



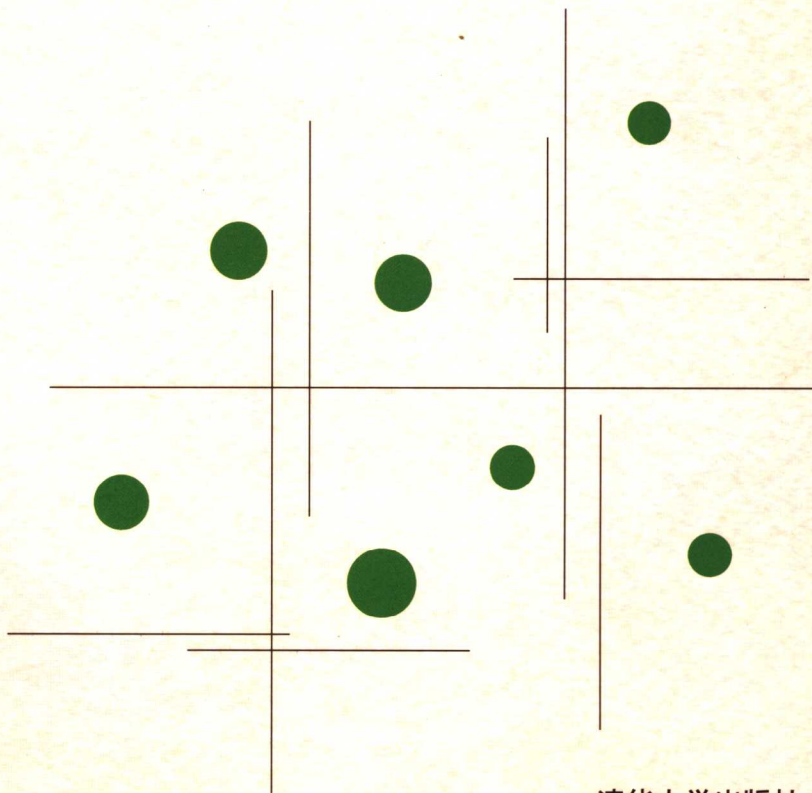
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
交通规划理论系列教材

交通规划习题集

**Exercises and Solutions
of Transportation Planning**

陆化普 石京 编著

Lu Huapu Shi Jing



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
交通规划理论系列教材

交通规划习题集

**Exercises and Solutions
of Transportation Planning**

陆化普 石京 编著

Lu Huapu Shi Jing

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为《交通规划理论与方法(第2版)》(陆化普编著,清华大学出版社2006年出版)的配套教材,全书共分6章,具体包括交通调查设计、交通网络的抽象与简化、交通发生与吸引、交通分布、交通分配、预测模型的扩展及交通项目的社会经济效益分析等内容,基本覆盖了交通规划理论的各个领域。为启发读者思考和把握基本理论,习题分思考题和计算题两类。

本书可供高等院校交通规划及相关专业的教师、本科生、研究生,以及从事交通规划工作的技术人员参考使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

交通规划习题集/陆化普,石京编著. —北京:清华大学出版社,2006.12

(交通规划理论系列教材)

ISBN 7-302-13667-X

I. 交… II. ①陆… ②石… III. 交通规划—高等学校—习题 IV. U491.1—44

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第097538号

责任编辑:汪亚丁

责任校对:刘玉霞

责任印制:杜波

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:175×245 印 张:13 字 数:261千字

版 次:2006年12月第1版

印 次:2006年12月第1次印刷

书 号:7-302-13667-X/U·27

印 数:1~3000

定 价:26.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:013708-01



陆化普 博士，现为清华大学交通研究所所长、教授、博士生导师。1957年2月28日出生于辽宁省铁岭市。1982年1月毕业于大连理工大学，1993年获名古屋大学交通工程博士学位。先后主持完成各类研究课题60余项，发表论文120余篇。著有《城市轨道交通的研究与实践》、《城市交通管理评价体系》等9部学术著作。主要研究方向为交通规划、智能交通、城市交通的可持续发展。



