

多指标评价方法在彩信业务质量保障体系中的应用 ——基于三角模糊数及层次分析法

李奔波¹, 黄舒雯¹, 何利娟²

(1. 重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400044; 2. 重庆工商职业学院, 重庆 400044)

摘 要:本文针对移动彩信业务的特点,根据关键性能指标(KPI)的要求,构造了彩信业务端到端多指标质量评价层次模型。基于三角模糊数及层次分析法,对影响彩信业务质量的各指标进行评价,并计算出指标权重值,确定重点关注指标,从而为建立彩信业务端到端质量保障体系提供了依据。

关键词:彩信业务;三角模糊数;层次分析法;质量保障体系

中图分类号:F626.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)12-0050-04

随着移动数据增值业务成为继话务业务后各电信运营商争夺市场的主要阵地,彩信业务的推出,迅速占领了数据通信行业的大部分 ARPU 值(average revenue per user,每用户收入),是国内各大电信运营商所关注的重点业务^[1]。国际电信管理论坛(telecom management forum, TMF)对服务质量(quality of service, QoS)提出要求,并提出关键性能指标(key performance indicator, KPI)的概念来衡量某个服务源的运行质量。彩信业务质量正是衡量电信业务服务质量的一个 KPI。

我国在包括彩信业务在内的移动数据业务的质量管理研究方面仍处于起步阶段,业务的质量管理相对滞后。国内的相关研究有:范颖辉^[2]提出业务端到端实时监控对策能够改善彩信业务的质量;贾凡^[3]研究了彩信网关系统的建设,对彩信业务系统进行了完善;孟红秀、曾春安^[4]介绍了差错控制技术在彩信传输过程中的作用;朱少敏^[5]等对彩信数据同步机制等相关机制和关键技术进行了分析、设计,为彩信业务的开发提供参考。通信技术及数据业务的飞速发展,加之众多网关的复杂性,使得目前我国还尚未建立起标准完善的业务质量管理体系,因此研究彩信业务端到端质量保障体系具有重要意义。

1 问题描述

彩信业务是按照 3GPP(third generation partnership project, 第三代移动通信标准化的伙伴项目)和 WAP(wireless application protocol, 无线应用协议)论坛制定的有关多媒体信息标准开发的业

务^[6]。传统的业务监测和维护系统已难以满足用户越来越高的通信业务质量要求,迫切需要对业务网络的相关网元接点进行综合监测与关联分析,建立彩信业务端到端质量保障体系。由于影响彩信业务质量的网元指标众多,如果对涉及的所有指标都进行一一检查和维护,进行繁冗的实验测试和计算,将耗费大量人力成本,因此需要明确影响彩信业务质量的关键指标,针对关键指标进行重点关注和维护,以确定指标参考值,建立质量规范。

针对多指标决策问题,传统上可使用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)、专家打分法、经验值法、Delphi 法等来判断各影响指标的重要程度,以确定指标权重。目前最常用的 AHP,是由美国学者 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的定性和定量相结合的多目标决策方法,专家对各因素的重要性进行两两评估后获得一个相应评判矩阵,并最终获得各因素的权重分配^[7]。由于彩信业务涉及指标繁多,在多指标、多层次的系统中, AHP 不但计算复杂,而且难以保证评价矩阵的一致性,因此会影响权重赋值的科学性。在充分考虑人的判断模糊性基础上,将模糊数学的方法引入 AHP 判断矩阵构造中,能够使构造的判断矩阵更加合理^[8]。本文将三角模糊数理论与 AHP 理论相结合进行多指标评价,确定已筛选出的影响彩信业务的指标的权重值,比较合理地将非量化的重要性程度转化为可分析的量化数值,以消除因个人主观因素所造成的不合理性,最终确定彩信业务端到端质量保障体系中的重点关注指标。

收稿日期:2009-11-10

作者简介:李奔波(1966—),男,湖南人,重庆大学经济与工商管理学院副教授,管理学博士,重庆市质量管理协会理事,国家注册审核员,研究方向:质量管理、管理信息系统;黄舒雯(1985—),女,福建人,重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生,研究方向:质量管理、市场营销;何利娟(1871—),女,重庆人,重庆工商职业学院讲师,研究方向:管理信息系统。

