

Управление вычислительным процессом. Двумерная графика

Храмов Д. А.

19.05.2019

Управление вычислительным процессом

Виды вычислительных процессов

1. **Линейный** – все этапы решения задачи выполняются в порядке следования записи этих этапов.
2. **Ветвящийся** – выбор направления обработки информации зависит от результатов проверки выполнения логического условия.
3. **Циклический** – содержит многократно повторяемый участок вычислений (цикл).

По количеству выполнения циклы делятся на:

- ▶ **циклы со счетчиком**, т.е. заранее заданным числом повторений
- ▶ **циклы с условием**. Количество повторений заранее не определено и зависит от соблюдения некоторого логического условия.
 - ▶ цикл с предусловием – условие проверяется в начале цикла;
 - ▶ цикл с постусловием – условие проверяется в конце цикла.

Условный оператор if – выбор из вариантов

Синтаксис:

```
if усл1
    действия1    % выполняются, если  усл1 == 1
[elseif усл2
    действия2 % выполняются, если усл1 == 0, но усл2 == 1]
    ...
[else
    действия3]
end
```

Не забываем про отступы в коде!

Короткий вариант:

```
if усл1 действия1, else действия2, end
```

Пример: решение квадратного уравнения

```
a = ..; b =..; c = ..;  
D = sqrt(b^2 - 4*a*c);  
  
if D > 0  
    x(1)=..; x(2) = ..;  
elseif D == 0  
    x = ..;  
else  
    disp('корней нет');  
end
```

disp() - “культурный” вывод значения в CW, а не присвоение безымянной переменной ans.

Пример: проверка пороговых значений

```
x = 10;  
minVal = 2;  
maxVal = 6;  
  
if (x >= minVal) && (x <= maxVal)  
    disp('Значение попадает в заданный диапазон.')elseif (x > maxVal)  
    disp('Значение находится выше диапазона.')else  
    disp('Значение находится ниже диапазона.')end
```

Источник: <https://se.mathworks.com/help/matlab/ref/if.html>

Пример: сравнение строк

```
reply = input('Хотите установить программу? (y/n): ', 's');  
if strcmp(reply, 'y')  
    disp(reply)  
end
```

Источник: <https://se.mathworks.com/help/matlab/ref/if.html>

Пример: действия над массивами

```
A = ones(2,3);  
B = rand(3,4,5);  
  
if isequal(size(A),size(B))  
    C = [A; B];  
else  
    disp('A and B are not the same size.')    C = [];  
end
```

Источник: <https://se.mathworks.com/help/matlab/ref/if.html>

Пример: проверка векторного условия

```
D = [-0.2 1.0 1.5 3.0 -1.0 4.2 3.14];
```

```
if D >= 0 disp('Positive'), else disp('Negative'), end
```

Negative

- ▶ if в MATLAB нужен реже, чем в языках без векторизации – он заменяется логической индексацией;
- ▶ if удобнее использовать для проверки скалярных условий;
- ▶ существует множество функций для составления скалярных условий.

Функции составления условий: any, all

```
limit = 0.75;
```

```
A = rand(5,1)
```

```
any_A = any(A > limit)
```

```
All_A = all(A > limit)
```

```
A =
```

```
0.0975
```

```
0.2785
```

```
0.5469
```

```
0.9575
```

```
0.9649
```

```
any_A =
```

```
1
```

```
All_A =
```

```
0
```

