Прикладные задачи анализа данных

MATRIX LABORATORY
(эффективное программирование)

Дьяконов А.Г.

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

слайды выложены в блоге автора
https://alexanderdyakonov.wordpress.com/

Языки и платформы для аналитика «малых дынных»

- MATLAB (m-язык)
- R (S + randomForest, gbm, ...)
- Python (+ numpy, scipy, pandas, sklearn, ...)
- остальное (Java, SAS, SQL, C/C++/C#, ...)

Каждый язык для своего!

R	MATLAB
для анализа данных - загрузка csv-файлов - датафреймы	**для матричных вычислений** - всё – матрицы - эффективное матричные вычисления
* – поэлементное умножение `x = solve(A, b)`	* – матричное умножение `x = A\b`

MATLAB (компании «The MathWorks, Inc.»)

+ наиболее простой
+ идеален переход с C/C++
+ чистая линейная алгебра
+ идеален для прототипирования
+ хорошая справочная система
+ прекрасный пошаговый отладчик
+ на синтаксисе Матлаба много чего основано (numpy)

- платный
- нет / мало библиотек (для АД)
- приходится писать алгоритмы «с нуля»
- нет портирования сложных данных (уже есть)

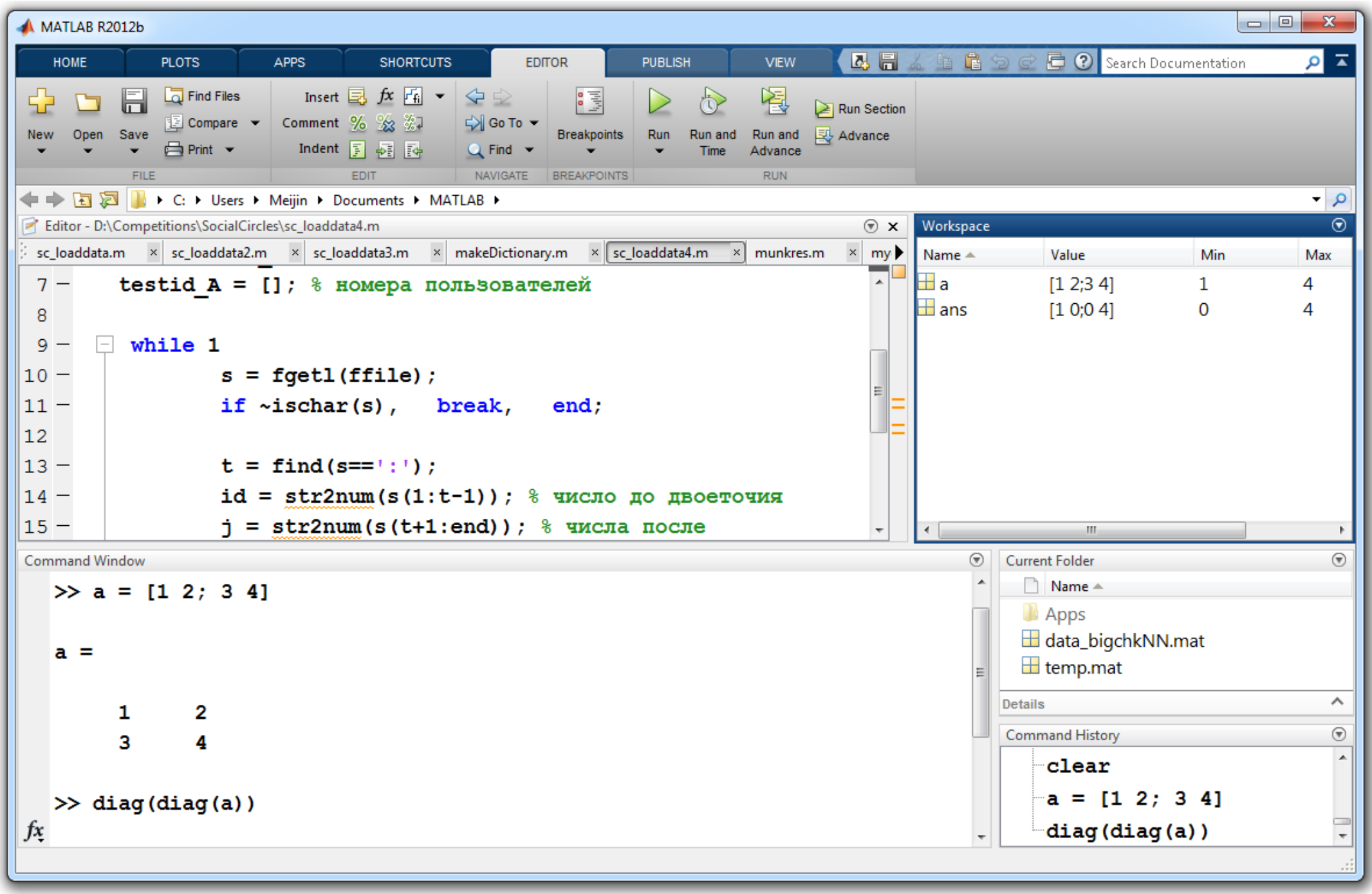
История

Разработан Кливом Моулером (Cleve Moler) в конце 1970-х в Университете Нью-Мексико
Цель – использование библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения Фортрана

