

信息科学原理

XINXI KEXUE YUANLI

钟义信 著

第三版



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

书评摘要

作为信息科学的开创性著作,《信息科学原理》把经典信息论的信息概念进行了彻底的改造,使它由通信工程的舞台走向了人类认识世界和改造世界整个工程活动的大舞台。同经典信息论相比,本书无论是在研究深度上还是在广度上,无论是在研究背景、对象、范围、目标上还是在基本概念、基本理论、基本方法、基本结果上都取得了很大的进展。

石 岩 1990年10月

《信息科学原理》阐明了信息的识别、传递、处理、决策、控制、优化、智能等信息科学的基本原理,成为“信息论”发展到“信息科学”的标志,形成了信息大科学。

童天湘 1990年中国哲学年鉴

《信息科学原理》是一部高水平创新性的学术著作。学习本书使生活在信息社会和信息时代的人们能够认识“庐山真面目”,从而能够更好地加速我国信息化建设的进程。

李承恕 1998年8月

《信息科学原理》是我国信息科学奠基性的重要著作之一。其中一些观点和论述已在国家信息化规划的研究中得到应用,产生了积极的效果和良好的影响。

王行刚 1998年8月

《信息科学原理》是信息领域基础理论研究的大面积系统性首创性成果。深刻揭示了信息这一重要自然(和社会)现象的本质和规律。内容丰富多彩,观点准确鲜明,文字流畅简练,风格敏锐清新,具有很强的可读性和感染力。

涂序彦 2000年10月

《信息科学原理》形成了完整的信息科学体系,在国际学术界属于首创。

陈太一 2000年10月

我从事中文信息处理研究10余年,小有收获。今日有幸读完了《信息科学原理》,才得以从细微末节中理出头绪,从10万米高空俯瞰曾经作过的工作,真是别有一番景象。这是我近年来读过的最有价值的书。感谢这部伟大的著作!

关 毅 2002年6月

责任编辑:郑捷

封面设计:索美轩

ISBN 7-5635-0235-1



9 787563 502356 >



ISBN 7-5635-0235-1/TN·98

定价: 46.00元

钟义信 著

信息科学原理

XINXI KEXUE YUANLI

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书在创建全信息理论、知识论、信息科学方法论的基础上系统阐明了信息科学的概念、原理和方法,在国内外独树一帜。全书由四部分组成。第一部分给出了信息科学的定义和结构体系,是全书的总纲;第二部分提出并建立了全信息理论,是全书的基础;第三部分应用全信息理论阐明了信息科学基本原理,把相互分立的识别论、通信论、认知论、决策论、智能论、控制论、系统论有机综合成为一门统一的科学,完成了信息科学的理论建构,是全书的主体;第四部分总结了信息科学的方法论及其主要应用,展示了信息科学巨大的生命活力,是全书的灵魂。

全书意境高远,思想深刻,逻辑严密,深入浅出,可以作为高等学校信息领域研究生和高年级大学生的教科书,相关领域科技人员自学的参考书,以及其他领域广大读者学习信息科学的基本教材。

图书在版编目(CIP)数据

信息科学原理/钟义信著. —3版—北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0235-1

I. 信… II. 钟… III. 信息学 IV. G201

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第071494号

书 名: 信息科学原理

著 者: 钟义信

责任编辑: 郑捷

出 版 者: 北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路10号) 邮编: 100876

发行部电话: (010)62282185 62283578(传真)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 27.5

字 数: 639千字

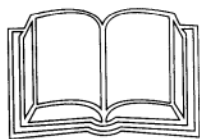
印 数: 1—3 000册

版 次: 2002年10月第3版 2002年10月第1次印刷

ISBN 7-5635-0235-1/TN·98

定价: 46.00元

如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系



谨献给

母校、师长、父母、家人

以及热爱信息科学的朋友们

作者

2002年8月于北京

每一个时代都产生过自己特有的思想和观念,孕育过反映当时对客观规律深邃认识的辉煌科学,如研究物质结构和运动规律的材料科学、研究能量性质和转换规律的能量科学,等等。本书要奉献给读者的,则是信息时代所孕育的一门新科学——信息科学。

和以往一切传统科学不同,信息科学破天荒地把信息作为自己主要的研究对象,把信息的运动规律作为自己主要的研究内容,把扩展人的信息功能特别是其中的智力功能作为自己主要的研究目标,而在这些研究的实践中,又逐渐形成了自己特有的方法论——信息科学方法论。由于信息科学的崛起,以物质和能量为中心观念的传统科学就逐渐让位于以物质、能量和信息为中心观念的现代科学。

