

20世纪90年代

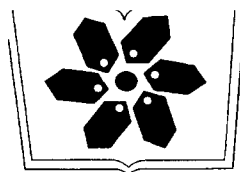
中国土地利用变化的 遥感时空信息研究

刘纪远 张增祥 李秀彬 等著
庄大方 张树文



科学出版社

www.sciencep.com



中国科学院科学出版基金资助出版

20世纪90年代

中国土地利用变化的 遥感时空信息研究

刘纪远 张增祥 李秀彬 等著
庄大方 张树文

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统阐述了构建全国资源环境遥感时空信息平台的理论、方法与技术框架,提炼了 20 世纪 90 年代我国土地利用时空过程的区域特征,深入揭示了我国土地利用变化的时空格局,分析了我国土地利用变化的驱动机制,进而揭示了我国区域尺度上土地利用变化规律及其主要驱动因子和控制因子的耦合规律。

本书兼顾科学性与易读性,是从事资源环境领域研究、土地利用变化研究乃至资源环境遥感应用研究的教学与科研人员的重要参考资料与工具。

图书在版编目(CIP)数据

20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究/刘纪远等著,—北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-014738-3

I. 20… II. 刘… III. ①土地利用—研究—中国②国土资源—环境遥感—研究 IV. ①F321.1②X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 003001 号

责任编辑:彭胜潮 王日臣 罗 吉 / 责任校对:陈丽珠

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 4 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2005 年 4 月第一次印刷 印张: 39 1/2 插页: 3

印数: 1—1 500 字数: 910 000

定价: 180.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

本书出版由下列项目资助：

中国科学院知识创新工程重大项目 KZCX1-Y-02：

国土环境遥感时空信息分析与数字地球相关理论技术预研究

国家自然科学基金重点项目 90202002：

中国西部土地利用现代过程的时空模式及形成演化机理

序 言

刘纪远教授等又一部专著问世,题为《20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究》。先睹为快,深感欣慰! 回顾全国范围土地利用的研究,可以追溯到 20 世纪 30 年代初,金陵大学教授卜甄所著的《中国土地利用》,那是通过邮件信函取样调查统计分析的结果。40 年代抗战期间,结合水库淹没损失调查,开始实地调查访问及填图。新中国建立初期,由于经济建设的需要,特别是铁路选线、大西北、东北地区和华北地区的综合考察、农业区划和土壤普查,全国范围的 1:100 万土地利用、土地资源和土地类型图相继出版,掀起全国土地利用研究的高潮。刘纪远教授的这部新著,依托多种卫星遥感信息源,建成 1:10 万比例尺的可更新的数据库,实现全数字化、计算机处理与制图,从而剖析全国范围土地利用近 10 年来的变化过程与地区差异,并探讨其驱动力,总结理论方法,提出趋势预测模型。它标志着我国土地利用研究与与时俱进,跨进了全新的一代;跻身于新世纪空间时代、信息社会土地覆盖与土地利用研究领域的国际先进行列。

这部专著综合了多项国家重大攻关任务的科学积累,不仅为读者提供了可以共享的信息资源,而且还闪烁着许多技术创新和知识发现的新亮点。例如全数字化、人机交互遥感信息的提取方法与精度分析;动态数据库(包括元数据库、现势数据库与历史数据库)的数据标准化与操作规范;影像数据库和专题数据库的质量控制标准;耕地系数静态抽样的空间统计模型,生态背景数据的空间叠加,人口密度数字模型与历史时期土地利用状况的模拟再现……使土地覆盖与土地利用时空变化的研究方法提升到定量化、信息化的新水平,使全国范围土地覆盖与土地利用及其变化的研究深度跨进了很大的一步。

在这部专著中,作者们详尽地介绍了他们设计的崭新研究平台。其中关于中巴地球资源卫星-01 星(CBERS-1)和陆地卫星改进型专题制图仪(Landsat-ETM+)等多源海量数据的图像处理方法和技术;基于栅格的结构专题数据模型;用于动态分析的时空复合

模型与地学信息图谱的方法与技术等,都是他们通过实验证明行之有效,而读者也并不难以掌握、易于操作的新技术,对于提高省、市、地区的土地覆盖与土地利用动态分析也是很有帮助的。

