

## 第六届“认证杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

#### 承 诺 书

我们仔细阅读了第六届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

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规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站([www.madio.net](http://www.madio.net))公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

**我们的参赛队号为：1651**

**参赛队员（签名）：**

队员 1：姚瞳彤

队员 2：徐慧

队员 3：房思思

**参赛队教练员（签名）：**

**参赛队伍组别：本科组**

## 第六届“认证杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

#### 编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）： 1651

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

---

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

# 2013 年第六届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第二阶段

题 目 ——公路运输业对国内生产总值的贡献分析——

关 键 词 公路运输 GDP 主成分分析 综合评价 修正

## 摘 要

本文针对预测该省未来五年公路运输业的投资资金分配比例问题，以及对问题 1 相关结论的修正问题，实则还是建立在分析交通运输业对于国内生产总值 GDP 影响的基础上。本文选取与公路运输发展状况有关且能反映地区 GDP 发展状况的相关指标为问题分析的切入点，构建了弹性系数预测模型和主成分分析模型，运用 SAS、Matlab、Eviews 软件分析出各项指标值的综合影响程度，并据此确定未来五年该省公路运输业投资资金在各市的投放比例；在问题 1 已建立的类比生产函数模型和问题 3 中已建立的主成分分析模型基础上对附录 3 的统计数据进行分析，从细化的角度分析各相关指标和 GDP 之间的关系，从而实现了问题 1 相关结论的修正。

针对问题三，鉴于公路运输与整个国民经济的错综复杂关系决定了其对 GDP 的影响方式和范围宽广复杂。因此，本文充分利用附件 3 中统计数据，在定性分析的基础上再进行定量分析，选取与公路运输业发展状况有关且对国内生产总值产生影响的相关时间序列指标，通过运用弹性系数预测模型对指标值进行分析并加以预测，得出未来五年各指标的预测数据；在此基础上，再通过运用主成分分析法模型从总体的角度定量分析各指标对地区 GDP 的综合影响程度，据此确定该省未来五年投资资金在各市的分配比例。

针对问题四，在附录 3 的统计数据基础上，运用问题 1 中构建的类比生产函数和问题 3 中基于主成分分析模型的基础上进行多元线性回归模拟，细化分析各相关指标对 GDP 的影响程度，实现对问题 1 中相关结论的修正。

本文还对模型的误差给出了定性的分析；客观恰当地对模型的优缺点进行评价；且通过模型的改进使得通过各指标具体的时间序列变化趋势预测得的数据具备更高的准确性，从而对能够提高问题分析结论的精确度。

参赛队号： 1651

所选题目： C 题

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

## 英文摘要（选填）

### STUDY ON CONTRIBUTION OF HIGHWAY TRANSPORTATION TO GROSS DOMESTRIC PRODUCT

#### Abstract

In this paper, in order to forecast the distribution proportion of capitals next five years and revise the conclusions made in Question 1, it is necessary to analyze the effect of highway transportation on national economic growth.

To the Question Three, it is first important to build a forecasting model of Elastic Coefficient Method to obtain predictive value next five year. Then by using the principle components analysis, put all cities in order based on their scores according to the contribution rate of each principle component, and make analysis on the evaluation results. In this paper, the distribution proportion of capitals on highway transportation was analyzed and evaluated with the method of the principle components analysis, according to highway transportation statistics data of one province.

To Question Four, by using the mathematical model similar to Solow's growth equation which is established in Question One and Multivariable Linear Regression Model to measure the contribution rate of highway transportation to the Gross Domestic Product. And then revise the related conclusion and correct error.

Finally, residual analysis was carried out on the built mathematical model, and calculating the advantages and disadvantages of evaluations and improvements.

**KEY WORDS:** High way transportation; Gross Domestic Product; principle components analysis; Comprehensive evaluation; Revise

## § 1 问题的重述

### 1.1 背景知识

#### 1. 公路运输业的界定

公路运输业是以公路为运行基础，以站场为作业基地，以车辆为主要工具，以实现旅客和货物位移为目的的生产活动，运输企业通过对运输生产力要素的有机组合，形成不同性质、不同服务方式的运输供应以满足社会的运输需求。公路运输业包括汽车运输业（利用汽车进行的客、货运输活动）和其他公路运输。

#### 2. 国内生产总值

国内生产总值（Gross Domestic Product，简称 GDP）是指在一定时期内（一个季度或一年），一个国家或地区的经济中所生产出的全部最终产品和劳务的价值，常被公认为衡量国家经济状况的最佳指标。它不但可反映一个国家的经济表现，还可以反映一国的国力与财富。

#### 3. 公路运输业与 GDP 的相互关系

交通运输业作为国民经济中的一个生产部门，而且是一个基础性产业和先导产业，其在整个国民经济核算中占有举足轻重的地位，它的健康运行是整个国民经济得以健康发展的物质前提。交通运输作为国民经济的载体，沟通生产和消费，在经济发展中扮演着极其重要的角色。交通运输是国民经济的先行官，发展经济，交通先行，是经济发展的内在规律。公路运输是国民经济的基础，其建设的标准及规模、建设的经济效益等取决于社会经济的发展程度以及社会发展对于公路交通的具体需求。

### 1.2 相关数据

1. 附件 1 该省 2012 年公路运输调查数据（见附录 3）

2. 附件 3 该省主要城市的公路运输统计数据（见附录 4）

### 1.3 要解决的问题

1. 问题 3：根据附件 3 给出的该省主要城市的公路运输统计数据，通过建立合理的数学模型预测出该省未来五年公路运输投资资金在各地的分配比例。

2. 问题 4：根据附件 3 给出的该省主要城市的公路运输统计数据，对问题 1 的分析结果进行修正，详细陈述修正的理由。

## § 2 问题的分析

### 2.1 对问题的总体分析

鉴于公路运输业是基础产业和先导产业的特殊性，因而公路运输业对于国内生产总值 GDP 的影响分析是一个涉及多方面影响因素的问题，公路运输与整个国民经济的错综复杂关系决定了其对 GDP 的影响方式和范围宽广复杂。一方面，公路运输业的发展状况促进并拉动地区的 GDP 发展；另一方面，地区经济的发展规模同样决定了交通运输业的发展规模。因此，在附件 3 中统计数据的基础上，要想明确该省在未来五年对公路运输业投资资金的分配比例，可以首先根据附件 3 中的数据进行定性的分析，接着根据已有的时间序列数据预测出各指标值未来的趋势走向，然后再在预测值的基础上，总体综合的角度定量分析各因素对地区 GDP 的影响程度，从而确定该省未来五年投资资金在各地的分配比例。然后再将综合指标分解，实现从不同的细分角度分析测算公路运输业对于生产总值 GDP 的影响程度，对问题 1 的相关结论起到修正的作用。

### 2.2 对问题的具体分析

### 2.2.1 对问题 3 的分析

由于公路运输的投资规模取决于地区的综合发展水平以及社会对公路运输的需求，所以我们可以先根据附件 3 中的数据对公路运输业投资资金的比例进行定量分析，接下来确定能够反映社会发展水平的相关指标。在附件 3 的统计数据基础上，首先通过对各中影响公路运输对 GDP 贡献率的相关指标的选取，然后运用弹性系数预测模型预测出各项指标未来五年的数据，再在此预测数据的基础上采用主成分分析法对各项指标进行综合，通过这些综合变量对各地的经济发展进行综合评价，通过相互的比较分析从而确定公路运输业投资资金的比例。

### 2.2.2 对问题 4 的分析

首先对问题 1 中的模型 I 的结果进行修正，模型的原理和建立都未变，在求解过程中我们根据附件 3 中的该省主要城市的公路运输统计数据，进行相关计算，修正模型 I 的结果；然后基于主成分的多元线性回归模型对问题 1 结果的修正，由问题 3 的主成分分析，得到各项经济社会指标影响公路运输业对国内生产总值 GDP 贡献率，以此作为对问题 1 中的结果的修正。

## § 3 模型的假设

- 假设 1 所有数据均为原始数据，来源真实可靠；
- 假设 2 2012 年到 2016 年该省的 GDP 年平均增长速率与全国的 GDP 年平均增长速率一致；
- 假设 3 未来 5 年全国 GDP 年平均增长速率为 8%；
- 假设 5 以附件 3 中该省主要城市公路运输的统计数据代表该省整体所有市县公路运输的统计数据；
- 假设 6 对于公路所占比重数据有缺失的相关市县，以公路比重 100%替代。

## § 4 名词的解释和符号说明

### 4.1 名词解释

1. 国内生产总值 (Gross Domestic Product, 简称GDP)：是指在一定时期内（一个季度或一年），一个国家或地区的经济中所生产出的全部最终产品和劳务的价值。
2. 弹性系数法：弹性系数法在对一个因素发展变化预测的基础上，通过弹性系数对另一个因素的发展变化做出预测的一种间接预测方法。
3. 主成分分析法：一种把多个变量划分为少数几个综合指标的多元统计指标方法，目的是对高维变量空间进行降维处理，以使原来的多个变量达到最佳综合简化。
4. 无量纲化：有量纲的物理量表示用若干个基本量的乘方之积表示出来的物理导出量，称为量纲；无量纲即是消除量纲；常见的无量纲化处理方法主要有极值化、标准化、均值化以及标准差化方法。
5. 数据标准化：将原始数据转换为无量纲化指标测评值，即使各指标值都处于同一个数量级别上以进行综合测评分析。

## 4.2 符号说明

序号	符号	符号说明
1	$E_s$	弹性系数
2	$X_i^*$	第 $i$ 项指标 $X_i$ 标准化处理后的数值
3	$R$	标准化指标的协方差矩阵
4	$Y_i^*$	第 $i$ 个主成分
5	$w_k$	第 $k$ 个主成分的权重系数
6	$Z$	综合评价得分
7	$\mu$	多元回归模型中的误差项
8	$R^2$	可决系数
9	$F$	$F$ 统计量
10	$D.W.$	$D-W$ 统计量
11	$RSS$	残差平方和

## § 5 模型的建立和求解

### 5.1 问题三的分析与求解

#### 5.1.1 对问题 3 的总体分析

问题 3 要求给出未来五年公路运输投资资金在各市的分配比例，首先根据附件 2 中的数据计算 2007~2011 年各项指标的平均增长速度，并根据计算得到的各项指标平均增长速度定性的分析未来五年公路运输投资资金在各市的分配比例；接着，进行量化分析未来五年公路运输投资资金在各市的分配比例，则需要通过一个衡量媒介来衡量各市之间差异，由于公路运输的投资规模取决于公路建设的标准以及建设的经济效益等因素，而这些因素又取决于社会经济的发展水平。因此，我们在附件 3 该省主要城市公路运输统计数据的基础上，首先根据已有的时间序列数据运用弹性系数法预测模型预测出未来五年的相关指标预测值，再通过采用主成分分析法对影响公路运输对 GDP 贡献率的指标进行综合的角度，进而分析出各地区的经济发展状况，最后据此确定资金分配比例。因而通过分析该地区与公路运输影响 GDP 有关的各项社会经济指标能够较为全面反映该地区公路运输业的发展规模。

#### 5.1.2 对问题 3 的定性分析

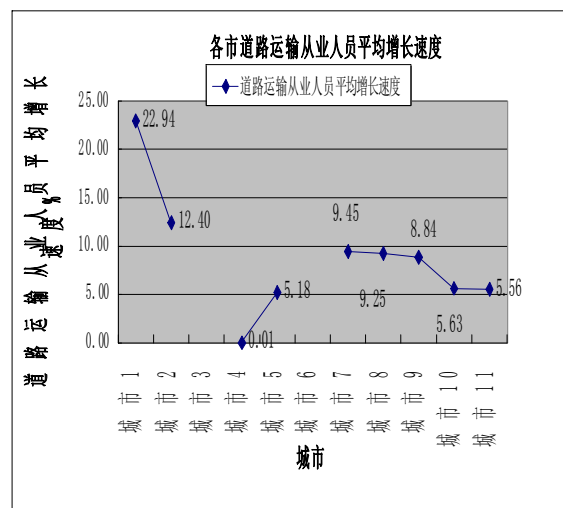
首先，我们对题目中附件 3 中的数据进行处理，得到各市道路运输从业人员平均增长速度表，各市地区生产总值平均增长速度表，各市进出本地车辆流量平均增长速度表，全社会公路旅客运输总量平均增长速度表，各市全社会公路货运总量平均增长速度表，各市客运汽车数量平均增长速度表，各市客运汽车数量平均增长速度表，各市货运汽车数量平均增长速度表及相应的图，并根据这些图，表进行分析，具体的图，表分别如下所示。

## 1. 各市道路运输从业人员平均增长速度分析

表（1）：各市道路运输从业人员平均增长速度

城市	道路运输从业人员平均增长速度表（%）
城市 1	22.94
城市 2	12.40
城市 3	—
城市 4	0.01
城市 5	5.18
城市 6	—
城市 7	9.45
城市 8	9.25
城市 9	8.84
城市 10	5.63
城市 11	5.56

图（1）：各市道路运输从业人员平均增长速度折线图



（1）由表（1）和图（1）可以看出 2007~2011 五年中城市 1 的道路运输从业人员数量平均增长速度为 22.94%，在 11 个城市中居于首位，说明城市 1 在这五年中公路运输业的发展状况最好，以较大的增长趋势发展，因此可以简单估计未来五年公路运输投资资金在城市 1 的分配比例较大；

