

УДК 004.432
ББК 32.973.22
С51

С51 Смоленцев Н. К.

MATLAB. Программирование на C++, C#, Java и VBA. Второе изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 498 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-282-9

Всех, кто работал с системой MATLAB, поражает удивительная легкость написания программ на языке MATLAB для решения самых разнообразных задач. MATLAB предлагает классы, которые представляют основные типы данных MATLAB в других языках программирования: C/C++, Java, VBA, .NET. В системе имеется также возможность создания компонентов для этих языков, которые включают функции, написанные в MATLAB.

Изложению этой тематики посвящена данная книга. В ней подробно рассматривается работа Компилятора MATLAB, примеры создания независимых от MATLAB приложений на C++, Java, C#, VBA. Кроме того рассмотрена работа с MATLAB Production Server, что позволяет исполнять трудоемкие процедуры MATLAB на сервере MATLAB.

Освоение технологии использования колоссальных математических возможностей MATLAB в других языках программирования позволит создавать полноценные приложения с развитой графической средой для реализации сложных математических алгоритмов.

Издание предназначено студентам и преподавателям вузов по математическим специальностям, а также программистам, которые сталкиваются с проблемами реализации математических алгоритмов на MATLAB.

УДК 004.432
ББК 32.973.22

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 978-5-97060-282-9

© Смоленцев Н. К., 2015
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2015



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	12
Глава 1.	
Система компьютерной математики MATLAB	15
Введение	15
1.1. Общее описание системы MATLAB	16
1.1.1. Инструментальные средства рабочего стола MATLAB	17
Меню ленты инструментов	18
Окна, используемые в работе MATLAB	20
Редактор массивов	21
Редактор m-файлов (MATLAB Editor)	22
Анализатор кода (Code Analyzer)	23
Профилировщик (Profiler)	24
Окно для просмотра графиков	24
1.1.2. Справочная система MATLAB	25
1.1.3. Константы и системные переменные MATLAB	28
1.1.4. Типы данных MATLAB	28
1.2. Основы работы с MATLAB	32
1.2.1. Запуск MATLAB и начало работы	32
1.2.2. Задание массивов	34
Задание одномерных массивов	35
Задание двумерных массивов	36
1.2.3. Операции над массивами	38
1.2.4. Решение систем линейных уравнений	42
1.2.5. Решение дифференциальных уравнений	43
1.2.6. Символьная математика пакета расширения Symbolic Math	48
1.2.7. М-файлы	51
1.2.8. Чтение и запись текстовых файлов	53
1.2.9. Операции с рабочей областью и текстом сессии	57
1.2.10. Графика в MATLAB	59
1.3. Программирование в среде MATLAB	64
1.3.1. Операторы системы MATLAB	64
Арифметические операторы	65
Операторы отношения	65
Логические операторы	66
Логические функции	67
1.3.2. Управление последовательностью исполнения операторов	68
1.3.3. М-функции	72
Подфункции	74
Частные функции	74
Вызов функции	75

Рабочая область функции.....	75
Проверка количества аргументов.....	76
Формирование входного массива varargin	77
Формирование выходного массива varargout	77
Локальные и глобальные переменные	78
1.3.4. Вычисление символьных выражений	79
1.3.5. Ошибки и предупреждения	80
1.3.6. Повышение эффективности обработки М-файлов	81
1.3.7. Пример. Огибающая семейства нормалей.....	83
1.4. Создание графического интерфейса пользователя в MATLAB.....	86
1.4.1. Среда разработки GUIDE графического интерфейса пользователя.....	86
Свойства инспектора свойств	91
Управления событиями GUI	92
Виды обратных вызовов	94
Структура m-файла приложения	95
Создание меню	97
1.4.2. Пример создания GUI «Предельные циклы. Границы хаоса».....	99
Постановка задачи	100
Создание GUI	104
Упражнение. Создания GUI «Предельные циклы. Границы хаоса»	107
Постановка задачи	107
1.5. Взаимодействие MATLAB и Microsoft Excel.....	108
1.5.1. Установка продукта и конфигурирование.....	109
Конфигурирование Microsoft Excel 2003	109
Конфигурирование Microsoft Excel 2007 и 2010	110
Установка предпочтений надстройки Spreadsheet Link EX	111
1.5.2. Функции Spreadsheet Link EX.....	112
Запуск и закрытие	112
Настройка	112
Экспорт данных в MATLAB	113
Импорт данных из MATLAB	113
Команды MATLAB в Microsoft Excel	113
1.5.3. Использование Spreadsheet Link EX	113
1.5.4. Использование Мастера функций (MATLAB Function Wizard).....	114
1.6. Массивы символов, ячеек и структур	117
1.6.1. Массивы символов	117
Общие функции.....	118
Преобразование чисел в символы и обратно	119
Функции преобразования систем счисления	120
Вычисление строковых выражений	121
1.6.2. Массивы ячеек.....	122
Создание массивов ячеек	122
Доступ к данным в ячейках	124
Вложенные массивы ячеек	126
1.6.3. Массивы структур	127
Построение структур	128
Доступ к полям и данным структур	129

Глава 2.

