

管理科学与工程丛书

主编:葛新权

基于模糊集距离的 质量控制图设计

Design on Quality Control Chart
Based on Fuzzy Set Distance

●
白
莹
／
著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

基于模糊集距离的 质量控制图设计

Design on Quality Control Chart
Based on Fuzzy Set Distance

白 莹/著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

基于模糊集距离的质量控制图设计/白莹著. —北京:
社会科学文献出版社, 2014. 9

(管理科学与工程丛书)

ISBN 978 - 7 - 5097 - 6231 - 8

I. ①基… II. ①白… III. ①模糊集 - 应用 - 产品
质量 - 质量控制 - 研究 IV. ①F273. 2 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 146804 号

· 管理科学与工程丛书
基于模糊集距离的质量控制图设计

著 者 / 白莹

出版人 / 谢寿光

项目统筹 / 恽薇 冯咏梅

责任编辑 / 张景增

出 版 / 社会科学文献出版社·经济与管理出版中心 (010) 59367226

地址: 北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编: 100029

网址: www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367090

读者服务中心 (010) 59367028

印 装 / 三河市尚艺印装有限公司

规 格 / 开 本: 787mm × 1092mm 1/20

印 张: 13.6 字 数: 197 千字

版 次 / 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5097 - 6231 - 8

定 价 / 59.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社读者服务中心联系更换

 版权所有 翻印必究

总 序

基于 2003 年北京机械工业学院管理科学与工程硕士授权学科被批准为北京市重点建设学科，我们策划出版了这套丛书。

2004 年 8 月，北京机械工业学院与北京信息工程学院合并筹建北京信息科技大学。

北京机械工业学院工商管理分院于 2004 年建立了知识管理实验室，2005 年建立了北京地区第一个实验经济学实验室，2005 年 8 月召开了我国第一次实验经济学学术会议，2005 年 12 月获得 2005 年度北京市科学技术奖二等奖一项，2006 年 4 月获得北京市第九届人文社科优秀成果二等奖两项。2006 年 5 月，知识管理实验室被批准为北京市教委人才强校计划学术创新团队；2006 年 10 月，被批准为北京市哲学社会科学研究基地——北京知识管理研究基地。

2006 年 12 月，北京机械工业学院工商管理分院与北京信息工程学院工商管理系、经济贸易系经贸教研室合并成立北京信息科技大学经济管理学院。2008 年 3 月，企业管理硕士授权学科被批准为北京市重点建设学科。

2008 年 4 月，教育部正式批准成立北京信息科技大学。

经济管理学院是北京信息科技大学最大的学院。2007

年10月经过学科专业调整（信息系统与信息管理学士授权专业调出）后，经济管理学院拥有管理科学与工程、企业管理、技术经济及管理、国民经济学、数量经济学5个硕士授权学科，拥有工业工程专业硕士授予权，拥有会计学、财务管理、市场营销、工商管理、人力资源管理、经济学6个学士授权专业，设有注册会计师、证券与投资、商务管理、国际贸易4个专门化方向。

经济管理学院下设会计系、财务与投资系、企业管理系、营销管理系、经济与贸易系5个系，拥有实验实习中心，包括会计、财务与投资、企业管理、营销管理、经济与贸易、知识管理、实验经济学7个实验室。现有教授12人、副教授37人，具有博士学位的教师占23%，具有硕士学位的教师占70%。在教师中，有博士生导师、跨世纪学科带头人、政府津贴获得者，有北京市教委人才强校计划学术创新拔尖人才、北京市教委人才强校计划学术创新团队带头人、北京市哲学社会科学研究基地首席专家、北京市重点学科带头人、北京市科技创新标兵、北京市青年科技新星、证券投资专家，有北京市政府顾问、国家注册审核员、国家注册会计师、大型企业独立董事，还有一级学术组织常务理事，他们分别在计量经济、实验经济学、知识管理、科技管理、证券投资、项目管理、质量管理和财务会计教学与研究领域颇有建树，享有较高的知名度。

经济管理学院成立了知识管理研究所、实验经济学研究中心、顾客满意度测评研究中心、科技政策与管理研究中心、食品工程项目管理研究中心、经济发展研究中心、国际贸易研究中心、信息与职业工程研究所、金融研究所、知识工程研究所、企业战略管理研究所。

近三年来,在提高教学质量的同时,在科学研究方面也取得了丰硕的成果。完成了国家“十五”科技攻关项目、国家科技支撑计划项目、国家软科学项目等8项国家级项目和12项省部级项目,荣获5项省部级奖,获得软件著作权24项,出版专著16部,出版译著2本,出版教材10本,发表论文160余篇。这些成果直接或间接地为政府部门以及企业服务,特别地服务于北京社会发展与经济建设,为管理科学与工程学科的建设与发展打下了坚实的基础,促进了企业管理学科建设,形成了基于知识管理平台的科技管理特色,也形成了稳定的研究团队和知识管理、科技管理、知识工程与项目管理3个学术研究方向。