专著中有关区域分析的一些案例,发人深省!全国被划分为7个区域,因地制宜,分析它们主流模式的转换趋势。这对于农林牧副产业结构的战略调整,对于退耕还林还草政策的落实,都是很有现实意义的。把长江干流作为一个样带来进行梯度分析,剖析沿江城镇化引发的土地利用变化,这不仅是对当地经济建设具有参考价值,而且有可能对全球变化做出重大贡献。增加这条代表亚热带、相当于北纬 30° 的样带,将补充代表温带的北纬 40° 样带,更加深刻地反映高速现代化过程中人与自然的协调,并与IGBP策划中原有的沿海经度带和东经 107° 经度带一起,共同架构成“井”字形的格网,对于季风亚洲的研究,就会更加全面了。长江干流样带的建议,无疑是立足本国、放眼世界的壮举!

关于驱动力的分析,本专著提出了许多重要的、独到的见解,同时也揭示了不少有待进一步深入探讨的新问题,留给读者探索和思考。以城镇化对土地利用的影响为例,“各省耕地总量平衡作为第一原则”就不能一刀切。在城镇化较为滞后的地区是合理的、可行的;对于高速城镇化的东南沿海地区,则导致耕地质量的严重下降。又如城镇化对水域面积的减少,是不是直接的驱动力?是人为的过失还是自然历史演化的必然?当年围湖、围海造田,大面积开荒的破坏程度究竟有多大?都还需要从自然资源合理利用和社会经济可持续发展着眼,作更加深入细致的时空分析,不只是统计相关分析可以解决的问题。学而不思则罔,思而不学则殆。捧读这部专著,我们不仅可以得到许多有关全国土地覆盖与土地利用的新知,同时也会得到启迪,引发更多的质疑,举一反三,共同把我国土地覆盖与土地利用的时空研究推上科学的巅峰!

陈延彭

2003年国庆节

前 言

土地是人类赖以生存和发展的最基本的自然资源,是社会经济发展的基础。为了满足国家和各级政府对土地资源时空信息的迫切需求,“八五”期间,中国科学院根据温家宝副总理的指示,启动并完成了“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”项目,实现了全国范围的资源环境遥感调查并建立了相应的技术系统。

此后,国家科技部在“九五”期间设立了题为“国家级基本资源与环境遥感动态信息服务体系的建立”的科技攻关课题,由中国科学院资源环境科学与技术局主持,中国科学院、农业部、国家林业局、中国气象局、国家测绘局所属相关科研单位参加,依靠遥感和地理信息系统技术,在全国范围内建成了 20 世纪 90 年代中期 1:10 万比例尺土地利用数据库,并于 2000 年实现了全面更新。

中国科学院在国家“九五”攻关成果的基础上,又于 1999 年启动了知识创新工程重大项目“国土环境遥感时空信息分析与数字地球相关理论技术预研究”,由中国科学院资源环境研究领域的有关研究所参加,投入 100 余名科研人员,成功地利用遥感和地理信息系统技术建成了我国 20 世纪 80 年代末期至 90 年代末期的土地利用动态信息系统并开展了相应的研究。

经过上述一系列的努力,取得了以下重大进展:

——发展并实现了利用遥感技术建设时间-空间土地利用数据库的技术方法,建立了 20 世纪 80 年代末期、90 年代中期和 90 年代末期覆盖全国陆地的遥感卫星影像库和土地利用空间数据库,构成了我国国土资源遥感时空数据系列,为开展国家土地利用动态监测与科学研究奠定了技术和数据基础。

——依据全国土地利用遥感时空数据对我国 20 世纪 80 年代末期到 90 年代末期的土地利用变化过程进行了全面分析,揭示了我国 20 世纪 90 年代土地利用变化的时空规律,分析了这些规律形成的主要政策、经济和自然成因。

本书即是在此基础上完成的。它从全国资源环境遥感时空信息平台及其方法研究、20 世纪 90 年代全国土地利用时空过程的区域分析、20 世纪 90 年代全国土地利用时空过程的分类特征与驱动力分析、长江沿线土地利用变化现代过程研究等四个方面,全面、系统地总结了基于遥感和 GIS 技术开展全国土地利用时空数据库建设与更新的技术方法、工作流程及其效果评估,从空间上、时间序列上深入分析了我国 20 世纪 90 年代土地利用的空间特点和现代过程变化特点,以土地利用动态变化的格局和格局的变化等指导思想,对全国主要的土地利用类型进行了详细的分析、研究,并进一步探讨了 20 世纪 90 年代我国土地利用变化的驱动力。同时,以长江沿线为典型区,开展了上、中、下游不同区域的比较研究。

