

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

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)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：#2923

参赛队员（签名）：

队员 1： 罗 山

队员 2： 韩宏远

队员 3： 吴美林

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：本科组

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

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）：

#2923

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）：

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

2013 年第六届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 公路运输业对 GDP 的影响分析

关 键 词 公路建筑业 线性回归 投入产出法 BP 神经网络 GDP 抽样方法

摘要

本文在 2012 年公路运输的调查数据及 2007 年公路建筑业投入产出表的基础上通过三种合理的模型，深入研究该省公路运输业对 GDP 的影响。

针对问题一，我们建立了两种不同的模型——线性回归模型和投入产出模型。

在线性回归模型中，用二元线性回归拟合 GDP 与货运周转量、客运周转量之间的函数关系，并利用生产法核算增加值，由 GDP 的计算公式可以计算出客、货运输的产值，从而得到该省客、货运输对于 GDP 的影响值 ρ ，反映了公路运输业中客、货运输对 GDP 的影响。

在投入产出模型中，运用投入产出法建立部门间投入产出综合平衡模型，从数量方面考察国民经济各部门之间生产与分配的关系，得出公路建筑业与其它各部门之间的投入产出关系，为分析公路建筑业在整个国民经济系统中的地位和作用提供重要依据。在投入产出模型中，我们计算出公路建筑业相对于其他产业的直接消耗系数、完全消耗系数，建立列昂捷夫逆矩阵和国内生产总值增加系数以及公路建筑业的影响力系数和感应度系数等相关参数，分别从公路建筑业产业关联和波及作用、对 GDP 的贡献以及对社会劳动就业贡献三个方面对其社会经济作用进行研究。

由题可知，公路运输业对国内生产总值（GDP）的贡献产生于公路交通建设和客、货运输两个阶段，本文中我们通过两种模型分别实现了公路运输业在这两个不同的阶段中对 GDP 贡献的评估。

针对问题二，为了通过定量及定性分析来提高该省公路建筑业对 GDP 影响模型的精度，我们主要从收集数据的抽样方法理论设计，调查项目设计、控制不定因素方面进行探究以及建立合理的 BP 网络模型，对现有的调查项目进行科学合理的调整，优化问题一中建立的模型，提高模型精度，以得到估计公路运输业对 GDP 影响的更优模型。

参赛队号： #2923

所选题目： C 题

参赛密码 _____
(由组委会填写)

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

Abstract

In this paper, based on the input output table through three kinds of reasonable model of highway transportation survey data in 2012 and 2007 highway construction, in-depth study of the highway transportation industry's influence on GDP.

Aiming at the problem, we established two different model -- linear regression model and input-output model.

In linear regression models, regression of GDP and freight turnover, with two yuan of linear function relationship between the passenger turnover volume, and the production method of accounting value added, the calculation formula of GDP can calculate the passenger, cargo transportation output, resulting in the province passenger, cargo transport for the influence of GDP value, reflect the effects of road transport, cargo transport on GDP bus.

In the model of input and output, output balance model was put into use the input-output method to establish departments, investigate the relationship between national economic departments in the production and distribution of the quantity, input-output relationship between the highway construction and other departments, provides the important basis for the status and role of highway construction industry in the whole national economic system analysis in the. In the input-output model, we calculate the highway construction industry relative to the direct consumption coefficient, complete consuming coefficient of other industries, establish Wassily Leontief inverse matrix and GDP increase coefficient as well as the highway construction industry influence coefficient and the sensitivity coefficient and other related parameters, respectively from the highway construction industry association and spreading effect, the contribution to GDP and the study on its social and economic function in three aspects of social labor employment contribution.

The question that, highway transportation to gross domestic product (GDP) contribution in highway construction and the passenger, cargo transport in two stages, in this paper we through two kinds of model were realized the road transport industry in the two different stages in the contribution to GDP evaluation.

For question two, according to quantitative and qualitative analysis to improve the province's highway construction on the accuracy of GDP model, we mainly theory from the sampling data collection method in design, research and the establishment of BP network model is reasonable in design, control of uncertain factors survey project, scientific and rational adjustment to the existing survey project the optimization problem, a model, improve the accuracy of the model, to obtain a better model to estimate the impact of highway transportation to GDP.

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

目录

一、问题的重述	1
二、问题分析	1
2.1 问题重要性分析	1
2.1.1 经济发展运输先行	1
2.1.2 社会发展运输主导	2
2.2 相关研究	2
2.2.1 国内研究现状	2
2.2.2 国外研究现状	3
2.3 问题的思路	3
三、模型假设	3
3.1 线性回归模型的基本假定：	3
3.2 投入产出模型的基本假定：	4
四、符号说明	4
4.1 关于线性回归模型的符号说明：	4
4.2 关于投入产出法的符号说明：	4
4.3 关于 BP 神经网络模型的符号说明：	5
五、模型的建立与求解	5
5.1 问题一模型的建立	5
5.1.1 一元线性回归	5
5.1.2 二元、多元线性回归	6
5.1.3 投入产出模型	6
5.2 问题一模型的求解	16
5.2.1 线性回归模型求解	16
5.2.2 投入产出模型求解	19
5.3 问题二模型的建立	29
5.4 问题二模型的求解	30
5.4.1 抽样方法理论设计	31
5.4.2 调查项目设计	31
六、模型的优缺点	34
6.1 线性回归模型的评价	34
6.1.1 线性回归模型优点	34
6.1.2 线性回归模型缺点	34
6.2 对价值投入产出模型的评价	34
6.2.1 价值投入产出模型的优点	34
6.2.2 价值投入产出模型的缺点	34
6.3 BP 网络模型的评价	35
6.3.1 BP 网络模型的优点	35
6.3.2 BP 网络模型的缺点	35
七、模型的改进	36
7.1 线性回归模型的改进	36
7.2 投入产出模型的改进	36
7.3 BP 神经模型的改进	36
八、参考文献	38

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

一、问题的重述

公路运输是国民经济各部门联系的纽带，是国民经济的基础与先导，它随社会经济的发展需求不断发展变化，可以有效满足社会经济发展对运输业多样化的需求，推进区域布局和产业布局优化，发展公路建筑业对GDP增长的贡献产生于交通建设和客货运输阶段，表现在对国民经济的直接贡献、波及效果、对相关行业的直接消费以及创造就业机会等方面的影响。本题要求用数学建模的方法研究以下两个问题：【1】

问题一：建立数学模型，用SPSS对该省投入产出表进行统计分析，用MATLAB进行编程模拟，计算公路建筑业对国民经济的影响力系数、感应度系数，算出该省公路建筑业对国内生产总值（GDP）的贡献度，估计该省公路建筑业对GDP的影响。

问题二：根据已经建立的模型，从数据获得情况方面考虑，用定量分析和定性分析的方法，通过对已经测算出的结果的分析得出的结论，调整相应的调查项目，优化问题一中的模型，提高模型精度，并说明理由。

公路运输统计抽样调查是以抽样调查为依据，在采集大量数据的基础上，建立抽样调查数据模型及数据处理方法，通过样本指标数值来推算道路运输经济工作中的运量、运输周转量、汽车燃油消耗等主要指标的数值，用以反映某个时期交通运输行业经济工作运转情况，从而为各级领导进行行业宏观调控，制定中长期规划以及为各级基层单位的场站建设、运力调配、线路审批等做出决策提供依据。其总过程包括三个主要环节：抽样→调查→推总。设计优良的抽样调查方法，设计精确的调查项目，是全面收集数据，是为分析数据奠定基础，提高模型精度，是公路运输指标研究的重中之重。【2】

二、问题分析

公路运输是国民经济各部门联系的纽带和桥梁，是国民经济的基础和先导，可以有效满足社会发展对运输业多样化的需求，推进区域经济布局和产业布局优化，提高资源利用率。下面是从三个方面对问题进行分析

2.1 问题重要性分析

2.1.1 经济发展运输先行

一个优良、能够充分发挥作用的交通运输体系，是国民经济和社会发展的基础和前提。任何地区的经济发展，地区间的分工、交流都以安全、高效的运输为前提，即首先建设运输道路和相关的的基础设备。只有完成了高效运输体系的建设，才能进行地区发展并把国民经济各个基地连接起来。

交通运输业作为国民经济中一个重要的产业部门，它把社会生产、分配、交换与消费各个环节有机的联系起来，是沟通城乡、联系产销的纽带，是保证社会经济活动得以正常进行与发展的前提和条件。交通运输业的基本任务是通过运输系统高效运转、提供优质的运输服务，改善国家各经济区之间的运输联系，安全迅速、经济合理的组织旅客

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

和货物运输，最大限度地满足经济、社会以及国防建设对运输的要求。交通运输业的发展，将大大促进资源开发利用的程度和水平，促进经济文化的繁荣符合生活文明程度的提高，即所谓的“经济发展、运输先行”。

随着生产专业化的程度的不断提高、生产地点分散和和产品加工深度增加，高附加值产品比重不断增多，要求公路运输以其机动、灵活，点多面广、迅速等经济技术特点更好地满足大规模生产发展的需要。经济结构、产业结构、产品结构和生产力布局的变化，以及人民生活水平的提高，从而有力促进了公路建筑业的发展。社会经济的发展又直接引起了货运需求量和客运需求量的增加，反过来又进一步推动了交通运输的发展。另外，社会经济发展规模越大，对运输多样化的需求也就越高，越能推动运输业向深层次发展。

2.1.2 社会发展运输主导

公路运输承担着短途运输和其他运输方式的集散运输，通过其“毛细血管”和“大动脉”为国民经济这儿“肌体”发育所需要的营养及时输送到各个器官和部件，保证着国民经济的良性循环。

国内外情况表明，当收入水平和生活水平提高时，人们的出行需求业同时提高，特别是对出行的方便性、安全舒适性提出更高要求，这直接反映为对公路交通方式需求的增长。收入水平的提高和汽车产业的发展，使汽车消费成为必然趋势。汽车成为当代社会最为普及和便捷的交通方式，这使公路运输在整个国民经济中地位发生根本性的转变。

随着科学技术的发展，新的运输工具和通信工具的出现，使公路运输的速度和质量都不断提高，生产和服务的交易成本下降，企业的总成本可能会大幅下降，使企业市场交易范围不断扩大。针对这种情况，英国经济学家拉维特（D. Lardner）提出了运输和贸易的评价定律，即如果生产者能将运费减少一半，供货距离就可以增大一倍，而市场范围就可以扩大到四倍。

同时，公路运输能够促进区域经济布局和产业布局优化。合理的经济布局和产业布局，就是要在空间可达性更改的情况下，依据自然的可能性和经济的可行性选择交通便利、条件优越的地区，按照比较优势的原则，实行适度的规模化经营。交通运输的效用是人渔获物空间的位移，快捷的运输网络和低廉的运价可以消除已有的区域关联障碍，扩大企业生产和商业贸易活动发展的空间，是区域经济发展获得广阔的空间，从而实现生产的规模化、专业化。提高资源利用率，增加物质财富。

2.2 相关研究

2.2.1 国内研究现状

在公路设计管理方面，全国制定了一系列的管理文件 and 设计图式。经过对 1981 年、1988 年、1997 年《公路工程技术标准》的使用，于 2004 年颁布了新的《公路工程技术标准》（JTG B01-2003）。经过对 1984 年版、1994 年版《公路路线设计规范》的使用，2006 年颁布实施了新的《公路路线设计规范》（JTG D20-2006）。20 世纪 90 年代之前，国内对公路运输对国民经济的贡献还是以定性分析为主，直到 90 年代后以国内生产总值和投入产出核算为核心内容的体系才有了比较全面

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

和深入的定量分析。其中具有代表性的分析始见于陈贻龙和邵振主编的《运输经济学》i。

2.2.2 国外研究现状

经过 70 多年的探索和发展，公路建设业在各国有不同程度的发展。目前全世界已有 80 多个国家和地区拥有高速公路，通车里程超过 23 万千米，共有 15 个国家高速公路通车里程超过 2000km，这些国家是美国(8.98 万千米)、中国(6.03 万千米)、澳大利亚(1.86 万千米)、加拿大(1.69 万千米)、德国(1.21 万千米)、西班牙(1.2 万千米)、法国(1.04 万千米)、亚美尼亚(7500km)、墨西哥(6980km)、日本(6500km)、意大利(6620km)、英国(3480km)、韩国(2778km)、荷兰(2235km)、南非(2032km)，其中美国、德国、日本等发达国家已经构筑起与本国经济社会发展相适应的高速公路网。

投入产出法在世界主要经济大国均得到充分证明，尤其是在美国和西欧国家。美国近年来已经编制了交通运输子账户(TSA)来进行交通运输业增加值的核算来评价公路建筑业。从“与运输端相关的最终需求 GDP”和“运输行业 GDP”核算方法编制中，按全社会运输和营业性运输两种不同的核算口径分别进行了核算。

2.3 问题的思路

针对问题一，我们在分析公路运输与国民经济相互作用的基础上，通过对该省 2007 年公路建筑业投入产出数据的分析，运用宏观经济学、微观经济学的理论及国民核算原理、乘数原理，采用投入产出法、统计分析法、定量分析与定性分析相结合的方法，抽象出该省投入产出模型，通过计算公路建筑业对国民经济的影响力系数、感应度系数系数，分析公路建筑业对其他产业的依赖程度，以及与其他产业之间的关联程度，从科学系统的角度研究并估计该省公路运输对 GDP 的影响。【3】

