

医用综合评价方法研究进展

王一任, 孙振球*

(中南大学公共卫生学院卫生统计学教研室, 长沙 410078)

[摘要] 介绍了 TOPSIS法、层次分析法、秩和比法、综合指数法、信息熵、功效系数法、密切值法、模糊综合评价法及综合评分法等各类综合评价方法的基本原理、优缺点及适用领域, 并指出目前综合评价存在的突出问题, 提出开展基于方法集的组合评价, 建立组合评价的计算机系统以改进和完善综合评价方法。

[关键词] 综合评价; TOPSIS法; 层次分析法; 信息熵; 组合评价

[中图分类号] R195.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1672-7347(2005)02-0228-05

综合评价方法又称为多变量综合评价方法、多指标综合评估技术。它是运用于多指标多总体同时进行定量评价和比较的一种方法。自 20 世纪 80 年代以来, 统计理论及实际工作者作了大量研究工作, 提出或引进了许多综合评价方法, 如秩和比法、模糊数学评价法、信息熵理论等, 但由于各种方法出发点不同, 解决问题的思路不同, 适用对象不同, 又各有优缺点, 以至遇到综合评价问题时不知如何选择, 也不知评价结果是否可靠。基于这种现状, 笔者根据不同方法的思路、特征、优缺点及适用范围将近年来创立或新引进的较为理想的医用综合评价方法综述如下。

1 TOPSIS法

Top sis (Technique for order preference by similarity to ideal solution) 法, 即逼近理想解排序法, 意为与理想方案相似性的顺序选优技术, 是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法。最初用于综合评价工业经济效益, 近年来被国内学者引入医学综合评价之中并得到广泛应用。该法从归一化后的原始数据矩阵, 找出有限方案中的最优方案和最劣方案 (分别用最优向量和最劣向量表示), 然后分别计算诸评价对象与最优方案和最劣方案间的距离, 获得各评价对象与最优方案的相对接近程度, 以此作为评价优劣的依据^[1,2]。

该法的数学模型为: $C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$, $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij}^+ - a_{ij})^2}$, $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij}^- - a_{ij})^2}$, D_i^+ 与 D_i^- 分别表示各评价对象与最优方案及最劣方案的距离,

a_{ij} 是第 j 个指标第 i 个评价对象的归一化值, a_{ij}^+ 与 a_{ij}^- 分别表示第 j 个评价指标的归一化值中最大值与最小值, C_i 表示各评价对象与最优方案的接近程度, C_i 值越大, 方案越优^[3]。如需采用加权 TOPSIS法, 则 $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j (a_{ij}^+ - a_{ij})]^2}$, $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j (a_{ij}^- - a_{ij})]^2}$, W_j 为第 j 个指标的权重^[4]。

TOPSIS法可用于医疗机构整体评价或各项工作效益或质量的分析比较, 如评价公共场所卫生监督质量、医院工作质量、计划免疫工作、餐厅环境、尘肺危害程度等。该法的优点: 方法简单、结构合理、排序明确、应用灵活; 充分利用原始数据信息, 排序结果能定量反映不同评价对象的优劣程度, 直观、可靠; 对数据无严格要求 (对数据分布类型、样本含量、指标多少无严格的限制, 既适用于小样本资料, 也适用于多单元评价和多指标的大系统, 对连续性、动态性资料均适用), 可直接用原始数据计算, 在计算过程中没有减少变量个数; 能消除不同量纲带来的影响, 因而可同时引入不同量纲的评价指标进行综合评价。缺点: C_i 只能反映各评价对象内部的相对接近度, 并不能反映与理想的最优方案的相对接近程度; 灵敏度不高。

我国学者韩邦平改进了 TOPSIS法, 引进了双理想点排序法。该法即通过对决策矩阵进行规范化处理, 确定出“理想点”和“反理想点”, 依次构成排序标准空间, 将各排序方案作为该空间上的点, 通过计算排序方案对理想点的贴近度进行排序^[5]。该法在计算过程中对原始指标作线性插值法处理等, 使结

收稿日期: 2004-04-02 作者简介: 王一任 (1976-), 女, 湖南长沙人, 硕士, 讲师, 主要从事统计学方法与相关的统计软件研制。

*通讯作者, E-mail: szq422@yahoo.com

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目资助 (2001BA702B04)

