##### 用搜索去查找范围；本文档相当于提供准确关键词检索和系统性目录；然后进一步到MATLAB里面去看帮助文档

##### C1桌面基础知识

##### C2矩阵和数组

要转置矩阵，请使用单引号 (')：

a'

请注意，p 不是整数值矩阵。MATLAB 将数字存储为浮点值，算术运算可以区分实际值与其浮点表示之间的细微差别。使用 format 命令可以显示更多小数位数：

format long

p = a\*inv(a)

p = 3×3

1.000000000000000 0 0

0.000000000000002 1.000000000000000 0

0.000000000000002 -0.000000000000004 1.000000000000000

使用以下命令将显示内容重置为更短格式

format short

format 仅影响数字显示，而不影响 MATLAB 对数字的计算或保存方式。

要执行元素级乘法（而非矩阵乘法），请使用 .\* 运算符：

串联是连接数组以便形成更大数组的过程。实际上，第一个数组是通过将其各个元素串联起来而构成的。成对的方括号 [] 即为串联运算符。

A = [a,a]

A = 3×6

1 2 3 1 2 3

4 5 6 4 5 6

7 8 10 7 8 10

使用逗号将彼此相邻的数组串联起来称为水平串联。每个数组必须具有相同的行数。同样，如果各数组具有相同的列数，则可以使用分号垂直串联。

A = [a; a]

A = 6×3

1 2 3

4 5 6

7 8 10

1 2 3

4 5 6

7 8 10

##### C3数组索引

以 4×4 幻方矩阵 A 为例：

A = magic(4)

A = 4×4

16 2 3 13

5 11 10 8

9 7 6 12

4 14 15 1

引用数组中的特定元素有两种方法。最常见的方法是指定行和列下标，例如

A(4,2)

要引用多个数组元素，请使用冒号运算符，这使您可以指定一个格式为 start:end 的范围。例如，列出 A 前三行及第二列中的元素：

A(1:3,2)

ans = 3×1

2

11

7

单独的冒号（没有起始值或结束值）指定该维中的所有元素。例如，选择 A 第三行中的所有列：

A(3,:)

ans = 1×5

9 7 6 12 0

此外，冒号运算符还允许您使用较通用的格式 start:step:end 创建等距向量值。

B = 0:10:100

B = 1×11

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

如果省略中间的步骤（如 start:end 中），MATLAB 会使用默认步长值 1。

##### C4工作区变量

退出 MATLAB 后，工作区变量不会保留。使用 save 命令保存数据以供将来使用，

save myfile.mat

通过保存，系统会使用 .mat 扩展名将工作区保存在当前工作文件夹中一个名为 MAT 文件的压缩文件中。

要清除工作区中的所有变量，请使用 clear 命令。

使用 load 将 MAT 文件中的数据还原到工作区。

load myfile.mat

##### C5文本和字符

当您处理文本时，将字符序列括在双引号中。可以将文本赋给变量。

t = "Hello, world";

如果文本包含双引号，请在定义中使用两个双引号。

q = "Something ""quoted"" and something else."

q =

"Something "quoted" and something else."

与所有 MATLAB® 变量一样，t 和 q 为数组。它们的类或数据类型是 string。

whos t

Name Size Bytes Class Attributes

t 1x1 174 string

要将文本添加到字符串的末尾，请使用加号运算符 +。

f = 71;

c = (f-32)/1.8;

tempText = "Temperature is " + c + "C"

tempText =

"Temperature is 21.6667C"

有时，字符表示的数据并不对应到文本，例如 DNA 序列。您可以将此类数据存储在数据类型为 char 的字符数组中。字符数组使用单引号。

seq = 'GCTAGAATCC';

whos seq

Name Size Bytes Class Attributes

seq 1x10 20 char

数组的每个元素都包含单个字符。

seq(4)

ans =

'A'

使用方括号串联字符数组，就像串联数值数组一样。

seq2 = [seq 'ATTAGAAACC']

seq2 =

'GCTAGAATCCATTAGAAACC'

