

装修垃圾产生量预测模式研究

李海波

上海环境卫生工程设计院有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i4.2029

[摘要] 文章针对目前国内大多数城市缺失装修垃圾产生量统计数据、对装修垃圾产生量难以准确预测的突出问题,以南京市为例,采用扩大指标法、分类估算法、BP神经网络模型法对未来装修垃圾产生量进行了测算,为各地估算装修垃圾产生量、建设和完善装修垃圾资源化利用体系提供参考。

[关键词] 装修垃圾; 扩大指标法; 分类估算法; BP神经网络; 主成分

中图分类号: TU767 文献标识码: A

Study on prediction model of decoration waste production

Haibo Li

Shanghai Environmental Sanitation Engineering Design Institute Co., Ltd

[Abstract] In view of the outstanding problem that most cities in China lack statistical data on the amount of decoration waste, and it is difficult to accurately predict the amount of decoration waste, taking Nanjing as an example, this paper estimates the future amount of decoration waste by using expanded index method, classified estimation method and BP neural network model method, which provides reference for estimating the amount of decoration waste and building and perfecting the resource utilization system of decoration waste.

[Key words] decoration garbage; Enlarged index method; Classification estimation method; BP neural network; principal constituent

前言

近年来在垃圾分类、无废城市、“双碳”战略等政策背景下,城市固废的无害化处理和资源化利用已经成为当今社会的热点问题,而随着生活垃圾分类收运处理体系的逐步完善,建筑装修垃圾的资源化利用将成为十四五期间各地制约城市发展亟待解决的焦点问题。其中,建筑垃圾中的装修垃圾由于底数不清、成分复杂、难收运、难消纳、难处理等特点,更是成为亟须解决的重中之重。

然而各地要想建立系统的装修垃圾资源化利用体系,首先要对装修垃圾产生量进行科学预测。但由于我国大多数城市的装修垃圾长期处在粗放管理阶段,基本未形成关于装修垃圾产生量的历史统计数据,极大地增加了装修垃圾产生量预测的难度。为此,文章以南京市为例,对装修垃圾产量的预测模式进行研究,为学者和城市管理者提供参考。

1 扩大指标法

根据《建筑垃圾处理技术标准》(CJJ/T 134-2019),无统计数据时,装修垃圾产生量按下式计算:

$$M_2=R_2 \times m_2$$

式中: M_2 —城市或区域装修垃圾产生量; R_2 —城市或区域居民户数(户); m_2 —单位户数装修垃圾产生基数t/(户·a),可取0.5~1.0t/(户·a)。

根据《南京市国土空间总体规划(2021-2035)》,南京市总人口为1300万人,采用内插法计算2025年规划人口为1050万人、约375万户(按照每户2.8人测算),则2025年装修垃圾产生量约为190万吨/年~370万吨/年,按照0.7t/(户·a)测算为270万吨/年。

2 分类估算法

对南京市鼓楼、浦口、栖霞等家庭装修实际案例进行抽样调查,经分析,首次装修与二次装修的装修垃圾产生量差异较大,其中,首次装修产生量为0.064吨/平方米,二次装修产生量为0.091吨/平方米,平均为0.077吨/平方米,装修案例调查数据见表1和表2。

根据第七次人口普查数据,2020年南京常住人口为931万人。根据南京市2020年国民经济和社会发展统计公报,城镇居民人均住房面积为40.5平方米,测算总住房面积约为37706万平方米,按照每15年装修1次,每100平方米装修面积装修垃圾产生量7.7吨,家庭装修的装修垃圾总产生量约为193万吨/年。另外,经调研商业、办公等工装工程,虽然单位面积产生的装修垃圾量相对较低(约0.03吨/平方米),但装修频次较家装高出不少,根据其他城市经验数据工装的装修垃圾产生量约占总装修垃圾的三分之一,估算工装装修垃圾产生量约为97万吨/年,装修垃圾总量约为290万吨/年。

表1 首次装修案例调查表(90平方米以下)

