

GUDMUND R. IVERSEN
MARY GERGEN

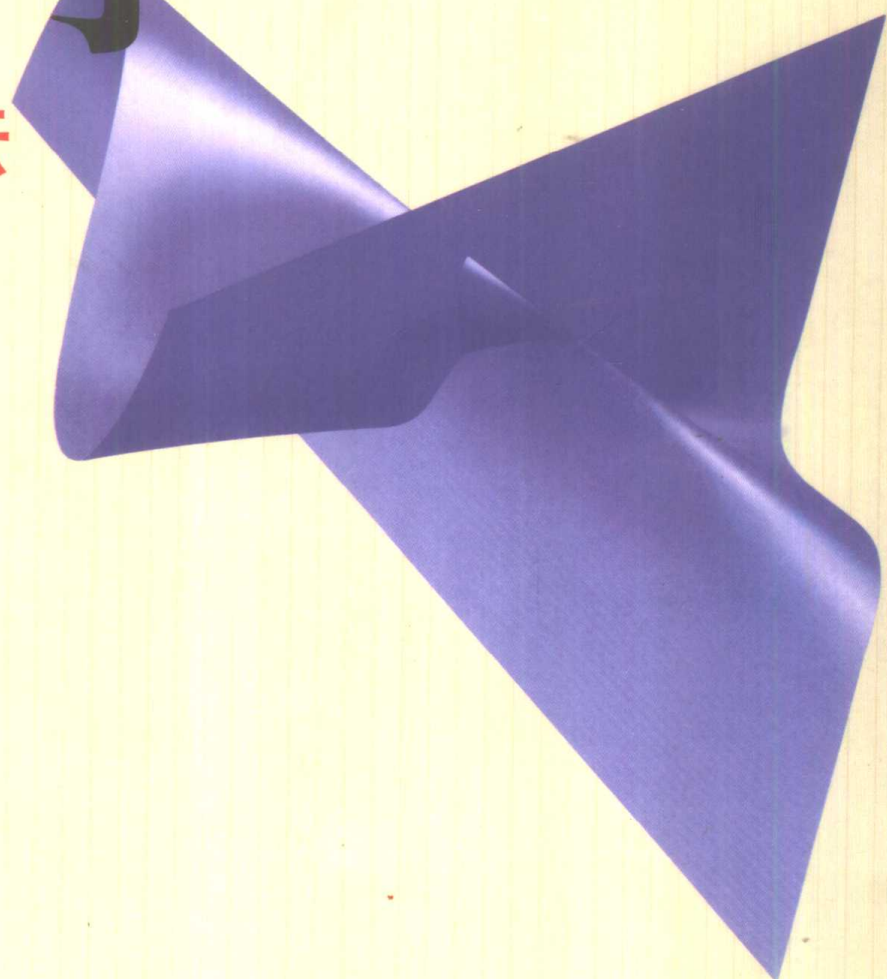
Statistics

THE CONCEPTUAL APPROACH

统计学

基本概念和方法

吴喜之 程 博 柳林旭 译
全莉萍 钟文瑄 熊怀羽



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

GUDMUND R. IVERSEN
Swarthmore College

MARY GERGEN
Pennsylvania State University, Delaware County Campus

统 计 学

基本概念和方法

吴喜之 程 博 柳林旭 译
仝莉萍 钟文瑄 熊怀羽



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

图书在版编目(CIP)数据

统计学 / (美) 埃维森(Gudmund R. Iversen)等 著; 吴喜之 等译.
- 北京: 高等教育出版社; 海德堡: 施普林格出版社, 2000.3
书名原名: Statistics
ISBN 7-04-007891-0

I. 统… II. ① 埃… ② 吴… III. 统计学 IV. C8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 41555 号

图字: 01-1999-1172 号

Translation from the English language edition

Statistics by Gudmund R. Iversen and Mary Gergen

Copyright © 1997 Springer-Verlag New York, Inc.

