

文章编号: 1007-6301 (2002) 04-0349-09

基于 GIS 的时空复合体- 土地利用 变化图谱模型研究方法

叶庆华¹, 刘高焕², 陆 洲², 龚争辉³, Marco⁴

(1. 中科院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中科院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 胜利石油管理局孤岛环境监测站, 东营 257236; 4. University of Trieste, Italy)

摘要: 本文以地学信息图谱理论、地球空间信息认知理论、地球系统科学与地理综合体理论、地理信息系统中的时空复合体模型为依据, 提出了研究土地利用/土地覆被变化的基本单元, 即“图谱单元”, 它是记录时空复合信息的基本单元, 由“相对均质”的地理单元和“相对均质”的时序单元复合而成, 并提出了研究土地利用/土地覆被变化图谱的概念模型。

关键词: 地学信息图谱; 图谱单元; 土地利用变化图谱模型; 时空复合体
中图分类号: P231.5 **文献标识码:** A

地球信息科学的研究对象均带有时空属性, 作用机理也十分复杂, 但是当前大多数数据挖掘方法是基于非空间属性数据库的研究而产生的^[1], 对于空间位置考虑的比较少, 因此, 迫切需要一种对地学时空复合信息进行挖掘的理论和方法, 而地学信息图谱就成为其中最有力的工具之一。

本文在前人研究的基础上, 进一步深化地学信息图谱在土地利用/土地覆被变化研究中的应用, 从理论、模型和方法上探讨土地利用/土地覆被变化图谱的研究方法。

1 理论基础

地学信息图谱是在陈述彭院士的倡导下, 以地球空间信息认知理论为基础, 以遥感、地理信息系统、网络通信、虚拟现实、计算机制图技术为支撑发展起来的一种时空复合分析方法论。地学信息图谱是形、数、理的有机结合^[2]。形是指地形、图像、表格等; 数是指定量化的模型与方法; 理是指机理、规则和知识等。地学信息图谱是利用形与数来推知理、表达理的技术体系。它的形成与发展经历了 4 个阶段^[3]: 景观制图实验^[4] (陈述彭, 1955~1956), 图谱概念的提出 (陈述彭, 1961), 图谱方法应用状况 (陈述彭, 1964) 和地学信息图谱理论的初步形成 (陈述彭, 2000)。著名的魏格纳的大陆漂移学说, 柯本 (Koeppen) 的气候类型和道库恰耶夫的自然地带谱, 都是借助于时空融合的图谱方法, 有

收稿日期: 2002-03; 修订日期: 2002-06

基金项目: 国家 973 项目 (1999043508); 中科院地理所领域前沿项目 (XDGD00-04)

作者简介: 叶庆华 (1972-), 女, 博士后。主要从事生态脆弱形势、土地利用/土地覆被变化的时空复合特征、景观生态功能等方面研究, 已经发表论文十余篇。E-mail: yeqh@lreis.ac.cn

力地推动了地球科学的进步。中国地学界的先驱李四光的大地构造模式,竺可桢的五千年气候变迁,更是脍炙人口的地学图谱的典范^[5]。自1998年开始,陈述彭^[5]、周成虎^[6]、承继成^[7]、闫国年^[8]、鲁学军^[9]、岳天祥^[10]、齐清文^[11]、骆剑承^[12]、李军^[13]等先后从不同角度介绍了地学信息图谱的理论、技术方法和应用实例,囊括了到目前为止在地学信息图谱领域中的主要学术成果。

1.1 基于GIS的时空复合分析方法与地学信息图谱

在地理信息系统(GIS)中,空间分析是对地理事件进行分析的一系列技术。空间分析方法主要有:对地图的空间分析技术;空间动力学分析,如水文模型、空间价格竞争模型、空间择位模型等;空间统计分析^[14]。自从时间、空间、属性作为GIS的基本要素观点(Dangem and, 1989)提出以来,就开始了对时间要素在GIS中的位置以及有关时间序列信息的概念模型进行系统研究。在GIS中加入时间因子,本质上就是GIS中的时空复合问题^[15]。目前,在GIS中的时空复合方面已作了大量开拓性研究工作,如区域时间(RT)模型(郭爱群, 1993),时空交集(STN)模型(林珏, 1993)与时空复合体野火模型(Wiliams, 1971)等。

