

张德丰 编著

MATLAB

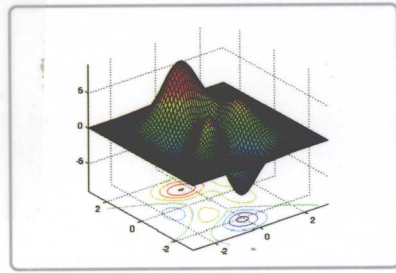
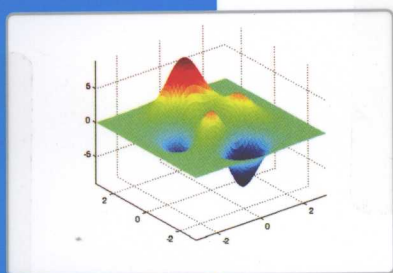
神经网络编程

精选内容，条理清晰 全书将基础知识、科学新成果及发展新动向相结合，系统地展示了利用MATLAB编写和解决神经网络中的问题的方便性和快捷性。

重点突出，目的明确 本书立足于基本理论，面向应用技术，以必须、够用为尺度，以掌握概念、强化应用为重点，加强理论知识和实际应用的统一。



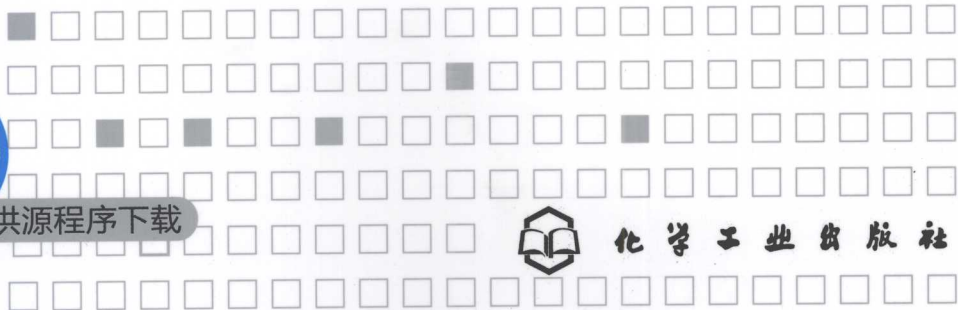
YZLI0890103939



>>>> 提供源程序下载



化学工业出版社



张德丰 编著

MATLAB

神经网络编程



YZLI0890103939



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合神经网络的概念、理论和应用,以 MATLAB 为平台,系统地介绍了神经网络工具箱中的前向型神经网络、局部型神经网络、反馈型神经网络、竞争型神经网络、神经网络控制的综合应用、神经网络在 Simulink 中的应用、神经网络的模糊控制及其自定义网络等内容。本书重点是运用 MATLAB 神经网络工具箱介绍神经网络分析研究中的各种概念、理论、方法、算法及其实现。本书内容安排合理,理论结合实际,同时作者列举了其总结的大量应用实例。书中讲述的各种统计理论和方法浅显易懂,并均能在实际生活中找到应用对象。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书,也可以作为广大科研人员、学者、工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 神经网络编程 / 张德丰编著. —北京: 化学工业出版社, 2011. 9
ISBN 978-7-122-12166-0

I. M… II. 张… III. 人工神经网络-MATLAB 软件-程序设计 IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 174817 号

责任编辑: 李 萃
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 丁建华
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 24¹/₄ 字数 600 千字 2011 年 12 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.80 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

MATLAB 是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的简称, 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。在科学计算方面, 它在数学类科技应用软件中首屈一指。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等, 主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、神经网络、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

MathWorks 公司于 2010 年 3 月发布了 MATLAB R2010a。相比以前版本而言, R2010a 这一版本的特点表现在以下几个方面: 在 MATLAB 中新增了信号和视频数据流处理功能、标准和大规模优化的非线性求解器, 同时还加强了 Simulink 在大型团队设计复杂系统时的合作支持。R2010a 版本还推出了 Simulink PLC Coder, 可帮助工业控制系统工程师生成 IEC 61131 结构化语句。另外, 该版本还更新了包括 PolySpace 代码验证产品在内的其他 83 种产品。

随着神经网络理论研究和实际应用的不断深入, 研究神经网络的计算机仿真技术也获得了迅速发展, 特别是 MATLAB 神经网络工具箱函数, 为神经网络的研究和设计提供了强有力的工具, 所取得的成果已经广泛应用于神经网络的教学、科研中。

