

空间

信息的 认识与处理

XINXI DE RENSHI YU CHULI

陈向宁 著

知识产权出版社

空间信息的认识与处理

陈向宁 编著

知识产权出版社

图书在版编目(CIP)数据

空间信息的认识与处理/陈向宁编著. —北京:知识产权出版社, 2005. 9
ISBN 7-80198-446-3

I. 空… II. 陈… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 099208 号

内容提要

本书以空间信息为研究对象,描述了信息与空间信息的关系和空间信息的内在本质特性,介绍了空间信息工程的基本理论和方法。主要内容包括:信息的认识,空间信息获取,空间信息处理,空间信息管理与应用,空间信息的标准化与信息共享。深入浅出地介绍了当前空间信息认识、获取、处理及应用的新发展和新技术,以及近期有关研究、应用成果简介。

本书可供从事空间信息工程的科技人员使用,也可作为有关专业师生教学和科研的参考书。

空间信息的认识与处理

作者:陈向宁

责任编辑:蔡虹

出版发行:知识产权出版社

社址:北京市海淀区马甸南村1号

网 址: <http://www.cnipr.com>

电 话:010-82000890 82000860 转 8324

印 刷:知识产权出版社电子制印中心

开 本:850mm×1168mm 1/32

版 次:2005年11月第一版

字 数:231千字

ISBN 7-80198-446-3/T·193

邮 编:100088

电子信箱:zscq-bjb@126.com

传 真:010-82000890

经 销:新华书店及相关销售网点

印 张:9.25

印 次:2005年11月第一次印刷

定 价:36.00元

如有印装质量问题,本社负责调换。

序

信息技术已渗透到国民经济和社会的各个领域,信息化是当今世界经济和社会发展的趋势,也是加快我国现代化建设的关键环节。以信息化带动工业化,实现国民经济的跨越式发展,是党中央、国务院提出的一项重大战略举措,对我国实现全面建设小康社会的宏伟目标具有非常重要的推动作用。全球信息化加快了世界范围内的产业结构调整和经济全球化的进程,有力地推动了经济增长,带动了传统产业调整和提升。信息化对世界经济发展和社会进步也具有重要的意义。

大约 80% 的应用信息与空间位置属性密切相关。因此,空间信息工程与国家信息化工程密不可分。空间信息工程既是一项基础性工程,也是一项服务性工程。它与其他信息工程(例如区域宽带网工程、公用信息平台工程、电子政务工程、电子商务工程、企业信息化工程、科教医疗信息网工程、社会保障信息系统工程、社区信息化工程、市场经济秩序保障工程、社会公共安全保障工程等)共同构成了完整的信息化应用工程体系。

随着空间信息关键技术近年来取得的突破性进展,人类开发和利用空间信息的梦想逐步变成了现实。目前,空间信息工程已在我国很多城市广泛展开,为城市规划、建设和管理,人口、资源、环境、经济和社会等实现全面协调、可持续的跨越式发展奠定



了坚实的基础。

很高兴读到由陈向宁博士编著的《空间信息的认识与处理》。书中涵盖了空间信息工程化的各个环节,深入浅出地介绍了当前空间信息认识、获取、处理和应用的新技术及近期有关研究、应用成果的简介。书中结合我国目前正在开展的信息化建设工作,提出了许多切实可行的解决方案,给读者以启发。这是一本很好的空间信息技术方面的参考书。

钱宁波

2005年5月于郑州

前 言

空间信息工程链是由空间信息获取、处理、传输和应用四个环节组成的,它是由五大学科和技术支撑的,即信息哲学、地球科学、信息获取技术、计算机技术、通信与网络技术。

信息是一切物质的普遍属性,它以物质存在的方式和运动状态再现,而信息化就是信息的离散化、量化及其应用。信息是一个连续的相互作用的过程,是客观存在的,但要使其发生功效,从工程学的角度看,首先要将连续的随机场进行离散化、量化。信息资源是一种可再生、可复制和重复使用的重要资源。

信息技术的发展贯穿了整个人类的文明史。从语言的产生、文字的出现、算盘的发明、纸张和印刷术的推广、电磁波的应用、计算机的诞生到计算机网络与万维网的普及,每一次信息技术革命都极大地促进了人类社会的发展,而且,其发展速度越来越快,影响也越来越大。特别是随着计算机网络技术的发展,人类利用和处理信息的方式正在迅速地改变,一场人类新的信息技术革命正在发生,这将会极大地改变人类现有的产业结构和生活方式。当前,人类已经进入了以计算机和网络技术为基础、数字化为标志的现代信息社会,信息网络的知识化和智能化正在成为未来人类社会的重要标志。