全书共四章。第一章由刘纪远主持撰写,其中第一节唐先明执笔,第二节和第五节张增祥执笔,第三节王劲峰执笔,第四节庄大方执笔,第六节刘明亮、唐先明执笔,第七节宋关福执笔,第八节岳天祥执笔,第九节刘旭华等执笔。第二章由张增祥主持撰写,其中第一节张增祥、王思远、张国平、刘明亮等执笔,第二节按照区域顺序由张树文、李颖、常丽萍、张养贞、邹亚荣、赵晓丽、吴世新、冯毓荪、周万村、李仁东、江南、谭文彬、王长有、刘斌、周全斌等执笔,第三节按照土地利用动态区划顺序由刘纪远、刘明亮、张树文、田光进、周万村、邓祥征、吴世新、冯毓荪、李仁东、谭文彬、王长有、赵晓丽、邹亚荣、刘斌等执笔,第四节由王劲峰等执笔,第五节由邓祥征、赵涛等执笔。第三章由张树文主持撰写,其中第一节张国平等执笔,第二节田光进等执笔,第三节和第四节张树文、张养贞、陈建军、李颖、常丽萍、陈静等执笔,第五节王一谋等执笔。第四章由李秀彬主持撰写,其中第一节和第五节李秀彬等执笔,第二节江南等执笔,第三节李仁东等执笔,第四节周万村等执笔。本书的研究方案与写作纲要由刘纪远主持完成,统稿工作由张增祥主持完成。

完成本书所基于的全国 1:10 万比例尺土地利用时空数据库规模庞大、内容丰富,难以完整地呈现给广大读者,我们主要针对土地利用的变化进行了研究。由于专业领域和写作能力的影响,可能会有错误或不足,欢迎批评指正。

目 录

序 言

前 言

第一章 全国资源环境遥感时空信息平台及其方法研究	(1)
第一节 地球资源卫星遥感时空数据库的构建	(1)
一、地理时空数据库的研究基础——地理时空数据模型	(1)
二、资源环境遥感时空数据库建库研究	(9)
三、空间数据库设计	(12)
第二节 土地利用遥感时空信息提取与野外验证和精度分析	(19)
一、土地利用遥感时空信息提取方法设计与实现	(20)
二、野外验证与判读标志的建立	(28)
三、数据信息提取的精度分析	(30)
四、全国土地利用时空信息提取精度	(34)
第三节 耕地系数静态抽样的空间统计模型研究	(35)
第四节 全国资源环境遥感时空信息平台的标准化与系统集成	(44)
一、时空动态数据库的数据标准和操作规范	(44)
二、国土环境时空数据库技术系统平台	(93)
三、国土环境时空数据库和元数据库的构建	(98)
四、国土环境时空专题数据集	(123)
第五节 陆地表层环境背景数据库的构建与集成	(125)
一、陆地表层生态环境背景数据库设计与建设	(126)
二、技术方法	(130)
三、全国生态环境背景的基本特点	(134)
第六节 时空数据融合技术与结构性栅格时空数据平台的实现	(137)
第七节 国土环境时空数据库技术研究	(145)
一、基于关系数据库的大型空间数据库技术研究	(145)
二、海量数据管理与多分辨率无缝影像数据库技术	(153)
三、时空信息分析技术	(157)
四、虚拟现实技术的研究与应用	(167)
五、时空信息会商与数据管理技术研究	(171)
第八节 资源环境时空信息分析模型研究	(193)
第九节 地球空间信息认知理论与地学信息图谱研究	(199)
一、地理空间认知	(199)

