

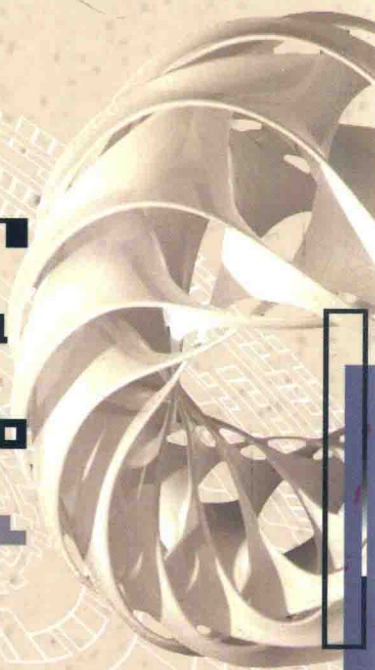
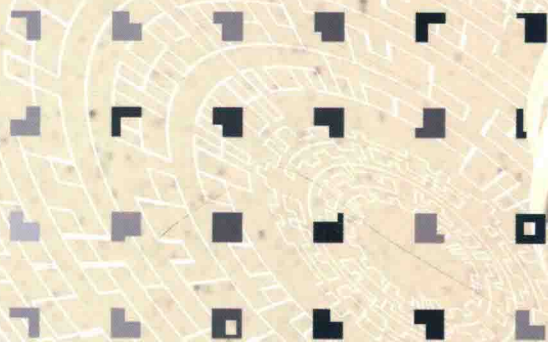
 七彩数学

姜伯驹 主编

Q I C A I S H U X U E

统计思想欣赏

王静龙□著



科学出版社



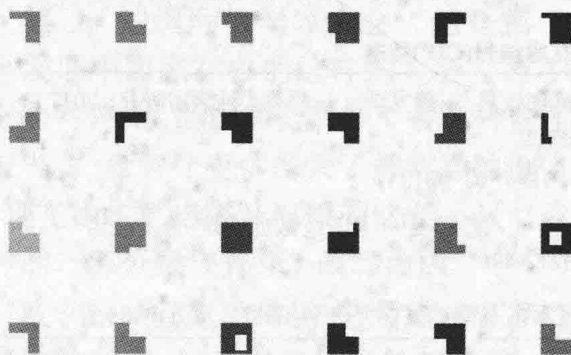
七彩数字

I C A X U E



统计思想欣赏

王静龙□著



科学出版社

北京

内 容 简 介

统计思想是统计理论与方法的想法. 本书试图讲述这些想法的统计所固有的本质属性. 统计思想主要体现在科学与艺术、归纳与演绎、精准与趋势, 证明与推断、定量与定性、相关与因果、集合与总体、描述与建模、回顾、前瞻与随机分组双盲以及统计学意义的判断 9 个方面. 本书共有 9 章, 分别讲述上述这 9 个方面的问题. 至于各个学科共有的例如对立与统一、主观与客观等属性, 贯穿于上述 9 个方面, 本书不再另立章节讨论. 本书各章相互独立, 自成体系. 书中有大量的现实生活中的案例, 力图用浅显的语言讲述统计思想, 即使刚入门学习统计的新人也可阅读. 本书每一章都有一组思考题. 求解这些题目, 套用公式是无助的, “思考”是求解它们的一个好办法. 求解这些题目, 读者还能补充些新的知识.

本书除了可作为大学统计专业的教学参考用书外, 还可以供从事理论研究和应用的统计工作者、各行各业对统计有兴趣的人士参考阅读.

图书在版编目(CIP)数据

统计思想欣赏/王静龙著. —北京: 科学出版社, 2017. 3
(七彩数学)

ISBN 978-7-03-051947-4

I. ①统… II. ①王… III. ①数理统计-普及读物
IV. ①O212-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017) 第 040384 号

责任编辑: 陈玉琢 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 耕 者

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 890×1240 1/32

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 8 5/8

字数: 137 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

丛书序言

2002年8月,我国数学界在北京成功地举办了第24届国际数学家大会.这是第一次在一个发展中国家举办的这样的大会.为了迎接大会的召开,北京数学会举办了多场科普性的学术报告会,希望让更多的人了解数学的价值与意义.现在由科学出版社出版的这套小丛书就是由当时的一部分报告补充、改写而成.

数学是一门基础科学.它是描述大自然与社会规律的语言,是科学与技术的基础,也是推动科学技术发展的重要力量.遗憾的是,人们往往只看到技术发展的种种现象,并享受由此带来的各种成果,而忽略了其背后支撑这些发展与成果的基础科学.美国前总统的一位科学顾问说过:“很少有人认识到,当前被如此广泛称颂的高科技,本质上是数学技术”.

