

其危害状况的好与差, 各因素的综合结果才是尘肺病危害程度的客观情况。我们用 TOPSIS 法对本市的尘肺病危害程度进行综合评价和排序, 主要特点有以下几方面。

3. 1 充分有效的利用信息资源

通过对天津市现有的尘肺病流调和职业病报告资料的再分析, 从中筛选出有代表性的指标来综合评价不同病种、工业系统尘肺病危害程度, 可得出良好的可比性评价排序结果, 为行政部门决策提供依据。资料再析就是最大限度的开发信息资源, 充分而有效地利用信息资源^[4]。

3. 2 能定量反映不同评价单元的优劣程度

TOPSIS 法对原始数据进行同趋势化和归一化处理, 消除了不同指标量纲的影响, 排序结果充分利用原始数据信息, 能定量反映不同评价单元的优劣程度, 直观、可靠。

3. 3 对数据无严格要求

TOPSIS 法对数据分布及样本量、指标多少无严格限制, 数学计算亦不复杂, 既适用于小样本资料, 也适于多评价单元、多指标的大系统, 较为灵活、方便。

3. 4 可与秩和比法结合应用

借鉴秩和比法对相对接近度 C 的分析进行了深化和扩展, 既能排序又能合理分档, 前者能为后者分档提供定量依据^[5],

故在尘肺病防治工作中具有较强的实用性。

利用 TOPSIS 法进行综合评价, 最重要的是选择有代表性、合理的并能说明问题的评价因素或指标, 其次指标数据应具有准确性、可信性和科学性, 评价指标需要同趋势处理, 在选择评价指标时不仅要考虑工作质量指标和效益指标, 还要考虑工作数量指标; 在与 RSR 法结合应用时, 要注意合理分档, 分档根据为标准正态差 U , 其范围以设定 -3 到 3 为宜^[6]。

参考文献:

- [1] 刘玉秀, 徐少青. TOPSIS 法用于医院工作质量的多指标综合评价 [J]. 中国卫生统计, 1993, 10 (2): 12-15.
- [2] 万崇华, 方积乾, 陈丽影, 等. 同一时点生命质量资料分析的 TOPSIS 法 [J]. 中国医院统计, 1998, 5 (3): 134-136.
- [3] 易发超, 刘自远, 蒋报海. TOPSIS 法在综合评价计划免疫工作中的应用 [J]. 中国卫生统计, 1995, 12 (2): 45-48.
- [4] 田凤调. 从战略高度看待统计信息资源的开发与利用 [J]. 中国卫生统计, 1998, 15 (3): 18-19.
- [5] 王严. TOPSIS 法用于公共场所卫生监督工作质量的多指标综合评价 [J]. 中国卫生统计, 1997, 14 (5): 34-35.
- [6] 田凤调. RSR 法中的分档问题 [J]. 中国卫生统计, 1993, 10 (2): 26-28.

模糊数学法进行健康监护综合评价的探讨

Study on the comprehensive evaluation of health monitoring with fussy mathematical model

徐贻萍¹, 朱宝立²

XU Yi-ping, ZHU Bao-li

(1. 江苏省卫生监督所, 江苏 南京 210009; 2. 江苏省疾病与预防控制中心, 江苏 南京 210009)

摘要: 将模糊数学的权数和多因素评判集合概念引入健康监护工作中, 综合评价一个企业的作业工人群体的健康质量, 使企业的劳动卫生职业病防治工作量 (等级) 化, 为企业间健康监护的工作比较和保护劳动者的身心健康提供了一个行之有效的方法。

关键词: 模糊数学; 综合评价; 健康监护

中图分类号: R135; O159 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2001)03-0183-03

健康监护工作是职业卫生工作中的重要内容之一。健康监护是对劳动者健康状况进行连续、动态的医学观察, 记录健康变化及其与职业危害因素的关系, 目的是早期发现健康损害, 及时调离危害岗位并进行诊断和治疗, 为评价职业危害治理效果提供依据。因此, 健康监护效果的评价就成为能否真实反映作业工人群体健康水平的重要因素。目前常采用体检异常率这一单一指标作为职业工人群体健康状况的评价指标, 不

难看出, 这种评价方法有其局限性, 它不能反映受检群体健康状况的综合水平, 健康状况未与现场资料有机结合, 不利于不同作业群体健康状况间的比较。本文借助模糊数学的基本原理与方法^[1], 根据健康监护的内容, 来综合评价一个企业的受检群体健康状况及职业危害程度, 作一初步探讨。

1 数学模型

1. 1 模糊集合的确定

设 U 是 N 个评判因素的集合, V 是 M 个评判等级集合, 本文根据目前的情况, 将 U 和 V 分别定为: $U = [\text{有害因素 评判等级 体检异常率 健康宣传情况 劳动条件}]$, $V = [\text{优 良 一般 差 很差}]$ 。

1. 2 模糊数的确定

评判因素的权重系数可请职业病防治专家确定, 也可用层次分析法计算。本文按照上述 U 的组成因素, 假定 $U = [50 \ 30 \ 10 \ 10]$, 则三者之比为 5:3:1:1, 即权重系数分别为 0.5、0.3、0.1、0.1 (三者合计为 1.0)。

