

1 2013

41 275

АЛГОРИТМЫ
И ПРОГРАММЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ЗАВИСИМОСТЕЙ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора	3
---------------------------------	---

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПО ВЫБОРКАМ ОГРАНИЧЕННОГО ОБЪЕМА

Глава 1. Задачи восстановления зависимостей	6
§ 1. Задача обучения распознаванию образов	6
§ 2. Задача восстановления регрессии	8
§ 3. Задача интерпретации результатов косвенных экспериментов	11
§ 4. Некорректно поставленные задачи	12
§ 5. Задача минимизации среднего риска по эмпирическим данным	16
§ 6. О точности и надежности минимизации риска по эмпирическим данным	17
§ 7. О точности восстановления зависимости по эмпирическим данным	18
§ 8. Особенности задач восстановления зависимостей	21
Глава 2. Проблема минимизации среднего риска	23
§ 1. Проблема больших выбросов	23
§ 2. Априорная информация в задачах восстановления зависимостей по эмпирическим данным	27
§ 3. Два механизма минимизации среднего риска	29
§ 4. Задача восстановления плотности распределения вероятности	32
§ 5. Равномерная близость эмпирических средних к математическим ожиданиям	35
§ 6. Замечания о двух механизмах минимизации среднего риска по эмпирическим данным	37
§ 7. Оценка распределения вероятности дискретной случайной величины, принимающей конечное число значений	39
Глава 3. Метод минимизации эмпирического риска в задаче восстановления зависимости	42
§ 1. Метод минимизации эмпирического риска	42
§ 2. Частный случай	43
§ 3. ε -сеть множества	47
§ 4. Емкость множества функций	49
§ 5. Основные теоремы	51
§ 6. Замечания	53
Глава 4. Метод структурной минимизации риска	55
§ 1. Идея метода структурной минимизации риска	55
§ 2. Оценка «скользящий контроль»	59
§ 3. Эквивалентное представление оценки «скользящий контроль». $J_p(x_1, y_1, \dots, x_n, y_n)$ -статистики	61

§ 4.	Восстановление индикаторной функции в классе линейных решающих правил	65
§ 5.	Восстановление регрессии в классе полиномов	67
§ 6.	Использование оценки «скользящий контроль» для восстановления регрессии в классе линейных по параметрам функций	69
§ 7.	Использование оценки среднего риска для восстановления регрессии в классе линейных по параметрам функций	72
§ 8.	Селекция обучающей последовательности	74
§ 9.	Некорректные задачи интерпретации результатов косвенных экспериментов	75
§ 10.	Теоремы об интерпретации результатов косвенных экспериментов	77
§ 11.	Несколько общих замечаний	79
Глава 5.	Восстановление значений функции в заданных точках	81
§ 1.	Схема минимизации суммарного риска	81
§ 2.	Метод структурной минимизации суммарного риска	83
§ 3.	Оценка равномерного уклонения частот в двух подвыборках	85
§ 4.	Оценка равномерного относительного уклонения средних в двух подвыборках	87
§ 5.	Восстановление значений индикаторной функции в классе линейных решающих правил	88
§ 6.	Восстановление значений произвольной функции в заданных точках	91
§ 7.	Селекция векторов полной выборки	92
§ 8.	Восстановление значений индикаторной функции в классе кусочно-линейных решающих правил	94
§ 9.	Восстановление значений произвольной функции в классе кусочно-линейных функций	96
§ 10.	Локально-линейные алгоритмы восстановления значений индикаторной функции	96
§ 11.	Локально-линейные алгоритмы восстановления значений произвольной функции	99
§ 12.	Замечания о восстановлении значений функции	101
§ 13.	Приложение к главе. Задача таксономии	101
	Замечания к теории восстановления зависимостей	104

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Глава 6.	Методы обучения распознаванию образов	108
§ 1.	Построение разделяющей гиперплоскости	108
§ 2.	Метод максимизации квадратичной формы	111
§ 3.	Построение обобщенного портрета	113
§ 4.	Проверка качества построенной разделяющей гиперплоскости	117
§ 5.	Построение гиперплоскости в оптимальном подпространстве признаков	117
§ 6.	Построение кусочно-линейной разделяющей поверхности	118
§ 7.	Локально-линейные методы распознавания образов	120
§ 8.	Восстановление значений функции в заданных точках в классе линейных решающих правил	120
§ 9.	Восстановление значений функции в классе кусочно-линейных индикаторных функций	122
§ 10.	Локально-линейные методы восстановления значений функции	123
§ 11.	Разбиение значений непрерывного признака на градации	123