All Rights Reserved

统计学

Gudmund R. Iversen and Mary Gergen 著

吴喜之 程 博 柳林旭 仝莉萍 钟文瑄 熊怀羽 译

出版发行 高等教育出版社 施普林格出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010 - 64054588

传 真 010 - 64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京民族印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16

版 次 2000 年 3 月第 1 版

印 张 31

印 次 2000 年 3 月第 1 次印刷

字 数 760 000

定 价 52.00 元

© China Higher Education Press Beijing and Springer-Verlag Heidelberg 2000

版权所有 侵权必究

译者的话

我们在看到本书时,无不有一种耳目一新的感觉。虽然我们都受到过多年的数理统计的专业教育,但是从未见过一本统计教材有如此通俗幽默的文笔及如此广泛丰富的案例和习题。一个没有高等数学背景的人可以毫不困难地读完此书,并且得到对统计学最实际的认识。我们觉得,如果不把这本书尽快地介绍给我国读者,将是一种遗憾。

无论人们意识到与否,统计存在于国民经济及每日生活的各个方面。不懂统计很可能会不知不觉地受到损失。实际上,世界上绝大多数的统计应用是非统计专业的人来施行的。没有必要,也不可能要求这些人都拿一个统计文凭。他们所需要的是能运用初步的统计知识来识别大量出现的日常统计问题,并且能够利用现成的工具自己解决其中相当一部分;当出现难题时,他们只要知道到哪里寻求统计学家帮助就行了。因此对于广大实际工作者来说,主要的问题是统计的普及。越是先进的工业化国家,统计普及率越高。在进入 21 世纪的时候,不能想象各级的决策层和广大的实际工作者中仍然还普遍存在“统计盲”。如何在统计上“扫盲”呢?我们觉得本书很好地回答了这个问题。

本书的特色是没有利用数学公式,但却通过解决实际问题来生动描述统计的基本原理和方法。使得人们可以在愉快的心情中学到被认为只有在圣殿才能得到的知识。本书能很快地使读者对统计产生兴趣,而兴趣是学习的最大的帮助。自然,为了照顾那些永不满足的精力充沛的读者,书中每章后面都附有公式和进一步的阅读指导。本书的每一章都以一些引人入胜的例子和问题开头,然后通过对这些问题的分析和解答,展示了统计世界丰富多彩的本来面目。在应用中学习是学习的最好途径。多数对应用有指导意义的理论总是产生在实际需要之后,而不是之前。但是许多初等统计教科书,无论其使用的数学工具的多少,却和人们认识事物的次序相反:先讲一般的理论,再把实践作为使用理论的例子。不能想象那些只要泡在游泳池中和其他伙伴玩耍几天就能游泳的儿童需要了解肌肉的功能以及运动力学和流体力学的概念;也不能想象使用计算机的人都要学习汇编语言以及硬件的结构。本书令人信服地感觉到在游泳中学会游泳的兴奋。这是我国统计学基本教科书的编写和教学所应该借鉴的。

我们以极大的兴趣,饱满的精力和令人愉快的团队精神完成了这项任务。翻译的初稿是按照如下分工做的。仝莉萍:前言,1,2,3 章;钟文瑄:4,5 章;程博:6,7,8,11 章;柳林旭:9,10,12 章;熊怀羽:13,14 章,名词解释,奇数号练习题答案及索引;吴喜之负责全书的协调、核对和最后定稿。我们要感谢高等教育出版社徐可及其同事对此书的认真负责的工作。另外,

北京大学姜伯驹院士使得高等教育出版社 CHEP-Springer 编辑室与我们开始了愉快的工作关系;北京大学光华管理学院使得本书有可能在刚出版就成为该院的 MBA 班 2000 年春季的统计学教材;对此,我们也表示感谢。

希望本书成为你最喜爱的书之一!

吴喜之	中国人民大学
程 博	南开大学
柳林旭	University of Pennsylvania
仝莉萍	University of Chicago
钟文瑄	Bowling Green State University
熊怀羽	University of North Carolina at Charlotte

2000 年春

前 言

这本统计学教材在设计和写作上都相当独特。该书是为了满足当代学生对统计日益增长而又尚未满足的需求,使他们能够熟练地掌握统计信息的特性。对于希望他们的学生能懂点统计知识的教师们来说,这本书很有裨益。然而,仅凭这一本书,是不可能使学生们变成统计学家的。