Компилятор MATLAB 133

2.1. Общие сведения о Компиляторе MATLAB 133

2.1.1. Назначение Компилятора MATLAB	134
2.1.2. Инсталляция и конфигурирование	134
2.1.3. Среда выполнения компоненты MATLAB, библиотека MCR	135
2.1.4. Среда разработки Deployment Tool	136
2.2. Создание автономных приложений и библиотек	139
2.2.1. Создание автономного приложения.....	140
Подготовка к созданию приложения.....	140
Создание приложения.....	140
Установка приложения на другую машину	142
2.2.2. Библиотеки совместного использования С и обращение к ним из программы	143
Подготовка к созданию библиотеки	143
Создание библиотеки	143
Установка библиотеки на другую машину	146
Создание С-приложения, использующего библиотеку	146
Тестирование приложения	149
2.2.3. Библиотека совместного использования С++	150
2.2.4. Функции библиотеки, создаваемые из m-файлов	151
Использование varargin и varargout в интерфейсе m-функции	152
2.3. Программный интерфейс C/C++ API Компилятора MATLAB.....	153
Примеры	154
2.3.1. Классы С++ Компилятора 5.1 MATLAB	155
2.3.2. Класс mxArray.....	156
Основные типы данных	157
Конструкторы.....	157
Методы копирования	159
Методы получения информации о массиве	159
Методы доступа к элементам массива mxArray.....	160
Статические методы	162
Операторы	162
2.3.3. Класс mwString	163
Конструкторы.....	164
Методы	164
Операторы.....	164
2.3.4. Класс mxArrayException.....	165
2.3.5. Внешние интерфейсы	165
Процедуры доступа к MAT-файлам.....	166
Операции с массивами mxArray.....	167
2.4. Передача значений между C/C++ double, mxArray и mxArray	173
2.4.1. Преобразование значений между C/C++ double и mxArray	173
Преобразование скаляров	174
Преобразование векторов	174
Преобразование матриц	174
2.4.2. Преобразование значений из C/C++ double в mxArray	174
Преобразование скаляров	175
Преобразование векторов	175
Преобразование матриц	175
2.4.3. Преобразование значений из mxArray в C/C++ double	176
Преобразование скаляров	176
Преобразование векторов	176
Преобразование матриц	177

2.4.4. Вспомогательные функции преобразования данных.....	177
Преобразование значений из C/C++ double в mxArray	177
Преобразование значений из mxArray в C/C++ double	179
Преобразование из C/C++ double в mxArray.....	180
Преобразование mxArray в C/C++ double	181
Пример создания заголовочного файла	181

Глава 3.

Создание компонентов для Java при помощи MATLAB Builder JA ... 183

3.1. Введение в Java Builder	183
3.1.1. Необходимое программное обеспечение Java.....	184
3.1.2. Установка и конфигурирование MATLAB Builder JA.....	185
Установка и настройки совместимости MATLAB Builder JA с Java.....	185
3.2. Создание и использование пакетов MATLAB Builder JA	188
3.2.1. Создание пакета Java средствами MATLAB Builder JA	189
Подготовка к созданию проекта	189
Создание компонента	190
3.2.2. Разработка приложения, использующего компонент	193
Создание кода приложения Java	193
Компиляция приложения.....	195
Запуск приложения	196
Упаковка и распространение приложения Java	196
3.2.3. Обсуждение примера Java-программы	197
3.2.4. Объем n -мерного шара и площадь $(n - 1)$ -мерной сферы	198
Создание компонента Java Builder.....	198
Создание кода приложения Java	199
Компиляция приложения.....	200
Запуск приложения	201
3.3. Создание оконных приложений в среде NetBeans.....	201
3.3.1. Среда проектирования IDE NetBeans	201
3.3.2. Объем n -мерного шара и площадь $(n - 1)$ -мерной сферы	206
Подключение библиотек MATLAB и созданного пакета Volume	207
Создание окна приложения	209
Задание элементов окна приложения	209
Создание программы приложения	210
Распространение приложения	212
3.3.3. Магический квадрат.....	213
Подключение библиотек MATLAB и пакета magicsquare.....	213
Создание окна приложения	214
Задание элементов окна приложения	214
Создание программы приложения	214
3.4. Некоторые вопросы программирования с Java Builder	216
3.4.1. Импорт классов и создание экземпляра класса	217
3.4.2. Правила обращения к методам Java Builder	217
Стандартный интерфейс	218
Интерфейс mx	219
3.4.3. Правила преобразования данных MATLAB и Java	220
Автоматическое преобразование в тип MATLAB	220
Преобразование типов данных вручную	221
3.4.4. Аргументы методов Java Builder	224
Передача неопределенного числа параметров	224

