

# 京津冀城市群大气污染质量评价分析

段 旭

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年4月3日; 录用日期: 2023年6月7日; 发布日期: 2023年6月12日

## 摘 要

空气质量问题一直以来都是人们所重视的问题, 尤其是随着经济的快速发展所带来的环境效应已不容忽视。本文基于模糊综合评价法的应用, 以京津冀13个地级市为研究对象, 以PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>为评价因子, 通过各地级市所公布的环境年报数据以及环境空气质量标准, 进一步确定京津冀城市群的空气质量评价集合, 并根据数据确定指数隶属度函数以及权重集合, 对京津冀13个城市群2016~2020年的环境空气质量进行综合分析。研究结果表明: 京津冀各地级市在2016~2020年污染程度总体趋势向好, 其中北京市在2016年其污染程度较重经过一系列政策措施调整在2020年在污染方面取得了效果。根据三种污染物的权重表明NO<sub>2</sub>是京津冀地级市主要的污染源, 整体上城市群呈现分散型的污染程度分布状况。此次评价结果能够为后续对于京津冀城市群污染防治提供有用的参考依据。

## 关键词

模糊综合评价, 空气质量, 京津冀

# Air Pollution Quality Evaluation Analysis of Beijing-Tianjin-Hebei City Cluster

Xu Duan

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Jun. 7<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 12<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Air quality has always been an important issue for people, especially with the rapid economic development brought about by the environmental effects can no longer be ignored. Based on the application of fuzzy comprehensive evaluation method, this paper takes 13 prefecture-level cities in Beijing-Tianjin-Hebei as the research object, takes PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> as the evaluation factors, further determines the air quality evaluation set of Beijing-Tianjin-Hebei city cluster through the

environmental annual report data published by each prefecture-level city and the ambient air quality standards, and determines the index affiliation function as well as the weight set based on the data, and makes a comprehensive analysis of 13 city clusters in Beijing-Tianjin-Hebei. The comprehensive analysis of the ambient air quality of 13 city clusters in Beijing, Tianjin and Hebei from 2016 to 2020 was conducted. The results of the study show that the overall trend of pollution level in Beijing-Tianjin-Hebei prefecture-level cities in 2016~2020 is positive, among which Beijing in 2016 its pollution level is heavier after a series of policy measures to adjust in 2020 in terms of pollution has achieved results. According to the weight of the three pollutants shows that is the main source of pollution in Beijing-Tianjin-Hebei prefecture-level cities, the overall urban clusters show a decentralized distribution of pollution levels. The results of this evaluation can provide a useful reference basis for the subsequent pollution prevention and control for the Beijing-Tianjin-Hebei city cluster.

## Keywords

Fuzzy Integrated Evaluation, Air Quality, Beijing-Tianjin-Hebei

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着经济的快速发展所带来的一系列连锁反应中，空气质量问题关系人们的生存健康，历来是所重视的关键。京津冀地区是中国的“首都经济圈”，位于东北亚中国地区环渤海心脏地带，是中国北方经济规模最大、最具活力的地区，其地区地缘相接、地域一体、文化一脉、协同发展，京津冀城市群是中国雾霾最严重的地区，污染问题也逐渐引起了关注，基于京津冀协同发展背景，推进地区经济协同、环境协同缓解其污染状况格外重要。因此对京津冀城市群的大气污染程度进行评价和分析，对采取对应措施解决污染问题具有重大意义。

传统对于大气污染的评价方法有灰色聚类关联分析法、模糊综合评价法、主成份分析法、空气污染指数法等等。本文基于模糊评价法，从各地级市的环境公报中对数据进行梳理并综合环境空气质量标准 (GB3095-2012) 指标，以  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  做为评价指标来对京津冀城市群的空气质量进行评价。此前有不少学者针对京津冀大气污染问题提出了不同的见解，刘萍[1]运用主成分分析法对昆明市的空气质量进行了分析，得到影响昆明市环境空气质量的主要污染物为颗粒物和  $\text{NO}_2$ 。学者刘海猛[2]等运用空间自相关分析和三种空间计量模型，分析了京津冀 202 个区县  $\text{PM}_{2.5}$  的时空分异特征以及大气污染的影响因素。创新性的评价区域性污染的差异。学者吕铃钥[3]提出通过运用模糊综合评价法，其评价结果能够较客观地反映该地区环境空气质量优劣状况，从而为改善和治理大气污染提供理论依据。除此之外，还有学者杜雯翠[4]提出了京津冀城市群产业集聚于其带来的大气污染，并利用空间基尼系数计算城市群的产业聚集度得出集聚程度越高，则大气污染程度越少的结论。学者王振波[5]等开展了京津冀城市群空气污染模式总结和治理效果研究，针对京津冀城市群  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$  等大气主要污染物的监测数据，对其空气污染模式途径进行总结并给出大气污染治理的措施和建议。

