

# 基于主成分分析和模糊综合评判的保定市空气质量评价

黄冬梅,陈晓晴,肖 涛

(河北农业大学 理学院,河北 保定 071001)

**摘 要:**根据中华人民共和国国家环境保护标准 HJ 633-2012,基于保定市 6 个环境空气质量监测点的数据,应用模糊综合评判法建立了 2 个保定市环境空气质量的综合评价模型;运用主成分分析法确定影响保定市环境空气质量的各因素的权重,同时利用主成分分析明确保定市各个监测点环境空气质量的主要影响因素,得到保定市影响环境空气质量的首要因素是 PM<sub>10</sub>,其次是 NO<sub>2</sub>和 PM<sub>2.5</sub>。最后应用所建立的 2 个模型对保定市的环境空气质量进行综合评价,得到了空气质量为良的与实际一致的评价结果。模型的建立为保定市制订治理环境污染的决策有一定的指导意义。

**关键词:**环境空气质量;模糊综合评判;主成分分析;权重;保定市

**中图分类号:**X823

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-2494(2015)02-0119-09

空气质量的好坏不仅与我们的日常生活息息相关,而且也与城市的建设与发展有着紧密的联系。空气质量的好坏反映了空气污染程度,它是依据空气中污染物浓度的高低来判断的。环境空气质量主要根据空气质量指数(AQI)来预报,其中空气质量指数是定量描述空气质量状况的无量纲指数。灰霾对人体呼吸系统造成相当大的危害。要想改善空气质量,首先要对空气质量的现状有一个清晰的把握。因此,建立一个科学、系统的环境空气质量评估方法是必要的,它可以使大家了解某地区的空气质量整体情况和影响空气质量的重要成因,以便日后改善自然环境。

对某地区环境空气质量评估是具有模糊性的,因此如何对模糊信息资料进行量化处理和综合评价就显得尤为重要。基于上述原因我们认为利用模糊综合评价原理和统计学原理对保定市空气质量以及影响空气质量的主要因素进行评估有其科学性和实用价值。

空气质量有多种评价方法,我们根据中华人民共和国国家环境保护标准 HJ 633-2012<sup>[1-2]</sup>给出的空气质量等级及对应的污染物项目浓度限值(表 1),基于保定市 2013 年 4 月份 6 个监测点的环境空气质量数据,利用模糊综合评判法建立了保定市 2013 年 4 月份环境空气质量综合评价的 2 个模型;在模糊综合评判中,权重是至关重要的<sup>[3-8]</sup>,它反映了各个因素在评价过程中所占的地位或所起的作用,直接影响到综合评价的结果,这里我们采用主成分分析法<sup>[9]</sup>来客观科学地确定各因素的权重。

## 一、理论基础

### (一)主成分分析

主成分分析法是一种数学变换的方法,它把给定的一组相关变量通过线性变换转成另一组不相关的变量,这些新的变量按照方差依次递减的顺序排列。在数学变换中保持变量的总方差不变,使第一

收稿日期:2015-02-12

基金项目:河北农业大学理工基金“基于不确定性理论的决策模型及应用”(LG2013)

作者简介:黄冬梅(1963-),女,河北保定人,教授,理学硕士,硕士研究生导师,主要研究不确定信息处理。

表1 环境空气质量等级及对应的污染物项目浓度限值

	PM2.5	PM10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
一级优	0~35	0~50	0~50	0~40	0~2	0~100
二级良	36~75	51~150	51~150	41~80	3~4	101~160
三级轻度污染	76~115	151~250	151~475	81~180	5~14	161~215
四级中度污染	116~150	251~350	476~800	181~280	15~24	216~265
五级重度污染	151~250	351~420	801~1600	281~565	25~36	266~800
六级严重污染	251~350	421~500	2100~2620	566~750	37~48	>800

变量具有最大的方差,称为第一主成分,第二变量的方差次大,并且和第一变量不相关,称为第二主成分。依次类推, $p$ 个变量就有 $p$ 个主成分。

### 1. 原始数据标准化

设有原始数据  $X=(x_1, x_2, \dots, x_p)$ ,  $n$  个样品  $x_j=(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T, j=1, 2, \dots, p, n>p$ , 构造样本矩阵, 对原始数据样本矩阵元进行如下标准化变换:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p。$$

