信息工程基础

刘 云 编著

中国铁道出版社

信息工程基础

刘 云 编著

中 国 铁 道 出 版 社
1997年·北京

(京)新登字063号

图书在版编目（CIP）数据

信息工程基础/刘云编著．—北京：中国铁道出版社，1997
ISBN 7-113-02558-7

Ⅰ．信… Ⅱ．刘… Ⅲ．信息技术-基础理论 Ⅳ．G202

中国版本图书馆CIP数据核字（97）第08361号

信息工程基础
刘 云 编著
*
中国铁道出版社出版发行
（北京市宣武区右安门西街8号）
责任编辑 任 军 封面设计 翟 达
各地新华书店经售
北京市燕山联营印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：9.125 字数：199千
1997年5月 第1版 第1次印刷
印数：1—2000册

ISBN7-113-02558-7/TP·255 定价：13.80元

内 容 简 介

信息工程是一门新兴的实用学科，其核心是研究信息的采集、处理、传输和施用的方法及其具体的工程实现。本书是作者在多年教学和工作经验的基础上，主要针对信息工程基本技术而编著的。书中在阐述信息工程定义及其组成的基础上，重点介绍了信息工程中所应用的基本理论，其中包括：信息的定义及度量，离散信源的熵及其编码，离散信道及其容量计算，数据加密及其算法，队列及其信息流等。同时，对信息工程中所用到的随机模拟技术与方法进行了介绍，并结合实例编制了计算机仿真程序。

全书共分八章，选材精炼，循序渐近，理论联系实际，书中例题与程序实例并存。本书不仅可以作为高等学校相关课程的教材和教学参考书，也可供科研和工程技术人员参考。

前　言

信息、新能源、新材料、生物、空间和海洋等科学与技术是现代科技革命的主要内容，而信息科学与技术又占据极其重要的地位。随着信息社会的到来，人们对信息的认识不断深化，对信息的研究也越来越广泛和深入，信息科学与技术正在被广泛地应用于社会的各个领域。它推动了社会发展，改变了人们的生产生活方式，显示出不可估量的前景。

将信息科学和技术广泛应用于社会中各类信息系统，并加以具体的工程设计与实现，就产生了信息工程。可以说，信息工程是一门新兴的实用学科，其核心是研究信息的采集、处理、传输和施用的方法及其具体的工程实现。它的基础理论涉及到数学、信息理论、运筹决策理论和随机过程，模拟技术方法等多方面内容。

本书是作者在多年教学和工作经验的基础上，主要针对信息工程基本技术而编著的。书中主要阐述了信息工程中的基本理论和方法，从介绍信息的定义入手，对信息的度量，信源分析及信源编码，信道模型及容量计算，信息传输过程及其数据保密的基本理论进行了分析和讨论，并对信息工程系统中常用的随机模拟技术和仿真方法进行了研究。本书在编写过程中注意理论联系实际，力求通俗易懂，避免大量繁琐的数学理论推导，且书中例题与程序实例并存，增加了可读性。同时，在选材上充分考虑工程中的实用特点，各章内容既相对独立，又有一定联系，便于读者自行取舍。

全书共分八章。第一章简单介绍了信息技术与工程的基本概念及应用领域。第二章阐述了仙侬信息论的经典理论。第三、四、五章分别讨论了对离散信源及信道的分析方法和基本理论，并介绍了几种无失真信源编码方法。通过对第六章的学习，读者可掌握信息工程中数据安全和保密的方法，同时对密码体制有一大致了解。第七章分析了信息工程中的信息队列和信息流，其中包括对马尔柯夫过程和排队论基础的数学介绍和理论推导，进而导出对随机服务系统的分析方法。第八章则讨论了随机模拟方法和仿真技术，它是一门方法论科学，适用于对信息工程中的系统进行分析、预测和研究验证，本章还包括了大量用C语言编写的仿真实例，并已通过上机验证，可供读者直接引用。

本书不仅可作为高等学校相关课程的教材和教学参考书，也可供科研人员和工程技术人员参考。

在编写本书过程中，作者曾得到过许多老师和同行的关心、指教。汪希时教授为本书的各章节目录进行了详细规划，提供了许多有价值的资料，并对全书内容进行了认真的修改和审校，聂涛教授和汪齐贤教授曾在教学中给予作者许多具体指导，张振江和沈波同志承担了书中例题的验算、程序调试和图表的设计、制作，马冰星和赵颖斯小姐为本书的出版付出了辛勤的劳动，对他们的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有欠妥和错误之处，热忱希望各界读者批评指正，使本书能进一步得到完善和提高。

