

室内舒适度评价影响因素的分析

Analysis on the Influencing Factors of the Indoor Comfort Evaluation

王晶日¹, 单则霖², 王国懿¹, 边伟伟¹, 张 华³

(1.大连晟世环境工程有限公司 大连 116022); (2.昆明理工大学环境科学与工程学院 昆明 650500);

(3.沈阳环境科学研究院 沈阳 110016)

摘要 在评价数学模型中引入相似数相似权法, 并利用该模型对沈阳市某个装修后的住宅居室进行实例分析, 结果表明冬季该居室室内舒适度影响因素贡献程度依次为湿度, 苯, 受体主观因子, 氨, 噪声, 氡, 温度, 甲醛, 细菌, 其中起主导作用的因素是湿度, 而且各个因素不是孤立的, 它们是相互联系的。

关键词 室内舒适度 评价 影响因素

Abstract The methods of similar figures and similar weights were induced to the evaluation model which is used to analyze data offered by a decorated bedroom in Shenyang. The results show that the contribution degree of indoor comfort factors is humidity, benzene, receptor, ammonia, noise, radon, temperature, formaldehyde and bacteria. Humidity is the leading role factor, and various factors are not isolated, they are connected with each other.

Key words Indoor Comfort Evaluation Influencing Factors

随着人们生活水平的提高, 对居住环境的要求已经从“功能型”向“舒适型”转变。室内环境要求越来越引起人们的重视, 对室内环境的舒适性研究进入了一个快速发展的阶段, 许多学者也开展了这方面的研究^[1-9]。本文从反向过程进行研究, 即在舒适度水平已知的情况下, 通过引入相似数相似权法确定室内温湿度, 室内污染物以及受影响者自身主观因子等诸多因素的权重, 从而判定其中起主导作用的因素。

1 原理和方法

1.1 评价模型的构造

设 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 是 n 个评价对象, X 为对象空间, 则 $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. 设 $x_i \in X$, 要定量描述 x_i 具有某类性质或 x_i 所处某种未确知状态的程度, 需测量 m 项指标 $I_1, I_2, \dots, I_m$. 设 I 为监测指标(或评价因素)空间, 则 I 可表示为 $I=\{I_1, I_2, \dots, I_m\}$. 设 x_{ij} 表示第 i 个评价对象 x_i 关于第 j 项指标 I_j 的测量值, 则

x_i 可表示为一个 m 维向量, $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ 。

对每个测量值 x_{ij} 有 p 个评价类(或评价等级) $c_1, c_2, \dots, c_p$, 用 U 表示评价类空间(或等级空间), 则 $U=\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ 。

1.2 求单指标未确知测度函数

令 $r_{ik}=r$ 表示 x_{ij} 属于第 k 个评价等级 c_k 的程度, 要求 r 满足:

$$0 \leq r(x_{ij} \in c_k) \leq 1 \quad (1)$$

$$r(x_{ij} \in U) = 1 \quad (2)$$

$$r\left|x_{ij} \in \bigcup_{k=1}^p c_k\right| = \sum_{k=1}^p r(x_{ij} \in c_k) \quad (3)$$

其中 $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, p$ 。

称(2)为对 r 评价空间 U 满足“归一性”, 称(3)为 r 对空间 U 满足“可加性”, 称满足(1)、(2)、(3)的 r 为未确知测度。

1.3 求单指标测度评价矩阵

$$(r_{ijk})_{m \times p} = \begin{pmatrix} r_{i11} & \cdots & r_{i1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{im1} & \cdots & r_{imp} \end{pmatrix}, i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

收稿日期: 2011-01-11

作者简介: 王晶日(1972-), 男, 高级工程师。研究方向: 环境保护及水污染治理。

称矩阵(4)为 x_i 的单指标测度评价矩阵,称矩阵的第 j 个行向量为 x_{ij} 的单指标评价向量。

1.4 求多指标综合测度评价矩阵

设 w_j 表示第 j 个评价指标 I_j 相对于其他指标的重要程度,即 w_j 为 I_j 的价值。

设 $r_{ik}=r$ 表示第 i 个样品 x_i 属于第 k 个评价等级的程度,则: $r_{ik} = \sum w_j r_{ijk}, i=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,p$

$$(r_{ik})_{n \times p} = \begin{pmatrix} r_{i1} & \cdots & r_{ip} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{np} \end{pmatrix} \quad (5)$$