（2）城市 2 的道路运输从业人员数量平均增长速度为 12.4%，城市 7、8、9 的道路运输从业人员数量平均增长速度大致约为 9%，城市 5、10、11 的道路运输从业人员数量平均增长速度约为 5.5%，说明这些城市的公路运输业都有良好的增长，因此可以简单估计未来五年这些城市会有相应的公路运输投资资金，以其增长状况决定其投资比例。

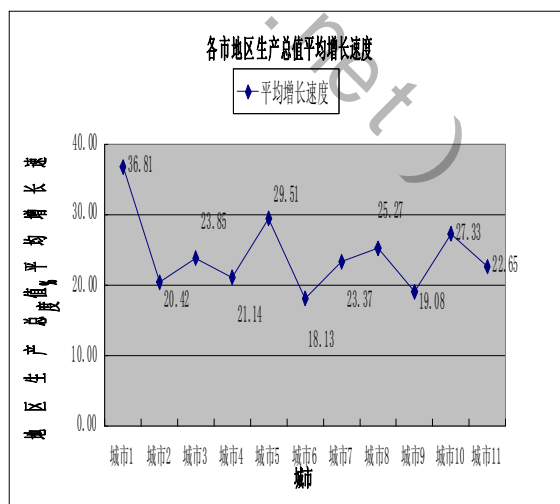
（3）从表（1）和图（1）可以看出城市 4 的道路运输从业人员数量平均增长速度为 0.01%，基本无增长，故该省政府出于对运输从业人员的培养机制以促进发展该市的交通运输业，进而促进该城市的经济发展，因此可以简单估计未来几年内该省政府可能会加大对城市 4 的公路运输投资资金比例。

## 2. 各市地区生产总值平均增长速度分析

表（2）：各市地区生产总值平均增长速度

城市	地区生产总值平均增长速度（%）
城市 1	36.81
城市 2	20.42
城市 3	23.85
城市 4	21.14
城市 5	29.51
城市 6	18.13
城市 7	23.37
城市 8	25.27
城市 9	19.08
城市 10	27.33
城市 11	22.65

图（2）：各市地区生产总值平均增长速度



（1）从表（2）和图（2）可知各市地区生产总值平均增长速度都大于 18%，这说明



2007 至 2011 年各市的经济发展水平都非常好，呈稳步快速增长的趋势。其中，城市 1、5、8、10 的地区生产总值平均增长速度大于 25%，因此由此可以简单推断未来五年公路运输投资资金在城市 1、5、8、10 的分配比例会较大；

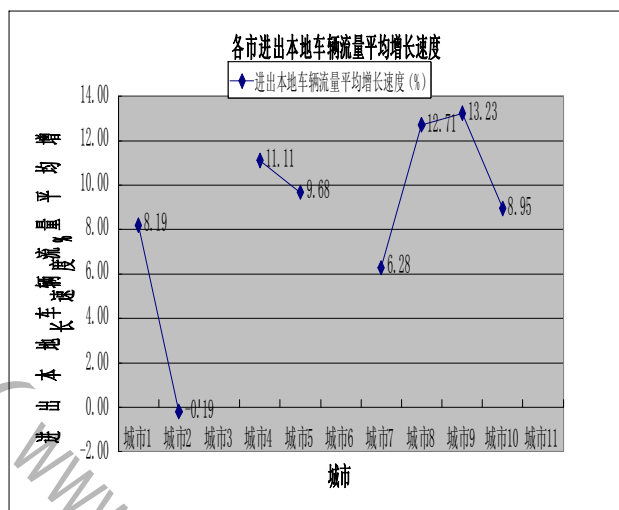
(2) 从表 (2) 和图 (2) 可知，城市 2、3、4、7、11 的地区生产总值平均增长速度大致约为 20%，这些城市的经济发展水平呈增长趋势，虽没有城市 1、5、8、10 的发展速度快，但仍有良好的增长势头，因此可以简单推断未来五年公路运输投资资金在这些城市依然会占相当的比例；

(3) 城市 6 和城市 9 的地区生产总值的评价增长速度都小于 20%，是 11 个市中发展最慢的两个市，因此可以推断未来五年公路运输投资资金在这两个城市的比例会较小。

### 3. 各市进出本地车辆流量平均增长速度分析

表 (3)：各市进出本地车辆流量平均增长速度 图 (3)：各市进出本地车辆流量平均增长速度

城市	进出本地车辆流量平均增长速度 (%)
城市 1	8.19
城市 2	-0.19
城市 3	—
城市 4	11.11
城市 5	9.68
城市 6	—
城市 7	6.28
城市 8	12.71
城市 9	13.23
城市 10	8.95
城市 11	—



(1) 进出本地车辆流量的大小说明了该市公路运输业的发展情况，进出本地车辆流量的增长速度的大小，说明该市公路运输业的发张快慢。其中，由于原始数据有缺失，城市 3、6、11 未有相关数据。从表 (3) 和图 (3) 中可以明显看出，城市 8 和 9 的进出本地车辆流量平均增长速度较大，大于 12.5%，因此，可以简单推断未来五年公路运输投资资金在城市 8 和 9 的比例较大；

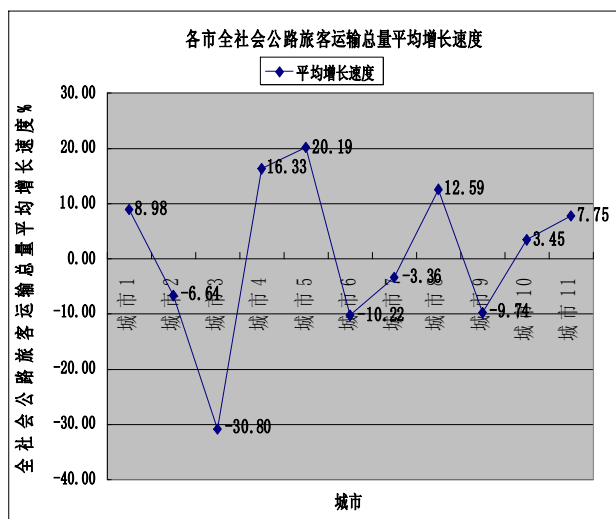
(2) 城市 1、4、5、7、10 的进出本地车辆流量平均增长速度都在 6%~12% 这个区间上，这说明该市的公路运输业在以相应的增长速度在发展，未来五年公路运输投资资金会根据其相应的发展状况分配相应的比例；

(3) 城市 2 的进出本地车辆流量平均正在速度小于 0 且接近于 0，这说明 2007~2011 五年内该市的公路运输业未得到有效发展，甚至趋于负增长的趋势，因此未来五年公路运输投资资金在该市的比例会较小。

#### 4. 全社会公路旅客运输总量平均增长速度分析

表（4）：全社会公路旅客运输总量平均增长速度 图（4）：全社会公路旅客运输总量平均增长速度

城市	全社会公路旅客运输总量平均增长速度（%）
城市 1	8.98
城市 2	-6.64
城市 3	-30.80
城市 4	16.33
城市 5	20.19
城市 6	-10.22
城市 7	-3.36
城市 8	12.59
城市 9	-9.74
城市 10	3.45
城市 11	7.75



（1）由表（4）和图（4）可知，城市 4、5、8 的全市公路运输旅客运输总量平均增长速度都大于 10%，其中，城市 5 达到了 20%，公路运输旅客客运总量越大，说明其公路运输业越发达，公路运输旅客客运总量平均发展速度越大，说明其公路运输业发展越快，因此可以预测，未来五年的公路运输投资资金在这三个城市的比例会较大，尤其是在城市 5 中的投资资金比例；

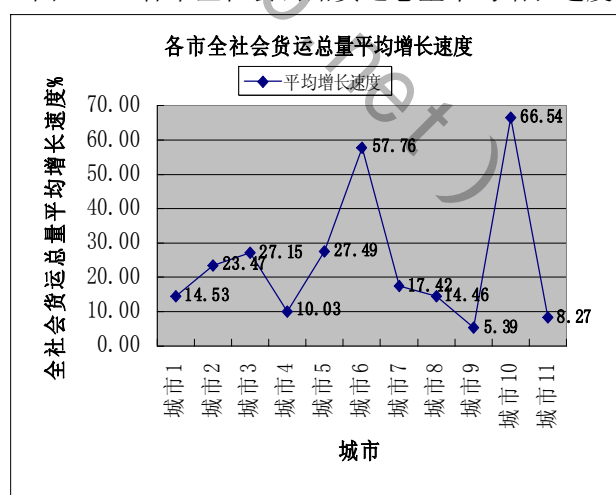
（2）城市 1、10、11 的全市公路运输旅客运输总量平均增长速度都大于 0，说明该市的公路运输业有一定的发展，指政府投资，因此未来五年公路运输投资资金在这三个市会有投资，其投资比例跟各市的发展状况决定；

（3）由表（4）和图（4）可以看出，城市 2、3、6、7、9 各市公路运输旅客运输总量平均增长速度都未负值，说明该市的公路运输业的发展呈负增长的趋势，公路运输业的发展状况较差，因此可以估计，公路运输投资资金在这些城市的投资比例会较小，甚至为 0。

#### 5. 各市全社会公路货运总量平均增长速度分析

表（5）：各市全社会公路货运总量平均增长速度 图（5）：各市全社会公路货运总量平均增长速度

城市	全社会公路货运总量平均增长速度（%）
城市 1	14.53
城市 2	23.47
城市 3	27.15
城市 4	10.03
城市 5	27.49
城市 6	57.76
城市 7	17.42
城市 8	14.46
城市 9	5.39
城市 10	66.54
城市 11	8.27



（1）由表（5）和图（5）可知，11 个市的全市公路货运总量都呈增长的趋势，其

中城市 6 和 10 的全市公路货运总量平均增长速度达到了 55%以上，说明城市 6 和城市 10 的公路货运发展状况很好，非常值得政府投资，因此可以估计未来五年公路运输投资资金在这两个市的投资比例会较大；

(2) 城市 1、2、3、4、5、7、8 的全市公路货运总量的平均增长速度在 10%~30% 之间，说明公路货运都在以一定的增长速度在发展，因此未来五年公路运输投资资金会在这些市中根据其相应的发展水平决定其投资比例；

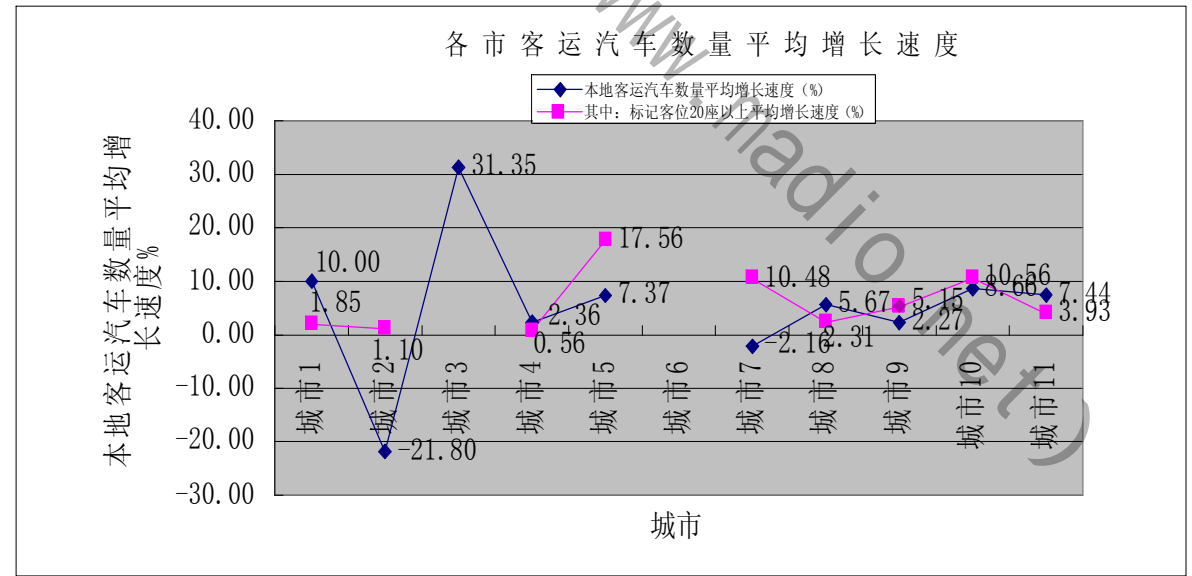
(3) 城市 9 和 11 的全市公路货运总量也有增长趋势，当相比其他城市而言，其增长较为缓慢，因此政府在未来五年公路运输投资资金比例中占相当小的一部分。

6. 各市客运汽车数量平均增长速度分析

表（6）：各市客运汽车数量平均增长速度表

城市	本地客运汽车数量平均增长速度（%）	其中：标记客位 20 座以上平均增长速度（%）
城市 1	10.00	1.85
城市 2	-21.80	1.10
城市 3	31.35	—
城市 4	2.36	0.56
城市 5	7.37	17.56
城市 6	—	—
城市 7	-2.16	10.48
城市 8	5.67	2.31
城市 9	2.27	5.15
城市 10	8.66	10.56
城市 11	7.44	3.93

图（6）：各市客运汽车数量平均增长速度



(1) 由表（6）和图（6）可以看出城市 3 的客运汽车数量的平均增长速度最高为 31.35%，明显高于其他各市，这说明该市的公路运输业发展较快，有很好的发展前景，值得政府加大投资，因此初步推断未来五年公路运输投资资金在该市的比例会较大；