Зачем MATLAB дата-майнеру

из личного опыта… процент использования Матлаба:

– можно заменить другим средством, – нельзя


MATLAB R2012b
HOME
PLOTS
APPS
SHORTCUTS
EDITOR
PUBLISH
VIEW
Search Documentation
New
Open
Save
Find Files
Compare
Print
Insert
Comment
Indent
Go To
Find
Breakpoints
Run
Run and Time
Run and Advance
Run Section
Advance
FILE
EDIT
NAVIGATE
BREAKPOINTS
RUN
C: ▸ Users ▸ Meijin ▸ Documents ▸ MATLAB ▸
Editor - D:\Competitions\SocialCircles\sc_loaddata4.m
sc_loaddata.m
sc_loaddata2.m
sc_loaddata3.m
makeDictionary.m
sc_loaddata4.m
munkres.m
7 testid_A = []; % номера пользователей
8
9 while 1
10 s = fgetl(ffile);
11 if ~ischar(s), break, end;
12
13 t = find(s==':');
14 id = str2num(s(1:t-1)); % число до двоеточия
15 j = str2num(s(t+1:end)); % числа после
Workspace
Name
Value
Min
Max
a
[1 2;3 4]
1
4
ans
[1 0;0 4]
0
4
Command Window
>> a = [1 2; 3 4]
a =
1 2
3 4
>> diag(diag(a))
Current Folder
Name
Apps
data_bigchkNN.mat
temp.mat
Details
Command History
clear
a = [1 2; 3 4]
diag(diag(a))

Основные окна

Command Window – вводятся команды (стандартные приёмы типа ↑)
Editor – пишутся m-скрипты (команда edit)
Command History – история команд
Workspace – переменные в памяти
Help – помощь
Current Directory – текущая директория (тут ищутся скрипты)
Figure – рисунки
Profiler – профайлер

MatLab – это интерпретатор!

Стандартные переменные

```
i
j
pi
Inf
eps
realmax
realmin
ans
NaN
```

```
i = 2
i =
     2
clear i
i
ans =
         0 + 1.0000i
-1/0
ans =
  -Inf

[1,2].*[3 4]
ans =
   3   8
```

clear – очистка памяти

; – конец команды, не выводить результат

Чувствительность к регистру!

Теоретико-множественные операции

```
>>  A = [1, 3, 5, 3]; B = [4, 2, 2, 3];
>> [A, B]
ans =
     1   3   5   3   4   2   2   3

>> union(A, B)
ans =
     1     2     3     4     5
```

порядок!

```
>> ismember(2, B)
ans =
     1
>> ismember(A, B)
ans =
     0     1     0     1
```

логический массив

```
>> unique(B)
ans =
     2     3     4
```

```
setdiff(A, B)
intersect(A, B)
setxor(A, B)
issorted(ans)
sort(B)
```

Порождение матриц

```
>> A = [1, 2; 3, 4]
A =
     1     2
     3     4

>> zeros(3)
ans =
     0     0     0
     0     0     0
     0     0     0

>> B = fix(10*rand([2 3]))
B =
     2     9     1
     5     9     9
```

операции поэлементно!

```
>> a = 1:5
a =
     1     2     3     4     5

>> a = 1:2:5
a =
     1     3     5

>> A = ones([2 2 2 1]);
>> size(A)

ans =
     2     2     2

>> reshape(A, [2 4])
ans =
   1     1     1     1
   1     1     1     1
```

Операции с матрицами

```
>> A = [1 2; 3 4];
>> A(:)'
ans =
     1     3     2     4

>> sum(A)
ans =
     4     6

>> sum(A, 2)
ans =
     3
     7

>> sum(A(:))
ans =
    10
```

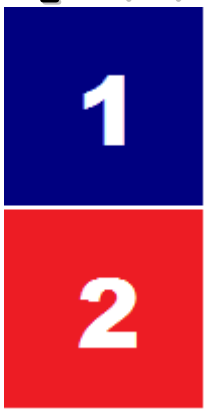
отличие от суммы:

```
>> max(A)
ans =
     3     4

>> max(A, [], 2)
ans =
     2
     4

>> max(A, 2)
ans =
     2     2
     3     4

>> min(A, A')
ans =
     1     2
     2     4
```

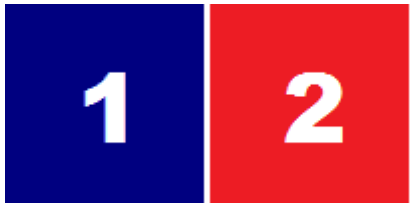
Операции выполняются по столбцам!