Функции составления условий: is*

- ▶ iscell – Determine if input is cell array
- ▶ ischar – Determine if input is character array
- ▶ iscolumn – Determine whether input is column vector
- ▶ isdir – Determine if input is folder
- ▶ isempty – Determine if input is empty array
- ▶ isequal – Determine if arrays are numerically equal
- ▶ isequaln – Determine if arrays are numerically equal, treating NaNs as equal
- ▶ isevent – Determine if input is Component Object Model (COM) object event
- ▶ isfinite – Detect finite elements of array
- ▶ isfloat – Determine if input is floating-point array
- ▶ isglobal – Determine if input is global variable
- ▶ ishandle – Detect valid graphics object handles
- ▶ ishold – Determine if graphics hold state is on
- ▶ isinf – Detect infinite elements of array
- ▶ isinteger – Determine if input is integer array
- ▶ isjava – Determine if input is Java object
- ▶ iskeyword – Determine if input is MATLAB keyword
- ▶ isletter – Detect elements that are alphabetic letters
- ▶ islogical – Determine if input is logical array
- ▶ ismatrix – Determine whether input is matrix
- ▶ ismember – Detect members of specific set
- ▶ isnan – Detect elements of array that are not a number (NaN)
- ▶ isnumeric – Determine if input is numeric array
- ▶ isobject – Determine if input is MATLAB object
- ▶ ispc – Determine if running MATLAB for PC (Windows®) platform
- ▶ isprime – Detect prime elements of array
- ▶ isreal – Determine if all array elements are real numbers
- ▶ isrow – Determine whether input is row vector
- ▶ isscalar – Determine if input is scalar
- ▶ issorted – Determine if set elements are in sorted order
- ▶ issparse – Determine if input is sparse array
- ▶ isstruct – Determine if input is MATLAB structure array
- ▶ isvector – Determine if input is vector
- ▶ ...

Задача 1

В США оценки ставятся в баллах: от 0 до 4 (4 ставится отличникам, а 0 — двоечникам). Числовым баллам соответствуют буквенные оценки:

Баллы	Оценки
от ≥ 3.5 до 4	A
от ≥ 2.5 до < 3.5	B
от ≥ 1.5 до < 2.5	C
от ≥ 0.5 до < 1.5	D
< 0.5	F

Составьте программу, которая по заданному числу баллов выводит на экран соответствующую им оценку. Ввод данных пользователем организуйте с помощью функции `input`, проверку — оператором `if`, а вывод — при помощи `disp`.

Оператор множественного выбора switch

switch — выполняет ветвления, в зависимости от значений некоторой переменной или выражения.

Внимание! *выражение* – это обязательно скаляр или строка.

```
switch выражение
  case значение1
    % выполняются, если <выражение> = <значение1>
    действия 1
  case значение2
    % выполняются, если <выражение> = <значение2>
    действия 2
  ...
  otherwise
    % выполняются, если <выражение> не совпало
    % ни с одним из значений
    действия
end
```

Оператор множественного выбора switch (2)

switch сравнивает значение выражения со значениями групп case.

Для числовых выражений оператор case выполняется, если `<значение>== <выражение>`. Для строковых выражений case выполняется, если `strcmp(значение, выражение)` истинно.

Пример: переменная `dice` (игральная кость) принимает значения 1, 2, ..., 6. В зависимости от этого выполняются те или иные действия.

Пример: выбор типа графика

```
x = [12, 64, 24];

plotttype = 'pie';

switch plotttype
    case 'bar'
        bar(x)
        title('Столбчатый график')
    case 'pie'
        pie3(x)
        title('Круговая диаграмма')
        legend('First','Second','Third')
    otherwise
        warning('Неизвестный тип графика.');
```

end

В switch выполняется первый совпадающий case:

```
result = 52;

switch(result)
    case 52
        disp('result is 52')
    case {52, 78}
        disp('result is 52 or 78')
end
```

Результат выполнения:

```
result is 52
```

Цикл с условием: while

```
while условие
    % выполняются, пока условие истинно. проверка - в начале
    действия
end
```

Краткая форма: while условие, действия, end

Совет. Ищите повторяющиеся действия. Запишите решение без цикла, шаг за шагом. Описав таким образом два или три шага, вы сможете увидеть, какое действие повторяется. Оно и будет телом цикла.

Пример: простой процент

```
si = 100;          % исходный вклад  
np = 0.19;         % норма процента  
s = si; i = 0;  
  
while s <= 200 % пока сумма на счету <= 200  
    s = s + si*np;  
    i = i + 1;  
end  
  
disp([s,i])
```

Цикл со счетчиком: for

Переменной цикла присваиваются значения из заданного набора.

```
for переменная = начало : шаг : конец  
    действия  
end
```

Вариант цикла for, когда переменная цикла уменьшается:

```
for i = 10:-1:1  
    действия  
end
```

Однострочник:

```
for переменная = начало:шаг:конец, действие, end
```

Пример: простой процент с заданным сроком вклада

```
si = 100;          % исходный вклад  
np = 0.19;         % норма процента  
n = 6;             % число лет действия вклада  
s = si;            % сумма на счету  
  
for i = 1:n  
    s = s + si*np;  
end
```