可见,时空复合体是指可以充分表现时间性和空间性的模型物或模拟对象,它可以同时量测地理现象的时空变化特点^[16]。这与陈述彭先生提出的地学信息图谱实质是相同的^[17]。地学信息图谱其实就是地学信息的时空复合体,图表现空间单元特征,谱则表示事件发展之起点与过程,图是某一时刻凝固的谱,谱则是某一特征流动的图,图谱合一所形成的图谱,则是空间与时间动态变化的统一表述,即在时间演化过程的系统中,同时表达了地区(空间)差异,是真正意义上的时空复合体^[6]。它将发挥图形信息压缩、时空尺度转换与数据挖掘等技术优势,运用图谱的多维组合、转换与显示,既能系统地应用地学分析的系列多维图解来描述空间格局,发现地学规律,又可以从科学的现状反演历史的过程或推断未来的态势^[2]。

正是因为地学信息图谱是以直观、形象的方式来表达复杂地学过程的,是形象思维方式,而形象思维的认识过程又都表现为一定的“象”(包括图形、图象和图式),所以地球空间信息认知理论的研究构成了图谱理论研究的重要组成部分,其中地理事物空间意象的认知过程的研究尤为重要^[9]。

1.2 空间意象

人们在认识和理解复杂的地理世界的过程中,产生了各种各样的空间意象^[9](Geographic Mental Images)。空间意象是一种具有自学习能力的、具有空间形象感的地理形象化思维模式,它既提供了一种地理信息的组织方式,同时,它又为地理信息、知识提供了一种形象化的表达模式^[18]。可见,空间意象(Geographic Mental Images)是地理思维的产物,同时,它也是地理思维得以进行的“载体”^[12]。从它产生开始,空间意象就把“描述性思维”与“形象化思维”结合进行地理思维,使人类建立描述地理世界变化的地理概念计算模型,从而有能力认知纷繁复杂的现实世界的地理规律和规则。因此,没有空间意象就没有地理概念^[19],也就没有对地理学所研究的对象的理解。

空间意象的一般模式分为4种类型^[9]:地理区域、综合体、地理景观、区域地理系统。虽然这几种类型的界定并不明确,还有待于今后进一步的研究和探讨,但是它们存在的依据都是在一定组织水平上具有相对“均质性”的“基本单元”,或称为“地理单元”。所以,

也可以说, 地理单元是空间意象的基本单元, 是地学家进行空间意象思维、组织地理信息、建立地理概念计算模型、理解和认识现实世界地理规律的“基本空间功能单元体”。可见, 地理单元的研究对地球系统科学研究具有重要的理论和现实意义^[2]。

2 基本单元

在地球表层存在着自然地理特征最一致的地段, 不仅其自然地理组成成分一致, 而且综合自然地理环境也非常一致。由于它提供一致的自然条件和自然资源, 土地利用的适宜性和限制性相同, 因此在经济利用上往往是一致的, 可获得相同的经济效益, 所以人类利用、改变和管理自然资源, 首先是从这个简单的自然单元开始^[20]。