(2) 从图中可以看出除了城市 2 和 7，其余各市的客运汽车数量的平均增长速度都显著大于 0，并且，结合标记客位 20 座以上的客运汽车数量平均增长速度都显著大于 0，说明这些市客运正趋于大型化，这说明这些市的公路运输业都在显著发展，都值得政府投资，投资比例根据城市公路运输业的发展状况决定。

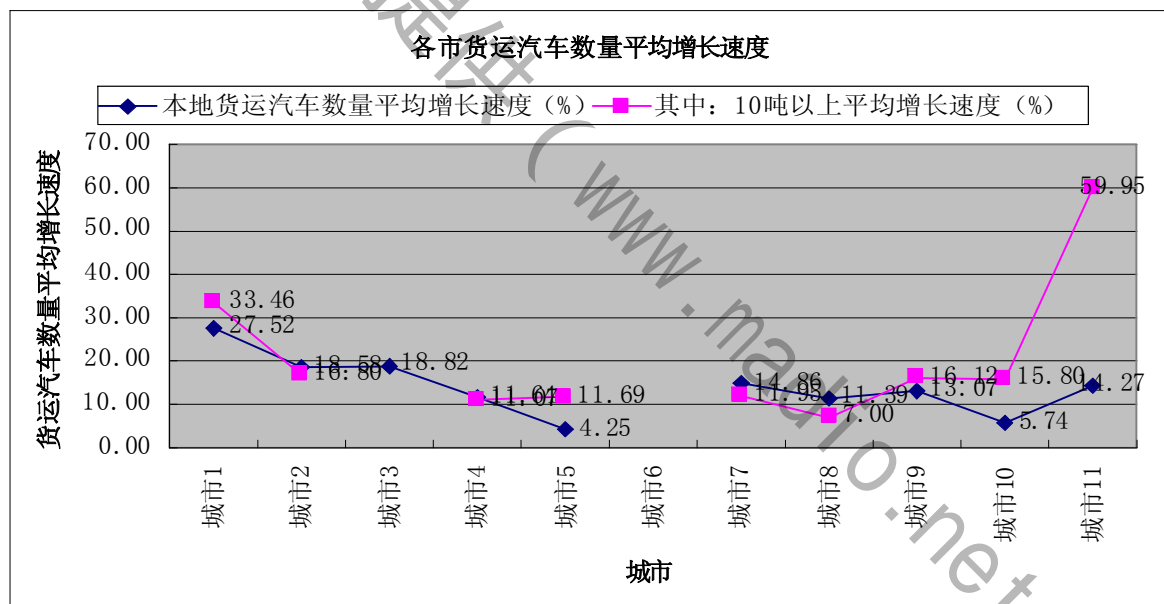
(3) 针对城市 2 和城市 7，其客运汽车数量的平均增长速度小于 0，说明 2007~2011 这五年来这两个市的公路运输业的发展不是太好，因此简单推断未来五年公路运输业投资资金在这两个市的分配比例会较小。

## 7. 各市货运汽车数量平均增长速度分析

表 (7)：各市货运汽车数量平均增长速度

城市	本地货运汽车数量平均增长速度 (%)	其中：10 吨以上平均增长速度 (%)
城市 1	27.52	33.46
城市 2	18.58	16.80
城市 3	18.82	—
城市 4	11.64	11.07
城市 5	4.25	11.69
城市 6	—	—
城市 7	14.86	11.95
城市 8	11.39	7.00
城市 9	13.07	16.12
城市 10	5.74	15.80
城市 11	14.27	59.95

图 (7)：各市货运汽车数量平均增长速度



(1) 从表 (7) 和图 (7) 中可以看出各市货运汽车数量平均增长速度都显著大于 0，这说明 2007~2011 年，这五年来公路运输业的发展状况都较好，其中城市 11 的货运汽车数量平均增长率明显高于其他各市，因此估计未来五年公路运输业的投资资金在该市的投资比例会相对较大；城市 1 会稍微逊色一些，但仍会占据相当的比例；

(2) 城市 2、3、4、7、8、9 的货运汽车数量平均增长速度都显著大于 0，并且根据 10 吨以上货运汽车数量的平均增长速度可以看出，各市的货运正趋于专业化，这说明各市的公路运输业的发展状况都较好，都值得政府投资，其具体的投资比例依据各市的发展状况具体分析；

(3) 城市 5 和城市 10 的货运汽车数量平均增长速度相比其他而言都较小，因此可以初步估计这两个市在公路运输业投资资金中所占的比例会较小。

总的来说，以上是我们从定性分析的角度，根据单个不同的指标，初步推断未来五

年公路运输业投资资金在各市投放比例。接下来我们将从定量分析的角度，根据多个指标，量化分析未来五年公路运输业投资资金在各市投放比例。

### 5.1.3 模型 I——弹性系数法预测模型

#### 1. 模型的思路

弹性系数法在对一个因素发展变化预测的基础上，通过弹性系数对另一个因素的发展变化做出预测的一种间接预测方法。经济社会的发展要求一定的基础设施建设，反之，公路运输业的发展状况取决于经济社会的发展程度。本文通过选取与公路运输影响 GDP 有关的各项指标对于地区生产总值 GDP 发展变化的弹性系数关系来预测各项指标在未来 5 年的预测值，具备一定的准确性和科学性，为下一步的模型分析提供数据基础。

弹性系数法预测模型思路流程：



#### 2. 模型的准备

##### (1) 确定相关预测指标

公路运输建设的标准及规模、建设的经济效益等取决于社会经济的发展程度以及社会发展对于公路交通的具体需求。因而通过分析该地区与公路运输影响 GDP 有关的各项社会经济指标能够较为全面反映该地区公路运输业的发展规模。因此，我们在附录：运输行业统计数据表的各项统计指标中，选取包括平均人口、农业产值、工业产值、农牧民人均纯收入、城镇居民可支配收入、等级公路通车里程、全社会旅客运输总量以及全社会公路货运总量 8 项指标进行数值的预测。

##### (2) 数据处理

数据的多少和正确性将直接决定预测的精度，因此，为一定程度上保持预测的准确性和数据的代表性，在各市县的统计表中将存在明显异常的数据剔除，且由于部分市县数据的缺失，因而通过运用 Excel 通过对与公路运输影响 GDP 有关的各项社会经济指标值汇总后平均再汇总的统计方法将各县的指标值汇总至市，以市为单位对各项指标进行预测分析。

#### 3. 模型的建立

建立弹性系数模型

$$y_t = y'_t(1+i)^t$$

$$i = E_s q = \frac{i'}{q} q$$

其中， $y_t$ ——预测对象  $y$  在时间  $t$  的预测值；

$y'_t$ ——预测对象  $y$  在当前时刻的值；

$E_s$ ——弹性系数；

$i'$ ——预测对象在过去一段时间的平均增长率；



$i$ ——预测对象在今后一段时间的平均增长率；

$q'$ ——类比变量在过去一段时间的品均增长率；

$q$ ——类比变量在今后一段时间的品均增长率；

#### 4. 模型的求解——以城市 1 全社会公路旅客运输总量和货运总量为例

通过附件：运输行业统计数据表可知，在 2007-2011 年中，该省城市 1 每年社会公路旅客运输总量和公路货运总量，通过运用 Excel 软件分析计算得知，该市 5 年间全社会公路旅客运输总量年平均增长率为 9.13%，全社会公路货运总量的年平均增长率为 14.79%，且五年间该市的地区生产总值的平均增长率达到 37.63%。此外，2012

该市共完成旅客运输总量 1247.77 万人，公路货运总量 870.66 万吨。通过分析公路客货运数量与地区生产总值增长率之间的关系，从而对该是今后几年公路客货运数量的发展趋势做出较为准确的预测。

按照弹性系数法预测模型，该市的公路客货运数量的情况为：

2012 年的公路旅客运输量为： $1247.77 \times (1 + \frac{9.13\%}{37.63\%} \times 8.00\%) \approx 1271.98$  (万人)

2012 年的货运量为： $870.66 \times (1 + \frac{14.79\%}{37.63\%} \times 8\%) \approx 897.99$  (万吨)

2013 年公路旅客运输量为： $1247.77 \times (1 + \frac{9.13\%}{37.63\%} \times 8.00\%)^2 \approx 1296.66$  (万人)

2013 货运量为： $870.66 \times (1 + \frac{14.79\%}{37.63\%} \times 8\%)^2 \approx 926.19$  (万吨)

据此可得该省城市 1 未来五年全社会公路旅客运输总量和货运总量预测值如下表所示：

表 5.1.1：未来五年全社会公路旅客运输总量和货运总量预测值

年份	2012	2013	2014	2015	2016
预测指标					
全社会公路旅客运输总量	1271.98	1296.66	1321.82	1347.47	1373.62
全社会公路货运总量	897.99	926.19	955.26	985.25	1016.19

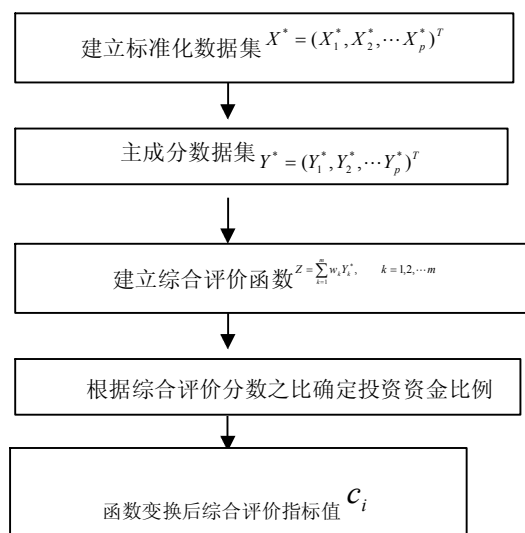
由此类推，即可得到该省各市与公路运输影响 GDP 有关的各项指标在未来五年内每年的预测值，包括平均人口、农业产值、工业产值、农牧民人均纯收入、城镇居民可支配收入、等级公路通车里程、全社会旅客运输总量以及全社会公路货运总量等 8 项指标预测值（见附录 1）。

#### 5.1.4 模型 II——主成分分析法模型

##### 1. 模型的思路

主成分分析法的主要思想是一种把多个变量划分为少数几个综合指标的多元统计指标方法，其目标就是对高维变量空间进行降维处理，以使原来的多个变量达到最佳综合简化。即在保证数据信息损失最小的前提下，经线性变换和舍弃一小部分信息，以少数的综合变量取代原始采用的多维变量。本文通过运用主成分分析法模型确定该省各市公路运输业对于国内生产总值 GDP 的综合贡献率的大小，通过进一步的比较从而确定各市对公路运输投资资金的投放比例。

主成分分析法的思路流程图：



## 2. 模型的准备

(1) 研究问题选取指标和数据。

根据附录 2：运输行业统计数据表的相关内容，本文选取了影响公路运输对国内生产总值 GDP 增长的 8 个指标： $X_1$  为平均人口， $X_2$  为地区生产总值的农业生产； $X_3$  为地区生产总值中的工业产值； $X_4$  为农牧民人均纯收入； $X_5$  城镇居民可支配收入； $X_6$  为等级公路通车里程； $X_7$  为全社会公路旅客公路总量； $X_8$  为全社会公路货运总量。由模型 I 我们已知未来五年影响公路运输对国内生产总值 GDP 增长的各指标预测值数据见附录 3。

(2) 数据的标准化处理。

由于不同的变量有不同的量纲，不同的量纲会引起个变量取值的分散程度差异较大，使得总体方差主要受方差较大的变量控制。为使主成分分析能够带均等对待每一个原始变量  $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ ，消除由于量纲不同可能带来的影响，我们采用变量标准化的方法，即：

$$X_i^* = \frac{X_i - \mu_i}{\sqrt{\text{Var}(X_i)}}, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

将该省未来五年每年 8 项指标都进行标准化处理，得到处理后的结果见附录 2。

## 3. 模型的建立

(1) 定义研究指标数集。

设影响该省公路运输业对于国内生产总值 GDP 贡献率的  $P$  个指标项，记为

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_p),$$

其均值和协方差矩阵分别为：

$$\mu = E(X)$$

$$\Sigma = (\sigma_{ij})_{p \times p} = E[(X - E(X))(X - E(X))^T]$$

各项指标标准化处理后的变量记为

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_p^*)^T$$

(2) 计算数据表中各经济指标标准化处理后的变量  $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_p^*)^T$  的协方差矩阵  $R$ 。

$$R = E(X_i^*, X_j^*) = \frac{\text{Cov}(X_i^*, X_j^*)}{\sqrt{\text{Var}(X_i^*)} \sqrt{\text{Var}(X_j^*)}} = \frac{\text{Cov}(X_i^*, X_j^*)}{\sigma_i \sigma_j},$$

(3) 计算主成分  $Y_i^*$ 。

$$\begin{cases} Y_1^* = t_{11}X_1^* + t_{12}X_2^* + \dots + t_{1p}X_p^* = T_1^T X^* \\ Y_2^* = t_{21}X_1^* + t_{22}X_2^* + \dots + t_{2p}X_p^* = T_2^T X^* \\ \dots\dots\dots \\ Y_p^* = t_{p1}X_1^* + t_{p2}X_2^* + \dots + t_{pp}X_p^* = T_p^T X^* \end{cases}$$

其中,  $Y^* = (Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_p^*)^T$ ,  $T = (T_1, T_2, \dots, T_p)$ ,

$$\text{Var}(Y_i^*) = \text{Var}(T_i^T X^*) = T_i^T \text{Var}(X^*) T_i^{TT} = T_i^T R T_i, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{Cov}(Y_i^*, Y_j^*) = \text{Cov}(T_i^T X^*, T_j^T X^*) = T_i^T \text{Cov}(X^*, X^*) T_j^{TT} = T_i^T R T_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, p, i \neq j$$