在人类所接触到的信息中,有 80%是与地理位置和空间分布



有关的。这不仅包括高空间分辨率、高光谱分辨率和高时效分辨率的天、空、地一体化的空间数据,而且还包括这些空间数据中涵盖的经济、社会和人口等方面的信息。空间信息具有时间动态性、数据多源性、数据多尺度性、数据海量性、空间分布性等基本属性。随着人类社会步入信息时代,空间信息为全球化与区域可持续发展研究提供了时空变化信息,为政府部门提供了空间分析和决策支持,为普通大众提供了日常信息服务,这些功能越来越引起人们的重视。

为了能和广大从事空间信息工程研究的科技工作者交流,编著者在参考了国内外有关资料的基础上,结合自己在该领域多年的科研、教学的积累,编写了本书。由于时间有限,能力微薄,虽竭尽全力,但仍感仓促和不足,如有错误、缺陷之处望诸位读者谅解和指正。

目 录

第一章 信息的认识	1
§ 1-1 信息哲学的产生	1
§ 1-2 信息的定义、特征及分类	4
§ 1-3 信息的度量	6
§ 1-4 信息编码与代码	12
§ 1-5 信息的采样	17
§ 1-6 空间信息及其工程	21
§ 1-7 社会信息化与信息化社会	24
第二章 空间信息获取	34
§ 2-1 传感器电磁波基础	34
§ 2-2 光学传感器	41
§ 2-3 合成孔径雷达与合成孔径雷达干涉	56
§ 2-4 激光雷达	65
§ 2-5 航天传感器的现状	75
§ 2-6 全球定位系统发展与现状	79
第三章 空间信息处理	101
§ 3-1 遥感立体影像生成	101



§ 3-2	遥感立体影像定位原理·····	124
§ 3-3	画幅式影像立体测图·····	133
§ 3-4	遥感图像识别和匹配·····	179
§ 3-5	空间信息三维再现·····	207
§ 3-6	空间信息配准、融合与挖掘·····	215
第四章	空间信息应用 ·····	227
§ 4-1	空间信息拓扑关系与处理·····	227
§ 4-2	空间信息数据模型·····	230
§ 4-3	空间数据库·····	235
§ 4-4	地理信息系统·····	240
第五章	空间信息的标准化与信息共享 ·····	249
§ 5-1	共享政策与标准化·····	249
§ 5-2	空间信息共享平台·····	259
§ 5-3	数字城市与信息化·····	271
参考文献	·····	281

第一章 信息的认识

整个自然界和人类社会的各种现象：差别、变迁、运动、异化、发展、传递、衍生、裂变、位移、划分、分解、光合、溶解、凝固、升华、繁殖、发育、生长、沉淀、冲积、进化、协同、共鸣、伴生、中和、衰变、反射、对流……所有的这一切，都会产生信息。然而，信息本身又是动态的。

§ 1-1 信息哲学的产生

在古希腊，当数产生时，毕达哥拉斯学派把数视为万物的主宰。到 19 世纪人类步入工业时代时耳闻目睹最多的就是“力”和牛顿的三大定律。如今，人类已步入后工业时代，在各种场合出现频率最高的词就是“信息”。信息到底是什么？它的定义、本质和特征是什么？这是当今人类面临的疑惑。然而，人们对这个问题的看法至今也没有达成共识。以下有许多理解：信息就是信息，不是物质也不是能量；信息是事物的差异，不是事物本身；信息是系统复杂性的表征；信息是一种关系；信息是一种力；信息是事物相互作用的表现形式；信息是事物相互联系的普遍形式；信息是物质和能量在时空中的不均匀；信息是收信者事先所不知道的报道；信息是用以消除不定性的东西；信息是使概率分布发生变动的东西；信息是负熵；信息是系统有序性的度



