火龙果 · 整理
uml.org.cn

本节课程安排

第三课 MATLAB/Simulink在建模仿真中的应用(一)

- 1 MATLAB软件介绍
- 2 MATLAB在工程计算中的应用
- 3 MATLAB 程序设计
- 4 MATLAB程序设计实例

课程进度安排

航天器系统及仿真

CAD

概述

系统建模与仿真

仿真基本概念及其应用

航天器动力学模型

测量敏感器工作原理及模型

执行机构工作原理及模型

数学仿真及其相关问题

Matlab/Simulink

C 语言与 Simulink

在课程中对应内容

内容安排

1 MATLAB软件介绍

- 1.1 MATLAB软件的发展
- 1.2 MATLAB产品应用范围
- 1.3 MATLAB主要产品组构成
- 1.4 MATLAB语言的特点

MATLAB软件介绍

MATLAB软件的发展

- MATLAB诞生在20世纪70年代后期，校内软件
- 1984年成立了MathWorks公司，将MATLAB推向市场
- 1993年，推出了MATLAB4.0
- 1995年，推出了MATLAB4.2C版
- 1997年，推出了MATLAB5.0
- 2000年10月，推出了MATLAB6.0
- 2002年8月，推出了MATLAB6.5

在国际学术界，MATLAB以其良好的开放性和运行的可靠性，已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。

MATLAB软件介绍

MATLAB产品应用范围

MATLAB是支持从概念设计、算法开发、建模仿真和实时实现的理想的集成环境。无论是进行科学研究还是产品开发，MATLAB产品组都是必不可少的工具。

1）数据分析
2）数值和符号计算
3）工程与科学绘图
4）控制系统设计
5）数字图像信号处理
6）财务工程
7）建模、仿真、原型开发
8）应用开发
9）图形用户界面设计

MATLAB软件介绍

MATLAB主要产品组构成

1）MATLAB

2）MATLAB Toolbox

3）MATLAB Compiler

4）Simulink

5）Stateflow

6）Real-Time Workshop

7）Simulink Blockset

MATLAB软件介绍

MATLAB语言的特点

MATLAB语言有不同于其他高级语言的特点，它被称为第四代计算机语言。MATLAB语言最大的特点是简单和直接，它主要有如下特点。

1）编程效率高
2）用户使用方便
3）扩充能力强，交互性好
4）移植性和开放性很好
5）语句简单，内涵丰富
6）高效方便的矩阵和数组运算
7）方便的绘图功能
8）交互的文本注释编辑能力
9）集成的算法开发编程语言和环境
10）特殊应用工具箱

内容安排

2 MATLAB在工程计算中的应用

- 2.1 数据分析和统计
- 2.2 矩阵和线性代数
- 2.3 多项式插值
- 2.4 功能函数
- 2.5 微分方程

数据分析和统计

表 3-1 数据分析和统计命令列表

函数	描述	函数	描述
diff	差分函数和近似微分	polyval	多项式拟合求值
max	最大的元素	fft	离散傅立叶变换
mean	平均值	fft2	二维的离散傅立叶变换
median	中间值	fftn	N 维的离散傅立叶变换
min	最小的元素	ifft	反转的离散傅立叶变换
prod	元素乘积	ifft2	二维的反转的离散傅立叶变换

数据统计和分析时，一般对向量操作，如果是矩阵，则对列向量操作。

矩阵和线性代数

MATLAB提供了大量矩阵和线性代数的命令

表 3-2 矩阵和线性代数方面的命令列表

类别	函数	描述
矩阵分析	norm	矩阵或向量的范数
线性方程	\ and /	解线性方程
特征值和奇异值	eig	求矩阵的特征值和特征向量
矩阵函数	expm	矩阵指数函数

1）线性系统方程的求解

$$AX = B \qquad X = B/A$$

2）矩阵计算

特征值计算 [**V**,**D**] = eig(***A***)

