

УДК 004.421
ББК 32.811
В52

Вирсански Э.

В52 Генетические алгоритмы на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 286 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-857-9

Там, где традиционные алгоритмы бесполезны или не дают результата за обозримое время, на помощь могут прийти генетические алгоритмы. Они позволяют решить целый комплекс сложных задач, в том числе связанных с искусственным интеллектом, упростить оптимизацию непрерывных функций, выполнять реконструкцию изображений и многое другое.

Книга поможет программистам, специалистам по обработке данных и энтузиастам ИИ, интересующимся генетическими алгоритмами, подступиться к стоящим перед ними задачам, связанным с обучением, поиском и оптимизацией, а также повысить качество и точность результатов в уже имеющихся приложениях.

Для изучения материала книги требуются владение языком Python на рабочем уровне и базовые знания математики и информатики.

УДК 004.421
ББК 32.811

First published in the English language under the title 'Hands-On Genetic Algorithms with Python'. Russian language edition copyright © 2020 by DMK Press. All rights reserved.

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.

ISBN 978-1-83855-774-4 (англ.)
ISBN 978-5-97060-857-9 (рус.)

Copyright © Packt Publishing, 2020
© Оформление, издание, перевод,
ДМК Пресс, 2020

Содержание

Об авторе	13
О рецензенте	14
Предисловие	15
Часть I. ОСНОВЫ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ	19
Глава 1. Введение в генетические алгоритмы	20
Что такое генетические алгоритмы?	20
Дарвиновская эволюция	21
Аналогия с генетическими алгоритмами	21
Генотип.....	22
Популяция.....	22
Функция приспособленности	23
Отбор.....	23
Скращивание	23
Мутация.....	24
Теоретические основы генетических алгоритмов	24
Теорема о схемах	25
Отличия от традиционных алгоритмов	26
Популяция как основа алгоритма	27
Генетическое представление	27
Функция приспособленности	27
Вероятностное поведение.....	27
Преимущества генетических алгоритмов	28
Глобальная оптимизация	28
Применимость к сложным задачам	29
Применимость к задачам, не имеющим математического представления	30
Устойчивость к шуму.....	30
Распараллеливание	30
Непрерывное обучение.....	31
Ограничения генетических алгоритмов.....	31
Специальные определения	31
Настройка гиперпараметров	31
Большой объем счетных операций	32
Преждевременная сходимость	32
Отсутствие гарантированного решения.....	32
Сценарии применения генетических алгоритмов	32
Резюме.....	33
Для дальнейшего чтения.....	33

Глава 2. Основные компоненты генетических алгоритмов	34
Базовая структура генетического алгоритма	34
Создание начальной популяции	36
Вычисление приспособленности	36
Применение операторов отбора, скрещивания и мутации	36
Проверка условий останова	37
Методы отбора	37
Правило рулетки	38
Стохастическая универсальная выборка	39
Ранжированный отбор	40
Масштабирование приспособленности	41
Турнирный отбор	42
Методы скрещивания	43
Одноточечное скрещивание	43
Двухточечное и <i>k</i> -точечное скрещивание	44
Равномерное скрещивание	45
Скрещивание для упорядоченных списков	45
Упорядоченное скрещивание	46
Методы мутации	47
Инвертирование бита	48
Мутация обменом	48
Мутация обращением	48
Мутация перетасовкой	49
Генетические алгоритмы с вещественным кодированием	49
Скрещивание смешением	50
Имитация двоичного скрещивания	51
Вещественная мутация	53
Элитизм	53
Образование ниш и разделение	54
Последовательное и параллельное образование ниш	56
Искусство решения задач с помощью генетических алгоритмов	57
Резюме	58
Для дальнейшего чтения	58

Часть II. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

59

Глава 3. Каркас DEAP	60
Технические требования	60
Введение в DEAP	61
Использование модуля creator	62
Создание класса Fitness	62
Определение стратегии приспособления	62
Хранение значения приспособленности	63
Создание класса Individual	64
Использование класса Toolbox	64