在过去几年里,统计信息已经从政府机构积满灰尘的档案中和学术计算中心里解放出来了。从国家关于健康改革和国防的政策到对于预期寿命、婚姻、堕胎、教育和体育的态度,统计信息在很多方面扮演了重要角色。统计信息经常在报纸、杂志、广播和电视节目中出现,它们甚至偶尔会在 MTV 和卡通片中做点缀。统计也渗透到了我们的教育课程中。在小学教室里和博士生讨论班中,统计信息已成为教育的基本特征。

尽管统计有这么多的应用,但是我们很难说大家对于统计信息不仅接受而且有了较多的了解。当人们看到一个研究结果时,他们如何判断结论是否正确?他们是否会问:这个研究中的变量是如何定义的?用了什么样的统计方法?什么是“统计显著”的结果?所报告的结果有什么样的不足?这些问题正是我们在本书中讨论的一部分内容。显然,理解了统计学的主要概念以后,大家才能够明白那些专门鼓捣数字的人们都干了些什么,并对他们结果进行评价。

这本书脱胎于 Gudmund R. Iversen 开设的一门课的讲义,目的是满足人们对统计信息日益增长的需要。该课是 Swarthmore 学院为使大学文科的学生能够迎接 21 世纪的挑战而开设的一系列课程之一。开设这些课程的思想是为了使学生们能够开阔眼界,而不是拘囿于某一学科的复杂之处。这些课程试图使学生们了解一个领域的主要思想是如何联系于现实世界的。在许多方面,统计学看起来正是这类课程的理想选择之一。尽管统计学可能是一门令人困惑的、自我膨胀的、神秘莫测的学科,但它也能够成为理解许多其它学科的一把钥匙。课程《统计学 I:统计思想》就是被设计成产生这种理解力的。事实证明,这门课非常受欢迎,其规模每年都在扩大。随着时间的流逝,这门课的讲义变得越来越精练和丰富,最终构成了本书的基础。

公 式

正如大部分统计教师所敏锐地意识到的那样,统计的教学方法已经发生了戏剧性的变化。计算机与教学环境的结合,尤其是界面越来越方便友好的统计软件的使用,已经使旧的学习方法——特别是记忆并运用统计公式——不再适用于大部分学生。为了忠实于本书的目的,我们在每一章的讲解中都没有使用统计公式。尽管这看起来有些激进,但经过深思熟虑之后,我们降低了公式的地位,把它们放在每章末尾的单独一节里。

我们的经验是,统计公式就像一门外语。如果一个人理解了这种语言,那么公式会大大增进他对统计学的理解;否则,这些公式就像密码一样难以破译。我们已经看到,很多同学在学习统计时,公式反倒成了一种障碍。我们坚信,不用公式,也照样有可能获得对统计思想的深刻理解。

习 题

只通过听课和念书来学习统计是很困难的。因为通过实践能使大家学得更好,所以我们选入了大量的习题。几乎所有的例子和习题都是使用我们从书籍、杂志和报纸中选取的实际数据。这些数据被应用于实际研究和公开的报告中,它们向我们展示了统计是如何应用于广泛的人类活动中的。

这些习题分为三类:回顾问题,用于检查对本章主要概念的理解;解释问题,要求学生们了解统计信息的意义;分析问题,要求学生们分析数据并用自己的方法解决问题。回顾问题用于检查对本章的理解,并提供一个班级讨论的背景材料;解释问题着重于定性而非定量,可以增进理解和鼓励对实际问题的应用提出建议;分析问题要求同学们以组为单位或以个人为单位,熟悉统计软件包的使用。每一个习题都对撰写统计报告提供了一个可能的主题。

本书的最后,给出了编号为奇数的习题的解答以及在做习题中用到的各种统计表。

致 谢

在写作本书的漫长过程中,我们的一些学生读了手稿早期版本的全部或部分。在此我们非常感谢以下几位的建议:Megan Falvey, Reginald Tilley IV, 特别是 Maya Rao。我们感谢 Maura MacDermott 允许我们引用她在《统计学 I》中所写的一篇文章。同时,我们也从这些年来参与本课的学生们所提的问题中获益匪浅。另外, Sloan 基金会在 Swarthmore 大学施行新文科规划时为《统计学 I》讲义的最初发展提供了资助。