2 彩信业务端到端质量保障体系评价层次模型

移动通信彩信业务涉及的网元众多,一条彩信从用户终端发出到另一个用户终端完整及时地接收到,经过的网元包括:用户手机终端、无线、交换、GPRS 核心网、WAP 网关、彩信中心、短信中心等,每个网元又包括众多的二级指标。根据彩信业务的特点,参考 QFD (quality function development, 顾客需求功能展开) 将彩信业务质量 KPI 分解为发送成功率与发送延时率两个质量功能,并按照 AHP 层次分析,建立彩信业务端到端质量多指标层次模型。模型第一层是判断彩信业务质量的功能准则,每个准则下又包括各网元体现出的主要指标,如图 1 所示。

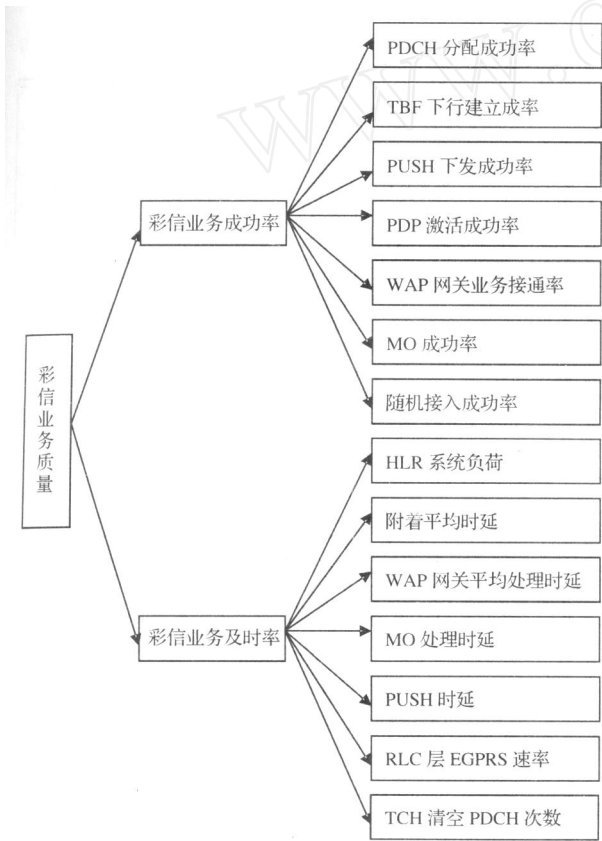


图 1 彩信业务端到端质量评价层次模型图

3 基于三角模糊数及层次分析法的多指标评价法

三角模糊数的基本原理^[9]如下:记 $F(R)$ 为 R 上的全体模糊数,设三角模糊数 $M \in F(R)$, M 的隶属函数 $\mu_m: R \rightarrow [0, 1]$ 可表示为

$$\mu_m(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} - \frac{l}{m-l}, x & [l, m] \\ \frac{x-u}{m-u} - \frac{u}{m-u}, x & [m, u] \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $x \in R; l \leq m \leq u$ 。对于任意的 $\lambda \in (0, 1)$, 是一个凸集, M 为三角模糊数, 可表示为 (l, m, n) 。当 $l = m = n$ 时, 三角模糊数为一实数。

彩信业务端到端质量层次模型中涉及多指标权重的确定,三角模糊数在评价中的应用能够解决在 AHP 中点值打分法毫无弹性的问题,并且能较有效地降低专家个人偏好对打分的影响。设有 n 个评价指标 $C_1, C_2, \dots, C_n$, 评价指标 C_i 的权重 p_i 不能完全确定,基于三角模糊数与层次分析法的结合在确定多指标权重中的应用步骤为:

步骤一,构造模糊判断矩阵。专家采用三角模糊数的形式对指标重要度的两两比较进行打分,即 $r_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ 是一个三角模糊数, r_{ij} 表示指标 i 比 j 的相对重要程度。 l_{ij}, u_{ij} 为该三角模糊数的上下界,即专家的最保守和最乐观的评价, m_{ij} 为中肯的点评价,打分采用 AHP 中两个指标之间相对重要性的 9 标度判断法。

m_{ij} 与 l_{ij} 表示判断的模糊程度,它们之间相差越大说明比较判断的模糊程度越高,它们之间相差为 0 时说明判断具有一致性。打分时要控制三个评价之间的模糊程度,建立比较合理的三角模糊判断矩阵。

