

# Based on Bayesian Network of Commercial Bank Loans to Business Operation and the Control of Risk Analysis\*

Luyao Li, Xin Li, Di Zhao, Fengqin Xu<sup>#</sup>

College of Science, Beijing Forestry University, Beijing  
Email: #fqxu@bjfu.edu.cn

Received: Mar. 29<sup>th</sup>, 2013; revised: Apr. 1<sup>st</sup>, 2013; accepted: Apr. 12<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Luyao Li et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** In this paper, we summed up and quantified the business process of the loans of commercial banks in China, and obtained Bayesian network diagram of our country's commercial bank loan business. We analyzed and controlled operational risk of loans business, we took the Industrial and Commercial Bank of China for example. We use the red-yellow-green signal light model to warn the operational risk of the various business links, make each link of operational risk be more clear and make the risk in practice be analyzed and controlled easier.

**Keywords:** Operational Risk; Bayesian Network; Quantitative of the Loan Business; Red-Yellow-Green Signal Light Model

## 基于贝叶斯网络的商业银行借贷款业务操作风险的控制与分析\*

李璐瑶, 李鑫, 赵迪, 徐凤琴<sup>#</sup>

北京林业大学理学院, 北京  
Email: #fqxu@bjfu.edu.cn

收稿日期: 2013年3月29日; 修回日期: 2013年4月1日; 录用日期: 2013年4月12日

**摘要:** 本文对我国商业银行的借贷款业务流程进行总结和量化, 得到了我国商业银行借贷款业务的贝叶斯网络图, 以中国工商银行为例, 对其借贷款业务的操作风险进行了分析和控制。运用红黄绿信号灯模型, 对各个业务环节的操作风险以红黄绿信号灯显示方式进行预警, 使各业务环节的操作风险一目了然, 便于实际操作中对风险进行分析和控制。

**关键词:** 操作风险; 贝叶斯网络; 借贷款业务量化; 红黄绿信号灯模型

### 1. 引言

随着银行规模的不断扩大, 如何有效管理控制操作风险、减少损失成为金融界最为关注的问题<sup>[1]</sup>。操

作风险由于发生范围广、损失资料难以收集、损失程度难以确定等原因使得量化技术不完善。因此, 如何正确理解操作风险, 量化风险大小, 建立科学的操作风险控制模型, 提高操作风险管理水平成为我国银行亟待解决的问题。

在 2004 年巴塞尔监管委员会正式发布的《新资

\*基金项目: 国家级大学生科技创新项目资助, 项目编号(201210022069)。

<sup>#</sup>通讯作者。

本协议》中规定银行的操作风险是指由于不完善或有问题的内部程序、人员及系统或外部事件所造成的风险<sup>[2]</sup>。实践中操作风险的难点是其概率大小难以确定，而贝叶斯网络对不确定性问题具有强大的处理能力。贝叶斯模型在考虑先验经验概率的同时，又考虑了结果对先验知识的贝叶斯调整，也在动态发展中考虑了管理措施对条件概率的影响，它为操作风险概率的测定提供了一个平台。

目前，各国学者应用贝叶斯网络对操作风险管理进行研究。Alexander 最先介绍了应用贝叶斯网络建立因果模型实现对特定类型的操作风险进行量化和管理的的方法<sup>[3]</sup>。King 对运用贝叶斯网络建立操作风险的因果关系模型方法进行了描述<sup>[4]</sup>。Adusei-Poku 运用贝叶斯网络对外货和货币市场交易的过程中可能产生的风险进行建模，并得到了相应的经济资本。国内研究方面，陆静等研究了利用贝叶斯网络针对八大业务条线建立银行层面的操作风险预警系统。刘家鹏等通过一个客户流失的模型阐述了贝叶斯网的作用<sup>[5]</sup>。

应用贝叶斯网络分析操作风险，建立操作风险预警系统可视性差，不便于实践应用。本文应用贝叶斯网络建立了操作风险预警系统并首次将红黄绿信号灯模型引入该系统中，借助于预警信号灯的思想，利用预警信号灯中显示结果是否危险时的红黄绿信号灯这样一目了然的方式来展现模型的结果，使结果的接受面更大，可视性更强，方便使用。