确定  $R$  的特征值  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p \geq 0$  及相应的正交单位特征向量  $e_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ip})^T$ 。

对于约束条件

$$T_i^T T_i = 1$$

$$\text{Cov}(Y_i^*, Y_j^*) = T_i^T R T_j = 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, p, i \neq j$$

即在  $Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_p^*$  相互独立的情况下, 求  $T_i$  使得  $\text{Var}(Y_i^*)$  达到最大值, 由此所确定的

$Y_i^* = T_i^T X^*$  称为  $X_1^*, X_2^*, \dots, X_p^*$  的第  $i$  个主成分。

则  $X_i^*$  的第  $i$  个主成分  $Y_i^*$  可表示为:

$$\begin{aligned} Y_i &= e_i^T X^* = e_{i1}X_1^* + e_{i2}X_2^* + \dots + e_{ip}X_p^* \\ &= e_{i1} \frac{X_1 - \mu_1}{\sqrt{\sigma_{11}}} + e_{i2} \frac{X_2 - \mu_2}{\sqrt{\sigma_{22}}} + \dots + e_{ip} \frac{X_p - \mu_p}{\sqrt{\sigma_{pp}}}, \quad i = 1, 2, \dots, p \end{aligned}$$

对于主成分  $Y_i^*$  满足:



$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i^*) &= \sum_{i=1}^p \lambda_i = \sum_{i=1}^p \text{Var}(X_i^*) = p, \\ \text{Var}(Y_i^*) &= e_i^T \text{Re}_i = \lambda_i \quad i = 1, 2, \dots, p \\ \text{Cov}(Y_i^*, Y_j^*) &= e_i^T \text{Re}_j = 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, p, i \neq j\end{aligned}$$

(4) 确定主成分  $Y_i^*$  的个数  $m$

前  $m$  个主成分的累计贡献率为  $E = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i}$ , 表明前  $m$  个主成分  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  综合提供经

济指标变量  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , 中信息的能力, 一般取当  $E > 85\%$  时的最小  $m$ , 则主成分量可表示为:

$$Y_k = \sum_{i=1}^p e_i X_i^*, \quad k = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, p.$$

(5) 确定主成分权重系数  $w_k$

$$w_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

(6) 确定综合评价函数  $Z$

$$Z = \sum_{k=1}^m w_k Y_k^*, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

(7) 综合分析“归一化”处理, 以确定投资资金比例  
通过函数变换将各城市综合评价得分压缩到  $[0, 1]$  之间:

$$C_i = \frac{z_i - \min z}{\max z - \min z}, (i = 1, 2, \dots, p)$$

根据变换后的综合评价指标值  $C_i$  的大小, 进行“标准归一化”处理后, 即可得到各市交通影响公路运输业对于国内生产总值 GDP 贡献率的综合评价分数之比, 并依据此比例确定该省投资资金比例。

#### 4. 模型的求解——以 2012 年该省各市各项经济指标分析为例

(1) 利用 SAS 软件进行主成分分析, 操作步骤如下:

①在 Analysis 中打开数据集 Gdp.xydj (即含该省 2021 年各项经济指标的预测值);

②选择菜单 Statistics (统计) → Multivariate (多元分析) → Principal Componets (主量分析), 弹出 Principal Componets 对话框, 输入相关主成分分析变量

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ ;

③单击 Statistics (统计)，打开”Principal Componets: Statistics”对话框，在”#of components”中指定 4 个主成分个数；

④单击”Save Data”，打开”Principal Componets: Save Data”对话框，选择储存数据”Creat and save scores data”；

⑤单击”Plots”，打开”Principal Componets: Plots”对话框，设置图形输出，在选项卡”Scree Plot”中选择”Create scree plot”，在选项卡”Component Plot”选项卡中选择”Create component Plot”；

⑥单击”OK”即可得到数据分析结果：简单统计量，相关系数矩阵，相关系数矩阵的特征值以及相关系数矩阵的特征量。

(2) 主成分结果分析：

表 5.1.2 2012 年该省各市影响公路运输业对 GDP 贡献率的各项指标值

城市	平均人口	其中农业产值	工业产值	农牧民人均纯收入	城镇居民可支配收入	等级公路通车里程	全社会公路旅客运输总量	全社会公路货运总量
1	185786.08	181988.56	1482939.11	29434.81	67278.10	8714.51	1271.98	897.99
2	1655930.97	1404418.60	3912087.18	10037.67	17143.05	16179.65	173206.64	1402451.88
3	221.40	150.80	4002.89	10490.29	30951.44	5872.64	167347.86	6209883.89
4	9230607.74	4814600.80	21040885.36	89011.70	205681.40	32645.64	717125.54	287801.77
5	4230928.16	1215387.88	32988157.08	71511.23	232209.17	16458.70	4535948.86	133427815.45
6	1152438.75	517621.19	9658017.28	49124.52	145493.57	3059.86	26150.14	1567541.76
7	2702874.06	4077916.79	11870877.97	137159.62	236466.42	2553.72	710863.79	1392191.44
8	3068894.07	3058959.13	11396547.17	75584.81	140488.71	15277.35	8769183.29	10449131.23
9	2527957.15	817942.09	5787343.17	44746.00	176757.44	9860.84	22585055.74	33142690.93
10	338748.70	326265.34	3737436.97	52430.04	78802.98	5737.80	646912.67	35425095.13
11	1676060.49	1058941.79	1108348.15	29264.73	79260.09	9195.83	57937.80	213883.32

表 5.1.3 2012 年该省各市各指标数据中心化以后的结果

城市	平均人口	其中农业产值	工业产值	农牧民人均纯收入	城镇居民可支配收入	等级公路通车里程	全社会公路旅客运输总量	全社会公路货运总量
1	-0.861	-0.855	-0.789	-0.667	-0.776	-0.314	-0.506	-0.512
2	-0.298	-0.112	-0.546	-1.184	-1.414	0.554	-0.481	-0.476
3	-0.933	-0.966	-0.937	-1.172	-1.239	-0.644	-0.482	-0.355
4	2.605	1.961	1.170	0.922	0.986	2.469	-0.402	-0.504
5	0.689	-0.227	2.366	0.455	1.324	0.587	0.152	2.848
6	-0.491	-0.651	0.030	-0.142	0.220	-0.971	-0.503	-0.472
7	0.103	1.513	0.251	2.206	1.378	-1.030	-0.403	-0.477
8	0.243	0.894	0.204	0.564	0.156	0.449	0.766	-0.249
9	0.036	-0.469	-0.358	-0.258	0.618	-0.181	2.770	0.323
10	-0.803	-0.767	-0.563	-0.053	-0.629	-0.660	-0.413	0.380
11	-0.290	-0.322	-0.827	-0.671	-0.623	-0.258	-0.498	-0.506

表 5.1.4：相关系数矩阵  $R$ 

		Correlation Matrix							
		_COL1	_COL2	_COL3	_COL4	_COL5	_COL6	_COL7	_COL8
_COL1	平均人口	1.0000	0.8009	0.7133	0.5398	0.6506	0.8618	0.1053	0.1537
_COL2	其中农业产值	0.8009	1.0000	0.4807	0.7852	0.6128	0.5686	-0.0291	-0.1718
_COL3	工业产值	0.7133	0.4807	1.0000	0.5768	0.7864	0.5278	0.0694	0.7051
_COL4	农牧民人均纯收入	0.5398	0.7852	0.5768	1.0000	0.8544	0.1225	0.0424	0.1265
_COL5	城镇居民可支配收入	0.6506	0.6128	0.7864	0.8544	1.0000	0.2370	0.3210	0.4261
_COL6	等级公路通车里程	0.8618	0.5686	0.5278	0.1225	0.2370	1.0000	0.0447	0.1210
_COL7	全社会公路旅客运输总量	0.1053	-0.0291	0.0694	0.0424	0.3210	0.0447	1.0000	0.2524
_COL8	全社会公路货运总量	0.1537	-0.1718	0.7051	0.1265	0.4261	0.1210	0.2524	1.0000

由各指标之间的相关系数矩阵可以看出，

①平均人口数对等级公路通车里程的相关系数高达 0.8618，说明人口数对公路运输业的发展起到主导型的作用；此外，全社会公路货运总量与工业产值的相关系数达 0.7051，可见该市工业发展水平对公路运输业的发展起到显著作用；

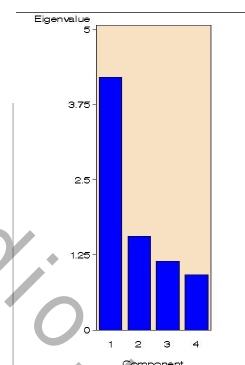
②农牧民纯收入和城镇居民可支配收入与农业产值和工业产值相关系数均较高，说明农业产值和工业产值对农牧民纯收入和城镇居民可支配收入起着主要性作用；

综合①，②两点来看，人口数对各指标值的影响最为显著，其次，工业和农业的发达一定程度上和该市客货公路运输的发展相辅相成，且影响力扩散到地区城镇居民收入水平。

表 5.1.5 相关系数矩阵的特征值

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.20262868	2.64098267	0.5253	0.5253
2	1.56164601	0.41623082	0.1952	0.7205
3	1.14541519	0.22795165	0.1432	0.8637
4	0.91746354		0.1147	0.9784

图 5.1.1 前四个特征值的“碎石图”



由图可知，直观地可知第一主成分明显大于其他主成分，说明第一主成分代表各指标值大部分概括信息。

由定义可知，相关系数矩阵的特征值即个主成分的方差，由表显示可知，第一主成分的方差贡献率为 52.53%，第二主成分的方差贡献率为 19.52%，第三成分的方差贡献率为 14.32%。前三个主成分的累计贡献率为 86.37% > 85%，因此，对第四主成分以后的主成分可忽略不计，用前三个主成分  $Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*$  可以较高水平的概括这组数据。

表 5.1.6 相关系数矩阵的特征值向量

		Eigenvectors			
		Prin1	Prin2	Prin3	Prin4
_COL1	平均人口	0.440805	-.204783	0.270094	0.111503
_COL2	其中农业产值	0.394634	-.415097	-.165794	0.096912
_COL3	工业产值	0.425448	0.260140	0.145498	-.310050
_COL4	农牧民人均纯收入	0.382255	-.070199	-.553781	-.090206
_COL5	城镇居民人均可支配收入	0.427941	0.204719	-.333597	0.040494
_COL6	等级公路通车里程	0.313266	-.242575	0.642493	0.127423
_COL7	全社会公路旅客运输总量	0.086990	0.407771	-.026459	0.876703
_COL8	全社会公路货运总量	0.184376	0.667929	0.216641	-.295672

根据特征值对应的特征向量，由此可得主成分的表达式：

$$Y_1^* = 0.44X_1^* + 0.39X_2^* + 0.43X_3^* + 0.38X_4^* + 0.43X_5^* + 0.31X_6^* + 0.09X_7^* + 0.18X_8^*$$

$$Y_2^* = -0.20X_1^* - 0.42X_2^* + 0.26X_3^* - 0.07X_4^* + 0.20X_5^* - 0.24X_6^* + 0.41X_7^* + 0.67X_8^*$$

$$Y_3^* = 0.27X_1^* - 0.17X_2^* + 0.15X_3^* - 0.55X_4^* - 0.33X_5^* + 0.64X_6^* - 0.03X_7^* + 0.22X_8^*$$

由定义可计算出各主成分的权重系数为：

$$w_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

即  $w = (w_1, w_2, w_3) = (0.61, 0.23, 0.17)$ ，进一步可计算出该省 2012 年各市影响公路运输对 GDP 的贡献率各项指标的综合得分：

$$Z = \sum_{k=1}^m w_k Y_k^*, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

以及经过函数变换和标准归一化处理后的综合评价得分  $C$  及其比重。

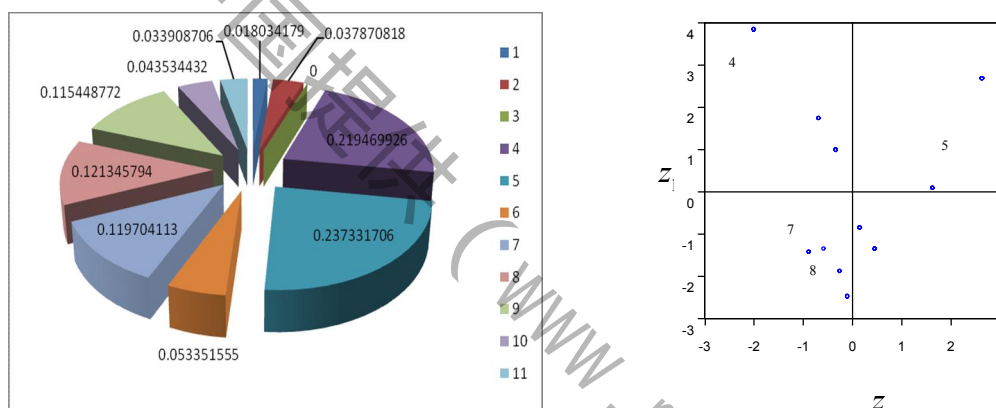
表 5.1.7 2012 年该省各项指标综合评价结果

城市编号	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$Z$
1	-1.8767234	-0.258285	0.123206922	-0.241050511
2	-1.4217372	-0.88986	1.25156181	-0.036809778
3	-2.47834233	-0.101196	0.355744581	-0.25439271
4	3.83985867	-2.005117	1.196406959	0.194816158
5	2.6833621	2.6300278	0.864041224	-1.298256683
6	-0.85606249	0.1485763	-0.72835179	-0.531825144
7	1.737117612	-0.68957	-2.622218856	-0.406376324
8	0.990786881	-0.338152	-0.202706748	0.809131628
9	0.088205822	1.6277447	-0.147067239	2.428404558
10	-1.35881081	0.4570493	-0.262741136	-0.570922158
11	-1.34765463	-0.581219	0.172126159	-0.092718731

