

A decorative border of colorful 3D letters and symbols surrounds the central text. The letters are in various colors (red, blue, green, yellow, purple, pink, orange) and include both Latin and Cyrillic characters, as well as mathematical symbols like infinity, pi, and the empty set symbol. The letters are scattered across the top, bottom, and left edges of the page.

О.Г. Ревинская

Символьные вычисления в MatLab

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

О.Г. Ревинская

**Символьные вычисления
в MatLab**

Учебное пособие

Томск
2018

УДК 681.3.06; 044.4
ББК 32.973.26-018.1я73

P321

Ревинская О.Г.

P321 Символьные вычисления в MatLab : учебное пособие. – Томск :
Издательский Дом Томского государственного университета,
2018. – 528 с.

ISBN 978-5-94621-745-3

Описаны возможности ядра MatLab и интегрированных в MatLab пакетов MuPAD и Symbolic Math Toolbox для выполнения символьных вычислений на компьютере в процессе аналитического и численного решения задач, относящихся к таким разделам математики, как алгебра, линейная алгебра, векторный анализ, математический анализ, комплексный анализ, дифференциальные уравнения, интерполяция и т.д. Уделено внимание способам сохранения, преобразования, использования и графического представления результатов символьных вычислений в MatLab. Изложенный материал иллюстрирован примерами и сопровождается заданиями для самостоятельного выполнения на компьютере.

Для студентов, аспирантов физико-математических и технических специальностей, а также для преподавателей и специалистов классических и технических университетов, применяющих символьные вычисления в своей профессиональной деятельности.

УДК 681.3.06; 044.4
ББК 32.973.26-018.1я73

ISBN 978-5-94621-745-3

© О.Г. Ревинская, 2018
© Национальный исследовательский
Томский государственный университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Символьные вычисления – это тождественные аналитические преобразования различных математических выражений, выполняемые на компьютере. В этом случае под математическими выражениями понимают аналитическую запись не только различных функциональных зависимостей, но и уравнений, неравенств и их систем. Преобразования могут выполняться как с целью решения соответствующих уравнений, неравенств или систем, так и для представления этих математических выражений в виде, отвечающем определенным критериям. Примерами могут служить запись известной функциональной зависимости в наиболее компактном виде, преобразование интеграла с помощью замены переменных и т.д.

При выполнении символьных вычислений на компьютере все аналитические преобразования выполняются с символами, входящими в математическое выражение, как с числами, по правилам, принятым в математике. Например, если в уравнении необходимо перенести из левой части в правую слагаемое, записанное в виде числа, и слагаемое, обозначенное символом, то эти преобразования выполняются по одним и тем же правилам как для числа, так и для символа.

Для автоматизации аналитических преобразований математических выражений разрабатываются и постоянно совершенствуются специализированные компьютерные приложения и математические пакеты, такие как Mathematica, Maple и т.д. Такие мощные системы разработки программных решений, как Mathcad, MatLab и т.п., включают в себя не только языки программирования, но символьные вычисления в виде дополнительных пакетов, использование которых возможно только вместе с той средой, в которую данный пакет интегрирован. Использование соответствующего пакета возможно только в том случае, если это предусмотрено приобретенной лицензией.

ЛИТЕРАТУРА

1. *MuPAD*: MatLab Documentation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com/help /symbolic/mupad-1.html> (дата обращения: 23.05.2016)
2. *Symbolic Math Toolbox*: MatLab Documentation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com/help/symbolic/index.html> (дата обращения: 23.05.2016)
3. *Дьяконов В. П.* MATLAB : полный самоучитель. М. : ДМК Пресс, 2014. 768 с.
4. *Амос Г.* MATLAB : теория и практика. М. : ДМК Пресс, 2016. 416 с.
5. *Мещеряков В.В.* Задачи по математике с MATLAB&SIMULINK. М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2007. 528 с.
6. *Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.* MATLAB 7. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 1104 с.
7. *Половко А.М., Бутусов П.Н.* MatLab для студента. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 320 с.
8. *Корюкина Е.В.* Моделирование физических и биологических процессов в системе MAPLE 11 : учеб.-метод. комплекс. Томск : Ин-т дистанционного образования Том. гос. ун-та, 2008 [Электронный ресурс]. URL: <http://ido.tsu.ru/cd-dvd/0/1801/> Доступ из сети ТГУ (дата обращения: 23.05.2016)
9. *Ревинская О.Г.* Основы программирования в MatLab : учебное пособие. СПб. : БХВ-Петербург, 2016. 208 с.
10. *Ревинская О.Г.* Введение в практикум по вычислительной математике. Интерполяция и аппроксимация. Решение нелинейных уравнений и их систем. Численное интегрирование и дифференцирование: учебное пособие. Томск : Изд-во НТЛ, 2012. 236 с.
11. *Авдюшев В.А.* Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) : учеб.-метод. комплекс. Томск : Ин-т дистанционного образования Том. гос. ун-та, 2009 [Электронный ресурс]. URL: <http://ido.tsu.ru/cd-dvd/0/2488/> Доступ из сети ТГУ (дата обращения: 23.05.2016)

