



学 术 文 库
中南财经政法大学学术文库

软件复杂性与 质量控制

RUANJIAN FUZA XING YU
ZHILIANG KONGZHI

张 凯 著



中国财政经济出版社

ZHONGNANCAIJINGZHENGFA DAXUE XUESHU WENKU

中南财经政法大学学术文库

软件复杂性与质量控制

张 凯 著

中国财政经济出版社

图书在版编目(CIP)数据

软件复杂性与质量控制/张凯著. —北京: 中国财政经济出版社, 2005.11

(中南财经政法大学学术文库)

ISBN 7-5005-8709-0

I. 软… II. 张… III. 软件工程 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 125008 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100036

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

涿州市新华印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

880 × 1230 毫米 32 开 11.375 印张 264 000 字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 12 月涿州第 1 次印刷

印数: 1-1000 定价: 29.00 元

ISBN 7-5005-8709-0 / F·7572

(图书出现印装问题, 本社负责调换)



作者简介

张凯，1961年武汉市生。现为中南财经政法大学副教授，计算机系副主任，硕士生导师。2002—2005年在武汉理工大学计算机学院攻读博士学位，1992—2001年在中国市政工程中南设计研究院计算中心工作，2001年5月调入中南财经政法大学。在国外计算机英文杂志发表论文3篇，国内杂志17篇，国际会议7篇，国内会议2篇，被EI检索4篇。2005年2月在奥地利主持第四届国际人工智能会议一次，参加境外国际会议4次。主编或参编书5本，著一本。获省市级奖7项。主持或参与项目11项，省部级4个。正在研究的省部级基金3项。

中南财经政法大学学术文库

《基于消费者效用的品牌权益模型研究》

《中国资本账户开放研究》

《工业化进程中的农户兼业经营问题研究》

《软件复杂性与质量控制》

《共同基金产权论》

《政府竞争对制度变迁的影响机理研究》

《产权会计史研究》

责任编辑：陆宗祥
装帧设计：邹海东

本 书 由

中南财经政法大学出版基金

资 助

中南财经政法大学学术文库

编辑委员会

主 任：吴汉东

副 主 任：郭道扬 张中华 赵凌云 覃有土

委 员：刘可风 卢现祥 熊胜绪 杨灿明

范忠信 罗 飞 朱新蓉 陈池波

齐文远 张新国 杨云彦 夏成才

姚 莉 陈景良 杨宗辉 朱延福

主 编：赵凌云

编辑部成员：姚 莉 陈敦贤

刘普生 朱冬生

本书主审：熊盛武

前 言

质量是一个非常古老的话题，而软件质量的研究可以追溯到计算机发明，即 0-1 代码被使用的那个时候。人们开始注意软件质量是在软件危机被提出的 1968 年。软件质量的发展经历了两大时期：一是 1976 年，Boehm 第一次提出了软件质量度量的层次模型，到 1992 年成为软件质量度量的 ISO 标准；二是 1987 年 9 月，CMM 由卡耐基-梅隆大学 SEI 提出，到 2001 年敏捷方法被提出。近年来，软件质量的发展迎来了其发展的第三大时期——软件质量复杂性研究。这一判断是基于整个科学研究的大趋势和现状的一种综合考虑。

霍金曾说：复杂性是 21 世纪的科学。霍金的判断与科学的发展历史不无关系。1967 年普利高津提出的耗散结构理论，将“世界末日论”和进化论进行了统一。20 世纪 70 年代初法国数学家雷内·托姆 (Rene. Thom) 创立

了突变论；1971年联邦德国斯图加特大学教授、著名物理学家哈肯（Haken Herrmann）提出了协同理论；1970年德国科学家M. 艾根（Manfred Eigen）提出了超循环论；1972年美国麻省理工学院教授E.N. 洛伦兹提出了混沌理论；1975年美国数学家曼德布罗特（Benoit B. Mandelbrot）提出了分形的概念。20世纪90年代，桑塔研究所（Santa Fe Institute）在复杂系统自适应方面做了一些工作。除此以外，还有马卡洛和匹茨（McCulloch and Pitts）的神经网络，冯·诺依曼的元胞自动机，维纳（N. Wiener）的控制论和钱学森提出的复杂巨系统。复杂性的研究正在成为全球科学研究的一个热点。