不仅如此,信息科学的概念、理论和方法还远远超越了自然科学的边界,向社会科学的各个领域广泛渗透,成为一门纵横交叉的新兴科学。事实上,信息科学的发展已经为哲学、经济学、社会学、管理学、人文科学提供了大量新颖的研究课题、研究方法和思路。另一方面,在信息科学理论的启迪下,一大批信息技术(包括感测技术、通信技术、计算机技术、智能控制技术,等等)也已经迅速成长起来,成为当代新的技术革命的中流和核心。这一切都有力地表明,信息科学的兴起已经对现代人类文明的进步产生了巨大的影响。

虽然迄今为止,国内外学术界还没有来得及对这一辉煌的成就进行系统的消化和总结,但是通过这一本专著来阐明信息科学基本理论体系的时机显然已经成熟了。本书便是作者在这方面所作的一次初步的尝试。

本书的初稿曾在国家教委举办的1985年全国高等院校骨干教师研讨班试讲,也曾在中国社会科学院研究生院、北京邮电大学研究生部等不少单位讲授,均收到很好的效果。它的简编本曾在许多高等院校、研究单位和管理部门讲授过多次,都受到热烈的欢迎,可见本书虽然以专著形式写成,但完全可以作为高等院校有关专业研究生和高年级大学生的教学参考书,也可以作为各界教育工作者、科学工作者、工程技术人员和管理工作者的参考读物。

在内容安排上,本书的基点放在自然科学方面。为了能够比较全面地讲述信息科学的基本理论,反映出信息科学的基本体系,书中安排了四个部分的章节。第一部分是总论,即第一章,给出信息科学的总体概念、学科体系、发展逻辑和历史意义。第二部分是基础,包括第二、三、四章,论述信息的基本定义、分类准则、描述方法和度量方法,从定性和定量两个方面来阐明信息的实质。第三部分是基本的原理,包括第五、六、七、八、九章,分别阐述信息的传递原理(通信论)、再生原理(决策论)、调节原理(控制论)、组织原理(系统论)、认知原理(智能论)。最后,第四部分是方法论和应用提要,即第十章,给出信息科学

方法论的要点以及信息科学的原理和方法在基础科学、生命科学和社会科学各领域应用的提要。作者相信,为了比较完整地反映信息科学的概貌和体系,安排上述几方面的内容是必要的。

在本书的酝酿和写作过程中,作者有幸得到不少前一辈科学家的关怀和指导,其中要特别提到的是已故著名电子学家冯秉铨教授、著名信息论学者蔡长年教授、著名信息论及通信理论学者、我的老师周炯槃教授。同时,作者还得到许多同辈学者的鼓励和帮助,其中包括北京邮电大学信息工程系、中国科学技术培训中心以及北京现代管理学院等单位的同事们和朋友们。在面向全国各地的上百次短期教学中,各地各界学者和朋友们反馈的意见和建议也给了作者很大的启发和鼓励。没有这一切,本书的问世是不可能的。在此,作者一并表示衷心的感谢。

由于本书是在著述信息科学方面的首次尝试,国内国外都没有现成的蓝本可供参考;同时,由于信息科学本身还相当年轻,许多理论还远不是尽善尽美;加上作者学识水平的限制,本书一定会存在许多错误和缺点,在此作者诚恳希望各界读者批评指正,以图不断改进。

作 者

1986 年 12 月于北京

《信息科学原理》作为国内外第一部系统阐明信息科学理论基础的学术专著自1988年秋问世以来,获得了学术界的高度评价和广大读者的普遍喜爱。人们赞誉它是信息科学的“开创性著作”(《光明日报》1989年10月6日)、“对理论研究和实际工作都具有深远的指导意义”(《信息系统》工程杂志,1990年第一期)、“是信息论发展成为信息科学的标志,形成了信息的大科学”(《中国哲学年鉴》,1990年)。在1990至1991年间,《信息科学原理》先后获得了国家教委科学技术进步奖、全国第二届教育图书优秀著作奖以及全国首届光明杯优秀著作奖。

