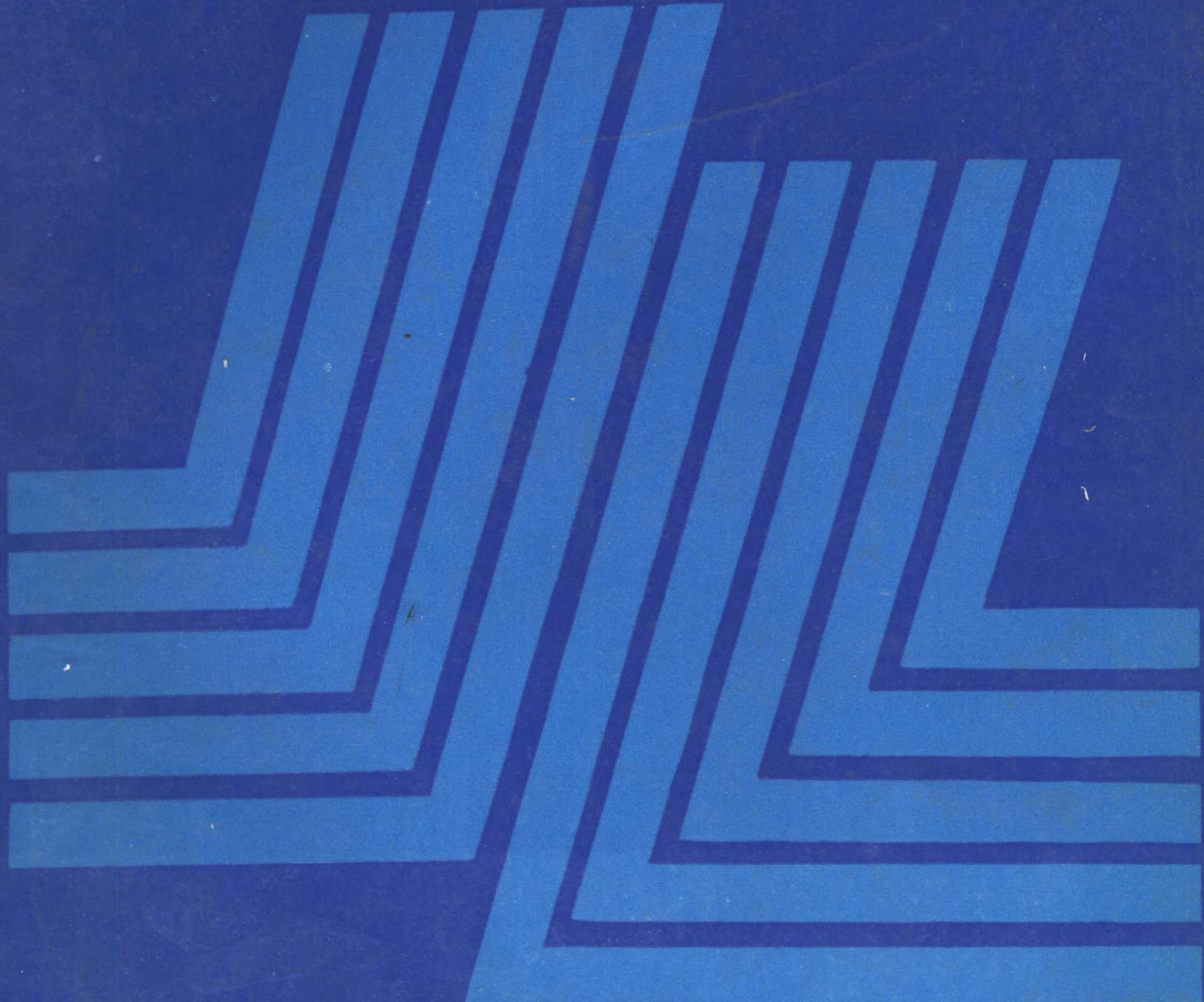


高等学校教材

计量地理学基础

(第二版)

张超 杨秉震 编著



高等教育出版社

高等学校教材

计量地理学基础

(第二版)

张超 杨秉贤 编著

高等教育出版社

高等学校教材
计量地理学基础
(第二版)

张超 杨秉庚 编著

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京顺义县印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 290 000
1985年5月第1版 1991年5月第2版 1991年5月第1次印刷
印数0001—2,745

ISBN 7-04-002874-3/K·131

定价 3.85 元

前 言

本书第一版自1984年问世以来,在全国高等学校使用了六年。在此期间曾分别在上海、长春、西安等地举行过四次教材评介和分析会议。广大师生在教学实践过程中,对本书作了肯定,也提了不少修改意见。近几年来国内外计量地理学又有了新的进展,为了适应当前教育改革的需要,反映本学科的最新成就,有必要在总结过去教学经验的基础上,对原书进行修改和补充。

国家教委制定的我国高等师范院校四年制本科地理专业的教学计划,已将计量地理学列为必修课程。本书系根据国家教委理科地理教材编审委员会审定的高等师范院校地理专业计量地理学教学大纲修订的。在内容安排上先介绍地理事物的数据处理和空间形态的计量(第二、三、四章),进而分析地理事物的空间关系(第五、六章)和空间构成(第七、八章),最后介绍与人类空间活动有关的地理模型(第九章),从而建立了具有中国特色的计量地理学内容体系。

