

Research on Financial Distress Prediction Based on Multi-State Markov Model

Jun He¹, Xinyan Wang², Xiaoping Hu²

¹Nanjing U-Speed Network Technology Co. Ltd., Nanjing Jiangsu

²School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing Jiangsu

Email: hxpnj@seu.edu.cn

Received: Jun. 25th, 2018; accepted: Jul. 16th, 2018; published: Jul. 23rd, 2018

Abstract

Based on the multi-state Markov model, the financial distress prediction problem of listed companies is studied. First, a multi-state Markov model is constructed. Then, based on the multi-state Markov model, we construct an exponential model with covariables of financial distress factors. Finally, the financial dilemma of listed companies is forecasted from the two aspects of transition probability and residence time. The results show that the multi-state Markov model can be applied to the prediction of financial distress and can reveal the evolution of financial distress.

Keywords

Multi-State Markov, Financial Distress, Prediction

基于多状态Markov模型的企业财务困境预测研究

何 军¹, 王新燕², 胡小平²

¹南京优速网络科技有限公司, 江苏 南京

²东南大学, 经济管理学院, 江苏 南京

Email: hxpnj@seu.edu.cn

收稿日期: 2018年6月25日; 录用日期: 2018年7月16日; 发布日期: 2018年7月23日

摘要

本文基于多状态Markov模型,研究了涉农上市公司财务困境预测问题。首先,构建了多状态Markov模型。然后,基于得到的多状态Markov模型,又构建了以财务困境影响因素为协变量的指数模型。最后,利用得到的模型对上市公司财务困境从转移概率和停留时间两个方面进行了预测。研究表明,多状态Markov模型能够很好地应用于财务困境的预测,能够提示财务困境的演化过程。

关键词

多状态Markov, 财务困境, 预测

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

关于财务困境的定义,目前国内外并无统一的标准,不同的研究者有着不同的观点。国外关于财务困境概念的界定,主要包括:财务困境(Financial Distress)、财务失败(Financial Failure)、财务危机(Financial Crisis)、破产(Bankruptcy)等。国外不同学者从不同角度给出了财务困境的定义[1] [2] [3] [4],近年来一直是研究的热点问题之一,如 Ross 研究了财务比率与财务困境的关系,文献[5] [6]和[7] [8] [9]研究了财务困境的预测问题,文献[10] [11]研究了财务困境的传染问题,[12]研究了财务困境与审计之间的关系,文献[13] [14]则研究了财务困境的度量与风险控制问题。本文基于多状态 Markov 模型,研究了涉农上市企业财务困境的动态演化行为,以及这种演化与影响因素(协变量)之间的关系,克服了传统财务困境预测的 Yes 或 No 的二值、静态预测缺点。

2. 多状态 Markov 模型构建

多状态 Markov 模型是一个随机过程模型和非参数的离散型时间序列分析方法,通过对随机过程在不同时刻所处的状态之间的变化规律分析,预测这一过程在下一时刻和下几个时刻所处状态。本文以绩优股、普通股、ST 股和退市作为状态,观察期限为 2001 年至 2010 年。假设在财务状态变化的过程中,将绩优股状态作为起始状态,相邻状态间可以相互转化,但 ST 和退市之间不能相互转化,ST 变为退市股票后将不再可逆,即将状态 4 作为吸收态。由此构造的多状态结构示意图见图 1,图中每个矩形圆圈表示一种财务状态,箭头表示可能的状态转移方向,弧形箭头表示可在本状态停留。

那么,根据转移强度矩阵各行之和等于 0,及对角线的转移强度等于该行中其他转移强度之和的相反数,该模型的转移强度矩阵 Q 如下,共有 7 个待估计的转移强度: q_{12} 、 q_{13} 、 q_{21} 、 q_{23} 、 q_{31} 、 q_{32} 和 q_{34} 。

3. 指数模型

本文采用 R 软件中的 `msm` package 进行多状态 Markov 模型分析。数据结构必须包括观察对象编号(subject)、状态(state)、观察时刻(time)三方面内容,可以引入协变量。每个观察时刻占一行,观察对象必须排序,且每个观察对象内部的观察时刻也必须按时间顺序依次排列。数据结构如下:

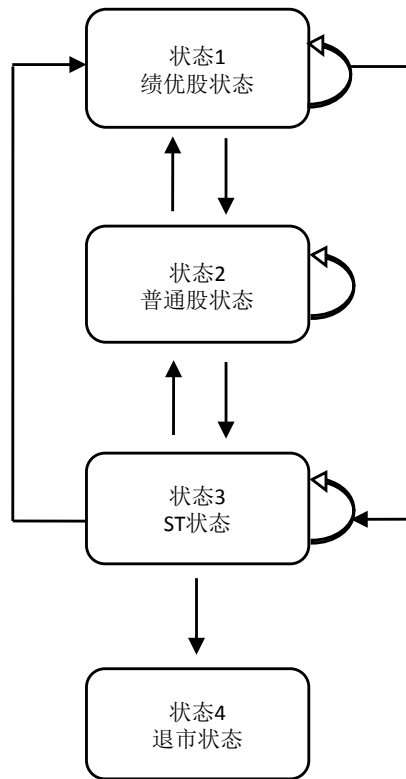


Figure 1. Multi-state Markov model transfer flow chart

图 1. 多状态 Markov 模型转移示意图

(观察对象编号, 状态, 观察时刻, 协变量 1, 协变量 2.....)

根据各状态相互转移频数, 经过多次迭代计算, 设定初始转移矩阵为:

$$Q = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0.01 & 0 \\ 0.3 & 0 & 0.166 & 0 \\ 0.01 & 0.01 & 0 & 0.04 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

本文使用 Logistic 回归选出 5 个变量(总资产净利率、流动比率、营运资金比率、营业收入现金比率和存货周转率)全部进入多状态 Markov 模型中进行多因素分析。

3.1. 多状态多因素 Markov 模型拟合结果

按 $\alpha = 0.05$ 的水准, 对总资产净利率、流动比率、营运资金比率、营业收入现金比率和存货周转率 5 个因素进行多因素分析[15]。结果见表 1。

3.2. Markov 指数模型

将多因素 Markov 模型拟合结果代入 Markov 的指数模型:

$$q_{ij}(Z) = q_{ij0} \exp \left[\sum_{k=1}^n \beta_{ijk} Z_k \right] \quad (2)$$

各阶段按 Markov 模型估计的参数构造指数模型转移强度表达式如下:

Table 1. Multi-factor and multi-state Markov model fitting results**表 1.** 多因素多状态 Markov 模型拟合结果

变量	1→2	1→3	2→1	2→3	3→1	3→2	3→4
基线转移强度	0.413	0.005	0.081	0.017	0.001	0.0007	-0.029
总资产净利率(β_1)	0.502	-0.365	2.096	-2.007	0.064	0.138	0.397
流动比率(β_2)	-0.064	-0.843	-0.649	0.287	0.252	0.372	-0.271
营运资金比率(β_3)	1.383	-0.600	1.453	-0.989	0.527	0.949	1.135
营业收入现金比率(β_4)	-2.202	-0.160	0.741	-0.144	0.023	0.186	-0.111
存货周转率(β_5)	-0.101	-0.332	0.039	-0.095	-0.005	0.0004	-0.0004

$$\begin{aligned}
 q_{12}(Z) &= q_{120} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{12k} Z_k\right] \\
 &= 0.413 \exp[0.502 \times \text{总资产净利率} - 0.064 \times \text{流动比率} + 1.383 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad - 2.202 \times \text{营业收入现金比率} - 0.101 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{13}(Z) &= q_{130} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{13k} Z_k\right] \\
 &= 0.005 \exp[-0.365 \times \text{总资产净利率} - 0.843 \times \text{流动比率} - 0.600 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad - 0.160 \times \text{营业收入现金比率} - 0.332 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{21}(Z) &= q_{210} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{21k} Z_k\right] \\
 &= 0.081 \exp[2.096 \times \text{总资产净利率} - 0.649 \times \text{流动比率} + 1.453 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad + 0.741 \times \text{营业收入现金比率} + 0.039 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{23}(Z) &= q_{230} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{23k} Z_k\right] \\
 &= 0.017 \exp[-2.007 \times \text{总资产净利率} + 0.287 \times \text{流动比率} - 0.989 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad - 0.144 \times \text{营业收入现金比率} - 0.095 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{31}(Z) &= q_{310} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{31k} Z_k\right] \\
 &= 0.001 \exp[0.064 \times \text{总资产净利率} + 0.252 \times \text{流动比率} + 0.527 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad - 0.023 \times \text{营业收入现金比率} - 0.005 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{32}(Z) &= q_{320} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{32k} Z_k\right] \\
 &= 0.0007 \exp[0.138 \times \text{总资产净利率} + 0.372 \times \text{流动比率} + 0.949 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad + 0.186 \times \text{营业收入现金比率} + 0.0004 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{34}(Z) &= q_{340} \exp\left[\sum_{k=1}^n \beta_{34k} Z_k\right] \\
 &= -0.029 \exp[0.397 \times \text{总资产净利率} - 0.271 \times \text{流动比率} + 1.135 \times \text{营运资金比率} \\
 &\quad - 0.111 \times \text{营业收入现金比率} - 0.0004 \times \text{存货周转率}]
 \end{aligned}$$

