

161

J-222-43
J326

管理统计学

贾怀勤 主编

中国对外经济贸易出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

管理统计学 / 贾怀勤主编. —北京: 中国对外经济贸易出版社,
2001. 6

ISBN 7-80004-901-9

I. 管... II. 贾... III. 经济统计学 IV. F222

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 041841 号

管理统计学

贾怀勤 主编

*

中国对外经济贸易出版社出版
北京安定门外大街东后巷 28 号
邮政编码: 100710
新华书店北京发行所发行

北京外文印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本
19.5 印张 369 千字
2001 年 9 月第 1 版
2001 年 9 月第 1 次印刷
印数: 4000 册
ISBN 7-80004-901-9
F·519
定价: 35.00 元

前 言

本书旨在为管理学各专业学生中级统计学课程提供一部适宜的教材。

对外经济贸易大学早在 1982 年在国内率先设立“应用统计”课程，开国内围绕建设社会主义市场经济所需人才对统计学素质要求开设课程之先河。此后对课程、教材及相关要件不断加强建设，因而有幸以《创建应用统计新型课程》为题获得北京市高校优秀教学成果一等奖（1993 年）。长期以来，国内统计学专家教授们所编写的教材多定向于统计专业，而对经济、管理门类非统计专业教学用书不甚重视。我的恩师李志伟先生和我本人本着拾遗补阙的精神，从非统计专业学生知识结构出发，致力于开发适用教材。1984 年李志伟先生等推出《统计分析概论》一书，1989 年修订再版。1994 年由我主编出版《应用统计》，1999 年出了第二版。这在一定程度上满足了一些院校的非统计专业，特别是对外经贸院校对初级统计教材的需求。

如何提供一部中级统计教材，以便学生在“应用统计”的基础上得以进一步提高，这是我们一直探索的问题。在历经 10 年试用和不断改进之后，我们终于可以把这部《管理统计学》付诸出版了。与市场上各类统计学教材相比，本书有两大特色。其一就是我们前面指出的非统计专业定位，其二是它独特的认知框架。本书的核心是统计推断，至于统计描述和概率分布只在最前面略作概括。统计推断依三条轴线立体交叉展开：首先是统计数据的四个等级，其次是条件分布的基本趋势——集中和离散，再次是所研究的变量数目。我们相信这个框架有助于提高学生的统计思维能力和解决实际问题的能力。

全书共 11 章，另外附加一个单元，提供如何使用 SPSS 软件进行数据处理和统计分析的指南和示范。除第 10 章、第 11 章由杨恭辅副教授撰写外，其余工作皆由本人承担。

书中难免有错误或疏漏之处，敬请同行和读者批评斧正。

贾 怀 勤

（对外经济贸易大学教授、博士生导师）

2001 年 4 月 15 日

目 录

第一编 经验分布与概率分布

第一章 统计描述	(3)
§ 1.1 测量尺度与数据等级	(3)
§ 1.2 统计数列及其表达	(6)
§ 1.3 分布数列的分布特征指标	(8)
§ 1.4 截面数据的交叉分析	(14)
第二章 概率与概率分布	(22)
§ 2.1 事件与概率	(22)
§ 2.2 概率分布	(27)
§ 2.3 二项分布	(29)
§ 2.4 超几何分布	(33)
§ 2.5 正态分布	(34)
§ 2.6 χ^2 分布、F 分布和 t 分布	(38)
§ 2.7 随机抽样和抽样分布	(42)

第二编 定比数据及定距数据的统计推断

第三章 单一总体趋中指标的估计	(51)
§ 3.1 引言	(51)
§ 3.2 估计量的选用	(52)
§ 3.3 区间估计的基本原理	(53)
§ 3.4 σ^2 已知时对平均数的区间估计 (大样本方法)	(56)
§ 3.5 σ^2 未知时对平均数的区间估计 (大样本方法)	(57)
§ 3.6 σ^2 未知时对平均数的区间估计 (小样本方法)	(58)

