

上海市城市生态环境质量综合评价

田艳芳 周虹宏¹

(华东政法大学 政治学与公共管理学院, 上海 201620)

【摘要】: 城市生态环境质量评价对于城市质量管理及环境保护具有重要的意义。结合上海市的环境特征, 提出了包含自然环境、社会环境、经济环境的环境质量指标体系, 通过熵值法及综合指数法对上海市的城市生态环境质量进行评价。结果表明: 上海市城市生态环境 2010—2017 年逐年改善, 自然生态指数呈现上升的趋势, 生态环境质量总体持续改善; 社会发展环境稳中有升, 贡献度最大; 经济发展环境贡献度较小, 有待进一步改善, 城市生态环境质量整体向好的趋势发展。社会发展指数所占权重在生态环境质量评价中为 0.3891, 表明上海市城市生态环境质量的改善主要取决于社会发展指数的变化, 验证了生态保护政策的有效性, 证明地方政府积极的环境保护政策极大地改善了地方生态环境质量。

【关键词】: 城市生态环境 环境质量评价 熵值法

【中图分类号】: X171.1 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)06-185-08

0 引言

随着经济和社会的快速发展, 我国城镇化和工业化水平不断提高, 但对自然资源的大量开发和利用也导致环境污染形势日益严峻, 给区域生态环境带来巨大威胁。近年来, 环境污染与保护问题成为公众关注的焦点, 人们的环保意识开始觉醒, 保护生态环境已经成为自上而下的一种共识, 并采取了诸多治理行动, 也取得了一定效果。然而, 虽然当前城市生态环境质量与之前相比有很大改善, 经济发展方式也逐步由最初的粗放式增长转变为可持续发展, 但因城市环境污染而导致的环境群体性事件时有发生。环境群体性事件扰乱正常的社会秩序, 不利于社会和谐和政治稳定^[1]。因此客观认识和评价城市生态环境质量, 对正确制定经济与环境发展战略及城市的持续、稳定发展都至关重要。

上海作为中国经济发展的先驱城市之一, 自 2000 年以来, 城镇用地大幅度增加, 2002 年上海城市建设用地面积为 1824.56 平方千米, 2015 年城市建设用地面积达到 2915.56 平方千米, 与 2002 年相比增长 60%, 2017 年为 1910.74 平方千米, 详见图 1。随着城市化进程的不断推进, 整个城市的生态系统也发生了巨大变化, 一定程度上导致了生态环境质量的下降。城市化进程虽然提高了人们生活水平, 促进了生产力的发展和经济效益的提高, 但也打破了人类社会与自然环境的平衡, 给城市生态环境带来了极大挑战。因此, 本文针对上海市生态特征及发展变化趋势, 借鉴现有的城市生态评价体系, 提出一套新的城市生态环境质量评价体系, 用来评估上海市近年来的生态环境质量状况, 以期对未来其他城市生态发展规划提供借鉴。

¹作者简介: 田艳芳, 博士, 副教授, 研究方向为公共经济学。E-mail: tianyanfang5945@163.com

基金项目: 上海市哲学社会科学规划项目“多层级政府在环境保护上的事权划分及支出责任研究”(2017BZZ002)

