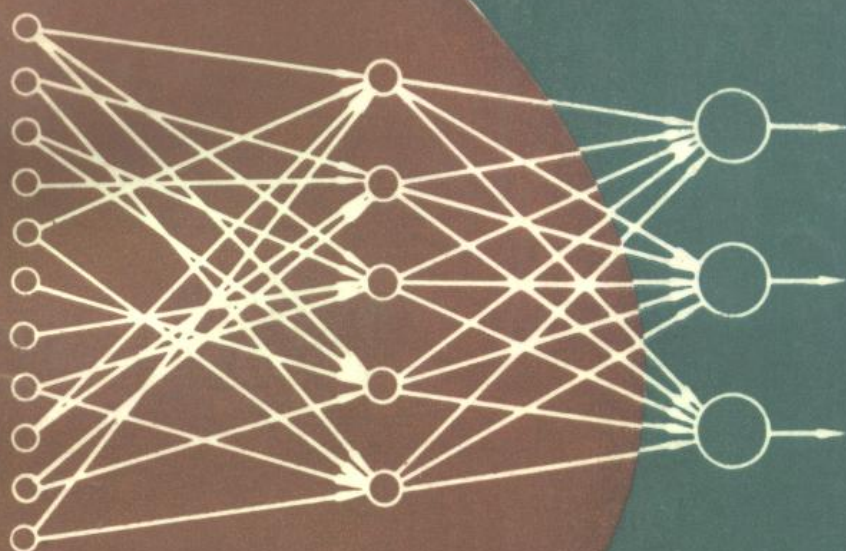




机器识别方法与系统

〔苏〕B. И. 瓦西里耶夫 著

科学出版社

机器识别方法与系统

〔苏〕B. И. 瓦西里耶夫 著

边肇祺 阎平凡 译

科学出版社

JS440/11

内 容 简 介

本书是一本全面深入地阐述机器识别的理论、方法和系统的专著。全书分为两大部分。第一部分主要叙述识别理论及各种识别方法。第二部分主要介绍视觉图象的识别,语音识别,感知器的试验模型,控制问题中的学习识别系统,试验识别程序及实用算法等。本书的特点是:理论严谨、取材精炼、思路新颖,书中的一些内容是在其他书中未曾见到的。例如,书中较深入地讨论了不变性原理在机器识别中的作用,介绍了经验风险最小化的误识率计算方法,精辟地论述了感知器的基本概念、工作原理、收敛性质和试验模型等,这些内容对于当前人工智能中的一个重要课题——人工神经网络的研究有着重要的参考价值。

本书可供从事人工智能、模式识别、信息与控制、计算机应用与应用数学研究的科技人员阅读,也可供高等院校有关专业的教师、研究生及高年级学生参考。

В. И. Васильев
РАСПОЗНАЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Издательство «Наукова думка», 1983

机器识别方法与系统

〔苏〕В. И. 瓦西里耶夫 著

边肇祺 阎平凡 译

责任编辑 鞠丽娜

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991年3月第一版 开本: 787×1092 1/32
1991年3月第一次印刷 印张: 18 3/8
印数: 0001—4 200 字数: 413 000

ISBN 7-03-001967-9/TP·147

定价: 17.30 元

译 者 的 话

模式识别和人工智能是 60 年代以来得到迅速发展的一门新兴学科。由于它的研究对象是用机器实现人脑的学习、识别和思维等智能，因此它的研究成果一开始就受到了许多学科领域科研人员的注意，并吸引了越来越多的人从事这方面的研究工作。我国机器智能的研究虽然从 70 年代中期才开始起步，但是发展很快，短短十几年中各地已成立了不少研究所，高等学校也设置了有关专业，特别是这几年又建成了几个模式识别和人工智能国家开放实验室。在这期间，出版了不少有关著作和译著，其中多数反映了西方资本主义国家在这方面的研究成果，而对苏联在这个领域中所进行的大量工作和研究成果反映较少。为了促进中苏两国今后的文化和科技交流，我们选择并翻译了这本在识别理论及智能系统方面较有学术价值的著作。希望读者通过本书能深入了解苏联学者的学术观点以及已经取得的重大成就。