二、空间数据库挖掘与知识发现	(207)
三、地学信息图谱	(223)
参考文献	(236)
第二章 20 世纪 90 年代全国土地利用时空过程的区域特征与驱动力分析	(241)
第一节 全国土地利用动态的基本时空特征分析	(243)
一、土地利用面积变化的基本特点	(244)
二、土地利用类型变化的空间特点——收缩与扩张	(249)
三、主要土地利用类型变化及其主要趋势	(252)
四、20 世纪 90 年代前后两个五年土地利用变化的差异	(266)
五、全国土地利用变化程度特征	(268)
六、全国土地利用变化的主要特点和规律	(272)
第二节 全国分区土地利用十年动态特征	(274)
一、东北地区土地利用十年动态特征	(274)
二、华北地区土地利用十年动态特征	(279)
三、西北地区土地利用十年动态特征	(283)
四、西南地区十年土地利用动态特征	(291)
五、华中地区土地利用十年动态特征	(295)
六、华东地区土地利用十年动态特征	(301)
七、华南地区土地利用十年动态特征	(305)
第三节 20 世纪 90 年代中国 LUCC 的空间格局与主要控制因子和驱动力	(312)
一、20 世纪 90 年代中国 LUCC 的空间格局与主要驱动力	(312)
二、东北大小兴安岭林草-耕地转换区	(328)
三、东北东部林草-耕地转换区	(333)
四、东北平原旱地-水田交错转换区	(339)
五、黄淮海、长江三角洲耕地-城乡建设用地转换区	(344)
六、四川盆地耕地-城乡、工矿、居民用地转换区	(351)
七、华北、黄土高原农牧交错带草地-耕地转换区	(358)
八、西北农田开垦与撂荒交错区土地利用现代过程分析	(367)
九、华中水域变动、城镇扩张区	(376)
十、东南丘陵林地-耕地转换区	(383)
十一、东南沿海草地-人工林交错转换区	(390)
十二、东南沿海耕地-城镇转换区	(399)
十三、西南林-草及林、草-耕地转换区	(406)
十四、青藏稳定少动区	(412)
第四节 中国土地利用变化驱动力分区模型	(416)
一、驱动力分区的重要性	(416)

二、数据准备	(417)
三、建模工作	(418)
第五节 土地利用变化驱动力的定量分析	(429)
一、中国北方农牧交错带土地利用变化驱动力研究中的尺度效应问题	(429)
二、苏锡常地区城市化驱动力的模型分析	(437)
参考文献	(442)
第三章 20 世纪 90 年代全国土地利用时空过程的分类特征与驱动力分析	(446)
第一节 全国耕地的十年变化特征及其驱动力	(446)
一、2000 年中国耕地的空间分布	(447)
二、近十年中国耕地的面积变化规律	(448)
三、近十年中国耕地的时空变化	(451)
四、耕地变化驱动分析	(454)
第二节 全国城乡建设用地的十年动态变化特征及其驱动力	(460)
一、20 世纪 90 年代中国城乡建设用地动态变化	(461)
二、20 世纪 90 年代中国城镇用地时空动态变化特征	(462)
三、20 世纪 90 年代中国农村居民点用地时空特征	(469)
四、20 世纪 90 年代中国城乡建设用地动态变化驱动力分析	(474)
第三节 全国林业用地的十年动态变化特征及其驱动力	(475)
一、林地变化的空间格局与动态特征	(475)
二、林地动态变化的驱动力分析	(483)
第四节 中国沼泽湿地十年动态变化特征及其驱动力分析	(485)
一、中国沼泽湿地的形成与分布概述	(485)
二、中国沼泽分布的时空特征	(489)
三、沼泽的动态变化与时空格局	(491)
四、东北地区沼泽湿地动态变化及其生态效应分析	(498)
五、沼泽湿地动态变化驱动因子分析	(503)
第五节 西北干旱半干旱地区沙漠化土地十年动态变化特征及其驱动力	(506)
一、研究方法	(507)
二、沙漠化土地评价指标体系	(507)
三、沙漠、沙地现状及土地沙漠化发展趋势	(508)
四、不同自然区土地沙漠化发展特征	(510)
五、不同省区土地沙漠化特征及防治对策	(511)
参考文献	(513)
第四章 长江沿线土地利用变化现代过程研究	(515)
第一节 长江沿线样带土地利用变化现代过程及其驱动力研究	(515)
一、LUCC 样带研究的意义	(515)