## 2. 贝叶斯网络方法

贝叶斯网络是根据贝叶斯定理形成的一种表达概率分布的有向无环图。贝叶斯网络的最基本、最简单的结构是一个线性的、非循环的图，图中节点代表随机变量，节点之间的连线则表示变量间的联系。该网络最早由伯尔于 1985 年提出。通过定义离散化变量的可能状态，并使用条件概率表将相关变量关联起来，这个概率表能够对一组变量的联合概率分布进行编码。表述相关性的图形结构(保留了当时因果关系的次序)以及条件概率表就足以描述出这个完全联合概率分布，如图 1 所示：节点与节点之间的关系表示了变量之间的联系；结构表现为无环有向图，弧的方向具有因果关系(如由 X1 的原因影响 X3 和 X4，由于 X3、X4、X5 的原因影响 X6)。

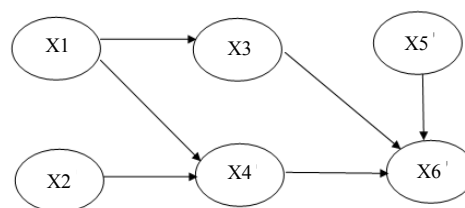


Figure 1. Bayesian networks simple figure  
图1. 贝叶斯网络简单示例图

## 3. 我国商业银行借贷款业务贝叶斯网络图

### 3.1. 网络节点选取及节点描述

根据中国商业银行的实际情况，通过分析商业银行公司贷款业务流程，我们将企业贷款业务归纳合并为三个子流程，分别是业务受理阶段、贷款质量检查阶段、贷款回收阶段。对每一个子流程，我们提炼出主要的业务活动以及对这些活动行程支持的要素，比如操作人员和支付系统，并进一步判断可能发生的重要风险因素，以及引发这些风险的关键因素。正是这些因素的变化体现了操作风险事件的发生机制，因此成为贝叶斯网络图的网络节点。我们需要对每个节点及其可能状态进行离散化并描述，方便在确定网络参数即条件概率时使用。表 1 为网络节点描述表，其中分别列出了父节点的节点名称，节点描述和节点所能达到的状态值。

### 3.2. 贝叶斯网络结构构建

我们可以从最简单的基本结构开始，逐渐对问题进行细化。当然，网络结构并非越精细越好，因为随着父节点的数量增加需要输入的先验概率数量会呈指数增长。如果网络结构非常精细，节点数量众多，而每个各节点又分为不同种状态，那么就很有可能会出现所需要输入的网络参数，即先验概率和条件概率过于庞大。这也给先验概率和条件概率的数据收集方面造成巨大的困难与挑战。

因此，为了简洁，我们去粗取精，只保留了重要节点。另外为了降低专家再给出先验概率时的难度，提高评估的准确性，对于一个子节点拥有众多父节点的情况，我们在两者之间引入中间变量——受理阶段失误可能性、贷款质量检查和贷款回收阶段失误可能性。并且采用人工建模方式构建贝叶斯网络图把目标节点定为“每年由于操作风险管理不善引起的重大事

**Table 1. Network node descriptor table**  
**表 1. 网络节点描述表**

节点名称	节点描述	节点状态
业务熟悉程度	业务经办人员的对业务及其操作的熟练程度。以操作准确度描述。	高低
工作时长	指当天已经操作了多长时间，影响错误率，例如经验统计下显示下午 16 点后容易发生错误。	<8 小时 ≥8 小时
操作人员质量	相关步骤的操作人员的素质，受操作人员业务素质和职业道德影响并包含内外部欺诈工作人员违规操作等。	高低
业务量	指正常情况下一个银行平均每年发生的贷款业务数量。	≤7 (7, 14) ≥14
贷前调查质量	取决于调查资料质量和操作人员素质。	高低
录入复核	正常情况下每次复核的质量，受交易复杂程度影响。	准确 不准确
贷款期限	企业贷款的时间长短。	长 短
业务受理失误可能性	中间变量。取决于受理、审批、发放三阶段的质量。	高低
贷款质量检查	贷款发放后，对贷款进行后续检查，确保贷款定期收回。受贷款业务量和贷款期限影响	高低
支付系统运行状态	正常情况下贷款业务的支付系统的可用性和运行状态	运行良好 出现故障
交割类型	全部交割或是部分交割	全部 部分
交割复核	正常情况下发放贷款日和到期日交割时，对交割类型(正常交割、部分交割、展期)每次复核的质量。	准确 不准确
交割质量	在系统中录入及复核的质量。涉及交割方式等要素录入错误。	高低
是否展期	到期是否进行展期	是 否
贷款回收阶段失误可能性	中间变量。贷款到期时操作可能出现的失误，失误包括交割质量、是否展期。	高低
每年由于操作风险管理不善引起的重大事故次数	正常情况下一年内出现操作错误的次数。这里错误包括业务受理、贷款质量检查、贷款回收各环节出现审查、输入、复核、计算、交割错误。	<5 ≥5

