x) = x^3 - 3x$ в виде: точек, линий, линий и точек, кривой. Сохраните полученные изображения в файле `figure_familiya.png`, где вместо `familiya` укажите вашу фамилию: **!**

```
[10]: # Задаем вектор x
x = [-2, -1, 0, 1, 2]
# Функция y(x)
y(x) = x.^3 - 3 .* x
# Вычисляем значения y
y_values = y.(x)
# Создаем макет для 4 подграфиков
plt = plot(layout = (2, 2))
# График точек
scatter(plt[1], x, y_values, label = "Точки")
# График линий
plot(plt[2], x, y_values, label = "Линии")
# График линий и точек
plot(plt[3], x, y_values, label = "Линии и точки")
scatter(plt[3], x, y_values, label = "")
# График кривой
plot(plt[4], x, y_values, smooth = true, label = "Кривая")
# Сохраняем график в файл
savefig(plt, "figure_mahorin.png")
```

```
[10]: "C:\\Users\\Ivan\\Favorites\\figure_mahorin.png"
```

Рис. 49: Решение задания №4

Самостоятельное выполнение

5. Задайте вектор $x = (3, 3.1, 3.2, \dots, 6)$. Постройте графики функций $y_1(x) = \pi x$ и $y_2(x) = \exp(x) \cos(x)$ в указанном диапазоне значений аргумента x следующим образом: постройте оба графика разного цвета на одном рисунке, добавьте легенду и сетку для каждого графика; укажите недостатки у данного построения; постройте аналогичный график с двумя осями ординат:

```
[22]: # Задаем вектор x
x = 3:0.1:6
# Определяем функции y1 и y2
y1(x) = pi * x
y2(x) = exp(x) .* cos(x)
# 1. Построение графиков на одной оси с легендой и сеткой
plot(x, y1(x), label="y1(x) = pi*x", color=:blue, linewidth=2, grid=true, legend=:topright)
plot!(x, y2(x), label="y2(x) = exp(x) * cos(x)", color=:red, linewidth=2)
# Добавление заголовков
xlabel!("x")
ylabel!("y")
title!("Графики функций y1(x) и y2(x)")
```

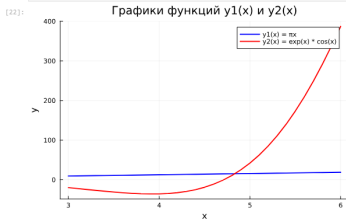


Рис. 50: Решение задания №5

```
[21]: # Построение графиков с двумя осями ординат
p = plot(x, y1(x), label="y1(x) = πx", color=:blue, linewidth=2, grid=true, legend=:topright)
plot!(p, x, y2(x), label="y2(x) = exp(x) * cos(x)", color=:red, linewidth=2)
# Добавляем вторую ось ординат для y2
plot!(p, secondary=true)
# Заголовок и сетка
xlabel!("x")
ylabel!("y1 (primary)", fontsize=10)
ylabel!(p, "y2 (secondary)", fontsize=10)
title!("Графики с двумя осями ординат")
```

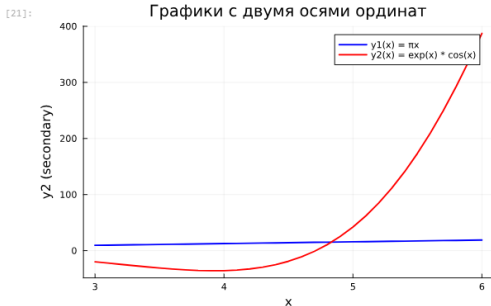


Рис. 51: Решение задания №6

▼ 7. Постройте точечный график случайных данных. Подпишите оси, легенду, название графика:

```
[31]: # Генерация случайных данных
x = rand(10) # 10 случайных значений по оси X
y_vals = rand(10) # 10 случайных значений по оси Y
# Построение точечного графика с легендой
scatter(x, y_vals, label="Случайные данные", color=:blue, marker=:o, linewidth=2, legend=:topright)
# Добавление подписей осей и заголовка
xlabel!("X")
ylabel!("Y")
title!("Точечный график случайных данных")
```

[31]:

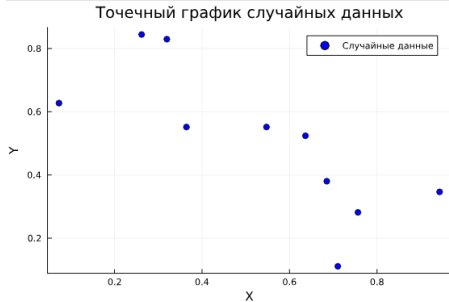


Рис. 52: Решение задания №7

8. Постройте 3-мерный точечный график случайных данных. Подпишите оси, легенду, название графика:

```
[34]: # Генерация случайных данных для 3D графика
x_vals = rand(10) # 10 случайных значений по оси X
y_vals = rand(10) # 10 случайных значений по оси Y
z_vals = rand(10) # 10 случайных значений по оси Z
# Построение 3-мерного точечного графика
scatter3d(x_vals, y_vals, z_vals, label="Случайные данные", color=:blue, marker=:o, linewidth=2)
# Добавление подписей осей и заголовка
xlabel!("Ось X")
ylabel!("Ось Y")
zlabel!("Ось Z")
title!("3-мерный точечный график случайных данных")
```

