

УЧЕБНИК
ДЛЯ ВУЗОВ

ПИТЕР®

А. Н. Степанов

Курс информатики

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**РЕКОМЕНДОВАНО В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНИКА
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
02.00.00 «КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ НАУКИ»**

Содержание

Предисловие	12
Благодарности	14
От издательства	14
Введение	15
Глава 1. Информация и общественное развитие	16
1.1. Информация и живая природа	16
1.2. Речь	17
1.3. Письменность	18
1.4. Книгопечатание	18
1.5. Механизация и автоматизация обработки информации	19
1.6. Информационный взрыв	23
1.7. Появление компьютеров	23
1.8. Дальнейшее развитие средств обработки информации	27
1.9. Персональный компьютер и Интернет	29
1.10. Появление и развитие науки информатики	30
Основные положения и выводы	33
Глава 2. Модели и системы	34
2.1. Классификация	35
2.2. Модель	36
2.3. Моделирование	37
2.4. Основные свойства моделей	39
2.5. Классификация моделей	41
2.6. Системы и их классификация	47
Основные положения и выводы	49
Часть I. Базовые понятия информатики	50
Глава 3. Информация и сообщения	51
3.1. О понятии «информация»	51
3.2. О понятии «сообщение»	54
3.3. Связь между сообщением и информацией	56
3.4. Свойства информации	59
3.5. Действия над сообщениями	60
3.6. Обработка сообщений и информации	61
3.7. Сигналы	63
3.8. Процессы	64
3.9. Непрерывные и дискретные сообщения	68
3.10. Преобразования сообщений	70
3.11. Алфавит	75
Основные положения и выводы	78
Глава 4. Введение в теорию кодирования	79
4.1. Количество информации	79
4.2. Случайные события	81
4.3. Вероятность случайного события	85
4.3.1. Вычисление вероятностей одиночных событий	85
4.3.2. Вычисление вероятностей сложных событий	86
4.4. Случайные числа и математическое ожидание	87
4.5. Энтропия, количество информации и алфавит	89

4.5.1. Энтропия	90
4.5.2. Энтропия и количество информации	93
4.5.3. Количество информации и алфавит	95
4.6. Кодирование и декодирование	98
4.7. Теорема К. Шеннона о кодировании в отсутствие помех	101
4.8. Основные характеристики двоичных кодов	106
4.9. Пример кодирования с неравными длительностями	107
4.10. Равномерное алфавитное кодирование	108
4.10.1. Код Бодо	109
4.10.2. Код ASCII	110
4.10.3. Объемный способ определения количества информации	113
4.11. Система кодирования Юникод	114
4.12. Форматы текстовых данных	117
Основные положения и выводы	117
Глава 5. Кодирование числовых данных	118
5.1. Системы счисления	118
5.1.1. Общий принцип изображения целых чисел в позиционных системах счисления	120
5.1.2. Выбор основания системы счисления для представления данных в компьютере	121
5.1.3. Двоичная система счисления	122
5.1.4. Шестнадцатеричная система счисления	123
5.1.5. Переходы между системами счисления	124
5.1.6. Действия в двоичной и шестнадцатеричной системах счисления	129
5.2. Форматы кодирования числовых данных	134
5.3. Форматы кодирования целых чисел	134
5.3.1. Беззнаковое представление формата с фиксированной точкой	135
5.3.2. Знаковые представления формата с фиксированной точкой	136
5.3.3. Двоично-десятичный формат	144
5.4. Форматы вещественных чисел	145
5.4.1. Нормализованные числа	146
5.4.2. Особенности сложения нормализованных чисел	146
5.4.3. Общие принципы кодирования чисел в формате с плавающей точкой	147
5.4.4. Стандарт IEEE 754	151
5.4.5. Специальные значения стандарта IEEE 754	157
5.5. Особенности компьютерной арифметики	160
Основные положения и выводы	161
Глава 6. Алгоритм	163
6.1. Интуитивное понятие алгоритма	166
6.2. Основные свойства алгоритмов	169
6.3. Машина Поста	174
6.4. Алгоритмизация	184
6.5. Способы задания алгоритмов	184
6.6. Типы алгоритмов	196
Основные положения и выводы	196
Глава 7. Начальные понятия алгоритмических языков	198
7.1. Способы синтаксического определения алгоритмических конструкций	199
7.2. Комментарии	200
7.3. Алфавит языка	201
7.4. Имя (идентификатор)	203
7.5. Данные	204
7.6. Переменные	205
7.7. Тип данных	206
7.7.1. Логический тип	207
7.7.2. Целый тип	208
7.7.3. Вещественный тип	209
7.7.4. Символьный тип	210
7.7.5. Структурированные типы данных	211

