

基于改进 TOPSIS 法的低碳城市 评价指标体系研究 ——以沈阳市为例

孙艳丽,曾庆东

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:为尽早实现国家的“双碳”目标,进一步推进低碳城市的发展,以沈阳市为研究对象,从低碳经济、污染排放、环境保护、能源消耗4个方面选取了21个指标,构建了低碳城市评价指标体系,运用熵权法对指标进行了赋权并改进了传统的TOPSIS法,计算得到的2015—2020年沈阳市的各年综合垂面距离分别为0.030 34,0.028 72,0.048 52,0.033 73,0.032 90和0.013 62,据此对2015—2020年沈阳市的城市低碳发展水平进行了综合评价。结果表明:研究对象在研究期间内城市总体低碳发展水平有所提升,但发展的稳定性与协调性不足。

关键词:低碳城市;评价指标;熵权法;TOPSIS法

中图分类号:X321

文献标志码:A

近年来,世界各地平均气温居高不下,两极冰川大面积融化,海平面上升,由此引发的自然灾害越来越多。中国多地国家气象观测站的日最高气温突破历史极值,由于城市持续高温,为降温产生的能源消耗量也在持续增加,导致碳排放量增多,气温升温加剧,以此形成恶性循环。为打破这种恶性循环,强化低碳意识与抑制气候变暖已成为全球共识。考虑到城市在国家碳减排工作中的重要使命和极大潜力,以及其碳排放在总量、结构、行动进展和趋势上存在的显著差异,因此剖析城市碳排放量持续增加的原因与探索城市碳减排路径具有重要意义。

低碳城市就是以低碳经济为发展模式,以低碳社会为建设目标,倡导绿色建筑,推行低碳生活的城市,同时改变生活方式、优化能

源结构、落实节能减排方案、发展循环经济,最大限度减少温室气体排放和资源浪费^[1]。自2010年起,中国持续不断地推进低碳试点城市建设,截至目前已分3批开展了81个低碳城市试点。本研究中所评价的低碳城市发展水平是以低碳经济为发展方向,同时兼顾低碳社会和自然环境等多方面的情况,以期实现城市的全面低碳化与可持续协调发展。

一、低碳城市评价研究现状

国外学者对于低碳发展的研究相对较早,其研究趋势可概括为:由以单一城市作为研究对象,将此城市不同时期的低碳发展水平进行纵向对比,发展为以多个城市为研究对象,将全球不同城市同一时期的低碳发展水平进行横向对比。Marta B G等^[2]通过研

究13个城市的低碳发展指标体系,构建了适用于西班牙国内地中海沿岸城市的指标体系。Tan S等^[3]从经济、能源格局、社会与生活、碳与环境、城市交通、固体废弃物、水等方面建立了低碳城市生命周期成本(Life Cycle Cost, LCC)评价指标体系,通过熵权因子法对LCC进行了综合评价,在确定了LCC认证的基准值后将该指标体系应用于全球的10个典型城市,并对这10个城市的低碳发展水平进行了排名。

国内学者从不同角度对低碳城市评价指标体系进行了理论上的研究与实践上的探索。朱婧等^[4]提出了基于“压力-状态-响应”(pressure-state-response, PSR)分析框架的低碳城市建设评价指标体系,并以量化的指标反映低碳城市的建设程度。李德智等^[5]从碳源、碳汇及低碳经济3个维度出发,构建了低碳城市评价指标框架,并以13个常住人口数量超过500万的大城市为研究对象,利用多指标加权平均法计算了各城市的低碳建设分数,通过时序变化分析和驱动因素分析,得出了“研究期间内这13个城市的低碳发展水平均有所提升”这一结论。索瑞霞等^[6]建立了以经济结构、能源结构、交通运输结构、生产方式、生活方式及环境为一级指标的城市低碳发展水平指标体系,并基于投影寻踪法对2021年中国31个城市进行了综合低碳评价,将其按照城市低碳发展类型分为了4类城市群。孙奇等^[7]从宏观、产业、能源、土地、环境和生活6个系统出发,构建了城市低碳发展的评价指标体系,运用“熵值-最优主客观权重-改进的TOPSIS模型”计算了2008—2017年中国120个城市的低碳发展绩效指数,由此得到了“生活系统为低碳发展城市未来应加强的领域”这一结论。

