

基于模糊理论的智能呼叫决策系统的研究与设计^①

石东贤 洪毅 李锐 (浙江工业大学 软件学院 浙江 杭州 310023)

摘要: 针对呼叫系统中接入控制的决策问题,从影响呼叫客户重要性的四个因素出发,构造了客户重要程度评估集,并提出了在呼叫系统中基于模糊综合评判的呼叫评估方法及相关算法实现,较好地解决了处理客户呼叫的问题,然后设计了智能呼叫决策系统,最后通过与非智能化系统的损失量比较,验证了该智能决策系统的有效性和可行性。

关键词: 模糊理论 智能 因素 综合评判 呼叫决策系统 损失

Research and Design of Intelligent Calling Decision Making System Based on Fuzzy Theory

SHI Dong-Xian, HONG Yi, LI Rui

(Department of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: To address the decision making problems of arriving control in calling system, this paper starts from the four factors that have influenced the importance of calling customers. It builds a customer importance degree assessment set, and proposes a calling assessment method and related algorithm implementation based on fuzzy synthetic evaluation. It has solved the problem of treating calling customer by designing an intelligent calling decision making system according to this assessment method. At last, by analyzing the loss with non-intelligent system, this paper verifies the intelligent system's validity and feasibility.

Keywords: fuzzy theory; intelligent; factor; synthetic evaluation; calling decision making system

随着现代社会的迅猛发展,计算机技术已经成了社会各个行业的主要服务手段。社会公众的服务观念也随之发生了很大的变化,与发达国家相比,国内服务业发展程度信息化技术不够成熟,尤其是在基于硬件与软件结合的技术以及模糊理论技术等领域,服务业中的智能化程度比较薄弱,很多行业仍是采用传统的人工电话方式服务客户。这种服务方式已经不能满足对客户整体的高质量服务的要求,也不能进一步提高公司的企业效益和市场竞争力的要求。同时,当今世界各国都十分重视模糊产品的开发,在我国,科学家们也将模糊技术作为本国重点发展的关键技术。

目前很多学者对呼叫系统进行了软件和硬件方面的研究^[1-4],然而在呼叫系统非常忙碌或者非工作情况

下如何处理未接客户电话(这里也称呼叫接入控制问题^[5-7])却较少研究,这是一个非常重要的问题。本文讨论了使用模糊综合评判决策的理论,提出了在呼叫系统中基于模糊决策的呼叫评估方法,从而解决了该问题,最后根据评估方法设计了该智能呼叫决策系统。

1 基于模糊理论的呼叫评估方法

1.1 模糊理论概述

Zadeh 于 1965 年首先提出了模糊理论^[8]的概念。过去四十多年中,模糊理论已经在不确定性和模拟人类决策过程的问题上显示出优势。模糊理论在实际中的应用几乎涉及国民经济的各个领域,尤其在科学技术、经济管理、社会科学方面得到了广泛而又成

① 基金项目:浙江省“新苗人才计划”(2008R40G2020011)

收稿时间:2009-04-29

功的应用^[9,10]。

论域 U 上的模糊集合是用隶属度函数 $U(x)$ 来表征的, $U(x)$ 的取值范围是 $[0, 1]$ 。模糊集合是经典集合的一种推广, 它允许隶属度函数在区间 $[0, 1]$ 内任意取值。模糊综合评判决策是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法。设 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为 n 种因素(或指标), $V=\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 为 m 种评判, 对于 m 种评判并不是绝对地肯定或否定, 因此综合评判应该是 V 上的一个模糊子集。

$B=(b_1, b_2, \dots, b_m)$, 其中 b_j 反映了第 j 种评估 v 在综合评估中所占的地位, 综合评估依赖于各个因素的权重。

1.2 呼叫评估方法

智能呼叫评估采用模糊综合评估理论方法, 包括构造因素集, 评估集, 单因素评估, 综合评估和评估排序五个步骤, 具体如下:

(1) 评估客户呼叫重要性主要包括呼叫时间、呼叫位置、联系紧密程度和服务时态四个部分组成, 构造因素集 $U=\{u_1, u_2, u_3, u_4\}$, 其中 u_1 为距离时间, 表示呼叫时间与当前时间的差距, 距离越远对客户重要性影响越小; u_2 为地区, 表示呼叫号码的区号与呼叫中心所在地区的距离远近程度, 按照社会网络关系, 距离越远对客户重要性影响越小; u_3 为联系次数, 表示客户呼叫该中心的紧密程度, 越多对客户重要性影响越大; u_4 为服务时态, 表示呼叫时段对呼叫中心的重要程度, 这里分成四个类型, A 表示周末, B 表示工作日工作时间, C 表示工作日 18:00-24:00, D 表示 24:00-8:00, 它们对客户重要性的影响依次变大。

(2) 为了评估客户的重要性, 必须确定客户重要程度的评估集, 这里用 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 表示, 其中 v_1 表示很重要, v_2 表示较重要, v_3 表示不太重要, v_4 表示不重要。

