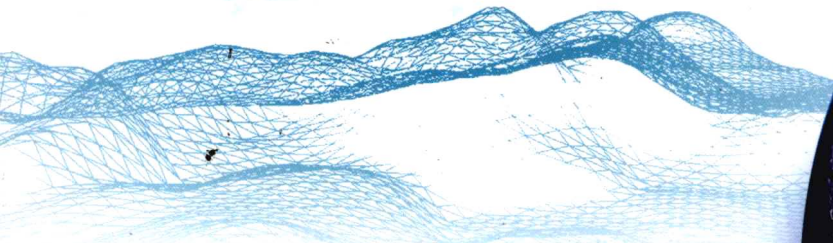
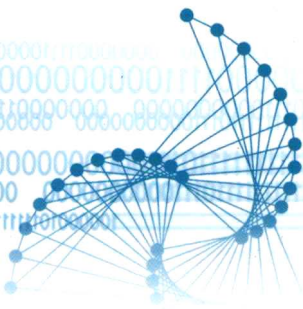
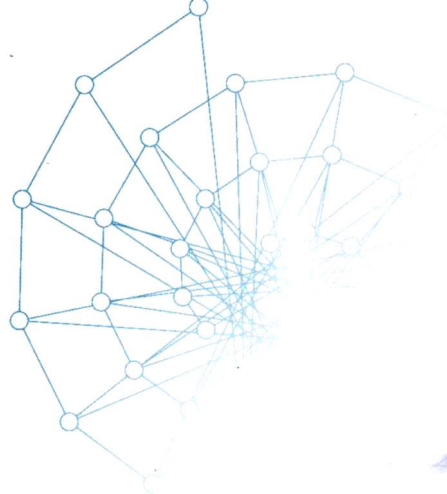




地理信息系统
现代理论与技术 | 系列丛书



地理建模

DILI JIANMO

吴国平 宋崇辉 汪煜 编

东南大学出版社

地理信息系统现代理论与技术系列丛书

地 理 建 模

吴国平 宋崇辉 汪 煜 编

东南大学出版社
南京

内 容 提 示

本书以地理模型和地理建模的基本概念、基础知识和地理模型建立为主导,系统地阐述了应用系统分析方法、物理方法和数学方法进行地理系统研究、建立地理模型的基本概念、基本原理方法,运用现有的软件系统进行地理模型设计与建立的方法和应用研究等,为全球变化、人类活动和环境问题以及政府或经济、社会发展决策提供基础支持。全书共分12章,内容主要包括地理建模的概念、数学基础、地理系统分析方法、地理数学模型的建立和分析预测、地理类型划分及优化方法等,探讨了地理建模的有关理论、方法和技术。

本书是在作者多年从事计量地理学、地理建模教学和科研的基础上编写而成的,内容丰富、结构严谨,强调基础理论与地理模型建立相结合,可供高等院校、科研院所地学各专业、社会科学等学科的高年级本科生和研究生作为教材、教学参考或课外阅读书使用,也可供从事相关专业的科研工作者作为工具书或科研参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地理建模/吴国平,宋崇辉,汪煜编. —南京:
东南大学出版社,2012.9

(地理信息系统现代理论与技术系列丛书)

ISBN 978-7-5641-3744-1

I. ①地… II. ①吴… ②宋… ③汪… III. ①地理信
息系统—系统建模 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 202843 号

地 理 建 模

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼2号 邮编:210096

出 版 人:江建中

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销:全国各地新华书店

印 刷:南京玉河印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:10.25

字 数:196千

版 次:2012年9月第1版

印 次:2012年9月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-3744-1

定 价:29.00元

前 言

21 世纪是信息化、知识化的社会,各种各样的信息技术层出不穷,其应用已经深入到社会、经济、生活的各个方面。而计算机技术的迅速发展,使得其性价比越来越高,性能好、功能强大的计算机十分普遍,这对于复杂的地理系统问题的分析和解决提供了很好的条件,为地理建模奠定了基础。

