

国外实用金融统计丛书

WILEY

*Financial Risk Modelling and Portfolio
Optimization with R*

(翻译版)

金融风险建模及投资组合优化 ——使用R语言

[德] 伯恩哈德·拜福 (Bernhard Pfaff) 著
邓一硕 郑志勇 郑欣 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国外实用金融统计丛书

金融风险建模及投资组合优化 ——使用 R 语言 (翻译版)

**Financial Risk Modelling and Portfolio
Optimization with R**

[德] 伯恩哈德·拜福 (Bernhard Pfaff) 著
邓一硕 郑志勇 郑欣 等译



机械工业出版社

本书主要内容包括:

- 介绍了最前沿的金融风险建模技术、投资组合优化的实用方法以及最新的研究进展。
- 介绍了金融风险的典型特征、损失函数、风险测量方法、条件风险建模和无条件风险建模、极值理论、广义双曲线分布、波动率建模以及刻画分布独立性的相关概念。
- 探讨了投资组合相关的风险概念以及带风险约束的投资组合优化技术。
- 附有完整的 R 软件代码, 便于读者重现书中的分析结果。
- 本书有一个支持网站, 该网站提供了一系列相关代码和案例。

本书适合金融学、经济学和风险管理专业的研究生以及金融从业者、投资组合管理从业者阅读, 也可以作为上述各专业学生的计算机实验课程教材, 同时也适合自学。

Copyright © 2006 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Financial Risk Modelling and Portfolio Optimization with R ISBN 9780470978702, by Bernhard Pfaff, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由 Wiley 独家授权机械工业出版社出版。未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有, 翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2013-5542 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

金融风险建模及投资组合优化: 使用 R 语言: 翻译版 / (德) 伯恩哈德·拜福 (Bernhard Pfaff) 著; 邓一硕等译. — 北京: 机械工业出版社, 2018. 1

(国外实用金融统计丛书)

书名原文: Financial Risk Modelling and Portfolio Optimization with R

ISBN 978-7-111-58999-0

I. ①金… II. ①伯… ②邓… III. ①程序语言—程序设计—应用—金融风险—风险管理—数学模型 IV. ①F830. 9-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 014440 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 常爱艳 韩效杰

责任编辑: 常爱艳 韩效杰 付鑫宇 汤 嘉

责任校对: 刘 岚 封面设计: 路恩中

责任印制: 孙 炜

天津千鹤文化传播有限公司印刷

2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 19.75 印张 · 400 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58999-0

定价: 78.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

译者的话

如果说世界上真的有什么东西是不朽的，思想一定是其中之一。在历史的长河中，多少巍峨的宫殿庙宇已颓败为废墟，但先哲的优秀思想却穿越千年流传至今。我们再也看不到鹿台和阿房宫，但依然可以诵读《论语》和《老子》。因为金石可镂，思想不朽。

书籍在思想的流传过程中功不可没。因为有了书籍，全世界各地的人们才可以便捷地分享彼此的知识和智慧，可以更方便地去探寻前所未知的世界。在互联网诞生之前，书籍是促进人类进步的有力工具，所有的人都可以通过它获得自己想要的知识。我乐于翻译书籍，正是出于将国外的优秀著作介绍给国内读者这一考量。

量化投资是现在很热门的词语之一，其作为一类投资方法，在欧美已经被实践很多年。量化作为一种理念更是早已贯穿于整个投资过程，包括投资策略开发、风险度量以及投资组合管理等。但国内对量化投资的探索还处于初期阶段，关于量化投资方面的优秀书籍也不多见。

两年前，一次偶然的机会读到了这本《Financial Risk Modelling and Portfolio Optimization with R》，一见倾心。本书分三部分，第1部分主要介绍了R语言、风险度量和现代投资组合理论的基础知识；第2部分详细介绍了金融风险建模的主要方法，包括刻画收益率分布、极值理论、广义自回归条件异方差模型等波动率模型；第3部分主要介绍了投资组合理论及其在R语言中的实现，在投资组合理论方面突破了经典的马柯维茨投资组合理论，介绍了受风险指标约束的投资组合优化等方法。

全书理论知识丰富、案例较多、同时包含R语言代码，非常适合有志于从事量化投资的读者学习。译者读罢收益良多，遂萌生翻译此书的念头。当时在统计之都 (<http://cos.name>) 论坛上发了一个帖子，想召集同好一起翻译，很快便有很多人响应，于是便热火朝天地翻译起来。