7.8. Описания	213
7.8.1. Описания констант	214
7.8.2. Описания простых переменных	214
7.8.3. Описания массивов	215
7.9. Выражения	216
7.10. Операторы и управляющие конструкции	218
7.11. Оператор присваивания	219
7.12. Организация обмена	225
7.13. Общая структура алгоритма	226
7.14. Порядок построения алгоритмов	227
Основные положения и выводы	229

Глава 8. Построение алгоритмов базовых типов 231

8.1. Линейные алгоритмы	231
8.1.1. Обмен значениями двух переменных	233
8.1.2. Решение системы двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными	238
8.2. Алгоритмы с ветвлениями	243
8.2.1. Общие рекомендации по построению алгоритмов с ветвлениями	245
8.2.2. Основные формы управляющей конструкции ветвлений	246
8.2.3. Пример построения ветвления в полной форме	248
8.2.4. Пример построения ветвления в сокращенной форме	251
8.2.5. Алгоритмы с большим количеством ветвей	256
8.3. Циклические алгоритмы	261
8.3.1. Общая структура циклического алгоритма	261
8.3.2. Универсальная управляющая конструкция цикла	263
8.3.3. Общие рекомендации по построению циклических алгоритмов	264
8.3.4. Задача о рекуррентной последовательности	266
8.3.5. Цикл с параметром	278
8.3.6. Стандартные ошибки в построении циклов	281
Основные положения и выводы	286

Глава 9. Алгоритмы с простыми циклами 288

9.1. Задачи с рекуррентными последовательностями	288
9.1.1. Нахождение чисел Фибоначчи	288
9.1.2. Использование для представления элементов последовательности простых переменных	290
9.1.3. Рекуррентная зависимость с одним аргументом. Общий подход	291
9.1.4. Рекуррентная зависимость с одним аргументом. Упрощенный вариант	296
9.1.5. Рекуррентная зависимость с двумя аргументами	298
9.2. Вычисление сумм и произведений	302
9.2.1. Явная зависимость общего члена от номера	302
9.2.2. Суммы с рекуррентной зависимостью между слагаемыми	318
9.2.3. Суммы с произвольными слагаемыми	322
9.2.4. Бесконечные суммы	323
Основные положения и выводы	327

Глава 10. Алгоритмы с комбинацией цикла и ветвления 328

10.1. Определение экстремального элемента массива	328
10.1.1. Решение на базе полной формы условного оператора	329
10.1.2. Решение на базе сокращенной формы условного оператора	330
10.1.3. Модификации алгоритма	334
10.2. Задача поиска	338
10.2.1. Классический алгоритм решения задачи поиска	339
10.2.2. Простейшие модификации классического алгоритма решения задачи поиска	345
10.2.3. Бинарный поиск	350
10.3. Эффективность алгоритмов	356
10.3.1. Входы алгоритмов	357
10.3.2. Временная эффективность	357

