



移动扫码阅读

郭卫广,雍毅,吴怡,等.成都市生活垃圾产量预测及政策建议[J].能源环境保护,2020,34(6):100-104.

Guo Weiguang, Yong Yi, Wu Yi, et al. Prediction of municipal solid waste production in Chengdu and policy suggestions[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(6): 100-104.

成都市生活垃圾产量预测及政策建议

郭卫广, 雍毅, 吴怡, 侯江*, 郑玲玲

(四川省生态环境科学研究院, 四川 成都 610041)

摘要:采用层次分析法对影响城市垃圾产生量的因素进行综合评价,将影响权重较大的因素作为BP神经网络预测分析的协变量,预测了成都市生活垃圾产生量。预测结果表明:成都市2020年、2025年和2035年的城市垃圾产生量分别为699.210万吨、834.280万吨和960.198万吨。建议完善垃圾分类设施建设,增加厨余类垃圾桶的容量或数量,根据厨余类垃圾、可回收垃圾及有害垃圾特点合理进行垃圾分类收集、转运和处置工作。

关键词:成都市;生活垃圾;产量预测;层次分析法;神经网络

中图分类号:X825

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)06-0100-05

Prediction of municipal solid waste production in Chengdu and policy suggestions

GUO Weiguang, YONG Yi, WU Yi, HOU Jiang*, ZHENG Lingling

(Sichuan Academy of Ecological and Environmental Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: The analytic hierarchy process (AHP) was used to evaluate the factors affecting the amount of municipal solid waste. The factors with large influence weight were used as the covariates of BP neural network prediction analysis, and the domestic waste production in Chengdu was predicted. The results show that, in 2020, 2025 and 2035, the output of municipal solid waste in Chengdu will be 6.992 million tons, 8.342 8 million tons and 9.619 8 million tons, respectively. It is recommended to improve the construction of garbage sorting facilities and increase the capacity or number of food waste bins. According to the characteristics of kitchen waste, recyclable waste and hazardous waste, the garbage should be collected, transferred and disposed reasonably.

Key Words: Chengdu; Municipal Solid Waste; Production forecast; Analytic Hierarchy Process; Neural Network

0 引言

成都市为西南地区中心城市,随着城镇建成区的扩张、城市人口的增长以及城镇居民生活水平的提高,成都市生活垃圾产量呈现显著线性增长,成为影响城市发展的重要因素。准确地预测城市生活垃圾数量对今后更好地开展环境管理工作非常重要^[1]。

国内外对城市生活垃圾产量预测研究较多。如杨小妮采用多元回归模型预测了西安市城市生活垃圾产生量^[2]。陈文龙采用灰色系统模型对上海市垃圾产量规模预测^[3]。任婉侠对沈阳市生活垃圾排放现状及产生量预测^[4]。陈群采用灰色预测模型与多元线性回归相结合对珠三角地区典型城乡生活垃圾现状与发展预测研究^[5]。Chun Qing等采用灰色模型对长春市生活垃圾产量进行

收稿日期:2020-09-29;责任编辑:金丽丽

基金项目:四川省科技计划资助(2019YFS0058)

第一作者简介:郭卫广(1986-),男,河北鹿泉人,硕士研究生,工程师,研究方向为固废污染治理。E-mail:guo.wei.guang@qq.com

通讯作者简介:侯江(1974-),男,四川邻水人,本科,高级工程师,主要从事固废污染治理。E-mail:houjiang63@163.com

了预测^[6]。但国内外学者对成都市生活垃圾产量的预测研究很少,且主要集中在成都市生活垃圾成分调查、管理政策分析上^[7-10]。

本文基于此,通过对成都市生活垃圾产生量进行预测,同时通过对成都市生活垃圾现状调查并结合现有政策的分析,为成都市制定生活垃圾分类政策提供政策参考。

1 成都市生活垃圾基本现状

1.1 产量及基本组成

根据生态环境部发布的《全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》和《成都市统计年鉴

表 1 成都市生活垃圾组分比例表

%

采样类型	成分 质量占比										
	厨余类	纸类	橡塑类	纺织类	木竹类	灰土类	砖瓦陶瓷类	玻璃类	金属类	有害类	混合类
居民区	68.52	10.56	11.16	3.53	1.26	0.40	0.46	1.69	1.81	0.44	0.17