地理学研究众多现象、过程、特征与人类和自然环境的相互关系在空间及时间上的分布。因为空间及时间影响了多种主题,例如经济、健康、气候、植物及动物,所以地理学是一个高度跨学科性的学科。地理信息系统则是计算机技术与现代地理学相结合的产物,采用计算机建模和模拟技术实现地理环境与过程的虚拟,以便于对地理现象直观科学地分析,并提供决策依据。地理建模以问题的分析为主体,使用的方法包括逻辑分析方法、物理学方法、经典概率统计中的相关分析方法、模糊数学方法及动态数据分析和空间科学研究方法等。经过几十年来的教学、科研的发展,地理建模的理论和方法研究都取得了很大进步,并广泛应用于地理系统、社会经济等方面。

从 20 世纪下半叶开始,国内已陆续出版了一系列的地理模型、地理建模方面的研究文章和教材,一方面加强了地理模型理论知识的传播和学习,另一方面更加注重地理模型设计建立方面的实践应用。本书的编写,着重强调这些方法的应用,尤其是强调了利用这些方法进行地理系统分析研究并建立地理模型。

本书以地理模型和地理建模的基本概念、基础知识和地理模型建立为主导,系统地阐述了应用系统分析方法、物理方法和数学方法进行地理系统研究、建立地理模型的基本概念、基本原理方法,运用现有的软件系统进行地理模型设计与建立的方法和应用研究等,为全球变化、人类活动和环境问题以及政府或经济、社会发展决策提供基础支持。本教材共包括 12 章,内容主要包括地理建模和地理建模的概念、地理建模数学基础、地理系统分析方法、各种常用的地理模型的建立和分析预测、地理类型划分及优化方法等,探讨了地理建模的有关理论、方法和技术。

本书是在作者多年从事计量地理学、地理建模教学和科研的基础上编写的,是南京大学地理与海洋科学学院、地理信息科学系、国土资源与旅游学系多年教学和科研工作的结晶。本书编写过程中,得到了院系领

导和相关老师的关怀和支持,并对本教材提出了许多有益的建议和修改意见。由吴国平确定结构体系,参加编写人员还有宋崇辉、汪煜等,由吴国平统稿和定稿。感谢研究生代东梅、陈功勋、何林艳、陈丽、马庆申和孙宇,他们参与了本教材的文字校对和图表绘制工作。同时本书的出版得到了南京大学教务处、地理与海洋科学学院、地理信息科学系、国土资源与旅游学系、东南大学出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

本教材是新世纪的一种尝试,内容和体系还在不断地完善过程中。加之作者水平有限、时间仓促,书中遗漏和错误在所难免,恳请专家、学者和广大读者批评指正,提出宝贵意见。

吴国平

2012年6月于南大

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 地理模型	2
一、模型	2
二、模型的特征	4
三、模式	5
四、地理模型的特点	6
五、模型的用途	6
六、地理建模与地理学	7
第二节 地理建模	7
一、地理建模过程	7
二、地理建模方法	9
三、模型的参数估计	10
四、模型效果的检验	10
第三节 地理模型数据及其处理方法	11
一、地理模型数据	11
二、单位与量纲	11
三、数据变换	12
第二章 地理建模数学基础	13
第一节 地理数据	13
一、地理数据的来源	14
二、地理数据的整理	15
三、地理数据的种类	18
四、空间地理数据	21
第二节 地理调查中抽样方案的设计	22
一、地理调查中抽样方案的设计	23
二、调查样本规模的计算	23
三、数据分组数确定	23
第三节 地理数据统计特征值	24
一、频数与频率	24
二、平均值、数学期望、中数和众数	24
三、极差、离差、方差与标准差、变差系数	26
第四节 地理模型要素的分布特征参数	26
一、地理要素的分布特征参数	27
二、相关特征参数的计算	28
三、分组数据的平均值与标准差计算	28
四、地理系统要素统计量构造	29
第五节 数据变换处理	29

