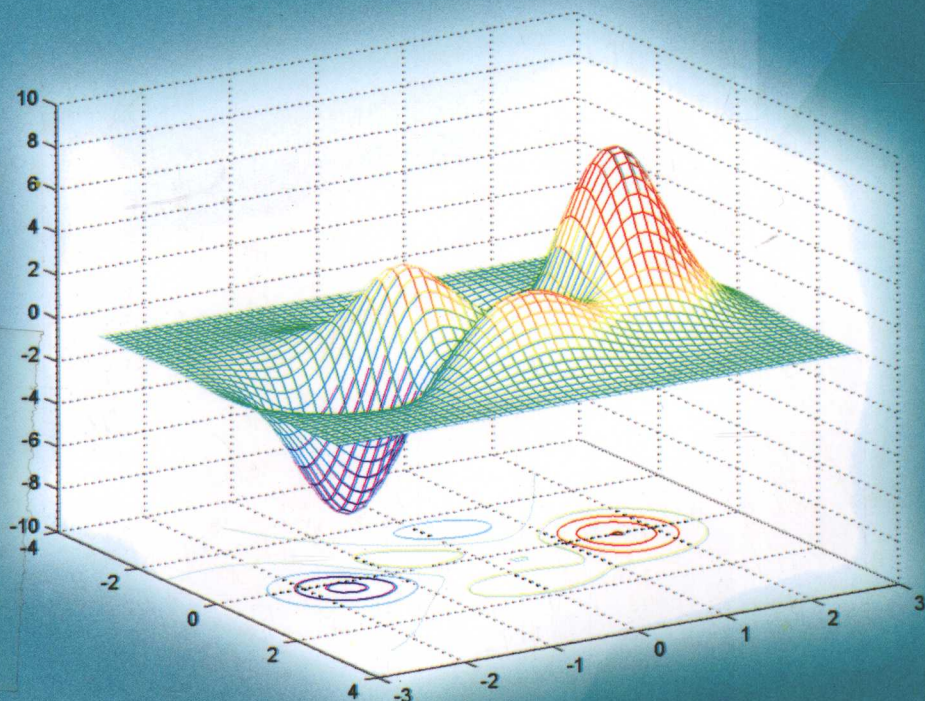


计量地理学

杨令宾 编著

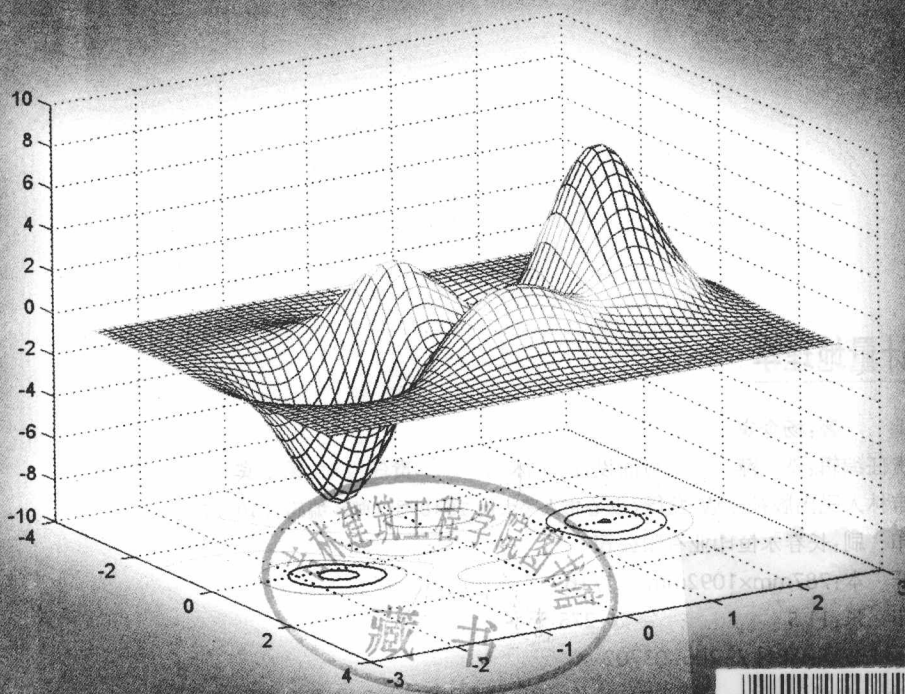


316921

吉林人民出版社

计量地理学

杨令宾 编著



0316921

吉林人民出版社

计量地理学

编 著:杨令宾

责任编辑:贺 萍

封面设计:张沐沅

责任校对:杨令宾

吉林人民出版社出版 发行(长春市人民大街 7548 号 邮政编码:130022)