与同类的其他著作比较，我们认为这本书完整、全面地阐述了机器学习的基本观点、理论和方法，总结了近 20 年来所取得的重大成就，对于一些发展过程中的重要结果给予了精炼的表述和说明。例如本书第三章在对感知器的基本概念、工作原理、收敛性质做了深入的分析后，还对它的各种发展形式如三层感知器、多层感知器、具有自适应联系的四层感知器以及有交叉联系的感知器等都做了很好的说明和讨论。这一部分内容正是人工神经网络研究者当前十分感兴趣的。又如在第七章讲述统计识别方法时，重点介绍了苏联学者 B. H. 瓦普尼克和 A. Я. 契瓦尔年基斯的经验风险最小化和

有序风险最小化方法。他们用概率统计方法严格论证了模式识别学习问题中的学习样本数、样本特征维数与分类器的误识率和可靠性之间的定量关系,正如 B. A. 科瓦连斯基在第四届国际模式识别会议大会特邀报告中指出的那样,是从根本上解决了统计模式识别的理论问题。书中很多其他内容,如容许变换方法、模式识别的自学习理论、子样的信息性质等内容都很好地反映了苏联在这方面的研究成果。本书的最后一章介绍了一些在苏联有代表性的模式识别算法,我们曾用其中的广义肖像算法做分类器设计,得到了很好的效果。

本书的作者参与了苏联模式识别这个学科发展全过程的工作,因此十分了解苏联学者在此领域中从理论到实际装置所取得的成果。正如苏联著名信息专家 A. Г. 伊瓦赫年科在评论本书时所指出的:“只有亲自经历过从实现 α 二值识别系统到研究随机过程的识别和预测算法这整个模式识别理论发展全过程的作者才能写得出这样的著作”。

我们希望这本译著的出版不仅能使广大读者了解苏联学者在这个领域中已经取得的成就,而且能使他们今后更加注意苏联在这个领域中的工作进展,以便更好地推动我们的研究工作。

上海交通大学李介谷教授对本书的部分译文进行了校阅,并提出了宝贵的修改意见,在此谨致谢意。

本书第一章到第九章由边肇祺翻译,第十章到第廿六章由阎平凡翻译。由于译者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者给予指正。

译者

1989 年 10 月

第二版前言

模式识别学习问题对于许多科学和技术领域都是一个十分重要的新课题。对这个问题的基础理论进行研究并提出相应的解决方法就有可能理解人脑的一个最重要的性质——人脑的学习能力。研究工作者不仅仅是出于好奇心向这个研究目标前进，同时也是为了寻找解决人工智能中许多新课题的线索并大大扩展当前和今后的电子计算机的应用范围。

自这个领域发表最初的一些论文以来已经有 15 到 20 年了，在这段期间研究工作取得了显著的成就。但是如果我们不停留在研制那些能够解决一系列模式识别任务的有成效的实际的识别机器上，而去观察一下问题的本质，就会发现研究工作中有些最重要的方面没有引起大家的重视。在这种情况下，明确地划清我们现在能够做些什么和已经还不能做些什么之间的界限是很有好处的。这对于那些刚刚开始从事这方面工作的研究人员是很重要的，因为这样他们就可以知道，他们所进行的究竟是什么样的工作，他们在工作过程中会遇到什么样的困难和挫折，而在不成功的情况下，怎样采取下一步行动。这不仅对原来的那些对前景过于乐观的人有好处，而且对于那些在解决具体任务时不止一次地碰到不可克服的困难从而产生悲观情绪的人也同样重要。如果我们可以精确地表述我们能够做些什么和暂时还不能做些什么，那么在解决模式识别的具体学习问题时，就可以预见到所能得到的结果，并且不会由于某个具体问题的成功解决或者一系列个别

问题的顺利解决而把解决方法任意扩大应用到其他问题中去。反过来,我们也不会因为没有对所有问题都适用的方法而不去研究针对具体问题的解决方案。

为什么在已经取得感兴趣的部分成果的情况下,我们仍然认为模式识别中的学习问题离开真正解决还差得很远呢?下面的一种看法不是没有道理的。这就是我们在解决学习问题时,对于问题本身人为地进行了简化,即把问题简化到能够用我们已经研究出来的方法去求解的程度。因此,有些研究工作者就着重对模式(输入信号)的描述方法进行研究,他们认为一个好的描述方法(用好的特征表示模式)可以使模式识别在这种描述所确定的空间中容易地实现。他们的注意力总是放在利用先验信息对模式进行启发式描述的一般原则的研究上。还有一些研究工作者探讨对模式进行变换的容许变换集合,并构造出模式的合适模型以及相应的泛函表达式,从而把模式识别问题转化为在容许变换集合的范围内,对泛函求极值的问题。最后一类研究人员一般地把模式识别学习问题看成是在某个特定的决策规则类中求风险最小化问题,他们在对模式进行启发式描述时,不再局限于只是利用先验信息。大多数模式识别工作者是按照这样的观点进行工作的。