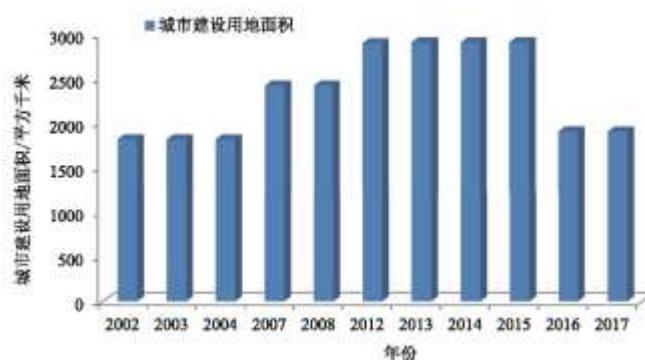


图 1 2002—2017 年上海城市建设用地面积

注：数据来源于 2002—2017 年上海市《城乡建设统计年鉴》(2009 年、2010 年统计年鉴数据缺失)。

1 环境质量评价指标和体系的发展历程

1969 年美国颁布的《国家环境政策法》(NEPA)中首次提出“环境影响评价”，此后，关于生态环境质量的研究越来越多，英国、日本等国家也先后制定了相应的环境影响评价制度，但是早期的环境影响评价并没有统一的模型。自 20 世纪 80 年代开始，当评价指标由单要素向多元化要素转变后，标准的环境影响评价模型不断涌现，其中最具有影响力的是由联合国可持续发展委员会(UNCSD)提出的“驱动力—状态—响应”(DSR)模型^[2]，它从社会、经济、环境和制度四个维度构建评价体系，为现代生态环境质量的评价提供了理论基础，这些模型也为不同国家和地区间环境质量比较提供了标准。此后的研究都是基于这四个维度来开展或者扩充的。例如 Atkinson^[3]从社会、经济、环境和文化四个层次构建的指标体系，将制度具体化为文化。耶鲁大学环境法律与政策中心联合哥伦比亚大学与世界经济论坛在 2000 年建立的环境可持续指数(ESI)¹，已成为评估世界各国环境可持续能力的标准。2000 年以后，许多发展中国家城市化进程加快，城市化对土地的开发和适宜性提出了新的要求，因此，Mafull 等^[4]从适宜性角度构建了自然环境、生物环境以及功能适宜性的指标体系，为城市可持续发展提供了依据。由于城市化的可持续性评估非常困难，需同时考虑多个定性和定量因素，Robati 等^[5]提出 SUQCI(可持续城市质量综合指数)，该指数由 10 个部分组成，共包含 16 个指标，从土地利用、自然灾害、气候等方面选取指标以评估德黑兰 22 个区的环境质量。

在评价方法上，通常运用统计学、建立模型的方法来进行环境综合评价，如加权法、加权平均法、几何加权平均法、主成分分析法等。Grossman & Krueger^[6]最早运用统计学方法对经济发展水平比较高的国家就经济发展水平与环境质量的关系进行研究，发现随着城市经济水平的提高，生态环境质量呈现倒“U”型的规律，并由此提出著名的环境库兹涅茨曲线假设。Wu 等^[7]采用层次分析法，构建了 11 个指标的指标体系对三个半封闭沿海地区生态环境质量进行评估。此外，还有学者利用 GIS 技术、遥感与 GIS 相结合等进行环境评价^[8-10]。Mafull 等^[4]基于地理信息系统(GIS)方法，对城市可持续发展提出对策建议。Azeez & NikhilRaj^[11]利用 GIS 和 RS 技术监测印度南部的土地利用和土地覆盖变化。

国内的环境质量评价工作始于 20 世纪 70 年代，但直到 80 年代才逐步关注生态环境的评价。最初的研究侧重于环境污染，随着研究的深入，学者们开始从自然环境、生态破坏、社会发展等因素出发，采用定性与定量相结合的方法，对环境质量进行等级划分来综合评价生态环境质量。近年来基于遥感、地理信息系统等技术进步，生态环境质量评价向多指标的系统性方向发展。

从生态环境质量评价指标体系看，最初是从较为宏观的模糊的指标开始设计，例如从生态环境质量背景、人类对生态环境影响程度及人类对生态环境适宜度需求等方面构建指标体系^[12]。此后，进一步将指标具体化为自然生态环境、社会生态环境和

经济生态环境三个系统层^[13]。在这三个大层次的基础上，根据研究地域的不同构建子指标，例如林积泉等构建的小流域环境质量综合评价指标体系^[14]。此后随着环境监测的不断完善，使用监测点数据开展的评估逐渐增多^[15-16]。但是监测点数据有很大的局限性，能否代表整个城市的生态情况尚有争议。不同城市监测点分布差异很大，有些监测点位于重污染区，有些监测点位于非污染区，以此为数据评估整个城市生态可能存在一定的偏差。但此后，随着遥感和 GIS 技术的不断成熟，这些问题得到了解决^[17-19]。

国内学者评价环境质量水平的方法主要有层次分析法^[20]、主成分分析法^[21]、专家咨询法^[22]、熵值法^[23]、综合指数评价法^[16]等。从评价指标的权重看，权重的确定方法一般有主观和客观两种赋值方法。主观赋值法如德尔菲法、层次分析法等，是由研究者本身根据经验和主观判断得到，较为主观。客观赋值法确定的权重精度较高，如主成分分析法、熵值法等，是评价指标在被评价过程中的实际数据得到，并客观反映其重要程度，较为客观。

通过文献梳理可知，由于不同国家发展阶段不同，发达国家较早关注生态环境质量评价，较早设计了城市环境质量评价指标和体系，而我国在经济发展初期，经济发展压力较大，将经济发展放在了首要地位，一些城市和地区环境质量出现了倒退并引发较为严重的环境冲突事件。近年来，环境问题成为举国上下的重要问题，相应地在环境理论、指标体系及方法方面也取得了一定的成绩。从已有的研究来看，生态环境质量评价研究还存在一些不足，首先在指标选取方面，更多的是采用环境污染指标，很少涉及生态类的指标，缺乏一定的合理性。因此，本文基于生态学角度，分别从自然环境、社会环境和经济环境三个方面构建评价体系，主要采用熵值法来确定权重以消除各指标权值的主观性，但由于熵值法的局限性，同时采用综合指数法来对多层次的评价体系进行综合评价，以准确评估上海市近年来的生态环境质量状况，为其他城市的生态环境质量评价提供借鉴。