故次数”。我们得到了最终的网络结构图(图 2)。目标节点“每年由于操作风险管理不善引起的重大事故次数”就是我们希望得到的损失频率分布。这种建模方法是开放式的，可以比较容易地随流程的调整和管理需要的改变而做出修改。当流程的环境改变时，比如新上系统，或者流程中的控制增加(减少)，有时只需要调整节点的状态选择及其概率分布，就能反映新的变化，非常灵活方便。

#### 4. 操作风险的分析、控制及预警

##### 4.1. 操作风险概率推断操作风险分析和控制

在确定贝叶斯网络结构后，建模就剩下节点赋值和概率推断两方面内容了。而节点赋值在前面的样本

组建和数据处理过程中即可得到，采用模块化结构又简化了数据需求和概率推断过程，如果我们能确定所有节点的先验概率和条件概率，整个定量概率推断过程即可进行。

从我们搜集到的 1990 年到 2007 年以来在国内各平面媒体如财经类杂志和虚拟媒体诸如财经网、新浪网等网站上披露的损失金额较大的中国工商银行操作风险案件可以看出，国内的各工商银行操作风险案件主要由内外部欺诈、工作人员勾结、系统漏洞、金融腐败等因素引起。而因为人员欺诈、勾结等这些因素不太好量化，所以没有专门设立单独的节点，而是特意将工作人员的道德素质合并操作人员质量中。此外，我们从浙江理财网公布的《工商银行公布 2012 年上半年经营情况》得出 2012 年我国工商银行借贷

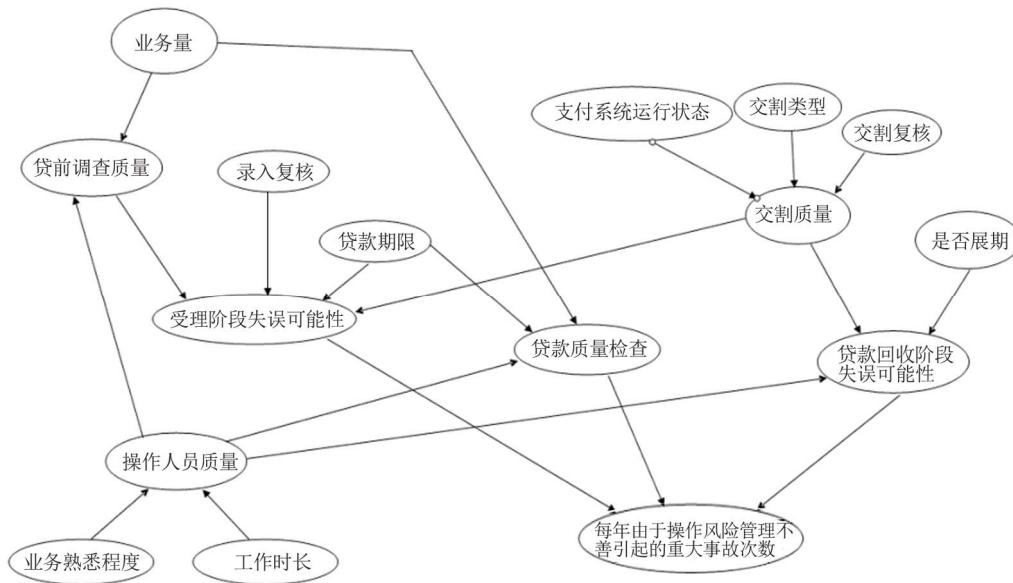


Figure 2. Finally network structure  
图 2. 最终网络结构图

款业务量总额估算高达 14.1 亿万元。以上信息都对节点赋值起到参考作用。除此之外，我们通过专家询问及问卷调查等方式，对贝叶斯网络图中的各点赋值，其条件概率赋值。例如对人员工作时间的概率赋值(表 2)以及对人员素质的条件概率赋值(表 3)。

