

文章编号: 1001-0920(2006)12-1429-03

基于信用级别的银行信贷优化模型

于兆吉¹, 郭亚军²

(1. 沈阳工业大学 管理学院, 沈阳 110023; 2 东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

摘要: 建立了基于贴近度的信用等级评价模型, 在此基础上建立了具有模糊约束的多目标模糊规划模型, 用于优化商业银行信贷决策. 为了便于求解, 采用加权和方式将多目标问题转化为单目标问题, 运用容差法对模糊约束进行清晰化. 最后通过实例运算验证了该模糊规划模型的有效性 with 柔性.

关键词: 模糊集; 贴近度; 信用等级; 优化模型

中图分类号: F830.56

文献标识码: A

Credit Level Based Optimization Model for Bank Loan

YU Zhao-ji¹, GUO Ya-jun²

(1. College of Management, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China; 2 College of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China Correspondent: YU Zhao-ji, Email: shengchanjihua999@vip.sina.com)

Abstract: A similarity scale based evaluation model of credit level is established. Based on this model a multi-objective fuzzy programming model with fuzzy constraints is proposed to optimize decision for business bank loan. To make the problem easy to solve, a weighted addition mode is adopted to convert the multiobjective problem into a single objective problem, and the fuzzy constraints are converted into clear ones by the tolerance approach. The validity and the flexibility of the fuzzy programming model are validated by an example.

Key words: Fuzzy set; Similarity scale; Credit level; Optimal model

1 引言

信用评级模型为商业银行信贷决策提供重要的技术支持. 现有文献涉及企业信用评级、银行信贷风险的测量与控制的研究较多^[1~5], 当企业的信用评级确定后, 如何依据信用评级的结果进行信贷决策的优化研究却不多见. 传统的信用等级评价模型柔性不足, 刚性有余. 企业信用等级的评价不是完全绝对的, 具有一定的模糊性. 为此, 考虑用模糊数学中贴近度的思想进行信用等级评价.

模糊控制已广泛应用于工业过程控制等方面, 并取得了很大的成功^[6], 在经济管理中也逐渐受到重视^[7,8]. 然而, 模糊规划在信用风险控制方面的研究则较少. 为此, 本文在信用评级的基础上, 运用模糊规划方法对银行信贷实际问题进行优化控制. 这种方法符合信贷风险管理的经济特性.

2 信用评级模型

设 $\bar{X} = \{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m\}$ 为由 m 个信用等级 k 个评价指标组成的企业样本信用评价均值矩阵. 其中

$$\bar{x}_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}\}^T \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

为第 i 信用等级的企业样本中信用评价指标的均值向量, $j = 1, 2, \dots, k$, k 为信用评价指标的个数.

设 \bar{x}_1 为信用级最高的均值向量, 则可计算出其他信用级的各指标相对于其隶属度

$$\mu_{\bar{x}_1}(\bar{x}_{ij}) = 1 - \frac{|\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{1j}|}{\bar{x}_{1j}} = a_{ij},$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, k. \quad (1)$$

各信用等级评价指标均值的模糊向量为

$$\tilde{a} = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1k})^T, \tilde{a}_2 = (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2k})^T, \dots, \tilde{a}_m = (a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mk})^T.$$

将 \bar{x}_{1j} 代入式(1), 显然有 $\tilde{a}_1 = (1, 1, \dots, 1)^T$. 第 i 信

收稿日期: 2005-09-30; 修回日期: 2005-11-08

作者简介: 于兆吉(1975-), 男, 辽宁灯塔人, 博士后, 从事金融工程、智能优化算法的研究; 郭亚军(1952-), 男, 辽宁开原人, 教授, 博士生导师, 从事系统评价、决策支持等研究.