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Приложение MuPad – пакет расширения MatLab для выполнения символьных вычислений	4
1.1. Приложение MuPAD	5
1.2. Запуск приложения MuPAD.....	5
1.3. Интерфейс приложения MuPAD	7
1.4. Создание, редактирование, сохранение mп-файла.....	12
1.5. Выполнение вычислений	15
1.6. Встроенная справочная система	16
Глава 2. Основные элементы языка и средства программирования в MuPAD	18
2.1. Структура программы	18
2.2. Идентификаторы.....	19
2.3. Константы и переменные	23
2.4. Математические и логические операции	27
2.5. Выражения, уравнения и неравенства.....	28
2.6. Присвоение значений переменным	30
2.7. Функции.....	33
2.7.1. Стандартные функции.....	35
2.7.2. Нестандартные функции	42
Глава 3. Графические возможности MuPAD	50
3.1. График функции одной переменной	56
3.2. График параметрически заданной функции	61
3.3. Графическое представление дискретного множества точек	64
3.4. График нескольких функций одной переменной	68
3.5. График функции двух переменных	72
3.6. Анимация.....	74
Глава 4. Аналитические преобразования математических выражений, уравнений, неравенств	77
4.1. Упрощение выражений, уравнений, неравенств	79
4.2. Подстановка	84
4.3. Запись выражения, уравнения, неравенства через другие элементарные функции	93
4.4. Раскрытие скобок и вынесение общих множителей	95
4.5. Преобразование отдельных составляющих частей выражений, уравнений, неравенств	101
4.6. Отложенные вычисления	106
4.7. Ограничение свойств переменных	109

Глава 5. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений (неравенств) и их систем	114
5.1. Аналитическое решение уравнений и неравенств	114
5.2. Численное решение уравнений.....	126
5.3. Решение систем уравнений, неравенств	136
Глава 6. Решение задач математического анализа	141
6.1. Вычисление сумм и произведений.....	141
6.2. Вычисление пределов.....	145
6.3. Дифференцирование.....	148
6.4. Исследование функции	153
6.4.1. Поиск экстремумов функции.....	153
6.4.2. Поиск точек перегиба функции.....	157
6.4.3. Поиск особых точек функции.....	158
6.4.4. Построение касательных и асимптот.....	161
6.5. Разложение функции в ряд.....	164
6.6. Интегрирование	173
6.6.1. Аналитическое вычисление интегралов	173
6.6.2. Численное интегрирование.....	181
6.6.3. Площадь фигуры под кривой	187
6.6.4. Площадь плоской фигуры, заключенной между двумя кривыми	188
6.6.5. Положение центра инерции плоской фигуры	189
Глава 7. Решение задач линейной алгебры	191
7.1. Матрицы и векторы (создание).....	191
7.1.1. Создание матрицы произвольного вида	192
7.1.2. Создание матриц стандартного вида.....	198
7.2. Изменение матрицы (вектора).....	204
7.3. Свойства матрицы (вектора).....	213
7.4. Операции с матрицами (векторами).....	216
7.5. Применение матриц (векторов).....	232
7.5.1. Вычисление миноров	232
7.5.2. Решение систем линейных уравнений. Решение матричных уравнений.....	233
7.5.3. Собственные векторы и собственные значения матрицы	240
7.5.4. Векторы и векторные поля	248
Глава 8. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем	260
8.1. Аналитическое решение обыкновенного дифференциального уравнения	267
8.1.1. Общее и частное решение обыкновенного дифференциального уравнения.....	267
8.1.2. Фундаментальная система решений линейного однородного обыкновенного дифференциального уравнения.....	273

