局部模糊综合评价方法及其在健康普适服务中的应用*

吴秀兰[1,2], 朱珍民[1]
(1. 中国科学院 计算技术研究所, 北京 100080; 2. 湘潭大学 信息工程学院, 湖南 湘潭 411105)

摘　要: 提出一种基于社区健康指数的服务质量评价模型。该模型采用局部模糊的综合评价法,根据指标性质灵活采用模糊评价和综合评价,减少了评价指标的数据丢失;此外,采用主客观结合的方式,自顶向下确定指标的权重,增强了权重值的可信度。实验证明该模型提高了评价的准确性,具有很强的实用价值。

关键词: 健康普适服务; 服务质量; 评价模型; 模糊评价; 自顶向下
中图分类号: TP311　　**文献标志码**: A　　**文章编号**: 1001-3695(2009)10-3833-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2009.10.067

Application of local fuzzy comprehensive estimation in healthcare pervasive service

WU Xiu-lan[1,2], ZHU Zhen-min[1]
(1. *Institute of Computing Technology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100080, *China*; 2. *College of Information Technology*, *Xiangtan University*, *Xiangtan Hunan* 411105, *China*)

Abstract: This paper proposed a new estimation model of QoS based on community health service. This model used local fuzzy comprehensive estimation method, which used fuzzy and comprehensive estimation to decrease the loss of data flexibly according to the nature of indicators, and used subjective and objective methods to determine the weight top-down to improve the reliability of the result. It shows this model improves the accuracy of the evaluation and has strong practical value.

Key words: healthcare pervasive service; QoS; evaluation model; fuzzy evaluation; top-down

随着计算机技术、通信技术和普适计算技术的发展,普适服务已开始在许多领域开展应用,如医疗与健康、农业、移动终端和中间件等。然而,服务质量的好坏直接影响与制约着用户对服务的选择。如何从大量的服务中选择出最能满足用户需求的服务,如何保障用户享受到“以人为本”的服务,是一个亟需解决的问题。因此需要通过服务评价技术来量化服务质量,作为服务提供方实施质量监督和用户选取优质服务的依据。服务质量评价是普适服务的可靠性保证,在健康普适服务应用中更是对服务提供方实施质量监督的重要环节。在健康与医疗系统中,对人民享有的社区健康服务进行质量评价,可以提高社区卫生服务效率,是全民都可以享受到健康普适服务的关键环节。

现有的服务质量[1]评价[2]系统一般采用综合指数法、模糊评价方法、加权秩和比法等进行多指标的评价,以综合指数法和模糊评价方法使用更为频繁。综合指数法把原始指标值预处理后,结合指标的权重采用一定的数学方法进行指标的计算和合成。该方法对定量指标的评价取得了较准确的结果,但是忽略了指标内在特性,对模糊指标的处理不够客观。模糊评价方法采用将指标和评价等级表进行映射,构造模糊评价矩阵并结合权重进行评价。模糊评价适用于指标界定不确定的情况,但是容易损失部分数据。加权秩和比法可通过对指标进行排序确定指标的秩和比,按照秩和比的大小进行比较。该方法可以消除异常值的干扰,能够区分数据微小的差异,实现简单;缺点是有可能造成数据所含信息的部分损失。此外,权重在评价系统中起着决定性的作用,现有评价方法的指标权重值过于依靠主观方法来确定,造成评价结果不能完全反映真实情况。

1　基本概念

概念 1　指标。衡量、形容和限定被衡量对象,将其表示得更清晰的工具。

概念 2　无量纲化。原始数据由于量纲、值域的不同,不具有可比性,通过一定的数学方法处理,使其转换到统一的区间,这个过程就叫做无量纲化。

概念 3　权重。指标在评价系统中的重要程度,可用一个数值来表示,这个数值就是指标的权重。权重表示指标在评价系统中的影响程度,不同指标对应的权重不同。权重分为相对权重和绝对权重两种。在整个评价系统中的权重叫绝对权重;位于同层的指标之间相对重要性的数值表示叫相对权重。

概念 4　指标合成。把各个指标对评价系统的影响(作用)通过一定的数学方法综合起来,就叫做指标的合成。

概念 5　普适计算,又称普存计算、普及计算,强调与环境融为一体的计算,而计算机本身则从人们的视线中消失。在普适计算的模式下,人们能够在任何时间、任何地点、以任何方式进行信息的获取。

概念 6　服务质量 QoS。QoS 量是一种顾客感知的质量,不同于有形产品的质量,即组织所提供的服务质量最终要由顾客进行主观的评价。它是一个综合指标, 用于衡量使用一个服务的满意程度。不同的应用要求具有不同的服务需求。

2　评价模型设计

2.1　模型总体框架设计

本文采用局部模糊综合评价法来进行质量评价。服务质

收稿日期: 2008-12-28; **修回日期**: 2009-02-12　　**基金项目**: 2007 年北京市科技计划软科学研究类资助项目(D09060720000704)

作者简介:吴秀兰(1983-),女(苗族),湖南湘西州人,硕士研究生,主要研究方向为普适计算(wuxiulan@ict.ac.cn);朱珍民(1962-),男,湖南慈利人,教授,博士,主要研究方向为普适计算、嵌入式系统.

