

УДК 32.973.26-018.2

ББК 004.438

Д93

Д93 Дьяконов В. П.

MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 768 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-082-5

Самоучитель по массовой матричной системе MATLAB, занимающей лидирующее место в области численных научно-технических вычислений, расчетов и моделирования. Основное внимание уделено описанию основ применения и языка программирования базовой системы MATLAB, реализации численных методов вычислений и визуально-ориентированному проектированию графического интерфейса пользователя (GUI). Описаны особенности интерфейса MATLAB, операторы, функции и средства программирования. Приведены сотни примеров применения MATLAB в учебных, научно-технических и математических вычислениях и расчетах. Для студентов, преподавателей и аспирантов университетов и вузов различного профиля, инженеров и научных работников.

MATLAB and Simulink are registered trademark of The MathWorks Inc.
Blockset, Toolbox and it components are trademark of The MathWorks Inc.

УДК 32.973.26-018.2

ББК 004.438

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-97060-082-5

© Дьяконов В. П., 2014

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2014

Краткое содержание

Введение	35
Благодарности и адреса для связи	40
Урок 1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С MATLAB	41
Урок 2. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	91
Урок 3. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	151
Урок 4. ОПЕРАЦИИ С ВЕКТОРАМИ И МАТРИЦАМИ	193
Урок 5. ТИПЫ ДАННЫХ – МАССИВЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА	233
Урок 6. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБЫЧНОЙ ГРАФИКИ	277
Урок 7. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ГРАФИКИ	341

Урок 8. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ	383
Урок 9. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	441
Урок 10. РАБОТА СО СТРОКАМИ, ФАЙЛАМИ И ЗВУКАМИ	493
Урок 11. ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ПРОГРАММИРОВАНИЯ	531
Урок 12. ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ GUI	591
Урок 13. ОБЗОР РАСШИРЕНИЙ MATLAB	659
Урок 14. СТЫКОВКА MATLAB С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ	717
Список литературы	743
Предметный указатель	747

Содержание

Введение	35
Благодарности и адреса для связи	40
Урок 1. Первое знакомство с MATLAB	41
1.1. Назначение и особенности системы MATLAB ...	42
1.1.1. Начальные сведения о матрицах	42
1.1.2. Назначение матричной системы MATLAB	43
1.1.3. Системные требования к установке	44
1.1.4. Инсталляция системы MATLAB 7 + Simulink 6	45
1.1.5. Файловая система MATLAB	45
1.2. Начало работы с MATLAB	46
1.2.1. Запуск MATLAB и работа в режиме диалога	46
1.2.2. Понятие о сессии работы с системой MATLAB	47
1.2.3. Новый и старый облики системы MATLAB	48
1.2.4. Операции строчного редактирования	49
1.2.5. Команды управления окном	49
1.3. Простые вычисления в MATLAB	50
1.3.1. MATLAB в роли мощного научного калькулятора	50
1.3.2. Форма вывода и перенос строки в сессии	53
1.3.3. Запуск примеров применения MATLAB из командной строки	54
1.4. Основные объекты MATLAB	55

1.4.1. Понятие о математическом выражении	55
1.4.2. Действительные и комплексные числа	55
1.4.3. Форматы чисел	56
1.4.4. Константы и системные переменные	57
1.4.5. Текстовые комментарии в программах	58
1.4.6. Переменные и присваивание им значений	58
1.4.7. Уничтожение определений переменных	59
1.4.8. Операторы и встроенные функции MATLAB	60
1.4.9. Применение оператора : (двоеточие)	62
1.4.10. Функции пользователя	63
1.4.11. Сообщения об ошибках и исправление ошибок	64
1.5. Формирование векторов и матриц	66
1.5.1. Задания векторов и матриц и доступ к их элементам	66
1.5.2. Задание векторов и матриц с комплексными элементами	67
1.5.3. Понятие о матричных операциях и магические матрицы	68
1.5.4. Конкатенация (объединение) матриц	69
1.5.5. Удаление столбцов и строк матриц	70
1.6. Операции с рабочей областью, текстом сессии и редактором m-файлов	70
1.6.1. Дефрагментация рабочей области	70
1.6.2. Сохранение рабочей области сессии	71
1.6.3. Ведение дневника	71
1.6.4. Загрузка рабочей области сессии	72
1.6.5. Работа с редактором m-файлов	73