量;信息是被反映的物质属性;信息是物质与精神的中介;信息是人与外界交换内容的名称;信息是控制系统的功能现象;信息是能引起人类感官刺激的东西;信息是选择的自由度;信息是控制的指令;信息就是信号;信息是情报、是知识;有人理解信息就是资源、是资本、是办法、是效率、是速度、是一切,等等。有人认为信息是“一切物质的普遍属性”(王雨田,1986),有词典认为信息是物质存在的一种方式、形态或运动状态,也是事物的一种普遍属性(《情报与文献工作词汇基本术语》GB 4894-85)。前苏联的别尔格,他认为信息是一种信息场,弥散在整个空间。当然,所有这一切生动的描绘不一定是深思熟虑的产物,也不一定是科学的结论,然而却都是人们切身经验的升华,并且闪烁着哲学的思想火花。因此,对当前后工业时代的哲学认识,从不同观察角度,会出现许多不同的哲学术语,如“赛伯哲学”(Cyber Philosophy)、“数字哲学”(Digital Philosophy)、“计算机哲学”(Computer Philosophy),而这些只是表达了特殊的理论旨趣(如“计算科学哲学”、“计算哲学”、“人工智能哲学”、“计算机与哲学”)。本书还是认为后工业时代用信息哲学(Philosophy of Information, PI)来概括比较完整。其理由见弗洛里德(Luciano Floridi)的《什么是信息哲学》。科学家的哲学问题对传统哲学提出了挑战,“信息”逐渐成为哲学的一个独特话题并形成单独的研究领域。作为独立的研究纲领,信息哲学是在20世纪90年代后期提出的。它的发展大致经历了三个阶段。第一是探索阶段。英国科学家图灵于20世纪30年代便开始发表关于人工智能的文章。在以后的50年中,信息论、控制论、系统论、人工智能、计算科学、复杂性理论以及信息与通信技术等,相继引起了哲学界的注意,尤其是关系到人工智能哲学更是如此。信息的科学研究为其成为哲学中一个独立探索的领域奠定了基础。然而,直到80年代,学术界却未能提出一种成熟的、具有创新意义



和影响力的研究纲领。第二是徘徊阶段。信息社会迎来了历史上最快的技术增长。此前没有任何一代人曾经暴露在如此异乎寻常的技术力量的加速度之下。信息和计算机网络资源利用占有绝对的地位,其现实性便是相应的社会变革和伦理责任。在主导科学和社会生活及其未来的所有因素中,信息与计算机科学和信息与通信技术是最具战略意义的因素,因为信息是社会生产与交往的重要资源。然而,哲学界还是对信息哲学的话题存有疑虑,认为它们不属于正当的专业领域。所以,信息哲学只有在两个领域之间摇摆不定:一方面产生许多有意义的成果,但它们仅限于一些研究专业,如人工智能哲学、计算机伦理学等;另一方面,则作为方法论被其他领域所吸收。这两方面的趋势为促使信息哲学成为独立的研究领域做出了进一步的贡献。第三是确立阶段。自 20 世纪 80 年代末以来,信息哲学作为哲学的一个基本概念开始得到哲学界的承认。如国际著名的哲学家达米特在其《分析哲学起源》中,赞同信息是比知识更基本的概念的观点。到了 80 年代中期,哲学界已经完全意识到信息哲学所探讨的问题的重要意义,同时也确认其方法论和理论的价值。信息的概念、方法、技术和理论已经成为强大的“解释学装置”。它们形成了一种元科学,具有统一的语言,在包括哲学在内的所有学术领域中畅通无阻。1998 年,《数字凤凰——计算机如何改变哲学》出版,这部文集首次确认信息哲学的涌现是哲学中的一股新生力量。2002 年,《元哲学》刊登了英国牛津大学学者花费 6 年时间完成的研究成果,并发布宣言性文章《什么是信息哲学》。该文已被译成中文,由哲学所的《世界哲学》刊出(编者注:《中国研究》2002 年 7 月号转载了该文)。



§ 1-2 信息的定义、特征及分类

要探讨准确的信息的含义是比较难的。只有当某人获取了信息,即了解某事,明白真相时,信息这一概念才有意义。耐人寻味的是,信息一词本身就是歧义的,按《牛津英语词典》的解释,信息的用途主要有三种:第一,作为过程的信息(Information-as-process),当某人获取信息后,他的认识也随之改变。从这种意义上看,信息即“告知的行为,是对某种事实或情况的知识或消息的传播”。第二,作为知识的信息(Information-as-knowledge),信息也可指作为过程的信息所告知的东西,“有关某种事实、专题或事件的所传播的知识;某人被告知东西;情况、消息”。如果信息可使某人了解某事,那么可以看成作为知识的信息的一个特例。有时信息增加了不确定性。第三,作为事物的信息(Information-as-thing)。信息一词也可指诸如数据和文献之类的物体。它们之所以被称为信息,是因为具有信息性,即“具有传授知识或传播信息的特征,并且具有教育性”。(《牛津英语词典》1989,7:946)

