

文章编号: 1000-050X(2000)03-0189-195

多维动态 GIS 的空间数据建模、处理与分析^{*}

陈 军¹ 蒋 捷²

(1 国家基础地理信息中心, 北京市紫竹院百胜村 1 号, 100044)

(2 中国矿业大学北京校区, 北京市学院路丁 11 号, 100083)

摘 要 首先分析了在多维空间模型与建模、动态处理与数据集成管理、时空分析与可视化等方面存在的问题和关键技术, 然后介绍了国际学术界近几年来的研究动态, 继而介绍在国家自然科学基金支持下我国学者在此领域的研究进展, 并重点介绍国家自然科学基金跨学部重点项目“多维动态空间数据处理若干关键技术问题”的目标和任务。

关键词 多维数据模型; 动态 GIS; 空间数据处理

分类号 P208 **文献标识码** A

1 研究背景

近年来, 随着空间对地观测技术的发展和集成, 三维地理空间信息获取与更新的能力有了飞速的进步, 海洋、环境等地学应用领域已逐步形成多维空间信息源(陈述彭, 1997; 李德仁, 1997; Wright, et al, 1997)。与此同时, 空间数据库更新的技术方法和生产流程不断发展, 一些城市、矿山 GIS 部门开始更新原有空间数据库的二维(x, y)数据和扩充第三维(z)数据, 并逐步积累成能反映地理空间要素时空分布的多维(x, y, z, t)数据源。此外, 随着数字地球概念的普及和空间数据基础设施建设的深入, 人们迫切需要在具有多分辨率数字表达的三维地球上集成、管理与地球有关的海量空间数据及相关信息, 使其成为人们认识、改造和保护地球的重要信息源(Gore, 1998)。

如何对这些多维空间数据进行有效的集成管理、动态处理和时空分析, 已成为国内外学术界和应用部门面临的一大难题(Mason, et al, 1994; Wright, et al, 1997)。其原因是: ①目前各类商业化 GIS 所采用的二维空间数据模型及相应的数据建模方法只适于表达二维、静态空间现象(或实体), 既难以表达三维空间现象(或实体)及其时空变化(陈军, 1995), 也不能支持基于互联网的异地、异构、异质多维空间数据的互操作(Interoper-

ability)(Craglia, 1996)。②由于数据维数的增加, 多维空间拓扑关系的建立、维护及数据存取等远比二维复杂得多, 对传统二维空间数据处理方法进行简单的扩展, 已难以满足多维空间数据处理的要求(Gold, 1997)。如将二维 Morton 码加以简单扩展, 已不能适应三维空间数据排序和高效存取的需要(Lee, 1997)。③多维空间数据对内插方法、可视化表达、人机交互等也提出了新的、更高的要求(Wright, et al, 1997; Lin, et al, 1996)。

2 国际研究动向

近年来, 国际学术界对多维动态空间数据处理的研究方兴未艾。在计算机数据库、GIS、地理、测绘及其他相关专业领域的主要国际学术会议和国际刊物上, 经常可见到这方面的研究论文或工作报告(Salge, 1996; 李德仁等, 1997)。

国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)在此方面较为活跃, 其有多个工作组从事和组织与之相关的学术交流, 包括 GIS 理论与空间数据库工作组(GIS Fundamentals and Spatial Databases, Inter-Comm. WG IV/ III 1)、影像分析与 GIS 集成工作组(Integration of Image Analysis and GIS, Inter-Comm. WG IV/ III 2)、集成化 GIS 的软件与模型工作组(Software and Modelling Aspects of Integrated GIS 工作组, WG II/ 2)、数据库设计与空

收稿日期: 1999-12-22.

*国家自然科学基金资助项目, 编号 69833010.