针对问题二，从所获得的数据的情况考虑，通过问题一中公路建筑业对国民经济的直接效果、波及效果分析的结果，在消费、劳动就业、影响力、感应度等方面，从行向和列项比较各产业对公路建筑业及公路建筑业对各产业的直接消耗和完全消耗，用统计分析法算出各种消耗所占比重，对调查项目进行一定的调整，使模型得到更加契合实际更精确的结果。

三、模型假设

3.1 线性回归模型的基本假定：

- 1、回归模型选择了正确的变量和正确的函数形式；
- 2、解释变量 X 是确定性变量，不是随机变量，在重复抽样中取固定值；
- 3、解释变量 X 在所抽取的样本中具有变异性，而且随着样本容量无限增加；
- 4、随机干扰项 u 具有给定 X 条件下的零均值、同方差和序列不相关性；

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

5、随机干扰项 u 服从零均值、同方差的正态分布 $\frac{\mu_i}{X_j} \sim N(0, \sigma^2)$

3.2 投入产出模型的基本假定：

- 1、同质性假定：假定每个产业部门只生产一种特定的同质产品，同一部门内的产品在各种用途上是可以相互替代的。
- 2、比例性假定：规模收益不变假定，即每个部门产品的产出量与它的投入量是成正比例的。
- 3、相加性假定：无交互作用假定， n 个部门的产出合计等于这 n 个部门的投入合计。相加性假定的实质就是假定个生产部门的生产活动中，不存在本身生产活动之外的“外部经济”。
- 4、消耗系数相对稳定性假定：动态假定。

消耗系数主要取决于个生产部门之间的技术经济联系程度。在生产技术条件相对稳定条件下，假定消耗系数在一定时期内是稳定的。

四、符号说明

4.1 关于线性回归模型的符号说明：

β_0, β_1 ：模型的参数
 ε ：误差项是随机变量
 a, b_1, b_2, \dots, b_p 称为回归系数

4.2 关于投入产出法的符号说明：

x_{ij} ：第 j 部门所消耗的第 i 部门中间投入产值
 $(x_{ij})_{n \times n}$ ：称为部门间流量矩阵，简称流量矩阵。
 X_i ：表示第 i 个部门的总产值或总投入量；
 X_j ：第 j 部门的生产总值
 Y_i ：表示第 i 个部门的最终产品。即在第 i 部门的产品 X_i 中可供社会最终需求的产品，用于增加固定资产、居民或团体消费、增加库存及国家储备以及出口需要等几个方面；
 d_j ：表示第 j 部门在生产过程中所消耗的固定资产，即固定资产折旧额；
 v_j ：标志第 j 部门在生产过程中所支付的劳动者报酬的数额，如工资、奖金等；
 m_j ：表示第 j 部门企业上交的各种税金；
 r_j ：表示第 j 部门企业上交的税金和发放工资以后的营业利润；
 z_j ：表示第 j 个部门的劳动者在生产周期新创造的价值，即增加值。
 Z ：公路建筑业对国内生产总值的增加值系数（国内生产总值增加值系数是指某一部门

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

单位产值能产生的国内生产总值增值)；

c_{ij} ：表示生产第 j 部门单位最终产品对于第 i 部门产品的需求数量，其中既包括直接需求，也包括间接需求；

C ：完全需求系数矩阵，称为完全需求系数。

d_2 ：公路建筑业的直接效果；

ΔX ：公路建筑业增加的产值；

δ ：公路建筑业对国内生产总值的直接贡献占整个交通运输业对国内生产总值的直接贡献比重。

B ：完全消耗系数矩阵；

λ_i ：公路建筑业对国民经济的贡献度；

g_i ：表示第 j 部门生产的增加值；

g_e ：公路建筑业对国内生产总值的贡献；

g_{ej} ：国民经济 j 部门对国内生产总值的贡献。

4.3 关于 BP 神经网络模型的符号说明：

o_{ik} ：节点 i 的输出

x_k 对某一节点的输入

y_k ：网络输出

y_k ：网路实际输出

α ：显著性水平

$z_{\alpha/2}$ ：正态总体条件下与置信区间水平相联系的系数

P ：总体的百分比

Δ ：抽样误差

n ：样本量

五、模型的建立与求解

5.1 问题一模型的建立

5.1.1 一元线性回归

一元线性回归简单的说，是涉及一个自变量的回归分析，主要功能是处理两个变量（因变量与自变量）之间的线性关系，建立线性数学模型并进行评价预测。

一元线性回归方程可表示为 $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$

其中各项意义如下：

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

y 是 x 的线性函数 $(\beta_0 + \beta_1 x)$ ；【4】

线性部分 $(\beta_0 + \beta_1 x)$ 反映了由于 x 的变化而引起的 y 的变化；

误差项 ε 是随机变量（反映了除 x 和 y 之间的线性关系之外的随机因素对 y 的影响，是不能有 x 和 y 之间的线性关系所解释的变异性）；

如果将一元线性回归模型放置到一个 XY 坐标的平面上，它相当于一根直线。 β_0 和 β_1 的几何意义为 β_0 是 Y 坐标的截距， β_1 是回归直线的斜率，即对应的正切函数。当 $\beta_0 = 0$ 时，回归直线通过坐标原点。

回归参数 β_0 和 β_1 的估计采用最小二乘法进行，解出：

$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i) \cdot (\sum_{i=1}^n y_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\ \beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \end{cases}$$

5.1.2 二元、多元线性回归

多元线性回归的方程与一元的情况类似，二元线性回归方程可表示为：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon$$

同理，多元线性回归是研究某一个因变量和多个自变量之间的相互关系的理论和方法，考虑 P 个自变量的多元线性回归方程可表示为：

$$y_i = a + \sum_{j=1}^p b_j x_{ji} + \varepsilon_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

其中 $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ，即它们为独立同分布的正态随机变量， a, b_1, b_2, \dots, b_p 称为回归系数。

由正规方程 $(X'X)^{-1}X'Y$ 得：

$$B = (X'X)^{-1}X'Y$$

【10】

5.1.3 投入产出模型

1、投入产出法

①投入

是指生产（包括货物生产与服务生产）过程中对各种生产要素的消耗与使用，包括对原材料等物质产品的使用、对劳动力的消耗与使用、对各种生产资源的消耗与使用。

投入分为中间投入和最初投入，两者之和为总投入。

中间投入：又叫中间消耗，是指生产过程中作为投入所消耗的各种非耐用性货物和服务。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

最初投入：是指增加值的要素投入，包括劳动者报酬、固定资本消耗、生产税净额和营业盈余。【5】

②产出

产出是指生产出来的产品及其分配使用的去向。

产出可分为中间产品和最终产品。或叫做中间使用和最终使用。

中间使用：是指经济体系中各部门所生产出来的产品用于其它部门做中间消耗的部分。

最终使用：是指经济体系中各部门所生产出来的产品被用于最终消费、投资和出口的部分。

投入产出法就应用于国民经济体系中的产业联系分析来说，是通过编制棋盘式的投入产出表和建立相应的线性代数方程体系，构成一个模拟现实国民经济各产业部门产品的相互“流入”、“流出”的社会再生产过程的经济数学模型，来分析各产业间的各种重要比例关系。

投入产出分析是一种系统分析方法，在进行国民经济分析时，有以下几个显著特征：

它是从国民经济内在联系的有机整体出发，在综合研究中各个具体产业部门间技术经济联系的数量关系时，既有社会总产品、中间产品、国民收入等综合指标，又有按产业部门的分解指标，两者有机结合。因此，利用投入产出表能较好地解释国民经济全局和每个产业部门的局部地位的关系，并深刻了解各产业部门的地位和作用问题。

采用纵横相互交错的棋盘式的投入产出表，能使它从生产消费和分配使用两个方面来反映产品在产业部门之间的运动过程。由于每个产业部门同时具有生产者和消费者的双重身份：即它生产产品，按产业间的经济比例关系，通过交换，将其生产的产品供给其他产业部门消费，又因自身生产需要，要消费其他产业部门的产品，才能把产品生产出来。可见，投入产出表能将各种产品的生产和分配相互交织的关系，以及国民经济各产业部门间相互提供产品的联系揭示出来，这是投入产出一枝独秀的重要特征。

它通过各种系数，包括物质消耗系数、劳动消耗系数等经济参数，一方面反映在一定技术水平和生产组织条件下国民经济产业部门间的技术经济联系；另一方面还可以用以测定社会总产品与中间产品与最终产品的数量关系。不仅如此，投入产出表所能提供的各种参数，既能反映各产业部门在生产过程中相互提供产品和劳务，以供对方生产消费的产业部门间的直接联系，如直接消耗系数等。

投入产出表本身是一个经济矩阵，由此建立起来的线性方程组尽管变量多、数据量庞大，但完全可以由电子计算机进行计算。这样，不仅可以保证经济分析的及时、准确。而且投入产出表可以进一步扩展，与数学模型及其他计量经济方法相结合，发展呈经济预测和产业结构优化的经济数学模型。可见，与现代数学和电子计算机技术相结合，是投入产出法的一个重要特征。【6】

本文在分析道路运输产业和其他产业之间的关系以及在国民经济体系中的定位时，所采用的研究方法主要是投入产出分析方法。

2、投入产出表

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

表 2.1

		中间产出					最终产出				总产出
		部门 1	部门 2	...	部门 n	合计	积累	消费	出口	合计	
投入	部门 1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	$\sum_j x_{1j}$				Y_1	X_1
	部门 2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	$\sum_j x_{2j}$				Y_2	X_2
	...	...	...	I	...	...		II		...	...
	部门 n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	$\sum_j x_{nj}$				Y_n	X_n
	合计	$\sum_i x_{i1}$	$\sum_i x_{i2}$	...	$\sum_i x_{in}$	$\sum_{ij} x_{ij}$				$\sum_i Y_i$	$\sum_i X_i$
增加值	折旧	d_1	d_2	...	d_n	$\sum_{j=1}^n d_j$	IV				
	劳动者报酬	v_1	v_2	...	v_n	$\sum_{j=1}^n v_j$					
	生产税净额	m_1	m_2	III	m_n	$\sum_{j=1}^n m_j$					
	营业盈余	r_1	r_2	...	r_n	$\sum_{j=1}^n r_j$					
	合计	z_1	z_2	...	z_n	$\sum_{j=1}^n z_j$					
总投入		X_1	X_2	...	X_n	$\sum_{j=1}^n X_j$					

①投入产出表中数据的含义

表示第 i 部门和第 j 部门之间的产品流量。他有两个含义：横向看，它表示第 i 个生产部门分配给第 j 个消耗部门的产品数量；竖向看，它表示第 j 个消耗部门在生产周期内所消耗的第 i 个生产部门的产品数量。

②表格结构

如表 2.1 所示，整个投入产出表分为四个部分，按照左上、右上、左下、右下的顺序一次命名为第 I 象限、第 II 象限、第 III 象限、第 IV 象限。

第 I 象限是由名称相同、排列次序相同、数目一致的若干个产品部门纵横交叉而成的中间产品矩阵，它是一个方形的平衡表，其行数等于列数，并且同编号的横行和纵列代表同一部门。矩阵中的每个数字都具有双重含义：从横行的方向反映出部门的产品或服务提供给各投入部门作为中间使用的数量。这一部分充分揭示了国民经济各部门之间

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

互相依赖、互相提供劳动对象以供生产和消耗的过程，是投入产出表的核心。

第Ⅱ象限是第Ⅰ象限在水平方向上的延伸，主栏和第Ⅰ象限的部门分组相同；宾栏是最终消费、资本形成总额、净出口等各种最终使用。这一部分反映各生产部门的产品或服务用于各种最终使用的数量和构成。第Ⅱ象描述了已退出或暂时退出本期生产的产品和服务的过程，体现了国内生产总值经过分配后的最终使用。

第Ⅲ象限是第Ⅰ象限在竖直方向上的延伸，主栏包括固定资产折旧、劳动者报酬等各种最初投入；宾栏的部门分组与第Ⅰ象限相同。这一部分反映各产品部门的最初投入的构成情况，体现了国内生产总值的初次分配。

第Ⅳ象限在理论上讲应主要反映国民收入分配和最终使用情况，但因该部门的经济内容比较复杂，因此一般在编制投入产出表时将其省略。

第Ⅰ象限和第Ⅲ象限组成的竖表，反映国民经济各部门在生产经营活动中的各种投入来源及产品价值构成，即各部门的中间投入和增加的数量。

需要指出的是，由于固定资产具有价值上逐次转移，实物上一次更新的特点，使得固定资产折旧与更新大修理之间很难一致，导致投入产出表编制出现困难。一方面，折旧作为劳动东资料的补偿，应放在第Ⅰ象限，以便完整反映劳动对象的消耗和部门间的联系；但是由于上述特点，很难做到这一点，为了了解这个问题，一般在表的第Ⅲ象限单独列出“固定资产折旧”一行，反映固定资产的消耗；相应在第Ⅱ象限中加入“固定资产更新大修理”一列，反映固定资产的补偿。

投入产出表三大部分相互连接，从总量和结构上全面、系统地反映国民经济各部门从生产到最终使用完这一完整的实物运动过程中的密切联系。

③主要数量关系

价值型投入产出表具有以下数量关系：

由Ⅰ、Ⅱ两部分组成的横向长方形表反映各部门总产品的分配方向及其数量。表中横向第*i*部门作为生产者，在它们生产的总产出中有一部分作为中间产品，工各部门补偿劳动对象的消耗，另一部分作为最终产品用作固定资产更新大修理、积累、消费和净出口等。这一平衡关系可表示为：

