

# 与 管理信息系统开发 企业组织变革研究

李秀丽 主编

沈阳出版社

# 管理信息系统开发与企业组织变革研究

主 编 李秀丽  
副主编 郭瑾莉 马晓红 刘利宽  
张 弛 周晓宇 朱心来  
吴礼明 刘兰淇 鲁守璞

沈阳出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

管理信息系统开发与企业组织变革研究/李秀丽主编.  
— 沈阳:沈阳出版社,2012.8  
ISBN 978-7-5441-5098-9

I. ①管… II. ①李… III. ①企业管理—组织管理—  
管理信息系统—研究 IV. ①F272.9-39  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 195782 号

---

出版者: 沈阳出版社  
(地址:沈阳市沈河区南翰林路10号 邮编:110011)  
网 址: [Http://www.sycbs.com](http://www.sycbs.com)  
印刷者: 沈阳佳麟彩印有限公司  
发 行 者: 沈阳出版社  
幅面尺寸: 185mm × 260mm  
印 张: 29.5  
字 数: 720 千字  
出版时间: 2012 年 8 月第 1 版  
印刷时间: 2012 年 8 月第 1 次印刷  
责任编辑: 萧大勇  
版式设计: 陈亚博  
封面设计: 陈亚博  
责任校对: 丁金秋  
责任监印: 杨 旭

---

书 号: ISBN 978-7-5441-5098-9  
定 价: 35.00 元

联系电话:024-24112447  
E-mail:sy24112447@163.com

# 前 言

管理信息系统(MIS——Management Information System)是一个以人为主导,利用计算机硬件、软件、网络通信设备以及其他办公设备,进行信息的收集、传输、加工、储存、更新和维护,以企业战略竞优、提高效益和效率为目的,支持企业的高层决策、中层控制、基层运作的集成化的人机系统;是一门新兴的科学,涉及学科主要有管理学、运筹学、系统工程学、统计学、计算机科学及通信学等。

管理信息系统的主要任务是最大限度的利用现代计算机及网络通讯技术加强企业的信息管理,通过对企业拥有的人力、物力、财力、设备、技术等资源的调查了解,建立正确的数据,加工处理并编制成各种信息资料及时提供给管理人员,以便进行正确的决策,不断提高企业的管理水平和经济效益。

目前,企业的计算机网络已成为企业进行技术改造及提高企业管理水平的重要手段。随着我国与世界信息高速公路的接轨,企业通过计算机网络获得信息必将为企业带来巨大的经济效益和社会效益,企业的办公及管理都将朝着高效、快速、无纸化的方向发展。MIS系统通常用于系统决策,例如,可以利用MIS系统找出目前迫切需要解决的问题,并将信息及时反馈给上层管理人员,使他们了解当前工作发展的进展或不足。换句话说,MIS系统的最终目的是使管理人员及时了解公司现状,把握将来的发展路径。所以,管理信息系统是企业现代化的重要标志,是企业发展的一条必由之路。它不仅是实现管理现代化的有效途径,同时,也促进了企业管理走向现代化的进程。

本书是以新的视角、综合运用了多种研究方法,阅读了大量参考资料,总结了其他学者的研究成果,结合我们多年教学和实践工作经验,系统地介绍了管理信息系统的概念、基本理论、技术与方法及其新发展。全书共15章,第1章介绍了信息系统的概念;第2章揭示了管理与管理信息系统之间的关系及信息系统对组织管理的支撑;第3章介绍了管理决策与信息系统的技术基础知识,包括决策的类型、信息决策方法和决策支持系统;第4章介绍了管理信息系统的技术基础,包括计算机硬件及软件、计算机网络技术和数据库技术及其对管理信息系统的影响;第5章介绍了管理信息系统开发方法与环境;第6章阐述了管理信息系统规划的内容和步骤及常用方法;第7章介绍了管理信息系统的可行性分析、系

统化分析,以及确定新系统的逻辑方案;第8章介绍了管理信息系统的总体设计、详细设计方法与步骤;第9章介绍管理信息系统的程序设计、软件测试与调试、人员培训、系统转换等;第10章阐述信息系统是企业组织的神经;第11章探索信息系统的应用对现代企业组织的创新模式要求;第12章阐述信息系统的应用对现代企业组织领导与管理创新要求;第13章介绍管理信息系统管理与维护方法;第14章阐述现实社会中管理信息系统的典型应用;第15章回顾与展望信息系统的发展及其对组织和社会的影响。