神经网络的研究内容相当广泛, 反映了多学科交叉技术领域的特点。目前, 主要的研究工作集中在以下几个方面。

(1) 生物原型研究。从生理学、心理学、解剖学、脑科学、病理学等生物科学方面研究神经细胞、神经网络、神经系统的生物原型结构及其功能机理。

(2) 建立理论模型。根据生物原型的研究, 建立神经元、神经网络的理论模型, 其中包括概念模型、知识模型、物理化学模型、数学模型等。

(3) 网络模型与算法研究。在理论模型研究的基础上构建具体的神经网络模型, 以实现计算机模拟或准备制作硬件, 包括网络学习算法的研究。

(4) 人工神经网络应用系统。在网络模型与算法研究的基础上, 利用人工神经网络组成实际的应用系统, 例如, 完成某种信号处理或模式识别的功能、构建专家系统、制成机器人等。

由于 MATLAB 具有友好的工作平台和编程环境、简单易用的程序语言、强大的科学计算数据处理能力、出色的图形处理功能、应用广泛的模块集合工具箱、实用的程序接口和发布平台、应用软件开发 (包括用户界面) 等优势, 故本书基于 MATLAB 软件基础对神经网络展开介绍。

神经网络由基本神经元相互连接, 能模拟人脑的神经处理信息方式, 进行信息并行处理和

非线性转换,在实际中得到了大量的应用,解决了很多利用传统方式无法解决的难题。MATLAB 是一款强大的工程计算和仿真软件,利用 MATLAB 能够编写出各种网络设计和训练的子程序,可以使用户从烦琐的编程中解脱出来,大大提高了工作效率。

本书在充分体现 MATLAB 高级语言特点的基础上,突出了神经网络在 MATLAB 中解决问题的简易性,具有以下特点。

(1) 精选内容,条理清晰。全书将基础知识、科学新成果及发展新动向相结合,系统地展示了利用 MATLAB 编写和解决神经网络中的问题的方便性和快捷性。

(2) 重点突出,目的明确。本书立足于基本理论,面向应用技术,以必须、够用为尺度,以掌握概念、强化应用为重点,加强理论知识和实际应用的统一。

全书包括 10 章,分为两大部分:第一部分为 MATLAB 基础篇,包括第 1 章 MATLAB 基本知识,第 2 章 MATLAB 基本的程序及绘图功能等;第二部分为神经网络应用篇,包括第 3 章神经网络绪论,第 4 章前向型神经网络,第 5 章局部型神经网络,第 6 章反馈型神经网络,第 7 章竞争型神经网络,第 8 章神经网络控制的综合应用,第 9 章神经网络在 Simulink 中的应用,第 10 章神经网络的模糊控制及其自定义网络等内容。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书,也可以作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书。

本书主要由张德丰编写,参加编写的人员还有周灵、崔如春、杨跃武、周燕、周品、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、张欢等。

由于时间仓促,加之编者水平有限,疏漏和不足之处在所难免。在此,诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

编者

2011.6

目 录

Contents

MATLAB 基础篇

| | | |
|---------|--------------------|----|
| ◎ 第 1 章 | MATLAB 基本知识 | 2 |
| 1.1 | MATLAB 概述 | 2 |
| 1.1.1 | MATLAB 的发展史及影响 | 2 |
| 1.1.2 | MATLAB 的功能特点 | 3 |
| 1.1.3 | MATLAB R2010a 的新特点 | 4 |
| 1.2 | MATLAB 初步应用 | 5 |
| 1.2.1 | MATLAB 的启动和关闭 | 5 |
| 1.2.2 | MATLAB 的工具条与菜单 | 6 |
| 1.2.3 | MATLAB 命令窗口 | 8 |
| 1.2.4 | MATLAB 工作空间 | 9 |
| 1.2.5 | MATLAB 命令历史窗口 | 12 |
| 1.2.6 | MATLAB 的当前目录 | 12 |
| 1.3 | MATLAB 的变量与符号 | 13 |
| 1.3.1 | 特殊变量 | 13 |
| 1.3.2 | 标点符号 | 14 |
| 1.4 | 向量的创建法 | 16 |
| 1.4.1 | 直接输入法 | 17 |
| 1.4.2 | 用冒号生成法 | 18 |
| 1.4.3 | 用函数生成法 | 18 |
| 1.4.4 | 向量的连接法 | 19 |
| 1.5 | 矩阵的表示 | 20 |
| 1.5.1 | 矩阵的建立 | 20 |
| 1.5.2 | 矩阵的拆分 | 21 |
| 1.6 | 矩阵元素的排列与替换 | 24 |
| 1.6.1 | 下标与索引 | 24 |
| 1.6.2 | 元素的提取与替换 | 26 |