§ 3.7 必要样本容量的确定	(59)
第四章 单一总体趋中特征值的假设检验	(63)
§ 4.1 引言	(63)
§ 4.2 假设检验的基本原理	(64)
§ 4.3 假设检验的程序	(68)
§ 4.4 β 值的计算和必要样本容量的确定	(72)
§ 4.5 标准化检验统计量与 p 值	(77)
第五章 单一总体离中指标的估计和假设检验	(83)
§ 5.1 引言	(83)
§ 5.2 总体方差的区间估计	(84)
§ 5.3 总体方差的假设检验	(85)
§ 5.4 总体方差统计推断中的大样本正态近似法	(87)
第六章 两总体指标间差异的统计推断	(91)
§ 6.1 两总体平均数差异的统计推断 (使用独立样本)	(91)
§ 6.2 两总体平均数差异的统计推断 (使用配对样本)	(96)
§ 6.3 两总体方差差异的统计推断	(99)
第七章 多总体平均数间差异检验	(106)
§ 7.1 引言	(106)
§ 7.2 多总体平均数差异的假设检验 (完全随机设计)	(107)
§ 7.3 多总体平均数间差异的假设检验 (随机区块设计)	(113)
§ 7.4 处置平均数的区间估计	(123)
§ 7.5 塔基的多重比较法	(125)
第三编 定名数据和定秩数据的统计推断	
第八章 定名数据的统计推断	(135)
§ 8.1 引言	(135)
§ 8.2 单一总体比率的统计推断	(136)

§ 8.3	两总体比率间差异的统计推断	(138)
§ 8.4	单一总体多值分类比率的假设检验	(142)
§ 8.5	多总体多值分类齐一性的假设检验 (使用独立样本)	(145)
§ 8.6	多总体双值分类齐一性的假设检验 (使用关联样本)	(147)
§ 8.7	拟合优度检验	(149)
§ 8.8	游程检验	(155)
第九章	定秩数据的统计推断	(161)
§ 9.1	非参数统计	(161)
§ 9.2	单一总体位势检验——符号检验	(161)
§ 9.3	两总体位势差异性检验 (配对样本) ——符号检验	(165)
§ 9.4	两总体位势差异性检验 (配对样本) ——威尔柯克 松符号—秩检验	(166)
§ 9.5	两总体位势差异性检验 (独立样本) ——秩和检验	(169)
§ 9.6	多总体位势差异性检验 (独立样本) ——克鲁斯卡 尔—华利思—向方差分析	(171)
§ 9.7	多总体位势差异性检验 (关联样本) ——弗里德曼 二向方差分析	(172)
第四编	变量间关联分析	
第十章	相关分析	(181)
§ 10.1	定比及定距数据变量间关联性的度量	(181)
§ 10.2	定名数据变量间关联性的度量	(190)
§ 10.3	斯皮尔曼秩相关系数	(194)
§ 10.4	肯德尔秩相关系数	(197)
§ 10.5	多变量间关联性的和谐系数	(201)
第十一章	回归分析	(207)
§ 11.1	引言	(207)
§ 11.2	简单线性回归	(208)
§ 11.3	复线性回归	(212)

§ 11.4 线性回归方程的推广	(223)
§ 11.5 异方差、自相关和多重共线性的诊断	(225)
附加内容: SPSS 应用	(245)
第一节 数据管理和统计描述	(245)
第二节 关于平均数的推断	(256)
第三节 方差分析和卡方检验	(262)
第四节 非参数统计	(270)
第五节 回归与相关分析	(277)
统计数表	(289)
附表 1: 二项分布累积概率表	(289)
附表 2: 标准正态分布表	(292)
附表 3: 卡方 (χ^2) 分布表	(293)
附表 4: F 分布表	(294)
附表 5: t 分布表	(300)
附表 6: 塔基的学生氏化极差 q 值表	(301)
附表 7: 杜宾—沃岑检验上下界 (DW 统计量临界值)	(302)

