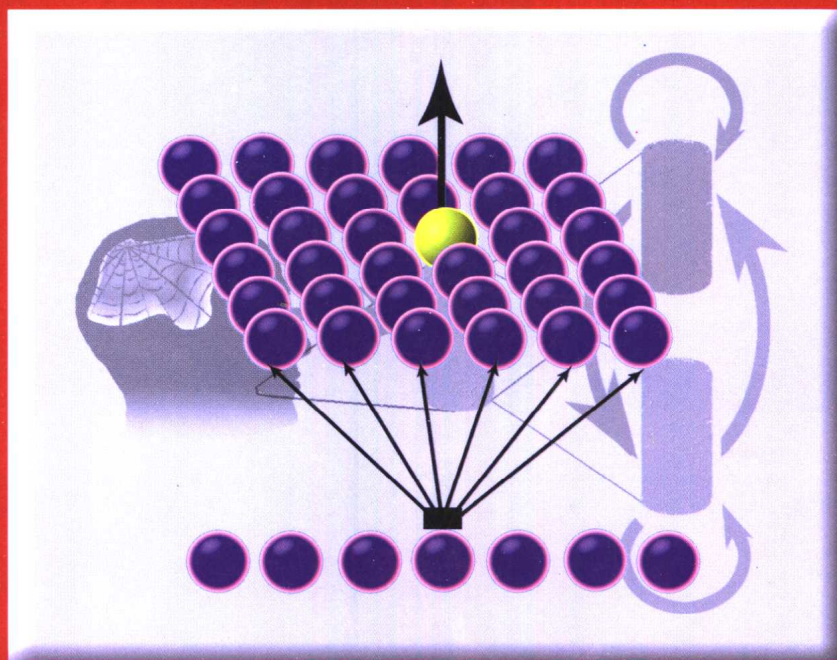


MATLAB 语言应用系列书

# MATLAB 神经网络 仿真与应用

闻新 周露 李翔 张宝伟 编著



科学出版社  
www.sciencep.com

MATLAB 语言应用系列书

# MATLAB 神经网络 仿真与应用

闻 新 周 露 李 翔 张宝伟 编著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书面向 MATLAB 6. x 及其所搭配的神经网络工具箱,首先循序渐进地介绍了 MATLAB 6. x 的主要功能、函数命令及一些使用技巧,并介绍了比较复杂的数值计算和图形用户界面的编写方法,然后结合作者多年来在科研和指导研究生工作中总结出的仿真与应用成果,介绍了神经网络和模糊神经网络的基本原理、学习训练算法和仿真过程。详细介绍了 MATLAB Neural Network(4. 0)工具箱函数的使用方法,神经网络工具箱所使用的符号及指令、视窗环境等功能,并引用大量例子说明了基于 MATLAB 进行神经网络设计与应用的方法。

本书可作为计算机、电子工程、控制工程、信息与通信科学、数学、机械工程 and 生物医学工程等专业师生的参考教材,对从事上述领域工作的广大科技人员具有重要的参考价值,对学习神经网络及其仿真技术的读者,也是一本极为有用的入门指导书。

### 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 神经网络仿真与应用/闻新等编著. —北京:科学出版社,2003  
(MATLAB 语言应用系列书)  
ISBN 7-03-011674-7

I. M… II. 闻… III. 神经网络-计算机仿真-计算机辅助计算-软件包, MATLAB N. ①TP391.75②TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 049919 号

策划编辑:鞠丽娜 /责任编辑:韩 洁  
责任印制:吕春珉 /封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2003年7月第一次印刷 印张:21 1/2

印数:1—5 000 字数:495 000

定价:31.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

# 前 言

MATLAB 仿真软件自 1984 年由美国的 MathWorks 公司推出以来,越来越引人注目,1993 年后又相继推出了 MATLAB 4. x、MATLAB 5. x 等基于 Windows 系统的版本,从而可以充分利用 Windows 系统资源。MATLAB 现已成为国际上公认的最优秀的数值计算和仿真分析软件之一,其软件包的主要特点有:

1) 它是一种解释性语言,它采用了工程技术的计算语言,几乎与数学表达式相同,语言中的基本元素是矩阵,它提供了各种矩阵的运算和操作,并且具有符号计算、数学和文字统一处理、离线和在线计算等功能。

2) 具有较强的绘图功能,计算结果和编程可视化。

3) 具有很强的开放性,针对不同的应用学科,在 MATLAB 之上,推出了 30 多个应用的工具箱。

MATLAB 的这些特点使它获得了对应用学科的极强的适应力,它推出不久,很快就成为应用学科计算机辅助分析、设计、仿真和教学不可缺少的软件,并已应用在生物医学工程、信号分析、语音处理、图像识别、航天航海工程、统计分析、计算机技术、控制和数学等领域中。