通过对相关文献的梳理,笔者发现国内学者的研究主要集中于对不同城市的横向对比研究,而对单一城市的纵向对比研究较少。在总结相关研究的基础上,笔者从城市自身角度出发,从经济发展、污染排放、环境保护

及能源消耗4个方面选取指标,构建了低碳城市评价指标体系,以单一城市(沈阳市)为研究对象,通过计算2015—2020年沈阳市各年的垂面距离,比较各年的低碳发展水平,探究沈阳市在低碳发展过程中存在的问题。

二、模型构建

为了更好地研究城市低碳发展水平评价体系,笔者通过查阅相关文献,在吸取其他学者经验的基础上,结合沈阳市实际情况,采用熵权法对指标进行赋权,并结合改进后的TOPSIS法对沈阳市的低碳发展水平进行综合评价。

1. 熵权法赋权

熵权法是基于数据确定指标权重的方法,在主观赋权的基础上进行综合考虑,减少指标赋权的经验依赖性。熵权法赋权以各指标的离散程度为依据,先计算各指标的比重,再计算各指标的信息熵,最后得到各方案、各指标的权重。全过程依据步骤进行计算,无需主观处理,因此所得权重更为客观^[8],其计算步骤如下。

(1) 数据预处理

数据预处理即异常值处理、冗余数据处理等。根据实际数据建立包含 m 个方案和 n 个评价指标的判断矩阵 R

$$R = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: x_{ij} 为第 i 个方案的第 j 个指标,且 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

(2) 归一化处理

对指标进行归一化处理是为了消除指标不同量纲带来的影响,因而要将不同量纲的指标同量纲化。将归一化后的指标记为 x'_{ij} ,其计算式为

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

$$\text{或 } x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

式中: $\min(x_j)$ 为第 j 个指标的最小值; $\max(x_j)$ 为第 j 个指标的最大值。若指标为

正向指标,选用式(2)进行计算;若指标为负向指标,则选用式(3)进行计算。

(3) 计算指标权重

依据计算步骤,需要先计算第 i 个方案的第 j 个指标的比例 y_{ij}

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \tag{4}$$

再计算第 j 个指标的信息熵 e_j

$$e_j = K \cdot \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \tag{5}$$

式中: K 为常数,且 $K = \frac{1}{\ln m}$ 。

最后计算第 j 个指标的权重 w_j

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n -e_j} \tag{6}$$

2. TOPSIS 法及其改进

为便于理解和操作,且满足能同时处理多个评价指标之间相互影响的需求,本研究采用改进后的 TOPSIS 法进行综合评价。

(1) 传统的 TOPSIS 法

TOPSIS 法是进行多目标分析的有效方法,可译为逼近理想解排序法,又称优劣解距离法,是一种常用的综合评价方法,它以各方案到正理想解和负理想解的距离计算相对贴近度,利用贴近度对方案进行分析评价,贴近度越大,指标越接近理想解,方案越优^[9-11]。该方法避免了数据的主观性,应用灵活、方便,适用于多评价单元和多指标的大系统^[12],其具体步骤如下:

①根据实际方案和指标数据建立决策矩阵 $R = (x_{ij})_{m \cdot n}$;

②对决策矩阵进行归一化处理,消除不同量纲带来的影响,得到归一化后的矩阵 $R' = (x'_{ij})_{m \cdot n}$;

③对每个指标进行赋权,将赋予各指标的权重与归一化矩阵相乘,得到加权决策矩阵 $V = (r_{ij})_{m \cdot n}$;

④根据加权决策矩阵计算各指标的正理想解和负理想解;

⑤计算各方案内各个指标到正负理想解的欧氏距离;

⑥计算各方案与理想解的相对贴近程度 (ξ_i)。最后根据 ξ_i 值的大小进行排序,其中

ξ_i 值越大则方案越接近理想解,方案越优^[13-14]。

(2) 改进后的 TOPSIS 法

TOPSIS 法虽计算简便,适用于多方案、多指标的评价分析,但在使用过程中发现其也存在不足:方案指标与正理想解欧式距离接近的同时也存在与负理想解的欧式距离接近的可能。因此,仅以相对贴近程度的大小为依据对方案进行优劣排序,有时得到的结果并不准确^[15-16]。