在修订过程中,为了加强基础理论和基本技能训练,反映最新科学成就及便于教学,各章均作了不同程度的增删、调整和修改。例如,在第一章中强调计量地理学在为生产实践服务的同时,加强理论研究,把理论研究和方法研究结合起来,建立具有中国特色的计量地理模式。第二章中增加了反映计量地理学发展方向的地理数据库的内容。第三章主要对教学中难度较大的网络分析进行改写。第四章、第五章分别删除了二项分布公式推导和偏相关、复相关分析等较为繁琐的内容。第六章增加了求解求逆公式。第七章的内容进行了调整。第八章增加了农业区划应用实例。第九章为使计量地理学更好地解决经济建设中的宏观战略规划问题,提出用模型系统描述复杂的地理大系统,在理论和应用方面都有重要意义。本章介绍的一组模型应用广泛,也是前面各章内容的继续与发展,充分体现了用地理系统分析贯穿全书这一指导思想。

为了贯彻理论联系实际的原则,本书强调结合我国四化建设的生产实践,努力培养学生运用计量地理知识分析问题和解决问题的能力。为了加强实习课,帮助学生使用电子计算机解决地理问题的能力,我们同时修订了《计量地理学基础实习与计算程序》一书,使之与本书配合使用。

书中的多元分析方法,各校可根据需要与可能,讲授其中部分和全部内容。

本书的第一、三、四、六、八章由华东师范大学地理系张超教授编写,第二、五、七章由东北师范大学地理系杨秉廉教授编写,第九章系二人合编。初稿完成后,由张超教授进行统稿。在修订过程中,北京师范大学钟骏襄、陕西师范大学张伯社、西北师范学院袁兴仁、福建师范大学关文良、山东师范大学王洪芬、南宁师范学院谭肖娟等同志提出了许多宝贵意见,对教材修订给予了很大帮助,在此表示衷心感谢。

本书修订部分插图由华东师范大学地理系朱一平绘制，全部插图由该校博士研究生沈建法同志整理，计量地理研究生李旭、祝俊民、黄叶芳、和莹、邱文协助抄写部分书稿，在此一并致谢。

书中错误和不足之处，欢迎读者批评指正。

张 超

1989年6月于上海

目 录

第一章 绪论	1	一、地理相关的意义	85
§ 1 计量地理学的产生	1	二、地理相关程度的度量方法	86
§ 2 计量地理学的研究对象和内容	3	三、相关系数的显著性检验	89
§ 3 计量地理学的研究方法	6	§ 2 地理要素间的回归分析	90
§ 4 计量地理学的发展趋势	11	一、地理回归分析的意义和作用	90
第二章 地理数据系统	13	二、一元地理回归模型的建立	91
§ 1 地理数据类型及其变换	13	三、多元地理回归模型的建立	106
一、地理数据的基本类型	13	§ 3 地理系统的空间趋势面分析	110
二、地理数据的变换	14	一、空间趋势面分析概述	110
§ 2 地理数据的分布特征	14	二、趋势面分析的数学模型	110
一、地理数据的来源与整理	14	三、趋势面的具体计算方法步骤	112
二、地理数据的分布特征值	18	第六章 地理系统要素的逐步回归分析	115
§ 3 地理数据库	26	§ 1 最优回归方程的选择	115
一、数据库	26	§ 2 逐步回归分析的数学模型	117
二、地理数据库的建立	27	§ 3 逐步回归分析的步骤	120
第三章 空间分布的测度和时间序列	28	§ 4 逐步回归在地理系统分析中的应用实例	124
§ 1 空间分布的测度	28	第七章 地理系统的聚类分析与判别分析	130
一、空间分布的类型	28	§ 1 地理系统的聚类分析	130
二、点状分布的测度	29	一、地理系统分类的意义和作用	130
三、线状分布——网络	42	二、聚类分析的数据处理	130
四、离散区域分布的测度	50	三、聚类分析的统计量	132
五、连续区域分布的测度	52	四、地理系统的聚类方法	133
§ 2 时间序列	55	§ 2 地理系统的判别分析	138
一、时间序列的两种形式——增长和下降	55	一、判别分析的基本原理	138
二、时间序列的滑动平均	56	二、两类地理判别分析	140
三、时间序列的趋势分析	57	第八章 地理系统要素关系的主成分分析	145
四、时间序列的循环分析	59	§ 1 主成分分析方法的原理	145
第四章 地理学研究中的概率函数和统计假设检验	60	§ 2 主成分分析的解法	147
§ 1 地理学中的概率函数	60	§ 3 特征值与特征向量的计算方法	150
一、地理数据离散型分布	60	§ 4 主成分分析应用实例	153
二、地理数据连续型分布	64	第九章 地理模型系统	160
§ 2 地理学研究中的统计假设检验	69	§ 1 地理系统模拟	160
一、空间类型的抽样设计	69	§ 2 地理环境辨识模型	162
二、抽样分布	70	§ 3 投入产出模型	165
三、假设检验	72	§ 4 地理系统动态模型	168
第五章 地理系统要素间的相关分析与回归分析	86	§ 5 最优区位模型	171
§ 1 地理要素间的相关分析	86	§ 6 最优规划模型	174
		§ 7 战略决策模型	178
		附录一 线性代数基本知识	183

一、矩阵的概念	183	二、正态分布的双侧分位数(μ_a)表	192
二、矩阵的运算	184	三、 χ^2 分布表	193
三、逆矩阵	185	四、 t 分布表	194
四、线性方程组求解求逆紧凑变换法	186	五、 t 分布的双侧分位数(t_a)表	196
附录二 计量地理常用统计表	191	六、 F 检验的临界值(F_a)表	197
一、正态分布表	191	七、检验相关系数 $\rho=0$ 的临界值(r_a)表	202

第一章 绪 论

§ 1 计量地理学的产生

计量地理学是将数学和电子计算机技术应用于地理学的一门新兴学科，它是随着生产发展的需要和科学技术的进步而产生和发展起来的。

人们在研究地理事物的时空分布、相互关系、地理区划、乃至进行地理系统的预测、控制和规划当中，取得了大量数据资料。如何对它们进行系统整理，从而更深刻地阐明地理现象的规律，透彻地理解地理事物发生、发展的过程，更好地为生产建设事业服务，就在地理学中引进了数学方法，产生了计量地理学。电子计算机和其它计算工具的发展和普及，又为计量地理学的发展提供了物质基础。因此，计量地理学的出现，反映了地理学向着定量化发展的新趋势。