多项式

MATLAB将阶为n的多项式$p(x)$存储在长度为$n+1$的行向量$\boldsymbol{p}$中。元素为多项式的系数，并按x的幂降序排列，例如

$$\boldsymbol{p} = [1\ 0\ -2\ -5]$$

表示的多项式为

$$p(x)=x^3-2x-5$$

表 3-4 多项式函数列表

函数	描述	函数	描述
conv	多项式乘积	polyval	多项式求值
deconv	多项式分解	polyvalm	矩阵多项式求值
poly	求已知根的多项式表达式	residue	求部分分式表达式
polyder	多项式求导	roots	求多项式的根
polyfit	多项式曲线拟合		

火龙果·整理
uml.org.cn

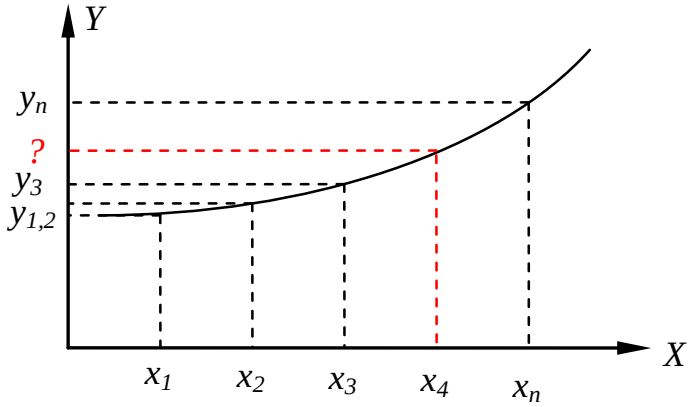
MATLAB中的插值

MATLAB提供了插值功能，用来求取数据中某一点的值或用来平滑数据

表 3-5 插值函数列表

函数	描述	函数	描述
interp1	一维插值（查表）	ppval	计算分段多项式
interp2	二维插值（查表）	spline	三次样条插值

多项式插值



一维插值

yi = interp1(x,y,xi,method)

二维插值

zi = interp2(x,y,z,xi,yi,method)

功能函数

功能函数是函数的函数，基本功能函数见下表

表 3-6 功能函数列表

类别	函数	描述
画图	fplot	画函数曲线图
优化和求解零点	fminbnd	非线性函数在某区间的极小值
	fminsearch	求多元函数的极小值
	fzero	求单变量函数的零点
数值积分	quad	Simpson 法求数值积分
	quadl	Lobatto 法求数值积分
	dblquad	二重数值积分
	triplequad	三重数值积分

微分方程

一般的常微分方程可以表达为

$$y^{(n)} = f\left(t, y, y', \ldots, y^{(n-1)}\right)$$

经过处理，如

$$\begin{aligned} y_1' &= y_2 \\ y_2' &= y_3 \\ &\vdots \\ y_n' &= f\left(t, y_1, y_2, \ldots y_n\right) \end{aligned}$$

可以变为常用的一阶微分方程组的形式

$$\boldsymbol{y}' = f\left(t, \boldsymbol{y}\right)$$

这里$\boldsymbol{y}$是向量，f是向量函数，如果初值已知，即$\boldsymbol{y}(t0)=y0$已知，方程中不显含t，则是常微分方程的初始值问题；方程中显含t，则是微分代数方程的初始值问题。

微分方程

求解微分方程问题函数

表 3-7 求解微分方程函数解法器列表

解法器	解法器对应的问题	方法
ode45	高阶法解微分方程	Runge-Kutta
ode23	低阶法解微分方程	Runge-Kutta

求解微分方程函数的属性设置函数

表 3-8 属性设置函数

函数	意义
odeset	生成和修改选项结构数组的值
odeget	获取选项结构数组的值

微分方程

解的语法形式:

[t,y] = solver(odefun,tspan,y0)

其中*solver* 是ODE 解法器中的一种；odefun是微分方程函数，形式为 ***dydt*** = odefun(*t*,***y***)，*t*为时间标量，***dydt***、***y***是列向量，tspan为积分时间步长向量，初始条件对应tspan(1)，积分从tspan(1)到tspan(end)，如果只有两个元素[t0 tf]，则估计每一步的输出；$\boldsymbol{y}_0$为系统初值。

解方程时，可以对一些属性进行设置，否则使用初始值，设置方法为

options = odeset('name1',value1,'name2',value2,...)