在字符串数组引入之前编写的程序中，字符数组很常见。接受 string 数据的所有 MATLAB 函数都能接受 char 数据，反之亦然。

##### C6调用函数

要调用函数，例如 max，请将其输入参数括在圆括号中：

A = [1 3 5];

max(A)

ans = 5

如果存在多个输入参数，请使用逗号加以分隔：

B = [10 6 4];

max(A,B)

ans = 1×3

10 6 5

通过将函数赋值给变量，返回该函数的输出：

maxA = max(A)

maxA = 5

如果存在多个输出参数，请将其括在方括号中：

[maxA,location] = max(A)

maxA = 5

location = 3

将任何字符输入括在单引号中：

disp('hello world')

hello world

要调用不需要任何输入且不会返回任何输出的函数，请只键入函数名称：

clc

clc 函数清空命令行窗口。

##### **C7二维图和三维图**

##### **C8编程和脚本**

要创建脚本，请使用 edit 命令。

edit mysphere

该命令会打开一个名为 mysphere.m 的空白文件。输入代码，以创建一个单位球、将半径加倍并绘制结果图：

[x,y,z] = sphere;

r = 2;

surf(x\*r,y\*r,z\*r)

axis equal

接下来，添加代码以计算球的表面积和体积：

A = 4\*pi\*r^2;

V = (4/3)\*pi\*r^3;

编写代码时，最好添加描述代码的注释。注释能够让其他人员理解您的代码，并且有助于您在稍后返回代码时再度记起。使用百分比 (%) 符号添加注释。

% Create and plot a sphere with radius r.

[x,y,z] = sphere; % Create a unit sphere.

r = 2;

surf(x\*r,y\*r,z\*r) % Adjust each dimension and plot.

axis equal % Use the same scale for each axis.

% Find the surface area and volume.

A = 4\*pi\*r^2;

V = (4/3)\*pi\*r^3;

将文件保存在当前文件夹中。要运行脚本，请在命令行中键入脚本名称：

mysphere

实时脚本

您可以使用实时脚本中的格式设置选项来增强代码，而不是以纯文本编写代码和注释。实时脚本有助于您查看代码和输出并与之交互，还可以包含格式化文本、方程和图像。

例如，通过选择另存为并将文件类型更改为 MATLAB 实时代码文件 (\*.mlx)，将 mysphere 转换为实时脚本。然后，用格式化文本替换代码注释。例如：

将注释行转换为文本。选择以百分比符号开头的每一行，然后选择文本、。删除百分比符号。

重写文本以替换代码行末尾的注释。要将等宽字体应用于文本中的函数名，请选择 。要添加方程，请在插入选项卡上选择方程。

要使用 edit 命令创建新的实时脚本，请在文件名中包含 .mlx 扩展名：

edit newfile.mlx

循环及条件语句

在任何脚本中，您都可以定义按循环重复执行或按条件执行的代码段。循环使用 for 或 while 关键字，条件语句使用 if 或 switch。

循环在创建序列时很有用。例如，创建一个名为 fibseq 的脚本，该脚本使用 for 循环来计算斐波那契数列的前 100 个数。在这个序列中，最开始的两个数是 1，随后的每个数是前面两个数的和，即 Fn = Fn-1 + Fn-2。

N = 100;

f(1) = 1;

f(2) = 1;

for n = 3:N

f(n) = f(n-1) + f(n-2);

end

f(1:10)

运行该脚本时，for 语句定义一个名为 n 的计数器，该计数器从 3 开始。然后，该循环重复为 f(n) 赋值，n 在每次执行中递增，直至达到 100。脚本中的最后一条命令 f(1:10) 显示 f 的前 10 个元素。

ans =

1 1 2 3 5 8 13 21 34 55

条件语句仅在给定表达式为 true 时执行。例如，根据随机数的大小为变量赋值：'low'、'medium' 或 'high'。在本例中，随机数是在 1 和 100 之间的一个整数。

num = randi(100)

if num < 34

sz = 'low'

elseif num < 67

sz = 'medium'

else

sz = 'high'

end

语句 sz = 'high' 仅在 num 大于或等于 67 时执行。

脚本位置

MATLAB 在特定位置中查找脚本及其他文件。要运行脚本，该文件必须位于当前文件夹或搜索路径中的某个文件夹内。

默认情况下，MATLAB 安装程序创建的 MATLAB 文件夹位于此搜索路径中。如果要将程序存储在其他文件夹，或者要运行其他文件夹中的程序，请将其添加到此搜索路径。在当前文件夹浏览器中选中相应的文件夹，右键点击，然后选择添加到路径。