第一编 经验分布与概率分布

第一章 统计描述

§ 1.1 测量尺度与数据等级

统计学提供一套对客观总合现象的数量特征进行研究的科学方法,而这种研究建立在对构成总合现象的个体表征进行测量取得统计数据的基础上。所谓测量,就是按照一定的法则给个体表征赋予一个数码。这里所说的数码,其含义与日常生活或其他学科中所说的数的含义不尽相同,也不一定能够施以通常意义上的加、减、乘、除等运算。这些数码,是作为所研究现象的个体表征的代表性符号出现的。至于这些数码符号的确实含义,取决于它所代表的现象表征的特点和它们的代表方式,由此即引出本小节要讨论的对现象表征进行测定的尺度(Scale of measurement)和与之相关的统计数据的等级问题。

假设有一批旅游者自北京出发,分别到我国东西南北四个边境城市去旅游。这四个城市是普陀、喀什、三亚和漠河。为方便起见,给这四个地方编上号码,按东、西、南、北分别编作①、②、③、④。当旅游结束时,请每位旅游者都回答由下述四个问题构成的问卷:

1. 您去了哪个城市?

①普陀 ②喀什 ③三亚 ④漠河

2. 与以往旅游活动总的感觉相比,您认为此次旅游:

①很满意 ②较为满意 ③无所谓 ④不太满意 ⑤很不满意

3. 您在此地时最热一天的最高气温是_____℃。

4. 您此行的全部支出是_____元。

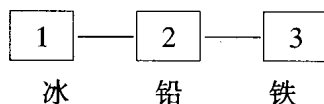
按照本问卷的设计格式,四个问题得到的答案都是数码。但是四组答案数码所反映的与去各地旅游的有关特征的含义都不相同。第一个问题的答案,或①或②或③或④,纯粹是人为的城市代码,这些数码之间不存在任何数量关系。对于第二个问题,有五种答案,它们不再仅仅是代表符号,而是反映旅游者满意程度的符号,序列越靠后的答案代表越小程度的满意。第三个和第四个问题的答案都是通常意义上的数值,但两者之间仍有区别。我们可以说4000元支出是2000元支出的二倍,但是不能说40℃是20℃的二倍,最多只能说从0℃到20℃的间隔与从20℃到40℃的间隔相等。因为如果用数轴表示支出,0表示没有支出,这是自然的起点。而对于温度数轴,0并不表示没有温度,它只是为计量方便人为

确定的原点。摄氏温度和华氏温度各有其不同的原点。上述四个问题的答案，分别基于四级测定尺度：名义尺度、序列尺度、间距尺度和比例尺度。

名义尺度 (Nominal scale)，是仅对事物划分类别的测定手段。用名义尺度对事物测定所得的结果数码，不表示顺序，没有多少大小之分。在人口调查时，可以用 0 代表男性，用 1 代表女性，也可以反过来用 1 代表男性，用 0 代表女性。前面曾经用①②③④分别代表普陀、喀什、三亚、漠河，现在改为用①~④分别代表普陀、漠河、喀什、三亚，也没有什么关系，因为它们的顺序同我们所研究的问题没有联系。顺便提及，在社会经济统计工作中和行政管理工作中，把较为复杂的事物，按一定的标准，固定划分为若干种事物，称为分类。每一种被赋予特定的代码，并且可以依次逐层分下去。这种分类指定代码，是本小节所说的用名义尺度测定事物的一种特例，特在由官方规定了类别和相应的代码。而一般情况是根据统计研究的目的临时指定代码，甚至临时划类并指定代码，当然划类标准离不开所研究事物的内在属性。

序列尺度 (Ordinal scale)，是根据事物属性对其进行顺序排列的测定手段。序列尺度通过数码描述个体在某表征上的强弱，测定结果按档次排列，但是各档次之间的间隔是不确定的。对个体进行测定的一序列尺度数码，不仅表明该个体与具有相同数码的个体有着同样程度的表征，还表明它与具有与之不同数码的其他个体有着不同程度的表征。前例中对普陀等四城市旅游的满意程度即是一个典型的序列尺度。又如以前曾将工人的技术等级分成八级，1 至 8 这八个数码，不仅有区分作用，还表示工人技术水平的高低。通常情况下，三级工的技术水平高于二级工的技术水平，二级工的技术水平高于一级工的技术水平。但是，无法确认三级工与二级工的技术差距相当于二级工与一级工的技术差距。