| | | |
|-------|--------------------------------|-----------|
| 1.6.3 | 矩阵中行与列的相关操作 | 29 |
| 1.6.4 | end 函数的使用 | 31 |
| 1.7 | 矩阵和数组的基本运算 | 32 |
| 1.7.1 | 矩阵和数组的运算 | 32 |
| 1.7.2 | 矩阵的函数运算 | 34 |
| 1.8 | MATLAB 的帮助功能 | 35 |
| 1.8.1 | 帮助命令 | 35 |
| 1.8.2 | 查询命令 | 36 |
| 1.8.3 | 联机帮助 | 37 |
| 1.8.4 | 演示帮助 | 37 |
| | | |
| ◎ | 第 2 章 MATLAB 基本的程序及绘图功能 | 39 |
| 2.1 | MATLAB 的控制语句 | 39 |
| 2.1.1 | 条件控制 | 39 |
| 2.1.2 | 循环控制 | 42 |
| 2.1.3 | 程序的流程控制 | 44 |
| 2.2 | M 文件 | 46 |
| 2.2.1 | 脚本文件 | 47 |
| 2.2.2 | M 函数 | 48 |
| 2.3 | 二维图形 | 50 |
| 2.3.1 | 基本的二维绘图函数 | 51 |
| 2.3.2 | 线型、点型、色彩 | 53 |
| 2.3.3 | 窗口控制 | 56 |
| 2.3.4 | 坐标轴控制 | 58 |
| 2.3.5 | 图形标注 | 60 |
| 2.4 | 三维图形 | 64 |
| 2.4.1 | 三维曲线绘图 | 64 |
| 2.4.2 | 三维曲面绘图 | 65 |

神经网络应用篇

| | | |
|-------|---------------------|-----------|
| ◎ | 第 3 章 神经网络绪论 | 72 |
| 3.1 | 人工神经网络概念的提出 | 72 |
| 3.2 | 人工神经网络的发展史及其研究的内容 | 73 |
| 3.2.1 | 人工神经网络的发展史 | 73 |
| 3.2.2 | 人工神经网络研究的内容 | 74 |
| 3.3 | 神经细胞以及人工神经元的组成 | 74 |
| 3.4 | 人工神经元的模型 | 75 |
| 3.5 | 神经元的结构 | 77 |

| | | |
|----------|----------------------|------------|
| 3.6 | 神经网络的特点与优点 | 78 |
| 3.7 | 人工神经元的应用 | 79 |
| 3.8 | 人工神经元与人工智能 | 80 |
| 3.8.1 | 人工智能的概述 | 80 |
| 3.8.2 | 人工神经元与人工智能的比较 | 82 |
| 3.9 | 用 MATLAB 计算人工神经网络输出 | 83 |
| ◎ | 第 4 章 前向型神经网络 | 86 |
| 4.1 | 感知器网络 | 86 |
| 4.1.1 | 感知器的结构 | 86 |
| 4.1.2 | 感知器的学习 | 87 |
| 4.1.3 | 感知器的局限性 | 90 |
| 4.1.4 | 感知器的“异域”问题 | 91 |
| 4.1.5 | 感知器的神经网络训练函数 | 93 |
| 4.1.6 | 感知器网络的实现 | 95 |
| 4.1.7 | 线性分类问题的扩展讨论 | 101 |
| 4.1.8 | 线性可分限制的解决方法 | 103 |
| 4.2 | 线性神经网络 | 103 |
| 4.2.1 | 线性神经网络的模型 | 104 |
| 4.2.2 | W-H 学习规则 | 105 |
| 4.2.3 | 线性神经网络的训练函数 | 106 |
| 4.2.4 | 线性神经网络的构建 | 109 |
| 4.2.5 | 网络训练 | 111 |
| 4.2.6 | 线性神经网络的实现 | 115 |
| 4.2.7 | 线性神经网络的局限性 | 120 |
| 4.2.8 | 系统辨识 | 123 |
| 4.3 | BP 传播网络 | 131 |
| 4.3.1 | BP 网络模型结构 | 132 |
| 4.3.2 | BP 学习规则 | 133 |
| 4.3.3 | BP 网络的训练函数 | 136 |
| 4.3.4 | BP 网络的实现 | 145 |
| 4.3.5 | BP 网络的限制 | 151 |
| 4.3.6 | BP 方法的改进 | 152 |
| ◎ | 第 5 章 局部型神经网络 | 157 |
| 5.1 | 径向基函数网络 | 157 |
| 5.1.1 | 径向神经元与径向基函数网络模型 | 157 |
| 5.1.2 | 径向基函数网络的学习算法 | 159 |
| 5.1.3 | 广义回归神经网络 | 162 |
| 5.1.4 | 径向基函数网络的训练函数 | 163 |
| 5.1.5 | 径向基函数网络的实现 | 168 |