10.3.3. Объемная эффективность	359
10.3.4. Характерный размер входа	360
10.3.5. Наилучший и наихудший случаи	361
10.3.6. Эффективность алгоритмов линейного поиска	363
10.3.7. Эффективность алгоритма бинарного поиска	365
Основные положения и выводы	366
Глава 11. Алгоритмы с кратными циклами	368
11.1. Операции с матрицами	368
11.1.1. Сложение матриц	368
11.1.2. Двойные суммы, произведения и экстремальные элементы матриц	374
11.1.3. Умножение матрицы на вектор	378
11.1.4. Умножение матриц	380
11.2. Задача сортировки	382
11.2.1. Сортировка прямым выбором	384
11.2.2. Сортировка прямыми вставками	393
11.2.3. Обменная сортировка	397
Основные положения и выводы	403
Глава 12. Введение в архитектуру компьютера	404
12.1. Память компьютера	405
12.1.1. Оперативная память	408
12.1.2. Внешняя память	410
12.2. Процессор	418
12.3. Шины компьютера	420
12.4. Системная плата и системный блок	421
12.5. Устройства ввода-вывода	422
12.5.1. Дисплей	422
12.5.2. Клавиатура	424
12.5.3. Манипулятор мышь	428
12.5.4. Принтер	428
12.5.5. Другие устройства ввода-вывода	429
12.6. Аппаратные средства компьютерных сетей	431
12.6.1. Линии связи	431
12.6.2. Классификация сетей по дальности передачи	431
12.6.3. Пропускная способность сети	433
12.6.4. Функциональные структуры сетей	433
12.7. Различные архитектуры компьютеров	434
12.8. Безопасная работа на компьютере	435
Основные положения и выводы	436
Глава 13. Программное обеспечение компьютера	437
13.1. Программное обеспечение и его структура	437
13.1.1. Системное программное обеспечение	438
13.1.2. Инструментальное программное обеспечение	440
13.1.3. Прикладное программное обеспечение	443
13.2. Версии и модификации программ	445
13.3. Распространение программных продуктов	446
13.4. Операционные системы и их основные функции	449
13.5. Интерфейс пользователя	451
13.5.1. Текстовый интерфейс пользователя	452
13.5.2. Табличный интерфейс пользователя	453
13.5.3. Графический интерфейс пользователя	454
13.6. Файловая система	455
13.6.1. Файл	455
13.6.2. Действия с файлами	456
13.6.3. Атрибуты файлов	457
13.6.4. Групповое имя файлов	459
13.6.5. Каталог	460
Основные положения и выводы	463

Часть II465

Основные разделы информатики465

Глава 14. Кодирование нечисловых данных 466

14.1. Неравномерное кодирование с ограничителями	466
14.2. Префиксные коды	468
14.2.1. Код Хаффмана	469
14.2.2. Адаптивные коды Хаффмана	476
14.3. Блочное кодирование	477
14.4. Арифметическое кодирование	478
14.5. Словарные способы кодирования	483
14.6. Кодирование графики	487
14.6.1. Растровая графика	487
14.6.2. Основные подходы к сжатию растровой графики	492
14.6.3. Другие виды графики	494
14.6.4. Графические форматы	496
14.7. Кодирование звука и видео	497
14.8. Коды Грея	501
14.8.1. Определение кода Грея	501
14.8.2. Построение кодов Грея	503
14.8.3. Применение кодов Грея	505
14.9. Принцип обезличенности кода	508
Основные положения и выводы	509

Глава 15. Помехоустойчивое кодирование 511

15.1. Теорема К. Шеннона о кодировании при наличии помех	512
15.1.1. Схема передачи сообщений	512
15.1.2. Пропускная способность и скорость передачи	514
15.1.3. Влияние помех на передачу сообщений	518
15.1.4. Принцип кодирования при наличии помех	520
15.1.5. Уточненная схема передачи сообщений	521
15.2. Основы обнаружения и исправления ошибок в кодах	522
15.2.1. Обнаружение одиночной ошибки	523
15.2.2. Исправление одиночной ошибки	524
15.3. Блочные коды	525
15.3.1. Систематический линейный блочный код	526
15.3.2. Несистематический код Хемминга	532
15.3.3. Оценки параметров помехоустойчивых кодов	535
15.4. Циклические коды	544
15.4.1. Начальные понятия модульной арифметики	544
15.4.2. Полиномы	549
15.4.3. Представление двоичных кодов в виде полиномов над полем GF(2)	556
15.4.4. Циклические сдвиги двоичных кодов	558
15.4.5. Кодирование и декодирование циклических кодов	559
15.4.6. Арифметика полей Галуа $GF(2^m)$	564
15.4.7. Коды Боуза — Чоудхури — Хоквингема	574
15.4.8. Коды Рида — Соломона и другие разновидности помехоустойчивых кодов	584
Основные положения и выводы	586

Глава 16. Подпрограммы. Рекурсия 588

16.1. Основы применения подпрограмм	588
16.1.1. Описания подпрограмм	591
16.1.2. Вызов подпрограмм	594
16.1.3. Процедуры и функции	596
16.2. Рекурсия	599
16.2.1. Рекурсивная подпрограмма вычисления факториала	601
16.2.2. Выполнение рекурсивной подпрограммы	602