Глава 7. Вычислительные процедуры комплекса «обобщенный портрет»	126
§ 1. Описание алгоритмического комплекса ОР	126
§ 2. Блок VOP.	127
2.1. Основной алгоритм (128). 2.2. Подблок SGRAD (130). 2.3. Подблок VIBR (132). 2.4. Подблок DOBAV (134). 2.5. Подблок VIXR (135).	
§ 3. Алгоритм ОР	136
3.1. Основной алгоритм (137). 3.2. Блок FORMAS (137). 3.3. Блок ISKL (138). 3.4. Блок CRIT (138). 3.5. Блок EXAM (141).	
§ 4. Алгоритм SCONT	142
§ 5. Алгоритм NMIN построения разделяющей гиперплоскости в оптимальном подпространстве признаков	143
5.1. Основной алгоритм (146). 5.2. Модификация NMIN1 (147). 5.3. Модификация NMIN2 (147). 5.4. Модификация NMIN3 (148).	
§ 6. Алгоритм KLOP построения кусочно-линейной разделяющей поверхности	149
§ 7. LOKOP — локально-линейный алгоритм построения решающего правила	152
§ 8. Алгоритм SUMR восстановления в классе линейных решающих правил значений индикаторной функции в заданных точках	154
§ 9. Алгоритм SUMKL восстановления в классе кусочно-линейных решающих правил значений индикаторной функции в заданных точках	157
§ 10. Алгоритм SUMLOK восстановления в классе локально-линейных решающих правил значений индикаторной функции в заданных точках	157
§ 11. Вспомогательные и сервисные алгоритмы	159
11.1. Вспомогательный алгоритм GRAD (159).	
Глава 8. Комплекс программ обучения распознаванию образов FOP	161
§ 1. Описание комплекса FOP	161
1.1. Состав и структура комплекса (161). 1.2. Управляющие данные программы FOP (164). 1.3. Обмен данными между программами комплекса FOP (171). 1.4. Обмен данными между основной программой FOP и ее подпрограммами (172). 1.5. Особенности представления данных в комплексе FOP (172).	
§ 2. Управляющая программа FOP	178
2.1. Описание управляющей программы FOP (178). 2.2. Подпрограмма FORMAS (181). 2.3. Подпрограмма ISKL (183). 2.4. Подпрограмма CRIT (184). 2.5. Подпрограмма EXAM (184). 2.6. Подпрограмма INFOR (185). 2.7. Диагностика ошибок управляющей программы (185).	
§ 3. Базовая конструкция комплекса FOP	189
3.1. Описание (189). 3.2. Подпрограмма SGRAD (191). 3.3. Подпрограмма VIBR (191). 3.4. Подпрограмма DOBAV (192). 3.5. Подпрограмма VIXR (192).	
§ 4. Подпрограмма SCONT	193
§ 5. Подпрограмма NMIN	193
5.1. Режим NMIN1 (194). 5.2. Режим NMIN2 (195). 5.3. Режим NMIN3 (195).	
§ 6. Подпрограмма SUMR	195
§ 7. Подпрограмма KLOP	198
§ 8. Подпрограмма LOKOP	200

§ 9. Программа СОЕМА	202
§ 10. Программа GRAD	205
10.1. Основная программа (205). 10.2. Подпрограмма G1 (209).	
§ 11. Типовые задания	210
11.1. Задание для реализации режимов управляющей программы FOP, соответствующих $IKL = 0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9$ (211).	
11.2. Задание для реализации режимов программы FOP, соответствующих $IKL = 5, 8$ (212). 11.3. Примеры подготовки данных для программы ВВОД (213). 11.4. Типовое задание для программы GRAD (214). 11.5. Использование программы СОЕМА (215). 11.6. Пример задания для программы ТАКСОН в ОС (217).	
§ 12. Тестовые примеры	217
Глава 9. Тексты программ комплекса FOP	232
§ 1. Текст программы FOP	232
§ 2. Текст подпрограммы SCONT	285
§ 3. Текст подпрограммы NMIN	291
§ 4. Текст подпрограммы KLOP	306
§ 5. Текст подпрограммы LOKOP	317
§ 6. Текст подпрограммы SUMR	329
§ 7. Текст программы СОЕМА	344
§ 8. Текст программы GRAD	350
§ 9. Текст программы RAPR	365
Добавление. Минимизация среднего риска в классе кусочно-постоянных решающих правил	367
§ 1. Особенности минимизации риска в классе кусочно-постоянных решающих правил	367
§ 2. Алгоритм восстановления значений индикаторной функции	373
§ 3. Программа РЕКТОР	375
§ 4. Текст программы РЕКТОР	378

