

УДК 004.438F#  
ББК 32.973.26-018.1  
С54

Сошников Д. В.

С54 Функциональное программирование на F#. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 192 с.: ил.  
ISBN 978-5-97060-534-9

Автор этой книги имеет богатый опыт преподавания курсов функционального программирования на базе F# в ведущих российских университетах, в то же время, будучи технологическим евангелистом Майкрософт, он умеет доходчиво объяснить концепции функционального программирования даже начинающему разработчику ПО, не прибегая к сложным понятиям лямбда-исчисления.

Книга содержит много полезных примеров использования F# для решения практических задач: доступа к реляционным или слабоструктурированным XML-данным, использование F# для веб-разработки и веб-майнинга, визуализация данных и построение диаграмм, написание сервисов для облачных вычислений и асинхронных приложений для Windows Phone 7. Используя фрагменты кода, рассмотренные в книге, читатели могут немедленно приступить к решению своих практических задач на F#.

УДК 004.438F#  
ББК 32.973.26-018.1

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 978-5-97060-534-9

© Сошников Д. В.  
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2017

# Содержание

<b>Предисловие Дона Сайма</b> .....	6
<b>Предисловие автора</b> .....	8
<b>0. Введение</b> .....	10
0.1. Зачем изучать функциональное программирование .....	10
0.2. О чем и для кого эта книга.....	12
0.3. Как установить и начать использовать F# .....	13
<b>1. Основы функционального программирования</b> .....	17
1.1. Применение функций vs. Присваивание .....	17
1.2. Упорядоченные кортежи, списки и вывод типов.....	19
1.3. Функциональные типы и описание функций.....	20
1.4. Каррирование.....	22
1.5. Условный оператор и опциональный тип.....	23
1.6. Типы данных, размеченное объединение и сопоставление с образцом .....	25
1.7. Рекурсия, функции-параметры и цикл for .....	27
1.8. Конструкции >>,  >.....	28
1.9. Пример – построение множества Мандельброта .....	29
1.10. Интероперабельность с .NET .....	31
<b>2. Рекурсивные структуры данных</b> .....	34
2.1. Списки и конструкторы списков .....	34
2.2. Сопоставление с образцом.....	35
2.3. Простейшие функции обработки списков .....	36
2.4. Функции высших порядков .....	37
2.4.1. Отображение .....	37
2.4.2. Фильтрация .....	39
2.4.3. Свертка .....	41
2.4.4. Другие функции высших порядков .....	43
2.5. Генераторы списков.....	44
2.6. Хвостовая рекурсия .....	45
2.7. Сложностные особенности работы со списками .....	47
2.8. Массивы .....	50
2.9. Многомерные массивы и матрицы.....	52
2.9.1. Списки списков, или непрямоугольные массивы (Jagged Arrays) .....	52
2.9.2. Многомерные массивы .NET .....	53
2.9.3. Специализированные типы для матриц и векторов .....	54
2.9.4. Разреженные матрицы.....	55

2.9.5. Использование сторонних математических пакетов .....	56
2.10. Деревья общего вида.....	56
2.11. Двоичные деревья .....	59
2.11.1. Определение .....	59
2.11.2. Обход двоичных деревьев.....	59
2.11.3. Деревья поиска.....	60
2.11.4. Деревья выражений и абстрактные синтаксические деревья (AST) ...	62
2.12. Другие структуры данных.....	63
2.12.1. Множества (Set).....	63
2.12.2. Отображения (Map).....	63
2.12.3. Хеш-таблицы .....	64

### 3. Типовые приемы функционального

<b>программирования</b> .....	66
3.1. Замыкания.....	66
3.2. Динамическое связывание и mutable-переменные .....	67
3.3. Генераторы и ссылочные переменные ref.....	68
3.4. Ленивые последовательности (seq) .....	71
3.4.1. Построение частотного словаря текстового файла .....	73
3.4.2. Вычисление числа $\pi$ методом Монте-Карло .....	74
3.5. Ленивые и энергичные вычисления .....	76
3.6. Мемоизация .....	79
3.7. Продолжения.....	81