果更科学、准确。该法与秩和比法 (rank sum ratio, RSR) 结合应用,其结果既能排序又能合理分级,在综合评价中更具实际意义。

2 层次分析法

层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 由美国运筹学家 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种对复杂现象的决策思维进行系统化、模型化、数量化的方法。它把复杂的问题分解成各个组成因素,又将这些因素按支配关系组成递阶层次结构,通过两两比较的方式确定层次中各因素的相对重要性,然后进行综合判断,确定各因素相对重要性总的排序。其步骤包括: 确立层次结构; 构造判断矩阵; 求权重系数; 一致性检验; 计算各个评价指标的组合权重系数; 求出综合评分指数及排序^[6-9]。

层次分析法多用于卫生事业管理,但近年来国内不少学者开展了层次分析法的应用研究工作,并在病例监测系统工作质量、计划免疫、卫生检测质量、传染病报告质量、图书馆评估、科技成果评比、人员素质测评、地区经济比较等工作中取得一定的效果。

该法的特点: 原理简单、层次分明、因素具体、结果可靠,不仅可用于同一单位不同时期的纵向比较,亦可用于不同单位同一时期的横向比较,因而实用性强; 该评价方法是在充分考虑主观条件因素的基础上进行的; 指标对比等级划分比较细,能充分显示权重作用; 对原始数据不做任何变量变换,直接加权计算出综合评分指数,没有削弱原始信息量,使评价结果具有切实性和合理性; 能客观检验其判断思维全过程的一致性; 能对定性与定量资料综合进行分析,得出明确的定量化的结论,并能以优劣的排序形式表现出来。因此特别适用于那些难以完全用定量指标进行分析的复杂问题。其不足之处是: 构建递阶层次结构的过程比较复杂,各层因素较多时两两判断比较困难,计算比较复杂。在权重的确定上,由于有评价人的参与,评价结果难免受评价人主观因素的影响,故该方法常常需要与德尔菲法结合使用。

3 秩和比法

此法由我国统计学家田凤调教授于 1988 年提出,是利用 RSR 进行统计分析的一组方法。RSR 是一个内涵较为丰富的综合性指标,具有 0~1 连续变量的特征,它以非参数分析方法为基础,通过指标数

(列)、分组数(行)作秩的转换,再运用参数分析的概念和方法研究 RSR 的分布,解决多指标综合评价问题。其基本形态表达式为: $RSR = \sum R / (m \cdot n)$ 。其中 m 为指标数, n 为分组数, R 为各指标值秩次。RSR 值越大越优。如需计算加权秩和比 $WRSR$, 则 $WRSR = \sum WR / n$, W 为各指标的权重系数。

秩和比法适用于现有的卫生统计资料尤其是流行病学调查资料的再分析。目前不仅广泛应用于医疗质量评价和卫生监督工作质量等综合评价,而且广泛应用于统计预测预报、因素与关联分析、鉴别分类与决策分析^[10]。

秩和比法的特点: 计算简单,对资料无特殊要求,易推广应用; 参与计算的是秩次,可消除异常值的干扰,可解决指标值为零时在统计处理中的困惑; RSR 值无量纲,综合能力强,可代替一些专用综合指数,可容纳一些专用统计量的信息(如 n 、 s 、 CV),一些百分位数或流行病学指标(如 OR, RR, PAR 等); 该法集参数统计与非参数统计于一身,极具柔韧性,可与其他许多数理统计方法、数量方法相互沟通、移植、嫁接,如 RSR 可镶在运筹学、灰色系统与模糊数学之中。不足之处: 由于指标值采用秩代换,会丧失一些信息,且要求 $m \times n$ 矩阵中各元素不能缺少。最终的 RSR 值,只能反映综合秩次的差距,不能反映顺位间差异程度大小^[11]。

4 综合指数法

综合指数是指用统一指标来概括许多统计指标的综合水平。它把不同性质、不同类别、不同结构、不同计量单位的工作指标经过指数化变成指数,并进行综合,然后比较。具体方法有加权线性和法、乘法合成法、混合法等^[12,13]。

综合指数评价方法已广泛应用于预防医学、社会医学、卫生事业管理以及临床医学领域。该法的优点: 综合指数法原理简单,无需复杂的运算,易于操作; 对数据的分布、指标的多少无严格要求,适用范围广; 对原始数据进行相对化处理,消除了不同指标量纲的影响,可用于不同分布类型数据间的比较,综合考虑指标的变异度,能定量反映不同评价单位的优劣情况,评价结果客观。该法的缺点: 权重作用较明显,易夸大权数大的因素和掩盖权数小的因素的作用。