1.2 政策现状

成都市早在 2010 年开始部分社区的垃圾分类试点工作,2015 年成都市专门成立了生活垃圾分类工作推进小组,发布了《关于深入推进城乡生活垃圾分类工作的意见》,2017 年又陆续发布了针对中小学、家庭、公共机构等多个生活垃圾分类实施方案。2018 年发布《关于中心城区试行餐厨垃圾前端分类减量工作通知》、《成都市生活垃圾分类实施方案(2018-2020 年)》、《生活垃圾分类设施设备规范(DB5101T3—2018)》等政策和技术性文件,加快城市生活垃圾分类进程。

成都市出台的《成都市生活垃圾分类实施方案(2018-2020 年)》明确,到 2020 年全市党政机关、学校等公共机构、军队单位及商业综合体、相关企业生活垃圾分类 100% 全覆盖;城镇社区和农村集中居民区生活垃圾分类覆盖率达 60%;生活垃圾末端处理减量率(人均)达 15%,生活垃圾回收利用率达 15%,无害化处理率达 99%。

2019 年发布的《成都市生活垃圾管理条例》明确了成都市生活垃圾分类标准,按照可回收物、有害垃圾、餐厨垃圾、其他垃圾四类分别处置,对未按规定投放生活垃圾的,由城市管理部门责令改正;拒不改正的将受到强制处罚。成都将逐步推行生活垃圾分类投放信息纳入单位和个人信用信息系统。截至 2020 年 7 月,成都市参与垃圾分类的居民达 434.13 万户,居民生活垃圾分类覆盖率达 68.33%,1519 家党政机关、3780 所学校、868 个医疗机构、125 个商业综合体生活垃圾

(2014-2019)》数据,得到成都市 2018 年全年产生城市生活垃圾 623.1 万吨,平均日产 1.71 万吨,较 2013 年增长了 56.4%,年均增长率为 9.4%,这与成都市近些年的城区快速扩张和城市化率的显著提高有很大关系。

研究组按照《生活垃圾采样和物理分析方法》(CJ/T313—2009)在成都市开展了生活垃圾采样,成分分析结果如表 1 所示,厨余含量占比接近 70% 左,可回收物(纸类、橡塑类、纺织品、玻璃类、金属类等)占 25% 左右,有害垃圾仅占 0.5% 以下,其他垃圾占 5% 左右。

分类覆盖率均达 100%;全市 9 047 个小区配备了四分类设施,配备四分类运输车 2015 辆,建成投用生活垃圾焚烧处置设施 5 个、无害化卫生填埋设施 7 座,日处置生活垃圾 1.8 万吨以上。成都市预计将于 2021 年 3 月 1 日步入强制生活垃圾分类城市之列。

成都市目前已经逐步试点推行生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输、分类处置。成都市餐厨垃圾运输至餐厨垃圾无害化处理中心集中处理;可回收物运输至各区县分拣中心进行分拣;有害垃圾先收集贮存,再运输至成都市危险废弃物处置中心处理;其他垃圾运输至垃圾焚烧厂和填埋场处理,约 40% 进入垃圾填埋场处理,约 60% 由垃圾焚烧厂处理。但成都市生活垃圾分类工作在分类收集、运输、处置、利用上尚未形成完善的配套体系。政府对居民生活垃圾分类缺乏有效监管。

2 研究方法

目前对城市垃圾产量预测的方法,主要有趋势外推预测方法、回归预测方法和 BP 神经网络预测方法等^[11]。趋势外推预测方法是根据事物的历史和现实数据,运用一个数学模型拟合一条趋势线,然后用这个模型外推预测未来时期事物的发展。趋势外推预测法比较适合中、长期新产品预测。回归预测方法是根据自变量和因变量之间的相关关系进行预测的。组合预测法是对同一个问题,采用多种预测方法。BP 网络又称反向传播

