上市公司Logistic财务预警模型构建及分割点选择

赵振智（博士生导师） 唐轶之

（中国石油大学〈华东〉经济管理学院 青岛 266580）

【摘要】本文以沪深两市A股制造业上市公司2010～2013年首次因财务状况异常而被特别处理的42家ST公司以及配对的42家非ST公司为研究样本，采用Logistic回归方法构建财务危机发生前3年的预警模型，并利用检验样本验证了该模型的预测能力。

【关键词】上市公司 财务预警模型 分割点 财务危机

一、引言

日益激烈的市场竞争和瞬息万变的经济环境加剧了上市公司的财务风险。公司财务危机的发生并非偶然，正常的公司陷入财务危机通常会经历一个财务逐步恶化的过程。在这个渐进过程中，人们其实可以识别财务危机的征兆，预测危机的发生，进而采取有效措施应对危机。

国内外学者在财务危机预警模型方面进行了大量的实证研究，并取得了丰硕的研究成果，其中最具代表性的模型主要有以下四类：①Beaver（1966）采用的一元判别模型；②Altman（1968）提出的多元线性判别模型；③Ohlson（1980）使用的多元Logistic回归模型；④Odom和Sharda（1990）运用的神经网络模型。多元Logistic回归模型既不要求满足自变量服从多元正态分布和两组间协方差相等的假定条件，又能得出企业未来发生财务危机的概率值，直观、方便且可行，成为构建财务预警模型的主流方法之一。因此，本文采用Logistic回归方法构建财务预警模型，只是在选择模型分割点时，本

（1）确定上行乘数和下行乘数。

$d=1\div u=1\div 1.5=0.87$；$u=e^{\sigma\sqrt{t}}=e^{0.14\times\sqrt{1}}=1.15$。

（2）构造销售收入二叉树。第1年：上行收入=1 000×1.15=1 150（万元）；下行收入=1 000×0.87=870（万元）。

（3）构造营业现金流量二叉树。由于固定成本为每年300万元，因而销售收入二叉树各节点减去300万元，可以得出营业现金流量二叉树，如表4所示：

表4 F公司放弃期权二叉树 单位：万元

时间（年末）	0	1	2
销售收入	1 000	1 150	1 322.5
		870	1 000.5
			756.9
营业现金流量=销售收入-付现成本	700	850	1 022.5
		570	700.5
			456.9
未修正的项目价值	1 623.62	1 054.78	200
		774.77	200
			200
固定资产余值（清算价值）		800	200
修正后的项目价值	1 632.20	1 054.78	200
		800	200
			200

（4）确定上行概率和下行概率。

上行概率=（1+5%－0.87）÷（1.15－0.87）=0.642 9

下行概率=1－上行概率=1－0.642 9=0.357 1

（5）由于第2期末修正及未修正项目的价值均为200万元，因而到寿命终结时必须清算。

第1期末上行未修正项目的价值=[（1 022.5+200）×0.642 9+（700.5+200）×0.357 1]÷（1+5%）=1 054.78（万元）

0时点修正项目的价值=[（850+1 054.78）×0.642 9+（570+800）×0.357 1]÷（1+5%）=1 632.20（万元）

其他各节点以此类推。

调整后净现值=1 632.2－1 000－600=32.20（万元）

期权价值=32.2－（－46.799）=79（万元）

通过x公司是否放弃F公司项目的案例分析可知，若不考虑期权价值，F公司的净现值为负数（见表3，为－46.799万元），其新技术缺乏投资价值；考虑期权后，项目的价值为正的79万元，应该进行投资。可见，不考虑期权价值会做出错误的投资决策。

主要参考文献

1. 中国注册会计师协会. 财务成本管理. 北京：中国财政经济出版社，2013

2. 财政部.企业会计准则2006.北京：经济科学出版社，2006

文与国内大部分学者的研究不同。

国内学者通常直接选取0.5作为Logistic模型分割点，当模型计算出的概率值大于0.5时，判断公司会发生财务危机，反之则不会发生财务危机。以0.5为分割点的Logistic回归是基于以下两个前提假设：①一个公司发生财务危机与否的概率相等；②模型误判所带来的成本相等。事实上，这两个假设都是严重偏离实际的，限制了Logistic模型的预测效果。因此，本文利用建模样本构建上市公司财务危机发生前3年的Logistic预警模型。