用等级评价指标均值的模糊向量 \tilde{a}_i 与最高信用等级评价指标均值的模糊向量 \tilde{a}_1 , 二者之间的贴近度 s_i 计算如下:

$$s(\tilde{a}_1, \tilde{a}_i) = \frac{2 \sum_{j=1}^k \min\{a_{1j}, a_{ij}\}}{a_{1j} + a_{ij}} = s_i \quad (2)$$

在信用评级所涉及的众多指标中, 运用 SPSS 进行分析, 最终选取 6 个指标, 即总资产周转率、总资产增长率、总资产报酬率、固定资产周转率、资产负债率、净利润增长率, 作为信用评级的重要因素

企业的信用等级通常可划分为 AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, CC, C 共 9 级. 为了便于描述, 将其分别定量为信用等级 1 ~ 信用等级 9. 以与 AAA 级 (信用等级 1) 企业的贴近度作为隶属度的界限, 可得出各信用等级的隶属函数, 如图 1 所示. 其中 $\mu_{\tilde{a}_i}(s_j)$ 表示企业 j 隶属于 i 信用级的隶属度

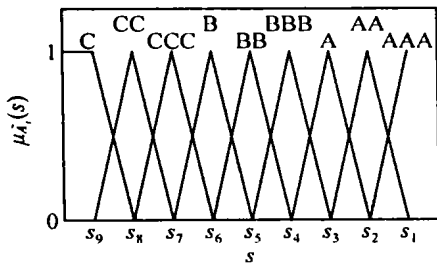


图 1 各信用等级的隶属度示意

由图 1 可以看出, 当某一企业 j 与 AAA 级企业的贴近度 s_j 确定后, 很可能隶属于两个信用等级. 为此, 给出信用等级第 1 隶属函数的定义如下:

$$\begin{cases} \text{level}^{(1)}(s_j) = k, i = 1, 2, \dots, m, \\ \mu_{\tilde{a}_k}(s_j) = \max\{\mu_{\tilde{a}_i}(s_j)\}. \end{cases} \quad (3)$$

信用等级第 2 隶属函数的定义如下:

$$\begin{cases} \text{level}^{(2)}(s_j) = z, i = 1, 2, \dots, m, i \neq k, \\ \mu_{\tilde{a}_z}(s_j) = \max\{\mu_{\tilde{a}_i}(s_j)\}. \end{cases} \quad (4)$$

其中 m 为信用等级总数

3 模糊规划模型的建立

考虑到各企业信用等级不同, 导致贷款损失概率 p_j 不同, 其概率分布采用 S 型函数, 计算公式如下:

$$p_j = \frac{1}{1 + \exp\{\eta + \eta[m - \mu_{\tilde{a}_k}(s_j) \times \text{level}^{(1)}(s_j) - \mu_{\tilde{a}_z}(s_j) \text{level}^{(2)}(s_j)]\}} \quad (5)$$

其中 η 和 η 为风险损失参数

输入企业有关信用等级和贷款损失概率组成的样本数据, 运用最小二乘法 (有关企业样本数据未列出), 最后得出 η 和 η 的估计值分别为 2.2 和

0.25

银行贷款时, 依据不同企业的信用级别, 约定不同的贷款利率 r_j , 其计算公式如下:

$$r_j = r_0 + \gamma [\mu_{\tilde{a}_k}(s_j) \text{level}^{(1)}(s_j) + \mu_{\tilde{a}_z}(s_j) \text{level}^{(2)}(s_j)] \quad (6)$$

其中: r_0 为基本贷款利率, γ 为利差参数. 显然, 企业信用级别越高, 贷款利率越低. 这里取 $r_0 = 0.03, \gamma = 0.005$.