1.6.6. Завершение вычислений и работы с системой	73
1.7. Интерактивная справка из командной строки	74
1.7.1. Вызов списка разделов интерактивной справки	74
1.7.2. Справка по конкретному объекту	75
1.7.3. Справка по группе объектов	76
1.7.4. Справка по ключевому слову	77
1.7.5. Дополнительные справочные команды	77
1.8. Работа с демонстрационными примерами с командной строки	78
1.8.1. Вызов списка демонстрационных примеров	78
1.8.2. Пример – вывод изображения поверхности	79
1.8.3. Что больше – $e^{\pi i}$ или πi^e ?	80
1.8.4. Встроенные фигуры	81
1.8.5. Просмотр текстов примеров и m-файлов	81
1.9. Знакомство с двумерной графикой MATLAB	82
1.9.1. Особенности двумерной графики MATLAB	82
1.9.2. Графики функций одной переменной	83
1.9.3. Графики ряда функций	84
1.9.4. Графическая функция fplot	85
1.10. Знакомство с трехмерной графикой MATLAB	86
1.10.1. Построение трехмерных графиков	86
1.10.2. Вращение графиков мышью	87
1.10.3. Контекстное меню графиков	88

Урок 2. Знакомство с интерфейсом

пользователя	91
2.1. Интерфейс основного окна MATLAB	92
2.1.1. Средства панели инструментов	92
2.1.2. Браузер рабочей области	93
2.1.3. Команды просмотра рабочей области who и whos	95
2.1.4. Браузер файловой структуры	96
2.2. Работа с меню	96
2.2.1. Команды, операции и параметры	96
2.2.2. Меню системы MATLAB	97
2.2.3. Меню File	97
2.2.4. Установка путей доступа файловой системы	98
2.2.5. Настройка элементов интерфейса	99
2.2.6. Меню Edit – средства редактирования документов	99
2.2.7. Интерфейс по умолчанию	100
2.3. Основы редактирования и отладки m-файлов ...	100
2.3.1. Интерфейс редактора/отладчика m-файлов	100
2.3.2. Цветовые выделения и синтаксический контроль ..	102
2.3.3. Понятие о файлах-сценариях и файлах-функциях ..	102
2.3.4. Панель инструментов редактора и отладчика	103
2.4. Новинки графического интерфейса MATLAB	104
2.4.1. Новая позиция меню Graphics	104
2.4.2. Работа с окном 2D-графики MATLAB	104
2.4.3. Работа с редактором графики MATLAB	105
2.4.4. Построение графиков из их каталога	108

2.4.5. Некоторые другие особенности применения редактора графики	111
2.4.6. Новый вид окна MATLAB	114
2.5. Интерфейс графических окон	115
2.5.1. Обзор интерфейсов графических окон	115
2.5.2. Панель инструментов камеры обзора	117
2.5.3. Меню инструментов Tools	117
2.5.4. Вращение графиков мышью	117
2.5.5. Операции вставки	118
2.6. Основы форматирования графиков	118
2.6.1. Форматирование двумерных графиков	118
2.6.2. Форматирование линий графиков	118
2.6.3. Работа с инструментом Plot Tool	120
2.6.4. Работа с редактором графики MATLAB	120
2.6.5. Форматирование линий графиков и маркеров опорных точек	121
2.6.6. Форматирование линий и маркеров для графика нескольких функций	123
2.6.7. Форматирование осей графиков	124
2.6.8. Позиция Tools меню окна графики	124
2.6.9. Нанесение надписей и стрелок прямо на график ...	125
2.6.10. Применение графической «лупы»	126
2.6.11. Построение легенды и шкалы цветов на графике ...	127
2.6.12. Работа с камерой 3D-графики	128
2.7. Работа с Мастером импорта данных	130
2.7.1. Открытие окна Мастера импорта данных	130
2.7.2. Информация об импортируемых бинарных данных	132

2.7.3. Импорт данных mat-формата	133
2.7.4. Импорт данных текстового формата	133
2.7.5. Об экспорте данных	135
2.8. Работа со справкой и демонстрационными примерами	135
2.8.1. Запуск справочной системы Help Desk	136
2.8.2. Справка по функциям и полнотекстовый обзор	137
2.8.3. Работа с демонстрационными примерами	139
2.9. Интерфейс и новые возможности MATLAB R2007	140
2.9.1. Интерфейс MATLAB R2007a по умолчанию	140
2.9.2. Упрощенный интерфейс MATLAB R2007a	141
2.9.3. Редактор/отладчик программ и файлов MATLAB R2007a	143
2.9.4. Справка MATLAB R2007a	144
2.9.5. Новые возможности MATLAB R2007a,b	144
2.9.6. Интерфейс и справка MATLAB R2007b	145
2.9.7. Общая настройка MATLAB R2007b	146
2.9.8. Производительность реализаций MATLAB R2007a,b	148

Урок 3. Программные средства

математических вычислений

3.1. Вычислительные и логические операции	152
3.1.1. Арифметические матричные операторы и функции ...	152
3.1.2. Операции отношения	153
3.1.3. Логические операции и операторы	155