1. 3 评价因素的指标量化与取值

对于各项评价指标, 在 5 个不同的评判等级间必须有明确的界限, 这样方能保证人们在使用时客观明了, 简单易行,

收稿日期: 2000-04-25

作者简介: 徐贻萍 (1966-), 女, 江苏六合人, 主管技师, 主要从事劳动卫生工作。

否则各等级之间界限不清,就可造成评判工作困难,使评判结果不能正确反映实际情况。如本文对职业危害因素的评判分级可按其浓度与 MAC 之比而定,以浓度/MAC 等于 1 作为分级的基础(即一般水平),每级之间相差 5 倍^[2]。本文假定各分厂的职业危害因素等级已划定。其他评判因素的取值如表 1 所示。

表 1 评判因素的指标量化与取值 *

评判等级	体检结果 (异常率%)	健康宣传 (期/季)
I (优)	< 10	> 4 0
II (良)	10~	4 0~
III (一般)	20~	3 0~
IV (差)	40~	2 0~
V (很差)	60~	< 1

注: *假定劳动条件已用此方法作过评判。

1. 4 模糊综合评判法的数学计算

当各种评判因素的权重确定后,即用模糊集 A 表示,各种职业危害因素用模糊矩阵 R 表示,根据模糊数学原理 $B=A \circ R$,便可进行计算。 B 是综合评判结果的隶属度,根据最大隶属度原则哪一级的隶属度最大,则综合评判结果属于哪一级。

2 实际应用

若有 3 个工厂在某一段时间里同时受一个体检单位体检,体检情况及其他各种因素情况如表 2 所示。

表 2 3 个工厂的体检结果及其他因素情况

单位	接触人数	毒物分级	体检异常率	健康宣传 (期/季)	劳动条件
一厂	100	II (100)	30, 56, 22, 18 (80)	2, 3, 1 (95)	III (70)
二厂	150	IV (150)	42, 38, 55, 62 (124)	1, 3, 4 (142)	II (110)
三厂	200	III (200)	37, 46, 44, 29 (189)	2, 3, 0.5 (174)	II (190)

注: () 内数据表示参与人数。

2. 1 3 个工厂的评判因素及转换

将表 2 的结果与表 1 评判指标进行比较,凡符合某一评判等级数据就用构成比记入该等级,如一厂的体检异常率处于 III 级有 2 个数据,IV 级有 1 个数据,II 级有 1 个数据,则在 III 级记上 0.5,在 II 和 IV 各记上 0.25,其他各级为 0。经此转换后,表 2 就变成了表 3 的形式。根据表 2 的结果,3 个工厂的评判因素模糊矩阵分别为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

表 3 3 个工厂健康监护评价因素在不同评判等级中的分布

单位	评判等级	职业危害因素等级	体检异常率	健康宣传 (期/季)	劳动条件
一厂	I	0	0	0	1.0
	II	1.0	0.25	0	0
	III	0	0.5	0.4	0
	IV	0	0.25	0.6	0
	V	0	0	0	0
二厂	I	0	0	0	0
	II	0	0	0.3	1.0
	III	0	0.25	0.4	0
	IV	1.0	0.5	0.3	0
	V	0	0.25	0	0
三厂	I	0	0	0	0
	II	0	0	0	1.0
	III	1.0	0.5	0.4	0
	IV	0	0.5	0.3	0
	V	0	0	0.3	0

2. 2 确定 3 个工厂的各种影响因素的权重系数

3 个工厂的各种影响因素接触人数如表 2 所示,因此一厂的权数分配为,职业危害因素等级:体检异常率:健康宣传(期/季):劳动条件=100:80:95:70=0.3:0.2:0.3:0.2,即 $A_1 = [0.3 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.2]$ 。用同样的方法可求得 A_2 和 A_3 , $A_2 = [0.3 \ 0.2 \ 0.27 \ 0.23]$, $A_3 = [0.26 \ 0.25 \ 0.23 \ 0.26]$ 。

2. 3 计算 3 个工厂的模糊矩阵,确定评判等级

求出各评判等级的隶属度。以一厂为例:

$$B_1 = A_1 \circ R_1 =$$

$$[0.3 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.2] \begin{bmatrix} 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \\ 1.0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.03 \ 0.27 \ 0.47 \ 0]$$

根据最大隶属度原则,一厂的综合评判结果为 III 级。用上述相同的方法可分别求出 B_2 和 B_3 。 $B_2 = [0.03 \ 0.35 \ 0.47 \ 0]$, $B_3 = [0.03 \ 0.31 \ 0.73 \ 0.4]$,因此二厂评判结果为 III (一般)级,三厂的评判结果为 II (良)级。可见,虽然三厂的毒物分级为 III 级、接触人数较多、体检异常率也较高,但其健康宣传工作做得较好,劳动条件尚可(II),所以评判结果仍为 II 级。相反,一厂的毒物评判虽为 II 级,但其劳动条件差,健康宣传工作也不多,故最后评判等级为 III 级,二厂也

