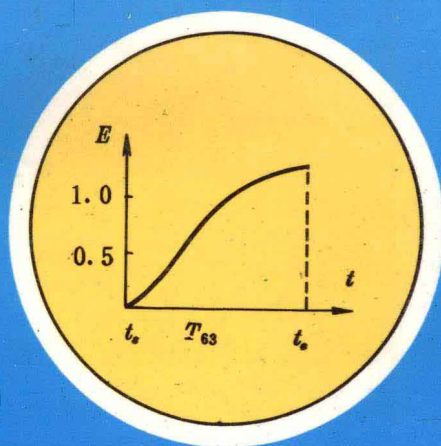


· 物理教学论丛书 ·

教育信息处理

刘木森
许铿泉 编著
常鸿森



华南理工大学出版社

· 物理教学论丛书 ·

教育信息处理

刘木森
许铿泉 编著
常鸿森

华南理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

教育信息处理/刘木森,许铿泉,常鸿森编著. —广州:华南理工大学出版社,1994.8

(物理教学论丛书/熊钰庆主编)

ISBN 7-5623-0753-9

I. 教…

II. 刘…

III. 教育学—信息处理

IV. O4

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山·邮码 510641)

华南师范大学印刷厂印装

1994年8月第1版 1994年8月第1次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:13.75

字数:368千 印数1—1200册

定价:8.80元

前 言

自从 70 年代后期，在我国实现“四个现代化”方针指引下，教育技术方面陆续引进了一批现代化视听教学设备和教育科学测试分析仪器。随着机器的引进也开始了研究与使用这些设备有关的技术和相应的理论，接触到有关“教育信息”和“教育信息处理”等问题。自此以来，我国广大的教育技术工作者和电子信息科学工作者对吸收这些技术和理论产生了浓厚的兴趣。近十余年来，在教育、心理、电化教育和电子学等类的专业刊物上，出现了不少“教育信息”和“教育信息处理”的研究成果文章或译文。

1978 年开始，华南师范大学物理系亦开展了教育信息处理技术的研究并取得一定成果。1982 年编写了《教育信息处理》讲义作为选修课教材，在几届高年级学生及研究生中讲授过。现在编写的《教育信息处理》在原讲义的基础上，内容已作了很大的更新和补充。

本书有以下几个特点：

1. 本书内容广泛涉及《概率论与数理统计》、《信息论》、《信号处理》和《微型计算机原理与应用》等基础知识，但深度适可而止。

2. 前面两章适量选入“教育统计”和“教育测量”的部分内容，这不仅因为教育测验的数据、资料的统计分析和测量，按照信息处理的观点来说也属于对教育信息的采集、分析、加工和处理，而且适当选择收入这两部分内容将有助于读者得到更连贯和完整的知识。

3. 内容除了具有一定的理论深度之外，尤其注重实验研究素材，尽量反映国内学者的研究成果。

本书第一、二两章由许铿泉撰写，绪论以及第三、四、五、六、七等六章由刘木森撰写，第八章由常鸿森撰写。黄微波、夏榕负责绘图。

由于编写时间仓促，加之作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬希广大读者指正。

作 者

1992 年 9 月

目 录

绪论	(1)
§ 0.1 人类信息活动简要历史	(2)
§ 0.2 人类认识并适应自然界和社会的重要手段	(3)
§ 0.3 教育信息处理的研究对象	(5)
第一章 教育统计基础	(12)
§ 1.1 概率及有关定理	(12)
§ 1.2 随机变量的数字特征	(18)
§ 1.3 随机抽样与参数估计	(29)
§ 1.4 参数的假设检验	(36)
§ 1.5 相关与回归	(42)
第二章 教育测量基础	(50)
§ 2.1 心理与教育测量	(50)
§ 2.2 教育测验与编制	(54)
§ 2.3 测验的项目分析	(60)
§ 2.4 测量误差与质量评估	(65)
§ 2.5 测量量表与常模	(78)
§ 2.6 题目反应理论简介	(88)
第三章 反应分析(I)——状态分析	(96)
§ 3.1 引言	(96)
§ 3.2 S-P 表及其性质	(99)
§ 3.3 S-P 表在教学评价中的一些应用	(107)
§ 3.4 S-P 表的理论分析	(117)
§ 3.5 S-P 表的理论的发展	(125)
§ 3.6 UP 表和 MP 表	(138)