3.2. Специальные символы	156
3.2.1. Специальные символы	156
3.2.2. Системные переменные и константы	159
3.3. Работа со специальными данными	161
3.3.1. Поразрядная обработка данных	161
3.3.2. Обработка множеств	162
3.3.3. Работа с функциями времени и даты	165
3.4. Встроенные элементарные функции	168
3.4.1. Алгебраические и арифметические функции	168
3.4.2. Тригонометрические и обратные тригонометрические функции	173
3.4.3. Вычисление гиперболических и обратных гиперболических функций	177
3.5. Числовые функции	180
3.5.1. Округление и смена знака чисел	180
3.5.2. Операции с комплексными числами	181
3.6. Специальные математические функции	182
3.6.1. Функции Эйри	182
3.6.2. Функции Бесселя	183
3.6.3. Бета-функция и ее варианты	186
3.6.4. Эллиптические функции и интегралы	187
3.6.5. Функции ошибки	188
3.6.6. Интегральная показательная функция	189
3.6.7. Гамма-функция и ее варианты	189
3.6.8. Ортогональные полиномы Лежандра	190
3.6.9. Полигамма-функция ψ	191

Урок 4. Операции с векторами

и матрицами	193
4.1. Создание матриц с заданными свойствами	194
4.1.1. Создание единичной матрицы	194
4.1.2. Создание матрицы с единичными элементами	194
4.1.3. Создание матрицы с нулевыми элементами	195
4.1.4. Создание линейного массива равноотстоящих точек	195
4.1.5. Создание вектора равноотстоящих в логарифмическом масштабе точек	196
4.1.6. Создание массивов со случайными элементами ...	196
4.1.7. Создание массивов с логическими значениями элементов	198
4.2. Операции с матрицами	199
4.2.1. Конкатенация матриц	199
4.2.2. Создание матриц с заданной диагональю	200
4.2.3. Перестановки элементов матриц	201
4.2.4. Вычисление произведений	201
4.2.5. Суммирование элементов массивов	203
4.2.6. Функции формирования матриц	204
4.2.7. Поворот матриц	205
4.2.8. Выделение треугольных частей матриц	205
4.2.9. Операции с пустыми матрицами	206
4.3. Создание и вычисление специальных матриц	207
4.3.1. Сопровождающие матрицы	207
4.3.2. Тестовые матрицы	207

4.3.3. Матрицы Адамара	208
4.3.4. Матрицы Ганкеля	208
4.3.5. Матрицы Гильберта	209
4.3.6. Матрицы магического квадрата	210
4.3.7. Матрицы Паскаля	210
4.3.8. Матрицы Россера	211
4.3.9. Матрицы Теплица	212
4.3.10. Матрица Вандермонда	212
4.3.11. Матрицы Уилкинсона	213
4.4. Матричные операции линейной алгебры	213
4.4.1. Матричные функции	213
4.4.2. Вычисление нормы и чисел обусловленности матрицы	215
4.4.3. Определитель и ранг матрицы	217
4.4.4. Определение нормы вектора	217
4.4.5. Определение ортонормированного базиса матрицы	218
4.4.6. Функции приведения матрицы к треугольной форме	219
4.4.7. Определение угла между двумя подпространствами	219
4.4.8. Вычисление следа матрицы	220
4.4.9. Разложение Холецкого	220
4.4.10. Обращение матриц – функции inv , pinv	221
4.4.11. LU- и QR-разложение	222
4.4.12. Вычисление собственных значений и сингулярных чисел	225
4.4.13. Приведение матриц к форме Шура и Хессенберга	227

4.5. О скорости выполнения матричных операций ...	231
4.5.1. О повышении скорости вычислений в старых версиях MATLAB	231
4.5.2. Ситуация со скоростью вычислений в MATLAB 7.* ...	231

Урок 5. Типы данных – массивы

специального вида 233

5.1. Разреженные матрицы	234
5.1.1. Роль и назначение разреженных матриц	234
5.1.2. Элементарные разреженные матрицы	234
5.1.3. Преобразование разреженных матриц	237
5.1.4. Работа с ненулевыми элементами разреженных матриц	240
5.1.5. Функция sru визуализации разреженных матриц ..	241
5.1.6. Алгоритмы упорядочения	242
5.2. Применение разреженных матриц	245
5.2.1. Смежные матрицы и графы	245
5.2.2. Пример построения фигуры bisky	246
5.2.3. Оцифровка узлов графа	246
5.2.4. Применение разреженных матриц в аэродинамике	247
5.2.5. Визуализация разреженных матриц, возведенных в степень	249
5.2.6. Демонстрационные примеры на визуализацию разреженных матриц	250
5.3. Функции разреженных матриц	250
5.3.1. Норма, число обусловленности и ранг разреженной матрицы	250