5 信息熵理论评价

熵 (entropy) 是衡量事物不确定性程度大小的度量。1948 年美国数学家 Shannon 在其论著《通信的

数学理论》中,奠定了信息论基础并提出了信息熵的概念。之后,国内外不少学者把信息熵成功地应用于现代物理医学、临床医学等领域的综合评价之中^[14]。目前常用的方法有:绝对信息熵法和相对信息熵法^[15,16]。

5.1 绝对信息熵法 设有 m 个评价对象, n 项评价指标,系统在生命周期内的综合信息熵为 H , q_{ik} 为第 i 个评价对象第 k 个时刻的概率, q_0 表示该对象选择的基准。其数学模型为:

$$H = - \sum_{k=1}^n [(q_{ik}/q_0) \times \ln(q_{ik}/q_0)]$$

$$i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$$

熵值越大,系统越不稳定(不确定性越大)而有序;熵值越小,系统越稳定而有序。将不同方案的熵排序,可为决策提供依据。

5.2 相对信息熵法 对不同方案的相对重要性进行比较,数学模型为:

$$H_{(i)} = - \left\{ \sum_{k=1}^n [(q_{ik}/q_0) \times \ln(q_{ik}/q_0)] \right\} / \ln m$$

$$i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$$

上式提供一个相对重要度的测度,并可以引入评价者主观判断权值,合成一个实用权值 (i) ,进行相关处理后,最后根据权重大小对评价方案排序。

信息熵理论能够对医学过去认为凌乱庞杂难以概括的实验数据做出综合性判断,并对疾病的经验分析方法赋予物理内容,有可能使生命体系研究形成一门定量的理论学科,以便做出定量的理论分析和更可行的应用方案。此法的最大优点是可排除人为因素的干扰,评价结果的客观性强。

6 功效系数法

功效系数法是综合评价及多目标决策的一种有效方法。常见于卫生经济领域,近年来被广泛应用于医疗质量综合评价、医院综合效益评价、计划免疫工作等领域之中^[17]。该法根据系统工程和运筹学中目标规划的原理,首先确定各类指标的满意值与不允许值,然后以满意值为上限,以不允许值为下限,计算各指标的满意程度,并转化为相应的评价分数——功效系数,再对各指标的功效系数按其权重经加权几何平均得出综合评价分数,对评价对象的综合状况作出评估。综合功效分数越大,表明评价对象的综合状况越佳。其数学模型:

$$d_i = \frac{X_i - X_{si}}{X_{hi} - X_{si}} \times 40 + 60 \quad (i = 1, 2, \dots, n), D = \sum_{i=1}^n d_i^p$$

其中 d_i 表示第 i 个指标的功效系数, D 表示评价对象的综合功效系数, X_i , X_{si} 及 X_{hi} 分别表示某指

标的实际值、不允许值及满意值。 P_i 表示某指标的权重。

功效系数法的优点: 该方法按人们习惯的百分制评分方法,给出百分制的综合分数,含意明确,易于理解; 评价指标的选择没有较大的限制,强相关联的指标也适应; 对指标的处理保持了方向的一致性,不需要将逆向指标转向; 灵敏度高。不足之处: 单项得分的计算须事先确定两个对比标准(满意值和不允许值),而许多综合评价问题中,理论上没有明确的满意值和不允许值,因此操作难度较大。

7 密切值法

密切值法是多目标决策中的一种优选方法,它将评价指标区分为正向指标和负向指标并结合在一起考虑,所有指标进行同向化处理,然后找出各评价指标的“最优点”和“最劣点”,分别计算各评价单元与“最优点”和“最劣点”的距离(即密切程度),将这些距离转化为能综合反映各样本质量优劣的综合指标——密切值,最后根据密切值大小确定各评价单元的优劣顺序。该法已广泛应用于食品卫生、公共场所卫生、劳动卫生及医院工作质量等多种学科监督监测的综合评价^[18]。

$$\text{密切值法的数学模型: } C_i = \frac{d_i}{d} \frac{I_i}{I}$$

C_i 为密切值, d_i 为各指标与最优点的绝对距离, I_i 为各指标与最劣点的绝对距离, $d = \min_{1 \leq j \leq n} (d_j)$, $I = \min_{1 \leq j \leq n} (I_j)$ 。 C 值越小,方案越优。

该方法的优点: 该法原理清晰,逻辑严谨,计算简便,具有普遍性和通用性,它不仅可以用于同一时间各部门的横向评价,也适用于同一地区、同一单位不同时间的纵向评价; 它将多指标分为正向指标和负向指标结合起来考虑,提高了分析效能,同时引用自身内部指标作参比,使评判结果更为全面、合理。缺点: 缺乏对评价指标进行权重估计,因而其评价结果客观性不高。