参考文献	(148)
第四章 反应分析(Ⅱ)——时域分析	(149)
§ 4.1 集体应答曲线的概念和一般特性	(149)
§ 4.2 集体应答曲线的数字统计分析	(157)
§ 4.3 集体应答曲线的形态分析	(165)
§ 4.4 要素反应合成的集体应答曲线的分析	(173)
§ 4.5 用图解法分析威布尔分布曲线	(183)
附录	(189)
参考文献	(194)
第五章 教育信息系统	(195)
§ 5.1 引言	(195)
§ 5.2 通信系统模型	(196)
§ 5.3 信源的信息量	(199)
§ 5.4 信道的信息传输能力	(207)
§ 5.5 消息的剩余度	(219)
§ 5.6 学习和记忆中的信息加工	(224)
§ 5.7 广义信息论简介	(227)
§ 5.8 教学信息系统	(231)
参考文献	(235)
第六章 谱分析在教育信息处理中的应用	(236)
§ 6.1 傅里叶变换和信号的频谱	(237)
§ 6.2 相关函数	(241)
§ 6.3 功率谱密度	(244)
§ 6.4 离散傅里叶变换的快速算法	(249)
§ 6.5 现代谱分析概要	(264)
§ 6.6 一些谱分析设备及其应用	(272)
§ 6.7 曲线的频谱分析	(281)
附录	(287)
参考文献	(298)
第七章 信号检测论	(299)

§ 7.1	概述	(299)
§ 7.2	信号检测方法的基本概念	(301)
§ 7.3	检测系统的工作特性	(314)
§ 7.4	信号检测论用于教育信息处理和分析的一些例子	(329)
§ 7.5	辨别能力 d' 和反应倾向 β 的进一步讨论	(340)
参考文献		(349)
第八章 教育信息采集、分析和记录设备		(350)
§ 8.1	概述	(350)
§ 8.2	简易型分析系统	(352)
§ 8.3	数字式应答分析器	(361)
§ 8.4	计算机化的应答分析器	(378)
§ 8.5	以微机为主体的扩展型应答分析器	(387)
§ 8.6	阅卷机器	(394)
参考文献		(401)
附录		
附表 1	标准正态分布表	(402)
附表 2	χ^2 分布临界值	(408)
附表 3	t 分布临界值	(410)
附表 4	F 分布临界值(单侧校验)	(412)
附表 5	F 分布临界值(双侧校验)	(424)

绪 论

人类的各種社会活动，除了涉及物质材料利用的活动、使能量做功的活动之外，还有一类活动就是关于信息的活动；而且，信息活动随着物质文明和精神文明的发展而愈来愈重要。关于信息的活动，具体地表现在伴随有能量的信号过程，但信号过程的实质性内容并不是能量做功，而是信号所代表的状态在起着实质性作用。信号的最终目的是对其最后的对象命令、控制和指挥。

在生物的生命、遗传、生长和生理活动中，信号过程更是主要的实质性过程。生物区别于非生物的界线，就是含有信息的信号在生物体内对于生命、生长及生理的物质和能量活动起着命令、控制和指挥的主导作用。

当动物与外界接触，将在其感官中激发信号，并被传送到神经中枢。所感到的外界物理状态如温度、气压……，都是消息。信号是感官所感受到的外界物理状态转成的体内传输的“语言”。信号表示着消息。而信号所代表的消息包含着更实质的东西——原来未知而待知的内容。神经中枢根据信号知道消息，从消息得到信息。关于“知”、“知的传递”，以及使“知”作为最后起命令作用的各种过程，总称之为“信息的过程。”