原本打算将本书的翻译工作作为众包项目来完成，开始众包未遂，后期误打误撞却成了众包项目。本书最初的译者包括我、郑志勇和郑欣；后来加入的译者包括陈堰平、边士迦、任万凤、张烨、陈庄也和刘辰昂。参与校对的有任万凤、苏建冲、郑欣、王晓伟、胡迪、石岚等，其中任万凤校对章数最多。此外，肖凯拨冗校对了第4章，韩剑雷博士补译了第10.5.1节。最后由我对全书做了简单的总校对。本书翻译虽历时经年，然由于译者或处于负笈海外求学之紧要关口，或处于职业转变之阶段，花在译校上的时间低于原先的预想，实在惭愧！同时，由于译者能力有

限，错漏之处难免，一切错漏理应由译者负责，恳请读者们包涵！如发现译文不妥之处，望不吝赐教！

最后，感谢出版社韩效杰先生，若没有他洽谈本书版权事宜，本书的翻译工作也就无从谈起；感谢出版社常爱艳编辑，感谢她的耐心，她尽最大努力给译者们更多时间来完善稿件。

邓一硕

前言

写作本书的计划始于 2010 年。当时，金融市场正处于危机之中，金融系统的运作困难重重。彼时的金融市场上仍残留美国房地产危机的影响，一些欧洲国家的主权债务危机也初现端倪。各大央行纷纷采取措施向市场注入流动性以避免银行间的市场发生崩溃。在此期间有大量的金融书籍出版，但投资者在市场上依然蒙受着巨大的损失，与此同时，采用量化方法管理的基金业绩表现糟糕，投资者开始怀疑量化方法的适用性，不相信量化投资方法能帮助他们免受过往曾遭受过的严重损失，保护好他们的财富。

在随后的两年这种现象并未改变，但关于量化技术是否存在局限性的争论已经停止，金融风险建模与资产合理配置重新恢复了往日的重要性。由于有 20 世纪 90 年代末金融危机的经验，量化技术重新得到了重视。

本书的内容主要针对上文中提到的金融风险建模和投资组合优化两个主题，旨在帮助读者掌握市场风险模型与投资组合优化技术。我们将借助可免费获取的统计计算软件 R 软件来编程演示新近提出的量化投资技术。

如果没有像 R 这样的软件，以及众多 R 程序包开发者对 R 软件的贡献，笔者将难以完成本书的编程部分。因此，我要向 R 语言核心团队以及本书引用或使用的程序包的贡献者表达诚挚的谢意。此外，我想对那些没有提及的贡献者表达歉意，不要因为我的疏漏而忽略他们的存在。

此外，还要感谢 John Wiley & Sons 公司，为我提供了编写这本书的机会，尤其是 Ilaria Meliconi 在第一时间启动本书的编写计划，还要感谢 Heather Kay 与 Richard Davies 细致的编辑工作。特别感谢 Richard Leigh 严谨细致的文字编辑工作。

自然，书中的任何错误和遗漏完全是我的责任。最后，我还要感谢我的爱妻 Antonia，在我编写本书期间很多时候无法陪伴她，她的支持与理解是本书出版的重要基石。

本书附随一个网站，请访问 www.wiley.com/go/financial_risk。

伯恩哈德·拜福

缩略语表

2OLS	Two-stage ordinary least-squares 二阶最小二乘
3OLS	Three-stage ordinary least-squares 三阶最小二乘
ACF	Autocorrelation function 自相关函数
ADF	Augmented Dickey – Fuller 增广迪基 – 福勒检验
AMPL	A modelling language for mathematical programming 数学规划的建模语言
ANSI	American National Standards Institute 美国国家标准学会
AP	Active premium 活跃溢价
APARCH	Asymmetric power ARCH 非对称幂自回归条件异方差模型
API	Application programming interface 应用编程界面
ARCH	Autoregressive conditional heteroscedasticity 自回归条件异方差模型
AvDD	Average draw-down 平均回撤
BL	Black – Litterman 布莱克 – 里特曼模型
BP	Break point 断点
CDaR	Conditional draw-down at risk 条件风险回撤
CLI	Command line interface 命令行界面
CLT	Central limit theorem 中心极限定理
COM	Component object model 组件对象模型
COP	Copula opinion pooling 连接函数观点池
CPPI	Constant proportion portfolio insurance 恒定组合保险策略
CRAN	Comprehensive R Archive Network 全面的 R 归档网络
CVaR	Conditional value at risk 条件风险价值
DBMS	Data Base Management System 数据库管理系统
DD	Draw-down 回撤
DE	Differential evolution 差分进化
DR	Diversification ratio 分散比例
EDA	Exploratory data analysis 探索性数据分析
EGARCH	Exponential GARCH 指数的广义回归条件异方差模型
EM	Expectation maximization 期望最大化
EMA	Exponentially weighted mean 指数加权平均
EP	Entropy pooling 熵池