最新版 MATLAB 6. x 所搭配的 Neural Network Toolbox 4. 0,将神经网络领域研究的成果完整地覆盖,它以人工神经网络理论为基础,用 MATLAB 语言构造出典型神经网络的激活函数,如 S 型、线性、竞争层、饱和线性等激活函数,使设计者对所选定网络输出的计算,变成对激活函数的调用。另外,根据各种典型的修正网络权值的规则,加上网络的训练过程,用 MATLAB 编写出各种网络设计与训练的子程序,网络的设计者则可以根据自己的需要去调用工具箱中有关神经网络的设计训练程序,使自己能够从繁琐的编程中解脱出来,集中精力去思考问题和解决问题,从而提高效率和解题质量。

本书是在《MATLAB 神经网络应用设计》一书基础上改写出来的,总共分十一章。第一章为概论。第二章叙述了 MATLAB 数值矩阵的各种运算、功能函数的使用方法、矩阵分解、线性方程的求解、多项式运算、数据分析和数值信号处理等功能。第三章主要论述了 MATLAB 符号矩阵的运算、分解和微积分及微分方程的求解等内容。第四章介绍 MATLAB 的 2D、3D 绘图方法,图形的控制与表现,色彩控制,动态图形及图形的输出和打印,图形句柄的操作等功能和使用技巧。第五章叙述 M 文件程序结构、数据结构、变量定义和程序流控制,函数调用,数据的输入输出;还给出一些 MATLAB 语言设计的神经网络模型和训练的例子,包括改进的网络、模糊神经网络、小脑模型神经网络和神经-模糊系统的仿真应用。从第六章开始主要介绍 MATLAB 工具箱的内容,并同时给出一些应用分析设计例子,其内容安排如下:第六章为感知器,除介绍了感知器的设计之外,还介绍了神经网络工具箱的图形用户界面及在该用户界面下实现交互式设计神经网络的操作方法。第七章为线性神经网络,介绍了线性神经网络的创建,包括创建多输入、多输出和多层的线性神经网络的过程。第八章论述了 BP 网络结构、学习规则和训练过程,分析改进 BP 网的

算法。第九章为径向基函数网络,描述径向基函数网络结构、理论和训练过程, MATLAB 工具箱与径向基函数网络相关的函数及各种径向基网络的设计与仿真分析,给出径向基函数网络的设计和在状态观测器设计中的应用。第十章为自组织竞争网络,叙述几种联想学习规则,自组织网络结构和它们的学习训练过程,然后介绍 MATLAB 工具箱与自组织竞争网络相关的函数,最后给出这些网络的设计和在特征映射方面的几个实例。第十一章为回归网络,叙述了 Hopfield 网络、Elman 网络学习规则和训练过程,介绍了结合贝叶斯算法的初期终止技术和泛化技术。

作者努力在下述方面形成本书特点:

一般归纳和算例并重:本书对功能、指令函数作一般描述的同时,提供几百个算例。书中所有算例的程序、指令和函数调用所得的结果都经过作者实践,从而给读者以正确真实、可重复的参照样本,以减少读者对新知识的不确定感。

系统论述和快速查阅兼顾:本书所有章节构成对 MATLAB 各大功能或神经网络模型工具箱的系统讲述,但就每章内容而言,它们相对独立,因此,本书既可系统学习,也可随时查阅。此外,本书自包含(既有 MATLAB 语言程序设计的基础知识,又有神经网络工具箱相关的理论),方便读者。

简单易学:以范例为主,图文为辅,通过标准算法和神经网络模型例子,一步一步带领读者进入神经网络工具箱。

在本书编写过程中得到了许多人的帮助,中国科学院软件所的王丹力博士和中国空间技术研究院的研究生熊晓英为本书的编写做了许多探索性工作,研究生张轶男等同学做了大量的仿真分析工作。在此,一并向他们表示感谢。此外还要感谢科学出版社的鞠丽娜老师,感谢她为作者出版本书创造了机会和为编辑出版工作付出的辛勤劳动。最后,还要感谢北京航空航天大学的张洪钺教授和范耀祖教授,如果没有他们的指导和帮助,这本书出版也是不可能的。

