赛区评阅编号（由赛区组委会填写）：

**2017年山西省大学生数学建模竞赛**

**承 诺 书**

我们仔细阅读了《全国大学生数学建模竞赛章程》和《全国大学生数学建模竞赛参赛规则》（以下简称为“竞赛章程和参赛规则”，可从全国大学生数学建模竞赛网站下载）。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛章程和参赛规则的，如果引用别人的成果或资料（包括网上资料），必须按照规定的参考文献的表述方式列出，并在正文引用处予以标注。在网上交流和下载他人的论文是严重违规违纪行为。

**我们以中国大学生名誉和诚信郑重承诺，严格遵守竞赛章程和参赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛章程和参赛规则的行为，我们将受到严肃处理。**

我们授权全国大学生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号（从A/B/C/D中选择一项填写）： C

我们的报名参赛队号（12位数字全国统一编号）：

参赛学校（完整的学校全称，不含院系名）： 中北大学

参赛队员 (打印并签名) ：1. 李焕斌

2. 李晓津

3. 杨秀

指导教师或指导教师组负责人 (打印并签名)： 马利兵

（指导教师签名意味着对参赛队的行为和论文的真实性负责）

日期： 2017 年 5 月 16 日

**（请勿改动此页内容和格式。此承诺书打印签名后作为纸质论文的封面，注意电子版论文中不得出现此页。以上内容请仔细核对，如填写错误，论文可能被取消评奖资格。）**

赛区评阅编号（由赛区组委会填写）：

**2017年山西省大学生数学建模竞赛**

**编 号 专 用 页**

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 评  阅  人 |  |  |  |  |  |  |
| 备  注 |  |  |  |  |  |  |

送全国评阅统一编号（赛区组委会填写）：

全国评阅随机编号（全国组委会填写）：

**（请勿改动此页内容和格式。此编号专用页仅供赛区和全国评阅使用，参赛队打印后装订到纸质论文的第二页上。注意电子版论文中不得出现此页。）**

深圳市城市垃圾处理社会总成本分析

摘要

本文针对深圳市垃圾处理的社会总成本问题，建立深圳市垃圾处理社会总成本的分析模型，对不同模式下深圳垃圾处理的社会总成本进行了估算，并对远期垃圾处理社会总成本进行了预测分析，最终得到了深圳垃圾分类制度建设的优选模式，并对政府提出了建议。

针对问题一：首先根据深圳处理社会总成本的定义，将社会总成本细化分为直接成本和间接成本，直接成本和间接成本下又可细化分为各个社会单项成本，各个单项社会成本分别对应各自的分析模型，以单项社会成本分析模型为基础，可得到社会总成本的分析模型。

针对问题二：根据问题一中的垃圾处理社会总成本分析模型，来完善三种不同模式下的社会总成本中的直接成本和间接成本。可以得到现状，模式一，模式二，模式三下的非建设社会总成本分别为1125.39元/t、1414.24元/t、1220.1元/t、1237.69元/t。建设成本为0.433亿/年，垃圾量是影响总成本计算的重要因素，垃圾量的多少受到年末常住人口、第三产业等因素的影响，因此利用灰色关联度对影响垃圾产生量的因素进行关联度分析，分析结果表明:垃圾产生量与建成区绿化覆盖面积、每年全市常驻人口、社会销售品零售总额有着较大的关联度，基于上述影响因素建立多元回归、灰色预测模型和BP神经网络的组合预测模型，从而预测出未来十年的垃圾产生量。根据垃圾产生量，并结合问题一中的垃圾处理社会总成本的分析模型，得到未来十年深圳垃圾处理社会总成本和其变化趋势，根据各个模式下的分项分类对各个分项的成本估算，得到各个分项的比例变化情况。

针对问题三：以垃圾处理社会总成本分项模型和四个不同的处理模式为基础，分析出远期成本效益与垃圾处理方式焚烧、填埋、生物处理所占比重的有关，因此对垃圾处理模式建立非线性规划模型，满足各个约束条件下，利用LINGO对该非线性模型进行计算，得到远期成本效益值为127.1亿元 ，并得到焚烧、填埋、生物处理的比重分别为25.9% 、34.2% 、39.9% ，将该优选模式与上述四种模式进行分析比较，得到该模式的远期成本效益比其他四种模式高，基于该模式，对深圳市政府提出合理化的建议。

**关键字:**社会总成本分析模型 多元回归 BP神经网络 组合预测 非线性规划

# 问题重述

“垃圾围城“是世界性的难题，随着近些年居民生活水平的提高，生活垃圾量不断增长，但是生活垃圾分类处理举措仍处于滞后状态。是否能对垃圾分类处理成本进行合理的分析和预测反映了社会生活水平和管理水平的高低以及经济发展的可持续化的高低，因此对垃圾处理的总成本的分析估算是一项重要的实践。

研究生活垃圾处理社会总成本的分析估算具有一定现实意义。根据题目要求，需要解决以下几个问题：

1. 结合资料，搜集数据，建立深圳市城市垃圾处理社会总成本分析模型。
2. 根据上述的社会垃圾处理总成本分析模型：
3. 完善深圳市垃圾处理诸模式下的直接成本估算方法。
4. 估算各模式下的当期社会总成本和未来十年社会总成本的数量。
5. 分析诸模式下各个分项成本比例的变化趋势。
6. 结合模型，通过远期成本效益分析为深圳市生活垃圾分类制度选出最优模式。基于模型分析出的结果，充分考虑深圳市垃圾处理现状，向政府提出相应的决策建议。

# 问题分析

深圳垃圾处理问题的关键是建立社会总成本的分析模型，侧重于根据所建立的深圳市城市生活垃圾处理社会总成本模型对远期社会总成本和远期效益进行预测，从而设计出较合理的优选模式。该问题的难点是从分析模型入手来预测未来的社会总成本，设计优选模式时需全面把握并确定约束条件，进而运用非线性规划求解最优化问题。

**2.1 问题一的分析**

针对问题一：参考附件中社会总成本的计算方法，收集相关数据，对计算所需要的数值进行补充后，进行数据处理。

将生活垃圾处理社会总成本分为直接成本和间接成本，将直接成本分为投放收集成本、土地成本、建设成本、运输成本、处理成本；间接成本分为健康损失，环境污染，政府补贴成本和税收减免。根据附件及资料，得到以上各个单项成本计算公式，将各单项成本相加得到社会总成本。

**2.2 问题二的分析**

针对问题二：将深圳垃圾处理四种模式中直接成本所对应的各分项成本相加得到完善后的直接成本计算方法，基于问题一中的社会总成本模型分别计算四种模式下当期社会总成本。

社会总成本受垃圾量的影响，选取GM(1,1)等预测模型组合，建立最优组合预测模型，对未来垃圾产生量进行组合预测，根据社会总成本分析模型估算各模式未来十年的总成本数量，再根据各分项成本模型便得出各模式下各分项成本比例的变化趋势，并作图进行分析。

**2.3 问题三的分析**

针对问题三，分析比较垃圾处理的四种模式，得到四种模式下的远期成本效益受焚烧、填埋、生物处理三种处理方式的影响，分析三种处理方式满足的不确定性约束条件，对远期成本效益建立线性规划模型，利用LINGO得到成本效益值和三种处理方式所占的比重，从而得到深圳生活垃圾分类制度建设的优选模式，基于此模式的优化性，对政府提出合理建议。

# 基本假设

* 1. 对于调查对象的选取是随机的；
  2. 每个成本的处理都是独立的；
  3. 城市垃圾年产量与城市垃圾年清运量相等；
  4. 城市生活垃圾产量仅受城市总人口、地区生产总值、人均年消费性支出和城市人均可支配收入的影响；
  5. 预测数据允许有5％的相对误差；
  6. 2016年的城市垃圾清运量及相关数据未公布，故本文对2016到2025年的数据的社会成本进行预测。

# 符号说明

| 变量 | 说明 |
| --- | --- |
|  | 垃圾处理社会总成本 |
|  | 分类收集系统第t年的净盈利 |
|  | 分类收集系统第t年的效益 |
|  | 分类收集系统第t年的固定总投资费用 |
|  | 分类收集系统第t年总运转费用 |
|  | 土地成本（元/t） |
|  | 基准地价（元/㎡） |
|  | 占地面积（㎡） |
|  | 填埋设计库容（㎡） |
|  | 填埋密度（t/㎡） |
|  | 运输成本（元/m） |
|  | 单位运输成本（元/m） |
|  | 运距 |
|  | 运输量 |
|  | 当前模式处理费用 |
|  | 处理量 |
|  | 处理成本 |
|  | 环境成本 |
|  | 处理的单价 |
|  | 不同垃圾处理方式下的处理量 |
|  | 补贴成本 |
|  | 税收减免成本 |
|  | 建设成本 |
|  | 建设补贴 |
|  | 健康损失 |
|  | 第位垃圾量相关因子 |
|  | 垃圾预测量（GM(1,1)） |
|  | 垃圾预测量（多元回归预测） |
|  | BP神经网络预测垃圾量 |
|  | 第种预测方法在时刻的预测值 |
|  | 第种预测方法在时刻的预测误差 |
|  | 第种单项预测方法的误差列向量 |
|  | 组合预测 |
|  | 疾病误工造成的工资收入减少 |
|  | 早逝造成的未来工资收入的丧失 |
|  | 医疗费用 |
|  | 远期社会成本 |
|  | 远期效益 |
|  | 远期效益成本 |