这种新趋势就是在地理学研究中试图以定量的精确判断来补充定性文字描述的不足；以抽象的且能反映本质的数学模型去反映具体的庞杂的各种地理现象；以地理过程的预测和模拟来代替对现状的分析和说明；以合理的趋势推导与类推法去代替简单的因果关系分析，并以最新的技术手段去革新传统的地理学研究方法。

关于地理学的定量研究，早在本世纪 30 年代就已出现，但有显著进展却是在 50 年代到 70 年代，特别是 1963 年鲍顿(Burton)提出“计量革命”以来，计量地理的发展尤为迅速。在这时期内的地理学研究，引进了新技术、新方法，提出了新的见解并产生了新的理论。

计量地理学(Quantitative Geography 或 Quantitative Analysis in Geography)也有人称为理论地理学(Theoretical Geography)。计量地理学的研究，首先从联邦德国、瑞典、芬兰开始，以后传至美国、英国、日本、苏联、新西兰、印度等国，今天几乎已遍及世界各国。

西方地理学的计量运动始于高等学校。美国 50 年代中期，在华盛顿大学设立了计量化讨论班，培养了一大批著名的计量地理学家。目前，美国所有大学地理系本科均必修定量技术课程。英国的计量地理中心在剑桥大学，它在地貌和人文地理学方面卓有成效地应用了定量技术。苏联的计量地理学研究起步较晚，但发展很快，它在 60 年代后期改组了喀山大学教学制度，学生头三年学习数学课程，后三年才学习地理课程，再加上莫斯科大学的推动，大批新的计量地理学家正在成长。

在国外有关计量地理学的著作、论文、杂志很多。例如帮奇(W. Bunge)著的《理论地理学》(1962)、哈格特(P. Haggett)著的《人文地理学的区位分析》(1965)、乔利(R. Chorley)和哈格特合著的《地理模型》(1967)、加里森(W. L. Garrison)和马布里(D. F. Marble)合著的《计量地理学》(1967)、耶次(M. H. Yeates)著的《经济地理数量分析入门》(1968)、科尔(J. P. Cole)和金(C. A. M. King)合著的《计量地理学》(1968)、贝里(B. J. L. Berry)和马布里合著的《空间分

析》(1968)、哈维(D. Harvey)著的《地理学注释》(1969)、金(L. J. King)著的《地理学统计分析》(1969)、哈格特和乔利合著的《网络分析》、安布罗斯(P. Ambrose)著的《解析人文地理学》(1969)、艾布勒(R. Abler)、安布罗斯和古尔德(P. Gould)合著的《空间组织》(1971)、石水照雄著的《计量地理学概说》(1976)、马塞(P. M. Mather)著的《自然地理中的多元分析方法》(1976)、奥野隆史著的《计量地理学基础》(1977)、哈格特(R. Haggett)著的《地球表层系统》(1985)和《地理学中的系统分析》(1980)等。这些都是有关计量地理的分析方法和学术专著,1963年英国出版了《地理学计量资料杂志》,1969年美国出版了计量地理学的专门杂志《地理学分析》(*Geographical Analysis*)。此外,与计量地理有关的学术讨论会在各国已举行过多次,并建立起计量地理学的专门组织。例如,1964年在国际地理学联合会(IGU)中设立了地理学计量方法委员会(*Commission on Quantitative Methods in Geography*),1967年在英国地理学会设立了地理教学采用模型和计量技术委员会(*Standing Committee on the Role of Models and Quantitative Techniques in Geographical Teaching*),1968年在日本成立了计量地理学研究委员会,1973年又改称理论、计量地理学委员会。

在我国, 计量地理学尚属开始发展阶段, 地理学界对于发展这一学科已给予普遍重视。1980年1月在全国地理学会第四次代表大会上对计量地理学作了专门介绍, 1980年5月召开全国高等学校理科地理教材编审委员会会议时, 审订了高等学校地理系用的计量地理学教学大纲, 1980年9月举办了由全国高等院校部分教师和地理工作者参加的计量地理学——数学在地理研究中的应用讨论班, 1980年11月, 我国部分地理工作者在南京成立了计量地理学研究会, 开展计量地理学研究和学术交流。1982年10月华东师范大学地理系出版了《计量地理论文专辑》, 发表高等院校和有关单位的研究论文。目前, 我国地理学的科研机构已配备了定量方面的研究人员并确定了研究课题, 综合大学和师范院校地理系已开设了计量地理学课程, 有关的科研成果和教材已不断涌现。中国地理学会1983年在南宁召开了计量地理讨论会, 并决定在学会之下设立数量地理专业组。我国地理工作, 由于“文化大革命”的干扰, 对于数量方法的应用比欧美差不多落后了二十年。起步迟虽然是个弱点, 但便于我们吸取国际上正反两方面的经验教训, 避免走弯路。例如西方在推行地理学定量化的最初十多年, 出现了一些学者脱离地理事物的实质内容, 单纯进行数学推演的形式主义偏向, 直到70年代才开始纠正。而我国计量地理学的发展, 从一开始就可把研究工作一方面指向具体规划、计划 and 设计问题的定量决策; 另一方面指向地理学理论问题数量方面的阐述和修正。如前所述, 我国地理学的量化还在肇始阶段, 当前我国地理学成果中的定量内容, 不是太多而是太少了, 缺乏用量的计算来充实质的分析。通过计量地理工作者的努力, 可以期望计量地理学在为我国四化建设服务和促进地理科学自身现代化方面, 将作出积极的贡献。