##### C9帮助和文档

所有 MATLAB® 函数都有辅助文档，这些文档包含一些示例，并介绍函数输入、输出和调用语法。从命令行访问此信息有多种方法：

使用 doc 命令在单独的窗口中打开函数文档。

doc mean

在键入函数输入参数的左括号之后暂停，此时命令行窗口中会显示相应函数的提示（函数文档的语法部分）。

mean(

使用 help 命令可在命令行窗口中查看相应函数的简明文档。

help mean

点击帮助图标 即可访问完整的产品文档。

##### C10矩阵和幻方矩阵

输入矩阵

开始学习 MATLAB 的最佳方法是了解如何处理矩阵。启动 MATLAB 并按照每个示例操作。

您可以采用多种不同方法在 MATLAB 中输入矩阵：

输入元素的明确列表。

从外部数据文件加载矩阵。

使用内置函数生成矩阵。

使用您自己的函数创建矩阵，并将其保存在文件中。

首先，以元素列表的形式输入丢勒的矩阵。您只需遵循一些基本约定：

使用空格或逗号分隔行的元素。

使用分号 ; 表示每行末尾。

使用方括号 [ ] 将整个元素列表括起来。

要输入丢勒矩阵，只需在命令行窗口中键入即可

A = [16 3 2 13; 5 10 11 8; 9 6 7 12; 4 15 14 1]

MATLAB 显示刚才您输入的矩阵：

A =

16 3 2 13

5 10 11 8

9 6 7 12

4 15 14 1

此矩阵与雕刻中的数字一致。输入矩阵之后，MATLAB 工作区会自动记住此矩阵。您可以将其简称为 A。现在，您已经在工作区中输入 A，让我们看看它为什么如此有趣吧。它有什么神奇的地方呢？

magic 函数

MATLAB 实际包含一个内置函数，该函数可创建几乎任意大小的幻方矩阵。此函数称为 magic 也就不足为奇了：

B = magic(4)

B =

16 2 3 13

5 11 10 8

9 7 6 12

4 14 15 1

此矩阵几乎与丢勒雕刻中的矩阵相同，并且具有所有相同的“神奇”性质；唯一区别在于交换了中间两列。

您可以交换 B 的中间两列，使其看起来像丢勒 A。针对 B 中的每一行，按照指定顺序（1、3、2、4）对列进行重新排列：

A = B(:,[1 3 2 4])

A =

16 3 2 13

5 10 11 8

9 6 7 12

4 15 14 1

生成矩阵

MATLAB 软件提供了四个用于生成基本矩阵的函数。

zeros

全部为零

ones

全部为 1

rand

均匀分布的随机元素

randn

正态分布的随机元素

##### C11表达式

变量

与大多数其他编程语言一样，MATLAB® 语言提供数学表达式，但与大多数编程语言不同的是，这些表达式涉及整个矩阵。

MATLAB 不需要任何类型声明或维度说明。当 MATLAB 遇到新的变量名称时，它会自动创建变量，并分配适当大小的存储。如果此变量已存在，MATLAB 会更改其内容，并根据需要分配新存储。例如，

num\_students = 25

创建一个名为 num\_students 的 1×1 矩阵，并将值 25 存储在该矩阵的单一元素中。要查看分配给任何变量的矩阵，只需输入变量名称即可。

变量名称包括一个字母，后面可以跟随任意数目的字母、数字或下划线。MATLAB 区分大小写；它可以区分大写和小写字母。A 和 a 不是相同变量。

尽管变量名称可以为任意长度，MATLAB 仅使用名称的前 N 个字符（其中 N 是函数 namelengthmax 返回的数字），并忽略其余字符。因此，很重要的一点是，应使每个变量名称的前 N 个字符保持唯一，以便 MATLAB 能够区分变量。

N = namelengthmax

N =

63

数字

MATLAB 使用传统的十进制记数法以及可选的小数点和前导加号或减号来表示数字。科学记数法使用字母 e 来指定 10 次方的缩放因子。虚数使用 i 或 j 作为后缀。下面给出了合法数字的一些示例：

3 -99 0.0001

9.6397238 1.60210e-20 6.02252e23

1i -3.14159j 3e5i

MATLAB 使用 IEEE® 浮点标准规定的 long 格式在内部存储所有数字。浮点数的有限精度约为 16 位有效小数位数，有限范围约为 10-308 至 10+308。

以双精度格式表示的数字的最大精度为 52 位。任何需要 52 位以上的双精度数字都会损失一定精度。例如，下面的代码因截断而将两个不相等的值显示为相等：

x = 36028797018963968;

y = 36028797018963972;

x == y

ans =

1

整数的可用精度为 8 位、16 位、32 位和 64 位。将相同数字存储为 64 位整数会保留精度：

x = uint64(36028797018963968);

y = uint64(36028797018963972);

x == y

ans =

0

MATLAB 软件存储复数的实部和虚部。该软件根据上下文采用不同方法来处理各个部分的量值。例如，sort 函数根据量值进行排序，如果量值相等，则根据相位角度排序。

sort([3+4i, 4+3i])

ans =

4.0000 + 3.0000i 3.0000 + 4.0000i

这是由相位角度所致：

angle(3+4i)

ans =

0.9273

angle(4+3i)

ans =

0.6435

“等于”关系运算符 == 要求实部和虚部相等。其他二进制关系运算符 >、<、>= 和 <= 忽略数字的虚部，而仅考虑实部。

矩阵运算符

表达式使用大家熟悉的算术运算符和优先法则。

+

加法

-

减法

\*

乘法

/

除法

\

左除

^

幂

'

