



21

公共行政学系列教材

世纪

主编/沈亚平

决策统计分析

STATISTICAL ANALYSIS OF DECISION

■ 李 瑛 编著



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

0212.5
2

21世纪公共行政学系列教材/主编 沈亚平

决策统计分析

李瑛 编著



天津大学出版社
Tianjin University Press

RAS 33 / 02

内容提要

本书采用通俗易懂的语言深入浅出地介绍了决策分析中的统计方法以及多目标决策,其中包括不确定条件下的决策、风险决策、运用样本信息的决策、多目标决策、马尔可夫过程等内容。在介绍基本理论的同时,每一种方法都给出了实际应用案例,对于多目标决策中的 AHP 方法以及马尔可夫等方法还给出了相关的软件使用方法,便于读者在学习基本理论的同时,掌握实际中如何运用这些知识的方法。

本书既可作为经济、工商与管理领域各专业高年级本科生和研究生的教材,又可作为上述领域内教师及研究人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

决策统计分析/李瑛编著. —天津:天津大学出版社,
2005.3

ISBN 7-5618-2105-0

I. 决... II. 李... III. 决策论 - 统计分析(数学)
IV. 0225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011823 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨风和
地址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网址 www.tjup.com
印刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经销 全国各地新华书店
开本 170mm × 240mm
印张 13.75
字数 332 千
版次 2005 年 3 月第 1 版
印次 2005 年 3 月第 1 次
印数 1 - 4 000
定价 22.00 元

决策是人们从事各项活动时普遍存在的一种择优手段,在从事经济(如投资、经营管理)、政治、军事、科研、教育等活动时,往往会面临不同的选择。因此,如何选择一种方案,使该方案的各种指标最好,显然十分重要。这种先于实施的决定称为决策。决策是所有组织成功的关键,管理者在日常生活中需要做出许多决策,有些决策对决策者或组织的影响不大,但不少决策却影响到组织的生存与发展,在决策之前决策者需要系统而慎重的思考。

决策模型可以分为两大类——确定性模型和概率模型。对于前者而言,好的决策一定会带来好的结果,决策者会得到他所期望的结果,没有任何风险可言。而对于概率模型,结果是不确定的。决策者不仅要考虑决策结果的价值,还要考虑决策所面临风险的大小。不确定条件下的决策主要基于统计技术的应用,既要考虑那些决策者无法控制的自然状态出现的概率,又要估计决策的风险。统计技术可以使决策者收集、分析和解释与决策问题相关的数据,从而辅助决策者做出理性的决策。从某种意义上讲,决策离不开数据和模型。

统计思想和方法已成为许多学科的科学框架,诸如教育、农业和医学,它对天文、地理和物理等硬科学的影响也越来越显著。由于应用的广泛,统计技术本身也得到了极大的发展与补充。为了适应公共管理教学和发展的需要,本书在下列几个方面做了积极的努力。

①鉴于公共管理的学生在数学和统计方面基础比较薄弱,本书尽量使用非技术性的语言对基本原理和概念进行介绍,同时使用了一些日常生活中的例子以加深学生对基本概念的理解。

②为了使学生能了解该学科的前沿领域,作者参考了大量的国内外文献,介绍了一些应用方面的最新改进和发展。

③每一种方法都配有具体的应用案例来说明应用过程,这些案例大都是国内外的最新研究成果,这是本书的显著特色之一。

④为了能使所介绍的技术得到实际应用,本书在介绍技术的同时介绍了 SPSS、Expert Choice 和 QM for Windows 等软件。这不仅是为了轻松完成那些手工无法完成的计算工作,更重要的是让学生能实际应用这些技术。

编者

2005年1月

第 1 章 概率基础	(1)
1.1 基本概念	(1)
一、主观概率	(1)
二、主观概率的性质	(2)
三、主观概率的估计	(2)
1.2 概率定理	(3)
一、概率的加法定理	(3)
二、概率的乘法定理	(4)
三、Bayes 定理	(5)
1.3 随机变量的概率分布	(6)
一、变量的类型和包含的信息	(6)
二、随机变量	(8)
三、二项分布	(9)
四、正态分布	(12)
五、 χ^2 分布	(14)
六、 t 分布	(14)
七、 F 分布	(15)
八、期望值	(15)
习题	(16)
第 2 章 参数估计与假设检验	(18)
2.1 抽样分布	(18)
一、发生数的抽样分布	(18)
二、均值分布	(19)
2.2 参数估计	(20)
一、点估计	(20)
二、区间估计	(21)
2.3 假设检验	(24)

