MATLAB
学习笔记 v0.1.2

MATLAB 学习之路：功能与效率

陈磊

May 14, 2014
email chenlei.here@gmail.com
blog herechen.github.io
source https://github.com/HereChen/TheWayMATLABLearning

这份文档始于 2013 年的夏天. 不同于开始, 后来我是这样打算的, 以简洁的方式呈现自己所学的 MATLAB 知识. 一则温故知新, 二则留存一份历史, 如是而已.

文中采用的是 Windows 版的 MATALB 2013. 写作上既不全面描述, 也不过于细致描述, 简单描述的目的在于“知”, 知道一些功能, 知道一些技巧, 然后可以探究.

Contents

List of Tables

List of Figures

List of Examples

1 学途伊始

最开始学习 MATLAB 是从脚本开始的, 写一段然后就选中代码按 F9 这种. 后来逐渐需要把一些通用或常用的脚本写成函数, 需要的时候一条语句就可以实现. 这大概也就是整体上我的学途历程了.

再往后, 就开始考虑效率, 接触一些方便好用的功能, 考虑算法设计和 MATLAB 编程特性的结合, 如何去调试程序等等.

1.1 窗口

MATLAB 有几个基本的窗口: Command Window 用于输出结果以及执行命令之用; Editor 则作为编辑代码之用; 在 Workspace 可以看到当前保存的变量; Command History 保存了执行过的命令的历史记录; Current Folder 是当前目录, 方便了文件和资源管理.

1.2 脚本

在 MATLAB 里面 Ctrl+N 新建一个后缀为 m 的文件, 也就是通常说的 M-file. 写入要实现的功能, 选中要执行的代码然后按 F9 就可以在 Command 窗口查看输出结果, 或者在 Workspace 中查看保存的变量. 比如, 下面给出的例子就包含了注释、一个输出语句以及一个矩阵的创建.

Example 1: 第一个脚本

```
disp('Hello MATLAB') % 我是注释, 前面一条语句是输出
A = [1 2; 3 4];      % 创建一个矩阵, 若句尾不加分号执行时会直接输出
```

1.3 函数

把常用到的功能或者具有一定功能的单独拿出来, 写成一个函数, 在需要的时候直接调用. 这一方便避免的代码的重复书写, 又方便了程序的调试. 函数不能在当前文件执行, 需要通过调用的形式来执行. 比如下面的这个函数保存为文件之后, 可以直接在 Command 窗口调用.

Example 2: 第一个函数

```
function sm = twonosum(no1,no2)
% 两个数之和
sm = no1 + no2;
end
```

- 保存时需要和函数名一致, 上面的例子应保存为 twonosum.m;
- Command 窗口或脚本调用格式为 var1 = twonosum(var2, var3);
- 文件 twonosum.m 所在路径需要添加, 这在文中的路径设置中提到;

Note 1.1. 最后的 end 并非是必须的, 可以删除.

2 一些功能

2.1 快捷键

Table 1: 快捷键

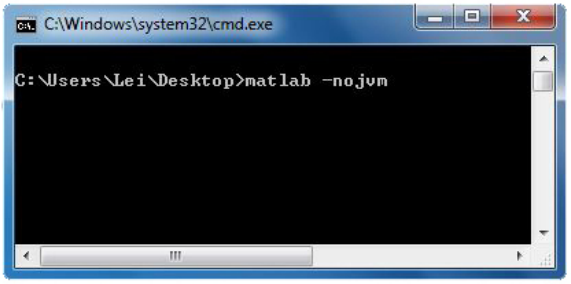
功能	快捷键	功能	快捷键
注释	Ctrl + R	切换到 Command Window	Ctrl + 0
自动排版	Ctrl + I	切换到 Command History	Ctrl + 1
取消注释	Ctrl + T	切换到 Current Folder	Ctrl + 2
向右缩进	Ctrl + [	切换到 Workspace	Ctrl + 3
向左缩进	Ctrl +]	切换到 Editor	Ctrl + Shift + 0
执行当前单元	Shift + Ctrl + Enter	Editor 之间的切换	Ctrl + PgDn/PgUp
终止程序	Ctrl + C	添加函数	Ctrl + J
上一个单元	Ctrl + Down	下一个单元	Ctrl + Up

2.2 MATLAB 启动

这里不描述通常的点击图标启动. 有这样两种启动方式:

- matlab, 完全启动, 即正常的启动;
- matlab −nojvm, 只启动 Command 窗口, 这将禁用与 java 相关的功能, 启动速度较快.