序号	装修案例地址	建筑面积 (吨/m ²)	装修垃圾产 生量(吨)	产量指标 (吨/m ²)
1	海赋尚城6-1-1307	72	4	0.056
2	乐业西苑1-1-302	75	10	0.133
3	仙林悦城10-909	80	6	0.075
4	威尼斯水城16街区-1-3103	83	4	0.048
5	威尼斯水城16街区-5-3103	83	6	0.072
6	财富中心1623	70	10	0.143
7	保利云禧6-1-1002	90	7	0.078
8	金城一号2-1-702	240	40	0.167
9	安城御园20-702	172	30	0.174
10	江浦区中交锦兰荟	88	3.5	0.040
11	浦口区沿江街道大华锦绣时代	89	3.5	0.039
12	浦口区星河天赋	88	3.7	0.042
13	江浦区银城白马澜山23	78	3	0.038
14	栖霞区中垠紫金观邸15	80	3.1	0.039
15	浦口区弘扬爱上花园10	87	3.5	0.040
16	浦口区恒辉假日广场13栋	88	3.5	0.040
17	浦口区保利云禧21幢	99	4	0.040
18	浦口区正荣润锦城5	105	4	0.038
19	江宁区绿地理想城3-1804	108	4.5	0.042
20	融侨观邸58-5-110	59	3	0.051
21	金陵湾2-1-2702	70	3	0.043
22	中海桃源里3-2-508	85	3	0.035
23	中南世纪雅A10-1507	85	3	0.035
24	钟山府10-4063	89	3.5	0.039
25	正荣润锦城17-3202	89	3.5	0.039
26	中电2-2003	90	4	0.044
27	金陵湾1-2-1601	130	5	0.038
28	深业滨江半岛1-2-604	141	5.5	0.039
29	中海桃源里1-906	180	7	0.039
	平均值	-	-	0.064

表2 二次装修案例调查表

序号	装修案例地址	建筑面 积(m ²)	装修垃圾产 生量(吨)	产量指标 (吨/m ²)
1	南方花园A组8-2-504	75	12	0.160
2	德盈国际广场5-914	80	8	0.100
3	凤凰花园清溪园23-603	69	10	0.145
4	明清园露园19-74-402	72	10	0.139
5	新巷2-10号601	70	10	0.143
6	卫岗西12号1-401	65	8	0.123
7	月新花园高层1-1101	90	8	0.089
8	新城市假日2-807	110	12	0.109
9	千秋情缘11-704	169	20	0.118
10	御道家园5-1-902	210	40	0.190
11	中央路258-27号新立基大厦	87.5	5	0.057
12	鼓楼区凤凰西街188	80	4.7	0.059
13	鼓楼区育才公寓	60	4.1	0.068
14	鼓楼区北京西路49号	81	4.7	0.058
15	威尼斯十八街区	82	4.8	0.059
16	浦口区威尼斯水城19街区	89	5	0.056
17	浦口区明发滨江一期	83	4.8	0.058
18	鼓楼区金城花园	100	5.8	0.058
19	江宁明月港湾33	106	6	0.057
20	雨花台区凤凰和美9	110	6	0.055
21	瑞金新村69栋407	60	5	0.083
22	凤凰花园城6-601	60	5.5	0.092
23	映山菁华11-3-301	72	5.5	0.076
24	万达西地7-2705	80	6	0.075
25	晨光新苑10-4-502	80	6	0.075
26	翠屏东南54-3-605	86	6	0.070
27	澳丽嘉园7-706	90	7	0.078
28	龙吟广场B-3005	115	7.5	0.065
29	托乐嘉1-903	130	8	0.062
30	银城东苑5-1301	140	8	0.057
-	平均值	-	-	0.091

2025年南京市规划人口1050万人,按照上述方法测算,家庭装修垃圾产生量为218万吨/年,估算工装装修垃圾产生量约109万吨/年,装修垃圾总量约为327万吨/年。

3 数学模型法

本文首先通过构建装修垃圾产生量相关因子指标体系,研究分析各相关因子对装修垃圾产生量变化所反映出的不同相关程度。其次对南京市2021—2025年装修垃圾产生量进行预测。

由于南京缺少历年装修垃圾历史统计量,而上海市从2013年开始对装修垃圾量进行单独统计,其中黄浦区、徐汇区、长宁区、静安区、普陀区、虹口区、杨浦区数据完整,具备可借鉴性。南京与上海生活习惯相似,装修垃圾产量相关影响因子数据变化规律具有相似性,故本研究以上海市黄浦区、徐汇区、长宁区、静安区、普陀区、虹口区、杨浦区装修垃圾历年数据及相关影