一、基本概念	(24)
二、检验结果的实际意义	(27)
三、检验功效	(28)
四、假设检验的一般程序	(28)
习题	(29)
第3章 参数检验	(30)
3.1 单样本的均值检验	(30)
一、样本容量 n 足够大	(30)
二、小样本情况	(31)
三、有关临界值的说明	(32)
3.2 双样本的均值检验	(33)
一、大样本情况	(34)
二、小样本情况	(36)
3.3 配对样本的 t 检验	(38)
3.4 比例样本的假设检验	(40)
一、样本的比例检验	(40)
二、双样本的比例比较	(43)
3.5 参数检验的 SPSS 输出	(45)
一、配对样本的 t 检验 (paired-samples T test)	(45)
二、独立样本的 t 检验 (independent-samples T test)	(47)
习题	(50)
第4章 χ^2 检验	(51)
4.1 单向分类的 χ^2 检验	(51)
一、基本原理	(51)
二、应用举例	(52)
4.2 双向分类的 χ^2 检验	(54)
一、基本原理	(55)

二、应用举例	(56)
习题	(59)
第 5 章 回归分析	(62)
5.1 一元线性回归模型	(63)
一、基本概念	(63)
二、回归系数的估计	(64)
三、回归模型的基本假设	(65)
四、线性回归的统计推断	(66)
5.2 应用实例	(70)
一、人均消费与国内生产总值	(70)
二、国债的发行对储蓄存款的影响	(72)
5.3 多元线性回归模型	(73)
一、回归系数的估计	(74)
二、偏回归系数和复相关系数	(74)
三、线性回归的统计推断	(75)
四、标准回归系数	(75)
五、部分和偏相关系数	(76)
六、偏 F 检验与选择自变量	(76)
七、名义和有序变量的应用	(78)
5.4 案例及计算机应用	(80)
一、背景介绍	(80)
二、变量设置及说明	(81)
三、数据及分析步骤	(82)
四、结果解释	(85)
习题	(86)
第 6 章 不确定条件下的决策	(88)
6.1 决策问题的表示	(88)

6.2 “好中求好”的决策方法	(90)
6.3 “坏中求好”的决策方法	(92)
6.4 α 系数决策方法	(93)
6.5 萨凡奇(Savage)决策方法	(95)
习题	(96)
第7章 风险决策	(98)
7.1 Bayes 决策标准	(98)
一、基本原理	(98)
二、应用	(99)
三、若干问题的说明	(102)
7.2 Bayes 决策标准与经典的假设检验	(103)
7.3 决策树	(106)
一、决策树中的决策点和方案枝	(106)
二、机会点和概率枝	(107)
7.4 风险决策的敏感性分析	(109)
7.5 效用理论	(111)
一、效用测量的必要性	(111)
二、币值和后果的效用	(112)
三、效用函数的导出	(113)
四、关于效用的几点说明	(115)
五、效用在保险领域中的应用	(118)
习题	(120)
第8章 运用样本信息的决策	(124)
8.1 使用样本信息修正自然状态的概率	(124)
一、运用伯努利分布修正自然状态的概率	(124)
二、运用正态分布修正自然状态的概率	(129)
8.2 使用连续函数的决策理论	(131)

一、先验分布和后验分布	(132)
二、Break - Even 分析	(136)
三、边际分析	(139)
8.3 信息的价值	(142)
一、完全信息的价值	(143)
二、样本信息的价值	(145)
习题	(148)
第 9 章 多目标决策	(151)
9.1 层次分析	(151)
一、AHP 中层次的确定	(152)
二、判断矩阵	(153)
三、局部优先序(权重)的确定	(154)
四、判断矩阵的一致性检验	(156)
五、合成权重	(158)
六、若干应用问题的解释	(159)
七、运用 EC 实现 AHP	(161)
八、应用案例	(166)
9.2 多属性效用分析	(168)
一、多属性效用分析的基本原理	(169)
二、多属性效用函数的建立	(170)
三、权重的指派	(173)
四、效用的测量及各方案的比较	(174)
习题	(185)
第 10 章 马尔可夫过程	(188)
10.1 基本概念	(188)
一、状态转移概率及转移概率矩阵	(188)
二、一步平稳转移概率	(189)

目

录

10.2 马尔可夫过程预测	(190)
10.3 马尔可夫过程应用	(193)
一、应收账款分析	(193)
二、项目效果评估	(196)
三、人才合理结构的控制	(197)
习题	(198)