	一、中心化变换	30
	二、规格化(极差)变换	32
	三、标准化变换	33
	四、对数变换	34
第六节	空间分析地理模型数学基础	35
	一、概率论和数理统计	35
	二、数值计算方法	35
	三、图论	36
	四、分形	36
	五、小波分析	36
	六、拓扑学	37
第三章	相关与回归地理模型	38
第一节	地理模型要素间的相关分析	38
	一、地理相关的意义和类型	38
	二、简单直线相关程度的度量	39
	三、简单非线性相关程度的度量	40
	四、多要素相关与相关阵	41
	五、相关系数显著性检验	42
第二节	地理回归数学模型	43
	一、地理回归分析的意义和作用	43
	二、地理系统两要素的回归分析与预测	44
第三节	多元回归地理模型的建立	46
	一、多要素地理系统分析与预测的线性模型	46
	二、非线性回归模型的建立方法	48
	三、预测模型的显著性检验	49
	四、预测模型系数的显著性检验	50
第四章	趋势面分析地理模型	51
第一节	趋势面分析的原理和数学模型	52
	一、趋势面分析概述	52
	二、趋势面分析的数学原理	52
	三、趋势面分析的数学模型	55
	四、趋势面分析的拟合程度检验	55
第二节	趋势面分析的具体计算方法步骤	57
	一、原始数据列表	57
	二、原始数据作图	57
	三、求解正规方程组	57
	四、研究区域变化规律	57
	五、进行拟合程度检验	57
第三节	利用趋势面分析进行地理研究	58
	一、列出数据矩阵	58
	二、原始数据作图	58
	三、建立趋势面模型	58

四、研究区域变化规律	59
五、模型检验	59
第五章 逐步回归地理模型	61
第一节 导言	61
第二节 逐步回归数学模型	62
一、最优回归方程的选择	62
二、引入变量与剔除变量的依据	63
三、逐步回归分析数学模型	63
第三节 逐步回归地理建模	64
一、求解求逆紧凑变换	64
二、逐步回归的计算过程	66
第四节 逐步回归模型的应用实例	67
一、计算变量均值,建立相关矩阵	68
二、确定 F -检验值	68
三、逐步回归计算	68
四、建立逐步回归方程	70
五、显著性检验	71
第六章 判别分析地理模型	73
第一节 判别分析及其基本原理	73
一、判别分析准则	73
二、判别分析基本原理	75
三、判别分析的分类	75
四、距离判别	76
第二节 两组判别分析	79
一、方法原理	79
二、两组判别分析计算步骤	81
三、应用实例	82
第三节 多组判别分析	86
一、方法原理	86
二、计算步骤	87
第四节 逐步判别分析	87
一、方法原理	87
二、计算步骤	87
第七章 主成分分析地理模型	88
第一节 主成分分析的方法和原理	89
一、正交变换	89
二、新坐标 y_1, O_{y_2} 的性质	89
三、正交变换的意义	89
四、主分量	90
第二节 主成分分析的解法	91
一、主成分分析的解法	91

	二、坐标旋转的意义	91
第三节	主成分分析地理建模	91
	一、主成分分析计算过程	91
	二、主成分分析计算步骤	91
第四节	主成分分析的应用	92
	一、主成分分析法构造回归模型	92
	二、主成分分析筛选变量法	92
第五节	主成分分析应用实例	92
	一、在辽河三角洲土地利用分区中的应用	92
	二、2000年全国各地区经济效益的主成分分析	95
第八章 因子分析地理模型		96
第一节	导论	96
	一、因子分析	96
	二、因子分析应用	96
	三、主成分分析与因子分析的比较	97
第二节	因子模型	97
	一、因子模型	97
	二、因子模型的求解过程	97
	三、因子模型的构成	99
第三节	因子载荷的统计意义	99
	一、因子载荷的统计意义	99
	二、变量共同度的统计意义	99
	三、公因子 F_j 的方差贡献统计意义	100
第四节	因子得分	100
第九章 聚类分析地理模型		101
第一节	聚类分析的方法及变量模型	101
	一、基本概念	101
	二、变量类型	102
	三、聚类分析方法	102
	四、两类聚类分析	103
第二节	系统聚类分析	104
	一、系统聚类法	104
	二、距离和相似系数	104
	三、聚类方法	106
	四、系统聚类法的统一公式	108
	五、剩余信息的剔除	109
	六、谱系分类的确定	110
第三节	动态聚类分析	110
	一、选择凝聚点	111
	二、初始分类	111
	三、分类函数	111
	四、主要计算步骤	111