在 Windows 中, 可以命令方式来启动, 即在 cmd 或 Ctrl+R 调出的“运行”中执行, 对应的命令在其后已经给出. 命令启动有个前提, MATLAB 的可执行程序路径已经在环境变量中.



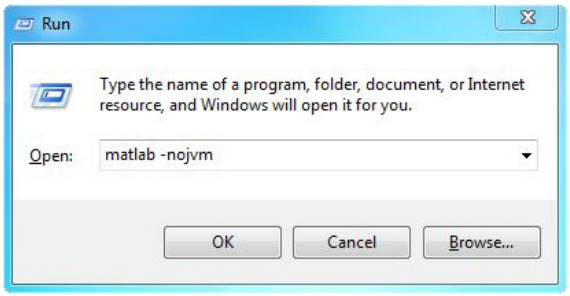


Figure 1: *MATLAB“no java”启动*

在图中直接输入以 matlab 可实现完全启动. 若是期望轻量级编程, 可以“no java”方式启动, 并配合其他编辑器 (比如 Sublime Text), 可以实现脚本或函数的编辑及执行. 对两种方式做个对比:

- 完全启动, 速度慢, 功能齐全, 占用内存大 (相对);
- “no java”启动, 速度快, 功能少一部分, 占用内存小.

Note 2.1. MATLAB 环境变量的设置. 假设 MATLAB 安装在 C:\MATLAB 目录下, 那么, matlab.exe 应该在 C:\MATLAB\bin 目录下. 接着设置环境变量, 电脑属性 → 高级系统设置 → 环境变量 → 用户变量下选中 PATH 并点击编辑按钮 → 添加 C:\MATLAB\bin(在最后加入分号添加)→ 一路保存退出.

2.3 路径设置

设置路径的方法:

- 鼠标点击实现. Home→set path. Add Folder... 只添加选定文件夹的路径, Add with Subfolders... 添加指定文件夹及其所有子文件夹路径.
- 通过命令添加, 比如:

Example 3: 添加路径

```
addpath('D:\matlab_file')
```

- 直接通过路径文件设置.

```
>> which pathdef
C:\Program\MATLAB\R2013a\toolbox\local\pathdef.m
>> edit('C:\Program\MATLAB\R2013a\toolbox\local\pathdef.m')
```

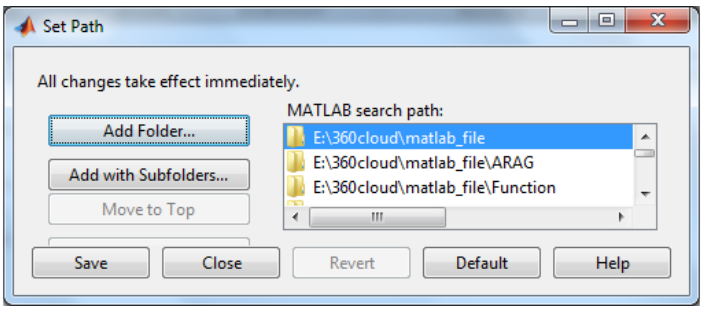


Figure 2: 添加路径

- 设置工作目录. MATLAB 默认的工作目录可以通过输入 userpath 来查看, 更改则通过 userpath(mypath) 来实现, 其中 mypath 是自定义的路径字符串. 设置工作目录的意义在于, 将需要的文件放在放在工作目录, 就无需额外添加路径了.

添加路径的意义在于, 这使得我们期待调用的脚本、函数或资源等能够被找到.

Note 2.2. 如果路径中包含空格, 用 ' ' 来表示空格, 即两个单引号, 中间包含一个空格.