由于作者的水平所限,书中尚存在一些不足和错误之处,欢迎读者批评指正。

作 者

2003 年 5 月于北京

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
1.1 MATLAB 软件包的特征 .....	1
1.2 MATLAB 的运行环境 .....	3
1.2.1 MATLAB 的运行方式 .....	3
1.2.2 MATLAB 中的窗口 .....	5
1.3 MATLAB 的帮助系统 .....	10
1.3.1 命令行帮助.....	10
1.3.2 联机帮助.....	11
1.3.3 演示帮助 .....	12
1.4 MATLAB 软件包的构成和应用概述.....	13
1.4.1 MATLAB 软件包的构成 .....	13
1.4.2 MATLAB 的应用 .....	22
1.5 神经网络发展和应用 .....	25
1.5.1 人工神经网络发展的历史回顾.....	25
1.5.2 神经网络的应用.....	27
1.5.3 神经网络的学习方法 .....	28
1.6 面向 MATLAB 工具箱的神经网络设计概述 .....	31
1.6.1 MATLAB 神经网络工具箱 .....	31
1.6.2 神经网络技术的选取.....	31
1.6.3 运用工具箱设计网络的原则和过程 .....	31
<b>第二章 MATLAB 数值计算功能</b> .....	33
2.1 矩阵与数组运算 .....	33
2.1.1 矩阵的建立.....	33
2.1.2 矩阵和数组运算指令对照汇总 .....	38
2.2 矩阵与数组函数 .....	41
2.2.1 基本数组函数.....	41
2.2.2 基本矩阵函数.....	42
2.2.3 几个易混淆的两种函数运算 .....	45
2.3 关系运算和逻辑运算 .....	46
2.3.1 关系运算.....	46
2.3.2 逻辑运算 .....	47
2.4 矩阵的分解 .....	48
2.4.1 三角分解.....	49
2.4.2 正交分解.....	50
2.4.3 特征值分解.....	50

---

2.4.4 奇异值分解 .....	51
2.5 多项式 .....	52
2.5.1 多项式的表达和创建 .....	52
2.5.2 多项式的运算 .....	52
2.6 数据分析 .....	54
2.6.1 基本统计函数指令 .....	55
2.6.2 协方差阵和相关阵 .....	55
2.6.3 有限差分 and 导数 .....	56
2.6.4 数据滤波 .....	57
2.7 数值分析 .....	60
2.7.1 数值积分 .....	60
2.7.2 微分方程的数值解 .....	62
<b>第三章 MATLAB 符号处理</b> .....	<b>64</b>
3.1 字符串 .....	66
3.1.1 字符数组 .....	67
3.1.2 字符的 ASCII 码转换 .....	67
3.1.3 创建二维的字符数组 .....	68
3.1.4 字符串中的单元数组 .....	69
3.1.5 字符数组与单元数组间的转换 .....	70
3.1.6 字符串比较 .....	71
3.1.7 判断字符串是否相等 .....	72
3.1.8 通过字符的运算来比较字符 .....	72
3.1.9 字符串中字符的分类 .....	72
3.1.10 查找与替换 .....	73
3.1.11 字符串和数值的相互转换 .....	75
3.2 符号矩阵的运算 .....	76
3.2.1 符号矩阵的创建 .....	76
3.2.2 符号矩阵的加、减、乘、除运算 .....	77
3.2.3 符号矩阵的逆和除运算 .....	78
3.2.4 符号矩阵的幂运算 .....	78
3.2.5 符号矩阵的综合运算指令 .....	80
3.2.6 符号变量替换 .....	81
3.2.7 符号矩阵的分解 .....	82
3.2.8 符号微积分 .....	83
3.2.9 符号代数方程的求解 .....	85
3.2.10 符号微分方程的求解 .....	86
3.3 符号函数绘图 .....	89
<b>第四章 绘图</b> .....	<b>91</b>
4.1 二维绘图 .....	91
4.1.1 plot .....	91
4.1.2 figure 和 subplot .....	93



4.1.3	绘图指令的开关控制	95
4.1.4	标题与坐标轴的操作	98
4.2	三维绘图	101
4.2.1	mesh	101
4.2.2	3D图形的颜色、光线来源及图上标点的设定	102
4.2.3	透视与视角的设置	105
4.3	图形句柄	107
4.3.1	图形对象	107
4.3.2	图形对象的句柄	108
4.3.3	对象创建函数	108
4.3.4	对象品性及其设置和查询	117
4.3.5	实时动画的制作	118
<b>第五章</b>	<b>MATLAB 的程序设计</b>	<b>120</b>
5.1	MATLAB 程序设计入门	120
5.1.1	编辑程序和 M 文件的形式	120
5.1.2	MATLAB 的命令文件	121
5.1.3	MATLAB 的函数文件	122
5.2	参数与变量	124
5.2.1	参数	124
5.2.2	局部变量与全局变量	127
5.3	数据类型	129
5.4	程序结构	130
5.4.1	顺序结构	131
5.4.2	循环结构	131
5.4.3	分支结构	132
5.5	程序流控制语句	135
5.5.1	echo 指令	136
5.5.2	input、yesinput 指令	136
5.5.3	pause 指令	137
5.5.4	keyboard 指令	137
5.5.5	break 指令	137
5.6	函数调用及变量传递	138
5.6.1	函数调用	138
5.6.2	参数传递	138
5.7	神经网络应用设计举例	141
5.7.1	带有偏差单元的递归神经网络	141
5.7.2	具有快速学习算法的补偿模糊神经网络	151
5.7.3	小脑模型神经网络算法研究	165
5.7.4	神经-模糊系统研究	199
<b>第六章</b>	<b>感知器</b>	<b>213</b>
6.1	感知器原理	213