随着传统的物质型经济在全世界范围内大规模地向信息型经济转变,人们在思想上也不断地接受着信息化的洗礼。特别是进入20世纪90年代以来,全球信息化的浪潮一浪高过一浪,“信息高速公路”(Information Highway)、国家信息基础结构(National Information Infrastructure, NII)、以及全球信息基础结构(Global Information Infrastructure, GII),一个又一个崭新的概念,一个又一个全新的事物,接踵而至,纷至沓来,令人眼花缭乱,应接不暇。于是,越来越多的人渴望学习和掌握信息科学技术的知识,希望得到一本《信息科学原理》。为了满足广大读者的迫切需求,同时为了反映本书问世以来的新发展,作者征得福建人民出版社的同意,决定将原书加以修订在北京邮电大学出版社重新出版,以饷读者。

作者欣慰地注意到,在科学技术知识如此突飞猛进的今天,《信息科学原理》的科学思想很好地经受住了时间和实践的考验,表现了它的强大而持久的生命活力。

这次再版,保持了原书的基本框架和风貌,只在局部结构和叙述上作了必要的调整。新版把原书第二章(信息科学的基本概念)和第三章(信息的描述)精简合并为第二章(信息的概念与描述),删去了原书第四章第二节(无概率的信息测度)、第五章第一至第四节(通信与语法信息、信息与信号、信号描述、信道分析)、第八章第五节(另一种系统——信息模型)以及第十章第二节(信息科学与基础科学);新增了“信息获取原理:识别论”、“信息处理通论”和“人工神经网络”等章节。这样,就使新版更简炼而又在理论体系上得到了完善。在叙述上,保持全书立足于自然科学的基本姿态和风格,同时也适度顾及信息科学原理的社会科学含义和应用。

作者相信,这些调整将使新版能够更好地反映1988年以来信息科学研究的主要进展,更具有信息时代的气质与特色;同时也使本书的理论结构更臻完善。

趁本书新版即将问世的机会,作者谨向广大热心的读者朋友们和相关出版社的朋友们致以诚挚的敬意,感谢他们对信息科学以及对本书的热情关注和支持。作者期望,本书的新版能为更多的读者提供更好的服务。

作 者

1995 年 8 月于北京

作为一部学术专著,《信息科学原理》自1988年问世以来,已经跨越了15个年头。然而,却仍然有众多读者踊跃问津,使出版社乐于作出决定:出版它的第三版。人们或许感到奇怪:在理论研究景气不佳的当今,是什么原因使这部学术色彩很强的著作在读者中长盛不衰?答案耐人寻味。

人类进入了信息时代,需要信息科学理论的指导。这是最直接的解释。

长期以来,人们很难找到一本像《信息科学原理》这样系统阐述信息科学基本理论的学术著作。物以稀为贵,这是另一种可能的解释。

不同学科的“信息理论”各不相同,难以沟通;《信息科学原理》却带来另一番景象:它用自己创建的“全信息理论”把这些“散乱的珍珠”串成了“漂亮的项链”。这也许是《信息科学原理》受到读者喜爱的重要原因。

作为一部科学著作,《信息科学原理》系统阐述了全部信息过程(包括信息感知、信息传递、信息认知、信息再生、信息施效、信息组织)的基本原理,揭示了信息领域的基本规律,使人们明白什么是可以努力争取的,什么是不可以强行逾越的,从而在处理各种信息问题的时候有所遵循。这可能是读者感受《信息科学原理》魅力的又一个原因。

多年来,不少书评家先后撰文认为《信息科学原理》是“信息科学的开创性著作”,是“信息科学的奠基性著作”,是“‘信息论’发展成为‘信息科学’的标志”,这或许是读者喜爱这一著作的总体原因。

维纳曾经说过:一部有活力的著作,它的框架和基本理论是稳定的,而它的具体内容应当能够随着时代进步而不断更新。作者注意到,《信息科学原理》的基本框架和基本理论都很好地经受住了时间的实践检验,表现了它强大持久的学术生命活力;另一方面,随着科学技术的发展,已经有了新的成果可以使本书更加丰富和更富于时代感,而一些已经被读者普遍接受的内容则应当淡出。另外,随着认识的深化,本书的章节结构也可以进一步优化。有鉴于此,作者愿意借本书第三版的机会,在保持原著基本风貌的基础上,进行一次必要的调整与更新。