软件复杂性增加的直接结果就是软件缺陷和可能出现的错误的复杂性增加。从这个角度看，软件质量的控制将变得越来越复杂和困难。因此，如果用传统的方法来描述软件的复杂性和软件缺陷的复杂性，显然工具的使用不合适宜。

软件复杂性研究是科学技术发展的必然趋势。但是，从目前各国对软件质量复杂性方面的研究来看，使用现代工具（进化论、熵理论、耗散结构理论、协同学、超循环论、混沌理论、分形理论、元胞自动机等）的人并不多，特别是将这些理论综合起来使用的人就更少了，这是软件质量的不足。

本书从混沌理论、分形理论、进化论、复杂性理论、非线性理论的角度，在对软件质量的复杂性进行分析的基础上，提出一些软件质量的控制方法。

本书在撰写过程中，参考和引用了大量国内外的著作、论文和研究报告。由于篇幅有限，本书列举了绝大部分参考文献。我们向所有被参考和引用论著的作者表示由衷的感谢，他们的辛勤劳动成果为本书提供了丰富的资料。

最后，本书是在软件质量复杂性研究方面的一种新的探索，

且时间有限，诚望读者对本书的不足提出宝贵意见。

作者

2005年7月20日

摘 要

随着复杂性研究的深入，以及软件复杂性的增加，利用复杂性研究的理论来探索软件质量复杂性的问题是科学技术发展的必然趋势。

本书试图用混沌理论、分形理论、进化论、复杂性理论、模糊理论、灰色理论等科学工具，从定性和定量的角度，分析软件缺陷的混沌现象，分形现象，进化特征和复杂特性，进而提出软件质量的宏观与微观控制方法。

本书共分六章，具体内容如下：

第一章，软件质量概述，包括问题的提出背景与研究意义，质量发展历史与相关概念，国内外研究现状。

第二章，软件缺陷系统的混沌分析与控制，包括软件缺陷系统混沌分析和软件缺陷混沌控制。第一部分包括增长过程的混沌，软件缺陷贝诺勒拉伸折叠变换，软件缺陷数混沌分析；第二部分包括混沌宏观控制模型，加速混

沌模型和定点清除模型。

第三章，软件缺陷的分形分析与控制，包括软件缺陷的分形生长分析与质量控制。第一部分包括软件分形现象、软件缺陷分形生长实验和软件缺陷分形生长理论分析；第二部分包括软件缺陷数分形组合估计公式，分形剪枝技术和分形公司的内容。

第四章，软件缺陷进化分析与质量控制，包括软件缺陷系统进化论和软件缺陷进化控制两部分。第一部分包括进化论与软件，软件生态环境，软件缺陷系统进化，软件缺陷的分类；第二部分包括软件缺陷生物圈与人的影响，李比希最小控制，软件缺陷捕食生态系统的框架设计。

第五章，软件缺陷系统复杂性分析与质量控制，包括软件缺陷系统复杂性分析，软件缺陷系统复杂性宏观控制和微观控制三部分。第一部分包括软件缺陷系统的复杂性分析，熵与耗散结构；第二部分包括耗散结构管理、软件过程监理、孤立波质量管理和净室软件工程；第三部分包括印象管理、竞赛软件工程、经验列表软件测试与分析、软件质量评价。

第六章，软件质量非线性度量，包括软件过程模糊度量公式组推导和凸凹灰迭代公式。第一部分有 ISO/IEC12207 模糊评价公式，CMM 模糊评价公式，ISO 9000 模糊评价公式，软件监理模糊评价公式；第二部分有迭代公式的推导，迭代公式的使用步骤设计。

关键词：软件质量 软件复杂性

Abstract

With development of complexity research and increase of software complexity, it is an inexorable trend how to use complexity theory to study the complexity of software quality. This monograph on software quality complexity tries to give the qualitative – quantitative analysis of chaotic phenomenon, fractal phenomenon, evolutionary characteristics and complicated nature of software defect, and design the macro – micro methods of software quality control by the way of chaotic theory, fractal theory, evolution, complexity theory, fuzzy and grey theory. There are six chapters in the book.

Chapter One, Introduction of Software Quality, consists of three parts, Issue Background and Research Importance, Quality History and Related Concepts, and Current Situation

of Internal and External Development. The first part includes Scientific Developing Conditions and Importance of Research. And the second includes History of Software Quality Concept and Related Concepts of Software Quality. And the third includes Current Situation of Software Quality Metrics, Current Situation of Software Process Management and Evaluation, and Current Situation of Software Quality Complexity.