尽管如此,本研究在一定程度上还是站在已有研究成果上进行的,同时由于水平和学识的限制,研究仍然停留在较浅层面,随着社会发展的不断深入,管理信息系统及其对现代企业组织的要求及变革对于我们来说仍是一个长期的、持续的、需要理论与实践上两方面不断探讨、研究的课题,因此对这一课题还需要更多的专家学者来深入商讨、各抒己见。

对于本书存在的缺失和疏漏之处,恳请各位专家学者给予批评指正;在编写过程中,参阅了大量国内外有关研究成果,对所涉及的专家学者表示衷心感谢。本书由李秀丽负责拟定大纲和组织撰写,由李秀丽、郭瑾莉、马晓红、刘利宽、张弛、周晓宇、朱心来、吴礼明、刘兰淇、鲁守璞等负责审稿与修定,所有撰写者及其分工为:张弛(河南财经政法大学,第1章);吴礼明(华北水利水电学院,第2章的第2.1节、第11章和第12章);郭瑾莉(华北水利水电学院,第2章的第2.2、2.3节和第8章);马晓红(河南教育学院,第2章的第2.4、2.5、2.6节和第3章);周晓宇(河南财经政法大学研究生处,第4章);刘兰淇(河南财经政法大学,第5章);鲁守璞(河南财经政法大学,第6章和第14章的第14.5节);李秀丽(华北水利水电学院,第7章和第14章的第14.1、14.2、14.3、14.4节);刘利宽(河南科技学院,第9章和第10章);朱心来(河南财经政法大学,第13章和第15章)。

# 目 录

第一部分 管理信息系统概述 .....	1
第1章 信息与信息管理 .....	3
1.1 信息 .....	3
1.2 系统 .....	39
第2章 管理与管理信息系统 .....	42
2.1 管理概述 .....	42
2.2 信息系统概述 .....	59
2.3 信息管理系统 .....	64
2.4 管理与信息技术 .....	81
2.5 管理与信息管理 .....	90
2.6 管理信息系统对组织管理的支撑 .....	99
第3章 管理决策与信息系统 .....	106
3.1 决策概述 .....	106
3.2 决策的类型 .....	117
3.3 决策信息 .....	128
3.4 信息决策方法 .....	135
3.5 决策支持系统 .....	139
第二部分 管理信息系统开发方法与环境 .....	147
第4章 管理信息系统的技术基础 .....	149
4.1 计算机硬件及软件 .....	149
4.2 计算机网络技术 .....	158
4.3 数据处理的基本概念 .....	169
4.4 数据库技术 .....	172
4.5 案例分析:技术条件对管理信息系统的影响 .....	184
第5章 管理信息系统开发方法与环境 .....	187
5.1 软件工程原理 .....	187
5.2 软件生命周期模型 .....	192
5.3 软件开发常用方法 .....	198
5.4 面向对象方法 .....	202

5.5 管理信息系统开发环境 .....	213
<b>第三部分 管理信息系统规划与开发 .....</b>	<b>225</b>
<b>第6章 管理信息系统的规划 .....</b>	<b>227</b>
6.1 信息系统战略规划的内涵 .....	227
6.2 管理信息系统规划的作用 .....	227
6.3 管理信息系统规划的内容和步骤 .....	229
6.4 管理信息系统规划的时机 .....	230
6.5 管理信息系统规划的常用方法 .....	232
6.6 管理信息系统规划的组织和管理问题 .....	235
<b>第7章 管理信息系统的分析 .....</b>	<b>237</b>
7.1 可行性分析 .....	237
7.2 管理业务与数据流程调查 .....	240
7.3 数据字典 .....	242
7.4 系统化分析 .....	244
7.5 确定管理模型 .....	247
7.6 确定新系统的逻辑方案 .....	247
<b>第8章 管理信息系统的设计 .....</b>	<b>248</b>
8.1 系统设计概述 .....	248
8.2 总体设计 .....	249
8.3 详细设计 .....	254
<b>第9章 管理信息系统的实施 .....</b>	<b>265</b>
9.1 物理系统的实施 .....	265
9.2 程序设计 .....	269
9.3 软件测试与调试 .....	271
9.4 人员培训 .....	272
9.5 系统转换 .....	273
<b>第四部分 管理信息系统对现代企业组织的变革要求 .....</b>	<b>275</b>
<b>第10章 信息系统是企业组织的神经 .....</b>	<b>277</b>
10.1 信息技术对传统企业组织设计的影响 .....	277
10.2 计算机信息化企业组织的神经系统 .....	293
<b>第11章 信息系统的应用对现代企业组织的创新模式要求 .....</b>	<b>302</b>
11.1 企业组织的特征 .....	302
11.2 信息化赋予企业组织新的模式 .....	306
11.3 信息化企业的企业流程重建 .....	311
<b>第12章 信息系统的应用对现代企业组织领导与管理创新要求 .....</b>	<b>316</b>
12.1 现代企业组织的领导创新 .....	316
12.2 现代企业组织的管理创新 .....	318
<b>第五部分 信息系统管理、维护及其应用 .....</b>	<b>321</b>
<b>第13章 管理信息系统管理与维护 .....</b>	<b>323</b>