函数调用方法:

[t,y] = solver(odefun,tspan,y0,options)

内容安排

3 MATLAB程序设计

- 3.1 M文件程序
- 3.2 数组类型

M文件程序

建立M文件

M文件是一种MATLAB可以执行的文件，文件扩展名为.m，M文件有两种，称为文本M文件和函数M文件，它们的比较如下表所示。

表 3-9 文本 M 文件和函数 M 文件的比较

文本 M-文件	函数 M-文件
不接受输入和输出参数	能接受输入参数，返回输出参数
在工作空间中操作数据	函数的内部变量是局部的
对自动完成一系列过程是有用的	MATLAB 语言的应用扩展是有用的

M文件程序

M函数文件

下面是一个M函数文件的例子:

```
function f = fact(n) % Function definition line
% FACT Factorial. % H1 line
% FACT(N) returns the factorial of N, H! % Help text

f = prod(1:n); % Function body
```

包括几个部分：定义行，摘要行，帮助行，函数体

M文件程序

M文本文件

下面是一个M文本文件的例子:

```
% An M-file script to produce      % Comment lines
% "flower petal" plots
theta = -pi:0.01:pi;              % Computations
rho(1,:) = 2*sin(5*theta).^2;
rho(2,:) = cos(10*theta).^3;
for k = 1:4
   polar(theta,rho(k,:))          % Graphics output
   pause
end
```

包括几个部分: 摘要行, 帮助行, 文件体

M文件程序

特殊值

MATLAB中，存放了一些特殊的变量，变量值为常值。

表 3-10 特殊的常数变量

函数	返回值
ans	当表达式没有赋值时，它是最新的返回值，MATLAB 自动生成 ans；
eps	计算机浮点数相对精度
realmax	计算机可达到的最大浮点数
realmin	计算机可达到的最小浮点数
pi	3.1415926535897...
i, j	虚元单位
inf	无穷大，如 n/0 结果
NaN	非法数，如 0/0，inf/inf 等
computer	计算机类型
version	MATLAB 版本

M文件程序

算子

MATLAB中包括数学算子、逻辑算子、关系算子。

数学算子是在数学计算中使用的算子;

逻辑算子用于逻辑操作，如&、|、~、any、all、xor、&&、||、bitand、bitor、bitcmp、bitxor等;

关系算子用于比较数据，如>、<、<=、~=、==等。

M文件程序

关键词

MATLAB中有一些关键词，使用变量和函数是应避免重名，它们是：'break'，'case'，'catch'，'continue'，'else'，'elseif'，'end'，'for'，'function'，'global'，'if'，'otherwise'，'persistent'，'return'，'switch'，'try'，'while';

M文件程序

控制流

- 条件控制语句
- 循环语句
- 尝试语句

1）条件控制语句

MATLAB中由if语句做出判断。if语句的基本格式如下：

```
if expression1
    statements1
elseif expression2
    statements2
end
```

M文件程序

控制流

另一种条件语句是switch -case语句，如下：

```
switch expression (scalar or string)
   case value1
      statements % Executes if expression is value1
   case value2
      statements % Executes if expression is value2
   .
   otherwise
      statements % Executes if expression does not
                 % does not match any case
end
```

M文件程序

控制流

2）循环语句

for 循环通常的语法为：

```
for index = start:increment:end
    statements
end
```

循环是可以嵌套的：

```
for i = 1:m
    for j = 1:n
        A(i,j) = 1/(i + j - 1);
    end
end
```

M文件程序

控制流

使用while 循环来表示整个while 语句，具体形式如下：

```
while logical expression
    statements
end
```

M文件程序

控制流

3）尝试语句

```
try,
   statement,
catch,
   statement,
end
```

M文件程序

函数调用

函数调用的格式为:

[out1, out2, ..., outN] = function_name(in1, in2, ..., inN)

命令的调用格式为:

function_name in1 in2 ... inN

命令的参数传递的调用格式为:

mkdir('myapptests')

