

## Функции. Ввод/вывод

Храмов Д. А.

17.04.2019

Расширение возможностей языка: скрипты и функции

Возникает необходимость многократного использования одних и тех же фрагментов кода — создаем скрипты (программы).

Если код получается универсальным и нужен в разных программах — создаем подпрограммы.

**Подпрограмма** — поименованная часть компьютерной программы, содержащая описание определённого набора действий. Подпрограмма может быть многократно вызвана из разных частей программы и разных программ.

## Сохранение фрагмента скрипта в отдельном файле

main\_script.m

---

a = 1;

b = .3;

c = a^2 + b^2;

disp(c)

---



main\_script.m

---

a = 1;

b = .3;

squares;

disp(c)

---

squares.m

---

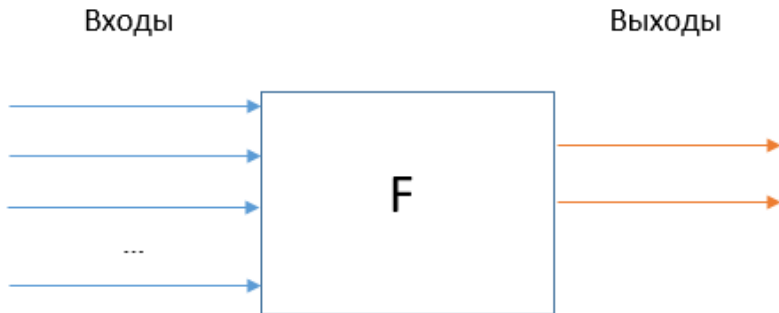
c = a^2 + b^2;

---

## Проблема

Недостаточная «изоляция» от остальной программы.

## Функции (процедуры)



# Синтаксис функций

```
function [y1,...,yN] = myfun(x1,...,xM)
```

```
% Что делает эта функция.
```

```
% X - массив входных параметров;
```

```
% Y - массив выходных параметров.
```

```
команды (тело функции)
```

- ▶ Сохраняется в файле `myfun.m`. *НИКАКОЙ КИРИЛЛИЦЫ В ИМЕНАХ!*
- ▶ Функции, сохраняемые в `m`-файлах, называют **`m`-функциями**.
- ▶ Хороший стиль: писать комментарии к функциям.
- ▶ Функции одной переменной: `function Y = myfun(X)`.

## А как же end?

- ▶ Не ошибетесь, если поставите.
- ▶ Обязателен, если функция находится в m-файле не одна. Например, при использовании субфункций.

Файл stat2.m:

```
function [m,s] = stat2(x)
n = length(x);
m = avg(x,n);
s = sqrt(sum((x-m).^2/n));
end
```

```
function m = avg(x,n)
m = sum(x)/n;
end
```

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



## Задача 1.

Создайте функцию `squares`, реализующую сумму квадратов двух чисел. Сохраните ее в файле.

Создайте основной файл для вызова `squares()` и продемонстрируйте ее работоспособность.

## Формальные и фактические параметры функций

- ▶ Пространство имен скрипта и функции.
- ▶ Передача данных в функции выполняется **по значению**.
- ▶ Помните про соответствие типов параметров!
- ▶ Какой еще способ передачи параметров в функцию вы знаете?

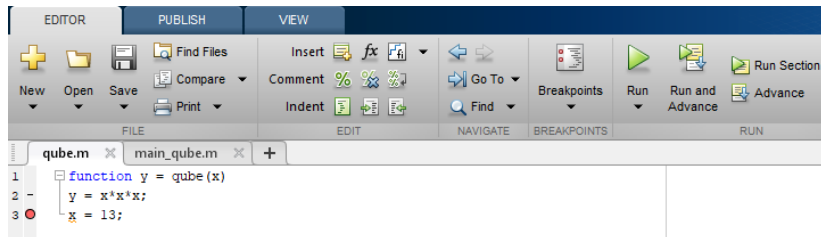
Основной скрипт:

```
x = 3;  
y = qube(x)
```

