

冯慧,张二国,张世昌. 基于主成分分析的省级气象计量检定能力评估方法[J]. 陕西气象,2019(2)50-52.

文章编号:1006-4354(2019)02-0050-03

# 基于主成分分析的省级气象计量检定能力评估方法

冯 慧,张二国,张世昌

(陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014)

**摘 要:**提出基于主成分分析的省级气象计量检定能力评估方法。该方法从实际数据出发,对常用评估指标进行综合筛选,从中提取出具有最佳解释能力的新综合评估指标,并建立相应的数学模型,从而实现省级气象计量检定能力的综合评估。通过实例分析,验证了该方法的有效性和实用性。

**关键词:**气象计量检定;评估方法;主成分分析

**中图分类号:**P41

**文献标识码:**B

气象计量检定是保证观测网数据的准确性和可比性的一个重要手段,有效地评估省级气象计量检定能力,对保障设备在检定有效期内稳定运行有着重要的意义。省级气象计量检定包含实验室检定和现场校准两个部分。对某一省份省级气象计量检定能力进行评估时,最常用的指标是该省份取得实验室授权项目数量、建立计量标准数量、通过二级注册计量师考试的人员数量。由于各省份已经配备移动计量系统应用于现场校准,一般也将移动计量系统标准器溯源率纳入到评估指标中。目前还没有对省级气象计量检定能力评估方法,无法明确各个省份省级气象计量检定能力大小。本文提出了基于主成分分析的省级计量检定能力评估方法,该方法从实际数据出发,对以

上评估指标进行综合筛选,从中提取出具有最佳解释能力的新综合评估指标,并建立相应的数学模型,从而实现省级计量检定能力评估。

## 1 评估方法

1933年,Hotelling<sup>[1]</sup>首次提出了主成分分析法,该方法利用降维的思想,建立一种高维空间向低维空间的映射<sup>[2]</sup>,将多个指标转化为少数几个或一个综合指标。主成分分析通过线性变换把数据变换到新的坐标系统中,根据数据投影的方差从大到小,依次对应于第一个主成分(坐标)、第二个主成分(坐标),等。因为主成分分析不仅可以减少数据集的维数,而且还保持了数据集原有的信息,所以该方法也可用于气象数据的分析<sup>[3-4]</sup>。对于省级气象计量检定能力评估,上述指标之间

**收稿日期:**2018-08-07

**作者简介:**冯慧(1986—),女,汉族,河北衡水人,硕士,工程师,从事气象探测设备检定及研究。

**基金项目:**中国气象局气象探测中心青年科技课题“气象计量检定业务评估方法研究”(TCQN201705)

可以在多媒体上用简洁的文字、图片直接呈现,也可以设计制作一些通俗易懂的小动画等进行直观的演示,但内容一定要简单易懂,切忌过于复杂花哨,否则容易喧宾夺主,影响讲解效果。

## 参考文献:

[1] 华蓉. 对科普讲解的几点浅见[J]. 云南科技管理,

2016, 29(2):62-64.

[2] 赵娟. 顺序分析在科技英语翻译中的应用[D]. 太原:山西大学,2013.

[3] 邱成利,刘文川. 提高科普讲解能力的方式与途径初探——基于全国科普讲解大赛的分析[J]. 科普研究,2015, 10(5):83-91.

存在一定的相关性,这种相关性会使得各评估指标所反映的信息可能有所重叠,要尽可能地减少重叠信息的不良影响<sup>[5]</sup>,因此可使用主成分分析进行综合筛选。然而,由于以上评估指标物理意义不同且具有不同的量纲,而不同的量纲使各评估指标的分散程度差异较大,这时总方差则主要受方差较大的控制<sup>[6]</sup>。若对各个评估指标直接使用标准的主成分分析方法,则优先照顾了方差较大的评估指标,从而会给提取出的新综合评估指标的解释带来困难<sup>[3]</sup>。为了解决这一问题,本文从相关系数矩阵出发来进行主成分分析。

假设用于省级气象计量检定能力评估的数据矩阵为  $X$ ,其中  $X$  每一行对应一个省份气象计量相关情况,而每一列则分别代表实验室授权项目数量( $N_S$ )、建立计量标准数量( $N_B$ )、通过二级注册计量师考试的人员数量( $N_R$ )和标准器溯源率( $S$ )。采用主成分分析对省级气象计量检定能力进行评估的计算步骤如下。

(1) 计算数据矩阵  $X$  的相关系数矩阵  $R$ 。

(2) 求出相关系数矩阵  $R$  的特征值  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \lambda_4$ ,以及相应的正交单位化特征向量  $a_1, a_2, a_3, a_4$ 。

(3) 数据矩阵  $X$  的第  $k$  个主成分可以表示为

$$Y_k = X a_k = a_{k1} N_S + a_{k2} N_B + a_{k3} N_R + a_{k4} S, \quad (1)$$

式(1)中: $k \in \{1, 2, 3, 4\}$ 且 $a_{kj}$ 是特征向量 $a_k$ 的第 $j$ 个分量, $j \in \{1, 2, 3, 4\}$ 。

(4) 计算第  $k$  个主成分的贡献度  $C_k =$

$$\frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^4 \lambda_i} \times 100\%, \text{并根据贡献度的大小确定出用于评估的主成分。}$$

于评估的主成分。

(5) 计算出每个省份气象计量检定能力的主成分得分,从而反映了某省份计量检定能力相对于其他省份的计量检定能力。也就是说,得分越高,说明该省份计量检定能力相对越强。