在我国,在不少人的心目中,数学是研究古老难题的学科,数学只是为了应试才要学的一门

学科. 造成这种错误印象的原因很多. 除了数学本身比较抽象, 不易为公众所了解之外, 还有学校教学中不适当的方式与要求、媒体不恰当的报道等等. 但是, 从我们数学家自身来检查, 工作也有欠缺, 没有到位. 向社会公众广泛传播与正确解释数学的价值, 使社会公众对数学有更多的了解, 是我们义不容辞的责任. 因为数学的文化生命的位置, 不是积累在库藏的书架上, 而应是闪烁在人们的心灵里.

20 世纪下半叶以来, 数学科学像其他科学技术一样迅速发展. 数学本身的发展以及它在其他科学技术的应用, 可谓日新月异, 精彩纷呈. 然而许多鲜活的题材来不及写成教材, 或者挤不进短缺的课时. 在这种情况下, 以讲座和小册子的形式, 面向中学生与大学生, 用通俗浅显的语言, 介绍当代数学中七彩的话题, 无疑将会使青年受益. 这就是我们这套丛书的初衷.

这套丛书还会继续出版新书, 我们诚恳地邀请数学家同行们参与, 欢迎有合适题材的同志踊跃投稿. 这不单是传播数学知识, 也是和年轻人分享自己的体会和激动. 当然, 我们的水平有限, 未必能完全达到预期的目标. 丛书中的不当之处, 也欢迎大家批评指正.

姜伯驹

2007 年 3 月

前 言

我有幸在 1978 年 10 月考入华东师范大学, 攻读数理统计方向的硕士学位研究生, 导师是魏宗舒教授与茆诗松教授. 看到我们这几个学数学的学生对统计的理解是那么的肤浅, 魏宗舒教授当机立断给我们上小课. 他和我们围着一个办公桌而坐, 带领我们漫游统计. 魏宗舒教授与茆诗松教授都一再对我们说, 学好统计最重要的是要有统计思想. 他们讲解统计思想的含义, 我们好像听懂了, 但要讲那是讲不清楚的. 正如著名教育家和现代作家叶圣陶先生所说的, “然而学生还是似懂非懂, 教他们回讲往往讲不出来.” 两位老师也知道我们对统计思想的理解顶多一知半解, 但并不着急. 魏宗舒教授告诫我们, “如果能亲临实际做一两次数据分析, 那对数理统计的领会就会更深了.” 他们都要求我们通过实践领会统计思想, 看来统计思想是要慢慢悟出来

的. 茆诗松教授动情地告诫统计系的毕业生, 你们要爱数据, 要像爱你的恋人那样爱数据. 在场的我惊讶他对数据有如此深的感情. 人唯有经过长期的实践活动, 才能说出有如此深刻含义且动情的话.

经过几十年的教学、研究与应用等实践活动, 关于统计思想我感悟到了一些东西. 现在我退休了, 在这剩余的岁月里, 非常想把这些感悟整理出来与大家交流. 顾名思义, 统计思想是统计理论与方法的想法. 本书试图讲述这些想法的统计所固有的本质属性. 英国的《不列颠百科全书》说, “统计是收集和分析数据的科学与艺术.” 看到这句话, 我想大家一定既感到高兴, 又感到新奇, 统计为什么说也是艺术? 本书将从灵感与创造性思维、错觉以及没有最好但只有更好三个方面着手讲述我对这个问题的体会. 说到统计, 大家不约而同地都会说统计是归纳推理. 由此大家可能会联想到“盲人摸象”, 统计使用归纳推理是否以偏概全. 事实上, 归纳推理有其不确定性, 是或然性推理, 但统计使用归纳推理可以做到很可靠, 并不是以偏概全. 统计的归纳推理通常称为统计推断. 统计推断是可靠的, 这其实是演绎推理的结果. 学好统计是离不开演绎推理的, 但统计基本上是归纳推理. 统计推断仅控制风险, 而不能消除风险, 不能证明某个现象必