其中  $\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}, s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}$ 。得标准化阵  $Z=(z_{ij})_{n \times p}$ 。

### 2. 建立相关系数矩阵

$R=(r_{ij})_{p \times p}$ , 其中  $R=Z^T Z$ 。

### 3. 计算特征值与特征向量

求出  $R$  的特征值  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p; (\lambda_i > 0)$  且相应的单位特征向量为  $a_1, a_2, \dots, a_p$ 。其中

$$a_1=(a_{11}, a_{21}, \dots, a_{p1})^T, a_2=(a_{12}, a_{22}, \dots, a_{p2})^T, \dots, a_p=(a_{1p}, a_{2p}, \dots, a_{pp})^T。$$

同时计算出方差贡献率和累积贡献率  $\beta_i (i=1, 2, \dots, p)$ 。

### 4. 确定权重

$$A=(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)。$$

## (二) 模糊综合评判

模糊综合评判要实现的目标是对给定事物作出一个合理的、全面的评价。假设对事物  $X$  进行评判, 所得评语有  $n$  个, 分别为  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , 也即评判集为  $V=(v_1, v_2, \dots, v_n)$ 。又设评判时考虑到事物  $X$  的  $m$  个因素  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , 即  $X=(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , 模糊综合评判法对该事物进行评判的基本步骤为:

### 1. 构造单因素评判矩阵

对每个因素  $x_i (i=1, 2, \dots, m)$ , 确定对每个评语的隶属度  $r_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$ , 从而构造出单因素评判矩阵  $R_{m \times n}$ 。其中  $r_{ij}$  为因素  $x_i$  具有评语  $v_j$  的程度。

### 2. 确定权重系数

假如  $m$  个因素的重要程度相当, 那么就认为各个因素各占权重  $\frac{1}{m}$ , 如果各个因素在事物的评判过程中所起作用不同, 可以通过不同的权重体现。不妨设  $m$  个因素的权重分别为  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , 那么就得起权重矩阵  $A=(a_1, a_2, \dots, a_m)$ , 这里  $a_i$  为因素  $x_i (i=1, 2, \dots, m)$  在综合评价中的重要程度。

### 3. 确定评价模型

根据具体实际问题, 确定合理的评价模型, 从而求出模糊综合评价集  $B=A \circ R=(b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。其中“ $\circ$ ”表示广义模糊合成运算。常用的模型是主因素突出型— $M(\wedge, \vee)$ 、加权平均型— $M(\cdot, +)$ 、全面制约型以及取小上界和型等。

#### 4. 综合评判

根据最大隶属度原则,选择模糊综合评价集  $B=(b_1, b_2, \dots, b_n)$  中最大的  $b_j$  所对应的评语  $v_j$  作为综合评判的结果。

## 二、保定市环境空气质量的模糊综合评判模型

### (一) 评价指标体系及评价集

根据国家对环境空气质量的发布标准[1,2]可知影响空气质量的因素主要是 PM2.5、PM10、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>。因此给出因素集为  $X=\{\text{PM2.5、PM10、SO}_2\text{、NO}_2\text{、CO、O}_3\}$ ,用  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$  来表示。

环境空气质量根据空气质量指数(AQI)分为六个等级分别是一级优、二级良、三级轻度污染、四级中度污染、五级重度污染、六级严重污染。分析保定市的环境空气质量,通过数据的收集和分析可知保定最差环境空气质量为五级重度污染,因此对环境空气质量的评价为优,良,轻度污染,中度污染,重度污染,即评价集为  $V=\{\text{优,良,轻度污染,中度污染,重度污染}\}$ ,表示为  $V=(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ 。

### (二) 环境空气质量影响因素权重的确定

权重的确定对环境空气质量的综合评价是非常重要的,对于能否客观、真实地反映环境空气质量等级起着至关重要的作用。常用的赋权方式主要有专家定权法和层析分析法,但它们都会受到主观因素的影响,有较强的主观性。