有了上述设定, 便可建立如下模糊规划模型:

$$\min z_1 = \sum_{j=1}^n p_j x_j, \quad (7)$$

$$\max z_2 = \sum_{j=1}^n r_j x_j, \quad (8)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j=1}^n x_j \leq D, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^q x_j \leq D_0, \quad (10)$$

$$x_j \leq v_j D, \quad (11)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

目标函数 (7) 和 (8) 分别追求银行信贷期望风险最小化和信贷收益最大化; 约束 (9) 要求贷款总量不得超过总限额; 约束 (10) 要求依据信用等级为企业制订贷款限额; 约束 (11) 要求国家鼓励优先发展类企业集贷款总额最低限度为 D_0 ; 约束 (12) 要求贷款额为非负. 其中

$$v_j = [v_{jl}, v_{jl} + f(v_{jl})], j = 1, 2, \dots, n$$

模糊约束的隶属函数定义如下:

$$\mu_{\tilde{v}_j}(x_j) = \begin{cases} 1, & x_j \leq v_j D; \\ \frac{v_j D + f(v_{jl})D - x_j}{f(v_{jl})D}, & v_j D < x_j < v_j D + f(v_{jl})D; \\ 0, & x_j > v_j D + f(v_{jl})D. \end{cases} \quad (13)$$

v_{jl} 的计算公式如下:

$$\begin{cases} v_{jl} = \mu_{\tilde{a}_k} v^{(k)} + \mu_{\tilde{a}_z} v^{(z)}, \\ k = \text{level}^{(1)}(s_j), z = \text{level}^{(2)}(s_j). \end{cases} \quad (14)$$

其中: $v^{(i)}$ 为第 i 信用等级的贷款基本比重限额; $f(v_{jl})$ 为模糊约束 j 的贷款比重最大容差, 其计算公式如下:

$$f(v_{jl}) = v_{jl}/n. \quad (15)$$

显然, 某信用等级越高, 它与最高信用级的贴近度越高, 贷款金额限制的最大容差越宽

4 模糊规划模型的转换

借鉴文献 [9] 提出的方法, 在约束集的 α -截集水平下, 满足对于 $\forall j, \mu_{\tilde{v}_j}(x_j) \geq \alpha$ 则式 (11) 可转化为

表 1 各信用等级贷款基本比重限额

信用等级	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C
信用级别值	1	2	3	4	5	6	7	8	9
基本比重限额 $v^{(i)}/\%$	30	25	20	15	13	10	5	4	3

表 2 基本数据计算结果

	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	企业 7	企业 8	企业 9	企业 10
类 型	鼓励	鼓励	鼓励	非鼓励	非鼓励	非鼓励	非鼓励	非鼓励	非鼓励	非鼓励
信用级别	(BBB, 0.6; BB, 0.4)	(AA, 0.1; A, 0.9)	(CCC, 0.8; CC, 0.2)	(AAA, 0.7; AA, 0.3)	(AA, 0.6; A, 0.4)	(BB, 0.3; B, 0.7)	(BB, 0.9; B, 0.1)	(CC, 0.8; C, 0.2)	(A, 0.4; BBB, 0.6)	(CC, 0.3; C, 0.7)
损失概率 $p_j/\%$	3.39	2.35	6.60	1.59	2.08	4.98	4.63	8.33	2.79	9.35
利率 $r_j/\%$	5.2	4.45	6.6	3.65	4.2	6.0	5.85	7.1	4.8	7.35
比重下限 $v_{ji}/\%$	14.2	20.5	4.8	28.5	23	10.9	12.7	3.8	17	3.3
最大容差 $f(v_{ji})/\%$	1.42	2.05	0.48	2.85	2.3	1.09	1.27	0.38	1.7	0.33

表 3 不同截集水平下银行信贷决策的最优解

α	W^*	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	企业 7	企业 8	企业 9	企业 10
1.0	50.34	7.10	10.25	0.65	14.25	11.50	0	0	0	6.25	0
0.8	50.70	7.24	10.46	0.30	14.54	11.73	0	0	0	5.74	0
0.6	51.02	7.34	10.66	0	14.82	11.96	0	0	0	5.22	0
0.4	51.07	7.14	10.87	0	15.11	12.19	0	0	0	4.71	0
0.2	51.12	6.93	11.07	0	15.39	12.42	0	0	0	4.19	0
0.0	51.18	6.73	11.28	0	15.68	12.65	0	0	0	3.68	0

$$x_j = v_j D + (1 - \alpha) f(v_{ji}) D, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (16)$$