石京 博士，1962年生于北京。1986年清华大学土木工程系毕业，工学学士。1992、1995年分别获得名古屋大学工学硕士、博士学位。1995年任中部复建株式会社副科长；1997年社团法人系统科学研究所研究员。日本建设部门注册职业工程师（技术士/PE）、亚太地区经贸合作组织注册工程师（APEC E）。2003年任清华大学副研究员。现任清华大学交通研究所副所长，交通工程设计研究所所长。主要研究方向：交通规划学、道路工程学、交通经济学。著有《城市道路交通规划设计运用》等书。

前 言

随着社会经济的持续快速发展,我国城市化、机动化进程加快,城市交通问题日益严峻,已经成为国民经济发展的瓶颈,并成为全国各级政府和普通民众广泛关注的焦点问题。解决当前如此复杂的城市交通问题离不开交通规划理论的指导。交通规划的核心理论形成于20世纪50年代,我国交通规划理论的研究和实践始于20世纪70年代末期。20多年来,在众多专家学者的共同努力下,交通规划领域的科研和实践从无到有,逐渐发展起来,获得了长足的长进,积累了较为丰富的理论成果和实践经验。

作者多年来一直从事交通规划的教学和实践工作,深刻地认识到,要培养出出色的交通规划方面的学生,一定要有好的教材。作者认为好的教材应该不仅仅只局限于阐述基础理论,还应该很清晰地介绍研究前沿;不仅仅重视课堂教学,还应该强调规划实践;不仅仅讲解模型与方法,还应该着重强调建模思路与应用条件。经过十几年的教学探索,基于上述对好教材的理解,作者特组织了交通规划理论系列教材,这套教材注重系统性、先进性、实用性和前瞻性,具体包括《交通规划理论与方法》、《交通规划习题集》、《城市交通规划案例集》、《交通规划理论研究前沿》。主教材《交通规划理论与方法》主要阐述交通规划的基本理论;习题集针对主教材提供了比较全面的习题训练,可以帮助读者加深理解各部分基本理论知识,初步奠定理论应用的基础;案例集提供了覆盖各类交通规划项目的案例和点评,可以帮助读者融会贯通所学知识,培养承担实际规划项目的能力;研究前沿主要阐释了国内外交通规划理论的最新科研成果和发展趋势,可以帮助读者把握交通规划理论的前沿热点研究,增强研究选题和独立开展科研的能力。这四本教材相辅相成,逐步展开了从基本理论到前沿研究和工程实践的两条主线,构成了一个完整的教学培养的内容和体系。2002年,本系列教材对应的课程列入清华大学精品课程建设项目,2006年,本系列教材入选教育部“十一五”国家教材规划。随着我国交通事业的迅速发展,科学、合理的规划变得越来越重要,作者期待着本系列教材能够为进一步发展完善我国

的交通规划理论体系,为培养更多高水平的交通规划与管理人才贡献微薄之力。

《交通规划习题集》和主教材《交通规划理论与方法》配合使用。习题集由6章内容构成,为启发读者思考和把握基本理论,习题分思考题和计算题两类,具体包括交通调查设计、交通网络的抽象与简化、交通发生与吸引、交通分布、交通分配、预测模型的扩展及交通项目的社会经济效益分析等内容,基本覆盖了交通规划理论与方法的各个领域。

本习题集中除了作者编写的思考题与计算题之外,还收集整理了日本、美国等大学目前使用的一些习题,并附有答案和解析,以帮助读者更有效地掌握交通规划理论与方法的重要知识点。清华大学交通研究所的多名研究生参与了习题的收集、翻译、答案校核等工作,在此向参与习题集编写工作的研究生们表示衷心的感谢。

交通规划理论与方法的研究历史在我国还很短,《交通规划习题集》的编写是一次尝试,作者诚恳地希望广大读者对本书的不足之处提出批评指正。

作 者
2006年6月于清华园

目 录

第 1 章 交通调查与分析	1
1.1 交通调查方法	1
1.2 交通调查与数据处理	2
1.3 部分思考题与习题解答	5
第 2 章 交通需求预测	22
2.1 交通与土地利用	22
2.2 交通的发生与吸引	23
2.3 交通分布	24
2.4 交通方式分担	25
2.5 非集计模型的理论与方法	30
2.6 部分思考题与习题解答	32
第 3 章 交通分配	54
3.1 交通网络的抽象与简化	54
3.2 最短路的计算方法	56
3.3 流量费用函数与路网容量分析	56
3.4 交通量分配方法	59
3.5 部分思考题与习题解答	62
第 4 章 预测模型的扩展	96
4.1 交通分配模型的扩展	96
4.2 组合模型	97

