

# 地理遥感信息模型

马蔼乃

(北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**提 要** 地理遥感信息模型是作者在地形模型、物理模型、数学模型的基础上提出的一种新型模型。本文概述了地理遥感信息模型的基本概念和分类。

**关键词** 遥感信息模型 地理信息编码 地理信息系统 地理专家系统

任何技术的开拓都会给科学发展带来机遇。当代的高新技术, 空间技术、计算机技术、信息科学等也给地学和天文学带来了生机勃勃的发展机会。遥感、地理信息系统、地理专家系统以及遥测、地球定位系统、卫星通讯等正广泛和深入地应用到所有地学中, 地理学首先受益。近 10 年来, 我们在大量应用实践中寻找到了地理学发展的新理论, 一种建立在独立因子层上的地理遥感信息模型应运而生。它将成为地学发展的重要方向之一。

## 1 遥感信息模型概念

### 1.1 信息模型

所谓模型是对原型而言的。地学史上曾有静态的地形模型、动态的物理模型(河床动力模型、海湾动力模型、风沙动力模型、泥石流动力模型等等)和现代的计算机数学模型(气象预报动力方程组、海洋风暴预报动力方程组、河床演变动力方程组等等), 新近又有人建立物理-数学模型<sup>[1]</sup>。地理遥感信息模型是在上述模型的基础上应用遥感信息而建立起来的一种模型。它是集地形模型、物理模型、数学模型于一体, 在遥感图象处理和地理信息系统的支持下实现的。

所谓信息是指非实体而言的。地形模型、物理模型都是实体模型, 而数学模型是信息模型。因此, 地理遥感信息模型是非实体的。换句话说, 地理遥感信息模型是对地理实体的抽象和概括。在遥感图象系统中提取各种可能提取的地理独立因子, 在地理信息系统中提取数字地形模型和各种地理独立因子, 两者复合, 可进行各种复杂的地理遥感信息模型计算。当具备了遥感图象处理和地理信息系统的软硬件后, 核心的问题就是建立地理遥感信息模型。

### 1.2 独立因子

所谓地理独立因子是对圈层结构而言的。长期以来, 自然地理学分为大气圈、水圈、生物圈和岩石圈, 1987 年我们根据颗粒力学的发展, 将岩石圈中的第四纪松散沉积物和生物圈中的土壤抽取出来, 合并成为土圈<sup>[2]</sup>。人文地理学中又分出人类圈等。以圈层结构作为基础要素来研究地理学, 显然已经不够了。现代地理学, 在各部门中都有了深入的发展, 量测

来稿日期: 1995—04; 收到修改稿日期: 1995—11。

了大量的数据。因此,深入到独立因子层是有条件的。以实测数据、遥感数据与地形图数据为基础建立地理遥感信息模型,是把地理学从定性描述推向定量计算的最佳途径。有些地理学知识是无法定量的,但它们是独立的。对这些地理知识可以进行知识形式化,建立知识库。用逻辑库中的地理逻辑对数据和知识进行推理,建立定性定量相结合的地理遥感信息模型。

从圈层结构深入到独立因子层的研究,是地理学发展的必然规律,在地理学的理论和实践中都有着重要的意义。独立因子层的研究在地理学中的意义犹如分子生物学的研究在生物学中的意义,都是以还原论的观念,向深层发展。地理独立因子的确立是地理学从定性描述深入到定量计算的必经之路。

地理独立因子中的所谓独立是指“不能够从演绎推理或归纳综合得到的”因子。例如:地球表面的地理坐标(纬度,经度,高度)、地理现象演化的时序(时间)、太阳辐射常数、太阳与地球的电磁辐射波谱、地表圈层结构中的化学成分等等。在一张地形图上,位置和高程是独立因子,而坡度、坡长、坡向、流域分水岭界线、流域面积、流域形态系数、沟谷线、沟谷长度、沟谷坡度等等,都可以从地理信息系统中的数字高程模型中计算出来。所以,它们都不是独立因子。一般而言,我们把实际测量的地理因子作为独立因子。例如:温度(包括气温、地温、水温、冰温、叶温)、蒸发(包括地面蒸发、叶面蒸发、水面蒸发、冰面蒸发)、湿度(包括大气湿度、岩石湿度、土壤湿度、冰层湿度、植被湿度)、水量(包括降水量、地表径流量、地下径流量、壤中径流量、植被体内径流量、水面蒸发量、冰面蒸发量、地面蒸发量、植被蒸腾量)、电磁辐射量(包括发射量、吸收量、透射量、反射量)、压力(包括大气压力、水压力、冰压力、岩石压力、土压力、植被体内压力)、化学成分(包括化学元素周期表上的各个元素)等等。