在选择模型分割点时，通过分析模型的两类错误（误拒错误和误受错误）发生概率及其错误成本的影响，提出模型分割点的确定方法，并利用检验样本检验模型的预测能力。

二、研究设计

1. 研究样本选取和数据来源。本文将因财务状况异常而被特别处理作为上市公司陷入财务危机的界定标准，这种界定标准符合中国的实际情况，并且与国内大部分学者的研究一致，如陈静（1999）、吴世农和卢贤义（2001）等。

从2010～2013年沪深两市A股制造业上市公司中，以首次因财务状况异常而被特别处理为条件，筛选出42家ST公司（危机公司）作为研究样本。按照1∶1的比例选取42家非ST公司（正常公司）作为配对样本，在进行样本配对时遵循了以下原则：①健康公司与危机公司属于相同或相近的制造业子行业；②研究期间一致，均采用t-3年的截面数据；③t-3年的资产规模相当，二者资产规模差异控制在10%内。为了进行预测能力检验，本文将研究样本中2010～2012年被ST的31家公司及其配对公司作为建模样本，2013年被ST的11家公司及其配对公司作为检验样本。

ST公司名单和样本数据分别来源于Wind资讯和国泰安数据库。

2. 预警指标的初步选取。国内外学者已经在利用财务指标预警企业财务危机中进行了大量实证研究，就指标类型来看，基本上都是从反映企业偿债能力、营运能力、盈利能力、发展能力和现金流量能力等方面进行设计。因此，借鉴前人研究成果，本文从偿债能力、营运能力等五个方面初步选取了17项预警指标，如表1所示。

表1　财务危机预警指标初选说明

类型	变量	指标名称	类型	变量	指标名称
偿债能力	X_1	流动比率	盈利能力	X_{10}	销售净利率
	X_2	利息保障倍数		X_{11}	成本费用利润率
	X_3	资产负债率	发展能力	X_{12}	资本保值增值率
营运能力	X_4	存货周转率		X_{13}	总资产增长率
	X_5	应收账款周转率		X_{14}	净利润增长率
	X_6	固定资产周转率	现金流量能力	X_{15}	现金流量比率
	X_7	长期资产周转率		X_{16}	债务保障率
盈利能力	X_8	总资产净利润率		X_{17}	全部资产现金回收率
	X_9	净资产收益率			

三、指标处理及模型构建

1. 指标筛选和因子分析。本文处理指标的基本思路如下：利用单样本K-S检验进行样本序列的正态分布检验。对于服从正态分布的指标，本文运用独立样本T检验测试指标在危机公司和正常公司间是否具有显著差异，对于不服从正态分布的指标则采用Mann-Whitney U检验。对筛选保留下的指标，运用因子分析提取出几个尽可能多地包含原财务信息的因子，消除指标之间的多重共线性。

表2　单样本K-S检验

指标	Z值	sig.（双侧）	指标	Z值	sig.（双侧）
流动比率	2.029	0.001	销售净利率	1.767	0.004
利息保障倍数	2.835	0.000	成本费用利润率	1.862	0.002
资产负债率	0.990	0.281	资本保值增值率	2.177	0.000
存货周转率	1.164	0.133	总资产增长率	1.350	0.052
应收账款周转率	2.934	0.000	净利润增长率	1.728	0.005
固定资产周转率	1.844	0.002	现金流量比率	2.006	0.001
长期资产周转率	1.793	0.003	债务保障率	2.071	0.000
总资产净利润率	2.095	0.000	全部资产现金回收率	1.405	0.039
净资产收益率	1.949	0.001			

表2数据显示：在α=0.05的显著性水平上，X_3（资产负债率）、X_4（存货周转率）和X_{13}（总资产增长率）三个指标的样本序列服从正态分布。所以，对这三个指标采用独立样本T检验（见表3），而其余14个指标则采用Mann-Whitney U检验（见表4）。

表3　独立样本T检验

指　标	T统计量	Sig.（双侧）
资产负债率	2.829	0.006***
存货周转率	-.678	0.500
总资产增长率	-3.179	0.002***

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著，下同。

表4　Mann-Whitney U检验

指　标	Z值	Sig.（双侧）	指　标	Z值	Sig.（双侧）
流动比率	-2.724	0.006***	销售净利率	-3.301	0.001***
利息保障倍数	-4.695	0.000***	成本费用利润率	-3.358	0.001***
应收账款周转率	-1.091	0.275	资本保值增值率	-2.513	0.012**
固定资产周转率	-2.288	0.022**	净利润增长率	-2.527	0.012**
长期资产周转率	-2.330	0.020**	现金流量比率	-3.506	0.000***
总资产净利润率	-3.850	0.000***	债务保障率	-3.759	0.000***
净资产收益率	-3.442	0.001***	全部资产现金回收率	-2.928	0.003***