在北京市教育委员会科学技术与研究生建设项目、北京市重点建设学科管理科学与工程建设项目资助下,把我们的建设成果结集出版,形成了这套“管理科学与工程”丛书。

管理科学与工程学科发展日新月异,我们取得的成果不过是冰山一角,也不过是一家之言,难免有不当甚至错误之处,敬请批评指正。这也是我们出版本丛书的一个初衷,抛砖引玉,让我们共同努力,提高我国管理科学与工程学科研究的学术水平。

在北京市教育委员会与北京信息科技大学的大力支持与领导下,依靠学术团队,我们有信心为管理科学与工程学科建设、科学研究、人才培养与队伍建设、学术交流、平台建设与社会服务做出更大的贡献。

主编 葛新权

2008年4月于北京育新花园

摘 要

本书以模糊控制图的设计为研究目标。首先，本书提出以模糊集距离对产品的模糊质量属性进行描述，运用 Beta 分布对模糊集距离指标进行拟合；对服从该分布的随机变量的数字特征进行分析，给出该分布参数的估计，对分布参数估计量的统计性质进行较深入的探讨。其次，本书引入修正的田口质量损失函数，对该分布下的产品质量水平进行定量描述；以上述工作为基础，给出模糊质量控制图的设计方案，建立基于 Beta 分布的模糊控制图；给出过程能力指数的表达式，讨论了该过程能力指数的性质，并进行过程能力优化分析。最后，本书采用实际生产数据进行案例分析，对模糊控制图的适用性进行了验证。

Abstract

Design on fuzzy quality control chart is the research target in this book. First of all, this book presents the fuzzy set distance to describe the fuzzy quality attributes of the product, and uses Beta distribution to fit the fuzzy set distance index. Beta distribution is proper for the description of this variation. Numerical characteristics of Beta distribution are analyzed and estimation methods for the parameters of Beta distribution are introduced.

Secondly, an extended quality loss function is introduced to characterize varied quality level of the distribution. Based on the above work, this book gives the design of fuzzy quality control chart and build the chart based on Beta distribution and gives expression of process capability index, as well as analyzes the process capability optimization. Finally, a numerical example is given to illustrate the performance of the fuzzy control chart.

前 言

国际质量学界的著名学者朱兰（Juran）博士曾指出，对于用户而言，质量就是“适用性”，而不是规格符合性，从而提出了“适用性质量”的概念，体现了用户导向的质量观。基于用户的感觉对被考察产品的质量做出评价存在不确定性，这种不确定性表现为评价标准的模糊性，难以用传统的随机不确定性的度量方法进行描述，由此提出了模糊质量的概念。

一个非常突出的有关模糊质量的例子是感官质量检验。目前已有的感官检验方法均是基于描述性语言的，显然无法避免检验误差的产生，并且难以对所有的检验数据进行统计分析，上述问题在于未能对质量的模糊属性进行数量化转化。

概率和统计方法应用于质量控制已有较长历史。自 20 世纪 30 年代休哈特提出休哈特控制图以来，统计过程控制（Statistical Process Control, SPC）的研究和实践取得了长足进展，极大地促进了企业生产过程的质量改进，使得企业生产的产品质量不断提高，消费者的生活品质也因之得到极大改善。作为质量管理的核心内容，统计过程控制研究和实践在广度和深度上的迅速发展，为统计过程控制的研究和应用

提出了许多新的问题。

传统的以休哈特控制图为代表的统计过程控制方法越来越表现出局限性。由于质量管理的理论发展不能满足实践需求,美国国家研究委员会的著名报告《振兴美国数学——90 年代的计划》将有关质量的统计方法列为最具研究前景的 27 个题目之一,指出控制图方法“是一个迫切需要引进新思想的课题”。其中,传统的休哈特控制图方法,难以适用具有模糊特性的质量控制问题,需要寻找新的方法来解决。

在质量控制的最新研究中,模糊理论及方法代替传统的概率统计方法,已经被应用于统计质量控制中。质量控制研究领域的重要期刊 *Technometrics* 于 1995 年第 3 期,对模糊方法应用于统计中的研究进展进行了综述。

模糊理论的创立者 Zadeh 指出,在模糊理论的发展中已经引入了概率论,提出了模糊随机变量的概念,概率论的应用需要结合模糊方法才能更符合实际。以往研究表明,从精确性要求和实际操作的层面看,基于概率统计方法建立的控制图更具有优势。

依据上述分析,本书主要内容分为以下几个方面:

第一,引入模糊集理论,以模糊集距离为指标对模糊质量特性进行描述。

第二,将一类反映产品模糊质量水平的质量特性值,以模糊集距离指标来代表,并分析指标变动,得出指标具有随机性的特征。

第三,根据模糊集距离随机变动具备的特点,运用相应的概率分布进行拟合。

第四,建立基于模糊集距离指标的模糊控制图。

本书基于北京市自然科学基金资助项目（Supported by Beijing Natural Science Foundation）（9144028）的研究成果，其中第二章和第七章内容由基金项目主要参与者中国航空综合技术研究所汪邦军编写。该书的出版得到了北京信息科技大学经管学院的资助及各位老师的支持，在此表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，错误及不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正，提出宝贵意见！