Пример: вычисление суммы ряда

Найти сумму элементов ряда

$$\sum_{n=1}^{100} \frac{1}{n^2} \left(\frac{n+1}{n} \right)^n$$

```
n = 100;
```

```
series = 0;
```

```
for i=1:n
```

```
    p = (((i+1)/i)^i)/(i^2);
```

```
    series = series + p;
```

```
end
```

```
disp(series)
```

Результат:

3.5238

Вложенные циклы

```
for i = 1:n  
  
    for j = 1:m  
        действия1;  
    end  
  
    while условие  
        действия2;  
    end  
  
end
```

Задача 2

Начальный вклад клиента в банк составляет 100000 грн. Процент годового дохода: 12%. К основной сумме процент не добавляется (простой процент). Определите, через сколько лет сумма на счете клиента вдвое превысит начальный вклад.

Пусть теперь процент ежегодно добавляется к основной сумме (сложный процент). Через сколько лет сумма на счете клиента вдвое превысит начальный вклад в таком случае?

Задача 3

Вычислить сумму

$$s = \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^{20} \frac{(-1)^{i+j}}{(2i+j)^2}.$$

Экстренный выход из цикла

- ▶ `break` — выход из цикла. Во вложенных циклах выходит из внутреннего цикла. `break` вне цикла прекращает выполнение скрипта или функции.
- ▶ `continue` — передает управление в следующую итерацию цикла, пропуская операторы, которые записаны за ним. Во вложенном цикле передает управление на следующую итерацию основного цикла.

Пример: прерывание цикла с помощью break

```
a = 10;

while (a < 20)
    fprintf('Значение a: %d\n', a);
    a = a+1;
    if (a > 15)
        break;
    end
end
```

Пример: пропуск итераций (continue)

```
a = 10;

while a < 20
    if a == 15
        % пропустить итерацию цикла
        a = a + 1;
        continue;
    end
    fprintf('Значение a: %d\n', a);
    a = a + 1;
end
```

Задача 4

Составьте программу для вычисления суммы ряда:

$$1 - 1/2 + 1/3 - 1/4 + \dots + 1/9999 - 1/10000.$$

Резюме: операторы цикла

- ▶ Цикл с условием удобно использовать, когда неизвестно, сколько раз нужно повторять действие (это зависит от проверяемого условия). Цикл со счетчиком используют, когда действие выполняется заданное число раз.
- ▶ В `while` условие должно обязательно меняться внутри цикла, иначе он будет бесконечным. В `for` переменная цикла в теле цикла не изменяется, иначе не получим заданного числа повторений.

Двумерная графика

`plot(x,y,...)` строит график зависимости y от x

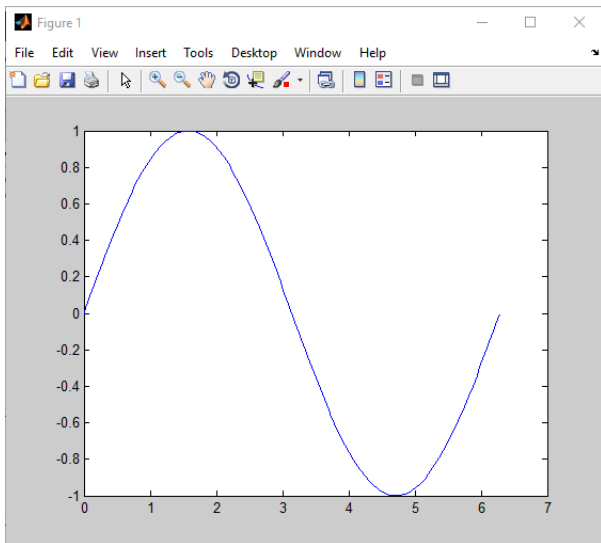
Способы задания диапазона значений аргумента:

- ▶ с фиксированным шагом:

```
x = 0:pi/100:2*pi;  
plot(x, sin(x))
```

- ▶ с заданным числом значений:

```
x = linspace(0,2*pi,200);  
plot(x, sin(x))
```

Предупреждение: график в виде сплошной линии не гарантирует точности вычислений!

Настоящих точек ровно столько, сколько задано вектором аргумента.

Между точками проводится линейная интерполяция.

Она не заменяет добавления новых расчетных точек!

Цвет кривых, стиль линии и маркер точки

По умолчанию `plot` рисует сплошные кривые с маркером '.', первая кривая - синего цвета.