ERS	Elliott – Rothenberg – Stock 艾略特 – 罗滕伯格 – 斯托克检验
ES	Expected shortfall 期望跌幅
EVT	Extreme value theory 极值理论
FIML	Full-information maximum likelihood 全信息最大似然估计
GARCH	Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity 广义自回归条件异方差模型
GEV	Generalized extreme value 广义极值
GHD	Generalized hyperbolic distribution 广义双曲线分布
GIG	Generalized inverse Gaussian 广义逆高斯
GLD	Generalized lambda distribution 广义 lambda 分布
GLPK	GNU Linear Programming Kit GNU 线性编程工具包
GMPL	GNU MathProg modelling language GNU 数学规划建模语言
GMV	Global minimum variance 全局最小方差
GoF	Goodness of fit 拟合优度
GOGARCH	Generalized orthogonal GARCH 广义正交自回归条件异方差模型
GPD	Generalized Pareto distribution 广义帕累托分布
GUI	Graphical user interface 图形用户界面
HYP	Hyperbolic 双曲线的
IDE	Integrated development environment 集成开发环境
i. i. d.	independent and identically distributed 独立同分布
IR	Information ratio 信息比例
JDBC	Java-based Data Access Technology 基于 Java 的数据访问技术
LP	Linear program 线性规划
MaxDD	Maximum draw-down 最大回撤
MCD	Minimum covariance determinant 最小协方差行列式
MCMC	Markov chain Monte Carlo 马尔可夫链蒙特卡罗
MDA	Maximum domain of attraction 最大吸收域
mES	Modified expected shortfall 修正预期跌幅
MILP	Mixed Integer Linear Program 混合整数线性规划
ML	Maximum likelihood 最大似然
MLE	Maximum likelihood estimation 最大似然估计
MPS	Mathematical Programming System 数学规划系统
MRL	Mean residual life 平均剩余寿命
MSEM	Multiple-structural equation model 多元结构方程模型
mVaR	Modified value at risk 修正风险价值
MVE	Minimum volume ellipsoid 最小体积椭球

NIG	Normal inverse Gaussian 标准逆高斯分布
NN	Nearest neighbour 最近邻域
OBPI	Option-based portfolio insurance 基于期权的投资组合保险策略
ODBC	Open Data Base Connectivity 开放数据库连接
OGK	Orthogonalized Gnanadesikan - Kettenring 正交化格纳纳德西肯 - 凯特琳估计
PACF	Partial autocorrelation function 偏自相关函数
POT	Peaks over threshold 峰值过阈值法
PWM	Probability weighted moments 概率加权矩
QMLE	Quasi-maximum likelihood estimation 拟最大似然估计
RDBMS	Relational Data Base Management System 关系型数据库管理系统
RE	Relative efficiency 相对效率
RNG	Random number generator 随机数生成器
RPC	Remote procedure call 远程过程调用
RS	Ramberg - Schmeiser Ramberg - Schmeiser 兰贝格 - 施迈泽分布函数
SDE	Stahel - Donoho estimator Stahel - Donoho 估计
SMA	Simple moving average 简单移动平均线
SMEM	Structural multiple equation model 多重结构方程模型
SPI	Swiss Performance Index 瑞士市场行情指数
SVAR	Structural vector-autoregressive model 结构向量自回归模型
SVEC	Structural vector-error-correction model 结构向量误差修正模型
TAA	Tactical asset allocation 战术资产配置
TDC	Tail dependence coefficient 尾部相关系数
TE	Tracking error 跟踪误差
VAR	Vector autoregressive model 向量自回归模型
VaR	Value at risk 风险价值
VECM	Vector error correction model 向量误差修正模型
WMA	Weighted moving average 加权移动平均
XML	Extended Mark-up Language 扩展标记语言

除非另有说明，下面的符号、符号和变量按下述规则使用：

符号：

Bold lower case (黑体小写): $\mathbf{y}, \alpha$	Vectors (向量)
Upper case (大写): Y, Σ	Matrices (矩阵)
Greek letters (希腊字母): α, β, γ	Scalars (标量)
Greek letters with $\hat{\cdot}$ or $\sim$ (带有 $\hat{\cdot}$ 或 $\sim$ 的希腊字母)	Sample values (estimates or estimators) [样本值 (估计或估计值)]

