

高等学校试用教材

计量地理学基础

张超 杨秉赓 编著

高等教育出版社

高等学校试用教材

计量地理学基础

张超 杨秉赓 编著

高等教育出版社

1984

内 容 简 介

本书根据教育部理科地理教材编审委员会审订的高等师范院校地理专业计量地理学教学大纲编写。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,进而分析地理事物的空间关系和空间构成,最后介绍与人类空间活动有关的地理模型。本书尽量反映了国内外计量地理学方面的新成就,并将地理系统分析方法贯串全书。

本书可作为高等师范院校地理专业计量地理学课程的教材,也可供地理工作者参考。

责任编辑 朱新美

高等学校试用教材

计 量 地 理 学 基 础

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

上海市印刷六厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张15 字数338,000

1985年5月第1版 1985年5月第1次印刷

印数00,001—6,700

书号12010·043 定价2.85元

前 言

计量地理学的产生使地理学从定性描述阶段走向定量分析阶段。它在生产实践中的显著效益和今后发展前景引起了广大地理工作者的重视,并迫切要求普及、推广和使用计量地理学知识。教育部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。

本书系根据教育部理科地理教材编审委员会审订的高等师范院校地理专业计量地理学教学大纲编写的。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)。在编写过程中尽量反映了国内外计量地理学方面的新成就,并力图将地理系统分析方法贯串全书。

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际,努力培养学员运用计量地理学知识分析问题和解决问题的能力。为了加强实习课,帮助学员使用电子计算机演算地理课题,编写了《计量地理学基础实习与计算程序》一书,可与本书配合使用。

考虑到各师范院校地理系学员的数学基础(包括高等数学、概率论与数理统计、线性代数等)和算法语言基础,书中的公式一般都作了必要的推导,重要的运算方法均在实习教材中编写了BASIC程序。为了便于自学,在文字叙述方面力求通畅易读。

书中的多元分析方法,各校可根据需要与可能,讲授其中的部分或全部内容。

本书的第一、三、四、六、八章由华东师范大学地理系张超编写,第二、五、七、九章由东北师范大学地理系杨秉赓编写。初稿完成后,由北京师范大学钟骏襄、辽宁师范学院张耀光、陕西师范大学张伯社、西北师范学院袁兴仁、华中师范学院魏谟华、武汉师范学院刘妙龙、西南师范学院马廷华、福建师范大学关文良、山东师范大学王洪芬等同志进行了审阅。他们在审阅中,提出许多宝贵意见,对教材的修改给予很大帮助,在此表示衷心感谢。

本书插图由华东师范大学地理系刘永瑜同志绘制,全部插图由该校计量地理研究生黄启明、沈建发同志整理,谨致谢忱。

书中的错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

1984. 3.

目 录

第一章 绪论	1
§1 计量地理学的产生	1
§2 计量地理学的研究对象和内容	2
§3 计量地理学的研究方法	5
§4 计量地理学的发展趋势	10
第二章 地理数据系统	12
§1 地理数据类型及其表达方式	12
一、地理数据的基本类型	12
二、地理数据的表达方式	12
§2 地理数据的分布特征	15
一、地理数据的来源与整理	15
二、地理数据分布特征的 定量计算方法	19
第三章 空间分布的测度和时间序列	30
§1 空间分布的测度	30
一、空间分布的类型	30
二、点状分布的测度	31
三、线状分布—网络	45
四、离散区域分布的测度	51
五、连续区域分布的测度	54
§2 时间序列	56
一、时间序列的两种形式— 增长和下降	57
二、时间序列的滑动平均	59
三、时间序列的趋势分析	60
四、时间序列的循环分析	61
第四章 地理学研究中的概率函数和 统计假设检验	62
§1 地理学中的概率函数	62
一、地理数据的离散型分布	62
二、地理数据的连续型分布	66
§2 地理学研究中的统计假设检验	72
一、空间类型的抽样设计	72
二、抽样分布	73