华小义等^[17]运用正交投影法,以理想解的垂面距离 (P_i) 代替欧式距离对方案进行评价,垂面距离越小,方案越接近理想解,即方案越优;结合实际方案数据论证了以垂面距离作为替代方法的可行性和有效性,认为它能弥补欧式距离的缺陷且计算更为简便。具体方法是将坐标原点平移到理想解点并计算理想解,将平移后的加权决策矩阵记为 T

$$T = (t_{ij})_{m \cdot n} \tag{7}$$
$$t_{ij} = r_{ij} - s_j^+$$

式中: t_{ij} 为平移后加权决策矩阵中第 i 行第 j 列的数值; r_{ij} 为平移前加权决策矩阵中第 i 行第 j 列的数值; s_j^+ 为平移前第 j 列的正理想解,且 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。由此得到平移后的正理想解为 $(0, 0, \dots, 0)$, 负理想解为 H_j^-

$$\begin{cases} H_j^- = t_{kj} \\ |t_{kj}| \geq |t_{ij}| \end{cases} \tag{8}$$

式中: $1 \leq k \leq m$ 。

计算各方案与理想解的 P_i 值

$$P_i = \sum_{j=1}^n H_j^- \times t_{ij} \tag{9}$$

三、沈阳市低碳城市评价指标体系的构建

在进行指标选取时,笔者在其他学者评价体系的基础上,结合沈阳市实际情况从低碳经济、污染排放、环境保护、能源消耗 4 个方面(准则层)选取了 21 个评价指标。

在低碳经济方面,本研究所作出的评价并非以降低碳排放量为唯一衡量标准,而是以经济的可持续发展为方向,同时考虑了低碳社会和环境等多方面情况。故选用了

“GDP”“人均 GDP”来测量城市的经济实力;产业结构越高级,经济增长对能源消耗的依赖程度越低,故选用了“第三产业 GDP 占 GDP 总量的比例”来衡量产业结构的转型水平;技术创新往往会抑制能源消耗,故选用了“规模以上工业企业 R&D 经费内部支出”和“R&D 人员折合全时当量合计”来衡量沈阳市工业企业的技术创新水平。

在污染排放方面,废弃物的排放量与低碳城市的发展水平息息相关。大部分废气的排放会对大气造成直接污染;废水、固体废弃物在有机物分解过程中也会产生大量含碳化合物。各类型废弃物若未经处理直接排放,在造成环境污染的同时将产生更多的碳排放。因此,选用了“工业废水排放量”“工业固体废物排放量”“烟尘排放量”“SO₂ 排放量”和“城市污水排放量”来衡量城市污染及废弃物排放情况。

在环境保护方面,构建良好的生态环境是低碳城市发展追求的主要目标之一,也是一个城市减污降碳的重要手段。因此,选用了“污水处理率”和“生活垃圾无害化处理

率”来衡量城市减污降碳水平;城市绿化在降低碳排放的过程中有着不可替代的固碳作用,因此,选用了“绿化覆盖面积”“生活垃圾无害化处理率”“环境空气质量优良天数”“公园绿地面积”和“建成区绿化覆盖率”来反映城市固碳水平和生态环境状况。

在能源消耗方面,能源消费是城市碳排放的主要来源;节能是实现城市碳排放量降低的主要途径。需要指出的是,由于交通运输是城市废气排放的直接来源且在沈阳市的能源消耗中占比较大,故将其纳入评价指标体系。选用了“全社会机动车数量”“城市天然气供应量”“城市液化气供应量”“全年全社会用电量”和“全年规模以上工业能源消耗量”来反映城市的能源消耗水平。

对指标进行标准化处理,按照指标性质划分为正向指标与负向指标。其中,对于正向指标来说,其指标数值越大代表情况越好,数值越小意味着情况越差;对于负向指标来说,其指标数值越大代表情况越差,数值越小意味着情况越好。最终形成的低碳城市评价指标体系如表 1 所示。