注释：以上变量为全局变量

# 模型的建立与求解

**5.1问题一：社会垃圾处理成本模型的建立**

生活垃圾处理社会总成本是指生活垃圾处理单位在收集、运输、处理等城市生活垃圾过程所发生的费用，将垃圾处理的过程分为垃圾的投放收集，垃圾的转运，垃圾的处理，垃圾的未来治理。由于每个过程包括多个成本，不能直接计算社会成本，所以对其进行细分，将单项成本划分为直接成本和间接成本，直接成本包括垃圾的投放收集，土地成本、建设成本、运输成本，处理成本。间接成本指垃圾处理带来的健康损失，环境污染，政府的补贴和税收减免。社会垃圾处理总成本的等于以上各单项成本之和。进一步作出垃圾处理社会总成本结构图如图5-1：



图5-1 垃圾处理的社会总成本结构图

**5.1.1各分项成本的分析模型**

1. 投放收集成本

通过查阅与社会调查得出垃圾投放收集的计算公式[1]：



式中为投放收集系统第年的净盈利；为投放收集系统第年的效益；Bt为投放收集系统等年的固定总投资费用；为投放收集系统第年的总运转费用。

1. 土地成本

垃圾主要的两种处理方式是焚烧和填埋，查阅资料可知，垃圾焚烧与垃圾填埋用地使用方式与规划各有不同，土地成本的计算自然不同。

以深圳市基准地价为基础，并参考附件二和深圳市工业用地使用年限，利用如下公式计算出深圳市作为焚烧占地的土地成本[2]：



其中，L为土地成本（元），U为当年地价（元/ m2），S为土地面积（m2），i为折现率（%），n为工业用地30年。

以深圳市基准地价为基础，并参考深圳市规划和深圳统计年鉴[3]的公式和数据，以各类型基准地价的平均值作为填埋场占地的土地成本，并根据深圳市地价涨幅情况，利用如下公式计算出深圳市作为填埋占地的平均土地成本[4]:



其中，L为土地成本（元/t），Y为基准地价（元/m2），为占地面积（m2），为填埋设计库容（m2），M为填埋密度（t/m2）。

1. 运输成本

垃圾在进行投放与收集之后会被全封闭垃圾车运输到处理地点，其中会根据运输距离的远近产生运输成本，不论最终采用那种垃圾处理方式，都可以利用了市场价格替代可以估计垃圾处理过程中的运输成本[5]：



其中,为运输成本,为单位运输成本，为运距，为运输量。

1. 处理成本

各个模式的垃圾处理成本可根据实际情况得出[6]：



其中，为单位垃圾处理成本,为垃圾处理总费用，为垃圾处理量。

1. 环境污染成本

对于不同的模式下的处理方式，运行过程中由于其能量消耗和污染物排放量不同,因此对环境造成的经济损失也不相同，所以有[11][12]：



其中, 为垃圾处理环境污染成本，为不同垃圾处理方式的量（t）, 为相应的成本单价（元/t）。

1. 社会补贴成本

根据深圳市垃圾垃圾处理方面的补贴汇总，并参考北京市垃圾焚烧补贴办法，可以得到社会补贴成本[7][8]的计算方法：



其中，为社会补贴总成本,为电价补贴，具体的公式为：



其中，E为年度电价补贴，e1为当地燃煤发电机组上网电价，Q为年焚烧量，g为年度核算的每吨垃圾发电量，e2为辅助燃料发电成本。

为渗沥补贴，具体公式为: 

其中，为单位污水处理费，为污水处理量。

为底灰补贴，具体公式为：

其中，为单位底灰处理补贴，为底灰量。

为飞灰补贴，具体公式为：

其中，为单位飞灰处理补贴，为飞灰量。

为其他补贴，具体公式为：。

其中，为其他种类的补贴，例如清洁补贴等。

1. 税收减免成本

现阶段国家对垃圾处理企业采取税收减免，具体包括营业税减免、增值税减免、企业所得税等减免，计算方法为[9]：



其中，为企业所得税、营业税、增值税等减免。

1. 建设成本

参考北京垃圾焚烧社会成本的核算方法，结合深圳的投资建设情况，可以得到设施成本的计算方法[2]：



其中，为建设的补贴费用，30为建设使用年数为30年。

1. 健康成本

采取人力资本法计算健康损失[14]，健康损失由三部分组成：疾病误工造成的工资收入减少、早逝造成的未来工资收入的丧失、医疗费用。



其中,为疾病误工造成的工资收入减少，=发病人数 误工天数日均工资

为早逝造成的未来工资收入的丧失，=

其中=

为死亡人数，为年均的工资

为医疗费用，=就诊人数人均医疗费用

根据《中国卫生统计年鉴》[12]得到我国几类病的死亡率、YPLL和各个疾病住院时间和住院费如下表5-1、5-2：

表5-1 各个疾病的死亡率、YPLL

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 病因 | 死亡率（1/10万） | YPLL总和（百人年） | 每例死亡平均YPLL（年/例） |
| 慢性病 | 392.18 | 329274 | 7.12 |
| 心脑血管 | 129.56 | 81241 | 4.25 |
| 呼吸系统 | 102.35 | 31258 | 2.65 |

表5-2 各个疾病住院时间和住院费

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 疾病类型 | 人均入院时间（年） | 人均住院费用（元） |
| 慢性病 | 13.8 | 5422 |
| 心脑血管 | 16.3 | 9650 |
| 呼吸系统 | 9.2 | 6255 |

根据深圳市患病人口数,得出生活垃圾处理对人体健康的损失。

**5.1.2深圳垃圾处理社会总成本模型**

通过对深圳垃圾处理过程的探究和社会成本中各单项成本的进一步分析，从而建立深圳市垃圾处理社会总成本分析模型如下：



其中，为社会总成本,为直接成本，为间接成本。





上述分析模型即为深圳垃圾处理社会总成本的分析模型，在考虑未来垃圾处理成本时，可根据该分析模型来分析预测。

-

**5.1.3深圳市生活垃圾处理各模式的当期社会总成本计算**

1. 各模式处理方式如下：

现状：混合收集+部分卫生填埋+部分焚烧+部分简易堆填；

模式一：混合收集+全量焚烧+灰渣填埋+中心城区垃圾全量转运；

模式二：源头分类收集+湿垃圾生物处理+干垃圾焚烧+中心城区干垃圾转运；

模式三：混合收集+末端分类+湿垃圾生物处理+干垃圾焚烧+中心城区干垃圾转运。

1. 各分项成本求解明细
2. 建设成本：

采用BOT模式的企业，垃圾处理厂建设资金由企业自筹解决，不计入社会成本。国家投资建成的企业的资金计入社会成本。建设成本不能单位化核算，只能均分到每年核算。

1. 土地成本：

搜集公式所用到的数据：

1. 基准地价：以深圳市基准地价为基础，分别在2006年和2013年发布；
2. 土地面积：见附件表10-6；
3. 当年地价：以2015年为例，由于找不到官方数据，利用高德地图和深圳市工业用地地价图对比，大致得出焚烧厂和填埋场当年地价，见附件二表10-6；
4. 土地面积：见附件二表10-6。
5. 投放收集成本：

参考文献一中的计算方法，结合附件中生活垃圾的成分分析表进行核算。

1. 运输成本：

参考文献六中的计算方法，利用高德地图得到运输距离，结合附件一中的运输数据进行核算。

1. 处理成本：

以焚烧填埋为处理方式，结合附件，参考北京市焚烧处理成本计算方法，以焚烧填埋的处理数据为基础进行核算。

1. 健康成本：

选取受到垃圾处理影响严重的三种疾病为代表，其余的病可以忽略，基于人力资本法，以表5-1、表5-2为基础，通过调查深圳市人口密度和工资进行核算。

1. 环境污染成本：

基于参考文献，调查深圳的环保投资，结合问题一公式（5.6）进行核算。

1. 补贴成本：

以附件中北京焚烧的补贴成本为基准，结合深圳市的基础数据进行核算，其中，由于渗沥液由焚烧厂处理，没有补贴，由广东省重点排污企业处理公告平台[11]，焚烧厂能实现完全无害化处置，因此不计算额外的飞灰处理补贴。

1. 税收减免成本

参考文献和北京垃圾焚烧税收减免成本计算，分别对所得税，增值税，营业税进行核算相加，其中，垃圾处理服务不属于营业税征税范围，不征收营业税，按照5%的税率计算，并考虑“三免三减半”原则。

根据已经建立的垃圾处理社会总成本的分析模型，对各个模式下社会总成本的各个分项进行分析，得到各个分项的社会成本，从而得到直接成本和间接成本，进而得到各个模式下的社会总成本，结果见下表5-3：

表5-3 社会总成本

| 成本 | | 现状模式 | 模式一 | 模式二 | 模式三 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直接成本 | 建设成本 | 0.433亿/年 | | | |
| 直 接 成 本 （元/t） | 土地成本 | 79.13 | 31.2 | 55.75 | 69.91 |
| 投放收集成本 | 14.12 | 40.33 | 104.16 | 37.16 |
| 运输成本 | 44.8 | 53.6 | 66.7 | 65.7 |
| 处理成本 | 160 | 407 | 538 | 573 |
| 间 接 成 本  （元/t） | 健康成本 | 277.8 | 406.7 | 187.4 | 221.9 |
| 环境污染成本 | 357.1 | 257.8 | 118.8 | 140.7 |
| 补贴成本 | 186.3 | 212.2 | 140.4 | 119 |
| 税收减免成本 | 6.14 | 5.41 | 8.89 | 10.32 |
| 非建设社会总成本（元/t） | | 1125.39 | 1414.24 | 1220.1 | 1237.69 |