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ

Глава 10. Алгоритмы восстановления многомерной регрессии	387
§ 1. Восстановление многомерной регрессии методом структурной минимизации	387
§ 2. Линейная оценка регрессии. Алгоритмы ЛИР и ЛИР-3	389
§ 3. Линейная оценка многомерной регрессии с селекцией выборки. Алгоритмы ЛИРС и ЛИРС-3	391
§ 4. Пошаговая линейная оценка регрессии. Алгоритмы ПОР и ПОР-3	393
§ 5. Восстановление регрессии в классе кусочно-линейных функций. Алгоритмы КРЕГ и КРЕГ-3	397
§ 6. Локальный алгоритм восстановления значений регрессии (алгоритм ЛОР)	399
Глава 11. Комплект программ ВОЛНА для восстановления многомерной регрессии	401
§ 1. Методика решения задачи восстановления многомерной регрессии на ЭВМ	401
§ 2. Программа ВВОД	403
§ 3. Подпрограмма MASK	405

§ 4. Программа ВОЛНА. Алгоритмы восстановления регрессии ЛИР, ЛИР-3, ЛИРС, ЛИРС-3, ПОР и ПОР-3	410
§ 5. Программа ВОЛНА. Алгоритмы восстановления регрессии КРЕГ, КРЕГ-3 и ЛОР	414
§ 6. Диагностические сообщения программ	416
§ 7. Примеры составления пакетов заданий для операционной системы ДОС ЕС	418
§ 8. Замечания по организации вычислений с помощью комплекта программ ВОЛНА	422

Глава 12. Программы восстановления многомерной регрессии	424
§ 1. Программа ВВОД	424
§ 2. Подпрограмма MASK	427
§ 3. Программа СОВА	429
§ 4. Программа ТАКСОН	432
§ 5. Программа НОРМА и подпрограмма ОКРЕСТНОСТЬ	435
§ 6. Программа ВОЛНА	437
§ 7. Подпрограммы MODMAC, МНК, КРТР и FINPR программы ВОЛНА	441
§ 8. Тестовые примеры	445

Глава 13. Тексты программ восстановления многомерной регрессии	450
§ 1. Текст программы ВВОД	450
§ 2. Текст подпрограммы DIN	454
§ 3. Текст подпрограммы MASK	455
§ 4. Текст программы СОВА	460
§ 5. Текст программы ТАКСОН	470
§ 6. Текст программы НОРМА	481
§ 7. Текст подпрограммы ОКРЕСТНОСТЬ	483
§ 8. Текст программы ВОЛНА	486

Добавление. Гребневые оценки в задачах распознавания образов и восстановления регрессии	527
§ 1. Алгоритмы построения гребневых оценок	527
§ 2. Программа ЛИРИСК построения гребневых оценок	530
§ 3. Программа ЛИРИСК. Описание для пользователя	531
§ 4. Программа ЛИРИСК. Описание для программиста	535
§ 5. Текст программы ЛИРИСК	537

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Глава 14. Алгоритмы восстановления одномерных зависимостей	557
§ 1. Алгоритмы восстановления одномерной регрессии	557
§ 2. Алгоритмы решения одномерных обратных задач	562
§ 3. Алгоритм ЕС регуляризации системы линейных алгебраических уравнений с выбором оптимальной величины параметра регуляризации	569

Глава 15. Программы восстановления одномерной регрессии	572
§ 1. Программа POLREG для построения полиномиального приближения регрессии	572
§ 2. Программа SPLREG для построения кубического сплайн-приближения регрессии	576