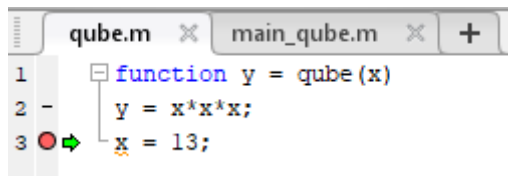
Функция qube:

```
function y = qube(x)  
y = x*x*x;  
x = 13;
```

# Точка останова (breakpoint)



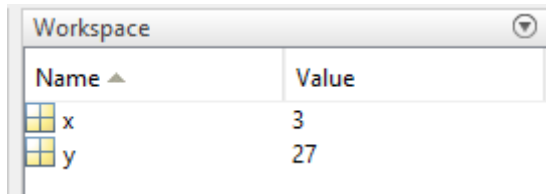
## Запускаем основной скрипт



The image shows a MATLAB script editor with two tabs: 'qube.m' and 'main\_qube.m'. The 'qube.m' tab is active and contains the following code:

```
1 function y = qube(x)
2     y = x*x*x;
3     x = 13;
```

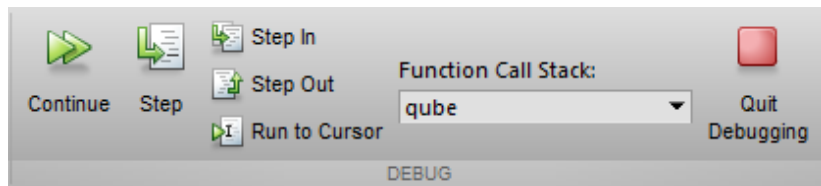
Line 3 is highlighted with a green arrow, indicating it is the current line of execution.



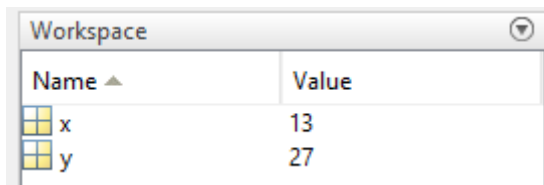
The image shows the MATLAB Workspace window, which displays the current state of the workspace. It contains a table with two columns: 'Name' and 'Value'.

Name	Value
x	3
y	27

## Меню отладки



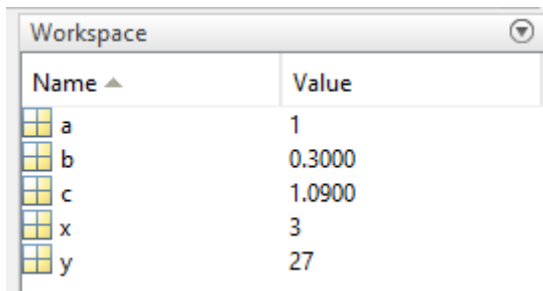
Делаем еще один шаг



The image shows a 'Workspace' window with a title bar and a dropdown arrow. It contains a table with two columns: 'Name' and 'Value'. The 'Name' column has a small triangle icon next to the header. There are two rows of data: one for 'x' with value '13' and one for 'y' with value '27'. Each row has a small icon to the left of the variable name.

Name ▲	Value
x	13
y	27

Возвращаемся в основной скрипт



The image shows a 'Workspace' window with a table containing five rows of data. Each row has a small grid icon to the left of the variable name. The table has two columns: 'Name' and 'Value'.

Name ▲	Value
a	1
b	0.3000
c	1.0900
x	3
y	27

# Глобальные переменные

- ▶ Объявление `global` размещается в начале программы/функции.
- ▶ Задается в программах и в функциях, использующих общие глобальные переменные.

```
global x y z
```

% определяет переменные `x,y,z` как глобальные. БЕЗ ЗАПЯТЫХ!

- ▶ Риски: «несанкционированное» изменение глобальной переменной изнутри функции.
- ▶ Проверка: `isglobal(x)`



## Пример

Функция-“задаватель” значения глобальной переменной:

```
function setGlobalx(val)
global x
x = val;
```

Функция-получатель значения глобальной переменной:

```
function r = getGlobalx
global x
r = x;
```

Результат:

```
setGlobalx(328)
r = getGlobalx
r =
```

328

У каждой функции своя область памяти (пространство имен).