响因子构建装修垃圾产生量BP神经网络模型，预测南京市2020—2025年装修垃圾产生量。

3.1 装修垃圾产生量相关因子指标体系

本文采用主成分分析法，研究各相关因子对装修垃圾产生量变化的影响程度。通过综合考虑指标的相关性及数据的可得性因素，决定建筑垃圾产生量有较为复杂的社会、经济因素，其中较为重要的有城市人口、城镇居民收入、居民现有房屋的使用面积、城市范围的扩大率、经济发展所处的阶段、建筑物平均使用寿命、建筑施工面积、房地产业发展状况等，筛选出7个相关统计指标（具体指标见表3），构建城市装修垃圾产生量的相关因子体系。其中城市人口表征城市人口，城乡居民生活用电量、家庭天然气用量表征城镇居民收入，生产总值、固定资产投资、工业总产值完成额主要表征经济发展所处的阶段，建筑装饰和其他建筑业生产总值表征房地产业发展状况。

表3 装修垃圾产生量相关因子指标体系

序号	指标
p1	生产总值(亿元)
p2	城乡居民生活用电量(万千瓦时)
p3	固定资产投资完成额(亿元)
p4	工业总产值(亿元)
p5	家庭天然气用量(万立方米)
p6	建筑装饰和其他建筑业生产总值(亿元)
p7	常住人口(万人)

3.2 相关因子相关程度分析

根据上海市历年统计年鉴，获取上述装修垃圾产生量相关因子（具体数据见表4），再分析相关因子影响程度可以得到，常住人口与建筑装饰和其他建筑业生产总值影响最大，其余各项指标较为均衡（具体数据见表5）。

表4 上海市部分区装修垃圾产生量相关因子指标数据表

年份	2018年	2017年	2016年	2015年	2014年	2013年
生产总值(亿元)	10877.28	10116.68	9832.3	8395.76	8015.7	7390.5
城乡居民生活用电量(万千瓦时)	692764	652611	620964	530721	506163	605322
固定资产投资完成额(亿元)	1273.98	1278.9	1191.75	1222.93	1192.52	1125.9
工业总产值(亿元)	2185.27	2148.03	2165.46	2470.14	2495.48	2419.6
家庭天然气用量(万立方米)	53862.41	50251.84	49941.5	47513.1	43986.96	39249
建筑装饰和其他建筑业生产总值(亿元)	276.04	228.68	232.8	215.31	215.12	211.08
常住人口(万人)	688.66	690.01	689.5	692.54	704.54	707.88

表5 装修垃圾产生量相关因子影响程度分析表

相关因子	主成分 Prin1
p1 生产总值(亿元)	0.392
p2 城乡居民生活用电量(万千瓦时)	0.377
p3 固定资产投资完成额(亿元)	0.304
p4 工业总产值(亿元)	0.388
p5 家庭天然气用量(万立方米)	0.395
p6 建筑装饰和其他建筑业生产总值(亿元)	0.431
p7 常住人口(万人)	0.489

通过计算得出各主成分特征值及贡献率，其中特征值表征数据进行降维后的坐标主成分的方差，该方差越大则所包含原有数据的信息越多，就越能代表原有因子所包含的信息，贡献率表征降维后的坐标主成分所能代表原有因子所包含信息量的大小。由表6得出，主成分Prin1已能反映原有因子大部分的信息，因此，在一定程度上可以认为主成分Prin1可以表征原有相关因子体系。

表6 主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)
Prin1	6.36	90.88	90.87
Prin2	0.46	6.66	97.54
Prin 3	0.12	1.82	99.36

由相关计算公式，计算得出主成分Prin1载荷系数，该载荷系数绝对值的大小表征各相关因子对装修垃圾产生量的影响程度的重要性。即相对来说，常住人口与建筑装饰和其他建筑业生产总值两项指标对装修垃圾产生量的影响较大，而固定资产投资完成额最小，主要原因可能是随着城市的快速发展，固定资产投资完成额增加越来越体现为城市发展越来越重视城市道路及交通设施等基础设施建设方面的投入，对装修垃圾产生量的直接影响没有十分显著（具体数据见表5）。