表 1 低碳城市评价指标体系

准则层	指标	指标编号	计量单位	正负方向
低碳经济	GDP	A1	万亿元	正
	人均 GDP	A2	元	正
	第三产业 GDP 占 GDP 总量的比例	A3	%	正
	规模以上工业企业 R&D 经费内部支出	A4	万元	正
	R&D 人员折合全时当量合计	A5	人年	正
污染排放	工业废水排放量	A6	万 t	负
	工业固体废物排放量	A7	万 t	负
	烟尘排放量	A8	t	负
	SO ₂ 排放量	A9	t	负
	城市污水排放量	A10	万 m ³	负
环境保护	污水处理率	A11	%	正
	绿化覆盖面积	A12	万 m ²	正
	生活垃圾无害化处理率	A13	%	正
	环境空气质量优良天数	A14	天	正
	公园绿地面积	A15	万 m ²	正
	建成区绿化覆盖率	A16	%	正
能源消耗	全社会机动车数量	A17	辆	负
	城市天然气供应量	A18	万 m ³	负
	城市液化气供应量	A19	t	负
	全年全社会用电量	A20	亿 kW·h	负
	全年规模以上工业能源消耗量	A21	万 t	负

四、低碳城市评价指标体系的应用

2010 年 7 月,中华人民共和国国家发展和改革委员会发布了《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》,确定了首先在广东、辽宁、湖北、陕西、云南五省和天津、重庆、深圳、厦门、杭州、南昌、贵阳、保定八市开展试点工作。后分别于 2012 年和 2017 年在全国范围再次开展了低碳城市试点工作,其

中在 2017 年第三批次试点城市名单中就包括沈阳市。

1. 数据来源

依据构建的沈阳市低碳城市评价指标体系进行数据收集与统计,数据来源于 2016—2021 年的《沈阳市统计年鉴》、2016—2021 年的《沈阳市国民经济和社会发展统计公告》和 2016—2017 年的《中国城市统计年鉴》,各项数据如表 2 所示。

表 2 2015—2020 年沈阳市低碳城市评价体系指标数据

指标编号	各年指标数值					
	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
A1	5 242.9	5 288.9	5 549.2	6 101.9	6 464.5	6 571.6
A2	62 109	61 765	64 083	69 506	72 655	72 936
A3	54.20	59.40	60.92	61.56	62.26	62.50
A4	591 878	672 762	563 276	875 298	688 702	854 344
A5	16 396	16 057	14 413	15 829	13 078	17 285
A6	7 989.65	5 547.39	5 407.35	5 368.63	4 456.99	4 629.70
A7	692.30	587.51	890.57	952.43	967.02	1 064.400
A8	84 871.32	30 130.40	20 489.15	8 166.46	10 095.12	4 187.00
A9	97 838.94	37 530.49	25 904.44	18 546.84	12 580.54	9 671.00
A10	59 686	73 000	71 469	67 909	83 744	89 584
A11	95	95	94	95	96	99
A12	26 104	26 104	23 484	23 965	23 433	25 335
A13	100	100	100	100	100	100
A14	207	249	256	285	284	287
A15	7 027.5	7 027.5	6 773.0	7 239.0	7 290.0	8 115.0
A16	41.78	41.78	39.00	39.00	39.00	41.00
A17	1 817 273	1 991 773	2 221 322	2 439 599	2 590 864	2 759 240
A18	55 510	78 330	78 501	134 221	132 259	148 834
A19	127 590	122 800	32 168	76 305	57 304	58 205
A20	307.2	325.6	338.6	357.4	366.1	376.1
A21	1 063.4	904.6	838.8	784.4	851.9	754.7

其中,第三产业 GDP 占 GDP 总量的比例(A3)通过对原始数据进行计算得到;由于 2015—2016 年的绿化覆盖面积数据缺失且缺失原因未知,故未获取 A12 数据,已由 2014 年和 2017 年统计数据的算术平均值

代替。

2. 计算权重

对表 2 中各指标数据进行归一化处理,代入熵权法进行计算(式(1)~式(6)),由此求得各指标权重,计算结果如表 3 所示。

表 3 各指标权重

指标编号	权重	指标编号	权重	指标编号	权重
A1	0.066 98	A8	0.027 69	A15	0.041 72
A2	0.069 32	A9	0.027 60	A16	0.101 69
A3	0.028 18	A10	0.040 83	A17	0.047 06
A4	0.058 34	A11	0.062 47	A18	0.055 95
A5	0.034 47	A12	0.090 61	A19	0.053 15
A6	0.028 02	A13	0.000 00	A20	0.051 72
A7	0.053 16	A14	0.031 08	A21	0.029 97