(3) 对距离时间、地区、联系次数和服务时态四个影响因素进行单因素评判, 评估方法为每个因素中各种评判集隶属度的比例。设 $\varphi(k, c_i, u_j)$ 为客户 c_i 的影响因素 u_j 在第 k 次呼叫中对客户重要性的影响程度, 该方法的计算应根据因素的不同而有所不同, 如果为 u_1 , 则

$$\varphi(k, c_i, u_j) = \begin{cases} 1 - \frac{\text{time}(\text{cur}) - \text{time}(k)}{T}, & \text{if } (\text{time}(\text{cur}) - \text{time}(k)) < T \\ 0, & \text{if } (\text{time}(\text{cur}) - \text{time}(k)) \geq T \end{cases}$$

其中, $\text{time}(i)$ 表示第 i 次呼叫的时间, T 为一个时间标量; 如为 u_2 , 则

$$\varphi(k, c_i, u_j) = \begin{cases} 1 - \frac{\text{dist}(\text{cur}) - \text{dist}(k)}{D}, & \text{if } (\text{dist}(\text{cur}) - \text{dist}(k)) < D \\ 0, & \text{if } (\text{dist}(\text{cur}) - \text{dist}(k)) \geq D \end{cases}$$

其中 $\text{dist}(i)$ 表示第 i 次呼叫的位置与呼叫中心的距离, D 为一个距离标量; 如为 u_3 , 则

$$\varphi(k, c_i, u_j) = \begin{cases} 1 - \frac{\text{con}(c_i)}{C}, & \text{if } \text{con}(c_i) < C \\ 0, & \text{if } \text{con}(c_i) \geq C \end{cases}$$

其中 $\text{con}(c_i)$ 表示客户总的呼叫次数, C 为一个联系次数标量; 如为 u_4 , 则表示客户 c_i 第 k 次呼叫时的服务时态影响程度值, 用呼叫时间与服务时态的时间距离来衡量。 w_{ij} 为因素 i 对评估集 v_j 的隶属度, 计算方法如下:

$$w_{i,j} = \frac{\sum_{l=1}^{l=n} \sum_{k=1, \varphi \in v_j}^{k=m_i} \varphi(k, c_l, u_i)}{\sum_{l=1}^{l=n} \sum_{k=1}^{k=m_i} \varphi(k, c_l, u_i)} \in [0, 1]$$

其中, n 表示客户总数量, m_i 表示客户 c_i 的呼叫次数。

按照上述计算方法可得如下单因素向量, 每个向量中的每个数据:

$$\begin{aligned} u_1 &\mapsto (w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}) \\ u_2 &\mapsto (w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{24}) \\ u_3 &\mapsto (w_{31}, w_{32}, w_{33}, w_{34}) \\ u_4 &\mapsto (w_{41}, w_{42}, w_{43}, w_{44}) \end{aligned}$$

由上述单因素评估, 可诱导出模糊关系 $R_j = R$, 得单因素评估矩阵:

$$R = \begin{Bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & w_{24} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & w_{34} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & w_{44} \end{Bmatrix}$$

(4) 综合评估。根据客户呼叫信息库求得每类客户对各因素所持有的权重分别为:

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}), i \in [1, 4]$$

选择合理的合成方法, 如采用模型 $M(\wedge, \vee)$ ^[9] 计算可得客户 i 的综合评估为:

$B_i = A_i \circ R$, 其中 $b_{ij} = \bigvee_{k=1}^{k=4} (w_{ik} \wedge a_{kj})$, \circ 表示向量与矩阵相乘, \vee 表示选取较大值, \wedge 表示选取较小值。

(2) 评估管理模块设置客户黑名单, 过滤客户呼叫信息库中的黑名单;

(3) 评估管理模块设置评估集、合成方法和排序方法;

(4) 模糊分析模块模糊化过滤后的客户呼叫信息库, 并确定单因素评估集和客户对各个因素的权重;

(5) 模糊评估模块利用模糊综合评判方法评估每个客户的重要程度;

(6) 根据设定的排序方法确定排序后的客户集。

根据以上评判结果, 呼叫系统可以根据客户的重要程度选择未接来电客户或者大规模并发客户, 实现呼叫的智能化处理。

2.4 关键算法实现

本系统的关键部分为呼叫评估算法 Fuzzy Evaluation, 其算法实现如下(c 语言):

```
void FuzzyEvaluation(int x,
double a[MatrixRows][MatrixCols],
double b[CustomerNum][MatrixCols]){
    int i,j;
    double minR = 0.0,maxR = 0.0;
    // 隶属度矩阵与客户权重相乘
    for(i=0; i< MatrixRows;i++){
        Result[x][i]=0;
        maxR = 0.0;
        minR = 0.0;
        for(j=0;j<MatrixCols;j++){
            //最大最小原则
            if(a[j][i] < b[x][j])minR = a[j][i];
            else minR = b[x][j];
            if(minR > maxR)maxR = minR;
        }
        Result[x][i] = maxR;
    }
}
```