因此,我们试图寻找一种科学合理的且能弥补上述不足的权重确定方法,我们认为主成分分析法是较为科学、客观、简便的分析方法,用来确定权重比较合理。在主成分分析中较为重要的方差贡献率  $\beta_i(i=1, 2, \dots, 6)$ ,表示第  $i$  个公因子在消除  $i-1$  个公因子影响后,使方差贡献取到的最大值,用它主要衡量第  $i$  个公因子的重要程度。因此我们选择  $\beta_i$  作为环境空气质量综合评价的权重,即得到权重  $A=(a_1, a_2, \dots, a_6)$ 。

#### 1. 数据标准化

保定市有 6 个环境空气质量的监测站点,分别是:保定市游泳馆监测点、华电二区监测点、胶片厂监测点、地表水厂监测点、接待中心监测点、监测站监测点。我们从 PM2.5 实时监测网 <http://www.pm2d5.com/city/baoding.html> 获取保定市 2013 年 4 月份各监测点的监测数据,由于统计发布数据不全,有些数据缺失,这里仅给出 2013 年 4 月份保定市游泳馆监测点监测数据,见表 2。

首先对各监测点原始数据按如下公式进行标准化:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p。$$

$$\text{其中 } \bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}, s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}。$$

其中游泳馆监测点总共有 28 天数据,6 个评价指标:  $n=28, p=6$ ;

华电二区监测点总共有 27 天数据,6 个评价指标:  $n=27, p=6$ ;

胶片厂监测点总共有 29 天数据,6 个评价指标:  $n=29, p=6$ ;

地表水厂测点总共有 28 天数据,6 个评价指标:  $n=28, p=6$ ;

接待中心监测点总共有 30 天数据,6 个评价指标:  $n=30, p=6$ ;

监测站监测点总共有 28 天数据,6 个评价指标:  $n=28, p=6$ 。

#### 2. 建立相关系数矩阵

将上述各标准化后的数据转化成标准化矩阵  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$ , 变量的相关系数阵为  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ :

$$R_k = (r_{ij})_{6 \times 6}, \text{其中 } R_k = Z_k^T Z_k, k=1, 2, \dots, 6。$$

运用 matlab 进行运算,可得到各监测点的相关系数矩阵  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$  和各个相关系数矩阵

的特征值、特征向量以及累积贡献率。

3.各监测点环境空气质量影响因素权重的确定及首要影响因素

求出  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$  的特征值  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_6; \lambda_i > 0$ , 且相应的单位特征向量为  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_6$ , 以此来计算累积贡献率和方差贡献率  $\beta$ , 最终确定各监测点空气质量影响因素的权重。

对于游泳馆监测点, 我们按照上述方法得到特征值:

$$\lambda_1=95.2177, \lambda_2=30.8415,$$

$$\lambda_3=18.0909, \lambda_4=8.7255,$$

$$\lambda_5=6.4592, \lambda_6=2.6620;$$

相应的特征向量:

$$\xi_1 = \begin{bmatrix} -0.4873 \\ -0.4518 \\ -0.3656 \\ -0.4063 \\ -0.4536 \\ 0.2321 \end{bmatrix}, \xi_2 = \begin{bmatrix} 0.1571 \\ 0.0810 \\ 0.3925 \\ -0.4684 \\ 0.2304 \\ 0.7364 \end{bmatrix},$$

$$\xi_3 = \begin{bmatrix} 0.1469 \\ 0.5005 \\ -0.6231 \\ 0.2866 \\ -0.1654 \\ 0.4797 \end{bmatrix}, \xi_4 = \begin{bmatrix} 0.0613 \\ -0.4733 \\ -0.4495 \\ 0.0827 \\ 0.7441 \\ 0.0983 \end{bmatrix},$$

$$\xi_5 = \begin{bmatrix} -0.5853 \\ -0.0998 \\ 0.3288 \\ 0.6429 \\ 0.0659 \\ 0.3489 \end{bmatrix}, \xi_6 = \begin{bmatrix} 0.6082 \\ -0.5521 \\ 0.1179 \\ 0.3365 \\ -0.3947 \\ 0.2057 \end{bmatrix};$$

累积贡献率为:  $\begin{bmatrix} 0.5878 \\ 0.7782 \\ 0.8898 \\ 0.9437 \\ 0.9836 \\ 1.0000 \end{bmatrix}$ , 方差贡献率:  $\beta = \begin{bmatrix} 0.5878 \\ 0.1904 \\ 0.1116 \\ 0.0539 \\ 0.0399 \\ 0.0164 \end{bmatrix}$ 。

