

МАТЛАВ

В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Лекция № 1

Н. Ю. ЗОЛОТЫХ

ННГУ, ВМК, сентябрь–декабрь 2008

1. Темы лекций

1. Темы лекций

1. Введение в MATLAB
2. Простейшая графика
3. Суммы. Произведения. Интегралы
4. Управляющие конструкции
5. Линейная алгебра
6. Интерполяция и аппроксимация данных
7. М-файлы
8. Типы данных
9. Графические команды и функции
10. Внешний интерфейс
11. Пакет символьной математики
12. GUI-приложения
13. Обыкновенные дифференциальные уравнения
14. Дифференциальные уравнения в частных производных
15. Оптимизация и решение нелинейных систем

2. Математический пакет MATLAB

2. Математический пакет MATLAB

MATLAB $\equiv$ Matrix Laboratory

2. Математический пакет MATLAB

MATLAB $\equiv$ Matrix Laboratory

История MATLAB'а

2. Математический пакет MATLAB

MATLAB $\equiv$ Matrix Laboratory

История MATLAB'а

- 1977–1983 — классический MATLAB (Cleve Moler) — интерактивная матричная лаборатория, позволяющая вызывать процедуры из библиотек LINPACK, EISPACK.

2. Математический пакет MATLAB

MATLAB $\equiv$ Matrix Laboratory

История MATLAB'а

- 1977–1983 — классический MATLAB (Cleve Moler) — интерактивная матричная лаборатория, позволяющая вызывать процедуры из библиотек LINPACK, EISPACK.
- 1984–... — коммерческий MATLAB (MathWorks). Последняя версия — R2008a

Компоненты MATLAB



Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB

Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB
- Язык MATLAB

Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB
- Язык MATLAB
- Библиотека математических функций

Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB
- Язык MATLAB
- Библиотека математических функций
- Управляемая графика (2D, 3D)

Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB
- Язык MATLAB
- Библиотека математических функций
- Управляемая графика (2D, 3D)
- Программный интерфейс (C, Fortran, Java)

Компоненты MATLAB

- Среда MATLAB
- Язык MATLAB
- Библиотека математических функций
- Управляемая графика (2D, 3D)
- Программный интерфейс (C, Fortran, Java)
- Пакеты расширений (toolboxes)

3. Некоторые пакеты расширений (toolboxes)

3. Некоторые пакеты расширений (toolboxes)

- Simulink
- MATLAB Compiler
- Signal Processing
- Image Processing
- Filter Design
- Control System
- Statistics
- Symbolic Math / Extended Symbolic Math
- Optimization
- Fuzzy Logic
- Neural Network
- Genetic Algorithms and Direct Search
- Curve Fitting
- Spline Toolbox
- Bioinformatics
- Virtual Reality

многие другие...

4. MATLAB vs другие математические пакеты

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...
- Пакеты *численного* анализа

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...
- Пакеты *численного* анализа
 - MATLAB и «клоны» (Octave, SciLab, FreeMat, RLab, ...)

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...
- Пакеты *численного* анализа
 - MATLAB и «клоны» (Octave, SciLab, FreeMat, RLab, ...)
 - Gauss
 - O-Matrix
 - ...

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...
- Пакеты *численного* анализа
 - MATLAB и «клоны» (Octave, SciLab, FreeMat, RLab, ...)
 - Gauss
 - O-Matrix
 - ...

См. Stefan Steinhaus *Comparison of mathematical programs for data analysis*

<http://www.scientificweb.com/ncrunch/>

4. MATLAB vs другие математические пакеты

- Пакеты для *символьных* вычислений
 - Maple
 - Mathematica
 - Mathcad
 - ...
- Пакеты *численного* анализа
 - MATLAB и «клоны» (Octave, SciLab, FreeMat, RLab, ...)
 - Gauss
 - O-Matrix
 - ...