二、长江沿线样带的土地利用格局及其影响因素	(519)
三、20 世纪 90 年代长江沿线样带土地利用变化特征	(529)
四、20 世纪 90 年代长江沿线样带土地利用变化驱动力分析	(535)
五、典型区土地利用变化及其驱动力的对比分析	(546)
六、长江沿线样带土地利用变化的趋势分析	(561)
第二节 长江三角洲地区土地利用变化现代化过程及其驱动力分析	(565)
一、区域概况	(565)
二、近 15 年长江三角洲地区土地利用变化现代化过程分析	(566)
三、长江三角洲地区土地利用变化驱动力分析	(571)
第三节 江汉平原地区土地利用变化现代过程及其驱动力研究	(574)
一、区域概况	(574)
二、土地利用变化过程分析	(576)
三、土地利用变化的驱动因素分析	(580)
第四节 三峡库区十五年间土地利用动态变化过程及其驱动力分析	(582)
一、区域概况	(582)
二、库区十余年来土地覆被和土地利用变化	(585)
三、库区土地利用和土地覆被变化的驱动力分析	(595)
第五节 长江上游典型地区土地利用变化现代过程及其驱动力研究	(598)
一、区域概况	(598)
二、梭磨河流域土地利用/土地覆被的变化	(600)
三、土地利用/土地覆被变化的驱动力分析	(601)
四、土地覆被结构的稳定性及前景预测	(609)
参考文献	(610)

第一章 全国资源环境遥感时空信息平台及其方法研究

第一节 地球资源卫星遥感时空数据库的构建

近年来,随着我国经济的快速发展,国家对于资源环境信息的需求更广泛、更迫切。为了保证国家资源与环境的可持续发展,准确及时地掌握耕地变化、城市化、气候变化、沙漠化和土地退化等环境变化状况,指导人们正确开发利用自然资源、保护生态环境,我们必须向国家决策部门和不同层次、不同部门的信息用户和公众提供急需的及时、可靠的资源环境信息服务。因此,以遥感和地理信息系统为核心技术手段,建立地球资源环境综合时空数据库,为国土资源环境的现代过程的发展与演化提供依据,具有十分重要的意义。同时,研究地球资源遥感时空数据库,对构建地理科学全数字时空研究平台,对推动地理信息系统向更高阶段的发展及我国的数字地球建设,都具有重要的意义。

目前,全球可持续发展战略的实施和空间技术的迅猛发展,为地理信息系统(GIS)的发展带来前所未有的发展机遇,同时也使 GIS 遇到了更大的挑战。随着航天遥感技术的发展,更高分辨率的遥感卫星的投入使用,每天向地面传回大量、实时的遥感数据;计算机技术的日新月异、互联网的迅速普及和宽带网的投入使用,使信息传输、信息共享成为可能。在这海量的、实时的多源空间数据的海洋中,如何迅速有效地组织、存储、管理和应用多源时空数据,是构建地球资源遥感时空数据库期待解决的重大问题,也是 GIS 技术由静态向动态转化的关键技术问题。

一、地理时空数据库的研究基础——地理时空数据模型

1. 地理信息的时空特性

地理信息(Geographic Information)是关于地球表面附近地理特征和现象的信息表述。因此,地理信息的基本属性包括空间属性、时间属性、统计属性,即 $\langle S, T, U \rangle$ 的统一。其中 S 为空间属性,为某一地理特征发生的空间位置,由 $\langle x, y, z \rangle$ 表示; T 为其发生的时间过程; U 为对其进行的描述文字。

地理信息的时间和空间是不可分割的。这对于 GIS 时空数据模型的发展有重要指导意义。现在的时空数据模型大多建立在牛顿的静态时空观上,时间和空间相互分离,这导致 GIS 不具备时空动态分析的能力,不利于 GIS 以后的发展。针对这种情况,目前 GIS 学界正致力于时空一体化数据模型研究,以改变时空分离的现象。

2. 时空数据模型

GIS 时空数据模型主要是表达空间目标的几何信息、属性信息和时态信息,同时表达空间目标的拓扑关系和事件的时态关系,在时间、空间和属性语义方面更加完整地模拟客观地理世界。对于时空拓扑关系的概念,在 ISO/TC 211 发布的两个版本以及 OGC 发布的开发 GIS 规范里均有涉及,但都没有给出详细的定义或形式化的描述。一般理解为:时空拓扑是表示空间拓扑关系及其随时间变化而形成的新的拓扑关系。目前常见的时空数据模型有两种,即基于矢量的时空数据模型和基于栅格的时空数据模型。它们是基于传统的矢量数据模型和栅格数据模型而派生出来的。