复共轭转置

( )

指定计算顺序

构建表

数组运算对构建表非常有用。假定 n 为列向量

n = (0:9)';

然后，

pows = [n n.^2 2.^n]

构建一个平方和 2 次幂的表：

pows =

0 0 1

1 1 2

2 4 4

3 9 8

4 16 16

5 25 32

6 36 64

7 49 128

8 64 256

9 81 512

初等数学函数逐元素处理数组元素。因此

format short g

x = (1:0.1:2)';

logs = [x log10(x)]

构建一个对数表。

logs =

1.0 0

1.1 0.04139

1.2 0.07918

1.3 0.11394

1.4 0.14613

1.5 0.17609

1.6 0.20412

1.7 0.23045

1.8 0.25527

1.9 0.27875

2.0 0.30103

函数

MATLAB 提供了大量标准初等数学函数，包括 abs、sqrt、exp 和 sin。生成负数的平方根或对数不会导致错误；系统会自动生成相应的复数结果。MATLAB 还提供了许多其他高等数学函数，包括贝塞尔函数和 gamma 函数。其中的大多数函数都接受复数参数。有关初等数学函数的列表，请键入

help elfun

有关更多高等数学函数和矩阵函数的列表，请键入

help specfun

help elmat

某些函数（例如，sqrt 和 sin）是内置函数。内置函数是 MATLAB 核心的一部分，因此这些函数非常高效，但计算详细信息是不可访问的。其他函数使用 MATLAB 编程语言实现，因此可以访问其计算详细信息。

内置函数与其他函数之间存在一些差异。例如，对于内置函数，您看不到代码。对于其他函数，您可以看到代码，甚至可以根据需要修改代码。

一些特殊函数提供了有用的常量值。

pi

3.14159265...

i

虚数单位 G

−1

j

与 i 相同

eps

浮点相对精度 ε=2

−52

realmin

最小浮点数 2

−1022

realmax

最大浮点数 (2−ε)2

1023

Inf

无穷大

NaN

非数字

通过将非零值除以零或计算明确定义的溢出（即超过 realmax）的数学表达式，会生成无穷大。通过尝试计算 0/0 或 Inf-Inf 等没有明确定义的数值的表达式，会生成非数字。

函数名称不会保留。您可以使用如下新变量覆盖任何函数名称

eps = 1.e-6

并在后续计算中使用该值。可以使用以下命令恢复原始函数

clear eps

##### C12输入命令

format 函数

format 函数控制所显示的值的数值格式。此函数仅影响数字显示方式，而不会影响 MATLAB® 软件如何计算或保存数字。下面提供了不同格式及由向量 x 生成的最终输出，该向量的各个分量具有不同的量值。

取消输出

如果您在仅键入语句后按 Return 或 Enter，MATLAB 会在屏幕上自动显示结果。但是，如果使用分号结束行，MATLAB 会执行计算，但不会显示任何输出。当生成大型矩阵时，此功能尤其有用。例如，

A = magic(100);

输入长语句

如果语句无法容纳在一行中，请使用省略号（三个句点）...，后跟 Return 或 Enter 以指示该语句在下一行继续。例如，

s = 1 -1/2 + 1/3 -1/4 + 1/5 - 1/6 + 1/7 ...

- 1/8 + 1/9 - 1/10 + 1/11 - 1/12;

命令行编辑

使用键盘上的各个箭头键和控制键可以重新调用、编辑和重用先前键入的语句。例如，假定您错误地输入了

rho = (1 + sqt(5))/2

sqrt 的拼写不正确。MATLAB 会给出以下错误信息

Undefined function 'sqt' for input arguments of type 'double'.