印 刷:长春永恒印业有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.5

字数:275 千字

标准书号:ISBN 7-206-03702-X

版 次:2005 年 8 月第 1 版

印 次:2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1-2 000 册

定 价:20.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

前 言

作者根据多年来从事地学数学模型方面的科研和教学工作,以及取得的主要成果,同时参考了国内外大量的文献和科研成果,编写了本书。此书有以下特色:系统性强;内容全面丰富;实用性突出。

全书分为八章。第一章概述了计量地理学的产生和发展、研究方法以及未来的发展趋势;第二章主要介绍了地理数据系统的数据定量研究方法和地理数据库的建立;第三章介绍了地理系统要素空间相互作用关系、变化规律的常用研究方法;第四章介绍了地理系统要素时间变化规律的常用研究方法;第五章主要介绍了地理系统分区与分类的研究方法;第六章主要介绍了地理系统结构研究和分析的常用定量方法;第七章介绍了地理系统组成要素的主要要素之提取和功能分析的研究方法;第八章主要介绍了地理系统优化和决策研究的常用定量研究方法。

本书可作为高校地学、环境科学等学科本科教学使用,也可供从事地学、环境科学、土地、规划等学科研究的有关人员参考。

由于作者水平所限,书中一定有许多疏漏和不足之处,敬请读者予以指正。联系方式为: yanglb872@nenu.edu.cn 或 ylb2915@sina.com.cn。

编 者

2005年7月

目 录

第一章 绪 论

第一节 计量地理学的产生	(1)
第二节 计量地理学的研究对象和研究内容	(5)
1. 计量地理学的研究对象	(5)
2. 计量地理学的研究内容	(9)
第三节 计量地理学的研究方法	(9)
1. 地理系统分析	(10)
2. 数学方法	(12)
第四节 计量地理学的发展	(15)
1. 发展	(15)
2. 思考	(16)

第二章 地理数据系统

第一节 地理数据类型及其变换	(18)
1. 空间数据	(18)
2. 属性数据	(19)
3. 地理数据变换	(21)
第二节 地理数据的基本特征	(22)
1. 基本特征	(22)
2. 采集	(22)
3. 整理	(23)
4. 分布特征值	(27)
第三节 地理数据库系统	(36)
1. 数据库	(36)
2. 数据模型	(37)
3. 分布式数据库	(40)
4. 网络数据库技术	(40)
5. 地理数据库的建立	(41)

第三章 地理系统要素间的相关与回归分析

第一节 地理系统要素的相关分析	(44)
1. 地理相关的意义	(44)
2. 地理相关程度的度量	(45)
第二节 地理系统要素的回归分析	(53)
1. 地理回归分析的意义和作用	(53)
2. 一元地理回归模型的建立	(54)
3. 多元地理回归模型的建立	(62)
第三节 地理系统的空间趋势面分析	(69)
1. 空间趋势面分析概述	(69)
2. 空间趋势面分析的数学原理	(70)
3. 空间趋势面分析实例	(72)

第四章 地理系统要素的时间序列分析

第一节 趋势性分析方法	(75)
1. 灰色系统趋势预测法概述	(75)
2. 平滑预测法	(86)
第二节 季节性分析方法	(88)
第三节 循环(周期)分析法	(91)

第五章 地理系统的聚类分析与判别分析

第一节 地理系统的聚类分析	(96)
1. 地理系统分类的意义和作用	(96)
2. 聚类分析的数据处理	(97)
3. 聚类分析的统计量	(99)
4. 地理系统的系统聚类法	(100)
第二节 地理系统的判别分析	(107)
1. 判别分析的基本原理	(107)
2. 地理系统两类判别分析实例	(110)

第六章 地理系统的结构分析

第一节 区域系统结构	(115)
第二节 比例关系模型	(116)
1. 百分比	(116)
2. 区位商	(117)