2 城市生态环境质量综合评价指标体系的构建

评价指标应建立在科学的基础上，指标的定义必须明确并且具有科学的计量方法^[12]。单项指标能够客观地反映上海市生态环境质量的基本特征，以环境保护及改善为立足点；以协调多元经济、社会系统为框架；以数据的可获得性、可度量性和可靠性为准则，以指标体系清晰简洁为指导，所设计指标既能横向比较不同地区的环境治理水平，又具有纵向的连续性及可比性，适用于不同时间、不同地区间的比较评价。

城市生态环境质量指标体系的构建需要涵盖城市的环境特征以及影响环境质量的重要因素。结合马世骏和王如松^[24]提出的复合生态系统，城市是由自然、社会和经济三个子系统组成的生态系统。所以，城市生态环境质量评价指标应该包括自然环境指标层、社会环境指标层和经济环境指标层三个方面，在三大指标层下面又设有相应的具体指标层(表 1)。

表 1 城市生态环境质量评价指标体系

目标层	准则层	次准则层	子指标层	指标属性
上海市城市生态环境质量 A	自然生态环境 B ₁	环境空气质量 C ₁	二氧化硫浓度 D ₁	负向
			二氧化氮浓度 D ₂	负向
			可吸入颗粒物 (PM ₁₀) 浓度 D ₃	负向
		水环境质量 C ₂	水资源总量 D ₄	正向
		声环境质量 C ₃	区域环境噪声值 D ₅	逆向
			交通干线噪声值 D ₆	逆向

		生物环境质量 C_4	人均公共绿地面积 D_7	正向
			城市绿化覆盖率 D_8	正向
	社会发展环境 B_2	人口因素 C_5	人口密度 D_9	正向
			人口增长率 D_{10}	逆向
		资源配置 C_6	每万人拥有公交车辆 D_{11}	正向
			人均道路面积 D_{12}	正向
			人均生活用水量 D_{13}	正向
		污染控制 C_7	万元 GDP 的 SO_2 排放强度 D_{14}	逆向
			工业固体废弃物利用率 D_{15}	正向
			城镇污水集中处理率 D_{16}	正向
			生活垃圾无害化处理率 D_{17}	正向
	经济系统环境 B_3	经济收入 C_8	城乡收入比 D_{18}	正向
			GDP 增长率 D_{19}	正向
			人均 GDP D_{20}	正向
		产业结构 C_9	第二产业占 GDP 比重 D_{21}	逆向
			第三产业占 GDP 比重 D_{22}	正向
		可持续性 C_{10}	环保投资占 GDP 比重 D_{23}	正向

2.1 自然生态环境质量

自然生态环境系统层主要包括空气环境、水环境、声环境以及生物环境四个方面。现阶段虽然各地环境状况都有所改善,但部分城市环境污染问题仍然突出,如城市水污染严重,水资源短缺^[25];二氧化硫和可吸入颗粒物超标及城市绿地率不足^[26]等。自然生态环境是城市生态环境质量最重要的组成部分,空气环境主要通过二氧化碳、二氧化氮及可吸入颗粒物的浓度来综合反映大气质量状况。由于某地区水体的纳污能力与水资源的量级密切相关,水量与纳污能力正相关^[27],因此水环境通过水资源总量来反映。声环境主要选取区域环境噪声值及交通干线噪声值指标。由于绿化可以减少大气中的粉尘量,所以可使用绿化指标衡量该地区烟尘和工业粉尘等大气污染物的自净能力,本文选取某地区城市绿地覆盖率及人均绿地面积作为绿化指标。

2.2 社会生态环境质量

社会生态环境反映的是人类对生态环境的影响程度,包括运行效率、经济投入、人力配置、资源配置、人口结构等。一个城市发展的规模必须控制在城市和区域的生态环境资源承载力范围内,否则城市交通、住房、安全及社会保障等方面的困境会限制城市进一步的建设。当前不少城市的基础设施还需完善(如道路交通设施不足^[28]、住房紧张^[29]、污染治理设施不足^[30]等),因此将人口因素、资源配置、污染控制等作为社会生态环境质量评价的要素层指标。人口因子指标主要包括人口密度、人口

增长率；资源配置子指标主要包括每万人拥有公交车辆、人均道路面积、人均生活用水量；污染控制主要包括万元 GDP 二氧化硫排放强度、工业固体废弃物利用率、城镇污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率等子指标以反映控制污染物排放、工业固体废物利用情况、城市水污染的治理能力以及垃圾无害化的程度。

2.3 经济生态环境质量

经济生态系统是以人类的物质能量代谢活动为主体^[31]，是城市活动的外部社会经济条件，包括城市居民的收入水平、经济发展水平、行业发展状况以及城市化程度等多种因素。从环境角度看，经济环境关系到产业结构的平衡、资源的循环利用及生态环境的可持续性，因此将经济收入、产业结构及可持续性作为经济子系统的评价要素。经济收入通过城乡收入比、GDP 增长率、人均 GDP 来反映，产业结构子指标主要包括第二产业占 GDP 比重及第三产业占 GDP 比重，可持续性通过环保投资占 GDP 比重以反映城市环保投入的力度。