您只需按 ↑ 键，而不必重新键入整行。系统将重新显示键入的语句。使用 ← 键移动光标并插入缺少的 r。反复使用 ↑ 键可重新调用前面的行。键入几个字符并按 ↑ 键可查找前文中以这些字符开头行。还可以从命令历史记录中复制以前执行的语句。

##### C13索引

下标

A 的行 i 和列 j 中的元素通过 A(i,j) 表示。例如，A(4,2) 表示第四行和第二列中的数字。在幻方矩阵中，A(4,2) 为 15。因此，要计算 A 第四列中的元素的总和，请键入

A(1,4) + A(2,4) + A(3,4) + A(4,4)

此下标生成

ans =

34

但这不是计算某列总和的最佳方法。

此外，还可以使用单一下标 A(k) 引用矩阵的元素。单一下标是引用行和列向量的常见方法。但是，也可以对满二维矩阵应用单一下标。在这种情况下，数组被视为一个由原始矩阵的列构成的长列向量。因此，在幻方矩阵中，A(8) 是另一种引用存储在 A(4,2) 中的值 15 的方法。

如果尝试使用矩阵外部元素的值，则会生成错误：

t = A(4,5)

索引超出矩阵维度。

相反，如果将值存储在矩阵外部元素中，则会增大大小以便容纳新元素：

X = A;

X(4,5) = 17

X =

16 3 2 13 0

5 10 11 8 0

9 6 7 12 0

4 15 14 1 17

冒号运算符

冒号 : 是最重要的 MATLAB® 运算符之一。它以多种不同形式出现。表达式

1:10

是包含从 1 到 10 之间的整数的行向量：

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

要获取非单位间距，请指定增量。例如，

100:-7:50

为

100 93 86 79 72 65 58 51

而

0:pi/4:pi

为

0 0.7854 1.5708 2.3562 3.1416

包含冒号的下标表达式引用部分矩阵：

A(1:k,j)

表示 A 第 j 列中的前 k 个元素。因此，

sum(A(1:4,4))

串联

串联是连接小矩阵以便形成更大矩阵的过程。实际上，第一个矩阵是通过将其各个元素串联起来而构成的。成对的方括号 [] 即为串联运算符。例如，从 4×4 幻方矩阵 A 开始，组成

B = [A A+32; A+48 A+16]

结果会生成一个 8×8 矩阵，这是通过连接四个子矩阵获得的：

B =

16 3 2 13 48 35 34 45

5 10 11 8 37 42 43 40

9 6 7 12 41 38 39 44

4 15 14 1 36 47 46 33

64 51 50 61 32 19 18 29

53 58 59 56 21 26 27 24

57 54 55 60 25 22 23 28

52 63 62 49 20 31 30 17

此矩阵是一个接近于幻方矩阵的矩阵。此矩阵的元素是经过重新排列的整数 1:64。此矩阵的列总和符合 8×8 幻方矩阵的要求：

sum(B)

ans =

260 260 260 260 260 260 260 260

但是其行总和 sum(B')' 并不完全相同。要使其成为有效的 8×8 幻方矩阵，需要进行进一步操作。

删除行和列

只需使用一对方括号即可从矩阵中删除行和列。首先

X = A;

然后，要删除 X 的第二列，请使用

X(:,2) = []

这会将 X 更改为

X =

16 2 13

5 11 8

9 7 12

4 14 1

如果您删除矩阵中的单个元素，结果将不再是矩阵。因此，以下类似表达式

X(1,2) = []

将会导致错误。但是，使用单一下标可以删除一个元素或元素序列，并将其余元素重构为一个行向量。因此

X(2:2:10) = []

生成

X =

16 9 2 7 13 12 1

标量扩展

可以采用多种不同方法将矩阵和标量合并在一起。例如，通过从每个元素中减去标量而将其从矩阵中减去。幻方矩阵的元素平均值为 8.5，因此

B = A - 8.5

形成一个列总和为零的矩阵：

B =

7.5 -5.5 -6.5 4.5

-3.5 1.5 2.5 -0.5

0.5 -2.5 -1.5 3.5

-4.5 6.5 5.5 -7.5

sum(B)

ans =

0 0 0 0

通过标量扩展，MATLAB 会为范围中的所有索引分配一个指定标量。例如，

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

将 B 的某个部分清零：

B =

7.5 0 0 4.5

-3.5 0 0 -0.5

0.5 -2.5 -1.5 3.5

-4.5 6.5 5.5 -7.5

逻辑下标

根据逻辑和关系运算创建的逻辑向量可用于引用子数组。假定 X 是一个普通矩阵，L 是一个由某个逻辑运算生成的同等大小的矩阵。那么，X(L) 指定 X 的元素，其中 L 的元素为非零。

通过将逻辑运算指定为下标表达式，可以在一个步骤中完成这种下标。假定您具有以下数据集：

x = [2.1 1.7 1.6 1.5 NaN 1.9 1.8 1.5 5.1 1.8 1.4 2.2 1.6 1.8];