3. 多样化指数	(117)
4. 集中化指数	(117)
5. 威弗组合指数	(117)
6. 空间洛伦兹曲线和基尼系数	(118)
第三节 ISM 模型	(121)
1. ISM 法的基本步骤	(121)
2. ISM 法实例	(123)
第四节 投入产出分析法	(126)
第七章 地理系统要素关系的主成分分析	
第一节 主成分分析的原理	(129)
第二节 主成分分析的求解	(131)
第三节 主成分分析应用实例	(133)
第八章 地理系统的规划与决策	
第一节 最优规划模型	(143)
1. 线性规划模型的建立	(143)
2. 线性规划模型最优解的求法	(146)
3. 线性规划应用实例	(147)
第二节 战略决策模型	(149)
1. AHP 决策分析方法概述	(149)
2. AHP 法应用实例	(154)
附 表	(164)
参考文献	(171)

第一章 绪 论

第一节 计量地理学的产生

计量地理学 (Quantitative Geography 或 Quantitative Analysis in Geography) 是将数学和电子计算机技术应用于地理学的一门综合性学科,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。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。

从 20 世纪 50 年代末期开始,在美国掀起了建立地理学法则的热潮。然而,怎样建立地理学法则?不同的学者从不同的角度作了探索,但一切都是将数学、物理学、社会学、经济学的理论和方法引入地理学,探索地理事物的空间格局,其共同之处在于都是开展地理学定量化研究,建立定量模式。这种定量化研究之热潮,就是所谓的计量运动。

计量运动,主要是由美国地理学家发起的,早期主要集中在几所大学。由于各校所持观点不同,研究方向不同,从而形成了各种不同的学派。其中主要有如下三种学派:衣阿华的经济派,该学派的主要代表人物是舍弗尔和麦卡尔蒂 (H. Mc Carty),此学派受经济学影响较深,着重探讨经济区位现象间相互内在联系及其组合类型,这一学派尤其重视相关分析与回归分析等统计分析方法在人文地理学中的应用。威斯康星的统计派,早在 1943 年,该校地理系研究生威弗尔 (J. Weaver) 就发表了《论美国大麦生产与气候的关系》一文,他运用相关分析、多元回归分析等方法去鉴定气候参数对大麦产量的影响,并用计算方法进行作物布局规划。该学派以发展和应用统计分析方法为其主要特征。普林斯顿的社会物理学派,该学派的领袖人物是天文学家司徒瓦特 (J. Q. Stewart)。1950 年,司徒瓦特尝试着把物理学原理应用于社会现象的研究之中,创立了颇具特色的社会物理学派。受此学派影响,引力模型、位势模型、空间相互作用模式得到了许多地理学家,特别是理论地理学家的青睐。

计量地理学的研究,首先从前联邦德国、瑞典、芬兰开始,以后传至美国、英国、日本、前苏联、新西兰、印度等国。特别是1963年鲍顿(Burton)提出了“计量革命”,计量地理学的发展尤为迅速。在这一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。

随着计量运动的发展,应运而生了各种组织与学术刊物。1964年,国际地理学联合会(IGU)设立了地理计量学方法委员会(commission on Quantitative Methods in Geography);1967年,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,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。1963年,英国出版了《地理学计量资料杂志》1969年,美国出版了《地理分析——国际理论地理学》杂志。在国外有关计量地理学的著作和论文也很多。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. Berri)和马布里合著的《空间分析》、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。

计量地理学,作为一门方法论学科,自20世纪50年代末期开始的计量运动以来,经历了四个发展阶段。

第一阶段,大致从20世纪50年代末到60年代末期,是计量地理学发展的初期阶段。其主要特点是把统计学方法引入地理学研究领域,构造一系列统计量来定量地描述地理要素的分布特征,比较普遍地应用各种概率分布函数、平均值、方差、标准差、变异系数等统计特征参数以及简单的两要素间的一元线性回归分析方法。在今天看来,这些方法是比较浅易的。但是它却给长期以来只是定性地描述地理学带来了可喜的变化。许多方法无法准确确定的概念,如分布中心、区域形状、地理要素分布的集中和离散程度等都有了定量指标,许多地理要素间的相关关系,可以定量地表示了。