步骤二,计算综合三角模糊判断矩阵及进行一致性检验。设有 T 个专家进行打分,得到 T 个三角模糊判断矩阵,处理形成一个综合三角模糊判断矩阵 M , 按公式 (1) 进行计算,由于矩阵的互反性质,矩阵的下三角元素按公式 (2) 计算得出。

$$r_{ij} = \frac{1}{T} (r_{ij}^1 + r_{ij}^2 + r_{ij}^3); \tag{1}$$

$$r_{ji} = \frac{1}{r_{ij}} = [\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}}]。 \tag{2}$$

对综合三角模糊矩阵由 m_{ij} 组成的中值矩阵 $\bar{M}$ 进行一致性检验,按照 AHP 中的一致性检验方法,求出 $\bar{M}$ 的近似特征向量 w_i , 并计算最大特征值 $\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{M} w_i)_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)。 \tag{3}$$

计算一致性比率 CR , $CR = CI / RI$, 其中 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 为一致性指标, RI 为平均一致性指标。若 $CR < 0.1$, 则中值矩阵 $\bar{M}$ 满足一致性要求,综合三角模糊判断矩阵 M 是一致性判断模糊矩阵^[10]。

步骤三,确定指标的模糊权重。

$$S_i = \sum_{j=1}^n M_{ij} \odot (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_{ij})^{-1}.$$
 (4)

步骤四,计算指标的归一化权重值。令三角模糊数 $s_1 = (l_1, m_1, u_1)$, $s_2 = (l_2, m_2, u_2)$, 令 $K(s_1 \geq s_2)$ 表示三角模糊数 $(s_1 \geq s_2)$ 的可能性程度,

$$K(s_1 \geq s_2) = [\frac{b - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} \wedge 1].$$
 (5)

$K(s_i \geq s_1, s_2, \dots, s_n)$ 表示三角模糊数 s_i 大于等于 n 个三角模糊数 $s_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的可能性程度,指标 C_i 相对其他指标的综合重要程度为

$$d(C_i) = K(s_i \geq s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n) = \min K(s_i \geq s_k), k = 1, 2, \dots, n (k \neq i)$$
 (6)

则所有指标的权重模糊向量为

$$p = (d(C_1), d(C_2), \dots, d(C_n))^T.$$
 (7)

归一化处理后得每个指标的权重为

$$p' = (d'(C_1), d'(C_2), \dots, d'(C_n))^T.$$
 (8)

4 实证分析

下面以重庆市某电信运营商的一套彩信业务为例,结合该市的具体情况,根据彩信业务端到端质量评价层次模型,来说明算法的有效性。在此选取彩信业务及时率下经过的无线网元中的五个指标,分别为 IP 下行 GPRS 吞吐速率(kbps)、IP 下行 EGPRS 吞吐速率(kbps)、TCH 清空 PDCH 次数、上行传输掉线比、RLC 层 EGPRS 速率。数据维护中心的 3 个专家对这些指标分别进行评价,建立有 3 个专家评价的三角模糊判断矩阵 C,如表 1 所示。根据专家的知识与技能层次分别赋予不同的权重,在此取 3 个专家的层次相同,得综合三角模糊评价矩阵 M,见表 2。