2.1 地理单元

地学研究的地理环境中最简单的不可再分的地理实体 (在地学研究进行的全部尺度范围或者组织水平上), 称之为“最小地理单元”。各地学分支学科由于研究目的、划分方法不同, 对“最小地理单元”的称谓也不尽相同, 在综合自然地理学中, 称之为“自然地理综合体”; 在土地科学中, 伊萨钦科称之为“相”; 澳大利亚学者称之为“立地”(Site); D.L. 林顿称之为“不可再分的单元体”; 波雷诺夫称之为“单元景观”。在不同的学科领域中, 都有对最小单元或者最小实体的界定^[21], 但因研究对象的差异而不同, 如物理学中的原子, 化学元素等。在计算机制图中有“最小地理单元图斑”^[11]; 马蔼乃的“最小图斑”^[22]也是具有均质意义的最小化“形式区域”, 其最小图斑的大小由所选定的一组地理属性来决定。

地理单元通常是多级别、多尺度的^[23]。地理单元是在一定的组织水平上 (即特定的空间尺度), 地理环境条件基本一致的空间单元。基于不同的组织水平, 或者不同的研究尺度, 地理单元可分成不同的等级, 其中最小地理单元是最低级、最简单、不可再分的地理实体, 它是高级地理单元形成的基础。地理综合体的异质程度随地理单元的等级升高和单元规模扩大而增大^[24]。每一级别的地理单元都可以建立自己的一个分类体系。图 1 表明了地理单元的等级系统与类型系统的关系。A. P 伊萨钦科等把景观视为有一定分类等级的单元, 就是把景观作为地理单元从不同尺度上来进行研究的。

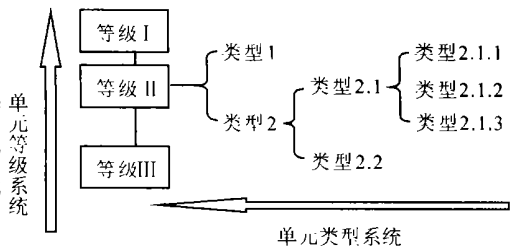


图 1 单元等级系统与单元类型系统关系

Fig. 1 Series of scales and classes on Tupu units

2.2 图谱单元

地理单元包含多种特征 (包括空间特征和属性特征), 历史发展特征也是地理单元的重要性质。现代地理学对于地理景观的研究方法——“空间与过程研究”, 实质上就是在特定的时空尺度范围内, 根据地理过程的变化来研究地理空间分异, 即通过地理事件发生的过程来研究地表事物之间规律性的空间关系。而目前地理单元通常是为了认识整个区域的空间差异性而划分出的内部性质相对均一的空间单元, 缺乏为了认识时间序列变化——地理过程的时序差异性而划分的内部事件相对均一的时间单元。

所以, 有必要寻求这样的一种地学信息单元或者称为时空复合体, 它能同时记录地理

实体、地理现象的空间变异与时间动态变化特点,以实现现代地理学对“空间与过程研究”的统一和对地理景观这种“事、空、时的动态系统”的研究,记录这种时空复合体信息的基本单元,就是“图谱单元”;对于地学信息图谱而言,则称为“地学信息图谱单元”。这样,通常意义上的地理单元就可以看作是最重要的一类图谱单元,地理单元(可用“图”来表现的空间单元)与时间单元(可用“谱”来表征的时序单元)一样,都是图谱单元中两个不同的侧面,也都是广义上的图谱单元。对于记录那些划分出来的“最均一过程”和“最均质空间”的地学信息图谱单元,则称为“最小地学信息图谱单元”;它最大限度地保证了空间上的“同质性”和其上所发生事件过程的“单一性”、“不可分性”;与地理景观研究中的“最小空间功能单元体”(鲁学军, 1998)、“景观单元”、“不变基元”(索恰瓦, 1991)等概念近似。

图谱单元与地理单元一样,也是多级别、多尺度的,可以依据时空尺度、研究目的,以及特定的原则,进行综合、分类、分级,建立多级别的图谱单元分类体系。地学信息图谱单元既包含了地理实体、地理现象的空间差异性信息,又包含着地理过程时序变化的信息,它能够将时空变化二者结合为一体,加以分析研究,能够解决“空间与过程集成研究”的这个难题^[2]。所以,地学信息图谱单元是地学信息图谱研究的基本单元。对地学信息图谱的研究,可以建立在对图谱单元的获取和操作等一系列的过程之上。