Полный (почти) синтаксис `plot`:

```
plot(x,y,'ЦветСтильМаркер')
```

'ЦветСтильМаркер' – строка из символов, задающих цвет, стиль линии, и вид маркера точек.

Цвета, стили, маркеры

Цвет

- ▶ 'c' (cyan) – голубой
- ▶ 'm' (magenta) – фиолетовый
- ▶ 'y' – желтый
- ▶ 'r', 'g', 'b'
- ▶ 'w' – белый
- ▶ 'k' – черный

Стиль линии

- ▶ '-' – сплошная
- ▶ '-' – штриховая
- ▶ '-.' – штрихпунктирная
- ▶ ':' – пунктирная

Маркер точки

- ▶ '+', 'o', 'x', '*', '.'

Цвета, стили, маркеры (2)

- ▶ Порядок расположения характеристик в строке – произвольный
- ▶ Может быть указана только часть характеристик, а остальные принимают значения по умолчанию:

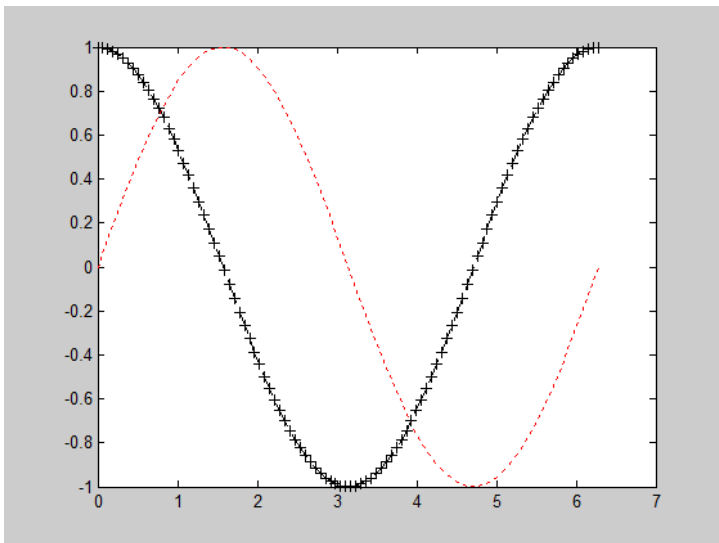
'r--' % красная штриховая, маркер точка
'sx' % голубая сплошная, маркер крестик
'ou:' % желтая пунктирная, маркер незакрашенный кружок

Несколько графиков в общих осях координат

```
plot(x1,y1,'csm1',x2,y2,'csm2',...)
```

Пример:

```
x = linspace(0,2*pi,100);  
plot(x, sin(x), 'r:', x, cos(x), 'k--+')
```

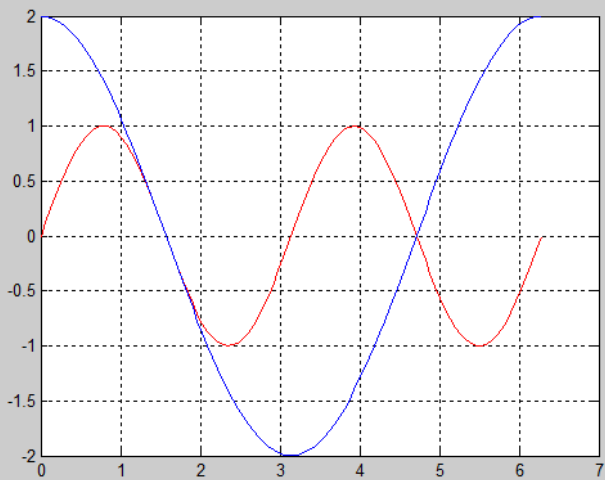


Добавление кривых на существующий график: `hold on`

- ▶ По умолчанию MATLAB рисует график, стирая существующий.
- ▶ `hold on` закрепляет существующий график, позволяя добавить к нему новый.

```
x = linspace(0,2*pi,100);  
plot(x, sin(2*x))  
hold on  
plot(x, 2*cos(x))  
grid on
```

- ▶ `hold on` работает не только между `plot`'ами, но и между другими графическими функциями.
- ▶ `grid on` включает отображение сетки на графике, `grid off` – отключает использование сетки.
- ▶ Пара `on/off` работает аналогично в других графических командах.