2.4 startup

startup.m 是在 MATLAB 启动时就执行的脚本. 若是需要它, 我们需要做三件事情:

- 新建 startup.m;
- 确保 startup.m 所在文件夹的路径已经添加;
- 编辑需要 MATLAB 启动就执行的内容.

Example 4: 我的 *startup.m*

```
clc;                        % 清除 Command 窗口显示的内容
cd D:\matlabfile;           % 定位到 matlabfile 文件夹
addpath(genpath(pwd));      % 将当前文件夹的所有文件夹及子文件夹添加到路径中
% pwd 为获得当前文件夹路径, 即 D:\matlabfile
```

这段代码执行 3 个命令, 主要目的还是在于进入到我的工作目录, 并添加可能的新的路径 (因而用了 genpath).

2.5 计时器

tic 为计时开始, toc 为计时结束. 通常用以查看代码/算法执行的时间.

Example 5: 计时 *1*

```
tic
disp('Time recorder...');
toc
```

Example 6: 计时 *2*

```
t1 = tic;
disp('Time recorder...');
toc(t1)
```

```
Time recorder...
Elapsed time is 0.007663 seconds.
```

两个例子单独的执行效果如上. 在使用时可以注意以下几点:

- 若是不需要输出时间, 在 toc 后加分号即可;
- 若需要保存记录的时间, 可用变量存储, 比如 usedtime = toc 或 usedtime = toc(t1) .
- 计时方案 2 适合有多个计时需求的应用.

Note 2.3. 另一种计时 etime , 但这并不是推荐的方式, help etime 查看.

2.6 代码单元

% 是注释, %% 则是一个单元 (同时作为注释).

Example 7: 代码单元

```
%% display 1
disp('the first cell.');

%% display 2
disp('the second cell.');
% 两个百分号与注释之间有空格.
```

代码单元可在不选中代码的情况下, 可以快捷键 Ctrl+Shift+Enter 连续执行. 并还有以下好处:

- 一个单元一个单元的执行, 方便检错/调试;
- 方便查看过程数据;
- 把具有特定功能的一段代码作为一个单元, 使得代码结构清晰.

2.7 断点调试

设置断点是调试程序常用的方法, 可以用这种方法来找出错误所在, 或者了解代码执行过程. 在需要暂停的一行或多行前用鼠标点击设置断点.

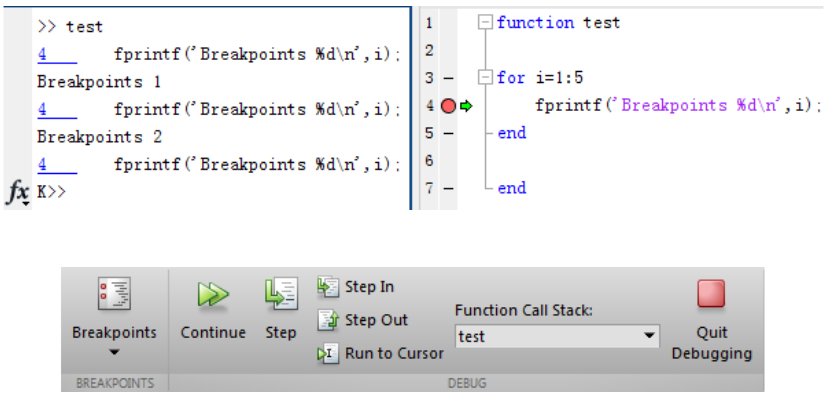


Figure 3: 断点调试

相对于通过执行选中代码段来调试, 这种方式更加便捷, 并且适合批量操作. 断点调试常用的两个快捷键:

- F5, 继续执行;
- Shift+F5, 停止继续执行 (Quit Debugging).

2.8 代码发布

代码发布, 就功能而言, 即可用其他文档格式展现代码. 发布的格式有多种可选, 比如: latex、html、doc、ppt 等等. 发布方式:

- 在菜单栏 Publish 下设置和发布;
- 通过函数 publish 发布, 查看 help publish. 比如将 test.m 发布为 pdf.