## Объединение набора скалярных параметров в массив

Массив параметров — борьба с «перенаселенностью» списка аргументов функции.

Вместо:

```
function Y = transform(x,y,alpha,...)
```

делаем:

```
pars = [x,y,alpha,...];
```

```
function Y = transform(pars)
```

```
x = pars(1); y = pars(2); alpha = pars(3); ...
```

```
...действия
```

# Анонимные функции или функции-однострочники

Синтаксис:

`myfun = @(x,y,z,...) выражение`

Пример:

```
sqr = @(x) x.^2;  
sqr(2)
```

```
ans =
```

```
4
```

# Отладка функций

Основная ошибка при создании функций происходит при передаче данных. Поэтому

1. Проверьте правильность работы нужного фрагмента внутри программы, а затем выносите его в отдельную функцию.
2. Проверьте правильность передачи параметров в функцию (выведите только что переданные параметры на экран).

Тестируйте на маленьком примере, а затем переносите в большую программу.

## Задача 2.

Создать функцию, реализующую вычисление  $n$  первых чисел Фибоначчи. Числа Фибоначчи вычисляются по формуле:

$$F_1 = 1, \quad F_2 = 1, \quad F_n = F_{n-1} + F_{n-2}.$$

### Задача 3.

Составьте m-функцию, которая по заданному вектору (одномерному массиву) определяет номер элемента этого вектора с наибольшим отклонением от среднего арифметического элементов вектора.

## Контроль аргументов функции

```
function y = pwfun(x)
% вычисляет значения функции
%      | 1-sin(x), x<-pi,
% y = | x,      -pi<=x<0,
%      | cos(2*x), x>=0.
% использование: y = pwfun(x), x - число
if x < -pi
    y = 1-sin(x);
elseif x >= -pi & x < 0
    y = x;
else
    y = cos(2*x);
end
```

Что произойдет, если мы наберем `pwfun('s')` или если вместо скалярного аргумента будет использован массив?

## Добавим проверку

```
function y = pwfun(x)
if ~isnumeric(x) | ~isscalar(x)
    error('x - скаляр числового типа')
end
...
```

- ▶ `isnumeric` возвращает 1, если аргумент относится к одному из числовых типов данных.
- ▶ `isscalar` возвращает 1, если аргумент скалярный.
- ▶ `error()` останавливает выполнение скрипта и возвращает сообщение об ошибке. `error` не даст никакого эффекта, если строка с сообщением об ошибке будет пустой.



## Предупреждения

Можно убедиться, что переменная `x` не относится к `NaN` или `inf`.

В этом случае функция вернет значение `NaN` или `inf`, но пользователя стоит предупредить, что со значением `x` что-то не так.

Добавим:

```
if isnan(x) | isinf(x)
    warning('Аргумент - NaN или inf');
end
```

- ▶ `warning()` выдает предупреждение, но продолжает выполнение программы.
- ▶ `isnan` и `isinf` — проверка на принадлежность к `NaN` или к бесконечностям.

Ввод/вывод данных

# Интерактивный ввод данных

## Ввод текстовых данных:

```
A = input('Текст приглашения')
```

В CW появится строка с текстом приглашения. Пользователь вводит значение, которое сохранится в массиве *A* и жмет *Enter*.

## Ввод графических данных с помощью мыши:

```
[X,Y] = ginput(N)
```

Открывает графическое окно, в котором указателем мыши можно отметить координаты точек. Эти координаты сохранятся в массивах *X* и *Y*. *N* (необязательный аргумент) — максимальное число вводимых точек. В конце работы с *ginput* жмем *Enter*.

## Вспомним о файлах

- ▶ Файл – именованный набор данных.
- ▶ Все файлы – бинарные “в глубине души”.
- ▶ Текстовый формат: строки, разделенные признаком конца строки (CR+LF в Win).