三、假设检验	75
第五章 地理系统要素间的相关分析 与回归分析	90
§1 地理要素间的相关分析	90
一、地理相关的意义	90
二、地理相关类型	91
三、地理相关程度的度量方法	91
四、相关系数的显著性检验	99
§2 地理要素间的回归分析	100
一、地理回归分析的意义和作用	100
二、一元地理回归模型的建立	101
三、多元地理回归模型的建立	116
§3 地理系统的空间趋势面分析	129
一、空间趋势面分析概述	129
二、趋势面分析的数学模型	129
三、趋势面的具体计算方法步骤	132
第六章 地理系统要素的 逐步回归分析	134
§1 “最优”回归方程的选择	134
§2 逐步回归分析的数学模型	136
§3 逐步回归分析的步骤	139
§4 逐步回归在地理系统分析中 的应用实例	143
第七章 地理系统的聚类分析 与判别分析	149
§1 地理系统的聚类分析	149
一、地理系统分类的意义和作用	149
二、聚类分析的数据处理	149
三、聚类分析的统计量	152
四、地理系统的主要分类方法	155
§2 地理系统的判别分析	162
一、判别分析及其基本原理	162
二、两类地理判别分析	163
第八章 地理系统要素关系的	

主成分分析	170
§1 主成分分析的方法原理	170
§2 主成分分析的解法	171
§3 特征值与特征向量的计算方法	175
§4 主成分分析应用实例	179

第九章 地理系统的线性规划与

投入产出模型 185

§1 地理系统的线性规划模型	185
一、线性规划的数学模型	185
二、线性规划数学模型的解法	196
§2 投入产出综合平衡模型	205
一、投入产出分析的经济意义	205
二、投入产出表的结构性质	205
三、投入产出的数学模型	207

附录一 线性代数基本知识 214

一、矩阵的概念	214
二、矩阵的运算	215
三、逆矩阵	216
四、线性方程组求解求逆	
紧凑变换法	217

附录二 计量地理常用统计表 221

一、正态分布表	221
二、正态分布的双侧分位数(μ_α)表	222
三、 χ^2 分布表	223
四、 t 分布表	224
五、 t 分布的双侧	
分位数(t_α)表	226
六、 F 检验的临界值(F_α)表	227
七、检验相关系数 $\rho=0$ 的	
临界值(r_α)表	232

第一章 绪 论

§1 计量地理学的产生

计量地理学是把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,乃至进行地理要素的预测、控制、改造当中,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,早在本世纪三十年代就已出现,但有显著进展却是在五十年代到七十年代,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。在这个时期内的地理学研究中,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。在国外,有关计量地理学的著作、论文、杂志很多。例如邦奇(Bunge, W.)著的《理论地理学》(1962)、哈格特(Haggett, P.)著的《人文地理学的区位分析》(1965)、乔利(Chorley, R.)和哈格特合著的《地理模型》(1967)、加里森(Garrison, W. L.)和马布里(D. F. Marble)合著的《计量地理学》(1967)、耶次(Yeates, M. H.)著的《经济地理数量分析入门》(1968)、科尔(Cole, J. P.)和金(C. A. M. King)合著的《计量地理学》(1968)、贝里(Berry, B. J. L.)和马布里合著的《空间分析》(1968)、哈维(Harvey, D.)著的《地理学注释》(1969)、金(King, L. J.)著的《地理学统计分析》(1969)、哈格特和乔利合著的《网络分析》(1969)、安布罗斯(Ambrose, P.)著的《解析人文地理学》(1969)、艾布勒(Abler, R.)、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)、奥野隆史著的《计量地理学基础》(1977)等等。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,并陆续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研究工作者参加的计量地理学——数学在地学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。可以期望计量地理学在为我国四化建设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。

§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, 并以此作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薄弱的。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。七十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。如十九世纪初期杜伦(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，已成为一项严重的问题。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。

上述三方面的研究对象，和传统地理学比较没有多大本质的差别，但是它是从空间的角度、运用计量分析的方法及确定空间的规律，进而导出地理学的一般理论；这一点是应该非常强调的，这 and 传统地理学就各个地域的记述和特殊性的研究，乃至非常强调个别的描述是有明显差别的。

计量地理学强调的空间研究，首先是指空间的规律性，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。

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则是用面来表示的，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，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：

(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_j 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：

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

式中 $\tau(U_i, V_j)$ 是从回归式导出的理论值，同时 e_{ij} 是其离差，前者是全局成分，后者是局部成分。这里 $\tau(U_i, V_j)$ 是以 U_i 、 V_j 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。

(4) 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。

(5) 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_c)可按下式计算:

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

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。

(6) 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。

(7) 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。

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;内容体系中的前四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)。