| | | |
|---------|----------------------|-----|
| 5.1.6 | 基于 RBF 网络的非线性滤波 | 174 |
| 5.1.7 | RBF 网络与多层感知器的比较 | 176 |
| 5.2 | B 样条基函数 | 177 |
| 5.3 | 概率神经网络 | 179 |
| 5.3.1 | PNN 网络结构 | 179 |
| 5.3.2 | PNN 网络的工作原理 | 179 |
| 5.3.3 | PNN 网络的设计 | 180 |
| 5.4 | CMAC 网络 | 181 |
| 5.4.1 | CMAC 网络基本结构 | 181 |
| 5.4.2 | CMAC 的学习算法 | 182 |
| 5.5 | GMDH 网络 | 182 |
| 5.5.1 | GMDH 网络的概述 | 182 |
| 5.5.2 | GMDH 网络的训练 | 183 |
| 5.6 | CMAC、B 样条和 RBF 的异同 | 184 |
| 5.6.1 | CMAC、B 样条和 RBF 的相同之处 | 184 |
| 5.6.2 | CMAC、B 样条和 RBF 的不同之处 | 185 |
| ◎ 第 6 章 | 反馈型神经网络 | 187 |
| 6.1 | Hopfield 网络 | 187 |
| 6.1.1 | 离散 Hopfield 网络 | 188 |
| 6.1.2 | 连续 Hopfield 网络 | 193 |
| 6.1.3 | 联想记忆 | 194 |
| 6.1.4 | Hopfield 网络结构 | 198 |
| 6.1.5 | Hopfield 网络模型学习过程 | 199 |
| 6.1.6 | 几个重要结论 | 199 |
| 6.1.7 | Hopfield 网络的应用 | 199 |
| 6.2 | Elman 网络 | 208 |
| 6.2.1 | Elman 网络结构 | 209 |
| 6.2.2 | 修正网络权值的学习算法 | 210 |
| 6.2.3 | 稳定性推导 | 211 |
| 6.2.4 | 对角递归网络稳定时学习速率的确定 | 213 |
| 6.2.5 | Elman 网络与训练 | 214 |
| 6.2.6 | Elman 网络的应用 | 216 |
| 6.3 | 双向联想记忆网络 | 223 |
| 6.3.1 | BAM 网络结构与原理 | 223 |
| 6.3.2 | 能量函数与稳定性分析 | 224 |
| 6.3.3 | BAM 网络的权值设计 | 225 |
| 6.3.4 | BAM 网络的应用 | 226 |
| 6.4 | 盒中脑模型 | 228 |
| 6.4.1 | 盒中脑模型的描述 | 228 |
| 6.4.2 | 盒中脑模型的实现 | 228 |

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 6.5 | 局部递归神经网络 | 230 |
| 6.5.1 | PIDNNC 的设计 | 231 |
| 6.5.2 | 闭环控制系统稳定性分析 | 233 |

◎ 第 7 章 竞争型神经网络 235

| | | |
|-------|----------------|-----|
| 7.1 | 自组织神经网络的基本函数 | 235 |
| 7.1.1 | 创建函数 | 236 |
| 7.1.2 | 学习函数 | 239 |
| 7.1.3 | 竞争传递函数 | 243 |
| 7.1.4 | 初始化函数 | 244 |
| 7.1.5 | 距离函数 | 245 |
| 7.1.6 | 训练竞争层函数 | 247 |
| 7.1.7 | 绘图函数 | 247 |
| 7.1.8 | 结构函数 | 248 |
| 7.2 | 自组织竞争神经网络 | 249 |
| 7.2.1 | 常用的几种联想学习规则 | 250 |
| 7.2.2 | 自组织竞争神经网络的结构 | 255 |
| 7.2.3 | 自组织竞争神经网络的设计 | 256 |
| 7.2.4 | 自组织竞争神经网络的应用 | 260 |
| 7.3 | 自组织特征映射网络 | 264 |
| 7.3.1 | 自组织特征映射网络模型 | 265 |
| 7.3.2 | 自组织特征映射网络的结构 | 266 |
| 7.3.3 | 自组织特征映射网络的设计 | 267 |
| 7.3.4 | 自组织特征映射网络的应用 | 270 |
| 7.4 | 学习向量量化神经网络 | 275 |
| 7.4.1 | 学习向量量化神经网络的结构 | 275 |
| 7.4.2 | 学习向量量化神经网络的学习 | 276 |
| 7.4.3 | 学习向量量化的学习算法的改进 | 279 |
| 7.4.4 | 学习向量量化神经网络的应用 | 279 |
| 7.5 | 主分量分析 | 282 |
| 7.5.1 | 主分量分析方法 | 282 |
| 7.5.2 | 主分量分析网络的算法 | 284 |
| 7.5.3 | 非线性主分量分析及其网络模型 | 289 |