独立样本T检验（见表3）和Mann-Whitney U检验（见表4）结果显示：在α=0.05的显著性水平上，17个指标中X_4（存货周转率）和X_5（应收账款周转率）两个预警指标未通过检验，予以剔除。

经过以上严格筛选，保留下的15个指标KMO统计量为0.731，Bartlett球形度检验的卡方值为1 136.929，显著性水平为0.000，说明指标间具有高度相关性，适合做因子分析。

对建模样本数据进行正向化和标准化后，依据特征值大于1的原则，采用主成分分析法提取了5个因子。由表5可知：5个因子累计方差百分比贡献率达到了88.338%，说明这5个因子变量基本涵盖了原始变量的大部分信息。

表5　　因子特征值及解释方差表

因子	特征值	解释方差(%)	累积方差(%)
F_1	6.340	42.269	42.269
F_2	2.424	16.163	58.431
F_3	1.909	12.726	71.157
F_4	1.518	10.120	81.277
F_5	1.059	7.061	88.338

为了使提取的5个因子变量的经济意义更为明显，本文采用正交旋转法中的方差最大法得到旋转后因子载荷矩阵(表6)。

表6　　旋转后因子载荷矩阵

指标	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
销售净利率	0.911	0.179	0.196	0.017	0.155
成本费用利润率	0.862	0.310	0.210	0.049	0.153
净资产收益率	0.846	0.294	0.040	0.195	0.230
总资产净利润率	0.819	0.396	0.144	0.254	0.165
净利润增长率	0.741	−0.184	−0.026	−0.010	0.190
全部资产现金回收率	0.119	0.928	−0.082	0.020	0.056
现金流量比率	0.208	0.912	0.274	0.020	0.020
债务保障率	0.185	0.894	0.302	0.043	0.030
流动比率	0.076	0.132	0.920	0.002	−0.030
资产负债率	−0.108	−0.101	−0.914	−0.091	−0.022
利息保障倍数	0.473	0.448	0.597	0.165	0.001
长期资产周转率	0.060	0.025	0.056	0.976	0.000
固定资产周转率	0.162	0.044	0.074	0.961	−0.018
资本保值增值率	0.244	0.079	0.032	−0.044	0.899
总资产增长率	0.269	0.008	−0.042	0.026	0.887

依据表6中各因子载荷量的分布情况，我们可以对各因子变量的经济意义进行解释。F_1在X_{10}(销售净利率)、X_{11}(成本费用利润率)、X_9(净资产收益率)、X_8(总资产净利润率)和X_{14}(净利润增长率)上有较大载荷，而这些指标主要是企业的盈利指标，所以F_1代表了企业的盈利能力。同理，F_2～F_5分别代表了企业的现金流量能力、偿债能力、营运能力和发展能力。

2. 模型构建。本文将财务危机(ST)公司和财务正常(非ST)公司分别记为1和0，运用SPSS统计分析软件对因子分析提取的5个因子进行Logistic回归分析。为了使最终构建的模型更多地涵盖企业的财务信息，本文采用强迫进入的方式，将所有变量一次纳入到方程，得到回归结果(见表7)。

构建的Logistic回归模型表示为：

$$P=\frac{\exp(-0.653-1.163F_1-2.428F_2-1.458F_3-1.022F_4-0.628F_5)}{1+\exp(-0.653-1.163F_1-2.428F_2-1.458F_3-1.022F_4-0.628F_5)}$$