当前针对模糊综合评价的相关研究以运用至许多方面，在水污染治理上，张天宇[6]将层次分析法运用到模糊综合评价模型中，对沙漠绿洲的水资源承载力进行了评价与预测；吴琼[7]通过建立基于因子分析法的模糊综合评价模型，对青海省的水资源承载力进行评价；学者陆婷[8]等通过运用 t 检验及模糊综

合评价法，构建了京津冀地区大气污染治理力度考核评定模型，并基于面板数据验证了京津冀环保部门建立执法联动机制的必要性。相关学者们对于京津冀城市群大气污染进行分析，通过可靠的数据计量结果得出的客观评价结果也可为其环境治理提供参考依据。

## 2. 研究方法

环境空气质量评价，由于环境空气污染物的种类繁多，通过对相关污染物进行指标设定评价标准予以计量，空气质量指数(AQI)是在研究环境空气质量中被广泛认可的表征空气质量衡量指标，对客观认识大气污染现状以及预测未来趋势具有重要意义。模糊综合评价法具有结果清晰、系统性强的特点，能较好地解决模糊的、难以量化的问题。

本文主要采用模糊数学当中的模糊综合评价法对京津冀城市群大气污染现状进行研究，模糊综合评价法的步骤如下：

- 1) 确定因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ；
- 2) 确定评价集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ；
- 3) 确定模糊关系矩阵  $R(r_{ij})$ 。

由于本文主要是对城市大气污染现状进行研究，因此采用降半阶梯型隶属度函数评价因子对评价标准的隶属函数  $r_{ij}$ ，隶属度函数公式为：

$$\begin{aligned}
 \text{第 I 级, 即当 } j=1 \text{ 时 } R_{ij} &= \begin{cases} 1, & x_i < S_{ij} \\ \frac{S_{i(j+1)} - x_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} < x_i < S_{i(j+1)} \\ 0, & x_i \geq S_{i(j+1)} \end{cases} ; \\
 \text{第 II 级, 即当 } j=2 \text{ 时 } R_{ij} &= \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{ij} \\ \frac{x_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < x_i < S_{ij} \\ 1, & x_i = S_{ij} \\ \frac{S_{i(j+1)} - x_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} < x_i < S_{i(j+1)} \\ 0, & x_i \geq S_{i(j+1)} \end{cases} ; \\
 \text{第 III 级, 即当 } j=3 \text{ 时 } R_{ij} &= \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{i(j-1)} \\ \frac{x_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < x_i < S_{ij} \\ 1, & x_i \geq S_{ij} \end{cases} .
 \end{aligned}$$

上述函数公式[6]中， $r_{ij}$ 表示第*i*个评价因子关于第*j*级评价指标的隶属度； $x_i$ 则表示第*i*个评价因子的实际值； $S_{ij}$ 表示第*i*个评价因子的第*j*级评价标准( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ )。

将各评价因子的实际值和评价标准代入隶属函数中可得出单因素评价矩阵：

$$\mathbf{R}_{ij(m \times n)} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

污染物因子的权重系数也是衡量各城市集群大气污染程度的重要因素。在确定京津冀城市群中各污染因子的权重系数, 本文主要通过 Excel 的相关计算以熵权法来确定权重的方式, 最终确定出 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 污染因子的权重系数。

Step1: 对数据指标进行标准化处理, 其中正向指标(数值越大越好)标准化:  $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ ; 负向指标(数值越小越好):  $x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}}$  其中  $x_{ij}$  表示第  $i$  个地级市指标值)指标标准胡处理后  $x'_{ij}$  的取值范围为[0, 1], 表示  $x'_{ij}$  在  $n$  个城市在  $r$  年份的相对大小。