Example 8: 代码发布

```
publish('test.m','pdf');
```

发布代码的同时, 结果也会一同发布, 这包括输出和图像等. 代码发布还有这样一些细节:

- 添加章节, 使代码更加直观. 这可以通过代码单元来实现;

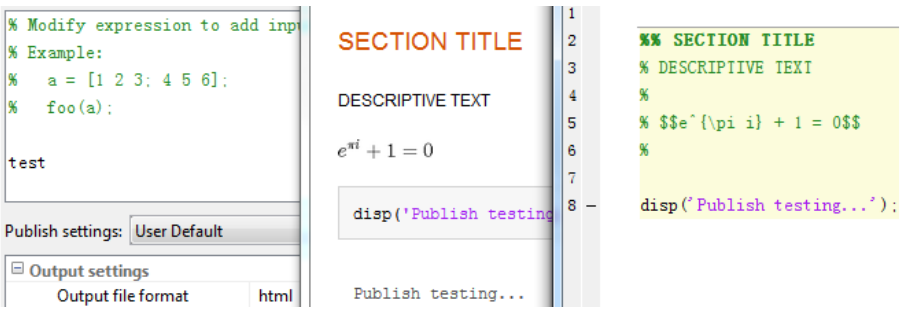


Figure 4: 代码发布

- 注释设置, 一则可以设置字体, 二则可以设置列表 (list);
- 添加其他元素, 比如: 图片、公式、超链接.

Note 2.4. 就我当前所用版本, 要发布含数学公式的建议用 LaTeX, 其他几种公式转换为图片发布, 效果并不好. 或可用其他方式弥补也是可以的 (比如先发布为 LaTeX, 再生成 pdf). 也许, 这仅仅是因为对 LaTeX 的钟爱.

2.9 代码保护

代码保护 (protect function) 从功能上来理解, 有两点:

- 代码加密 (用这种方式生成的文件是被加密的), 同时又能像其他文件一样调用;
- 预解析文件, 直接调用解析过的文件, 可以提高执行速度.

首先, 通过 pcode 将 m 文件解析为 p 后缀文件; 然后直接调用该文件. 这里给出了针对单个文件的例子, 但也可一次解析多个文件.

Example 9: 代码保护

```
pcode filename.m
```

Note 2.5. 生成解析文件后, 路径下就有两个同名, 但是后缀不同的文件. 对 m 文件修改后需要重新解析, 不然, 会调用较新的 m 文件, 而不是 p 文件. 另外," 解析" 一词在这里更多的是指 pcode 的函数作用.

2.10 应用发布

应用发布是指把脚本或者函数编译成可执行的 exe 文件. 应用发布包含两个步骤:

- mbuild –setup 选择和配置编译器;
- mcc –m myfile.m 将脚本编译成可执行文件.

注意上面命令之间的空格. 编译得到的同名 exe 文件在 MATLAB 安装目录的 bin 文件夹下, 或者在所编译文件所在的文件夹下.

2.11 警告和错误

在编写程序时, 会用一些输出来标识警告或者错误, 以下是针对这个问题的方法.

Example 10: 红色字符串输出

```
fprintf(2,'edit your text here.');
```

Example 11: 警告输出

```
warning('edit your text here.');
```

Example 12: 错误输出

```
error('edit your text here.');
```

Note 2.6. warning 和 error 可以像 fprintf 一样输出字符串或者数值. 例如:
str = 'I am a string'; warning('%s',str)

2.12 显示格式

Command 窗口的默认显示格式是 short, 此时显示小数时最多显示 4 位小数. 常用的切换有显示更多的小数, 以及将小数作为分数显示. 这里介绍三种格式切换, 更多的查看 help format.

Example 13: *Command* 窗口显示格式

```
format short        % 默认格式
format long         % 显示更多小数位
format rat          % 以分数形式显示
```

3 一些函数

对于要介绍的函数或命令, 在每个说明后面紧接着给出示例, 或者是使用是说明.