8.1.3. Решение обыкновенного дифференциального уравнения в виде разложения в ряд	276
8.1.4. Проверка достоверности решений обыкновенного дифференциального уравнения.....	278
8.1.5. Графическое представление решения обыкновенного дифференциального уравнения.....	281
8.2. Аналитическое решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.....	285
8.3. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем	292
8.3.1. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений	292
8.3.2. Применение методов численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений	299
8.3.3. Графическое представление численного решения обыкновенного дифференциального уравнения.....	311
Глава 9. Интерполяция и полиномиальное представление функций	325
9.1. Интерполяция Лагранжа	325
9.2. Кубические сплайны	328
9.3. Представление аналитической функции полиномами в форме Бернштейна	334
Глава 10. Элементы структурного программирования	339
10.1. Генераторы случайных чисел	339
10.2. Ввод информации с клавиатуры в диалоговом режиме	346
10.3. Вывод информации	348
10.4. Использование внешних файлов для сохранения и загрузки информации	351
10.4.1. Обращение к файлу	352
10.4.2. Чтение данных из файла	355
10.4.3. Запись данных в файл	357
10.4.4. Сохранение в файле и загрузка из файла переменных MuPAD	359
10.4.5. Сохранение в текстовом файле и загрузка из него команд MuPAD.....	362
10.5. Индексированные переменные	363
10.5.1. Строки, последовательности, списки и множества	364
10.5.2. Массивы и таблицы	367
10.5.3. Преобразование индексированных переменных.....	370
10.6. Операторы условного перехода.....	375
10.6.1. Оператор условного перехода IF.....	376
10.6.2. Оператор выбора CASE	379
10.7. Операторы цикла	381

10.7.1. Оператор FOR-цикла.....	381
10.7.2. Оператор цикла WHILE.....	384
10.7.3. Оператор цикла REPEAT.....	386
10.8. Нестандартные функции.....	387
10.9. Контроль продолжительности вычислений.....	396
Глава 11. Символьные вычисления в m-файлах.....	398
11.1. Символьные переменные и выражения.....	403
11.2. Символьные функции.....	410
11.3. Управление из MatLab выполнением программ, написанных в MuPAD.....	416
11.4. Стандартные функции MatLab для выполнения символьных вычислений.....	422
11.4.1. Элементарные и специальные математические функции.....	423
11.4.2. Графики символьных функций.....	429
11.4.3. Аналитические преобразования математических выражений, уравнений, неравенств.....	433
11.4.4. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений (неравенств) и их систем.....	439
11.4.5. Решение задач математического анализа.....	442
11.4.6. Решение задач линейной алгебры.....	446
11.4.7. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.....	454
11.4.8. Интерполяция и полиномиальное представление аналитических функций.....	460
11.4.9. Аппроксимация.....	463
11.5. Элементы структурного программирования.....	474
Глава 12. Задания для самостоятельного выполнения на компьютере.....	482
Тема 1. Выражения, функции. Графики функций.....	483
Тема 2. Аналитические преобразования выражений, уравнений, неравенств.....	484
Тема 3. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений (неравенств) и их систем.....	488
Тема 4.1. Решение задач математического анализа.....	491
Тема 4.2. Решение задач математического анализа (продолжение).....	495
Тема 5. Решение задач линейной алгебры.....	499
Тема 6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.....	503
Тема 7. Интерполяция и полиномиальное представление функций.....	508
Тема 8. Программирование в MuPAD.....	511
Тема 9. Символьные вычисления в MatLab.....	513
Алфавитный указатель функций и операторов MuPAD.....	519
Литература.....	523

Учебное издание

Ревинская Ольга Геннадьевна

**СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ
В MatLab**

Учебное пособие

Редактор Е.Г. Шумская
Оригинал-макет Е.Г. Шумской
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано к печати 03.10.2018 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.

Усл. печ. л. 30,81.

Тираж 50 экз. Заказ № 2958.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–52-98-49
Сайт: <http://publish.tsu.ru>
E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-745-3