神经网络,通过样本数据的训练,不断修正网络权值和阈值使误差函数沿负梯度方向下降,逼近期望输出。它是一种应用较为广泛的神经网络模型,多用于函数逼近、模型识别分类、数据压缩和时间序列预测等^[12]。

BP 神经网络具有学习、自组织、自适应和较强的容错性等特点,正好是描述非线性系统的一种有效的工具,特别适用于对具有多因素、不确定性、非线性和随时间变化特性的对象进行研究。与其他预测方法相比,BP 神经网络具有很多突出的优点^[13]。

城市生活垃圾的产生量受诸多因素的影响,而且这些因素之间还存在着相当复杂的联系,具有较强的非线性特性。本文采用层次分析法、灰色模型结合 BP 神经网络模型方法综合完成。层次分析法对城市生活垃圾产生量影响因素进行综合评价筛选,筛选出主要的影响因素。BP 神经网络分析方法为主要框架,以层次分析法和灰色预测模型得出的结果作为其协变量因子,进行成都市城市生活垃圾产生量预测分析。

3 分析与讨论

3.1 筛选成都市垃圾产量的主要影响因素

影响城市垃圾产生量的因素较多,如人口因素(户籍总人口、城镇户籍人口、城镇常住人口、旅游总人口等)、经济因素(城市 GDP、城镇居民人均可支配收入、人均消费性支出等)、城市面积因素(城市总面积、建成区面积、居住用地面积、绿地面积、道路广场面积等)等。

本研究采用层次分析法对影响城市垃圾产生量的因素进行综合评价,筛选出影响权重较大的因素作为下一步 BP 神经网络预测分析的协变量。

首先构造城市生活垃圾产生量影响因素层次分析结构模型。该模型的层次可分为:目标层、准则层、指标层三级。在构建层次分析结构模型的基础上,构造判断矩阵,结合国内城市垃圾行业专家进行专家打分确定权重,对专家的打分结果进行一致性检验和加权平均得出最终综合评价的权重结果,如表 2 所示。

经过层次分析法筛选后,得到城镇常住人口、旅游总人口、城镇居民人均消费性支出和建成区面积四项重要指标作为 BP 神经网络分析的协变量因子。表 3 为成都市垃圾历年产生量及主要影响因素的历史统计数据。

表 2 层次分析法对影响城市垃圾产量影响因素权重分析结果

目标层	准则层	指标层	权重值	
城市生活垃圾产生量影响因素综合评价筛选(1)	人口因素 (0.4)	户籍总人口	0.040 8	
		城镇户籍人口	0.053 6	
		城镇常住人口	0.182 0	
	经济因素 (0.3)	旅游总人口	0.123 6	
		GDP	0.040 2	
		城镇居民人均可支配收入	0.078 9	
		城镇居民人均消费性支出	0.180 9	
		城市面积因素(0.3)	城市总面积	0.035 1
			建成区面积	0.155 7
			居住用地面积	0.049 2
绿地面积	0.026 1			
	道路广场面积	0.033 9		

表 3 成都市垃圾历年产量及主要影响因素

年份	垃圾产生量 (万吨)	建成区面积 (平方公里)	城镇常住人口 (万)	旅游总人数 (万)	人均消费性支出 (元)
2019	686.0	949.6	1 233.79	28 000	29 720.00
2018	623.1	931.58	1 194.05	23 977	27 312.05
2017	541.3	885.61	1 152.81	20 704	25 314.43
2016	535.0	837.27	1 124.10	19 757	23 514.00
2015	467.5	615.71	1 047.57	18 904	21 825.00
2014	460.0	604.08	1 015.26	18 423	21 711.00
2013	398.3	528.90	992.25	15 339	20 362.00
2012	253.6	515.53	970.26	12 088	19 053.89
2011	238.4	483.35	942.74	9 553	17 795.00
2010	221.9	455.56	923.70	6 818	15 510.91
2009	217.8	439.21	834.36	5 506	14 087.79
2008	189.1	427.65	807.86	4 707	12 849.93
2007	181.5	408.66	787.22	4 001	11 702.77
2006	152.1	396.94	768.20	3 521	10 302.37
2005	138.2	395.49	731.20	3 115	9 642.45
2004	132.7	386.02	693.91	2 734	8 996.97
2003	126.4	382.50	674.94	2 423	7 057.68
2002	119.4	290.44	640.63	2 156	6 874.17
2001	101.4	221.32	619.96	1 904	6 801.19