间距尺度 (Interval scale) 的测定功能高于序列尺度，它不仅能表明个体表征的强弱程度，而且以确定的间距表明这种强弱程度。温度是典型的间距尺度。如果以序列尺度测定冰、铅和铁的易熔程度，只能排出一个由易到难的序列：



但是，如果以间距尺度测定三种固体的熔化温度点，则不仅能排出难易顺序，还可以确切标明三个熔点的间隔。三种固体的熔点在两条不同的数轴——摄氏温度计和华氏温度计上的读数如下图所示。

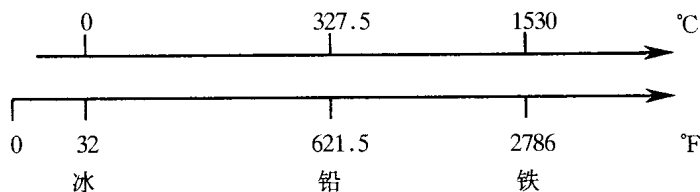


图 1.1 冰、铅、铁熔点读数

间距尺度的数值间有确定的间距，但是没有自然确定的原点，换言之，它的零点是人为指定的。因此，计算间距尺度数值之间的比例没有意义。在上例中，不能用 327.5 去除 1530 从而得出“铁的熔点是铅的熔点的 4.67 倍”的结论，同样也不能用 621.5 去除 2786，从而得出“铁的熔点是铅的熔点的 4.48 倍”的结论，因为摄氏温度和华氏温度的零度都是人为规定的。

统计学上常见的间距尺度还有效用 (Utility) 和指数。

在统计决策中，效用是一个与损益值相联系，但又有不同性质和作用的决策变量。它是用于评价风险情况的价值测度。通常把一个实际决策问题的最小损益值相应的效用值定为 0，把最大损益值相应的效用值定为 1。其他损益值相应的效用值根据效用的函数测定。

指数可以视作一个以指定基期的数值为基数的相对数。一个指数数列的各项分别取对数后，就化成了一个典型的间距尺度数列，其指定原点就是指数基期值的对数值 ($\log 100\% = 0$)。

比例尺度 (Ratio scale) 是最高级的测定尺度，它不仅有确定的间距，而且有自然确定的零点。用人数表示家庭规模，用公里表示旅程长短，用货币金额表示销售量，等等，都属于比例尺度。在这里，“有”与“无”的概念是明明白白的，因此“零”值是公认的。

四级测定尺度的测定功能是依次增大的，相应地，它们所测定的数码的可计算性也是依次增大的，具体内容将在第 1.3 节中展开。

个体表征的测定结果总表现为一个数码。一个表征在诸个体上表现为不同的数码。在数据分析的意义上，一个表征就是一个变量。以测定尺度为标准，变量可以划分成定名变量、定秩变量、定距变量和定比变量。同样也可以将数据划分成定名数据、定秩数据、定距数据和定比数据。由于定距数据用的机会较少，而且在许多场合可以同定比数据施以同样的处理和分析方法，通常就把两者归在一起，本书此后称之为“定比数据及定距数据”。只是在特别需要时，才加以区别。统计数据的这一分类，是贯穿全部统计推理的主线之一。

数据和变量有离散型和连续型之分。离散型数据只能取特定的数值（一般为整数），连续型数据可以取介于两个特定值之间的任何数值。定比数据及定距数据可以是连续型的，也可以是离散型的。定名数据和定秩数据只能是离散型的。

§ 1.2 统计数列及其表达

在统计分析之前，首先要对测定结果进行汇总、整理，即将复杂无章的原始数据有序化，以初步显示数据的规律性。这种数据有序化过程，实际上就是统计数列的编制过程。

在同一时期（或时点）对客观总合现象大量观察所得数据，称为截面数据（Cross-section data）。截面数据按一定规则排列，形成截面数列。相对于截面数据，由反映同一总体数量特征的数据进行历史积累，可得到一系列的数据，将其按时间顺序排列，即形成时间数列（Time series）。