第四节	模糊聚类分析	112
一、	模糊聚类分析	112
二、	聚类分析的基本思想	112
三、	模糊聚类分析的实质	112
四、	模糊聚类分析步骤	112
第十章	地理系统线性规划与模拟	113
第一节	地理系统线性规划概述	113
一、	线性规划建模	113
二、	运输问题线性规划	114
三、	线性规划模型模拟地理系统步骤	114
第二节	地理系统线性规划与模拟	114
一、	线性规划问题的特征	114
二、	线性规划的意义	115
三、	线性规划模型	115
四、	松弛变量	116
五、	线性规划问题需满足条件	117
第三节	线性规划的基本解法	117
一、	图解法	117
二、	单纯形法	118
第四节	地理系统的理论模型与工作模型	118
一、	环境生态—经济开发系统模型	118
二、	运输系统—产销平衡模型	119
三、	农场种植计划模型	120
第十一章	投入产出分析模型	122
第一节	投入产出分析的基本概念	122
一、	投入产出分析的概念	122
二、	投入产出分析的表现形式	123
三、	投入产出分析的类型	124
四、	投入产出分析的作用	125
五、	投入产出分析发展趋势	125
第二节	投入产出模型的构建	126
一、	投入产出表的编制	126
二、	投入产出表的作用	128
三、	投入产出数学模型	129
第三节	区域经济活动分析的投入产出模型	134
一、	价值型投入产出表的记价问题	134
二、	反映区域各部门生产联系的投入产出模型	135
三、	反映区域产业结构状况的投入产出模型	136
四、	实例分析	137

第十二章 层次分析法地理模型	140
第一节 概述	140
一、基本概念	140
二、解题思路	140
三、特点	140
四、原则	141
第二节 层次分析法的基本原理	141
第三节 层次分析法的计算步骤	142
一、建立层次结构模型	143
二、构造判断矩阵	143
三、层次单排序	144
四、层次总排序	145
五、一致性检验	145
第四节 层次分析法的计算方法	146
一、幂法	146
二、和积法	146
三、方根法	147
四、和积法实例	147
第五节 层次分析法应用实例	149
一、建立层次结构模型	149
二、判断矩阵 $C_1 - P$	150
三、判断矩阵 $C_2 - P$	150
四、判断矩阵 $C_3 - P$	150
五、层次总排序计算结果	151
参考文献	152

第一章 绪 论

地理学是一门最不容易科学化的学科,但地理学家一直执著地探求着由科学方法所描述的科学世界。在这个方面古希腊人进行的最早,最先获得地球形状、周长、经纬度、气候带等科学地理观念,从而使人们对地球有一个科学的认识。古希腊有四个人被今天学者依不同标准称作“地理学之父”,详见表 1-1,从中我们可以了解古希腊辉煌的地理学思想和成就。

表 1-1 古希腊地理学之父

姓 名	年 代	主要贡献	内 容	备 注*	
荷马 (Homer)	约公元前 9— 约前 8 世纪	《荷马史诗》 (包括《伊利亚特》和《奥德赛》)	古希腊地理学产生的序曲,最早记录地名和某些地理现象	经验 地理 知识	《诗经》 《左传》 《史记》
赫卡泰 (Hecataeus)	约公元前 540— 约公元前 480 年	描述地理学: 《地球的描述》	赋予了地理学以文学的形式		
希罗多德 (Herodotus)	前 484— 约前 425 年	《历史》	最早详细记录了大范围内与人类历史有密切关联的地理知识		
埃拉托色尼 (Eratosthenes)	前 275— 前 193 年	最早使用 “地理”名词	曾专门讨论地理问题,并以几何之法测定了地球的周长	地理学 数理探索	