6.1.1	感知器神经模型 .....	213
6.1.2	感知器神经网络的结构 .....	214
6.1.3	感知器神经网络的学习规则 .....	215
6.2	感知器神经网络的设计 .....	215
6.2.1	感知器神经网络的初始化 .....	215
6.2.2	感知器神经网络的创建 .....	216
6.2.3	感知器神经网络的仿真 .....	217
6.2.4	感知器神经网络的训练 .....	217
6.3	感知器神经网络的局限性 .....	220
6.4	图形用户界面 .....	221
6.5	MATLAB 中关于感知器神经网络的工具函数 .....	228
6.6	感知器神经网络设计实例 .....	229
6.6.1	多个感知器神经元的分类问题 .....	229
6.6.2	奇异样本对感知器神经网络训练的影响 .....	232
6.6.3	线性不可分的输入向量 .....	234
<b>第七章</b>	<b>线性神经网络</b> .....	<b>237</b>
7.1	线性神经网络原理 .....	237
7.1.1	线性神经元模型 .....	237
7.1.2	线性神经网络的结构 .....	238
7.1.3	线性神经网络的学习规则 .....	238
7.2	线性神经网络的设计 .....	240
7.2.1	线性神经网络的初始化 .....	240
7.2.2	线性神经网络的创建 .....	240
7.2.3	线性神经网络的设计 .....	242
7.2.4	线性神经网络的训练 .....	244
7.3	线性神经网络的局限性 .....	246
7.4	MATLAB 中有关线性神经网络的工具函数 .....	246
7.5	线性神经网络设计实例 .....	247
<b>第八章</b>	<b>BP 神经网络</b> .....	<b>258</b>
8.1	BP 网络理论 .....	258
8.1.1	BP 网络结构 .....	258
8.1.2	BP 网络学习公式推导 .....	258
8.2	面向 MATLAB 的 BP 神经网络原理 .....	263
8.2.1	BP 神经元结构 .....	263
8.2.2	BP 神经网络的结构 .....	264
8.3	面向 MATLAB 的 BP 神经网络的设计 .....	264
8.3.1	BP 神经网络的初始化 .....	264
8.3.2	BP 神经网络的创建 .....	265
8.3.3	BP 神经网络的仿真 .....	265
8.3.4	BP 神经网络的训练 .....	267
8.3.5	BP 神经网络泛化的改进 .....	278

8.3.6 BP神经网络训练样本的处理 .....	281
<b>第九章 径向基神经网络</b> .....	285
9.1 径向基函数神经网络的理论基础 .....	285
9.2 面向 MATLAB 工具箱的径向基神经网络 .....	286
9.2.1 面向 MATLAB 工具箱的径向基神经元模型 .....	286
9.2.2 面向 MATLAB 工具箱的径向基神经网络 .....	287
9.3 径向基神经网络的设计 .....	287
9.3.1 精确设计函数(newrbe) .....	287
9.3.2 普通设计函数(newrb) .....	288
9.4 广义回归神经网络 .....	288
9.5 概率神经网络 .....	289
9.6 MATLAB 中关于径向基函数神经网络的工具函数 .....	291
9.7 径向基函数网络与模糊理论的结合及应用 .....	291
9.7.1 径向基函数网络和模糊推理系统的功能等价关系 .....	291
9.7.2 基于自适应模糊系统的径向基高斯函数网络 .....	293
9.7.3 学习算法 .....	295
9.7.4 非线性系统的故障诊断 .....	297
<b>第十章 自组织竞争人工神经网络</b> .....	300
10.1 自组织竞争人工神经网络 .....	300
10.1.1 自组织竞争人工神经网络的结构 .....	300
10.1.2 自组织竞争人工神经网络的创建 .....	301
10.1.3 自组织竞争人工神经网络的训练 .....	302
10.2 自组织特征映射神经网络 .....	303
10.2.1 自组织特征映射神经网络的结构 .....	303
10.2.2 自组织特征映射神经网络的创建 .....	308
10.2.3 自组织特征映射神经网络的训练 .....	308
10.3 学习向量量化神经网络 .....	311
10.3.1 学习向量量化神经网络的结构 .....	311
10.3.2 学习向量量化神经网络的创建 .....	312
10.3.3 学习向量量化神经网络的训练 .....	313
10.4 MATLAB 中关于自组织神经网络的工具函数 .....	314
10.5 网络设计实例 .....	315
10.5.1 使用自组织竞争神经网络进行模式识别 .....	315
10.5.2 一维自组织特征映射神经网络设计实例 .....	317
10.5.3 二维自组织特征映射神经网络设计实例 .....	319
<b>第十一章 回归神经网络</b> .....	322
11.1 回归神经网络理论基础 .....	322
11.1.1 Hopfield 网络 .....	322
11.1.2 Elman 神经网络 .....	326
11.2 Elman 神经网络 .....	327