用熵值来判断某个指标的离散程度时,熵值越小,离散程度越大,对评价对象的影响程度(权重)也越大。其中,A13 的权重计算结果为 0,这是由于该指标在 2015—2020 年的数值全部相等,即对评价对象的影响程度相同,故权重为 0,这不影响最后计算结果的

有效性。

3. 计算 P_i 值

各指标权重与归一矩阵相乘得到加权矩阵,将其代入改进后的 TOPSIS 法,计算得到垂面距离(P_i),计算结果如表 4 所示。

表 4 2015—2020 年准则层与综合 P_i 值

年份	准则层 P_i 值				综合 P_i 值
	低碳经济	污染排放	环境保护	能源消耗	
2015	0.013 28	0.003 87	0.005 17	0.008 02	0.030 34
2016	0.011 99	0.005 33	0.004 66	0.006 73	0.028 72
2017	0.011 63	0.003 85	0.024 49	0.008 56	0.048 52
2018	0.003 56	0.003 87	0.022 01	0.004 30	0.033 74
2019	0.003 73	0.003 13	0.022 00	0.004 04	0.032 90
2020	0.000 23	0.002 27	0.008 16	0.002 95	0.013 62

4. 评价结果及分析

改进后的 TOPSIS 法是以指标到理想解的垂面距离(P_i)代替欧式距离,其 P_i 值越小,方案越优。计算得到 2015—2020 年各年到理想解的综合 P_i 值分别为 0.030 34, 0.028 72, 0.048 52, 0.033 74, 0.032 90, 0.013 62,其变化趋势如图 1 所示。

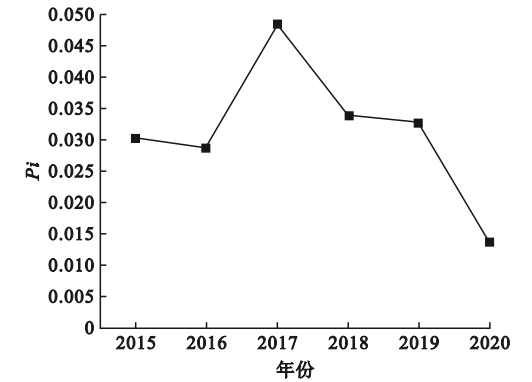


图 1 2015—2020 年沈阳市 P_i 值变化趋势

由图 1 可知,沈阳市各年的 P_i 值由小到大的排名为:2020 年、2016 年、2015 年、2019 年、2018 年、2017 年。其中,2020 年的 P_i 值最小,表示在此评价体系中沈阳市的城市综合低碳发展在 2020 年达到了最高水平;2017 年的 P_i 值最大,表示在此评价体系中沈阳市的城市综合低碳发展水平在 2017 年最差。从变化趋势来看,2015—2016 年沈阳市的低碳发展水平略有提升;

2016—2017 年其低碳发展水平显著降低;2017—2020 年其低碳发展水平又持续提升,总体上看其低碳发展水平起伏较大,这表明沈阳市的低碳发展状况并不稳定。为找出发展不稳定的具体原因,笔者进一步对低碳经济、污染排放、环境保护及能源消耗(4 个准则层)的 P_i 值进行了分析,其在 2015—2020 年的变化趋势如图 2 所示。

由图 2 可知,在低碳经济方面,2020 年的 P_i 值最小,代表此年低碳经济发展较好,2015 年的 P_i 值最大,代表此年低碳经济发展较差;在污染排放方面,2020 年的 P_i 值最小,代表此年的污染排放量较少,2016 年的 P_i 值最大,代表此年的污染排放量较多;在环境保护方面,2016 年的 P_i 值最小,代表此年对环境保护的力度大、效果好,2017 年的 P_i 值最大,代表此年对环境保护的力度不够、效果差;在能源消耗方面,2020 年的 P_i 值最小,代表此年的能源消耗碳排放量较少,2017 年的 P_i 值最大,代表此年的能源消耗碳排放量较多。