除此以外,我们希望表达对以下人的感谢: Mount Holyoke 大学的 George W. Cobb; Plymouth 州立大学的 Robert W. Hayden; Grinnell 大学的 Thomas L. Moore; California 州立大学 (Hayward) 的 Michael Orkin; Florida 大学的 Richard L. Scheaffer, 他们对本书的写作提出了许多富有洞察力的建议。我们也要感谢那些以其对统计的专业意见为本书大大增色的其他匿名读者。我们还要感谢我们的加工编辑, Penny Hull, 他用勤勉和激动人心的话语鼓舞我们向前; 还有施普林格出版社(纽约)的 Bill Imbornoni 和 Theresa Shields 及他们的同事,他们为本书的出版付出了辛勤的劳动。最重要的是,我们要感谢我们的出版人, Jerry Lyons, 她坚信可以从初稿中就可以看出作品的风采。没有比她更有创造力、更支持我们和更热情的出版者了。

最后,我们感谢我们的配偶 Roberta Rehner Iversen 和 Kenneth J. Gergen 对我们的充满爱心的支持和鼓励,他们从我们开始合作到写完最后一个证明就一直陪伴着我们。我们还要感谢我们的孩子——Gudmund 的 Eric、Gretchen、John 和 Kirsten 及 Mary 的 Laura、Lisa、Michael 和 Stan——以及他们的家庭对我们的支持和祝福。最后,让我们为能在和谐融洽的氛围中给此书带来了生命而庆祝!

Gudmund R. Iversen

Mary Gergen

Swarthmore, Pennsylvania

1997 年 1 月

目 录

1 统计学:随机性和规律性	1
1.1 统计学:用一句话来说是什么?	2
1.2 懂得如何运用统计:读者的目标	3
理解什么可能出差错	6
理解统计术语	7
1.3 统计学的主要思想	7
随机性和规律性:关系密切的孪生子	7
规律性中的随机性	7
研究随机性和规律性时的两个例子	8
概率:什么是机会	9
变量:我们给事物所起的名字	10
变量、值和个体	10
理论变量和经验变量	11
常数	11
1.4 统计的使用者	11
1.5 统计学和数学、铅笔及计算机的关系	14
1.6 小结	14
补充读物	15
习题	16
2 数据的收集	19
2.1 定义变量	20
2.2 观测数据:问题和可能性	21
总体相对样本	21
样本的选择:确信锅里的汤被搅拌均匀	22
随机样本:是什么?	23
方便样本:如何产生一个“坏的”样本	23
选择合适的样本	24
用于收集观测数据的变量的选择	25
2.3 收集观测数据时的错误和误差	25
抽样误差:并非错误的“误差”	26
未响应误差:粗鲁的、匆忙的或沉默的响应者造成的结果	27
响应误差	28
2.4 实验数据:寻找造成结果的原因	29

实验组和对照组	30	
选择实验组和对照组	30	
对人做实验时产生的问题	31	
在实验中统计的角色	32	
总结:班级规模影响学校表现吗?	34	
2.5 数据阵/数据文件		35
2.6 小结		36
补充读物		37
习题		38

3 数据的描述:图和表		45
3.1 图:画出数据		46
生成统计图	46	
图的种类	47	
3.2 分类变量:圆饼图和条形图		48
为一个分类变量作图	48	
为两个分类变量作图	49	
3.3 度量变量:点图和直方图		51
为一个度量变量作图	51	
为两个度量变量作图	57	
时间序列图	58	
3.4 根据数据作地图		60
3.5 作图:优秀的标准		62
“最少的笔墨”:最简单的图是最好的吗?	62	
“图中垃圾”:垃圾的一种新名称	63	
数据密度	64	
“复杂性的展示”	64	
3.6 表:改变排列方式可能更合适		64
3.7 小结		67
补充读物		68
习题		69

4 数据的描述:计算汇总统计量		83
4.1 各种平均数:让我们数数有几种		84
众数:“最多的”的宿主	84	
中位数:数到中间那一个	86	
均值:平衡跷跷板	88	
众数,中位数,还是均值?	90	
4.2 变差:测量生活的乐趣		91
极差:套住两个极端值	91	
标准差:重要的偏差	92	