Получение информации о результатах методов	226
Передача объектов Java по ссылке.....	228
3.4.5. Обработка ошибок.....	228
Обработка исключений MWException.....	228
Обработка общих исключений.....	229
3.4.6. Управление собственными ресурсами.....	230
Использование «сборки мусора» JVM.....	231
Использование метода dispose	231
3.5. Массивы MATLAB в Java	232
3.5.1. Использование методов класса MWArray	233
Построение и удаление MWArray	234
Методы получения информации о MWArray	234
Методы получения и задания данных в MWArray	236
Методы копирования, преобразования и сравнения массивов MWArray.....	238
Методы для использования на разреженных массивах MWArray.....	240
3.5.2. Использование MWNumericArray.....	241
Построение различных типов числовых массивов	242
Методы уничтожения MWNumericArray	246
Методы для получения информации о MWNumericArray	246
Методы доступа к элементам и задания элементов MWNumericArray	247
Методы копирования, преобразования и сравнения массивов MWNumericArray ...	252
Методы возвращения значений специальных констант	254
Методы toTypeArray и getTypeArray преобразования массивов данных	254
Методы работы с разреженными массивами MWNumericArray	255
3.5.3. Работа с логическими, символьными и массивами ячеек.....	257
Логические массивы	257
Символьные массивы.....	258
Массивы ячеек	259
3.5.4. Использование MWClassID	260
Поля MWClassID	260
Методы класса MWClassID	261
3.5.5. Использование класса MWComplexity	261
3.6. Язык программирования Java	262
Общие сведения	262
3.6.1. Основные элементы языка Java	263
Комментарии и имена	264
Константы	265
Типы данных.....	266
Преобразования типов.....	270
Преобразование строки в число (STRING to NUMBER).....	270
Преобразование числа в строку (NUMBER to STRING)	271
Преобразования чисел.....	272
Преобразования символа char	272
Преобразования простых типов	273
Операции	273
Операторы	276
Массивы	279
3.6.2. Классы в Java	281
Понятие класса	281
Как описать класс и подкласс.....	283
Окончательные члены и классы	284
Класс Object.....	285
Оператор new	285

Конструкторы класса.....	286
Статические члены класса.....	286
Метод main()	287
Где видны переменные	288
Вложенные классы	288
Пакеты и интерфейсы	289
Структура Java-файла	291

Глава 4.

MATLAB Builder NE для создания компонентов .NET292

4.1. Среда разработки Microsoft Visual Studio .NET	293
4.1.1. Основные элементы платформы Microsoft .NET	293
Основные понятия платформы .NET	293
Среда выполнения .NET Framework	297
Стандартная система типов	298
Общая спецификация языков программирования	300
4.1.2. Среда разработки Visual Studio 2013	300
Запуск и вход в Visual Studio	300
4.1.3. Создание простого приложения	304
Создание проекта	304
Настройка проекта	306
Конструирование пользовательского интерфейса	307
Обработка событий	308
Отладка и тестирование приложения	309
Сборка окончательной версии.....	309
4.2. Начало работы с .NET Builder: создание консольных приложений	310
4.2.1. Назначение Компилятора MATLAB Builder NE.....	310
4.2.2. Установка и конфигурирование	311
4.2.3. Создание .NET сборки в среде разработки Deployment Tool.....	312
4.2.4. Разработка приложения для библиотеки матричной математики.....	316
Открытие и настройка проекта	316
Файл приложения	317
Обсуждение кода	319
Запуск приложения	320
Распространение сборки и приложения	321
4.2.5. Использование командной строки для создания .NET сборки	321
4.2.6. Создание COM-компонентов	323
Пример COM-компонента и приложения	325
4.3. Примеры Windows-приложений, использующих математические процедуры MATLAB	327
4.3.1. Вычисление интегралов.....	328
Разработка m-функций	328
Создание .NET-компонента.....	330
Создание приложения.....	330
4.3.2. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	337
Разработка m-функций	339
Создание .NET-компонента ODE	342
Создание Windows-приложения	343
4.3.3. Вейвлет-анализ сигналов. Открытие, обработка и сохранение файлов....	352
Вейвлет-анализ сигнала	352
Разработка m-функций	353
Создание .NET-компонента	356