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + k + x_{1n} + Y_1 = X_1 \\ x_{21} + x_{22} + k + x_{2n} + Y_2 = X_2 \\ \Lambda \Lambda \\ x_{n1} + x_{n2} + k + x_{nn} + Y_n = X_n \end{cases}$$

或

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i = X_i, \quad i = 1, 2, \Lambda, n \quad (2.1)$$

称之为产出方程组或分配方程组。

第Ⅰ、Ⅲ象限连成一张纵向长方形表，反映各部门产品的形成过程。纵列第*j*列作为消费者，消耗了各部门投入本部门的各种劳动对象和劳动资料，同时消耗了本部门劳动者投入的活劳动，从而形成了第*j*部门的总投入 X_j ，这一平衡关系可以表示为：

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

称 $C = (I - A)^{-1}$ 为列昂捷夫逆矩阵，(2.5) 为投入产出模型。

由直接消耗系数的计算方法上可以看出，直接消耗系数的大小受生产技术水平、产出结构及价格水平等因素的制约。技术进步可能促成各种中间消耗的节约；部门产出中产品结构的变化也会改变其消耗；二价格变动的方向和幅度更会引起有关消耗系数的改变。

②完全消耗系数

在实际生产过程中各部门之间的消耗关系往往相当复杂，除了直接消耗各部门的产品外，还要通过中间需求消耗某些产品，这种消耗成为间接消耗。所有直接消耗系数与间接消耗之和，就构成了第 j 部门的产品价值对 i 部门产品价值的完全消耗。完全消耗

系数的计算公式
$$b_{ij} = a_{ij} + \sum_{k=1}^n a_{ik} \times b_{kj}$$

该式表明单位产值的完全消耗 b_{ij} 由两部分组成：一部分是第 j 部门对第 i 的直接消耗；另一部分是第 j 单位产品在生产过程中，通过中间环节对第 i 部门的间接消耗，即

$\sum_{k=1}^n a_{ik} \times b_{kj}$ 。因此完全消耗系数反映了各部门之间的直接消耗和间接消耗的总的关系。

所有的完全消耗系数组成完全消耗系数矩阵，记为

$B = (I - A)^{-1} - I$ 式中 A 为直接消耗系数矩阵； $(I - A)$ 称为列昂捷夫矩阵， $(I - A)^{-1}$ 是其逆矩阵。

由直接消耗系数的经济含义可知，为了提供数量为 Y 的最终产品，需要直接消耗各部门的产量 $w_1 = A \times Y$ ，而为了提供数量为 w_1 产品，在生产过程中又要消耗 n 个部门的产品 w_2 为， $w_2 = A \times w_1$ ，以此类推，为了提供数量为 Y 的最终产品，在生产过程中对各个部门的完全消耗为

$$w = w + w_1 + \cdots + w_n = AY + A^2Y + \cdots + A^nY = (A + A^2 + \cdots + A^n)Y = [(I - A)^{-1} - I]Y$$

称 $B = (I - A)^{-1} - I = (b_{ij})_{n \times n}$ 为完全消耗系数矩阵，其中的 b_{ij} 表示提供第 j 部门单位产品对第 i 产品的完全消耗量。由此还可以得到消耗系数矩阵 B 和直接消耗系数矩阵 A 之间存在以下关系式： $B = A + BA$ ，即完全消耗系数反映了各部门之间的直接消耗和间接消耗的综合，是相对最终产品而言的。

③列昂捷夫逆系数

由列昂捷夫逆矩阵 $C = (I - A)^{-1}$ ，及完全消耗系数矩阵可知：

$$C = B + I = (C_{ij})_{n \times n}$$

④国内生产总值增加值系数

所谓国内生产总值增加值系数，是指某一部门 j 单位产值所能产生的国内生产总值

增加值。增加值系数 $z_j = \frac{Z_j}{X_j}$ 这样就可以得到个生产部门国内生产总值系数向量 $z = (z_1, z_2, \cdots, z_n)$ 。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn

Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

⑤中间需求率

完全需求系数是指第 j 部门产品增加一个单位最终使用时，对第 i 部门产品的完全需求量。该系数用于分析消费、积累变动对产出的影响，给出居民消费和社会积累的变动后，可以确定对国民经济各部门产出的影响。

⑥中间投入率

中间投入率是指某产业的中间投入与总投入的比例，反映该产业增加值的大小程度。利用中间投入率可以反映公路建筑业对其上有产业总体的直接的带动能力的反映。

⑦影响力系数

一个产业影响其它产业的程度叫影响力，产业影响力反映了某一产业最终产出的变动对国民经济总产出变动的的影响能力，通常用影响力系数来表示。影响力系数是从一个行业对其它行业产生的波及影响程度来反映各产业之间的技术经济联系，它是指某一个产业增加一个单位的最终产值对国民经济其它产业的生产所起的拉动作用。目前，许多学术专著和大量应用性论文中都使用完全需求系数来求的，其计算公式为：

$$\delta_j = \sum_i c_{ij} / \frac{1}{n} \sum_j \sum_i c_{ij} \quad (j = 1, 2, \Lambda, n)$$

$\delta_j > 1$, 说明产业的影响力高于社会平均影响水平； $\delta_j < 1$, 说明该产业的影响力在全部产业中局平均水平以下。显然， δ_j 越大，说明第 j 部门对其他部门的拉动作用越大。

⑧感应度系数

感应度系数反映国民经济各产业变动后使某产业受到的感应能力。这种感应能力表现为该产业受到国民经济发展的直接与间接拉动能力。

产业与国民经济的互动效应，还可以从国民经济对产业的影响来了解。一个产业受其他产业影响的程度叫感应度，他通常用感应系数来表示。感应系数是从一个行业所受的感应程度来反映各产业间的经济技术联系，是指某一个产业增加一个单位最终使用时，某一行业部门由此受到的需求感应程度。与影响力系数类似，他也是利用完全需求系数来求的。其计算公式为：

$$\theta_i = \sum_j c_{ij} / \frac{1}{n} \sum_i \sum_j c_{ij} \quad (i=1, 2, \Lambda, n)$$

$\theta_i > 1$, 表示该产业所受到的感应程度高于社会平均感应水平； $\theta_i < 1$, 表示该产业所受到的感应程度低于社会平均感应水平。

由于公路建筑业对国民经济的贡献（国内生产总值、就业机会等）比较好的解决了公路建筑业的经济影响的量化问题，使得公路建筑业、与其他运输方式和其它行业之间的横向可比性增强了，利用不同年份的投入产出表即可进行竖向对比，因此这种方法在世界主要经济大国均得到充分的证明，尤其是在美国和西欧国家，均泛采用这种方法对港口业的贡献

进行了研究。但是由于这种方法是 70 年代以后人们才开始使用的方法，因而它在众多方面有待于进一步完善。主要表现在：①该方法通过公路建筑业及与其它行业之间的相互关系来研究公路建筑业对国民经济的贡献，但是其它行业自身也特别强调其重要性，从而得到国家或地方政府的支持。因而在各自计算中就有可能出现交叉和重复计算。

利用投入产出表进行公路建筑业效益而评价虽然可以省去人力和物力，但由于它所

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

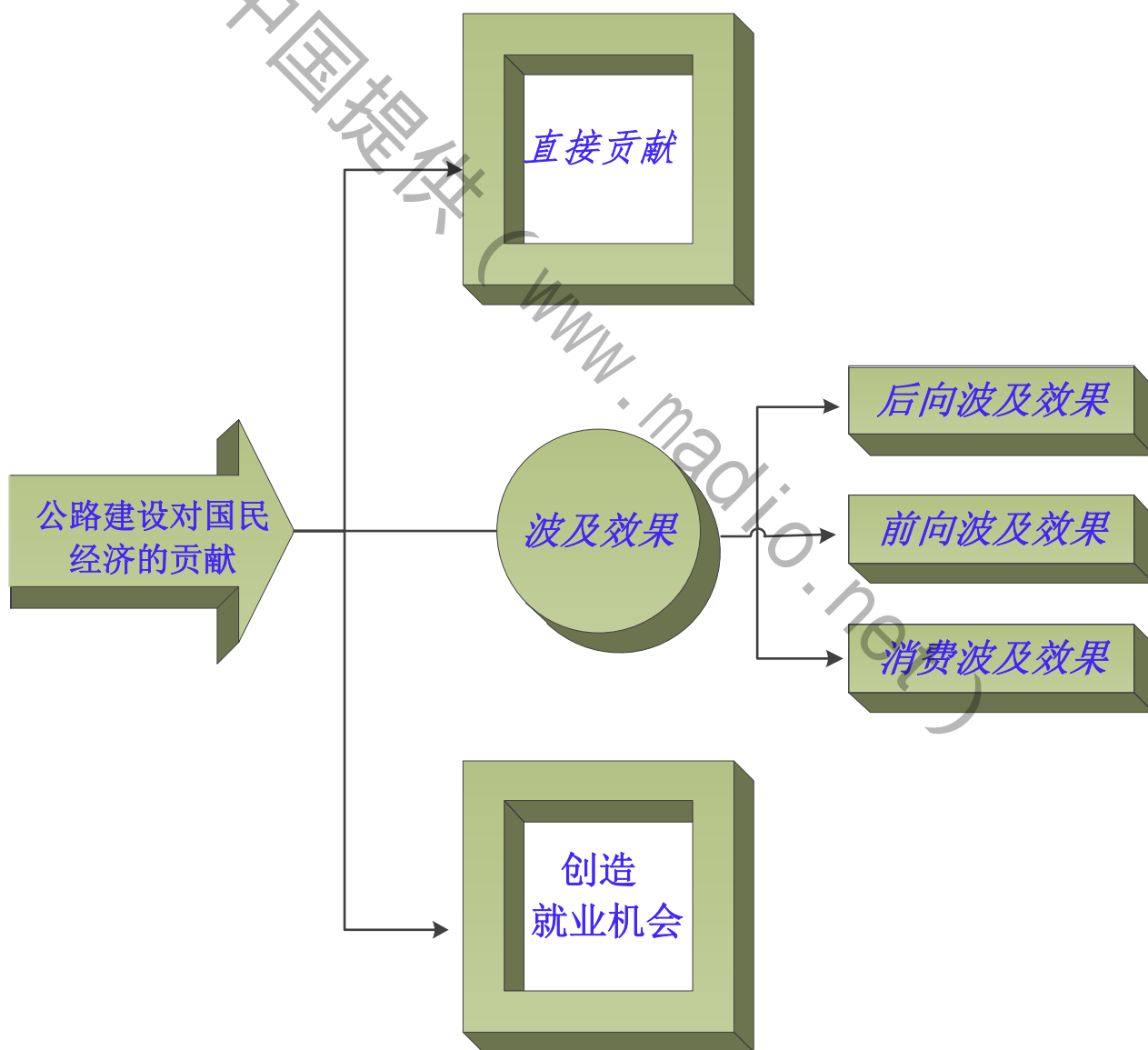
依赖的投入产出表并不是专门为公路运输而设计的，因此人需要进行大量的归纳和分类工作，况且不少国家根本不进行投入产出表的编制或者间隔时间较长才能编制一次，这就给公路建筑业经济贡献的衡量带来了较大的困难。

当然，投入产出表的系数不知以上这些，另外还有直接分配系数、完全分配系数、生产诱发系数、生产的最终依赖度、综合资本系数等。【8】

4、公路建筑业对国民经济的贡献（流程图分析）

公路建筑业对国民经济的贡献主要包括公路建筑业本身对国民经济的直接贡献，以及由于公路建筑业生产对其他部门的产值带来的波及效果，波及效果又包括后向波及效果、前向波及效果和消费波及效果，这些波及效果也就是间接贡献。下面是具体介绍：

图 5.1



第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

①公路建筑业生产本身对国民经济的直接效果

公路运输生产本身对国内生产总值所做的直接贡献（净贡献）称为公路建筑业的直接效果，可以用公式表示为

$$d_2 = z \times \Delta X \times \delta$$

或表示为 $d_e = z_j \Delta x$

也可以向量形式表示为

$$d_e = Z^T \cdot \Delta X = (z_1, z_2, \dots, z_n) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \Delta x \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

式中：

Z —各生产部门对国内生产总值的增加值系数所组成的向量，表示为

$Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)^T$ ，其中 $z_j = \frac{g_j}{X_j}$ ，表示第 j 部门单位产值能产生的国内生产总值增加值，即第 j 部门的国内生产总值增加值系数，

②公路建筑业的波及效果

公路建筑业的广泛联系性决定了公路运输除了对国民经济产生直接贡献外，还带动了与其存在前、后向联系的相关产业的发展。所谓波及，即国民经济产业体系中，当公路运输产值发生变化，这一变化会沿着不同的产业关联方式，引起与其直接相关的产业部门产值的变化，依次传递，影响力逐渐减弱，这一过程就是波及。这种波及对国内生产总值的影响，就是公路建筑业的波及效果。

1) 公路建筑业的后向波及效果

公路运输发展使其生产本身不断扩大对中间投入的需要量，从而促进了相关产品生产部门扩大生产，为这些部门带来效益，这是一种后向波及效果。这些部门生产的扩大由进一步阐释对其各自的中间需要，于是又促使另一些部门扩大生产。公路建筑业的这些提供运输生产所需的中间产品的部门之间的关系称为“后向波及效果”。公路建筑业的“后向波及效果”用公路建筑业与那些作为公路建筑业中间投入生产部门间的后向联系所间接创造的国内生产总值增加值来表示。