8 模糊综合评价法

模糊综合评价法是应用模糊数学的理论,针对评价对象在定性和定量上的模糊性,应用模糊关系合成的原理,根据多个评价因素,对评判事物隶属等级状况进行综合评价的一种方法。该法由美国自动控制专家 L. A. Zadeh 于 1965 年提出^[19]。近 20 年来,该法已在人力、卫生资源、生存质量、医疗质量、食品卫生、计划免疫等工作中得到广泛应用^[20]。

其一般步骤为:对每一个评价系统给出一个指标集合(U)以及评价集合(V);建立U,V的模糊评价矩阵R;设置指标的权数分配A;矩阵合成(将A与R合成,得到评价指标 $B=A \times R$);对B进行归一化处理;根据最大隶属度判断。

该法的优点:模糊评价通过精确的数字手段处理模糊的评价对象,能对蕴藏信息呈现模糊性的资料作出比较科学、合理、贴近实际的量化评价;评价结果是一个向量,而不是一个点值,包含的信息比较丰富,既可以比较准确的刻画被评价对象,又可以进一步加工,得到参考信息。不足之处:计算复杂,对指标权重向量的确定主观性较强;当指标集U较大,即指标集个数 n 较大时,在权向量和为1的条件约束下,相对隶属度 r_{ij} ,权系数 w_i 往往偏小,权向量 w 与模糊矩阵R不匹配,结果会出现超模糊现象,分辨率很差,无法区分谁的隶属度更高,甚至造成评判失败,此时可用分层模糊评估法加以改进^[21]。

9 综合评分法

综合评分法是对不同技术方案设置多项指标,通过“给分”进行综合评优的一种数量分析方法。首先根据评价目的及评价对象的特征选定必要的评价指标,逐个指标订出评价等级,每个等级的标准用分值表示。然后以恰当的方式确定各评价指标的权数,并选定累积总分的方案以及综合评价等级的总分值范围,以此为准则,对评价对象进行分析和评价,以决定优劣取舍。

各指标分值的确定方法有:专家评分法、离差法、百分位数法、标准分法。

总分计算法有:累加法、连乘法、加乘法、加权法^[22]。

目前综合评分法既吸取了综合定性分析的优点,又将多项指标变为同度量值,给予一个综合性的量化概念,因此在临床医学、社会学、管理学、心理学以及生存质量评价等领域得到广泛的应用。

大部分的综合评价方法无法分离出抽样误差,而综合评分法可分离出抽样误差,并可对评价对象作假设检验,将最终的名次归为不同类别,但此时就不宜区分同一类中各评价对象的名次^[23]。

医用综合评价方法在实际运用中存在的主要问题是:确定指标权数的方法分为主观定权法和客观定权法。主观定权过于依赖人的主观判断,难免不受主观因素影响。客观定权虽然避免了人为因素,但容易受指标样本随机误差的影响。无论是选

用主观定权法,还是采用客观定权法,都有自身无法解决的缺陷。多方法评价结论的非一致性。由于各种评价方法的机制不同、方法的属性层次相异,使得多种综合评价方法对同一资料的评价结果、排序的结果产生差异。而目前国内外建立的综合评价方法有数百种之多,每种方法各有优缺点,并没有一种十全十美的评价方法,也就是说如果仅采用一种方法进行评价,其结果的可信性就值得怀疑。这在现实中是一个普遍存在的问题,也是目前综合评价领域亟待解决的问题。绝大多数复杂的综合评价方法,缺乏相应的软件系统支持,使得很多实际工作者望而生畏,严重阻碍了评价方法的推广。目前无法分离出抽样误差,因而在抽样研究中,评价结果只能是描述,而不能进行统计推断。

针对上述问题,进一步改进和完善综合评价可从以下几方面着手:

(1)开展基于方法集的组合评价研究。方法集是指能独立完成对对象进行评价的方法的全体。基于方法集的组合评价方法是指在评价的基本原则指导下,根据一定的准则和规则从基本评价方法集中抽取若干方法,通过适当的模型,将它们组合为一种评价模型,充分利用各种方法的有用评价信息,取长补短,互为补充,使评价结论更加符合实际。这种方法正是解决问题、的有效途径。对于指标权重的确定以及多方法评价结论的非一致性问题,我们可以通过寻求有效方法的组合来解决^[24]。