新学科的产生和发展, 离不开原有基础。计量地理学是在传统地理学的基础上产生的, 计量地理学和传统地理学是密切联系的, 把它们对立起来的观点是不对的。但是计量地理学不仅可以作为地理事物空间与过程研究、生态研究、区域研究的分析手段; 而且能够据此导出普遍性和规律性, 达到过去用定性方法研究所没有完成的地理学的理论结构。马克思早就指出, 科学仅当它成功地利用数学时才达到完善的程度。计量地理学的产生体现了地理学的进一步完善, 使地理

学由一门对地表事物进行解释性描述的学科,转变为一门确定性解释的科学。因此,地理学的计量化有双重意义,其一,它给实际地理问题以确定性的解释,这样就使地理学家可以在计划、规划和设计中有充分依据和发言权。广泛利用数学模式和计算技术,使地理学同相邻科学有了共同语言,并在区域开发、城市规划和交通流分析等实际工作中易于协调沟通。其二,它使地理现象的概括达到了新的高度,即不仅是定性,而且是定量的描述和解释,从而使地理学的基本理论更臻完善。60年代以来,国外发展起来的理论地理学,在很大程度上是用数学上的解析、规划、随机模式建立起来的。认为定量方法仅是地理工作中方法应用的一个方面的看法,已证明是不全面的。

§ 2 计量地理学的研究对象和内容

计量地理学的研究对象大致为下列三个方面:

第一,空间与过程的研究 这是关于地域分布与地域过程的研究,主要查明地表事物的分布位置和模式及其成因与变化。把分布和过程结合起来,着重强调区位分析或区位因素的分析,即通过与其它有关因素的联系过程,来探索地表事物之间规律性的空间关系,并以此为人类活动有关的地面设施的位置提出适当的安排,为生产布局服务。这里要指出的是,传统地理学对于空间过程或地域过程,其中包括自然过程和人文过程的研究是很簿弱的。戴维斯曾就地貌发育的问题,讲过这样一句话:地貌是过程和时期的函数。他在这里主要着眼于地质时期的发育过程,内容也过于简单,对现代过程则未予重视。后来,洛赛尔(R. J. Russell)进一步对地貌形成过程,特别是现代地貌形成过程进行了研究。70年代初期乔利强调自然地理学研究空间过程——反应系统的重要性。最近我国地理学家李春芬、吴传钧、沈玉昌、左大康等,也在有关论文中指出这方面研究的重要性。近来西方国家地理界开展的所谓感应地理(*Perception Geography*)和行为地理(*Behaviour Geography*)研究,则属于人文过程的研究,以此探索人文地理现象分布的形成过程。计量地理学强调研究的是把空间和过程结合起来,通过过程来研究分布位置与模式,并从过程的演化中来预测变化趋势。所谓模式就是现实事物或真实世界的一种简化的模型,通过各种指标的相关来显示地域性质和空间关系。如19世纪初期杜伦(J. H. Von Thunen)的土地利用模式,就是反映当时在资本主义国家内以城市为中心的一种简化的环带状模式。每一环带各有不同的利用方式和性质,它以同城市的距离和利润的多少这两个指标的相关来表明城市同它的郊区的空间关系,现在看来,这类模式过于简单,看不到动态变化。计量地理学所建立的数学模式,则要求更定量化、更精确地去研究空间过程,从而揭示出地理事物的分布模式和空间关系。

第二,生态研究 这主要是指人地关系的研究。由于科学技术的进步以及世界人口的日益增长,人类利用自然环境的范围扩大了,强度也不断提高,甚至使环境质量恶化,例如森林被破坏,造成生态的不平衡等。最近发表的资料还表明,我国西北干旱与半干旱地区,由于过去土地利用不合理,沙漠化的面积达17万平方公里(包括历史时期和近半个多世纪形成的),受到严重威胁达到16万平方公里,合计占全国土地面积的3.4%。如何防止环境质量恶化以及如何因不合理的利用,而使已经恶化的环境质量得到恢复和改善,已成为一项严重的任务。为了合理利用地

理环境,必须充分的了解它,不仅了解它的现状,而且要了解它的变化,这包括长期缓慢的变化,周期性变化和突发性变化。特别是突发性变化,对人类的冲击可能很大,往往带来灾害。同时人类利用环境,又会给环境带来变化,这种变化是按自然规律并通过空间过程来实现的。因此人地关系的研究,决不是地理学一门学科更不是它的某一门分支学科所能承担得了的,它涉及到计量地理、自然地理、人文地理、区域地理以及其它有关学科。为了合理利用地理环境,五十年代至六十年代空间分析应运而生,七十年代生态分析又提到日程上来。一般都要通过数学的方法,把自然和人文要素综合起来考虑,为两个“最佳”作出回答,这就是为人类活动的地面设施、为新建城市或港口选出最适当的位置;在生产布局中使地区得到最合理的利用。为此,还要求对环境可能产生的影响加以监测,并对其将来的变化趋势进行预告。这对传统地理学来说,计量地理学不仅在方法上,而且在理论与实践的结合上明显的前进了。

第三,区域研究 地理区域的相似性和差异性区域研究的根据,过去只满足于描述和解释区域的特点和差异(区内和区际的),强调区域个性,把注意力局限于形态一致的区域(*Formal or Homogeneous Regions*),现在则日益趋向功能区域(*Functional Regions*)。因为在实践中为了解决一个特定的地理学问题,常涉及几个区域,如对流域之间的调水问题,首先要查明有关流域内水资源的分布和需水情况,把水资源盈余和匮乏的地区结合起来进行通盘考虑。这类区域就是所谓功能区,区内各部分存在着功能上的联系,也称之为空间组织区域(*Spatially organized regions*)。以城市为中心的结节区(*Nodal Regions*),也属于这类区域。这就是说,计量地理强调的是区际之间的关系和区域空间组织的研究。在实践中这类研究多应用于区域规划包括城市规划、流域规划、不同层次的综合自然区划、经济区划以及区际交流等。

