

文章编号: 1001-0920(2006)03-0267-04

基于模糊识别与聚类的企业危机预警模型设计

孙星¹, 邱菀华¹, 唐葆君^{1,2}, 乔恒¹

(1. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100083; 2. 江西财经大学 金融学院, 南昌 330013)

摘要: 针对企业危机等级分类与识别问题, 建立了模糊环境下的目标判别函数, 提出了求解不同危机等级的最优模糊聚类中心、最优模糊识别矩阵与最优指标权重的 3 种模型表达式和相应求解算法, 最后用实例验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 模糊聚类; 模糊识别; 危机预警

中图分类号: F270.5

文献标识码: A

Model Design of Enterprise Crisis Early-warning Based on Fuzzy Recognition and Clustering

SUN Xing¹, QIU Wan-hua¹, TANG Bao-jun^{1,2}, QIAO Heng¹

(1. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100083, China; 2. Finance Schools, Jiangxi Economics and Financial University, Nanchang 330013, China. Correspondent: SUN Xing, E-mail: sunxing@sohu.com)

Abstract: To the problem of classification and recognition of enterprise crisis degree the objective recognition functions in fuzzy condition is established. Three models of enterprise crisis early-warning are designed respectively, in which the optimal fuzzy clustering center matrix, optimal fuzzy recognition matrix and optimal index weight under different crisis degree are solved. And three kinds of algorithm of fuzzy clustering center matrix, fuzzy recognition matrix and index weight are provided also. An empirical case shows the feasibility and validity of the method.

Key words: Fuzzy clustering; Fuzzy recognition; Crisis early-warning

1 引言

企业危机预警是对可能发生的、会影响企业生存发展的危害事件进行判断、报警的过程, 预警的关键是危机等级的识别。然而, 实际上企业生产经营活动十分复杂, 人们无法全面、准确地辨别出企业的真实状态, 只能依靠一些特征来判断其所属类别。

危机类别是表示不同风险效应的一种人为等分, 它是一个模糊概念。应用模糊识别与聚类来处理具有模糊类别评判的问题, 可以较容易地刻划出事物本质, 并与客观实际相符。国际上将模糊识别与聚类的方法应用于企业危机预警非常少见, 但在其他领域已有广泛的应用。Derrig 等在保险和金融风险

分析中采用了聚类与识别方法^[1]; Xu 等研究了棉花、纤维品质的聚类与识别问题^[2~4]。在国内, 胡一朗探讨了金融危机预警中模糊识别的方法, 并用 1997 年东南亚金融危机检验了预警效果^[5]; 刘耀年等提出了一种短期负荷预测的模糊识别与聚类的方法^[6]; 翁少群等提出了基于模糊模式识别的房地产市场发展阶段的判别方法^[7]。

2 特征描述

描述企业经营状况的指标很多, 涉及财务、组织结构、人力资源、竞争力、营销、创新等各个方面。这些指标统称为企业的特征观察值, 企业危机预警的目的就是要根据这些指标值确定企业的危机状

收稿日期: 2005-01-26; 修回日期: 2005-05-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(70372011); 高校博士点专项科研基金项目(20030006009)。

作者简介: 孙星(1967—), 男, 安徽泾县人, 高级工程师, 博士, 从事风险决策的研究; 邱菀华(1946—), 女, 江西临川人, 教授, 博士生导师, 从事决策理论、项目管理的研究。

态 设有 n 个企业样本组成的样本集, 每个样本有 m 个特征指标, 则指标特征矩阵可表示为

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} = (x_{ij})_{m \times n} \quad (1)$$

式中: x_{ij} 为样本 j 指标 i 的特征值, $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$. 由于 m 个指标的特征值存在量纲量级上的差异, 为了消除指标特征值之间量纲的影响, 用如下公式对其进行规格化处理:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \text{ OR } r_{ij} = \frac{X_{i\max} - X_{ij}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (2)$$

式中: $X_{i\max}$ 为第 i 个指标的最大特征值; $X_{i\min}$ 为第 i 个指标的最小特征值; r_{ij} 为 x_{ij} 的规格化值, 且 $0 \leq r_{ij} \leq 1$.