3.3 装修垃圾产生量预测

基于上述分析，综合考虑到上海市与南京市相关影响因子数据变化规律具有一定的相似性及各指标数据的可得性因素，主要利用2013-2018年上海市装修垃圾产生量及7个与之相关的因子统计数据，采用BP神经网络模型构建基于上海数据的装修垃圾产生量预测模型，再将2013-2018年南京市7个与之相关的因子统计数据代入上述预测模型中（具体数据见表7），预测南京市装修垃圾产生量。

本文以表7中2013-2018年数据作为指标矩阵，形成7*6的数据组。数据组在输入模型前进行线性插值，扩充为7*501的初始矩阵；随机选取其中400组作为模型训练矩阵，剩余101组为模型测试矩阵。具体计算结果如表8。

Ecological Environment and Protection

表7 南京市装修垃圾产生量相关因子指标数据表

年份	2018年	2017年	2016年	2015年	2014年	2013年
生产总值(亿元)	12820.4	11715.1	10503.02	9720.77	8820.75	8011.78
城乡居民生活用电量(万千瓦时)	929426	811390	764493	653471	607393	675488
固定资产投资完成额(亿元)	4718.05	4312.66	5533.56	5484.47	5460.03	5265.55
工业总产值(亿元)	4055.14	3853.39	3655.69	3461.54	3192.01	3062.56
家庭天然气用量(万立方米)	50328	45771	37299	31803	26195.62	24491.56
建筑装饰和其他建筑业生产总值(亿元)	347.81	252.15	236.4936	239.5150	238.3610	219.0551
常住人口(万人)	782.54	699.72	621.85	564.61	504.55	447.69

表8 南京市装修垃圾产生量预测数据表

年份	装修垃圾产生量(吨)	备注
2018	2593417	BP模型预测数据
2019	2585839	
2020	2625374	
2021	2647351	
2022	2668214	
2023	2673545	
2024	2680731	
2025	2681340	

4 结论与建议

(1) 本研究在缺失基础数据的前提下,采用扩大指标法、分类估算法、数学模型法分别对南京市2025年装修垃圾产生量进行预测,三种方法的预测结果分别约为270万吨/年、327万吨/年、268万吨。为控制误差,采用平均值法进行校核,2025年南京市装修垃圾产生量为290万吨/年。

(2) 三种预测方法各具特点,预测结果偏差在20%以内,具备一定参考价值。各地可根据基础数据统计情况,因地制宜选择适宜的预测方法。

(3) 通过主成分分析的方法,得出常住人口与建筑装饰和其他建筑业生产总值两项指标对装修垃圾产生量的影响较大。

(4) 建议各地逐步加强装修垃圾产量的申报统计数据或末端称重数据,为未来装修垃圾预测提供数据支持。

[参考文献]

[1] 《南京市国土空间总体规划(2021-2035年)》草案,南京市人民政府,2022.

[2] 郭容,姚璐,孙洪浩,等.基于GA-BP神经网络的建筑垃圾产量预测——以东西部代表省份比较为例[J].建设科技,2022,(19):82-85.

[3] 刘锦,李峰辉,刘秀秀.优化GA-BP神经网络模型及基坑变形预测[J].隧道建设(中英文),2021,41(10):1733-1739.

[4] 张敏,董莉,刘景洋,等.基于物质流分析的建筑垃圾产生量预测[J].环境工程技术学报,2021,11(5):869-878.

[5] 吴伟东,陈欣.基于系统动力学与博弈思想的建筑垃圾预测与管控研究[J].科技促进发展,2020,16(11):1458-1467.

[6] 马彩云,刘远贵,徐林,等.基于灰色预测模型的福建省建筑垃圾产量预测[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2019,35(5):545-550.

[7] 刘菊芳,刘玉芳.基于神经网络的城市生活垃圾产生量预测——以新疆为例[J].新疆开放大学学报,2022,26(2):62-67.

[8] 卢浩浩,刘宇鹏,宋璐璐,等.福、厦、泉城市群住宅保有量与建筑垃圾产生量多情景预测研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2022,58(2):253-260.

[9] 向维,杨延梅,刘俊.重庆市建筑垃圾现状及产生量预测研究[J].环境卫生工程,2020,28(4):105-109.