表 1 模糊三角判断矩阵 C

	IP 下行 GPRS 吞吐 速率(kbps) C1	IP 下行 EGPRS 吞吐 速率(kbps) C2	TCH 清空 PDCH 次数 C3	上行传输掉线比 C4	RLC 层 EGPRS 速率 C5
C1	(1 1 1)	(1/5 1/2 2/3)	(1/2 1/2 3/2)	(2/5 1/2 6/5)	(1/5 1/3 2/3)
	(1 1 1)	(1/3 1 2/3)	(1/4 1/3 1)	(1/2 1/3 3/2)	(1/4 1/3 1)
	(1 1 1)	(1/5 1/3 3/4)	(1/3 1 3/2)	(1/4 1/2 1)	(1/3 1/2 3/4)
C2	(3/2 2 5)	(1 1 1)	(5/2 3 7/2)	(7/3 3 10/3)	(3/5 1 6/5)
	(3/2 1 3)	(1 1 1)	(5/3 2 3)	(5/6 1 3/2)	(1/4 1/2 1)
	(4/3 3 5)	(1 1 1)	(3/2 2 7/3)	(5/4 5 9/4)	(1/5 1/3 1/6)
C3	(2/3 2 2)	(2/7 1/3 2/5)	(1 1 1)	(2/5 1 7/5)	(1/5 1/2 1)
	(1 3 4)	(1/3 1/2 3/5)	(1 1 1)	(3/2 2 9/4)	(1/6 1 4/3)
	(2/3 1 3)	(3/7 1/2 2/3)	(1 1 1)	(1/2 1 5/6)	(1/3 1/2 1)
C4	(5/6 2 5/2)	(2/7 1/3 3/7)	(5/7 1 5/2)	(1 1 1)	(1/6 1/2 2/3)
	(2/3 3 2)	(2/3 1 6/5)	(4/9 1/2 2/3)	(1 1 1)	(1/5 1/3 1)
	(1 2 4)	(4/9 1/2 4/5)	(6/5 1 2)	(1 1 1)	(1/4 1/3 2/3)
C5	(3/2 3 5)	(5/6 1 5/3)	(1 2 5)	(3/2 2 6)	(1 1 1)
	(1 3 4)	(1 2 4)	(3/4 1 6)	(1 3 5)	(1 1 1)
	(4/3 2 3)	(6 3 5)	(1 2 3)	(3/2 3 4)	(1 1 1)

表 2 综合模糊三角评价矩阵 M

	IP 下行 GPRS 吞吐 速率(kbps) C1	IP 下行 EGPRS 吞吐 速率(kbps) C2	TCH 清空 PDCH 次数 C3	上行传输掉线比 C4	RLC 层 EGPRS 速率 C5
C1	(1 1 1)	(0. 244 0. 611 0. 694)	(0. 361 0. 611 1. 333)	(0. 383 0. 444 1. 255)	(0. 261 0. 389 0. 806)
C2	(1. 444 2 4. 333)	(1 1 1)	(1. 889 2. 333 2. 944)	(1. 472 2 2. 661)	(0. 35 0. 611 0. 789)
C3	(0. 788 2 3)	(0. 349 0. 444 0. 556)	(1 1 1)	(0. 8 1. 333 2. 4914)	(0. 233 0. 667 1. 111)
C4	(0. 833 2. 333 2. 83)	(0. 47 0. 611 0. 81)	(0. 786 0. 83 4. 67)	(1 1 1)	(0. 206 0. 389 0. 78)
C5	(1. 278 2. 667 4)	(2. 611 2 3. 556)	(0. 917 1. 667 4. 667)	(1. 333 2. 667 5)	(1 1 1)

对综合三角模糊评价矩阵 M 的中值矩阵M 进行一致性检验,得 C R. =0. 014 < 0. 1,满足一致性要求,即综合三角判断矩阵 M 也具有一致性。

按照式(4)可得每个评价指标相对其他指标的模糊重要程度:

$$S_1 = (2. 250, 3. 056, 5. 067) \odot (\frac{1}{49. 021}, \frac{1}{32},$$

$$\frac{1}{22}) = (0. 046, 0. 097, 0. 230);$$

$$S_2 = (6. 156, 7. 944, 11. 428) \odot (\frac{1}{49. 021}, \frac{1}{32},$$

$$\frac{1}{22}) = (0. 126, 0. 251, 0. 519);$$

$$S_3 = (3. 160, 5. 444, 7. 161) \odot (\frac{1}{49. 021}, \frac{1}{32},$$

$$\frac{1}{22}) = (0.064, 0.172, 0.326);$$

$$S_4 = (3.296, 5.167, 7.143) \odot (\frac{1}{49.021}, \frac{1}{32},$$

$$\frac{1}{22}) = (0.067, 0.163, 0.325);$$

$$S_5 = (7.139, 10.000, 18.222) \odot (\frac{1}{49.021}, \frac{1}{32},$$

$$\frac{1}{22}) = (0.146, 0.316, 0.828)。$$

再利用公式(5)计算每个指标优于其他指标的纯测量度,即可能性程度:

$$K(s_1 \geq s_2) = \left[\frac{0.126 - 0.230}{(0.097 - 0.230) - (0.251 - 0.126)} \wedge 1 \right] = 0.404。$$