1. 由式(2) 可将式(1) 化为相对隶属度矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} = (r_{ij})_{m \times n} \quad (3)$$

若企业样本集依据经营状态的好坏按轻重分为 c 个等级, 则所有样本组成的模糊识别矩阵为

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ u_{c1} & u_{c2} & \dots & u_{cn} \end{bmatrix} = (u_{hj})_{c \times n} \quad (4)$$

式中: u_{hj} 表示样本 j 归属于 h 类的相对隶属度, $h = 1, 2, \dots, c, j = 1, 2, \dots, n$. 设样本 j 完全属于 h 类的隶属度为 1, 完全不属于 h 类的隶属度为 0, 则式(4) 满足如下条件:

$$0 \leq u_{hj} \leq 1, \sum_{h=1}^c u_{hj} = 1, u_{hj} > 0 \quad (5)$$

设 S_{jh} 为类别 h 指标 i 的特征值的聚类中心, 则 c 个类别的模糊聚类中心矩阵为

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1c} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2c} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mc} \end{bmatrix} = (S_{ih})_{m \times c} \quad (6)$$

3 企业危机预警模型设计

如果考虑企业经营指标的重要性程度存在区别, 则各指标的权向量为

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m), \quad w_i = 1 \quad (7)$$

聚类样本 j 与类别 h 的特征值聚类中心之间的差异可用广义欧氏权距离表示, 即

$$w_i(r_j - s_{ih}) = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^p \right\}^{1/p}, \quad (8)$$

其中 p 为距离参数 为了更加完善地描述聚类样本 j 与类别 h 间的差异, 将样本 j 归属于类别 h 的相对隶属度 u_{hj} 定义为广义欧氏权距离的权重, 于是加权广义欧氏权距离为

$$d(r_j, s_h) = u_{hj} w_i(r_j - s_h) \quad (9)$$

为达到求解最优模糊识别矩阵、最优模糊聚类中心矩阵和最优指标权重的目的, 建立模糊环境下的目标函数

$$\min \{ F = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj} \left[\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^p \right]^{1/p} \right\}^2 \} \quad (10)$$

它表示聚类样本集对于全体类别加权广义欧氏权距离平方和最小 当 $p = 2$ 时, 式(10) 变为

$$\min \{ F = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj}^2 \left[\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 \right] \right\} \} \quad (11)$$

3.1 设已知企业模糊识别矩阵 U , 指标权重向量 W , 求解最优模糊聚类中心 S

如果没有直接给出模糊识别矩阵 U 和指标权重向量 W , 通常可通过调查问卷法、德尔菲法或层次分析法等方法确定 当 u_{hj} 和 w_i 直接给出时, 但此时式(11) 中的 s_{ih} 为未知数, 则目标函数可表示为

$$\min \{ F(s_{ih}) \} = \sum_{h=1}^c \min \left\{ \sum_{j=1}^n \left\{ u_{hj}^2 \left[\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 \right] \right\} \right\}, \quad (12)$$

$$\frac{dF(s_{ih})}{ds_{ih}} = 2 \sum_{j=1}^n u_{hj}^2 w_i^2 s_{ih} - 2 \sum_{j=1}^n u_{hj}^2 w_i^2 r_{ij} = 0, \quad (13)$$

$$s_{ih} = \frac{\sum_{j=1}^n u_{hj}^2 r_{ij}}{\sum_{j=1}^n u_{hj}^2} \quad (14)$$

3.2 给出企业指标权重向量 w , 模糊聚类中心矩阵 S , 求解最优模糊识别矩阵 U

此时目标函数(11) 可表示为

$$\min \{ F(u_{hj}) \} = \sum_{j=1}^n \min \left\{ \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj}^2 \left[\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 \right] \right\} \right\} \quad (15)$$