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。

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

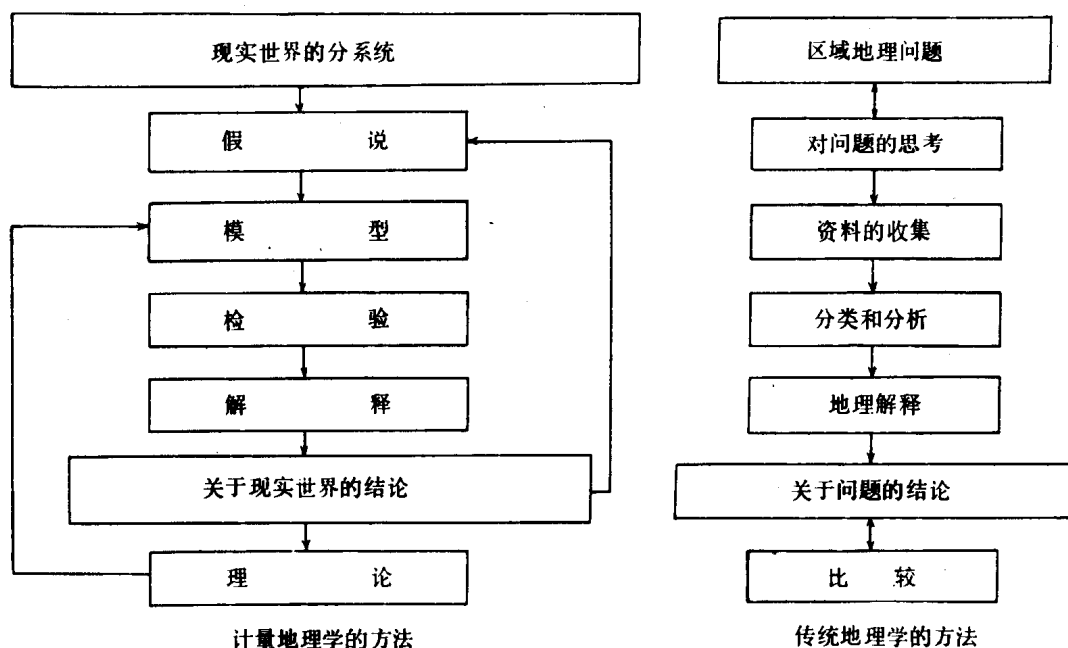


图 1-1 计量地理学和传统地理学研究方法的比较

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)。

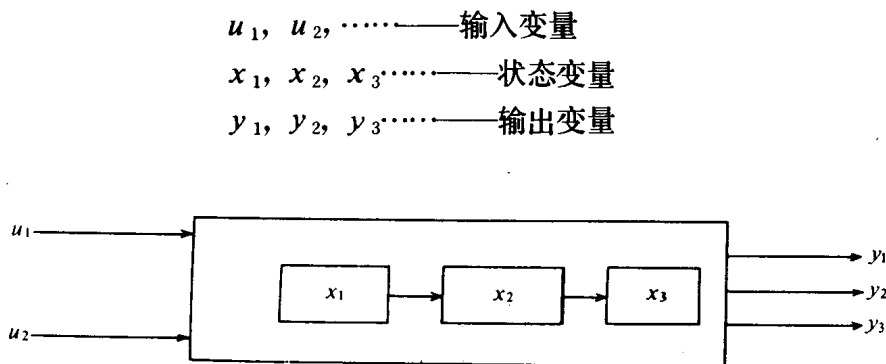


图1-2 系统和环境关系示意图

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 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

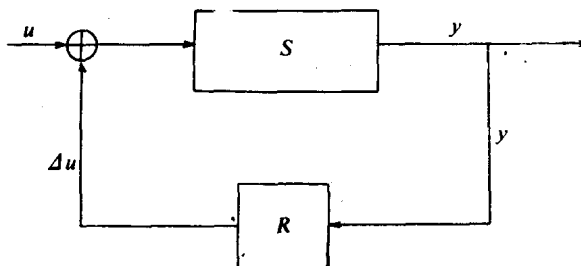


图1-3 调节系统的变换

$u + \Delta u$ ，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，因此这是一个负反馈系统。