然发生(或必然不发生),它探寻的是一种趋势,而不是精准的结果.统计兴旺发达的源泉来自统计在各行各业的应用,由此可见应用统计解决实际问题时必须做到定量分析与定性分析相结合.统计应用中的一个重要问题就是探寻变量的关联性,又称变量的相关性.识别及区分相关与因果关系极其重要.集合与总体是数学与统计学的最基本概念,两者的含义是有区别的.数据描述与统计建模都是解决实际问题的办法.正所谓尺有所短,寸有所长,数据描述与统计建模彼此都有可取之处,绝不能顾此失彼,而应两全其美.解实际问题时,除了考虑问题本身,还需考虑科学研究的方法.回顾与前瞻性调查以及随机分组双盲试验就是伴随着实际问题的求解而逐渐发展起来的.著名统计学家 C.R. 劳说,在理性的基础上,所有的判断都是统计学.从概括汇总、审视过程与风险意识三个方面,与大家交流我学习 C.R. 劳这句话的体会.统计推断研究不确定性现象,它需要知识的融会贯通,需要不断的实践,需要经验的累积.因而当经过努力对一个不确定的现象作出可靠决策的时候,人们会感到非常的兴奋,享受统计推断思维过程之美.

就我的感悟而言,统计思想主要体现在科学与艺术、归纳与演绎、精准证明与趋势推断、定性与定量、相关与因果、集合与总体、描述与建



模、回顾前瞻与随机分组双盲以及统计学意义的判断 9 个方面. 本书共有 9 章, 分别讲述上述这 9 个方面的问题. 至于各个学科共有的, 如对立与统一、主观与客观等属性, 贯穿于上述 9 个方面, 本书不再另立章节讨论. 本书各章相互独立, 自成体系, 所以不同章节很可能有相同的案例. 书中有大量现实生活中的案例, 力图用浅显的语言讲述统计思想, 即使刚入门学习统计的新人也可阅读. 本书每一章都有一组思考题. 求解这些题目, 套用公式是无助的, “思考” 是求解它们的一个好办法. 求解这些题目, 读者还能补充些新的知识. 本书除了可作为大学统计专业的教学参考用书外, 还可以供从事理论研究和应用的统计工作者、各行各业对统计有兴趣的人士参考阅读.

恩师魏宗舒教授辞世已 20 多年了, 谨以本书献给他老人家. 学习统计的路上, 除了恩师魏宗舒教授与茆诗松教授, 我还得到了已故成平教授、张尧庭教授与陈希孺院士的教诲. 恩师们的教导一直激励着我终生学习统计. 感谢华东师范大学统计系的同事、历届研究生和本科生, 与他们一起学习统计使得我对统计思想越来越有体会, 并享受着极大的乐趣. 感谢统计界的同仁, 阅读他们写的书, 听他们的讲座以及与他们讨论都使我受益匪浅. 感谢科学出版社陈玉琢女

士的关心、支持和辛勤劳动.

对于统计思想,我自感才疏学浅力不从心.根据个人感悟,关于统计思想本书提出的一些看法有待商榷,本书不妥之处恳望读者批评指正.

王静龙

2016 年 6 月

目 录

1	科学与艺术	1
1.1	灵感, 创造性思维	2
1.2	错觉	4
1.3	没有最好, 只有更好	8
	思考题一	31
2	归纳与演绎	40
2.1	归纳推理	41
2.2	统计推断	45
2.3	非参数统计数据分析	51
2.4	稳健性	55
2.5	数据质量	62
2.6	归纳推理是一种科技创新方法	65
2.7	类比推理	70
2.8	大数据需要更丰富的想象力与 更强的创新能力	72
	思考题二	74

3	精准与趋势, 证明与推断	78
3.1	数字的大与小	79
3.2	精准与趋势	84
3.3	证明与推断	94
	思考题三	104
4	定量与定性	107
4.1	统计学基本上是寄生的	110
4.2	统计指标	111
4.3	权重	119
4.4	预测	125
	思考题四	128
5	相关与因果	134
5.1	高尔顿与皮尔逊	134
5.2	相关系数	141
5.3	识别相关	145
5.4	因果关系	153
	思考题五	156
6	集合与总体	158
6.1	集合与全体	158
6.2	总体分布	164
6.3	分布类型	167
	思考题六	173
7	描述与建模	177
7.1	统计建模	179
7.2	数据描述	182



7.3 模型诊断	195
思考题七	197
8 回顾、前瞻与随机分组双盲	200
8.1 回顾性调查	201
8.2 前瞻性调查	205
8.3 费歇尔的设想	211
8.4 随机化对照比较双盲实验	216
思考题八	223
9 统计学意义的判断	227
9.1 概括汇总	229
9.2 审视过程	240
9.3 风险意识	249
思考题九	256
参考文献	258

1 科学与艺术

我国大型权威工具书《辞海》指出,“科学:运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系。”显然,统计是科学,而这正如《中国大百科全书·数学卷》所说的,“统计学是一门科学,它研究怎样以有效的方式收集、整理、分析带随机性的数据,并在此基础上,对所研究的问题作出统计性的推断,直至对可能作出的决策提供依据或建议。”因为统计是科学,所以它需要逻辑思维、演绎推理和实证研究.它的实证研究包括观察、调查与实验等.此外统计还需要形象思维.正因为如此,英国的《不列颠百科全书》给了统计一个简单明了并且形象生动的定义:

统计是收集和分析数据的科学与艺术.