其中：

$$F_1=-0.073X_1+0.062X_2+0.077X_3-0.036X_6-0.082X_7+0.214X_8+0.239X_9+0.305X_{10}+0.262X_{11}-0.139X_{12}-0.114X_{13}+0.300X_{14}-0.075X_{15}-0.090X_{16}-0.088X_{17}$$

$$F_2=-0.086X_1+0.043X_2+0.103X_3-0.023X_6-0.014X_7+0.039X_8+0.006X_9-0.076X_{10}-0.013X_{11}+0.012X_{12}-0.013X_{13}-0.179X_{14}+0.333X_{15}+0.325X_{16}+0.405X_{17}$$

$$F_3=0.476X_1+0.208X_2-0.474X_3-0.022X_6-0.018X_7-0.060X_8-0.098X_9-0.001X_{10}-0.009X_{11}+0.050X_{12}+0.013X_{13}-0.049X_{14}-0.002X_{15}+0.018X_{16}-0.188X_{17}$$

$$F_4=-0.046X_1+0.013X_2-0.002X_3+0.497X_6+0.518X_7+0.054X_8+0.028X_9-0.084X_{10}-0.064X_{11}-0.003X_{12}+0.035X_{13}-0.067X_{14}-0.029X_{15}-0.014X_{16}-0.003X_{17}$$

$$F_5=0.029X_1-0.061X_2-0.063X_3+0.002X_6+0.041X_7-0.061X_8-0.032X_9-0.104X_{10}-0.088X_{11}+0.600X_{12}+0.582X_{13}-0.059X_{14}-0.001X_{15}+0.015X_{16}+0.022X_{17}$$

表7　　Logistic回归结果

因子	参数估计	Wald统计量	Sig.
F_1	−1.163	4.964	0.026**
F_2	−2.428	9.169	0.002***
F_3	−1.458	4.218	0.040**
F_4	−1.022	4.116	0.042**
F_5	−0.628	2.924	0.087*
常量	−0.653	1.941	0.164
Hosmer−Lemeshow拟合优度检验	卡方	自由度	Sig.
	9.034	8	0.339

上述Logistic回归方程中，所有因子变量与企业发生财务危机的概率(P)负相关，结合数据正向化处理规则和因子得分系数可以得出：公司负债规模越适度、现金流量越充足、资产运营效率越高以及盈利能力越强，发生财务危机的可能性越小，这符合经济常识。此外，在上市公司发生财务危机的t−3年，发展能力指标的危机预测作用相对较弱，主要应关注企业现金流量能力、偿债能力、营运能力和盈利能力指标，尤其是现金流量能力指标。

从模型的Hosmer−Lemeshow检验来看，在$\alpha=0.05$的显著性水平上，预警模型的Sig.为0.339 > 0.05，可以认为构建的财务危机预警模型具有较好的拟合优度。

四、模型分割点选择

Logistic模型分割点是用来判断企业是否会陷入财务危机的标准，当模型计算出的概率值大于设定的分割值时，可以判断企业将会陷入财务危机，小于则反之。从统计学的角度讲，对于任何分割点的选取，Logistic模型都会犯两类错误，即Ⅰ类错误(误拒错误)和Ⅱ类错误(误受错误)。Ⅰ类错误是将危机公司误判为健康公司，Ⅱ类错误是将健康公司误判为危机公司。分割点的确定直接影响到Ⅰ类错误率和Ⅱ类错误率：如果分割点设定得过低，容易将非财务危机公司误判为财务危机公司，增加Ⅱ类错误率；如果分割点设定得过高，容

易将财务危机公司判为非财务危机公司，增加Ⅰ类错误率。Ⅰ类错误率降低必然导致Ⅱ类错误率上升，Logistic回归模型因此在理论上不存在“最优”分割点。

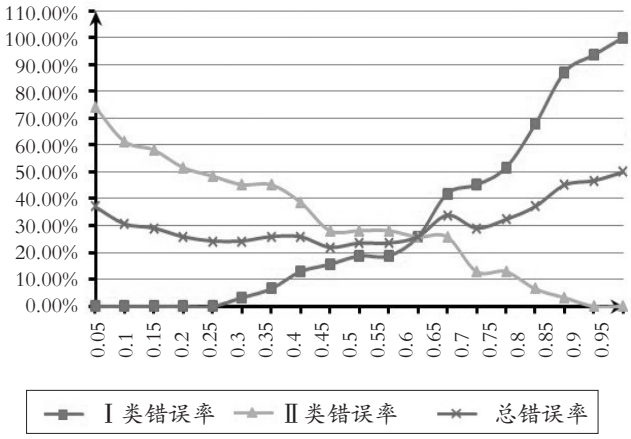
但现实中，两类错误都会产生错误成本。Ⅰ类错误会导致决策者对公司财务盲目乐观，容易做出错误的决策，遭受巨大损失，误判成本非常高；Ⅱ类错误会令投资者和债权人提高警惕，做出谨慎的决策，对于他们来说，这最多可能只是失去一个投资机会。而对公司管理者来说，财务危机预警信号会使他们及时发现并应对管理中存在的问题，从而改善公司财务状况，避免公司真正陷入财务危机。显然，Ⅰ类错误的成本要远远高于Ⅱ类错误成本，应该在降低总体错误率的同时控制Ⅰ类错误率。