从以上可以看出,主成分是常用评估指标的线性组合,且组合系数恰好是特性向量的分量。从这个角度可以说,主成分是一个新的综合评估指标。它可以简洁、清晰地反映一个省份计量检定能力。

## 2 应用实例

为验证本文所提方法的有效性和实用性,以10个省份2017年省级气象计量相关情况进行实例分析。这些省份省级气象计量相关情况如表1所示。

表1 2017年省级气象计量相关情况

	$N_S$ /个	$N_B$ /个	$N_R$ /个	$S$ /%
省份一	15	8	6	100%
省份二	11	8	6	100%
省份三	11	7	5	100%
省份四	15	7	8	100%
省份五	11	5	9	90%
省份六	8	5	10	90%
省份七	11	8	6	90%
省份八	15	7	8	80%
省份九	8	6	5	80%
省份十	11	5	5	80%

注:标准器溯源率包括省级标准器溯源率和地市级移动计量系统标准器溯源率,省级标准器溯源率因建标和机构授权的要求,保证了标准器溯源率的100%。地市级移动计量系统因处于刚建成和运行阶段,业务体制机制不健全,标准器管理意识不强,导致标准器溯源率很难达到100%。

采用本文提出的方法,首先计算相关系数矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.5137 & 0.0512 & 0.3084 \\ 0.5137 & 1.0000 & -0.3778 & 0.5417 \\ 0.0512 & -0.3778 & 1.0000 & 0.0140 \\ 0.3084 & 0.5417 & 0.0140 & 1.0000 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

接着,计算出相关系数矩阵  $R$  的特征值  $\lambda_k$  和对应的正交单位化特征向量  $a_k$ ,以及各主成分的贡献度  $C_k$ ,如表2所示。

由表2可以看出,第一个主成分的贡献度为49.06%,未达到50%;第二个主成分的贡献度为27.47%,第一个主成分和第二个主成分之和为76.53%,所以将第一个主成分和第二个主成分的综合得分用于省级气象计量检定能力的评估。第一个主成分的形式如下:

$$Y_1 = -0.3871 N_S + 0.7143 N_B + 0.2553 N_R + 0.5242 S. \quad (3)$$

表 2 相关系数矩阵的特征值、正交单位化特征向量以及各主成分的贡献度

$k$	$\lambda_k$	$a_k$	$C_k/\%$
1	1.962 5	{-0.387 1, 0.714 3, 0.255 3, 0.524 2}	49.06
2	1.098 7	{0.404 7, 0.065 2, 0.885 0, -0.220 9}	27.47
3	0.689 6	{0.739 1, -0.014 4, -0.174 6, 0.650 4}	17.24
4	0.249 2	{-0.374 3, -0.696 6, 0.348 1, 0.503 4}	6.23

第二主成分的形式如下:

$$Y_2 = 0.404 7 N_S + 0.065 2 N_B + 0.885 0 N_R - 0.220 9 S. \quad (4)$$

在此基础上,计算出各省份省级气象计量检定能力的第一主成分得分、第二主成分得分、第一

主成分和第二主成分综合得分(表 3)。由此可知,省份十的省级气象计量检定能力最差,而省份六的省级气象计量检定能力相对较好。通过以上分析,说明本文所提方法可以直观地反映出省级气象计量检定能力的相对大小。

表 3 各省份省级气象计量检定能力得分

检定单位	省份一	省份二	省份三	省份四	省份五	省份六	省份七	省份八	省份九	省份十
第一主成分	1.96	3.51	2.54	1.76	2.08	3.50	3.46	1.66	2.88	1.01
第二主成分	11.68	10.06	9.11	13.39	12.54	12.21	10.08	13.43	7.88	9.03
综合	13.65	13.57	11.65	15.15	14.63	15.71	13.54	15.09	10.76	10.04

通过该方法分析可以发现,计量检定能力的高低并不是单纯的参数比较,而是一个综合评估,但人员能力在省级气象计量检定能力中起到决定作用。通过注册计量师考试人员数量较多的省份(省份四、省份五、省份六、省份八)综合得分较高。

此外,省份一和省份二比较来看,省份一气象计量检定能力强,可以看出在其他指标相同的情况下,实验室授权项目数量多的省份检定能力强;省份四和省份八比较来看,省份四强,可以看出在其他指标相同的情况下,溯源率高的省份检定能力强。

### 3 小结

采用主成分分析实现省级气象计量检定能力的评估,能够简洁、清晰、综合地反映出一个省份省级气象计量检定能力。该方法实用、有效,为进一步研究省级气象计量检定能力评估方法提供了借鉴。

### 参考文献:

- [1] 谭跃进,陈英武,易进先. 系统工程原理[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1999.
- [2] 张晓南,周松,杨俊峰. 基于主成分分析的装备综合保障能力评估[J]. 指挥信息系统及技术,2013,4(5):80-83.
- [3] 车少静,李春强. 基于标准化降水指数的石家庄干旱时空特征[J]. 气象科技,2010,38(1):66-70.
- [4] 应明,万日金. 影响我国的热带气旋年频数预测[J]. 应用气象学报,2011,21(1):66-76.
- [5] 王海涛,阳平华. 基于主成分分析法的装备维修资源保障能力评估[J]. 四川兵工学报,2008,29(2):30-32,35.
- [6] JOLLIFFE IT. Principal component analysis (2ed) [M]. New York, USA:Springer-Verlag New York Inc., 2002.