目 录

前 言 / 1

第一章 质量与质量控制 / 1

第一节 质量概念的演变 / 1

第二节 质量与质量管理 / 4

第三节 工序质量控制的理论与方法 / 20

第四节 质量控制的基本方法及工具 / 37

第五节 质量管理与质量控制的基础工作 / 54

第六节 质量管理与质量控制的观念 / 58

第七节 本章小结 / 60

第二章 控制图原理与模糊质量控制 / 61

第一节 统计过程控制 / 61

第二节 统计控制过程及其异常 / 62

第三节 控制图基本理论 / 65

第四节 常规控制图的设计思想 / 73

第五节 过程能力及过程能力指数 / 87

第六节 控制图的类型及应用 / 94

第七节 模糊质量控制理论 / 98

第八节 本章小结 / 121

第三章 用于拟合模糊集距离指标的随机变量分布的统计特性 / 122

第一节 Beta 分布的分布曲线特性分析 / 123

第二节 Beta 分布随机变量的数字特征 / 125

第三节 Beta 分布参数的估计 / 129

第四节 本章小结 / 141

第四章 基于模糊集距离指标的产品模糊质量特性评价 / 143

第一节 基于非对称偏差的产品价值函数及产品
质量描述 / 143

第二节 模糊集距离指标服从 Beta 分布下的产品
质量水平及其测度 / 147

第三节 质量价值函数的进一步扩展 / 153

第四节 本章小结 / 157

第五章 基于 Beta 分布的模糊集距离指标控制图的设计 / 159

第一节 基于 Beta 分布的模糊质量控制图 / 159

第二节 基于 Beta 分布的模糊控制图的控制
效果分析 / 163

第三节	控制图的控制程序 / 169
第四节	本章小结 / 170
第六章	模糊集距离指标的过程能力指数研究 / 172
第一节	基于 Beta 分布的模糊集距离指标的过程能力指数 / 172
第二节	过程能力优化分析 / 178
第三节	过程能力指数的相关估计量及其统计特性模拟分析 / 183
第四节	本章小结 / 189
第七章	基于模糊集距离指标的模糊质量控制图的应用 / 191
第一节	均匀分布下的 $\bar{X} - S$ 模糊控制图 / 194
第二节	基于 Beta 分布假设的模糊控制图 / 199
第三节	本章小结 / 204
参考文献	/ 206
附录一	运用 Matlab 计算程序 / 218
附录二	参数 a 和 b 的矩估计 / 220
附录三	参数 a 和 b 的基于顺序统计量的极大似然估计 / 222

附录四 参数 **a** 和 **b** 的基于均匀设计抽样的
极大似然估计 / 227

附录五 产品质量最优化下的参数 **a** 和 **b** 的数值解 / 232

附录六 基于扩展模型的产品质量最优化下的
参数 **a** 和 **b** 的数值解 / 235

附录七 $P(\tilde{\mu} \leq c, \tilde{\sigma} \leq d)$ 、 $P(\tilde{\mu} \leq c)$ 和 $P(\tilde{\sigma} \leq d)$ 的
取值计算程序 / 238

附录八 平均链长的计算程序 / 240

附录九 统计量 $\hat{\xi}_{0.99865}$ 、 $\hat{C}'_P$ 、 $\hat{C}'_{PU}$ 和 $\hat{C}'_{PK}$ 的频数
直方图生成程序 / 244

附录十 **Beta** 分布假设下均值和标准差的
最小二乘估计 / 249

Contents

Preface / 1

Chapter 1 Quality and Quality Control / 1

Section 1 Conceptual Evolution of Quality / 1

Section 2 Quality and Quality Management / 4

Section 3 Control Theory and Methodology of
Process Quality / 20

Section 4 Quality Control Tools and Methods / 37

Section 5 Fundamental Work of Quality Management
and Control / 54

Section 6 Concept of Quality Management and Control / 58

Section 7 Summary / 60

Chapter 2 Control Chart Theory and Fuzzy Quality Control / 61

Section 1 Statistical Process Control / 61

Section 2 Statistical Process Control and Anomaly / 62

Section 3 Theory of Quality Control Chart / 65

Section 4 Design Ideas of Shewhart Control Charts / 73

Section 5 Process Capability and Process
Capability Index / 87

Section 6 Types and Application of Quality Control
Charts / 94

Section 7 Theory of Fuzzy Quality Control Chart / 98

Section 8 Summary / 121

Chapter 3 Statistical Properties of Random Variable of Fitting Fuzzy Set Distance / 122

Section 1 Numerical Characteristics of Beta
Distribution / 123

Section 2 Numerical Characteristics of Beta Distribution
Random Variable / 125

Section 3 Estimation of Beta Distribution Parameters / 129

Section 4 Summary / 141

Chapter 4 Fuzzy Quality Evaluation Based on Fuzzy Set Distance Index / 143

Section 1 Products Quality Description Based on
Asymmetric Loss Functions / 143

Section 2 Products Quality Level Measure of Fuzzy Set
Distance Index Conforming Beta Distribution / 147

Section 3 Extension of Quality Loss Function / 153

Section 4 Summary / 157