Задача 5

Постройте графики функций

$$f(x) = \sin^2 x - \cos x^2, \quad g(x) = x^2 \sin 3x$$

на промежутке $[1; 2\pi]$ с шагом 0.01.

Постройте графики в общих осях координат.

График $f(x)$ — сплошная линия зеленого цвета, маркер — звездочка, $g(x)$ — пунктирная линия красного цвета.

На графиках построить сетку.

Вывод графиков в одном графическом окне на разных координатных осях: `subplot`

- ▶ `subplot(m,n,p)` разделяет графическое окно на матрицу, состоящую из $m \times n$ графиков, и делает p -й график текущим.
- ▶ Графики нумеруются по строкам: начиная с первой строчки, слева направо и сверху вниз.

`subplot(2,2,3)`

1	2
3	4

Пример

```
x = 0:pi/100:2*pi;  
subplot(2,2,1)  
plot(x,sin(x))  
subplot(2,2,2)  
plot(x,cos(x))  
subplot(2,2,3)  
plot(x,3*sin(x))  
subplot(2,2,4)
```

Задача 6

Постройте графики функций

$$f(x) = \frac{\sin x}{x + 1}, \quad g(x) = e^{-x} \cos(x)$$

на промежутке $[0; 2\pi]$ с шагом 0.01 в общем графическом окне на разных координатных осях.

Кривая на первом графике должна быть зеленого цвета, на втором — желтого.

На графиках построить сетку.

Создание графических окон: figure

- ▶ Если графическое окно не создано, plot создает его.
- ▶ Создать новое графическое окно можно самостоятельно.

```
x = 0:pi/100:2*pi;  
plot(x, sin(x))  
figure  
plot(x, cos(x))
```

Создается два графических окна. В первом будет нарисована синусоида, во втором – косинусоида.

Номер графического окна указан в заголовке окна (Figure 1, Figure 2).

Можно управлять выводом графиков в нужное окно. Так, если открыто несколько графических окон, то функция

```
figure(2)
```

делает активным 2-е окно и графики будут выводиться в него.

Функции настройки свойств графика

Все функции, управляющие свойствами графика, располагаются в программе после функции `plot` (или ей подобных).

Принцип: сначала строим график, потом управляем его отображением.

Управление свойствами осей координат: `axis`

```
axis([xmin xmax ymin ymax])
```

Устанавливает диапазон выводимых значений координат x и y .

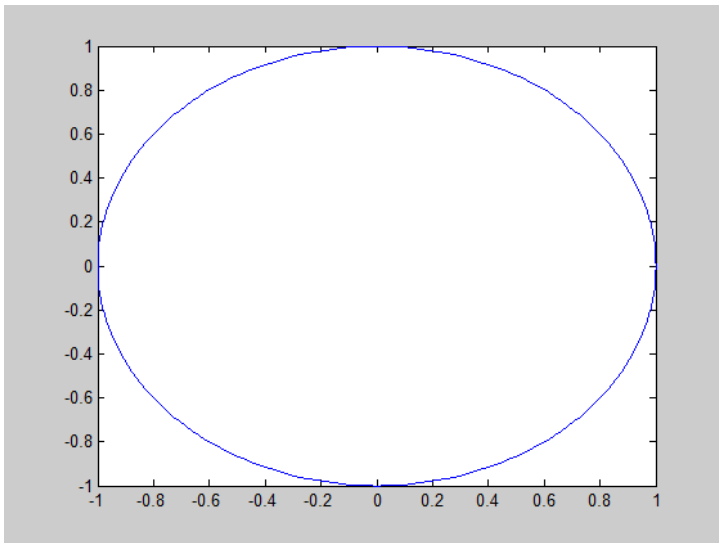
Начало координат помещается в нижнем левом углу. Ось X направлена вправо, ось Y — вверх. Как в математике.

```
x = 0:pi/100:2*pi;  
plot(x, sin(x))  
axis([0 2*pi -1 1])
```


Пример: единичная окружность

```
x = 0:pi/100:2*pi;  
plot(exp(i*x))
```

Отчего так?