第三版的修改主要表现在以下方面。首先,考虑到本书主要定位于信息科学理论,同时高兴地注意到人们对信息技术的理解正在逐步取得与本书非常一致的共识,因此完全删去了第二版第1章第2节“信息技术”;同时,由于第二版的第10章第4节“从信息科学到信息社会”在内容上与第1章有部分重叠,这次也全部删去。另一方面,为了进一步深

化本书的基础,第三版增加了第1章第1节“科学技术基本规律再认识”,第3节“信息科学与信息哲学”。为了进一步界定全信息的概念,增加了第2章第1节的两小节“全信息与 Shannon 信息”和“全信息与模糊信息和偶发信息”,第2节“相关概念”。鉴于知识理论的重要性以及近年来作者对知识论研究的进展,增加了第6章“信息认知原理:知识论”。最后,为了反映信息科学对技术-经济-社会的巨大影响,增加了第11章第4节“信息科学的连锁反应”。作者相信,经过这样的增删和调整,本书的体系将更加完善,而且能够更好地反映 21 世纪初信息科学的新进展和新面貌。

随着《信息科学原理》的读者越来越多和与各方面的交流越来越广,作者不断收到来自全国各地高等学校和科学研究机构的同事们热情洋溢的来信和 e-mail,他们对《信息科学原理》所取得的成果表示热烈的祝贺与赞扬,同时也表达了许多积极的期待。在北京邮电大学,《信息科学原理》一直是“信号与信息处理”等博士学位授权专业的学位课。在每一年课程结束的前夕,参加学习的同学们都在课程论文中对《信息科学原理》给予很高的评价,同时也提出了许多宝贵的改进建议。使作者感到特别欣慰的是,经过 15 年的洗礼,本书仍然是信息领域国内外第一部全面系统阐述信息科学基本理论的学术专著并受到广大读者的喜爱,而对社会需求十分敏感的北京邮电大学出版社决定再一次出版本书的新版本,以饕读者。所有这一切,都对《信息科学原理》第三版的修改和出版提供了巨大的动力和有益的帮助,作者在此一并表示衷心的感谢。

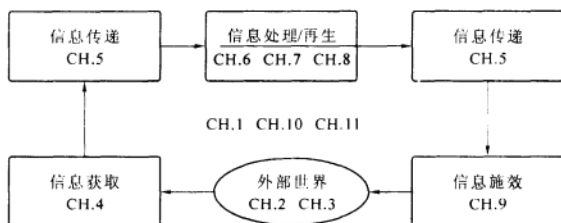
物理学理论曾经指导人们认识、开发和利用物质和能量资源,创造了灿烂的工业时代文明;信息科学理论应当能够启示人们认识、开发和利用信息资源,创造更加灿烂的信息时代新文明。作者真诚地希望,《信息科学原理》第三版的问世,能够吸引更多的有志者共同努力,向着信息科学理论研究的新的深度和广度前进,做出无愧于信息时代要求的积极贡献。

本书可以作为信息领域博士生、硕士生、本科高年级学生学习信息科学的主导教材,也可以作为相关领域科技人员自学的参考书,以及其他领域广大读者学习信息科学的基本教材。

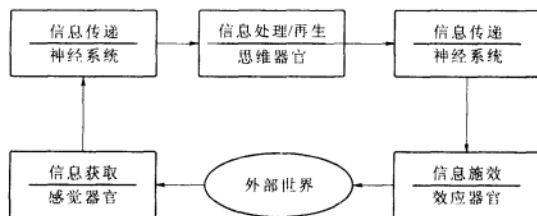
作 者

2002 年 8 月于北京

各章内容联系的信息模型



内容联系模型的信息原型





作者简介

钟义信，男，汉族，江西龙南人，1940年生，1962年毕业于北京邮电学院无线电通信与广播专业本科专业，1965年信息论专业研究生毕业，1979至1981年是英国伦敦大学帝国理工学院访问学者，1992至2001年任北京邮电大学副校长，在此期间曾先后担任国家863计划通信主题首席首席专家、863信息领域战略研究负责人、国务院信息化专家委员会常务委员，多个国际学术会议（IJCNN'92，ICONIP'95，ICII'96，ICII'98，ICII2001等）程序委员会主席，现为北京邮电大学教授、博士生导师，校学术委员会主任，兼任中国人工智能学会理事长、中国神经网络委员会主席、亚洲及太平洋神经网络联合会主席。