符号和变量:

$ \cdot $	Absolute value of an expression (表达式的绝对值)
$\sim$	Distributed according to (根据分布)
$\otimes$	Kronecker product of two matrices (两个矩阵的克罗内克积)
arg max	Maximum value of an argument (使函数取得最大值时所对应的自变量)
arg min	Minimum value of an argument (使函数取得最小值时所对应的自变量)
$\perp$	Complement of a matrix (矩阵的补)
$\mathcal{C}, c$	Copula (Copula)
Cor	Correlation (s) of an expression (表达式的相关性)
Cov	Variance – covariance of an expression (表达式的协方差矩阵)
$\mathbb{D}$	Draw – down (回撤)
det	Determinant of a matrix (矩阵行列式)
E	Expectation operator (期望运算)
$\mathcal{I}$	Information set (信息集)
$I(d)$	Integrated of order d (d 阶协整)
L	Lag operator (Lag 运算)
$\mathcal{Q}$	(Log)-likelihood function ((Log) – 似然函数)
μ	Expected value (期望值)
$\mathcal{N}$	Normal distribution (正态分布)
ω	Weight vector (权重向量)
P	Portfolio problem specification (投资组合规范)
P	Probability expression (概率表达式)
$\mathbb{R}$	Set of real numbers (实数集)
Σ	Variance – covariance matrix (方差—协方差矩阵)
σ	Standard deviation (标准差)
σ^2	Variance (方差)
$\mathcal{U}$	Uncertainty set (不确定集合)
Var	Variance of an expression (表达式方差)

目录

译者的话	
前言	
缩略语表	

第1部分 著述初衷

第1章 简介	3
参考文献	5
第2章 R语言简介	6
2.1 R语言的起源与发展	6
2.2 获取帮助	7
2.3 R语言应用	10
2.4 类、方法与函数	11
2.5 本书自带的教学包：FRAPO包	19
参考文献	24
第3章 金融市场数据	25
3.1 金融市场收益率的统计特征	25
3.1.1 单变量时间序列的统计特征	25
3.1.2 多变量时间序列的统计特征	27
3.2 关于风险模型的影响	30
参考文献	30
第4章 风险度量	31
4.1 本章简介	31
4.2 风险度量概述	31
4.3 投资组合相关的风险概念	35
参考文献	37
第5章 现代投资组合理论	38
5.1 本章简介	38
5.2 马科维茨投资组合理论	38
5.3 均值-方差投资组合理论	41
参考文献	43

第2部分 风险建模

第6章 刻画收益率的分布	47
6.1 预备知识	47
6.2 广义双曲分布	47
6.3 广义 λ 分布	49
6.4 与 GHD 相关的 R 软件包	55
6.4.1 fBasics 包	55
6.4.2 GeneralizedHyperbolic 包	56
6.4.3 ghyp 包	57
6.4.4 QRM 包	58
6.4.5 SkewHyperbolic 包	58
6.4.6 VarianceGamma 包	59
6.5 与 GLD 相关的 R 包	59
6.5.1 Davies 包	59
6.5.2 fBasics 包	59
6.5.3 gld 包	60
6.5.4 lmomco 包	61
6.6 GHD 在风险建模中的应用	61
6.6.1 用 GHD 拟合股票收益率	61
6.6.2 用 GHD 进行风险评估	64
6.6.3 重新审视典型特征	66
6.7 GLD 在风险建模和数据分析中的应用	68
6.7.1 单支股票的 VaR	68
6.7.2 FTSE100 指数三角	70
参考文献	72
第7章 极值理论	74
7.1 预备知识	74
7.2 极值的理论、方法和模型	74
7.2.1 分块极值模型	74
7.2.2 r 阶最大顺序模型	75
7.2.3 POT 方法	76
7.3 相关 R 包简介	78
7.3.1 evd 包	78
7.3.2 evdbayes 包	79
7.3.3 evir 包	80