矢量型时空数据模型建立在矢量数据模型基础上的,代表性的数据模型有 STC (Langran and Chrisman, 1988) 和 STO (Worboys)。STC 模型认为空间和时间上相同的内容属于一个 STC,所有属性的变化都用离散时间记录,它可在空间(属性)的最大相同部分中表示时间性,但不能表示物体的空间变化和运动。STO 模型认为世界是由一个时空原子(Spatio-Temporal Atom)所组成,时空原子为时间空间和属性相同的均质实体,在该模型中时间维和空间维是垂直的,它可表示实体在空间和属性上的变化,但不能涉及渐变实体。图 1.1.1 为这两种模型的示例,可以看出:STC 模型在每一次变化中均须重新建立拓扑关系,当变化很多时,这使得拓扑关系的建立变得非常复杂,最终多边形和弧段太多。STO 模型则需建立当时的拓扑结构,弧段和多边形采用连接表的形式表示,如弧段 1 在 T_2 变为 4、8 时表示为 1、4、8。

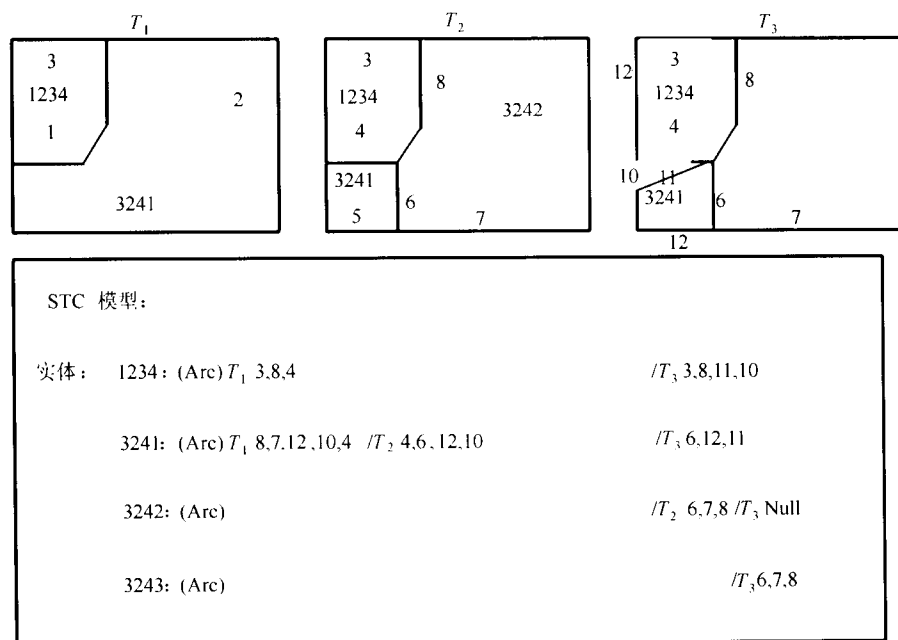


图 1.1.1 STC 和 STO 模型示例

栅格数据模型是建立在栅格数据基础上的,典型的模型如基于事件的时空模型 ESTDM(Peuquet and Duan,1995)和 Oogeomorph(Raper and Livingstone,1995)等。ESTDM 对栅格数据加上时间戳来表示,用一个头文件来存储栅格数据的专题信息与指向基础栅格数据的指针和指向起始时间和结束时间列表的指针,用一个时间序列表示某一区域的空间动态信息。Oogeomorph 则采用面向对象的思想建模,根据对象以及变化的特点来建立栅格模型。

3. 地理时空数据模型

时态 GIS 的组织核心是时空数据库,时空数据模型则是时空数据库的基础。因此,一个新的地理信息系统的诞生总是从数据模型和数据结构的研究开始的。GIS 数据模型的研究从最初强调空间信息的表达(计算机自动制图及 CAM 年代)到注重空间和属性信息的表达(现在使用的大部分地理信息软件所采用的方式,如 Arc/Info, MGE),最后发展到关注时间维的 TGIS 和面向对象的一体化 GIS 概念的提出,这构成了 GIS 的发展轨迹。但由于空间、属性、时态三者之间的关系和结构组织非常复杂,理想的时空数据库和时态 GIS 系统目前还未出现。目前研究比较有影响的时空数据模型有以下几种。