量评价模型总体框架如图 1 所示。根据指标的特性来灵活选用评价方式。对于定性指标,采用模糊评价方法进行计算;对于定量指标,先经过指标的无量纲化处理,然后采用综合评价方法来进行计算,最后把两类指标的评价结果综合起来,得到综合评价结果。

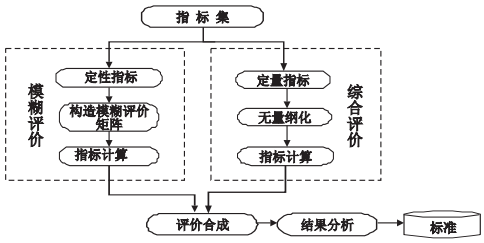

图1　评价模型总体框架

2.2　局部模糊综合评价法

2.2.1　综合评价过程

综合评价主要针对定量指标进行评价,分为四个步骤:

a)指标选取。指标的选取是很关键的一步,指标选取的优劣直接影响评价系统的性能。在挑选指标的过程中,要做到各个指标具有可比性和易获得性,并且各个指标尽量保持相对独立,具有明确的意义。在本文的设计中,首先采用文献研究法来挑选指标的备选库,然后采用专家咨询法对指标进行筛选。指标采用分层结构来表示。

b)无量纲化处理。不同的指标往往具有不同的量纲和量纲单位,为了消除指标之间的不可比性,需要对指标进行无量纲化处理。在本文中,大部分指标采用比值(百分数或小数)来表示,其评价值均统一到区间[0,1]。对于其他指标,如服务费用,服从对数正态分布,一般先转换成对数形式;计数资料或轻度偏态分布指标[3],先采用平方根转换。进行了上述处理后,再采用式(1)进行后续处理。

$$x=\begin{cases} c_l & u<u_l \\ c_l+c_h\times\alpha & u\in[u_l,u_h],c_h+c_l=1 \\ c_k & u>u_h \end{cases} \tag{1}$$

其中:α 表示指标的属性因子,根据指标是正向或反向指标,采取两种方式来计算,如式(2)所示;u、u_l、u_k 分别代表指标的实际值、最小取值和最大取值;c_l、c_k 分别表示评价值可取的最大值和最小值,参考相关医疗评价的指标取值,在本文中,分别取 0.1 和 0.9;x 代表指标的评价值。

$$\alpha=\begin{cases} (u-u_l)/(u_h-u_l) & u\text{ 是正向指标} \\ (u_h-u)/(u_h-u_l) & u\text{ 是反向指标} \end{cases} \tag{2}$$

如果指标只有一个标准取值,则采用式(3)进行计算,其中 M 代表指标的标准值。

$$x=\begin{cases} u/M & u\text{ 是正向指标} \\ M/u & u\text{ 是反向指标} \end{cases} \tag{3}$$

c)权重系数确定。本文顶层指标意义明确,专家容易把握其权重;指标到达了底层,指标的差异不明显,凭专家经验赋值存在缺陷。所以,本文采用主客观结合的方法确定权重:上层指标采用专家直接赋值法和间接赋值(AHP)来确定初始权重,并结合专家的权威性进行修正;底层指标则采用客观法来确定。具体过程如下:

(a)一级指标权重的确定。挑选领域专家对一级指标进行权重确定,根据专家的权威性设定专家的权威程度,用 α 表示;每个专家直接确定各个一级指标的权重值,用 $\overline{w}$ 表示。根据式(4)计算,然后根据式(5)进行归一化处理。

$$[w_1^*,w_2^*,\cdots,w_t^*]=[\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_r]\begin{bmatrix} \overline{w}_{11},\cdots,\overline{w}_{1t} \\ \vdots \quad\quad \vdots \\ \overline{w}_{r1},\cdots,\overline{w}_{rt} \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$w_i=w_i^*/\sum_{i=1}^{t}w_i^* \tag{5}$$

(b)二级指标相对权重的计算。有专家确定各个指标的相对重要性,采用 AHP 法来确定指标的初始权重(考虑专家的权威性),采用式(4)和(5)进行计算,过程与(a)类似。