如果公路建筑业增加的产值为 Δx ，由此引起其他中间投入部门的增加值分别为：

$$w = (B_{1j}, B_{2j}, \dots, B_{nj})^T \cdot \Delta x = B \cdot \Delta x$$

式中： $\Delta x = (0, 0, \dots, \Delta x, \dots, 0)^T$

公路建筑业的后向波及效果为

$$b_e = Z^T \cdot B \cdot \Delta x = B \cdot \Delta X$$

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

式中： $\Delta X = (0, 0, \dots, \Delta x, \dots, 0)^T$

公路建筑业的后向波及效果为 $b_e = Z^T \cdot B \cdot \Delta X$

2) 公路建筑业的前向波及效果

公路运输与以公路运输生产为其中间投入的部门之间的关系，称为公路建筑业的前向波及。公路建筑业的前向波及效果用公路运输与那些以公路运输为其中间投入的生产部门间的前向联系所间接创造的国内生产总值来表示，是指对使用其产品或服务作为投入的其它产业所产生的效果。

如果公路建筑业增加的产值为 ΔX 时，它的部分产值就能作为中间投入在各生产部门间进行分配，假定这些生产部门是保持按比例协调发展的，即每一个部门需要的运输产值的比例与以前相同，且运输部门 i 中最终需求量所占比重不变，这样部门 j 需要的运输产值 U_j 为：

$$u_j = \begin{cases} \frac{x_{ij} \Delta x}{X_i - x_{ii}}, & j = 1, 2, \dots, n \\ 0, & j = i \end{cases} \quad j \neq i$$

这些部门得到公路运输产值的一部分增值以后，即可以扩大生产，增加产值。这是部门 j 所能增加的产值为：

$$\Delta x'_j = \begin{cases} u_j / a_{ij}, & a_{ij} \neq 0 \\ 0, & a_{ij} = 0 \end{cases}$$

其中 a_{ij} 表示部门 j 就单位产值所需要公路运输部门 i 的中间投入产值。

故由公路运输部门前向联系代理的各部门产值增值相应为：

$$\Delta X' = (\Delta x'_1, \Delta x'_2, \dots, \Delta x'_n)^T$$

根据增加值系数 z ，可以求出各部门所能创造的国内生产总值为 $Z^T \cdot \Delta X'$ 。

另外，上述各部门扩大生产，除了以运输部门为中间投入外，还需要其它部门的产品作为中间投入。这样，这些部门也存在着各自的后向波及效益，即为 $Z^T \cdot \Delta X'$ 。

因此，交通部门的前向波及效果 f_e 为：

$$f_e = Z^T \cdot \Delta X' + Z^T \cdot B \cdot \Delta X' = Z^T (I - A)^{-1} \Delta X'$$

2) 公路运输的消费波及效果

公路运输的向前和向后波及效果使有关部门扩大生产，提高效益，这样会使这些部门的工作人员的收入增加。人们的收入增加后必然将自己的一部分所增加的收入用于消费，于是就是社会的总需求增加，从而刺激进一步的扩大生产，导致收入的进一步增加，以此循环。这样会给有关部门带来收益，通常把这一系列由于消费的作用而产生的各生产部门效益之和称为消费波及效果。

公路建筑业的消费波及效果是指公路建筑业的直接效果、前向波及效果和后向波及效果形成的国民收入，通过分配与使用而在次引起的国民收入增量，总而刺激消费支出的增加，由此创造国内生产总值（增加值）。

由于公路运输消费作用而产生的各部门效益之和称为运输的消费波及效果，由于公

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

路运输消费的作用而产生的各生产部门所创造的国内生产总值来表示。从消费的角度来看，公路运输的前向波及和后向波及效果使有关部门扩大生产，提高效益，从而是这些部门工作人员的收入增加。收入的增加会引起消费的相应增加，从而引起社会总需求增加。社会最终需求的增加必然刺激各部门进一步进一步扩大生产，从而导致收入的进一步增加。在每一个循环中，均会给有关部门带来效益，从而刺激消费的进一步增长。

按照凯恩斯乘数原理，如果投资增加一个单位，国内生产总值将增加 $1-c$ 个单位，

$$c = \frac{\sum_i y_{i2}}{\sum_j z_j}$$

其中 c 为消费乘数， $0 < c < 1$ ，其中分子为消费总计，分母为增加值总计。上述三项效果所引起的消费量为 $(d_e + c_e + f_e) \times c$ ，由于这些消费的作用引起的消费波及效果为

$$c_e = (d_e + b_e + f_e) \times c \times \frac{1}{1-c}$$

由以上几个参数可以得到公路建筑业对国民经济贡献的两个总体衡量指标：

① 公路建筑业对国民经济的贡献值，是直接直接效果和波及效果的加和，公式表示为：

$$g_e = d_e + b_e + f_e + c_e = (d_e + b_e + f_e) \times \frac{1}{1-c}$$

② 公路建筑业对国民经济的贡献度，是指公路建筑业对国民经济的贡献除以国民经济各部门对国民经济贡献的总和，用公式表示为：

$$\lambda_i = \frac{g_e}{\sum_j g_{ej}}$$

3) 公路建筑业对劳动就业的贡献

公路建筑业对劳动就业的贡献，主要表现为公路建筑业进行一个单位的生产，在公路建筑业和其它部门直接和间接所需要的就业总人数，主要用综合就业系数来表示。发展公路建筑业会直接或间接地创造大量就业机会，从而使公路运输行业成为接纳社会劳动力的重要劳动部门之一。

计算公式如下：

公路建筑业就业系数 = 就业人数 / 公路建筑业总产值

综合就业系数 = 公路建筑业就业系数 / 列昂捷夫逆阵中的相应系数

5.2 问题一模型的求解

5.2.1 线性回归模型求解

经济增长 = 常数 + 公路总里程 + 货运周转量 + 客运周转量

货运周转量 = 常数 + 公路总里程

客运周转量 = 常数 + 公路总里程

转化为数量模型如下：

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

$$\begin{cases} GDP = e + a_1T + a_2Hz + a_3Kz \\ Hz = e_1 + a_{11}T \\ Kz = e_2 + a_{12}T \end{cases}$$

通过附录 1 可以计算出客货运周转量和 GDP 的数值：如下表

表 5.2.1

客货运周转量与GDP(元)			
城市	货运周转量	客运周转量	GDP
1	44153246.32	156456813.54	1226055827
2	40657347.50	147320562.25	779188258
3	41563581.30	139836175.10	933438245
4	40765814.10	127867361.40	88734782
5	843432644.23	24344355.56	726268156
6	14551201.22	726268156.00	670244556
7	15401501.00	670244556.00	566402820
8	455452112.89	566402820.00	1207764906
9	21521555.87	120776490.60	667887245
22	541215151.22	667887245.00	245604877
25	155415421.89	88444585.10	872451545
29	11524512.10	743914636.00	743914636

用 spss 软件对货运周转量、客运周转量与 GDP 之间的函数关系

表 5.2.2

模型汇总

R	R 方	调整 R 方	估计值的标准误差
.975	.951	.941	.404

自变量为 客座数。

表 5.2.3

ANOVA

	平方和	df	均方	F	Sig.
回归	15.736	1	15.736	96.543	.000
残差	.815	5	.163		
总计	16.551	6			

自变量为 客座数。

表 5.2.4

系数

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

	未标准化系数		标准化系数	t	Sig.
	B	标准误	Beta		
1 / 客座数	-43.326	4.410	-.975	-9.826	.000
(常数)	10.483	.238		44.093	.000

因变量为 $\ln(\text{全年客运量})$ 。

综上所述结果： $R^2 = 0.951$ ，且方程式存在显著性。

所以客座数与全年运客数之间的关系为：

$$y = e^{10.483 - \frac{43.326}{x}}$$

2、用一元线性回归拟合 GDP 与货运周转量、客运周转量之间的函数关系：

表 5.2.5

系数^a

模型	非标准化系数		标准系数	t	Sig.
	B	标准 误差	试用版		
1 (常量)	1.457E10	1.120E10		1.301	.417
货运周转量	2.342	364.696	-.971	-1.063	.005
客运周转量	1.887	49.165	.298	.326	.089

a. 因变量: gdp

所以 GDP 与货运周转量、客运周转量之间的函数关系为：

$$GDP = 1.457 \times 10^{10} + 2.342H_z + 1.887K_z$$

通过附件一，利用生产法核算增加值，得出： $H_z = 503211542.22$ ， $K_z = 187920654.56$

由 GDP 的计算公式可以计算出客货运输的产值为：1379668758.68

由附件一直接得出：公路建筑业增加值为：738307008100，社会 GDP 为1366732483100

$$\text{则所占比重 } \rho = \frac{1379668759.68 + 7718675300}{628425475000} \times 100\% = 1.45\%$$

综上：该省公路建筑业对于 GDP 的影响值为：1.45%

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

5.2.2 投入产出模型求解

该省公路运输业对于 GDP 增长的贡献产生于交通建设和客货运输两个阶段，根据附表 2 的公路建筑业投入产出表可以求得公路交通建设与 GDP 增长的相关关系。对于两者相关关系的研究是以前投入产出分析为基础进行的，用投入产出模型分别计算公路建筑业对国民经济的贡献、公路建筑前向波及、后向波及、消费波及效果及其对劳动就业的贡献，客观评价公路运输业中交通建筑部分与国民经济的贡献关系。【11】

a) 测算数据说明

本文以附件二提供的 2007 年该省 43 各部门的投入产出表为主要分析数据，首先通过整理与合并对该投入产出表进行了缩略简化（详细投入产出表数据请参见附件）；由表 2.1 我们可以计算出公路建筑业对该省国民经济和社会就业的贡献。

表 5.2.6

该省2007年公路建筑业投入产出表（单位：万元）													
项目		编码	中间产出								最终产出	总产出	
			农林牧渔业	煤炭开采和洗选业	……	建筑业	公路建筑业	交通运输及仓储业	……	公共管理和社会组织			中间产出合计
			01	02	……	26	27	28	……	43			1-43
中间投入	农林牧渔业	01	1925594	7550	……	58657	4940	11716	……	0	6578174	6186263	12764437
	煤炭开采和洗选业	02	38165	307791	……	52666	11903	25839	……	0	2946586	4683220	7629806
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	建筑业	26	33308	9434	……	0	0	58491	……	0	334566	8874438	9209003
	公路建筑业	27	0	0	……	0	0	0	……	0	0	2496700	2496700
	交通运输及仓储业	28	428601	575116	……	510240	131572	958309	……	138770	7971473	2531889	10503362
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	公共管理和社会组织	43	270	0	……	0	0	28	……	0	9175	3598710	3607884
	中间投入合计	1-43	6555235	2812126	……	6231061	1724832	5225030	……	707407	73830691	62842547	136673248
增加值合计			6209202	4817680	……	9209003	2496700	10503362	……	3607884	136673239		
总投入			12764437	7629806	……	9209003	2496700	10503362	……	3607884	136673239		

首先由表 2.1 所示的各部门间投入产出的流量关系，可以建立该省的投入产出矩阵 X；根据公式 (3.12) 并利用 Matlab 求得该省各部门间的直接消耗矩阵

表 5.2.7

直接消耗系数矩阵A表								
投入产出部门	农林牧渔业	煤炭开采和洗选业	.....	建筑业	公路建筑业	交通运输及仓储业	.....	公共管理和社会组织
总投入	1	1	.....	1	1	1	.....	1
中间投入合计	0.513555	0.368571	.....	0.676627	0.690845	0.497463	.....	0.196072
农林牧渔业	0.150856	0.000990	.....	0.006369	0.001979	0.001115	.....	0
煤炭开采和洗选业	0.002990	0.040341	.....	0.005719	0.004767	0.002460	.....	0
.....
建筑业	0.002609	0.001236	.....	0.000000	0.000000	0.005569	.....	0
公路建筑业	0.000000	0.000000	.....	0.000000	0.000000	0.000000	.....	0
交通运输及仓储业	0.033578	0.075378	.....	0.055407	0.052698	0.091238	.....	0.038463
.....
公共管理和社会组织	0.000021	0.000000	.....	0.000000	0.000000	0.000003	.....	0
增加值合计	0.486445	0.631429	.....	0.323373	0.309155	0.502537	.....	0.803928

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, \text{如表2.2所示:}$$

b)该省公路建筑业关联度评价指标分析

公路运输业是交通运输产业的重要组成部分，是国民经济中的基础产业。它与国民经济其他产业相互依存、紧密联系，公路运输业的发展有赖于其他产业的进步，同时也促进着其他产业的发展，公路运输业与国民经济中很多部门都有着直接和间接的关联。

产业关联度是指产业间以各种投入和产出为联系纽带的技术经济联系。关联度是对关联关系的量化，指一个产业的发展变化对其它产业的波及程度和影响程度。公路建筑业与其它产业的联系主要从公路建筑业的生产、销售等环节上体现，可以根据投入产出表中对公路建筑业各种投入的来源和公路建筑业产出的去向进行分析。公路建筑业与其他部门的关联度主要是从公路建筑业的投入销售结构、影响力系数和感应度系数等方面来衡量。

①该省公路建筑业的投入产出结构分析

i)直接消耗系数

直接消耗系数也叫投入系数，是指某部门生产一个价值单位的产品所直接消耗其他相关部门产品的价值量。直接消耗系数表明了各产业对公路建筑业的投入情况，以及公路建筑业与国民经济各部门的经济结构的比例关系，从而了解到公路建筑业的发展对各产业的带动作用，为判断公路建筑业对国民经济产业结构的影响提供了重要依据。根据表4.1该省2007年投入产出表，利用公式，可以计算出该省各产业之间的直接消耗系数表，