第二阶段,是指20世纪60年代末期到70年代末期的十年时间,属中期阶段。该阶段的特征是多元统计分析方法和电子计算机技术在地理学研究中的广泛应用。地理学研究对象的多因素、复杂结构和动态特征都使简单的统计方法无能为力,为此就必须寻找解决复杂地理问题的有效方法。正是在这一时期,电子计算机的生产已经工业化,使用计算机的方法也从一般人很难掌握的机器语言程序发展到高级算法语言程序。随着计算机科学的这种变化,多元统计方法雨后春笋般地发展起来了,成为数理统计学中特别有生命力的分支之一,过去用手算很难完成的复杂计算问题,运用计算机很快就能得出结果。以电子计算机技术为手段,许多地理学家熟练地掌握了多元统计方法,具备了分析复杂地理问题的能力。在自然地理学、经济地理学和人文地理学中,以电子计算机为工具,运用多元统计

分析方法使许多复杂问题得到了相当满意的解决。

第三阶段,从20世纪70年代末期开始到80年代末期,是计量地理学走向更加成熟和更加完善的阶段。它不但包括了概率论与数理统计方法,还包括运筹学中的规划方法、决策方法、网络分析方法,以及数学物理方法、模糊数学方法、分形几何学方法、非线性分析方法等,而且 also 包括了计量经济学中的投入产出分析方法等。更值得一提的是,在这一阶段,计量地理学的发展与现代系统科学紧密地结合起来了,系统理论、系统分析方法、系统优化方法、系统调控方法等被引进了地理学研究领域,系统科学原理和方法的引入,促进了地理学向着更加严密的理论结构和现代化方向发展,从而使以发展地理学方法论为己任的计量地理学更加明显地具有系统科学的性质与理论性的色彩。同时,电子计算机应用技术的发展,特别是地理信息系统(Geographical Information System, GIS)技术的成熟,为计量地理学提供了更加先进的技术手段支持,从而使其应用的范围更加广阔。

第四阶段,从20世纪90年代初开始,由传统意义上的计量地理学开始向地理计算学发展。按照英国著名地理学家、里兹大学S. 奥彭肖(S. Openshaw)教授的定义和划分,它经历了20世纪60年代的计量革命(统计模型),70年代初期的数学模型革命(数理模型、规划模型等),80年代中期的GIS革命(1983年提出了自动地理学, Automated Geography),80年代末90年代初进入计算地理(Geo-computational Geography)时代。地理计算学的标志是1994年,在里兹大学正式建立了全球第一个计算地理中心,20世纪90年代中期国外学者正式创立地理计算学一词——Geocomputation。1996年起,每年一次,已先后三次举行了全球地理计算学学术年会,出版了论文专集。IGU数学模型专业委员会继1990年上海地理数学模型研讨会之后,2004年3月在北京召开了国际地球信息科学与地理系统建模会议暨第五届北京国际地理信息系统研讨会,出版了论文专集。作为计量地理学的深层次发展,地理计算学的出现与发展,对整个地理学科,尤其是对人文、经济地理学的理论模型和应用研究,已经产生并将继续产生深远的影响。

地理计算学的出现与发展,得益于计算机技术与计算理论和方法的巨大发展。20世纪90年代并行超级计算机硬件的成功实现, GIS、RS、GPS技术在获取大容量、整体性地理数据信息中的成功应用,以超级计算机为基础的一系列高性能计算新方法的实现,使计算与实验、理论共同构成了人类认知客观世界的有效工具。地理计算已不是传统意义上的利用。计算机求解地理问题的计算,它以向量或并行处理器为基础的超级计算机为工具,对“整体”、“大容量”资料所表征的地理问题实施高性能计算探索构筑新的地理学理论和应用模型(A. s. Fotheringham, 1995)。这些“整体”、“大容量”资料所表征的地理问题,在人文、经济、城市地理学的相关研究中,有诸如城市中金融、交易所之间以电话为载体的信息流,在城市内核、边缘区通勤职工起讫点之间人流等的预测;有如跨国大区域人口普查、人口预测、人口规划问题;有城市内部作为城市基础的生命单元的家庭和社区的类型、结构、功能、组织等的重构;有城市信息产业、信息经济发展机制、革新等的模拟;有城市不同时间、空间尺度上的形态演变动力学等。它们都是城市地理研究课题的深入与发展。高性能计算所依赖的计算方法与理论模型,除继续应用20世纪80年代中叶以来在地理学模型研究中成功引入的突变、自组织、混沌、分支、分形等模型外,在地理计算学中占重要地位的是神经网络(neural network)、遗传算法模型(genetic pro-