3 地学信息图谱模型

地学信息图谱单元是地学家组织地理信息,建立概念计算模型或者数理模拟模型、反演历史世界、理解和认识现实世界以及推导和预测未来世界地理规律的基本时空复合体单元。

3.1 地学信息图谱概念模型

图谱单元是进行“空间与过程研究”的时空复合体,我们对于地学信息图谱的研究,可以用同时反映空间差异和时序变化过程的状态变量 $P(P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n)$ 进行描述。

$P(P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n)$ 可以代表地理景观的任何性质,包括物理属性如土壤类型、植被类型、土壤含盐量、地下水矿化度、潜水埋深、土壤质地、侵蚀强度、湿度、温差、降水量等,也包括人文属性如人口、教育程度、技术水平、经济实力、土地利用类型等,还包括使用各类算法或者数学模型把多种属性集成后得到的各种综合性指标,如环境生态形势、可持续发展潜力、土地资源的承载力等。表示景观地理属性的状态变量 $P(P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n)$ 不仅是时间 t 的函数,而且也是空间位置 s 的函数。当 t 一定时,建立 $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n$ 随 s 变化的函数关系就实现了对于地理景观空间分布的属性描述,该函数关系式的建立方法体现了传统地理学对于地理景观的研究方法。当 s 一定时,建立 $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n$ 随 t 变化的函数关系就实现了对于地理景观属性的时间过程描述^[2]。上面两种函数关系建立方法结合起来就形成了景观的地理过程分析与景观空间格局研究的复合,即景观的“空间与过程研究”。这就是利用图谱单元进行“空间与过程研究”的算法依据。

3.2 地学信息图谱模型构造

对于地学信息图谱模型, 构造步骤如下:

(1) 确定研究尺度下的地理单元(空间单元)。由于地理环境条件的连续性、渐变性、过渡性和波动性特征, 使得相对均质的地理单元很难从背景环境中辨识出来, 所以地理单元之间界限的确定一直是困扰地学家的难题。决定地理单元界线的关键, 是对单元特征及诊断标志的定义、指标的选择^[25]。所以, 由于对区域特征及其诊断标志的认识不同, 在许多实际研究中, 尤其是自然区划过程中, 存在许多对界线的争论。在理论上, 各门学科都从自身的专业背景出发, 制定其均质性单元生成的原则, 比如郑度等提出的综合地理区划的原则包含 4 条内容^[26]。理论上, 通过确定判别函数和相应的判别准则对遥感影像的特征空间进行分割, 也可以得到最小的具有实际意义的地域空间单元, 但实际上, 由于技术等方面原因, 目前的卫星影像很可能遗漏地面某些重要类型特征, 所以遥感影像在地理单元划分中的作用还没有充分发挥出来, 只是起到一个提供参考信息的辅助作用。目前, 地理单元的产生主要有 3 种方法: 填图法: 是最早使用的产生地理单元的方法。该方法在野外观察环境变界界限, 并使用分式号码法填图标识这一界线^[27]。叠置法: 使用相同比例尺的一组专题图, 进行叠置产生地理单元, 这是最常用的方法。叠置法又可以分为一次叠置法和逐层叠置法。陈述彭在 60 年代指出, 简单的图层叠加是“机械的叠置主义”^[28]。

规则网格法: 它仍然需要专题图的配准和叠置。只不过采用具有一定分辨率的离散的规则网格作为单元。实际上, 这样得到的网格单元应该是在一定的分辨率条件下, 能够识别出最小空间单元(CELL), 这也不是具有实体意义的地理单元。但是这样的空间单元(CELL)是产生“相对均质”地理单元的“细胞”。每一类空间单元(CELL)就代表了一类“相对均质”的地理单元, 通过操作这样的空间单元(CELL)也就达到了对“均质”地理单元进行操作的效果, 而且具有更大的灵活性。虽然其精度受到网格分辨率的影响, 但它的产生过程和应用过程, 都适合于计算机处理, 非常方便。因此, 在采用地理信息系统作为工具的单元研究中, 经常采用这种方法。