第1章 概率基础

1.1 基本概念

大多数人都能很好地理解概率的概念，例如，当掷一枚标准的一元硬币时，我们会说落地时菊花和国徽朝上的概率各为0.5。这样认为是基于硬币的物理属性（两面完全对称）和实验（掷硬币）的公正性，假若我们想用大量的掷硬币实验来证实这一观点，并不是期望菊花和国徽朝上的频数精确地各为二分之一，只要接近于该值我们就会认为上面的观点是正确的。事实上，如果对硬币材质的均匀性有怀疑的话，使用这种实验方式指定菊花和国徽朝上的概率，用这种方式导出的概率称为客观概率或经验概率。该方法认为概率值的指定要么基于实验机理的对称性，要么基于实验。在第一种情况下，如果假定硬币是材质均匀、形状规则的圆板，那么任一理性的个体都会指定两面朝上的概率各为0.5；在第二种情况下，同样，每一理性的个体都将实验中每个面出现的相对频数指定为相应的概率。这两种方法有明显的区别，对于第二种方法，两个理性个体对同一枚硬币掷500次，会给出不同的结果，每个面出现的概率为0.5是一个长期观察的结果，也就是说这种指定概率的方法是实验的或客观的。

一、主观概率

客观概率基于对事件在相同条件下的长期观测，多数情况下我们无法在稳定的条件下重复实验，这一点公共管理人员比任何人都清楚，指定概率所依据的长期观测的相对频数是无法得到的。但我们依然需要决策，而决策又依据我们对某些事件概率的估计。例如，明年北京沙尘暴天气出现的次数增加，对于这样一个陈述实际上涉及三种可能的结果——增加、不变、降低。明年究竟如何是未知的，这同掷硬币一样，所不同的是我们无法重复明年。在这种情况下用什么作为估计概率的基础呢？

计算概率视情形而定，没有固定的方法，但无论如何必须依靠主观判断，主观概率是观测者对系统出现某个状态的相信程度，同客观概率一样，其取值范围为 $(0, 1)$ ，主观概率为“0”意味着观测者认为系统不可能出

现该状态,而“1”则意味着他认为该状态必定出现。主观概率取决于观测者的经验和掌握的相关信息,对于同一状态,不同的人会给出不同的主观概率值,但它们相差不应太大,而且有可能协调为一个一致的数值。主观概率代表了观测者对系统出现某一状态的相信程度,它隐含了观测者认为系统如何,而不是系统本身如何。

统计及有关的科学模型中强调的是客观概率,而决策分析却避开客观概率而使用主观概率,决策分析中使用主观概率并不仅仅因为基于相对频数的概率无法得到, Bayes 分析方法提倡的一致性原则也是原因之一,关于一致性原则将在以后进行详细介绍。

二、主观概率的性质

1. 连通性

主观概率同客观概率一样,是一种概率测度,决策者面对决策问题时对两种自然状态的相对似然性有一定的估计,他的估计必定属于且只属于下列三种情况之一:一种状态比另一种状态更有可能发生,或更不可能发生,或等可能发生。这就是所谓的连通性。

2. 传递性

决策者对于自然状态似然性的这种估计是可传递的,如果决策者认为:自然状态 S_1 比自然状态 S_2 更容易出现,而自然状态 S_2 比自然状态 S_3 更容易出现,则他必定认为自然状态 S_1 比自然状态 S_3 更容易出现。

3. 一致性

主观概率的估计必须具备一致性,例如,决策者认为自然状态 S_1 出现的概率为 $3/5$,自然状态 S_2 出现的概率为 $1/5$,那么他估计自然状态 S_3 出现的可能性必须是 $1/5$ 。

三、主观概率的估计

如果对估计的事件或状态有足够的了解,可以直接设定一个主观概率值,否则,可以选择一事件作为基准事件,通过二者的比较给出相应的主观概率,对于分析者而言,基准事件客观概率的估计是轻而易举的。类似的基准事件有掷硬币时各种结果的出现以及概率轮指针停于某个区域,下面以概率轮为例说明这一估计过程。

大家可能在电视或电影上见识过轮盘赌,概率轮的结构与此相似,在该装置中,表面的指针可以自由转动而且有良好的平衡能力,如图 1.1 所示。

在图 1.1 中,指针自由旋转时停在 E 区的概率可以通过测量它对应的弧度而确定。如果要确定决策者对于明年沙尘暴出现的次数增加的相信程度,需要对下面两个事件发生的可能性做出比较: A 为指针停在 E 区