由表5-3可以得到各个处理模式下的直接成本和间接成本如下表5-4：

表5-4 深圳垃圾处理各模式的直接间接成本

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 成本 模式 | 现状 | 模式一 | 模式二 | 模式三 |
| 直接成本 | 298.05 | 532.13 | 764.61 | 745.77 |
| 间接成本 | 827.34 | 882.11 | 455.49 | 491.92 |

通过分析表中各项计算数据可以得出以下结论：（1）模式一、模式三、模式二、现状的社会总成本依次减少。（2）现状模式与模式一的直接成本较低，而间接成本远高于模式二和模式三，而且前两种模式对健康的危害以及对环境的破坏比较严重。因此说明了模式二和模式三对垃圾进行分类收集降低了对人体健康和环境的危害。所以垃圾分类处理很有必要。进一步做出各个处理模式下的社会总成本以及各个分项成本的分布图如下：

图 5-2 各个模式下的社会总成本和分项成本

**5.2问题二模型建立与求解**

**模型二：基于多元回归、灰色预测和BP神经网络成本的组合预测模型**

城市垃圾的产生在一定程度上反映了一个城市的经济、生活、文化和环保意识。垃圾产生量的大小对城市生活垃圾处理的社会总成本有影响，故对四种处理模式进行分析，结合问题一中的社会成本分类方法，对四种模式对应的单项成本进行划分，从而计算各个模式下的当期社会总成本，完善直接成本的计算方法；垃圾产生量影响社会总成本，因此需要对垃圾量进行预测，选取GM(1,1)、多元线性回归、神经网络三种预测模型进行组合，得到组合预测模型，用该模型对未来十年垃圾产生量预测得到数值。结合垃圾预测量和总成本分析模型来分析各个模式下未来十年总成本的值，并对各个模式下的各项比例变化进行分析。

**5.2.1基于影响因子灰色关联度分析**

根据附件的数据及深圳市统计年鉴，得到了2006年以来城市生活垃圾产生量及影响因素，见表5-5。

表 5-5深圳市城市垃圾清运量相关因素表

| 年份 | 2015 | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市生活垃圾清运量（万吨） | 575 | 541 | 522 | 490 | 482 | 479 | 476 | 441 | 407 | 360 |
| 本市生产总值（GDP）/亿元 | 17502.86 | 16001.82 | 14500.23 | 12950.1 | 11505.53 | 9581.5 | 8201 | 7806.54 | 6801.57 | 5813.56 |
| 年末全市常住人口/万人 | 1137.87 | 1077.89 | 1062.89 | 1054.74 | 1046.74 | 1037.2 | 995.01 | 954.28 | 912.37 | 871.1 |
| 旅游住宿设施接待过夜游客/万人 | 5375.2 | 4991.06 | 4566.8 | 4147.72 | 3732.53 | 3285.32 | 2840.31 | 2659.3 | 2560.28 | 2317.28 |
| 城市家庭年人均可支配收入/元 | 44.653 | 44.633 | 40.948 | 40.742 | 36.505 | 32.381 | 29.245 | 26.729 | 24.301 | 22.567 |
| 城市家庭年人均消费性支出/元 | 32359 | 28853 | 28812 | 26728 | 24080 | 22807 | 19779.09 | 18474.49 | 16628.16 | 22806.54 |
| 社会消费品零售总额/亿元 | 5017.8 | 4844 | 4433.6 | 4008.8 | 3520.9 | 3000.8 | 2567.9 | 2251.8 | 1915 | 1671.3 |
| 第三产业/亿元 | 10288.28 | 9184.22 | 8198.14 | 7206.1 | 6155.65 | 5051.7 | 4367.55 | 3984.1 | 3389.87 | 2757.06 |
| 环保投资/亿元 | 490.08008 | 448.05096 | 406.00644 | 362.6028 | 298.65 | 272.96 | 233.73 | 218.58 | 193.5 | 156.6 |
| 全社会固定资产投资/亿元 | 32983076 | 27174226 | 23914648 | 21944319 | 20609180 | 19447008 | 17091514 | 14676043 | 13450037 | 12736693 |
| 自然保护区覆盖率/% | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 30.65 | 13.66 | 11.36 | 11.36 |
| 人均公共绿地面积/㎡ | 16.9 | 16.8 | 16.7 | 16.6 | 16.5 | 16.4 | 16.3 | 16.2 | 16.1 | 16.1 |
| 建成区绿化覆盖面积/公顷 | 40590 | 40123 | 39267 | 38906 | 37918 | 37384 | 35471 | 34380 | 32395 | 36609 |
| 道路清扫保洁面积/万m2 | 11838 | 11633 | 11496 | 10629 | 10616 | 8941 | 8864 | 8630 | 8322 | 12598 |

根据上表中的数据，选取本市生产总值（GDP）、年末全市常住人口、旅游住宿设施接待过夜游客、城市家庭年人均可支配收入、社会消费品零售总额、第三产业、环保投资、全社会固定资产投资、自然保护区覆盖率、人均公共绿地面积、建成区绿化覆盖面积、道路清扫保洁面积作为分析因素，运用改进的灰关联度计算公式（见 附件 3.1），对上述13个影响因子进行灰关联度分析， 结果见表5-6。

表 5-6 改进灰色关联的分析结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本市生产总值（GDP）/亿元 | 年末全市常住人口/万人 | 旅游住宿设施接待过夜游客/万人 | 城市家庭年人均可支配收入/元 | 城市家庭年人均消费性支出/元 | 社会消费品零售总额/亿元 | 第三产业/亿元 |
| 0.2921 | 0.7134 | 0.2846 | 0.4967 | 0.3707 | 0.2159 | 0.2978 |
| 环保投资/亿元 | 全社会固定资产投资/万元 | 自然保护区覆盖率/% | 人均公共绿地面积/㎡ | 建成区绿化覆盖面积/公顷 | 道路面积/万m2 |  |
| 0.2944 | 0.2019 | 0.7182 | 0.6972 | 0.6129 | 0.5904 |  |

分析上表可知：城市垃圾清运量与年末全市常住人口、自然保护区覆盖率、人均公共绿地面积、建成绿化面积的关联度均大于0.6。属于强先惯性，其它关联度小于0.6的因子，则认为它们在这十年里与深圳市生活垃圾清运量的关系与前4个因子相比不是那么紧密。故选取以上四个因素作为回归分析因素。

**5.2.2 基于多元回归的垃圾量预测**

多元线性回归是对城市生活垃圾产生量预测的比较常用的方法之一，一般称为 关于的多元线性回归模型，其中代表深圳市生活垃圾产生量，代表影响深圳生活垃圾产生量的因素，为模型参数，为随机误差。

基于体中附-4 2010年深圳市垃圾清运量的预测中已经对相关因素做出研究。以深圳市2006-2015年的城市生活垃圾产生量（）及其上述四个影响因素（旅游人口，建成区绿化覆盖面积，社会消费品零售总额，人均可支配收入）进行多元线性回归分析，得到四个因素的多元回归分析因子表如表5-7。

表 5-7多元回归分析因子表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市生活垃圾清运量（万吨） | 第三产业/亿元 | 建成区绿化覆盖面积/公顷 | 年末全市常住人口/万人 | 社会消费品零售总额/亿元 |
| 575 | 10288.28 | 40590 | 1137.87 | 5017.8 |
| 541 | 9184.22 | 40123 | 1077.89 | 4844 |
| 522 | 8198.14 | 39267 | 1062.89 | 4433.6 |
| 490 | 7206.1 | 38906 | 1054.74 | 4008.8 |
| 482 | 6155.65 | 37918 | 1046.74 | 3520.9 |
| 479 | 5051.7 | 37384 | 1037.2 | 3000.8 |
| 476 | 4367.55 | 35471 | 995.01 | 2567.9 |
| 441 | 3984.1 | 34380 | 954.28 | 2251.8 |
| 407 | 3389.87 | 32395 | 912.37 | 1915 |
| 360 | 2757.06 | 36609 | 871.1 | 1671.3 |

采用灰色绝对关联度分析后发现3个相关因素关联度均在0.66以上，结合题中的附件4的模型解释变量后发现，当选取，，作为自变量做回归分析（Excel2016数据分析工具），其P的可信度均高，故采用社会消费总成本、城市人口和建成区绿化覆盖面积做回归分析。

分析：

1、由于深圳市城市总体规划至2020年，假定2020年至2030年深圳城市规划较2010-2020无太大政策性变动。

2、表4-5中数据来源说明：①研究发现2006-2015年，社会消费品零售总额占GDP比重的平均值为 29.9%，2010年，取30%作为发展。对于深圳GDP每年的增速，由于我国现在经济处于转型其，结合深圳近10年来的数据，本问依照9%的增长率对未来10年的GDP做估算。②根据《深圳市城市总体规划（2010-2020）》的规划，到2020年，城市常住人口规模控制在1100万人以内。而根据统计年鉴中的数据，2015年年末常住人口已经超过预期规模1100万，一次根据GM(1,1)对未来人口预测，预测每年常住人口增长2.8%。③《深圳市绿地系统规划（2004-2020）·说明书》中规划：至2010年，市域森林覆盖率（绿化覆盖率）为50%，到2020年，市域森林覆盖率为55%。查2016年统计年鉴的，2010到2015年的森林覆盖率一直保持在39.2%，所以采用06-15年的平均增长率1.2%估算。



其中： =0.971847,F=49.03972。三个变量的P解释性变量均小于0.5，且查F分布表可知：F0.01（3，6）=9.78<F。因此说明他们对生活垃圾清运量均有很强的预测能力。相见下表 5-8