同理有 $K(s_1 \geq s_3) = 0.687$, $K(s_1 \geq s_4) = 0.709$, $K(s_1 \geq s_5) = 0.278$, $K(s_2 \geq s_5) = 0.852$, $K(s_3 \geq s_2) = 0.717$, $K(s_3 \geq s_5) = 0.555$, $K(s_4 \geq s_2) = 0.694$, $K(s_4 \geq s_3) = 0.967$, $K(s_4 \geq s_5) = 0.539$, $K(s_2 \geq s_1) = K(s_2 \geq s_3) = K(s_2 \geq s_4) = K(s_3 \geq s_1) = K(s_3 \geq s_4) = K(s_4 \geq s_1) = K(s_5 \geq s_1) = K(s_5 \geq s_2) = K(s_5 \geq s_3) = K(s_5 \geq s_4) = 1$

由式(6)可得每个指标的权重模糊向量:

$$p = (0.278, 0.852, 0.555, 0.539, 1)^T。$$

归一化处理后得到评价指标的模糊权重为:

$$p' = (0.086, 0.264, 0.172, 0.167, 0.31)^T。$$

根据评价指标的权重,就可结合具体情况中指标性能表现出的优、良等级,得到彩信业务总体质量的得分。通过抽取一个月的实地彩信业务运行数据,应用该模糊评价法结合各指标的表现情况计算得出的彩信业务质量得分与实际检测的彩信发送成功率与及时率大致相同。证明三角模糊评价法具有较强的评价效果,能够根据各指标性能得分得出有效的彩信业务质量情况。

5 结语

彩信业务是各电信运营商日益关注用于提高ARPU值的关键数据增值业务,在构建多指标质量评价层次模型的基础上,应用三角模糊数和层次分析法相结合的多指标评价方法,确定指标权重,提出关键指标,使维护人员能够对关键指标进行重点关注和维护,在业务故障时及时发现问题点,有效提高彩信业务质量。同时在进行质量评分时,要注意各评价指标得分的等级划分,其中也将用到模糊计算。下一步可以考虑对关键指标进行最优值确定,进一步构建彩信业务端到端质量保障体系。

参考文献

- [1] 张永明. 中国移动数据业务深度运营的研究[J]. 广东通信技术, 2008(3): 53.
- [2] 范颖辉. 关于建立数据专线业务质量管理体系的思考[J]. 大众科学(科学研究与实践), 2007, 19: 67.
- [3] 贾凡. 彩信网关的建设及其对彩信业务的改善[J]. 电信工程技术与标准化, 2006(11): 39.
- [4] 孟红秀, 曾春安. 差错控制技术在彩信业务实现中的应用[J]. 邢台职业技术学院学报, 2006(3): 69.
- [5] 朱少敏, 冯友华, 刘光昌. 彩信增值业务的开发与研究[J]. 计算机工程与设计, 2006(4): 711.
- [6] Wireless Application Protocol Forum Ltd. WAP无线应用协议[M]. 侯春萍, 宋梅, 蔡涛, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2000: 135.
- [7] 胡运权, 郭耀煌. 运筹学教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998: 389-393.
- [8] 常大勇, 张丽丽. 经济管理中的模糊数学方法[M]. 北京: 北京经济学院出版社, 1995: 89.
- [9] 李荣钧. 模糊多准则决策理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 215.
- [10] ZHU KJ, YU J, CHANG D Y. A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 116: 450-456.

Application of Multi-indicators Assessment Method in Quality Assurance System of MMS: Based on Triangular Fuzzy Number and Analytic Hierarchy Process

Li Benbo¹, Huang Shuwen¹, He Lijuan²

(1. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Chongqing Technology and Business College, Chongqing 400044, China)

Abstract: According to the characteristics of multimedia message service(MMS)and the requirement of key performance indicator, this paper constructs the assessment hierarchy model with multi-indicators for MMS end-to-end quality. Based on triangular fuzzy number and analytic hierarchy process, it evaluates the indicators impacting the quality of MMS, and calculates the weight of indicators, and identifies the most important indicators, which gives the foundation for the end-to-end quality assurance system of MMS.

Key words: multimedia message service; triangular fuzzy number; analytic hierarchy process; quality assurance system