表 5.1.8 各城市综合评价得分、排名以及比重见表

城市编号	综合得分 $Z$	标准化得分 $C$	名次	投资资金比例
5	2.369720376	0.075987228	1	0.237332
4	2.080643276	0.159569147	2	0.21947
8	0.492591111	0	3	0.121346
7	0.466021951	0.924739172	4	0.119704
9	0.397153032	1	5	0.115449
6	-0.607835427	0.224797418	6	0.053352
10	-0.766716874	0.504374718	7	0.043534
2	-0.858377445	0.511291963	8	0.037871
11	-0.922500709	0.486444789	9	0.033909
1	-1.179415883	0.183432851	10	0.018034
3	-1.47128309	0.142874742	11	0

图 5.1.2 2012 年该省公路运输投资资金在各市的分配比例图



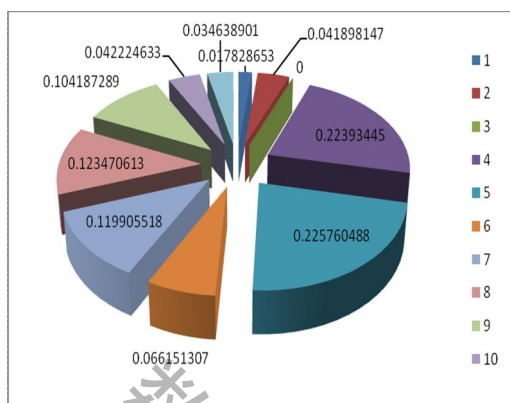
根据主成分分析方法模型，以此类推，分别得到该省 2013、2014、2015、2016 年公路运输投资资金的比例，见汇总表表 5.1.8 和图 5.1.2

表 5.1.10 该省未来五年公路运输投资资金比例汇总

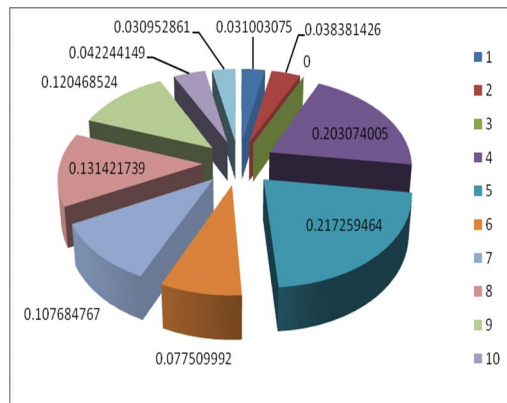
城市编号	2012	2013	2014	2015	2016
1	0.018034	0.017829	0.031003	0.014546	0.013508
2	0.037871	0.041898	0.038381	0.034302	0.026191
3	0	0	0	0	0
4	0.21947	0.223934	0.203074	0.191785	0.175507
5	0.237332	0.22576	0.217259	0.221372	0.224125
6	0.053352	0.066151	0.07751	0.101565	0.136561
7	0.119704	0.119906	0.107685	0.11009	0.113
8	0.121346	0.123471	0.131422	0.133676	0.123937
9	0.115449	0.104187	0.120469	0.114896	0.103262
10	0.043534	0.042225	0.042244	0.048345	0.056261
11	0.033909	0.034639	0.030953	0.029422	0.027649

图 5.1.3 该省未来五年公路运输资金比例图

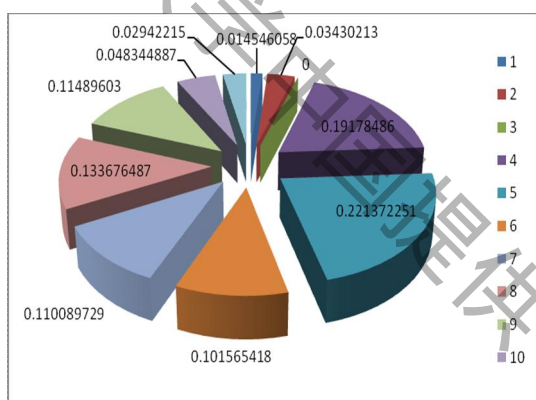
2013 年公路运输投资资金在各市的分配比例



2014 年公路运输投资资金在各市的分配比例



2015 年公路运输投资资金在各市的分配比例



2016 年公路运输投资资金在各市的分配比例

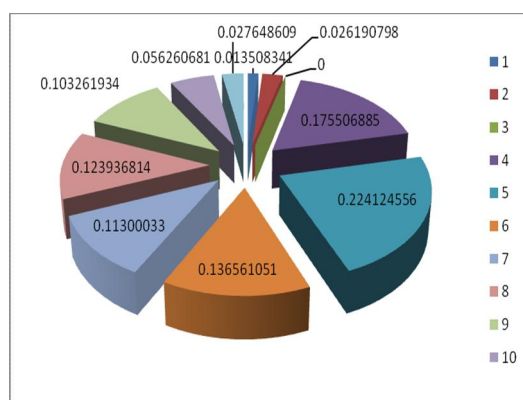
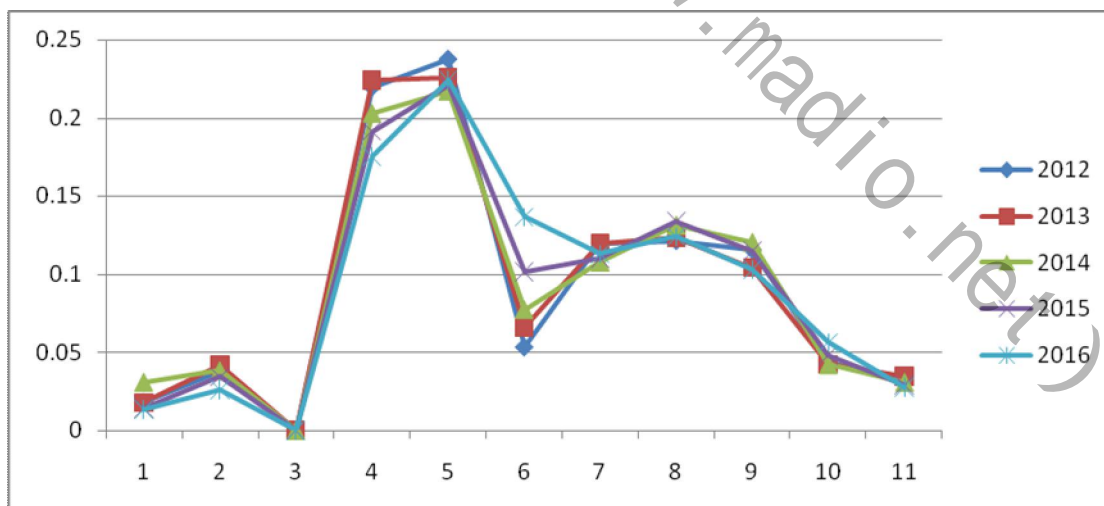


图 5.1.4 该省未来五年各城市公路运输资金比例趋势图



## 5.2 问题二的分析与求解

### 5.2.1 问题的分析

首先对问题中的模型 I 的结果进行修正，在模型 I——类比生产函数模型的求解过程中，我们根据附件 3 中的该省主要城市的公路运输统计数据整理并进行无量纲化和弹性系数法预测，得到了 2007~2016 年 10 年的该省地区生产总值，道路运输从业人员，等级公路通车里程及公路运输业车辆投入数量，然后将这些数据代入模型 I 得到相应结

果，这即为对模型 I 中的计算结果进行修正；

然后基于主成分的多元线性回归模型对问题 1 结果的修正，在对问题 3 的分析中，我们通过运用主成分分析法的模型求解得到各项经济社会指标影响公路运输业对国内生产总值 GDP 贡献率，并将影响公路运输业对国内生产总值 GDP 贡献率的各项经济社会指标进行排序依次为等级公路通车里程、平均人口、农业产值、工业产值、全社会公路旅客运输总量、城镇居民可支配收入、农牧民人均纯收入、全社会公路货运总量，然后根据这些贡献率分析公路运输业对 GDP 的影响，即为对问题 1 中的结果的修正。

### 5.2.1 模型的修正

#### 1. 针对问题 1 中模型 I 的修正：

##### (1) 修正的过程及结果

在问题 1 的求解过程中，我们建立了类比生产函数模型，其模型的基本原理及模型的建立，在此不再赘述。之前对于模型的求解过程，在问题一中是以全国 1996~2011 年数据为例进行模型的求解，只能说明全社会固定资产投资，全社会职工人数，公路里程对全国 GDP 的影响，以此来近似代替该省全社会固定资产投资，全社会职工人数，公路里程对该省 GDP 的影响，而不能准确地说明问题。因此，在附件 3 中给出了该省的相关数据，我们对这些数据进行整理并根据这些整理后的数据预测未来五年的相关数据(见表 5.2.1)。接下来我们根据表 5.2.1 中的数据对问题 1 中模型 I 的结果进行修正，修正过程流程图和结果如下所示。

修正过程思路流程图：

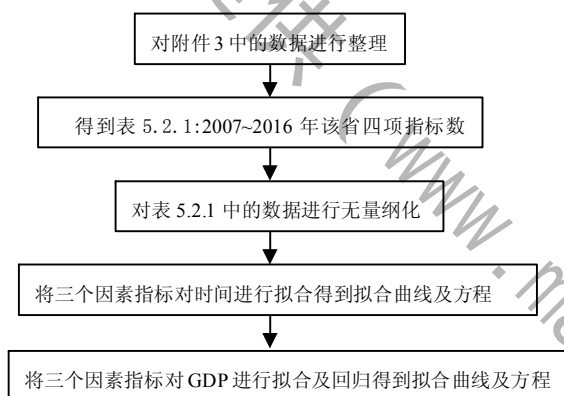


表 5.2.1:2007~2016 年该省四项指标数据

年份	地区生产总值 (万元)	道路运输从业人员 (人)	等级公路通车里程 (公里)	公路运输业车辆投入 (辆)
t	Y	X1	X2	X3
2007	63171548.80	455885.40	88335.74	359786.53
2008	83430351.14	463697.53	98988.93	420218.80
2009	103886713.09	493043.05	104011.15	493043.94
2010	124149022.37	535386.06	116126.80	607934.33
2011	155239492.40	559954.30	121856.52	708610.10
2012	195809425.48	598956.98	133100.08	859368.65
2013	247393966.73	642388.49	145791.96	1049519.67

2014	313096670.15	690813.44	160166.34	1290252.82
2015	396927594.47	744878.41	176500.50	1596088.42
2016	504077494.82	805325.70	195123.40	1985890.72

表 5.2.2：无量纲化后的数据

年份	地区生产总值	道路运输从业人员	等级公路通车里程	公路运输业车辆投入
t	Y	X1	X2	X3
2007	0.29	0.76	0.66	0.38
2008	0.38	0.77	0.74	0.45
2009	0.47	0.82	0.78	0.53
2010	0.57	0.89	0.87	0.65
2011	0.71	0.93	0.91	0.76
2012	0.90	1.00	0.99	0.92
2013	1.13	1.07	1.09	1.12
2014	1.43	1.15	1.20	1.38
2015	1.81	1.24	1.32	1.70
2016	2.30	1.34	1.46	2.12

## ①三个因素对时间的拟合

由表（1）中数据，经多次统计分析，利用 EViews 软件分析得到各变量的拟合方程及拟合曲线，具体方程和曲线如下所示：

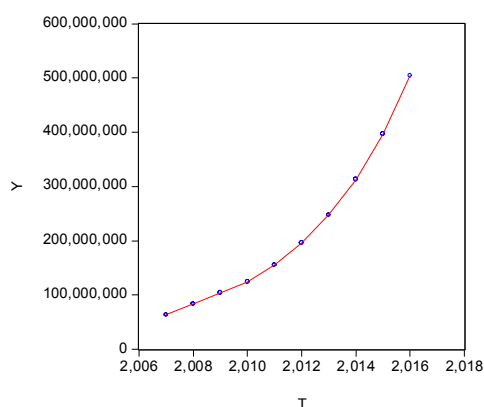
该省 GDP 拟合方程为： $Y = e^{0.2268t-437.2692}$

道路运输从业人员拟合方程为： $X_1 = e^{0.0651t-117.6363}$

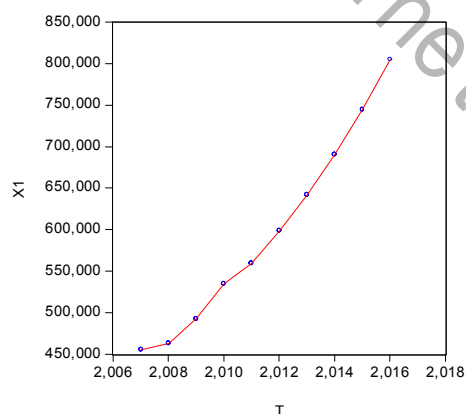
等级公路通车里程拟合方程为： $X_2 = e^{0.0855t-160.24}$