4.3	动态交通分析模型	98
4.4	动态需求快速预测模型	98
4.5	部分思考题与习题解答	99
第5章	项目评价	107
5.1	项目的效果	107
5.2	财务分析	109
5.3	经济分析(费用效益分析)	113
5.4	环境影响评价	120
5.5	综合评价	121
5.6	部分思考题与习题解答	122
第6章	综合练习	157
6.1	思考题	157
6.2	习题	158
6.3	部分思考题与习题解答	173
附录 A	195

第 1 章 交通调查与分析

1.1 交通调查方法

思考题

思考题 1.1 阐述交通调查的意义并论述交通调查的种类与用途。

思考题 1.2 试设计一份居民出行调查表并利用设计的调查表说明设计意图和关键点。假定城市规模为 1000 万人,交通方式有地铁、城市铁路、常规公交、私家车、自行车和步行等。

思考题 1.3 假设某人一天的交通出行如图 1-1 所示,图中的①~⑩表示出行的顺序。请分别以出行目的、出发地、目的地、包含的所有交通方式及其代表交通方式几项对其交通出行进行分析。

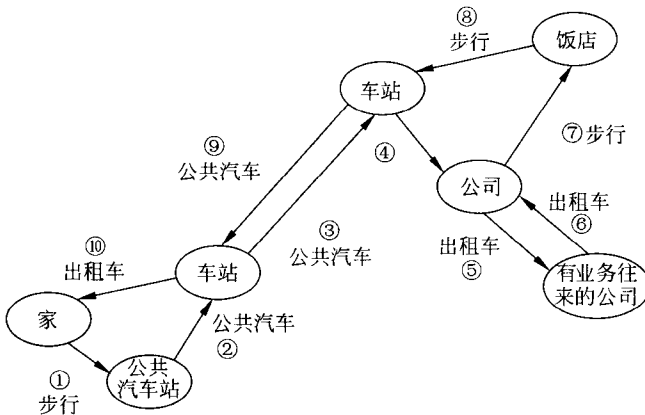


图 1-1 某人一天的交通行为

思考题 1.4 东西方向的一条河被当做核查线(screen-line),用于观测从河的南面小区到河的北面小区的所有机动车交通。对由南向北的驾驶员寻找起点和终点,记录为 OD(origin-destination)交通。此时能不能得出正确的表

示小区间交通需求量的 OD 矩阵? 如何通过核查线调查检验居民出行调查的精度?

1.2 交通调查与数据处理

思考题

思考题 1.5 对任一城市的居民出行调查数据按个人属性、出行特性等数据进行单独分析(如出行目的构成)和交叉分析(如不同年龄带的出行目的构成、不同交通方式的出行距离、不同出行目的的交通方式构成),并讨论居民出行的主要特征。

习题

习题 1.1 相关分析与回归分析

表 1-1 中给出了私人汽车保有量与持有驾驶执照人口的变化情况。

- (1) 判断它们之间的相关关系(计算它们的相关系数,并对其作统计检验)。
- (2) 做线性回归分析。

表 1-1 私人汽车的保有量与驾驶执照持有者数的变化情况

项 目	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年
持有驾照人口/千人	59 159	60 909	62 554	64 172	65 696	67 206
保有量/千辆	28 720	30 625	32 177	33 690	34 974	36 250

习题 1.2 偏相关分析与检验

(偏相关分析是为了去除其他变量对于 2 个变量的影响,找到 2 个变量之间本来的相关关系。通过偏相关分析得到的相关系数称为偏相关系数。)

对私人汽车保有量,持有驾驶执照人口以及道路总长进行相关分析,并对其作统计检验(见表 1-2)。

表 1-2 与私人汽车有关数据的变化情况

项 目	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年
有驾照人口/千人	59 159	60 909	62 554	64 172	65 696	67 206
保有量/千辆	28 720	30 625	32 177	33 690	34 974	36 250
道路总长/ 10^3 km	1104	1110	1115	1120	1125	1131