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

如表2. 2。从表中可以得到该省公路建筑业与各产业的直接消耗系数的前五名，如

表5. 2. 8

非金属矿物制品业	0.173103
金属冶炼及压延加工业	0.122628
非金属矿及其他矿采选业	0.094525
金属制品业	0.058802
交通运输及仓储业	0.052698

从表4. 6可以看出，该省公路建筑业每生产1个单位的公路建筑产品，需要直接消耗非金属矿物制品业，金属冶炼及压延加工业，非金属矿及其他矿采选业，金属制品业，交通运输及仓储业的数量分别是0.173103 0.122628 0.094525 0.058802 0.052698。上述结果说明，公路建筑业对矿业的直接依赖比较大，对纺织业，教育业等的依赖基本上等于零。从另外一个角度来看，公路建筑业的发展对为矿业提供产品和服务的产业的拉动作用，直接消耗系数越大，其直接拉动作用也大。

ii)完全消耗系数

利用公式，得出该省2007年的各产业之间的完全消耗系数表，如表2. 3。那么我们可以列出该省公路建筑业对各产业的完全消耗系数的前五名见

表5. 2. 9

金属冶炼及压延加工业	0.199589
非金属矿物制品业	0.195919
交通运输及仓储业	0.179710
非金属矿及其他矿采选业	0.134062
电力、热力的生产和供应业	0.103610

从表4. 7可以看出，该省公路建筑业每生产1个单位的公路建筑产品，需要完全消耗金属冶炼及压延加工业，非金属矿物制品业，交通运输及仓储业，非金属矿及其他矿采选业，电力、热力的生产和供应业的产品数量为0.199589， 0.195919， 0.179710， 0.134062， 0.103610。上述结果首先说明，该省公路建筑业对矿业的依赖最大，矿业对公路建筑业的生产起着极为重要的作用，能源产业对公路建筑业的支持作用占其次。同时，也说明了公路建筑业对矿业的拉动作用最大；其次与直接消耗系数相对比，公路建筑业对各产业的完全消耗系数都大于直接消耗系数，特别是对能源产业的消耗主要是属于间接消耗。可见公路建筑业的发展通过直接和间接的消耗关系会对其他产业产生较大的完全消耗关系，从而极大地带动这些产业的发展。

iii)、完全需求系数

表4. 4所列的是该省各产业完全需求系数即昂惕夫逆系数矩阵。由于完全需求系数 是从最终

需求的角度说明第j部门增加1个单位的最终使用时(如消费、投资、出口)，对第i部门

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

产品的完全需求量，因而可以反映各产业的最终使用对公路建筑业的带动作用。表5.2.10列出2007年该省各产业的最终使用对公路建筑业的完全需求系数表的前六名：

公路建筑业	1.000000
金属冶炼及压延加工业	0.199589
非金属矿物制品业	0.195919
交通运输及仓储业	0.179710
非金属矿及其他矿采选业	0.134062
电力、热力的生产和供应业	0.103610

从表4.8可以看出，该省各产业增加一个单位的最终使用对公路建筑业的带动作用最大是公路建筑业本身(1.000000)，其次是金属冶炼及压延加工业(0.199589)和非金属矿物制品业(0.195919)，从上面的分析可以看出，该省公路建筑业除了与本行业的关系紧密外，同时还与矿业、能源产业有着密切的联系。矿业与公路建筑业之间是相互促进的关系，矿业发展带动公路建筑业的进一步发展，而公路建筑业的发展也进一步促进了矿业的发展。矿业与能源产业有力的促进了公路建筑业成为该省经济发展的重要产业。

iii)公路建筑业对各产业的分配系数

根据表4.5，可以得到该省公路建筑业对各产业的分配系数的前六名如表5.2.11所示：

金属制品业	6.109796
仪器仪表及文化办公用机械制造业	0.882122
废品废料	0.213216
非金属矿及其他矿采选业	0.205500
工艺品及其他制造业	0.141001
非金属矿物制品业	0.129644

从表4.9可以看出，该省公路建筑业的产品及服务主要用在工业部门，还有用于公路建筑业自身的消费需求，第三是用于其他服务业，这说明该省以工业为主的第二产业对公路建筑业产品的销量影响最大，第二产业与公路建筑业的发展有着极其密切的联系。

②该省公路建筑业的关联度分析

i)该省公路建筑业前向关联效应分析

前向关联效应是指某产业对那些将本产业的产品或服务作为投入品或生产资料的产业的影响，直接或间接地消耗其提供的产品或服务。对房地产业前向关联效应的衡量选用完全分配系数，系数越大，说明房地产业对其它产业的推动作用和供给影响作用越大，产业之间的前向关联效应越大。

直接分配系数 h_{ij} 是指某产业或部门产品分配给另一个产业或部门作为中间产品直接使用的价值占该种产品总产品的比例。用公式表示为：

$$h_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_i + M_i} (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

当 $j = 1, 2, \dots, n$ 时，为第 i 部门提供给第 j 部门中间使用的货物或服务的价值量， M 为进口，为 i 部门货物或服务的总供给量(国内生产 + 进口)。

完全分配系数 w_{ij} ，是指某产业或部门每一个单位增加值通过直接或间接联系需要向另一个产业或部门提供的分配量。我们可以利用直接分配系数矩阵(H) 来计算完全分配系数矩阵(W)，计算公式为：

$$W = (I - H)^{-1} - I$$

其中 I 为单位矩阵。

通过计算发现，该省交通建筑业与其中43个产业的完全分配系数均大于0，即都存在直接或间接的前向关联效应，表5.2.12 给出了与房地产业前向关联最密切的5个行业，

金属制品业	6.109796
仪器仪表及文化办公用机械制造业	0.882122
废品废料	0.213216
非金属矿及其他矿采选业	0.205500
工艺品及其他制造业	0.141001

从表4.10可以看出，与其他产业相比，金属制造业对交通建筑业的前向关联远远大于其他行业，这说明交通建筑业属于中间投入性基础产业，与影响国民经济的能源矿产基础产业的依赖性相当高，同时交通建筑业也对机械工业具有很强的推动作用。

ii) 该省公路建筑业后向关联效应分析

公路运输业的后向关联效应，即需求拉动效应，是指公路运输业的发展需要建筑业、金融业等后向相关产业提供必要的生产要素、产品或服务，体现着公路运输业对其它产业依赖，通常用直接消耗系数和完全消耗系数来衡量。通过公式可得公路运输业相对其他产业的后向波及效果表，表5.2.13是后向波及系数前六名的相关产业

金属冶炼及压延加工业	0.131616
农林牧渔业	0.105718
食品制造及烟草加工业	0.091191
交通运输及仓储业	0.087053
建筑业	0.066802
电力、热力的生产和供应业	0.064488

从表4.101可知，公路运输业通过消耗冶炼业，建筑业，能源产业等部门的生产要素，以自身发展的需求依赖带动了相关国民经济的发展。

iii) 该省公路建筑业影响力系数

根据投入产出表，计算出列昂惕夫矩阵表4.4，再根据公式(3.23)计算出该省公路建筑业与各产业的影响力系数，见表4.11。表4.11列出2007年该省公路建筑业与各产业的影响力系数表的前五名：

表5.2.14 2007年该省公路建筑业与各产业的影响力系数

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

交通运输设备制造业	1.653734
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	1.495285
通用、专用设备制造业	1.407243
电气机械及器材制造业	1.277557
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.266007
公路建筑业	1.217459

据表4.11的结果，该省公路建筑业的影响力系数为1.217459，大于1，意味着该省公路建筑业对其国民经济发展的推动作用高于全部产业的平均水平，因此，公路建筑业对国民经济发展的推动力作用大。因为影响力系数越大的产业对保持国民经济的增长速度的作用也就越大，发展公路建筑业对国民经济增长可以起到“事半功倍”之效，因而公路建筑业应该成为该省国民经济重点发展的主导产业。

iii) 该省公路建筑业感应度系数

根据该省2007年投入产出表，根据(3.24)计算出该省公路建筑业与其他产业的感应度系数，如表5.2.15所示：

表4.12 2007年该省公路建筑业与排列前5的各产业的感应度系数

交通运输及仓储业	3.062662
批发和零售业	3.021331
电力、热力的生产和供应业	2.116622
金属冶炼及压延加工业	1.968023
农林牧渔业	1.703459
公路建筑业	0.46324

根据表4.12的结果，该省公路建筑业的感应度系数为0.46324，小于1，即该省公路建筑业所受到的感应程度低于全社会平均感应水平，意味着该省国民经济发展对公路建筑业的拉动作用低于全部产业的平均水平，这说明该省公路建筑业虽然已经有了一定程度的发展，但仍处于起步阶段。由于受到体制、政策、技术、人才和管理等因素的制约，公路建筑业无法有效地得到其他产业的拉动作用，所以公路建筑业在该省的国民经济中仍处于瓶颈地位。

对比公路建筑业的影响力系数和感应度系数，可知该省公路建筑业的影响力高于感应度，也就是说，公路建筑业对国民经济发展的推动作用远远大于受到国民经济发展后的拉动作用。因此，该省公路建筑业的发展适合采取主动发展的方式，即通过主动方式，增加对公路建筑业的投资，发展水运业来推动该省经济的发展，而不是等该省经济发展后拉动公路建筑业的发展。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

① 该省公路建筑业对 GDP 贡献作用分析

首先先计算国内生产总值增值系数，由公式 $z_j = \frac{g_i}{X_j}$ 导得

$Z = (0.909656 \quad 0.897791 \quad 0.878933 \quad \dots \quad 0.309155 \quad 0.304221 \quad 0.269491 \quad \dots \quad 0.079496)$

可以看出该省公路建设业的国内生产总值增值系数是 $Z_j = 0.309155$

i) 对 GDP 的直接贡献分析

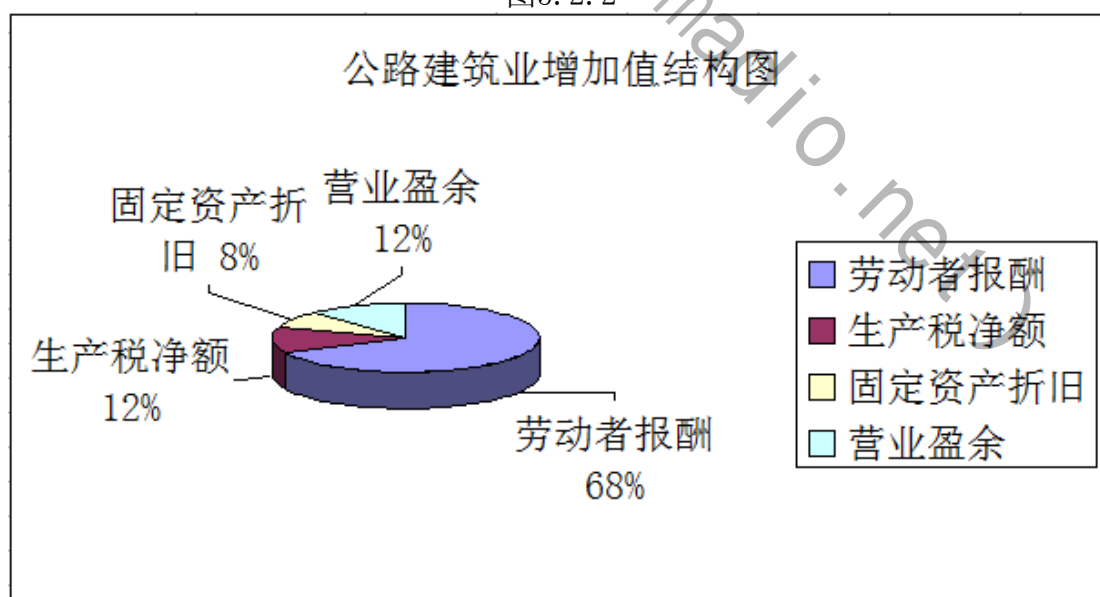
由该省2007年投入产出表可以看出2007年我国公路建筑业的产值为771867.52万元，由增加值向量表可知公路建筑业的国内生产总值增值系数为0.309155，通过公路建筑业的增值系数以及其产值，可以计算出公路建筑业对GDP的直接贡献为：

$$g_e = X_j \times Z_j = 771867.52 \times 0.309155 = 238626.7 \text{ 万元}$$

从增加值系数可以看出，我国公路建筑业在其他几个产业中系数比较靠前，这与公路建筑业的基础产业地位有关，公路建筑业每万元产值中就会有0.3091万元作为增加值计入国民生产总值中去。公路运输业增加值结构如表所示：