7.3.4 fExtremes 包	81
7.3.5 ismev 包和 extRemes 包	83
7.3.6 POT 包	84
7.3.7 QRM 包	84
7.3.8 Renext 包	85
7.4 极值理论的实证分析	86
7.4.1 本节概述	86
7.4.2 BMM 模型在西门子公司数据上的应用	86
7.4.3 r 分块极大值模型在宝马公司数据上的应用	89
7.4.4 POT 方法在波音公司数据上的应用	91
参考文献	96
第8章 波动率建模	97
8.1 预备知识	97
8.2 ARCH 模型的种类	97
8.3 相关的 R 软件包	100
8.3.1 bayesGARCH 包	100
8.3.2 ccgarch 包	101
8.3.3 fGarch 包	101
8.3.4 gogarch 包	102
8.3.5 rugarch 包和 rmgarch 包	103
8.3.6 tseries 包	105
8.4 波动率模型实证分析	105
参考文献	107
第9章 相依性建模	109
9.1 概述	109
9.2 相关性、独立性和分布	109
9.3 Copula	111
9.3.1 起因	111
9.3.2 相关性与独立性回顾	112
9.3.3 Copula 的分类	113
9.4 相关的 R 包	117
9.4.1 BLCOP 包	117
9.4.2 copula 包和 nacopula 包	117
9.4.3 fCopulae 包	119
9.4.4 gumbel 包	120
9.4.5 QRM 包	121

9.5 copula 函数相关的实证分析	121
9.5.1 GARCH-copula 模型	121
9.5.2 混合 copula	126
参考文献	128

第3部分 投资组合优化

第10章 稳健投资组合优化	133
10.1 概述	133
10.2 稳健统计理论	133
10.2.1 动机	133
10.2.2 选择稳健估计量	134
10.3 稳健优化	137
10.4 相关 R 包	141
10.4.1 covRobust 包	142
10.4.2 fPortfolio 包	142
10.4.3 MASS 包	143
10.4.4 robustbase 包	143
10.4.5 robust 包	144
10.4.6 rrcov 包	145
10.4.7 Rsocp 包	146
10.5 实证分析	146
10.5.1 投资组合模拟：稳健统计与经典统计	146
10.5.2 投资组合回溯：稳健方法与经典统计方法	152
10.5.3 投资组合回溯：稳健优化	155
参考文献	160
第11章 重新思考多元化	162
11.1 简介	162
11.2 多元化投资组合	163
11.3 加入风险约束的投资组合	165
11.4 最优化尾部相关投资组合	167
11.5 相关的 R 包	169
11.5.1 DEoptim 包和 RcppDE 包	169
11.5.2 FRAPO 包	171
11.5.3 PortfolioAnalytics 包	172
11.6 实证分析	172
11.6.1 不同方法的比较	172

11.6.2 优化尾部依赖投资组合与基准的比较	177
11.6.3 预期亏损的极限分布	181
参考文献	184
第 12 章 风险最优投资组合	186
12.1 概述	186
12.2 均值 - VaR 投资组合	186
12.3 最优 CVaR 投资组合	191
12.4 最优回撤投资组合	195
12.5 相关 R 包	197
12.5.1 fPortfolio 包	197
12.5.2 FRAPO 包	198
12.5.3 R 中的线性规划包	199
12.5.4 PerformanceAnalytics 包	203
12.6 实证分析	204
12.6.1 最小化 CVaR 和最小方差投资组合比对	204
12.6.2 回撤约束的投资组合	208
12.6.3 股票投资的回测对比	212
参考文献	218
第 13 章 战术性资产配置	220
13.1 概述	220
13.2 选择的时间序列模型的考量	221
13.2.1 单变量时间序列模型	221
13.2.2 多元时间序列模型	226
13.3 Black-Litterman 方法	233
13.4 Copula 模型及熵池方法	235
13.4.1 前言	235
13.4.2 COP 模型	235
13.4.3 EP 模型	236
13.5 相关的 R 包	238
13.5.1 BLCOP 包	238
13.5.2 dse 包	239
13.5.3 fArma 包	242
13.5.4 forecast 包	242
13.5.5 MSBVAR 包	243
13.5.6 PairTrading 包	244
13.5.7 urca 包与 vars 包	245

13.6 实证分析	248
13.6.1 Black - Litterman 投资组合优化	248
13.6.2 Copula 方法	255
13.6.3 保护策略	259
参考文献	266

附录

附录 A 本书 R 包概览	273
A.1 R 包 - 按首字母排序	273
A.2 R 包 - 按应用类型分类排序	275
参考文献	278
附录 B 本书时间序列数据	282
B.1 日期—时间类	282
B.2 stats 基础包中的 ts 类	285
B.3 不规则间隔时间序列	286
B.4 timeSeries 包	287
B.5 ZOO 包	288
B.6 tframe 包和 xts 包	290
参考文献	293
附录 C 投资组合策略的回测及报告	294
C.1 关于回溯检验的 R 包	294
C.2 用于生成报表的 R 包	294
C.3 交互数据库	295
参考文献	296
附录 D 技术性	298

第1部分

著述初衷