根据等式约束条件(5), 构造拉格朗日函数

$$L(u_{hj}, \lambda) = \sum_{h=1}^c \sum_{j=1}^n \left\{ u_{hj}^2 \left[\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 \right] \right\} - \lambda \left(\sum_{h=1}^c u_{hj} - 1 \right), \quad (16)$$

$$\frac{\partial L(u_{hj}, \lambda)}{\partial u_{hj}} = 2u_{hj} \sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 - \lambda = 0, \quad (17)$$

$$\frac{\partial (u_{hj}, \lambda)}{\partial \lambda} = \sum_{h=1}^c u_{hj} - 1 = 0 \quad (18)$$

由式(17)和(18)得^[9]

$$u_{hj} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{[w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2}{\sum_{k=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ik})]^2}} \quad (19)$$

因此, 根据最大隶属原则可以判别企业危机状态所属类别

3.3 已知样本企业模糊识别矩阵U, 模糊聚类中心矩阵S, 求解最优指标权重W

此时, 目标函数(11)可表示为

$$\min \{F(w_i)\} = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj}^2 \sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 \right\} \quad (20)$$

为求解最优指标权重, 依据等式约束条件(7), 构造拉格朗日函数

$$L(w_i, \lambda) = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c u_{hj}^2 \sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - s_{ih})]^2 - \lambda \left(\sum_{i=1}^m w_i - 1 \right), \quad (21)$$

$$\frac{\partial (w_i, \lambda)}{\partial w_i} = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c [u_{hj}(r_{ij} - s_{ih})]^2 - \lambda = 0, \quad (22)$$

$$\frac{\partial (w_i, \lambda)}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^m w_i - 1 = 0 \quad (23)$$

由式(22)和(23)得^[9]

$$w_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \frac{[u_{kj}(r_{ij} - s_{ih})]^2}{\sum_{k=1}^m [u_{kj}(r_{ij} - s_{kh})]^2}} \quad (24)$$

3.4 设已知指标权重向量W, 求解样本企业最优模糊识别矩阵U和最优模糊聚类中心矩阵S

当已知指标权重W时, 目标函数(11)中的 u_{hj} 和 s_{ih} 均为未知数, 此时式(14)和(19)组成循环迭代公式, 求解步骤如下:

- Step 1: 给定S和U所要求的计算精度 ϵ_1 和 ϵ_2
- Step 2: 构造一个满足约束条件(5), 矩阵元素不全相等的初始模糊聚类中心矩阵 (s_{ih}^0) .
- Step 3: 将 (s_{ih}^0) 代入式(19), 求解对应的初始 (u_{hj}^0) .
- Step 4: 将 (u_{hj}^0) 代入式(14), 求一次近似模糊聚

类中心矩阵 (s_{ih}^1) .

Step 5: 将 (s_{ih}^1) 代入式(19), 求一次近似模糊识别矩阵 (u_{hj}^1) .

Step 6: 逐个比较 (u_{hj}^1) 与 (u_{hj}^0) 的对应元素, 若对应元素的最大差值的绝对值大于所要求的计算精度 ϵ_1 , 即 $\max |u_{kj}^1 - u_{kj}^0| > \epsilon_1$, 则进行第2次循环迭代; 若 $\max |u_{kj}^1 - u_{kj}^0| \leq \epsilon_1$, 则逐个比较 (s_{ih}^1) 与 (s_{ih}^0) 的对应元素, 若对应元素的最大差值的绝对值大于所要求的计算精度 ϵ_2 , 即 $\max |s_{ik}^1 - s_{ik}^0| > \epsilon_2$, 则进行第2次循环迭代; 若 $\max |s_{ik}^1 - s_{ik}^0| \leq \epsilon_2$, 则迭代结束, (u_{hj}^1) 和 (s_{ih}^1) 可作为满足精度要求的计算结果. 因此, 求解最优模糊识别矩阵U和最优模糊聚类中心矩阵S迭代结果的条件为

$$\begin{aligned} \max |u_{kj}^l - u_{kj}^{l-1}| &\leq \epsilon_1, \\ \max |s_{ik}^l - s_{ik}^{l-1}| &\leq \epsilon_2, \end{aligned}$$