数组类型

数组类型

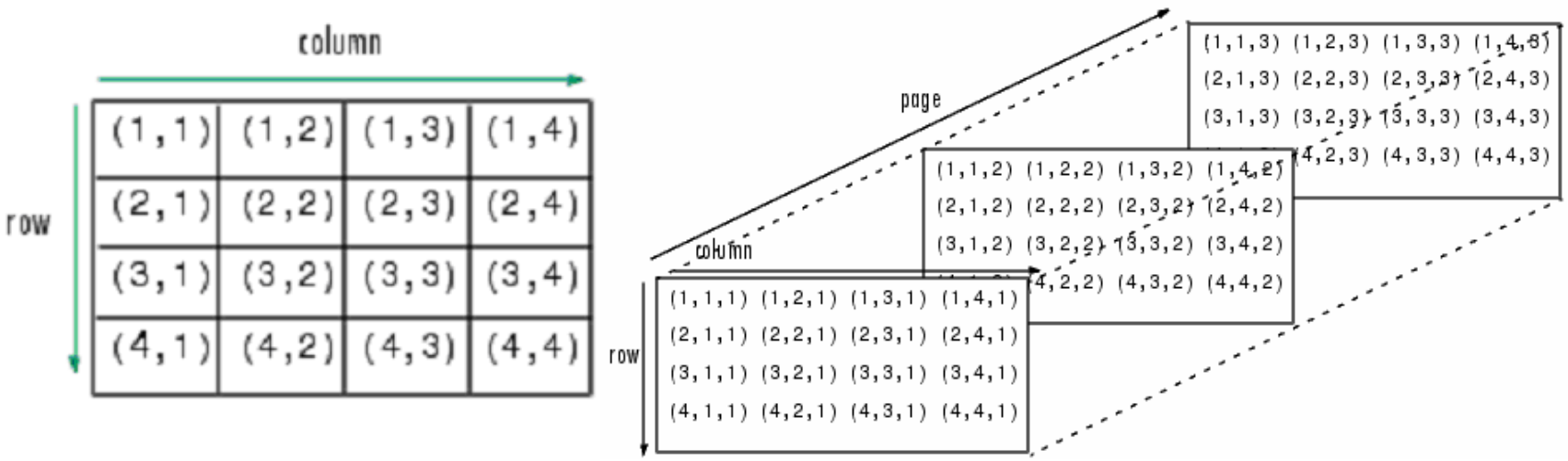
- 数值数组
- 字符串数组
- 细胞数组
- 结构数组

数组类型	基本组分	组分内涵	基本组分占用字节数
数值数组 Numeric array	元素	双精度实数标量 或双精度复数标量	8 16
字符串数组 Character string array	元素	字符	2
细胞数组 Cell array	元胞	可以存放任何类型、任何大小的数据。	不定
结构数组 Structure arrary	构架	只有挂接在构架上的“域”才能存放数据。数据可以是任何类型、任何大小。	不定

数组类型

数值数组

MATLAB中数组的维数基本为2阶，有时也使用多维数组，如3维数组。



数组类型

数值数组

数组的生成可使用赋值方法，例如:

A = [5 7 8; 0 1 9; 4 3 6];

A(:,:,2) = [1 0 4; 3 5 6; 9 8 7]

取出可以直接使用位置索引，例如:

C(2:3,2:3) = nddata(2:3,1:2,2)