**Что такое «Возврат каретки» (CR – Carriage Return) и «Перевод строки» (LF – Line Feed)?**

## Ввод/вывод данных из файла. Однородные данные

`dlmread/dlmwrite` — чтение/запись ASCII-данных из текстового файла с произвольным разделителем данных.

```
M = dlmread('имя', 'разделитель')
```

Разделители: пробел (по умолчанию), запятая, табуляция ('\\t').

```
dlmwrite('file.txt', M, 'разделитель')
```

матрица `M` записывается в файл `file.txt` с использованием заданного разделителя.

## Примеры

Построение графика по данным из файла:

Файл data.txt

0 1

1 2

...

```
M = dlmread('c:/temp/data.txt')  
plot(M(:,1),M(:,2))
```

Запись строки в файл:

```
M = 'ababagalamaga';  
dlmwrite('c:/temp/ data.txt',M,',')
```

Записывает в файл матрицу M, разделителем является пробел.

## Другие функции ввода/вывода. «Всё в одном»

- ▶ `csvread/csvwrite` — аналогично `dlmread/dlmwrite`, данные разделены запятой;
- ▶ `imread/imwrite` — графические файлы;
- ▶ `wavread/wavwrite` — аудиофайлы;
- ▶ `aviread/movie2avi` — видеофайлы;
- ▶ `xlsread/xlswrite` — файлы Microsoft Excel.

## Задача 4.

В файле `Altitude.txt` записана траектория полета ракеты: в первом столбце — время в секундах, во втором — высота полета в метрах.

Составьте программу, считывающую данные из этого файла и строящую график зависимости высоты полета ракеты от времени.



## Задача 5.

Составьте программу, которая:

- ▶ создает матрицу  $A$  размера  $5 \times 3$ , состоящую из случайных чисел, равномерно распределенных в интервале  $[0; 10]$ ;
- ▶ сохраняет ее в текстовом файле `data.txt` с разделителем `' ; '`;
- ▶ загружает эту матрицу в `Workspace` с помощью `dlmread()`.

## Задача 6.

Составьте программу, которая:

- ▶ Считывает данные из таблицы ExpData.xls.
- ▶ Считывает данные из ячеек B2:C4 листа Лист2 той же таблицы.

## Ввод/вывод данных из файла: общий случай

**Основные операции:** открытие файла; чтение/запись; закрытие файла.

**Открытие/закрытие файла:**

`fid = fopen('имя', 'доступ')` — открывает файл и заносит идентификатор файла в переменную `fid`. Далее мы работаем только со значением `fid`.

`status = fclose(fid)` — закрытие файла (в `status` заносятся сообщения о возможных ошибках).

## Доступ к файлу

---

'rt'	открывает текстовый файл для чтения
'rt+'	открывает текстовый файл для чтения и записи
'wt'	создает пустой текстовый файл для записи
'wt+'	создает пустой текстовый файл для чтения и записи
'at'	открывает текстовый файл для добавления информации в конец (если файла нет, он создается)
'at+'	открывает текстовый файл для добавления информации в конец или чтения

---

## Пример

Откроем текстовый файл `data.txt` для чтения:

```
fid = fopen('c:/temp/data.txt', 'rt')
```

## Чтение содержимого файла.

- ▶ `feof(fid)` — признак конца файла. `feof = 1`, если в файле больше нет строк и `0` в противоположном случае.
- ▶ `fgetl(fid)` — получение строки текстового файла с идентификатором `fid` без символа перевода строки.

```
f = fopen('c:/temp/data.txt','rt');  
tfile = ''; % вначале массив строк пустой  
while feof(f) == 0  
    line = fgetl(f);  
    tfile = char(tfile,line); % заносит line в массив строк  
end  
fclose(f);  
disp(tfile)
```

## Массив строк. `char()`

`char('строка1', 'строка2', 'строка3', ...)` — возвращает массив строк вида:

```
строка1  
строка2  
строка3
```

Строки могут быть разной длины, `char` их дополнит пробелами до максимальной строки.

```
S = char('a', 'abc', 'ab')  
  a  
  abc  
  ab
```

Размерность S: 3x3.

## Форматный вывод в текстовый файл

```
fprintf(fid, 'формат', x, y, z)
```

`fid` — идентификатор, `x, y, z` — список выводимых переменных.