NaN 是用于缺少的观测值的标记，例如，无法响应问卷中的某个项。要使用逻辑索引删除缺少的数据，请使用 isfinite(x)，对于所有有限数值，该函数为 true；对于 NaN 和 Inf，该函数为 false：

x = x(isfinite(x))

x =

2.1 1.7 1.6 1.5 1.9 1.8 1.5 5.1 1.8 1.4 2.2 1.6 1.8

现在，存在一个似乎与其他项很不一样的观测值，即 5.1。这是一个离群值。下面的语句可删除离群值，在本示例中，即比均值大三倍标准差的元素：

x = x(abs(x-mean(x)) <= 3\*std(x))

x =

2.1 1.7 1.6 1.5 1.9 1.8 1.5 1.8 1.4 2.2 1.6 1.8

标量扩展对于另一示例，请使用逻辑索引和标量扩展将非质数设置为 0，以便高亮显示丢勒幻方矩阵中的质数的位置。（请参阅 magic 函数。）

A(~isprime(A)) = 0

A =

0 3 2 13

5 0 11 0

0 0 7 0

0 0 0 0

find 函数

find 函数可用于确定与指定逻辑条件相符的数组元素的索引。find 以最简单的形式返回索引的列向量。转置该向量以便获取索引的行向量。例如，再次从丢勒的幻方矩阵开始。（请参阅 magic 函数。）

k = find(isprime(A))'

使用一维索引选取幻方矩阵中的质数的位置：

k =

2 5 9 10 11 13

使用以下命令按 k 确定的顺序将这些质数显示为行向量

A(k)

ans =

5 3 2 11 7 13

将 k 用作赋值语句的左侧索引时，会保留矩阵结构：

A(k) = NaN

A =

16 NaN NaN NaN

NaN 10 NaN 8

9 6 NaN 12

4 15 14 1

##### C14数组类型

多维数组

元胞数组

字符与文本

结构体

##### C15线性代数

MATLAB 环境中的矩阵

创建矩阵

矩阵的加法和减法

向量乘积和转置

矩阵乘法

单位矩阵

矩阵求逆

Kronecker 张量积

向量范数和矩阵范数

使用线性代数方程函数的多线程计算

相关主题

线性方程组

计算注意事项

通解

方阵方程组

超定方程组

欠定方程组

多右端线性方程组的求解

迭代法

多线程计算

另请参阅

相关主题

分解

幂和指数

正整数幂

逆幂和分数幂

逐元素幂

平方根

标量底

矩阵指数

处理较小的数字

另请参阅

相关主题

特征值

特征值的分解

多重特征值

Schur 分解

另请参阅

相关主题

奇异值

##### C16非线性函数的运算

函数句柄

功能函数

名为“接受函数句柄的函数”的函数类与标量变量的非线性函数配合使用。也就是说，某个函数基于另一个函数运行。接受函数句柄的函数包括

找零

优化

求积

常微分方程

C17多变量数据

C18数据分析

简介

每个数据分析都包含一些标准的活动：

预处理 - 考虑离群值以及缺失值，并对数据进行平滑处理以便确定可能的模型。

汇总 - 计算基本的统计信息以描述数据的总体位置、规模及形状。

可视化 - 绘制数据以便确定模式和趋势。

建模 - 更全面地描述数据趋势，以便预测新数据值。

数据分析通过这些活动，以实现两个基本目标：

使用简单模型来描述数据中的模式，以便实现正确预测。

了解变量之间的关系，以便构建模型。

此部分说明如何在 MATLAB® 环境中执行基本数据分析。

噪音数据围绕预期值显示随机变化。您可能希望在构建模型之前对数据进行平滑处理，以便显示其主要特点。平滑处理应当以下面两个基本假定为基础：

- 预测变量（时间）和响应（流量）之间的关系平稳。

- 由于已减少噪音，因此平滑算法生成比预期值更好的估计值。

平滑处理可估计预测变量的每个值的响应值分布的中心。它使许多拟合算法的基本假定无效，即预测器的每个值的错误彼此独立。相应地，您可以使用平滑数据确定模型，但应避免使用平滑数据拟合模型。

协方差的缺点是：取决于度量各个变量所使用的单位。您可以将变量的协方差除以标准差，以将值归一化为介于 +1 和 –1 之间。corrcoef 函数计算相关系数：

数据刷亮是一个相关功能，用于通过点击或拖动在图形上高亮显示一个或多个观测值。要进入数据刷亮模式，请在图窗工具栏上点击“数据刷亮”工具 左侧。点击此工具图标右侧的箭头会显示一个调色板，用于选择刷亮观测值所使用的颜色。此图窗显示的散点图与上一图窗相同，但超过均值一个标准差的所有观测值（使用工具 > 数据统计信息 GUI 确定）刷亮为红色。