11.2.1 Elman 神经网络的结构 .....	327
11.2.2 Elman 神经网络的创建 .....	328
11.2.3 Elman 神经网络的训练 .....	329
11.3 Hopfield 神经网络 .....	329
11.3.1 Hopfield 神经网络的结构 .....	329
11.3.2 Hopfield 神经网络的设计 .....	329
11.4 有关回归神经网络的工具函数 .....	330
<b>主要参考文献</b> .....	<b>331</b>

# 第一章 概 论

在现代高技术的发展过程中,神经网络理论应用得越来越广泛,它已是控制工程、信号处理等领域中不可缺少的工具,正日益受到科技人员的瞩目,并且随着一些挑战性的工程问题的解决,许多新的神经网络模型和算法正在不断地丰富着神经网络本身。然而,无论神经网络应用在哪个方面,当利用它对应用领域进行分析和设计的时候,都会涉及到大量有关数值计算的问题。这其中既包括一般的矩阵计算问题,如微分方法求解、优化问题等,也包括许多模式的正交化、最小二乘法处理和极大极小匹配等求解过程等,尽管现代数值计算理论已经发展得很完善,多数计算问题都有高效的标准解法,但是利用计算机对神经网络应用系统进行仿真和辅助设计时,仍然是件很麻烦的事情。首先,编制程序是很繁杂的工作,需要不断找出错误(这几乎是不可避免),反复调试;其次,人机界面的设计很难做到令人满意的程度,计算结果缺乏强有力的图形输出支持;更重要的是,针对千变万化的应用对象,各类复杂的求解问题,编制一些特定的程序求解,耗费了大量的人力和物力。于是,许多科技人员希望选用现成的仿真软件工具,例如数值分析时用 Mathematica,连续系统仿真时用 CSS 系列软件,以及通用仿真系统 GPSS 等,但这些软件往往只针对某一方面的问题有效,并且在人机接口、用户友好性等诸方面存在一定的缺陷。在微机飞速发展的今天,定位于 DOS 平台的软件已不能满足发展的需要。基于图形用户界面(GUI)的 MATLAB 软件包,为科技工程人员带来了巨大的便利,正越来越受到人们的青睐。本文结合神经网络的应用设计,分析一下 MATLAB 软件包语言和神经网络工具箱的特征、功能,并重点论述 MATLAB 神经网络仿真方法。

## 1.1 MATLAB 软件包的特征

MATLAB 仿真软件自 1984 年由美国的 MathWorks 公司推出以来,越来越引人注目,1993 年后又相继推出了 MATLAB 4.x、MATLAB 5.x 和 MATLAB 6.x 等基于 Windows 系统的版本,可以充分利用 Windows 系统资源。MATLAB 现已成为国际上公认的最优秀的数值计算和仿真分析软件,其软件包的主要特点有:

### (1) 编程效率高

它是一种面向科学与工程计算的高级语言,允许用数学形式的语言编写程序,且比 Basic、Fortran 和 C 等语言更加接近我们书写计算公式的思维方式,用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题,因此, MATLAB 语言也可通俗地称为演算纸式科学算法语言。由于它编写简单,所以编程效率高,易学易懂。

### (2) 用户使用方便

MATLAB 语言是一种解释执行的语言(在没被专门的工具编译之前),它灵活、方便,其调试程序手段丰富,调试速度快,需要学习时间少。人们用任何一种语言编写程序和调试程序一般都要经过 4 个步骤:编辑、编译、连接以及执行和调试。各个步骤之间是顺序

关系,编程的过程就是在它们之间做瀑布型的循环。MATLAB 语言与其他语言相比,较好地解决了上述问题,把编辑、编译、连接和执行融为一体。它能在同一画面上进行灵活操作,快速排除输入程序中的书写错误、语法错误以至语意错误,从而加快了用户编写、修改和调试程序的速度,可以说在编程和调试过程中它是一种比 VB 还要简单的语言。

具体地说, MATLAB 运行时,如直接在命令行输入 Matlab 语句(命令),包括调用 M 文件的语句,每输入一条语句,就立即对其进行处理,完成编译、连接和运行的全过程。又如,将 MATLAB 源程序编辑为 M 文件,由于 MATLAB 磁盘文件也是 M 文件,所以编辑后的源文件就可直接运行,而不需进行编译和连接。在运行 M 文件时,如果有错,计算机屏幕上会给出详细的出错信息,用户经修改后再执行,直到正确为止。所以可以说, MATLAB 语言不仅是一种语言,广义上讲是一种该语言开发系统,即语言调试系统。