`формат` — список форматов (шаблонов вывода), указывающих на то, как именно вывести массив:

- ▶ `%s` — строка символов (до пробела)
- ▶ `%f` — число с фиксированной точкой
- ▶ `%e` — число в экспоненциальном представлении:  $1000 = 1e3$
- ▶ `%c` — одиночный символ (в т.ч. пробел)

Форматы `\n`, `\t` служат для создания перехода на новую строку и добавления символа табуляции соответственно.

Стандарт записи форматных строк: ANSI C.



## Ширина поля вывода

Можно задать максимальную ширину поля.

Например '%6.2f %12.8f' будет выглядеть так:

		0	.	0	0				1	.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- ▶ %6.2f — Всего 6 позиций, включая точку и знак числа. Из них 2 — после точки.
- ▶ Затем, как и в формате, идет пробел.
- ▶ %12.8f — 12 позиций, 8 после точки.

## Вывод массивов

Если выводимые переменные — массивы, цикл для организации вывода не нужен.

Вывод массива осуществляется по столбцам.

Создадим таблицу значений экспоненты в файле `exp.txt`:

```
x = 0:.1:1;  
y = [x; exp(x)];  
fid = fopen('exp.txt','wt');  
fprintf(fid,'%6.2f %12.8f\n',y);  
fclose(fid);
```

Получим:

```
0.00    1.00000000  
0.10    1.10517092  
...
```

В строку формата можно помещать пробелы и обычный текст.

Например:

```
fprintf(fid, 'x = %6.2f exp(x) = %12.8f\n', y);
```

дает в exp.txt

```
x =    0.00 exp(x) =    1.00000000
```

```
x =    0.10 exp(x) =    1.10517092
```

## textread — считывание форматированных данных из файла

Чтение данных из файла `имя` и размещение его содержимого в переменных `A, B, C, ...`.

```
[A,B,C, ...] = textread('имя','формат')
```

Тип каждого аргумента определяется строкой `формат`. Если эта строка пуста, то будут считываться только численные данные.

`textread` удобно использовать, когда известен формат считываемого файла.

## Пример

Файл `data.txt` содержит данные вида:

```
Vasja    12.34 45 Yes  
Fedja    23.54 60 No  
Nikodim  34.90 12 No
```

Считаем данные из него в массивы

```
[names,x,y,answer] = textread('data.txt','%s%f%d%s');
```

Символы кириллицы в файле могут оказаться испорченными.

## Операции над файлами

- ▶ Открыть файл: `open('foo.m')`
- ▶ Удалить файл: `delete('имя_файла')` или `delete имя_файла.`
- ▶ Есть еще `save`, `saveas`, `print`, ...
- ▶ Список файлов в каталоге: `dir('имя_каталога')`
- ▶ Создать каталог (внутри текущего):  
`mkdir('имя_каталога')`
- ▶ Сменить рабочий каталог: `cd('новый_каталог')`
- ▶ Показать текущий рабочий каталог: `pwd`
- ▶ Показать текст файла на экране: `type список_файлов`

Пример: просмотр имен всех файлов из заданной папки

```
files = dir;  
for i=1:length(files)  
    disp(files(i));  
end
```



## Если вам захотелось прерваться...

### Сохранение переменных из Workspace на диск.

- ▶ `save имя_файла` — сохраняет все содержимое Workspace в бинарный `mat`-файл `имя_файла.mat`. Эта информация затем может быть загружена функцией `load`.
- ▶ `save имя_файла x,y,z,...` — будут сохранены только переменные `x,y,z,...`. В именах переменных можно использовать шаблон `'*'`.

### Загрузка данных с диска в Workspace.

- ▶ `load имя_файла` — загружает все переменные, сохраненные в файле `имя_файла`. Это может быть бинарный файл с таким именем и расширением `.mat` или текстовый файл (с любым расширением или без него).
- ▶ `load имя_файла x,y,z,...` — загрузит только переменные `x,y,z,...`. Можно использовать `'*'`.

## Список задач

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