### 1.3 相对独立因子

大量的地理因子是不独立的。因此,我们又引进相对独立因子的概念。把经常用到的不独立地理因子称为相对独立因子。这样就使独立因子与原来的圈层结构联系起来。由于各部门地理学发展深度的不平衡,引进相对独立因子的概念是十分必要的。上述坡度、坡向等,就可以当作相对独立因子。

### 1.4 独立变量与独立知识

目前地理学虽然有了许多定量的方法,但是定性描述仍然是主要方法。为了使定性描述也能够用计算机软件来处理,我们对独立因子进行分类。把能够定量的独立因子叫做独立变量,用数值来表示。把不能够定量的独立因子叫做独立知识,用计算机中知识库方法来处理。

地理独立知识当然也是“不能从演绎推理或归纳综合得到的”因子。例如:土地利用分类中,一级分类包括耕地、园地、林地、牧草地、居民点和工矿用地、交通用地、水域、未利用土地;资源分类中,一级分类包括气候资源、水资源、土地资源、生物资源、矿产资源;地带性分类中包括纬度地带性、经度地带性、垂直地带性、坡向地带性、坡度地带性;地貌动力分类包括重力、热力、水力、风力、冰力、化学力;土质颗粒分类中,一级分类包括粘粒、粉沙、沙粒、砾石;植物群落形态分类包括乔木、灌木、草本、藤本、苔类;水体分类包括海洋、河流与渠道、湖泊与水库、冰川与冰盖、积雪;气候分类中,一级分类包括热带、温带、寒带等等。

## 2 遥感信息模型的分类

地理独立因子是建立地理遥感信息模型的基础。地理独立因子分两类：地理独立变量和地理独立知识，同样地理遥感信息模型也分两类。

### 2.1 基于独立变量的地理遥感信息模型

绝大多数的地理现象是比较复杂的，难以简化。在历史上地理学曾经是包罗万象的“科学之母”<sup>[3]</sup>，一直到 A. V. 洪堡（1769—1859）那个年代，地理学家还是万能的。初等数学，包括代数、几何、解析几何的发展都与地理学、天文学的量测有关。1755年以后才有微积分出现，微积分的出现是与力学的发展分不开的。1903年有了数理方程。1933年概率论的公理化体系才建立，数理统计的发展与热学分子运动的研究是分不开的。数理方程研究抽象和简化的有规则的客观规律；数理统计研究大量的未知的无规则的客观规律。从数学的角度看，数理方程研究的是确定性问题，数理统计研究的是不确定性问题。从逻辑角度看，数理方程是演绎推理，数理统计是穷举归纳。从系统论的角度看，数理方程是白箱问题，数理统计是黑箱问题。从哲学的角度看，数理方程是研究必然性问题，数理统计是研究偶然性问题。从地理学的角度看，地理学问题很复杂既有必然性的一面，又有偶然性的一面；既有确定性的一面，又有不确定性的一面。因此，最佳的方法便是将数理方程和数理统计结合起来，1941年出现了随机微分方程，说明这种结合是可能的。

由于地理现象的复杂性，我们所面对的往往是 N 维问题，不能凭3、4个微分、积分号就建立起方程，而由10来个微积分号建立起的方程组，一般不可能有完全的初始条件和边界条件，因此，也是无法解的。但是，建立了方程组后，可以得到独立变量。以这些独立变量来做量纲分析，可得到无量纲因子团。那些有明确的地理-物理意义的无量纲因子团正是反映了客观规律的成因关系。以这些无量纲因子团再来做数理统计分析则不一定要大量的实测数据，而数据只要满足精度要求就能得到正确的地理规律。例如，我们曾经建立的泥石流流速方程、河口悬移质含沙量地理遥感信息模型<sup>[5]</sup>、土壤含水量地理遥感信息模型<sup>[6]</sup>、土壤侵蚀地理遥感信息模型<sup>[7,8]</sup>、水中热传导综合系数地理遥感信息模型<sup>[9]</sup>、初级生产力地理遥感信息模型、小麦旱情估损地理遥感信息模型、洪水产流汇流地理遥感信息模型等等，都取得了成功。

对于地域过渡问题和时序渐变问题，用二值数学是解决不了的。因此，要引进模糊数学和灰色系统的概念。模糊数学突破了布尔代数，突破了逻辑上的排中律，成为多值函数。实际上模糊数学没有独立的数学理论，应用模糊数学的概念可以建立模糊数理方程和模糊数理统计；同样，也可以建立灰色数理方程和灰色数理统计。例如，我们曾经在内蒙流水侵蚀与风沙侵蚀的过渡区，建立模糊数理方程和模糊数理统计相结合的地理遥感信息模型<sup>[10]</sup>。