*“地理”一词最早见于中国《易经》:“仰以观于天文,俯以察于地理,是故知幽明之故。”在《左传》《史记》中亦有记载。“地理学”一词最早出现在古希腊。

埃拉托色尼试图将数理定位与现实世界相叠合,并绘制了一幅世界地图,在该图中他选择横向通过地中海的基本纬度线,又选定西恩纳、亚历山大里亚、罗德岛和拜占庭的一线作为本初子午线。此外,他另引六七条经纬线,这些线之间距离虽然不等,但无论如何,埃氏是试图用经纬网标示地图的倡导者。而后,喜帕恰斯(Hipparchus,公元前 190—前 125 年)将经纬网的思想完善,将地球一周定为 360 度,若依此建立精密经纬网,即经纬度,可以准确说明在球面上任何一点的位置,并为世界找到一个统一体系。

古希腊的庞大世界没有统一在政治权威的网络下(如中国王朝郡县体系那样),却统一在科学的数理地球观中。

就对地理学的意义而言,数理之法有辉煌的一面,也有局限的一

面。球体测量法为地球描述建立了一个精确坐标系统、尺度规范,但这个系统与规范本身并不是地理学的内容,正如年月日不是历史学的内容一样。坐标系统本身并不“界定”任何具体的地理现象,地理现象都有自身的空间尺度,坐标只不过是对于这个空间尺度的一种外在描述方式。

近代以来,学科独立性加强,当地理学离开天文学,测量学也从地理学中独立出去之后,地理学的数理部分所剩无几。直到 20 世纪 60 年代的“计量革命”,数理方法才在地理学中复兴。

数学在 20 世纪科学技术飞速发展中的作用不可替代,尤其是计算机的迅速发展和普及,使得数学能够解决实际问题,应用于经济建设、社会发展和日常生活等。与数学相结合的新学科,如数学地质学、数学心理学、数学地理学(计量地理学)等大量产生。

当代社会和经济发展的一个特点就是定量化和定量思维,数学模型和数学建模是应用数学知识和计算机解决实际问题的一种有效的重要工具。通过对实际问题的分析、研究,建立用以描述这个问题的数学模型,使用数学的理论和方法或者编程计算对模型进行分析从而得到结果,再回到实际中进行检验和解决实际问题。

运用计算机与网络技术所进行的地理分析及建立的地理模型,广泛应用于地理科学各领域的研究(见图 1-1)。

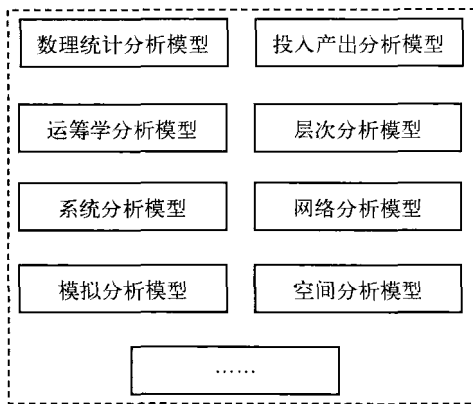


图 1-1 地理分析与地理模型

第一节 地理模型

一、模型

1. 模型

我们经常使用模型的思想来认识世界和改造世界,模型的定义有很多种,但其核心含义都是一致的。模型是针对原型而言的,所谓原型是指人们在社会活动和生产实践中所关心和研究的实际对象,在科技领域常用系统或过程等术语,如地球系统、生态系统、交通系统、地理系统等。模型是人们为一定的目标对原型进行的一个抽象。模型是为了理解和预测现实世界而构建的一种有效的替代物,它不是现实世界的复制,它是物体的一种简化,并能够体现物体的关键特征。

地理学研究的目的是理解人类与环境之间的关系,因此在地理建模过程中必然包含了许多人为或主观因素,但也不是随心所欲地去表达所要表达的世界。

一个好的模型可以把一个复杂的问题简单明了地表达出来,反之则会将问题描述的愈加复杂难懂。

2. 数学模型

(1) 通过抽象和简化,使用数学语言对实际现象作一个近似的刻画,以便于人们更深刻地认识所研究的对象。抽象和简化有文字、图形、实物及数学等不同方法,从而构成方案或语言模型、图像模型、实物模型及数学模型等。