原始数据有序化有两种形式。比较简单的是将所有数值按从小到大顺序排列，从而显示出该数列的若干重要特征，如极差，众数和中位数等。但是在许多情况下，数列很长，不便于直接观察其特征。替代的办法是将全部数据进行分组，并且点数落入各组的观察值数目，编成一个频数分布数列（简称分布数列）。

频数分布数列的表格形式称为频数分布表。该表主要有两栏，左方是变量，列出各组的变量值或变量值范围上下限——组距，右方是频数，即落入该组的观察数目。由定名数据或定秩数据整理成频数分布数列，以单个变量值为一组，称为单值数列，以表 1.1 和 1.2 为例。对于定比数据及定距数据，可视实际需要，或编成单值数列，或依变量数值段分组，编成组距数列，以表 1.3 和表 1.4 为例。在编制组距数列时，究竟划分成多少组，组距定在什么数值上，取决于编成的数列能否充分地显示数据的规律性。

表 1.1 1998 年中国批准外商直接投资项目数

利用外资方式	代码	本年累计项目数
总 计		19846
中外合资企业	1	8146
中外合作企业	2	2010
外资企业	3	9674
外商投资股份制	4	9
合作开发	5	7

资料来源：《中国对外经济贸易白皮书·1999》。

表 1.2 部分中外合资、合作企业外方对企业
财务收益状况满意程度分布

态度	代码	企业数目比重 (%)
很满意	1	56
尚可	2	28
不满意	3	6
未表态	4	10
合计		100

资料来源：新加坡国立大学一调研组报告。

表 1.3 全国分年龄的人口数

年 龄	人 数
总 计	1 243 377
0 岁	16 008
1 岁	12 888
2 岁	14 360
3 岁	15 629
4 岁	16 174
5 岁	11 948
6 岁	19 228
⋮	⋮

注：本表系人口变动情况抽样调查数据，抽样比为 1.01‰。

资料来源：国家统计局《中国人口统计年鉴·1999》。

表 1.4 某工厂—零件外径尺寸测定值分布数列

外 径 (毫米)	件 数
8.37~8.39 以下	4
8.39~8.41 以下	8
8.41~8.43 以下	8
8.43~8.45 以下	16

续表

外 径 (毫米)	件 数
8.45~8.47 以下	16
8.47~8.49 以下	11
8.49~8.51 以下	17
8.51~8.53 以下	6
8.53~8.55 以下	6
8.55~8.57 以下	5
8.57~8.59 以下	2
8.59~8.61 以下	1
合 计	100

统计数列的展示,除了统计表外,还可以采用统计图的形式。条形图、扇形图、直方图、频数多边形、累计频数曲线等,都可以用来展示横断面数列的特征。具体采用哪种图形取决于数据等级和展示目的。

§ 1.3 分布数列的分布特征指标

除了使用统计表和统计图初步展示统计数列的规律性外,还需要运用一些指标来高度概括这些规律性。本小节专门讨论分布数列的分布特征指标及其应用问题。常用的指标分为三组:描述数列分组结构的结构相对数(Relative);描述数列集中趋势的平均数,包括算术平均数(Arithmetic mean 或 Average),中位数(Median)和众数(Mode);描述数列离散趋势的方差(Variance)和标准差(Standard deviation)等。

1. 数列结构指标

四级数据整理而成的分布数列都能计算结构相对数,用来描述各组内数值项数占总项数的份额大小。频数分布表一般格式如下:

变量 X	频数 f
X_1	f_1
X_2	f_2
$\vdots$	$\vdots$
X_k	f_k
合计	$\sum f = n$

样本资料的各组结构相对数分别是：

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= f_1 / \sum f, \\ P_2 &= f_2 / \sum f, \\ P_3 &= f_3 / \sum f, \\ &\vdots \\ P_k &= f_k / \sum f \\ P_1 + P_2 + P_3 + \cdots P_k &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