这三方面的研究,强调三种分析,即空间分析、生态分析和地域综合体分析。它们都需要借助于数学方法和电子计算机。

上述研究对象和传统地理学比较并无本质区别,所不同的是计量地理学强调的是从空间的角度、计量分析的方法、探求规律的立场,来回答地理学所提出的问题,进而导出地理学的一般理论。这和传统地理学强调各个地域的记述和特殊性的研究,是有明显差别的。在当前地理工作者的思想之中,最令人困惑的问题仍然是:地理学是否“像其它科学”,能够发展“原理、法则和一般真理知识”,从而进入科学之林,还是它的作用仅在描述无限数的、独一的地区?例如对山地研究,是对个别事例的最大限度的描述和解释,还是着眼于空间区域规律性的研究?而生产实践期待于地理学的是能反映自然资源、土地利用、经济、人口、能源、环境等发展变化、空间分布规律和预测的数学模型。

计量地理学强调的空间研究,首先指空间的规律性,即地理事物内在的空间诸要素,包括位置、距离、方向、广度、形状等和地理事物空间展开状况的规律性。例如,离城市中心的距离和人口密度之间的关系,可用城市人口密度分布模型来表示其空间规律性,该模型的数学表达式为:

$$P_d = P_0 e^{-gd}$$

式中 P_d 为距市中心距离 d 的城市区域内人口密度, P_0 为市中心的人口密度, g 为给定参数。则是其次是指空间构造,即空间规律性是用面还是用立体来表示的,例如上例的人口密度模型用面来表示的,而且是呈同心圆状的空间构造。

再次是指空间过程,即空间规律性和空间构造形成发展的变化过程。例如在城市人口密度模型中,市中心人口密度的变化、市内街道的变化、居住条件的变化、市内人口的迁移等等都是空间过程的问题。

人们正是从地理事物的空间侧面,运用计量分析的方法,常以电子计算机为工具,根据生产实践的命题寻求地理事物空间规律性而建立起来的理论体系,来定义计量地理学的。

在传统地理学的各学科中,一般以位置、分布、形态、机能、构造、发展等来构成自己的理论体系,而着眼于空间侧面的计量地理学,则用以下内容来构成地理事物的空间的、计量的、规律性的理论体系。

(一) 地理事物的空间分布规律性

(1) 分布型分析 分布型是地理事物空间分布的特征之一。分布型分析是对地理事物点、线、面状分布进行计量分析,例如用邻近法和方格法以正态分布、普阿松分布为理论依据,来研究点型的分布规律,在研究人口的分布密度、植物的种属在样方中的分布规律等,均可用此分析方法。

(2) 网络分析 网络分析是指研究地表的河流网、交通网、行政区域等地理事物的空间特征。在网络分析中,除可用几何学方法外,还可用网络图论的方法来研究,分析网络结点间的接近度(*accessibility*)和结合度(*connectivity*),由此可对网络进行定量的比较,同时可探讨地理网络的一般空间规律和原理,在构成网络理论上也具有很大意义。

(3) 地域趋势面分析 地域趋势面分析是数学方法计算出一个数学面来拟合地理事物的空间分布规律。这个数学面就叫做地域趋势面。然后再以趋势面方程算出每个地理测点上的趋势值,并以一定间隔划出趋势等值线图,以表示地理事物的空间分布特征和变化规律。趋势面分析最常用的是回归分析方法,即以图上的直角坐标 U_i 、 V_i 为自变量,以现实的分布数 Z_{ij} 为因变量进行回归分析。 Z_{ij} 用下式表示:

$$Z_{ij} = \tau(U_i, V_i) + e_{ij}$$

式中 $\tau(U_i, V_i)$ 是从回归式导出的理论值 e_{ij} 是其离差,前者是全局成分,后者是局部成分。这里 $\tau(U_i, V_i)$ 是以 U_i 、 V_i 及 Z_{ij} 为变量的高次多项式求出的。例如在研究上海市区噪音(分贝数)分布趋势面时,用六十个取样点,作四次趋势面分析,已取得较好的结果。此外,地貌形态、人口分布、商业活动等均可用趋势面分析的方法。

(二) 地理事物的空间构成

(1) 地域构成分析 地域构成分析是指用多个地理指标来分析比较各个地理区域的特征或“职能”时,以少数指标或“成分”来代表多数指标,并逐渐合并或集中相似性强的地区,使区域数减少并形成各种类型。在进行地域构成分析时,一般采用主成分分析、因子分析和聚类分析等方法。这种方法可用来研究城市内部的空间构造和其它地理事物的分类和分区。

(2) 空间的相互作用分析 空间的相互作用分析是用来研究两个以上区域之间的地理系统要素的相互关系。例如,用人口位势值来说明人口移动、生产活动和土地利用等。人口位势值(V_i)可按式计算:

$$V_i = \int \frac{1}{r} D dA$$

式中 D 为无限小的地域单位 dA 的人口密度, r 是从地域单位 dA 到地点 c 的距离。

(三) 地理事物的空间过程

(1) 空间扩散分析 空间扩散分析是研究某一种地理现象在空间的传播和扩散。例如对文化传布的研究,在地理学中就是用计量的方法进行扩散过程的研究。

(2) 空间行动的分析 空间行动分析就是对地理空间中人类的居住、生产、消费、情报等各种人类行动过程及其空间分布型、最优化的分析。用于空间行动分析的方法有多元回归分析、因子分析、马尔柯夫链等。