公路运输业车辆投入拟合方程为： $X_3 = e^{0.19t-3686714}$

下图，图（1）～图（4）分别为各变量的拟合曲线，实线为实际数据点折线图，虚线为拟合曲线。



图（1）GDP 的拟合曲线



图（2）道路运输从业人员的拟合曲线



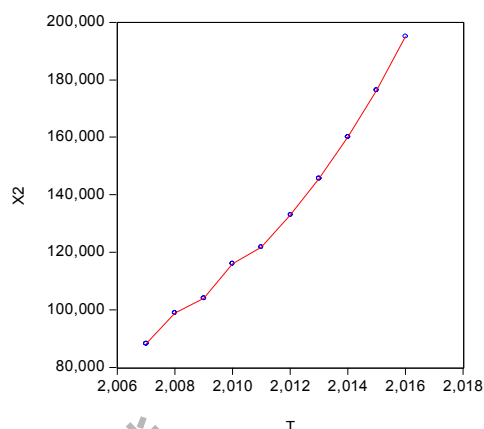


图 (3) 等级公路里程的拟合曲线

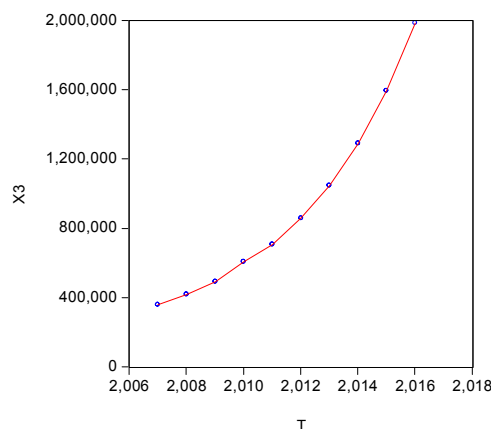


图 (4) 公路运输车辆投入的拟合曲线

### ②三种因素对 GDP 的拟合及回归

根据表 (2) 中数据，首先利用 EViews 软件分别对道路运输从业人员，等级公路通车里程，公路运输业车辆投入对地区生产总值进行拟合，然后再对道路运输从业人员，等级公路通车里程，公路运输业车辆投入对地区生产总值进行多元回归分析，结果如下所示：

公路运输从业人员数量对 GDP 的拟合方程： $Y = e^{3.3932x_1 - 3.589}$ ；

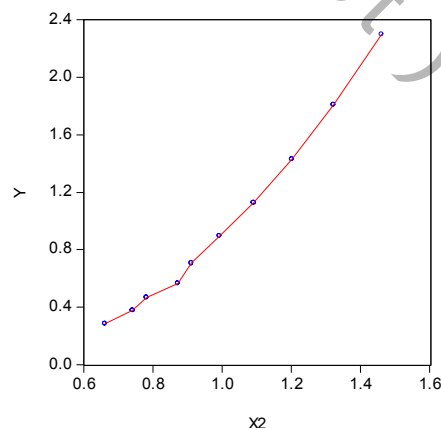
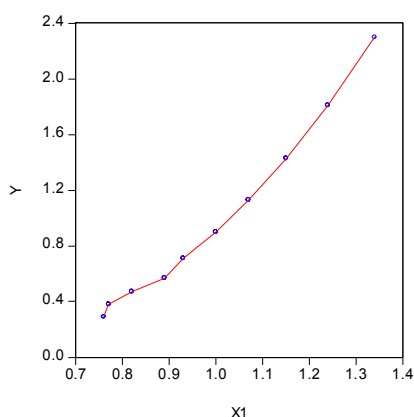
等级公路里程对 GDP 的拟合方程： $Y = e^{2.591x_2 - 2.802}$ ；

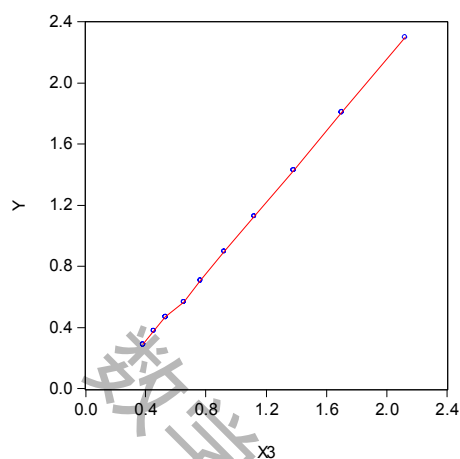
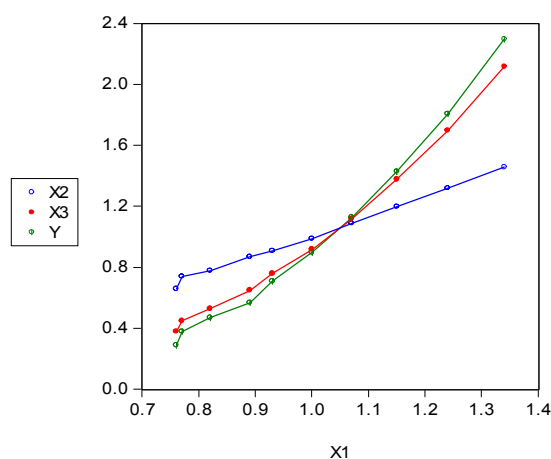
公路运输车辆投入对 GDP 的拟合方程： $Y = 1.1544x_3 - 0.157$

道路运输从业人员数量，等级公路里程，公路运输车辆投入对 GDP 的多元回归方程：

$$Y = e^{1.823x_1 + 3.923x_2 - 1.246x_3 - 4.708}$$

下图，图 (5) ~图 (8) 分别为道路运输从业人员数量对 GDP 的拟合曲线，等级公路里程对 GDP 的拟合曲线，公路运输车辆投入对 GDP 的拟合曲线道路运输从业人员数量，等级公路通车里程以及公路运输车辆投入对 GDP 的回归曲线。



图（5）道路运输从业人员数量  
对 GDP 的拟合曲线图（6）等级公路里程  
对 GDP 的拟合曲线图（7）公路运输车辆投入  
对 GDP 的拟合曲线

图（8）对 GDP 的回归曲线

利用 EViews 软件得到的道路运输从业人员数量以及等级公路里程，公路运输车辆投入对 GDP 的回归分析如下所示：

Dependent Variable: LOG(Y)

Method: Least Squares

Date: 05/19/13 Time: 16:03

Sample: 2007 2016

Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4.708218	0.426605	-11.03649	0.0000
X1	1.823520	1.264166	1.442468	0.1993
X2	3.923178	1.059800	3.701810	0.0101
X3	-1.246042	0.235314	-5.295227	0.0018
R-squared	0.996313	Mean dependent var		-0.206432
Adjusted R-squared	0.994469	S.D. dependent var		0.686819
S.E. of regression	0.051080	Akaike info criterion		-2.821676
Sum squared resid	0.015655	Schwarz criterion		-2.700642
Log likelihood	18.10838	Hannan-Quinn criter.		-2.954450
F-statistic	540.3830	Durbin-Watson stat		2.757465
Prob(F-statistic)	0.000000			

## （2）修正的理由

### ①数据的选择

问题 1 中模型 I 求解过程中使用的数据是我们在网上查到的关于全国的数据，不能近似代表该省的具体情况，以此计算得到的 GDP 与道路运输从业人员数量，等级公路通车里程，公路运输车辆投入的相互影响不具代表性。因此，我们根据附件三中的数据整理得到该省的相关数据，并依据这些整理后的数据进一步具体客观地分析 GDP 与道路运输从业人员数量，等级公路通车里程，公路运输车辆投入的相互关系，这样得到的结果才具有代表性；

### ②数据的无量纲化

在计算 GDP 与道路运输从业人员数量，等级公路通车里程，公路运输车辆投入的相互关系时，各项数据都有其计量单位，如果直接带入计算，没有统一的计量标准，无法准确的判断其与 GDP 的相关关系，因此要将数据无量纲化处理；

### ③指标的选择

我们将全社会职工人数，固定资产投资更换为道路运输从业人数和公路运输车辆的投入，问题主要是分析公路运输业对 GDP 的影响，道路运输从业人数，公路运输车辆的投入都是公路运输行业的数据，根据这些数据进行计算，得到的结果更能直接说明公路运输业对 GDP 的影响；

### ④回归拟合

这里，我们不仅将等级公路通车里程对 GDP 进行了拟合，同时将道路运输从业人员和公路运输车辆的投入对 GDP 进行了拟合回归，并且还进行了多元统计回归分析，这样就能分别说明三个指标对 GDP 的影响，而且又综合地分析了 GDP 与道路运输从业人员数量，等级公路通车里程，公路运输车辆投入的相互关系，这样得到的结果更加说服力。

## 2. 基于主成分的多元线性回归模型对问题 1 结果的修正

### (1) 模型的准备

①在对问题 3 的分析中，我们通过运用主成分分析法的模型将影响公路运输业对国内生产总值 GDP 贡献率的各项经济社会指标  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  所含的信息，以三大主成分  $Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*$  综合概括，从而反映出不同该省不同城市的社会经济发展状况。

②数据处理：由问题 3 的分析我们可以看出，该省编号为 3 的城市由于所包含的样本信息容量过小，导致分析结果存在一定的偏差，投资比例几乎接近于 0，为一定程度上保证主成分回归的准确性，我们对城市样本进行简单筛选，剔除城市 3 以确保分析的严谨性。

### (2) 模型的建立

关于各主成分对该省各城市国内生产总值 GDP 的影响，根据分析，建立以下主成分回归模型：

$$GDP = \beta_0 + \beta_1 Y_1^* + \beta_2 Y_2^* + \beta_3 Y_3^* + \mu$$

### (3) 模型的求解

①通过运用软件 Eviews 进行模型的求解，操作步骤如下：

a. 建立数据集：打开 Eviews，单击 File，选择 New，打开 Workfile，Workfile structure type 选择 Unstructured/Undated，且在 Observation 中输入样本容量 10，点击 OK 完成；

b. 输入数据：依次建立 Object，Type Of Object 选择 Series-Name for object 输入 GDP 或 y1、y2、y3，然后建立 Group，使其处于编辑状态，然后输入统计数据；

c. 统计分析：点击菜单中 Quick，选择 Estimate Equation, 在弹出的 Equation Estimation 对话框中的 Equation Specification 一栏中依次输入 GDP y1、y2、y3，在 Estimation Settings 的 Method 中选择最小二乘：LS-Least Squares, 在 Sample 中输入样本容量 1-10。

EvIEWS 输出结果如下所示：

多元回归结果

Dependent Variable: GDP

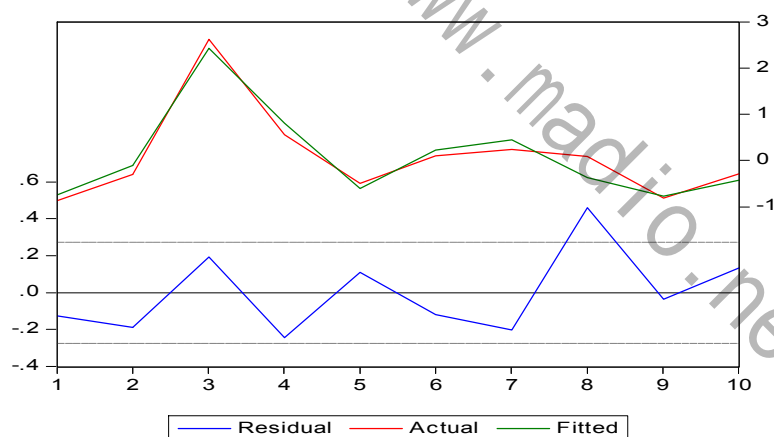
Method: Least Squares

Date: 05/19/13 Time: 17:01

Sample: 1 10

Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.003825	0.086951	-0.043990	0.9663
Y1	0.438558	0.045916	9.551214	0.0001
Y2	-0.222746	0.068959	-3.230103	0.0179
Y3	0.260448	0.081070	3.212630	0.0183
R-squared	0.950768	Mean dependent var	0.093345	
Adjusted R-squared	0.926152	S.D. dependent var	1.002305	
S.E. of regression	0.272376	Akaike info criterion	0.525908	
Sum squared resid	0.445132	Schwarz criterion	0.646942	
Log likelihood	1.370459	F-statistic	38.62401	
Durbin-Watson stat	2.771233	Prob(F-statistic)	0.000256	



观测值、拟合值与残差图

因此，我们得到回归方程如下：

$$GDP = -0.003825 + 0.438558Y_1^* - 0.222746Y_2^* + 0.260448Y_3^*$$

(-0.0440)      (9.5512)      (-3.2301)      (3.2126)

$$R^2 = 0.9261$$

$$D.W. = 2.7712$$

$$F = 38.62$$

$$RSS = 0.4451$$

从回归结果来看，模型模拟效果较好， $R^2 = 0.9261$  表明社会发展指标对于 GDP 的贡献变化的 92.61% 可由主成分  $Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*$  的变化来解释。从斜率项的  $t$  值检验来看，各主成分的  $|t|$  均大于 5% 显著性水平下自由度为  $n-3=8$  的临界值  $t_{\frac{\alpha}{2}}(7) = 2.365$ 。

②利用相关系数矩阵的特征值，将主成分  $Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*$  与各项指标变量

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  之间的关系带入主成分回归模型中，即得：

$$GDP = -0.003825 + 0.3092X_1^* + 0.2224X_2^* + 0.1665X_3^* + 0.0390X_4^* + 0.0552X_5^* + 0.3588X_6^* - 0.0596X_7^* - 0.0115X_8^*$$