(2) 时序单元的确定(时间尺度, 即采样时间间隔)。因为不同采样时刻往往对应着地理单元属性 P 的不同状态, 所以对于特定地理过程的研究往往要依赖于采样时间间隔。这里的地理过程, 包括地理环境中现代过程综合研究的三个方向, 即生物的、物理的、化学的过程(黄秉维, 1960)^[29]。一般而言, 对于某一地理景观来说, 将发生在该地理景观上的某个地理事件或者某一属性特征发生、发展、变化的全部或者部分时间序列——地理过程进行划分, 直到“不可再分”的“最小子过程”, 即事件或者属性的变化状态已经达到了最“均一”状态, 这个时间尺度就是这一地理过程的“最小时序单元”, 有人称之为“最小功能模块”^[1]。对采样时间尺度(即时序单元)的确定是以这个“最小时序单元”为依据的。根据地理过程对“最小时序单元”依据一定的原则进行综合以及有规律的组合, 就会产生不同级别的时序单元, 表现出这一地理过程在时间上的多尺度性。如果时间尺度过大, 就会探测不到短暂存在的地理过程, 对于因这一过程存在所带来的环境后效就难以解释; 如果时间尺度过小, 又会造成大量冗余数据的产生, 带来不必要的浪费和麻烦。对于研究空间分异的空间尺度的确定也与此类似。所以, 依据研究目的、选择最佳时空尺度是保证“空间与过程”复合研究顺利进行的必要条件。时序单元的划分方法可以根据所研究地理过程的不同发展阶段来划分, 也可以选取不同的时序单元逐一实验(通常是在对地理过程本身

并不了解的情况下进行), 分析、检验哪一种时间尺度能更好地反映地理过程的演化规律, 根据需要适当调整时间尺度; 如果研究的地理过程不止一个, 那么就应该取其中最小的时间尺度作为基本时序单元^[30]。

(3) 合成不同采样时刻地理单元的空间·属性一体化数据。在确定了要研究的地理单元(空间单元)和时序单元(采样时间间隔)后, 我们就可以充分利用卫星遥感、全球定位系统、实时地理信息系统和网络通信……等当代先进的对地观测技术手段, 结合地学实况调查、统计与定位自动观测台站记录所可能获取的各采样时刻的数据和图像, 经过统一标准化和归一化处理, 得到地理单元不同采样时刻(即获取属性信息的时刻)的属性特征值, 并利用地理信息系统生成各采样时刻地理单元的空间·属性一体化数据。

(4) 图谱单元的生成。在确定了研究地理过程或者地理事件的时间尺度以后, 就可使用这一时间尺度作为采样间隔, 在地理信息系统中, 将不同采样时刻上地理单元的空间·属性一体化数据进行匹配、融合, 或者进行地图代数运算, 就可得到空间·属性·过程一体化数据, 即图谱, 其“相对均质单元”就是图谱单元。

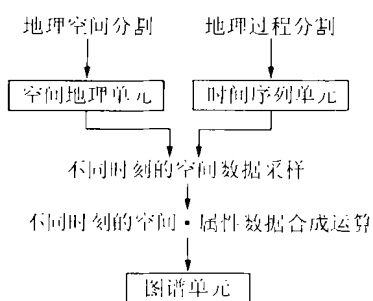


图2 图谱单元的合成过程

Fig. 2 Integration of Tupu units

(5) 分析数据与规律。这其中包括对图谱单元进行综合分析, 或者利用数据挖掘的各种算法提取需要的数据, 结合数学模型对“空间与过程”的演化特征进行推理或者模拟^[2], 以得到在地理过程动态变化中地表事物之间规律性的空间关系(图2)。