Создание приложения.....	356
4.4. Введение в программирование с .NET Builder	368
4.4.1. Библиотека классов .NET MWArray	369
4.4.2. Правила преобразования данных.....	371
4.4.3. Интерфейсы, создаваемые .NET Builder.....	375
4.4.4. Задание сборки компонента и пространства имен	378
4.4.5. Обязательные элементы программы	378
4.4.6. Передача входных параметров	380
Примеры передачи входных параметров.....	382
Передача массива вводов	382
Обработка глобальных переменных MATLAB	383
Обработка возвращаемых значений.....	383
Использование запросов MWArray	385
4.4.7. Обработка ошибок.....	386
4.4.8. Управление родными ресурсами	386
4.4.9. Преобразования между типами C# и MWNumericArray	389
Преобразование скаляров	389
Преобразование векторов	390
Преобразование матриц	390
4.5. Основы языка C#	391
4.5.1. Элементы синтаксиса языка C#	392
Алфавит и слова C#.....	392
Структура программы C#	393
Переменные и константы C#	395
Объявление переменных. Область видимости и время жизни	396
4.5.2. Система типов	397
Тип object	397
Типы значений и ссылочные типы	397
Системные встроенные типы	399
Приведение типов	400
Логический тип	401
Строковые и символьные типы	401
Организация системы типов	403
4.5.3. Массивы	404
4.5.4. Операции и выражения	407
4.5.5. Класс и структура	409
Классы	409
Интерфейсы.....	414

Глава 5.

MATLAB Builder для Excel415

5.1. Установка MATLAB Builder EX	416
5.2. Создание компонента Excel для Мастера функций.....	418
5.2.1. Построение компонента матричной математики.....	418
Использование командной строки для построения компонент	421
5.2.2. Установка созданного компонента	422
5.2.3. Общие вопросы создания компонента Excel Builder	423
Процедура создания компонента	423
Регистрация компонента.....	424
Разработка новых версий.....	425
Получение информации о компоненте	426

5.3. Использование созданного приложения в Excel.....	427
5.4. Создание дополнения с пользовательским интерфейсом.....	433
5.4.1. Построение компонента	433
Подготовка файлов	433
Создание компонента	435
5.4.2. Разработка пользовательского интерфейса дополнения	435
Регистрация библиотеки Fourier_1_0.dll компонента	435
Выбор библиотек, необходимых для разработки дополнения.....	436
Создание кода VBA главного модуля приложения	436
Создание формы Visual Basic	439
Добавление пункта меню Spectral Analysis в Excel.....	442
Сохранение дополнения	443
5.4.3. Тестирование дополнения	443
5.4.4. Упаковка и распространение дополнения	445
5.4.5. Инсталляция приложения и его интегрирование в Excel.....	446
5.4.6. Обсуждение программы VBA	447
5.4.7. Использование флагов	450
5.5. Библиотека утилит Excel Builder	452
5.5.1. Функции MATLAB Builder для Excel	453
5.5.2. Библиотека утилит Excel Builder	454
Класс MWUtil	455
Класс MWFlags	456
Class MWStruct	458
Класс MWField	458
Класс MWComplex	459
Class MWSparse	460
Класс MWArg	460
Перечисления	460
5.6. Справка по VBA.....	461

Глава 6.

MATLAB Production Server.....469

6.1. Общие сведения о MATLAB Production Server	469
6.1.1. Назначение MATLAB Production Server	470
6.1.2. Инсталляция и конфигурирование сервера.....	471
Установка MATLAB Production Server	471
Конфигурирование.....	472
Создание локального экземпляра MATLAB Production Server	473
Запуск сервера	474
Проверка состояния сервера	475
Остановка сервера.....	475
Заключительные замечания	476
6.1.3. Подготовка программ MATLAB для MATLAB Production Server	477
Содержание readme-файла.....	479
6.2. Работа с MATLAB Production Server	480
6.2.1. Клиентское программирование на Java	481
Общие требования к Java-коду.....	481
Листинг Java-кода	483
Компиляция и запуск приложения	485
Распространение клиентского приложения.....	485

6.2.2. Клиентское программирование на C# .NET	486
Создание проекта Microsoft Visual Studio	486
Создание ссылки на клиентскую библиотеку	486
Разработка .NET интерфейса в C#	487
Написание построение и запуск .NET приложения	487
Список литературы	490
Перечень примеров программ	492
Предметный указатель	495