根据回归结果的分析与解释对问题 1 结果的修正：

根据多元回归方程，各指标对 2012 年该省 GDP 的贡献排序依次为等级公路通车里程、平均人口、农业产值、工业产值、全社会公路旅客运输总量、城镇居民可支配收入、农牧民人均纯收入、全社会公路货运总量。

a. 等级公路里程及等级公路的长度，其作为公路运输业最主要的决定因素，在回归方程中对 GDP 增长的影响是比较显著的。主要原因是等级公路的长度直接影响其公路运输费用即公路运输收入，等级公路里程的增加，必然引起公路运输收入显著的增加，此外，也说明等级公路通车里程还未达到饱和的状态，仍可继续加大投资；

b. 人口一直以来都是影响各种指标的重要因素，显然也为影响 GDP 的重要因素之一，回归方程中对 GDP 增长的影响也是比较显著的。人口的增加直接带来消费，投资的增加，即带来 GDP 的显著增加；

c. 工业产值和农业产值作为 GDP 计量的一部分，其对 GDP 的影响显然是显著的，回归方程中对 GDP 增长的影响也是比较显著的，这其中必然有公路运输业的贡献，只有公路运输业的发展才能带来工业，农业产值的增加，才能带来 GDP 的显著增加，另一方面工业和农业的发展同时也推动着公路运输业的发展，它们之间的影响是相互的，这是公路运输业对相关产业的波及效果的体现即为对问题 1 中结果的修正；

d. 全社会公路旅客运输数量及全社会公路货运总量在对该省的 GDP 的影响中，全社会公路旅客运输数量显著高于全社会公路货运总量对该省 GDP 的影响，这从侧面反映了该省不是一个工业大省，但同时其数量的增加直接带动公路运输业输入的增加，这属于公路运输业对 GDP 影响的直接效果分析即为对问题 1 中结果的修正。

(4) 修正的理由

①在问题 1 中，我们是从总体的角度分析公路运输业对 GDP 的影响，而未具体分析作为影响公路运输业的因素对 GDP 的影响，在这里我们就分析了等级公路里程对 GDP 的影响，全社会公路旅客运输数量及全社会公路货运总量对该省 GDP 的影响，这样分析的结果更加确切，更加具体明确的说明了公路运输业对 GDP 的影响。

②在问题 1 中，数据的来源不够准确，是由国家的数据处理结果近似代表该省，这样得到的结果不够准确。因此，由附件 3 给出的该省公路运输统计数据处理得到的结果

即为修正的结果，这样修正使得数据完全代表该省情况，更具有准确性和代表性。

## § 6 误差分析与灵敏度分析

### 6.1 误差分析

1. 附件 3 中数据本身存在误差：在该省各城市公路运输行业统计数据表中，部分城市明显存在缺失数据，部分城市缺少县级数据，对问题的分析造成了一定程度上的误差。如城市 3 中只有一个县的统计数据，且县级数据确实情况明显，因此对我们在问题 3 中公路运输业投资资金的分配比例的预测产生较大偏差。

2. 附件 3 中提供的只是该省主要城市公路运输业的统计数据，并不是该省全部市县的统计数据，因而在数据的计算和处理的过程中存在误差。

3. 对于部分缺失公路比重数据的城市我们假设该城市公路占运输的 100% 来替代计算，与实际情况存在误差。

4. 在 GDP 与各项指标变量之间建立多元回归模型时拟合函数也会带来一定的误差。

### 6.2 灵敏度分析

#### ——以城市 1 的全社会公路旅客运输总量为例

问题三中我们由 2007~2011 年的全社会公路旅客运输总量推及 2012~2016 年的全社会公路旅客运输总量时，我们用前一年的全社会公路旅客运输总量

$$\times \left( 1 + \frac{\text{全社会公路旅客运输总量前五年的平均增长率}}{\text{生产总值前五年的平均增长率}} \times \text{预计生产总值未来五年的平均增长率} \right)$$

来预测的。但考虑到每个城市的实际情况，地区差异，故每个城市的生产总值未来五年的增长率  $r$  的取值多种多样，该省的生产总值未来五年的平均增长率  $\bar{r}$  (该省) 也各不相同，针对  $\bar{r}$  (全国) 的不同取值，我们使得  $\bar{r}$  (该省) 在  $\bar{r}$  (全国) 的基础上下取值。

分别取该省的生产总值未来五年的平均增长率  $\bar{r}$  为：7.8%，7.9%，8%，8.1%，8.2%，运用 Matlab 软件进行灵敏度分析（具体程序见附录程序 1）。结果如下图所示：

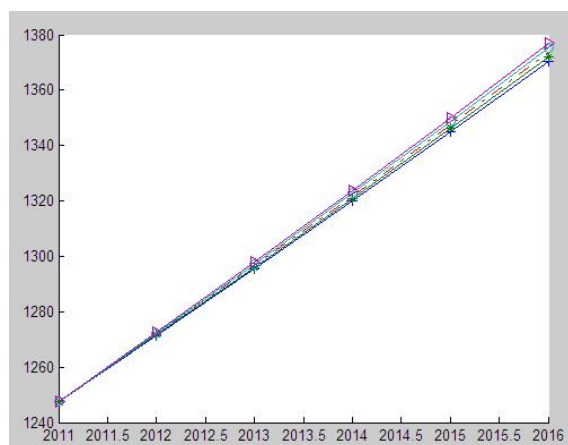


图 6.1 关于  $\bar{r}$  (该省) 对全社会公路旅客运输总量的灵敏度分析图

由灵敏度分析图可知，当 $t$ 确定下来时，等量的 $t$ 值变化引起的全社会公路旅客运输总量变化量相等；当 $t$ 值一定时，全社会公路旅客运输总量随着 $t$ 值的增加而增加。同时，对于不同的 $t$ 值，当2016年时即在2016年时，

$$\text{该市全社会公路旅客运输总量} \begin{cases} \geq 1376.9, \bar{r} = 8.2\% \\ \leq 1370.3, \bar{r} = 7.8\% \end{cases}, \text{误差波动在 } 3\% \text{ 以内, 即问题的}$$

预测有误差度，但由图可知误差在3%内。

## § 7 模型的评价

### 7.1 模型的优点

1. 利用 Excel 软件对数据进行处理并做出各种图表，简便，直观，快捷；
2. 运用多种数学软件（如 Matlab、SAS、Eviews），取长补短，使计算结果更加准确；
3. 在对该省公路运输业对国内生产总值 GDP 影响分析的基础上，运用主成分分析法模型对该省未来五年各市影响公路运输对 GDP 贡献率的相关指标进行综合评价，客观地确定了评价指标的权重，避免了人为的直观任意性，提高了结果的精确性，为该省投资资金比例的决策提供了科学依据。
4. 在模型的求解过程中，可以依据模型运用相关软件求解，方便高效，大大提高了解题的工作效率。
5. 在问题分析中我们用消除量纲后的标准化数据做分析，使得主成分有现实经济意义，不仅便于剖析实际问题，又可以避免突出数值大的变量。

### 7.2 模型的缺点

1. 对于一些数据，对其进行了一些必要的处理，会带来一些误差；
2. 模型中为使所得结果在一定范围内的理想化，忽略了一些次要影响因素。
3. 在对相关指标的预测过程中，估计值与实际值之间有差值。

## § 8 模型的改进

在模型 I—弹性系数法预测该省未来五年的各项指标时，是通过取各项指标平均变化趋势进行预测，没有通过具体时间序列的变化趋势来准确预测，使得模型的预测准确度上有一定的欠缺。现在我们以汇总后的城市 6 的平均人口为例，来通过采用具体变化趋势来预测数据。

1. 通过对该市 2007~2011 年间平均人口数的数据研究，可知该市每年的增长率如表所示：

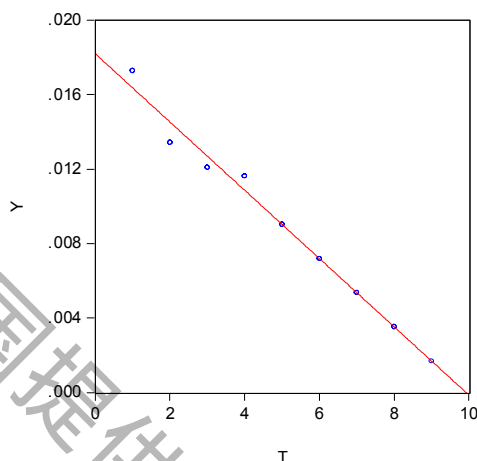
年份/年	2007	2008	2009	2010	2011
$t$		1	2	3	4
平均人口/人 ( $y$ )	1085273	1104037	1118868	1132390	1145560
增长率		0.01729	0.01343	0.01209	0.01163

2. 通过软件 Eviews 拟合出平均人口关于时间的线性回归函数：

$$y = 0.018191 - 0.001833t$$

进而可以预测出 2012~2016 年的增长率以及相应的平均人口数如表所示：

年份/年	2012	2013	2014	2015	2016
$t$	5	6	7	8	9
平均人口/人 ( $y$ )	1155899	1164214	1170454	1174582	1176572
增长率	0.00903	0.00719	0.00536	0.00353	0.00169



## § 9 模型的推广

1. 本文建立的主成分分析方法模型，能够从选定的指标体系中归纳概括出大部分信息，根据主成分提供的信息进行客观综合评价。此模型拓展可应用到其他领域的综合评价问题中，如葡萄酒口感的评价，大学生心理素质综合评价等。

2. 本文建立的模型对投资资金分配比例的预测模型，不仅适用于该省的公路运输业投资的比例预测，同样适用于其他省份、其他领域的投资资金分配比例的预测，我国地大物博，因此该模型的推广空间广阔；



## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>
- [2] 吴礼斌. 经济数学实验与建模[M]. 天津大学出版社. 2009. 8.
- [3] 张焕明. 统计学实验教材[M]. 天津大学出版社. 2009. 8.
- [4] 孙敬水. 计量经济学教程 [M]. 清华大学出版社. 北京交通大学出版社. 2005. 8.
- [5] 李子奈. 计量经济学[M]. 高等教育出版社. 2010. 3.
- [6] 杨桂元. 数学建模[M]. 中国科学技术大学出版社. 2009. 9.

## 附录

- 附录 1: 2012~2016 年各市各项指标预测值表;
- 附录 2: 2012~2016 年各市各项指标预测值标准化处理后的数据表;
- 附录 3: 该省 2012 年公路运输调查数据表 (略);
- 附录 4: 该省主要城市的公路运输统计数据(略);
- 程序 1: 该省生产总值年均增长率未来五年全社会公路旅客运输总量的灵敏度分析。

附录 1： 2012~2016 年各市各项指标预测值表

城市各项 预测指标 \ 年份		2012	2013	2014	2015	2016
城市 1	平均人口	186071.57	186434.84	186798.82	187163.51	187528.92
	其中农业产值	251582.00	387827.85	597858.50	921632.59	1420748.62
	工业产值	2004589.72	2994085.37	4472010.95	6679462.85	9976546.23
	农牧民人均纯收入	32978.88	38191.10	44227.11	51217.10	59311.83
	城镇居民可支配收入	74823.89	85814.46	98419.39	112875.80	129455.66
	等级公路通车里程	9187.32	9829.77	10517.15	11252.60	12039.47
	全社会公路旅客运输总量	1361.66	1485.94	1621.57	1769.57	1931.09
	全社会公路货运总量	999.24	1146.81	1316.18	1510.56	1733.64
城市 2	平均人口	1644402.69	1625720.09	1607249.74	1588989.24	1570936.21
	其中农业产值	1536987.11	1790078.73	2084846.29	2428152.44	2827989.91
	工业产值	4485740.98	5675487.16	7180787.87	9085337.19	11495027.18
	农牧民人均纯收入	10905.41	12541.17	14422.29	16585.56	19073.32
	城镇居民可支配收入	18355.57	20584.48	23084.06	25887.16	29030.63
	等级公路通车里程	18051.72	21748.96	26203.44	31570.26	38036.28
	全社会公路旅客运输总量	168002.46	159883.93	152157.73	144804.88	137807.35
	全社会公路货运总量	1625074.44	2095679.07	2702565.89	3485200.81	4494478.65
城市 3	平均人口	222.64	224.51	226.40	228.30	230.22
	其中农业产值	166.53	193.91	225.80	262.93	306.17
	工业产值	4625.77	5791.85	7251.88	9079.96	11368.87
	农牧民人均纯收入	11361.26	12832.12	14493.39	16369.74	18489.01
	城镇居民可支配收入	33624.12	38159.21	43305.99	49146.94	55775.70
	等级公路通车里程	6098.10	6454.93	6832.64	7232.45	7655.65
	全社会公路旅客运输总量	157549.07	144144.65	131880.69	120660.16	110394.28
	全社会公路货运总量	7259375.66	9261279.91	11815245.50	15073513.33	19230307.50
城市 4	平均人口	9258890.78	9304509.22	9350352.42	9396421.48	9442717.53
	其中农业产值	5258564.10	6082825.97	7036288.05	8139202.04	9414994.00
	工业产值	24990877.45	33485692.20	44868035.72	60119427.05	80555019.86
	农牧民人均纯收入	95561.43	107373.24	120645.04	135557.29	152312.77
	城镇居民可支配收入	221937.77	251505.63	285012.71	322983.79	366013.61
	等级公路通车里程	33711.96	35514.95	37414.36	39415.37	41523.39
	全社会公路旅客运输总量	798586.40	954929.33	1141880.23	1365431.37	1632748.14
	全社会公路货运总量	305170.51	335850.23	369614.27	406772.71	447666.80
城市 5	平均人口	5161199.51	6851219.62	9094632.02	12072643.43	16025796.21
	其中农业产值	1342814.67	1543234.99	1773568.81	2038280.85	2342502.19
	工业产值	40707326.95	54973894.82	74240421.52	100259226.77	135396760.23
	农牧民人均纯收入	76249.16	83335.99	91081.48	99546.86	108799.04
	城镇居民可支配收入	260250.93	305265.82	358066.81	420000.63	492646.99
	等级公路通车里程	17786.32	19809.98	22063.88	24574.23	27370.19
	全社会公路旅客运输总量	5173210.00	6222185.28	7483861.98	9001369.71	10826583.51