习题 1.3 多元回归分析与多元相关系数

表 1-3 中列出了机动车货物周转量,国民生产总值和货车数量。试以机动车货物周转量为目标函数做出回归分析式,并作检验。

表 1-3 机动车货物周转量等的变化情况

项 目	1987 年	1988 年	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年
货物周转量/亿吨公里:Y	2246	2461	2629	2742	2838	2816
GDP/亿元: X_1	350	371	387	407	422	425
货车/万辆: X_2	3745	3886	4097	4273	4439	4572

习题 1.4 判别分析

(所谓判别分析是通过将样本所具有的特性进行分析来判别这个样本属于哪个组群的方法。)

表 1-4 列出了利用平行的两种铁路(国有铁路为 1 组,私营铁路为 2 组)的 10 个男性对票价与舒适程度的满意度的调查结果(10 分为满分)。在此调查结果的基础上,判断票价期待度为 3、舒适程度期待度为 6 的男性属于哪一组。判断时使用线性判别函数法。

表 1-4 使用不同交通方式的满意度

样本	票价	舒适程度	组别	样本	票价	舒适程度	组别
1	3	10	1	6	1	4	2
2	5	8	1	7	5	6	2
3	4	7	1	8	3	2	2
4	6	5	1	9	2	1	2
5	2	9	1	10	6	3	2

习题 1.5 用聚类(cluster)分析方法对城市的人口规模与交通量进行评价

(聚类分析方法是根据样本或是变量相互近似的程度对其进行分类、分组的方法。)

表 1-5 中表示的是对 5 个城市的人口规模与交通量的评价,请根据表中数据将城市分组。

表 1-5 5 个城市的人口规模与交通量的评价

	1	2	3	4	5
人口规模	5	4	2	1	1
交通量	3	4	4	1	2

习题 1.6 用数量化一类方法进行交通量预测

(数量化一类方法是把目标函数与可能对其产生影响的说明变量表现为关系式,并利用该式进行预测的方法,基本上与多元回归分析相同。但是多元回归分析中的说明变量为定量数据,这里使用的是定性数据。)

表 1-6 中所列的是 14 天的白天机动车交通量的调查结果,包括调查的日期以及天气状况。请根据这些数据预测下雨时星期一的交通量。

表 1-6 每日的交通量及其相应的天气情况

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
交通量/千辆	30	77	75	102	81	73	48	74	72	79	96	92	87	55
星期	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六
天气	晴	晴	晴	雨	晴	晴	云	晴	晴	晴	雨	雨	云	雨

习题 1.7 数量化二类方法

(数量化二类方法是从样本的种种特性中,判别这个样本属于哪一组群的方法,基本上与判别分析相同。但是判别分析中的自变量为定量数据,这里使用的是定性数据。)

表 1-7 中列出了关于拥有 2 辆汽车与不拥有汽车的家庭的年收入、主妇的就业情况、附近公共交通的服务水平等调查结果。请根据调查结果预测收入较多、主妇不工作、附近的公共交通服务状况好的家庭保有 2 辆汽车的可能性。

表 1-7 两种家庭状况抽样调查表

抽样	拥有汽车家庭									抽样	未拥有汽车家庭										
	家庭收入					主妇就业状况		交通状况			家庭收入					主妇就业状况		交通状况			
	少	较少	普通	较多	多	有工作	无工作	好	普通		差	少	较少	普通	较多	多	有工作	无工作	好	普通	差
	11	12	13	14	15	21	22	31	32		33	11	12	13	14	15	21	22	31	32	33
1		○					○	○			21	○					○	○			
2		○					○		○		22	○					○	○			
3			○				○		○		23	○				○		○			
4			○				○			○	24	○					○	○			
5			○				○			○	25	○					○		○		
6			○				○			○	26	○				○			○		
7			○				○			○	27	○				○				○	
8				○			○			○	28		○				○			○	
9				○			○	○			29		○				○		○		
10				○			○			○	30		○				○		○		
11				○			○			○	31		○				○	○			
12				○			○			○	32		○				○	○			
13				○			○			○	33		○			○		○			
14					○		○			○	34			○			○	○			