5.3.2. Функции разложения Холецкого для разреженных матриц	252
5.3.3. LU-разложение разреженных матриц	253
5.3.4. Собственные значения и сингулярные числа разреженных матриц	255
5.4. Многомерные массивы	255
5.4.1. Понятие о многомерных массивах	255
5.4.2. Применение оператора : в многомерных массивах	257
5.4.3. Удаление размерности у многомерного массива	258
5.4.4. Доступ к отдельному элементу многомерного массива	258
5.4.5. Создание страниц, заполненных константами и случайными числами	259
5.4.6. Функции ones, zeros, rand и randn	259
5.4.7. Объединение многомерных массивов	260
5.4.8. Функция преобразования размеров многомерного массива reshape	261
5.5. Работа с размерностями массивов	262
5.5.1. Вычисление числа размерностей массива	262
5.5.2. Перестановки размерностей массивов	262
5.5.3. Сдвиг размерностей массивов	263
5.5.4. Удаление единичных размерностей	264
5.6. Тип данных – структуры	264
5.6.1. Структура записей	264
5.6.2. Создание структур и доступ к их компонентам	265
5.6.3. Функция создания структур	266
5.6.4. Проверка имен полей и структур	266
5.7. Функции полей структур	267

5.7.1. Функция возврата имен полей	267
5.7.2. Функция возврата содержимого полей структуры ...	267
5.7.3. Функция присваивания значений полям	268
5.7.4. Удаление полей	268
5.7.5. Применение массивов структур	268
5.8. Массивы ячеек	269
5.8.1. Создание массивов ячеек	269
5.8.2. Создание ячеек с помощью функции cell	270
5.8.3. Визуализация массивов ячеек	271
5.8.4. Создание массива символьных ячеек из массива строк	271
5.8.5. Присваивание с помощью функции deal	272
5.8.6. Тестирование имен массивов ячеек	273
5.8.7. Функции преобразования типов данных	273
5.9. Многомерные массивы ячеек	274
5.9.1. Создание многомерных массивов ячеек	274
5.9.2. Вложенные массивы ячеек	275

Урок 6. Программные средства

обычной графики

6.1. Графики функций и данных	278
6.1.1. Построение графиков отрезками прямых	278
6.1.2. Графики в логарифмическом масштабе	282
6.1.3. Графики в полулогарифмическом масштабе	283
6.1.4. Столбцовые диаграммы	284
6.1.5. Гистограммы	285

6.1.6. Лестничные графики	286
6.1.7. Графики с зонами погрешности	287
6.1.8. Графики дискретных отсчетов функции	288
6.2. Визуализация в полярной системе координат	289
6.2.1. Графики в полярной системе координат	289
6.2.2. Угловые гистограммы	290
6.3. Визуализация векторов	291
6.3.1. Графики векторов	291
6.3.2. График проекций векторов на плоскость	292
6.4. Основы трехмерной графики	293
6.4.1. Контурные графики	293
6.4.2. Создание массивов данных для трехмерной графики	294
6.4.3. Графики поля градиентов	296
6.4.4. Графики поверхностей	297
6.4.5. Сетчатые 3D-графики с окраской	298
6.4.6. Сетчатые 3D-графики с проекциями	301
6.4.7. Построение поверхности столбцами	301
6.5. Улучшенные средства визуализации 3D-графики	302
6.5.1. Построение поверхности с окраской	302
6.5.2. Построение поверхности и ее проекции	305
6.5.3. Построение освещенной поверхности	306
6.5.4. Средства управления подсветкой и обзором фигур	307

6.5.5. Построение графиков функций трех переменных ..	308
6.5.6. График трехмерной слоеной поверхности	310
6.5.7. Трехмерные контурные графики	310
6.6. Текстовое оформление графиков	312
6.6.1. Установка титульной надписи	312
6.6.2. Установка осевых надписей	312
6.6.3. Ввод текста в любое место графика	312
6.6.4. Позиционирование текста с помощью мыши	315
6.7. Форматирование графиков	316
6.7.1. Вывод пояснений и легенды	316
6.7.2. Маркировка линий уровня на контурных графиках...	319
6.7.3. Управление свойствами осей графиков	319
6.7.4. Включение и выключение сетки	321
6.7.5. Наложение графиков друг на друга	322
6.7.6. Разбиение графического окна	324
6.7.7. Изменение масштаба графика	324
6.8. Цветовая окраска графиков	327
6.8.1. Установка палитры цветов	327
6.8.2. Установка соответствия между палитрой цветов и масштабом осей	328
6.8.3. Окраска поверхностей	328
6.8.4. Установка палитры псевдоцветов	329
6.8.5. Создание закрашенного многоугольника	330
6.8.6. Окраска плоских многоугольников	331
6.8.7. Вывод шкалы цветов	332
6.8.8. Цветные плоские круговые диаграммы	333

6.8.9. Окрашенные многоугольники в пространстве	334
6.8.10. Цветные объемные круговые диаграммы	335
6.8.11. Другие команды управления световыми эффектами	335
6.9. Другие возможности графики	336
6.9.1. Построение цилиндра	336
6.9.2. Построение сферы	337
6.9.3. 3D-графика с треугольными плоскостями	338