本书的基本内容和目的是：从技术上介绍教育信息的采集和处理的基本原理、方法和手段，至于教育信息产生的原因以及根据处理得出的结果如何进行教育决策和命令，则不属于本书的内容和讨论范围。为了使读者更好地了解教育信息处理的一般性质和作用，本章作为一个引论，对信息活动的简要历史回顾、信息论对某些与之有关的技术的影响和发展，先作一扼要的介绍。

§ 0.1 人类信息活动简要历史

人类的社会物质文明和精神文明愈发展，人所关心的信息范围就愈广，同时人的活动的社会有机性就愈强，因此关于信息的过程就愈重要，人们要求掌握信息过程的规律性也愈迫切。

人类在茹毛饮血的洪荒时代，谈不上生产技术和文化活动，因此用不着多少信息。古人靠“结绳记事”，存储着和传递着少量信息；“日出而作，日入而息”，开始少量地利用大自然信息为生产和生活服务。我国周朝初期用来发布战争紧急警报的“烽火台”；历史上相当长期使用“击鼓”、“鸣金”指挥作战的“进攻”和“退兵”；在航海或其他作业里，用“旗语”来传递比较复杂的语言符号；……等等；这些都是根据当时允许的物质条件，使用某些光学的、声学的通信手段，来达到传递一定信息的目的的例子。虽然许多生物都把声音作为通信的手段，但是只有人类才在发音的基础上发展了语言这一功能，来表达和传递更为复杂的思想感情，形成了有别于其他动物的人类社会。

文字的出现使人类成为真正意义上的整体。它不但使各地无法直接接触的人可以进行交流、通信，而且可以使不同时代的人也能“传话”。文字保留下来的大量信息是人类得以认识自己历史的重要手段。中国人发明的造纸术和印刷术使人类的通信手段发生了一次重大变革，文字成为信息记录、贮存和传递的有效手段。与这相适应的是邮递系统和图书馆逐渐发展起来。值得提出的是，在数学中使用符号代替文字乃是一种提高通信效率的手段。各种符号的形式系统发展起来，成为一些学科的专业语言。

信息的传递是离不开所使用的信号以及所利用的信道等具体条件的。生物界在长期的生存竞争中发展了很多成功的信号形式。例如：蝙蝠和海豚分别利用了空气和水作为信道来传输它们所发射和接收的超声波信号。昆虫（如蚂蚁）广泛利用化学信息。候鸟利用星光、磁场信息导航。

数千年来，人类相继发展和完善了语声信号系统，利用大气作为信道传输信息；创造了文字符号系统，利用光波在透明空间里传输信息。每个人从婴儿时期就开始通过学习而逐步建立和完善这些系统。近百年来，人们逐步掌握了电磁波的利用技术，由于电信号的快速传递和便于控制，可以达到极遥远的距离的优点，它已成了现代人类传输信息的最重要的形式。

在现代社会里，人们大量地利用电报、电话、图文传真、无线电广播、电视、计算机、人造卫星等等手段，去完成非常频繁复杂的信息传递过程。一切社会活动以至个人日常生活，随时随地都离不开信息；人们常常谈论的“信息化社会”，即是一个信息资源被高度有效利用的社会。控制论的创始人之一 N. 维纳有一句名言：“要有效地生活，就要有足够的信息”。古代社会和现代社会的最大区别之一就是，前者少用信息而后者大量地利用信息。到今天，信息已从原始社会时代的可有可无的地位变为与能源、材料鼎足而立的现代科学技术的三大支柱之一了。

§ 0.2 人类认识并适应自然界 和社会的重要手段

在自然科学技术发展史上，出现过两个重要概念，即能量与信息；它们在科学技术上的作用，有着十分深远的意义。能量这一概念在科学上所起的十分重要的作用，已是人们所熟知的；而和能量的存在至少同样悠久的“信息”概念在科学上取得位置，却是近四十余年的事。

系统之间的相互作用有三种基本方式，即物质、能量和信息，我们分别称之为物质的传递、能量的传递和信息的传递。物质传递是很直观的：人员的流动、材料的输送、香味的扩散等等都是物质传递过程的例子。按照质量守恒定律，在一个系统中物质的减少必然引起其他系统中物质的增加。能量传递也是人们熟悉的：

