

湖南师范大学商学院经济管理理论丛

个人信用评分  
组合模型研究与应用

向晖著

GEREN

XINYONG PINGFEN ZUHE MOXING

YANJIU YU YINGYONG



经济科学出版社  
Economic Science Press

013042015

F830. 589

07

湖南师范大学商学院经济管理理论丛

个人信用评分  
组合模型研究与应用

向晖\著

GEREN

XINYONG PINGFEN ZUHE MOXING

YANJIU YU YINGYONG



F830.589

07



经济科学出版社  
Economic Science Press



北航

C1651018

个人信用评分  
组合模型研究与应用

010019010

## 图书在版编目 (CIP) 数据

个人信用评分组合模型研究与应用 / 向晖著. —北京: 经济科学出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 5141 - 2863 - 5

I. ①个… II. ①向… III. ①消费贷款 - 研究  
IV. ①F830. 589

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 314059 号

责任编辑: 王东岗

责任校对: 刘 昕

版式设计: 代小卫

技术编辑: 邱 天

### 个人信用评分组合模型研究与应用

向 晖 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcs. tmall. com](http://jjkxcs.tmall.com)

北京中科印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

880 × 1230 32 开 6 印张 200000 字

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 2863 - 5 定价: 15.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

# 总 序

湖南师范大学经济与管理学科源远流长。1938年设立的公民训育学系就已经开设经济学、中国经济组织、国际政治经济、近代外国经济史等四门课程。新中国成立后，学校先后于1953年和1960年成立了政治经济学教研组与教研室。1992年，著名经济学家、中国消费经济学的主要创始人之一尹世杰教授调入湖南师范大学工作，我校经济管理学科步入快速发展时期，他亲自创办的《消费经济》杂志也落户我校。1997年，我校成立经济与管理学院，2003年经济与管理学院更名为商学院。

目前，我校已开设经济学、金融学、国际经济与贸易、市场营销、人力资源管理、工商管理、会计学、电子商务、旅游管理、酒店管理、文化产业管理等10多个经济管理类本科专业，拥有产业经济学、政治经济学、西方经济学、人口、资源与环境经济学、区域经济学、企业管理、会计学、旅游管理、工商管理（MBA）、民商法学、经济法学等20余个经济管理类专业或相关专业硕士点；统计学一级学科博士点具有经济学博士学位授予权和博士后流动站，形成了博士后、博士、硕士、学士四级人才培养体系。改革开放以来，我校先后培养了包括陈东琪、魏后凯、杨开忠、梁琦、谭跃进、马超群等一大批活跃在经济与管理学界的著名中青年学者。

湖南师范大学商学院一直秉承“仁爱精勤”的校训精神，鼓励和支持教师在教书育人的同时，积极从事科学研究，通过科学研究提升教学水平，并把服务社会作为自己的重要使命。学院已在消费经济学与消费者行为理论、马克思主义经济学、产业组织理论与企业理论、风险管理和保险理论、开放经济与空间经济学、人力资源

管理、会计与审计、金融理论、教育经济与管理等领域组建了精干的学术梯队，形成了较为稳定的研究方向。“十二五”以来，学院教师先后成功申报国家社会科学基金重大项目、国家自然科学基金项目等国家级课题多项，在 SSCI、SCI、《经济研究》等国内外重要学术期刊发表论文数十篇。

在经济科学出版社的大力支持下，《湖南师范大学商学院经济管理理论丛》将陆续与广大读者见面，希望社会各界不吝赐教。

湖南师范大学商学院院长 刘子兰

2012 年 12 月

# 前 言

个人信用不仅是国家建设道德文化和市场伦理的基础，还是一个推动国家经济发展的巨大资源。充分开发和利用个人信用资源，能够有效地优化资源配置、拉动消费并最终促进经济发展。一些西方国家早在一百多年前就建立了个人信用制度，为其市场经济的正常运行打下了坚实基础。而在我国，个人信用制度的建立在 2000 年才开始起步，研究和应用水平远远落后于发达国家。个人信用评分是个人信用制度的核心，科学地对个人信用状况进行评估有助于促进个人信贷业务的发展，降低消费信贷风险。