Step2: 将数据进行非负平移:  $x'_{ij} = x_{ij} + 0.001$  所加的数据不会对结果造成太大影响)

Step3: 计算权重  $w_j = g_j / \sum_{i=1}^m g_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  (其中  $g_j = 1 - e_j$ ,  $e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$  其中  $0 \leq e_j \leq 1$ )

通过对京津冀 14 个地级市大气污染值进行数据标准化、求信息熵以及差异系数的方式得到各因子的权重, 组成权重集  $A(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , 最终将得到的权重集  $A$  与模糊综合矩阵  $R$  进行复合运算, 最终以最大隶属度原则得到模糊综合评价的结果。

### 3. 京津冀城市群大气污染评价

#### 3.1. 建立因子集

根据最新环境质量标准(GB3095-2012)中将大气污染物主要分为二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)、可吸入颗粒物(PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>)。本文通过使用京津冀 13 各地级市的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 三种主要污染物 2021 年的截面数据对其大气污染状况进行评价, 各地级市污染物指标值均来自各城市空气质量状况公报。

根据京津冀城市群面板数据构建大气质量评价的因子集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} = \{SO_2, NO_2, PM_{10}\}$ 。

#### 3.2. 建立评价集

根据京津冀 13 个地级市污染物指标值以及最新环境质量标准, 确定大气污染评价集为  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} = \{I, II, III\}$  并根据环境质量标准及其相关数据绘制浓度级别(见表 1)。

**Table 1.** Ambient air pollutants and the corresponding annual average concentration limits ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**表 1.** 环境空气污染物及对应的年平均浓度限值( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

污染物名称	取值时间	浓度限值		
		I 级	II 级	III 级
NO <sub>2</sub>	年平均	10	50	90
SO <sub>2</sub>	年平均	20	40	80
PM <sub>10</sub>	年平均	40	70	100

#### 3.3. 确定隶属函数

根据表 1 对应的年平均浓度限值等级表数据以及隶属度公式, 建立 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 的三级隶属函数:

$$\text{NO}_2 \text{ 的 I 级隶属度公式为: } r_{i1} = \begin{cases} 1, & x_i < 20 \\ \frac{40 - x_i}{40 - 20}, & 20 < x_i < 40; \\ 0, & x_i \geq 40 \end{cases}$$

$$\text{NO}_2 \text{ 的 II 级隶属度公式为: } r_{i2} = \begin{cases} 0, & x_i \leq 20 \\ \frac{x_i - 20}{40 - 20}, & 20 < x_i < 40 \\ 1, & x_i = 40 \\ \frac{80 - x_i}{80 - 40}, & 40 < x_i < 80 \\ 0, & x_i \geq 80 \end{cases};$$

$$\text{NO}_2 \text{ 的 III 级隶属度公式为: } r_{i3} = \begin{cases} 0, & x_i \leq 40 \\ \frac{x_i - 40}{80 - 40}, & 40 < x_i < 80。 \\ 1, & x_i \geq 80 \end{cases}$$

同理根据年平均浓度限值以及隶属函数公式构建 SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 的隶属函数。

### 3.4. 构建模糊矩阵

依据各地级市 2016~2020 年月度污染物浓度均值构建数值，为后续污染物指标质量评价建立初步数据。(见表 2)

**Table 2.** Beijing-Tianjin-Hebei prefecture-level cities 2016~2021 air pollutant index values (μg/m<sup>3</sup>)  
**表 2.** 京津冀各地级市 2016~2021 年大气污染物指标值(μg/m<sup>3</sup>)

城市	年份	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
北京	2016	97	10	48
	2017	84	8	46
	2018	73	6	39
	2019	68	4	37
	2020	57	4	29
天津	2016	108	21	48
	2017	93	16	50
	2018	77	11	43
	2019	80	11	42
	2020	69	9	39
保定市	2016	147	39	58
	2017	135	29	50
	2018	109	20	43
	2019	102	14	40
	2020	87	11	37