(c)三级指标相对权重的计算。统计属于同一个上级指标的指标个数,采用等分法计算出最底层指标的相对权重。

(d)分别用 w_{a_i}、$w_{b_{ij}}^*$、$w_{c_{jk}}^*$ 来表示一级、二级和三级指标的相对权重。利用式(6)和(7)计算二、三级指标的绝对权重。其中:m 表示第 i 类一级指标包含的二级指标的个数;n 表示第 j 类二级指标包含的三级指标的个数。

$$w_{b_{ij}}=w_{a_i}\times w_{b_{ij}}^*/\sum_{j=1}^{m}w_{b_{ij}}^* \tag{6}$$

$$w_{c_{jk}}=w_{b_{ij}}\times w_{c_{jk}}^*/\sum_{k=1}^{n}w_{c_{jk}}^* \tag{7}$$

(e)对二级和三级指标权重按照式(5)进行归一化处理,使其满足权重之和为 1。

至此,各级指标的绝对权重已经确定。

d)指标合成。指标的合成主要有加法合成、乘法合成、加乘混合法和代换法。本文首先计算一级指标的评价值,然后采用加法合成实现指标的合成。

指标的评价过程采用分层计算,从底层开始,把指标的评价值和权重采用式(8)来计算。在多层计算过程中,把底层结果作为上层输入。其中:R 表示合成关系;W 是指标的绝对权重;X 是指标的加权评价值,最底层指标的原始评价值即是指标的加权评价值。

$$Q\overset{R}{=}WX \tag{8}$$

最后采用加法合成,得到综合评价结果。

2.2.2　模糊评价过程

模糊评价[4]主要是针对评价边界不明显的情况下,对指标的一种综合评价方法。该方法通过把评价对象和评价等级的模糊关系构造成一个模糊评价矩阵,结合权重计算其评价向量,采用最大隶属度方法来判定评价结果。

2.2.3　局部模糊综合评价算法

局部模糊综合评价方法根据指标的特性来灵活选用评价方式,最后把评价结果和评价标准(等级表)进行分析,得到客观的结果,如算法 1(局部模糊综合评价算法)所示。

输入:指标集 U;指标评价值 X;评价等级表 V

输出:评价结果 Q,评价等级 v

a)根据指标的性质,把指标集 U 分成定性指标和定量指标两类,并进行标志。

b)从底层指标开始,自底向上逐层进行评价计算。

(a)如果指标是定性指标,则构造模糊评价矩阵,采用 2.2.2 节的方法进行评价;

(b)若指标是定量指标,采用 2.2.1 节的方法来进行评价计算。

c)把评价结果综合起来,得到评价结果 Q。

d)把评价结果 Q 和评价等级表 V 进行分析,得到最终的评价结果(评价等级 v)。

由算法 1 可以看出,指标的划分是该算法的一个关键,它决定了对该指标采取的具体评价方法,直接影响后续处理。对于定性指标,算法采用模糊评价方法进行计算;对于定量指标,则采用综合评价方法来进行计算。由于随着指标层次的加深,

指标的相对重要性不容易把握,该算法采用 2.2.1 节所述的主客观结合的方式自顶向下确定权重,使得权重值更加具有合理性。该方法融合了现有模糊评价方法和综合评价法的优缺点,构造了具有局部模糊特性的综合评价方法,避免了指标评价值数据丢失,使得评价结果与实际相比更加公平公正。

3　实验与分析

3.1　实验验证

1)评价等级设定　根据专家经验来设立评价等级表,在最后的综合结果分析中以作为评价标准。评价等级如表 1 所示。

表 1　评价等级表

等级	很好 v_1	良好 v_2	一般 v_3	合格 v_4	很差 v_5
评价值	[1,0.9]	(0.9,0.8]	(0.8,0.7]	(0.7,0.6]	(0.6,0)

2)指标选取　本文选取的指标包括:A 满意度指标(病人和医护人员);B 投入指标,包括 B_1 医疗制度(医疗保险的覆盖率和服务利用率)、B_2 资源配置(医疗设备、医护人员的结构配置、病床数等)和 B_3 环境指标(废物的管理率、卫生用水的合格率);C 服务费用指标,包括 C_1 药费占总费用的比例、C_2 培训费占总费用比例、C_3 家庭保健费用、C_4 家庭病床费用;D 功能指标,包括 D_1 健康教育、D_2 预防(疫苗接种、健康体检和免疫成功率等)、D_3 保健指标(对儿童、妇女和老年人的健康状态进行考查,包括死亡率、患病率和管理率等)、D_4 计划生育、D_5 社区护理(健康档案的管理率、家庭护理、家庭病床等)和 D_6 康复指标(残疾病人和慢性病人的管理率等)。

3)权重确定　本文的权重值确定方法见 2.2.1 节,一级指标的权重值参照首都医科大学和中国医科大学的权重设计,并对功能指标和服务费用指标进行了调整,得到一级指标的权重值分别为:A 满意度指标 12%;B 投入指标 16%;C 服务费用指标 14%;D 功能指标 58%。二级指标和三级指标的权重计算过程如 2.2.1 节所述。为了保证评价的稳定性,需要对系数进行增加和减少 $k\%$,以检验对评价结果的影响[5],k 取值 5~10。