劳动者报酬	524803.97	68%
生产税净额	95757.85	12%
固定资产折旧	58203.61	8%
营业盈余	93102.10	12%

图5.2.2



ii) 对 GDP 的间接贡献分析

公路建筑业对GDP的间接贡献主要体现在其对上下游产业链的影响上。公路建筑业作

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

为基础产业，不仅生产最终产品，同时也消耗其他产业的中间产品，因此公路建筑业的间接贡献主要体现在其后向拉动作用、前向推动作用以及消费乘数作用上。

①后向拉动作用

公路建筑业对其他部门的后向拉动作用主要表现在公路建筑业总产值增加需要其他部门进行相应的投入。投入的增加必然会带来产品需求，从而会促进后向产业的发展。

对后向拉动作用计算的总体思路为首先计算出由于拉动作用而导致的其他部门增加的总产出；其次利用增加值系数求出由于拉动作用各个部门所增加的增加值总量，并进一步计算出公路建筑业对其他行业的间接拉动作用。计算的前提假设为其他部门的产出应全部用于对公路建筑业的中间投入，而非用于生产最终产品。因此，根据完全消耗矩阵可得到每单位公路建筑业产值完全需要其他产业中间投入产品的价值向量为：

$$(c_{1j}, c_{2j}, \dots, c_{nj})^T$$

若铁路运输业产值增加 ΔX ，其他部门中间投入的产出值分别为：

$$k = (c_{1j}, c_{2j}, \dots, c_{nj})^T \Delta X$$

其中k为各部门产出值增加向量，C为完全消耗矩阵。由上节所述完全消耗

矩阵与列昂惕夫矩阵的关系可知， $C = (I - A)^{-1} - I$ ，通过关系式可求出公路建筑业的后向拉动作用为： $E_b = Z^T C = Z^T (I - A) \Delta X - Z^T X$

根据完全消耗系数表及增加值系数矩阵计算可得到铁路运输业的后向拉动作用为： $E_b = 533240.729$ 万元。铁路运输业对各部门的拉动作用如下所示：

表5.1.16

公路建筑业后向拉动作用	
部门	增加值（万元）
金属冶炼及压延加工业	3969928.330070
农林牧渔业	3188777.744101
食品制造及烟草加工业	2750594.832321
交通运输及仓储业	2625793.270306
建筑业	2014955.528036
电力、热力的生产和供应业	1945150.120408
煤炭开采和洗选业	1775662.923358
批发和零售业	1653411.257272

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

化学工业	1117371.41 4345
金属矿采选业	1090739.21 3996
非金属矿物制品业	899148.186 279
卫生、社会保障和社会福利业	867499.346 667
公共管理和社会组织	568704.303 792
住宿和餐饮业	552201.063 362
公路建筑业	533240.729 109

由上表可知，公路建筑业对于金属冶炼和建筑业等工业和农林牧渔、食品加工的第三产业的拉动作用较大，这与我国推动城市化、工业化的步调不谋而合，同时从侧面说明了发展公路建筑业对我国工业化城市化的促进作用。

②前向推动作用

公路建筑业的前向推动作用主要体现在其产品或服务作为其他产业的中间投入为产业的持续发展提供保障。假定公路建筑业的发展能够推动国民经济三次产业部门发展，并且能够使得这些相关部门扩大再生产，那么公路建筑业产值增加的部分就能够作为其他产业的中间投入，在各部门之间进行分配。假定公路建筑业产值增加 ΔX 时，可计算得到j部门分配得到的公路建筑业产值 u_j 为：

$$u_j = \begin{cases} \frac{x_{ij}\Delta x}{X_i - x_{ii}}, j \neq i \\ 0, j = i \end{cases}$$

当相关部门得到公路建筑业的部分产值投入后，便可以进行扩大再生产，并增加产出值，部门j所能增加的产出值为：

$$\Delta x'_j = \begin{cases} \frac{u_j}{a_{jj}}, a_{jj} \neq 0 \\ 0, a_{jj} = 0 \end{cases}$$

其中 a_{ij} 代表了部门j单位产值需要的公路建筑部门的中间投入产值。由以上分析可知，公路运输业前向推动作用导致的各部门产出值相应为：

$$\Delta X' = (\Delta x'_1, \Delta x'_2, \dots, \Delta x'_n)T$$

除此之外，还应该考虑到部门扩大生产会对其他产业产生影响，需要其他部门的产品作为中间投入，也即扩大生产存在后向推动作用。因此，公路建筑业的前向推动作用包括两个方面，即原本的推动作用以及其他产业本生的后向拉动效益，用公式表示为：

$$E_f = z\Delta X' + zC\Delta X' = z\Delta X' + z[(I - A)^{-1}]\Delta X' = z(I - A)^{-1}\Delta X'$$

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

通过投入产出表以及直接消耗系数可得到 u_j

③消费乘数作用

公路建筑业的直接和间接贡献都能促使其上下游产业扩大生产规模，提高生产效率和效益，效益的提高必然会导致相关产业工作人员的收入增加。收入的增加会刺激人们的消费欲望，同时也保证了其消费的能力，于是使得社会的最终需求增加。需求的增加会进一步刺激产业部门扩大生产，从而导致收入得到进一步提高。这种良性循环会给相关产业部门带来经济效益，由消费作用而产生的这种经济效益之和便是消费乘数作用。

由凯恩斯乘数理论可知，收入增加一个单位时，上述经济循环所产生的最终需求为

$$c = \frac{\sum_i y_{i2}}{\sum_j g_j}$$

$1/(1-c)$ ，其中 c 为消费乘数，取值在 $0 \sim 1$ 之间，且

因此由于前向推动、后向拉动以及增加值引起的消费量为： $(E_b + E_f + E_d) \times c$

而前向推动作用过于偏大，本文计算消费乘数作用时并不将其包含在内，因此消费乘

数作用 E_c 为 $E_c = (E_b + E_d) \times c / (1-c)$

iii)公路建筑业对社会劳动就业贡献作用测算

从宏观经济学上来看，考查社会劳动力就业比例是研究三次产业结构是否

合理的一个重要的途径，也是衡量经济发展状况是否良好的一个重要指标。就业问题是关系到社会稳定的一个重要方面，解决好就业问题才能保证经济的稳定发展。公路建筑业依靠其基础产业的地位，加之近年来的大规模投资建设，对吸收劳动力，扩大就业需求有很大作用，同时其产业上的推拉作用也促进了相关企业增加就业需求，一定程度上缓解了就业萎缩状况。基于以上原因，公路建筑业对劳动就业的贡献作用分为两个方面，即直接就业贡献以及间接就业贡献。公路建筑业对就业的直接贡献可通过该省的统计年鉴查询得到，而间接就业人数则要通过综合就业系数计算得到。就业系数表示的为某产业所能提供的就业机会与其自身产值成比例关系。公路建筑业的就业系数与其总产值成反比，与公路建筑业就业人数成正比。综合就业系数考察的是公路建筑业增加单位产值相关产业部门所能提供的就业机会，间接反映了公路建筑业与其他产业联系的紧密程度。不同产业对公路建筑业的需求水平不一致，但可以通过列昂惕夫逆矩阵，也即完全需求系数矩阵来计算总体需求水平。具体步骤如下：

公路建筑业就业系数=公路建筑业就业人数 / 公路建筑业总产值

综合就业系数=公路建筑业就业系数 x 列昂惕夫逆矩阵

根据以上分析可知，公路建筑业的产品产出过程中大大促进了工业，和建筑业的发展，而这两个相关产业及其他产业因自身发展需要必然要带动劳动力需求的增加，从而为社会劳动就业做出巨大贡献。

②公路建筑业对国民经济贡献作用测算结论

文章分别从公路建筑业产业关联和波及作用、对GDP增加值的贡献以及对社会劳动就业贡献三个方面论述了其社会经济作用。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

公路建筑业对增加值的贡献主要包括直接贡献、后向拉动贡献、前向推动贡献以及消费乘数贡献。其中，本文认为公路建筑业前向推动贡献主要表现在对其他产业的支撑方面上，是其他产业创造新产值的必要但非充分条件，因此其结果不列入增加值贡献之中。经过计算可知公路建筑业的直接贡献为2469.7064亿元，占GDP的0.99%；后向拉动贡献为1371.2040亿元，占GDP的0.55%；消费乘数贡献为1194.3680亿元，占GDP的0.48%。因此，公路建筑业对增加值的总贡献为5035.2784亿元，占GDP的2.02%

5.3 问题二模型的建立

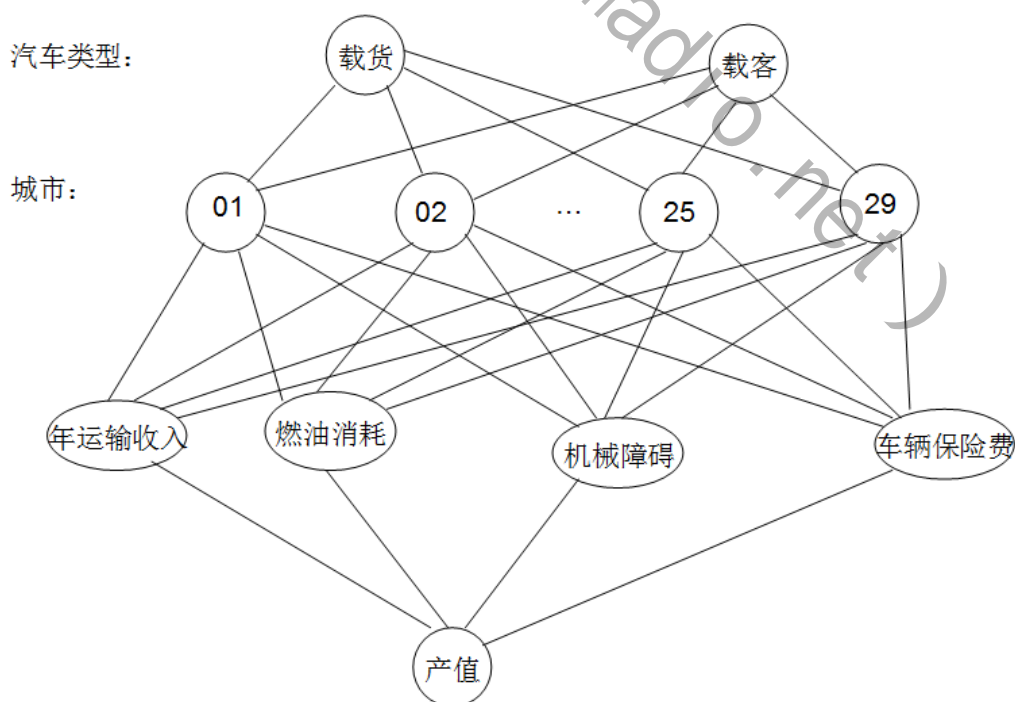
BP神经网络模型

BP算法不仅有输入层节点、输出层节点，还可有1个或多个隐含层节点。对于输入信号，要先向前传播到隐含层节点，经作用函数后，再把隐节点的输出信号传播到输出节点，最后给出输出结果。节点的作用的激励函数通常选取S型函数，如【15】

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x/Q}}$$

式中Q为调整激励函数形式的Sigmoid参数。该算法的学习过程由正向传播和反向传播组成。在正向传播过程中，输入信息从输入层经隐含层处理，并传向输出层。每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果输出层得不得期望的输出，则转入反向传播，将误差信号沿原来的链接通道返回，通过修改各层神经元的权值，使得误差信号最小。

图5.2.3



第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

设含有N个节点的任意网络，个节点之特性为Sigmoid型。为简便起见，指定网络只有一个输出y，并设有N个样本 (x_k, y_k) ($k=1, 2, \dots, N$)，节点j的输入为 $net_{jk} = \sum_i W_{ij} O_{ik}$ ，并

将误差函数定义为 $E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (y_k - y_k)^2$

$$\text{定义 } E_k = (y_k - y_k)^2, \quad \delta_{jk} = \frac{\partial E_k}{\partial net_{jk}}, \quad \text{且 } O_{jk} = f(net_{jk}), \quad \text{于是}$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E_k}{\partial net_{jk}} \frac{\partial net_{jk}}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E_k}{\partial net_{jk}} O_{ik} = \delta_{jk} O_{ik}$$

当j为输出节点时， $O_{jk} = y_k$

若j不是输出节点，则有

$$\delta_{jk} = \frac{\partial E_k}{\partial net_{jk}} = \frac{\partial E_k}{\partial O_{jk}} \frac{\partial O_{jk}}{\partial net_{jk}} = \frac{\partial E_k}{\partial O_{jk}} f'(net_{jk})$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial O_{jk}} = \sum_m \frac{\partial E_k}{\partial net_{mk}} \frac{\partial net_{mk}}{\partial O_{jk}} = \sum_m \frac{\partial E_k}{\partial net_{mk}} \frac{\partial}{\partial O_{jk}} \sum_i W_{mi} O_{ik} = \sum_m \frac{\partial E_k}{\partial net_{mk}} \sum_i W_{mj} = \sum_m \delta_{mk} W_{mj}$$

$$\text{因此, } \begin{cases} \delta_{jk} = f'(net_{jk}) \sum_m \delta_{mk} W_{mj} \\ \frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}} = \delta_{mk} O_{ik} \end{cases}$$

如果有M层，而第M层为输出节点，第一层为输入节点，则BP算法为：

第一步，选取初始权值W。

第二步，重复下述过程直至收敛：【17】

a. 1) 对于k=1到N

2) 计算 O_{ik} , net_{jk} 和 y_k 的值（正向过程）

3) 对各层从M到2反向计算（反向过程）

b. 对同一节点 $j \in M$ ，计算 δ_{jk}

$$W_{ij} = W_{ij} - u \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}, u > 0$$

第三步，修正权值，

其中 $\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \sum_k \frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}}$ ，如果把神经网络看成输入到输出的映射，则这个映射是一个高度非线性映射。