◎ 第 8 章 神经网络控制的综合应用 293

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 8.1 | 神经网络控制结构 | 293 |
| 8.1.1 | 神经网络监督控制 | 293 |
| 8.1.2 | 神经网络预测控制 | 294 |
| 8.1.3 | 神经网络自适应评判控制 | 294 |
| 8.2 | 最小方差自校正控制 | 296 |
| 8.2.1 | 最小方差控制 | 296 |

| | | |
|------------------------------------|--------------------|------------|
| 8.2.2 | 最小方差间接自校正控制 | 300 |
| 8.2.3 | 最小方差直接自校正控制 | 303 |
| 8.3 | 模型预测控制 | 306 |
| 8.3.1 | 系统辨识 | 307 |
| 8.3.2 | 广义预测控制 | 307 |
| 8.4 | 农作物虫情预测 | 319 |
| 8.4.1 | 基于神经网络的虫情预测原理 | 320 |
| 8.4.2 | BP 网络设计 | 321 |
| 8.5 | 模型参考控制 | 324 |
| 8.5.1 | 模型参考控制概念 | 324 |
| 8.5.2 | 模型参考控制实例分析 | 324 |
| 8.6 | 神经网络控制的应用 | 328 |
| 8.6.1 | 机器人神经网络数字控制 | 328 |
| 8.6.2 | 神经网络的跟踪迭代学习控制 | 336 |
| ◎ 第 9 章 神经网络在 Simulink 中的应用 | | 341 |
| 9.1 | Simulink 交互式仿真集成环境 | 341 |
| 9.1.1 | Simulink 模型的创建 | 341 |
| 9.1.2 | Simulink 仿真 | 343 |
| 9.1.3 | Simulink 简单示例 | 345 |
| 9.2 | Simulink 神经网络模块 | 347 |
| 9.2.1 | 传递函数模块 | 347 |
| 9.2.2 | 网络输入模块 | 348 |
| 9.2.3 | 权值设置模块 | 349 |
| 9.2.4 | 控制系统模块 | 349 |
| 9.3 | Simulink 应用示例 | 350 |
| ◎ 第 10 章 神经网络的模糊控制及其自定义网络 | | 354 |
| 10.1 | 神经网络的模糊控制 | 354 |
| 10.1.1 | 神经网络控制的结构 | 354 |
| 10.1.2 | 神经网络的特征 | 355 |
| 10.1.3 | 神经网络模糊控制器的应用 | 357 |
| 10.1.4 | 神经网络模糊控制应用于洗衣机中 | 360 |
| 10.2 | 神经网络的自定义网络 | 364 |
| 10.2.1 | 定制网络 | 365 |
| 10.2.2 | 网络设计 | 365 |
| 10.2.3 | 网络训练 | 373 |
| ◎ 参考文献 | | 377 |

MATLAB 基础篇

- ◎ 第 1 章 MATLAB 基本知识
- ◎ 第 2 章 MATLAB 基本的程序及绘图功能

第 1 章 MATLAB 基本知识

1.1 MATLAB 概述

1.1.1 MATLAB 的发展史及影响

MATLAB 的名字由 MATrix 和 LABoratory 两词的前三个字母组合而成。那是 20 世纪 70 年代后期的事：时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的动机，为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口，此即用 FORTRAN 编写的萌芽状态的 MATLAB。经几年的校际流传，在 Little 的推动下，由 Little、Moler、Steve Bangert 合作，于 1984 年成立了 MathWorks 公司，并把 MATLAB 正式推向市场。从这时起，MATLAB 的内核采用 C 语言编写，而且除原有的数值计算能力外，还新增了数据图视功能。