刘　云

1996年10月

目　录

第一章 绪 论

当前，人类即将跨入21世纪，社会也正从工业化社会向信息化社会迈进，劳动工具呈现出“智能”特性，更多地采用自动化和机器人等现代化生产手段来生产出大批廉价、高性能和高质量的产品。同时，以计算技术、通信技术和自动控制为核心的高新技术已广泛应用于社会的各个方面，推动了社会的信息化。在信息社会里，信息是一种资源。为了理解信息的含义、信息技术与信息科学的内涵及信息工程所涉及到的各类信息系统，本章将对以上概念予以简单的阐述。

第一节 信息与信息理论

在人类的各种生产、科学和社会活动中，无处不涉及到信息的传输、存贮、处理及利用。从通俗概念上来说，人们认为信息是一种消息，例如，当人们收到一个电话，看到了报纸上的一则广告，就认为获得了信息。实际上，消息与信息两者并不等同。所谓消息，是指用语言、文字、图象等物理手段对外部客观世界或主观思维状态进行的一种描述，而且能被人们的感觉器官所感知。例如，对于报纸上的一则被重复刊登的广告，其内容可能对某个人来讲早已知道，或者能背下来，那么这则广告只能算作消息，它不能算做信息，因为它对这个人已没有实际意义。如果这则广告是被某个人初次看到，且以前他不知道广告的内容，也就是说，广告给了他一些“新知识”，则这条广告中包含了信息。所以，信息是能够为人的感觉器官所直接

或间接感知的一切有意义的实质性的东西，即“知”。信息是消息的内核，消息只是信息的外壳。

一、信息的实质

信息的含义大体可以从以下三个方面来解释。

1.“信息”是作为通信的消息来理解的，即所谓信息就是人们通信时所要告诉对方的某种内容。例如，电话、书信、报纸、广播等等均为这种形式，并且信息的交换与传输是这个含义的内核。没有信息的流通，世界就不可能发展。

2.“信息”是作为运算的内容而明确起来的。在这种含义下，“信息”是人们进行运算和处理所需要的条件、内容和结果，并常可表现为数字、数据、图象和曲线等形式。例如计量、价目和温度计示数等就是要显示信息的数据以备处理和计算。在当今计算机领域中，人们常常将这些数据作为计算机的原始输入存贮起来，并利用某些算法或公式来编制成运算程序供上机解答，这就是对信息的存贮和处理。此外，用于控制类的计算机，还可将计算机输出的结果用于对某些目标的控制。

3.“信息”是作为人类感知的来源而存在的。从这个含义上来说，就是人们不断地从外部世界获取有用的信息，加以分析、归纳和处理，以得到对外部世界的规律性认识，从而调整自身行为，达到改造客观世界的目的。

事实上，信息的含义还不止如此，它是一个十分抽象而复杂的概念。作为构成客观世界一切系统三大要素之一的信息，与物质和能量相比具有下列一些特殊性质。

①信息可能是无形的，即不具有实体性。

②信息具有共享性。信息的交流不会使交流者失去原有

的信息，而分享信息者则可以利用同一个信息进行竞争和对抗，因此，在某种情况下信息又常常需要保密。

③信息的无限性。物质世界是无穷尽的，因此表征物质的信息也是无穷尽的。

④信息的可计量性。信息可以在三个方面进行度量，即结构的、统计的和语义的。结构理论通过研究信元或编码对信息进行度量；统计理论利用统计发生概率的不确定性来度量，从而获得信息量的定值。

⑤信息的可变换性。信息被加工和处理后在反映内容和形式上发生变化。另外，信息的产生离不开物质，信息的产生需要能量，因此，有效地使用信息不仅可使信息转化为物质的能量，还可减少时间的开销。

⑥信息的系统性。信息是一种集合，各种信息在相互联系中形成统一的体系，信息系统就是物质世界系统的再现。

二、信息定义

虽然信息广泛地存在于现实世界中，人们也常常说到这个词，特别是在当今的社会里，信息越来越为人们所重视，但人们对信息的理解却有很大差异。目前对信息来说，还没有一个确切统一的定义，只能从某个研究领域去说明其内容和外延。例如，在计算机系统中，常把信息理解为数据消息中所包含的内容；从处理和运算角度定义则称“信息是加工知识的原材料”；从控制角度出发，“信息是控制的指令”；在通信领域中，随着电报和电话的出现，人们认识到电信号是携带信号的载体，信息要经过处理、发送、传输和接收四个步骤，并开始注意到如何在数值上对信息进行度量；从产生信息的角度上说：“信息是客观世界各种事物变化和特征的反映”，“信息是被反