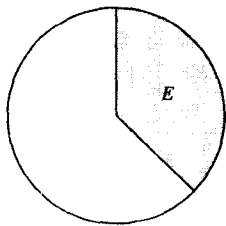


图 1.1 概率轮

的概率; B 为明年沙尘暴的频次增加。

如果他认为 A 和 B 等可能, 则他对于“明年沙尘暴的频次增加”的主观概率就是指针自由旋转时停在 E 区的概率; 如果他认为 A 比 B 更有可能发生, 则减少 E 的弧度, 反之则增加 E 的弧度, 通过调整 E 的大小, 总能找到一个弧度(α)使得决策者认为 A 和 B 等可能, 此时决策者关于事件的主观概率为 $\alpha/360$ 。

需要指出的是: 理论上可以找到一个确定的弧度 α , 使得决策者认为 A 和 B 等可能发生, 然而由于人类判别能力的限制, 实际上 α 是一个范围, 优秀的决策分析人员都会意识到这一点, 通过敏感性分析可以确定决策者对主观概率估计的这一偏差对决策后果的影响是否显著。

对主观概率的估计除了概率轮以外还有许多, 诸如区间法(分位点法)、相对似然比法、直方图法等。无论哪一种方法, 给出的主观概率都不可能是一精确的值, 例如“明天下雨的概率介于 $0.5 \sim 0.6$ 之间”比“明天下雨的概率为 0.5814 ”更自然也更可信。决策分析的目的是为决策者提供一个思考的框架, 以此来帮助他们更好地理解自己所面临的问题、偏好和对自然状态的相信程度, 同时帮助他们意识到判别中存在的非一致性并对其进行一致性修正。

1.2 概率定理

我们在以前的统计或数理统计教科书中已经接触过有关概率的定理, 对于主观概率而言这些定理同样适用, 下面分别介绍。

一、概率的加法定理

对于任意两个事件 A 和 B , 至少有一个事件发生的概率(联合概率)

$$P_{(A \cup B)} = P_{(A)} + P_{(B)} - P_{(AB)} \quad (1.1)$$

当 A 和 B 互不相容时, A 和 B 同时出现的概率 $P_{(AB)} = 0$, 此时, A 和 B 至少有一个发生的概率 $P_{(A \cup B)}$ 是二者的概率之和。如假若将“明天下

雨”这一事件分解为“明天下小雨”、“明天下中雨”和“明天下大雨”这样三个事件,这三个事件是互不相容的,也就是说如果“明天下小雨”成立,则其余二者都不能成立。现在假定直接估计的“明天下雨”的主观概率为 $P_{(\text{rain})}$,随后分别估计的“明天下小雨”的概率、“明天下中雨”的概率和“明天下大雨”的概率分别为 $P_{(l)}$ 、 $P_{(m)}$ 和 $P_{(h)}$ 。用概率的加法定理可以给出:

$$P_{(\text{rain})} = P_{(l)} + P_{(m)} + P_{(h)} \quad (1.2)$$

对于我们的估计而言,如果上式成立,则对关于明天天气的主观概率的估计是一致的,否则,应重新考虑对这一不确定性事件的相信程度并进行修改以使其一致。这是决策分析的原则。

关于加法定理的第二个例子是对明年国民经济的估计,假若将其分为“增长”、“不变”和“下降”三种情况,很显然,它们之间是互不相容的,依据加法定理,应有下式成立:

$$P_{(G)} = 1 - P_{(S)} - P_{(D)}$$

$P_{(G)}$ 、 $P_{(S)}$ 和 $P_{(D)}$ 分别是对明年国民经济将增长、不变和下降的相信程度。

二、概率的乘法定理

1. 先验概率

根据掌握的信息或主观判断所确定的各种事件发生的概率称为先验概率,因为这样指定的概率没有经过实验证实,属于检验前的概率。先验概率又分为两类,客观先验概率与主观先验概率。

2. 条件概率

假定 E 是某一事件,关于它的知识可以影响决策者在决策问题中对于可能的自然状态的相信程度, $P_{(S_1)}$, $P_{(S_2)}$, \dots , $P_{(S_j)}$, \dots , $P_{(S_n)}$ 是他在不知道事件 E 能否出现之前关于这些自然状态或事件的先验概率。那么,如果决策者知道真实的自然状态为 $S_{(j)}$,关于事件 E 发生的相信程度 $P_{(E/S_j)}$ 为给定自然状态 $S_{(j)}$ 时事件 E 出现的条件概率;同样如果他知道事件 E 发生,关于自然状态 $S_{(j)}$ 的相信程度 $P_{(S_j/E)}$ 为给定事件 E 时自然状态为 $S_{(j)}$ 的条件概率。