(2) 它不是对现实系统的简单模拟,而是人们认识现实系统和解决实际问题的工具,是将现实对象的信息通过提炼、分析、归纳、翻译的结果。

(3) 用数学语言精确表达对象的内在特征,通过演绎推理、分析求解,深刻认识所研究的实际问题。

例如很多城市的交通图就是这个城市的一个模型,模型中有城市的人口、车辆、建筑物的形状等要素,最主要的是一目了然的公共交通线路。而在南京城市导航图(图1-2)上,主要表达的就是政府、医院和著名旅游景点等。

再如描述人口随时间自由增长过程的数学模型,尽管它忽略了性别、年龄、社会经济和自然界的约束等许多与人口增长有关的因素,相对于实际人口的动态来说大大被简化了,但它所揭示出的人口成等比级数增长的结论是人们不得不面对的现实问题。

由此可见,模型虽来自原型,但它不是对客观现象简单的重复,而是在理解的基础上所作的一个抽象和升华。

在实践中,能够直接运用数学方法解决实际问题的情形很少,而且对于如何使用数学语言来描述所面临的实际问题也非轻而易举之事。应用数学知识解决实际问题的第一步必须要面对实际问题中看起来杂乱无章的现象并从中抽象出恰当的数学关系,即建立模型——这就是建模。地理模型的建立不仅要进行演绎推理而且还要对复杂的地理系统进行总结、归纳和提炼。

建模时保留什么因素忽略什么因素并没有一定的规律,要根据对实际问题的理解、研究的目的及其数学背景来决定。应该说这是一个创造性的过程,而且不同的建模者对同一个实际问题完全可以得到不同的模型。

3. 地理模型

模型的另一个重要的特点是要接受实践的检验,地理系统是由地球上多个地理要素所组成的多输入和多输出的复杂的真实系统,因此地理模型必须经过实际的检验。建模的目的是研究和解决原型的实际问题,而模型是经过简化和抽象得到的。尽管模型的建模过程中逻辑推理准



图 1-2 南京城市导航图

确无误,也并不意味着模型是成功的,它必须经过实践的检验,经检验被认为是可以接受的模型才能付诸分析、应用。

地理模型和建模不仅仅展示了解决实际问题时所使用的数学知识和技巧,更重要的是它将告诉我们如何提炼出实际问题中的数学内涵并使用数学的技巧来解决它。因此学习地理模型不仅要学习和理解模型分析过程中所使用的数学知识和逻辑推理,更重要的是了解怎样应用数学知识解决实际问题。

(1) 地理科学进展

地理科学的发展,从最初只是用文字和简单的地图描述,到应用数学公式及统计图表进行计算、分析等,已经发生深刻的变化。在此基础上出版了很多新的地理著作和论文,形成了地理学的模式、法则、定律以及各种假说和学说,并通过地理分析建立了地理模型。

(2) 地理研究新进展

与此同时,地理学研究方法也有了新的进展(图 1-3)。

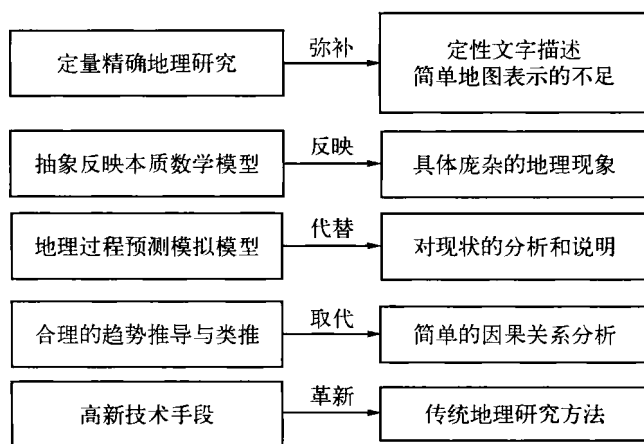


图 1-3 地理研究新进展

一个好的模型不在于使用了多么高深的数学知识,而是能使我们真实问题有进一步的了解,并尽可能的简单以利于使用者理解和接受。作为一个成功的模型应该是经过实践检验表明是可以接受的,最好是直接针对某个实际问题的。