3 评价指标处理和评价方法

3.1 评价指标的标准化处理

上述表中所列的指标体系中既有正向指标，又有逆向指标，因此需要将逆向指标同向化，以保证在数据分析上的一致性。同时，为了使多指标评价具有可行性，需要对指标数据进行标准化处理，将各指标属性值统一变换到[0, 1]的范围内。评价指标分为两类，一类是正向指标，指标值越大越好；另一类是逆向指标，指标值越小越好。

正向指标处理公式：

$$r_i = \frac{X(i) - \min(i)}{\max(i) - \min(i)}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

逆向指标处理公式：

$$r_i = \frac{\max(i) - X(i)}{\max(i) - \min(i)}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中： r_i —指标标准化值； X_i —原始指标现值； $\max(i)$ —原始指标最大值； $\min(i)$ —原始指标最小值。

3.2 熵值法的基本原理及其权重计算

3.2.1 熵值法的基本原理

熵的概念源于热力学，主要反映系统的混乱程度^[32]，Shannon 借鉴热力学的概念，提出“信息熵”。在信息论中，信息是系统有序程度的一种度量，而熵是系统无序程度的一种度量，两者绝对值相等，但符号相反^[33]。设有 n 个评价指标， m 个评价年份，则形成原始指标数据矩阵 $X = (X_{ij})_{m \times n}$ ，对于某项指标 X_i ，指标值 X_{ij} 的差距越大，则该指标在综合评价中所起的作用越大；如果某项指标的指标值全部相等，则该指标在综合评价中不起作用^[34-35]。

3.2.2 熵值法确定权重的计算步骤

标准化之后的数据采用熵值法来确定各指标的权重，具体步骤如下：

第一步：计算第 j 个指标下第 i 年份指标值的比重：

$$P_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^n R_{ij}} \quad (3)$$

第二步：计算第 j 个指标的熵值 e_j ：

$$e_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, e_j \in [0,1] (\text{假设当 } P_{ij} = 0 \text{ 时, } P_{ij} \ln P_{ij} = 0) \quad (4)$$

第三步：计算第 j 个指标的差异性系数 d_j ：

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

第四步：计算第 j 项指标的权重 w_j ：

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

城市生态质量综合指数 (CEI) 是将城市生态环境各要素指标值乘以各自权重，再进行加和。

$$CEI = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij} \quad (7)$$

3.3 分级方法

参照国内外的已有文献对城市生态质量指数进行分级设计^[36]，一共分为五个等级并给出相应的分级评价，分别为：生态质量优、较好、一般、较差和差。具体分级标准见表 2。

表 2 城市生态质量综合指数分级标准

分级	生态质量综合指数	指数评价
I 级	0.8~1.00	优
II 级	0.6~0.8	较好

III级	0.4~0.6	一般
IV级	0.2~0.4	较差
V级	<0.2	差

4 基于上海市的城市生态环境质量评价

上海处于长江河口滨江沿海的特殊地理位置，拥有林地、湿地、农田、河流、湖泊等复杂多样的生态系统，经济发展迅速且城市化水平较高，本文应用建立的城市生态环境质量评价指标体系，从生态学的角度对上海市的城市生态环境质量进行综合评价。

4.1 数据来源

评价指标中所用的数据，主要来自 2010—2017 年的《上海市统计年鉴》《上海市国民经济和社会发展统计公报》《上海市水资源公报》等。在获得上海市 2010—2017 年相关生态环境数据的基础上，根据熵值法及环境质量综合评价指数的评价方法进行自然环境、社会环境、经济环境质量以及城市生态环境质量综合指数 (CEI) 的统计和评价。

4.2 评价结果

根据上海市 2010—2017 年的相关数据计算的熵权即为该指标的权重，得到的结果如表 3 所示。从以上环境子指标的权重来看，人均道路面积的权重最大，表明建设用地是影响生态环境的最主要因素，人均公共绿地面积、城市绿化率、每万人拥有的公交车辆对上海市生态环境也有较大影响；交通干线噪声、城乡收入比、GDP 增长率及环保投资占 GDP 比重等指标的权重都在 0.044 以上，这些指标对生态环境影响较大；工业固体废弃物利用率等指标权重偏小，对当前环境建设的贡献较小，未引起人们的足够重视。