2.5 呼叫决策系统应用及结果分析

呼叫决策系统通过 c 语言开发, 客户呼叫模糊信息库通过假设的手工录入方式采集。

如表 1 所示为一个客户呼叫模糊信息库。

这里设定合成方法为取大取小方法 $M(\wedge, \vee)$ ^[9], 排序方法为保守估计方法, 通过上述呼叫评估方法可得表 2 客户呼叫评估结果和表 3 排序后的客户集合。

表 1 客户呼叫模糊信息库

客户	距离时间	地区	联系次数	服务时态
001	较近 (0.7)	较远 (0.4)	较多 (0.6)	A (0.2)
001	近 (0.9)	远 (0.2)	较多 (0.6)	C (0.7)
001	近 (1.0)	较近 (0.9)	较多 (0.5)	C (0.6)
002	远 (0.1)	较远 (0.4)	较少 (0.5)	D (0.9)
002	较近 (0.6)	较远 (0.5)	较少 (0.5)	B (0.4)
003	较远 (0.3)	较近 (0.8)	多 (0.8)	D (0.9)
003	近 (0.8)	近 (0.9)	多 (0.8)	D (0.9)
003	近 (0.9)	较近 (0.8)	多 (0.8)	C (0.6)
003	近 (0.8)	较近 (0.9)	多 (0.8)	C (0.6)
004	较远 (0.4)	较远 (0.4)	少 (0.2)	A (0.2)

表 2 客户呼叫评估结果

客户	很重要	较重要	不太重要	不重要
001	0.42	0.26	0.25	0.07
002	0.33	0.33	0.24	0.10
003	0.42	0.32	0.21	0.05
004	0.25	0.25	0.25	0.25

表 3 排序后的客户集

序号	客户号	评估结果
1	001	很重要
2	003	很重要
3	002	较重要
4	004	不太重要

从中可以看出客户重要程度从重到轻依次为客户 001, 003, 002, 004。

为了分析该方法对呼叫系统的可行性和智能性, 本文假设越重要的客户越早呼叫对呼叫中心的损失就越小。为了量化损失, 设 n 个客户通过评估后得到的排序后的客户序号集为 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n\}$, a, b 表示损失单位, 满足

$$s(p'_i, p'_j) = \begin{cases} a, \text{客户序号 } p'_i, p'_j \text{ 按照 } P \text{ 序号大小排列} \\ b, \text{客户序号 } p'_i, p'_j \text{ 不按照 } P \text{ 序号大小排列} \end{cases}, i \neq j$$

呼叫系统的损失和为 $L = \sum s(p'_i, p'_j)$ 。图 3 为在上述数据下的智能和非智能的损失比较结果:

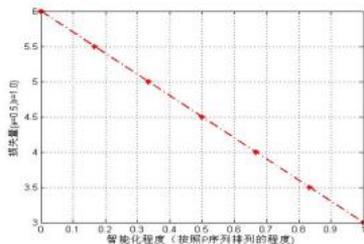


图 3 智能和非智能的损失比较结果

从上可以看出随着智能化程度的提高, 损失呈线性下降。

3 结语

本文在客户呼叫的评估中, 分析了影响客户呼叫重要性的四个因素, 并采用模糊理论中的综合评判方法, 通过系统设计和算法实现, 解决了处理客户请求的关键问题, 并通过智能和非智能化的损失分析比较, 有效证明了智能化对呼叫系统的重要性, 这也是本文主要的创新点。

参考文献

1 Greenberg P. Call Center Management By the Number. Published in the United States by Purdue University Press, 1997.

- 张伟, 王豪, 等. 基于 J2EE 通用呼叫中心运营平台的研究与应用. 计算机工程, 2006, 2: 237 - 239.
- Cleveland B, Mayben J. Call Center Management on Fast Forward.
- Walters R, Walters R. Computer Telephony Integration (Artech House Telecommunications Library), Artech House, October 23, 1998.
- 王胜灵, 侯义斌, 黄建辉, 黄樟钦. 层次移动 IPv6 中基于阈值的自适应呼叫准入控制. 软件学报, 2006, 17(9): 1996 - 2003.
- 周亚平, 奚宏生, 等. 连续时间 Markov 决策过程在呼叫接入控制过程中的应用. 控制与决策, 2001, 16(Suppl): 795 - 799.
- Moon J, Yun M, Park G, Kim K, Kim S. QoS provisioning in domain based mobile IP networks. Proc. of the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conf Jeju: IEEE Press, 2003. 447 - 451.
- Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and Control, 1965, (8): 338 - 353.
- 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及应用. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- 肖辞源. 工程模糊系统. 北京: 科学出版社, 2004.