原问题为多目标规划问题, 常用加权的形式加以处理^[10]. 为便于求解和讨论, 设 $\theta = 1 - \alpha$ 这样, 当 $\theta \in [0, 1]$ 确定后, 原模糊规划问题可转化为如下清晰的单目标规划问题:

$$\max W = \lambda_1 \sum_{j=1}^n r_j x_j - \lambda_2 \sum_{j=1}^n p_j x_j, \quad (17)$$

$$\text{s t } \sum_{j=1}^n x_j \leq D, \quad (18)$$

$$x_j \leq D_0, \quad (19)$$

$$x_j = v_j D + \theta f(v_{ji}) D, \quad (20)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \quad (21)$$

5 模糊规划模型的求解

假设银行贷款限额 $D = 50$ 亿元, 国家鼓励优先发展类企业集贷款总额最低限度 $D_0 = 18$ 亿元. 各信用等级贷款基本比重限额如表 1 所示. 各企业信用等级的隶属度直接列出, 如表 2 所示. 在信用级别的基础上, 按式 (5) 计算出贷款损失概率 p_j , 按式 (6) 计算出利率 r_j , 按式 (14) 计算出比重下限 v_{ji} , 按式 (15) 计算模糊约束 j 的最大容差 $f(v_{ji})$, 计算结果如表 3 所示.

这里取目标函数两部分的权重 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$. 运用上述银行信贷优化模型对表 2 中的数据进行计算, 得到不同截集水平 α 下银行信贷决策的最优解如表 3 所示. 企业 2, 4, 5, 9 的信用级别较高, 企业 1, 2, 3 为国家鼓励型企业, 实际发放贷款时应优先考虑.

可见, 表 3 的运算结果与实际吻合, 验证了该模糊规划方法的有效性. 从计算结果可以看出, 随着截集水平 α 的降低 (隶属度降低), 即模糊约束的条件放宽, 目标函数值逐渐提高. 这样可在不同个体企业贷款限额约束水平下, 为银行信贷决策提供支持, 体现了模糊规划方法的灵活性.

6 结 论

与传统的方法相比, 基于贴近度的信用等级评价方法更具有柔性, 也更符合信用评价的实际经济情况. 当信用评级结果确定后, 既含有定性的信息 (信用等级), 又包括定量的信息 (评价指标值), 如何综合利用这两类信息, 对提高银行信贷决策质量具有重要意义. 本文在这两类信息的基础上, 建立了多目标的模糊规划模型, 并对其进行单目标和清晰化转换, 使其更易于求解. 计算实例的运算结果与银行信贷实际相吻合, 验证了该方法的有效性.

(下转第 1436 页)

$\epsilon = 1, \gamma = 1, \eta_1 = 3, \eta_2 = 4$. 初始条件为: $x = [8 \ 0]^T, x_m = [1 \ 1]^T$.

系统跟踪误差曲线 $e(t)$ 和 Markovian 跳跃参数 r_i 轨迹如图 1 和图 2 所示. 仿真结果表明, 该非线性鲁棒跟踪控制器具有较好的跟踪性能.

5 结论

本文考虑一类带 Wiener 过程的不确定 Markov 跳跃线性系统的鲁棒跟踪和模型跟随问题. 通过构造一组非线性鲁棒状态反馈跟踪控制器, 可以确保不确定 Markov 跳跃线性系统的输出能跟踪参考模型的输出, 并且跟踪误差有界; 同时, 系统当 T 时是以扰动衰减系数 γ 鲁棒随机稳定的. 最后通过一个仿真示例说明了所设计的非线性鲁棒跟踪控制器具有较好的性能.