其中l为循环迭代次数

3.5 设已知模糊识别矩阵U, 求解最优指标权重向量W和最优模糊聚类中心矩阵S

当已知模糊识别矩阵U时, 目标函数(11)中的 w_i 和 s_{ih} 均为未知数, 具体步骤如下:

Step 1: 根据给定的模糊识别矩阵U, 由式(19)计算出最优模糊聚类中心矩阵S;

Step 2: 将模糊识别矩阵U和模糊聚类中心矩阵S代入式(24), 得出最优指标权重W.

3.6 设已知模糊聚类中心矩阵S, 求解最优指标权重向量W和最优模糊识别矩阵U

当已知模糊聚类中心矩阵S时, 目标函数(11)中的 u_{hj} 和 w_i 均为未知数, 此时式(14)和(24)组成循环迭代公式, 可用类似3.4节的迭代方法求解最优模糊识别矩阵U和最优指标权重向量W.

4 实例研究

企业财务危机预警是以现有的财务指标为基础, 依靠数学模型来预测企业财务危机发生的可能性. 在2003年深沪股市随机选择24家公司的财务数据(见表1)作为训练样本, 另外选择3家公司作为测试样本. 在进行财务指标显著性及相关性分析后, 选择流动比率、资产负债率、应收账款周转率、应付账款周转率、主营业务利润率、净资产收益率6项作为财务预警指标. 危机等级分为正常状态、不确定状态、危机状态3种.

4.1 计算模糊隶属度

为求出模糊识别矩阵, 首先聘请有关专家对24家公司的财务状况进行评估打分; 然后统计结果并进行综合平均, 得出每家公司经营状态危机等级模糊隶属度, 如表1所示.

表1 训练样本的原始特征值和经营状态模糊隶属度

股票代码	股票名称	流动比率	资产负债率	应收账款周转率	应付账款周转率	主营业务利润率	净资产收益率	正常状态	不确定状态	危机状态
600766	ST 烟发	1.079	66.2	5.181	6.784	-34.54	-30.56	0.02	0.1	0.88
000561	ST 长岭	1.115	63.05	2.633	1.376	-53.45	-49.25	0.01	0.08	0.92
600053	ST 江纸	1.211	76.12	1.283	6.479	-97.93	-58.75	0	0.05	0.95
600137	ST 长控	0.329	64.8	1.732	0.601	-37.97	-12.35	0.08	0.15	0.77
000618	ST 吉化	0.554	72.99	5.286	17.19	-15.13	-37.68	0.03	0.12	0.85
600893	ST 吉发	1.297	59.68	6.146	9.797	-16.13	-24.52	0.05	0.35	0.6
000656	ST 东源	0.791	64.73	2.062	1.552	-10.03	-14.11	0.09	0.36	0.55
000699	ST 佳纸	1.127	70.52	1.018	0.642	-9.54	-5.73	0.1	0.4	0.5
000025	ST 特力A	0.705	78.8	8.149	14.426	0.73	2.86	0.15	0.65	0.2
600760	ST 黑豹	2.927	22.66	1.601	2.748	-18.39	-6.71	0.1	0.5	0.4
600769	ST 祥龙	0.982	24.15	3.309	4.948	-11.27	-5.5	0.1	0.48	0.42
000628	倍特高新	1.194	67.32	6.81	20.151	0.64	0.83	0.3	0.4	0.3
600784	ST 鲁银	1.063	60.8	0.707	17.282	4.24	0.72	0.3	0.5	0.2
600689	上海三毛	1.424	51.06	5.606	11.53	0.19	0.26	0.17	0.52	0.41
000404	华意压缩	2.018	43.41	1.391	3.306	0.49	0.17	0.3	0.4	0.3
600839	四川长虹	2.921	27.7	4.045	3.903	0.93	0.68	0.4	0.5	0.1
600135	乐凯胶片	4.268	16	18.24	10.463	21.92	14.44	0.9	0.1	0
600112	长征电器	2.257	30.12	1.21	1.765	5.55	1.9	0.7	0.25	0.15
600750	江中药业	5.306	13.8	5.292	6.584	11.34	7.69	0.75	0.2	0.05
600772	石油龙昌	1.72	21.07	4.394	11.508	4.71	1.75	0.68	0.25	0.12
600523	贵航股份	1.437	47.13	2.264	4.344	5.39	4.79	0.6	0.3	0.1
600133	东湖高新	1.983	43.24	1.288	2.993	10.34	7.87	0.65	0.3	0.05
000983	西山煤电	2.791	28.51	3.494	18.633	12.65	8.61	0.85	0.13	0.02
600855	航天长峰	1.673	33.76	4.705	11.781	15.13	10.53	0.8	0.19	0.01