间数据存取工作组(Database Design and Spatial Data Access, WG IV/1)、时空数据库与地形数据库更新工作组(Temporal Aspects and Topographic Database Maintenance, WG IV/3)等。国际地理联合会(IGU)下设的地理信息科学研究组(Study Group on Geographical Information Sciences)也开展了这方面的研究工作。

1994年以来,国际学术界多次举行专题学术讨论会,包括:①1994年在荷兰召开的“Advanced Geographic Data Modeling-spatial Data Modeling and Query Languages for 2D and 3D Application”(由Moleannar与Hoop组织);②1995年10月在中国武汉举行的“Towards 3D, Temporal and Dynamic Spatial Data Modeling and Analysis”的国际会议(由陈军组织);③1996年在荷兰Delft举行的“Advances in GIS Research-7th International Symposium on Spatial Data Handling”(由Cowen等组织);④1997年8月由ISPRS的5个工作组和IGU在香港联合举行的第一届“Dynamic and Multi-dimensional GIS”学术讨论会(Y. C. Lee等组织);⑤1999年9月30日至10月2日在日本东京召开的“International Workshop on Urban 3D/Multi-media Mapping”(由R. Shibasaki, D. R. Li, Z. SHI组织);⑥1999年10月4~6日由ISPRS的6个工作组与IGU在北京联合举行的第二届“Dynamic and Multi-dimensional GIS”(DMGIS'99)国际学术讨论会(由陈军、周启鸣、李志林组织)。其中在北京召开的DMGIS'99收到论文72篇,来自德国、意大利、荷兰、日本、美国、马来西亚、捷克等15个国家和地区的160余名专家和代表前来赴会。与会代表就如何对多维空间数据有效地进行集成管理、动态处理、时空分析和可视化表达等目前国内外GIS学术界的前沿内容与应用部门亟待解决的问题展开了深入的讨论。ISPRS第四委员会主席Dieter Fritsch教授等认为,近年来,中国GIS理论与应用研究达到了较高水平,将逐步成为国际GIS的研究中心之一。

与之相关的国际学术讨论会有:①1997年9月在以色列Haifa召开的“Theoretical and Practical Aspects of Surface Reconstruction and 3D Object Extraction”;②1997年9月在德国Stuttgart举行的“3D Reconstruction and Modeling of Topographic Objects”;③1998年5月在德国Bonn召开的“Multimedia in Geoinformation-visual Reality”;④1997年6月在日本东京召开的“Int.

Workshop on Urban Multi-media/3D Mapping”;⑤1998年9月在德国Stuttgart召开的“ISPRS Com. IV Symposium on GIS-between Visions and Applications”;⑥1999年4月在法国巴黎召开的“3D Geospatial Data Production: Meeting Application Requirements”;⑦1999年5月在法国里昂召开的“TeleGeo'99: First International Workshop on Telegeoprocessing”等。

从总的情况来看, GIS从静态、二维向动态、多维发展已是必然趋势,并在很多方面获得了巨大的成功,但仍面临着许多需要进一步深入研究的问题。目前的研究热点包括三维空间数据模型(Fritsch, 1996)、时空数据模型(Claramount, 1995; Peuquet, et al, 1996)、空间数据动态处理方法(Gold, 1997; 陈军等, 1997)、异构地理数据的集成管理与互操作(Dieberger, 1995; Craglia, 1996)、多维索引与查询(Lee, 1997; Zaslavsky, 1997)、多维数据可视化(Shepherd, 1995; Lin, et al, 1996)、多维空间数据内插与分析(Gold, 1994; Shibasaki et al, 1996)、海量数据组织与数据更新、影像数据管理及信息提取等(Trinder, 1999)。

3 近年来我国学者在该领域的研究进展

我国政府对GIS发展十分重视,目前正大力推动GIS基础软件平台的国产化和重点行业与领域GIS应用的业务化工作。国家自然科学基金近年来对GIS基础理论研究进行了大力支持。我国学者在国家自然科学基金的支持下,在此领域取得了一定的研究进展,主要包括以下几个方面:

1) 多维空间数据模型

在三维空间数据建模研究中,利用流形拓扑学对三维空间实体和空间拓扑关系进行了形式化描述,并提出了一种顾及维数的三维空间拓扑关系描述框架(郭薇等, 1996, 1997a, 1997b; 陈军等, 1998a, 1998b);研究了3D“五组拓扑关系”模型和基于五组拓扑关系的数据结构(李青元, 1996, 1999);探讨了用激光扫描数据建立2.5D和3D实体的建模方法(李清泉, 1999)。

在时空数据模型研究中,给出了时态对象结构的形式化定义和时态拓扑关系点集拓扑理论描述及逻辑谓词描述,并设计了面向对象的时空数据模型(舒红等, 1997a, 1997b, 1998);提出9类抽象时空数据类型(舒红等, 1999a);探讨了连续时