在建立了网络结构的基础上采用 Hugin Lite 软件工具，就可进行概率推断。Hugin Lite 是基于贝叶斯网络的一个决策开发工具。在计算过程中，首先是用计算机语言表示专家勾画的操作风险的贝叶斯网络结构图；然后将收集到的各个关键风险诱因节点状态的变化数据输入上述的贝叶斯网络图中，系统按照贝叶斯网络结构进行推理，计算出各关键风险指标节点的后验概率，运算结果展示如图 3。同时，我们也可以通过改变终节点状态的变化进行逆向推理。我们将终节点(每年由于操作风险管理不善引起的重大事故的次数)出错次数较多的概率突然改大，就可以得到相应的节点的概率的改变。概率值改变的越大，说明此阶段对于操作风险出错越敏感，即在此阶段出错的可能性最大。改变终节点状态后，运行结果如图 4。

通过上图可以看出，通过贝叶斯网络的传递过程，其关键风险指标节点的后验概率分布发生改变。对比前后两图，发现受理阶段失误可能性和贷款质量检查这两个阶段的概率值改变的较大。受理阶段失误可能性由 26.75%上升到 55.85%，贷款质量检查由

Table 2. Staff working time probability assignment table  
表2. 人员工作时间概率赋值表

工作时长	
<8	0.8
≥8	0.2

Table 3. Personnel quality condition probability assignment table  
表3. 人员素质的条件概率赋值表

操作人员质量				
工作时长	<8		≥8	
业务熟悉程度	High	Low	High	Low
High	0.9	0.1	0.8	0.1
Low	0.1	0.9	0.2	0.9

23.64%上升到 39.73%。进一步追溯，可以得知在贷款前调查质量(出错概率由原来的 19.90%上升到 32%)出错概率最大。

#### 4.2. 操作风险预警系统——信号灯模型

我们希望通过显而易见的红黄绿灯来显示先验概率和后验概率的变化。定义  $\Delta = |\text{节点的后验概率} - \text{节点的先验概率}|$ ，当  $\Delta$  大于 0.1，是危险信号，显示红灯。当  $0.05 < \Delta < 0.1$ ，是提醒信号，显示黄灯。当  $\Delta < 0.05$ ，是安全信号，显示绿灯。这个过程使用 matlab 来显示结果<sup>[6]</sup>，如图 5 显示。