注:数据来源:上海证券之星 /http://www.stockstar.com/home.htm

表2 企业危机测试样本

股票代码	股票名称	流动比率	资产负债率	应收账款周转率	应付账款周转率	主营业务利润率	净资产收益率
600182	ST 桦林	0.859	66.83	1.364	3.015	-20.55	-23.4
000718	ST 吉纸	0.974	56.77	3.557	3.843	0.53	0.36
000709	唐钢股份	1.239	48.86	16.641	9.722	9.07	13.31

4.2 计算模糊聚类中心矩阵

对24家公司的指标数据进行归一化处理,其中参数 $m=6, n=24, c=3$ 根据式(14)得出3种状态的模糊聚类中心矩阵 S 为

$$S = \begin{bmatrix} 0.4868 & 0.2524 & 0.1441 \\ 0.2435 & 0.5527 & 0.7725 \\ 0.2925 & 0.1840 & 0.1476 \\ 0.4530 & 0.4068 & 0.3007 \\ 0.9073 & 0.7919 & 0.5040 \\ 0.9001 & 0.7734 & 0.3886 \end{bmatrix}$$

4.3 判别测试样本类别

选取2003年3家上市公司作为测试样本,其财

务数据如表2所示

假设各指标权重相同,根据式(19),计算出3家公司属于3种危机等级的隶属度 U 如表3所示

表3 测试样本企业危机隶属度

股票代码	股票名称	正常状态	不确定状态	危机状态
000182	ST 桦林	0.0637	0.1899	0.7464
000718	ST 吉纸	0.1403	0.6694	0.1903
000709	唐钢股份	0.4083	0.3935	0.1982

由隶属度可以判断ST桦林属于危机状态,ST吉纸属于不确定状态,唐钢股份属于正常状态

(下转第275页)

计的可行性和有效性 由于混杂系统着眼于连续和离散并存框架下的研究, 将其应用于数字化复杂制造系统领域是一个很有意义的学科前沿问题

参考文献(References)

- [1] Jayaram U, Kim Yougjun, Jayram S, et al Reorganizing CAD Assembly Models (as-designed) for Manufacturing Simulations and Planning (as-built) [J]. *Trans of the ASME J of Computing and Information Science in Engineering*, 2004, 4(2): 98-108
- [2] Mok SM, Wu CH, Lee D T. Modeling Automatic Assembly and Disassembly Operations for Virtual Manufacturing [J]. *IEEE Trans on Systems, Man, Cybernetics, Part A*, 2001, 31(3): 223-232
- [3] 沈梅, 何小朝, 张铁昌 基于装配特征的装配建模[J]. *中国机械工程*, 2001, 12(9): 1025-1029
(Shen M, He X Z, Zhang T C. Assembly Modeling Based on Assembly Feature [J]. *China Mechanical Engineering*, 2001, 12(9): 1025-1029.)
- [4] Ahmadi R H, Kouvelis P. Design of Electronic Assembly