间变化的空间实体建模理论(舒红等, 1999b); 提出了顾及及时态地块的时空复合模型(陈军等, 1995; 乐燕芬等, 1997)。

针对矢量、栅格数据的集成问题, 提出了基于八叉树和四面体格网的混合数据结构(李德仁等, 1997; 龚建雅等, 1997)及四层矢量化八叉树层次结构(肖乐斌等, 1999); 研究了从 3D 栅格数据到八叉树的数表逼近转换算法(曹彤等, 1999)。

2) 空间数据动态处理

提出了易于操作的 V9I 空间关系描述与表达模型(李成名等, 1997; 陈军等, 1997); 利用该 V9I 模型进行了拓扑空间关系、方向关系、广义侧向邻近关系等的描述研究(陈军等, 1998; 赵仁亮等, 1998); 针对 Voronoi 图矢量生成方法存在的问题, 提出了一种基于动态距离变换算法的 Voronoi 图栅格生成方法, 对其中扩张结构元的动态选择、精度分析、数据结构等问题进行了研究(李成名等, 1999); 通过定义立即邻近、侧向邻近和穿越邻近, 提出了一种蕴含最近邻近关系的 Voronoi E-C-R 模型(陈军等, 1997); 提出了顾及障碍物的 Voronoi 生成方法(李武龙等, 1998); 研究了对二维任意点集的 Delaunay 三角网划分(闵卫东等, 1996)。

3) 多维空间数据时空分析与可视化

研究了三维复杂模型实时动态显示方法(桂涛等, 1996)和基于光场模型的三维复杂环境的实时漫游(桂涛等, 1997)、频域体绘制算法(邓俊辉等, 1996)、三维复杂模型的连续多分辨率绘制法(李捷等, 1997); 在三维房屋重建与城市景观可视化方面取得了可喜进展(朱英浩等, 1998); 针对城市道路可视化问题, 提出了利用 TIN 剖分进行立交桥面表达的方法(孙敏等, 1999), 并探讨了三维可视化环境中的道路交叉模式的设计(张海燕, 1999); 研究了煤矿三维实体描述表达的数据结构(杜培军, 1999)、3D 可视化 GIS 集成数据库(integrated database)设计原理和信息提取策略(李德仁, 1999)。

4) 空间数据组织与查询

对关系数据库与面向对象数据库的集成、数据库系统与 WWW 的集成等进行了研究(车敦仁等, 1996a, 1996b; 赵洪彪等, 1997, 1997a, 1997b); 对基于事件的时空数据建模方法进行了研究(蒋捷等, 1999); 对面向对象的 GIS 空间数据组织与查询进行了讨论(龚健雅, 1993; 黄波, 1996); 提炼出了反映父子地块间关系的时空约束条件并设计了相应的时空查询算法(常征等,

1997), 对 Web GIS 进行了研究(李斌等, 1997); 提出了处理海量影像数据的分布式方法(张勇等, 1999)。

此外, 其他一些学者也对空间数据模型进行了研究(肖伟器等, 1994; 崔伟宏, 1995; 陈宜金, 1997; 李霖, 1997)。

4 今后的发展方向与研究任务

虽然人们在上述方面已取得了一些可喜的研究进展或成果, 但从整体上仍处于初步探索阶段。对多维动态空间数据处理的研究较为单一或分散, 大多停留在三维(x, y, z)数据模型研究、二维空间实体及变化(x, y, t)的时空建模等单项研究方面。对多维空间数据模型的建立、动态处理和时空分析等方面的一些关键理论和技术方法还缺乏系统深入的研究, 难以解决或回答环境、海洋、城市、矿山等应用领域多维空间数据处理提出的问题, 也不能给新一代多维 GIS 基础软件平台的发展提供理论指导或支持。

针对上述情况, 国家基础地理信息中心、清华大学计算机科学与技术系、武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室联合承担了国家自然科学基金资助的跨学部重点项目“多维动态 GIS 空间数据处理关键技术研究”(执行时间为 1999~2002 年)。

该项目的主要目标是研究多维空间数据模型与建模方法、动态处理与集成管理、时空分析与可视化的基本理论和关键技术, 以深化对三维空间实体及其时空变化的四维数据建模(4D data modeling)的认识。拟解决的关键问题包括顾及时空语义的多维空间数据模型与建模方法、多维空间数据动态处理与集成方法、多维数据的时空分析与可视化等。主要研究内容为:

1) 多维空间数据模型与建模方法: 用以表达三维空间实体及其时空变化的四维时空对象的定义、表达、数据组织(specification and organization of 4D spatio-temporal objects); 多维查询表达、数据排序与检索算法及数据结构(multi-dimensional range search and query); 顾及时空语义的多维空间数据模型与逻辑建模方法(conceptual and logical multi-dimensional data modeling based on spatio-temporal relations)等。

2) 多维空间数据动态处理与集成方法: 三维实体间时空拓扑关系的动态生成与存取的算法及数据结构(dynamic generation and access of spatio-

temporal relations between 3D objects); 基于 Web 的异构多维空间数据的分布式数据管理与空间数据互操作及分布式处理的方法 (web-based management of distributed and heterogeneous multi-dimensional spatial databases and interoperability and object processing) 等。

3) 多维空间数据的时空分析与可视化: 多维数据的时空统计与内插分析 (spatio-temporal statistics and interpolation of multi-dimensional data); 时空数据的实时动态显示方法 (4D spatio-temporal information visualization)。

5 结 语

多维动态数据模型是数字地球基础研究方面的一个核心问题, 关系到如何全面、详尽地描述与表达人们居住的三维星球、区域、国家, 并在其中嵌入动态的经济、政治、军事、科技、人文乃至历史信息, 以便于人类更深入、更系统、更全面地了解, 并便于科学、有效地保护我们的生存环境。开展这方面的研究将有助于提高我国多维空间数据处理的理论水平, 为发展具有自主知识产权的国产多维动态 GIS 基础软件平台提供理论储备, 并为改进现有的各种 GIS 系统功能提供理论指导。

参 考 文 献

- 1 Cao T, Peng W L. Efficient Encoding Conversion Technique for Modeling 3D GIS Using Linear Octree. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 83 ~ 86
- 2 常 征, 陈 军. 顾及地块时空特点的地籍数据组织及查询. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 216 ~ 221
- 3 车敦仁, 周立柱. OODB 的模式演进. 计算机工程与应用, 1996a, 1: 7 ~ 10
- 4 车敦仁, 周立柱. 关系数据库与面向对象数据库的集成. 软件学报, 1996b, 7(11): 669 ~ 675
- 5 陈 军. GIS 空间数据模型的基本问题与学术前沿. 地理学报, 1995, 50(增刊): 24 ~ 33
- 6 陈 军, 陈尚超, 唐治锋. 用非第一范式关系表达 GIS 时态空间数据. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(1): 12 ~ 17
- 7 陈 军, 崔秉良. 用 Voronoi 方法为 MapInfo 扩展拓扑功能. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 195 ~ 200
- 8 陈 军, 郭 薇. 基于剖分的三维拓扑 ER 模型研究. 测绘学报, 1998a, 27(4): 308 ~ 317
- 9 陈 军, 郭 薇. 三维空间实体间拓扑关系的矩阵描述. 武汉测绘科技大学学报, 1998b, 23(4): 359 ~ 363
- 10 Chen J, Li C M, Li Z L, et al. Describing Spatial Relations with Voronoi-based 9-intersection Model. ISPRS Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Germany: Stuttgart, 1998, 32: 99 ~ 104
- 11 陈述彭. 遥感地学分析的时空维. 遥感学报, 1997, 1(3): 161 ~ 171
- 12 陈宜金. 顾及偏序关系的矿山测量信息数据建模. [学位论文]. 北京: 中国矿业大学, 1997
- 13 Claramount C, Theriault M. Managing Time in GIS: An Event-oriented Approach. In: Clifford, Tuzhili, eds. Recent Advances in Temporal Databases. New York: Springer, 1995
- 14 Craglia M. Building Networks of European Researchers: GIS Data on the Internet, Environment and Planning. Planning and Design, 1996, 23(4): 489 ~ 500
- 15 崔伟宏. 空间数据结构研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1995
- 16 邓俊辉, 周嘉玉, 唐泽圣. 基于物质分类的频域体绘制算法. 计算机学报, 1996, 19(8): 576 ~ 586
- 17 Dieberger A. Providing Spatial Navigation for the World Wide Web. COSIT' 95, 1995, 93 ~ 106
- 18 Du P J, Guo D Z, Sheng Y H. Data Structures and Visualization in 3D-GIS Taking into Account the Properties and Applications in Mines. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 281 ~ 284
- 19 Fritsch D. 3D GIS: status and Prospects. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, 1996, 29(B3): 215 ~ 221
- 20 Gold C M, Roos T. Surface Modelling with Guaranteed Consistency — an object-based Approach. In: Roos T, Schek T, Widmayer H J eds. Proceedings of IGIS 4: Geographic Information Systems. Berlin: Springer-Verlag, 1994, 884: 70 ~ 87
- 21 Gold C M. Simple Topology Generation from Scanned Maps. Proceeding of the ACSM/ ASPRS-Auto-Carto 13th ACSM/ ASPRS. Washington: Seattle, 1997, 5: 337 ~ 346
- 22 龚健雅. 整体 SIS 的数据组织与处理方法. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1993
- 23 龚健雅, 夏宗国. 矢量与栅格集成的三维数据模型. GIS 软件工程及相关技术高级研讨会. 武汉, 1997
- 24 Gore A. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21th Century. The Lecture Note on the Science Center of California, 1998
- 25 桂 涛, 周嘉玉, 陈 矛, 等. 三维复杂模型实时动态显示的研究与实现. 软件学报, 1996, 7(增刊): 503 ~ 509
- 26 郭 薇, 陈 军. 三维拓扑空间关系的形式化描述及拓扑空间关系最小集. 武汉水利电力大学学报, 1996, 29(4): 85 ~ 90