能量可以以机械能、热能、电能、化学能、生物能等形式，从一个系统传递给其它系统，按照能量守恒定律和各种形式的能量相互转换的定量关系，能量在系统之间的传递可以进行精确的测量和计算。对于信息传递的认识，信息量概念的提出对于信息的认识和信息论的发展有着决定性作用。

对信息进行系统的定量研究，是从现代通信工程的需要和发展过程而开展起来的。本世纪二十年代以来，奈奎斯特、哈特莱、维纳等人在信息论产生以前都先后作过重要贡献。1948年香农(C. E. Shannon)发表了 his 著名论文“通信的数学理论”^①，以及1949年发表的另一篇论文“存在噪声的通信”^②，奠定了“信息论”这门严密的科学的理论基础。从此，结束了人们长期以来对信息没有明确的概念和公认的度量方法的历史，而开始对信息从数学上进行描述和概括，以及提出了在通信系统中信息传输的基本规律——即通信的效率和可靠性的原则理论问题。这些就是香农信息论的主要内容，也是现在“狭义信息论”的主要内容。

由于信息论的理论适应性很广，三十余年来的发展，它的应用已不仅局限在香农信息论的通信这个相对狭小的范围，而伸展到许多学科中，出现了所谓“信息科学”这样一门含义很广的科学，即研究信息的产生、获取、传输、处理、分类、识别、存储和利用等等的一门科学。由于对信息的性质，特别是对广义通信系统和编码理论的进一步深入研究，使它的应用范围拓展到诸如语声学、心理学、教育学、社会学、经济学、神经生理学等许多方面，以及运用于生产过程控制、工商企业管理、交通运输系统、教育系统、……等包含由信息采集、分析处理、评价、反馈、决策、执行等一系列环节的闭环系统。

① Shannon, C. E., "A Mathematical Theory of Communication", «B. S. T. J.», Vol. 27, PP. 379~623, 1948.

② Shannon, C. E., "Communication in the Presence of Noise", Proc. IRE, Vol. 37, P. 10, 1949.

N. 维纳 (N. Wiener) 曾经广泛地给信息下过这样的定义：“信息是人们适应外部世界并使这种适应反作用于外部世界的过程中，同外部世界进行交换的内容的名称”。换句话说，信息就是事物存在的方式或运动的状态以及这种方式、状态的直接或间接的表述。1982年日本出版的《现代用语基础知识》对信息的定义是：“信息是关于生活主体同外部客体之间的有关情况的通知”。对信息的定义或内容的理解，目前仍有各种说法。但一般认为，对信息论的研究内容问题有三种理解或层次：即（1）狭义信息论（即香农信息论），主要研究消息的信息量、信道容量以及消息的编码问题。（2）一般信息论，主要也是研究通信问题，其中包括信号与噪声理论，信号过滤与检测，调制理论，抗干扰编码以及信息处理等问题。（3）广义信息论（或叫信息科学），不仅包括上述内容，而且包括所有与信息有关的领域。

如同材料和能源一样，在今天，信息被作为一种资源来看待。人类社会、生物界以至自然界存在着无穷无尽的信息源；例如，生产过程、生物活动、人们的通信、各种社会现象、化学反应、天体辐射……等等无一不蕴藏着丰富的信息，都是取之不尽、用之不竭的信息源。一个信息技术落后的国家，在现代化经济建设和现代化战争中，就是一个瞎子、聋子和瘸子，就要处于事事不灵和被动的境地。信息资源的充分开发利用，只有随着电子技术的高度发展，例如大规模集成电路的应用、激光技术应用，特别是电子计算机的应用和向更高级发展，才能有比较优越的物质基础和技术基础，上述问题才能真正提到议事日程上来。因为信息是广泛密切联系于人的感觉、认识和思维活动的，随着信息资源的不断开发利用，还包含有避免重复前人的工作，而且可以代替人类的一部分脑力劳动的问题，出现一场“智能”领域的技术革命，即从体力劳动的技术革命进入脑力劳动的技术革命。