表 5-8多元回归分析检验表

| 观测值 | 预测 Y | 残差 | 标准残差 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 568.800659 | 6.199341019 | 0.585749279 |
| 2 | 532.9867677 | 8.013232259 | 0.757136122 |
| 3 | 519.7115868 | 2.288413182 | 0.216222397 |
| 4 | 506.8090062 | -16.8090062 | -1.588211269 |
| 5 | 496.4945495 | -14.49454949 | -1.369528131 |
| 6 | 481.5469439 | -2.546943935 | -0.240649864 |
| 7 | 458.9214948 | 17.07850516 | 1.613675076 |
| 8 | 434.7032453 | 6.296754668 | 0.594953479 |
| 9 | 415.0938923 | -8.093892291 | -0.764757345 |
| 10 | 357.9318544 | 2.068145633 | 0.195410256 |

**5.2.3基于GM(1,1)的垃圾量预测模型的建立**

灰色预测的主要特点是模型使用的不是原始数据序列，而是生成的数据序列。其核心体系是灰色模型（Grey Model，简称GM）[13]，即对原始数据作累加生成（或其它方法生成）得到近似的指数规律再进行建模的方法。

G(1,1)表示模型是1阶微分方程，且只包含一个变量的灰色模型。

已知参考数据列

，

1次累加生成序列（1—AGO）





其中（）。

的均值生成序列



其中

，

建立灰微分方程

，，

相应的白化微分方程为：



记,，



则由最小二乘法，求得使达到最小值的估计值。

。则由最小二乘法，求得使

于是求解方程（5.18）得

**。**

**5.2.4 GM(1,1)的垃圾量预测模型的求解**

1. 数据检验和处理

首先，为了保证建模方法的可行性，需要对已知数据列作必要的检验处理。设参考数据为，计算序列的级比

，.

如果所有的级比都落在可容覆盖内，则序列可以作为模型GM(1,1)的数据进行灰色预测。否则，需要对序列做必要的变换处理，使其落入可容覆盖内。即取适当的常数，作平移变换，，使序列的级比

，。

1. 建立模型

按（5.18）式建立GM(1,1) 模型，则可以得到预测值

，，

而且

，。

1. 检验预测值

残差检验：

令残差为是 ，计算

，

这里，如果，则可认为达到一般要求；如果，则认为达到较高的要求。

级比偏差检验：

首先由参考数据，计算出级比，再用发展系数求出相应的级比偏差



如果，则可认为达到一般要求；如果，则认为达到较高的要求。

**5.2.5 GM(1,1)的垃圾量预测结果分析**

对原始数据做一次累加：=（360,767,1208,1684,2163,2645,3135，3657，4198，4773）。

计算得(计算过程：附录三 3.3)：



， 。

时间相应方程式式为：



由d（20）得相对残差 ：=（0，0.0359.0.0083，0.0470，0.0177，0.0126，0.0332，0.0061，0.0069，0.0173）。<0.1, 。残差达到较高要求。

差比值检验: C值= 0.117349

C<0.35, P>0.95,GM(1,1)预测精度等级为：好

检验如下：表5-9。

表 5-9 G(1,1)检验表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 原始值 | 预测值 | 绝对残差 | 相对残差 | 级比检验 |
| 2006 | 360 | 360 | 0 | 0 |  |
| 2007 | 407 | 421.6057 | -14.6057 | 0.0359 | 0.0825 |
| 2008 | 441 | 437.3246 | 3.6754 | 0.0083 | 0.0427 |
| 2009 | 476 | 453.6295 | 22.3705 | 0.047 | 0.039 |
| 2010 | 479 | 470.5424 | 8.4576 | 0.0177 | -0.0308 |
| 2011 | 482 | 488.0858 | -6.0858 | 0.0126 | -0.0308 |
| 2012 | 490 | 506.2833 | -16.2833 | 0.0332 | -0.0204 |
| 2013 | 522 | 525.1593 | -3.1593 | 0.0061 | 0.0263 |
| 2014 | 541 | 544.739 | -3.739 | 0.0069 | -0.0009 |
| 2015 | 575 | 565.0487 | 9.9513 | 0.0173 | 0.024 |

**5.2.6基于BP神经网络对垃圾量的预测**

BP (Back Propagation)神经网络[16]，即误差反传误差反向传播算法的学习过程，由信息的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。该拓扑结构图如下：



图 5-3 BP神经网络结构图

从拓扑结构图5-3可以看出，这个神经网络有两层的网络结构，其输出原理：在输入层输入3个相关因素，每个因素由上文灰色关联的分析构成，输入式子归一化为: 。

网络输入：

 从外界向网络

网络输出：

 中间层的输出

 实际输出 

 期望输出

网络权值：

 中间层到输出层的权值矩阵



 输入层到中间层的权值矩阵



网络阈值：

 输出层神经元

 输出层神经元

中间层：



输出层：



（或者）



将垃圾清运量的因子：本市生产总值（GDP）、自然保护区覆盖率以及道路面积作为神经网络的输入变量，垃圾清运量作为BP神经的一个输出维度，由下式经验是可得：m=1。

经验公式：（5.22）、（5.23）





为隐层节点数，为输入层节点数，为输出层节点数，为之间的常数。

BP神经网路预测模型中，作为测试样本的为2006-2015年城市垃圾清运量及其相关样本，利用MATLAB工具箱（代码见附录3.4）设定学习速率为：0.035对数据进行训练，预测出未来10年的数据为下表5-10数据：

表 5-10神经网路预测深圳市未来垃圾产生量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 预测值 | 611 | 638 | 663 | 685 | 702 |
| 年份 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| 预测值 | 717 | 727 | 735 | 741 | 745 |

从预测结果可以看出，未来10年，深圳市垃圾清运量量较之前的增长速度有下降趋势，说明随着通过提高城市经济环保意识，垃圾围城的趋势可以得到缓解。

**5.2.7基于误差平方和准则的最优组合模型预测**

（1）最优模型的建立

设第种预测方法在时刻的预测值为，，，称为第种预测方法在时刻的预测误差。

设为的组合预测值，为组合预测在时刻的预测误差，即有



令为组合预测的预测误差平方和：



由此可得以误差平方和为准则的现行组合模型为下列最优化问题：





令





 代表加权系数列向量，代表元素均为1的维列向量，代表第种单项预测方法的误差列向量，为组合预测误差信息矩阵。

在上述记号下有：





因而最优化模型可表示成矩阵形式：





可知：



经Excel规划求解器运算，其结果如表5-11、5-12、5-13所示。

表5-11目标单元（最小值）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单元格 | 名称 | 初值 | 终值 |
| $N$8 | 最终要求 | 962.7276902 | 935.8244282 |

表5-12 可变单元格

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单元格 | 名称 | 初值 | 终值 | 整数 |
| $G$8 | 权重 | 0.00000 | 0.06 | 约束 |
| $H$8 | 权重 | 0.00000 | 0.26 | 约束 |
| $I$8 | 权重 | 0.00000 | 0.68 | 约束 |

表5-13 约束

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单元格 | 名称 | 单元格值 | 公式 | 状态 | 型数值 |
| $J$8 | 权重 | 1.00 | $J$8=1 | 到达限制值 | 0 |
| $G$8 | 权重 | 0.30 | $G$8<=1 | 未到限制值 | 0.68 |
| $G$8 | 权重 | 0.30 | $G$8<=1 | 未到限制值 | 0.68 |
| $G$8 | 权重 | 0.30 | $G$8>=0 | 未到限制值 | 0.06 |
| $H$8 | 权重 | 0.00 | $H$8<=0 | 到达限制值 | 0 |
| $H$8 | 权重 | 0.00 | $H$8<=1 | 到达限制值 | 0 |
| $I$8 | 权重 | 0.68 | $I$8<=1 | 未到限制值 | 0.06 |
| $I$8 | 权重 | 0.68 | $I$8>=0 | 未到限制值 | 0.68 |

表 5-14组合预测个成分的相对误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 模拟值 | | | 相对误差 | | | 实际 |
| GM(1,1) | 多元回归 | BP-NET | GM(1,1) | 多元回归 | BP-NET |
| 2015 | 565.05 | 568.80 | 567.31 | 9.95 | 6.20 | 7.34 | 360 |
| 2014 | 544.74 | 532.99 | 542.19 | 3.74 | 8.01 | 1.68 | 419 |
| 2013 | 525.16 | 519.71 | 525.49 | 3.16 | 2.29 | 1.69 | 435 |
| 2012 | 506.28 | 506.81 | 499.83 | 16.28 | 16.81 | 3.06 | 457 |
| 2011 | 488.09 | 496.49 | 483.94 | 6.09 | 14.49 | 1.22 | 477 |
| 2010 | 470.54 | 481.55 | 475.40 | 8.46 | 2.55 | 1.99 | 494 |
| 2009 | 453.63 | 458.92 | 477.18 | 22.37 | 17.08 | 0.54 | 505 |
| 2008 | 437.32 | 434.70 | 425.93 | 3.68 | 6.30 | 0.94 | 520 |
| 2007 | 421.61 | 415.09 | 415.82 | 14.61 | 8.09 | 3.38 | 535 |
| 2006 | 360.00 | 357.93 | 360.22 | 0.00 | 2.07 | 2.52 | 573 |
| 权重 | 0.06 | 0.26 | 0.68 | 1223.98 | 1008.11 | 492.53 | 误差平方 |