**Continued**

沧州市	2016	109	36	47
	2017	105	31	47
	2018	97	22	39
	2019	90	18	39
	2020	83	11	32
承德市	2016	82	17	35
	2017	81	17	35
	2018	71	12	31
	2019	63	14	32
	2020	56	12	31
邯郸市	2016	151	42	54
	2017	153	37	51
	2018	124	20	39
	2019	121	15	38
	2020	99	14	35
衡水市	2016	143	30	45
	2017	134	19	40
	2018	96	13	31
	2019	98	13	33
	2020	84	12	31
廊坊市	2016	111	18	51
	2017	101	14	48
	2018	91	10	43
	2019	86	8	39
	2020	77	8	36
秦皇岛市	2016	88	28	47
	2017	82	26	49
	2018	74	19	41
	2019	74	19	42
	2020	64	15	34

Continued

石家庄市	2016	163	41	57
	2017	150	33	54
	2018	122	21	45
	2019	115	17	46
	2020	97	12	41
唐山市	2016	128	46	58
	2017	118	40	59
	2018	101	31	51
	2019	102	22	50
	2020	90	18	46
邢台市	2016	144	52	61
	2017	146	38	56
	2018	123	24	46
	2019	112	19	45
	2020	93	15	37
张家口	2016	83	21	27
	2017	69	16	25
	2018	57	13	21
	2019	61	11	22
	2020	55	11	19

以北京市 2016~2020 年三种大气污染物的指标值为例，建立模糊矩阵  $R$ ，将表 2 中相关数值代入隶属函数，得到模糊矩阵数据，以完成最大隶属度计算。(见表 3)

**Table 3.** Beijing 2016~2020 fuzzy matrix

**表 3.** 北京市 2016~2020 年模糊矩阵

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}$	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.85 & 0.15 \\ 0 & 0.53 & 0.47 \end{bmatrix}$	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.05 & 0.95 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 \end{bmatrix}$	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.15 & 0.85 & 0 \\ 0 & 0.93 & 0 \end{bmatrix}$	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.55 & 0.45 & 0 \\ 0.43 & 0.57 & 0 \end{bmatrix}$

### 3.5. 确定权重集

根据上述各地级市相关原始数据，采用熵权法计算污染权重集数据，根据计算规则求得京津冀地级市 2016~2020 年截面数据综合权重集。(见表 4)

**Table 4.** Set of pollutant weights for Beijing-Tianjin-Hebei city cluster  
**表 4.** 京津冀城市群污染物权重集合

城市	权重集 (PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> )	城市	权重集 (PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> )
北京市	(0.29 0.3 0.41)	秦皇岛	(0.3 0.33 0.37)
天津市	(0.31 0.3 0.39)	石家庄市	(0.34 0.31 0.35)
保定市	(0.38 0.32 0.31)	唐山市	(0.33 0.33 0.33)
沧州市	(0.3 0.27 0.43)	邢台市	(0.45 0.25 0.3)
承德市	(0.32 0.35 0.33)	张家口市	(0.31 0.31 0.38)
邯郸市	(0.4 0.3 0.3)	廊坊市	(0.33 0.3 0.38)
衡水市	(0.41 0.27 0.32)		

### 3.6. 模糊综合评价

根据上述所求的京津冀地级市区污染物权重集合与 14 个城市的模糊矩阵进行复合运算，根据最大隶属度原则得到各城市空气质量等级结果，从时间序列数据展示不同地级市在不同时期空气质量变化。(见表 5)

**Table 5.** Beijing-Tianjin-Hebei city cluster comprehensive evaluation matrix and air quality level  
**表 5.** 京津冀城市群综合评价矩阵及空气质量级别

城市	年份	综合评价矩阵	空气质量级别
北京市	2016	(0.29 0.24 0.369)	III
	2017	(0.29 0.255 0.19)	I
	2018	(0.29 0.369 0.041)	II
	2019	(0.29 0.354 0)	II
	2020	(0.29 0.233 0)	I
天津	2016	(0.226 0.24 0.39)	III
	2017	(0.264 0.225 0.3003)	III
	2018	(0.3028 0.3003 0.089)	I
	2019	(0.3028 0.285 0.1287)	I
	2020	(0.31 0.3783 0)	II
保定市	2016	(0.1064 0.2736 0.31)	III
	2017	(0.2014 0.24 0.31)	III
	2018	(0.285 0.297 0.31)	III
	2019	(0.342 0.32 0.31)	I
	2020	(0.3724 0.272 0.32)	I