§ 0.3 教育信息处理的研究对象

前面说过信息到处存在，可是它往往不能直接为人的感官所感受，而必须经过某种方式处理才能被人们接受；即我们不仅要摄取信息和传递信息，而且常常还要对信息进行必要的加工。采集到的信息往往还包括有并不需要的成分，在信息传输过程中还会混入干扰成分（一般用术语“噪声”表示），或者原有的信息形态不符合或不完全符合人们社会实践的要求，……等等。因此，人们要对存在于多维空间的信息进行选分、抽练、变换、重组、……等等一系列的处理。例如：在接收到无线电广播的调幅或调频的射频信号时，必须经过检波处理才能被人接受。在接收到雷达回波信号通常都有较强的噪声背景，需要经过信号分析处理才能得到有用的信息。在经济管理系统中，大堆数据和原始资料杂乱无章，还可能混入某些假材料，需要进行科学的分析、统计处理，得出的结果才能为决策者所利用。在教育统计工作中，从多次重复测量中求均值，这相当于对混有干扰噪声的直流信号作“低通滤波”的信号处理；回归分析又相当于对混有干扰噪声的信号作某种滤波的信号处理……。总之，根据信息的形态不同以及人们对它的要求，信息处理的方法和手段也是各种各样的。信息处理的功能大致如下：（1）人们感官不能感受的信息经处理后成为可以感受的；（2）对某事物的信息不能理解或难以理解，经处理后成为可以理解的或比较容易理解的；（3）某事物的资料表面上看不出规律或规律性不明显，经处理后能暴露其固有的规律性。

根据管理工程学关于信息加工的概念：从数据经加工后得到“预信息”或统计信息，统计信息再加工成为“应用信息”。信息被利用才能产生决策，有决策才能有结果。信息加工按先后顺序可分为“一次信息”和“二次信息”。信息加工的一般模式可分三类，见图0-1所示。

（a）滤波——即简单的校核、检查和整理，得到二次信息，属

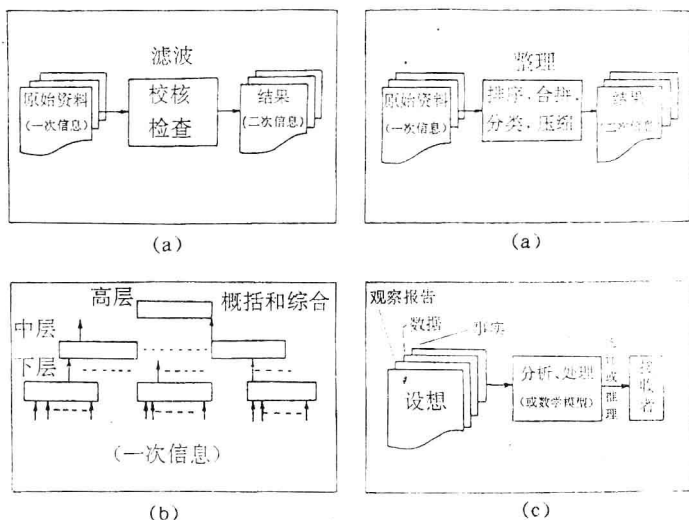


图0-1 信息加工的一般模式

预信息。

(b) 对信息进行分析、概括和综合——产生辅助决策信息。

(c) 通过应用数学模型进行统计推断，可以产生决策信息。

为了使计算机有较强的信息处理能力，许多大的处理系统备有三个库 (Bank)，即数据库、方法库和模型库。方法库中备有各种标准算法，模型库中存放了求解各种问题的模型，数据库中备有要用的二次数据，这样应用起来就能快速、方便。信息处理技术的发展给数据处理能力的提高提供了广阔的前景，它使人们摆脱许多繁重而枯燥的人工事务。

什么是教育信息？目前尚无公认的定义。但这并不妨碍对教育信息处理技术的研究、应用和开发。正如信息的定义和理解目前仍不统一，并不妨碍人们对信息的性质和应用研究一样，而且对信息的理论和实用的探索正在不断地取得积极成果。因此，不妨认为，教育信息处理的内容包括：能给教师和教育管理者提供教育决策信息的理论、方法、技术和设备等问题。至于教育信息处理能