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。

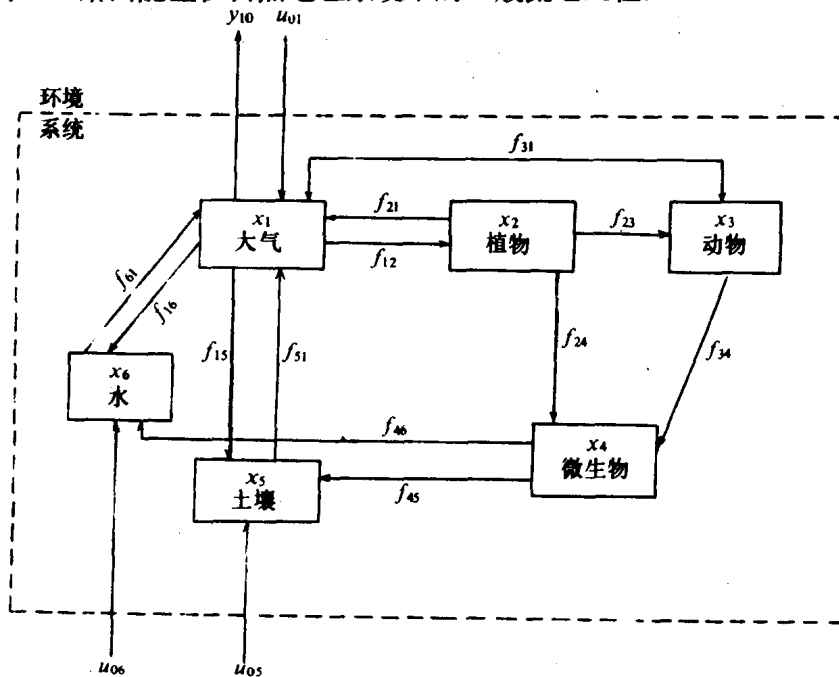


图1-4 能量在自然地理系统中的一般流通过程

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,并可将图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、程序调试和机上运算，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。

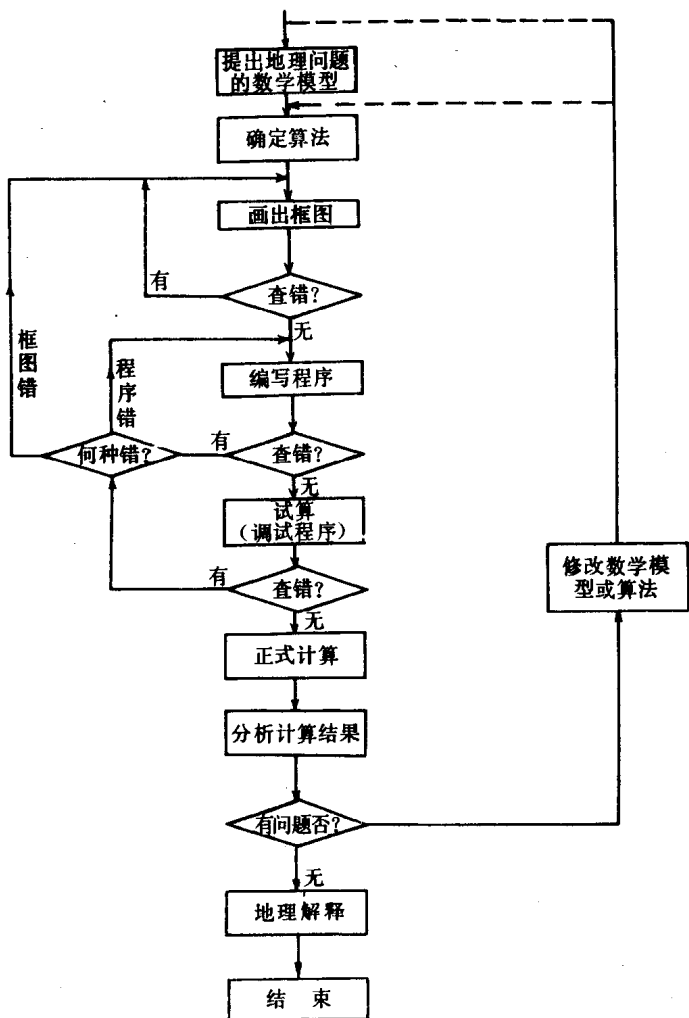


图1-5 地理系统数学模拟框图

(4) 电子计算机的应用 地理学应用电子计算机, 开辟了一个新的研究领域。电子计算机不仅是计量地理学的计算工具, 也是强有力的试验工具。

计算机有三个性质: (a) 速度快。一台快速电子计算机每秒钟能完成上亿次的运算。手算需要几年的计算量, 计算机只要几分钟就能完成。(b) 存储信息量大。一台计算机能有几百万到几亿个储存单元, 这就给计量地理学解决生产实际问题, 提供了必要的物质前提。(c) 运用程序。要计算机进行工作, 必须写指令。计算机的指令就是计算机的程序。由于计算机只执行预先安排的程序, 因此编写程序必须很仔细, 每一个细节都必须写清楚。