Команды axis

- ▶ `axis equal` – устанавливает масштаб, который обеспечивает одинаковые расстояния вдоль осей. Ее можно использовать в предыдущем примере.
- ▶ `axis square` – делает оси равной длины. Оси станут «квадратными».
- ▶ `axis on/off` – включает/отключает отображение осей координат. Удобно для вывода «художественных» рисунков.
- ▶ `axis ij` – помещает начало координат в верхний левый угол.
- ▶ `axis auto` – возвращает отображение осей в автоматический режим.
- ▶ `axis` — новое окно с «пустыми» осями.

Текст и подписи к осям координат

Подписи к осям координат

```
xlabel('строка')  
ylabel('строка')
```

Подписи отображаются в соответствии с американскими стандартами: в середине осей координат.

Вывод текста

```
text(x, y, 'текст')
```

x,y – координаты точки, в которую выводится текст.

Заголовок графика

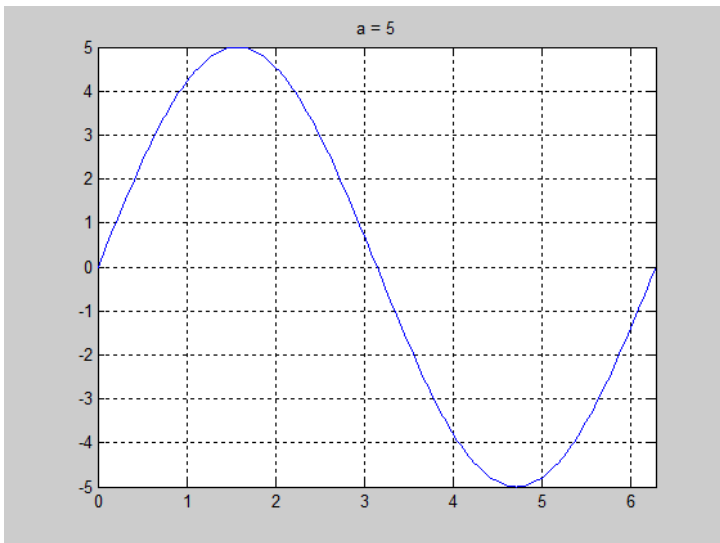
```
title('заголовок')
```

Пример:

```
a = 5;  
plot(x, a*sin(x)), grid on  
axis tight  
title(['a = ' num2str(a)])
```

- ▶ `num2str(x)` - конвертирует вектор `x` в строку символов.
- ▶ Объединяем `'a = '` и результат `num2str(a)` в одну строку:
`['a = ' num2str(a)]`

Можно использовать различные шрифты, размеры символов, управлять их начертанием (полужирный, курсив), выводить греческие буквы и математические символы.



Задача 7

Построить график кусочно-непрерывной функции

$$y = \begin{cases} \pi - \sin x, & -2\pi \leq x \leq -\pi, \\ \pi - |x|, & -\pi < x \leq \pi, \\ \pi - \sin^3 x, & \pi < x \leq 2\pi. \end{cases}$$

Подписать (text) каждую из частей функции ее формулой (π в строке задается как '\pi').

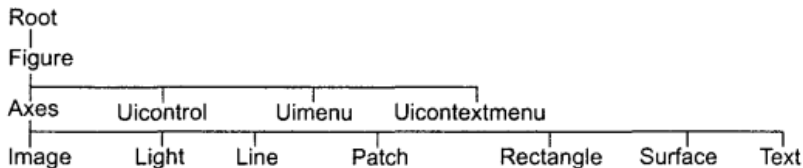
Придумать заголовок графика и указать его.

Что происходит при выполнении plot

1. Создается графическое окно (серая подложка с меню и панелями инструментов).
2. В окне создаются оси координат (белое пространство с осями), причем автоматически подбираются диапазоны изменения переменных (x от и до, y от и до).
3. В осях строится график.

На каждом этапе работы создается объект и требуемым образом изменяются его свойства.

Графические объекты (упрощенная схема)



1. root (корень) — первичный объект (экран компьютера). В работе не используется.
2. figure (рисунок) — графическое окно. В окне можно разместить:
3. axes (оси) — координатные оси, а в них:
 - ▶ line (линия) — к этому типу объектов принадлежат кривые графиков функций одной переменной.
 - ▶ text (текст) — текстовая надпись в заданном месте графика.

При вызове `plot` последовательно строятся объекты `Figure`, `Axes`, `Line` и изменяются их свойства.