3.2 主要影响因素预测

本研究采用灰色预测模型对 2020-2030 年的城镇常住人口、旅游总人口、城镇居民人均消费性支出和建成区面积四项重要指标进行预测。预测结果模型精度都为 1 级,满足要求,结果如下表 4。

表 4 成都市生活垃圾主要影响因素预测结果

年份	建成区面积 (平方公里)	城镇常住 人口(万)	旅游总人 数(万)	人均消费性 支出(元)
2020	1 074.66	1 271.42	25 374	29 336.96
2021	1 111.07	1 306.00	26 848	30 637.19
2022	1 147.51	1 340.63	28 323	31 938.70
2023	1 183.99	1 375.28	29 800	33 241.48
2024	1 220.50	1 409.97	31 278	34 545.54
2025	1 257.05	1 444.69	32 758	35 850.88
2026	1 293.63	1 479.45	34 239	37 157.48
2027	1 330.26	1 514.24	35 721	38 465.36
2028	1 366.91	1 531.54	37 205	39 774.52
2029	1 403.60	1 554.63	38 691	41 084.95
2030	1 440.33	1 573.92	40 178	42 396.66

3.3 建模与训练

本研究采用 SPSS24 软件中神经网络分析中多层感知器模型,将历年的垃圾产生量、城镇常住人口、旅游总人口、城镇居民人均消费性支出和建成区面积作为 BP 神经网络的输入层,输出值为 2020 年、2025 年和 2030 年的城市生活垃圾产生量。设 X_n 为输入值, X_1 为城镇常住人口, X_2 为旅游总人口, X_3 为城镇居民人均消费性支出, X_4 为建成区面积; Y 代表输出值, 为城市生活垃圾产生量。

本研究采用首先对输入变量和期望输出值进行离差标准化,离差标准化是将某变量的观察值减去该变量的最小值,然后除以该变量的极差,即 $X_n = (X_n - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。经过离差标准化后,各种变量的观察值的数值范围都将在 $[0, 1]$, 并且经标准化的数据都是没有单位的纯数量。离差标准化是消除量纲(单位)影响和变异大小因素影响的最简单的方法。

其次计算隐含层。根据输入变量 X , 输入层和隐含层连接权值以及隐含层阈值,计算隐含层输出层。根据隐含层输出、连接权值和阈值,计算神经网络预测输出。根据网络预测输出和期望输出,计算网络预测误差。根据网络预测误差更新网络连接权值。根据网络预测误差更新网络节点阈值。通过反复对模型进行训练,发现训练次数为 9 000 次时达到很好的精度要求,整体误差达到了 0.000 27。

3.4 模拟预测结果

训练好的 BP 神经网络预测的 2001–2019 年垃圾数量与实际垃圾数量非常接近,可以用这个

模型来预测未来 10 年的垃圾数量。利用在灰色模型中预测得到的 2020–2030 年城镇常住人口、旅游总人口、城镇居民人均消费性支出和建成区面积数据及已经过训练的 BP 神经网络模型,得到如下图 1 预测数据。经预测,2020 年成都市城市垃圾产生量为 699.21 万吨,2025 年为 834.28 万吨,2030 年为 960.198 万吨。