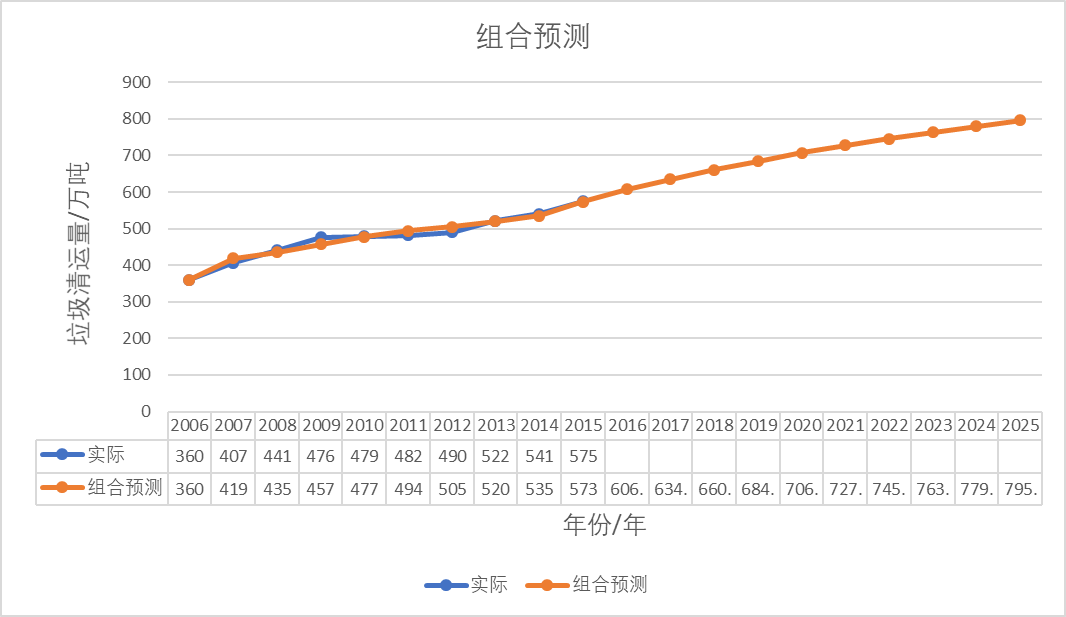


图 5-4 城市垃圾清运量的组合预测

由L可知组合预测



由图5-4的预测结果可知，该预测模型的误差较小，精度较高。

**5.2.8各个模式下未来十年的社会总成本和各个分项成本比例变化的计算**

**现状模式下未来十年的社会总成本和各个分项成本比例变化趋势**

基于之前的社会垃圾处理总成本的分析模型和对未来十年垃圾产生量的预测，可以得到现状模式下未来十年的社会总成本的数量如图所示：

图5-5现状模式深圳市未来垃圾产生量的未来十年社会总成本

由图5-5分析可知：现状模式下，未来十年生活垃圾间接成本和直接成本在持续增长，进而影响了社会总成本的发展趋势，使得总成本保持较快的增长。

各个分项的比例变化趋势如下图：

图5-6.现状模式各分项成本比例变化趋势

由图5-6分析可知，未来十年的垃圾处理总成本个分项中，土地成本比例以较快速度上升，与深圳市的地价不断上升有关。处理成本也不断上升，与近年来设施的投资，处理量有关。政府补贴成本受相应政策影响呈现下降的趋势。税收成本变化的趋势不明显。环境污染成本仍然在上升，公众健康成本呈现出下降趋势，但是所占的比例却很大，健康成本仍然是我们需要重点考虑的问题。

**模式一下未来十年的社会总成本和各个分项成本比例变化趋势**

基于之前的社会垃圾处理总成本的分析模型和对未来十年垃圾产生量的预测，可以得到模式一下未来十年的社会总成本的数量如图所示：

图5-7模式一深圳市垃圾产生量的未来十年总成本

由图5-7可知，与现状模式相比，模式一中未来十年每年的社会总成本较大，直接成本和间接成本的变化趋势与现状模式大致类似，仍然保持增长，间接成本的增长趋势比较缓慢，直接成本和间接成本的增长趋势保持接近。

各分项成本比例变化趋势如下图：

图5-8模式一各分项成本比例变化趋势

由图5-8分析可知,模式一中的土地成本和处理成本的比例仍然呈现上升的趋势，环境成本也在缓慢上升，健康成本和补贴成本呈现下降趋势，税收成本变化仍不明显。与现状模式相比较，健康成本较高。所以分析可得采用模式一，虽然用地量减少，增加土地的使用年限，但是焚烧对人造成的健康危害增加，健康成本会急剧加大。因此，在进行城市生活垃圾处理过程中，对垃圾焚烧要慎重考虑，政府应该采取有力的措施来减少焚烧对人造成的健康损失。

**模式二下未来十年的社会总成本和各个分项成本比例变化趋势**

基于之前的社会垃圾处理总成本的分析模型和对未来十年垃圾产生量的预测，可以得到模式二下未来十年的社会总成本的数量如图：

图5-9模式二深圳市垃圾产生量的未来十年社会总成本

由图5-9可知，相比前两种模式，模式二的社会总成本增长趋势相对降低，尤其是每年的间接成本相比之前两种模式有较为明显的降低，可知对垃圾进行分类收集的方式能有效的减低垃圾处理的社会总成本。由于生物处理相比焚烧填埋对环境的影响小，因此是间接成本较低的主要原因。直接成本保持一定速率的较快增长，而间接成本增长缓慢，总成本的增长主要受直接成本的增长的影响

各分项成本比例变化趋势如下图：

图5-10模式二各分项成本比例变化趋势

由图5-10分析可知，模式二中的土地成本和处理成本的比例仍然呈现上升的趋势，且处理成本在各年份中所占的比例增加。环境成本也在缓慢上升，补贴成本呈现下降趋势，税收成本、投放收集成本、运输成本保持稳定，环境成本的比例呈现下降趋势，而且环境成本和健康成本在每一年各项成本中的比重明显下降，说明相对于现状模式和模式一，模式二能够有效的减少对环境的污染和对人的健康的损害，远期效益较高。

**模式三下未来十年的社会总成本和各个分项成本比例变化趋势**

基于之前的社会垃圾处理总成本的分析模型和对未来十年垃圾产生量预测，可以得到模式三下未来十年的社会总成本的数量如图：

图5-11模式三深圳市垃圾产生量的未来十年社会总成本

由图5-11可知，模式三总成本、直接成本、间接成本在未来内的成本增长趋势与模式二所差不多，差异主要在对垃圾的收集分类上。

各分项成本比例变化趋势如下：

图5-12模式三各分项成本比例变化趋势

由图5-12可分析，与前三种模式相比，模式三的土地成本、处理成本有缓慢的增长趋势，税收成本、投放收集成本、运输成本与前三种模式差别不大，但健康成本、环境污染成本、政府补贴成本降低。因此，若从经济和可持续化的角度出发，模式三是首选，从土地成本角度出发，模式一是首选，从经济角度出发，现状模式是首选。

**5.3 问题三的模型建立**

**模型三：深圳垃圾分类制度的优化模式的建立**

基于对垃圾分类四种模式的分析，得到远期成本效益受垃圾处理方式的影响，垃圾处理方式又分为焚烧、填埋、生物处理。在分析各种约束条件的情况下，对以上三种垃圾处理方式进行非线性规划，使远期成本效益最可观，进而得出深圳生活垃圾分类制度建设的优选模式，根据所建模型及分析结果，给政府提出可行性建议。

**5.3.1变量的确定**

设垃圾的总产量为，垃圾处理方式中焚烧、填埋、生物处理所占的比例、、，选取深圳市2025年的数据作为远期成本效益分析的数据。

**5.3.2目标函数的建立**



其中为远期社会处理成本，，，分别为各个处理方式下的社会总成本。



其中为远期社会效益，、、 分别为各个处理方式下的社会效益。

由上述两公式（5,34）、（5,35）得到远期社会成本效益的公式：



基于之前建立的社会总成本的分析模型算出：



**5.3.3约束条件的确定**

（1）处理能力的约束

①焚烧处理能力的约束



其中为焚烧厂设计的处理能力。

②填埋处理能力的约束



其中为焚烧厂设计的处理能力。

③生物处理能力的约束



其中为生物处理设计的处理能力。

（2）土地条件约束

由附件可知，每种处理方式所占用的土地面积不同，用于垃圾处理的土地有限的，因此有:



其中、、 分别为各个处理方式的用地面积,为可以提供的土地量。

（3）环境条件约束

由附件可知，每种处理方式对环境的污染能力不同，对环境的污染不能超过标准值，根据附件可以用二噁英的产生量来作为评价标准，将其量化得到：



其中分别为各个处理方式下产生的二噁英量， 为规定的产生的二噁英的量。

其中分别为   各个处理方式下产生的二噁英量，为规定的产生的二噁英的量。

（4）比重约束

各个比重的和为一：



（5）非负性约束

各个变量均为非负:



**5.3.4 非线性优选模型表达**

根据以上模型的分析,并结合社会总成本的分析模型,代入数据,可以得到深圳垃圾处理分类制度的优选模式如下:



**5.3.5深圳生活垃圾分类制度建设的优选求解**

基于之前建立的深圳生活垃圾分类制度建设的优化模型，使用Lingo软件求解（见附件 3.5），得到结果如下：





因此通过远期成本效益分析，可以设计出深圳生活垃圾分类制度的优选模式如下：源头分类收集运输，在进行处理的过程中焚烧、填埋、生物处理的垃圾量占比分别为25.9%、34.2%、39.9%,最后进行转运。在这种垃圾分类处理优选模式中，远期的成本效益Y=127.1（亿元）。