(2)建立组合评价的计算机系统。组合评价计算机系统是一个由人机结合的DSS(decision supporting system)系统,目的是将评价者的主观偏好、经验和计算机的实时数据处理能力结合起来;同时利用综合评价专家系统,不断积累经验,循环运行并且逐渐提高结果的满意度。这样使得组合评价的结论更为稳定、准确和有效。

笔者已着手开发各种常用综合评价方法的软件系统^[3,8],为组合评价的计算机系统开发奠定了良好的基础。

参考文献:

- [1] Tzeng GH. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. *Eur J Operat Res*, 2004, 156 (2): 445-455.
- [2] Lai YJ, Liu TY, Hwang CL. TOPSIS for MODM[J]. *Eur J Operat Res* 1994, 76 (3): 486-500.
- [3] 王一任,孙振球,黄正南.应用 SAS 软件进行 Topsis 法分析[J]. *中国卫生统计*, 2003, 20(2): 119-121.
- [4] Deng H, Yeh CH, Robert JW. Inter-company comparison using

- modified TOPSIS with objective weights[J]. *Comput Operat Res*, 2000, 27(10): 963-973.
- [5] 杨聚在, 林均安, 刘文俭, 等. 双理想点排序法用于劳动卫生环境质量的综合评价[J]. *中国卫生统计*, 1998, 15(2): 4-6
- [6] Herath G. Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process[J]. *J Environ Manag*, 2004, 70(3): 263-273.
- [7] Liberatore MJ, Nydick RL. Wash criteria and the analytic hierarchy process[J]. *Comput Operat Res*, 2004, 31(6): 889-892.
- [8] 王一任, 孙振球, 罗建清, 等. 利用 VBA 在 Excel 中进行 AHP 法分析[J]. *实用预防医学*, 2003, 10(6): 1023-1027.
- [9] Min H, Mitra A, Oswald S. Competitive Benchmarking of Health Care Quality Using the Analytic Hierarchy Process: an Example from Korean Cancer Clinics[J]. *Socio-Econom Plan Sci*, 1997, 31(2): 147-159.
- [10] 董雪, 杨文秀. 天津市意外伤害死因的秩和比分析[J]. *中国卫生统计*, 2001, 18(5): 300-301, 303.
- [11] 田凤调. 秩和比法的应用[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.
- [12] 史子春. 综合指数法评价工业卫生工作的探讨[J]. *中国卫生统计*, 2002, 9(3): 87-188.
- [13] Schmadel LD, Zech G. Landolt-Boimstein[M]. *Springer-Verlag Heidelberg*, 1982. 432-446.
- [14] 易东, 杨梦苏, 李辉智, 等. 基因表达聚类结果的信息熵评价方法[J]. *第三军医大学学报*, 2004, 26(4): 317-319.
- [15] Puccia CJ, Levins R. Qualitative Modeling of Complex Systems[M]. *Boston: Harvard University Press*, 1985. 217-298.
- [16] Ebeling W, Frömmel C. Entropy and predictability of information carriers[J]. *Biosystems*, 1998, 46(4): 47-55.
- [17] 张明华. 功效系数法在医疗质量综合评价中的应用[J]. *中国卫生统计*, 2002, 19(6): 366-366, 369.
- [18] 吕荣爱. 密切值法在医疗工作质量评价中的应用[J]. *中国卫生统计*, 2002, 19(1): 62-63.
- [19] Zadeh LA. Fuzzy set[J]. *Infom Control*, 1965, 8(3): 338-353.
- [20] 冯晓黎, 韩中明, 李兆良, 等. 模糊综合评价脑血管病治疗质量[J]. *中国卫生统计*, 2002, 19(6): 349.
- [21] 张明智. 模糊数学与军事决策[M]. 北京: 国防大学出版社, 1997.
- [22] 孙振球. 医学统计学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 373-395.
- [23] 黄正南. 专家评判的信度分析[J]. *中国卫生统计*, 2000, 17(3): 154-157.
- [24] 陈国宏, 陈衍泰, 李美娟. 组合评价系统综合研究[J]. *复旦学报(自然科学版)*, 2003, 42(5): 667-672.

(本文编辑 彭敏宁)

更 名 启 事

根据新闻出版总署(新出报刊[2005]58号)和教育部(教技司便[2005]32号)文件精神,由教育部主管、中南大学主办的以下3种期刊自2005年8月起变更刊名。

《国外医学·生理、病理科学与临床分册》更名为:

《国际病理科学与临床杂志》

《国外医学·神经病学神经外科学分册》更名为:

《国际神经病学神经外科学杂志》

《国外医学·精神病学分册》更名为:

《国际精神病学杂志》