Chapter Two, Chaotic Analysis and Quality Control of Software Defects, consists of two parts, Chaotic Analysis of Software Defect System and Chaotic Control of Software Defects. The first includes Chaotic Behaviors of Growing Process, Stretching - folding Transformation of Software Defect, and Chaotic Analysis of Software Defect Number. And the second includes Macro - Model of Chaotic Control, Accelerative Chaotic Model and Targeted Elimination Model.

Chapter Three, Fractal Analysis and Quality Control of Software Defects, consists of two parts, Fractal Analysis of Software Defect Growth and Numerical Estimation of Defect and Fractal Control. The first part includes Fractal phenomenon of Software, Fractal Growing Experiment of Software Defect, and Theoretic analysis of Fractal Growth of Software Defect. And the second includes Numerical Estimation formulas of Defect Branching, Fractal Lopping Method, and Fractal Company.

Chapter Four, Evolutional Analysis and Quality Control of Software Defects, consists of two parts, Evolution of Software Defect System and Evolutional Control of Software Defects. The first includes Evolution and Software, Software Ecological Environment,

Evolution of Software Defect System, and Taxonomy of Software Defect. And the second includes Software Biosphere and People's Impact, Liebig's Minimum Control, and Framework Design of Ecosystem of Preying on Software Defects.

Chapter Five, Complexity Analysis and Quality Control of Software Defects, consists of three parts, Complexity Analysis of Software Defect System, Macro - Control of Quality of Software Defect Complexity and Micro - Control of Quality of Software Defect Complexity. The first includes Complexity of Software Defect System, and Entropy and Dissipative Structure. And the second includes Dissipative Structure and Quality Management, Software Process Supervision, Soliton and Quality Management, and Clean - room Software Engineering. And the third includes Impression and Management, Emulative Software Engineering, List of Experiences, Software Testing and Analysis, and Software Quality Evaluation.

Chapter Six, Nonlinear Metrics and Quality Control of Software Process, consists of two parts, Fuzzy Formula Design of Software Process, and Grey Formula Design and application of Convex - concave Sequence. The first includes Fuzzy Evaluation Formulas of ISO/IEC12207, of CMM, of ISO 9000 and of Software Process Supervision. And the second part includes Grey Formula Design of Convex - concave Sequence and the illustration of the formulas.

Keywords: *Software - quality Software - Complexity*

目 录

第一章 软件质量概述..... (1)

1.1 问题的提出背景与研究意义 (1)

1.1.1 学科发展的历史背景 ... (1)

1.1.2 问题的提出及其研究意义 (8)

1.2 质量的发展历史与概念 (11)

1.2.1 软件质量概念的发展 ... (11)

1.2.2 软件质量相关的概念 ... (18)

1.3 国内外研究现状 (26)

1.3.1 软件质量度量发展现状 (26)

1.3.2 软件过程管理与评价 ... (30)

1.3.3 软件质量复杂性研究 ... (41)

第二章 软件缺陷系统的混沌分析与质 量控制..... (44)

2.1 软件缺陷系统混沌分析	(44)
2.1.1 增长过程的混沌	(45)
2.1.2 软件缺陷贝诺勒拉伸折叠变换	(49)
2.1.3 软件缺陷数混沌分析	(52)
2.2 软件缺陷混沌控制	(54)
2.2.1 混沌宏观控制模型	(54)
2.2.2 加速混沌模型	(61)
2.2.3 定点清除模型	(65)
 第三章 软件缺陷的分形分析与质量控制	(69)
3.1 软件缺陷的分形生长分析	(69)
3.1.1 软件分形现象	(69)
3.1.2 软件缺陷分形生长实验	(77)
3.1.3 软件缺陷分形生长理论分析	(81)
3.2 软件缺陷数分形估计与分形控制	(88)
3.2.1 组合分叉缺陷数估计公式	(88)
3.2.2 分形剪枝方法	(91)
3.2.3 分形公司	(95)
 第四章 软件缺陷进化分析与质量控制	(102)
4.1 软件缺陷系统进化	(102)
4.1.1 进化论与软件	(102)
4.1.2 软件生态系统	(108)
4.1.3 软件缺陷系统进化	(116)
4.1.4 软件缺陷的分类	(123)
4.2 软件缺陷进化控制	(133)
4.2.1 软件生物圈与人的影响	(133)