钟义信是我国著名的信息学家，在信息科学许多领域都卓有建树，出版了《信息科学基础》、《信息的科学》、《现代信息技术》、《智能理论与技术：人工智能与神经网络》、《伪噪声编码通信》、《社会动力学与信息化理论》等16部学术著作，在国内外学术刊物和学术会议上发表了“知识论”、“意识论”、“信息-知识-智能转换理论”等400多篇学术论文。是国家级有突出贡献的科学专家，有突出贡献的归国留学人员，全国优秀教师，首批国务院特殊津贴获得者。

前言
再版前言
第三版前言

第一篇 总论

第1章 信息科学总论

1.1 科学技术基本规律再认识	3
1.1.1 科学技术发生学;辅人律	4
1.1.2 科学技术生长学;拟人律	6
1.1.3 科学技术未来学;共生律	10
1.1.4 科学-技术-经济-社会;互动律	12
1.2 信息科学定义	14
1.2.1 研究对象	15
1.2.2 研究内容	16
1.2.3 研究方法	20
1.2.4 研究目标	21
1.3 信息科学与信息哲学	22
1.3.1 信息的哲学本质	23
1.3.2 信息认知与认识论	26
1.3.3 人类智能与机器智能	28
1.3.4 分布智能与社会智能	31
1.4 信息科学史略	32
本章小结	40
参考文献	41

第二篇 基础

第2章 全信息理论:定性分析

2.1 信息概念	45
2.1.1 流行说法	45
2.1.2 全信息:定义体系	49
2.1.3 全信息与 Shannon 信息	53
2.1.4 全信息与模糊信息及偶发信息	55
2.2 相关概念	56
2.3 信息的性质与分类	61
2.3.1 信息的特征、性质与功能	61
2.3.2 信息的分类	67
2.4 信息的描述	70
2.4.1 概率型与偶发型信息的描述	70
2.4.2 确定型信息的描述	74
2.4.3 模糊信息的描述	79
2.4.4 全信息的描述	81
本章小结	83
参考文献	84

第3章 全信息理论:测度方法

3.1 概率语法信息的测度	86
3.1.1 Hartley 方法	86
3.1.2 Shannon 概率熵	88
3.1.3 Shannon 方法的改进	95
3.1.4 信息变差	104
3.2 模糊语法信息的测度	108
3.3 语法信息的统一测度	110
3.4 语义、语用及全信息的测度	116
本章小结	121
参考文献	122

第三篇 原理

第4章 信息获取原理:识别论

4.1 信息过程模型和原理	127
4.2 信息的感知	131
4.3 信息的识别	135
4.3.1 统计识别方法	136
4.3.2 语言学方法	138
4.3.3 神经网络方法	139
4.4 机器学习	141
本章小结	146
参考文献	146

第5章 信息传递原理:通信论

5.1 信息传递模型	148
5.2 $H(X)$ 分析:有效性问题	154
5.3 $I(X;Y)$ 分析:可靠性问题	164
5.4 $H(X/Y)$ 分析:重建性	172
本章小结	179
参考文献	180

第6章 信息认知原理:知识论

6.1 知识概念	182
6.1.1 基本概念	182
6.1.2 知识的分类与表示	186
6.2 知识度量	189
6.3 知识生成	193
6.3.1 归纳型知识生成	194
6.3.2 演绎型知识生成	197
6.4 知识激活	201
本章小结	205
参考文献	205

第7章 信息再生原理:决策论

7.1 信息处理通论	207
7.1.1 表层信息处理	207
7.1.2 深层信息处理	209
7.2 信息再生与决策	211
7.3 决策的信息模型及求解	214
7.4 信息决策方法与经典决策方法的统一	227
本章小结	235
参考文献	236

第8章 信息思维原理:智能论

8.1 智能的基本概念	238
8.2 逻辑思维:人工智能理论	245
8.2.1 基于语法信息的人工智能理论	245
8.2.2 基于语义信息的人工智能理论	255
8.2.3 基于语用信息的人工智能理论	263
8.3 形象思维:人工神经网络理论	274
8.4 信息·认知·决策·思维	279
本章小结	286
参考文献	287

第9章 信息施效原理:控制论

9.1 控制的基本问题	289
9.2 问题描述	291
9.2.1 控制对象的描述	291
9.2.2 控制目标和效果的描述	299
9.3 基本机制	302
9.3.1 施效机制	302
9.3.2 信息加工机制	305
9.3.3 稳定性机制	311
9.3.4 适应和学习的机制	318
9.4 信息法则	324
本章小结	329
参考文献	329