### (3) 扩充能力强

高版本的 MATLAB 语言有丰富的库函数,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且 MATLAB 的库函数同用户文件在形成上一致,所以用户文件也可作为 MATLAB 的库函数来调用。因而,用户可以根据自己的需要方便地建立和扩充新的库函数,以便提高 MATLAB 使用效率和扩充它的功能。另外,为了充分利用 Fortran、C 等语言的资源,包括用户已编好的 Fortran、C 语言程序,通过建立 M 文件的形式,混合编程,方便地调用有关 Fortran、C 语言的子程序。

### (4) 语句简单,内涵丰富

MATLAB 语言中最基本最重要的成分是函数,其一般形式为  $[a, b, c, \dots] = \text{fun}(d, e, f, \dots)$ , 即一个函数由函数名、输入变量  $d, e, f, \dots$  和输出变量  $a, b, c, \dots$  组成,同一函数名 F,不同数目的输入变量(包括无输入变量)及不同数目的输出变量,代表着不同的含义(有点像面向对象中的多态性)。这不仅使 MATLAB 的库函数功能更丰富,又大大减少了需要的磁盘空间,使得 MATLAB 编写的 M 文件简单、短小而高效。

### (5) 高效方便的矩阵和数组运算

MATLAB 语言像 Basic、Fortran 和 C 语言一样规定了矩阵的算术运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符及赋值运算符,而且这些运算符大部分可以毫无改变地照搬到数组间的运算,有些如算术运算符只要增加“·”就可用于数组间的运算,另外,它不需定义数组的维数,给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数,使之在求解诸如信号处理、建模、系统识别、控制、优化等领域的问题时,显得大为简捷、高效、方便,这是其他高级语言所不能比拟的。在此基础上,高版本的 MATLAB 已逐步扩展到科学及工程计算的其他领域。因此,不久的将来,它一定能名符其实地成为“万能演算纸式的”科学算法语言。

### (6) 方便的绘图功能

MATLAB 的绘图是十分方便的,它有一系列绘图函数(命令),例如线性坐标、对数坐标,半对数坐标及极坐标,均只需调用不同的绘图函数(命令),在图上标出图题、XY 轴标注,格(栅)绘制也只需调用相应的命令,简单易行。另外,在调用绘图函数时调整自变量可绘出不变颜色的点、线、复线或多重线。这种为科学研究着想的设计是通用的编程语言所不及的。总之, MATLAB 语言的设计思想可以说代表了当前计算机高级语言的发展方向。我们相信,在不断的使用中,读者会发现它的巨大潜力。

## 1.2 MATLAB 的运行环境

### 1.2.1 MATLAB 的运行方式

MATLAB 提供了两种运行方式,即命令行方式和 M 文件方式。两种运行方式各有特点,下面分别介绍。

#### 1. 命令行方式

直接在命令窗口输入命令行来实现计算或作图功能。例如,输入矩阵  $A$  和  $B$  的和,其中,

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}$$

首先打开 MATLAB 界面,如图 1.1 所示。

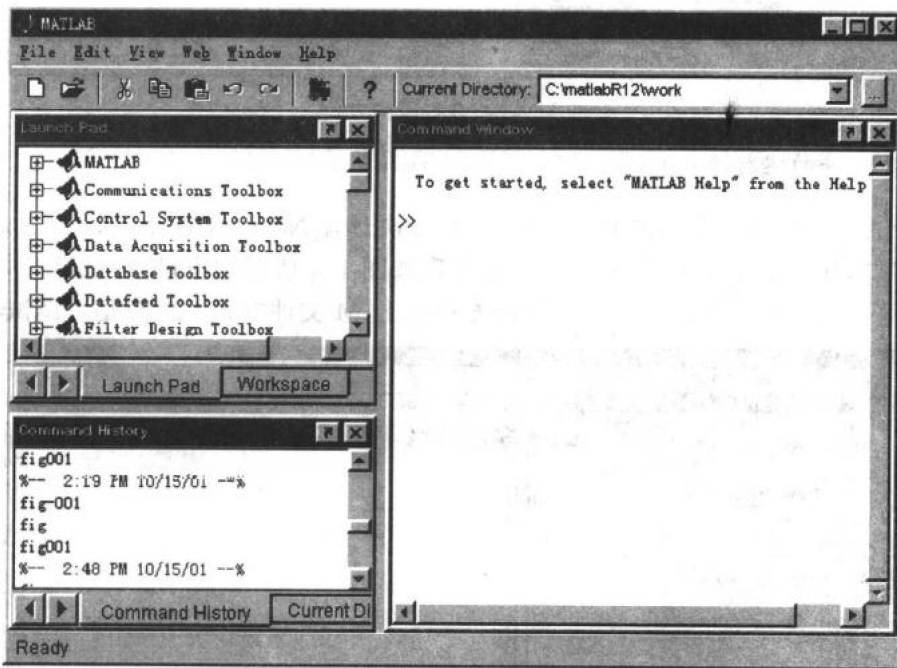


图 1.1 MATLAB 界面

在命令窗口输入下面命令行:

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

```
B=[2 3;4 5];
```

```
C=A+B
```

其运算结果如图 1.2 所示。

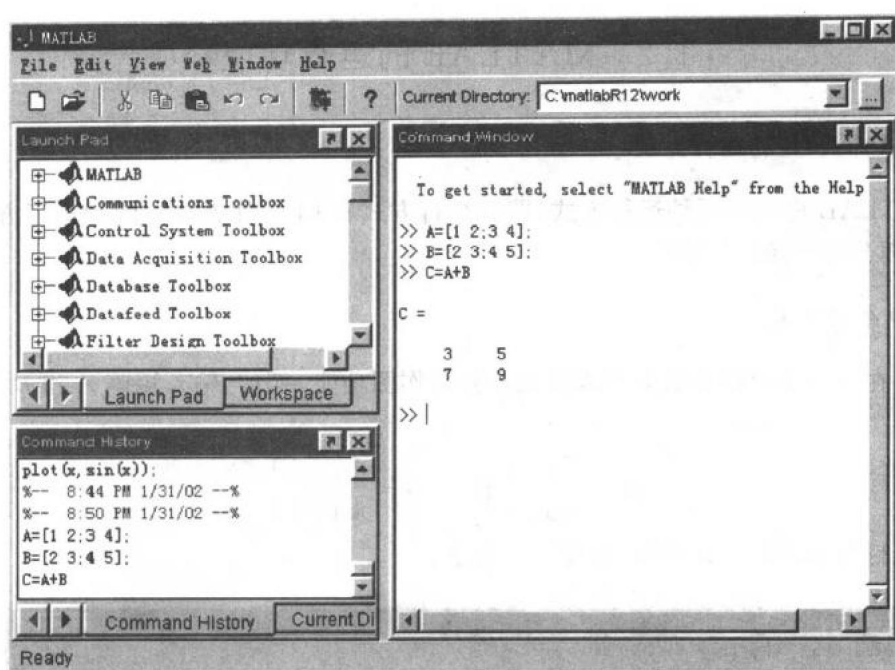


图 1.2 命令行运行方式

## 2. M 文件的运行方式

在 MATLAB 窗口中单击 File 菜单, 然后依次选择 New→M-File, 打开 M 文件的输入运行窗口, 如图 1.3 所示; 此时屏幕上会出现如图 1.4 所示的窗口, 在该窗口中输入程序文件, 可以进行调试和运行。与命令行方式相比, M 文件方式的优点是可调试, 可重复