MATLAB 以商品形式出现后，短短几年时间，就以其良好的开放性和运行的可靠性，使原先控制领域里的封闭式软件包（如英国的 UMIST，瑞典的 LUND 和 SIMNON，德国的 KEDDC）纷纷被淘汰，而改以 MATLAB 为平台加以重建。进入 20 世纪 90 年代，MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件。到 90 年代初期，在国际上三十几个数学类科技应用软件中，MATLAB 在数值计算方面独占鳌头，而 Mathematica 和 Maple 则分居符号计算软件的前两名。Mathcad 因其提供计算、图形、文字处理的统一环境而深受中学生欢迎。

MathWorks 公司于 1993 年推出 MATLAB 4.0 版本，从此告别 DOS 版。4.x 版在继承和发展其原有的数值计算和图形可视能力的同时，出现了以下几个重要变化。

1) 推出了 SIMULINK。这是一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境。它的出现使人们有可能考虑许多以前不得不做简化假设的非线性因素、随机因素，从而大大提高了人们对非线性、随机动态系统的认知能力。

2) 开发了与外部进行直接数据交换的组件，打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。

3) 推出了符号计算工具包。1993 年 MathWorks 公司从加拿大滑铁卢大学购得 Maple 的使用权，以 Maple 为“引擎”开发了 Symbolic Math Toolbox 1.0。MathWorks 公司此举加快结束了国际上数值计算、符号计算孰优孰劣的长期争论，促成了两种计算的互补发展新时代。

4) 构作了 Notebook。MathWorks 公司瞄准应用范围最广的 Word，运用 DDE 和 OLE，实现了 MATLAB 与 Word 的无缝连接，从而为专业科技工作者创造了融科学计算、图形可视、文字处理于一体的高水准环境。

1997 年仲春，MATLAB 5.0 版问世，紧接着是 5.1 版、5.2 版和 1999 年春的 5.3 版。与 4.x 版相比，现今的 MATLAB 拥有更丰富的数据类型和结构、更友善的面向对象平台、更加快速

精良的图形可视、更广博的数学和数据分析资源、更多的应用开发工具。诚然，到 1999 年底，Mathematica 也已经升级到 4.0 版，它特别加强了以前欠缺的大规模数据处理能力。Mathcad 也赶在 2000 年到来之前推出了 Mathcad2000，它购买了 Maple 内核和库的部分使用权，打通了与 MATLAB 的接口，从而把其数学计算能力提高到专业层次。但是，就影响而言，至今仍然没有一个计算软件可与 MATLAB 匹敌。在欧美大学里，诸如应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书都把 MATLAB 作为内容。这几乎成了 20 世纪 90 年代教科书与旧版书籍的区别性标志。在那里，MATLAB 是攻读学位的本科生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具。在国际学术界，MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多国际一流学术刊物（尤其是信息科学刊物）上，都可以看到 MATLAB 的应用。在设计研究单位和工业部门，MATLAB 被认作进行高效研究、开发的首选软件工具。如美国 National Instruments 公司信号测量、分析软件 LabVIEW，Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等，或者直接建筑在 MATLAB 之上，或者以 MATLAB 为主要支撑；又如 HP 公司的 VXI 硬件，TM 公司的 DSP，Gage 公司的各种硬卡、仪器等都接受 MATLAB 的支持。

1.1.2 MATLAB 的功能特点

MATLAB 的应用范围非常广，包括信号和图像处理、通信、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析以及计算生物学等众多应用领域。附加的工具箱（单独提供的专用 MATLAB 函数集）扩展了 MATLAB 环境，以解决这些应用领域内特定类型的问题。其功能特点如下。

1. 大量引入图形用户界面

MATLAB 改变了过去单调依靠“在指令窗通过纯文本型指令进行各种操作”的面貌，引入了许多让使用者一目了然的图形界面，如在线帮助的交互型界面 helpwin，管理工作内存的 workspace，交互式的路径管理界面 pathtool，指令窗显示风格设置界面等。它们的开启方式有：工具条图标开启、选择菜单项开启、直接“文本式”指令开启。

2. 引入了全方位帮助系统

“临场”在线帮助，这些帮助内容，大多嵌附在 M 文件中，即时性强，反应速度快。它对求助内容的回答最及时准确。MATLAB 旧版就一直采用这种帮助系统，并深受用户欢迎。新版保留原功能的同时，还新增一个内容与之完全对应的图形界面 helpwin，加强了对用户的向导。