13.1 管理信息系统的运行管理·····	323
13.2 管理信息系统的安全管理·····	326
第14章 管理信息系统的典型应用·····	330
14.1 决策与商业智能·····	330
14.2 现代应用系统·····	333
14.3 电子商务与应用·····	339
14.4 项目管理信息系统·····	351
14.5 物流管理信息系统的开发与应用·····	377
第15章 信息系统的发展及其对组织和社会的影响·····	409
15.1 信息系统的发展·····	409
15.2 数据分析技术的发展·····	431
15.3 信息系统对未来组织和社会的影响·····	445
参考文献·····	463



# 第一部分

## 管理信息系统概述



# 第 1 章 信息与信息管理

现代组织的管理需要信息,更需要信息系统的支持。计算机技术、信息技术、网络技术在管理中的应用发展成为专门的“管理信息系统”领域。管理信息系统是一门综合了管理科学、信息科学、系统科学、计算机科学和通信技术等的新兴学科。

准确地把握信息和信息管理的含义,才能更好地获取、处理和利用信息,更好地进行信息管理,才能更好地为企业、国家和社会的信息化服务。

## 1.1 信 息

信息是信息论中的一个术语,常常把消息中有意义的内容称为信息。1948年,美国数学家、信息论的创始人仙农在题为“通讯的数学理论”的论文中指出:“信息是用来消除随机不定性的东西”。1948年,美国著名数学家、控制论的创始人维纳在《控制论》一书中,指出:“信息就是信息,既非物质,也非能量。”

### 1.1.1 信息的概念

信息作为一个科学术语被提出和使用,可追溯到1928年 R. V Hartly 在《信息传输》一文中的描述。他认为:信息是指有新内容、新知识的消息。而关于信息,就有多种定义。1948年, C. E. Shannon 博士在《通信的数学理论》中,给出信息的数学定义,认为信息是用以消除随机不确定性的东西,并提出信息量的概念和信息熵的计算方法,从而奠定了信息论的基础。Norbert Wiener 教授在其专著《控制论——动物和机器中的通信和控制问题》中,阐述信息是“我们在适应外部世界、控制外部世界的过程中,同外部世界交换内容的名称”。1956年,英国学者 Ashby 提出“信息是集合的变异度”。认为信息的本性在于事物本身具有变异度。1975年,意大利学者 G. Longo 在《信息论:心得趋势与未决问题》指出:信息是反映事物构成、关系和差别的东西,他包含在事物的差异之中,而不在事物的本身。可见,至今为止,信息的概念仍然仁者见仁智者见智。

2011年又出现了“信息是反映事件(现象、确定性、属性、构成、关系和差别)的内容(东西)”的说法。

### 1.1.2 信息的属性

信息是可持续发展的基础,也是决策者进行成功规划的基础。如果没有合理的数据与

信息,决策比猜想好不到哪儿去,并且很容易出错。经济与社会数据很多,也相对比较可靠与容易理解。环境数据与信息则要困难得多,综合、及时、高质量的环境信息依然非常稀缺,获取合适的信息不仅十分困难,而且代价也很大。很难找到反映环境复杂性与人类应对环境变化脆弱性的指标。环境数据获取是每个国家都面对的问题。