### 2.2 基于独立知识的地理遥感信息模型

一般来说，首先要对地理独立知识进行形式化。知识形式化的方法很多，例如地带性问题：纬度地带性，可以对纬度进行分等定级；经度地带性，可以取离海边的距离进行分等定级；高度地带性，可以对高程进行分等定级；坡向地带性，可以对方位进行分等定级；坡度地带性，可以直接对坡度进行分等定级。地带性问题实质上是太阳辐射能量分布的问题。又如，地貌发育阶段问题、土壤发育阶段问题、生物群落演替问题等等。以地貌发育阶段问

题为例, 我们可以取地貌形态特征为纵坐标, 地貌发育阶段的时间为横坐标, 坐标间隔归一化, 取0.0—1.0, 于是就可以对地貌发育阶段进行分等定级了。再如, 土地利用分类问题、植物群落分类问题、地貌形态分类问题等等。一般分类问题大多数是树型结构分类体系, 分一级分类标准、二级分类标准、三级分类标准等等, 可以树型编码的方式来表示。以土地利用分类为例, 一级分类有8类, 二级分类有46类<sup>[11]</sup>等等。

由此, 我们提出一个新概念, 叫做地理信息编码模型。地理信息编码模型把定性因子和定量因子统一起来, 即把独立知识和独立变量都进行分等定级, 然后依位编码<sup>[12,13]</sup>。按照地理信息编码模型的理论, 制作地理信息编码图和地理信息编码表, 同时输入地理信息系统, 则可在计算机内进行各种地理遥感信息模型的图形与数值的地理运算, 十分方便。

地理信息编码模型分为树型分类结构和多维指标结构。土地利用分类就是树型分类结构, 地带性问题则是多维指标结构。两者的区别在于, 前者随着级别的层次不同要用数位码来表示一种地理实体。例如, 园地在一级土地利用分类中用一位码, 数值为2, 茶园在二级土地利用分类中用二位码, 数值为23。如果, 还要考虑茶种, 则分类中用三位码, 数值为xxx。后者则每一位码表示一种属性, 例如, 纬度地带性为第一位码, 数值为1, 经度地带性为第二位码, 数值为2, 高度地带性为第三位码, 数值为3, 坡向地带性为第四位码, 数值为4, 坡度地带性为第五位码, 数值为5等等。根据地理问题的需要, 两种形式可以混合使用。当然, 每一种土地利用类型还要按优劣分等定级, 地带性的分布位置也要按属性分等定级。因此, 地理信息编码模型表为二维表。

### 3 结语

我们在微机的DOS和WINDOWS操作系统上分别开发了以地理信息系统为主的模块, 可以任意组装软件系统, 并且作了一些地理遥感信息模型。实践和经验告诉我们, 理论、方法和应用是完全一致的。新技术、新方法的使用必然产生新思想、新理论。在利用新技术、新方法解决实际地理学问题时, 只要留意分析、综合和总结, 新思路、新思维、新理论就会应运而生。在新理论的指导下, 方法又有新改进, 成果应用更接近实际。我们完成的新疆土壤侵蚀研究和参与总体设计与指导的全国土壤侵蚀图, 就用了地理遥感信息模型和地理信息编码模型。全国土壤侵蚀强度分等定级的面积数据, 已经被国家采纳并公布使用。当然, 新理论是不可能一下子完善的。我们经历了影像模型(1984)<sup>[14]</sup>、遥感信息模型(1990)<sup>[15]</sup>、到地理遥感信息模型(1993)的阶段以及地理编码模型(1988)<sup>[12]</sup>到地理信息编码模型(1993)的阶段。

新的理论是建立在独立因子层上的, 我们发现目前各部门测量的地理—物理量之间相互不协调。例如, 气象台站测量的温度包括标准高度的气温、地温, 不一定包括水温, 更不包括叶温; 测量的水分包括降水、大气湿度, 不一定包括土壤含水量, 更不包括植被湿度; 水文台站所测降水量、河流径流量, 不一定包括地下径流量和土壤含水量, 当然更不包括植被湿度; 新成立的农业监测站、林业监测站, 也不一定测土温和土壤含水量等等。而且这些台站测量的数据不是同步的, 更不是实时的。因此, 地理学中还应大量地引进遥测、地球定位系统以及卫星通讯网络等, 进行原型观测, 获取大量的野外观测数据。结合遥感、地理信息系统等工具, 地理学才能真正成为现代科学。