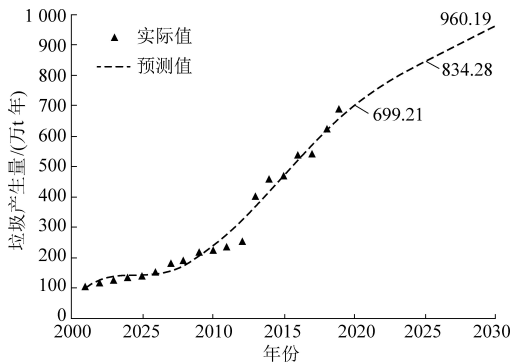


图 1 基于 BP 神经网络模型对成都市垃圾产生量的预测结果

4 结论

经过层次分析法筛选后,得到城镇常住人口、旅游总人口、城镇居民人均消费性支出和建成区面积四项重要指标对成都市城市垃圾产生量的影响作用较大。采用层次分析法、灰色模型结合 BP 神经网络模型方法对成都市生活垃圾产生量进行预测,经预测成都市 2020 年城市垃圾产生量为 699.210 万吨,2025 年为 834.280 万吨,2030 年为 960.198 万吨。其中,2025 年和 2030 年分别比 2018 年的增长了 33.9% 和 54.1%。

根据对成都市生活垃圾的成分及政策调研,给出以下建议:

(1) 完善及增加垃圾分类设施建设,未来垃圾设施建设规模预计需增加 50% 左右,从居家分类垃圾袋、小区垃圾分类桶、街道垃圾分类桶、垃圾分类收运车、垃圾分类转运站的全面改造升级。增强小区垃圾分类桶及垃圾转运站的污染防治措施。

(2) 厨余类垃圾是开展垃圾分类的重中之重。因厨余类垃圾为居民生活垃圾的主要成分,占据 70% 左右,应增加厨余类垃圾桶的容量或数量比例。厨余类垃圾含水率较高,增加了转运和处置成本,建议厨余类垃圾后续回收桶应增加干湿分离筛,夏天应增加收运次数,开展多种创新模式,如加强设施建设推进厨余垃圾就地处置等。

参考文献

- [1] 于涛, 黄涛, 潘膺希, 等. 基于BP神经网络和灰色关联度组合模型的城市生活垃圾清运量预测 [J]. 安全与环境学报, 2013, 13 (4): 94-97.
- [2] 杨小妮, 张凯轩, 杨宏刚, 等. 西安市城市生活垃圾产生量的多元回归及ARIMA模型预测 [J]. 环境卫生工程, 2020, 28 (2): 37-41.
- [3] 陈文龙, 董振武. 上海市垃圾产量影响因素分析及规模预测——基于灰色系统理论的研究 [J]. 再生资源与循环经济, 2020, 13 (5): 13-19.
- [4] 任婉侠, 耿涌, 薛冰. 沈阳市生活垃圾排放现状及产生量预测 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34 (9): 105-110+134.
- [5] 陈群, 王素梅, 张培进. 珠三角地区典型城乡生活垃圾现状与发展预测研究 [J]. 环境保护与循环经济, 2020, 40 (8): 43-47.
- [6] Chun Qing Wang, Xin Dong Wei, Xiao Ling Wang. Prediction of municipal solid waste production in Changchun City based on Gray Model GM (1, 5) [J]. Applied Mechanics & Materials, 2012, 178-181: 799-803.
- [7] 杜林洋. 成都市生活垃圾分类回收分析及解决方案 [D]. 成都: 西南交通大学, 2018: 17-20.
- [8] 申帅. 成都市城区生活垃圾处理政府管理分析 [D]. 成都: 西南交通大学, 2012: 12-14.
- [9] 周庆. 成都市餐厨垃圾回收处置问题及对策研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2019: 7-8.
- [10] 张剑, 严勃, 蒋宇, 等. 成都市农村生活垃圾分类收运处理进展及模式研究 [J]. 环境卫生工程, 2014, 22 (3): 54-56+60.
- [11] K. A. Kolekar, T. Hazra, S. N. Chakrabarty. A review on prediction of municipal solid waste generation models [J]. Procedia Environmental Sciences, 2016, 35: 238-244.
- [12] Younes M K, Nopiah Z M, Basri N E A, et al. Prediction of municipal solid waste generation using nonlinear autoregressive network [J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2015, 187 (12): 1-10.
- [13] 于涛, 黄涛, 潘膺希, 等. 基于BP神经网络和灰色关联度组合模型的城市生活垃圾清运量预测 [J]. 安全与环境学报, 2013, 13 (4): 94-97.