是如此。若这三个厂同为某公司的分厂，还可对该公司进行综合评判。根据 3 个厂的接触人数，计算出权重，即 $100:150:200=1:1.5:2$ ，所以权重分配为 $A=[0.22\ 0.33\ 0.45]$ 。又已知 B_1 、 B_2 、 B_3 ，因此将 B_1 、 B_2 、 B_3 作为新的模糊矩阵：

$$R=\begin{bmatrix} 0.03 & 0.27 & 0.47 & 0 \\ 0.03 & 0.35 & 0.47 & 0 \\ 0.03 & 0.31 & 0.73 & 0.40 \end{bmatrix}$$

$$B=A \circ R=[0.1\ 0\ 0.34\ 0.50]$$

根据最大隶属度原则，该公司的综合评判结果为 III 级（一般）。

3 讨论

模糊数学综合评判法应用于医学领域已有多年的，有许多文献报道如评价大气污染^[3]、水质评价等。但用于健康监护工作方面还不多见。卫生部已下发职业性健康监护管理规范，但还没有统一的评价标准。随着职业安全卫生一体化管理体系的开展以及建立职业安全卫生管理工作国际化、标准化的进程，如何评价健康监护工作质量显得更为突出。模糊综合评判法除考虑了职业性有害因素外，还包括了发病情况、企业的管理措施等，分析结果比较客观、全面地反映企业的职业危害状况。其次，该方法对企业劳动卫生职业病防治工作质量进行量（等级）化。各个企业各个行业由于生产的产品不同以及所用原材料的不同，其职业危害也是多种多样。显然，用单因素指标来评价一个企业的作业工人健康质量、进一步推导整个企业劳动卫生职业病工作的效果是不够全面的。因此，探索一种新的评价方法用于综合反映一个

企业的职业危害和作业工人健康现状是十分必要的。模糊数学理论，将所有相关因素进行等级化，并合理地引入了权重系数使得原先难以解决的问题得以量化，便于各企业间的相互比较，在实际应用中值得推广，有其实用性。另外，这一方法看起来较为繁琐，实际上将上述的步骤编成程序，在计算机上应用，有其可行性。因此开展这方面工作既有一定的理论意义，也有显著的实际意义，有利于提高劳动卫生与职业病的管理水平，加强企业的劳动卫生工作质量，保护工人的身体健康。

本文例举的评判因素还可根据实际情况，适当加入，如按规范执行体检周期情况（用实际体检间隔/规范要求的周期）等。文中劳动条件因素因受多方面的影响，如车间气象条件、厂房的合理布局、工人操作台的位置及体位等，故未详细描述，可作为专题论述。在实际工作中，体检异常率的评定应该有所要求，如常见病与工作有关的疾病的界限、临床及生化化验指标等。另外，评判等级 V 集合中， M 的个数可适当增多，以便将工作做得更仔细。总之，在实际应用中，还需进一步完善。

（本文承蒙王民生研究员指导，志谢。）

参考文献：

- [1] 冯德益. 模糊数学方法与应用 [M]. 北京：地震出版社，1983. 68-92
- [2] 徐新云. 模糊数学方法用于职业危害因素的综合评价 [J]. 中国公共卫生，1995，11（4）：153-155.
- [3] 王福林，李军，丁恬. 模糊数学法评估大气污染对健康危害的探讨 [J]. 环境与健康杂志，1987，4（3）：5-6.

（上接 176 页）

表 3 I 期矽肺及 0^+ 组肺功能障碍及损伤程度构成比（%）

分组	例数	肺功能障碍			肺功能损伤		
		限制型	阻塞型	混合型	轻度	中度	重度
I 期矽肺组	34	58.8	23.5	17.6	44.0	12.0	12.0
0^+ 组	29	65.5	13.8	20.7	48.8	12.2	9.7

2.6 I 期矽肺及 0^+ 组 X 线胸片肺气肿等合并症检出率

I 期矽肺及 0^+ 组 X 线胸片肺气肿等合并症检出率分别为 48.8% 和 31.7%，两组差异无显著性。

3 讨论

根据 I 期矽肺及 0^+ 肺通气功能 6 项指标测定结果得出，I 期矽肺及 0^+ 组肺功能均有不同程度的损伤，按尘肺劳动能力鉴定标准规定，I 期矽肺当肺功能损伤达中度以上，结合临床症状可参照 II 期矽肺待遇， 0^+ 组由于尚未确诊为矽肺，所以无论肺功能损伤程度如何均无特殊待遇。对此本文建议，

对 0^+ 组，当肺功能明显减退，尤其是当肺功能损伤达中度以上者，除应密切注视 X 线胸片的动态变化外，是否也应考虑给予适当的待遇，以利于矽肺的控制，减轻工人的病痛。

参考文献：

- [1] 国家职业病诊断小组，尘肺病小组. 尘肺诊断标准学习材料 [Z]. 北京：中国预防医学科学院，1986.
- [2] 张漪晴. 尘肺患者劳动能力鉴定的若干问题 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志，1992，10（2）：114-115.
- [3] 刚葆琪. 实用工业卫生工作手册 [M]. 北京：人民卫生出版社，1990.