Урок 7. Программные средства

специальной графики 341

7.1. Анимационная графика	342
7.1.1. Движение точки на плоскости	342
7.1.2. Движение точки в пространстве	342
7.1.3. Основные средства анимации	344
7.1.4. Вращение фигуры – логотипа MATLAB	344
7.1.5. Волновые колебания мембраны	345
7.2. Основы дескрипторной графики	347
7.2.1. Объекты дескрипторной графики	347
7.2.2. Создание графического окна и управление им	347
7.2.3. Создание координатных осей и управление ими ...	348
7.2.4. Пример применения объекта дескрипторной графики	348
7.2.5. Дескрипторы объектов	348
7.2.6. Операции над графическими объектами	350
7.2.7. Свойства объектов – команда get	351
7.2.8. Изменение свойств объекта – команда set	352

7.2.9. Просмотр свойств	352
7.2.10. Примеры дескрипторной графики	353
7.2.11. Иерархия объектов дескрипторной графики	356
7.2.12. Справка по дескрипторной графике	357
7.3. Галерея трехмерной графики	357
7.3.1. Доступ к галерее	357
7.3.2. Примеры построения фигур из галереи	359
7.4. Графический интерфейс пользователя GUI	362
7.4.1. Основные команды для создания GUI	362
7.4.2. Простой пример создания объектов GUI	364
7.4.3. Примеры программирования GUI	365
7.4.4. Программирование анимации поверхности с разной скоростью	366
7.4.5. Программирование визуализации звукового сигнала	367
7.5. Графическая поддержка цвета	369
7.5.1. Цветовые системы и OpenGL	369
7.5.2. Управление прозрачностью графических объектов	370
7.5.3. Примеры построения изображений со свойствами прозрачности	370
7.6. Расширенная техника визуализации вычислений	372
7.6.1. Задание Path-объектов	372
7.6.2. Построение среза черепной коробки человека	373
7.6.3. Расширенная визуализация трехмерных объектов	375

7.6.4. Выделение части объема	375
7.6.5. Визуализация струи в пространстве	377
7.6.6. Визуализация электрических разрядов	378
7.6.7. Анимация явления подъема предметов вихрями ...	379
7.6.8. Применение «конусной» графики для визуализации струй.....	381

Урок 8. Программные средства

численных методов

8.1. Решение систем линейных уравнений (СЛУ)

8.1.1. Элементарные средства	384
8.1.2. Решение систем линейных уравнений с ограничениями	386
8.1.3. Решение систем линейных уравнений с комплексными элементами	387

8.2. Решение СЛУ с разреженными матрицами

8.2.1. Точное решение, метод наименьших квадратов и сопряженных градиентов	388
8.2.2. Двухнаправленный метод сопряженных градиентов	390
8.2.3. Устойчивый двухнаправленный метод	392
8.2.4. Метод сопряженных градиентов	392
8.2.5. Квадратичный метод сопряженных градиентов	393
8.2.6. Метод минимизации обобщенной невязки	393
8.2.7. Квазиминимизация невязки – функция qmr	394

8.3. Вычисление корней функций

8.3.1. Вычисление корней функций одной переменной ...	394
8.3.2. Графическая иллюстрация поиска корней функций	395

8.3.3. Поиск корня с помощью функций <code>fsolve</code> и <code>solve</code>	396
8.3.4. Решение систем нелинейных уравнений	397
8.4. Вычисление минимумов функций	398
8.4.1. Минимизация функции одной переменной	398
8.4.2. Минимизация функций ряда переменных симплекс-методом	398
8.4.3. Минимизация тестовой функции Розенброка	400
8.4.4. Другие средства минимизации функций нескольких переменных	400
8.5. Аппроксимация производных	403
8.5.1. Аппроксимация лапласиана	403
8.5.2. Аппроксимация производных конечными разностями	404
8.5.3. Вычисление градиента функции	407
8.6. Численное интегрирование	408
8.6.1. Интегрирование методом трапеций	408
8.6.2. Интегрирование методом квадратур	409
8.6.3. Вычисления двойных и тройных интегралов	410
8.7. Математические операции с полиномами	411
8.7.1. Определение полиномов	411
8.7.2. Умножение и деление полиномов	412
8.7.3. Вычисление полиномов	412
8.7.4. Вычисление корней полинома	414
8.7.5. Вычисление производной полинома	415
8.7.6. Решение полиномиальных матричных уравнений	415
8.7.7. Разложение полиномов на простые дроби	416