Конкатенация матриц

```
>> A = [ones(2); eye(2)]
A =
     1     1
     1     1
     1     0
     0     1
```




```
>> B = [ones(2), eye(2)]
B =
     1     1     1     0
     1     1     0     1
```




```
>> C = cat(3, ones(2), eye(2))
C(:,:,1) =
     1     1
     1     1
C(:,:,2) =
     1     0
     0     1
```

Индексация элементов

С единицы! Строка – столбец

(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)
(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)

1	4	7	10
2	5	8	11
3	6	9	12

```
>> [i,j] =  ind2sub([3 4], [3 7 12])
i =
     3     1     3
j =
     1     3     4
```

```
>> sub2ind([3,4], 1, 3)
ans =
     7
```

```
A(1, 2) % элемент

A(1, 2, 1, 1) % он же

A(1:2, [2 4]) % подматрица
```

(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)
(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)

Индексация элементов

```
A(:,3) = [] % удаление
```

(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)
(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)

end – очень удобно

```
A(end, 1) % последняя строка
```

(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)
(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)

```
A(:, 2:3) = A(:, [3 2])
% перестановка столбцов

>> A = [], A(end+2) = 2
A =
     []
A =
     0     2
```

```
>> B(2,2,2) = 3
B(:,:,1) =
     0     0
     0     0
B(:,:,2) =
     0     0
     0     3
```

Нет отрицательной индексации `A(:, -i)` как в R (Python)

Вместо этого `A(:, [1:i-1 i+1:end])`

Приведение размеров

```
>> A = reshape(1:9, 3, 3)
A =
     1     4     7
     2     5     8
     3     6     9

>> A(:, end) = [1 2 3]
A =
     1     4     1
     2     5     2
     3     6     3

>> A(end, :) = 5
A =
     1     4     1
     2     5     2
     5     5     5
```

```
>> A(1:8) = rand([2 4])

A =
    0.8147    0.9134    0.2785
    0.9058    0.6324    0.5469
    0.1270    0.0975    5.0000
```

Что нельзя:

```
A + [1, 2]
```

Размерность матриц

```
>> A = rand([2 1 3 4 1]);
>> size(A)
ans =
     2     1     3     4

>> A = squeeze(A);
>> size(A)
ans =
     2     3     4

>> [rows, cols, ~] = size(A)
rows =
     2
cols =
     3
```

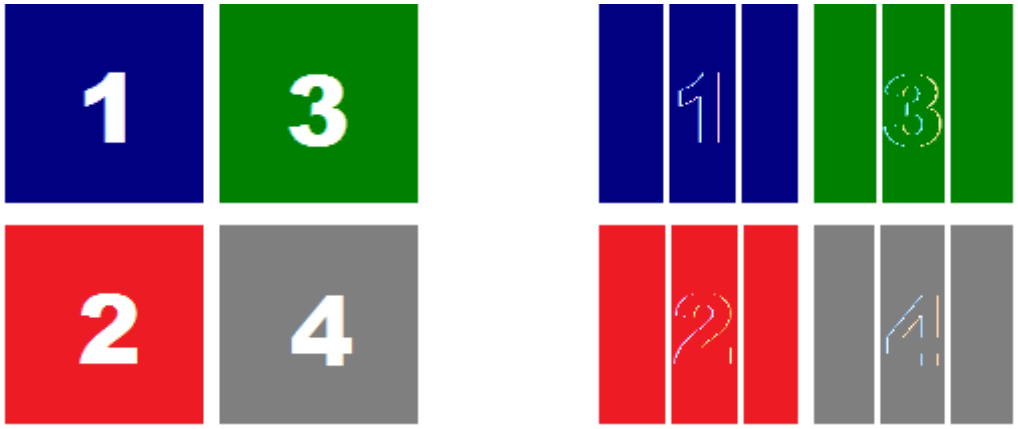
Удобное устранение фиктивных размерностей.

Так помечаются ненужные переменные.

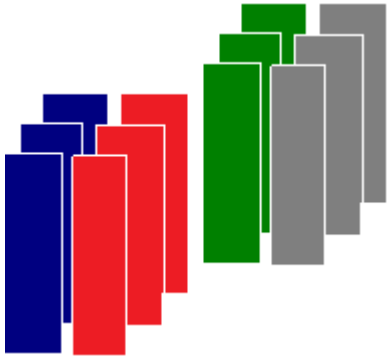
Фокусы с размерностями

```
>> A = [1 1; 1 1];
>> B = 2*A; C = 3*A; D = 4*A;
```