5.4 问题二模型的求解

为了通过定量及定性分析来提高该省公路建筑业对GDP影响模型的精度，下面我们主

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

要将从收集数据的抽样方法理论设计、调查项目设计以及控制不定因素方面做出阐述并提出解决的方法。

5.4.1 抽样方法理论设计

准确设计抽样方法是我们进行数据收集的基础。在本文中，采集数据使用的是分层抽样。进行分层抽样必须满足各层内部同质性强和各层之间的异质性强、突出总体内在结构的变量作为分层变量的原则。附件一的抽样调查数据主要将客、货汽车分别按核定客位和吨位与营业性质划分子层并编写子层代码，在每个子层抽取样本时，应该采取随机抽样或等距抽样，以减小由主观性产生的误差。

由样本量与抽样误差之间的数量关系为：

$$n = z_{\alpha/2}^2 \times p \times (1-p) / \Delta^2$$

其中：

p 表示总体的百分比，虽然总体百分比是未知的，但是容易看出当 $p=0.5$ 时， n 取最大值

因此，该公式里未知的参数就只有抽样误差 Δ 和样本量 n 。不难看出，它们存在反向的关系，即理论上要提高模型的精度，就要尽量减小抽样误差，尽量增大样本容量；但是增大样本量就意味着要支付更多的调研经费，所以应该在调研经费允许的范围内尽量增大样本容量。【9】

根据特定目的法—拇指定律确定样本量：【13】

- 1、将样本分成不同的组，总样本量要保证每组的样本量都不能低于100个；
- 2、档每组样本还需按不同的特征或配额划分成更小的组时，要保证每个小组的样本量至少在20-50个之间。

5.4.2 调查项目设计

1、由附件一可知，调查项目数量较多，所以我们就将附件一的各个调查项目的数据用spss进行逻辑回归分析、 χ^2 独立性检验。

变量之间的多重共线性定义：

$$VIF_i = \frac{\text{第}i\text{个回归系数的方差}}{\text{自变量不相关时第}i\text{个回归系数的方差}} = \frac{1}{1-R_i^2}$$

当 $VIF \geq 10$ 表示模型中存在较强的共线性

由方差扩大因子结果得：客座利用率、本地人占运送旅客总数比例的 VIF 均远大于10，即该调查项目在引入了客座利用率、本地人占运送旅客总数比例时，模型出现了较强的多重共线性，所以在设计调查项目时，应该将此两项删除。

χ^2 独立性检验：

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - n\hat{p}_{i\cdot}\hat{p}_{\cdot j})^2}{n\hat{p}_{i\cdot}\hat{p}_{\cdot j}}$$

建立二维列联表 χ^2 检验统计量

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(nn_{ij} - n_{i+}n_{+j})^2}{nn_{i+}n_{+j}}$$

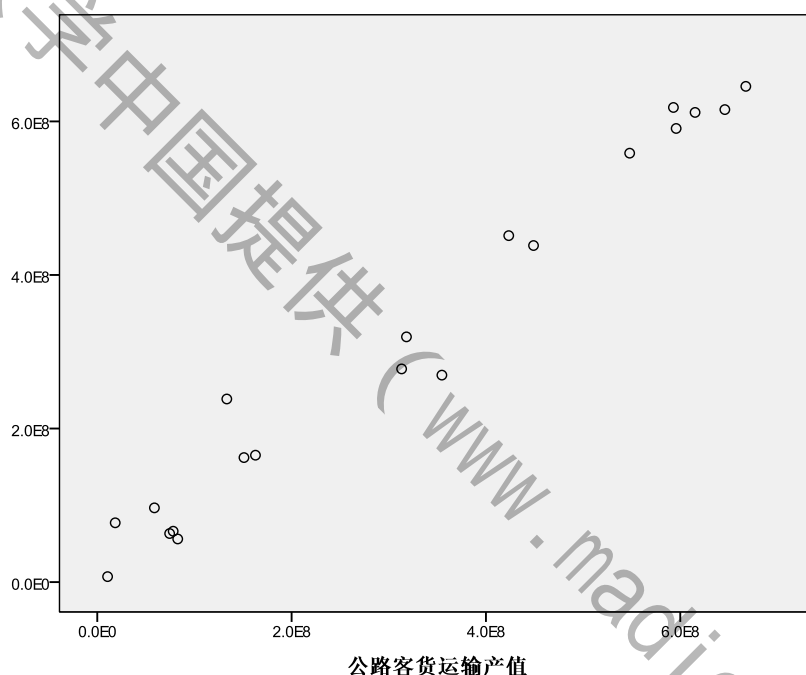
由极大似然估计得，选取检验水平 α ，计算该检验的 p -值，若 p -值 小于 α ，则拒绝 H_0 ，即该变量间存在相关性，在统计时可以适当删除一个变量。

BP神经网络模型的求解：

根据附录1的数据，为提高问题1中模型的精度，我们采用BP神经网络模型对现有的调查项目进行研究分析，spss对该模型的求解结果如下：【12】

网络图表见附录4，参数估计见附录5。

观测值预测图为：图5.2.4



从图中可以看出公路客货运输产值与其预测值近似服从先行关系自变量的重要性分析图为：

表 5.2.17

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

自变量的重要性		
	重要性	标准化的重要性
城市编号	.087	17.0%
汽车类型（1-载货，2-载客）	.021	4.0%
求和项：年运输收入	.515	100.0%
求和项：燃油消耗	.093	18.0%
求和项：机械故障等	.097	18.7%
求和项：车辆保险费	.187	36.4%

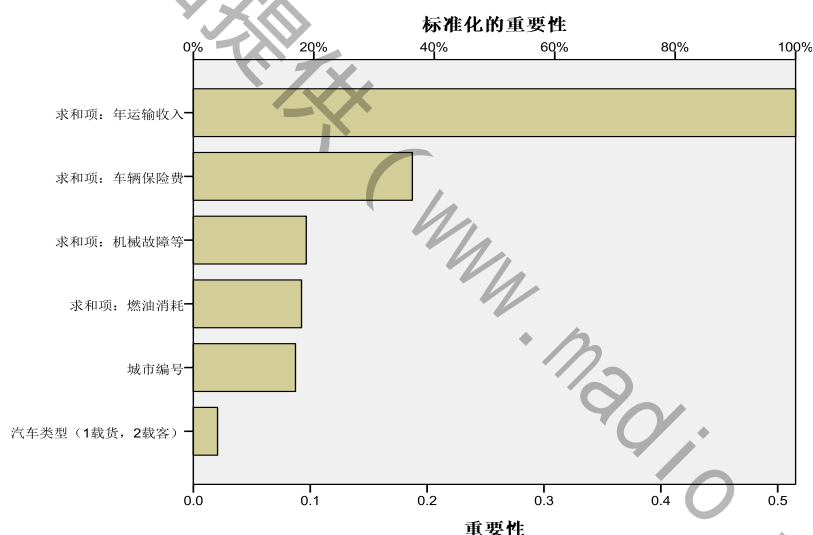


图 5.2.5

由 BP 神经网络模型的误差计算公式 $E_p = 1/2 \times \sum (t_{pi} - o_{pi})^2$ 知，如果 i 的值增加一个， $\sum E_p$ 将会加上一个正数，则误差将会增加，所以为了提高模型的精度，我们应该尽量减少隐层节点的个数（或减少每层变量的个数），即在本文中，我们应该检验变量之间是否存在多重共线性，如果存在多重共线性，我们就应该将产生多重共线性的变量剔除，从而达到提高线性回归模型、投入产出模型、BP 神经网络模型的精度。同时也可以根据自变量的重要性要间接对影响小的变量进行剔除。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

六、模型的优缺点

6.1 线性回归模型的评价

6.1.1 线性回归模型优点

- (1) 建立了自变量与因变量间的线性因果关系，便于分析
- (2) 能直观看出自变量与因变量之间的数量变化，并能通过自变量对因变量进行预测

6.1.2 线性回归模型缺点

- (1) 可能忽略了交互效应和非线性的因果关系
- (2) 对因变量进行线性回归模型预测时，将会产生估计误差

6.2 对价值投入产出模型的评价

价值模型是按照部门分类，并以价值（价格）作计量单位而制定的，因此与实物模型相比，有下列优点和局限性。

6.2.1 价值投入产出模型的优点

(1) 价值模型可以包括国民经济所有的部门，与实物模型只能包括大类产品相比，范围几乎完整，充分体现了投入产出法的核心特点，亦即整体性。因此，价值模型可以反映整个国民经济中所有部门生产和分配使用的全貌；并可以根据分析问题的需要与资料取得的可能，灵活地将部门的分类进行合并和分解。

(2) 由于价值模型中统一了计量单位，故表中的每一列也可以相加，不仅各列的流量可以相加（单位一致），而且各列的直接消耗系数也可以相加（没有单位），有 $\sum a_{ij} = a_{cj}$ 。

(3) 价值模型可以同时从产品的使用价值和抽象价值两方面反映国民经济各部门的再生产运动。为较为充分地分析和理解有关宏观经济演变过程和问题提供了基础。

6.2.2 价值投入产出模型的缺点

(1) 在价值模型中体现了价格因素，因此就使模型不能全部、准确地反映部门间的技术联系；亦即由于按部门划分，各种不同产品的合并，使得直接消耗系数 a_{ij} 不准确，最终将造成投入产出法的误差增大。

(2) 价值模型是按部门来划分的，虽然部门之间可以有合并分解的灵活性，但也会相应造成由于部门划分的粗细不同，使得模型反映的各部门之间的联系也不同（ a_{ij} 会受到部门划分不同的直接影响，而这种影响完全不是生产技术的影响，故破坏了 a_{ij} 本来的意义）。

(3) 价值模型还有一些较为复杂的方法论问题，它们大都是由价格、部门划分等引起的，需要进一步研究解决。如价值模型中的部门划分问题，怎样既能符合模型的要求，又能与现行的计划统计工作中的传统分类相对应；又如模型中应采用哪一种价格，

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cnEmail：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

是生产者价格还是消费者价格的问题，以及怎样从方法论角度研究尽量消除价格变化的影响等问题。

6.3 BP 网络模型的评价

6.3.1 BP 网络模型的优点

1) 非线性映射能力：BP神经网络实质上实现了一个从输入到输出的映射功能，数学理论证明三层的神经网络就能够以任意精度逼近任何非线性连续函数。这使得其特别适合于求解内部机制复杂的问题，即BP神经网络具有较强的非线性映射能力

2) 自学习和自适应能力：BP神经网络在训练时，能够通过学习自动提取输出、输出数据间的“合理规则”，并自适应的将学习内容记忆于网络的权值中。即BP神经网络具有高度自学习和自适应的能力。

3) 泛化能力：所谓泛化能力是指在设计模式分类器时，即要考虑网络在保证对所需分类对象进行正确分类，还要关心网络在经过训练后，能否对未见过的模式或有噪声污染的模式，进行正确的分类。也即BP神经网络具有将学习成果应用于新知识的能力。

4) 容错能力：BP神经网络在其局部的或者部分的神经元受到破坏后对全局的训练结果不会造成很大的影响，也就是说即使系统在受到局部损伤时还是可以正常工作的。即BP神经网络具有一定的容错能力。

6.3.2 BP 网络模型的缺点

(1) 学习因子h 的优化 采用变步长法根据输出误差大小自动调整学习因子，来减少迭代次数和加快收敛速度。
$$h = h + a \times (E_p(n) - E_p(n-1)) / E_p(n)$$
 a为调整步长，0~1之间取值

(2) 隐层节点数的优化，隐节点数的多少对网络性能的影响较大，当隐节点数太多时，会导致网络学习时间过长，甚至不能收敛；而当隐节点数过小时，网络的容错能力差。利用逐步回归分析法并进行参数的显著性检验来动态删除一些线性相关的隐节点，节点删除标准：当由该节点出发指向下一层节点的所有权值和阈值均落于死区（通常取±0.1、±0.05等区间）之中，则该节点可删除。最佳隐节点数L可参考下面公式计算：
$$L = (m + n) / 2 + c(7)$$
 m-输入节点数；n-输出节点数；c-介于1~10的常数。

(3) 输入和输出神经元的确定 利用多元回归分析法对神经网络的输入参数进行处理，删除相关性强的输入参数，来减少输入节点数。(4) 算法优化 由于BP算法采用的是剃度下降法，因而易陷于局部最小并且训练时间较长。用基于生物免疫机制地既能全局搜索又能避免未成熟收敛的免疫遗传算法IGA取代传统BP算法来克服此缺点。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

七、模型的改进

7.1 线性回归模型的改进

为消除这种现象给回归带来的不良影响，我们利用SAS软件计算了相关矩阵并建立主成分回归模型及偏最小二乘回归模型，最后将得到的模型从回归系数估计精度与预测精度两个方面进行比较。结果表明，当变量间存在着线性关系时，偏最小二乘模型由于主成分回归模型。

7.2 投入产出模型的改进

投入产出模型有两大类，即行模型和列模型，其中行模型具有主导地位。行模型反映最终产品与总产品之间的关系，常用以研究最终需求对总产出等的影响，所以通常也称为需求拉动模型。在本文研究的模型中，公路建筑业通过拉动其他产业的投资需求，实现了对GDP的增值贡献。从实际应用角度。需求拉动模型的基本形式为：

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y$$

任何模型都是建立在一系列假设基础上的，有如此简洁形式的需求拉动模型更不例外。设定假设条件对于一般均衡分析由不可计算的理论模型发展到以投入产出分析为代表的可计算模型来说是必需的。但由于模型的易于实现所引起的广泛应用，也使得假设与现实不符的情况越来越显著，根据应用领域之不同，使用者经常发现有某个或某几个假设严重地违背了实际情况。所以为使分析结果更加可靠，需要提出各种修正模型以解决假设与实际之间的矛盾。在实际应用中，我们也需要通过该投入产出模型对最终需求结构变化、部门固定资产投资的影响，最终需求与资源投入、污染排放、增加值的关系进行研究，而这些问题的研究也需要对需求拉动模型进行扩展。