См. Stefan Steinhaus *Comparison of mathematical programs for data analysis*

<http://www.scientificweb.com/ncrunch/>

Пакеты Symbolic Math ToolBox и Extended Symbolic Math ToolBox реализуют символьную математику (вызывая функции Maple)

5. Альтернатива: Python (вместе с пакетами NumPy/SciPy и SymPy)

5. Альтернатива: Python (вместе с пакетами NumPy/SciPy и SymPy)

MATLAB		Python	
±	Язык ориентирован в первую очередь на научные вычисления (линейная алгебра). Новые парадигмы программирования и возможности языка были привнесены в более поздние этапы его развития.	±	Язык общего назначения. Возможности по объектно-ориентированному и функциональному программированию были заложены с самого начала.
+	Профессиональные пакеты (платные) по обработке сигналов, управляющим системам, оптимизации, Simulink.	—	Нет прямых эквивалентов, но имеются и постоянно развиваются альтернативные пакеты.
+	Превосходная 2D и 3D графика	—	Графика уступает MATLAB'овской.
+	Удобная современная среда разработки (IDE). Имеется отладчик, профилировщик.	—	Имеется несколько IDE, но все они проигрывают по ряду показателей MATLAB'овской IDE. Имеется отладчик. Нет профилировщика (?)
+	Отличная документация. Сопровождение	±	Хорошая документация.
±	Большое сообщество пользователей MATLAB. Много свободно распространяемого кода.	±	Постоянно растущее сообщество программистов на Python. Много свободно распространяемого кода.
—	Весьма дорогой. Код закрыт.	+	Бесплатный. Свободно распространяемый. Открытый код.
—	Сложные правила MATLAB/C и MATLAB/Fortran API	+	Более простой интерфейс Python/C API
—	Достаточно сложно программировать GUI-приложения.	+	Есть несколько средств разработки GUI-приложений.
—	Проблемы с созданием stand-alone приложений.	+	

6. Справка и документация

- Команды help, lookfor
- Окно справки doc
- Сайт MathWorks <http://www.mathworks.com/products/matlab>
- Matlab Community <http://www.mathworks.com/matlabcentral>
- Сайт консультационного центра MATLAB <http://www.matlab.ru>
- Другая информация в Интернете; см. <http://www.google.com>,
<http://www.directory.google.com/Top/Science/Math/Software/MATLAB>

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

- *Ануфриев И.Е., Смирнов, Смирнова* MATLAB 7.0 СПб.: BHV, 2005

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

- *Ануфриев И.Е., Смирнов, Смирнова* MATLAB 7.0 СПб.: BHV, 2005
- *Мартынов Н.Н.* Введение в MATLAB 6. М.: Кудиц-образ. 2002

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

- *Ануфриев И.Е., Смирнов, Смирнова* MATLAB 7.0 СПб.: BHV, 2005
- *Мартынов Н.Н.* Введение в MATLAB 6. М.: Кудиц-образ. 2002
- *Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М.* MATLAB 7.0: программирование, численные методы. СПб.: BHV, 2005

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

- *Ануфриев И.Е., Смирнов, Смирнова* MATLAB 7.0 СПб.: BHV, 2005
- *Мартынов Н.Н.* Введение в MATLAB 6. М.: Кудиц-образ. 2002
- *Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М.* MATLAB 7.0: программирование, численные методы. СПб.: BHV, 2005
- *Белов С.А., Золотых Н.Ю.* Численные методы линейной алгебры. Лабораторный практикум. Н. Новгород: изд-во ННГУ, 2005

Литература

Около 1000 книг на английском языке и около 100 на русском языке.

- *Ануфриев И.Е., Смирнов, Смирнова* MATLAB 7.0 СПб.: BHV, 2005
- *Мартынов Н.Н.* Введение в MATLAB 6. М.: Кудиц-образ. 2002
- *Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М.* MATLAB 7.0: программирование, численные методы. СПб.: BHV, 2005
- *Белов С.А., Золотых Н.Ю.* Численные методы линейной алгебры. Лабораторный практикум. Н. Новгород: изд-во ННГУ, 2005
- *Moler C.B.* Numerical Computing with MATLAB
<http://www.mathworks.com/moler>
- *Van Loan C.F.* Introduction to scientific computing: a matrix-vector approach using MATLAB. N. J.: Prentice Hall, 1997

Мой сайт

<http://www.uic.nnov.ru/~zny/matlab>

Мой сайт

<http://www.uic.nnov.ru/~zny/matlab>

- Учебник по MATLAB'у
- Презентации к лекциям
- Полезные ссылки
- Код

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$
- NaN — Not a Number: $0/0$, ∞/∞ , $\infty - \infty$ и др.