表 3 上海市城市生态环境质量评价各指标层权重

准则层指标	次准则层	子指标层	权重 w_j
自然生态环境 B_1 (0.3491)	环境空气质量 C_1 (0.1277)	二氧化硫浓度	0.0430
		二氧化氮浓度	0.0422
		可吸入颗粒物 (PM_{10}) 浓度	0.0425
	水环境质量 C_2 (0.0429)	水资源总量	0.0429
	声环境质量 C_3 (0.0882)	区域环境噪声值	0.0439
		交通干线噪声值	0.0443
	生物环境质量 C_4 (0.0903)	人均公共绿地面积	0.0452
		城市绿化覆盖率	0.0451

社会发展环境 B ₂ (0.3891)	人口因素 C ₅ (0.0863)	人口密度	0.0427
		人口增长率	0.0436
	资源配置 C ₆ (0.1343)	每万人拥有公交车辆	0.0454
		人均道路面积	0.0458
		人均生活用水量	0.0431
	污染控制 C ₇ (0.1685)	万元 GDPSO ₂ 排放强度	0.0429
		工业固体废弃物利用率	0.0416
		城镇污水集中处理率	0.0431
		生活垃圾无害化处理率	0.0409
经济系统环境 B ₃ (0.2618)	经济收入 C ₈ (0.1308)	城乡收入比	0.0442
		GDP 增长率	0.0442
		人均 GDP	0.0424
	产业结构 C ₉ (0.0865)	第二产业占 GDP 比重	0.0427
		第三产业占 GDP 比重	0.0438
	可持续性 C ₁₀ (0.0445)	环保投资占 GDP 比重	0.0445

评价指标的量化是一个自上而下的过程，根据权重我们可以计算出各系统指标的评价指数及综合评价指数，表 4 是 2010—2017 年上海市生态环境综合评价指数及准则层指数。

表 4 2010—2017 年上海市城市生态环境质量准则层、综合指数及评价等级

年份	分类指标			综合评价指数 (CEI)	状态描述
	自然生态	社会发展	经济系统		
	0.3491	0.3891	0.2618		
2010	0.046	0.090	0.110	0.246	较差
2011	0.044	0.111	0.084	0.240	较差
2012	0.149	0.168	0.072	0.389	较差
2013	0.117	0.210	0.098	0.425	一般
2014	0.152	0.212	0.137	0.501	一般
2015	0.167	0.276	0.099	0.542	一般

2016	0.214	0.277	0.145	0.636	较好
2017	0.243	0.327	0.177	0.747	较好

4.3 上海市生态环境质量综合评价结果的分析

4.3.1 生态环境质量综合评价

从图2中可以看出,2010—2017年上海市生态环境质量总体呈现上升趋势,2013年以前生态环境综合评价指数较低,低于0.4,表明生态环境质量较差,这是由于当时处于“十二五”规划的重要时期,我国工业化、城镇化快速推进,城乡居民消费结构加速升级,全球化趋势逐步加强,对于环境保护投入的力度非常有限。同时,战略性新兴产业的发展使得产业生产规模不断扩大,进而空气、废弃物等污染物排放量加大,导致生态环境破坏较为严重。

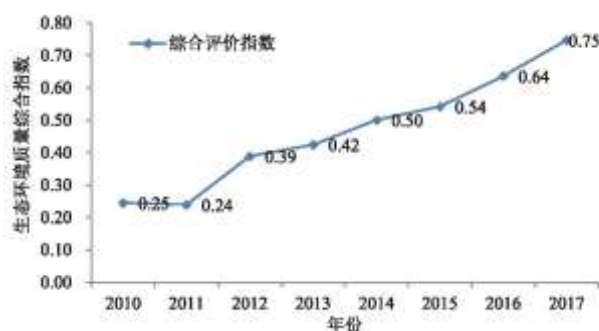


图2 2010—2017年生态环境质量综合指数变化

2013—2015年为“十二五”规划后期,综合指数上升,介于0.4~0.6之间,生态环境质量一般,生态环境质量有所好转。战略规划后期通过改造传统产业,充分运用现代技术成果,不断进行结构产业优化升级,有效缓解了生态环境压力。2015—2020年是五年重要发展时期,在此期间,节能环保产业、先进环保产业、资源循环利用产业成了重点发展方向和主要任务,住建部、环保部联合印发《全国城市生态保护与建设规划(2015—2020年)》(建城〔2016〕284号),以切实加强城市生态保护。上海市政府印发了《上海市环境保护和生态建设“十三五”规划》,把环境保护作为本市全局和长远发展的重要内容,相继出台了一些环境保护政策及保障措施。从本文计算的生态环境质量综合指数在0.6~0.8之间,评价结果为较好,表明生态环境在这两年期间得到明显的改善。