gramming)、细胞自动模型 (cellar automata)、模式参数随机取样模型 (random sampling of model parameter)、模糊逻辑模型 (fuzzy logic)、改进了的地理加权回归 (geographically weighted regression) 等。S·奥彭肖教授所领导的地理计算中心成功地利用了爱丁堡大学拥有 512 个处理器的超级并行计算机 Cray T3D, 利用人工神经网络模型、遗传算法模型和模糊逻辑模型研究空间相互作用这一地理学的固有命题, 对英国达勒姆市 (Darham) 通勤职工流动大容量资料实施高性能运算; IGU 数学模型专业委员会主席 M·费希尔 (Fischer) 教授利用神经网络模型对奥地利通讯网络的研究; 英国 M·巴蒂教授利用细胞自动机理论模型和专用软件对城市与城市系统形态生成、演变的模拟等, 都是近年来地理计算学理论与应用研究具有开创性意义的成果。可以预期, 地理计算学的发展, 将对地理科学的理论和模型研究产生深远影响。

由于历史的原因, 中国未能赶上计量运动的黄金时代, 但是“计量运动”对中国地理学的发展也有一定的影响。早在 20 世纪 50 年代末期, 中国地理学界就有人开始学习数学方法在地理学中的应用, 在一些大学地理系开始开设运筹学课程, 在《地理学报》等刊物上开始出现运用有关数学方法研究地理问题的论文。但是, 由于受左倾路线和“十年动乱”的干扰, 该方面研究被迫中断。中国计量地理学的正式起步是从 20 世纪 70 年代末 80 年代初才开始。1980 年 5 月, 国家教育部在杭州召开理科地理教材编审委员会会议, 在老一代地理学家的支持下, 《计量地理学》被列为全国综合大学地理系和高等师范院校地理系的专业课。随后, 南京大学率先举办了“计量地理研讨班”, 全国一些著名高校, 譬如东北师范大学、南京大学、北京大学、兰州大学、华东师范大学等, 率先开设了这门课程。中国地理学会也因势利导, 于 1983 年在南宁召开数量地理研讨会, 并决定在学会下设立数量地理专业组 (现已成为数量地理专业委员会), 由北京大学杨吾扬教授任组长。1984 年和 1985 年, 由高等教育出版社分别出版了两本统编教材, 一本为华东师范大学张超教授和东北师范大学杨秉庚教授合编的《计量地理学基础》。另一本为南京大学林炳耀教授编著的《计量地理学概论》。数学方法在中国地理学中的应用虽然起步较晚, 但起点高, 一开始就进入多元统计分析阶段, 而且线性规划、目标规划、网络分析、随机决策、模糊数学等方法也得到了广泛的应用, 这些方法在高校教材、讲义以及研究专著、论文中都屡见不鲜 (杨秉庚, 1985; 张超, 1984; 林炳耀, 1985; 中国地理学会数量地理专业组, 1988)。到了 20 世纪 80 年代后期以来, 中国地理数学方法的应用已经与系统科学、系统分析方法以及 GIS 技术有机地结合起来了 (徐建华, 1991; 张超, 1993)。以系统论、控制论、信息论为代表的“老三论”, 以突变论、耗散结构、协同学为代表的“新三论”, 以灰色系统、ISM 法、系统动力学等方法为代表的系统建模和仿真技术, 以及一些非线性分析方法, 包括分形理论、小波分析、神经网络方法等都引起了中国地理学家们的高度重视 (杨令宾, 1995; 艾南山, 1993), 它们被广泛地应用于中国地理学研究的各个领域。在 GIS 技术支持下, 中国地理学家广泛地开展应用地理模型系统 (孙九林等, 1991; 秦耀辰, 1994) 与空间决策支持系统 (阎守邕等, 1996; 徐建华 1999) 研究。目前中国地理学开始朝着地理计算学这一新兴的研究方向发展 (刘妙龙, 2000)。

经过 20 年的发展, 计量地理学在中国取得了十分丰富的研究成果, 据不完全统计, 仅《地理学报》发表的运用有关数学方法研究有关地理问题的论文就多达数百篇。而与计量地理学有关的论著也有十多部之多。