**（1）与其他各模式远期成本效益的比较**

基于之前对未来十年各模式的预测模型，得到各模式的远期成本效益，并与设计的优选模式进行比较。

社会总成本和效益对比图如下：

图5-13五种模式下社会总成本的比较

图5-14五种模式下社会效益的比较

从以上两图5-13、5-14分析可以得出，与其他四种模式相比较，优选模型的社会总成本最低，效益最高，使得垃圾分类处理制度达到最优化。因为改善了垃圾分类收集的制度，以源头分类收集为主，在垃圾处理的方式中生物处理为主，解决了用地需求问题的同时改善了环境污染问题，而且将部分垃圾转化为有机肥料。能进行资源的有效利用，带来更多的效益。

**5.3.6 建议书**

尊敬的深圳市政府领导们：

你们好，随着当今经济发展水平的显著提高，人们的物质生活水平逐步的提高，伴随着也产生了大量的垃圾，就最新的调查数据显示，垃圾产生量在逐年增加，垃圾的增加对人们的生活有着重要的影响。因此，需要对垃圾进行分类处理，分类处理的方式有好多种，所以需要设计一套合理的方案，来使得垃圾分类处理达到低成本，高效益的目标。我们基于深圳市垃圾处理的不同模式，通过分析处理的远期成本效益，设计出了垃圾分类处理制度的优化模式。并向政府提出建议如下：

1. 完善垃圾管理制度，提高居民的环保意识。
2. 垃圾的投放收集方面，增加对垃圾投放收集的投资，从源头对垃圾合理的进行分类，有效减少垃圾流通量。
3. 垃圾的转运方面，增加垃圾的转运点，完善转运路线，建立健全的转运体系。使得垃圾的转运更加高效。
4. 垃圾的处理方面，根据我们对垃圾处理模式的分析研究，得出处理方式中焚烧、填埋、生物处理的比例分别为25.9%、34.2%、39.9%时的社会远期成本效益最好。
5. 增加对处理设施的投资，完善处理设施，提高处理能力。

# 模型的灵敏度分析

灵敏度分析[17]指的是系统或者周围事物因为周围条件变化显示出来的敏感度分析，比如市场条件变化，值就会变化。因此提出下列问题：当各个处理方式的比例变化时，已求得的线性规划的最优解会有什么变化，其他因变量的比例又会有什么变化。

垃圾处理总成本模型：



如果其中的一种处理方式的比例增加或者减少，对远期成本效益的改变有什么影响，在这里讨论垃圾产生量的比例上下浮动20%对结果的影响。

垃圾产生量上浮20%：即



运行结果为：



其中当焚烧、填埋、生物处理的比例分别为38.3%，28.4%，33.3%时的远期成本效益最好，为108.8亿元。

垃圾产生量下降20%，即：



运行结果为： ，

亿元

其中当焚烧、填埋、生物处理的比例分别为38.3%，28.4%，33.3%时的远期成本效益最好，为108.8亿元。

其中当焚烧、填埋、生物处理的比例分别为8%，43%，49%时的远期成本效益最好，为82.68亿元。

# 模型的优缺点分析、模型的推广

**8.1模型的优点**

**8.1.1问题一**

在对垃圾处理的社会总成本分析模型的建立中，通过对垃圾处理过程进行流程分析和结构分析，使得垃圾处理过程变得更清晰，容易找到各个处理环节所对应的各分项成本，对其进行合理的分化，从而更好的进行社会总成本的计算。

**8.1.2问题二**

1. 在对未来十年在社会总成本的以及各个模式下的各分项的比例变化中，通过分析得到社会总成本受到垃圾产生量的影响，从垃圾产生量入手，基于过去垃圾产生量，用灰色关联度有效的从多因素中来确定了影响大的因素，能对多因素进行合理地选取。
2. 基于上述因素，采用多元线性回归、灰色GM（1，1）和BP神经网络的组合预测法来预测未来十年的垃圾产生量，预测的值更真实准确，稳定性高，使得这些预测数据在加权之后总误差最小，可信度高。
3. 基于预测结果对各项成本比例的变化趋势分析中，先分析出社会总成本的变化趋势，再对社会总成本中的直接成本和间接成本分别分析，最后列出各单项成本比例的变化趋势，并结合折线图，堆积图进行分析，直观明了的看出各个分项成本的比例变化情况。

**8.1.3问题三**

在对未来垃圾分类处理模式的优化设计中，通过分析对远期成本效益的影响因素，得到远期成本效益受焚烧、填埋、生物处理比重的影响，引入非线性规划模型，很好的拟合了土地、环境、处理能力等因素对远期成本效益的限制条件，将问题转化为了容易求得的约束规划问题，在此方法下设计出远期成本效益的优化选择方案，通过比较分析得出优化模式的优越性，使得决策更有针对性和合理性。

**8.2模型的缺点**

1. 由于广东省重点监控企业环境公告仅仅公布了宝山、盐山和南田三个焚烧厂的排污数据，以及其他数据缺失所以使得模拟和求解时缺乏数据而影响模型的预测精度。
2. 要求需要对各项指标的最优值进行现行确定，主观性过强，同时部分指标最优值难以确定。
3. 由于分析的数据比较多，各种数据缺乏主次重要性，使得预测结果仍然有一点的误差。
4. 多元非线性规划中不能把握所有的约束条件，使得模型的求解结果有一定的误差。

**8.3模型的推广**

通过对该题的解答可以知道，这是一个基于预测的最优化方案设计问题，在本题中，运用了社会成本分析模型，基于BP神经网络、GM(1,1)、多元线性回归的组合预测模型；非线性规划模型，进一步仔细分析可以发现：这些模型不仅仅适用于垃圾处理社会总成本的分析，对于工业生产组织、经济计划、组织管理、资源的分配等方面都有着重要的应用。

对于多预测模型的组合预测模型，对于制造业的生产率的预测、疾病发病风险的预测、城市区域热气候的预测、交通流的预测等方面都有着广泛的应用。

对于非线性回归模型，在规划领域有着广泛的应用，例如城市规划、线路的选择等方面。

# 参考文献

1. 冯思静,马云东,我国城市垃圾分类收集的经济效益分析,江苏环境科技，2006,19(1):49~50.
2. 深圳市政府,深圳市基准地价（2013年）,http://www.szpl.gov.cn/xxgk/tdgl/jzdj/2013dj/，2017/5/12.
3. 深圳市城市管理局，深圳市生活垃圾填埋场一览表（2016年6月），http://www.szum.gov.cn/zfwg/cgzt/hjws/hwss/201606/t20160629\_3733733.htm，2017/5/12.
4. 姜建生，廖利，毕珠洁，深圳市生活垃圾分类成本效益分析初探.环境卫生工程,2012,20(1):20~23.
5. 宋国君，杜倩倩，马本.城市生活垃圾填埋处置社会成本核算方法与应用——以北京市为例.《干旱区资源与环境》.2015,29(8):57-63.
6. 马诗院,马建华，我国城市生活垃圾分类收集现状及对策[J].环境卫生工程, 2007(2):12-15.
7. 宋国君等. 北京城市生活垃圾焚烧社会成本评估报告. 2017.
8. 中华人民共和国国家发展和改革委员会，国家发展改革委关于完善垃，圾焚烧发电价格政策的通知http://www.sdpc.gov.cn/fzgggz/jggl/zcfg/201204/t20120410\_472400.html，2017/5/12.
9. 马迁利,李健,王璇.居民生活垃圾发生量持续增长的微观经济分析——一个时间机会成本的视角[J]. 消费经济, 2007, 23(4)：21-24.
10. 中国资源环境形势与可持续发展[M]. 经济科学出版社 , 刘燕华,周宏春主编, 2001.
11. 广东省政府，广东省重点监控企业环境公告信息发布平台，https://app.gdep.gov.cn/epinfo/,2017/5/14.
12. 中华人民共和国国家卫生和计划委员会，中国卫生统计年鉴，http://www.nhfpc.gov.cn/zwgkzt/tjnj/list.shtml,2015/5/14.
13. 司守奎，孙兆光，数学建模算法与应用，北京：攻防工业出版社，2015.
14. 道客巴巴，人力资本法实例研究http://www.doc88.com/p-907234013103.html,2015/5/14.
15. 卓金武，魏永生，MATLAB在数学建模中的应用，北京：北京航空航天大学出版社，2011.
16. 林婉虹，周文龙，基于神经网络的时间序列预测方法，中国科技论文在线.
17. 田璐，柳峰，王竹雪，张伟，预应力组合网架可靠性灵敏度分析方法探讨，第十一届全国现代结构工程学术探讨会.