1) 时空立方体模型

时空立方体模型采用二维图形沿时间第三维发展变化的过程表达现实世界平面位置随时间的演变;给定一个时间位置值,就可以从三维立方体中获得相应截面的状态,也可扩展表达三维空间沿时间变化的过程。缺点是随着数据量的增大,对立方体的操作会变得越来越复杂,以至于最终变的无法处理。

2) 时间快照模型

时间快照模型在数据库中仅记录当前数据状态,数据更新后,旧数据变化值不再保留,即“忘记”过去的状态(图 1.1.2)。连续的时间快照模型是将一系列时间片段快照保存起来,以反映整个空间特征的状态。由于快照将对未发生变化的所有特征重复进行存储,会产生大量的数据冗余,事件变化频繁数据量较大时,系统效率急剧下降。

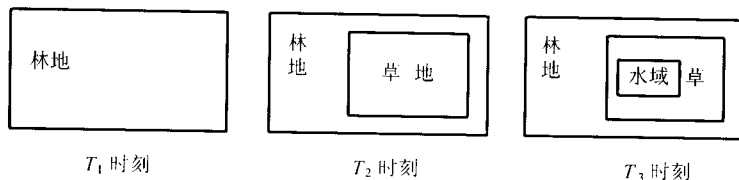


图 1.1.2 时间快照模型示意图

3) 基态修正模型

为避免连续快照模型将未发生变化部分的特征重复记录,基态修正模型按事先设定的时间间隔采样,只存储某个时间的数据状态(称基态)和相对于基态的变化量(图 1.1.3)。基态修正模型对每个对象只存储一次,每变化一次,仅有很少量的数据需要

记录。但基态修正模型较难处理给定时刻的时空对象间的关系,当整个地理区域作为研究对象时,该模型处理方法难度较大、效率低,管理索引变化很困难。

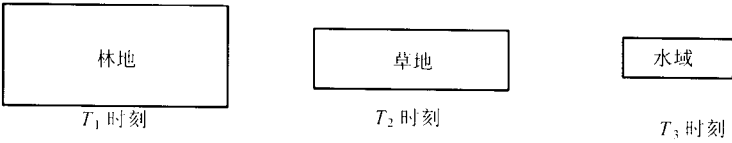


图 1.1.3 基态修正模型示意图

4) 时空复合模型

时空复合模型将空间分割成具有相同时空过程的最大公共时空单元,每次时空对象的变化都将在整个空间内产生一个新的对象,对象把在整个空间内的变化部分作为它的空间属性,变化部分的历史作为它的时态属性。时空单元中的时空过程可用关系表来表示,若时空单元分裂时,用新增的元组来反映新增的时空单元,时空过程每变化一次,采用在关系表中新增一列的时间段来表达,从而达到静态的属性表达动态的时空变化过程的目的。该模型的缺陷是在数据库中对象标识符修改比较复杂,涉及关系链层次较多,必须对标识符逐一进行回退修改(图 1.1.4)。