Замечание на будущее

Графические объекты можно использовать по отдельности, как кубики, создавая из них нужную конструкцию. Больше придется прописывать вручную, но такой подход гибче, а его результат работает быстрее, так как не задействованы избыточные возможности `plot`.

Примеры:

- ▶ Настраиваем графики в MATLAB
- ▶ Многоцветная линия

Специализированные графики

Что может Excel, может и MATLAB. И даже больше.

- ▶ `bar(x,y)` – столбчатая диаграмма
- ▶ `pie(x)` – круговая диаграмма («пирог»)
- ▶ `hist(x)` – гистограмма

Графики в логарифмическом масштабе

```
semilogx(x,y)  % лог. масштаб по оси x  
semilogy(x,y)  
loglog(x,y)    % лог. масштаб по обеим осям
```

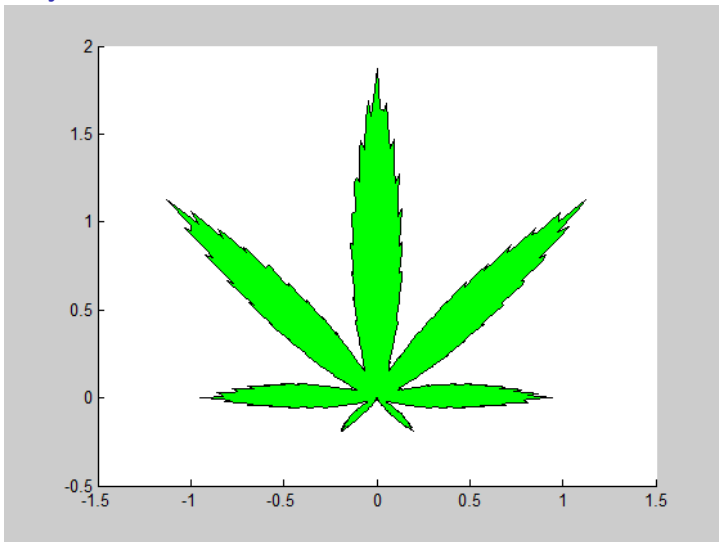
Такие графики очень удобны для построения экспоненциальных зависимостей. В логарифмическом масштабе эти зависимости представляются прямыми линиями.

```
t = 1:100;  
e2 = exp(2*t);  
plot(t,e2(t)) % быстро растущая функция  
semilogy(t,e2(t)) % прямая  $y = 2 \cdot t$ 
```

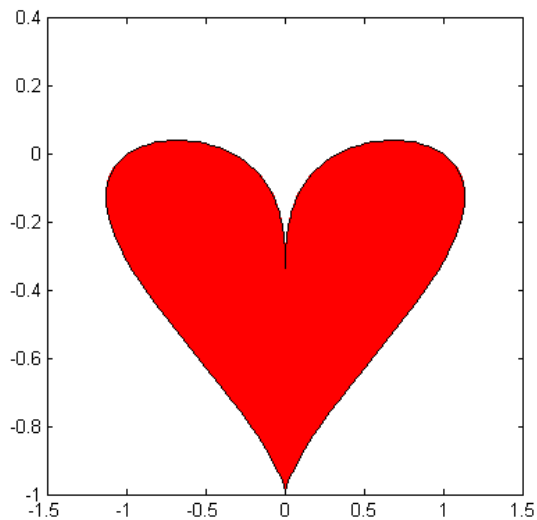
Специальные координаты

`polar(phi, rho)` — полярные координаты;
`phi` — угол, `rho` — радиус (векторы одинаковой размерности).

С помощью полярных координат можно построить каннаболу



и не только...



Задача 8

Постройте график-“сердечко”, аналогичный приведенному выше. Координаты x и y задаются следующим образом:

$$\begin{aligned}x &= (1 - \sin(t)) \cdot \cos(t) \cdot ^3; \\ y &= (1/3) \cdot (1 - \sin(t)) \cdot \sin(t) - (1/3) \cdot \sin(t) \cdot ^2;\end{aligned}$$

Параметр t имеет смысл угла. Построение плоской фигуры с заполнением цветом осуществляется функцией `fill`.

Список задач

- ▶ Задача 1
- ▶ Задача 2
- ▶ Задача 3
- ▶ Задача 4
- ▶ Задача 5
- ▶ Задача 6
- ▶ Задача 7
- ▶ Задача 8