续表

拥有汽车家庭											未拥有汽车家庭										
抽样	家庭收入					主妇就业状况		交通状况			抽样	家庭收入					主妇就业状况		交通状况		
	少	较少	普通	较多	多	有工作	无工作	好	普通	差		少	较少	普通	较多	多	有工作	无工作	好	普通	差
	11	12	13	14	15	21	22	31	32	33		11	12	13	14	15	21	22	31	32	33
15					○		○			○	35			○			○	○			
16					○		○			○	36			○			○			○	
17					○	○				○	37			○			○	○			
18					○	○				○	38			○			○			○	
19					○	○			○		39			○			○	○			
20					○	○					40			○			○			○	

习题 1.8 主成分分析

(主成分分析是对若干个变量值进行加权合成,做成新的变量(也就是主成分),再把变量汇总的方法。)

表 1-8 中列出了 10 个城市通勤时所使用交通方式的调查结果。请按照这个调查结果,试对这些城市进行分类。

表 1-8 10 个城市通勤时使用不同交通方式的分担率 %

城市	步行	铁路	公共汽车	私人汽车	城市	步行	铁路	公共汽车	私人汽车
1	20.5	5.7	0.8	0.6	6	23.5	7.3	7.5	34.7
2	20.4	12.7	5.9	10.4	7	27.0	28.3	2.0	6.7
3	40.9	30.1	14.0	3.7	8	35.6	27.4	12.5	0.1
4	6.2	37.5	38.6	16.6	9	7.0	52.6	27.8	8.6
5	1.4	11.8	37.2	32.0	10	1.4	6.9	42.8	40.3

1.3 部分思考题与习题解答

思考题

思考题 1.3

解答:出行(trip)是计量交通参与者交通行为的单位,是指人为实现某种目的而从特定出发地(起点,origin)到目的地(终点,destination)的单方向的移动。一般来说,交通本身不是本源需求(essential demand),而是为了达到某种

目的而产生的派生需求(derived demand)。这时,为了计量交通出行及预测将来的交通需求,给出行下定义时,最好将产生出行的目的也包括进去。因此,只要交通目的不变,即使改变了交通方式,这个过程也被看做是一个出行。

居民出行调查中的出行目的通常分为 6 种:①上班(去公司);②上学;③回家;④回公司、学校(返回公司、学校);⑤自由(可细分为日常购物、非日常购物、学习、社交、观光等);⑥业务(可细分为会议、收款、配送、进货、做工、接待、调查等)。

虽然多数的出行采用的交通方式有多种,但是在交通需求预测中有必要将一个出行需求对应出一个目的和一种交通方式,因此有了代表交通方式(代表此次出行的交通方式)的概念。在多个交通方式的出行中,决定代表交通方式的方法有最长距离方式法和优先顺序法。最长距离方式法是把该次出行中时间或距离最长的交通方式定为代表交通方式的方法;优先顺序法是把所利用的交通方式中公共性最高的方式定为代表交通方式的方法。此时,所采用的公共性顺序可以是:①飞机;②轮船;③铁路;④新交通系统;⑤公共汽车;⑥汽车;⑦摩托车;⑧自行车;⑨步行。在这两种方法中,从交通规划的公共性方面来看,一般采用后者。但是在优先顺序法中利用比公共汽车的公共性低的交通方式的出行有可能被低估,特别是利用自行车或步行的出行往往容易被忽略。所以在做公共汽车线网规划、道路网规划、自行车道规划、人行道规划等专项交通规划时,有必要根据各自情况对出行分别进行求和计算。

末端交通方式分为两种:一种是从出发地到代表交通方式起点的衔接交通方式;另一种是从代表交通方式到目的地的衔接交通方式。

根据以上的出行概念,对图 1-1 所示的交通行为从起点(家)开始按顺序表示出行目的、出发地、目的地、包含的所有交通方式及其代表交通方式进行分析,结果如下:

第 1 次出行:上班目的、家、公司、①②③④、电车;

第 2 次出行:业务目的、公司、有业务往来的公司、⑤、出租车;

第 3 次出行:回公司、有业务往来的公司、公司、⑥、出租车;