本文中，我们提出对投入产出模型的 $(I - A)^{-1}$ 因素进行改进，并将改进的方面概括为以下5类：【18】

- (1) 将固定资产消耗因素加入Leontief逆矩阵的计算之中；
- (2) 考虑居民收入、消费与生产活动的连锁关系，即局部闭模型；
- (3) 将是否存在闲置生产能力因素引入leontief逆矩阵的计算之中；
- (4) 考虑进口的Leontief逆矩阵；
- (5) 将存货变动因素引入Leontief逆矩阵的计算之中；

从而，该投入产出模型将更加接近实际情况。

7.3 BP 神经模型的改进

在 BP 神经网络模型的构建分析中，我们利用其逆传播算法理论，以及其可以以任意精度逼近任意连续函数的特性，在公路运输业对 GDP 增长贡献关系的数据拟合中，实现以有限数据获得连续函数中发挥重要作用。

但是，这种算法也存在以下缺点：

- (1) 从数学上看它归纳为一非线性梯度优化问题，因此不可避免地存在有局

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会

电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn

Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

部极小问题；

- (2) 学习算法的收敛速度很慢, 通常需要上千次迭代或者更多;
- (3) 网络的结构为前向结构, 没有反馈连接, 因此它是一个非线性映射系统;
- (4) 网络隐含节点的个数尚无理论上的指导;
- (5) 对新加入的样本要影响已经学完的样本, 刻划每个输入样本的特征的数目也要求必须相同;

为提高模型的学习能力、预测精度和稳定性, 并加快网络的收敛速度, 对 BP 模型网络结构的改进, 主要包括以下几个方面:

- (1) 构造和设计非线性预测模型时, 应当注意使模型能够用于线性预测, 从而使得模型具有较强的适应性。
- (2) 输入节点和隐含节点、隐含节点和输出节点之间转换函数的设定是逆传播模型研究的一个重要问题, 我们认为可以尝试在隐含层和输出层的各个节点设定不同类型的转换函数。
- (3) 在拟合过程中, 网络的层次保持不变, 隐含层的点从一个或几个开始, 对相应的权重拟合好以后引进一个或几个新的点, 只训练新引进的权重, 直至结果不能改进为止。

(4) 除此之外, 我们可以选取适当的初始权值和阈值, 以改进网络收敛速度。由于 BP 神经网络配置优化算法至今没有一个明确的定义, 因而对网络节点的互连方式、转换函数的类型、隐含节点的个数和网络初始参数等的选择, 仍需要建模者依据经验进行。

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

八、参考文献

- 【1】庞宇征，公路运输业对国民经济的贡献研究，
<http://www.docin.com/p-343522536.html>，2013-4-12.
- 【2】国内外公路研究现状与发展趋势
(<http://wenku.baidu.com/view/0923240df78a6529647d53db.html>，2013-4-13
- 【3】匿名，线性回归，<http://wiki.pinggu.org/doc-view-42276.html>，2013-4-13
陈贻龙，邵振一. 运输经济学[M]. 北京：人民交通出版社，1999
- 【4】孙彩云，王昕，一种改进的线性回归模型，
<http://wenku.baidu.com/view/db1a5bd276a20029bd642d9e.html>，2012-4-14.
- 【5】杨忻. 投入产出方法在交通运输建设项目地区经济效益研究中的应用[J]. 系统工程. 1995, 13(1): 32-38.
- 【6】杨斌斌，我国产业结构的投入产出分析 [J]. 统计与信息论坛，2002:51-54.
- 【7】胡鹤飞，MATLAB及应用。北京：北京邮电大学出版社，2012-03.
- 【8】陈杰，张增强等，MATLAB宝典-3版。北京：电子工业出版社，2011-01.
- 【9】金勇进，杜子芳，蒋妍，抽样技术。北京：中国人民大学出版社，2012-06
- 【10】高惠璇，应用多元统计分析。北京：北京大学出版社，2004-10.
- 【11】王持位，岳巍，国民经济宏观评价。北京：兵器工业出版社，1996，10:64-67.
- 【12】薛薇，统计分析与SPSS的应用（第三版）。北京：中国人民大学出版社，2011-01
- 【13】章文波，陈红艳，是用户数据统计分析及SPSS 12.0。北京：人民邮电出版社，2006-02.
- 【14】茆诗松，程依明，濮晓龙，概率论与数理统计（第二版）。北京：高等教育出版社，2011-02.
- 【15】徐映梅，市场分析方法。北京：中国时政经济出版社，2006-01.
- 【16】薛毅，陈立萍，R统计建模与R软件。北京：清华大学出版社，2007-04.
- 【17】匿名，BP神经网络基本原理。
<http://wenku.baidu.com/view/9ad4a901b52acfc789ebc911.html>，2013.4-14.
- 【18】唐小我，经济预测与决策方法及其应用研究。成都：电子科技大学出版社，1997.3:211-216.

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

附录

附录 1：

附件一汇总表						
汽车类型 (1-载货, 2-载客)	城市编号	求和项: 年运输收入	求和项: 燃油消耗	求和项: 机械故障等	求和项: 车辆保险费	公路客货运输产值
1	1	1187474800	6552290	4004790	892700	1176025020
1	2	742445444	32764160	21634333	42157554	645889397
1	3	354343442	1344343	34366386	424545	318208168
1	4	134443542	24554545	31343355	425445	78120197
1	5	120201155	5443444	53545445	2411454	58800812
1	6	102424445	2445443	24152452	1345444	74481106
1	7	45366947	12335655	12343544	2211115	18476633
1	8	713687844	3245433	13232444	224544	696985423
1	9	343547678	3442112	24434434	2444242	313226890
1	22	134454401	2444563	24545551	24674432	82789855
1	25	511247788	35463344	25445551	1357664	448981229
1	29	346386874	55443444	135444354	4527584	150971492
2	1	143554154	3543645	2452425	87527277	50030807
2	2	821252454	34643444	65452425	587857724	133298861
2	3	643444444	245422	2544521	25424424	615230077
2	4	262244654	24844244	2545401	224240424	10614585
2	5	994587754	45840415	2554541	278725454	667467344
2	6	878358444	254580241	25440001	2574752	595763450
2	7	634445554	4524041	54541102	27454224	547926187
2	8	624154785	25468658	54454400	33452244	510779483
2	9	1254884444	2547455	25432412	872244222	354660355
2	22	244458522	32377525	24545551	24720424	162815022
2	25	528844244	24454044	55445442	25474442	423470316
2	29	1247872442	23754422	542452442	88722434	592943144

第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

附录 2：表 2.2 直接消耗系数矩阵程序：

```
>> load X.txt %加载该省公路建筑业的投入产出矩阵
>> X
>> load X1.txt %加载总产值矩阵
>> X1
>> for i = 1:43 ;A(:, i) = X(:, i)/X1(i);end %计算直接消耗系数
矩阵
>> A
```

附录 3：表 2.3-2.5 完全需求系数矩阵、完全消耗系数矩阵、分配系数矩阵程序

```
>> I = eye(43); %定义 43 阶单位矩阵
>> b1 = inv(I - A); %对 (I-A) 矩阵求逆，求完全需求系数矩阵（列
昂惕夫逆矩阵）b1
>> b1
>> B = b1-I; %完全消耗系数矩阵 B
>> B
>> for j = 1:43, h(j, :)=X(j, :)/X1(j);end %求分配系数矩阵 h
>> h
```

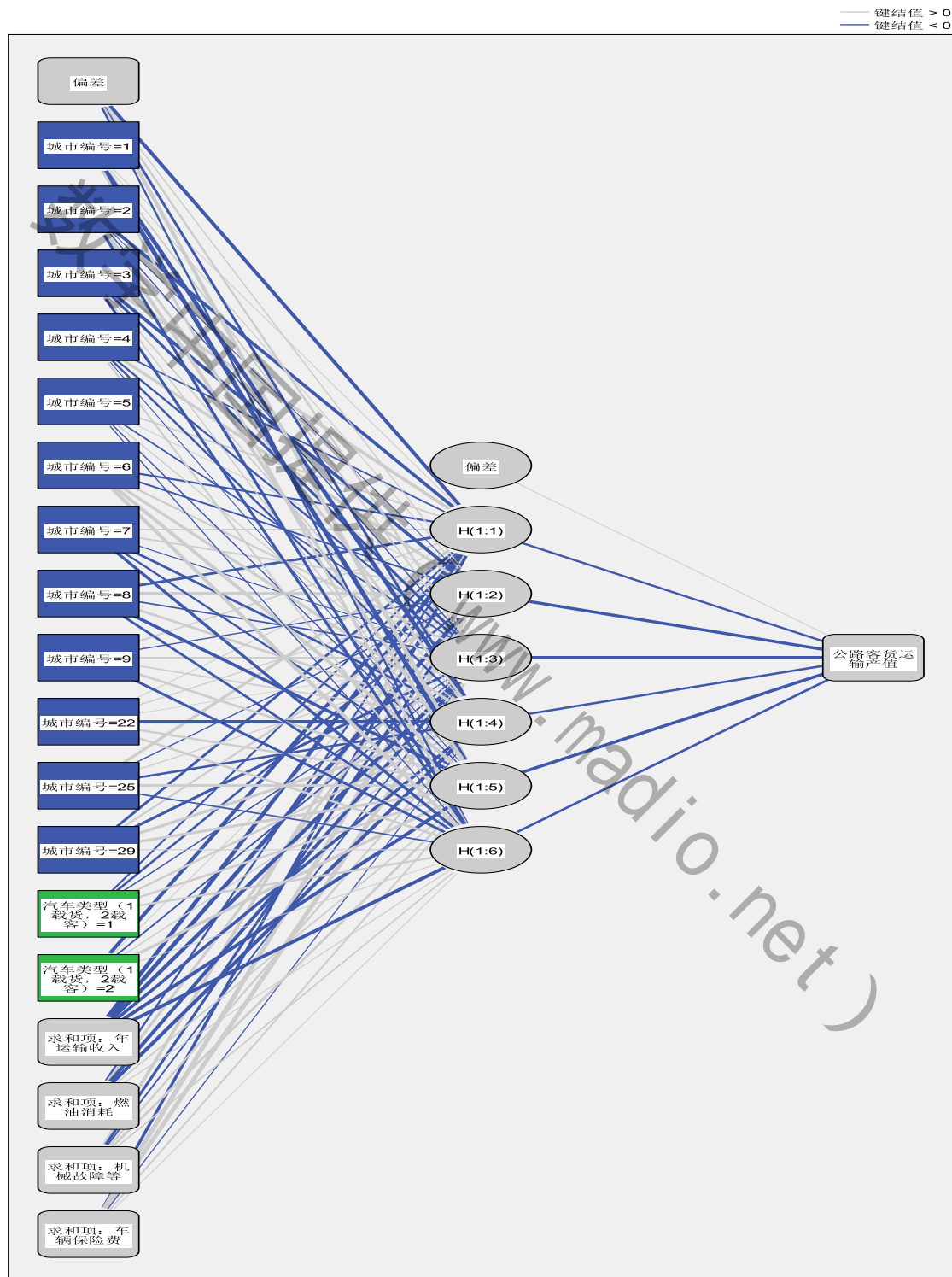
第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

附录 4:



第六届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2013@tzmcm.cn 参赛队号#2923

附录 5:

参数估计								
	已预测							公路客货运输 产值
	隐藏层 1							
	H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	H(1:7)	
预测值								
输入层 (偏差)	- .368	- .530	- .293	.084	- .374	.504	.463	
[城市编号=1]	.590	- .322	.507	.365	.215	.102	.008	
[城市编号=2]	.088	- .445	- .603	.286	.267	.097	.187	
[城市编号=3]	.384	- .632	- .175	- .067	- .045	.484	- .081	
[城市编号=4]	.089	.107	.099	- .522	.094	- .439	- .098	
[城市编号=6]	.512	.022	.202	- .214	.450	.395	.437	
[城市编号=8]	.238	- .119	- .178	.065	.186	.696	.051	
[城市编号=9]	- .123	- .526	- .460	.262	- .070	.150	.314	
[城市编号=22]	- .282	.046	.126	.076	.325	.357	.356	
[城市编号=25]	- .046	.131	.530	.312	.138	.314	.079	
[城市编号=29]	.277	.365	.090	- .091	- .600	.020	.250	
汽车类型 (1载货, 2载 客) =1]	.087	- .203	- .394	.106	.126	- .138	.046	
汽车类型 (1载货, 2载 客) =2]	- .308	.614	.397	.487	- .428	.472	.044	
求和项: 年运输收入	1.100	- .775	.597	.131	.354	.236	.504	
求和项: 燃油消耗	.069	.551	- .243	- .100	.465	- .227	.334	
求和项: 机械故障等	.157	.259	.067	- .371	- .496	- .018	- .305	
求和项: 车辆保险费	- .697	.164	- .335	- .165	- .092	- .387	.651	
隐藏层 1 (偏差)								- .053
H(1:1)								.934
H(1:2)								- .606
H(1:3)								.313
H(1:4)								.199
H(1:5)								.378
H(1:6)								.076
H(1:7)								.339