上面所说的对模式识别学习问题的不同理解自然引起了研究工作上的各种竞争。这一点很容易从反映不同工作方向的论著中看出。我们丝毫也不想去贬低每一个方向上已经取得的成就,但是也必须指出,没有一个方向能够完全地解决模式识别的学习问题,同时可以认为如何对所有这些方向进行综合的问题已经成为学习问题的研究对象。

自本书第一版问世以来,已经过去 10 年了^[5]。这期间又开展了许多新的工作。这些工作的研究方向或者是对已有的识别方法的进一步发展,或者是开辟了解决这个问题的新途

径。在这一版中，我们力图把所有解决模式识别问题的方法加以系统化，并叙述在解决模式识别学习问题上已取得的基本结果；我们的目的是整理出构造模式识别算法的基本规则，而不是对算法的一些个别特点进行讨论。我们认为，读者在熟悉了这些基本规则后，可以在这些规则的指导下，自己设计出各种算法。

本书引用了许多有关著作中的内容。正如第一版那样，我们的基本目的是合理地选择这些内容并且完整地对他们加以叙述。模式识别学习问题的研究现状不得不使本书的内容放在理论问题、方法和算法方面，而不去描述实际装置的特性。因此本书的大部分篇幅是讨论理论问题，同时也用相当多的篇幅叙述实际的模型和程序。本书是在参考苏联出版的许多有关著作的内容基础上写成的，只是在某些问题上，由于国内的资料不够充分，才引用了一些国外文献上的结果。

本书由两部分组成。第一部分叙述基本理论（我们没有给出理论的证明，但是指出了可以找到证明的有关文献），第二部分给出了学习、自学习以及原始数据处理的基本算法。如果本书的内容能够引起读者的兴趣，并能帮助他们了解模式识别的基本理论以及模式识别能够做些什么，作者则认为本书的目的已经达到。

有许多人对本书的编写给予了大量的帮助，他们是：А. Г. 伊瓦赫年科，В. В. 帕夫洛夫，В. И. 伊万涅伊科，Е. Л. 尤先科，В. А. 科瓦连斯基，Н. Г. 扎戈鲁伊科，Л. А. 拉斯特里金，М. И. 施莱辛格，В. В. 科诺瓦连科，Ф. П. 奥夫相尼科娃，В. И. 雷巴克，А. Г. 弗兰楚兹，Г. Л. 吉梅利法尔伯，В. И. 布利诺夫，П. Н. 科瓦利，В. К. 基科，Ю. П. 扎伊琴科，И. Ю. 拉扎连科，Г. А. 亚历山德罗娃，

В. В. 霍緬科。作者請 А. Г. 弗蘭楚茲為本書寫了第六章，
請 В. И. 雷巴克和 Г. Л. 吉梅利法爾伯寫了第十章，在此
對他們表示衷心的感謝。

作者

第一版代序

目前已经有不少讨论模式识别问题的论文发表,因此很有必要出版一本系统地总结这个领域重要成果的专著供广大科技工作者学习和参考。我国在这个领域中的第一本著作是由现代信息论的奠基人之一,卓越学者 A. A. 哈尔开维奇院士在 1959 年完成的。

此后,在乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院电工研究所建立了 α 识别系统。本书的作者参加了这个系统的研制工作。当时这个系统采用了一种专门的特征传感装置,经过试验证明,这个系统在无人介入的情况下,能够依靠正反馈作用自动地进行分类工作。1962 年,人们把识别系统的自组织课题表述为变分问题,并且研究了计算机上的自组织过程。同年 B. M. 格鲁斯科夫院士构造了一个三级感知器的数学模型。1962—1965 年乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院控制论研究所研究出模式识别的相关算法并制成“察尔斯”自动阅读机。由此可见,乌克兰学者对于苏联在这个学科领域的发展做出了重大的贡献。本书作者参与了上述所有研究工作,因此他所写的这本书反映了这个领域的新思想和新成果。只有亲自经历过从实现 α 二值识别系统到研究随机过程的识别和预测算法这整个模式识别理论发展全过程的作者才能写得出这样的著作。