本书在分析国内外个人信用评分发展历史及其方法应用现状的基础上，指出目前个人信用评分是一个集缺失数据填补、异常值检测和处理、连续数据离散化、样本结构优化、指标体系选择、模型设计、评价和应用为一体的评估系统。针对缺失数据问题，将多种填补方法的应用效果进行了比较。得出数据缺失率在 10% 以内时采用删除法是最佳选择，在 20% ~ 40% 之间时多重填补是最有效的处理方法。对异常值和异常实例的检测及处理进行了分析，提出了异常实例检测的组合方法，结果表明异常值的处理有助于提高个人信用评分模型的分类精度。采用等距区间、等频区间以及基于熵的方法对连续属性进行了离散化，结果表明离散化能够减小异常值对个人信用评分模型的影响、提高评分模型的预测精度，有利于个人隐私的保护。在数据层面和算法层面对信用数据中的结构不平衡问题进行了研究，实验结果表明两个层面上的处理方法都能有效地提高对坏客户的识别正确率。其中基于最近邻的 SMOTE 过抽样方法简单易行，在处理不平衡数据问题时有最好的应用效果。在对各

种指标重要程度排序方法进行比较的基础上,提出采用组合方法能够综合考虑各种排序信息,获得更为稳健的指标重要性排序结果。测试了机器学习中的最优特征子集选择方法在个人信用评分指标体系构建中的应用效果,为构建个人信用评分指标体系提供了新的思路。

对五种最常见的个人信用评分单一模型进行了应用和比较,实验结果表明: Logistic 回归对数据没有严格假设条件、稳健性好、可解释性强、建模过程简单易操作,但分类精度略低于人工智能模型。C4.5 决策树模型对数据没有严格假设条件、模型分类精度较高、可解释性较强,能输出简单直观的评分规则,但缺点是模型稳健性不够,容易出现过拟合,且建模过程比较依赖专家知识和经验。贝叶斯网络的稳定性好、可解释性较强,能输出网络图,直观地揭示属性和违约概率之间的关系、建模过程简单易行,但主要缺点是模型分类精度较低。BP 神经网络对数据没有假设条件、分类精度高,能模拟数据间复杂的非线性关系,但缺乏稳健性和可解释性,而且建模过程严重依赖专家知识和经验。支持向量机对数据也没有假设条件、分类精度高。但缺点是缺乏可解释性和稳定性,建模过程依赖专家知识和经验。总之,目前存在的多种个人信用评分统计模型和非统计模型都各有特点,没有一种能够达到分类精度和稳健性的统一。

针对精确度与稳健性无法兼顾问题,本书利用组合思想构建了多种结构的组合模型并进行了应用。实验结果表明,把神经网络或支持向量机和 Logistic 回归按照串行结构结合在一起构成组合模型有助于提高信用评分的分类精度和稳健性。但由于多重共线性的存在,使模型丢失了可解释性。异态并行结构组合模型能显著提高分类精度和稳健性,但是模型构造复杂,依赖于专家知识和经验,不利于推广应用。Bagging、Boosting 集成模型在分类精度和稳健性上也都有很好的表现,而且构造相对简单,较少依赖专家知识和经验,有利于在个人信用评分领域的推广。Rsm 集成模型能在高维度

的数据集上取得了和 Bagging、Boosting 集成模型相当的分类性能，但不适合处理特征变量过少的个人信用评分问题。基于聚类的 Bagging 集成个人信用评分模型的应用结果表明，先将样本进行聚类，然后再在各个类上构建基分类器能够有效的增加基分类器间的差异性，并能提升组合模型的分类精度，但其前提是合理地选择聚类水平，且这种方法不适合处理数据量小的个人信用评分问题。基于聚类的选择集成模型的应用结果表明，通过聚类来增加基分类器的差异性的方法是有效的。但聚类选择仅能提升 Bagging 集成模型的分类精度，对 Boosting 算法影响不大。

作者

2012 年 11 月



# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 目 录                 | 1  |
| 图索引                 | 5  |
| 表索引                 | 6  |
| <br>                |    |
| 第 1 章 绪论            | 1  |
| 1.1 选题背景及研究意义       | 1  |
| 1.2 国内外研究现状及文献综述    | 4  |
| 1.2.1 申请评分          | 4  |
| 1.2.2 行为评分          | 11 |
| 1.2.3 利润评分          | 13 |
| 1.3 技术路线与内容结构       | 16 |
| 1.3.1 技术路线          | 16 |
| 1.3.2 内容结构          | 18 |
| 1.4 研究方法和主要创新点      | 19 |
| <br>                |    |
| 第 2 章 个人信用评分的相关理论研究 | 22 |
| 2.1 个人信用评分的界定       | 22 |
| 2.1.1 信用的含义         | 22 |
| 2.1.2 个人信用          | 23 |