二、模型的特征

1. 结构性

(1) 相似性

原型与模型之间具有相似的物理属性或数学特征。

(2) 多元性

复杂现象、多层次,它们之间相互补充和相互完善。

2. 简单性

“凡无必要,无需杂陈”。

模型的形式:简约性。

模型的描述:简洁性。

3. 清晰性

模型的内容构成和表示应足够清晰。

4. 客观性

客观性不是指模型独立于人类存在,而是指模型与研究人员的偏见无关,与研究人员的政治立场和宗教信仰无关。

5. 有效性

(1) 复制有效

只能描述实际问题过去的行为或模型试验,不能说明将来的行为。

(2) 预测有效

预测问题未来的状况和变化过程。

(3) 结构有效

把实际问题描述为由许多子问题相互连接而构成的一个整体。

三、模式

1. 模式

模式是指对原型进行模仿用的标准,一般而言是作为某类事物的标准形式。经过检验有效的模型如果被广泛接受,便成为一个标准形式——模式。

我们在现实生活中认识和识别不同事物,实际上就是在运用模式。

2. 模式识别

与模式相关的一个重要概念是模式识别,即把具体事物正确地归入特定类别的过程。其目的是把通过不同手段所得到的数据按照样本归类。

模式识别主要使用统计学方法,通过研究互不相同的数据组之间的关系来寻找和识别存在于观测值中的某种确定的相互关系。

3. 模拟

模拟是一种实验方法,是模型的构建和模型应用过程。

模拟首先是针对研究的对象构建一个模型,然后利用该模型对研究对象进行各种实验,其目的是为了理解研究对象的行为,评估在一定的限制条件下研究对象的各种变化和不同对策所产生的结果。

4. 建模

(1) 建模

建模是构造现实世界中与研究对象相关的模型的过程。

在建模中,首先观测研究对象,然后在忽略次要因素和不可观测因素的基础上,使用物理或数学的方法进行抽象,建立与实际对象近似的模型。建模的重点是探讨研究对象与模型之间的关系,所建立的模型要尽可能地接近研究对象。

(2) 建模步骤

建模步骤分为建立概念模型、建立定量模型、模型检验(模型验证、模型确认)和模型应用。目前,由于地理问题的复杂性和不确定性,地理学的数量化水平还比较低,其建模主要是借鉴地质学、生态学和水文学等相关学科的模型和建模方法来研究有关地理环境问题。

(3) 地理建模

地理建模一般具有复杂性、空间性、时间性和模糊性特点。地理建模针对地理问题,使用系统分析方法、物理方法和数学方法建立模型,对模型进行分析,以便为政府或经济、社会发展的决策提供基础支持。地理建模应用的方法,不同于决策分析中应用的方法,决策分析主要涉及信息论和控制论的内容,如规划方法、投入产出方法等。

建模有时还要处理一些比较复杂的实际问题,这时我们可以运用数学知识把所要研究的地理系统或者地理系统要素的模型,翻译成计算机程序进行“模拟”或“仿真”。当前,信息技术、网络技术的应用早已深入全社会各阶层的方方面面,计算机性能越来越好,功能越来越强,这为我们研究、分析和解决复杂的地理系统问题提供了条件,使得地理建模成为可能。

目前比较流行的有 EXCEL 软件系统、SPSS 软件系统、Model Builder 软件系统,GeoCap 软件系统等,本课程中的部分地理分析方法和地理模型就使用前两种软件系统。

四、地理模型的特点

1. 复杂性

地理学研究人—地关系,与自然、社会和经济多个方面密切相关,内容复杂、范围广,涉及学科多。

2. 空间性

地理模型与空间密切相关,空间关系影响着要素之间的关系,空间尺度的不同影响着模型的外推和应用。

3. 时间性

地理要素总是随时间的变化而变化。

4. 模糊性

地理过程是多个物理过程、化学过程、生物过程、社会过程的综合,地理学中有关分类问题具有较多的模糊性。

五、模型的用途

1. 预测工具

根据已知信息,通过模型运算来探究未来的变化。

2. 理解工具

通过构建模型、运转模型和分析模型结果及验证模型,对所研究的对象会有更深入、更全面的理解。