8.8. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ)	416
8.8.1. Определение ОДУ	416
8.8.2. Решатели ОДУ	417
8.8.3. Использование решателей систем ОДУ	419
8.9. Примеры решения дифференциальных уравнений	422
8.9.1. Пример на движение брошенного вверх тела	422
8.9.2. Примеры решения системы ОДУ Ван-дер-Поля	423
8.9.3. Вычисление реакции системы второго порядка на заданное воздействие	426
8.9.4. Решение уравнений Лотки–Вольтерра двумя методами	427
8.9.5. Решение системы Лотки–Вольтерра с запаздывающим аргументом	429
8.9.6. Решение системы дифференциальных уравнений с двухсторонними граничными условиями	431
8.9.7. Моделирование странного аттрактора Лоренца	432
8.9.8. Решение жесткой алгебраически-дифференциальной системы уравнений	433
8.9.9. Доступ к примерам на решение дифференциальных уравнений	435
8.9.10. Решения дифференциальных уравнений в частных производных	437

Урок 9. Программные средства обработки данных

9.1. Обработка данных массивов	442
--------------------------------------	-----

9.1.1. Нахождение максимального и минимального элементов массива	442
9.1.2. Сортировка элементов массива	443
9.1.3. Нахождение средних и срединных значений	445
9.1.4. Вычисление стандартного отклонения	447
9.1.5. Вычисление коэффициентов корреляции	447
9.1.6. Вычисление матрицы ковариации	448
9.2. Геометрический анализ данных	449
9.2.1. Триангуляция Делоне	449
9.2.2. Вычисление выпуклой оболочки	450
9.2.3. Вычисление площади полигона	451
9.2.4. Анализ попадания точек внутрь полигона	452
9.2.5. Построение диаграммы Вороного	453
9.3. Преобразование Фурье	454
9.3.1. Основные определения	454
9.3.2. Одномерное прямое быстрое преобразование Фурье	455
9.3.3. Многомерное прямое преобразование Фурье	457
9.3.4. Перегруппировка массивов	458
9.3.5. Одномерное быстрое обратное преобразование Фурье	459
9.4. Свертка и дискретная фильтрация	460
9.4.1. Свертка прямая и обратная	460
9.4.2. Свертка двумерных массивов	461
9.4.3. Дискретная одномерная фильтрация	461
9.4.4. Двумерная фильтрация	464
9.4.5. Коррекции фазовых углов	464

9.5. Интерполяция и аппроксимация данных	465
9.5.1. Полиномиальная регрессия	465
9.5.2. Фурье-интерполяция периодических функций	467
9.5.3. Интерполяция на неравномерной сетке	467
9.5.4. Одномерная табличная интерполяция	469
9.5.5. Двумерная табличная интерполяция	470
9.5.6. Трехмерная табличная интерполяция	472
9.5.7. N-мерная табличная интерполяция	473
9.5.8. Интерполяция кубическим сплайном	474
9.6. Специальные виды интерполяции	475
9.6.1. Сравнение видов двумерной интерполяции поверхности	475
9.6.2. Сравнение видов интерполяции при контурных графиках	478
9.6.3. Пример многомерной интерполяции	479
9.6.4. 3D-геометрический анализ и интерполяция	479
9.6.5. Другие представления сложных фигур	482
9.7. Обработка данных в графическом окне	484
9.7.1. Доступ к средствам обработки данных в графическом окне	484
9.7.2. Полиномиальная регрессия для табличных данных ...	485
9.7.3. Оценка погрешности аппроксимации	487
9.7.4. Расширенные возможности окна приближения кривых	488
9.7.5. Сплайновая и эрмитовая интерполяции в графическом окне	490
9.7.6. Графическая визуализация разложения в ряд Тейлора	492

Урок 10. Работа со строками, файлами и звуками	493
10.1. Обработка строковых данных	494
10.1.1. Основные функции обработки строк	494
10.1.2. Операции над строками	496
10.1.3. Преобразование символов и строк	500
10.1.4. Функции преобразования систем счисления	502
10.1.5. Вычисление строковых выражений	503
10.2. Работа с файлами	504
10.2.1. Открытие и закрытие файлов	505
10.2.2. Операции с двоичными файлами	507
10.2.3. Операции над форматированными файлами	510
10.2.4. Позиционирование файла	514
10.2.5. Специализированные файлы	517
10.3. Работа с файлами изображений	518
10.3.1. Информация о графическом файле – imfinfo	518
10.3.2. Чтение изображения из файла – imread	520
10.3.3. Запись изображения в файл – imwrite	522
10.4. Работа со звуковыми данными	526
10.4.1. Функции для работы со звуками	526
10.4.2. Функции звука в MATLAB 6.1/6.5	526
10.4.3. Демонстрация возможностей работы со звуком ...	527
 Урок 11. Типовые средства программирования	 531
11.1. Основные понятия программирования	532