## Continued

	2016	(0.105 0.2241 0.43)	III
	2017	(0.144 0.2241 0.43)	III
沧州市	2018	(0.21 0.2565 0.387)	III
	2019	(0.24 0.1419 0.2881)	III
	2020	(0.294 0.245 0.1849)	I
	2016	(0.2656 0.2625 0.132)	I
	2017	(0.2656 0.2625 0.1221)	I
承德市	2018	(0.304 0.3201 0.0099)	II
	2019	(0.288 0.2541 0)	I
	2020	(0.304 0.1925 0)	I
	2016	(0.08 0.32 0.30)	II
	2017	(0.132 0.268 0.30)	III
邯郸市	2018	(0.30 0.285 0.30)	III
	2019	(0.352 0.27 0.3)	I
	2020	(0.36 0.225 0.291)	I
	2016	(0.205 0.2349 0.32)	III
	2017	(0.3198 0.27 0.32)	III
衡水市	2018	(0.3813 0.1485 0.2784)	I
	2019	(0.3813 0.1755 0.2976)	I
	2020	(0.3895 0.1696 0.1504)	I
	2016	(0.264 0.219 0.38)	III
	2017	(0.297 0.24 0.38)	III
廊坊市	2018	(0.33 0.279 0.266)	I
	2019	(0.33 0.285 0.2014)	I
	2020	(0.33 0.2926 0.0874)	I
	2016	(0.165 0.2706 0.222)	II
	2017	(0.18 0.2574 0.148)	II
秦皇岛市	2018	(0.234 0.3234 0.0481)	II
	2019	(0.234 0.3219 0.0481)	II
	2020	(0.264 0.296 0)	II

## Continued

	2016	(0.0782 0.2618 0.35)	III
	2017	(0.1462 0.2015 0.35)	III
石家庄市	2018	(0.2483 0.2728 0.35)	III
	2019	(0.2822 0.2635 0.35)	III
	2020	(0.323 0.3038 0.315)	I
	2016	(0.033 0.297 0.33)	III
	2017	(0.0825 0.2475 0.33)	III
唐山市	2018	(0.1584 0.2409 0.33)	III
	2019	(0.231 0.2475 0.33)	III
	2020	(0.264 0.2805 0.2211)	II
	2016	(0 0.4275 0.30)	II
	2017	(0.135 0.315 0.30)	II
邢台市	2018	(0.2925 0.2125 0.30)	III
	2019	(0.3465 0.2175 0.30)	I
	2020	(0.3915 0.2125 0.231)	I
	2016	(0.2263 0.2166 0.1634)	I
	2017	(0.2635 0.3686 0)	II
张家口	2018	(0.2945 0.2166 0)	I
	2019	(0.3007 0.266 0)	I
	2020	(0.31 0.19 0)	I

根据因子集与各地级市的模糊矩阵复合计算得到表 5 中的综合评价矩阵，并根据最大隶属度原则评价出各城市的空气质量级别，从整体上来看各地级市在经过相关政策调整后根据综合评价矩阵的结果显示 2016~2020 年间空气质量整体走向趋好，2016 年度年度北京市空气质量呈 3 级表明城市在发展过程中对环境污染控制问题上缺少重视。从整个京津冀城市群空气质量等级分布来看，主要呈现出南北不平衡的情况，整体呈现出“北低南高”的趋势，北方城市群空气质量等级相对较低，表明空气质量良好，南方城市群空气质量等级较高，并根据城市群空气质量数据进行处理得到城市污染程度和综合得分排名。(见表 6)

利用 matlab 软件对各地级市原始大气污染物指标值构建面板数据并进行一系列的指令处理，并利用 SPSSAU 软件对得到京津冀各地级市在 2016~2020 年间污染趋势变化图(见图 1)以及各地级市间污染程度排名情况如下：