第二节 计量地理学的研究对象和研究内容

1. 计量地理学的研究对象

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。20世纪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。我国地理学家李春芬、吴传钧、沈玉昌、左太康等，也在有关论文中指出这方面研究的重要性。后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，生态与环境研究 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，沙尘暴的不断发生等。研究资料表明，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、环境和可持续发展等问题的研究，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、GIS、自然地理、人文地理、区域地理以及其它有

关学科。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整体考虑。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。

上述三个方面,概括来讲,计量地理学研究的对象就是地理系统。要深入的认识和研究地理系统就要首先了解和掌握系统以及和系统有关的一些概念和特性。

“系统”(system)一词涵义的表述多种多样,文献中常见的就有30~40种之多。其中“一般系统论”的创始人贝塔朗菲(L. von Bertalanffy, 1968)关于系统的定义影响较大,他认为系统是处于相互联系中并与环境发生关系的各组成部分(要素)的总体(集)。另外,我国著名科学家钱学森(1982)认为系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。这两个定义既有相同之处,又有所区别,分别从不同角度阐述了系统的内涵。综合上述两个定义,我们将系统定义为:系统是由若干相互联系并与其环境发生关系的组成部分(要素)结合而成的、具有特定结构和功能的有机整体。可见,我们要想正确理解系统的概念,必须对要素、环境、相互联系、结构和功能这5个方面有一个比较全面的了解。

要素是构成系统的基本单元,是对系统组成部分、组分、成分或个体的抽象概括。如生态系统是由各种植物、动物、微生物、无机环境(土壤、水分及近地面大气)等要素构成;太阳系是由太阳、九大行星和众多小行星构成。一个系统的要素数目至少要有两个以上,仅仅一个要素构不成系统,这就是上述系统定义中“若干”的含义。在很多情况下,系统要素本身也是次一级的小系统(子系统)。如生态系统中的植物本身又由根、茎、叶等器官(子系统)构成;太阳系中的地球又由大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、人类圈、地壳、地幔和地核等圈层(子系统)构成。由此可见,系统要素的范围是相对的,它与系统的规模和复杂程度有关。所以钱学森在规定了系统的内涵之后,又指出:“而这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”

环境任何系统都是有限的研究对象,也就是说,任何系统都有明确的边界限制。我们把任一系统边界外部的所有其他事物称为该系统的环境。例如,地理学的研究对象是地理

巨系统，它位于地球陆地表面附近，占有三度空间，相对于巨大的地球来说它是一个薄层球壳（图 1.2.1）因此也被称作地理壳。地理巨系统的上界在大气对流层顶，极地上空高约 8 km，赤道上空高约 17 km，平均高 10 km 左右；下界在沉积岩石圈底部，陆地部分在地面以下 5 km~6 km，海洋部分平均在海面以下 4 km 处，全球平均厚约 5 km。可见，地理巨系统的垂直厚度全球平均约为 15 km 陆地部分为 16 km，海洋部分约 14 km。地理巨系统的环境包括对流层以上的大气圈层（平流层、中间层、暖层和逸散层）、广袤无垠的宇宙空间和其他天体以及地壳下部的岩石圈大部、地幔和地核。若考察地理巨系统某个子系统（气候、水文、地貌、土壤、生物、人类社会），那么该子系统以外的其他地理巨系统要素（子系统）就成了它的环境。由此可见，系统范围要依照研究目的和任务而定，不同的研究任务有不同的研究对象，从而构成不同的系统。