4.3.2 自然生态环境指数评价

图3是2010—2017年上海市自然生态指数,由图3可以看出2010—2017年上海市的自然生态指数基本呈现上升趋势,由于自然生态指数权重为0.3491,对生态环境质量影响较大。2011—2012年自然生态环境指数增长幅度较大,得益于上海市人民政府实施《上海市2012—2014年环境保护和建设三年行动计划》2013—2017年增长幅度较缓慢,这表明自然生态环境在这期间对于城市生态环境质量起到了一定的维护作用。一方面,在人口、经济、能源消耗持续增加的同时,主要污染物削减明显,2017年二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度分别比2010年下降58.6%、12%和30.4%,区域环境和交通干线噪声不断降低;另一方面,绿林地面积不断增加,人均公园绿地面积达到7.6m²,森林覆盖率达到15.03%,生态环境质量总体持续改善(数据来源:2017年上海市生态环境局、《上海市统计年鉴》)。

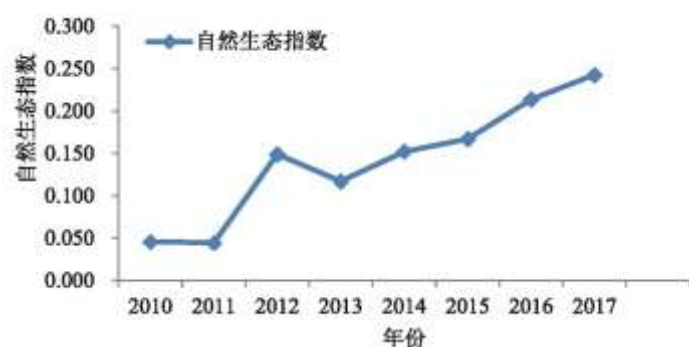


图 3 2010—2017 年自然生态指数变化

4.3.3 社会发展环境指数评价

社会发展指数呈现稳步持续上升的趋势，而且社会发展指数所占权重在生态环境质量评价中为 0.3891，这表明上海市城市生态环境质量的改善主要取决于社会发展指数的变化。在 2010—2015 年，上海市重大环境基础设施逐步完善，对城镇污水处理厂进行新改扩建，提高城镇污水处理率；建立生活垃圾无害处理体系，生活垃圾处理能力加强，危害废物、医疗废物基本得到安全处置；另外，加快推进污染减排，在化工企业实施脱硫、脱硝和高效除尘；完成中小燃煤锅炉清洁能源替代、黄标车淘汰等治理工作。在这一时期，扬尘、挥发性有机物(VOCs)污染控制等都取得较大的进展。

截至 2017 年， $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2012 年下降 $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ； PM_{10} 浓度为 $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2010 年下降 $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；城市污水处理率由 2010 年 83.3%提高到 2017 年 94.5%；生活垃圾无害处理率达到 100%(数据来源：2010 年、2012 年、2017 年上海市生态环境局、《上海市统计年鉴》)。这一时期环境指标的好转，离不开上海市环境法规政策体系的完善，市政府出台《上海市大气污染防治条例》等 2 项地方性法规和 10 余项配套文件，制定《锅炉大气污染物排放标准》等 12 项地方标准规范，制定了生态补偿、环保电价、超量减排奖励等一系列政策，环境监测、监管和执法体系逐步加强，这些保障措施使得社会发展指数明显提高。

从图 4 中不难发现，2015—2017 年社会发展指数增长幅度放缓，与前期相比存在一定差距，这主要是因为污染物排放量大、强度高，通过末端处理的难度越来越大，减排空间也更加有限，随着人口经济的快速增长，环境治理能力不足以消化人口经济快速发展带来的增量，除了继续加大污染治理力度外，必须在调结构、转方式等源头防控，进一步改善生态环境质量。

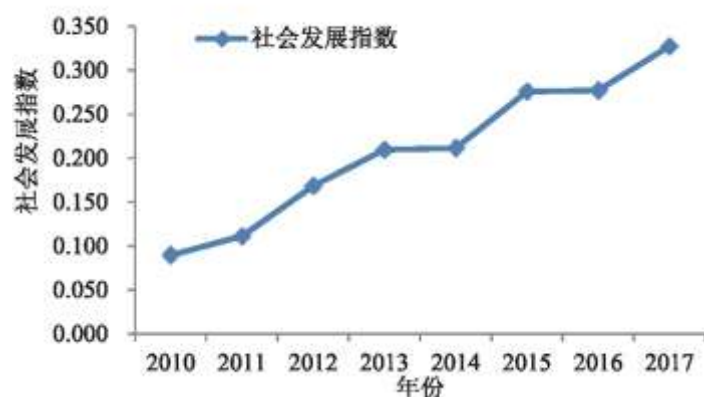


图 4 2010—2017 年社会发展指数变化

4.3.4 经济系统指数评价

从图 5 可以看出, 2010—2017 年上海市经济系统指数有升有降, 总体权重为 0.2618, 最初两年指数呈现下降趋势, 表明在此期间经济系统为生态环境质量水平的贡献度较小, 2012—2014 年经济指数不断上升, 可以发现政府意识到环境保护的重要性, 在经济发展的同时重视环境的治理, 2017 年升至最大值, 主要是由于政府加大在环境保护方面的资金投入, 2017 年上海市用于环境保护的资金投入 923.53 亿元, 环保投资占 GDP 的比重达到 3.1%, 较 2010 年提高 4.7%; 积极调整产业结构, 第三产业逐步取代传统的重工业, 第三产业占 GDP 的比重由 2010 年的 57% 增长至 69.2% (数据来源: 2017 年上海市生态环境局、《上海市统计年鉴》); 城镇居民环保意识增强等使生态环境质量好转。上海市在经济发展的过程中, 注重产业结构的升级及环境的治理, 虽取得了一些成果, 但经济发展与资源环境仍不协调, 今后一个时期政府应当加大经济系统对生态环境质量的贡献度。