本书给出信息的定义:信息是一切物质的普遍属性。它以物质存在的方式和相互作用的运动状态出现。

信息的本质是物质的属性,而不是物质的实体。信息属于物质的相互作用范畴。客观存在的一切事物是不断运动着的。运动着的物质,必然会产生相互作用、相互影响,进而引起物质结构和量度诸方面变化的相应反映。这种一切事物都具有的变化反映的特征,便是信息产生的最主要的物质基础。换言之,运动是信息存在与传递的形式。信息不是事物的本身,而是由事物发出的消息、指令、数据、信号等所包含的内容。一切事物,包括自然界、人体本身和人类社会都会产生信息。

信息的特征如下:



(1) 信息的整体性和多的观念。信息概念的定义已经指出,它描述一切物质系统同其他一切物质系统全面的即整体性的相互作用。这种作用一般来说是不应该按成对的方式分离开来处理的。现代的数学工具和计算技术使人类的分析和综合的能力早已远远超过了二的限制。客观物质世界真实的辩证法规律要求人们从尽可能多的方面系统地考虑他们自身的行为模式。信息的哲学是强调整体性的哲学,因而也只能是强调多的哲学。最能真实地表达唯物辩证法的模式绝不是一分为二,而是一分为多。信息的哲学是强调差异的哲学,绝不是强调对立的哲学。

(2) 多支路的因果网络。相对于力的单线因果链,信息流给出的是因果的网络,不只是单因单果的对偶,还有单因多果、多因单果的非对偶,更有多因的集合和多果的集合。人类的目标通常是一个集合,不是一个点,而达到目标的方式或路径更是可以有多种。信息的哲学是在可供选择的集合的前提下做出信息选择的哲学。

(3) 建立在随机过程基础上的宏观统计的规律性和有序的哲学。物质世界的运动方式不都是机械的、可确定性的运动方式。物质系统运动的宏观规律性不必适用于物质系统的微观成分,即规律性是含有一定概率成分的统计规律。不能用宏观统计的决定论观点去预言微观成分的行为,微观成分具有自己限度内的可选择性(对有生命成分而言)或随机性(对无生命成分而言)。序是指宏观可辨的异度;有序是指宏观可辨的异度具有相对于一定时空的动态稳定性;有序化是指趋向多个动态稳定状态的变化,是趋向动态的多层次、多结构、多功能等的变化。生命的进化、人类的进化、社会的进化,从简单到复杂、从单功能到多功能、从单一结构到多样化结构到差异的统一、从信息的闭塞到信息的流通、从封闭性社会到开放性社会等均是有序化。信息的哲学是进化的哲学,是有序的哲学,是有组织运动的哲学。信息的特征是由信息本质所决定的。主要表现于:信息是永存的、可识别的、可加工整理的、可



转换的、可存储的、可浓缩的、可传递的、可以再生成的、可共享的。

同其他事物的分类一样,信息分类也有许多不同的准则和方法。从信息的性质分类,可以有:语法信息、语义信息、语用信息;从观察的过程来分类,可以有:实在信息、先验信息、实得信息;从信息的地位来分类,可以有:客观信息(包括观察对象的初始信息,经过观察者干预之后的效果信息、环境信息等)、主观信息(包括决策信息、指令信息、控制信息、目标信息等);从信息的作用来分类,可以有:有用信息、无用信息、干扰信息;从信息的逻辑意义来分类,可以有:真实信息、虚假信息、不定信息;从信息的传递方向来分类,可以有:前馈信息、反馈信息;从信息的生成领域来分类,可以有:宇宙信息、自然信息、社会信息、思维信息等;从信息的应用部门来分类,可以有:工业信息、农业信息、军事信息、政治信息、科技信息、文化信息、经济信息、市场信息、管理信息等;从信息源的性质来分类,可以有:语声信息、图像信息、文字信息、数据信息、计算信息等;从信息的载体性质来分类,可以有:电子信息、光学信息、生物信息等;从携带信息的信号的形式来分类,还可以有:连续信息、离散信息、半连续信息等。显然,还可以有许多不同的分类原则和方法,在这里就不再一一列举了。

§ 1-3 信息的度量

人类社会技术发展的每一次起飞(如农业革命、工业革命、信息革命)都相应地伴随着对一定知识(信息)的定量化处理。如农业革命时期天文、历法、几何学对时间、空间的定量化;工业革命时期牛顿物理学对力的定量化;信息革命时期对信息的定量化。人类认识世界的目的在于控制世界,而按照控制论原理,对控制的信息都必须要有定量的认识。农事活动必须注意节令、耕地的位置(时、空)的定量;机器设计要注意力的定量;计算机的设计和使用