刷亮数据观测值之后，可以对数据观测值执行下列运算：

删除数据观测值。

将数据观测值替换为常量值。

将数据观测值替换为 NaN 值。

将数据观测值拖动、复制并粘贴到命令行窗口。

将数据观测值另存为工作区变量。

数据建模

多项式回归

此模型的优点是可以非常简单地跟踪升降趋势。但是，此模型的预测能力可能有欠准确性，特别是在数据两端。

##### C17基本绘图函数

创建绘图

在一幅图形中绘制多个数据集

指定线型和颜色

绘制线条和标记

绘制虚数和复数数据

将绘图添加到现有图形中

图窗窗口

在一幅图窗中显示多个绘图

控制轴

添加轴标签和标题

保存图窗

保存工作区数据

生成 MATLAB 代码以便再建图窗

通过从图窗文件菜单中选择生成代码，可以生成用于再建图窗及其所包含的图形的 MATLAB 代码。如果您已使用绘图工具创建图形，并且希望使用相同或不同数据创建类似图形，此选项尤其有用。

##### C18创建网格图和曲面图

本页内容

关于网格图和曲面图

可视化包含两个变量的函数

绘制正弦函数

彩色曲面图

将曲面图设置为透明

使用灯光照亮曲面图

操作曲面图

##### C19显示图像

图像数据

读取和写入图像

##### C20打印概述

从“文件”菜单打印

将图窗导出到图形文件

使用 Print 命令

##### C21处理图形对象

本页内容

图形对象

常见图形对象

访问对象属性

查找对象的属性

查找对象的属性

要查看对象的属性，请输入：

get(h)

MATLAB 将返回包含对象属性及当前值的列表。

要查看对象属性及可能的值信息，请输入：

set(h)

设置对象属性

用于处理对象的函数

传递参数

查找现有对象的句柄

##### C22控制流

条件控制 - if、else、switch

循环控制 - for、while、continue、break

程序终止 - return

向量化

预分配

##### C23脚本和函数

两种程序文件：

脚本，不接受输入参数或返回输出参数。它们处理工作区中的数据。

函数，可接受输入参数，并返回输出参数。内部变量是函数的局部变量。

如果您是新 MATLAB 程序员，您只需在当前文件夹中创建您希望尝试的程序文件。当您创建的文件越来越多时，您可能希望将这些文件组织到其他文件夹和个人工具箱，以便将其添加到您的 MATLAB 搜索路径中。

如果您复制多个函数名称，MATLAB 会执行在搜索路径中显示的第一个函数。

要查看程序文件（例如，myfunction.m）的内容，请使用

type myfunction

当调用脚本时，MATLAB 仅执行在文件中找到的命令。脚本可以处理工作区中的现有数据，也可以创建要在其中运行脚本的新数据。尽管脚本不会返回输出参数，其创建的任何变量都会保留在工作区中，以便在后续计算中使用。此外，脚本可以使用 plot 等函数生成图形输出。

函数是可接受输入参数并返回输出参数的文件。文件名和函数名称应当相同。函数处理其自己的工作区中的变量，此工作区不同于您在 MATLAB 命令提示符下访问的工作区。

rank 提供了一个很好的示例。文件 rank.m 位于文件夹

toolbox/matlab/matfun

您可以使用以下命令查看文件

type rank

下面列出了此文件：

function r = rank(A,tol)

% RANK Matrix rank.

% RANK(A) provides an estimate of the number of linearly

% independent rows or columns of a matrix A.

% RANK(A,tol) is the number of singular values of A

% that are larger than tol.

% RANK(A) uses the default tol = max(size(A)) \* norm(A) \* eps.

s = svd(A);

if nargin==1

tol = max(size(A)') \* max(s) \* eps;

end

r = sum(s > tol);

函数的第一行以关键字 function 开头。它提供函数名称和参数顺序。本示例中具有两个输入参数和一个输出参数。

第一个空行或可执行代码行前面的后续几个行是提供帮助文本的注释行。当键入以下命令时，会输出这些行

help rank

帮助文本的第一行是 H1 行，当对文件夹使用 lookfor 命令或请求 help 时，MATLAB 会显示此行。

文件的其余部分是用于定义函数的可执行 MATLAB 代码。函数体中引入的变量 s 以及第一行中的变量（即 r、A 和 tol）均为函数的局部变量；他们不同于 MATLAB 工作区中的任何变量。