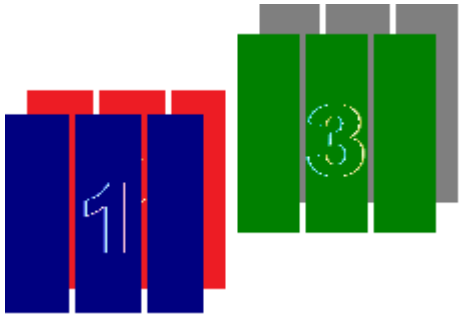

```
>> X = [A, 3*A; 2*A 4*A]
```




```
>> Y = reshape(X, [2 2 2 2])
```



```
>> Y = permute(Y, [1 3 2 4]);
```




```
>> Y = reshape(Y, [2 2 4])
```

Операции с матрицами

```
>> A = [1 2 3; 4 5 6]
A =
     1     2     3
     4     5     6

>> circshift(A, [0 -1])
ans =
     2     3     1
     5     6     4

>> flipud(A)
ans =
     4     5     6
     1     2     3

>> rot90(A)
ans =
     3     6
     2     5
     1     4

>> diag(diag(A))
ans =
     1     0
     0     5

>> triu(A)
ans =
     1     2     3
     0     5     6

>> cumsum(A)
ans =
     1     2     3
     5     7     9

>> diff(A)
ans =
     3     3     3
```

Работа с файлами

Стандартный import – очень неэффективное средство

```
>> save b.mat a
>> load b.mat
>> save b.txt a -ascii
```

Внутренний формат: mat-файлы

```
>> f = fopen ('st.txt');
>> a = fscanf(f, '%d:%d %d/%d', [4 100])'
a =
     12     1     5     7
     13     6     3     2
>> fclose(f);
```

```
12:01 5/7
13:06 3/2
```

```
>> g = fopen('st2.txt','w');
>> fprintf(g, '%2.2d:%2.2d %2.2f/%2.2d\n', a');
>> fclose(g);
```

```
12:01 5.00/07
13:06 3.00/02
```

В Матлабе придётся писать ввод-вывод…

Разреженные матрицы

хранятся только ненулевые элементы (по столбцам)

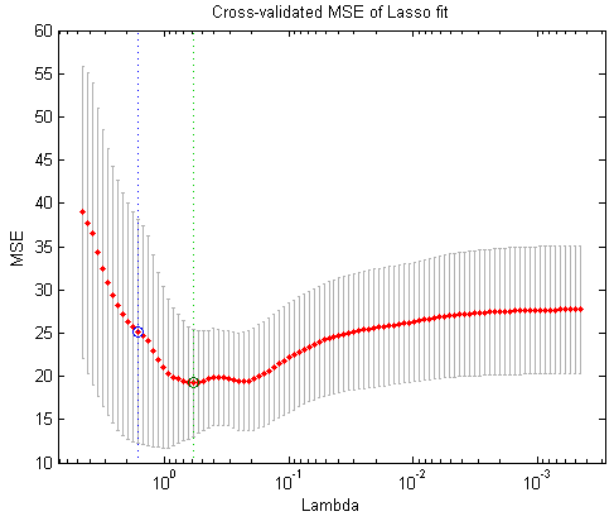
действия как с обычными матрицами

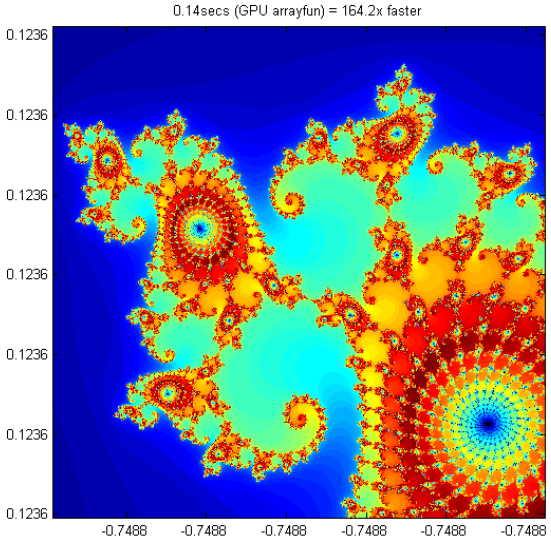
```
>> S = [0 0 1; 2 0 3; 0 0 0];
>> S1 = sparse(S)
S1 =
   (2,1)         2
   (1,3)         1
   (2,3)         3

>> S2 = full(S1)
S2 =
     0     0     1
     2     0     3
     0     0     0
>> whos
  Name    Size      Bytes  Class              Attributes
  S       3x3          72  double
  S1      3x3          80  double    sparse
  S2      3x3          72  double
```

```
>> i = [1 2 3 4 5];
>> j = [1 1 2 2 1];
>> v = (1:5).^2;
>> sparse(i,j,v)
ans =
   (1,1)         1
   (2,1)         4
   (5,1)        25
   (3,2)         9
   (4,2)        16

speye([2 3])
spy(S)
S = spalloc(2,3,2)
```