对 2015—2020 年沈阳市的低碳发展水平进行综合评价。实证结果表明:沈阳市的低碳发展水平先后呈现缓步提升、大幅降低、大幅提升的趋势,时间段内差异较大,总体来说其发展不平衡、不协调、不稳定。其中 2020 年的低碳发展水平最好,在低碳经济、

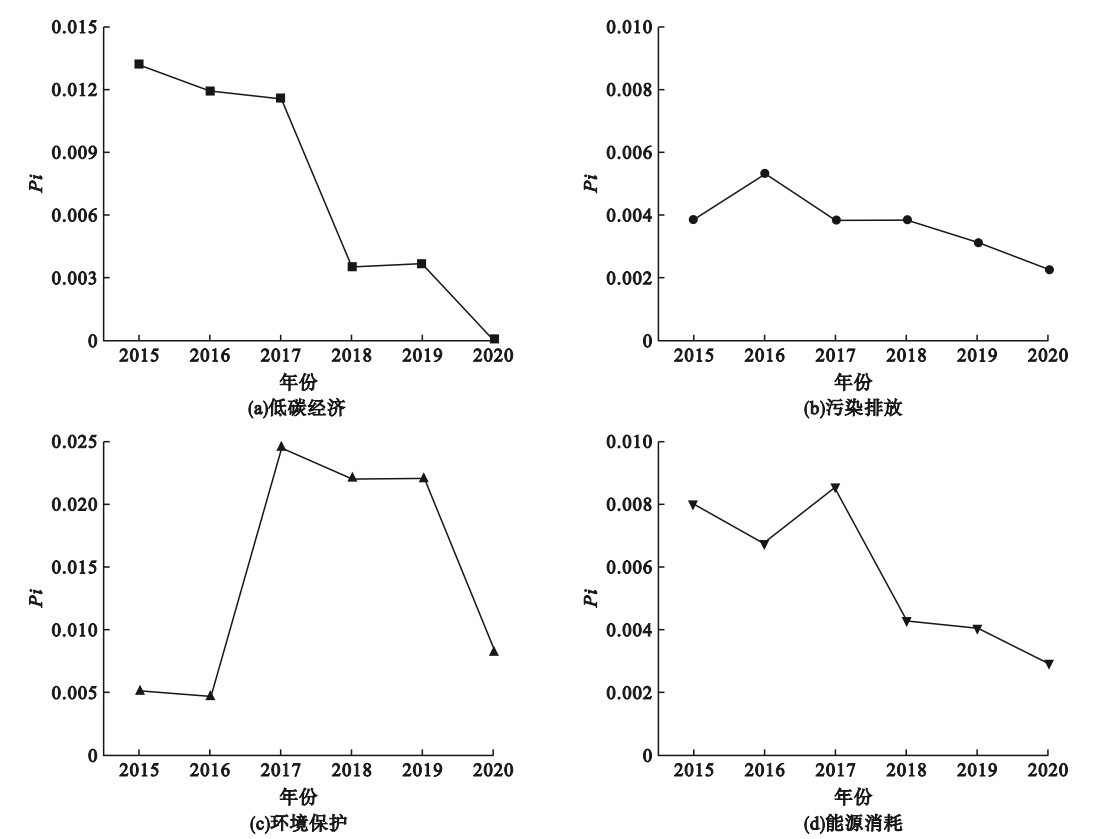


图 2 2015—2020 年沈阳市准则层 P_i 值变化趋势

污染排放、环境保护、能源消耗 4 个方面的发展都较为理想;2017 年的低碳发展水平最差,主要原因在于其在对生态环境保护、污染治理方面工作落实不到位且在能源消耗方面碳排放量较高。

五、结 语

本研究从低碳经济、污染排放、环境保护、能源消耗 4 个方面共选取了 21 个指标,构建了适用于沈阳市的低碳城市评价指标体系,采用熵权法对各指标进行赋权,结合改进后的 TOPSIS 法对 2015—2020 年沈阳市低碳发展水平进行了综合评价。综合来看,研究期间的沈阳市低碳发展水平在一定程度上有所提升,但其发展不稳定、不平衡、不协调,未来仍然需要为低碳发展做出努力。在提升经济实力的同时,可以通过加大低碳技术投入、减少污染排放量、提高环境治理能力及提高能源利用效率等措施来减少碳排放

量,最终实现城市的低碳协调发展。

参考文献:

[1] 刘志林,戴亦欣,董长贵,等. 低碳城市理念与国际经验[J]. 城市发展研究,2009,16(6): 1-7.