3. 概率乘法定理

两个非零的任意事件,其乘积的概率(二者同时出现的概率)等于其中一事件的概率与另一事件在前一事件已经发生条件下的条件概率的乘积。用 $P_{(ES_j)}$ 表示决策者对于“事件 E 发生且自然状态 $S_{(j)}$ 为真实状态”的相信程度,即事件 E 与自然状态 $S_{(j)}$ 同时出现的主观概率,则

$$P_{(ES_j)} = P_{(S_j)} P_{(E/S_j)} \quad (1.3)$$

假若关于事件 E 的信息并不影响决策者对于决策问题所涉及的自然状态的相信程度,则

$$P_{(S_j/E)} = P_{(S_j)}$$

概率的乘法定理表示为

$$P_{(ES_j)} = P_{(S_j)} P_{(E)} \quad (1.4)$$

此时,称事件 E 与自然状态 S_j 的出现相互独立。

例 1.1 假如你正考虑是否去国外观看世界杯足球赛,由于经济上的原因如果你购买的股票不升值到每股 21 元以上,你一定不会去,而你对股票升值到每股 21 元以上的相信程度为 $P_{(\text{stock})}$,同时,如果你的休假申请得不到老板的同意,仍无法成行,你对老板同意你休假的相信程度为 $P_{(\text{leave})}$ 。简单地讲,你只在某种股票升值至 21 元以上且有假期的情况下方能去国外看足球,你对这一事件的相信程度为 $P_{(\text{sl})}$ 。我们有理由认为你对这两个事件的相信程度是独立的,即使你知道股票一定会升值至 21 元以上,并不能改变你对 $P_{(\text{leave})}$ 的主观估计。由乘法定理可知

$$P_{(\text{sl})} = P_{(\text{stock})} P_{(\text{leave})} \quad (1.5)$$

上式同样可以用来检查你对涉及事件的主观概率的估计是否一致。

三、Bayes 定理

假定 $P_{(S_j/E)} \neq P_{(S_j)}$,即关于事件 E 的知识可以影响决策者对于自然状态的相信程度, Bayes 定理表示为:对于任一自然状态 S_j ,给定 E 时决策者关于该自然状态出现的后验概率是

$$P_{(S_j/E)} = \frac{P_{(E/S_j)} P_{(S_j)}}{P_{(E/S_1)} P_{(S_1)} + P_{(E/S_2)} P_{(S_2)} + \cdots + P_{(E/S_n)} P_{(S_n)}} \quad (1.6)$$

$P_{(S_j/E)}$ 代表决策者知道事件 E 发生时关于 S_j 的相信程度。这说明,当有新的证据出现时可以运用 Bayes 定理指导决策者修正他对于不确定事件的相信程度。

例 1.2 某地方政府用公务员能力测试来帮助政府选择公务员,假若依据过去的经验和判断,在所有的公务员中只有 85% 的人能胜任工作,这些胜任工作的公务员在能力测试中有 80% 成绩合格,而不能胜任工作的人员当中测试及格的仅占 30%,在这些信息的基础上,假定一公务员通过了能力测试,他能胜任工作的概率有多大?

我们用 E 表示能力测试合格; S_1 表示能胜任工作; S_2 表示不能胜任工作。依据题意有

$$P_{(S_1)} = 0.85, P_{(S_2)} = 1 - 0.85 = 0.15, P_{(E/S_1)} = 0.8, P_{(E/S_2)} = 0.3$$

根据 Bayes 定理

$$\begin{aligned}
 P_{(S_1/E)} &= \frac{P_{(S_1)} P_{(E/S_1)}}{P_{(S_1)} P_{(E/S_1)} + P_{(S_2)} P_{(E/S_2)}} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.8}{0.85 \times 0.8 + 0.15 \times 0.3} = 0.94
 \end{aligned}$$

一公务员如果通过了能力测试,他胜任工作的概率为 94%。

决策人对自然状态做出主观估计的依据是他所获得的先验信息,也就是说,在决策分析之前,决策人总能够或多或少地获得一些先验信息,但对于主观概率的估计没有客观的准则,决策人依据掌握的信息对自然状态的似然性进行的主观判断无法独立于他的个性,依据同样的信息,不同的决策人对同一自然状态有不同的相信程度。而主观概率是 Bayes 分析的基础,客观论者对 Bayes 方法的怀疑也源于此。