Графика

Пожалуй, максимально удобная для анализа






```
>> clf; % очистить рисунок
>> plot (x,y);
>> title('plot'); % название
>> xlabel('x'); % метки осей
>> ylabel('y');
>> figure % создание нового окна
>> area(x, y); % закрашенный график
>> grid on; % нарисовать сетку
>> figure(1); % вывод в первое
>> hold on % не стирать предыдущее
>> legend('g2', 'x') % легенда
```

bar

scatter

plot

Функция meshgrid

```
[X, Y] = meshgrid(x, y);
```

$x=(x_1, x_2, \ldots, x_m)$
$y=(y_1, y_2, \ldots, y_n)$

X =

x_1	x_2	...	x_m
x_1	x_2	...	x_m
...	...	...	...
x_1	x_2	...	x_m

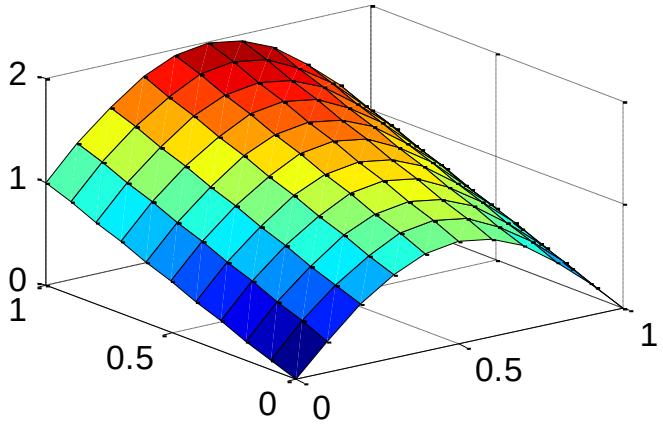
Y =

y_1	y_1	...	y_1
y_2	y_2	...	y_2
...	...	...	...
y_n	y_n	...	y_n

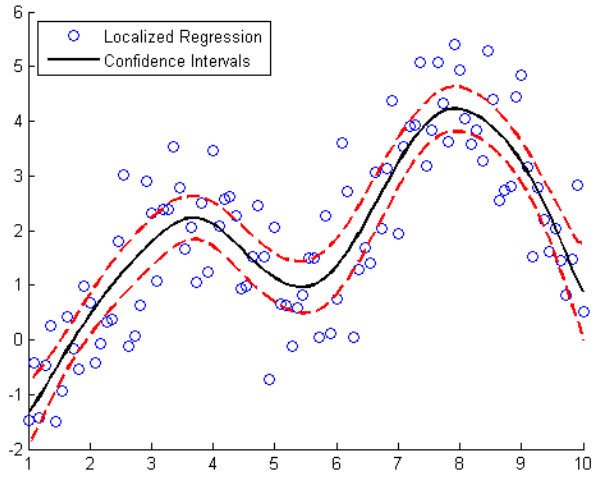
Вычисление функции во всех точках вида (x_i, y_j) теперь упрощается:

```
Z = sin(X.*Y) + abs(X-Y);
```

Графика




```
>> x = 0:0.1:1;
>> y = linspace(0,1,11); % или y=0:0.1:1
>> [X,Y] = meshgrid(x,y);
                        % или [Y,X] = ndgrid(y,x)
>> Z = sin(X*pi) + Y;
>> surf(x, y, Z);
```



Можно сохранять в формате fig, копировать и вставлять

Совет: сохраняйте данные, а не графики (+ m-скрипты для получения графиков)

Синтаксис

очень простой!

```
prms = zeros(10,1);
count = 1;
current = 1;
while true
    current = current + 1;
    if ~isprime(current)
        continue
    end
    % current - простое число
    prms(count) = current;
    if count == 10
       break;
    end
    count = count + 1;
 end
prms

prms =     2     3     5     7    11    13    17
19    23    29
```

Синтаксис

отрицание – ~

или – ||, поэлементное или – | (аналогично &)

Вообще-то циклы стараются не использовать…

```
switch isempty(A)
  case 0
    'непустой'
  case 1
    'пустой'
  otherwise
    '?'
end
```

Логические массивы

одно из средств отказа от циклов

```
>> A = [1 5 3; 4 2 6]
A =
     1     5     3
     4     2     6

>> L = A>2
L =
     0     1     1
     1     0     1

>> A(L)'
ans =
     4     5     3     6

>> A(L) = 0
A =
     1     0     0
     0     2     0
```

```
>> find(A>0)
ans =
     1
     4

>> [i j] = find(A>0)
i =                  j=
     1                    1
     2                    2
```

Стараться обходиться без find

```
>> +(A>0)
```
Зачем + ?

Многие функции определены над double

Что делает команда

```
+(~~a)
```
?