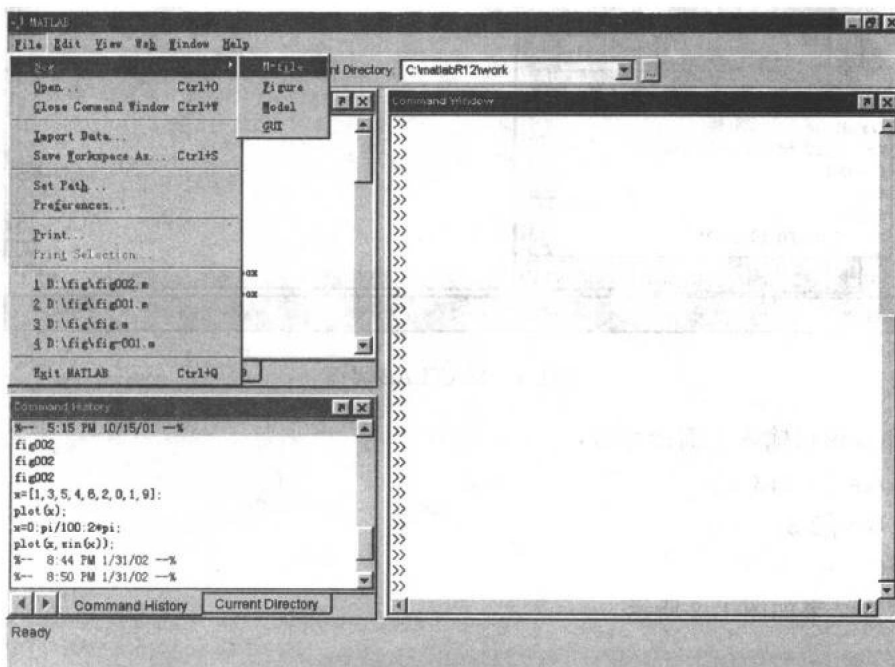


图 1.3 打开 M 文件的过程



应用的。

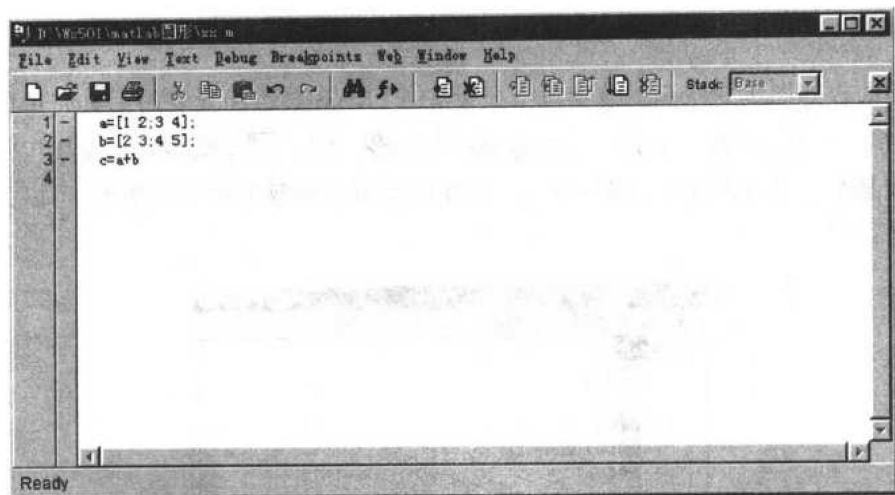


图 1.4 M 文件的运行界面

对于前面的矩阵求和问题,在 M 文件输入运行界面中输入程序,如图 1.4 所示。然后在 Debug 菜单中选择 Run 选项,将在命令窗口输出矩阵  $A+B=C$  的值。

### 1.2.2 MATLAB 中的窗口

MATLAB 中常见的窗口有命令窗口、M 文件窗口、起始面板、工作空间窗口、命令历史窗口、当前路径窗口和图形窗口等。

#### 1. 命令窗口

命令窗口如图 1.1 所示,在该窗口中可以输入命令行,实现计算或绘图。命令窗口中有一些常用的功能键,利用它们可以使操作更简便、快捷,常见的功能如表 1.1 所示。

表 1.1 命令窗口常用功能键

功能键	功能	功能键	功能
↑,Ctrl+P	重新调入上一命令行	Home,Ctrl+A	光标移到行首
↓,Ctrl+N	重新调入下一命令行	End,Ctrl+E	光标移到行尾
←,Ctrl+B	光标左移一个字符	Esc	清除命令键
→,Ctrl+F	光标右移一个字符	Del,Ctrl+D	删除光标处字符
Ctrl+←	光标左移一个字	BackSpace	删除光标左边字符
Ctrl+→	光标右移一个字	Ctrl+K	删除至行尾

#### 2. M 文件窗口

M 文件窗口如图 1.4 所示。有关 M 文件的编制参见第 5 章的内容。利用 Edit 菜单中的选项,可以对 M 文件进行编辑;利用 Debug 和 Breakpoints 菜单中的选项,可以进行调试;利用 Breakpoints 菜单中的选项,可以设置和取消断点;利用 Debug 菜单中的选项,可

以确定运行方式,如逐行运行、运行至光标处等,单击“Run”选项,开始运行。

### 3. 起始面板





起始面板如图 1.5 所示。该窗口中显示 MATLAB 总包和安装的工具的帮助、演示、GUI 工具和产品主页等 4 个方面的内容,分别用 、、、 表示。如果用户希望查看总包或某个工具箱的 4 个方面的内容,则在起始面板中双击对应的图形,可以很快得到相关信息。



图 1.5 起始面板窗口

### 4. 工作空间窗口

工作空间窗口中列出数据的变量信息,包括变量名、变量数组大小、变量字节大小和变量类型。





在命令窗口输入命令行:

```
load cities
```

```
load wind
```

则工作空间窗口中将显示这两个数据系统的变量信息,如图 1.6 所示。

图 1.6 中“Name”列、“Size”列、“Bytes”列和“Class”列分别对应变量的名称、变量数组大小、变量字节大小和变量类型,变量名前面的图标表示对应的变量类型,如第一个变量的变量名为 categories,为  $9 \times 14$  的矩阵,字节大小为 252,变量类型为字符型。

在工作空间窗口中选择某个变量以后,图标  和  变为可用,单击  图标,将打开数组编辑器,显示该变量的具体内容,该显示主要应用于数值型变量。例如,选择 ratings 变量以后,单击  图标,显示的数组编辑器如图 1.7 所示。图 1.7 中 ratings 变量的行和列上的数据均显示在电子表格中了,用户可以进行编辑。选中变量以后,单击