本示例演示了 MATLAB 函数不同于其他编程语言函数的一个方面，即可变数目的参数。可以采用多种不同方法使用 rank 函数：

rank(A)

r = rank(A)

r = rank(A,1.e-6)

函数类型

MATLAB 提供了多种不同函数用于编程。

匿名函数

匿名函数是一种简单形式的 MATLAB 函数，该函数在一个 MATLAB 语句中定义。它包含一个 MATLAB 表达式和任意数目的输入和输出参数。您可以直接在 MATLAB 命令行中定义匿名函数，也可以在函数或脚本中定义匿名函数。这样，您可以快速创建简单函数，而不必每次为函数创建文件。

根据表达式创建匿名函数的语法为

f = @(arglist)expression

下面的语句创建一个求某个数字的平方的匿名函数。当调用此函数时，MATLAB 会将您传入的值赋值给变量 x，然后在方程 x.^2 中使用 x：

sqr = @(x) x.^2;

要执行 sqr 函数，请键入

a = sqr(5)

a =

25

主函数和局部函数

任何非匿名函数必须在文件中定义。每个此类函数文件都包含一个必需的主函数（最先显示）和任意数目的局部函数（位于主函数后面）。主函数的作用域比局部函数更广。因此，主函数可以从定义这些函数的文件外（例如，从 MATLAB 命令行或从其他文件的函数中）调用，而局部函数则没有此功能。局部函数仅对其自己的文件中的主函数和其他局部函数可见。

函数部分中显示的 rank 函数就是一个主函数的示例。

私有函数

私有函数是一种主函数。其特有的特征是：仅对一组有限的其他函数可见。如果您希望限制对某个函数的访问，或者当您选择不公开某个函数的实现时，此种函数非常有用。

私有函数位于带专有名称 private 的子文件夹中。它们是仅可在母文件夹中可见的函数。例如，假定文件夹 newmath 位于 MATLAB 搜索路径中。newmath 的名为 private 子文件夹可包含只能供 newmath 中的函数调用的特定函数。

由于私有函数在父文件夹外部不可见，因此可以使用与其他文件夹中的函数相同的名称。如果您希望创建您自己的特定函数的版本，并在其他文件夹中保留原始函数，此功能非常有用。由于 MATLAB 在标准函数之前搜索私有函数，因此在查找名为 test.m 的非私有文件之前，它将查找名为 test.m 的私有函数。

嵌套函数

您可以在函数体中定义其他函数。这些函数称为外部函数中的嵌套函数。嵌套函数包含任何其他函数的任何或所有组成部分。在本示例中，函数 B 嵌套在函数 A 中：

function x = A(p1, p2)

...

B(p2)

function y = B(p3)

...

end

...

end

与其他函数一样，嵌套函数具有其自己的工作区，可用于存储函数所使用的变量。但是，它还可以访问其嵌套在的所有函数的工作区。因此，举例来说，主函数赋值的变量可以由嵌套在主函数中的任意级别的函数读取或覆盖。类似地，嵌套函数中赋值的变量可以由包含该函数的任何函数读取或被覆盖。

全局变量

如果您想要多个函数共享一个变量副本，只需在所有函数中将此变量声明为 global。如果您想要基础工作区访问此变量，请在命令行中执行相同操作。全局声明必须在函数中实际使用变量之前进行。全局变量名称使用大写字母有助于将其与其他变量区分开来，但这不是必需的。例如，在名为 falling.m 的文件创建一个新函数：

function h = falling(t)

global GRAVITY

h = 1/2\*GRAVITY\*t.^2;

然后，以交互方式输入语句

global GRAVITY

GRAVITY = 32;

y = falling((0:.1:5)');

通过上述两条全局语句，可以在函数内使用在命令提示符下赋值给 GRAVITY 的值。然后，您可以按交互方式修改 GRAVITY 并获取新解，而不必编辑任何文件。

命令与函数语法

您可以编写接受字符参数的 MATLAB 函数，而不必使用括号和引号。也就是说，MATLAB 将

foo a b c

解释为

foo('a','b','c')

但是，当使用不带引号的命令格式时，MATLAB 无法返回输出参数。例如，

legend apples oranges

使用 apples 和 oranges 作为标签在绘图上创建图例。如果您想要 legend 命令返回其输出参数，必须使用带引号的格式：

[legh,objh] = legend('apples','oranges');

此外，如果其中任一参数不是字符向量，必须使用带引号的格式。