- 27 郭 薇, 陈 军. 基于点集拓扑学的三维空间拓扑关系形式化描述. 测绘学报, 1997a, 26(2): 122~127
- 28 郭 薇, 陈 军. 基于流形拓扑学的三维空间实体形式化表达. 武汉测绘科技大学学报, 1997b, 22(3): 201~206
- 29 黄 波. 基于扩展 SQL 的 GIS 模糊查询的表达与实现. 武汉测绘科技大学学报, 1996, 21(1): 86~89
- 30 Jiang J, Chen J. Event Specification in Spatio-temporal Database Design. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32 (4W12): 255~260
- 31 乐燕芬, 陈 军. 顾及时态地块的土地划拨时空数据组织. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 222~228
- 32 Lee Y C, Agi B O, Stefanakis E. An Approach to Multi-dimensional Range Search. In: Lee Y C, Li Z L, eds. Proceedings of International Workshop on Dynamic & Multi-dimensional GIS. Hong Kong, 1997, 1: 128~142
- 33 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术. 遥感学报, 1997, 1(1): 64~68
- 34 Li D R. The Integrated Spatial Databases in 3D Visualization GIS. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 285~288
- 35 李德仁, 陈 军, 张剑清, 等. 国际摄影测量与遥感第十八届大会. 测绘信息与工程, 1997(1): 2~6
- 36 李成名, 陈 军. 空间关系描述的 9-交模型. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(2): 207~211
- 37 Li C M, Chen J, Li Z L. A Raster-based Method for Computing Voronoi Diagrams of Spatial Objects Using Dynamic Distance Transformation. Int. J. Geographical Information Science, 1998, 13(3): 209~225
- 38 李德仁, 李清泉. 一种三维 GIS 混合数据结构研究. 测绘学报, 1997, 26(2): 128~133
- 39 李 霖. GIS 空间查询模型. [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1997
- 40 Li Q Q, Li B J. 3D Spatial Data Acquisition and Modeling by Using Laser Scanning. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32 (4W12): 87~90
- 41 李青元. 三维矢量结构 GIS 拓扑学研究. [学位论文]. 北京: 中国矿业大学, 1996
- 42 Li Q Y, Cao D Y, Zhu X D. 3D Topology Model on Body Divided. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 91~98
- 43 李武龙, 陈 军. 线状障碍物的可视最短路径 Voronoi 图生成. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(2): 132~136
- 44 Lin H, Choi S K. A Multi-window Approach for 4-D Spatio-temporal Information Visualization. Geomatica, 1994, 50(3): 261~267
- 45 Mason D C, O'connail M A, Bell S B M. Handling Four-dimensional Georeferenced Data in Environmental GIS. Int. J. GIS, 1994, 8(2): 191~215
- 46 闵卫东, 唐泽圣. 二维任意点集的 Delaunay 三角划分的研究. 计算机学报, 1995, 18(5): 57~364
- 47 Peuquet D J, Qian L. An Integrated Database Design for Temporal GIS in Advances in GIS Research. In: Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Netherlands, Delft, 1996, 2, 1~2, 12
- 48 Salge F. A Twelve Years Impact of Spatial Data Handling Research on the GIS Community, in Advances in GIS Research. In: Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Netherlands, Delft, 1996, 2, 1~2, 12
- 49 Shepherd I D. Putting Time on the Map; Dynamic Displays in Data Visualization and GIS, in Innovations in GIS 2. Taylor & Francis Inc., 1995, 169~187
- 50 Shibasaki R, Huang S. Spatial-temporal Interpolation by Integrating Observational Data and a Behavioral Model, in Advances in GIS Research. In: Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Netherlands, Delft, 1996, 11A, 1~11A, 13
- 51 舒 红, 陈 军, 杜道生, 等. 时空拓扑关系定义及时态拓扑关系描述. 测绘学报, 1997a, 26(4): 299~306
- 52 舒 红, 陈 军, 杜道生, 等. 面向对象的时空数据模型. 武汉测绘科技大学学报, 1997b, 22(3): 229~233
- 53 舒 红, 陈 军, 杜道生. 时空对象结构的代数模型. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(2): 137~140
- 54 Shu H, Chen J, Gold C. Basic Spatial Events and Their Abstract Data Types in Spatio-temporal Data Modeling. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999a, 32(4W12): 163~166
- 55 Shu H, Chen J, Gold C. Continuously Time-varying Spatial Data Modeling. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999b, 32(4W12): 211~214
- 56 Sun M, Chen J, Zhou Q M. Cloverleaf Junction Expression In Three-Dimensional City Model. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 109~114
- 57 Trinder J, Sowmya A. Automation for Information Extraction for GIS. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 45~50
- 58 Wright D J, Goodchild M F. Data from the Deep: Implications for the GIS Community. Int. J. GIS, 1997, 11 (6): 523~528
- 59 Xiao L, Zhang Y, Luo J, et al. A 3D GIS Four-level Vectorized Octree Structure Integrating Vector and Raster Features. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12): 265~272
- 60 肖伟器, 冯玉才, 缪勇武. 空间数据库中的模型. 计算机学报, 1994, 15(3): 736~742