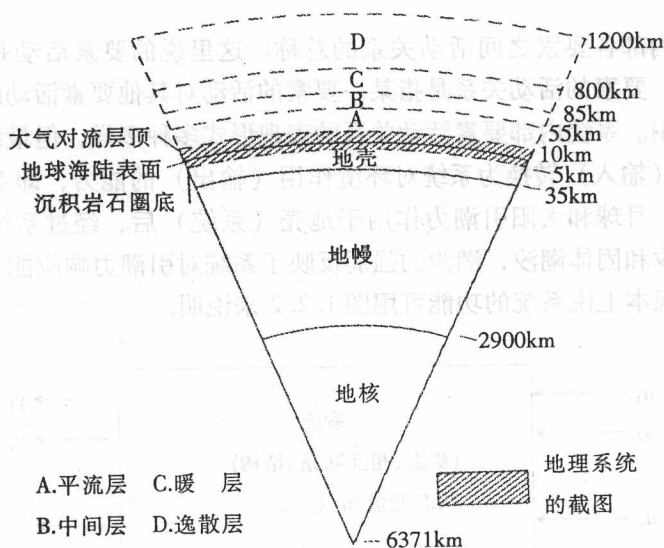


图 1.2.1 地理系统示意图

相互联系是指系统各要素之间以及系统与环境之间通过某种方式相互影响、相互制约、相互依存的性质。相互联系的实质是系统各要素之间以及系统与环境之间发生着广泛的物质、能量和信息交换。由于系统各要素之间存在着相互联系，所以某一要素发生变化势必引起其他要素的改变，从而使系统表现为一个有机整体。在自然界和人类社会中，几乎全部系统都与其环境发生联系，因此系统的存在状态和演变行为不仅与系统本身的性质有关，而且与它的环境性质也密切相关。

结构是指系统内部各要素相对稳定的组织形式（秩序）或分布关系的总称。如我国国家行政管理系统是由中央、省（自治区或直辖市）、市、县、乡、村通过相互作用，其实质是各要素间物质、能量和信息的流通与转换。

根据系统要素的组织或分布方式，可将系统结构分为三种基本形式。第一，空间结构。所谓空间结构是指系统各要素在空间上的排列组合或分布形式。这种系统结构形式随处可见，如地球的圈层结构、植物群落结构、土壤层次结构、自然带的地表分布结构、城市地域结构等等都是系统空间结构的典型例子。第二，时间结构。所谓时间结构是指系统

各要素随时间的进程所表现出的有规律变化或分布形式。例如，地理系统各要素的四季周期变化，国民经济各生产部门产值比重的年际变化、生物钟现象等都属于时间结构。第三，时空结构。时空结构即系统时间结构和空间结构的统一。任何系统既不能脱离空间而存在，也不能脱离时间而存在，空间结构总要随时间发生改变，只是变化的快慢和明显程度不同而已，所以系统的时空结构更具有普遍性。例如，树木的年轮在空间上表现为一个年轮，而在时间上表示一年。我国南海有一种鹦鹉螺，它每月逢农历初一和农历十五在壳内营造一个小气室。这些都是系统时空结构的例子。还需要特别指出的是，虽然系统结构以要素为基础，但是要素是相对活动易变的，而系统的结构则具有相对稳定性。例如，生态系统食物网结构中的每个结点都代表一个生物类群，但是这些生物都具有很大的活动性，从一处移动到另一处、从小到大的生长发育等都不会对该生态系统的食物网结构造成太大的影响。

功能是系统内部各要素之间活动关系的总称。这里说的要素活动是指要素的各种运动、变化或作用；要素的活动关系是指某一要素的活动对其他要素活动的影响，或某一要素对其他要素作用。系统内部要素活动关系的表现形式多种多样，但最终都体现在系统把接受的环境作用（输入）转换为系统对环境作用（输出）的能力，即系统对输入的响应能力方面。例如，月球和太阳引潮力作用于地壳（系统）后，经过系统各要素的应力转换，形成海洋潮汐和固体潮汐，潮汐的强弱反映了系统对引潮力响应能力的强弱，即系统的功能大小。从根本上说系统的功能可用图 1.2.2 来说明。

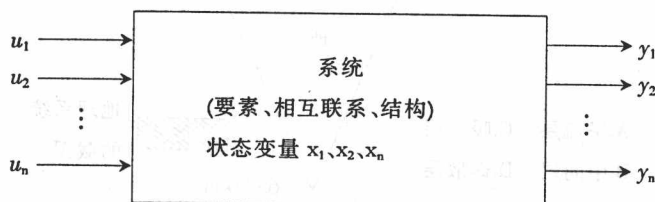


图 1.2.2 系统功能示意图

系统的特性（规定性）主要表现为：整体性、动态性、目的（“最优”）性、相关性、稳定性、层次性、开放性、同型（构）性和自组织性等。

上述系统（系统、要素、相互作用、结构、功能、特性等）的概念其实践意义在于：由于世界上的一切事物都是相互联系的，所以单从某一要素入手不能真正揭示事物的本质，建立在这种基础上的实践必然不符合事物的客观规律，轻者会降低实践的价值，重者将会造成世界的不平衡和不协调，甚至灾难。在历史上和现实生活中，这种例子不胜枚举。例如，我国的黄土高原地处干旱与半干旱地区，自然生态系统比较脆弱，但在历史上由于人口压力较小，人与自然处于相对的平衡之中。随着人口压力增加，出现大规模的毁林开荒，耕地面积增加了，粮食总产也增加了，但单位面积产量（价值或效益）并不高甚至下降。更为严重的是，毁林开荒造成了严重的水土流失，打破了人与自然之间的平衡，农业生态环境进一步恶化，更加限制了经济的发展，至今仍是我国的经济欠发达地区。不仅如此，黄土高原的水土流失使黄河的泥沙含量剧增，大量泥沙在黄河下游河道堆