表 2 保定市游泳馆监测点监测数据

日期	$x_1$ PM2.5	$x_2$ PM10	$x_3$ SO <sub>2</sub>	$x_4$ NO <sub>2</sub>	$x_5$ CO	$x_6$ O <sub>3</sub>
4.01	205	338	76	78	4	17
4.02	115	275	61	67	3	60
4.03	127	253	71	63	4	76
4.04	133	355	74	73	3	88
4.05	71	159	50	59	3	52
4.06	79	130	37	47	3	63
4.07	36	77	30	39	2	78
4.08	81	232	106	75	4	47
4.09	39	218	41	35	2	83
4.10	98	243	69	48	3	153
4.11	68	186	63	37	3	149
4.12	16	103	43	20	2	102
4.13	113	252	120	59	3	45
4.14	52	234	72	40	3	101
4.15	112	212	75	40	4	95
4.16	96	250	75	47	3	90
4.17	72	194	78	44	3	90
4.18	60	170	70	36	3	94
4.19	83	184	115	39	3	94
4.20	99	192	99	33	3	114
4.21	96	170	76	33	3	115
4.22	225	378	124	57	4	79
4.23	153	270	115	39	4	91
4.24	147	271	114	44	4	125
4.26	146	226	165	59	4	47
4.27	82	142	82	28	3	76
4.28	79	194	72	31	3	81
4.29	80	237	97	44	3	51

注: 数据来自于 PM2.5 实时监测网 <http://www.pm2d5.com/city/baoding.html>。由于统计发布数据不全, 表中 4 月 25、30 号数据缺失。

由上述数据可看出, 前三个特征值累积贡献率已达 88.98%, 说明前 3 个主成分基本包含了全部指标具有信息, 为此我们取前 3 个特征值。因而第一主成分为: PM2.5, CO, PM10; 第二主成分为: O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>; 第三主成分为: SO<sub>2</sub>。由此, 得到游泳馆监测点各因素指标的权重  $A_1$  为:

$$A_1=(0.5878, 0.1116, 0.0164, 0.0399, 0.1904, 0.0539)。$$

由游泳馆监测点各指标的权重  $A_1$  看出 PM2.5 比重达到 58.78%，由此可见保定市游泳馆监测点的环境空气质量首要影响因素为 PM2.5。

同理我们得到：

各指标在华电二区监测点的权重  $A_2$  为：

$$A_2=(0.3252, 0.4145, 0.0758, 0.1127, 0.0264, 0.0454)。$$

由华电二区监测点各指标的权重  $A_2$  看出 PM10 比重达到 41.45%，PM2.5 比重达到 32.52%，由此可见保定市华电二区监测点的环境空气质量首要影响因素是 PM10，其次是 PM2.5。

各指标在胶片厂监测点的权重  $A_3$  为：

$$A_3=(0.0909, 0.1644, 0.0218, 0.6510, 0.0151, 0.0568)；$$

胶片厂监测点各指标的权重  $A_3$  看出 NO<sub>2</sub> 比重达到 65.1%，由此可见保定市胶片厂监测点的环境空气质量首要影响因素是 NO<sub>2</sub>。

各指标在地表水厂监测点的权重  $A_4$  为：

$$A_4=(0.0503, 0.0163, 0.1960, 0.4839, 0.1612, 0.0923)。$$

地表水厂监测点各指标的权重  $A_4$  看出 NO<sub>2</sub> 比重达到 48.39%，由此可见保定市地表水厂监测点的环境空气质量首要影响因素是 NO<sub>2</sub>。