- 61 Zaslavsky I. Reasoning-based Strategies for Processing Complex Spatial Queries. In: Proceedings of 1997 ACM/ ASPRS. U S A, 1997. 107~115
- 62 Zhang H Y, Li J W, Zeng X G. The Study of Digital Terrain Model in the 3D-visualized System of Computer Aided Railroad Alignment and Design. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12); 319~324
- 63 Zhang Y, Zhou L Z, Chen J. Geography Image Management in Distributed Environment. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(4W12); 131~136
- 64 赵洪彪, 周立柱. Client/ Server 结构系统中的处理分布. 计算机科学, 1997, 24(5): 85~94
- 65 赵洪彪, 周立柱. 数据库系统与 WWW 的集成途径. 计算机科学, 1997, 24(6): 66~69
- 66 赵洪彪, 周立柱, 张素琴. Web 环境中的数据库界面再生工程. 计算机应用, 1997, 17(5): 5~7
- 67 Zhao R L, Chen J, Li Z L. Voronoi-based Generalized Spatial Adjacency. In: Proceedings of International Conference on Spatial Information Science and Technology. Wuhan, 1998. 605~614
- 68 朱英浩, 张祖勋, 张剑清. 顾及地形的城市三维可视化方法研究. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(3): 199~203

陈 军, 男, 44 岁, 教授, 博士生导师, 国际欧亚科学院通讯院士。现主要从事 GIS 空间数据模型、空间决策支持系统等方面的研究。代表成果: Voronoi 动态空间数据模型等。

E-mail: Chenjun@nsdi.gov.cn

Some Issues of Multi-dimensional and Dynamic GISs

CHEN Jun¹ JIANG Jie²

(1 National Geomatics Center of China, 1 Baishengcun, Zizhuyuan, Beijing, China, 100044)

(2 University of Mining and Technology (Beijing), D11 Xueyuan Road Beijing, China, 100083)

Abstract For some traditional GIS application fields such as urban management and mining, the use of the technology was previously restricted by the static 2-dimensional GIS databases. With the rapid development of earth observation technology, large volumes of spatial information become available in an increasing updating frequency. As one direct benefit of such development, multi-dimensional and multi-temporal data become more readily available in the fields such as surveying and mapping, oceanography and environment. This stimulates the expansion of GIS technology to include dynamic 3-dimensional (or multi-dimensional) data and to develop associated data handling and processing methodology. Recently, for better understanding the earth environment and to support the sustainable development, a concept of dynamic multi-dimensional “digital earth” has emerged based on multi-resolution geo-spatial data.