本文在地学信息图谱理论和概念模型基础上, 探讨土地利用/土地覆被变化图谱模型的建立、图谱单元的产生方法, 以拓展地学信息图谱的应用领域。

4 土地利用/土地覆被图谱模型

当我们对复杂系统的机理还不了解或认识较模糊时, 利用系统状态变量来描述系统的行为特征较为困难或根本不可能建立起解析模型时, 我们可借助于图形来定量地描述系统的初步状态及其边界条件, 利用序列化的专题图来反映系统多尺度状态或不同条件下的形态特征、变化, 并在此基础上进行逻辑推理演算, 尤其进行图形运算(如空间拓扑叠加), 制定数据挖掘的规则、解释数据挖掘的结果, 理解其地学机理^[6]。因此, 对于变化机理还不十分了解的土地利用/土地覆被变化研究, 就可以从土地利用/土地覆被空间格局及其变化过程的表象出发, 通过对外部特征进行多尺度的图形运算, 即通过变化过程来研究土地利用/土地覆被变化及其环境因素之间的规律性的空间关系, 为土地利用/土地覆被变化的驱动力诊断与机理模型的构建提供依据。

在时空复合体模型中, 通常以时间作为模型的独立坐标, 地理事件或者地理过程的时间特性可用时间坐标进行描述。时间坐标是以线段或射线来表示的, 其中线段表示过去事件/过程, 线段的两 endpoint 作为事件的起点和终点(或者是采样时刻)。射线表示正在进行的事件/过程, 箭头代表进行的方向。端点用实心圆表示事件发生或结束的时间是已知的, 用

空心圆表示该时间是未知的。在起点上记录事件发生的初始状态或者开始研究这一事件/地理过程（即开始进行采样时）的初始状态以及其各种属性特征与空间特性，在其后各相继的点上，则记录不同采样时刻的状态及其属性特征与空间特性。

土地利用/土地覆被图谱模型见图 3 所示。在该模型中，起点为空心圆，表示在时间段 $T_0 \sim T_1$ 之间记录的土地利用类型起始的时刻是未知的。所有地理单元（土地单元）原有的空间·属性一体化状态（本文使用的是土地利用类型）都记录在起始采样时刻 T_0 ，在时间轴上后继的采样点上，记录着相应时刻的空间·属性一体化状态（即本文的土地利用类型）。从 T_0 开始，将最邻近的两个时刻的空间·属性一体化状态（即本文的土地利用类型）采用地图代数运算进行数据融合—通过操作地理单元来实现，得到新的信息单元，它同时记录着 $T_0 \sim T_1$ ， $T_1 \sim T_2$ ，……两个或者多个连续的时间段内的空间·属性一体化状态（也就是属性特征的时序变化态势），即各时间段内的空间·属性·过程一体化数据，按照这样的记录方式，我们很容易提取自己所研究的地理过程的变化方式及其空间分布状况。这就是我们所需要的图谱，即土地利用/土地覆被图谱。