各指标在接待中心监测点的权重  $A_5$  为：

$$A_5=(0.1034, 0.5081, 0.1949, 0.1180, 0.0152, 0.0604)。$$

由接待中心监测点各指标的权重  $A_5$  看出 PM10 比重达到 50.81%，由此可见保定市接待中心监测点的环境空气质量首要影响因素是 PM10。

各指标在监测站监测点的权重  $A_6$  为：

$$A_6=(0.1955, 0.5481, 0.0123, 0.0345, 0.1355, 0.0741)。$$

由监测站监测点各指标的权重  $A_6$  看出 PM10 比重达到 54.81%，由此可见保定市监测站监测点的环境空气质量首要影响因素是 PM10。

### (三)单因素矩阵的确定

根据国家标准(表 1)对各监测点监测数据的各项指标的浓度进行分级,我们可得到各监测点监测数据的各项指标的浓度分级,由此计算出各监测点的每个指标在 4 月份这个时间段内对各评语的天数,然后计算每个指标的天数在各评语中所占比例,将其作为各因素指标对每个评价语的单因素评判矩阵,用矩阵  $P_i(i=1,2,3,4,5,6)$  来表示。

$$\text{游泳馆监测点的单因素评判矩阵: } P_1 = \begin{bmatrix} 0.036 & 0.250 & 0.464 & 0.143 & 0.107 \\ 0.000 & 0.143 & 0.572 & 0.214 & 0.071 \\ 0.178 & 0.786 & 0.036 & 0.000 & 0.000 \\ 0.464 & 0.536 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.750 & 0.250 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.107 & 0.893 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix} ;$$

$$\text{华电二区监测点的单因素评判矩阵: } P_2 = \begin{bmatrix} 0.074 & 0.704 & 0.185 & 0.037 & 0.000 \\ 0.667 & 0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.852 & 0.148 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.333 & 0.630 & 0.037 & 0.000 & 0.000 \\ 0.037 & 0.296 & 0.667 & 0.000 & 0.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix} ;$$

$$\begin{aligned}
 & \text{胶片厂监测点的单因素评判矩阵: } P_3 = \begin{bmatrix} 0.034 & 0.345 & 0.345 & 0.104 & 0.172 \\ 0.000 & 0.207 & 0.607 & 0.172 & 0.034 \\ 0.724 & 0.276 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.586 & 0.414 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.621 & 0.345 & 0.034 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}; \\
 & \text{地表水厂监测点的单因素评判矩阵: } P_4 = \begin{bmatrix} 0.321 & 0.357 & 0.286 & 0.036 & 0.000 \\ 0.250 & 0.536 & 0.214 & 0.000 & 0.000 \\ 0.571 & 0.429 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.571 & 0.429 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.964 & 0.036 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.714 & 0.286 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}; \\
 & \text{接待中心监测点的单因素评判矩阵: } P_5 = \begin{bmatrix} 0.133 & 0.333 & 0.333 & 0.068 & 0.133 \\ 0.233 & 0.634 & 0.133 & 0.000 & 0.000 \\ 0.900 & 0.100 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.964 & 0.036 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.967 & 0.000 & 0.000 & 0.033 & 0.000 \end{bmatrix}; \\
 & \text{监测站监测点的单因素评判矩阵: } P_6 = \begin{bmatrix} 0.071 & 0.500 & 0.214 & 0.179 & 0.036 \\ 0.000 & 0.500 & 0.464 & 0.036 & 0.000 \\ 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.607 & 0.393 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.429 & 0.214 & 0.357 & 0.000 & 0.000 \\ 0.821 & 0.143 & 0.036 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}。
 \end{aligned}$$

#### (四)综合评判

##### 1. 环境空气质量主要影响因素的综合评判

我们利用主成分分析法确定了各监测点各指标的权重  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ , 通过各监测点各指标的权重又可看出各个监测点中影响环境空气质量的主要因素。不妨设, 各监测点的污染程度相同即每个监测点的权重均为  $1/6$ , 对保定市 4 月份环境空气质量主要影响因素进行综合评判, 得到保定市 4 月份环境空气质量各影响因素  $PM_{2.5}, PM_{10}, SO_2, NO_2, CO, O_3$  的权重为

$$A = (0.2255, 0.2938, 0.0863, 0.2400, 0.0906, 0.0638),$$

由此可看出在 2013 年 4 月份保定市环境空气质量的首要影响因素为  $PM_{10}$ , 其次为  $NO_2$  和  $PM_{2.5}$ 。

##### 2. 环境空气质量的综合评判

在模糊综合评判中, 主因素决定型考虑主因素(权重最大的因素)在综合评判中起主导作用, 加权平均型则是对所有因素依权重大小均衡兼顾, 考虑各因素均起作用。因此我们分别考虑两种模型对保定市 4 月份环境空气质量进行综合评价。