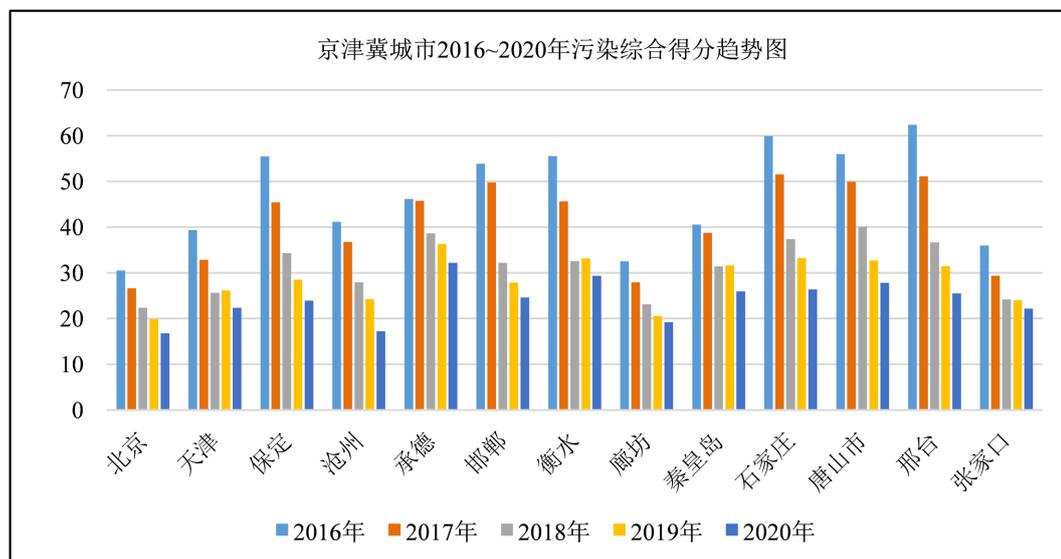


Figure 1. Pollution composite score trend of Beijing-Tianjin-Hebei city cluster 2016~2020

图 1. 京津冀城市群 2016~2020 年污染综合得分趋势图

Table 6. Ranking of Beijing-Tianjin-Hebei cities in terms of overall assessment value and pollution level

表 6. 京津冀各城市综合评价值与污染程度排名

	2016年	排名	2017年	排名	2018年	排名	2019年	排名	2020年	排名
北京	30.4889	13	26.6408	13	22.3561	13	19.8521	13	16.7677	13
天津	39.3207	10	32.8457	10	25.6176	10	26.1288	9	22.3455	9
保定	55.4823	5	45.4151	7	34.3259	5	28.4948	7	23.8771	8
沧州	41.1705	8	36.773	9	27.937	9	24.2126	10	17.2126	12
承德	46.1704	7	45.7395	5	38.6497	2	36.2763	1	32.1865	1
邯郸	53.8508	6	49.7558	4	32.1913	7	27.8513	8	24.6047	7
衡水	55.5168	4	45.6294	6	32.5473	6	33.1989	3	29.3469	2
廊坊	32.5096	12	27.9387	12	23.1344	12	20.5572	12	19.1756	11
秦皇岛	40.5389	9	38.7456	8	31.4013	8	31.5993	5	25.9297	5
石家庄	59.9346	2	51.5202	1	37.363	3	33.2422	2	26.3336	4
唐山市	55.9221	3	49.9187	3	40.0882	1	32.7124	4	27.8185	3
邢台	62.4065	1	51.077	2	36.624	4	31.4763	6	25.4864	6
张家口	35.9564	11	29.3628	11	24.1725	11	23.9808	11	22.1725	10

从表 6 京津冀各城市综合评价值以及对应的排名来看,  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  污染物为成本型指标, 并且在综合评价值中对十三个地级市进行污染度排名, 综合评价值越高表明污染程度越高, 从上述综合评价结果显示, 从整体来看北京市在 2016~2020 年间与其他地级市相比其污染程度较低; 2016 年邢台市污染