[2] MARTA B G , MARIA D B, MARIA J R. Sustainability on the urban scale: proposal of a structure of indicators for the Spanish context [J]. Environmental impact assessment review, 2015(53):16-30.

[3] TAN S, YANG J, YAN J Y, et al. A holistic low carbon city indicator framework for sustainable development [J]. Applied energy, 2016,185(2):1919-1930.

[4] 朱婧,刘学敏,张昱. 中国低碳城市建设评价指标体系构建[J]. 生态经济,2017,33(12): 52-56.

[5] 李德智,聂骁,黄冠英. 我国典型低碳城市建设水平比较研究[J]. 江苏建筑,2021,42(5): 6-8.

- [6] 索瑞霞,马嘉敏. 基于投影寻踪法的中国城市低碳发展水平评价[J]. 调研世界,2023,36(4):73-82.
- [7] 孙奇,吴巧生,李思瑶,等. 中国城市低碳发展绩效指数测算[J]. 统计与决策,2021,37(17):75-79.
- [8] 李闫岩,高彤,乔炎. 基于熵权-TOPSIS法的辽宁省低碳发展水平评价研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2023,25(4):367-371.
- [9] 张新莉. 基于TOPSIS的中国低碳城市评价研究[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [10] 杜挺,谢贤健,梁海艳,等. 基于熵权TOPSIS和GIS的重庆市县域经济综合评价及空间分析[J]. 经济地理,2014,34(6):40-47.
- [11] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等. 基于熵权TOPSIS模型的土地利用绩效评价及关联分析[J]. 农业工程学报,2013,29(5):217-227.
- [12] 侯岳,李治军,王华凡,等. 基于改进TOPSIS模型的吉林省水资源承载力时空演变分析[J]. 人民珠江,2022,43(9):119-127.
- [13] 张浩渺. 基于熵权改进的TOPSIS模型在苏州河水质综合评价中的应用[J]. 西北水电,2019,41(3):12-15.
- [14] 王磊,周亚楠,张宇. 基于熵权-TOPSIS法的低碳城市发展水平评价及障碍度分析:以天津市为例[J]. 科技管理研究,2017,37(17):239-245.
- [15] 蒋毅,傅俊诚,李泽文,等. 基于改进TOPSIS的楼宇多指标综合评价[J]. 上海交通大学学报,2023,57(7):868-877.
- [16] 陈梦根,徐滢,周元任. 新发展理念下经济高质量发展的统计评价与地区比较:基于改进的TOPSIS综合评价模型[J]. 统计学报,2020,1(2):1-14.
- [17] 华小义,谭景信. 基于“垂面”距离的TOPSIS法:正交投影法[J]. 系统工程理论与实践,2004,24(1):114-119.

Research on Evaluation Index System of Low Carbon City Based on Improved TOPSIS Method: Taking Shenyang City as an Example

SUN Yanli, ZENG Qingdong

(School of management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China 110168)

Abstract: In order to achieve the national "double carbon" goal as soon as possible and further promote the development of low-carbon cities, taking Shenyang city as the research object, 21 indicators were selected from four aspects of low-carbon economy, pollution emission, environmental protection, and energy consumption, and the evaluation index system of low-carbon city was constructed. The entropy weight method was used to assign weights to the indicators and improve the traditional TOPSIS method, and the comprehensive vertical distance of Shenyang city in each year from 2015 to 2020 was calculated as 0.030 34, 0.028 72, 0.048 52, 0.033 73, 0.032 90, and 0.013 62. Accordingly, a comprehensive evaluation was carried out on the level of low carbon development of Shenyang city from 2015 to 2020. The results show that the overall low-carbon development level of the city has been improved during the study period, but the stability and coordination of the development are insufficient.

Key words: low-carbon cities; evaluation indicators; entropy rights method; TOPSIS method

(责任编辑:徐聿聰 英文审校:贾凡华)