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$
- NaN — Not a Number: $0/0$, ∞/∞ , $\infty - \infty$ и др.
- $\text{eps} = 2^{-52} = 2.2204 \times 10^{-16}$ — машинная точность (или машинное эпсилон) — расстояние между 1 и следующим за ним машинным числом.

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$
- NaN — Not a Number: $0/0$, ∞/∞ , $\infty - \infty$ и др.
- $\text{eps} = 2^{-52} = 2.2204 \times 10^{-16}$ — машинная точность (или машинное эпсилон) — расстояние между 1 и следующим за ним машинным числом.
- $\text{realmax} = (2 - 2^{-52}) \times 2^{1023} = 1.7977 \times 10^{308}$ — максимальное число

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$
- NaN — Not a Number: $0/0$, ∞/∞ , $\infty - \infty$ и др.
- $\text{eps} = 2^{-52} = 2.2204 \times 10^{-16}$ — машинная точность (или машинное эpsilon) — расстояние между 1 и следующим за ним машинным числом.
- $\text{realmax} = (2 - 2^{-52}) \times 2^{1023} = 1.7977 \times 10^{308}$ — максимальное число
- $\text{realmin} = 2^{-1022} = 2.2251 \times 10^{-308}$ — минимальное положительное нормализованное число

7. Числа. Векторы. Матрицы

Вещественные числа

- Вещественные числа с плавающей запятой двойной точности в *формате IEEE 754*: 8 байт,
 - 52 бита мантисса (около 16 десятичных цифр),
 - 11 бит показатель (± 308)
- $\pm \text{Inf} = \pm \infty$
- NaN — Not a Number: $0/0$, ∞/∞ , $\infty - \infty$ и др.
- $\text{eps} = 2^{-52} = 2.2204 \times 10^{-16}$ — машинная точность (или машинное эpsilon) — расстояние между 1 и следующим за ним машинным числом.
- $\text{realmax} = (2 - 2^{-52}) \times 2^{1023} = 1.7977 \times 10^{308}$ — максимальное число
- $\text{realmin} = 2^{-1022} = 2.2251 \times 10^{-308}$ — минимальное положительное нормализованное число
- $\text{pi} = \pi = 3.1415926$

<i>Значение</i>	1s	11e	52m	<i>Величина</i>	<i>Десятичная запись</i>	MATLAB
+NaN	0	11...11	11...11	+NaN	+NaN	NaN
	0	11...11	00...01			
+Inf	0	11...11	00...00	+Inf	+Inf	Inf
Положительные нормализованные	0	11...10	11...11	$(2 - 2^{-52}) \times 2^{1023}$	$1.7976931348623158 \times 10^{308}$	realmax
$1.m \times 2^{e-1023}$	0	00...01	00...00	2^{-1022}	$2.2250738585072014 \times 10^{-308}$	realmin
Положительные ненормализованные	0	00...00	11...11	$(1 - 2^{-52}) \times 2^{-1022}$	$2.225073858507201 \times 10^{-324}$	
$0.m \times 2^{-1022}$	0	00...00	00...01	2^{-1074}	$4.94065645584124654 \times 10^{-324}$	
+0	0	00...00	00...00	+0	0	0
-0	1	00...00	00...00	-0	0	0
Отрицательные ненормализованные	1	00...00	00...01	-2^{-1074}	$-4.94065645584124654 \times 10^{-324}$	
$-0.m \times 2^{-1022}$	1	00...00	11...11	$-(1 - 2^{-52}) \times 2^{-1022}$	$-2.225073858507201 \times 10^{-324}$	
Отрицательные нормализованные	1	00...01	00...00	-2^{-1022}	$-2.2250738585072014 \times 10^{-308}$	-realmin
$-1.m \times 2^{e-1023}$	1	11...10	11...11	$-(2 - 2^{-52}) \times 2^{1023}$	$-1.7976931348623158 \times 10^{308}$	-realmax
-Inf	1	11...11	00...00	-Inf	-Inf	-Inf
-NaN	1	11...11	00...01	-NaN	-NaN	NaN
	1	11...11	11...11			