4.3	均值的标准误差	96
4.4	标准得分:比较苹果和桔子	97
4.5	简单化的收益与信息的丢失	99
	用图表来代替数据	99
	用汇总值代替数据	100
4.6	房地产数据:看不见的价格	100
4.7	小结	101
	补充读物	103
	公式	103
	习题	105
5	概率	113
5.1	怎样得到概率	115
	利用等可能性事件	115
	使用相对频数的方法	116
	利用主观概率	117
5.2	概率的计算	117
	概率的加法	118
	概率的乘法	118
5.3	优势:概率的对照物	118
5.4	离散变量的概率分布	119
	二项分布	120
	Poisson 分布	121
	超几何分布	123
	用图表来表示概率	123
	概率的计算	123
5.5	连续变量的概率分布	124
	标准正态分布:钟形曲线	124
	t -分布	126
	χ^2 分布	128
	F -分布	129
	正态分布数据的需要	129
5.6	使用概率来核对假设	130
	硬币是公平的吗?	130
	是一种公平的工作环境吗?	130
	两党选民是否势均力敌?	131
5.7	决策分析:利用概率来作决策	132
5.8	小结	134
	补充读物	136
	公式	136
	习题	139

6	作出结论:估计	147
6.1	样本统计量和总体参数	148
6.2	点估计	149
	什么是一个好的点估计?	150
	战略中使用点估计的例子:德军有多少坦克?	151
6.3	区间估计:给结论留一些余地	152
	置信区间的长度	154
	差异的置信区间	156
6.4	小结	157
	补充读物	158
	公式	158
	习题	160
7	作出结论:假设检验	167
7.1	作为一个问题的假设	168
	零假设	168
	备择假设	169
	回答问题时的错误	169
7.2	怎样回答零假设所提出的问题	170
	概率: p -值	170
	假设检验的机制	171
	拒绝或不拒绝零假设	172
	因果关系:过犹不及	173
	一些统计理论和计算游戏	173
7.3	显著水平	175
7.4	总体比例检验	177
7.5	两个总体比例的差异	178
	检验零假设	179
	估计差异值	179
7.6	假设检验与构造置信区间	180
7.7	统计显著和实际显著	180
7.8	应用:何时拒绝零假设	181
	关于合作性与竞争性的心理测试	182
	对社区的蓝领工人的研究	183
7.9	小结	183
	补充读物	185
	公式	185
	习题	188

§ 变量间的关系	197
8.1 关于两个变量的 4 个问题以及它们之间的关系	198
问题 1 变量间有关系么?	201
问题 2. 关系的强弱程度?	201
问题 3 变量在总体中的关系如何?	202
问题 4 是因果关系吗?	202
8.2 预测:从一个变量到另一个变量	202
8.3 自变量和因变量	203
8.4 不同类型的变量:分类型变量、顺序型变量和数量型变量	204
8.5 回到因果关系的问题	205
别的变量的角色	206
时间的角色	206
多元因果关系	207
8.6 小结	208
补充读物	209
习题	209
§ 两个分类变量的 χ^2 分析	217
9.1 数据分析:在态度上有可靠的差异吗?	218
条形图	219
分类变量的汇总计算	220
9.2 问题 1. 变量间的关系?	221
9.3 问题 2. 关系的强度?	222
样本中的 ϕ	223
总体中的 ϕ	224
9.4 问题 3:总体中的关系?	224
提出零假设	224
检验零假设	225
从 χ^2 到 p -值	225
χ^2 分析的自由度	226
9.5 问题 4. 是因果关系吗?	227
9.6 更大的表:更多的可能性	227
问题 1. 两变量间的关系?	229
问题 2. 关系的强度?	229
问题 3. 总体中的关系?	229
问题 4. 是因果关系吗?	230
9.7 小结	230
补充读物	231
公式	231