## 参 考 文 献

- 1 左东启, 俞国青. 工程水动力学研究中的合交模型. 河海科技进展, 1992, 12(4): 1—23.
- 2 马蔼乃. 土圈与土资源. 干旱区资源与环境, 1987, 1(3—4): 34—41.
- 3 [美]普雷斯顿·詹姆斯作, 李旭旦译. 地理学思想史. 上海: 商务印书馆, 1982.
- 4 马蔼乃. 云南东川蒋家沟泥石流流速分析. 见: 中国地理学会编. 中国地理学会一九七七年地貌学术讨论会文集. 北京: 科学出版社, 1981. 210—214.
- 5 Ma Ainai, Li Jing. A study on concentration of suspended sediment by remote sensing. In: Wang SY, Shen HW, Ding LZ (eds). Proceedings of the Third International Symposium on River Sedimentation. USA: ISRS, 1986. 1751—1757.
- 6 Ma Ainai, Xue Yong. A study of remote sensing information model of soil moisture. Proceedings of the 6th Symposium on RSARCCU. Beijing: International Academic Publishers, 1990. 6—9.
- 7 马蔼乃, 刘建忠. 塔克拉玛干沙漠风沙流定量研究. 中国水土保持, 1989(10): 30—32.
- 8 马蔼乃, 林逸, 姚金刚. 土壤侵蚀因子的信息提取及建模应用. 中国水土保持, 1990(3): 44—46.
- 9 Ma Ainai, Ge Hai. The Remote Sensing Information Model of Thermal Diffusion. Finland: IGARSS, 1991. 149.
- 10 马蔼乃, 张延龙, 刘庆生. 柳河地区土壤侵蚀定量分析. 中国水土保持, 1990(1): 39—40.
- 11 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程. 北京: 测绘出版社, 1984. 6—12.
- 12 Ma Ainai. A geo-code model for the use of GIS. *International Archives Of Photogrammetry And Remote Sensing*, Japan: ISPRS, 1988, 27(4): 585—591.
- 13 Ma Ainai. The geo-coded model based on geographical knowledge formalization. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, USA: ISPRS, 1992, 29(3): 563—565.
- 14 马蔼乃. 遥感概论. 北京: 科学出版社, 1984. 148.
- 15 Ma Ainai. On remote sensing information model. International Symposium on Cartographic and Data Base. Japan: ISPRS, 1991. Commission IV.

## 作 者 简 介

马蔼乃, 女, 1936年生, 教授, 博士生导师。在遥感信息模型与地理信息科学领域有许多研究工作。在国内外发表论文50余篇。著有《遥感概论》和《APPLICATIONS OF REMOTE SENSING AND GIS TO EROSION AND SEDIMENTATION》等专著。

## REMOTE SENSING INFORMATION MODELS OF GEOGRAPHY

Ma Ainai

(The Institute of RS and GIS, Peking University, Beijing 100871)

**Key words:** independent factors, remote sensing information models, geographical information coded models, geographical information system, geographic expert system (GES)

### Abstract

Remote sensing, GIS, GES, which are excellent methods and GRSIMs which are geography-physics-mathematics models to study geographical phenomena and theory, have to develop in advance of mathematics in the modern geography. Remote Sensing, GIS, GES, came to computerize, so GRSIMs must be computerized. GRSIMs propel the geography forward from the spherical structure to the independent factors. It is the same as biology forward from the cellular structure to molecular biology. Certainly, different branch of science has different characters and different developmental steps.

Right now, high technology-space technique and computer technique bring the opportunity for developing geo-science and astronomy. Remote sensing, GIS, GES, GPS (Global Positioning System), telemetry, and satellite communications are going to everywhere, especially in geography. In recent decade, we have founded new way of geographical theory which is established on the independent factors and is named as Geographical Remote Sensing Information Models (GRSIM).

There are two kinds of GRSIMs. One is based on the independent variables and the other is based on the independent knowledge of geography. Based on the independent variables, GRSIMs are pure quantity calculation, for example, debris flow velocity equation, concentration of suspended sediment, soil moisture, soil erosion, thermal diffusion, etc. Based on the independent knowledge, GRSIMs are combined by quality and quantity with geographical information coded models (GICM). For example, soil erosion in small scale 1:5 000 000 maps, etc.

Based on DOS and WINDOWS, GIS software have been established on micro-computer which is named MCGIS. The MCGIS is a new design with Remote Sensing Information Models.