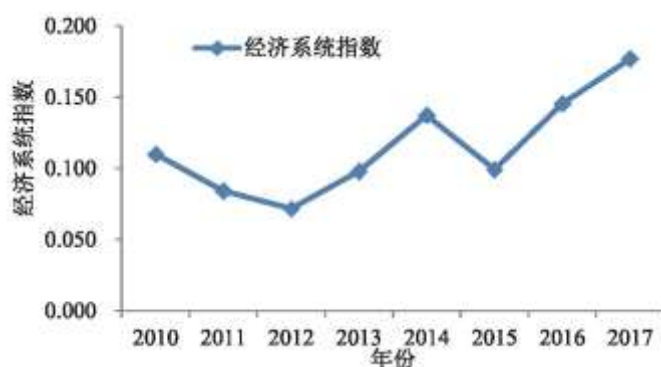


图 5 2010—2017 年经济系统指数变化

5 结论

本文构建了上海市的生态环境质量综合评价指标体系, 应用熵值法确定了各指标的具体权重, 得出了影响生态环境质量的指标的重要性并计算了生态环境质量综合评价指数, 以此对上海市 2010—2017 年的生态环境质量进行了评价。

第一, 上海市自然生态环境改善较大。自然生态指数呈现上升的趋势, 只是在 2013 年左右有小幅的波动, 2017 年与 2010 年相比增长了 4.28 倍, 大气环境污染物削减明显, 噪声减少, 绿化面积及人均绿化面积增多。自然环境传统产业可采用先进的节能低碳环保材料和环保技术, 集中发展有优势的轻工业, 淘汰落后的产能。

第二, 社会发展环境稳中有升。社会发展指数综合指数处于逐步上升趋势, 增长幅度不大, 2017 年比 2010 年增加 2.63 倍。其中, 环境治理在污染物排放、生活垃圾处理及固体废弃物处理等方面取得了较大的成果。社会发展指数所占权重在生态环境质量评价中为 0.3891, 表明上海市城市生态环境质量的改善主要取决于社会发展指数的变化。2015—2017 年社会发展指数增长幅度放缓, 与前期相比存在一定差距, 政府相关部门除了继续加大污染治理力度外, 必须在调结构、转方式等源头防控, 形成“环保+”发展模式, 进一步改善生态环境质量。

第三, 经济发展环境改善较小。经济系统指数呈现先下降后增长的趋势, 但变动幅度有限, 其最大值为 0.177, 最小值为 0.072。上海市在经济发展过程中仍要重视绿色发展, 提高资源的利用效率, 推进环境治理体系。产业发展是经济社会发展的基础, 是生态建设的重要内容, 一定程度上决定了环境的质量。在经济与环境共同发展的背景下, 调整优化产业结构成了重要内

容,实现经济和环境发展的良性循环是未来城市发展的重要方向。

第四,文中选取的23个指标的权重基本上保持稳定,其对上海市城市生态环境改善的贡献基本持平。自然生态环境、社会发展环境及经济系统环境在生态环境质量中的权重分别是0.3491、0.3891、0.2618,即社会发展在上海市城市生态环境质量的改善过程中贡献最大,经济系统贡献最小,随着生态建设与环境保护力度的加大,各层次的生态系统环境质量均有较大的改善。

参考文献:

[1]田志华,田艳芳.环境冲突是经济发展的副产品吗?——基于1998—2013年中国省级面板数据的分析[J].财经研究,2017(11):98-112.

[2]United Nations Commission on Sustainable Development. Indicators of sustainable development: Framework and methodologies[R]. New York: United Nations, 1996.

[3]AtKisson A. Developing indicators of sustainable community: Lessons from sustainable Seattle[J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16(4): 337-350.

[4]Marull J, Pino J, Mallarch J M, et al. A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 81: 200-212.

[5]Robati M, Monavari S M, Majedi H. Urban environment quality assessment by using composite index mode[J]. Environmental Progress & Sustainable Energy, 2015, 34: 1473-1480.

[6]Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1994, 110: 353-377.

[7]Wu H Y, Chen K L, Chen Z H, et al. Evaluation for the ecological quality status of coastal waters in East China Sea using fuzzy integrated assessment method[J]. Marine Pollution Bulletin, 2012, 64: 546-555.