- eval -- 将字符串作为 MATLAB 语句执行. eval('[1 2]*3')
- help -- 查看帮助文档. 查看 size 函数帮助, help size
- prod -- 元素乘元算. 矩阵同行元素相乘, prod([1 2;3 4],2)
- pause -- 暂停. 暂停 5 秒, pause(5)
- nnz -- 矩阵非零元素的个数. nnz([0 0 0 1 2])
- nonzeros -- 矩阵非零元素. nonzeros([0 0 0 1 2])
- xlsread -- Excel 文件读取. 调用格式 [NUM,TXT,RAW]=xlsread(FILE,SHEET,RANGE)
- xlswrite -- Excel 文件写入. 如果不加 SHEET 参数则存储到默认的表格, 若是自定义则会在 Excel 中添加新的表格. 调用格式 xlswrite(FILE,ARRAY,SHEET)
- clc -- 清屏. 清除 Command 窗口显示内容. clc
- clear -- 清除变量, 清楚工作空间存储的变量. 其后加变量名可以只清除指定变量, 清除全部变量直接使用即可, 清除某个变量 vari, clear vari
- save -- 保存工作空间变量. 保存全部变量, test.mat; 保存某几个变量, p = 1; q = [1 2]; save('data.mat', 'p', 'q');
- load -- 从硬盘加载数据. 用法和 save 类似.
- diary -- 保存 Command 屏幕输出, 由于屏幕输出延时, 可能并没有保存数据, 因此有两个方案来应对; 其一, 加入 pause; 其二, 判断是否已保存数据, 直到有数据才执行 diary off
- which -- 查看函数的文件路径. 查看函数 fmincon 的位置, which fmincon
- whos -- 查看当前工作空间变量的属性. 直接使用为查看全部变量属性, 查看 var 变量的属性, whos var
- saveas -- 保存图像 (Figure 或仿真框图). 保存当前 figure 为 jpg 图像, saveas(gcf, 'output', 'jpg')

- textscan -- 格式化读取文件或字符串.
- regexp -- 用正则表达式匹配内容.

4 一些技巧

这里所指技巧具有专题性的意义, 是面向解决方案的, 而不是面向功能的讲解.

4.1 内存溢出及解决方案

内存溢出 所谓内存溢出, 即 Out of memoery.

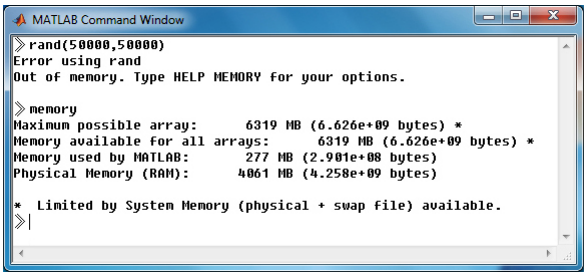


Figure 5: 内存溢出和内存查看

Example 14: 生成随机矩阵

```
matrix = rand(2e+5,2e+5);
```

Note 4.1. 逐渐增大或减小维数, 这样可以查看设备能存储最大矩阵的维数.

内存溢出解决 简而言之, 开源节流.

- 开源方法
  - 增加 RAM. 买个大点的内存条装上;
  - 以“no java”方式启动 MATLAB.(这是在节 MATLAB 的流, 开程序执行的源)
- 节流方法
  - 数据本地存储. 将数据存储到本地, 需要时再导入;
  - 使用已有的变量, 即时删除临时变量 (不再需要的变量);
  - 以函数封装. 将程序中某几部分的代码封装为 function 调用, function 调用只输出最后需要的数据, 其间的临时变量在每次调用完 function 之后都会自动删除.

4.2 自定义函数帮助

在 MATLAB 中可以用输入 help 加函数名来获得获悉使用方法及例子. 我们期望对自己编写的函数也实现这样的功能, 那么有两个关键点, 一是参照 MATLAB 的内置函数注释

格式写好注释 (或者参照下面的示例), 二是确保此函数路径已经添加. 接下来就可以通过 help myfunction 这样的形式来查看了.

Example 15: 自定义帮助

```
function outputs = myfunction(inputs)
%MYFUNCTION this function is bulabula...
% decrible your function here
% see also function1 function2

% Reversion: 22-Aug-2013
% 2013/08/22 16:58:27
```

4.3 图像导出

除了一般的截图方法, 有这样几种方法.