11.1.1. Назначение языка программирования MATLAB	532
11.1.2. Основные средства программирования	533
11.1.3. Основные типы данных	533
11.1.4. Виды программирования	535
11.1.5. Двойственность операторов, команд и функций ...	536
11.1.6. Некоторые ограничения	537
11.1.7. Исполнение программных объектов	538
11.2. М-файлы сценариев и функций	538
11.2.1. Структура и свойства файлов-сценариев	538
11.2.2. Структура М-файла-функции	540
11.2.3. Статус переменных в функциях	541
11.2.4. Команда глобализации переменных global	543
11.2.5. Использование подфункций	543
11.2.6. Частные каталоги	544
11.3. Обработка ошибок и комментарии	545
11.3.1. Вывод сообщений об ошибках	545
11.3.2. Функция lasterr и обработка ошибок	546
11.3.3. Комментарии	547
11.4. Функции с переменным числом аргументов	547
11.4.1. Функции подсчета числа аргументов	547
11.4.2. Переменные varargin и varargout	549
11.5. Особенности работы с m-файлами	550
11.5.1. Выполнение m-файлов-функций	550
11.5.2. Создание Р-кодов	551
11.6. Управляющие структуры	552

11.6.1. Диалоговый ввод	552
11.6.2. Условный оператор if...elseif...else...end	553
11.6.3. Циклы типа for...end	554
11.6.4. Циклы типа while...end	556
11.6.5. Конструкция переключателя switch...case...end ...	558
11.6.6. Конструкция try...catch...end	559
11.6.7. Операторы break, continue и return	560
11.6.8. Пустые матрицы в структурах if и while	561
11.6.9. Создание паузы в вычислениях	561
11.7. Основы объектно-ориентированного программирования	561
11.7.1. Основные понятия	561
11.7.2. Классы объектов	562
11.7.3. Создание класса или объекта	563
11.7.4. Проверка принадлежности объекта к заданному классу	564
11.7.5. Другие функции объектно-ориентированного программирования	564
11.8. Handle- и inline-функции	565
11.8.1. Задание handle-функции	565
11.8.2. Вычисление и применение handle-функций	566
11.8.3. Inline-функции	566
11.8.4. Преобразования handle- и inline-функций	567
11.9. Отладка программ	567
11.9.1. Общие замечания по отладке m-файлов	567
11.9.2. Команды отладки программ	568
11.9.3. Вывод листинга m-файла с пронумерованными строками	568

11.9.4. Установка, удаление и просмотр точек прерывания	569
11.9.5. Управление исполнением m-файла	570
11.9.6. Просмотр рабочей области	570
11.9.7. Профилирование m-файлов	571
11.9.8. Создание итогового отчета	572
11.9.9. Построение диаграмм Парето	574
11.9.10. Работа с системой контроля версий	574
11.10. Профилирование программ в MATLAB 7	575
11.10.1. Утилита профилирования программ Profiler и ее запуск	575
11.10.2. Пример профилирования программы	576
11.10.3. Профилирование избранных функций программы	577
11.10.4. Профилирование строк общего программного кода	577
11.11. Общение MATLAB с операционной системой ..	579
11.11.1. Работа с папками	579
11.11.2. Выполнение команд !, dos, unix и vms	580
11.11.3. Общение с Интернетом из командной строки	580
11.11.4. Некоторые другие команды	581
11.12. Поддержка Java	582
11.12.1. Информация о средствах поддержки Java	582
11.12.2. Java-объекты	582
11.12.3. Специфика применения Java-объектов	584
11.12.4. Java-массивы	586
11.13. Компиляция MATLAB-программ	587
11.13.1. Для чего нужна компиляция MATLAB-программ	587

11.13.2. Конфигурирование расширения MATLAB Compiler	587
11.13.3. Компиляция m-файла-функции	588
11.13.4. Исполнение откомпилированного файла	589

Урок 12. Визуальное программирование GUI

12.1. Средства визуального программирования GUIDE	592
12.1.1. Состав и назначение средств программирования GUIDE	592
12.1.2. Открытие окна инструмента GUIDE	593
12.1.3. Окно создания нового приложения с GUI	594
12.1.4. Свойства объектов GUI	597
12.1.5. Пример задания кнопки и работа с инспектором свойств объектов	600
12.1.6. Вид всех компонентов и редактирование их свойств	602
12.2. Работа с заготовками примеров	604
12.2.1. Простой пример вычисления массы вещества	604
12.2.2. Пример на построение графиков из списка	609
12.3. Детальная работа с инструментом GUIDE	612
12.3.1. Установка опций окна компонентов	612
12.3.2. Работа с меню File	614
12.3.3. Ввод компонентов и их редактирование	615
12.3.4. Средства обзора приложения	618
12.3.5. Операции разметки объектов	619
12.3.6. Операции позиции Tools меню	620

