

**А.В. ПАНТЕЛЕЕВ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ  
ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ  
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ**

Москва  
Издательство МАИ  
2013

УДК 517.977

ББК 22.1

П 16

Рецензенты:

*А.П. Крищенко*

Член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор  
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

*М.В. Ульянов*

д-р техн. наук, профессор  
(Московский государственный университет печати)

**Пантелеев А.В.**

П 16      Применение эволюционных методов глобальной оптимизации  
в задачах оптимального управления детерминированными системами. –  
М.: Изд-во МАИ, 2013. –160 с.: ил.

ISBN 978-5-4316-0138-5

В книге описаны современные методы поиска глобального экстремума: генетические алгоритмы с бинарным и вещественным кодированием; методы искусственных иммунных систем, рассеивания, динамических сеток; эволюционная стратегия преобразования ковариационной матрицы. Изложено их применение к решению задач нахождения оптимального программного управления нелинейными дискретными и непрерывными детерминированными динамическими системами.

В книге приведены постановки задач, стратегия поиска и детальный алгоритм решения для каждого метода, описание программного обеспечения, результаты решения типовых примеров и прикладных задач.

*Для студентов и аспирантов технических вузов и университетов, а также инженеров, интересующихся современными проблемами оптимизации и теории управления.*

ISBN 978-5-4316-0138-5

© Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет), 2013

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	6
<b>Глава 1. Постановки задач поиска оптимального программного управления детерминированными системами .....</b>	<b>11</b>
1.1. Задача нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	11
1.2. Задача нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	12
<b>Глава 2. Применение генетических алгоритмов .....</b>	<b>13</b>
2.1. Генетический алгоритм с бинарным кодированием .....	13
2.1.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	13
2.1.2. Применение генетического алгоритма с бинарным кодированием в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	21
2.1.3. Применение генетического алгоритма с бинарным кодированием в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	23
2.2. Генетический алгоритм с вещественным кодированием.....	26
2.2.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	26
2.2.2. Применение генетического алгоритма с вещественным кодированием в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	28
2.2.3. Применение генетического алгоритма с вещественным кодированием в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	31
2.3. Примеры применения генетических алгоритмов .....	33
2.3.1. Модельные примеры.....	33
2.3.2. Задачи оптимального управления химическими процессами.....	39
2.3.3. Задачи оптимального управления летательным аппаратом .....	44
2.3.4. Рекомендации по выбору параметров алгоритмов.....	54
<b>Глава 3. Применение методов, имитирующих иммунные системы организмов.....</b>	<b>56</b>
3.1. Метод искусственных иммунных систем.....	56
3.1.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	56
3.1.2. Применение метода искусственных иммунных систем в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	58

3.1.3. Применение метода искусственных иммунных систем в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	62
3.2. Расширенный метод искусственных иммунных систем.....	64
3.2.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	64
3.2.2. Применение расширенного метода искусственных иммунных систем в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	66
3.2.3. Применение расширенного метода искусственных иммунных систем в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	71
3.3. Примеры применения методов, имитирующих иммунные системы организмов .....	73
3.3.1. Модельные примеры.....	73
3.3.2. Задачи оптимального управления химическими процессами.....	77
3.3.3. Задачи оптимального управления летательным аппаратом .....	86
3.3.4. Рекомендации по выбору параметров алгоритмов.....	88
<b>Глава 4. Применение метода рассеивания.....</b>	<b>90</b>
4.1. Метод рассеивания.....	90
4.1.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	90
4.1.2. Применение метода рассеивания в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	93
4.1.3. Применение метода рассеивания в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	99
4.2. Примеры применения метода рассеивания.....	101
4.2.1. Модельные примеры.....	101
4.2.2. Задачи оптимального управления химическими процессами.....	108
4.2.3. Рекомендации по выбору параметров метода.....	111
<b>Глава 5. Применение эволюционной стратегии преобразования ковариационной матрицы.....</b>	<b>113</b>
5.1. Эволюционная стратегия преобразования ковариационной матрицы..	113
5.1.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	113
5.1.2. Применение эволюционной стратегии преобразования ковариационной матрицы в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами .....	114
5.1.3. Применение эволюционной стратегии преобразования ковариационной матрицы в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами .....	117

5.2. Модифицированная эволюционная стратегия преобразования ковариационной матрицы.....	119
5.2.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	119
5.2.2. Применение модифицированной эволюционной стратегии преобразования ковариационной матрицы в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	120
5.2.3. Применение модифицированной эволюционной стратегии преобразования ковариационной матрицы в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	123
5.3. Примеры применения эволюционных стратегий преобразования ковариационной матрицы .....	125
5.3.1. Модельные примеры.....	125
5.3.2. Задачи оптимального управления химическими процессами.....	129
<b>Глава 6. Применение метода динамических сетей.....</b>	<b>132</b>
6.1. Метод динамических сетей.....	132
6.1.1. Описание стратегии поиска глобального экстремума .....	132
6.1.2. Применение метода динамических сетей в задаче нахождения оптимального программного управления дискретными системами.....	134
6.1.3. Применение метода динамических сетей в задаче нахождения оптимального программного управления непрерывными системами.....	140
6.2. Примеры применения метода динамических сетей .....	142
6.2.1. Модельные примеры.....	142
6.2.2. Задачи оптимального управления химическими процессами.....	147
6.2.3. Рекомендации по выбору параметров метода.....	151
<b>Библиографический список.....</b>	<b>153</b>