# 附录

**附录1：相关图**

图 10-1

图 10-2

图 10-3

**附录 2：表**

表 10-1南山发电厂-2015年污染物排放量统计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 污染物 | 年排放量 |
| 废气 | 烟尘 | 1.86吨 |
| 二氧化硫 | 10.33吨 |
| 氮氧化物 | 95.63吨 |

表 10-2南山发电厂-2015年固体废弃物统计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 固废种类 | 固废名称 | 产生数量 | 处置方式 | 去向 |
| 工业固体废物 | 炉渣 | 50627.89吨 | 综合利用 | 南山区城市管理局 |
| 工业固体废物 | 飞灰 | 5390.66吨 | 无害化处理 | 深圳市龙岗区东江工业废物处置有限公司 |

表10-3宝山垃圾发电厂- 2015年固体废弃物统计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 污染物 | 年排放量 |
| 废气 | 烟尘 | 3.49吨 |
| 二氧化硫 | 35.29吨 |
| 氮氧化物 | 154.91吨 |
| 废水 | 化学需氧量 | 1.0150吨 |
| 氨氮 | 0.0072吨 |

表 10-4 盐田垃圾焚烧厂- 2015年污染物排放量统计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 污染物 | 年排放量 |
| 废气 | 烟尘 | 1.10吨 |
| 二氧化硫 | 9.45吨 |
| 氮氧化物 | 78.83吨 |
| 氯化氢 | 1.69吨 |
| 一氧化碳 | 1.16吨 |
| 二噁英 | 二噁英 | 7.73mg |

表10-5盐田垃圾焚烧厂- 2015年固体废弃物统计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 固废种类 | 固废名称 | 产生数量 | 处置方式 | 去向 |
| 工业固体废物 | 炉渣 | 36937.20吨 | 综合利用 | 海鹏水泥制品厂 |
| 工业固体废物 | 飞灰 | 2256.45吨 | 处置后填埋 | 深圳市龙岗区东江工业废物处置有限公司 |

表10-6深圳市垃圾处理厂一览表



表 10-7深圳市2020年生活垃圾处理设施规划一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 所在环境园 | 处理工艺 | 处理规模（吨/日） | 服务范围 |
| 1 | 下坪固体废弃物填埋场 | 清水河 | 卫生填埋 | 3500 | 南山区、福田区、罗湖区及 |
| 2 | 下坪垃圾焚烧发电厂 | 环境园 | 焚烧发电 | 2000 | 盐田区 |
| 3 | 清水河垃圾分选中心 |  | 分选 | 300 |  |
| 4 | 清水河餐厨垃圾处置中心 |  | 厌氧发酵 | 1000 |  |
| 5 | 清水河大件垃圾处理厂 |  | 破碎 | 650 |  |
| 6 | 清水河有机垃圾堆肥场 |  | 好氧堆肥 | 400 |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 7 | 老虎坑卫生填埋场 | 老虎坑 | 卫生填埋 | 2700 | 宝安中心组团 |
| 8 | 老虎坑垃圾焚烧发电厂 | 环境园 | 焚烧发电 | 2400 | 西部工业组团 |
| 9 | 老虎坑垃圾分选中心 |  | 分选 | 300 | 及西部高新组团 |
| 10 | 老虎坑餐厨垃圾处置中心 |  | 厌氧发酵 | 1000 |  |
| 11 | 老虎坑大件垃圾处理厂 |  | 破碎 | 650 |  |
| 12 | 平湖垃圾焚烧发电厂 | 白鸽湖 | 焚烧发电 | 1800 | 中部综合组团 |
| 13 | 白鸽湖垃圾焚烧发电厂 | 环境园 | 焚烧发电 | 1000 | 和中部物流组团 |
| 14 | 白鸽湖垃圾分选中心 |  | 分选 | 300 |  |
| 15 | 白鸽湖餐厨垃圾处置中心 |  | 厌氧发酵 | 1000 |  |
| 16 | 白鸽湖大件垃圾处理厂 |  | 破碎 | 650 |  |
| 17 | 坪山卫生填埋场 | 坪山 | 卫生填埋 | 1500 | 龙岗中心组团 |
| 18 | 坪山垃圾焚烧发电厂 | 环境园 | 焚烧发电 | 2400 | 东部工业组团 |
| 19 | 坪山垃圾分选中心 |  | 分选 | 300 | 及东部生态组团 |
| 20 | 坪山餐厨垃圾处置中心 |  | 厌氧发酵 | 1000 |  |
| 21 | 坪山大件垃圾处理厂 |  | 破碎 | 650 |  |
| 22 | 南山垃圾焚烧发电厂 | － | 焚烧发电 | 1600 | 南山区 |
| 23 | 盐田垃圾焚烧发电厂 | － | 焚烧发电 | 900 | 盐田区 |
| 24 | 中心城垃圾焚烧发电厂 | － | 焚烧发电 | 300 | 龙岗街道 |
| 25 | 合计新增处理规模 | | 焚烧发电 | 9050 | 全市 |
| 卫生填埋 | 1500 |
| 好氧堆肥 | 300 |
| 厌氧发酵 | 4000 |

表 10-8附录表 1社会总成本

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 社会总成本（元/t） | | | | |
| 年份 | 现状 | 模式一 | 模式二 | 模式三 |
| 2016 | 1192.565759 | 1541.684991 | 1310.036953 | 1302.957408 |
| 2017 | 1265.099895 | 1604.136668 | 1368.365915 | 1364.319928 |
| 2018 | 1344.8221 | 1764.622953 | 1455.071129 | 1435.245438 |
| 2019 | 1397.098955 | 1853.217191 | 1537.046967 | 1502.983285 |
| 2020 | 1545.434531 | 1962.144534 | 1625.328639 | 1572.314964 |
| 2021 | 1659.790152 | 2059.45296 | 1761.692293 | 1691.85234 |
| 2022 | 1759.116177 | 2184.356313 | 1894.114801 | 1831.312613 |
| 2023 | 1907.451754 | 2363.723338 | 2095.901479 | 1994.680362 |
| 2024 | 2145.311445 | 2587.387481 | 2298.476387 | 2206.659977 |
| 2025 | 2400.814574 | 2891.657859 | 2551.497965 | 2409.076602 |

表 10-9各模式间接社会成本

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 现状 | 模式一 | 模式二 | 模式三 |
| 2016 | 868.4326238 | 789.4211665 | 454.2820823 | 493.6308511 |
| 2017 | 902.2510875 | 986.6314506 | 464.7857143 | 499.6691489 |
| 2018 | 913.0985192 | 1071.315867 | 475.2893462 | 508.7265957 |
| 2019 | 916.9270245 | 1110.177893 | 481.5915254 | 512.7521277 |
| 2020 | 1054.115132 | 1160.060494 | 487.368523 | 516.2744681 |
| 2021 | 1137.066081 | 1184.421765 | 505.2246973 | 544.4531915 |
| 2022 | 1184.284313 | 1238.944608 | 543.0377724 | 555.5234043 |
| 2023 | 1227.67404 | 1302.747935 | 580.8508475 | 585.7148936 |
| 2024 | 1413.994632 | 1405.413289 | 628.1171913 | 611.8808511 |
| 2025 | 1596.486719 | 1524.89952 | 665.9302663 | 639.0531915 |

表 10-10模式一各成本比例

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 土地成本 | 投放收集 | 运输成本 | 处理成本 | 健康成本 | 环境成本 | 补贴成本 | 税收成本 |
| 模式一各个分项比例（%） | | | | | | | | |
| 2016 | 2.21 | 2.85 | 3.79 | 28.78 | 28.74 | 18.23 | 15.00 | 0.40 |
| 2017 | 2.36 | 3.02 | 3.76 | 29.44 | 28.71 | 18.35 | 14.03 | 0.34 |
| 2018 | 2.73 | 3.04 | 3.63 | 31.50 | 28.46 | 19.14 | 13.41 | 0.32 |
| 2019 | 3.32 | 3.10 | 3.50 | 32.09 | 27.05 | 19.39 | 13.00 | 0.29 |
| 2020 | 3.90 | 3.17 | 3.46 | 32.38 | 27.64 | 20.09 | 12.42 | 0.27 |
| 2021 | 4.79 | 3.24 | 3.43 | 34.48 | 27.17 | 20.67 | 12.00 | 0.24 |
| 2022 | 5.60 | 3.27 | 3.36 | 36.75 | 26.95 | 21.22 | 11.69 | 0.22 |
| 2023 | 6.56 | 3.41 | 3.30 | 38.11 | 26.84 | 21.63 | 11.46 | 0.20 |
| 2024 | 7.44 | 3.46 | 3.26 | 39.02 | 25.97 | 22.05 | 11.02 | 0.19 |
| 2025 | 8.47 | 3.34 | 3.43 | 41.29 | 24.74 | 22.63 | 10.59 | 0.18 |

附录10-11模式二各成本比例

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 土地成本 | 投放收集 | 运输成本 | 处理成本 | 健康成本 | 环境成本 | 补贴成本 | 税收成本 |
| 模式二各个分项比例（%） | | | | | | | | |
| 2016 | 5.54 | 9.85 | 6.32 | 36.34 | 15.33 | 9.79 | 11.50 | 0.96 |
| 2017 | 6.35 | 10.04 | 6.17 | 37.12 | 15.14 | 9.45 | 11.02 | 0.97 |
| 2018 | 6.96 | 10.14 | 5.87 | 39.96 | 14.85 | 9.12 | 10.73 | 0.98 |
| 2019 | 7.91 | 10.45 | 5.72 | 38.79 | 14.56 | 8.69 | 10.61 | 1.01 |
| 2020 | 8.45 | 10.69 | 5.47 | 42.02 | 14.10 | 8.49 | 10.27 | 1.04 |
| 2021 | 9.06 | 10.97 | 5.38 | 44.53 | 13.75 | 8.23 | 10.07 | 1.06 |
| 2022 | 9.60 | 10.99 | 5.24 | 46.43 | 13.59 | 7.92 | 9.85 | 1.07 |
| 2023 | 10.55 | 11.70 | 5.16 | 48.01 | 13.28 | 7.74 | 9.59 | 1.14 |
| 2024 | 10.88 | 11.86 | 4.97 | 53.50 | 13.06 | 7.53 | 9.25 | 1.15 |
| 2025 | 11.22 | 12.05 | 4.91 | 55.85 | 12.71 | 7.27 | 8.93 | 1.17 |