16.2.3. Построение рекурсивных подпрограмм	606
16.2.4. Общие принципы построения рекурсивных подпрограмм	615
16.3. Рекурсивные функции. Тезис Черча	616
16.3.1. Примитивно-рекурсивные функции	619
16.3.2. Частично рекурсивные функции	622
16.3.3. Тезис Черча	625
Основные положения и выводы	626

Глава 17. Автоматы **628**

17.1. Абстрактный автомат	629
17.2. Машина Тьюринга	633
17.2.1. Устройство машины Тьюринга	634
17.2.2. Определение машины Тьюринга	635
17.2.3. Работа машины Тьюринга	638
17.2.4. Программа машины Тьюринга	639
17.2.5. Композиции машин Тьюринга	647
17.2.6. Разновидности машин Тьюринга	650
17.2.7. Тезис Тьюринга	660
17.2.8. Алгоритмически неразрешимые массовые проблемы	661
17.3. Магазинные автоматы и равнодоступные адресные машины	665
17.3.1. Устройство магазинного автомата	665
17.3.2. Определение магазинного автомата	667
17.3.3. Работа магазинного автомата	667
17.3.4. Машины с произвольным доступом к памяти	668
17.3.5. Устройство равнодоступной адресной машины	669
17.3.6. Система команд РАМ	672
17.3.7. Выполнение программы РАМ	676
17.3.8. Отличия РАМ от машины Тьюринга и магазинного автомата	677
17.3.9. Примеры анализа программ РАМ	678
17.4. Конечные автоматы	690
17.4.1. Устройство и определение конечного автомата	690
17.4.2. Работа конечного автомата	691
17.4.3. Применение конечных автоматов	692
17.4.4. Пример простого конечного автомата	693
17.4.5. Преобразования конечных автоматов	695
17.4.6. Частично определенные конечные автоматы	695
17.4.7. Недетерминированные конечные автоматы	698
17.4.8. Минимизация конечного автомата	705
17.5. Клеточные автоматы	708
17.5.1. Устройство клеточного автомата	709
17.5.2. Примеры одномерных клеточных автоматов	712
17.5.3. Пример двумерного клеточного автомата. Игра «Жизнь»	714
17.5.4. Формальное определение и общие принципы устройства и работы клеточного автомата	716
17.5.5. Классификация клеточных автоматов	716
17.5.6. Модификации клеточных автоматов	717
17.5.7. Применения модели клеточных автоматов	717
Основные положения и выводы	718

Глава 18. Корректность алгоритмов **721**

18.1. Правильность и корректность	721
18.1.1. Спецификация алгоритма	722
18.1.2. Верификация алгоритма	723
18.1.3. Развитие теории формальной верификации	724
18.2. Предикаты и верификация алгоритмов	725
18.2.1. Понятие предиката	725
18.2.2. Состояние алгоритма	727
18.2.3. Спецификации и верификационные утверждения	728
18.3. Основные понятия логики Хоара	729
18.4. Верификация линейных алгоритмов	731
18.4.1. Аксиома присваивания	731