本书是一本系统而全面的著作,它既注意反映乌克兰学派的工作,也注意总结苏联的其他学者的工作,当然,由于作者自己的工作经历,本书不可避免地对乌克兰学者工作的成

果叙述得更详细些。

这本书的任务是要帮助从事控制论研究的各方面人士尽快熟悉模式识别理论当前需要解决的所有课题。为此，作者参考了许多非常专门的著作，特别是对发表在文献上的内容进行了合理的选择，并尽量加以完整的表述而又不丢失每篇论文的精华。我认为本书的作者很好地完成了这个任务。

本书对于模式识别理论中的问题做了公正和客观的叙述。这些问题对于这个年轻的学科来说仍然还处于讨论和研究的阶段。

本书的缺点可能是过于公正，但不这样做，就不能反映出整个问题的全貌。这一点大家都能理解。当然，本书还有一些别的缺点，例如对于变化过程中的模式（如著名的蝌蚪变为青蛙的问题）的动态识别讨论得很少。然而本书的确是一本很有用的书，读者会从中得到很大启发并对本书发生浓厚兴趣。这是因为读者在这本书内不仅可以熟悉识别问题的各种解决方法，而且还可以找到许多关于自动阅读机、语言识别装置以及感知器系统等多方面的内容。

乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院通讯院士

A. Г. 伊瓦赫年科

目 录

第 一 部 分

第一章	模式识别理论的基本概念和定义	1
1.1	模式的概念	1
1.2	图形、状态、情势、模式	4
1.3	模式识别的学习问题	5
1.4	识别和结构描述	9
1.5	图形变换为代码	10
1.6	图形的特征和描述	16
1.7	用向量的形式表示图形	18
1.8	图形的紧致集和紧致性假设	20
1.9	图形变换和描述变换	25
1.10	初始描述变换和描述不充分性测度	28
1.11	图形的相似性	30
1.12	图形的不变性描述	31
1.13	描述的信息性	35
1.14	特征有效性准则	37
1.15	识别的可靠性和品质	39
第二章	简单的专用识别方法	42
2.1	与范型匹配的方法	42
2.2	探针法	43
2.3	图形标记方法	45
2.4	识别的准拓扑方法	46
2.5	α 识别系统	48
第三章	感知器	51
3.1	感知器的工作原理	51

3.2	基本概念和定义	54
3.3	基本 α 感知器	59
3.4	基本感知器的 G 矩阵	61
3.5	具有不同 $S-A$ 连接分布的感知器	62
3.6	某些基本感知器的变形	64
3.7	解的存在理论	68
3.8	关于训练过程收敛的定理	69
3.9	诺维科夫定理	71
3.10	具有序贯连接的三层感知器的可能性	73
3.11	多层感知器	75
3.12	A 元素层间连接权为常数的四层感知器	77
3.13	在末级前一层有自适应连接的四层感知器	80
3.14	交叉连接感知器	84
3.15	感知器的“语言”和“风格”	85
第四章	位函数方法	89
4.1	位函数方法的几何解释	89
4.2	位函数方法的一般递归程序	93
4.3	位函数方法算法的变形	95
4.4	位函数方法递归程序的收敛性及停止条件	99
4.5	位函数方法的实现方法	103
4.6	位函数方法的概率实现	106
4.7	位函数方法的一般化	110
第五章	自变量成组分析方法	115
5.1	广义分类函数	116
5.2	МГВА 的基本思路	120
5.3	构造 МГВА 算法的一般系统	121
5.4	基本的 МГВА 算法	124
5.5	МГВА 算法和贝叶斯决策规则	125
5.6	训练和检验序列的组成	129
5.7	МГВА 的概率算法	132
5.8	МГВА 算法和感知器	133

第六章	多段线性决策规则	135
6.1	一般原理	135
6.2	学习品质泛函	137
6.3	规范决策规则	139
6.4	ΠΠ 合成算法	140
6.5	ΠΠ 合成试验	146
第七章	统计识别方法	149
7.1	模式识别问题的统计提法	150
7.2	恢复概率分布的参数方法	154
7.3	随机逼近方法	156
7.4	经验风险最小化的方法	158
7.5	一致收敛条件	160
7.6	经验最优决策规则偏差的估计	162
7.7	有序风险最小化的方法	164
7.8	把随机逼近法和经验风险最小化结合的学习程序	167
7.9	有限存储下的经验风险最小化	169
7.10	在比较条件概率基础上的识别算法	172
7.11	在不完全数据的条件下采取的决策	173
第八章	容许变换方法	175
8.1	产生图形的参数模型	175
8.2	识别和学习问题的参数提法	179
8.3	图形的容许变换	180
8.4	容许变换方法及其特点	182
8.5	科瓦连斯基相关法	183
8.6	图形序列识别的相关方法	187
8.7	范型序列方法	190
8.8	在二维网格上构造范型图形	193
8.9	用范型序列方法识别视觉图形	195
第九章	模式识别的结构方法	198
9.1	句法模式识别系统	199
9.2	描述模式的语言和文法	201