- print('-dpdf',pdf_name);, 生成图像为 pdf 格式.
- 直接设置导出, File - Export Setup - Export, 通过 Rendering - Resolution 可以设置图像质量.
- saveas(gcf, 'output', 'jpg'), 导出当前 figure 为名为 output 的 jpg 格式图像.

4.4 公式打印

MATLAB 支持 LaTeX 的公式输出, 在两个地方可能用到公式输出.

- 图片上的公式
- 代码发布注释中的公式

Example 16: 图像中的公式输出

```
y = title('$$y = \sqrt{x}$$');          % 标题
set(y,'interpreter','latex');           % 用 LaTeX 翻译标题
```

4.5 用向量重复构造矩阵

首先解释一下什么是向量重复构造矩阵, 比如有一个向量 [1 2 3], 现在我打算将它构造成 [1 2 3; 1 2 3; 1 2 3], 这就是此小节要解决的内容.

Example 17: 用向量重复构造矩阵

```
%% repmat 函数方法
```

```
clear
x = 1:1:20000; N = 30000;
tic
X = repmat(x, N, 1);
toc
%% 矩阵乘法方法
clear
x = 1:1:20000; N = 30000;
tic
Y = ones(N,1)*x;
toc
%% 下标方法
clear
x = 1:1:20000; N = 30000;
tic
Z = x(ones(N, 1), :);
toc
```

```
Elapsed time is 25.953179 seconds.
Elapsed time is 217.866385 seconds.
Elapsed time is 13.400210 seconds.
```

实际上, repmat 用到了第三种, 在其源码中可以看的到, 但它更加通用. 如果是数值, 首推第三者. repmat 的源码可以通过 which repmat 查看其位置. 另外需要提及, 测试时每段前面当加 clear, 这是要消除由于内存的原因影响后面程序的执行效率.

还有一种方式，这种方式可以列重复挨着：

```
>> blkproc([1 2 3 4 5], [1 1], @(x)repmat(x, 3, 2))

ans =

1     1     2     2     3     3     4     4     5     5
1     1     2     2     3     3     4     4     5     5
1     1     2     2     3     3     4     4     5     5
```

Note 4.2. 可以考虑用上面的某种方法用向量重复来构造三维的矩阵.

5 高效编程

5.1 分析代码性能

通过 Profiler 这个工具来查看执行程序中占用时间比例, 并作有针对性的优化这样可以.

Example 18: 用 *Profiler* 分析代码性能

```
profile on                          % 打开 profile
plot(magic(35))                     % 要执行的代码
profile viewer                      % 查看分析结果
```

分析结果包括每部分的占用时间比例, 没个函数或语句的执行时间, 点击链接可以进入到下一层, 以此来逐层查看.

Note 5.1. 也可以通过在 Profiler 中的 Run this code 输入要分析的文件名或代码, 点击 Start Profiling 按钮开始分析. 打开 Profiler 的方式除了执行 profile viewer, 还可以通过在 HOME 下的 Run and Time 按钮来打开.

5.2 预分配内存

为矩阵（或向量）预分配内存, 并尽量避免改变矩阵的大小. 为什么预分配内存呢？实际上, 申请新的内存本身就是一种耗费. 每当申请需要新的内存存储变量时,MATLAB 都会先查找是否有足够并且逻辑上是连续的内存空间来存储（若没有则会内存溢出, 无法继续执行程序）. 对于矩阵, 每次对它添加元素时, 其所占内存就在改变, 这种改变在地址上的本质是, 它不是在原有的基础上添加, 而是找到一块合适的地址之后, 存储到新的空间上, 并删除原来空间上的数据.

Example 19: 是否预分配内存效率对比

```
n = 1e+7;
%% 未初始化赋值
tic
for i=1:n
    a(i) = i;
end
toc
%% 初始化后赋值
tic
b = zeros(1,n,'double');
for i=1:n
    b(i) = i;
```

```
end
toc
```

```
Elapsed time is 4.193847 seconds.
Elapsed time is 0.177962 seconds.
```

5.3 临时变量

这里所谓临时变量, 是指那些并不是关键的要存储的变量, 而只是临时使用. 尽量少使用临时变量, 或者使用少量的临时变量, 毕竟申请内存是一件耗费的事情.