积形成地上河，经常决口泛滥危害黄河下游人民的生命财产安全。由此可以看出，在实践中我们必须运用系统论思想，注意各要素之间的相互联系，一定要有整体观点。人类认识系统的目的在于改造和利用系统。客观存在的各个系统都有其特定的功能，而各个系统的功能是否可以实施人工控制呢？系统科学为我们提供了一套优化系统结构和功能的理论与方法，如系统控制理论和系统工程等，这在实践上具有重大意义。只要深入研究系统的要素组成、相互联系、结构和功能状况，按照系统优化和控制理论我们就可以大大提高系统的功能。

认识和了解的系统概念、结构与功能以及特性之后，我们给计量地理学的研究对象以如下的定义：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、多级别的、多要素的大系统。例如：它可以分地形系统、水文系统、土壤-生物系统、人类活动系统等子系统。各子系统又可以分为更次一级的子系统。与各级地理系统相对应的是各级地理区（域）。

计量地理学的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。

2. 计量地理学的研究内容

经过 40 多年的发展，计量地理学在不断完善、不断成熟。目前，计量地理学的研究内容，已经涉及到数学及其相关学科各个领域。它不但继承了其发展史上计量运动的成果，而且还吸收了 40 多年以来数学、系统理论、系统分析方法、计算机科学、现代计算理论及计算方法等领域内的有关成果，其内容是十分丰富而广泛的，其研究内容体系是系统和完整的。

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，内容体系中有地理事物空间存在形态的计量，也有地理事物空间关系和空间过程的计量，从这个意义上说，有的是从静态方面去研究，而有的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。

第三节 计量地理学的研究方法

计量地理学和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，由直接的类推出现实世界的结论。面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 1.3.1 表示。

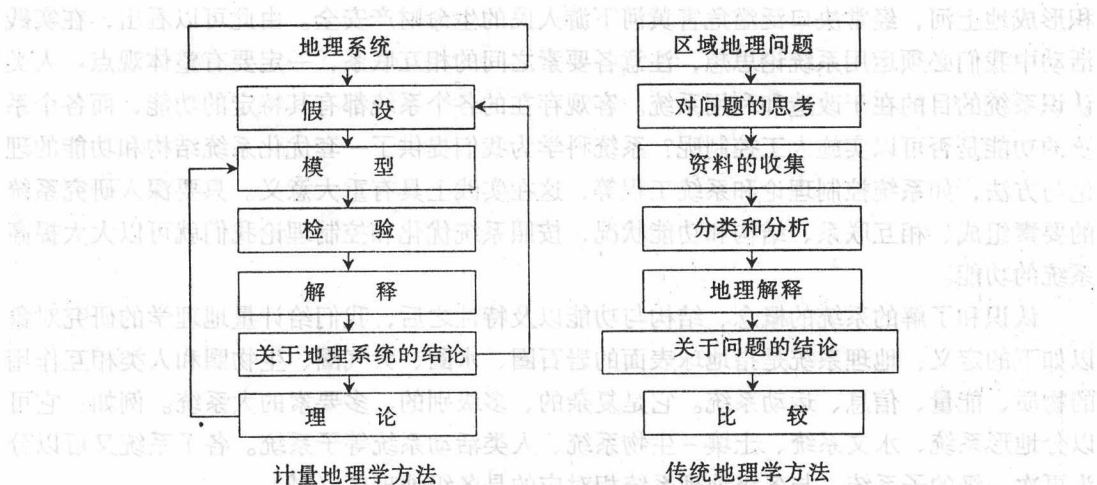


图 1.3.1 计量地理学与传统地理学研究方法的比较

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。地理学中解释一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。前苏联地理学家马尔科夫（K. K. Markov）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，具体来说可归纳如下：

1. 地理系统分析

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