9.3	作为识别方法的句法分析	208
9.4	恢复用于句法模式识别的文法	212
9.5	训练程序, 形成词汇表	220
9.6	二维文法	223
第十章	景物识别	230
10.1	问题的提出	230
10.2	三维物体与被识信号模型	232
10.3	机器人对外部世界的感受组织	237
10.4	由多面体组成的模型景物的描述	241
10.5	工业零件机器识别的训练系统	245
第十一章	模式识别问题中的不变决策函数	251
11.1	图形模型	251
11.2	统计决策理论中的不变性原则	254
11.3	不变决策函数及其性质	255
11.4	识别问题的一般提法	257
11.5	解决模式识别问题的各种方法	258
第十二章	动态模式的识别	268
12.1	图象模型	269
12.2	动态模式识别问题的一般提法	270
12.3	识别动态模式时考虑历史的原则	273
12.4	状态集合的考虑	276
12.5	状态序列的考虑	278
12.6	动态模式识别的序贯方法	279
12.7	预测滤波器在状态序列分析中的应用	284
第十三章	决策规则集体	287
13.1	形式算法集体	288
13.2	识别算法集体	289
13.3	集体工作分析	291
13.4	权威区域的划分	293
13.5	决策算法集体的合成	296
13.6	具有必要多样性的集体的合成	297

13.7	在已知识别算法中使用集体决策规则	299
13.8	不等式系统集	300
第十四章	模式识别的自学习	303
14.1	模式的广义性质	304
14.2	自学习原则	305
14.3	抽象模式	306
14.4	自学习任务的提出	307
14.5	感知器的自学习	310
14.6	自学习问题的解决方法	311
第十五章	应用决策理论的自学习的统计方法	313
15.1	构造假设序列	313
15.2	自学习的贝叶斯序贯算法	315
15.3	M. И. 施里辛格的递归统计算法	320
15.4	基于随机逼近的自学习递归算法	325
第十六章	分出紧致组的变分法和启发式方法	328
16.1	简化的启发式方法	328
16.2	基于位函数法的启发式算法	330
16.3	自学习中定量准则的应用	331
16.4	施里辛格变分算法	333
16.5	位函数变分算法	335
16.6	自学习的方差算法	337
16.7	类别数未直接给出时的自学习算法	340
第十七章	用混合分布法进行模式识别自学习	342
17.1	混合 $\Phi\Pi B$ 的某些性质	343
17.2	用窗方法对混合 $\Phi\Pi B$ 进行非参数估计	345
17.3	正态窗函数作用范围的选择	348
17.4	加速识别过程的方法	350
17.5	有限记忆条件下用混合分布法的自学习	351
第十八章	子样的信息性质	359
18.1	学习信息	359

18.2	样本的矛盾性及再学习信息	361
18.3	样本矛盾性变量	362
18.4	子样的伪信息性	366
18.5	学习信息的有益性及伪信息的有害性	367
18.6	猜测问题的例子	368
18.7	在解决模式识别学习问题情况下子样的信息性质	371
18.8	定向训练原则	373
18.9	定向学习问题	379

第 二 部 分

第十九章	视觉图象的识别	383
19.1	简单自动阅读机	384
19.2	用相关法原则构成的自动阅读机	389
19.3	自动阅读机 ЧАРС	397
19.4	手写字符的识别	404
19.5	自动阅读机简介	409
19.6	泡室照片的识别	415
第二十章	语音识别	422
20.1	语音信号的描述	424
20.2	识别有限语音信号组的相关法	425
20.3	用贝叶斯规则识别有限单词量	430
20.4	口述单词的按元素识别	432
20.5	用预先分割法识别语音信号	441
第二十一章	感知器的实验模型	445
21.1	并行感知器 “Mark 1”	445
21.2	感知器 “Конфлекс 1”	450
21.3	串行感知器 “Gamba”	455
21.4	四层感知器 “Тобермори”	457
21.5	基本阈值元件的识别系统 “Adaline”	460