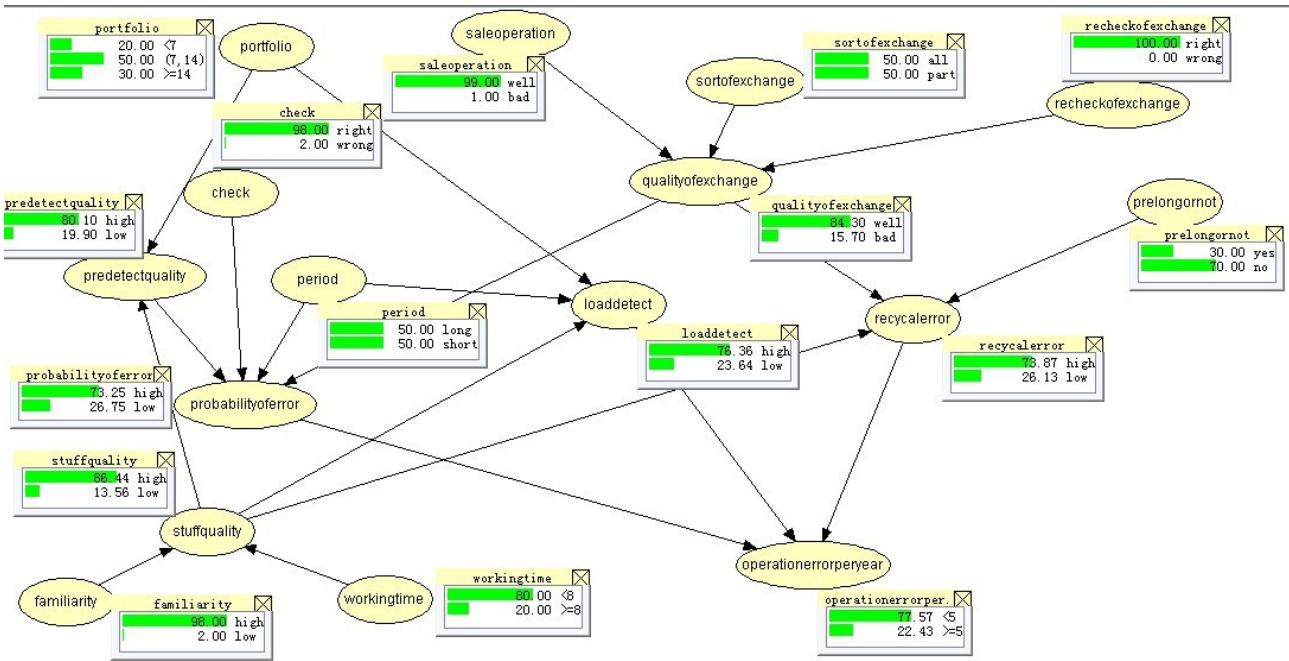


Figure 3. Commercial Banks operating risk Bayesian network structure and the prior probability distribution  
图 3. 商业银行操作风险贝叶斯网络结构及先验概率分布

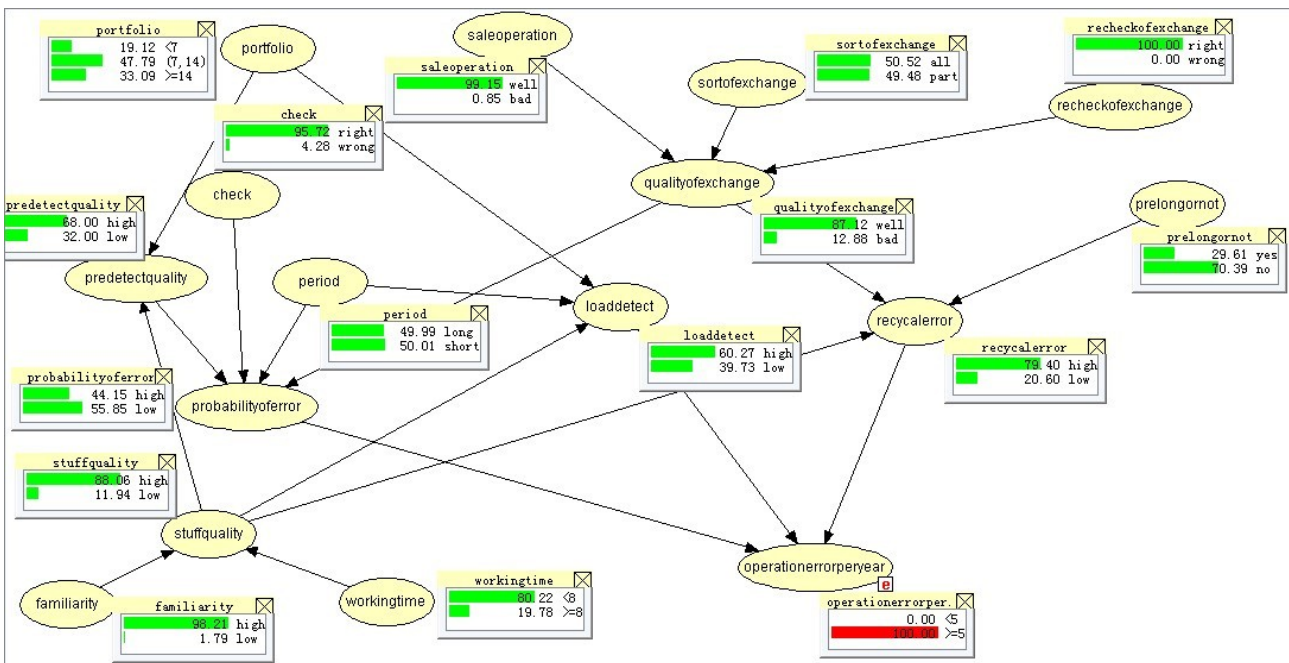


Figure 4. Diagnosis reasoning figure  
图 4. 诊断推理图

由图 5 可以发现受理阶段失误可能性和贷款质量检查这两个关键风险指标的概率值改变的较大, 显示红灯, 是危险信号。贷款回收阶段失误可能性显示黄灯, 是提醒信号。进一步追溯, 可以看到贷款前调查质量显示红灯, 是危险信号。