However, new challenges have been raised on maintaining and analyzing the spatio-temporal data synthetically and dynamically. The key issues include: (1) The data models and data modeling methods used by current commercial GIS software are basically designed to handle 2-D static spatial objects. It is difficult for them to represent dynamically changing 3-D spatial objects and to support Internet based interoperation among distributed heterogeneous multi-dimension spatial data; (2) The maintenance of topological relations and data access for multi-dimension data are much more complicated than those of the 2-D data. Simply extending the traditional methods used in 2-D to handle multi-dimensional data would hardly meet the new requirements. For instance, we could not simply extend 2-D Morton Code for accessing 3-D spatial data; (3) For multi-dimension spatial data, new methods need to be developed for data interpolation, visualization and human-computer interaction.

Recent years we have witnessed a rapid growth of research interest and applications on multi-dimensional data handling and modeling. Large volumes of literature become available in various conference proceedings and international journals. International Society for Photogrammetry and

Remote Sensing (ISPRS), being the leading professional group in the field, plays a very important role. Numerous working groups are involved in the related communion, including Inter-Comm. WG IV/III 1 (GIS Fundamentals and Spatial Databases), Inter-Comm. WG IV/III 2 (Integration of image analysis and GIS), WG II/2 (Software and Modeling Aspects of Integrated), WG IV/ (Database Design and Spatial data access), WG IV/3 (Temporal Aspects and Topographic database Maintenance), etc. The International Geographer Union (IGU) Study Group on Geographical Information Sciences also takes part in the study. Several international symposia have been held in this study field since 1994, including: (1) International Conference on "Advanced Geographic Data Modeling - Spatial Data Modeling and Query Languages for 2-D and 3-D Application" held in the Netherlands, 1994; (2) International Conference on "Towards 3D, Temporal and Dynamic Spatial Data Modeling and Analysis" held in Wuhan, China, 1995; (3) International Conference on "Advances in GIS Research - 7th International Symposium on Spatial Data Handling" held in Delft, the Netherlands, 1996; (4) International Workshop on "Dynamic and Multi-Dimensional GIS" held in Hong Kong, 1997; (5) International Workshop on "Urban 3D/Multi-Media Mapping" held in Tokyo, Japan, 1999; (6) The Second International Workshop on "Dynamic and Multi-Dimensional GIS" (DMGIS' 99) held in Beijing, China, 1999. In the DMGIS' 99 which was held in Beijing not long ago, more than 160 scientists and experts from 15 countries and regions attended the conference, and 72 papers are presented. Current front-line research topics are extensively discussed and an excellent up-to-date overview on the techniques and technological achievements on dynamical and multi-dimensional GIS were provided.

The current research topics in this area include, such as 3-D spatial data modeling, spatio-temporal data model, dynamic handling of spatial data, integrating and inter-operation of heterogeneous data, multi-dimension indexing and querying, visualization of multi-dimension data, interpolation and analysis of multi-dimension data, and large volume of data organization and database updating.

Some achievements made by Chinese scientists and experts were reviewed in detail in this paper. The objectives and main tasks of a key project granted by the National Natural Science Foundation of China (NSFC) in 1999 on "development of key concepts and methodologies for dynamic and multi-dimensional spatial data handling" were also introduced in this paper.

Key words multi-dimensional; data model; dynamic GIS; spatial data handling

CHEN Jun, male, 44, professor, Ph. D supervisor, member of the Euro-Asia International Academy of Sciences. His research interests include GIS spatial data model, spatial decision support systems. His typical achievements are voronoi spatial data model, etc.

Email: chenjun@rsdi.gov.cn

根据中国科技信息研究所多年来制定的期刊选取原则和综合评定,《武汉测绘科技大学学报》已被列入国家科技部中国科技论文统计源期刊。