###### 1) 主因素决定型— $M(\wedge, V)$

利用前面得到的各监测点中各指标的权重分别为  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ , 和其对应的单因素评判矩阵  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ , 基于模型  $M(\wedge, V)$ , 按算子  $(\wedge, V)$  进行合成运算, 得到各监测点的环境空气质量的综合评价分别为:

$$\bar{B}_1 = A_1 \circ P_1 = (0.1904 \quad 0.2500 \quad 0.4640 \quad 0.1430 \quad 0.1070);$$

$$\bar{B}_2=A_2 \circ P_2=(0.414\ 5\ 0.333\ 0\ 0.185\ 0\ 0.037\ 0\ 0.000\ 0);$$

$$\bar{B}_3=A_3 \circ P_3=(0.586\ 0\ 0.414\ 0\ 0.164\ 4\ 0.164\ 4\ 0.034\ 0);$$

$$\bar{B}_4=A_4 \circ P_4=(0.483\ 9\ 0.429\ 0\ 0.050\ 3\ 0.036\ 0\ 0.000\ 0);$$

$$\bar{B}_5=A_5 \circ P_5=(0.233\ 0\ 0.508\ 1\ 0.133\ 0\ 0.068\ 0\ 0.103\ 4);$$

$$\bar{B}_6=A_6 \circ P_6=(0.135\ 5\ 0.195\ 5\ 0.464\ 0\ 0.179\ 0\ 0.036\ 0)。$$

分别对  $\bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3, \bar{B}_4, \bar{B}_5, \bar{B}_6$ , 进行归一化处理分别得到  $\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{G}_3, \bar{G}_4, \bar{G}_5, \bar{G}_6$ :

$$\bar{G}_1=(0.164\ 9\ 0.216\ 6\ 0.401\ 9\ 0.123\ 9\ 0.092\ 7);$$

$$\bar{G}_2=(0.427\ 5\ 0.343\ 5\ 0.190\ 8\ 0.038\ 0\ 0.000\ 0);$$

$$\bar{G}_3=(0.430\ 0\ 0.303\ 8\ 0.120\ 6\ 0.120\ 6\ 0.025\ 0);$$

$$\bar{G}_4=(0.484\ 3\ 0.429\ 3\ 0.050\ 4\ 0.036\ 0\ 0.000\ 0);$$

$$\bar{G}_5=(0.222\ 9\ 0.486\ 0\ 0.127\ 2\ 0.065\ 0\ 0.098\ 9);$$

$$\bar{G}_6=(0.139\ 1\ 0.200\ 7\ 0.476\ 4\ 0.183\ 8\ 0.037\ 0)。$$

根据最大隶属原则得到:保定市在4月份游泳馆监测点的综合环境空气质量为三级中度污染,在华电二区监测点的综合环境空气质量为一级优,在胶片厂监测点的综合环境空气质量为一级优,在地表水厂监测点的综合环境空气质量为一级优,在接待中心监测点的综合环境空气质量为二级良,在监测站监测点的综合环境空气质量为三级中度污染。假设6个监测点对保定市环境空气质量的影响是相同的,则由公式

$B=\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \bar{G}_i$ , 得到综合考虑六个监测点后保定市4月份的环境空气质量的综合评价为:

$$B=(0.311\ 45\ 0.329\ 98\ 0.227\ 88\ 0.094\ 55\ 0.042\ 27),$$

由综合评价结果可以看出评语占有所有评语  $v_1, v_2$  的 64.143%, 因此综合考虑6个监测点得到保定市四月份环境空气质量在该模型下的综合评价为二级良。

## 2) 加权平均模型— $M(\cdot, +)$

利用各监测点各指标的权重分别为  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ , 和其对应的单因素评判矩阵  $P$ , 基于模型  $M(\cdot, +)$ , 按矩阵相乘运算, 得到个监测站点的环境空气质量的综合评价分别为:

$$\tilde{B}_1=(0.192\ 2, 0.301\ 9, 0.337\ 2, 0.107\ 9, 0.070\ 8);$$

$$\tilde{B}_2=(0.449\ 0, 0.457\ 0, 0.081\ 9, 0.012\ 0, 0.000\ 0);$$

$$\tilde{B}_3=(0.450\ 7, 0.360\ 5, 0.133\ 1, 0.037\ 7, 0.021\ 2);$$

$$\tilde{B}_4=(0.629\ 7, 0.350\ 6, 0.017\ 9, 0.001\ 8, 0.000\ 0);$$

$$\tilde{B}_5=(0.498\ 6, 0.376\ 6, 0.102\ 0, 0.009\ 0, 0.013\ 8);$$

$$\tilde{B}_6=(0.159\ 9, 0.431\ 1, 0.347\ 2, 0.054\ 7, 0.007\ 0)。$$

我们分别对  $\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \tilde{B}_3, \tilde{B}_4, \tilde{B}_5, \tilde{B}_6$  进行归一化处理分别得到  $\tilde{G}_1, \tilde{G}_2, \tilde{G}_3, \tilde{G}_4, \tilde{G}_5, \tilde{G}_6$ :

$$\tilde{G}_1=(0.190\ 316, 0.298\ 841, 0.333\ 894, 0.106\ 842, 0.070\ 106);$$

$$\tilde{G}_2=(0.449\ 045, 0.457\ 046, 0.081\ 908, 0.012\ 001, 0.000\ 000);$$

$$\tilde{G}_3=(0.449\ 262, 0.359\ 350, 0.132\ 675, 0.037\ 580, 0.021\ 132);$$

$$\tilde{G}_4=(0.627\ 900, 0.350\ 600, 0.017\ 900, 0.001\ 800, 0.000\ 000);$$

$$\tilde{G}_5=(0.498\ 600, 0.376\ 600, 0.102\ 000, 0.009\ 000, 0.013\ 800);$$

$$\tilde{G}_6=(0.159\ 916, 0.431\ 430, 0.347\ 235, 0.054\ 705, 0.007\ 001)。$$

因此,保定市在4月份游泳馆监测点的综合环境空气质量为三级中度污染,在华电二区监测点的综合环境空气质量为二级良,在胶片厂监测点的综合环境空气质量为一级优,在地表水厂监测点的综合环境空气质量为一级优,在接待中心监测点的综合环境空气质量为一级优,在监测站监测点的综合环境空气质量为二级良。假设6个监测点对保定市环境空气质量的影响是相同的,则由公式  $C = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \tilde{G}_i$ , 得到综合考虑6个监测点后保定市4月份的环境空气质量的综合评价:

$$C=(0.396\ 140,0.378\ 930,0.169\ 269,0.036\ 988,0.018\ 673)。$$

由综合评价结果  $C$  可以看出评语  $v_1, v_2$  占有评语的 77.507%, 因此综合考虑6个监测点得到保定市4月份环境空气质量在该模型下的综合评价为二级良。

综上2种模型较为准确地得到保定市4月份环境空气质量的综合评价为二级良,这与实际是一致的。

### 三、结论

通过主成分分析法为环境空气质量影响因素的权重确定提供了较为准确、科学的方法,同时主成分分析的过程中对影响环境空气质量的主要因素进行了分析。利用主成分分析法确定了保定市各监测点空气质量影响因素的权重及各监测点空气质量的首要影响因素。得到了2013年4月份游泳馆监测点的空气质量首要影响因素为PM<sub>2.5</sub>, 监测站监测点的空气质量首要影响因素是PM<sub>10</sub>, 接待中心监测点的空气质量首要影响因素是PM<sub>10</sub>, 地表水厂监测点的空气质量首要影响因素是NO<sub>2</sub>, 胶片厂监测点的空气质量首要影响因素是NO<sub>2</sub>, 华电二区监测点的空气质量首要影响因素是PM<sub>10</sub>, 并对6个监测点的空气质量影响因素进行综合评判得到保定市2013年4月份的空气质量首要影响因素为PM<sub>10</sub>。该结论使环境治理着重点更加明了,治理方法便于确定。

利用模糊综合评判法,建立了保定市2013年4月份环境空气质量综合评价的2个模型(主因素决定型和加权平均型),利用这2个模型分别对保定市4月份环境空气质量进行了综合评价并得到环境空气质量为二级良的相同结果,这结果与当时实际是一致的,说明所建的模型是有效的;我们可以利用所建立的模型对其他城市的环境空气质量进行综合评价,以此来观察其整体环境空气质量,便于对该城市地区环境的关注和治理。还可以利用所建立的模型综合考虑保定市在某一年的空气质量综合评价,以此来更加明确地观察空气污染的气候性以及其他影响条件。