称矩阵(5)为多指标综合测度评价矩阵,称它的第 i 个行向量为 x_i 的综合测度评价向量。

1.5 求指标权重

若 $I_j(j=1,2,\dots,m)$ 是客观性指标,其权重无法由专家凭经验给出,则此时最佳的选择是假定各指标具有相同的重要程度,也就是它们具有平均重要程度: $w_j=1/m(j=1,2,\dots,m)$ 。

在此假定条件下,可求出综合测度评价矩阵。这个矩阵的第 i 个行向量 $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip})$ 是第 i 个评价对象 x_i 的综合测度评价向量,它是由单指标测度评价矩阵(4)的 m 个行向量“压缩”成一行得到的。具体的说, r_{ik} 是样品 x_i 的 m 个测量值各自属于 c_k 等级测度的算术平均值,即

$$r_{ik} = (r_{i1k} + r_{i2k} + \dots + r_{imk}) / m \quad (6)$$

所以,综合评价向量 $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip})$ 在“平均”的意义下反映了 x_i 的总体评价情况。这样,单指标测度评价向量 $(r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijp})$ 与综合测度评价向量 $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip})$ 的“相近”程度体现了指标 I_j 反映总体情况的能力,二者越相近,说明 I_j 越能体现总体情况,即 I_j 的价值越大。采用相似系数法描述两个非负向量接近程度。

$$\begin{aligned} s_j &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijp}) \times (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip})^T \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p r_{ijk} \times r_{ik} \end{aligned} \quad (7)$$

$$w_j = s_j / \sum_{j=1}^m s_j \quad (8)$$

称 s_j 为相似数, w_j 为相似权,可以用相似权作为指标 I_j 的权重。

2 实例分析

2.1 室内舒适度评价指标

本研究针对沈阳市某个装修后的住宅居室进行了污染物浓度的分析监测,其结果见表1。

表1 装修后住宅居室的实测指标

测试时间	监测指标	数值
装修半年后 (冬季)	甲醛	0.25/mg·m ⁻³
	苯	0.17/mg·m ⁻³
	氨	0.405/mg·m ⁻³
	氡	54/Bq·m ⁻³
	噪声	42dB
	细菌	2000/cfu·m ⁻³
	温度	14℃
	湿度	35.0%
	受体的主观环境评价因子	0.65

2.2 室内舒适度评价等级

室内舒适度评价等级分为4个等级{舒适,亚舒适,不舒适,危险}。其中:

一级为“舒适”等级,这一级的浓度限值通常取所有标准中的最小浓度值。在这一标准下,可以认为居室是绿色环保居室,它拥有健康安全的室内环境,不论对于健康成人还是敏感人群,居住者的感觉都是舒适的;

二级为“亚舒适”等级,这一级的浓度限值通常取《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)对各污染物的限值浓度。在这一标准下,室内环境污染物的浓度已经达到了室内环境质量所要求的最大允许值,将对人体(尤其是敏感人群)产生潜在的威胁;

三级为“不舒适”等级,这一级的浓度限值通常根据对不同污染物的不同要求取得。这一标准下,室内环境污染物的浓度一般已经达到轻度或中度超标,居住者长期内居住,可感到不适;

四级为“危险”等级,这一级的浓度限值通常根据实际情况取得。此时,室内环境污染物已

经重度超标,居住者在短期内即可感到明显不适,重者将会受到生命的威胁。

2.3 室内舒适度影响因素分析

2.3.1 建立单指标未确知测度函数 图1中给出的函数就是测度函数,将 $x_{11}=0.25$,即该样品的第一个指标(甲醛)的测量值代入,由甲醛的测度函数,找到0.25的位置,显然, $x_{11}=0.25$ 对应的单指标测度向量为 $(x_{111}, x_{112}, x_{113}, x_{114}) = (0, 0, 0, 1)$;

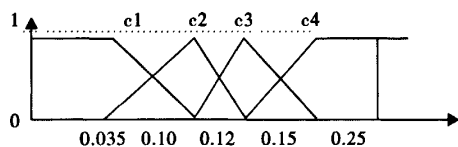


图1 甲醛的测度函数

同理可得,另外8个单指标测度向量为:

(1) 苯的单指标测度向量: $(x_{121}, x_{122}, x_{123}, x_{124}) = (0, 0.333, 0.667, 0)$;

(2) 氨的单指标测度向量: $(x_{131}, x_{132}, x_{133}, x_{134}) = (0, 0.59, 0.41, 0)$;

(3) 氡的单指标测度向量: $(x_{141}, x_{142}, x_{143}, x_{144}) = (1, 0, 0, 0)$;

(4) 噪声的单指标测度向量: $(x_{151}, x_{152}, x_{153}, x_{154}) = (0, 0, 0.6, 0.4)$;

(5) 细菌的单指标测度向量: $(x_{161}, x_{162}, x_{163}, x_{164}) = (0.5, 0.5, 0, 0)$;

(6) 温度的单指标测度向量: $(x_{171}, x_{172}, x_{173}, x_{174}) = (0.667, 0.333, 0, 0)$;

(7) 湿度的单指标测度向量: $(x_{181}, x_{182}, x_{183}, x_{184}) = (0, 0, 0.909, 0.091)$;

(8) 受体的主观环境评价因子的单指标测度向量: $(x_{191}, x_{192}, x_{193}, x_{194}) = (0, 0, 0.5, 0.5)$ 。

综上,可得单指标测度评价矩阵为:

$$(R_{jk})_{9 \times 4} = \begin{pmatrix} 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \\ 0.000 & 0.333 & 0.667 & 0.000 \\ 0.000 & 0.590 & 0.410 & 0.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.600 & 0.400 \\ 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.000 \\ 0.667 & 0.333 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.909 & 0.091 \\ 0.000 & 0.000 & 0.500 & 0.500 \end{pmatrix} \quad i=1$$

2.3.2 相似数与相似权 假定室内舒适度的九个评价因素:甲醛、氨、苯、湿度、主观因素、细菌、温度、噪声、氡具有相同的权重,可求得综合测度评价矩阵为: $(r_{ik})_{1 \times 9} = (0.241, 0.195, 0.343, 0.221)$ 。

按公式(7)求出相似系数 S_j 为: $(S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9) = (0.221, 0.294, 0.256, 0.241, 0.242, 0.218, 0.226, 0.332, 0.282)$ 。

再由公式(8)求出各因素的价值,即相似权 w_j : $(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9) = (0.096, 0.127, 0.111, 0.104, 0.105, 0.094, 0.098, 0.144, 0.122)$ 。

2.3.3 结果讨论 从计算结果来看,在该居室中室内舒适度影响因素贡献程度依次为湿度,苯,主观因子,氨,噪声,氡,温度,甲醛,细菌。其中室内湿度是主导因素,而且各个因素不是孤立的,它们是相互联系的。

对于甲醛,由于甲醛的水溶性很强,如果室内湿度大,则甲醛易溶于水雾中,滞留室内;如果室内湿度小,空气比较干燥,则容易向室外排放。对于苯和氨,由于它们难溶于水,受湿度的影响较小。对于细菌,它受湿度影响也很大。因为当室内湿度过高时,有利于室内环境中细菌和其他微生物的生长繁殖,加剧室内细菌的污染。由于本实例中监测时间为冬季,气候干燥,湿度相对很低,所以甲醛、细菌的影响程度就会因为湿度的影响而变小,而苯和氨的影响程度反之会变大。

参考文献

- [1] Jones B W, Hsieh K, Hahinage M. The Effect of Air Velocity on Thermal Comfort at Moderate Activity Levels[J]. Ashrae Trans, 1986, 90(2): 761-768.
- [2] 连之伟, 冯海燕. 建筑室内热环境的模糊评判模型[J]. 上海交通大学学报, 2002(2): 169-172.
- [3] 薛卫华, 张旭. 供暖房间热环境参数的实验研究及人体热舒适的模糊分析[J]. 建筑热能通风空调, 2000(2): 1-4.
- [4] 李昕, 康健楠, 洪文学, 等. 基于图表达原理的室内舒适度评价方法研究及其应用[J]. 传感技术学报, 2006, 19(4): 1094-1096, 1128.