Создание генетических операторов.....	65
Создание популяции	66
Вычисление приспособленности.....	66
Задача OneMax	67
Решение задачи OneMax с помощью DEAP	67
Выбор хромосомы	67
Вычисление приспособленности.....	68
Выбор генетических операторов.....	68
Задание условия остановки	68
Реализация средствами DEAP.....	69
Подготовка	69
Эволюция решения	72
Выполнение программы	75
Использование встроенных алгоритмов	76
Объект Statistics	77
Алгоритм	77
Объект logbook.....	77
Выполнение программы	78
Зал славы	79
Эксперименты с параметрами алгоритма.....	81
Размер популяции и количество поколений.....	81
Оператор скрещивания.....	83
Оператор мутации.....	84
Оператор отбора.....	87
Размер турнира и его связь с вероятностью мутации	88
Отбор по правилу рулетки.....	92
Резюме	93
Для дальнейшего чтения.....	94
Глава 4. Комбинаторная оптимизация	95
Технические требования.....	95
Поисковые задачи и комбинаторная оптимизация.....	96
Решение задачи о рюкзаке.....	96
Задача о рюкзаке 0-1 с сайта Rosetta Code.....	97
Представление решения	98
Представление задачи на Python	98
Решение с помощью генетического алгоритма	99
Решение задачи коммивояжера	102
Файлы эталонных данных TSPLIB.....	103
Представление решения	104
Представление задачи на Python	104
Решение с помощью генетического алгоритма	106
Улучшение результатов благодаря дополнительному исследованию и элитизму	109
Решение задачи о маршрутизации транспорта	114
Представление решения	115
Представление задачи на Python	116

Решение с помощью генетического алгоритма	118
Резюме	122
Для дальнейшего чтения	123

Глава 5. Задачи с ограничениями 124

Технические требования	124
Соблюдение ограничений в поисковых задачах	125
Решение задачи об N ферзях	125
Представление решения	126
Представление задачи на Python	128
Решение с помощью генетического алгоритма	129
Решение задачи о составлении графика дежурств медсестер	133
Представление решения	133
Жесткие и мягкие ограничения	134
Представление задачи на Python	135
Решение на основе генетического алгоритма	137
Решение задачи о раскраске графа	140
Представление решения	142
Жесткие и мягкие ограничения в задаче о раскраске графа	143
Представление задачи на Python	143
Решение с помощью генетического алгоритма	145
Резюме	149
Для дальнейшего чтения	150

Глава 6. Оптимизация непрерывных функций 151

Технические требования	151
Хромосомы и генетические операторы для задач с вещественными числами	152
Использование DEAP совместно с непрерывными функциями	153
Оптимизация функции Eggholder	154
Оптимизация функции Eggholder с помощью генетического алгоритма	155
Повышение скорости сходимости посредством увеличения частоты мутаций	158
Оптимизация функции Химмельблау	159
Оптимизация функции Химмельблау с помощью генетического алгоритма	161
Использование ниш и разделения для отыскания нескольких решений	165
Функция Симионеску и условная оптимизация	168
Условная оптимизация с помощью генетического алгоритма	170
Оптимизация функции Симионеску с помощью генетического алгоритма	171
Использование ограничений для нахождения нескольких решений	172
Резюме	173
Для дальнейшего чтения	173

Часть III. ПРИЛОЖЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ 174

Глава 7. Дополнение моделей машинного обучения методами выделения признаков..... 175

Технические требования.....	176
Машинное обучение с учителем	176
Классификация	177
Регрессия.....	179
Алгоритмы обучения с учителем	180
Выделение признаков в обучении с учителем	180
Выделение признаков для задачи регрессии Фридмана-1	181
Представление решения	182
Представление решения на Python	182
Решение с помощью генетического алгоритма	184
Выделение признаков для классификации набора данных Zoo	186
Представление задачи на Python	187
Решение с помощью генетического алгоритма	189
Резюме.....	191
Для дальнейшего чтения.....	191