映事物的属性”；从接收信息的认识主体上来定义，仙侬(C. E. Shannon)于 1948 年在《通信的数学理论》一文中指出：“信息是能够用来消除不肯定性的东西”，说明了认识是由于得到信息而增加了对客观事物的理解；从传输中信息所依附的载体来定义，人们通过把信息视做信号、数据、情报、资料、新闻和知识的总称，客观对象对认识的主体作用通过传输来表现，信息就包含在各种信号的组合之中；从信息的发送、处理、传输和接收的统一体，客观和主体之间的相互作用来定义，控制论奠基人维纳(N. Wiener)指出“信息就是人们在适应外部世界和控制外部世界过程中，同外部世界进行交换的内容和名称”，“信息就是变异度”，“信息就是差异”，并且进一步指出信息的实质，即“信息就是信息，既不是物质，也不是能量”等等。

分析信息定义的多样性，主要是因为信息本身是复杂的，人们出于不同研究目的，不同研究角度，很自然地对信息给出了不同的定义。

三、信息理论

在信息科学方面，仙侬和维纳的贡献是不可磨灭的。仙侬在研究了信息之后，提出“通信的基本问题是在消息的接收端精确地或近似地复现发送端所挑选的消息”，他认识到通信工程与语义无关，通信系统处理的信息本质上是随机的，必须采用非决定论的统计方法来进行处理。同时，他还找到了形式化和概率论这样的工具，并按照“信息是用来消除不肯定性的东西”这样一个基本概念，提出了信息量的度量公式。另外，维纳也在《时间序列的内插、外推和平滑化》和《控制论》等文章里，解决了按“通信的消息”来理解信息的度量问题，并得到了与仙侬相同的结果，因而建立了比较完整而系统的信息理论，即

仙侬信息论。仙侬信息论是在信息是可以度量的基础上，研究有效地和可靠地传递信息的科学，它涉及到信息量度、信息特性、信息传输速率、信道容量、干扰对信息传输影响等方面的知识，并以语法信息作为研究对象，因为语法信息只与事件发生的概率有关，所以仙侬信息论又称为狭义信息论。

随着对信息理解的不断深入，人们注意到信息并非必然具有概率的性质。在许多场合下，由于“试验”不能重复进行，不存在统计意义下的概率，无法用概率理论来描述这类试验，但是，人们仍能从试验中获取信息，这就说明存在着一类“非概率信息”。这个矛盾，促使人们研究如何对非概率信息进行度量，并且提出了一系列的概念和方法，如无概率信息、定性信息、偶发信息、模糊信息等等。同时，各种语义信息和语用信息的描述和度量方法也先后出现，从而推动人类对信息的认识从局部到全部，从个别向一般发展，狭义信息论也进一步向广义信息论演化。广义信息论是以仙侬信息论和维纳的控制论为理论基础，运用信息概念和信息方法来研究自然界和人类社会有关信息问题的。它不仅包括信息的度量、信源和信道特性等狭义信息论问题，而且还包括了通信理论问题，如噪声理论、信号检测与滤波、调制理论与信息处理等一般信息论问题，更重要的是它涉及到所有与信息问题相关的各种领域，如心理学、生物学、遗传工程和语义学等等。

第二节　信息技术与工程

随着自动化控制、计算机、系统工程和人工智能等技术的不断结合与发展，新的信息革命已经到来，社会正进入高新发展的信息化时代。能量、材料、信息三者并驾齐驱，构成现代科学的三大支柱。因此，研究信息所占有的地位和作用受到了人

们越来越大的重视，也产生了信息科学和信息技术。

所谓信息科学是指以信息为主要研究对象，以信息运动规律为基本研究内容，以科学方法论为主要研究方法，以扩展人的信息为主要研究目标的一门科学。信息科学与信息论不同，信息科学的基本理论是信息论和控制论，但它比信息论研究范围更为广泛，涉及内容更加深奥复杂和多面性，因此需要更好的研究工具——电子计算机。信息科学的研究方法与传统的科学方法论有所区别，它除了包含传统的科学方法外，还应用分析—综合—进化作为基本手段。分析是认识复杂事物的方法，比如对生命科学、社会现象常可加以分层分析，得出一些概念和模型；综合则把分析得到的概念等合成与实现，将物质和能量因素统一加以考虑，并设计出一个系统，然后再对其进行仿真模拟；进化则是通过综合仿真模拟得出一些控制数据，再反馈给客观世界以达到不断进化的过程。与信息科学相对应的技术叫做信息技术，下面将对信息技术进行详细介绍。

一、信息技术

信息技术是能扩展人的信息器官功能的一类技术。由于人对信息反映的功能是通过人的信息器官来体现的，所以有必要首先分析人的信息器官功能。归结起来，人的信息器官可分为四类，即感觉器官、传导神经网络、思维器官和效用器官，具体功能为：

1. 感觉器官：用来获取信息，它通过视觉、听觉、嗅觉和触觉来感知(即获取)外部世界各种事物运动的状态和方式。

2. 传导神经网络：用于传递信息，它能将感觉器官获得的信息传递给思维器官，并将思维器官加工过的信息传递给效