因此，在选取模型分割点时，不能简单以0.5作为模型的分割点，而应该考虑模型的两类错误率和错误成本，对建模样本选取使模型总错误率最低且Ⅰ类错误率低于Ⅱ类错误率的分割点作为Logistic模型的最优分割点。

本文采用这种方法，在0～1之间以0.05为间距设定不同分割点，分析随着分割点的变化，Logistic回代检验两类错误率及总错误率的变化情况。

表8　　回代检验两类错误率分析表

分割点	Ⅰ类错误率	Ⅱ类错误率	总错误率	分割点	Ⅰ类错误率	Ⅱ类错误率	总错误率
0.05	0.00%	74.20%	37.10%	0.55	18.75%	28.13%	23.44%
0.10	0.00%	61.30%	30.65%	0.60	25.80%	25.80%	25.80%
0.15	0.00%	58.10%	29.05%	0.65	41.90%	25.80%	33.85%
0.20	0.00%	51.60%	25.80%	0.70	45.20%	12.90%	29.05%
0.25	0.00%	48.40%	24.20%	0.75	51.60%	12.90%	32.25%
0.30	3.20%	45.20%	24.20%	0.80	67.70%	6.50%	37.10%
0.35	6.50%	45.20%	25.85%	0.85	87.10%	3.20%	45.15%
0.40	12.90%	38.70%	25.80%	0.90	93.50%	0.00%	46.75%
0.45	15.63%	28.13%	21.88%	0.95	100.00%	0.00%	50.00%
0.50	18.75%	28.13%	23.44%				



回代检验两类错误率分析图

根据上述图表可以看出：p在0.45处时，总错误率曲线到达最低点，且Ⅰ类错误率低于Ⅱ类错误率，该点（p=0.45）即为依据本文样本构建的预警模型的最优分割点。

为了检验预警模型的预测能力，本文将检验样本的22家公司数据代入预警模型，计算上市公司发生财务危机的概率值。如果概率值大于0.45则判断公司将会发生财务危机，反之则判断不会发生财务危机，据此得出判定结果（表9）。

表9　　检验样本预测结果

实际类型	预测类型		准确率
	非ST公司	ST公司	
非ST公司	9	2	81.82%
ST公司	2	9	81.82%
总体准确率	81.82%		

判定结果显示：11家ST公司和11家非ST公司均只有2家错判，总体判定准确率达81.82%，说明构建的T-3年预警模型的预测效果较理想。

五、研究结论

综合以上分析，本文得到如下研究结论：

第一，两类错误的成本存在很大差异，Logistic财务预警模型分割点的选择应该考虑模型的两类错误率和错误成本，选取使模型总错误率最低且Ⅰ类错误率低于Ⅱ类错误率的概率值作为Logistic模型的分割点。

第二，指标筛选结果表明，危机发生前3年，健康公司和危机公司在偿债能力指标、营运能力指标、盈利能力指标、发展能力指标和现金流量能力指标上表现出明显的差异。

第三，模型预测结果表明，基于因子分析及Logistic回归构建的预警模型具有很好的预测能力。

第四，Logistic回归结果表明，负债规模越适度、现金流量越充足、资产运营效率越高以及盈利能力越强，公司发生财务危机的可能性越小。公司要特别关注现金流量，树立现金流量意识。

【注】本文系中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“石油工程企业财务预警机制研究”（项目编号：13CX06014B）的研究成果之一。

主要参考文献

1. 耿照源，章银燕.上市公司财务困境预测研究.统计与决策，2009；17

2. 孙芳城，彭晓等.上市公司财务困境预测模型评价.财会月刊，2010；8

3. 殷尹，梁樑等.财务困境概率贝叶斯估计. 系统工程理论方法应用，2004；13

4. 姜秀华，任强.上市公司财务危机预警模型研究.预测，2002；3

5. 白承彪.Logistic模型与Probit模型用于上市公司财务预警的比较.财会月刊，2010；33