要考虑到信息的定量。只有在定量认识的基础上才可能有准确预言,只有能准确预言的学术知识才可能称得上是科学。“通信的基本问题就是在一点重新准确地或近似地再现另一点所选择的消息”(Claude E. Shannon, 1954)。正是沿着这一思路,香农应用数理统计的方法来研究通信系统,从而创立了影响深远的信息论。自信息论创立以来,各领域的科学家从各个角度对信息的定义、属性、分类和应用做了大量的研究,并取得了丰富的成果。本章试图在信息诸多的属性中,强调其空间属性,并以空间属性为向导,对信息进行工程化研究。

首先,我们来确定信息的度量单位。我们从语法信息、语义信息和语用信息来考虑,首先要考虑语法信息的度量单位选择问题。这是因为,语法信息是“事物运动状态及其变化方式的外在形式”,是信息问题的最基本的层次。作为“事物运动状态及其变化方式的逻辑含义”的语义信息是建筑在语法信息基础之上的,也就是说,含义是针对待定的状态/方式的具体形式的含义。而作为“事物运动状态方式的效用”的语用信息,又是建筑在语法信息和语义信息的基础之上的,也就是说,效用是特定状态方式的形式以及含义所具有的效用。因此,首先确定语法信息的度量单位和方法,然后再研究语义信息和语用信息度量,就会使问题层次分明,思路清晰。同语法信息相联系的不定性,就是事物运动状态及其变化方式在形式上(而不是在含义上或效用上的)的不定性。

不难理解,如果事物运动的可能状态数只有 1 个,那就不存在任何的不定性;如果状态数为 2,那么就有不定性的因素了,因为它存在着是这个状态还是那个状态的问题。可能的状态数目越多,这种不定性的程度就会越大。另外,不定性的大小也与状态的变化方式有关。例如,同样在可能状态数为 2 的情况下,如果这两个状态出现的机会是一半对一半,那么,它的不定性就比较大。如果这两个状态出现的机会不相等,比方说,甲状态出现的机会是



0.9, 而乙状态出现的机会是 0.1, 那么, 它的不定性就比较小。换言之, 虽然存在两种可能的状态, 但其中一种状态几乎不可能出现, 那么, 这种情况所具有的不定性就几乎等于零, 因为你几乎总可以肯定地说出当时出现的是哪种状态。可见, 语法信息所联系的不定性大小既与事物可能的运动状态数目有关, 也与这些状态出现的可能性分布有关。这样, 作为语法信息所联系的不定性(也称为语法不定性), 其度量单位就被确定为: 可能的状态数目为 2, 状态变化方式为“等可能”方式。通常, 我们把这种不定性称为“标准二中择一事件所包含的不定性”。在这里, 所谓“二中择一事件”, 是指这类事物只存在两种可能的状态, 而且这两种可能的状态总有一个会真出现。所谓“标准”的二中择一事件, 是指这种事件的两种可能状态出现的可能性相等。这样, 我们就把同语法信息相联系的语法不定性的度量单位确定为“标准二中择一事件”所包含的不定性大小。形象地说就是关于投掷硬币结果的不定性的大小, 就是关于生男还是生女的结果的不定性的大小, 也就是二进制数字中出现“0”还是出现“1”的不定性……这样一个度量单位, 通常称之为“比特”, 它是英语二进制数字 binary digit 一头一尾的缩写“bit”的译音。这就是说, 一个“标准二中择一事件”所包含的不定性的大小为 1bit。以此为单位, 原则上就可以计量其他各种语法不定性究竟有多少 bit。若有某个语法信息, 它能够消除 1bit 的语法不定性, 我们就说这个信息的信息量为 1bit; 从另一个角度来说, 如果你面临某个问题, 它具有两种可能的结果, 而且必有其中一种结果会出现, 两种结果出现的机会相等, 那么, 就需要 1bit 的语法信息量才能完全消除这个问题所包含的不定性。现在设想你有另外一个问题, 它具有 4 种可能的结果, 而且出现的机会都相等(即均为 $1/4$), 那么, 你需要多少 bit 的信息才能完全消除这个问题所包含的不定性(确定哪个具体状态出现)呢? 正确的答案是 2bit。以此类推若有一个问题, 它具有 8 种可能的结果, 而且必有