[34]: 3-мерный точечный график случайных данных

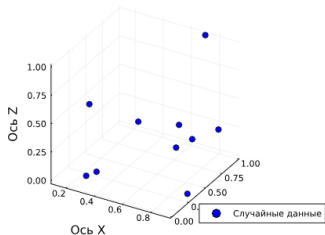


Рис. 53: Решение задания №8

9. Создайте анимацию с построением синусоиды. То есть вы строите последовательность графиков синусоиды, постепенно увеличивая значение аргумента. После соедините их в анимацию:

```
[37]: # Подготовка данных для анимации
x = 0:0.1:10 # Диапазон значений аргумента (от 0 до 10)
y_vals = sin(x) # Значения синусоиды (перешли от y в y_vals)
# Создаем анимацию
anim = @animate for i in 1:length(x)
    plot(x[1:i], y_vals[1:i], label="Синусоиды", color=:blue, linewidth=2)
    xlabel("x")
    ylabel("sin(x)")
    title("Построение синусоиды")
end
# Сохранение анимации в файл
gif(anim, "sin_wave_animation.gif", fps=10)
```

[Info: Saved animation to C:\Users\Ivan\Favorites\sin_wave_animation.gif

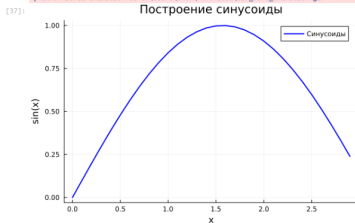


Рис. 54: Решение задания №9

10. Постройте анимированную гипоциклоиду для 2 целых значений модуля k и 2 рациональных значений модуля k :

```
[49]: # функция для вычисления координат гипоциклоиды
function hypocycloid(R, r, theta)
    x = (R - r) * cos(theta) + r * cos(((R - r) / r) * theta)
    y = (R - r) * sin(theta) - r * sin(((R - r) / r) * theta)
    return x, y
end

# функция для создания анимации гипоциклоиды для целого значения k
function create_hypocycloid_animation(k)
    R = 10 # радиус большой окружности
    r = R / k # радиус маленькой окружности
    theta = 0:0.05:2 * pi # Угол от 0 до 2pi, шаг 0.05
    x, y = hypocycloid(R, r, theta)
    anim = @animate for i in 1:length(theta) # итерация по всем углам
        plot(x[i:i], y[i:i], label="Гипоциклоид (k=k)", color=:blue, linewidth=2,
            xlabel="x", ylabel="y", title="Анимация гипоциклоиды для k=k", legend=:topright)
    end
    # Сохранение анимации в файл
    gif(anim, "hypocycloid_k_2.gif", fps=10)
end

# Создание анимации для целого значения k = 2
create_hypocycloid_animation(2)
```

[Info: Saved animation to C:\Users\Ivan\Favorites\hypocycloid_k_2.gif

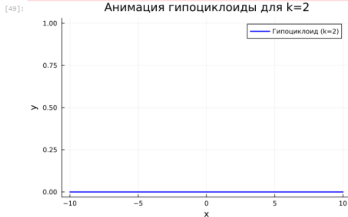


Рис. 55: Решение задания №10

11. Постройте анимированную эпициклоиду для 2 целых значений модуля k и 2 рациональных значений модуля k :

```
[51]: # функция для вычисления координат эпициклоиды
function epicycloid(R, r, theta)
    x = (R + r) * cos(theta) - r * cos((R + r) / r * theta)
    y = (R + r) * sin(theta) - r * sin((R + r) / r * theta)
    return x, y
end

# функция для создания анимации эпициклоиды для целого значения k
function create_epicycloid_animation(k)
    R = 10 # Радиус большой окружности
    r = R / k # Радиус маленькой окружности
    theta = 0:0.05:2 * pi # угол от 0 до 2pi, шаг 0.05
    x, y = epicycloid(R, r, theta)
    anim = @animate for i in 1:length(theta) # Итерация по всем углам
        plot(x[1:i], y[1:i], label="Эпициклоид (k=$k)", color=:blue, linewidth=2,
            xlabel="x", ylabel="y", title="Анимация эпициклоиды для k=$k", legend=:topright)
    end
    # Сохранение анимации в файл
    gif(anim, "epicycloid_k_$k.gif", fps=10)
end

# создание анимации для целого значения k = 2
create_epicycloid_animation(2)
```

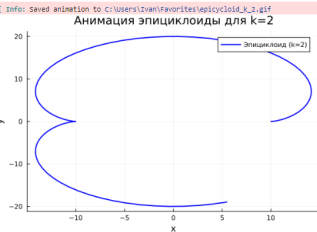


Рис. 56: Решение задания №11

В ходе выполнения лабораторной работы был освоен синтаксис языка Julia для построения графиков.

Спасибо за внимание!