地理学问题的上机运算可归纳为: 地理问题数学化; 数学问题计算化; 计算问题程序化; 程序问题信息化; 上机计算自动化。

对地理工作者来说, 对计算机的了解和应用需掌握下列几点:

(a) 了解计算机的基本功能、工作原理和使用方法;

(b) 熟悉所用机器的算法语言, 了解国内外通用的FORTRAN、BASIC和ALGOL等算法语言;

(c) 善于将要解决的地理问题用数学形式表达出来, 能把数学计算用算法语言正确地编写成程序, 并进行机上运算。

§4 计算地理学的发展趋势

计量地理学发展初期, 主要运用一般统计分析方法, 对地理要素进行计量。六十年代以来, 地理学研究中逐步应用电子计算机, 开始把多元分析、随机过程引进了研究领域, 并十分重视计算技术。与此同时, 系统理论受到各科学学科的重视, 许多学科都以系统分析的形态, 实现其现代化进程。于是地理系统分析受到广泛重视, 开始研究地理系统分析方法和模拟方法。

计量地理学在经过上述发展以后, 现在又处在一个新的突破边缘。其发展趋势可归纳为如下几点:

(1) 计量地理学和生产实践的进一步结合 生产发展的需要和新技术在地理学研究中的应用, 使地理学领域发生一系列巨大变化。即观念变(从说明现在到预报未来)、内容变(从表现存在到深化影响)、方法变(从定性研究到定量分析)。在这一背景下, 计量地理学进一步发展的正确途径是从生产实践出发, 研究和回答生产中问题。结合我国的情况, 就是要把计量地理学自身现代化和服务于四化建设结合起来。我国建设计划中的一系列重大课题, 如三江平原的开发利用、东部地区的南水北调、黄土高原的建设方针、荒漠地区的改造、三北防护林带的营造规划、热带亚热带资源的综合开发、农业规划、城市建设规划、环境保护以及因地制宜地搞好国土整治等等, 计量地理学都可为其服务, 从而走出发展我国计量地理学的道路。

(2) 系统分析的应用 近年来, 计量地理学的发展中将理论研究和方法论的研究结合起来, 尝试用系统理论的观点建立地理学理论体系, 这是值得注意的新的发展方向。

系统论的研究对象和复杂的自然界有很多相似之处。近年来在地球科学、环境科学、生物科学, 甚至在社会经济、行政管理等部门, 都开拓了这一新的应用领域。从系统论被引进

地理学那一天起,许多地理学者都认为,它是表达地理过程的重要手段之一。可以期望,它对计量地理学的进一步发展将作出较大贡献。

(3) 地理信息系统的建立 研究复杂的地理系统需要大量的关于地理系统的信息。计量地理学的研究过程,可以概括为信息的收集、处理、表示和运算等一系列工作过程。这就提出了地理信息系统的建立和发展的问題。

所谓地理信息系统是指从数据的收集、变换到数据的利用这样一系列安排数据流(The Flow of Data)的工作过程。

把信息系统的理论、方法与数据库技术结合起来,应用于区域地理、城市地理、农业地理、国土整治、交通运输等的研究,是应用电子计算机对这些部门进行规划、决策与管理的重要进展。它有助于提高对各种信息的利用水平,从而收到更好的经济效果。

(4) 计量方法的发展 关于地理学的计量化方法的研究,近几年来发展迅速。从研究课题来看,主要有:如何以数学方法革新传统的地理学;在人类活动影响下自然过程的数学模式;区域工业系统的数学模式;城市系统的数学模式;地理学中数学方法在理论上改进充实的前景。从计量方法来看,值得注意的发展趋势是:发展复变量分析,此为目前工作的延伸,如相关分析、因子分析、判别分析等的进一步应用;关于二维空间级数分析有日受注意之势,这方面的新发展不仅地理学者有兴趣,而且对其它地球科学也同样有很大用途;注意概率模式理论上的发展,因为地理学中大部分模式属于概率模式,当统计模式有理论背景时,会显得更有意义,统计分析所依据的基础也就更稳固;地理学今后的研究重点将是人类空间活动及空间现象与环境等,因此最优化方法、地理系统模拟和预测,将进一步得到广泛应用。