虽然有限,但数据与知识仍然被证明是引导全世界关注环境问题并付诸实践的强有力的工具。环境研究与监控已经取得了很大进展,但更重要的是能够继续维持并改善这些工作,保证获得及时可靠的信息。需要加强对灾害和紧急事件的早期预警的信息处理,以及人类对环境变化脆弱性的影响因素分析。

### 1.1.3 信息的度量

信息的度量就是从数量关系上把握信息。对信息的定量把握,是进一步探讨信息的科学规律的基础。目前在信息度量方面比较成熟的理论仍然局限于语法信息的度量。下面先介绍几种描述语法信息的基本方法。

#### 1.1.3.1 信息的描述

##### 1.1.3.1.1 概率信息的描述

设  $X$  表示一个试验,  $X = \{X_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$  为试验中所有可能状态的集合,  $P = (P_i \mid i = 1, 2, \dots, n)$  表示每个状态出现的概率的集合, 则  $(X, P)$  为这一试验的概率空间。

概率空间  $(X, P)$  的各元  $(X_i, P_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  正好描述了事物运动的表征, 其中  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 表示事物可能的运动状态,  $P_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 表示运动状态  $X_i$  出现的概率。因此, 用概率空间可以刻画事物运动的整体表征, 这是描述概率信息的基本方法。

假定一个随机试验  $X$ , 有  $n$  种可能的试验结果  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 。如果在试验之前已知这些状态发生的概率为  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , 则称为先验概率。在试验完成后, 发现这些可能状态的实际发生概率为  $P_1^*, P_2^*, \dots, P_n^*$ , 则称为后验概率。

先验概率空间和后验概率空间可以按下式进行变换:

$$(X, P) \rightarrow (X, P^*) \quad (1-1)$$

在式(1-1)中, 箭头“ $\rightarrow$ ”是变换符, 表示变换;  $P^* = \{P_i^* \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ 。箭头左边为先验概率空间, 右边为后验概率空间。先验概率空间描述了观察者的先验信息, 后验概率空间描述了试验后观察者的后验信息。这样, 观察者通过式(1-1)的描述就可以看到随机型信息的变化过程。后验信息量与先验信息量之差就是观察者试验过程中的实得信息。

在很多实际试验场合, 后验概率  $\{P_i^* \mid i = 1, 2, \dots, n\}$  是一个 0-1 型分布, 即:

$$P_i^* = \begin{cases} 1 & i = i_0 \\ 0 & i \neq i_0 \end{cases}$$

用  $P_s^*$  表示 0-1 型后验概率分布, 这时式(1-1)可以表示为:

$$(X, P) \rightarrow (X, P_s^*) \quad (1-2)$$

当观察者对试验没有任何先验信息时, 只能假定这  $n$  个状态出现的概率是均匀分布的, 即  $P_i = 1/n, i = 1, 2, \dots, n$ , 用  $P_0$  表示这种均匀分布的先验概率, 这时式(1-1)可以表示为

$$(X, P_0) \rightarrow (X, P_s^*) \quad (1-3)$$

式(1-3)表示, 在观察试验之前, 观察者对试验结果一无所知, 试验之后, 结果唯一确

定。这时,观察者获得了最大的实得信息。反之,若试验之后  $P_i = P_0$  则实得信息为 0。

### 例 1.1 投掷硬币试验

设  $X = \{x_i \mid i=1,2\}$ , 其中  $X_1$  表示“正面朝上”这一状态,  $X_2$  表示“反面朝上”这一状态, 观察者无法知道  $X_1$  和  $X_2$  状态哪个会出现, 根据常识, 认为两者出现的概率均等, 即  $P_i = 1/2, i=1,2$ 。X 的先验概率空间为:

$$(X, P_0) = (X_1, \frac{1}{2}); (X_2, \frac{1}{2})$$

或

$$\begin{bmatrix} X \\ P_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

假定观察结果为正面朝上, 即状态  $X_1$  出现, 后验概率空间为:

$$\begin{bmatrix} X \\ P^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

则先验概率空间到后验概率空间的转换过程为:

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 1.1.3.1.2 偶发信息的描述

偶发信息对应于半随机试验。在半随机试验中, 可能的状态也是随机发生的, 但由于这类试验是偶尔发生的, 不具有大量重复时的统计稳定性, 因而不能用概率来描述。

假定某个随机试验 X, 它有 N 个可能的状态  $X_1, X_2, \dots, X_N$ 。试验的结果这 N 个状态总有一个会发生, 且  $X_1$  发生的可能性为  $q_1, X_2$  发生的可能性为  $q_2, \dots, X_N$  发生的可能性为  $q_N$ , 且满足归一化条件:

$$\sum_{i=1}^N q_i = 1$$

实际试验的结果, 可能是  $q_1^*, q_2^*, \dots, q_N^*$ , 其中某个  $q_{no}^* = 1$ , 其余的  $q_n^* = 0$ 。

把  $q_1, q_2, \dots, q_N$  称为关于 X 的先验可能度分布, 用 Q 表示, 而把  $q_1^*, q_2^*, \dots, q_N^*$  称为关于 X 的后验可能度分布, 用  $Q^*$  表示。

Q 和  $Q^*$  与概率信息场合的 P 和  $P^*$  相似, 但 Q 不是概率, 无法用统计的方法求出, 而是由观察者根据经验给出, 是观察者关于 x 的主观经验性的先验可能性分布, 服从归一化约束。

在半随机试验中, x 的状态集合和可能度分布描述了事物的运动状态和方式, 分别定义  $(x, Q)$  和  $(x, Q^*)$  为先验可能度空间和后验可能度空间, 用它们来描述偶发信息。观察者的实得信息可以用可能度空间的变换描述:

$$\begin{pmatrix} X \\ Q \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} X \\ Q^* \end{pmatrix}$$

例 1.2 以赛马为例, 假定有三匹编号为 1.2.3 的马参加比赛, 把它看作一个半随机型试验 X, 则可能的状态有 6 种:

$$x_1:123 \quad x_2:132 \quad x_3:213 \quad x_4:231 \quad x_5:312 \quad x_6:321$$

试验的结果到底是哪种状态无法用概率或者确定型公式预测,具有偶然性。同时由于赛马的竞技状态、场地的环境状况等都无法完全重复,也不可能做大量重复试验,因而只能建立主观的或者是经验的可能性分布,而无法建立概率分布。

假设有关  $x$  的先验可能度分布为  $q_1, q_2, \dots, q_N$ , 而后验可能度分布为  $q_1^*, q_2^*, \dots, q_N^*$ , 则实得信息可以由下面的变换描述:

$$\begin{bmatrix} X_1, X_2, \dots, X_6 \\ q_1, q_2, \dots, q_6 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} X_1, X_2, \dots, X_6 \\ q_1^*, q_2^*, \dots, q_6^* \end{bmatrix}$$

#### 1.1.3.1.3 模糊信息的描述

模糊信息是指用以消除模糊不确定型的信息。可以用模糊隶属度曲线来描述模糊事物的运动状态和方式。把模糊集元素的隶属度记为  $f$ , 第  $i$  个元素的隶属度记为  $f_i$ , 整个模糊集上的隶属度分布记为  $F$ 。与概率的情况不同,这里的隶属度不满足归一化的要求,即

$$\sum_i f_i \neq 1 \quad f_i \in F$$

把模糊试验  $X$  和它的隶属度分布  $F$  组成的序对  $(X, F)$  称为模糊试验的隶属度空间。这样,模糊试验所提供的模糊信息可以用试验前后隶属度空间的变化来描述。用符号  $F$  表示试验前的隶属度分布,  $F^*$  表示试验后的隶属度分布,则模糊试验提供的模糊信息可以描述为:

$$(X, F) \rightarrow (X, F^*)$$

#### 1.1.3.1.4 确定型信息的描述

确定型信息是由确定型试验所提供的信息。所谓确定型试验,是有确定的试验机构,但初始条件和环境条件都具有动态或时变性的试验。确定型信息可以用确定性的数学模型来表示。

#### 1.1.3.2 信息的香农测度

信息论的创始人香农 1948 年提出了信息的香农测度。

香农测度的基本思想是:信息是用来消除不确定性的,信息的数量可以用被消除掉的不确定性的数量来度量,而这种不确定性是由随机性引起的,可以用概率来描述。因此,香农测度可用来度量随机事件选择结果的不确定性的数量。

假设有随机事件集合  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , 出现的概率分别为  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , 满足

$$0 \leq p_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad \sum_i p_i = 1$$