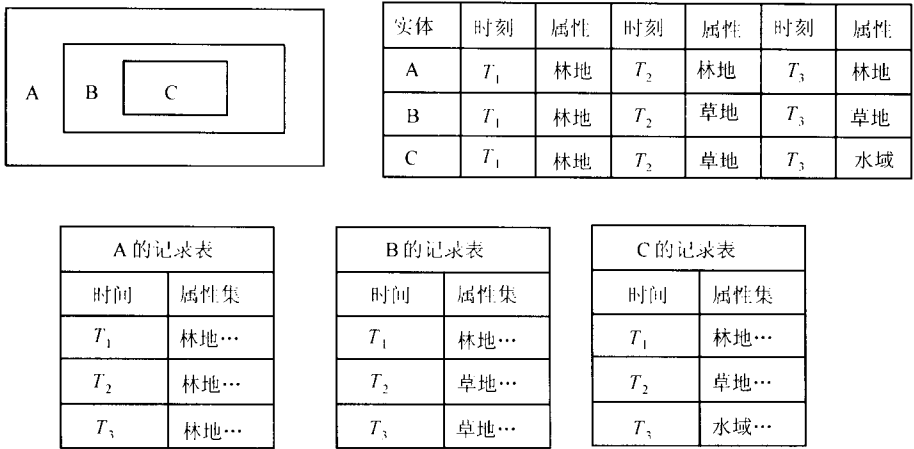


图 1.1.4 时空复合模型示意图

对一个时空数据模型的评价,主要有以下五种评定标准:完整性、坚强性、多面性、有效性和综合性。完整性是指模型是否能够反映研究对象的所有特性,如时空数据模型是对世界本质特征及其发展规律的客观抽象,不仅包括静态空间数据模型的全部内容,同时还要反映地理事物发生发展的规律;坚强性指时空数据模型能够适应各种特殊的情况,包括空间与时空中的特殊情况,因而时空数据模型生命力的强弱在于它能否适应原型事物不断变化发展的需要;多面性指时空数据模型能否反映原型事物各方面的本质特征,如对

GIS 数据模型来说,其时空数据模型应能够满足多方面的地学应用需求,如地质、地理、环境、资源等方面发展的要求,这要求时空数据模型对客观复杂事物的模拟与表达应系统、全面、科学,同时具有“普适性”;有效性指系统通过时空数据模型对原型系统仿真的有效性;综合性是指时空数据模型总体表达事物的灵活性和可变性,即从一个模型到另一个数据模型转换的难易程度以及对新生事物表达的可扩充性。因此,对一个时空数据模型的评价,能很好地满足上述模型评价要求,将是一个比较理想的时空数据模型,但以目前时空数据模型研究进展,还没有出现一个真正意义满足上述要求的时空数据模型。目前,“面向对象”技术的发展,使我们能够从事物本质特征来考虑其发展规律,从而实现其数学模型的表达,这为时空数据建模带来了新的希望。

4. 面向对象(基于地理实体)的时空建模

“面向对象”是目前计算机领域广泛使用的术语,也是目前计算机领域的一项革命性成果。早在 1966 年美国俄亥俄大学的 O. Dahl 和 K. Nygaard 就设计了第一种面向对象的编程语言:Simula。目前该技术在信息相关领域得到广泛使用。面向对象的数据模型是以面向对象概念为基础,支持复杂对象表示与操作的高层次抽象模型。它涉及到分类(classification)、概括(generalization)、聚集(aggregation)、联合(association)四个抽象概念和继承(inheritance)、传播(propagation)两个语义工具。面向对象的核心是对象抽象及其操作。

对象的典型特征有:具有一个状态,由其相关联的属性集合所决定;有惟一标识,以区别于其他对象;对象的操作包括他操作和自操作;有一组操作,每一操作反映对象的一种行为;对象的状态只能被自身改变;对象间可以互相通信;可处理非定长记录;对象有遗传、变异、多态的特性。

对象类通过概括可形成超类,被概括的类则为子类,子类可继承超类的所有行为及属性。反复对研究实体进行概括和聚集,可形成对象的层次结构。面向对象的技术是当今信息技术领域流行的模型和系统构造方法,其最基本的一个优点是打破了关系模型范式的限制,直接支持对象的嵌套和变长记录(Gong, 1992),具有无比的生命力。

1) 面向对象的 GIS 模型的数据抽象和计算语义

在面向对象的空间数据模型中,GIS 空间要素可被抽象为几何对象模型、地理对象模型、地图表示对象模型、图形计算对象模型。运用面向对象的技术对这些模型进行定义,并对其数据抽象和对象语义进行对象和类的空间计算。

(1) 几何对象模型。几何对象模型抽取 GIS 空间要素的几何特性,这些几何对象描述了地物的形状、空间位置关系、空间拓扑关系以及几何度量信息,几何对象封装了所有空间操作。几何对象按类分为节点、弧段和多边形。

(2) 地理对象模型。地理对象用于定义和解释几何特性,同一个几何对象可以赋予不同的属性,也可将同一个几何对象解释成不同的地物,地理对象可分为:点状地物、线状地物、面状地物、复杂地物和面条地物,地理对象的空间关系由组成它们的几何对象推导。

(3) 地图表示对象模型。地图表示可分为物理表示结构和逻辑表示结构两类,物理