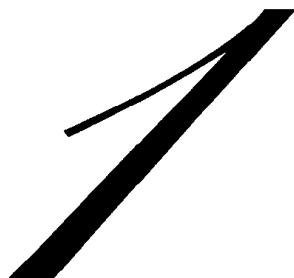
习题	234
10 两个数值型变量的回归分析和相关分析	251
10.1 问题 1. 两个变量间的关系?	254
作这些数据的散点图	254
了解散点图	256
线性关系	257
10.2 问题 2a. 关系的强度?	257
r 是正的还是负的? 大还是小?	257
四种不同的散点图: 关系从强到弱	258
r 的解释: 不那么严谨	260
10.3 问题 2b. 关系的形式?	260
一条通过点的中心的直线	261
怎样计算回归直线: 最小二乘原理	263
用回归分析进行预测: 从脂肪到热量	264
效果的度量: r^2 的解释	265
相关和/或回归? 多多益善	268
变化数据的回归分析	270
10.4 问题 3. 总体中的关系?	271
置信区间的方法	271
用 t 进行假设检验	271
利用 F 进行假设检验	271
10.5 警告: 所测即所得	272
10.6 用虚拟变量时怎样变得聪明些	274
自变量是有两个取值的分类变量和因变量是数值变量	274
因变量是有两个取值的分类变量和自变量是数值变量	276
10.7 问题 4. 是因果关系吗?	277
10.8 小结	277
补充读物	278
公式	279
习题	281
11 ANOVA: 一个分类变量和一个数量变量的方差分析	301
11.1 方差分析: 对比事物的平均值	303
11.2 问题 1. 犯罪率和地区之间的关系	303
散点图	303
盒子图: 更简单地了解数据	304
11.3 问题 2. 关系有多强?	305
地区变量	306
残差变量	307
地区变量和残差变量的总效应: 总平方和	307

测量关系的强度	308	
对变化量的解释程度	308	
11.4 问题 3. 这个关系是纯属偶然的吗?		311
零假设	311	
F 变量的 p -值	311	
超出 F 检验: 比较均值	313	
11.5 问题 4. 是因果关系吗?		314
11.6 方差分析: 鸟瞰回顾		314
11.7 配对分析: 每个单元两个观测		315
t -检验	315	
符号检验: 只回答是或否	316	
11.8 小结		317
补充读物		319
公式		319
习题		321
12 两个顺序变量的秩方法		333
12.1 用词作为值的两个顺序变量		334
问题 1. 身份和兴趣间的关系?	335	
问题 2. 相关的程度?	337	
问题 3. 总体的关系?	338	
问题 4. 是因果关系吗?	339	
12.2 把数目的排序作为值: Phillies 表现如何?		339
问题 1. 数据中的关系?	339	
问题 2. 关系强度?	340	
问题 3. 相关性是由于偶然吗?	341	
问题 4. 是因果关系吗?	341	
12.3 小结		341
补充读物		342
公式		342
习题		345
13 多元分析		357
13.1 偏 ϕ : 三个分类型变量		358
控制第三个变量: 中立策略	359	
偏 ϕ	360	
13.2 数值型变量的多元回归		362
问题 1. 数据中的关系是什么?	362	
问题 2a. 这种关系的形式是什么? 偏回归系数	363	
问题 2b. 这些关系的强度有多大? 偏相关系数	365	
问题 2c. 总体关系的强度有多大? 多重相关系数	365	

问题 3 总体中的关系?	367	
13.3 用一个哑元作多元回归		368
13.4 双因子方差分析		370
仅对于时段的单因子分析	372	
仅对于路线的单因子分析	372	
时段和路线的双因子分析	373	
考虑交互效应,再进行研究	375	
13.5 建立因果关系		377
13.6 小结		378
补充读物		379
公式		380
习题		381
14 日常生活中的统计		393
14.1 通向统计精妙的基石		394
14.2 小心地处理数据		396
14.3 数据和统计方法		397
14.4 怎么会出错		398
数据收集中的危险	398	
调查研究的特殊问题	399	
分析方法的误用	401	
统计推断的误用	402	
数字的错误解释	402	
14.5 统计和专制		403
14.6 在高潮时结束		404
补充读物		404
习题		405
统计术语		406
统计表		410
奇数号练习题答案		434
索引		473

统计学：随机性

和规律性



读这本书也许仅仅是因为你觉得知道一些统计知识是非常重要的,同时你可能会猜想学习统计并不是一件愉快的事。我们已经见过太多不情愿的学生认为统计学只不过是一门讨好大众的课程罢了。我们知道你们中的一些人也许更喜欢分析一首诗、唱一支歌或者解剖一只青蛙。但是,不管你们愿不愿意学习统计,我们对你们的这种心态都有足够多的了解。