第 4 次出行:自由目的、公司、饭店、⑦、步行;

第 5 次出行:回家目的、饭店、家、⑧⑨⑩、电车。

习题

习题 1.1 相关分析与回归分析

解答:(1)可利用下式计算私人汽车保有量与持有驾驶执照人口的相关系数 r :

$$r = \frac{\sum_i X_i Y_i - \sum_i X_i \sum_i Y_i / n}{\sqrt{[\sum_i X_i^2 - (\sum_i X_i)^2 / n][\sum_i Y_i^2 - (\sum_i Y_i)^2 / n]}}$$

对照表 1-1,并分别对应各年份的持有驾照人口和机动车保有量,列出如表 1-9所示的计算过程。

表 1-9 计算过程(可利用 Excel 计算)

	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	59 159	28 720	3 499 787 281	824 838 400	1 699 046 480
2	60 909	30 625	3 709 906 281	937 890 625	1 865 338 125
3	62 554	32 177	3 913 002 916	1 035 359 329	2 012 800 058
4	64 172	33 690	4 118 045 584	1 135 016 100	2 161 954 680
5	65 696	34 974	4 315 964 416	1 223 180 676	2 297 651 904
6	67 206	36 250	4 516 646 436	1 314 062 500	2 436 217 500
总和	379 696	196 436	4 073 352 914	6 470 347 630	12 473 008 747

相关系数为

$$r = \frac{12\,473\,008\,747 - 379\,696 \times 196\,436 / 6}{\sqrt{(24\,073\,352\,914 - 379\,696^2 / 6)(6\,470\,347\,630 - 196\,436^2 / 6)}} = 0.998\,846$$

为了用相关系数来判断两者之间是否有相关关系,必须对相关系数的显著性作 t 检验。检验时可用下式计算 t 值,然后与检验表进行比较。

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

$$t = \frac{0.998\,846}{\sqrt{1-0.998\,846^2}} \sqrt{6-2} = 41.594\,504$$

假设显著性水平为 $\alpha=0.01$ 时,从 t 分布表中可以得到

$$41.594\,504 > t(n-2, \alpha/2) = t(6-2, 0.005) = 5.5976$$

所以可以证明它们之间有相关关系。

(2) 线性回归公式的系数可用下式计算:

$$b = \frac{n \sum_i X_i Y_i - \sum_i X_i \sum_i Y_i}{n \sum_i X_i^2 - (\sum_i X_i)^2}$$

$$= \frac{6 \times 12\,473\,008\,747 - 379\,696 \times 196\,436}{6 \times 24\,073\,352\,914 - 379\,696^2} = 0.929\,994\,5$$

$$a = (\sum_i Y_i - b \sum_i X_i) / n = (196\,436 - 0.929\,994\,5 \times 379\,696) / 6$$

$$= -26\,113.2$$

因此回归公式如下：

$$\hat{Y} = -26\,113.2 + 0.929\,994\,5X$$

式中, \hat{Y} 表示用回归公式得到的估计值。

习题 1.2 偏相关分析与检验

解答：偏相关系数用下式计算：

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xy}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2)(1-r_{yz}^2)}}$$

首先计算驾照持有入口(X), 保有量(Y), 道路总长(Z)之间的单相关系数 r_{xy}, r_{yz}, r_{xz} , 其计算公式和习题 1-1 中的相同, 计算结果为

$$r_{yz} = 0.997\,086 [t = 26.142\,65 > t(n-2, \alpha/2) = t(6-2, 0.005) = 5.5976]$$

$$r_{xz} = 0.999\,145 [t = 48.345\,833 > t(n-2, \alpha/2) = t(6-2, 0.005) = 5.5976]$$

$$r_{xy} = 0.998\,846$$

可以得到去除了道路总长(Z)影响的汽车保有量(Y)与驾照持有入口(X)之间的偏相关系数

$$r_{xy.z} = \frac{0.998\,846 - 0.999\,145 \times 0.997\,086}{\sqrt{1 - 0.828\,341^2}} = 0.828\,341$$