12.3.7. Конструирование меню окна приложения с GUI ...	622
12.3.8. Конструирование контекстного меню окна приложения с GUI	629
12.3.9. Применение рамки и группы кнопок	634
12.3.10. Интерпретация программы приложения	639
12.3.11. Несколько советов по созданию приложений с GUI	641
12.4. Стандартные диалоговые окна MATLAB	642
12.4.1. Набор диалоговых окон	642
12.4.2. Справка по диалоговым окнам и их свойства	643
12.4.3. Работа с простыми диалоговыми окнами	644
12.4.4. Диалоговые окна множественного типа	645
12.4.5. Диалоговые окна файловых операций	647
12.4.6. Диалоговые окна установки цвета и шрифтов	649
12.4.7. Диалоговые окна параметров страницы и печати	650
12.4.8. Другие диалоговые окна	654

Урок 13. Обзор расширений MATLAB

13.1. Состав расширений MATLAB	660
13.1.1. Классификация расширений системы MATLAB+Simulink	660
13.1.2. Главный пакет расширения Simulink 5/6	660
13.2. Примеры работы с Simulink	662
13.2.1. Пример моделирования системы Ван-дер-Поля ...	662
13.2.2. Nonlinear Control Design Blockset	663
13.2.3. Digital Signal Processing (DSP) Blockset	665
13.2.4. Пакет расширения Fixed-Point Blockset	667

13.2.5. Пакет расширения Stateflow	667
13.2.6. Пакет расширения SimPower System	668
13.2.7. Report Generator для MATLAB и Simulink	669
13.2.8. Real Time Windows Target и WorkShop	670
13.3. Пакеты математических вычислений.....	670
13.3.1. Symbolic Math Toolbox.....	671
13.3.2. NAG Foundation Toolbox	671
13.3.3. Spline Toolbox	672
13.3.4. Statistics Toolbox	673
13.3.5. Optimization Toolbox	674
13.3.6. Partial Differential Equations Toolbox	675
13.3.7. Fuzzy Logic Toolbox	677
13.3.8. Neural Networks Toolbox	678
13.4. Пакеты анализа и синтеза систем управления ..	680
13.4.1. Control System Toolbox	680
13.4.2. Robust Control Toolbox	682
13.4.3. Model Predictive Control Toolbox	684
13.4.4. Communications Toolbox.....	685
13.4.5. m-Analysis and Synthesis	685
13.4.6. Quantitative Feedback Theory Toolbox.....	686
13.4.7. LMI Control Toolbox	686
13.5. Пакет идентификации систем	687
13.6. Пакеты для обработки сигналов	
и изображений	689
13.6.1. Signal Processing Toolbox	689
13.6.2. Image Processing Toolbox	691
13.6.3. Wavelet Toolbox	695

13.7. Прочие пакеты прикладных программ	699
13.7.1. Financial Toolbox	699
13.7.2. Mapping Toolbox	700
13.7.3. Data Acquisition Toolbox и Instrument Control Toolbox	701
13.7.4. Database toolbox	703
13.7.5. Excel Link	703
13.7.6. Virtual Reality Toolbox.....	703
13.7.7. MATLAB Compiler	704
13.8. Пакеты расширения MATLAB 6.5	704
13.8.1. Curve Fitting Toolbox	704
13.8.2. Instrument Control Toolbox	706
13.8.3. Developer's Kit for Texas Instruments DSP	707
13.8.4. Dials & Gauges Blockset	708
13.8.5. Mechanical System Blockset.....	708
13.9. Новейшие пакеты расширения MATLAB 7+Simulink 6	709
13.9.1. Назначение и возможности пакета Bioinformatics Toolbox	709
13.9.2. Пакет расширения Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox	711
13.9.3. Пакет расширения Video and Image Processing Blockset	713

Урок 14. Стыковка MATLAB

с измерительными приборами

717

14.1. Работа измерительных приборов с системой MATLAB	718
--	-----

14.1.1. Современные измерительные приборы	718
14.1.2. Порты для подключения измерительных приборов к компьютеру	719
14.2. Стыковка компьютера с цифровым осциллографом	721
14.2.1. Современные цифровые осциллографы с USB-портом	721
14.2.2. Применение пакета расширения MATLAB – Instrument Control Toolbox	722
14.2.3. Идентификация осциллографа	723
14.2.4. MATLAB-программы для работы с цифровыми осциллографами	724
14.2.5. Спектральный анализ осциллограмм в MATLAB ...	728
14.2.6. Построение спектрограмм осциллограмм в MATLAB	732
14.3. Управление генераторами произвольных сигналов от системы MATLAB	735
14.3.1. От множества генераторов к одному генератору произвольных сигналов	735
14.3.2. Управление генераторами серии AFG3000 от системы MATLAB	736
14.4. Применение MATLAB при совместной работе генератора и цифрового осциллографа	739
14.5. Встраивание MATLAB в осциллографы, построенные на основе платформы ПК	741
Список литературы	743
Предметный указатель	747