Логические массивы

```
any, all, isprime, logical, true()
```

m-файлы

```
% MPAR сравнение сигналов в 2х
метриках
function [p1 p2] = mpar(x, y)
x = mmean(x);
y = mmean(y);
p1 = sum(abs(x-y));
p2 = sqrt(sum((x-y).^2));

% MMEAN вычесть среднее
function x = mmean(x)
x = x - mean(x);

%{
код для иллюстрации
вложенных функций
%}
```

```
function f = myfunc(a,b,c)
a = a + c; % new
b(1) = b(1) + 1; % new!!!
f = a(c>0) + b(c>0);
```

Переменные a, b меняются, поэтому под них будут созданы новые области памяти, а под переменную c – нет.

Структуры / Анонимные функции

```
>> a.a = 1
a =
    a: 1

>> a.b = 2
a =
    a: 1
    b: 2

>> a.c.d = 3
a =
    a: 1
    b: 2
    c: [1x1 struct]
```

```
f = @(x,y) max(sort(x)-sort(y),0)
A  = [1 2 3; 4 5 6]
bsxfun(f, A, [2 2]')

f =
    @(x,y)max(sort(x)-sort(y),0)

A =
     1     2     3
     4     5     6

ans =
     0     0     1
     2     3     4
```

Анонимные функции

медленные, но упрощают жизнь

```
a = 10; b = 20;
swap = @(a,b)deal(b,a)
[a,b] = swap(a,b)
```

Поменять две переменные значениями

```
size1 = @(x)size(x,1)
rows = size1(zeros(4,5))
```

Первая размерность

```
iseven = @(x) ~logical(rem(x,2))
```

Чётность

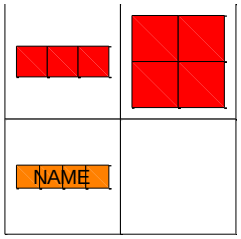
Но тут можно проще…

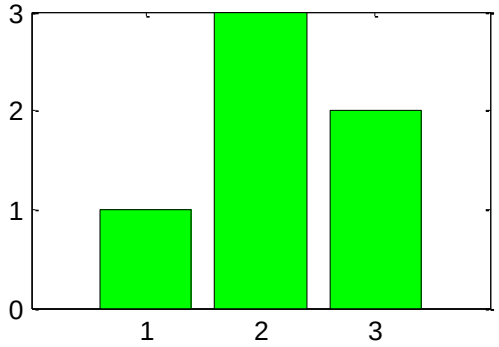
```
myExpr = @(x) low < x < high;
inResult = myExpr(pi)
outResult = myExpr(17)
inResult =
             1
outResult =
             1
```

В чём ошибка?

Массивы ячеек

```
>> c = cell([2 2])
c =
        []      []
        []      []

>> c{1, 1} = [1, 2, 3];
>> c{1, 2} = eye([2, 2]);
>> c{2, 1} = 'NAME';
>> cellplot(c)
```






```
>> arg = {[1 3 2], 'g'}
arg =
    [1x3 double]    'g'

>> bar(arg{:})

>> X = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
>> a = {[1 3], ':'}
a =
    [1x2 double]    ':'

>> a{:}
ans =
     1     3
ans =
     :

>> X(a{:})
```

Массивы ячеек

+ используются для разных трюков

```
min_and_max = @(x) cellfun(@(f) f(x), {@min, @max});
y = randi(10, 1, 10)
just_values          = min_and_max(y)
[~, just_indices]    = min_and_max(y)
[extrema, indices] = min_and_max(y)

y =
    5   10    8   10    7    1    9   10    7    8

just_values =
     1    10

just_indices =
     6     2

extrema =
     1    10

indices =
     6     2
```

Строки

```
>> s = '2.34:-4:UN';
>> s(s==':') = ' '
s =
2.34 -4 UN
>> s = strrep(s, 'UN', 'NaN')
s =
2.34 -4 NaN
>> str2num(s)
ans =
    2.3400   -4.0000      NaN
```

```
>> files = dir('*.mat');
>> for I = 1:length(files)
>> thefile = files(i).name
>> % действия с файлом
>> end;

>> for i = 1:9
>> thefile =
      sprintf('mat%d.mat', k);
>> data = load(thefile);
>> end;
```

Задача о универсальной декартовой степени

```
X = [1 5 7];
n = 3;
eval(['[ ' sprintf('A%d ',1:n) '] =
                          ndgrid( ' repmat('X, ',1,n-1) 'X );']);
[ A1 A2 A3 ] = ndgrid( X, X, X );
eval(['A = [' sprintf('A%d(:) ',1:n) ']']);
A = [A1(:) A2(:) A3(:) ]
```

findstr, strncmp, [s1, s2]

Строки

Регулярные выражения

```
mystring = 'ПЗАД - лучший. Люблю Матлаб! А ты?';
splitstring = regexp(mystring,'(?<=[!.?])\s','split');
disp(splitstring)
```