对2维数组元素操作的命令均可以对三维数组操作，例如+、-、.*、./、sin等，但对对象或矩阵操作的函数应慎用，如eig、*等。

数组类型

字符串数组

字符串是字符的数组，在MATLAB中可能会遇到对字符和字符串的操作，字符串能够显示在屏幕上，也可以用来构成一些命令，这些命令在其他的命令中用于求值者被执行。

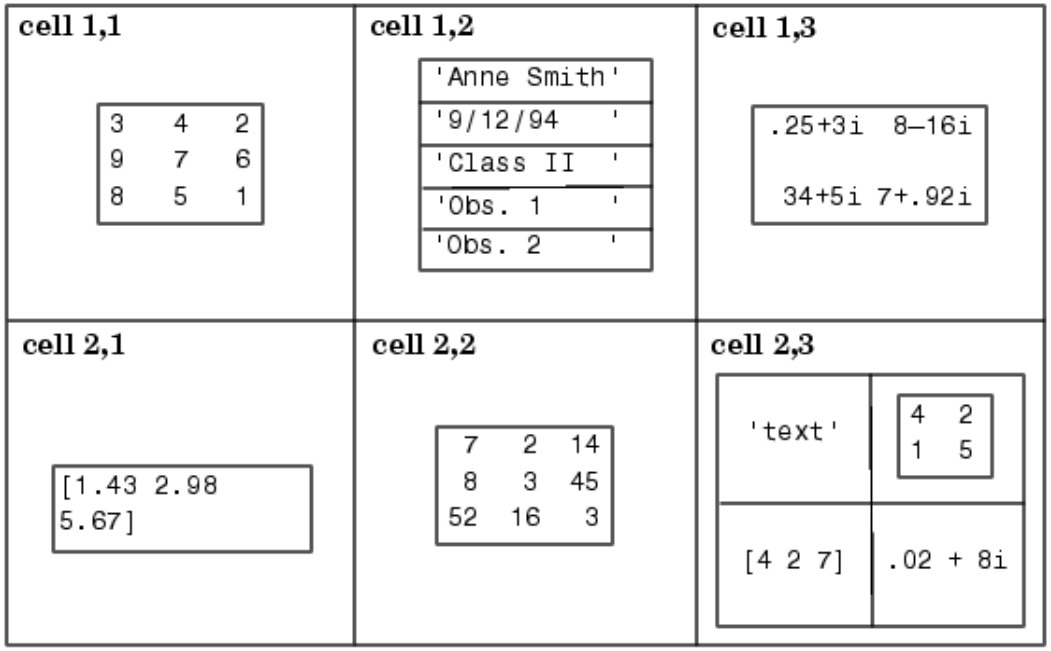
函数、命令和直接赋值都可以生成字符串，例如:

```
name = 'Thomas R. Lee';
title = ' Sr. Developer';
name = ['Thomas R. Lee' ; 'Sr. Developer']
name = ['Thomas R. Lee   '; 'Senior Developer'];
name = char('Thomas R. Lee','Senior Developer')
```

数组类型

细胞数组

细胞数组是MATLAB数组变量组成的集合，集合中的元素可以是任何MATLAB变量，包括细胞数组本身。



数组类型

细胞数组

细胞类型的生成有两种方式，一种是赋值语句，一种是利用函数命令cell，例如:

```
A(1,1) = {[1 4 3; 0 5 8; 7 2 9]};
A(1,2) = {'Anne Smith'};
A(2,1) = {3+7i};
A(2,2) = {-pi:pi/10:pi};
```

或

```
A{1,1} = [1 4 3; 0 5 8; 7 2 9];
A{1,2} = 'Anne Smith';
A{2,1} = 3+7i;
A{2,2} = -pi:pi/10:pi;
```

数组类型

细胞数组

使用指令cell时，可以直接生成，然后赋值:

```
B = cell(2,3);
B(1,3) = {1:3};
```

从细胞类型中提取数据时，有两种情况，即结果为细胞中的元素类型和细胞子集类型，例如

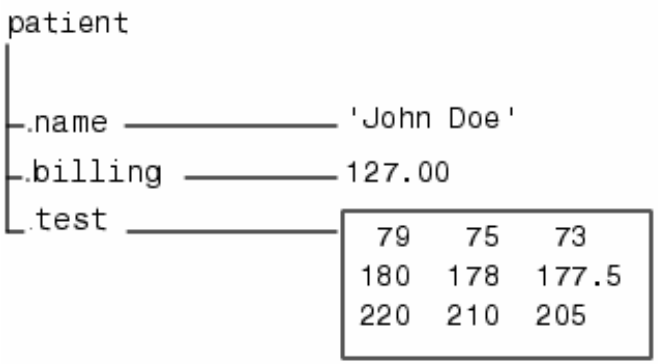
```
N{1,1} = [1 2; 4 5];
N{1,2} = 'Name';
N{2,1} = 2-4i;
N{2,2} = 7;
```

指令c = N{1,2}，结果为Name，指令d = N{1,1}(2,2)，结果为5

数组类型

结构数组(structure)

结构类型是由一个域将不同的数据类型结合起来，相当一个数据容器。



结构类型的生成有两种方式，一种是赋值语句，一种是利用函数命令struct，例如:

```
patient.name = 'John Doe';
patient.billing = 127.00;
patient.test = [79 75 73; 180 178 177.5; 220 210 205];
```

数组类型

结构数组(structure)