初看到这句话,感到很高兴,统计与音乐、美术一样,也可以欣赏,有魅力;同时感到很新奇,统计为什么说也是艺术.

我国已故著名统计学家、中国科学院院士陈希孺教授(1934~2005)在其著作《统计学概貌》^[1]中说,“称统计学是艺术,尽管有其不够严谨之处,却也有独到的地方:它提醒人们,统计学并不是一堆在应用时可以机械地照搬的公式,而是在应用上要发挥灵活性以至灵感,需要积累充分的经验.”陈希孺院士在他的另一本著作《数理统计学简史》^[2]中说,“这里强调它的艺术性,是为着重说明统计方法需要灵活使用,很依赖于人的判断以至灵感.强调这一点很有好处,它提醒人们不能以教条式的态度来看待数理统计方法,以为只要记住一些公式与方法,碰到什么问题套上去就行.”总之,按陈希孺院士所说的,这里的“艺术”着重强调统计方法的使用与创新很依赖于人的判断、灵活性以至灵感,不能机械地照搬公式.看下面轰炸机的什么部位应加固防护的例子.这个例子摘自《统计数据的真相》^[3].

1.1 灵感,创造性思维

瓦尔德(1902~1950),罗马尼亚裔美国统计

学家。他出生于罗马尼亚, 1931 年在维也纳大学获得博士学位, 1938 年到美国。众所周知, 军工产品的成本比较高, 且其检验通常是破坏性的, 检验过后的军工产品就没有用了。在军工产品的生产质量得到保证的前提下, 尽可能减少抽检的军工产品个数, 这是第二次世界大战期间统计学家所面临的一项迫切需要解决的问题。瓦尔德首次提出了著名的序贯检验法, 用于军工产品的检验, 既保证了军工产品的质量, 又减少了抽检的军工产品的样本数。序贯检验法在第二次世界大战期间是军事机密。大战过后序贯分析方法得到很大的发展, 是统计学的一个重要分支。

大战期间美国军方为使得他们的轰炸机能避开德国的防空炮火, 研究了以下两个问题: 轰炸机的哪一部分最经常被击中? 轰炸机的什么部位应该加强钢板增加装甲防护? 瓦尔德研究了返航轰炸机上的弹孔位置。他画了飞机的轮廓, 并标示出弹孔位置 (图 1.1)。图 1.1 的正方形黑点表示返航的轰炸机机身上所受到的德军防空炮火的袭击标记。根据这张图, 可以看到炮火袭击几乎均匀地分布在轰炸机的各个部位, 就是机身的中间有一个长方形的区域没有弹着点。这是为什么? 难道这块地方不会被击中? 瓦尔德指出, 恰恰是这个地方需要加固补强。因为这个位置既处于德国高射炮的正面攻击, 而且又是轰炸机

的油箱所在,一旦被击中飞机就回不来了.看来,统计学家解决问题也需要逆向思维.有些统计问题,不妨反过来思维,或许就是另一片天空.瓦尔德看着这个图所引起的想象力和创造力,打破常规,向相反方向去思考,完美地解决了问题.统计实践需要很多技巧,需要经验的积累与领悟,因此统计是一门富有想象力的学科.

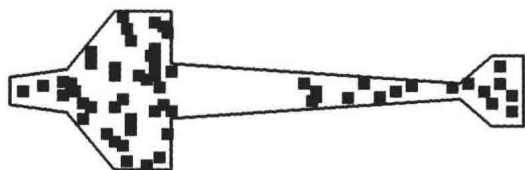


图 1.1 飞机轮廓及弹孔位置

1.2 错觉

错觉是指不符合客观实际的错误感觉.图 1.2 为菲克 (Fick) 错觉图,垂直线看上去比水平线长,事实上它们是一样长的.其原因就在于眼睛做上下运动比做水平运动困难一些,看垂直线比看水平线费力,所以垂直线看起来就长一些.统计分析也能利用图使人产生错觉,见《统计数据的真相》^[3] 以及《怎能利用统计撒谎》^[4].它们都用很多事例说明,数字通过图的美化弯曲,使人们受到迷惑,因此很容易形成错觉.这类错觉往往是为了达到某种目的、人为操作而形成的.此外,统计中还有很多的错觉,是在数据分析的