Глава 8. Настройка гиперпараметров моделей машинного обучения..... 192

Технические требования.....	193
Гиперпараметры в машинном обучении.....	193
Настройка гиперпараметров	194
Набор данных Wine	195
Классификатор на основе адаптивного усиления.....	195
Настройка гиперпараметров с помощью генетического поиска на сетке	196
Тестирование качества классификатора с параметрами по умолчанию	198
Результаты традиционного поиска на сетке	198
Результаты генетического поиска на сетке	198
Прямой генетический подход к настройке гиперпараметров.....	199
Представление гиперпараметров	200
Оценка верности классификатора	200
Настройка гиперпараметров с помощью генетического алгоритма.....	201
Резюме.....	204
Для дальнейшего чтения.....	204

Глава 9. Оптимизация архитектуры сетей глубокого обучения 205

Технические требования.....	205
Искусственные нейронные сети и глубокое обучение	206
Многослойный перцептрон.....	207
Глубокое обучение и сверточные нейронные сети	208

Оптимизация архитектуры классификатора на основе глубокой сети	209
Набор данных Iris	209
Представление конфигурации скрытого слоя	210
Оценка верности классификатора	211
Оптимизация архитектуры МСП с помощью генетического алгоритма	212
Объединение оптимизации архитектуры с настройкой гиперпараметров	215
Представление решения	215
Вычисление верности классификатора	216
Оптимизация объединенной конфигурации МСП с помощью генетического алгоритма	217
Резюме	218
Для дальнейшего чтения	218

Глава 10. Генетические алгоритмы и обучение

с подкреплением	219
Технические требования	219
Обучение с подкреплением	220
Генетические алгоритмы и обучение с подкреплением	221
OpenAI Gym	221
Интерфейс env	222
Решение окружающей среды MountainCar	223
Представление решения	225
Оценивание решения	225
Представление задачи на Python	226
Решение с помощью генетического алгоритма	226
Решение окружающей среды CartPole	229
Управление средой CartPole с помощью нейронной сети	230
Представление и оценивание решения	231
Представление задачи на Python	232
Решение с помощью генетического алгоритма	233
Резюме	236
Для дальнейшего чтения	237

Часть IV. РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Глава 11. Генетическая реконструкция изображений

Технические требования	239
Реконструкция изображений из многоугольников	240
Обработка изображений на Python	240
Библиотеки обработки изображений на Python	240
Библиотека Pillow	241
Библиотека scikit-image	241
Библиотека opencv-python	241
Рисование с помощью многоугольников	242

Измерение степени различия двух изображений.....	243
Попиксельная среднеквадратическая ошибка.....	243
Структурное сходство (SSIM).....	244
Применение генетических алгоритмов для реконструкции изображений.....	244
Представление и оценивание решения.....	245
Представление задачи на Python.....	246
Реализация генетического алгоритма.....	246
Добавление функции обратного вызова в код генетического алгоритма.....	249
Результаты реконструкции изображения.....	250
Применение попиксельной среднеквадратической ошибки.....	251
Применение индекса структурного сходства.....	253
Другие эксперименты.....	256
Резюме.....	257
Для дальнейшего чтения.....	258

Глава 12. Другие эволюционные и бионические методы

вычислений.....	259
Технические требования.....	259
Эволюционные и бионические вычисления.....	260
Генетическое программирование.....	260
Пример генетического программирования – контроль по четности.....	262
Реализация с помощью генетического программирования.....	264
Упрощение решения.....	269
Оптимизация методом роя частиц.....	271
Пример применения PSO – оптимизация функции.....	272
Реализация оптимизации методом роя частиц.....	273
Другие родственные методы.....	277
Эволюционные стратегии.....	277
Дифференциальная эволюция.....	278
Муравьиный алгоритм оптимизации.....	278
Искусственные иммунные системы.....	278
Искусственная жизнь.....	279
Резюме.....	279
Для дальнейшего чтения.....	280

Предметный указатель.....	281
----------------------------------	------------