在你们中间,有一部分人意识到,在某些日常生活中,懂得如何用统计去解决问题是非常重要的;还有一部分人也许期望统计学的挑战是一项智力运动;其他人则可能把统计学看作解决棘手问题的一个手段。我们认为,统计学可激励智力,并且有很多乐趣。但我们的目的却并不是要把你领入统计学专业的密室。正如书名所示,本书仅仅是帮助你理解统计学,熟悉统计语言,并知道如何评估统计结果。如果你想研究统计学,本书只是这条漫长却又乐趣无穷的道路上的一个起点。

为帮助你漫游统计王国,我们每一章都是以一些和本章内容有关的实际问题开始。我们希望这些问题成为你对每套统计大餐的开胃菜。下面我们就以一些问题来开始第一章。

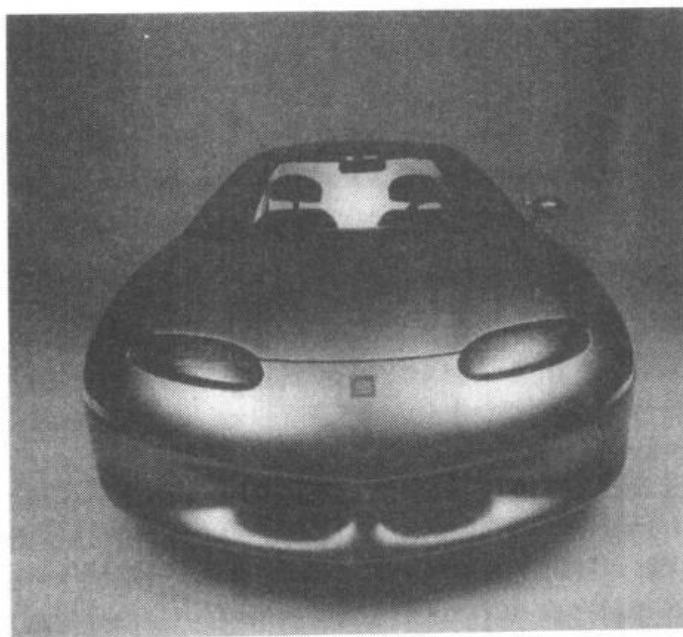
1. 作为一名未来的大学生,你会去查询 *Barron's Profile of American Colleges*^① 在“波士顿大学”这一栏中,你会看到申请者的 SAT^② 语言考试的平均成绩是 550 分, SAT 数学考试的平均成绩是 600 分,这

① 美国各大学的简介——译者注。

② 美国大学申请入学前的一种标准考试,类似于研究生入学时的 GRE 考试——译者注。

些数字是什么意思?什么是平均成绩?如果你的成绩低于平均成绩,你应该申请波士顿大学吗?显然,为选择合适的学校,你需要具备一些统计知识。

2. 想象你是市场部的新任经理,一次广告活动的统计结果摆到了你面前,声称某个结果是“统计显著”的。你如何解释这份报告而又不暴露你对该术语的无知?赶快学点统计,这对你和你的事业都非常有用。



加利福尼亚州的法律要求汽车制造商们根据他们的总产量生产一定比例的电动车,以减少内燃机汽车造成的空气污染。这已开始成为整个国家的趋势。对于立法者来说,统计信息在使他们相信并检测使用电动车在改进空气质量上的有效性方面起着关键性的作用。

(Peter A. Simon, Phototoke NYC.)

3. 作为一名潜在的汽车购买者和一名有责任心的市民,你乐意为保护地球生态环境作出应有的贡献。根据最新的研究结果,消费者的行为对自然资源到底有怎样的影响呢?你应该买使用柴油发动机的汽车,还是购买电动车,或者干脆骑自行车呢?你是否应该使用喷雾器?你是否应该在你家的草坪上使用化学肥料?报纸、杂志和消费者报告中的统计结果对于你的决定很关键。这些结果到底是要建议你有怎样的消费习惯呢?
4. 当你读报时,你会看到诸如“吃生的酸奶酪可以活到 100 岁”之类的标题。这样的声明有统计支持吗?如果你讨厌生的酸乳酪怎么办?

1.1 统计学:用一句话来说是什么?

Statistics 是一个有很多意义的单词,其中一些定义较为明确。*Statistics* 这个单词源于一个德国人 Hermann Conring, 他首先于 1660 年在印刷品上使用 *Statistik*。这个单词的前半部分