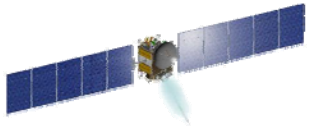
输入patient，结果是:

name: 'John Doe'

billing: 127

test: [3x3 double]

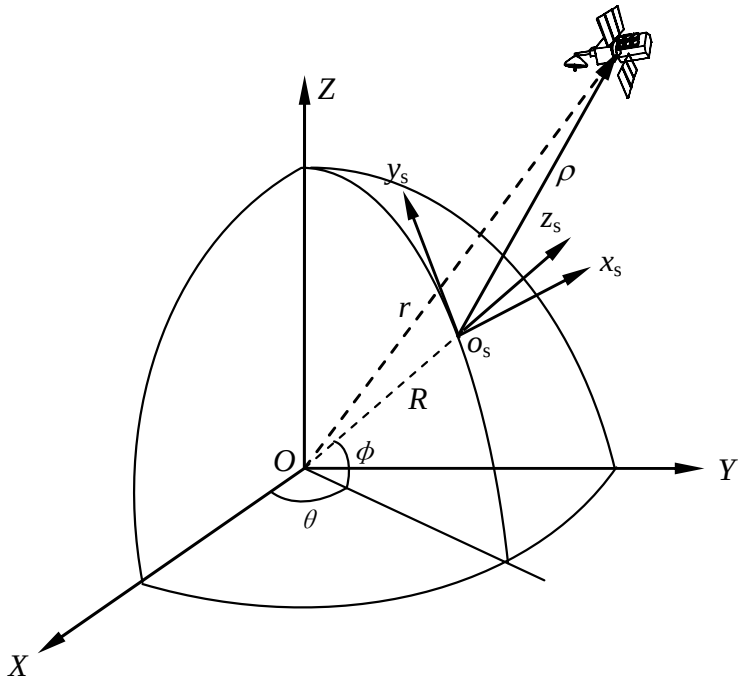
表明结构patient由三个成员，名称分别是name、billing和test，类型分别是字符串、整数和数组。此时patient为“标量”，扩展为数组。



4 MATLAB程序设计实例

二体轨道动力学建模仿真

针对不受摄动的地球卫星，利用MATLAB对其在地球中心引力作用下轨道动力学的特性进行分析。



动力学方程

$$\dot{\boldsymbol{r}} = \boldsymbol{v}$$

$$\dot{\boldsymbol{v}} = -\frac{\mu}{r^3}\boldsymbol{r}$$

$$\dot{x} = v_x$$

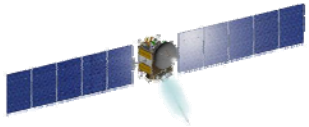
$$\dot{y} = v_y$$

$$\dot{z} = v_z$$

$$\dot{v}_x = -\frac{\mu}{r^3}x$$

$$\dot{v}_y = -\frac{\mu}{r^3}y$$

$$\dot{v}_z = -\frac{\mu}{r^3}z$$



MATLAB程序设计实例

二体轨道动力学仿真建模

卫星初始位置和速度

$$R_0 = \begin{bmatrix} -243222.84327422 \\ -3791991.44866264 \\ 6324449.94784559 \end{bmatrix} \text{米} \qquad v_0 = \begin{bmatrix} -1642.09188480826 \\ 6172.20916529869 \\ 3637.56062689151 \end{bmatrix} \text{米/秒}$$

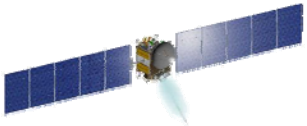
相关参数

地球引力系数 $\mu = 3.9860044 \times 10^{14} m^3 / s^2$

地球的半径 $R_e = 6378145m$

北京的经纬度 东经 $116^\circ 28'$

北纬 $39^\circ 48'$



MATLAB程序设计实例

二体轨道动力学仿真建模

该卫星轨道的一些相关理论参数

轨道倾角 98.192744度

轨道高度 1000公里

升交点赤经 280.194827度

轨道周期 6307.1秒

下节课程安排

第四课 Matlab/Simulink在建模仿真中的应用(二)

- 1 动态模型的创建
- 2 模块操作
- 3动态系统的Simulink仿真
- 4 Simulink建模仿真设计实例