表 10-11模式三各成本比例

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 土地成本 | 投放收集 | 运输成本 | 处理成本 | 健康成本 | 环境成本 | 补贴成本 | 税收成本 |
| 模式三各个分项比例（%） | | | | | | | | |
| 2016 | 6.08 | 3.25 | 5.31 | 43.71 | 17.93 | 11.37 | 9.61 | 0.83 |
| 2017 | 6.48 | 3.22 | 5.42 | 47.67 | 16.33 | 10.84 | 9.23 | 0.79 |
| 2018 | 7.01 | 3.11 | 5.56 | 49.16 | 15.28 | 10.55 | 9.19 | 0.78 |
| 2019 | 7.75 | 3.15 | 5.73 | 51.01 | 14.40 | 9.74 | 8.87 | 0.75 |
| 2020 | 8.35 | 3.29 | 5.93 | 52.55 | 13.59 | 8.89 | 8.66 | 0.73 |
| 2021 | 9.15 | 3.35 | 6.02 | 53.75 | 13.10 | 8.27 | 8.44 | 0.72 |
| 2022 | 9.62 | 3.25 | 6.07 | 55.33 | 12.77 | 7.75 | 8.24 | 0.71 |
| 2023 | 10.42 | 3.09 | 6.23 | 58.20 | 12.45 | 7.13 | 8.10 | 0.69 |
| 2024 | 10.82 | 3.15 | 6.11 | 61.71 | 11.97 | 6.27 | 7.89 | 0.68 |
| 2025 | 11.29 | 3.21 | 6.14 | 63.37 | 11.41 | 5.95 | 7.68 | 0.66 |

**附录3程序代码区**

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%3.1改进灰色关联

clc,clear

x0=xlsread('Data\_statistics.xlsx','Sheet5')

x=x0';

s = size(x);

len = s(2);

num = s(1);

fori = 1: num

x(i,:) = x(i,:)./x(i,1);

end

dx(num,len-1) = 0;

fori = 1 : num

for j = 1 : len - 1

dx(i,j) = x(i,j+1) - x(i,j);

end

end

c = 1;

beta(1,1:len-1) = 0;

w(1,1:len-1) = 0;

fori = 2 : num

temp = sum(abs(x(i,:) - x(1,:)),2);

for k = 1 : len - 1

beta(i,k) = atan((dx(i,k) - dx(1,k))/(1 + dx(i,k)\*dx(1,k)));

if beta(i,k) < 0

beta(i,k) = pi + beta(i,k);

end

w(i,k) = 1 - abs(x(i,k) - x(1,k))/temp;

end

end

r = c./(c + tan(beta./2));

wr = w.\*r;

r1 = sum(wr(2:num,:),2)/(len - 1);

r1

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%3.2逐步回归

clc ,clear

x0=xlsread('Data\_statistics.xlsx','Sheet5')

y=x0(:,1);

x=x0(:,2:14);

stepwise(x,y)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%3.3改进灰色关联度

clc,clear

x0 = [360 407 441 476 479 482 490 522 541 575]';

n=length(x0);

lamda=x0(1:n-1)./x0(2:n) %计算级比

range=minmax(lamda') %计算级比的范围

x1=cumsum(x0) %累加运算

B=[-0.5\*(x1(1:n-1)+x1(2:n)),ones(n-1,1)];

Y=x0(2:n);

u=B\Y %拟合参数u(1)=a,u(2)=b

syms x(t)

x=dsolve(diff(x)+u(1)\*x==u(2),x(0)==x0(1)); %求微分方程的符号解

xt=vpa(x,6) %以小数格式显示微分方程的解

yuce1=subs(x,t,[0:n-1]); %求已知数据的预测值

yuce1=double(yuce1); %符号数转换成数值类型，否则无法作差分运算

yuce=[x0(1),diff(yuce1)] %差分运算，还原数据

epsilon=x0'-yuce %计算残差

delta=abs(epsilon./x0') %计算相对误差

rho=1-(1-0.5\*u(1))/(1+0.5\*u(1))\*lamda' %计算级比偏差值，u(1)=a

syms a b;

a =u(1);

b = u(2);

% 预测后续数据

F=[];F(1)=x0(1);

for i=2:(n+10)

F(i)=(x0(1)-b/a)/exp(a\*(i-1))+b/a ;

end

G=[];G(1)=x0(1);

for i=2:(n+10)

G(i)=F(i)-F(i-1); %得到预测出来的数据

end

t1=2006:2015;

t2=2006:2025;

G, a, b % 输出预测值，发展系数和灰色作用量

plot(t1,x0,'o',t2,G) %原始数据与预测数据的比较

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%3.4BP神经网路

clc % 清屏

clear all; %清除内存以便加快运算速度

close all; %关闭当前所有figure图像

SamNum=10; %输入样本数量为15

TestSamNum=10; %测试样本数量也是15

ForcastSamNum=10; %预测样本数量为

HiddenUnitNum=1; %中间层隐节点数量取1

InDim=3; %网络输入维度为3

OutDim=1; %网络输出维度为2

x0=[360 407 441 476 479 482 490 522 541 575];

x1=[871.1 912.37 954.28 995.01 1037.2 1046.74 1054.74 1062.89 1077.89 1137.87];

x2=[1671.3 1915 2251.8 2567.9 3000.8 3520.9 4008.8 4433.6 4844 5017.8];

x3=[36609 32395 34380 35471 37384 37918 38906 39267 40123 40590];

p=[x1;x2;x3]; %输入数据矩阵

t=x0; %目标数据矩阵

[SamIn,minp,maxp,tn,mint,maxt]=premnmx(p,t); %原始样本对（输入和输出）初始化

rand('state',sum(100\*clock)) %依据系统时钟种子产生随机数

NoiseVar=0.01; %噪声强度为0.01（添加噪声的目的是为了防止网络过度拟合）

Noise=NoiseVar\*randn(1,SamNum); %生成噪声

SamOut=tn + Noise; %将噪声添加到输出样本上

TestSamIn=SamIn; %这里取输入样本与测试样本相同因为样本容量偏少

TestSamOut=SamOut; %也取输出样本与测试样本相同

MaxEpochs=50000; %最多训练次数为50000

lr=0.035; %学习速率为0.035

E0=0.65\*10^(-3); %目标误差为0.65\*10^(-3)

W1=0.5\*rand(HiddenUnitNum,InDim)-0.1; %初始化输入层与隐含层之间的权值

B1=0.5\*rand(HiddenUnitNum,1)-0.1; %初始化输入层与隐含层之间的阈值

W2=0.5\*rand(OutDim,HiddenUnitNum)-0.1; %初始化输出层与隐含层之间的权值

B2=0.5\*rand(OutDim,1)-0.1; %初始化输出层与隐含层之间的阈值

ErrHistory=[]; %给中间变量预先占据内存

for i=1:MaxEpochs

HiddenOut=logsig(W1\*SamIn+repmat(B1,1,SamNum)); % 隐含层网络输出

NetworkOut=W2\*HiddenOut+repmat(B2,1,SamNum); % 输出层网络输出

Error=SamOut-NetworkOut; % 实际输出与网络输出之差

SSE=sumsqr(Error) %能量函数（误差平方和）

ErrHistory=[ErrHistory SSE];

if SSE<E0,break, end %如果达到误差要求则跳出学习循环

Delta2=Error;

Delta1=W2'\*Delta2.\*HiddenOut.\*(1-HiddenOut);

dW2=Delta2\*HiddenOut';

dB2=Delta2\*ones(SamNum,1);

dW1=Delta1\*SamIn';

dB1=Delta1\*ones(SamNum,1);

%对输出层与隐含层之间的权值和阈值进行修正

W2=W2+lr\*dW2;

B2=B2+lr\*dB2;

%对输入层与隐含层之间的权值和阈值进行修正

W1=W1+lr\*dW1;

B1=B1+lr\*dB1;

end

HiddenOut=logsig(W1\*SamIn+repmat(B1,1,TestSamNum)); % 隐含层输出最终结果

NetworkOut=W2\*HiddenOut+repmat(B2,1,TestSamNum); % 输出层输出最终结果

a=postmnmx(NetworkOut,mint,maxt); % 还原网络输出层的结果

% 时间轴刻度

newk=a(1,:); % 网络输出客运量

% 利用训练好的网络进行预测

% 当用训练好的网络对新数据pnew进行预测时，也应作相应的处理

pnew=[1169.73036 1202.48281 1236.152329 1270.764594 1306.346003 1342.923691 1380.525554 1419.18027 1458.917317 1499.767002

5704.357103 6217.749242 6777.346674 7387.307874 8052.165583 8776.860485 9566.777929 10427.78794 11366.28886 12389.25485

41077.08 41570.00496 42068.84502 42573.67116 43084.55521 43601.56988 44124.78871 44654.28618 45190.13761 45732.41926

]; %2010年和2011年的相关数据；

pnewn=tramnmx(pnew,minp,maxp); %利用原始输入数据的归一化参数对新数据进行归一化；

HiddenOut=logsig(W1\*pnewn+repmat(B1,1,ForcastSamNum)); % 隐含层输出预测结果

anewn=W2\*HiddenOut+repmat(B2,1,ForcastSamNum); % 输出层输出预测结果

%把网络预测得到的数据还原为原始的数量级；

anew=postmnmx(anewn,mint,maxt)

x=2006:2025;

ll=[newk,anew];

plot(x,ll,'r-o') %垃圾对比图；

legend('预测值','实际值');

xlabel('年份');ylabel('垃圾量/万人');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%3.5非线性规划

min=222.2\*x1+136.6\*x2+57.3\*x3;

0.24\*x1+0.66\*x2+0.13\*x3<=0.44;

0.83\*x1+0.52\*x2+0.24\*x3<=0.5;

814\*x1<=265;

814\*x2<=278;

814\*x3<=325;

x1+x2+x3=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

min=222.2\*x1+136.6\*x2+57.3\*x3;

0.24\*x1+0.66\*x2+0.13\*x3<=0.44;

0.83\*x1+0.52\*x2+0.24\*x3<=0.5;

814\*x1<=265;

814\*x2<=278;

814\*x3<=325;

x1+x2+x3=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;