我们在评价时假设6个监测点对保定市环境空气质量的影响为相同的,但是由于各监测点地理位置不同、工厂数目不同等因素,6个监测点对保定市环境空气质量的影响不一定相同,可以对此进行进一步研究与分析。

### 参考文献:

- [1]GB 3095-2012, 中华人民共和国环境空气质量标准[S].
- [2]HJ 633-2012, 中华人民共和国环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)[S].
- [3]谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2012.
- [4]罗承忠.模糊集理论[M].北京:北京师范大学出版社,2005.
- [5]陈水利.模糊集理论及其应用[M].北京:科学出版社,2005.
- [6]马 娟,杨益民.主成分分析与因子分析之比较及实证分析[J].市场研究,2007(3):30-34.
- [7]贺秋华,王劲松,陈朝猛.南通市大气环境质量模糊综合评价[J].南华大学学报,2009,23(3):88-92.
- [8]周挺进,黄 娟,张江山,等.厦门市环境空气质量的模糊综合评价[J].环境科学与管理,2012,37(2):167-170.
- [9]任雪松,于秀林.多元统计分析[M].北京:中国统计出版社,2011.

(下转第 136 页)



- [9]唐县青救为配合游击队作战,特组织破坏敌交通先锋队[N].晋察冀日报,1938-08-31.
- [10]边青救二次代表大会闭幕,青年工作将有迅速发展[N].晋察冀日报,1939-03-03.
- [11]四专区青救号召全区青年整队的自发的到青年支队去,以实际战斗的精神和行动来拥护双十协定[N].晋察冀日报,1940-09-10.
- [12]唐县的明伏村青年拔工成绩好,青救会威信提高了[N].晋察冀日报,1945-06-08.
- [13]唐县青救会组织儿童看麦团和游击队[N].晋察冀日报,1938-06-30.
- [14]唐县儿童团查获逃跑战士[N].晋察冀日报,1938-07-31.
- [15]王定毅.论青年救国会[D].保定:河北大学,2008.
- [16]陈 颖,王伟民.论抗日民族统一战线旗帜下的西北青年救国会[J].党史文苑,2009(4):8-10.

## The Activities of Youth National Salvation of Tang County During the Period of Anti Japanese War

Zhuang Yuan

(College of History and Culture, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

**Abstract:** The main purpose is to establish a National Salvation Youth unite together the various sectors of the youth of the war, due to the North China mainly in rural areas, so the main task will be to save the country's youth is as much unity base of rural youth to participate in the war. Tang County National Salvation Youth in Hebei launched a vigorous national salvation movement, in Tang County children and youth sports leaders, to consolidate the anti-Japanese national united front on the war, and to improve the social life of Tang County, have made a significant contribution.

**Key words:** National Salvation Youth; Tang county; youth; children; Anti Japanese War

(责任编辑 张春生)

---

(上接第 126 页)

## The Comprehensive Evaluation of the Air Quality for Baoding City Based on Principal Component Analysis and Fuzzy Comprehensive Evaluation

Huang Dongmei, Chen Xiaoqing, Xiao Tao

(College of Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

**Abstract:** According to the law of the People's Republic of China state environmental protection standards HJ. 633-2012 and based on the data of Baoding city environmental air quality monitoring, two model of Baoding city environmental air quality evaluation are established by applying the fuzzy comprehensive evaluation method. Using principal component analysis, the weights of the various influence factors of environmental air quality of Baoding city are determined more objectively and scientifically. At the same time, using the principal component analysis is clear about the main influencing factor of the different monitoring-station of Baoding city environmental air quality, and is the primary factor affecting for Baoding city environmental air quality, followed by and. Finally, two fuzzy comprehensive evaluation model are applied to air quality evaluation of Baoding city, the environmental air quality for good evaluation result is consistent with the actual. The paper would provide guidance for the development of policies related to the air quality of Baoding city to a certain extent.

**Key words:** environmental air quality; fuzzy comprehensive evaluation; principal component analysis; weight; Baoding city

(责任编辑 陈 静)