Комплексные числа

1. Комплексные числа (16 байт)
2. i, j — мнимая единица

Выражения

```
>> (76 + 21 - 85) * 3 / 4  
ans =  
     9
```

```
>> (1 + sqrt(5))/2  
ans =  
     1.6180
```

```
>> e=2+1/2+1/6+1/24+1/120+1/720  
e =  
     2.7181
```

```
>> err = e - exp(1)  
err =  
    -2.2627e-4
```

```
a = 2
```

```
a = 2.0
```

```
z = 1 + 2i
```

```
z = 1 + 2*i
```

```
real(z), imag(z)
```

```
abs(z), angle(z), conj(z)
```

```
z = r * exp(1i * phi)
```

```
z = r(cos(phi) + 1i*sin(phi))
```

Векторы и матрицы

- Строки: $a = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$ или $b = [1, \ 2, \ 3, \ 4]$
- Столбцы: $a = [1 \ 2 \ 3 \ 4]'$ или $b = [1; \ 2; \ 3; \ 4]$
- Матрицы: $A = [1 \ 2; \ 3 \ 4]$
- Простые функции генерирования матриц: `zeros(m,n)` `ones(m,n)` `eye(m,n)`
`rand(m,n)` `m:n` `m:n:k` `linspace(a, b, n)`
- Загрузка матриц. Команды `save` и `load`
- Операции: $A+B$ $A-B$ $A*B$ A/B $A \setminus B$ $A.*B$ $A./B$ $A.^B$ `kron(A,B)` A' $A.'$
- Доступ к элементам матрицы: $A(i,j)$ $A(:)$ $A(k)$ `size(A)` `length(a)` $A(\text{end},k)$
 $A(:,k)$

Нумерация индексов строк и столбцов начинается всегда с 1.

- Блочные операции: $A(u,v)$ $A(k,:) = 3 A(:)$ $C=[A \ B]$ $C=[A;B]$
- Удаление строк и столбцов: $A(i,:)=[]$ $A(:,j)=[]$

Строки (массивы символов)

```
a = 'Matrix';  
b = 'Laboratory';  
c = [a(1:3) b(1:3)]
```

```
S=['Isaac Newton '  
   'Blaise Pascal']
```

Форматированный вывод

<code>format</code>	по умолчанию, то же, что и <code>short</code> ;
<code>format short</code>	формат представления чисел с фикс. точкой: 4 цифр после запятой;
<code>format long</code>	формат представления чисел с фикс. точкой: 14 цифр после запятой;
<code>format short e</code>	формат представления чисел с плав. точкой: 4 цифр после запятой;
<code>format long e</code>	формат представления чисел с плав. точкой: 15 цифр после запятой;
<code>format rat</code>	аппроксимация чисел рац. дробью.

`disp(...)`

`fprintf(...)`

`sprintf(...)`

8. Среда MATLAB

- Команды who, whos, clear, clear all
- Команды save, load
- Команды dir, type, edit, delete, cd
- Команда path
- Запуск внешних программ

Сохранение данных на диске

Бинарный формат

```
save имя_файла
save имя_файла список_переменных

load имя_файла
load имя_файла список_переменных
```

По умолчанию расширение `.mat`

Совет: не используйте других расширений!

```
>> x=(0:4)';
>> W=[x.^0 x.^1 x.^2 x.^3];
>> save Wndrmd x W
>> clear all
>> load Wndrmd
>> who
```

Your variables are:

```
W  x
```


Текстовый формат

```
save имя_файла имя_переменной -ascii  
load имя_файла -ascii
```

Совет: пишите имя файлов с расширением!

Совет: в текстовом файле сохраняйте только по одной переменной!

Дневник работы

diary имя_файла

diary off

9. М-файлы: сценарии

Сценарий (скрипт) — записанные в файле команды.
Работают с переменными основного пространства.