1.3 随机变量的概率分布

一、变量的类型和包含的信息

对于变量我们并不陌生,一般而言,按照变量的主要作用可以将其分为因变量和自变量,因变量处于被解释的地位,而自变量处于解释的地位。在这里,变量的划分强调的是在给定的研究和分析中自变量对因变量的影响。但在有些时候我们不能也不需要清楚地表征哪些变量是自变量,哪些变量是因变量。换句话说,我们只对变量之间的关系感兴趣,并不关心哪些变量处于解释的地位,哪些变量处于被解释的地位,而只关心它是定性变量还是定量变量。同时,某一具体的计量技术可能只适用于特定测量水平的变量,因此按照测量水平将变量划分为以下几类^①。

1. 名义变量(nominal variable)

它是测量水平最低的一类变量,当我们用数字将观测或研究对象的某个特征分为相应的类,而这些特征从测量的角度也只能分为几个相应的类,而且类与类之间相互排除,这时产生的数据便为名义数据,相应的特征称为名义变量。例如,人们的性别有两个值,分别为男和女,如用“1”代表男,用“2”代表女,性别这一变量就是名义变量,此时的“1”和“2”是名义数据;同样,宗教信仰这一变量可以用名义数据表示,如:可以用“1”代表基督教,“2”代表佛教,“3”代表犹太教,“4”代表穆斯林等。名义数据代表的类之间相互排除,也就是说一个研究对象的某个特征属于且只属于几个分类中的一个。一个人的出生地不可能既是天津又是上海。

名义数据不具备数据本身所具有的意义。对于名义尺度的变量不能进行实数域的计算,我们既不能比较所谓的“1”和“2”之间哪个大,也不能比较它们之间到底相差多少。在这里需要指出的是,数字的给定是任意的。可以用“1”代表男性,用“2”代表女性;也可以用“1”代表女性,用“2”代表男性;或者用“3”代表男性,用“8”代表女性等等。

2. 有序变量(ordinal variable)

当变量表示的研究对象的特征可以分为几个不同的类,而且类与类之间有高低顺序之分,这样的变量称为有序变量。同名义数据一样,有序数据代表的类之间也相互排除。虽然分类之间可以排序,但并没有表明每个分类之间到底相差多少。大部分用以测量态度或问题的变量都是有序尺度变量。许多问卷调查都有这类的变量。有序尺度变量施以实数域的运算并不总是有意义的。

有序尺度变量的值及变化范围同名义尺度变量一样是可以任意指派的,习惯上将值的变化范围定在3~7之间,即将变量表示的性质分为3~7个可以排序的类。数值的指派按类别的升序给定,即最先给最低的类赋值,这一最先给定的数值是任意的,该值一旦给定,其他类别的值按照类别的升序由低到高地给定。

3. 测量型变量(scale variable)

这是测量的最高等级,变量表示的性质不仅可以分类排序,而且可以建立物理的量度单位,即变量的值可以用实数表示。这一类变量称为测量型变量。如身高、体重、收入、国内生产总值等都是测量型的变量。

对于这一类型的变量可以施以实数域的数学运算。在这种情况下,不仅知道有人民币1 000元的人比有600元的人钱多,而且知道多了400元。也就是说,变量的值具有数字本身所代表的全部意义。

实际上,测量型变量包括等间隔测度(interval)变量和比例测度(ratio)变量,二者之间的区别在于“0”值的意义,后者的“0”值非人为规定的。对于比例测度的数据,因为有自然零点,两个数据的比值是有意义的,如两个比例测度的数据的比值为2,则说明前者是后者的两倍。而对于等间隔测度的数据则不然,该类测量没有自然零点,也就是说它的零点是人为规定的,例如化学中的熵,它是体系混乱度的测度,并且规定绝对零度时任何完美晶体的熵为“0”,因此,如果一个体系的熵为“100”,另一个体系的熵等于“50”,我们不能因此断言前者的熵是后者的两倍。

变量的测量等级越高,包含的信息量越多。值得注意的是,一个变量的测量所使用的水平取决于测量过程。例如,没有任何逻辑上的原因来解释在一项调查中,研究者用“1”、“2”、“3”、“4”、“5”分别代表五个收入为“少于500”、“大于等于500少于1 000”、“大于等于1 000少于2 000”、“大于等于2 000少于5 000”、“大于等于5 000少于10 000”的收入类别,也就