5.4 MATLAB 建议

根据 MATLAB 建议编写程序（有时候编程会出现黄色下划线）. 但不更改也并不会影响程序的执行. 这些建议包括一些函数使用的提醒, 比如将来会移除这个函数, 也包括联系上下文实现某一功能时的参数建议, 还包括变量的使用建议.

5.5 矩阵存储方式

矩阵的存储方式以列优先存储, 即我们在计算时尽量采用列优先的方式.

Example 20: 矩阵不同存取方式效率对比

```
n = 10000;
A = rand(n , n);
B = zeros(n , n);
%% 以行存取
tic
for i = 1:n
    B(i , :) = A(i , :);          % 以行方式赋值
end
toc
%% 以列存取
tic
for i = 1:n
    B(: , i) = A(: , i);          % 以列方式赋值
end
toc
```

```
Elapsed time is 24.323625 seconds.
Elapsed time is 0.621799 seconds.
```

5.6 函数类型

不同函数类型的执行效率并一样, 在此仅以符号函数和匿名函数作为对比对象.

Example 21: 不同函数类型效率对比

```
%% 符号函数
syms fun1(x);
fun1(x) = x^3 + x^2 + x +1;
tic
fun1(5);
toc
%% 匿名函数
fun2 = @(x)x^3 + x^2 + x +1;
tic
fun2(5);
toc
```

```
Elapsed time is 0.006139 seconds.
Elapsed time is 0.000074 seconds.
```

5.7 大数据处理

直接的描述就是提前给大数据分配内存. 过多小数据分配内存后形成的内存零碎化, 这将可能在后面为大数据寻找合适的连续内存地址消耗更多时间.

5.8 并行计算

这里所指的并行计算是针对一台多核的电脑. 所谓并行计算, 是指让多个工作同时进行, 从而节省计算时间. 这里以 parfor 作为解释对象, 要用到的是 matlabpool.

parfor 即 parallel for (并行的 for 语句), 可以看作是把 for 循环执行的内容改造成了同时执行的内容. matlabpool 用于打开多核, 默认是并没有打开的.

实现并行计算包括两个操作, 一是打开多核 (或者 worker), 二是要保证循环计算之间并不存在关联性.

Example 22: 并行计算 *parfor* 与 *for* 效率对比

```
matlabpool open 2                % 打开两个 worker
M = 200; a = zeros(M,1);         % 200 次计算
%% for
tic
for i = 1:M
    a(i) = max(eig(rand(M)));    % 取随机矩阵最大特征值
```

```
end
toc
%% parfor
tic
parfor i = 1:M
    a(i) = max(eig(rand(M)));
end
toc
matlabpool close                % 关闭所有 worker
```

```
Elapsed time is 11.092022 seconds.
Elapsed time is 6.325050 seconds.
```

尽管通常不是用循环来实现的内容, 通过转化为不相关的循环计算, 就可以用并行计算来实现.

Note 5.2. 在 MATLAB 右下角可以看到打开 worker 的数量.

6 额外兴趣

6.1 拍照

用 MATLAB 调用硬件拍照简单示例 (确保有可用的摄像头, 并一段一段执行):

Example 23: 拍照

```
%vid = videoinput('winvideo',1); preview(vid);

%data = getsnapshot(vid);
image(data);

%imwrite(data,'photo.jpg');
```

A Appendix

A.1 MATLAB 资源

- MATLAB 官方文档
  这自然不用多说了,Google 上输入 MATLAB XXX user guide filetype:pdf, 立马就是有的.
- MATLAB 中文论坛 www.ilovematlab.com
  在这里可以提出自己的问题, 也可以看看别人的问题, 通过问问题和浏览来开阔思维和了解.
- MATLAB File Exchange http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/
  通过搜索可以找到已经实现了的一些打包函数, 比如三维插值、自然排序的实现等等.
- cheat-sheets http://www.cheat-sheets.org/
  这里有很多快速了解各种语言的文档, 其中就有 MATLAB 的表格.