|            |                      |           |
|------------|----------------------|-----------|
| 2.1.3      | 个人信用评分               | 24        |
| 2.1.4      | 个人信用评分体系             | 25        |
| 2.2        | 个人信用评分的经济学分析         | 26        |
| 2.2.1      | 个人信用评分与逆向选择          | 28        |
| 2.2.2      | 个人信用评分与道德风险          | 29        |
| 2.3        | 个人信用评分的一般过程          | 30        |
| 2.3.1      | 问题定义                 | 32        |
| 2.3.2      | 数据采集和预处理             | 33        |
| 2.3.3      | 个人信用评分模型的建立          | 34        |
| 2.3.4      | 个人信用评分模型的检验          | 39        |
| 2.4        | 个人信用评分的应用与拓展         | 42        |
| 2.4.1      | 个人信用评分的应用            | 42        |
| 2.4.2      | 个人信用评分应用的拓展          | 44        |
| <b>第3章</b> | <b>个人信用评分中的数据预处理</b> | <b>47</b> |
| 3.1        | 个人信用数据的内容和表述         | 47        |
| 3.1.1      | 个人信用数据的主要内容          | 47        |
| 3.1.2      | 本书使用个人信用数据的描述        | 49        |
| 3.1.3      | 个人信用数据的表述            | 51        |
| 3.2        | 个人信用数据中的缺失值处理        | 53        |
| 3.2.1      | 对缺失值的单值填补和多重填补       | 54        |
| 3.2.2      | 数值实验                 | 55        |
| 3.3        | 个人信用数据中异常值的检测和处理     | 58        |
| 3.3.1      | 单个属性异常值的检测和处理        | 59        |
| 3.3.2      | 异常实例的检测和处理           | 61        |
| 3.3.3      | 数值实验                 | 62        |
| 3.4        | 个人信用数据的离散化           | 65        |
| 3.4.1      | 等距和等频区间离散化方法         | 66        |
| 3.4.2      | 基于熵的离散化方法            | 67        |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 3.4.3 数值实验                  | 68        |
| 3.5 个人信用数据中的不平衡数据问题研究       | 71        |
| 3.5.1 数据层面的解决方法             | 72        |
| 3.5.2 算法层面的解决方法             | 74        |
| 3.5.3 数值实验                  | 76        |
| <b>第4章 个人信用评分的指标体系研究</b>    | <b>78</b> |
| 4.1 个人信用评分指标体系构建原则          | 80        |
| 4.2 影响个人信用的因素分析             | 81        |
| 4.3 基于重要性排序的个人信用评分指标选择      | 84        |
| 4.3.1 $\chi^2$ 统计量          | 85        |
| 4.3.2 信息增益                  | 85        |
| 4.3.3 信息增益率                 | 86        |
| 4.3.4 Relief F 方法           | 86        |
| 4.3.5 BP 神经网络连接权值           | 87        |
| 4.3.6 组合方法                  | 88        |
| 4.4 基于最优特征子集的个人信用评分指标选择     | 90        |
| 4.4.1 基于相关性的特征子集选择方法        | 90        |
| 4.4.2 基于一致性的特征子集选择方法        | 91        |
| 4.4.3 包裹法                   | 92        |
| 4.4.4 数值实验                  | 92        |
| 4.5 完善个体工商户信用评分指标体系的政策建议    | 97        |
| <b>第5章 个人信用评分单一模型的应用与比较</b> | <b>99</b> |
| 5.1 个人信用评分的统计模型             | 100       |
| 5.1.1 Logistic 回归模型的原理及应用   | 100       |
| 5.1.2 决策树模型的原理及应用           | 106       |
| 5.1.3 贝叶斯网络模型的原理及应用         | 111       |
| 5.2 个人信用评分的非统计模型            | 114       |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 5.2.1      | 神经网络模型的原理及应用 .....                      | 114        |
| 5.2.2      | 支持向量机模型的原理及应用 .....                     | 119        |
| 5.3        | 个人信用评分单一模型的性能比较 .....                   | 122        |
| <b>第6章</b> | <b>个人信用评分组合模型构建与应用</b> .....            | <b>125</b> |
| 6.1        | 组合模型概述 .....                            | 126        |
| 6.1.1      | 组合模型的原理 .....                           | 126        |
| 6.1.2      | 组合模型的结构 .....                           | 127        |
| 6.1.3      | 单一模型的选择 .....                           | 128        |
| 6.1.4      | 单一模型的合成 .....                           | 130        |
| 6.2        | 串行结构的个人信用评分组合模型 .....                   | 132        |
| 6.2.1      | 串行结构的个人信用评分组合模型原理 .....                 | 132        |
| 6.2.2      | 数值实验 .....                              | 133        |
| 6.3        | 异态并行结构的个人信用评分组合模型 .....                 | 136        |
| 6.3.1      | 异态并行结构的个人信用评分组合模型原理 .....               | 137        |
| 6.3.2      | 数值实验 .....                              | 138        |
| 6.4        | 同态并行结构的个人信用评分组合模型 .....                 | 141        |
| 6.4.1      | Bagging、Boosting 和 Rsm 集成个人信用评分模型 ..... | 141        |
| 6.4.2      | 基于聚类的 Bagging 集成个人信用评分模型 .....          | 148        |
| 6.4.3      | 基于聚类的选择集成个人信用评分模型 .....                 | 152        |
| 结 论        | .....                                   | 157        |
| 参考文献       | .....                                   | 160        |
| 后 记        | .....                                   | 172        |