## 5. 结束语

本文的目标是通过建立贝叶斯网络为中国银行业提供一个管理操作风险的范例, 并且通过将贝叶斯网络与红绿灯模型的结合, 使整个银行操作风险管理

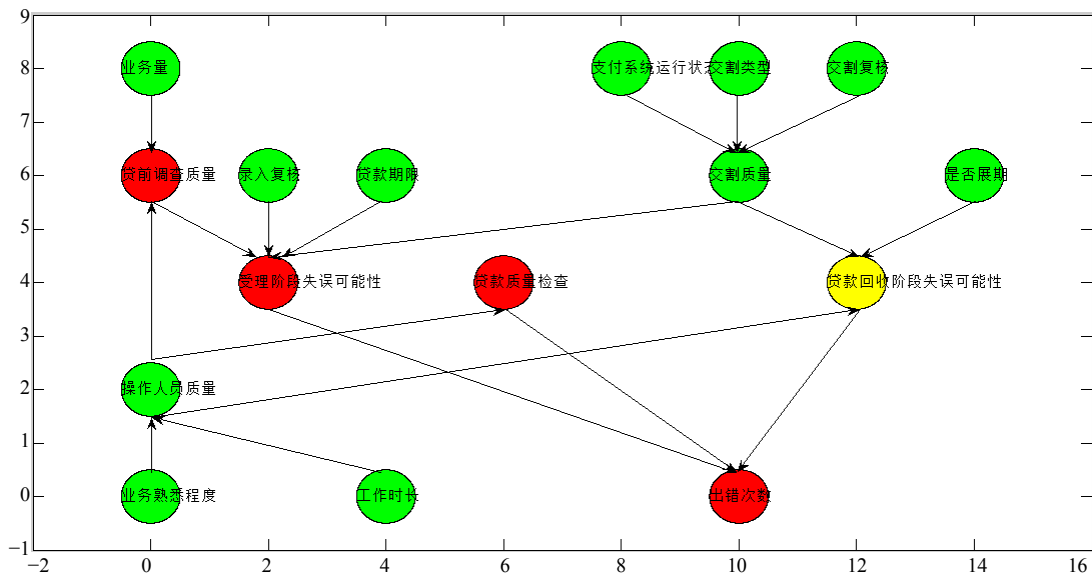


Figure 5. Red yellow green signal light shows the result figure  
图 5. 红黄绿信号灯显示结果图

系统更加准确、直观，便于在操作风险引起的巨额损失时，商业银行能够及时采取措施。为此，我们选取中国商业银行借贷款业务为例，展示了如何运用建立和运用贝叶斯网络评估和诊断操作风险的全过程。在这个过程中需要注意的是，网络节点的选取、网络结构的建立、节点的赋值(节点的先验概率)等步骤都对最后的结果有着重要的影响。所以，在实际应用贝叶斯网络评估和管理银行操作风险的过程中，因特别重视这些步骤，否则会使计算结果有偏差，从而使整个模型的有效性受到影响。

通过对贝叶斯网络的研究，贝叶斯网络具有不依赖历史数据缺失的优点。这对处于中国商业银行操作风险数据库不健全的情况下的银行对操作风险的管理无疑是十分适用的。此外，贝叶斯网络强大的推理演算功能和诊断功能，也为银行对其内部的各项业务流程的深入分析与控制贡献不小。

从上述运行结果表明，商业银行的巨额操作风险往往是由于银行内部的管理不善所引起。因此，在实践中要有效落实操作风险管理，还需要有健全的银行内部治理结构，对操作人员的监管等相应措施。

### 参考文献 (References)

- [1] 刘志强, 贾博, 吴遐. 我国商业银行操作风险成因及防范措施研究[J]. 人力资源管理, 2009, 6: 17.
- [2] 陈晓慧. 商业银行操作风险的度量与控制研究[M]. 北京: 经济管理出版社, 2011.
- [3] C. Alexander. Bayesian methods for measuring operational risk. Derivatives, Use Trading and Regulation, 2000, 6(2): 166-181.
- [4] J. L. King. Operational Risk: EVT models. Working Paper, 2001, 11.
- [5] 陆静, 唐小我. 基于贝叶斯网络的操作风险预警机制研究[J]. 管理工程学报, 2008, 22(4): 56-61.
- [6] 张志涌, 杨祖樱. Matlab 教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010: 202-216.