则随机事件集合  $X_1, X_2, \dots, X_n$  的香农测度为:

$$H_s \triangleq H_s(p_1, \dots, p_n) = -K \sum_i p_i \log p_i \quad (1-4)$$

其中  $K$  为正常数,式(1-4)也称为香农熵公式。

为了更好地理解香农测度的来源、内涵及有关假设和性质,下面给出香农熵公式的个简单证明。

**定理** 满足以下三个条件的不确定性度量  $H_s$  可且仅可用(1-4)式表示:

$H_s$  是  $P_i (i = 1, \dots, N)$  的连续函数

如果所有的  $P_i$  相等(即  $P_i = 1/N$ ),那么  $H_s$  是  $N$  的单调增函数;

如果选择分步相继的两步,原先的  $H_s$  等于分布选择的各个  $H_s$  值的加权和。

设有条件(3)的意义可以做如下解释:

设有 3 个条件  $X_1, X_2, X_3$ , 它们出现的概率分别为  $P_1 = 1/4, P_2 = 1/3$  和  $P_3 = 1/6$ , 在如图 1.3 所示不分步选择 (a) 和分布选择 (b) 的情况下, 他们的概率空间是完全相同的, 因此它们的不确定性度量  $H_s$  是一样的, 即:

$$H_s\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{6}\right) = H_s\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2}H_s\left(\frac{2}{3}, \frac{1}{3}\right)$$

**证明** 先考虑等概率选择的情况, 即  $P_i = 1/N, i = 1, \dots, N$ 。

令:

$$H_s\left(\frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N}\right) = A(N)$$

由条件(3), 有:

$$A(MN) = H_s\left(\frac{1}{MN}, \dots, \frac{1}{MN}\right) = H_s\left(\frac{1}{M}, \dots, \frac{1}{M}\right) + \sum_{i=1}^N \frac{1}{M} H_s\left(\frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N}\right)$$

故有:

$$A(MN) = 2A(N)$$

一般地, 有:

$$A(S^a) = aA(S) \text{ 或 } 2A(t^\beta) = \beta A(t) \quad (1-5)$$

对于给定的  $\beta$ , 总能找到适当的, 使得:

$$S^a \leq t^\beta < S^{a+1} \quad (1-6)$$

两边取对数, 并除以  $\beta \log S$ , 得:

$$\frac{\alpha}{\beta} \leq \frac{\log t}{\log S} < \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{\beta} \quad (1-7)$$

另一边, 由条件(2)及式(1-5), 得:

$$A(S^a) \leq A(t^\beta) < A(S^{a+1}) \quad (1-8)$$

由式(1-5)和(1-7), 得:

$$\alpha A(S) \leq \beta A(t) < (\alpha + 1) A(S)$$

两边除以  $\beta A(S)$ , 得:

$$\frac{\alpha}{\beta} \leq \frac{A(t)}{A(S)} < \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{\beta} \quad (1-9)$$

由式(1-7)和(1-9), 得:

$$\left| \frac{A(t)}{A(S)} - \frac{\log t}{\log S} \right| \leq \varepsilon$$

式中  $\varepsilon$  是任意小的正数。

在极限情况下, 有:

$$\frac{A(t)}{A(S)} = \frac{\log t}{\log S}$$

令:

$$\frac{A(t)}{A(S)} = \frac{\log t}{\log S} = K$$

由条件(2)知,  $K$  必为正数。因此, 在等概率情况下成立式(1-4)成立。

考虑不等概率的情形, 设事件发生的概率为  $p_i$ ,  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$ 。

先考虑  $P_i (i = 1, \dots, N)$  均为有理数的情形。令  $p_i = \frac{v_i}{u_i}$ ,  $v_i, u_i (i = 1, \dots, N)$  均为正整数。

求  $U_i$  的最小公倍数, 设其为  $U$ , 有  $U = k_i u_i$ , 则:

$$p_i = \frac{n_i}{U}$$

其中  $n_i = k_i u_i$ , 且  $\sum_{i=1}^N n_i = U$ , 故:

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

考虑  $U$  个等概率为:

$$P = \frac{1}{U}$$

$U$  个等概率的事件, 可以看成是先作概率为  $p_i = \frac{n_i}{U} (i = 1, \dots, N)$  的  $N$  个不等概率的选择, 再在每个选择后分别作  $n_i$  个概率为  $\frac{1}{n_i}$  的等概率的选择。根据条件(3)有:

$$H_s\left(\frac{1}{U}, \dots, \frac{1}{U}\right) = H_s(p_1, \dots, p_N) + \sum_{i=1}^N P_i H_s\left(\frac{1}{n_i}, \dots, \frac{1}{n_i}\right)$$

$$A \sum_{i=1}^N n_i = H_s(p_1, \dots, p_N) + \sum_{i=1}^N P_i A(n_i)$$

故:

$$K \log \sum_{i=1}^N n_i = H_s(p_1, \dots, p_N) + \sum_{i=1}^N P_i K \log n_i$$

即:

$$H_s(p_1, \dots, p_N) = K \left( \log \sum_{i=1}^N n_i - \sum_{i=1}^N P_i \log n_i \right)$$

$$= K \left( \left( \sum_{i=1}^N P_i \right) \log \sum_{i=1}^N n_i - \sum_{i=1}^N P_i \log n_i \right)$$

$$= K \left( \left( \sum_{i=1}^N P_i \log n_i \right) - \sum_{i=1}^N \left( P_i \log \sum_{i=1}^N n_i \right) \right)$$

$$= -K \sum_{i=1}^N P_i \log \sum_{i=1}^N n_i$$

$$= -K \sum_{i=1}^N P_i \log P_i$$

因此, 当  $P_i (i = 1, \dots, N)$  均为有理数时, 式(1-4)成立。

当  $P_i (i = 1, \dots, N)$  为无理数时, 可以用有理数无限逼近, 根据条件(1), 结论也成立。



证毕。

要注意的是,在香农测试的公式中,条件(1)、(2)和(3)是香农提出的关于不确定性测度的三个基本假设,也是获得香农熵公式的根本依据。

香农熵具有以下依据:

(1)对称性:

$$H_s(p_1, \dots, p_N) = H_s(p_k(1), \dots, p_k(N))$$

(2)归一性:

$$H_s\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = 1$$

(3)可扩展性:

$$H_s(p_1, \dots, p_N) = H_s(0, p_1, \dots, p_N) = \dots = H_s(p_1, \dots, p_i, 0, p_{i+1}, \dots, p_N)$$

(4)确定性:

$$H_s(1, 0) = H_s(0, 1) = 0$$

(5)极值性:

$$H_s(p_1, \dots, p_N) \leq H_s\left(\frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N}\right) = \log N$$

(6)香农不等式:

$$-\sum p_i \log p_i \leq -\sum p_i \log q_i$$

其中:

$$0 \leq p_i \leq 1, i = 1, \dots, N, \sum_1^N p_i = 1, 0 \leq q_i \leq 1, i = 1, \dots, N, \sum_1^N p_i = 1$$

现在,来考虑一个标准的二择一事件,即有两种可能结果且两种结果出现的概率相等(抛硬币事件就是这种情况),该事件的香农测度公式为:

$$H_s\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = -K\left(\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2}\right)$$

由归一性,有:

$$H_s\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = 1$$

取2为对数的底,易得常数  $K=1$ ,此时香农测度公式变为:

$$H_s = -\sum p_i \log q_i$$

要注意的是,当对数的底不为2时,常数  $K \neq 1$ ,但可以把不为1的  $K$  计入信息的度量中。当对数的底为2时,香农测度的度量为二进制单位,即比特(binary digit, bit),以  $e$  为底数时,成为自然单位,即奈特(natural digit, nat);以10为底数时,即迪特(decimal digit, dit)。因此,不失一般性,有香农测度公式:

$$H_s = -\sum p_i \log q_i$$

容易证明,1比特 =  $\ln^2$  奈特,1比特 =  $\lg^2$  迪特。

在信息论中,用  $I_s(P_1, \dots, P_N)$  表示消除不确定性  $H_s(P_1, \dots, P_N)$  所需要信息量,有:

$$I_s(P_1, \dots, P_N) = H_s(P_1, \dots, P_N) - 0 = H_s(P_1, \dots, P_N)$$

如果一个事件只有两种可能性,且出现的概率是均匀分布的,用0表示一种可能性,用1表示另一种可能性,则该事件的信息量为  $I = \log_2 2 = 1$  bit,即抛硬币出现正面或反面的信