§ 3. Программа SIPORG для построения полиномиального приближения регрессии с селекцией данных	581
§ 4. Программа SISPRG для построения кубического сплайн-приближения регрессии с селекцией данных	585
Глава 16. Программы решения одномерных обратных задач интерпретации результатов косвенных экспериментов	591
§ 1. Программа POLILL для решения обратных задач в классе полиномов	591
§ 2. Программа SPLILL для решения обратных задач в классе кубических сплайнов	596
§ 3. Программа SIPOLI для решения обратных задач в классе полиномов с одновременной селекцией данных	602
§ 4. Программа SISPII для решения обратных задач в классе кубических сплайнов с одновременной селекцией данных	606
§ 5. Программа REGILL для решения обратных задач методом регуляризации с выбором оптимальной величины параметра регуляризации	611
Глава 17. Вспомогательные подпрограммы и алгоритмы	616
§ 1. Подпрограмма-функция PX	616
§ 2. Алгоритм построения фундаментальных кубических сплайнов	616
§ 3. Подпрограмма MATRB	621
§ 4. Подпрограмма SPLINE	622
§ 5. Подпрограмма KERMAT для вычисления матрицы системы линейных уравнений, соответствующей интегральному уравнению I рода	624
Глава 18. Тексты программ восстановления одномерных зависимостей	626
§ 1. Подпрограмма POLREG	626
§ 2. Подпрограмма SPLREG	630
§ 3. Подпрограмма SIPORG	636
§ 4. Подпрограмма SISPRG	641
§ 5. Подпрограмма POLILL	648
§ 6. Подпрограмма SPLILL	653
§ 7. Подпрограмма SIPOLI	662
§ 8. Подпрограмма SISPII	669
§ 9. Подпрограмма REGILL	678
§ 10. Вспомогательные подпрограммы	684
Добавление. Восстановление плотности вероятности	688
§ 1. Восстановление функции плотности — некорректная задача	688
§ 2. Метод структурной минимизации риска в задаче восстановления плотности вероятности	689
§ 3. Программа DENSIT для нахождения оценки функции плотности вероятности по выборке	692
§ 4. Отладочный пример	696
§ 5. Текст программы DENSIT	698

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

РАБОТА С КОМПЛЕКСОМ ПРОГРАММ

Глава 19. О задачах восстановления зависимостей	708
§ 1. Задача построения моделей процессов и явлений	708
§ 2. Задачи распознавания образов	711
2.1. Особенности постановки (711). 2.2. Пространство признаков и решающее правило (714). 2.3. Решение задач рас-	

познавания (718). 2.4. Задача распознавания заданных объектов (721). 2.5. Выбор алгоритма для классификации заданных объектов (722). 2.6. Алгоритм, реализующий кусочно-постоянное решающее правило (723).	
§ 3. Задачи восстановления регрессии	723
3.1. Особенности постановки (723). 3.2. Выбор класса зависимостей (725). 3.3. Выбор структуры (730). 3.4. Селекция, выборки (732). 3.5. Восстановление значений функции в заданных точках (733). 3.6. Алгоритм, использующий гребневые оценки (735).	
§ 4. Задачи интерпретации результатов косвенных экспериментов	735
4.1. Особенности постановки (735). 4.2. Некорректность — общее свойство задач восстановления зависимостей (739). 4.3. Особенности алгоритмов интерпретации косвенных экспериментов (743). 4.4. Задача восстановления плотности вероятности (746).	
Глава 20. Методика работы с комплексом программ восстановления зависимостей	751
§ 1. Подготовка исходного материала	751
§ 2. Работа с комплексом программ распознавания образов	757
2.1. Особенности комплекса (757). 2.2. Подготовка и ввод исходных данных (760). 2.3. Выбор и реализация алгоритмов (764). 2.4. Особенности работы с алгоритмами линейной классификации (772). 2.5. Особенности работы с кусочно-линейными алгоритмами (775).	
§ 3. Работа с комплексом программ восстановления многомерной регрессии	776
3.1. Особенности комплекса (776). 3.2. Подготовка исходных данных (779). 3.3. Выбор и реализация алгоритмов построения многомерной регрессии (779). 3.4. Особенности работы с линейными алгоритмами в исходном пространстве параметров (785). 3.5. Особенности работы с алгоритмами восстановления линейной регрессии в пространстве собственных векторов (789). 3.6. Особенности работы с кусочно-линейными алгоритмами (791).	
§ 4. Работа с комплексом программ восстановления одномерных зависимостей	792
4.1. Особенности комплекса (792). 4.2. Выбор программы (793). 4.3. Особенности работы с программами восстановления одномерной регрессии (795). 4.4. Особенности работы с программами интерпретации результатов косвенного эксперимента (797). 4.5. Особенности работы с подпрограммой REGILL (798).	
Литература	802
Предметный указатель	805