## 图索引

|       |                                |     |
|-------|--------------------------------|-----|
| 图 1.1 | 技术路线 .....                     | 17  |
| 图 2.1 | 信用评级后的信贷交易 .....               | 27  |
| 图 2.2 | 个人信用评级的一般过程 .....              | 31  |
| 图 2.3 | 违约客户和非违约客户的评分概率分布 .....        | 35  |
| 图 2.4 | 决策树模型的例子 .....                 | 37  |
| 图 2.5 | ROC 曲线 .....                   | 41  |
| 图 3.1 | 多重填补的分析过程 .....                | 55  |
| 图 4.1 | 基于指标重要性排序的个人信用指标选择方法 .....     | 85  |
| 图 4.2 | 基于组合方法的个人信用评级指标重要性排序 .....     | 89  |
| 图 5.1 | C4.5 决策树生成的分类规则 .....          | 109 |
| 图 5.2 | 树增强朴素贝叶斯网络 .....               | 113 |
| 图 5.3 | 三层 BP 神经网络结构 .....             | 115 |
| 图 5.4 | 最优分类面 .....                    | 119 |
| 图 6.1 | 串行结构组合模型 .....                 | 127 |
| 图 6.2 | 并行结构组合模型 .....                 | 128 |
| 图 6.3 | 串行结构的个人信用评级组合模型结构 .....        | 133 |
| 图 6.4 | 异态并行结构的信用评级组合模型结构 .....        | 138 |
| 图 6.5 | 基于聚类的 Bagging 集成个人信用评级模型 ..... | 149 |
| 图 6.6 | 基于聚类的选择集成个人信用评级模型 .....        | 153 |

## 表索引

|        |                                      |     |
|--------|--------------------------------------|-----|
| 表 2.1  | 分类混淆矩阵 .....                         | 40  |
| 表 3.1  | 中国个人信用数据库中的特征变量说明 .....              | 50  |
| 表 3.2  | 参与填补的属性 .....                        | 56  |
| 表 3.3  | 不同缺失比率下的 Logistic 回归参数估计值及预测精度 ..... | 57  |
| 表 3.4  | 中国和德国个人信用数据集中单一属性异常值的检测 .....        | 63  |
| 表 3.5  | 中国和德国个人信用数据集中异常实例的检测及处理 .....        | 63  |
| 表 3.6  | 异常值处理前后个人信用评分模型分类精度变化情况 .....        | 65  |
| 表 3.7  | 基于熵和 MDLP 准则的离散化结果 .....             | 69  |
| 表 3.8  | 三种离散化方法对 Logistic 回归模型分类精度的影响 .....  | 69  |
| 表 3.9  | 误分代价矩阵 .....                         | 74  |
| 表 3.10 | 多种方法处理不平衡数据问题的 F 得分 .....            | 76  |
| 表 4.1  | 国内外部分学者采用的个人信用评分指标体系 .....           | 79  |
| 表 4.2  | 国内部分商业银行采用的个人信用评分指标体系 .....          | 80  |
| 表 4.3  | 中国信用数据库指标重要程度排序 .....                | 93  |
| 表 4.4  | 德国信用数据库指标重要程度排序 .....                | 94  |
| 表 4.5  | 特征子集及支持向量机模型 AUC 值 .....             | 95  |
| 表 5.1  | Logistic 回归参数估计结果 .....              | 104 |
| 表 5.2  | Logistic 模型拟合优度 .....                | 105 |
| 表 5.3  | 十折交叉验证中 Logistic 回归模型的平均分类精度 .....   | 105 |
| 表 5.4  | 十折交叉验证中 C4.5 模型的平均分类精度 .....         | 110 |
| 表 5.5  | 十折交叉验证中树增强朴素贝叶斯网络模型的<br>平均分类精度 ..... | 114 |
| 表 5.6  | 十折交叉验证中 BP 神经网络模型的平均分类精度 .....       | 118 |
| 表 5.7  | 十折交叉验证中支持向量机模型的平均分类精度 .....          | 121 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 表 5.8  | 五种模型的分类结果汇总 .....                              | 122 |
| 表 6.1  | 串行结构组合信用评分模型的分类精度和稳健性 .....                    | 133 |
| 表 6.2  | 加入 BP 神经网络输出值后 Logistic 回归参数估计<br>结果 .....     | 135 |
| 表 6.3  | 参数或结构调整前后的七个基分类器的 Q 统计量 .....                  | 140 |
| 表 6.4  | 基于多分类器组合的个人信用评分模型性能 .....                      | 141 |
| 表 6.5  | Bagging、Boosting 和 Rsm 集成个人信用评分<br>模型的性能 ..... | 145 |
| 表 6.6  | 多个模型的预测精度与 Bagging 集成基分类器的<br>平均差异性 .....      | 149 |
| 表 6.7  | 基于聚类的 Bagging 集成模型的分类精度及<br>平均差异性 .....        | 150 |
| 表 6.8  | 不同集成规模下的集成模型的平均分类精度和<br>平均差异性 .....            | 154 |
| 表 6.9  | Clustering-Bagging 的分类精度和平均差异性 .....           | 155 |
| 表 6.10 | Clustering-Boosting 的分类精度和平均差异性 .....          | 155 |