Вот зачем мужны массивы ячеек

```
'ПЗАД - лучший.'    'Люблю Матлаб!'    'А ты?'
```

Что плохо

Работа с датами

```
>> x = datenum('2012-10-02')
x =
      735144

>> datestr(x+1,'dd/mm/yy')
ans =
03/10/12
```

Типы

Между типами есть конвертация

Поэлементные функции

arrayfun, cellfun, spfun, structfun

```
>> a = {'one', 'two', 'tree', [1 2; 3 4]}
a =
    'one'    'two'    'tree'    [2x2 double]

>> cellfun(@(x) length(x), a)
ans =
     3     3     4     2
```

NaN

1. Результат деления на ноль

2. Нет данных

3. Для отделения рядов при выводе графиков

Некоторые функции работают с нанами, некоторые – нет

```
>> any([NaN 0 1])
ans =
     1

>> all([NaN 0 1])
ans =
     0

>> max([NaN 0 1 2])
ans =
     2

>> x = 0/0;
>> x==x
ans =   0
```

```
>> min([NaN 0 1 2])
ans =
     0

>> mean([NaN 0 1 2])
ans =
   NaN

>> nanmean([NaN 0 1 2])
ans =
     1
```

Переменная не всегда равна себе!

Эффективное программирование

```
E = []; % надо E = zeros([1 1000]);
for i=1:1000
    E(i) = sin(i);
end;
```

Выделять память заранее

```
data2 = [];
data3 = [];
for idx = 1:100
    data1(idx) = fetchData();
    data2(end+1) = fetchSomeOtherData();
    data3 = [ data3 fetchYetMoreData() ];
end
```

Пример: как может увеличиваться массив

```
function data = unecessaryPreallocation
    data = zeros(1,100);
    data = fetchAllData();
end
```

Ошибка новичка: не всегда надо выделять память

Эффективное программирование

```
A = rand(10000);
B = A';

tic; C = A + B; toc;

tic;
for i = 1:10000
    for j = 1:10000
        C(i,j) = A(i,j) + B(i,j);
    end;
end;
toc;
```

```
Elapsed time is 0.147535 seconds.
Elapsed time is 9.747009 seconds.
```

векторные / матричные вычисления

Векторизируйте!

Think vectorized!

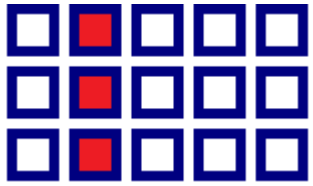
Эффективное программирование

Логические массивы

```
s = 0;
tic;
for i = 1:10000
    for j = 1:10000
        if (A(i,j)>0.5)
            s = s+1;
        end;
    end;
end;
toc;
s
Elapsed time is 2.083207 seconds.
s =
    50000460

>> tic; sum(A(:)>0.5), toc;
ans =
    50000460
Elapsed time is 0.433364 seconds.
```

Эффективное программирование

```
for i=1:1000
    A(:,i) = func(i) % ...
end;
```



Правильно организовывайте прохождение по матрице

Где в анализе данных это пригодится?

```
x = A\b % не inv(A)*b
x = x(x>0) % не x(find(x>0))
```

Не вызывать лишних функций

Экспериментируйте! Для новых данных – новые законы.

Эффективное программирование

```
>> x = round(rand(1, 1e7));
>> tic; y = 1./x; toc
% половина делений на ноль
Elapsed time is 1.540780
seconds.

>> x = x + 1;
% теперь делений на 0 не будет
>> tic; y = 1./x; toc
Elapsed time is 0.329759
seconds.
```

Нет тормозным данным!

Типичный приём:

```
x = x/(sqrt(sum(x.^2)) + 0.0001)
```

```
>> a = rand([1 100000]);
tic; a = a(a>0.5); toc;
Elapsed time is 0.001209 /
0.001159 / 0.001159 sec.
>> a = rand([1 100000]);
>> tic; a(a<=0.5) = []; toc;
Elapsed time is 0.001919 /
/ 0.001872 / 0.001827 sec.
```

Всегда есть несколько вариантов!

Эффективное программирование

Используйте bsxfun вместо repmat

Три способа нормировки

```
>> A = [1 2; 3 4]
A =
     1     2
     3     4

>> A./repmat(sum(A,2),1,2)

>> bsxfun(@rdivide,A,sum(A,2))

>> sparse(1:2,1:2,1./sum(A,2))*A

ans =
    0.3333    0.6667
    0.4286    0.5714
```

```
n = 10000;
A = rand(n);
tic; A./repmat(sum(A,2),1,n); toc
tic; bsxfun(@rdivide,A,sum(A,2));
toc
tic; sparse(1:n,1:n,1./sum(A,2))*A;
toc
Elapsed time is 0.359943 sec.
Elapsed time is 0.234170 sec.
Elapsed time is 0.394007 sec.

A = sparse(rand(10000)>0.5);
tic; A./repmat(sum(A,2),1,n); toc
tic; bsxfun(@rdivide,A,sum(A,2));
toc
tic; sparse(1:n,1:n,1./sum(A,2))*A;
toc
Elapsed time is 4.010275 sec.
Elapsed time is 1.148956 sec.
Elapsed time is 0.707605 sec.
```

Где в анализе данных это пригодится?