- 综合型在线帮助文库 helpdesk：该文库以 HTML 超文本形式独立存在。整个文库按 MATLAB 的功能和核心内容编排，系统性强，且可以借助“超链接”方便地进行交叉查阅。但是，这部分内容偶尔发生与真实 M 文件脱节的现象。
- 完整易读的 PDF 文档：这部分内容与 HTML 帮助文库完全对应。PDF 文档不能直接从指令窗中开启，而必须借助 Adobe Acrobat Reader 软件阅读。这种文件的版面清楚、规范，适宜有选择地系统阅读，也适宜制作硬拷贝。



- 演示软件 demo: 这是一个内容广泛的演示程序。MATLAB 一向重视演示软件的设计, 因此无论 MATLAB 旧版还是新版, 都随带各自的演示程序。只是, 新版内容更丰富了。

3. M 文件编辑、调试的集成环境

新的编辑器有良好的文字编辑功能。它可采用色彩和制表位醒目地区分标识程序中不同功能的文字, 如运算指令、控制流指令、注释等。通过编辑器的菜单选项可以对编辑器的文字、段落等风格进行类似 Word 那样的设置。从 5.2 版起, 还新增了“变量现场显示”功能, 只要把鼠标放在变量名上 (Mouseover), 就能在现场显示该变量的内容。

在 5.x 以后版中, 调试器已经被图形化, 它与编辑器集成为一体。只需点动交互窗上的调试图标就可完成对程序的调试。

4. M 文件的性能剖析

调试器只负责 M 文件中语法错误和运行错误的定位, 而性能剖析指令 profile 将给出程序各环节的耗时分析报告。5.3 以后版都特别详细地剖析了指令的分析报告, 它将帮助用户寻找影响程序运行速度的“瓶颈”所在, 以便改进。

5. Notebook 新的安装方式

从 4.2c 版引入 Notebook 以来, 这种集文字、计算、图形于一体的“活”环境就深受用户赞赏。但直到 5.2 版, Notebook 的安装都是与 MATLAB 的安装同步进行的。这种安装方式的不便之处在于: 一旦 Word 发生变动, 就必须把 MATLAB 全盘重装。5.3 以后的版本都改变了这种局面, 它可以在 MATLAB 指令窗中“随时”进行 Notebook 安装, 省时灵活。

6. MATLAB 环境可运行文件的多样化

旧版中, 用户可编制和运行的程序文件只有 M 脚本文件和 M 函数文件。5.x 以后版本都新增了产生伪代码 P 文件的 pcode 指令和产生二进制 MEX 文件的 mex 指令。较之 M 文件, 这两种文件的运行速度要快得多, 保密性也好。

1.1.3 MATLAB R2010a 的新特点

R2010a 这一版本的特点包括在 MATLAB 中新增了信号和视频数据流处理功能、标准和大规模优化的非线性求解器, 同时还加强了 Simulink 在大型团队设计复杂系统时的合作支持。R2010a 版本还推出了 Simulink PLC Coder, 可帮助工业控制系统工程师生成 IEC 61131 结构化语句。另外, 该版本还更新了包括 PolySpace 代码验证产品在内的其他 83 种产品。

MATLAB 系列 R2010a 版的改进之处包括以下几点。

(1) Signal Processing Blockset 与 Video and Image Processing Blockset Signal Processing Blockset 与 Video and Image Processing Blockset 是用于 MATLAB 中执行流处理的新系统对象。系统对象支持 140 多种算法, 其占用的内存更少, 可改善冗长信号和视频数据流的处理, 简化流算法的开发。

(2) Symbolic Math Toolbox 在 MATLAB R2010a 中新增 Simscape 语言接口, 可自动生

成用于物理建模的 Simscape 语言方程式。

(3) Global Optimization Toolbox 和 Optimization Toolbox 在 MATLAB R2010a 中新增的 Global Optimization Toolbox 和 Optimization Toolbox 用于解决更复杂、更实际问题的非线性求解器，还可运用并行计算以缩短求解时间。

(4) SimBiology 在 MATLAB 中新增的 SimBiology 提供随机逼近期望最大化 (SAEM) 算法、剂量和给药计划支持，并改进了药代动力学 (PK) 和药效学 (PD) 数据拟合和建模进而提高性能。

R2010a 版本彰显了 MATLAB 产品系列对性能的一贯追求，它支持多核处理器，对 Image Processing Toolbox 中超过 50 种函数的性能进行改进。MATLAB 也提供了更多的多线程数学函数。此外，在文件共享、路径管理及桌面也进行了改进。