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1

---

#### 选题背景及研究意义

近年来，消费信贷作为一种拉动经济增长的重要手段在我国得到了迅速发展，住房信贷、汽车信贷、信用卡、助学信贷等业务规模不断扩大。各商业银行也纷纷视消费信贷业务为新的利润增长点，并将其纳入企业的长期发展战略。从总体上看，我国消费信贷目前呈现出良好的发展态势，但也存在几个主要问题。第一，由于我国尚未建立完善的个人信用记录，商业银行缺乏对贷款申请人信用进行调查和评估的有效手段，日益增长的信贷规模给商业银行带来了巨大的信贷风险并已经造成了大量的信贷资产损失。2010年11月，著名咨询机构费埃哲发布的银行风险管控季度报告提醒中国银行业，注意应对可能出现的消费信贷激增所带来的风险。第二，商业银行为了控制信用风险，不得不采取严格的信贷审核程序。这样不仅导致贷款手续过于繁杂，还涉及银行之外的如房产、保险、公证等诸多部门，增加了消费信贷的交易成本，阻碍了消费信贷的正常发展。为了解决上述问题，建立一个完善的个人信用体



系是关键，而个人信用评分是个人信用评分体系的核心技术环节。

个人信用评分是指使用某种数量分析方法，综合考虑影响个人（及其家庭）信用的主客观环境，对其履行各种经济承诺的能力进行全面的判断和评估，并以一定的数值表明其信用状况。个人信用评分为信贷机构提供了一种科学和客观的信贷决策手段。如果在对贷款申请人进行资格审核时由数学模型自动完成信用风险评估，有助于消除信贷客户经理的主观因素干扰，做出更加客观的信贷决策。此外，在计算机上运行个人信用评分模型能够简化贷款手续，加快信贷决策速度，降低消费信贷的交易成本。根据西方发达国家的情况，个人信用评分能够将信用卡审批时间减少至几分钟，甚至几秒钟。大部分抵押贷款可以在 48 小时之内得到批复。美国消费银行协会的资料显示，如果不使用个人信用评分，小额消费信贷的审批平均时间为 12 小时，而使用个人信用评分自动处理程序后，时间可缩短至 15 分钟。60% 的汽车贷款的审批能在一小时内完成。

大卫·杜兰德（David Durand，1941）最早将信用评分技术运用于区分贷款好坏。在以后的 70 年里，个人信用评分在国内外得到了越来越多的关注，并取得了丰富的研究成果。但从目前国内外相关文献来看，还存在以下几个问题。第一，研究者们发现，目前已有的多个信用评分单一模型各有优劣，但没有一种能够达到预测精度、稳定性和可解释性的完美统一。如，统计模型中的 Logistic 回归，它无需假定特征变量的概率分布，也不要求等协方差性，模型具有较好的解释性和稳定性，但其分类精度与人工智能方法相比仍有差距。人工智能方法中的神经网络技术是一种对数据分布无任何要求的非线性技术，它的优点是分类精度高，但其缺陷在于其不具有可解释性，另外在面对信用数据的变化时显得不够稳健。第二，学者们发现，个人信用评分单一模型的创新越来越难。自 2004 年支持向量机方法被应用于信用评分以来，至今还未出现过全新的信用评分建模方法。而且目前已有的各种单一模型的设计都已趋于成熟和完善，改进空间越来越小。