4. 运用多状态 Markov 模型进行预测

4.1. 转移概率

转移概率是指在时刻 s 处在状态 i 的个体, 将在后来的时刻 t 处在状态 j 的可能性。表 2~表 5 给出

Table 2. Matrix of transition probability (t = 1 year)
表 2. 转移概率矩阵(t = 1 年)

	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
状态 1	0.6702775977	0.3223847610	0.007245358	9.228297e-05
状态 2	0.0629834623	0.9209036067	0.015890271	2.226598e-04
状态 3	0.0009048188	0.0008871022	0.971003129	2.720495e-02
状态 4	0	0	0	1

Table 3. Matrix of transition probability (t = 2 year)
表 3. 转移概率矩阵(t = 2 年)

	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
状态 1	0.469583522	0.512979000	0.01701445	0.0004230299
状态 2	0.100232479	0.868382458	0.03051925	0.0008658143
状态 3	0.001540934	0.001970014	0.94286773	0.0536213230
状态 4	0	0	0	1

Table 4. Matrix of transition probability (t = 5 year)
表 4. 转移概率矩阵(t = 5 年)

	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
状态 1	0.225549996	0.719800037	0.05141418	0.003235791
状态 2	0.140709730	0.785148030	0.06910371	0.005038534
状态 3	0.002670193	0.005567938	0.86339165	0.128370223
状态 4	0	0	0	1

Table 5. Matrix of transition probability (t = 10 year)
表 5. 转移概率矩阵(t = 10 年)

	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
状态 1	0.152292955	0.72778675	0.1057279	0.01419241
状态 2	0.142399566	0.71812506	0.1211547	0.01832069
状态 3	0.003691148	0.01110097	0.7459672	0.23924069
状态 4	0	0	0	1

了协变量取值为平均水平下,从基线起一年、两年、五年和十年之后的转移概率。下面四个表中数据显示:

某机械、设备及仪表制造行业上市公司基线时处于绩优股状态(状态 1),那么 1 年后该公司仍然处于绩优股状态的概率是 0.67,说明上市公司的财务状态具有一定的连续性。而 2 年后保持绩优状态的概率是 0.5,说明上市公司从基线时为绩优股状态的两年内,每股收益有一半的概率会降到 0.5 元以下。5 年后上市公司仍然能保持绩优状态的概率是 0.22,这一概率已经比较小,说明上市公司每股收益连续五年以上保持在 0.5 元以上是困难的事情。10 年后,这一数据变为 0.15,在较长时间内,由于经济周期变化,企业经营环境或企业管理层的变化使得上市公司的财务状况很难长期保持在较好的状态。

而基线时处于绩优股状态的公司,其在 1 年后和 2 年后转移至普通股状态的概率分别是 0.3 和 0.5,在 5 年和 10 年后的概率分别是 0.71 和 0.72。这组数据表明绩优股在 5 年后变为普通股状态的概率非常大。

从基线起,处于普通股状态(状态 2)的上市公司在 1、2、5、10 年后转移至绩优股状态(状态 1)的概

率分别为 0.06、0.1、0.14、0.14。上述数据表明，上市公司的每股收益低于 0.5 之后，很难获得超常的盈利能力使 EPS 重新升至 0.5 元以上。而在 1、2、5、10 年后保持在状态 2 的概率分别为 0.92、0.86、0.78、0.71，这组概率值均比较大，证明上市公司在很长一段时期内处于普通股状态。从状态 2 转移至状态 3 的概率又分别为 0.015、0.03、0.069 和 0.12，显然从普通股状态变为 ST 状态(状态 3)要经历较长时间。

若某上市公司从基线起处于状态 3，则无论是 1 年、2 年还是 5 年、10 年后，其财务状态好转至状态 1 和状态 2 的概率均非常小，表明上市公司被 ST 后，脱星摘帽的难度较高。与之形成鲜明对比的是，停留在状态 3 的概率却是非常之大，这表明上市公司被 ST 之后，不会很快退市，会在 ST 状态停留很长时间。

值得注意的是，5 年后的状态转移概率与 10 年后的状态转移概率相差无几，表明上市公司从基线起发展至 5 年后，其财务状态趋于稳定。

4.2. 总停留时间

平均停留时间适用于渐进不可逆的状态转移模型，状态 r 的平均停留时间(Mean sojourn times)可由 $-1/q_{rr}$ 得出，其中 q_{rr} 是转移强度矩阵对角线上的转移强度。但由于上市公司被 ST 之后其可以脱星摘帽或者退市，出现状态的好转或者恶化，呈现出可逆的转移模式，因此在某个特定状态总的停留时间就不等于按上述方法计算的平均停留时间。各状态总停留时间(Total length of stay)的计算公式为：