在此版本中，Simulink 扩展了对大型设计团队的支持，让他们可以更加高效地设计复杂系统。相关功能包括：用于管理大型参数集的可调参数结构以及用于基于组件建模的触发模型块和函数调用分支。其他可提高嵌入式系统开发效率的 Simulink 2010a 包括以下几个重要功能。

- Embedded IDE Link 和 Target Support Package: Embedded IDE Link 和 Target Support Package 支持 Eclipse、Embedded Linux 和 ARM 处理器生成代码，简化了系统工程师和软件工程师的嵌入式系统开发工作流程。
- IEC Certification Kit: IEC Certification Kit 对 Real-Time Workshop Embedded Coder 和 PolySpace 验证产品提供 ISO/DIS 26262 工具认证支持，便于开发的 ECU 取得汽车安全完整性等级 ASIL A 至 ASIL D 认证。
- DO Qualification Kit: DO-178B 工具认证支持已扩展到模型层面，让认证结果的意义扩大到模型验证。

1.2 MATLAB 初步应用

1.2.1 MATLAB 的启动和关闭

要在 Windows 平台启动 MATLAB R2010a，可以单击菜单栏中的“开始”→“程序”→“MATLAB R2010a”命令，或双击在安装时自动在操作系统桌面上创建的快捷方式，或在 DOS 命令窗中直接输入“MATLAB”。

退出 MATLAB R2010a 时，单击“关闭”按钮，或在 MATLAB 桌面（非操作系统）选择“Exit MATLAB”（快捷方式<Ctrl+Q>或者<Alt+F4>），也可以在命令窗口（Command Window）输入“quit”或“exit”函数，即可退出 MATLAB R2010a。

MATLAB R2010a 启动后，出现一个如图 1-1 所示的 MATLAB R2010a 桌面。桌面上包含一些 MATLAB 的工具。MATLAB 是一种命令式的语言，用户可以通过界面、命令改变初始化的设置。

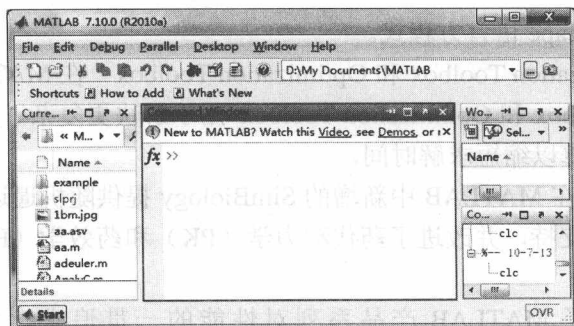


图 1-1 MATLAB R2010a 桌面

1.2.2 MATLAB 的工具条与菜单

在 MATLAB 桌面上，有许多操作选项和工具供用户使用，其中有些是 Windows 平台上常见的，有些是 MATLAB 所特有的。下面将简单进行介绍。

1. 工具条

MATLAB 中的工具条如图 1-2 所示。

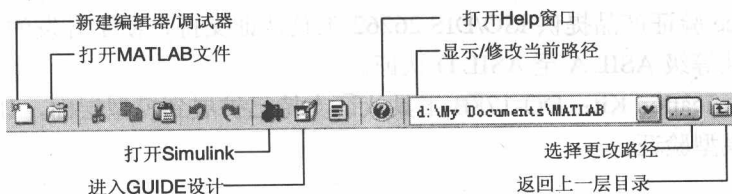


图 1-2 MATLAB 工具条

2. 菜单项

MATLAB 桌面上的菜单使用方法和标准的 Windows 界面菜单一样，可以对 MATLAB 桌面上的内容进行操作。但 MATLAB 菜单会随着 MATLAB 桌面上分割窗体选择而发生变化，例如，命令窗口（Command Window）处于活动状态（指 MATLAB 桌面当前操作的对象）和工作空间（Workspace）浏览器处于活动状态的菜单是不一样的。下面先针对命令窗口处于活动状态的 MATLAB 桌面菜单进行说明。其他情况读者可以参考相关资料。

(1) “File” 菜单 “File” 菜单主要包括的子菜单如表 1-1 所示。

表 1-1 “File” 菜单的子菜单

| 子菜单 | 功能描述 | 子菜单 | 功能描述 |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|---------------|
| New | 新建编辑、图形窗、MDL 文件、变量窗、GUI 等 | Import Data | 导入数据 |
| Open | 打开 MATLAB 所支持格式的文件 | Save Workspace as | 将工作空间命令保存到文件中 |
| Close Command Windows | 关闭命令窗口 | Page Setup | 打印设置位置 |