(四) 地理系统的预测与规划

(1) 地理系统预测 对复杂的地理系统进行预测,是现代地理学与生产实践紧密结合的重要标志。通常用回归分析、系统动力学等方法,对不同层次的地理系统建立预测模型,作出人口预测、工农业产量预测、环境预测等。

(2) 地理系统规划 地理区域规划是社会主义条件下进行宏观管理的重要手段,是制定一个地区社会经济发展战略的基本依据和出发点。编制区域规划必然涉及这一地区政治、经济、社会、生态、资源、科技、文化、教育等各个领域,同时还需要纵观这一地区的历史、现状和未来发展的全部过程。实际上这是一个复杂的地理系统工程问题,必须用系统工程的方法,全面统筹,综合论证。

计量地理学的研究对象和内容体系之间,是源与流的关系,是紧密联系的;内容体系中的第一个方面是地理事物空间存在形态的计量,后三个方面则是地理事物空间关系和空间过程的计量,从这个意义上说,前者是从静态方面去研究,后者则是从动态方面去研究,而客观的地理事物,静态和动态之间又是相对的,就其本质而言又是密切相关的。

§ 3 计量地理学的研究方法

计量地理学 and 传统地理学不同的特点之一就是它的研究方法。传统地理学是把现实世界分成系统,经过观察、分类、比较、综合、描述等方法,由直接的类推得出现实世界的结论。而计量地理学是就现实世界系统,首先建立假说,然后模式化,应用现实的资料进行检验,而且解释检验的结果,并导出有关现实世界的结论,再经反复推敲形成理论。即使对于已经理论化了的命题,经过模式化——检验——解释——结论的程序,再加以推敲,可以使原有理论进一步发展。因此,计量地理学用建立模型、反复检验的计量分析方法,和传统地理学的分析方法是不同的,各自方法论的特点,可以用如下框图表示(图 1-1)。

传统地理学常用的是归纳法。其概括来自观察,即解释是由被观察的某种类型发展起来,并为其服务。这一方法难以避开观察到的是特殊情况或解释者的个人好恶。而计量地理学是把感知到的地理事物通过假设予以条理化,继而经过模式化得出数据予以检验。在成功的情况下才建立法则和理论,否则就反馈回去重新制订先期模式。这一过程经历了提出假设、制订模式、检验假设和建立理论四个步骤,是符合感性认识—理性认识—实践这一认识的全过程。我们可以把传统地理学的解释称之为模糊性解释,计量地理学的解释称为确定性解释。地理学中解释—

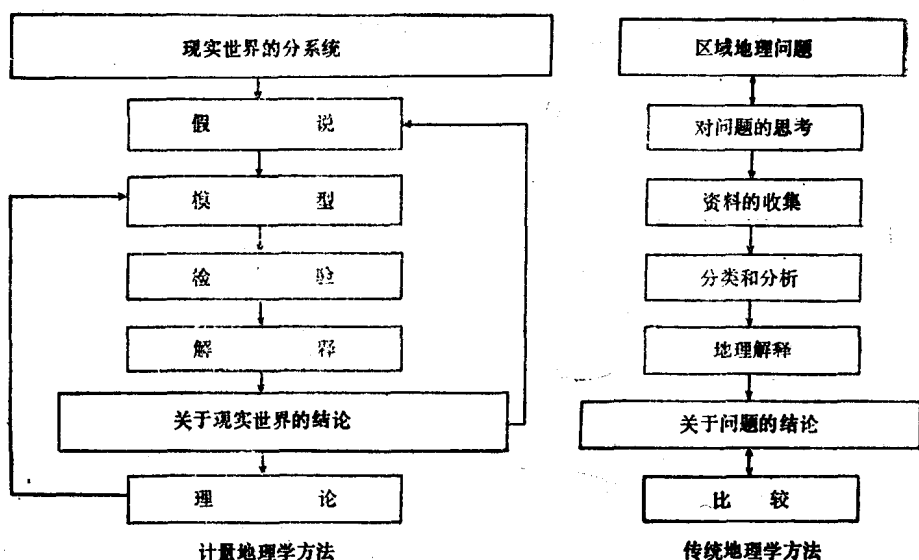


图 1-1 计量地理学和传统地理学研究方法的比较

词意味着把地理现象的时间演化和空间联系条理化。总的看来,古代地理学采用的是描述性记载;到了近代地理学,发展成为如戴维斯(W·Davis)所说的“解释性描述”;而现代地理学,其特点是确定性解释。地理学研究方法的三个阶段反映了其相应的科学水平。

科学的发展总是同其研究方法的进展密切相关的。方法论对学科研究对象的划分和新兴学科的形成都起重要的作用。地理科学工作者应注意引用新的科学技术和先进方法。科技革命无疑对地理学带来很多好处,尽管新方法不是目的,但它是我们重新认识地表的新手段,是地理学科向前发展的有力支柱。苏联地理学家马尔科夫(K. K. Марков)指出:“更多的地理学家应当使主要的研究方向现代化,应当偏重于以基础科学、首先是精确性科学为基础的道路”。我国著名科学家钱学森提出建立“地球表层学”下的新学科“数量地理学”的设想,意义也在于此。计量运动的最主要成就,就是铺开了地理学确定性解释这条通往科学的道路,而绝不是采用一些数学概念和公式而已。

计量地理学的研究方法,具体来说可归纳成如下几点:

(1) 地理系统分析 地理系统是指地球表面的岩石圈、水圈、大气圈、生物圈和人类相互作用的物质、能量、信息、运动系统。它是复杂的多级别、多要素系统。例如它可分地形系统、大气系统、土壤-生物系统、人类活动系统等亚系统。各亚系统又可分为更次一级的系统。与各级地理系统相对应的是各级地理区。