[8]Smith W, Meredith T C, Johns T. Exploring methods for rapid assessment of woody vegetation in the Batemi Valley, North-central Tanzania[J]. Biodiversity and Conservation, 1999, 8: 447-470.

[9]Basso F, Bove E, Dumontet S, et al. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: An example covering the Agri basin (Southern Italy)[J]. Catena, 2000, 40: 19-35.

[10]Mörtberg U M, Balfors B, Knol W C. Landscape ecological assessment: a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning[J]. Journal of Environmental Management, 2007, 82: 457-470.

[11]Azeez P A, Nikhil Raj P P. Land use and land cover changes in a tropical river basin: A case from Bharathapuzha River Basin, Southern India[J]. Journal of Geographic Information System, 2010, 2(4): 185-193.

[12]叶亚平,刘鲁君.中国省域生态环境质量评价指标体系研究[J].环境科学研究,2000(3):33-36.

-
- [13]仲夏.城市生态环境质量评价指标体系[J].环境保护科学,2002(2):52-54.
- [14]林积泉,王伯铎,马俊杰,等.小流域治理环境质量综合评价指标体系研究[J].水土保持研究,2005(1):69-71.
- [15]刘萍,刘岩,李付江.农村环境质量监测与评价方法探讨——以河南省鹤壁市为例[J].河南科学,2013(6):846-849.
- [16]陈雨艳,杨坪,余恒,等.基于环境质量监测的区域环境质量综合评价体系[J].中国环境监测,2015(4):68-74.
- [17]刘建军,李新琪,高利军.遥感技术在新疆生态环境监测与综合评价中的应用[J].干旱区地理,2004(4):508-511.
- [18]彭宗波,关学彬,蒋英.海南中部山区生态环境质量综合评价指标体系[J].环境科学与技术,2018(S1):367-372.
- [19]杨永健,李洪忠,陈劲松,等.基于遥感生态指数的区域生态质量评价——以遂宁市船山区为例[J].人民长江,2019(7):71-76,82.
- [20]李崧,邱微,赵庆良,等.层次分析法应用于黑龙江省生态环境质量评价研究[J].环境科学,2006(5):1031-1034.
- [21]李军民,李鑫瑞.基于主成分分析法的环境质量综合评价方法应用研究[J].西安科技大学学报,2016(3):445-450.
- [22]雷思友,范君.基于灰色系统(GRAY)的安徽省城市生态环境质量综合评价及对策研究[J].安徽理工大学学报(社会科学版),2015(2):25-30.
- [23]王雪冬,李世宇,孙延锋,等.基于熵值法和突变理论的矿山环境质量评价[J].煤炭科学技术,2018(S1):264-267.
- [24]马世骏,王如松.社会-经济-自然复合生态系统[J].生态学报,1984(1):1-9.
- [25]邱国玉,张晓楠.21世纪中国的城市化特点及其生态环境挑战[J].地球科学进展,2019(6):640-649.
- [26]金贤锋,董锁成,周长进,等.中国城市的生态环境问题[J].城市问题,2009(9):5-10,23.
- [27]刘伯龙,袁晓玲.中国省际环境质量动态综合评价及收敛性析:1996—2012[J].西安交通大学学报(社会科学版),2015(4):32-40.
- [28]孙钰,崔寅,冯延超.城市公共交通基础设施的经济、社会与环境效益协调发展评价[J].经济与管理评论,2019(6):122-135.
- [29]李伟军.住房负担、公共服务与人口集聚——基于中国三大城市群48个城市的实证检验[J].经济经纬,2019(5):9-16.
- [30]俞会新,林晓彤.京津冀环境污染治理投资效率及其影响因素研究[J].工业技术经济,2018(5):136-144.
- [31]王如松,欧阳志云.社会-经济-自然复合生态系统与可持续发展[J].中国科学院院刊,2012(3):337-345.
- [32]王富喜,毛爱华,李赫龙,等.基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J].地理科学,2013(11):1323-1329.

[33]张卫民, 安景文, 韩朝. 熵值法在城市可持续发展评价问题中的应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(6): 115-118.

[34]乔家君. 改进的熵值法在河南省可持续发展能力评估中的应用[J]. 资源科学, 2004(1): 113-119.

[35]郭显光. 改进的熵值法及其在经济效益评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998(12): 99-103.

[36]吴阿娜, 汤琳, 汪琴, 等. 上海城市生态环境质量综合评价[J]. 环境监测管理与技术, 2011(S1): 53-56.

注释:

1 环境可持续指数(ESI)是一项整合性指标系统, 使用 21 项指标来评估各国或地区的环境质量, 包括自然资源拥有情况、过去与现在的污染程度、环境管理努力、对国际公共事务的环保贡献, 以及历年来改善环境绩效的社会能力。