### 4. Императивные и объектно-ориентированные

<b>возможности F#</b> .....	84
4.1. Мультипарадигмальность языка F# .....	84
4.2. Элементы императивного программирования на F#.....	85
4.2.1. Использование изменяемых переменных и ссылки.....	85
4.2.2. Цикл с предусловием.....	86
4.2.3. Условный оператор.....	87
4.2.4. Null-значения.....	87
4.2.5. Обработка исключительных ситуаций .....	87
4.3. Объектно-ориентированное программирование на F# .....	89
4.3.1. Записи.....	89
4.3.2. Моделирование объектной ориентированности через записи и замыкания .....	90
4.3.3. Методы.....	91
4.3.4. Интерфейсы .....	92
4.3.5. Создание классов с помощью делегирования .....	93
4.3.6. Создание иерархии классов .....	94
4.3.7. Расширение функциональности имеющихся классов .....	97
4.3.8. Модули .....	97

### 5. Метaprogramмирование .....

5.1. Языково-ориентированное программирование .....	99
5.2. Активные шаблоны .....	102
5.3. Квотирование .....	103



5.4. Конструирование выражений, частичное применение функции и суперкомпиляция .....	106
5.5. Монады .....	107
5.5.1. Монада ввода-вывода .....	108
5.5.2. Монадические свойства .....	110
5.5.3. Монада недетерминированных вычислений .....	111
5.6. Монадические выражения .....	112
<b>6. Параллельное и асинхронное программирование .....</b>	<b>115</b>
6.1. Асинхронные выражения и параллельное программирование .....	115
6.2. Асинхронное программирование .....	116
6.3. Асинхронно-параллельная обработка файлов .....	118
6.4. Агентный паттерн проектирования .....	120
6.5. Использование MPI .....	122
<b>7. Решение типовых задач .....</b>	<b>127</b>
7.1. Вычислительные задачи .....	127
7.1.1. Вычисления с высокой точностью .....	127
7.1.2. Комплексный тип .....	128
7.1.3. Единицы измерения .....	128
7.1.4. Использование сторонних математических пакетов .....	129
7.2. Доступ к данным .....	131
7.2.1. Доступ к реляционным базам данных (SQL Server) .....	131
7.2.2. Доступ к слабоструктурированным данным XML .....	136
7.2.3. Работа с данными в Microsoft Excel .....	139
7.3. Веб-программирование .....	143
7.3.1. Доступ к веб-сервисам, XML-данным, RSS-потокам .....	144
7.3.2. Доступ к текстовому содержимому веб-страниц .....	144
7.3.3. Использование веб-ориентированных программных интерфейсов на примере Bing Search API .....	147
7.3.4. Реализация веб-приложений на F# для ASP.NET Web Forms .....	148
7.3.5. Реализация веб-приложений на F# для ASP.NET MVC .....	150
7.3.6. Реализация веб-приложений на F# при помощи системы WebSharper .....	152
7.3.7. Облачное программирование на F# для Windows Azure .....	156
7.4. Визуализация и работа с графикой .....	158
7.4.1. Двухмерная графика на основе Windows Forms API .....	159
7.4.2. Использование элемента Chart .....	160
7.4.3. 3D-визуализация с помощью DirectX и/или XNA .....	164
7.5. Анализ текстов и построение компиляторов .....	171
7.4.1. Реализация синтаксического разбора методом рекурсивного спуска .....	171
7.4.2. Использование fslex и fsyacc .....	174
7.5. Создание F#-приложений для Silverlight и Windows Phone 7 .....	179
<b>Вместо заключения .....</b>	<b>185</b>
<b>Рекомендуемая литература .....</b>	<b>190</b>