Решение обычного уравнения

```
A = rand([10000 1000]);
b = rand([10000 1]);
tic; x = pinv(A)*b; toc
tic; x = inv(A'*A)*A'*b; toc
tic; x = inv(A'*A)*(A'*b); toc
tic; x = (A'*A)\A'*b; toc
tic; x = (A'*A)\(A'*b); toc
tic; x = A\b; toc
```

```
Elapsed time is 2.104123 seconds.
Elapsed time is 0.439358 seconds.
Elapsed time is 0.248658 seconds.
Elapsed time is 0.547900 seconds.
Elapsed time is 0.192129 seconds.
Elapsed time is 1.847785 seconds.
```

Всё зависит от расстановки скобок…

Где в анализе данных это пригодится?

Ещё советы

- Используйте функции, а не скрипты
- Не меняйте тип переменной
- Не балуйтесь разреженными матрицами
- Используйте профайлер
- Доверяйте анализатору кода
- Не используйте eval, evalin, andassignin
- Переменная должна появиться слева
- Не используйте глобальные переменные

Когда нестандартные решения

```
>> X(X(:,1)==className,:)
```

```
>> X = sortrows(X, 1); % сортировка строк
>> [classes indxF] = unique(X(:,1), 'first');
% классы и их начала
>> [classes indxL] = unique(X(:,1), 'last');
% последние эл-ты классов
>> ic = find(classes==className, 1, 'first');
% номер нашего класса
>> X(indxF(ic):indxL(ic),:) % вывод объектов
```

Часто лучше один раз отсортировать, чем использовать логические массивы

1	2	3	4
0	0.3	3	45
0	0.2	2	23
0	0.3	5	34
0	0	1	54
1	1.1	2	44
1	0.5	3	6
1	0.7	1	18
2	1	2	20
2	1	5	36

Специфика вычислений

```
>> ((1e-15 + 1e-15) + 1e30) - 1e30

ans =
        0
```

Не проверяйте на равенство вещественные числа!

```
>> (0.3 - 0.1*3)

ans =
      -5.5511e-017


>> X = [1.1:0.01:10];
>> find(S==1.13)

ans =
      Empty matrix: 1-by-0
```

Фрагмент кода – оформление

```
for iFile = 1:nFiles
    for jPosition = 1:nPositions

    fileName = getname(); % Имя функции - маленькими буквами
    fileSize = filesize(); % Не надо fsz
    if (checkTiffFormat()) % Не checkTIFFFormat!
       tableNo = % определение номера таблицы
        % ...
        for i = 1:MAX_ITERATIONS % Константа заглавными буквами
           Segment.length = % Название структуры заглавными
                            % Не надо Segment.segmentlength
       end;
    end; % if (checkTiffFormat())

    end; % for jPosition = 1:nPositions
end; % iFile = 1:nFiles

weightedPopulation = (doctorWeight * nDoctors) + ...
                     (lawyerWeight * nLawyers) + ...
                      (chiefWeight * nChiefs);
```

Big Data

1. **64-bit Computing.** 500 Гб!!!
2. **Memory Mapped Variables.** Функция memmapfile – работаем с диском, а не памятью.
3. **Disk Variables.** Функция matfile – обращение прямо к mat-файлам.
4. **Intrinsic Multicore Math.** Многие функции многопотоковые.
5. **GPU Computing.** Функции в Parallel Computing Toolbox
6. **Parallel Computing.** Parallel Computing Toolbox/MATLAB Distributed Computing Server (на кластерах)
7. **Cloud Computing.** MATLAB Distributed Computing Server on Amazon's Elastic Computing Cloud (EC2)
8. **Distributed Arrays.** Parallel Computing Toolbox & MATLAB Distributed Computing Server.
9. **Streaming Algorithms.**
10. **Image Block Processing.** Функция blockproc – работа с большими изображениями.

Бесплатные аналоги

GNU Octave

FreeMat

Maxima

Scilab

Совместимы с MATLAB на уровне языка программирования!

Что читать

1. Помощь

2. Полезные блоги

Loren on the Art of MATLAB - MATLAB Central Blogs
blogs.mathworks.com/loren/

3. Учебное пособие

Дьяконов А. Г. Анализ данных, обучение по прецедентам, логические игры, системы WEKA, RapidMiner и MatLab (практикум на эвм кафедры математических методов прогнозирования). — МАКСПресс, 2010. — 278 с
http://www.machinelearning.ru/wiki/images/7/7e/Dj2010up.pdf