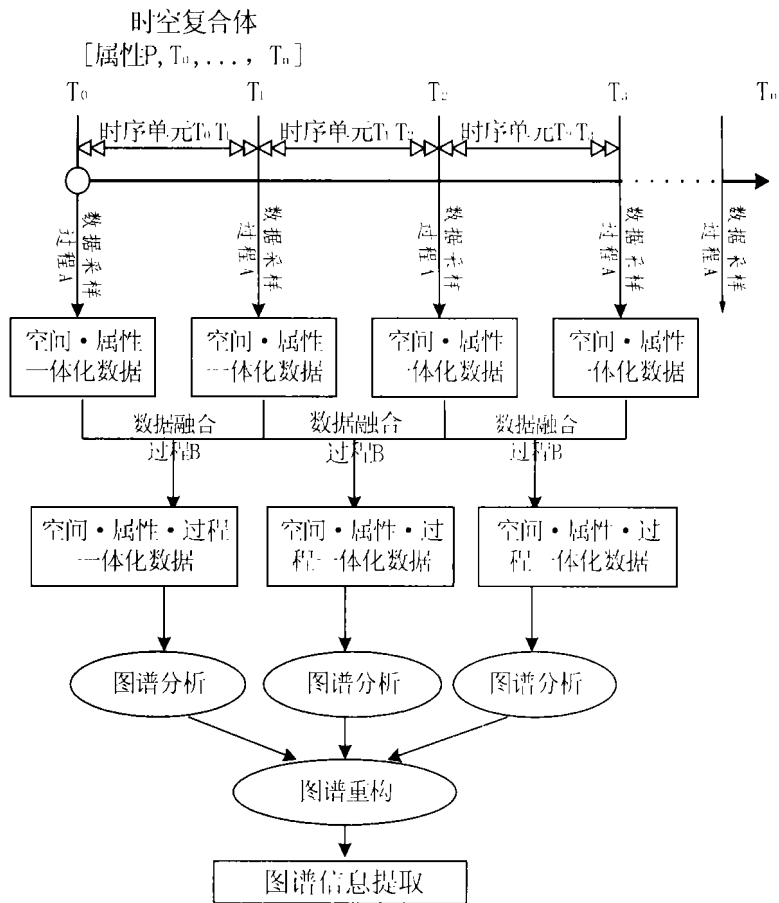


图 3 土地利用/土地覆被图谱模型

Fig. 3 Tupu model on land use/cover change

作者应用此模型,对黄河三角洲土地利用/土地覆被变化的时空复合变化进行了深入、细致的研究^[31],取得了很好的研究效果。利用 GR D 模块中的地图代数运算功能(即基于栅格单元的数据操作语言,它提供了大量基于空间定位的功能函数),实现单元信息的传递、转换、提取、分类、综合等操作^[32],适合于利用计算机对大量空间·属性·过程一体化数据的处理。同时,它还可以在一个属性表中同时添加多个特征属性,可以很方便地进行属性之间的运算与操作,这种多属性存储与操作,能够满足绝大部分科研任务的要求,很适合地学研究对象的多维与多元属性特征。

参考文献:

- [1] 李军 地球空间数据集成研究概况[J]. 地理科学进展, 2000, 19(3).
- [2] 陈述彭 地学信息图谱的探索研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国 地学信息图谱研究及其应用[J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337-343
- [4] 陈述彭 太湖东西洞庭山的景观制图实验[M]. 北京: 科学出版社, 1957.
- [5] 陈述彭 地学信息图谱雏议[J]. 地理研究, 1998(增刊): 5-9
- [6] 周成虎 李宝林 地球空间信息图谱初步探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊).
- [7] 承继成 资源环境信息图谱机理探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊): 17-22
- [8] 阎国年 等 地球空间信息图谱初步探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊): 23-32
- [9] 鲁学军 等 地理学认知内涵分析[J]. 地理学报, 1998, 53(2).
- [10] 岳天祥 资源与环境模型标准文档库及其与 GIS 集成研究[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 107-112
- [11] 齐清文 智能化制图综合在 GIS 环境下的实现方法研究[J]. 地理科学进展, 1998, 17(2).
- [12] 骆剑承 遥感影像智能图解及其地学认知问题探索[J]. 地理科学进展, 2000, 19(4).
- [13] 李军 庄大方 地理数据集成的理论基础与集成体系[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2).
- [14] 王劲峰 等 地理信息空间分析的理论体系探讨[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 92-103
- [15] 唐中实 区域生态环境分布式信息系统研究——方法和实例[A]. 见: 博士论文[C], 1996
- [16] 王晓栋, 崔伟宏 数字地球的时空维实现[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2).
- [17] 陈述彭 遥感地学分析的时空维[J]. 遥感学报, 1997, 1(3).
- [18] 党安荣, 王汶 资源信息系统基础图形信息库的研究[J]. 地理科学进展, 1997, 16(2).
- [19] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎 地球信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [20] 索恰瓦 地理系统导论[M]. 北京: 商务印书馆, 1991.
- [21] 郑度 关于综合地理区划若干问题的探讨[J]. 地理科学, 1999, 19(3): 193-197.
- [22] 马蔼乃 地理遥感信息模型[J]. 地理学报, 1996, 51(3): 267-271.
- [23] 蔡运龙 土地类型和自然区划研究与综合自然地理学[J]. 地理学与国土研究, 1991, 7(3): 46-51.
- [24] 苏时雨 地理单元划分与系列专题制图研究[M]. 地学信息图谱研究会议材料汇编, 2000
- [25] 唐文雅 自然地理区界的模糊性、可变性及其聚类判定[J]. 华中师范大学学报, 1987, 21(1): 110-116
- [26] 郑度, 杨勤业, 赵名茶 等 自然地域系统研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [27] 潘耀忠, 史培军 区域自然灾害系统基本单元研究——I: 理论部分[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(4): 1-9
- [28] 陈述彭 大比例尺景观制图方法及其实验[M]. 地学的探索(第一卷). 北京: 科学出版社, 1990
- [29] 黄秉维 中国气候区划与自然地理区划的回顾与展望[M]. 地理集刊 北京: 科学出版社, 1990
- [30] 叶庆华 黄河三角洲土地利用/土地覆被变化的时空复合研究[A]. 见: 博士论文[C], 2001
- [31] Zhang Tianyu, Ye Qinghua, Zhou Chenghu et al Tupu analysis on land use change in the Yellow River Delta and its possible structure by Markov prediction, Landscape Change and Human Activity, Lanzhou, The 2nd IALE Asia-Pacific Region Conference, China, Sept 22-25th, 2001.
- [32] Liu Gaohuan, Ye Qinghua The temporal-spatial pattern of land use change in the Yellow River Delta International Conference on Land Use/Cover Changes Dynamics, Beijing, China, August 26-30, 2001.

Research of TUPU on Land Use/ Land Cover Change Based on GIS

YE Q ing-hua¹, L U Gao-huan², LU Zhou², GONG Zheng-hui³, Marco⁴

(1. Institute of Remote Sensing Application, CAS, Beijing 100101 China;

2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101 China;

3. Environmental Monitoring Station at Gudao, Shengli Oil Field, Dongying 257236 China;

4. University of Trieste, Italy)

Abstract: Since 1990, scientists at home and abroad have been paying attention to researches on land use and land cover change (LUCC), but research is not enough on “space and process” on LUCC. Spatial relationship between variables has not yet been established. So it is important for us to research LUCC in various temporal-spatial scales.

The Geo-information Tupu is a kind of methodology that is brought up by academician Chen Shupeng, supported by such advanced technologies as Remote Sensing (RS), Geographical Information System (GIS), Internet Communication, Virtual Reality and Cartography by computer, etc. Tupu is combination of “carto” of spatial units and “graph” of the beginning and process of events. It can express spatial differences in temporal system and develop data mining methods in spatial differences. Tupu can also show its advantages to integrate various tempo-spatial multi-dimension features in geo-scientific analysis.

Based on the theories and methods on Geo-information Tupu, the thesis discusses spatial and process integration on land use/land cover change by ERDAS and ARC/INFO software.

According to theories on Geo-information, spatial geo-information cognition, systematic global sciences geographic integration, and tempo-spatial integration on fire models, the thesis puts forward land use/land cover models based on Tupu unit, which is integrated by “Spatial · Attribute · Process”, and composed by relatively homogeneous geographic unit and temporal unit. It is a piece of powerful tool in tempo-spatial analysis.

Key words: the Geo-information Tupu; Tupu unit; Tupu Model on Land Use Change; Tempo-spatial Integration