18.4.2. Правило композиции	735
18.4.3. Примеры верификации линейных алгоритмов	736
18.5. Верификация алгоритмов с ветвлениями	740
18.5.1. Правила вывода для условных операторов	740
18.5.2. Верификация алгоритма с двумя полными ветвями	741
18.5.3. Верификация алгоритма с пустой ветвью	743
18.5.4. Верификация алгоритма с тремя ветвями	745
18.6. Верификация циклов	746
18.6.1. Инвариант цикла	747
18.6.2. Завершаемость цикла	751
18.6.3. Верификация алгоритма вычисления чисел Фибоначчи	752
18.6.4. Верификация алгоритма определения экстремального элемента массива	754
18.6.5. Верификация алгоритмов линейного поиска	757
18.6.6. Верификация алгоритма бинарного поиска	761
18.6.7. Верификация алгоритма сортировки выбором	764
18.7. Основные проблемы верификации алгоритмов	767
Основные положения и выводы	768
Глава 19. Вычислительная сложность алгоритмов и задач	770
19.1. Вычислительная сложность алгоритмов	770
19.1.1. Модель вычислений и вычислительная сложность	771
19.1.2. Анализ основных управляющих конструкций	775
19.1.3. Анализ рекурсивных подпрограмм	780
19.1.4. Классификация функций вычислительной сложности	791
19.2. Асимптотическая сложность алгоритмов	793
19.2.1. Асимптотические обозначения	795
19.2.2. Получение верхних асимптотических оценок	802
19.2.3. Шкала оценок асимптотических сложностей	804
19.2.4. Замечания к использованию асимптотических оценок	805
19.3. Классы сложности задач	806
19.3.1. Эталонные задачи	808
19.3.2. Сводимость задач	813
19.3.3. Классы сложности задач	814
Основные положения и выводы	818
Глава 20. Введение в теорию языков и трансляторов	820
20.1. Цепочки	820
20.1.1. Характеристики цепочек	821
20.1.2. Операции над цепочками	821
20.1.3. Выводимость цепочек	826
20.1.4. Регулярные множества	828
20.2. Нормальные алгоритмы Маркова	830
20.3. Регулярные выражения	833
20.3.1. Синтаксис регулярных выражений	836
20.4. Языки	844
20.4.1. Особенности естественных языков	845
20.4.2. Особенности языков автоматических устройств	846
20.4.3. Особенности языков программирования	847
20.4.4. Способы описания языков программирования	847
20.4.5. Формальные языки	855
20.4.6. Порождение и распознавание языков	857
20.5. Начала теории формальных грамматик	858
20.5.1. Понятие формальной грамматики	858
20.5.2. Связь между грамматикой и порождаемым языком	861
20.5.3. Эквивалентность и однозначность грамматик	864
20.5.4. Классификация грамматик и языков Н. Хомского	867
20.6. Первичные понятия трансляции	873
20.7. Начала лексического анализа	879
20.7.1. Построение регулярного выражения по регулярной грамматике	883
20.7.2. Построение конечного автомата по регулярной грамматике	887

20.8. Начала синтаксического анализа	894
20.8.1. Проблемы построения синтаксических анализаторов	895
20.8.2. Приведенные грамматики	896
20.8.3. Нисходящий распознаватель с возвратом	900
20.8.4. Другие распознаватели	909
20.8.5. Последующие этапы трансляции	911
Основные положения и выводы	912
Глава 21. Низкоуровневая архитектура компьютера	916
21.1. Логические основы архитектуры компьютера	916
21.1.1. Понятие такта	916
21.1.2. Вентили	918
21.1.3. Комбинационные схемы	925
21.1.4. Схема памяти на базовых вентилях	934
21.1.5. Интегральные схемы	937
21.2. Введение в архитектуру компьютера на базе процессора i8086	939
21.2.1. Программная модель компьютера	940
21.2.2. Машинные команды процессора i8086	949
21.3. Параллелизм в архитектуре компьютера	956
21.3.1. Архитектура фон Неймана	958
21.3.2. Параллелизм в архитектуре начального периода	959
21.3.3. Направления дальнейшего развития параллелизма	965
21.4. Параллелизм в работе процессора	966
21.4.1. Микроархитектура процессора	966
21.4.2. Конвейерная архитектура процессора	969
21.4.3. Суперскалярная архитектура процессора	973
21.4.4. Динамическое исполнение машинных команд	974
21.5. Память компьютера	983
21.5.1. Микросхемы памяти	985
21.5.2. Кэш	986
21.6. Шины компьютера	988
Основные положения и выводы	993
Глава 22. Разработка программного обеспечения	996
22.1. Качество программного обеспечения	998
22.2. Надежность программного обеспечения	1001
22.3. Жизненный цикл программного обеспечения	1005
22.3.1. Процессы и стадии жизненного цикла	1006
22.3.2. Варианты жизненного цикла программного обеспечения	1009
22.4. Методологии разработки программного обеспечения	1013
22.4.1. Императивные методологии	1016
22.4.2. Объектно-ориентированная методология	1021
22.4.3. Декларативные методологии	1027
22.5. Технологии разработки программного обеспечения	1033
22.5.1. Формирование требований	1034
22.5.2. Проектирование программного обеспечения	1042
22.5.3. Стадия программирования	1056
22.5.4. Стадия тестирования	1070
Основные положения и выводы	1086
Контрольные вопросы	https://goo.gl/43HwXi
Приложение. Векторы и матрицы	https://goo.gl/43HwXi
Литература	https://goo.gl/43HwXi
Краткая биографическая справка	https://goo.gl/43HwXi