对其进行 t 检验：

$$t = \frac{r_{xy.z}}{\sqrt{1-r_{xy.z}^2}} \sqrt{n-3} = \frac{0.828\,341}{\sqrt{1-0.828\,341^2}} \times \sqrt{6-3} = 2.560\,99$$

$$> t(n-3, \alpha/2) = t(6-3, 0.05) = 2.353$$

假设显著性水平为 0.1 时, 可以认为汽车保有量(Y)与驾照持有入口(X)之间存在相关关系。

注：当变量为 m 组时的偏相关系数也可以通过单相关行列式来求出。

$$\begin{aligned} r_{12} &= (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 0.998\,846 & 0.997\,086 \\ 0.999\,145 & 1.000\,000 \end{vmatrix} \\ &= -(0.998\,846 - 0.997\,086 \times 0.999\,145) = -0.002\,612\,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{11} &= (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 1.000\,000 & 0.997\,086 \\ 0.997\,086 & 1.000\,000 \end{vmatrix} \\ &= 1.000\,000^2 - 0.997\,086^2 = 0.005\,819\,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{22} &= (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 1.000\,000 & 0.999\,145 \\ 0.999\,145 & 1.000\,000 \end{vmatrix} \\ &= 1.000\,000^2 - 0.999\,145^2 = 0.001\,709\,3 \end{aligned}$$

则偏相关系数

$$r_{12.0} = \frac{-r_{12}}{\sqrt{r_{11} \times r_{22}}} = \frac{-(-0.002\,612\,5)}{\sqrt{0.005\,819\,5 \times 0.001\,709\,3}} = 0.828\,341$$

习题 1.3 多元回归分析与多元相关系数

解答: 首先列出计算表格, 如表 1-10 所示。

表 1-10 计算过程(可用 Excel 计算)

年份	Y_i	X_{1i}	X_{2i}	X_{1i}^2	X_{2i}^2	$X_{1i}X_{2i}$	$X_{1i}Y_i$	$X_{2i}Y_i$
1987	2264	350	3745	122 500	14 025 025	1 310 750	792 400	8 478 680
1988	2461	371	3886	137 641	15 100 996	1 441 706	913 031	9 563 446
1989	2629	387	4097	149 769	16 785 409	1 585 539	1 017 423	10 771 013
1990	2742	407	4273	165 649	18 258 529	1 739 111	1 115 994	11 716 566
1991	2838	422	4439	178 084	19 704 721	1 873 258	1 197 636	12 597 882
1992	2816	425	4572	180 625	20 903 184	1 943 100	1 196 800	12 874 752
总和	15 750	2362	25 012	934 268	104 777 864	9 893 464	6 233 284	66 002 339

根据表 1-10 计算常数项与回归系数

$$b = \frac{\sum_i X_{1i}Y_i \sum_i X_{2i}^2 - \sum_i X_{2i}Y_i \sum_i X_{1i}X_{2i}}{\sum_i X_{1i}^2 \sum_i X_{2i}^2 - (\sum_i X_{1i}X_{2i})^2}$$

$$= \frac{104\,777\,864 \times 6\,233\,284 - 9\,893\,464 \times 66\,002\,339}{934\,268 \times 104\,777\,864 - 9\,893\,464^2} = 11.8709$$

$$c = \frac{\sum_i X_{2i}Y_i \sum_i X_{1i}^2 - \sum_i X_{1i}Y_i \sum_i X_{1i}X_{2i}}{\sum_i X_{1i}^2 \sum_i X_{2i}^2 - (\sum_i X_{1i}X_{2i})^2}$$

$$= \frac{934\,268 \times 66\,002\,339 - 9\,893\,464 \times 6\,233\,284}{934\,268 \times 104\,777\,864 - 9\,893\,464^2} = -0.49096$$

$$a = \frac{\sum_i Y_i - b \sum_i X_{1i} - c \sum_i X_{2i}}{n}$$

$$= \frac{15\,750}{6} - \frac{11.8709 \times 2362}{6} - \frac{(-0.49096) \times 25\,012}{6} = -1.51939$$

多元回归式为

$$\hat{Y} = -1.51939 + 11.8709X_1 - 0.49096X_2$$

决定系数(determination coefficient)

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{6478.349}{252\,772} = 0.974371$$

式中, $\sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ 为残差平方和(sum of squares for residuals), $\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$ 为偏差平方和。