总体的各组结构相对数分别用 $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \cdots \pi_k$ 表示 ($\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \cdots + \pi_k = 1$)。

结构相对数一词，是分布数列结构指标的泛称。定名数据分布数列和定秩分布数列的结构相对数，通常称作比率 (Proportion)。定比数据及定距数据分布数列的结构相对数，通常称为相对频数 (Relative frequency)。

在某些场合，人们只对总合现象个体表征的某一测定值感兴趣，赋予其“1”值，而不论该表征还有多种测定值，统统归入一类，赋予其“0”值。此时，多组的分布数列即转化成两组的分布数列，称作 0—1 分布^①。“1”值的总体比率记为 π ，“0”值的总体比率是 $(1 - \pi)$ 。相应的样本比率分别记为 p 和 q ($p + q = 1$)。

2. 集中趋势指标

算术平均数简称平均数，是数列中各项数值的总合除以总项数所得之商，对于不分组的数据，可以用简单平均法求出，公式为

$$\bar{X} = \sum X / n \quad (1.2)$$

$$\mu = \sum X / N \quad (1.3)$$

式中： X 表示数列的变量；

n 和 N 分别表示样本单位数目和总体单位数目；

$\bar{X}$ 和 μ 分别表示样本平均数和总体平均数。

对于已分组资料，使用加权平均数计算平均数，公式为：

$$\bar{X} = \sum Xf / \sum f \quad (1.4)$$

$$\mu = \sum Xf / \sum f \quad (1.5)$$

式中： X 表示定值数列中各组的单个变量值，或组距数列中各组的组中值；

f 表示各组频数；

^① 这里只是从实际资料的整理角度引出 0—1 分布的概念，尚没有上升到理论分布的高度。

其余符号同 1.2 式和 1.3 式。

中位数就是把数列的全部数据由小到大排列，居于中间位置的数值，用 Me 表示。

众数是在数列中出现次数最多的那个数值，用 Mo 表示。

对于单值数列，只需要根据变量值和频数的位势即可找到中位数和众数（有时不存在众数或存在一个以上的众数）。对于组距数列，则用内插法推算。

三个集中趋势指标各有其优越性和局限性。算术平均数的最大优越性是它在描述定比数据及定距数据分布数列的集中趋势时，不仅考虑到数列中每个数值的存在，而且考虑到它们的数值大小，因而最充分地运用了已知信息，此外，算术平均数有严格的计算公式，从而便于对它做进一步的处理，分析。但是，当一个定比数据及定距数据分布数列中存在个别极端值时，平均数势必夸大或缩小集中趋势，倒不如中位数或众数更可观。因此中位数和众数可以称作抗扰指标（Resistant measurements），算术平均数称作非抗扰指标（Non-resistant measurements）。

中位数和众数不受极端值影响，在特殊场合有算术平均数所不及的描述功能。但当数列中数值不向中间集中，乃至中间出现缺口时，中位数缺乏实际意义；当数列中根本没有众数，或者有一个以上众数时，众数不适于作集中趋势指标。

3. 离散趋势指标

定名数据分布数列只有类别之分，只能用异众比率反映其离散趋势。定秩数据分布数列的变量间距不确定，也不能计算其离散趋势指标。只有定比数据及定距数据分布数列才有确定意义的离散趋势。描述离散趋势的主要指标有极差，分位数极差和平均差等，最有用的是方差和它的算术平方根——标准差。

极差（Range），是数列最大值与最小值之差，它反映的是整个数列的跨度，没有考虑到其余的处于两者之中的数值。

平均差（Average deviation）是各项数值与平均数差额绝对值的总和按项数平均的结果。它能充分运用已知绝对值信息，但是在公式中带有绝对值符号不利于继续作数学处理，所以仍然不常使用。

方差具有充分运用已知信息和便于进一步运算的两项优点，得到广泛运用。总体方差的公式如下：

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \mu)^2}{N} \quad (1.6)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum f (X - \mu)^2}{\sum f} \quad (1.7)$$