## 参赛队号#1651

	全社会公路货运总量	158770468.69	203147575.44	259928296.15	332579500.36	425537064.26
城市6	平均人口	1161150.09	1176952.86	1192970.70	1209206.54	1225663.34
	其中农业产值	524316.78	536580.08	549130.20	561973.86	575117.92
	工业产值	14636192.73	37406215.18	95600335.41	244329026.30	624439996.28
	农牧民人均纯收入	52429.02	59094.96	66608.43	75077.18	84622.66
	城镇居民可支配收入	179589.99	272017.44	412013.44	624059.51	945236.83
	等级公路通车里程	3194.91	3456.38	3739.25	4045.26	4376.32
	全社会公路旅客运输总量	25165.12	23517.66	21978.05	20539.22	19194.60
	全社会公路货运总量	2516949.18	7746385.96	23840964.27	73375065.52	225825607.49
城市7	平均人口	2699903.13	2695399.78	2690903.95	2686415.61	2681934.76
	其中农业产值	5154513.03	7548278.58	11053713.34	16187078.61	23704388.35
	工业产值	14729850.04	20884515.73	29610824.02	41983300.48	59525446.43
	农牧民人均纯收入	153126.89	181930.99	216153.32	256813.07	305121.18
	城镇居民可支配收入	258252.23	296189.68	339700.16	389602.37	446835.25
	等级公路通车里程	2577.21	2613.38	2650.06	2687.26	2724.97
	全社会公路旅客运输总量	701832.08	688381.71	675189.10	662249.33	649557.54
	全社会公路货运总量	1543799.71	1814330.59	2132268.48	2505920.87	2945051.00
城市8	平均人口	3077126.91	3089095.04	3101109.72	3113171.13	3125279.46
	其中农业产值	4172594.07	6801077.71	11085348.16	18068451.66	29450490.93
	工业产值	14065723.64	19395466.66	26744740.39	36878779.50	50852779.18
	农牧民人均纯收入	84245.89	98981.50	116294.56	136635.87	160535.12
	城镇居民可支配收入	153648.82	175403.89	200239.25	228591.03	260957.13
	等级公路通车里程	16193.89	17639.60	19214.38	20929.75	22798.26
	全社会公路旅客运输总量	13074187.45	24989595.72	47764336.90	91295269.64	174498942.10
	全社会公路货运总量	11479530.85	13194540.88	15165768.63	17431492.34	20035708.87
城市9	平均人口	2340932.90	2058903.95	1810853.05	1592686.61	1400804.25
	其中农业产值	824216.14	835115.53	846159.06	857348.63	868686.16
	工业产值	6456807.17	7852797.61	9550607.41	11615491.23	14126812.13
	农牧民人均纯收入	46111.90	48579.10	51178.31	53916.59	56801.39
	城镇居民可支配收入	189369.16	213779.88	241337.28	272446.97	307566.88
	等级公路通车里程	10303.53	11122.91	12007.44	12962.32	13993.13
	全社会公路旅客运输总量	21283545.58	19263810.47	17435741.27	15781149.53	14283572.84
	全社会公路货运总量	34164056.23	36009843.00	37955352.37	40005972.09	42167380.95
城市10	平均人口	343437.31	349352.78	355370.14	361491.15	367717.58
	其中农业产值	369474.10	432158.55	505477.97	591236.65	691545.03
	工业产值	5235223.37	8114726.61	12578028.34	19496257.17	30219684.15
	农牧民人均纯收入	60053.83	71276.77	84597.07	100406.69	119170.83
	城镇居民可支配收入	88902.55	103483.62	120456.15	140212.38	163208.86
	等级公路通车里程	6699.08	8149.50	9913.96	12060.44	14671.65
	全社会公路旅客运输总量	704550.66	784112.33	872658.54	971203.86	1080877.46
	全社会公路货运总量	62197827.46	133438370.75	286276860.73	614174472.66	1317641537.30
城市	平均人口	1678053.55	1681102.63	1684157.25	1687217.42	1690283.15
	其中农业产值	1175919.21	1386549.09	1634906.85	1927750.29	2273047.65

参赛队号#1651

11	工业产值	1331427.06	1789214.26	2404403.33	3231114.07	4342074.41
	农牧民人均纯收入	32013.36	36844.09	42403.76	48802.38	56166.53
	城镇居民可支配收入	85261.31	95529.27	107033.80	119923.80	134366.15
	等级公路通车里程	9296.03	9451.60	9609.77	9770.58	9934.09
	全社会公路旅客运输总量	60818.24	65559.80	70671.03	76180.75	82120.03
	全社会公路货运总量	225747.54	245446.01	266863.34	290149.52	315467.62

附录 2：2012~2016 年各市各项指标预测值标准化处理后的数据表

城市 \ 年份		2012	2013	2014	2015	2016
城市 1	平均人口	-0.861	-0.860	-0.364	-0.853	-0.848
	其中农业产值	-0.855	-0.836	-0.380	-0.792	-0.767
	工业产值	-0.789	-0.831	-8.496	-0.825	-0.735
	农牧民人均纯收入	-0.667	-0.668	-0.660	-0.669	-0.669
	城镇居民可支配收入	-0.776	-0.804	-0.696	-0.836	-0.834
	等级公路通车里程	-0.314	-0.330	-0.306	-0.363	-0.379
	全社会公路旅客运输总量	-0.506	-0.532	-0.543	-0.557	-0.547
	全社会公路货运总量	-0.512	-0.520	-0.527	-0.547	-0.570
城市 2	平均人口	-0.298	-0.306	-0.378	-0.323	-0.332
	其中农业产值	-0.112	-0.138	-0.215	-0.189	-0.213
	工业产值	-0.546	-0.591	-8.237	-0.631	-0.587
	农牧民人均纯收入	-1.184	-1.165	-1.148	-1.128	-1.109
	城镇居民可支配收入	-1.414	-1.419	-1.441	-1.384	-1.338
	等级公路通车里程	0.554	0.645	0.737	0.837	0.937
	全社会公路旅客运输总量	-0.481	-0.507	-0.528	-0.536	-0.529
	全社会公路货运总量	-0.476	-0.484	-0.494	-0.509	-0.530
城市 3	平均人口	-0.933	-0.930	-1.012	-0.921	-0.914
	其中农业产值	-0.966	-0.946	-0.997	-0.897	-0.869
	工业产值	-0.937	-0.977	-8.600	-0.943	-0.825
	农牧民人均纯收入	-1.172	-1.157	-1.144	-1.128	-1.113
	城镇居民可支配收入	-1.239	-1.247	-1.273	-1.226	-1.191
	等级公路通车里程	-0.644	-0.654	-0.668	-0.671	-0.678
	全社会公路旅客运输总量	-0.482	-0.508	-0.529	-0.537	-0.530
	全社会公路货运总量	-0.355	-0.362	-0.372	-0.386	-0.408
城市 4	平均人口	2.605	2.570	2.565	2.476	2.416
	其中农业产值	1.961	1.811	1.659	1.496	1.339
	工业产值	1.170	1.148	-6.561	0.851	0.574
	农牧民人均纯收入	0.922	0.909	0.896	0.882	0.868
	城镇居民可支配收入	0.986	0.950	0.896	0.832	0.748
	等级公路通车里程	2.469	2.436	2.399	2.360	2.315
	全社会公路旅客运输总量	-0.402	-0.420	-0.435	-0.440	-0.435
	全社会公路货运总量	-0.504	-0.513	-0.525	-0.541	-0.564
城	平均人口	0.689	0.812	0.922	1.074	1.210

参赛队号#1651

市 5	其中农业产值	-0.227	-0.263	-0.350	-0.325	-0.351
	工业产值	2.366	2.255	-5.592	1.625	1.118
	农牧民人均纯收入	0.455	0.410	0.366	0.324	0.283
	城镇居民可支配收入	1.324	1.273	1.205	1.115	1.006
	等级公路通车里程	0.587	0.588	0.585	0.586	0.583
	全社会公路旅客运输总量	0.152	0.163	0.161	0.144	0.112
	全社会公路货运总量	2.848	2.831	2.805	2.768	2.714
城市 6	平均人口	-0.491	-0.492	-0.562	0.492	-0.492
	其中农业产值	-0.651	-0.663	-0.737	-0.674	-0.673
	工业产值	0.030	0.481	-6.509	1.808	2.384
	农牧民人均纯收入	-0.142	-0.128	-0.116	-0.103	-0.091
	城镇居民可支配收入	0.220	0.502	0.808	1.142	1.472
	等级公路通车里程	-0.971	-0.972	-0.978	-0.971	-0.969
	全社会公路旅客运输总量	-0.503	-0.528	-0.548	-0.554	-0.545
城市 7	全社会公路货运总量	-0.472	-0.450	-0.407	-0.327	-0.180
	平均人口	0.103	0.092	0.030	0.066	0.051
	其中农业产值	1.513	1.608	1.695	1.756	1.808
	工业产值	0.251	0.237	-7.420	0.108	0.006
	农牧民人均纯收入	2.206	2.237	2.267	2.293	2.319
	城镇居民可支配收入	1.378	1.337	1.277	1.193	1.087
	等级公路通车里程	-1.030	-1.041	-1.055	-1.058	-1.064
城市 8	全社会公路旅客运输总量	-0.403	-0.429	-0.453	-0.465	-0.466
	全社会公路货运总量	-0.477	-0.486	-0.498	-0.514	-0.538
	平均人口	0.243	0.233	0.176	0.206	0.190
	其中农业产值	0.894	1.030	1.151	1.287	1.404
	工业产值	0.204	0.163	-7.517	0.001	-0.096
	农牧民人均纯收入	0.564	0.570	0.576	0.581	0.585
	城镇居民可支配收入	0.156	0.120	0.067	0.036	-0.010
城市 9	等级公路通车里程	0.449	0.445	0.436	0.433	0.425
	全社会公路旅客运输总量	0.766	1.101	1.484	1.879	2.235
	全社会公路货运总量	-0.249	-0.265	-0.284	-0.308	-0.339
	平均人口	0.036	-0.022	-0.132	-0.129	-0.178
	其中农业产值	-0.469	-0.501	-0.590	-0.549	-0.565
	工业产值	-0.358	-0.412	-8.076	-0.498	-0.490
	农牧民人均纯收入	-0.258	-0.283	-0.306	-0.327	-0.348
城市 10	城镇居民可支配收入	0.618	0.594	0.552	0.513	0.454
	等级公路通车里程	-0.181	-0.178	-0.181	-0.175	-0.174
	全社会公路旅客运输总量	2.770	2.619	2.391	2.081	1.710
	全社会公路货运总量	0.323	0.271	0.218	0.161	0.097
	平均人口	-0.803	-0.802	-0.880	-0.796	-0.791
	其中农业产值	-0.767	-0.764	-0.826	-0.747	-0.734
	工业产值	-0.563	-0.607	-8.252	-0.643	-0.595
城市 10	农牧民人均纯收入	-0.053	-0.067	-0.080	-0.093	-0.105

参赛队号#1651

	城镇居民可支配收入	-0.629	-0.661	-0.710	-0.706	-0.714
	等级公路通车里程	-0.660	-0.655	-0.654	-0.642	-0.635
	全社会公路旅客运输总量	-0.413	-0.436	-0.456	-0.466	-0.465
	全社会公路货运总量	0.380	0.491	0.612	0.744	0.884
城市 11	平均人口	-0.290	-0.296	-0.364	-0.307	-0.313
	其中农业产值	-0.322	-0.338	-0.410	-0.367	-0.379
	工业产值	-0.827	-0.866	-8.495	-0.851	-0.754
	农牧民人均纯收入	-0.671	-0.658	-0.647	-0.633	-0.621
	城镇居民可支配收入	-0.623	-0.646	-0.686	-0.676	-0.678
	等级公路通车里程	-0.258	-0.285	-0.315	-0.337	-0.362
	全社会公路旅客运输总量	-0.498	-0.523	-0.543	-0.549	-0.540
	全社会公路货运总量	-0.506	-0.515	-0.527	-0.542	-0.565

程序1：该省生产总值年均增长率未来五年全社会公路旅客运输总量的灵敏度分析

```
>> t=2011:2016;
>> s1=1247.77*(1+0.242537568*0.078).^ (t-2011);
>> s2=1247.77*(1+0.242537568*0.079).^ (t-2011);
>> s3=1247.77*(1+0.242537568*0.08).^ (t-2011);
>> s4=1247.77*(1+0.242537568*0.081).^ (t-2011);
>> s5=1247.77*(1+0.242537568*0.082).^ (t-2011);
>> hold on
>> plot(t,s1,'-+',t,s2,'-*',t,s3,'-.',t,s4,'-o',t,s5,'->')
```