程度较高, 2020 年承德市污染程度忝居第一; 根据各地级市的污染值综合得分趋势图上来看, 这 13 个地级市在近年来对于环境污染方面做出了许多努力, 在 5 年间其污染数值呈现下降的趋势表明整体环境污染方向渐好, 并且邢台市在 2016~2020 年间污染程度变化最大, 在一定程度上污染程度与其经济发展程度也是相关的, 从整体来看各地级市污染度分布不均较为分散, 经济发展趋势较好的城市一定程度上与其污染程度呈现正比。

京津冀各城市综合评价价值与污染程度排名显示, 北京市相较于其他城市而言各污染物限值较低, 北京市作为国家首都, 经济发展增速较快, 在科技创新领域领先于其他省市, 在大气污染的空气防治方面其污染主要来源于城市生活中的排放, 在出台了相关政策后, 对私家车开展出限时限号, 并在清洁能源方面推出新能源汽车等; 京津冀城市主要分为北京、天津和河北区域, 从大的方面来看, 北京天津的大气污染防治效果较好, 由于空气污染具有外部性特征并在大气中凝结, 因此省市之间污染难以完全改善, 河北省 11 个城市受到工业集聚的影响因此大气污染相对较为严重, 尤其以石家庄和邢台市为首, 受到地理位置和工业污染的影响其污染难以从根本上改善。

从各地级市的污染物分布情况来看,  $\text{NO}_2$  的污染程度较严重, 在京津冀后续发展改善环境质量的过程中,  $\text{SO}_2$  污染物应作为重要的影响因素去考量。同时  $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$  与各城市的发展也有一定关系, 在推动京津冀城市发展过程中要综合考量各污染物, 采用多种协调方法针对性解决大气污染问题, 京津冀城市群应进一步加强相互之间的合作, 实现区域之间联防联控、动态协同, 在推动合作共赢的基础上实现京津冀协同发展。

#### 4. 结论

首先, 从从文章结构和研究意义整体上来看, 本文基于模糊综合评价法的应用, 以京津冀 13 个地级市为研究对象, 对城市群 2016~2020 年的环境空气质量进行综合分析。其次, 针对文章中的内容和结果, 本文采用模糊综合评价法在对污染物以及城市大气污染程度分析, 结果能够为后续对于京津冀城市群污染防治提供有用的参考依据。

本文所采用的模糊综合评价法在对污染物以及城市大气污染程度分析中, 在具体细节方面本文虽然对 13 个城市数据进行了深入的分析但仍有不足。模糊综合评价法能够对难以计量的数据进行处理, 通过设定一定标准对其进行模糊评价, 本文数据均来自于各地级市环境公报数据, 其模糊矩阵的结果主要采用最大隶属度原则进行判断, 与实际结果可能存在一定偏差, 在后续的空气测量中可采用多种综合评价方法进行综合运用, 进一步增强数据的准确性。

#### 参考文献

- [1] 刘萍. 基于主成分分析的空气质量评价方法研究[J]. 环境保护与循环经济, 2018, 38(7): 46-52.
- [2] 刘海猛, 方创琳, 黄解军, 朱向东, 周艺, 王振波, 张蕾. 京津冀城市群大气污染的时空特征与影响因素解析[J]. 地理学报, 2018, 73(1): 177-191.
- [3] 吕铃钥, 李洪远. 基于模糊综合评判的京津冀地区空气质量评价[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2016, 49(1): 62-68.
- [4] 杜雯翠, 宋炳妮. 京津冀城市群产业集聚与大气污染[J]. 黑龙江社会科学, 2016(1): 72-75.
- [5] 王振波, 梁龙武, 林雄斌, 刘海猛. 京津冀城市群空气污染的模式总结与治理效果评估[J]. 环境科学, 2017, 38(10): 4005-4014. <https://doi.org/10.13227/j.hjlx.201701007>
- [6] 张天宇, 卢玉东, 王正川. 基于多层次模糊综合评价模型的沙漠绿洲水资源承载力评价与预测[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 275-280.
- [7] 吴琼. 基于因子分析法的青海省水资源承载力综合评价[J]. 水资源保护, 2013, 29(1): 22-26.
- [8] 陆婷, 朱家明, 陈涛, 王宝, 车兴芳. 基于模糊综合评价对京津冀大气污染的分析[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2019, 35(4): 503-507. <https://doi.org/10.19492/j.cnki.1672-0946.2019.04.026>