4)评价结果计算

a)满意度指标计算。满意度指标是定性指标,采用模糊评价方法来进行。满意度数据来源于调查报告,对于病人的满意度指标,通过对调查问卷整理,数据如表 2 所示。限于篇幅,医护人员的满意度没有列出。采用 2.2.2 节介绍的模糊评价方法的原理进行计算,可以得到满意度的指标 $Q_A=0.637$,则满意度的加权评价值为 0.076。因为定性指标的获取有一定难度,为了处理方便,这里假设相邻两年满意度变化不大。

表 2　病人满意度调查

项目	很好	良好	一般	合格	很差
保密性	0.10	0.39	0.43	0.08	0
专业水平	0.15	0.52	0.33	0	0
就诊环境	0.17	0.75	0.05	0.03	0
服务态度	0.08	0.80	0.12	0	0
就诊费用	0	0.59	0.37	0.04	0

b)定量指标计算。投入指标、服务费用和功能指标采用综合评价法来进行。根据卫生事业发展公报所公布的数据获取原始数据(http://www.zbws.gov.cn/tjxx.asp),根据 2.2 节的算法得到指标评价结果如表 3 所示。

根据评价等级表,可以分析该评价结果所达到的等级为 v_3 一般水平。从原始数据可以看出,大部分指标都处于一般水平;采用本文的模型进行评价,得到相同的评价结果。因此,本文采用的评价方法与实际比较符合。

表 3　局部模糊综合评价

指标	投入	满意度	服务费用	功能	评价值	等级
2006	0.154	0.076	0.111	0.429	0.77	v_3
2005	0.158	0.076	0.109	0.422	0.765	v_3

3.2　对比分析

综合指数法根据指标无量纲化和合成方法不同,计算结果也有差异。这里使用 2.2.1 节的方式进行无量纲化和指标合成,计算结果如表 4 所示。可以看出,满意度指标的评价很低。

表 4　综合指数法评价

指标	投入	满意度	服务费用	功能	评价值	等级
2006	0.154	0.006	0.111	0.429	0.70	v_3
2005	0.158	0.006	0.109	0.422	0.695	v_4

模糊评价方法的原始数据通过意见调查来获得(以 2006 年为例),该方法的结果如表 5 所示。表中有 53.3% 的人认为服务质量处于一般水平,还要少部分人认为不合格,所以该方法的评价结果是 v_4,低于一般水平。

表 5　模糊评价

投入指标	满意度指标	服务费用	功能指标	评价值	评价等级
0.133	0.076	0.08	0.377	0.533	v_5

从表 3~5 的结果来看,模糊评价方法的结果偏低,因为对定量指标的模糊处理丢失了部分数据;综合指数法的评价结果与事实相比也偏低,在计算过程中,满意度是个模糊的概念,采用具体的数据来计算,已经丢失了一些信息,造成评价值的不准确。本文的局部模糊综合评价方法,既考虑了满意度指标的模糊性,也兼顾了其他指标的准确性,评价更符合实际。

4　结束语

局部模糊综合评价方法采用主客观方法来提高指标权重值的客观性,根据指标的特性选择不同的评价方式,减少了评价指标的数据丢失,提高了评价结果的可信度,具有较强的实用性和推广性。本文结合社区医疗的功能,从健康教育、预防和保健、社区护理等方面选取了一系列指标,采用局部模糊综合评价方法进行健康指数评价,具有较高的可信度。随着普适计算技术的发展,以普适计算技术为依托,形成健康和医疗的普适服务体系,保障全民都能享受到健康普适服务[6],那么我国的医疗健康行业发展将会得到更大的推进,甚至会影响并牵引全球医疗健康行业的发展[7]。

参考文献:

[1] 李吉梅,宋铁英.信息系统服务质量评价研究综述[J].情报杂志,2007,26(4):26-29.

[2] 秦寿康.综合评价原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003:118-139.

[3] 杨树勤.医学统计学[M].上海:上海科学技术出版社,1985:88-122.

[4] 金菊良,魏一鸣.计算模糊综合评价逆问题的一种方法[J].中国管理科学,2002,10(6):81-83.

[5] 杨文军,李涓子,王克宏.领域自适应的 Web 服务评价模型[J].计算机学报,2005,28(4):514-523.

[6] KUSHWAHA N, KIM M. Enterprise networking and computing in healthcare industry[C]//Proc of the 7th International Workshop on HEALTHCOM. 2005:259-262.

[7] 朱珍民.健康普适服务[EB/OL].(2007).http://www.ict.ac.cn/diffusive/channel/detail3563_2.asp.