地理系统分析就是指扬弃地理事物繁琐的枝节,抓住实质,抽象出地理事物在结构与功能上的主线,并能揭示地理事物动态演变的方法和强度,预测其状态变化和稳定性程度等,从而对复杂的、高级的地理系统简化成次一级的简单的系统,进而探讨地理要素之间的数量关系。因此,地理系统的分析方法,一般是首先要列出研究定义的那一等级系统的要素清单,并根据地理系统的实际情况,画出各要素的联系框图,然后再以定量的方法研究系统要素间的关系。地理系统和环

境之间一般都有能量、物质的交换,对于外界输入的物质和能量,经过地理系统的人地关系和空间交互作用的变换,最后再输出到外部环境中去,则可画成如下框图(图 1-2)。

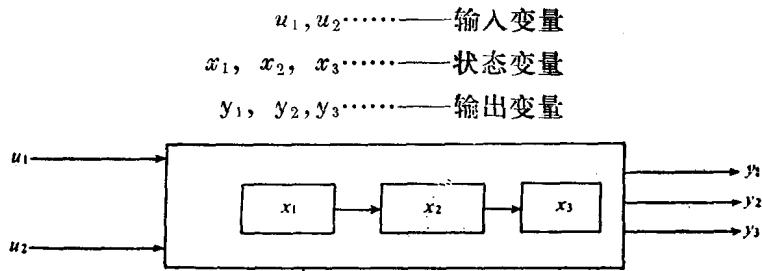


图 1-2 系统和环境关系示意图

这样一来,地理学就和生物学、土壤学、气候学等其它学科联接起来,自然环境是我们的输入,以后到了区域里面经过各种交互作用后,就可以得到各种生产活动和交通运输等,这就是输出;这种输出再影响生物界和自然界,成为其它系统的输入,彼此互相联接。计量地理学是从地理事物空间变化原因、变化规则、空间关系等方面,经定量分析后确定输入,再把交互作用用计量方法分析清楚,就可以预测输出,为生产建设和地理学理论发展作出贡献。

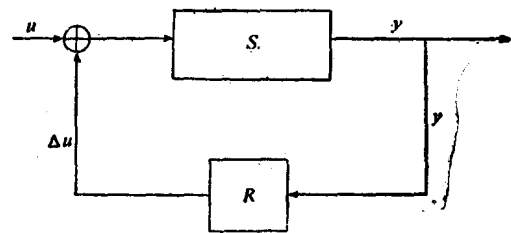


图 1-3 调节系统的变换

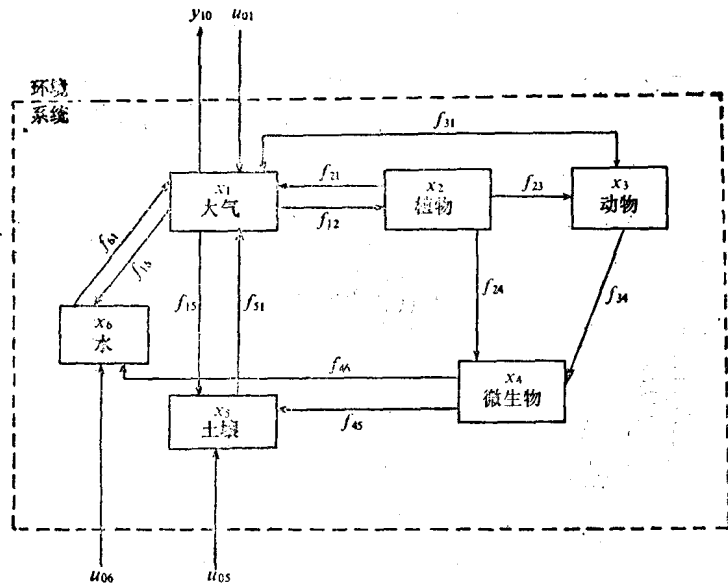


图 1-3 表示调节系统的变换。被调节系统的输出 y 反过来变成控制器 R 的输入, R 把 y 转变成它的输出 Δu , 控制器 R 的输出被迭加到系统 S 的输入 u 的值上, 使 S 的总输入变成 $u + \Delta u$, 系统 S 的输入的补值 Δu 是依赖于输出 y 的。这一反馈系统在地理学中的例子是很多的, 假定 u 为生产总投资, y 为轻纺工业投资经 S 转变为产量——运输量, 运输量经 R 转变成运输投资 Δu , 这种情况下 Δu 为负值, 即在总投资中减去运输投资才是轻纺工业投资, 因此这是一个负反馈系统。轻纺工业产量既产生运输量, 又受运输量的调节。

下面举一个能量在自然地理系统中的传输过程的例子。它具有普遍意义, 无论针对自然地理中什么区域什么规模, 它都是适用的。这个例子实际上是将系统论应用于自然地理中的基本模式。图 1-4 给出能量在自然地理系统中的一般流通过程。

图中 u_{01} 为外部环境对系统中大气分室输入的太阳辐射能; u_{05} , u_{06} 代表内部环境向系统输入的地热能; $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ 分别代表各分室的能量; y_{10} 代表大气向系统外的能量输出。 f_{ij} ($i, j=1, 2, 3, \dots, 6$) 为能量流通率。假如框图中数据完备, 就立即可以计算, 并可图 1-4 编出程序在计算机上进行。