参考文献(References)

- [1] Michel M artion. *Jump Linear Systems in Automatic Control*[M]. New York: Marcel Dekker, 1990.
- [2] Gao J P, Huang B, Wang Z D. LM Fbased Robust H Control of Uncertain Linear Jump Systems with Time-delays[J]. *Automatica*, 2001, 37(7): 1141-1146.
- [3] Xu S Y, Chen T W, James L am. Robust H Filtering for Uncertain Markovian Jump Systems with Mode-dependent Time Delays [J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 2003, 48(5): 900-907.
- [4] Boukas E K, Peng Shi, Sing Kiong Nguang. Robust Control for Linear Markovian Jump Systems with Unknown Nonlinearities [J]. *J of Mathematical Analysis and Applications*, 2003, 282(1): 241-255.
- [5] Boukas E K, AlMuthairi N F. Constant Gain State Feedback Stabilization of Stochastic Hybrid Systems with Wiener Process [J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2004, 4: 333-345.
- [6] Topp T H, Schmitendorf W E. Design of Linear Controller for Robust Tracking and Model Following [J]. *J of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 1990, 112(44): 552-558.
- [7] Oucheriah S W. Robust Tracking and Model Following of Uncertain Dynamic Delay Systems by Memoryless Linear Controllers [J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1999, 44(7): 1473-1477.
- [8] Wu H S. Adaptive Robust Tracking and Model Following of Uncertain Dynamical Systems with Multiple Time Delays [J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 2004, 49(4): 611-616.

(上接第 1431 页)

参考文献(References)

- [1] Altman E I, Caouette J B, Narayanam P. Credit-risk Measurement and Management: The Ironic Challenge in the Next Decade [J]. *J of Financial Analysis*, 1998, 20: 1721-1742.
- [2] Jose A Lopez, Marc R Saidenberg. Evaluating Credit Risk Models [J]. *J of Banking and Finance*, 2004, 24: 151-165.
- [3] 庄新田, 黄小原. 银行信贷风险的测量与控制 [J]. *信息与控制*, 2001, 30(6): 570-575.
(Zhuang X T, Huang X Y. Measuring and Controlling Bank Credit Risk [J]. *Information and Control*, 2001, 30(6): 570-575.)
- [4] Michel Crouhy, Dan Galai, Robert Mark. A Comparative Analysis of Current Credit Risk [J]. *J of Banking and Finance*, 2000, 24(1): 59-117.
- [5] Michel B. A Comparative Anatomy of Credit Risk Models [J]. *J of Banking and Finance*, 2000, 24(1): 119-149.
- [6] 岳士弘, 李平. 一类广义模糊控制系统及其特征 [J]. *应用数学学报*, 2003, 26(3): 487-494.
(Yue S H, Li P. A Sort of Extensive Fuzzy Control and Properties [J]. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 2003, 26(3): 487-494.)
- [7] 吴柏林, 林玉钧. 模糊时间序列的分析与预测: 以台湾地区加权指数为例 [J]. *应用数学学报*, 2002, 25(1): 67-76.
(Wu B L, Lin Y J. Fuzzy Time Series Analysis and Forecasting: Taiwan Weighted Stock Index [J]. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 2002, 25(1): 67-76.)
- [8] 庄新路, 庄新田, 黄小原. 基于 VAR 风险指标的投资组合模糊优化 [J]. *数学的实践与认识*, 2003, 33(3): 35-40.
(Zhuang X L, Zhuang X T, Huang X Y. Fuzzy Optimization of Securities Composition on the Risk Target VAR [J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2003, 33(3): 35-40.)
- [9] 方述诚, 汪定伟. *模糊数学与模糊优化* [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 191-200.
(Fang S C, Wang D W. *Fuzzy Mathematics and Fuzzy Optimization* [M]. Beijing: Science Publisher, 1997: 191-200.)
- [10] Gerber M U, Kobler D. Algorithmic Approach to the Satisfactory Graph Partitioning Problem [J]. *European J of Operational Research*, 2001, 125(2): 283-291.