- Lines: An Analytical Framework and Its Application [J]. *European J of Operational Research*, 1999, 115(1): 113-137.
- [5] 郑刚, 谭民, 宋永华 混杂系统的研究进展[J]. *控制与决策*, 2004, 19(1): 7-11.
(Zheng G, Tan M, Song Y H. Research on Hybrid Systems: A Survey [J]. *Control and Decision*, 2004, 19(1): 7-11.)
- [6] 吴锋, 刘文煌, 郑应平 混杂系统研究综述[J]. *系统工程*, 1997, 15(2): 1-5
(Wu F, Liu W H, Zheng Y P. An Overview on Hybrid System Research [J]. *Systems Engineering*, 1997, 15(2): 1-5.)
- [7] Blondel V D, Tsitsiklis J N. Complexity of Stability and Controllability of Elementary Hybrid Systems [J]. *Automatica*, 1999, 35(3): 479-489
- [8] Heymann M, Lin F, Meyer G. Synthesis and Viability of Minimally Interventive Legal Controllers for Hybrid Systems [J]. *Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Applications*, 1998, 8(2): 105-135

(上接第 270 页)

5 结 语

企业危机等级判别具有不确定性, 属于模糊识别问题 为了有效辨别危机状态, 本文建立了模糊环境下的目标判别函数, 提出了求解不同危机等级的最优模糊聚类中心、最优模糊识别矩阵和最优指标权重的算法 研究分析表明, 运用模糊识别与聚类的方法可以有效、准确地判别企业危机 但是, 任何方法都有它的局限性, 影响模型精度的因素可能来源于样本选取、特征指标确定、权重分布和隶属度判断等几个方面

参考文献(References)

- [1] Xu B, Fang C, Watson M D. Clustering Analysis for Cotton Trash Classification [J]. *Textile Research J*, 1999, 69(2): 656-662
- [2] Huang C C, Chen I C. Neural-fuzzy Classification for Fabric Defects [J]. *Textile Research J*, 2001, 71(3): 220-224
- [3] Jeffrey K C, Shih C Y. Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by a Fuzzy C-Means Clustering Method [J]. *Textile Research J*, 2004, 74(2): 107-111
- [4] Derrig Richard A. Fuzzy Techniques of Pattern Recognition in Risk and Claim Classification [J]. *The J of Risk and Insurance*, 1995, 62(9): 447-482
- [5] 胡一朗 模糊模式识别法在金融危机预警中的应用[J].

锦州师范学院学报, 2000, 21(4): 50-53

- (Hu Y L. The Application of Fuzzy Recognition Model for the Early Warning of the Financial Crisis [J]. *J of Jinzhou Teachers College*, 2000, 21(4): 50-53.)
- [6] 刘耀年, 伏祥运, 张文生 基于模糊识别与模糊聚类理论的短期负荷预测[J]. *电工技术学报*, 2002, 17(5): 84-87.
(Liu Y N, Fu X Y, Zhang W S. Short Term Load Forecasting Method Based on Fuzzy Pattern Recognition and Fuzzy Cluster Theory [J]. *J of Electrician Technology*, 2002, 17(5): 84-87.)
- [7] 翁少群, 张红 基于模糊模式识别理论的中国房地产市场发展阶段判别研究[J]. *土木工程学报*, 2004, 37(5): 96-100
(Weng S Q, Zhang H. A Study of Determination For the Development Stage of China Real Estate Market Based on the Fuzzy Recognition Theory [J]. *J of Building Engineer*, 2004, 37(5): 96-100.)
- [8] Benzing Cynthia Using Discriminant Analysis to Predict Financial Distress [J]. *Int Advances in Economics Research*, 2000, 6(3): 591-593
- [9] 陈守煜. *工程模糊集理论与应用* [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998
(Cheng S Y. *Engineer Fuzzy Set Theory and Application* [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1998.)