(2) 随机数学方法的应用 地理系统的输入—输出之间, 一般具有随机性质, 因此, 计量地理学大部分内容是随机数学方法的应用。计量地理学的定量技术中, 最基本的技术可分成三类: 说明的技术, 推理的技术和构成模式的技术。说明的技术就是用描述性统计, 将大量的原始数据经过整理、计算简化为若干容易理解、能更好地说明主要情况的数值指标。推理的技术就是用推理统计分析选样的代表性, 或所搜集的资料支持前提的程度。此方法在气象学、水文学中应用已久, 近年来推广到地理学的各分支学科。只要有大量的调查、观测或实验数据, 采用这些统计方法是不可避免的。构成模式的技术可以是描述的, 也可以是推理的。最初, 构成模式是一种二维或三维的“图象”, 计量地理学则是用数学的方法构成抽象模式。地理现象比实验室中的现象复杂得多, 任何模式都是实际状况的高度简化, 需要在了解和权衡全部因果关系的基础上略去一些次要的内容, 作一些假定和近似计算。它可以是一系列实验的结果或表达某些从经验中得到的概念, 还可以通过数学变换来求知其它方法所不能得到的关系。有关模式结合起来, 更可以解决比较复杂的问题。气候学、水文学中的“模式化”, 开始于上世纪后半期, 最近的发展是由于本学科和邻近学科的理论研究、观测实验技术及计算技术的发展。象复杂的生态系统, 由于具备了必要的前提, 也能采用模式来研究, 得到有用的结果。地貌与土壤的模式研究, 在风砂移动、河床过程 (特别是泥沙搬运)、坡面侵蚀、土中可溶性物质淋溶、土壤分类等方面, 所取得的进展也是显著的。

地理系统是多级、多元系统。在进行系统分析时, 需要分析一组或几组地理要素之间的关系, 经常应用多元统计分析方法, 如多元线性回归、逐步回归、主成分分析、因子分析等。

地理系统是有空间范围和地域界线的系统, 确定界线、进行地理区域的划分等都经常应用二级判别分析、多级判别、逐步判别等数学分类技术。

在探讨地理系统结构、类型组合、空间关系时, 常运用系统聚类分析方法; 分析地理系统的空间特性时, 常用趋势面分析的方法。

地理系统研究中十分重视系统目标、系统结构的研究, 以便使地理系统达到符合一定目标的

最佳状态。因此，计量地理学包含运筹学方法、最优化方法，其中最常用的是线性规划、0—1规划和动态规划。

此外，计量地理学还包括马尔柯夫链的应用，多元线性方程组、微分方程的应用等，用以模拟地理系统状态的转移规律。

(3) 地理系统模拟 计量地理学是运用数学模型研究地理系统的。建立地理系统数学模型的过程，称为地理系统的数学模拟（简称地理模型）。

地理模型一般是可以求解的。如果地理模型是地理系统或其特性的好的代表，那么地理模型的解，一般说，也就是解决地理系统问题的一个可供实现的方案。

一个地理系统或某种特性的数学模型建立以后，就要对数学模型单独求解，然后对数学模型的解，进行地理学解释，形成地理学问题的解决方案。因此，在地理系统状态、地理要素预测以及地理系统规划的研究中，普遍运用数学模型。

地理系统数学模拟的一般过程是：首先从实际的地理系统或其要素出发，对空间状态、空间成分、空间相互作用进行分析，建立地理系统或要素的数学模型。经过经验检查，如与实际情况不符，则要重新分析，修改模型；如大致相符，则选择计算方法，并进行程序设计、程序调试和上机运算，从而输出模型解。再对模型解进行分析，如模型出错，则修改模型；如计算出错，则要修改计算方法和程序。如模型解正确，则对成果进行地理解释，提出切实可行的解决问题的方案。可见，地理系统数学模拟的过程，就是反复修改数学模型、调试和修改程序的过程，如图 1-5 所示。

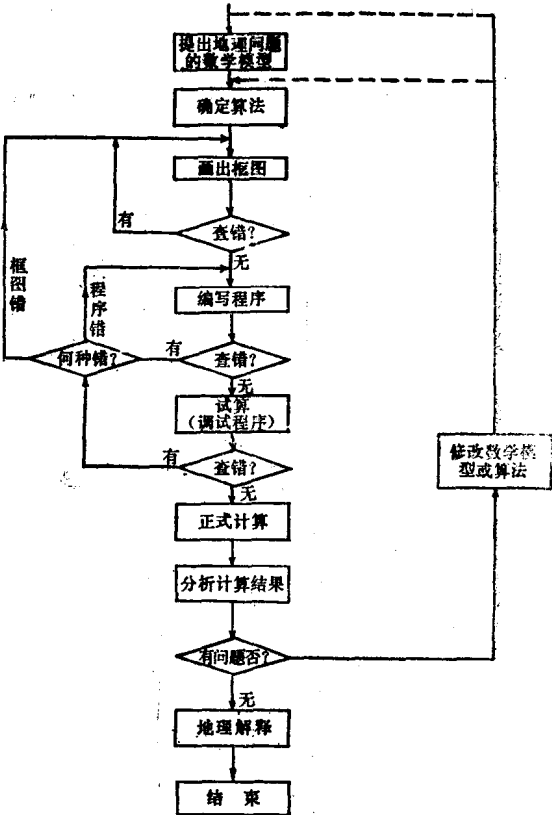


图 1-5 地理系统数学模拟框图

(4) 电子计算机的应用 地理学研究应用电子计算机，不仅对于地理学的系统化、模型化与最优化有巨大的促进作用，而且开辟了地理学应用软件这样一个新的研究领域。电子计算机不仅是计量地理学的计算工具，也是强有力的实验工具。

计算机有三个性质：(a) 计算速度快。一台快速电子计算机每秒钟能完成上亿次的运算，使某些计算结果具有实用价值。例如，要精确预报 24 小时内的天气，用机械式手摇计算机进行计算，要算一、二个星期。显然，当算出结果时，这一天早就过去，天气“预报”变成了“马后炮”。但是，利用电子计算机进行计算只需几分钟就能算出十天的天气预报数据。(b) 存储信息量大。一台