做到什么程度，那就要看人们对它的理论、方法和物质设备掌握到什么水平了。

其实，所谓“教育信息处理”并不是一个新鲜的话题，差不多自有教育以来就存在了。在《论语》一书中，就大量记载了我国春秋时代大教育家孔子对学生的学业和思想评价的例子。例如：“一箪食，一瓢饮，在陋巷，人不堪其忧；回也，不改其乐。贤哉，回也！”^①这是孔子称赞学生颜渊：虽然处在很差的物质生活条件下，仍保持乐观，勤奋学习不变，最后给他下了“贤”这个总评。“宰予昼寝。子曰：‘朽木不可雕也；粪土之墙，不可污也。于予如何诛！’”^②这是孔子对学生宰我学习不勤奋的严厉批评。“回也，闻一以知十；赐也，闻一以知二。”^③这是孔子在长期观察分析中对两位学生颜渊和子贡的学习成绩和学习能力作了概括而深刻的比较。我们姑勿论这些赞扬、批评和评价是否恰当，但孔子是通过他的感官眼睛和耳朵（传感器）感受到许多学生的表现，从具体的事实中获取一定的信息（一次信息），再经过思考（解译、分析、综合、比较、判断、……），即大脑的信息处理，因而最后对某个学生下结论（决策），表扬或训斥。由于在当时的社会物质条件下，除了人体本身的感官之外，没有可供使用的信息检测和处理的工具和技术，因而信息的采集和处理速度很慢，从观察（输入信息）到分析再到形成结论（处理结果）所需时间较长，因而效率很低。

在现代的物质技术条件下，能够创设适当的教学环境，采用检测学生反应的种种方法，能够在较短时间内获得大量的教学信息，在精度和效率上都是古代所不能比拟的。近年来，由于电子计算机用于辅助教学和管理教学，以及各种教育检测分析仪器的使用，一些国家的学者在教育信息处理、教学评价以及提高教学质

① 见《雍也》。

② 见《公冶长》。

③ 见《公冶长》。

量的各种手段进行过许多实验和理论研究，并形成了相应的理论体系。按照这些理论和方法，在某些方面深刻地揭示了教学活动的规律性；对学生能作出更精确和客观的评价和预测；在教材、教法方面，也因及时掌握信息和分析，适时地对教学实施进行调控，提高教学质量。在自学程序方面，很便于学生自学，能提高学生学习能力和效果。在教育行政管理方面，由于大量的诸如学生成绩统计报表处理和记录、学生学籍档案管理、……等都由计算机和专门仪器执行作业，大大减轻了许多工作人员的繁重事务劳动，既迅速又准确可靠。以上提到的各项技术和设施对提高我们的学校教学质量和各级教育行政管理水平，推动教育事业向现代化方向发展，无疑都将起到积极的作用。

教育信息处理按照目的和要求不同，虽然五花八门，但通常可以划分为教育信息实时处理和非实时处理两大类。前者要求在课堂上或考场中进行现场数据处理，得出结果，往往必须保持数据的某种时序关系；而后者允许把采集的数据存储起来，经过一定时间才进行成批处理，一般不要求保持时序关系。由于配备了各种软件使得处理系统功能显得灵活多样，更体现了信息处理技术的重要作用。

在本书中某些章节里，常常出现两个重要的词“信号”和“噪声”。在这里先说明一下信号和噪声的概念。

通常，信号是指被传输的随时间或位置而变化的各种物理量。从更广义来说，反映或描述一个过程的时间或空间函数都可以统称为信号。这样的信号定义不仅仅包括诸如电压、电流、亮度、……等一类随时间或位置而改变的物理量，还可包括生理的、心理的甚至各种社会现象中随时间或空间变化的测量数据、曲线和图形等等。一般地说，信号携带着一定的信息。在本书中，讨论关于仪器设备的功能、原理，以及具体的（物理）信道中传输信息问题时，信号是指的随时间或位置变化的物理量。如果讨论内容涉及到生理的、心理的，或属于抽象的（非物理性）问题时，“信号”一词应从广义的概念。