$L_S = \int_{t_1}^{t_2} P(t)_{r,s} dt$ 。其中， L_S 表示在时刻 t_1 和 t_2 之间处于状态 s 的总停留时间， r 为财务状态变化发展过程中起始状态(一般为状态 1)， s 是其转移的下一个状态。

总停留时间可以预测上市公司在退市前处于绩优股状态、普通股状态和 ST 状态的总停留时间。本文计算了从基线到追踪观察 10 年各状态总停留时间。平均而言，每个上市公司处于绩优股状态的时间为 13.96 年，处于普通股状态的时间为 59.52 年，处于 ST 状态的时间为 36.22 年。

5. 研究结论

本文所选取的构建的模型的指标包含了 18 个财务和 6 个非财务指标，这些变量基本上包含了公司各个方面的信息，从不同角度综合评价上市公司是否会陷入财务困境，具备较高的科学性，状态 1 和 2 拟合较差，状态 3 和 4 的拟合较好。本文使用多状态 Markov 模型蕴含将上市公司财务状况划分为几个状态，预测出各状态的转移概率以及在每个状态的停留时间，并且多状态 Markov 模型能够分析转移概率如何随着协变量变化的。

基金项目

国家社会科学重大招标项目资助(16ZDA0054)。

参考文献

- [1] Beaver, W.H. (1966) Financial Ratios as Predictors of Failure. *Journal of Accounting Research*, 4, 71-111. <https://doi.org/10.2307/2490171>
- [2] Altman, E.I. (1968) Financial Ratios Discriminant Analysis and the Prediction of Bankruptcy. *Journal of Finance*, No. 23, 589-609. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x>
- [3] Lau, A.H.-L. (1997) The Effects of Reducing Demand Uncertainty in a Manufacturer-Retailer Channel for Single-Period Products. *Computers & OR (COR)*, 29, 1583-1602.
- [4] Morris, A. (1997) Genetical Gorithms Applications in the Analysis of Insolvency Risk. *Journal of Banking and Finance*, No. 22, 1401-1409.
- [5] Altman, E.I., Iwanicz-Drozdowska, M., Laitinen, E.K., et al. (2016) Financial Distress Prediction in an International

Context: A Review and Empirical Analysis of Altman's Z-Score Model. *Journal of International Financial Management & Accounting*, **28**, 131-171. <https://doi.org/10.1111/jifm.12053>

- [6] Liao, Q. and Mehdian, S. (2016) Measuring Financial Distress and Predicting Corporate Bankruptcy: An Index Approach. *Review of Economic and Business Studies*, **9**, 33-51. <https://doi.org/10.1515/rebs-2016-0024>
- [7] 杨青龙, 田晓春, 胡佩媛. 基于 LASSO 方法的企业财务困境预测[J]. *统计与决策*, 2016(23): 170-173.
- [8] 蔡玉兰, 钱崇秀, 董雪杰. 财务报表信息对企业财务困境的预测能力[J]. *预测*, 2016(5): 48-54.
- [9] 邹清明, 黄钟亿. 基于比例优势模型的上市公司财务困境预测研究[J]. *数理统计与管理*, 2016(3): 536-549.
- [10] Serri, M., Caldarelli, G. and Cimini, G. (2016) How the Interbank Market Becomes Systemically Dangerous: An Agent-Based Network Model of Financial Distress Propagation. arXiv Preprint arXiv: 1611.04311.
- [11] 李丽君, 刘杰, 孙世敏. 供应链视角下企业财务困境传递及控制问题研究[J]. *中国管理科学*, 2016(6): 46-51.
- [12] Bhaskar, L.S., Krishnan, G.V. and Yu, W. (2017) Debt Covenant Violations, Firm Financial Distress, and Auditor Actions. *Contemporary Accounting Research*, **34**, 186-215. <https://doi.org/10.1111/1911-3846.12241>
- [13] Megginson, W.L., Meles, A., Sampagnaro, G., et al. (2016) Financial Distress Risk in Initial Public Offerings: How Much Do Venture Capitalists Matter? *Journal of Corporate Finance*, **26**, 1-52.
- [14] 孙宝文, 牛超群, 赵宣凯, 荆文君. 财务困境识别: 中国 P2P 平台的风险特征研究[J]. *中央财经大学学报*, 2016(7): 32-43 + 55.
- [15] Ross, B. (2000) Financial Ratios and Different Failure Processes. *Journal of Business Finance*, No. 3, 18-24.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-0967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: fin@hanspub.org