

文章编号: 1671-8860(2010)01-0051-04

文献标志码: A

# 矢量河网数据的渐进式传输

艾波<sup>1</sup> 艾廷华<sup>2</sup> 唐新明<sup>3</sup>

(1 山东科技大学测绘科学与工程学院, 青岛市前湾港路 579 号, 266510)

(2 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(3 中国测绘科学研究院地理空间信息工程国家测绘局重点实验室, 北京市北太平路 16 号, 100039)

**摘要:**提出了一个无几何数据冗余的河网渐进式传输多尺度数据结构。结合目标层次的河流选取和几何细节层次上的曲线化简建立河网多尺度数据结构。基于该数据结构, 在 Web 环境下实现了河网数据的渐进式传输。

**关键词:**渐进式传输; 多尺度表达矩阵; 河网; BLG 树  
**中图法分类号:**P283.1; P208

目前, 基于网络的地理信息系统已经成为大众化的信息工具, 通过 WebGIS 进行空间数据的发布越来越普遍。然而, 当前大多数 WebGIS 只能提供在服务器端固定好的单一比例尺的空间数据, 不能满足用户在不同尺度下对空间信息的访问、认知需求, 同时, 单一比例尺数据缺乏自适应内容选择, 产生了完全版本数据下载耗时长、用户友好性差等弊端。

为解决以上问题, 本文将渐进式传输方式引入到矢量空间数据的网络传输中: 客户端首先得到一个小数据量的快速概略表达, 随着细节数据的逐步传输与叠加, 地图表达越来越详细, 直至满足客户端的尺度需求。

实现矢量数据渐进式传输的关键是要在服务器端建立高效的多尺度数据组织<sup>[1,2]</sup>。Buttenfield<sup>[3]</sup>认为渐进式传输需要在服务器端对空间数据依据重要性进行有序化组织, 并基于条带树实现了单条曲线的渐进式传输。

多尺度数据组织随数据类型、几何形式、结构模式的不同而有很大差别, 需要针对性地建立多尺度表达数据结构。作为网络状结构的复杂曲线数据, 河网的多尺度表达需要解决以下两个问题:

① 哪些河流需要显示; ② 以什么姿态显示。对

于问题①, 改进的开方根规律模型<sup>[5]</sup>可以得到目标比例尺下需要显示的河流数量。通过河流重要性评价模型, 可以计算出河网中每条河流的重要性系数, 从而实现不同尺度下河流的综合选取。问题②是单条曲线的化简问题, 众多曲线化简算法可以较好地解决该问题, 如 Douglas-Peucker 算法<sup>[6]</sup>及在其基础上建立的 BLG 树<sup>[7-8]</sup>。河网的渐进式传输需要将目标层上的河流选取和几何特征层上的河流化简有机结合, 即变化到某一比例尺时, 部分河流被选取来可视化, 同时先前显示的河流要以新的复杂的几何形式改变显示姿态。本文将基于 BLG 树和河流目标的线性组织来解决该问题, 以减少数据冗余量为目标。

## 1 单条河流多尺度剖分与 BLG 树存储

在渐进式传输过程中, 河流曲线首先表现为小比例尺下的概略表达, 随着几何细节数据的逐步叠加, 该曲线变得越来越详细<sup>[9]</sup>。从地图综合角度, 这是一个关于图形化简的问题, 但常规的地图综合只关注化简结果, 服务于渐进式传输的化简还应关注化简过程。本文将在不同指标参量控

收稿日期: 2009-10-21。

项目来源: 国家自然科学基金资助项目(40971242, 40876051); 国家 863 计划资助项目(2007AA12Z209, 2007AA12Z346-5(2)); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放研究基金资助项目(200809); 山东科技大学科学研究“春蕾计划”资助项目(2008AZZ025)。

制下的化简结果叠加起来, 逐级展示获得动态变化过程, 同时顾及数据量的压缩。

BLG 树是一个针对单条曲线的无尺度数据结构, 它存储 Douglas-Peucker 算法的中间结果, 如图 1。BLG 树能够导出原始曲线在任意给定比例尺下的图形表达。通过给定比例尺可以确定一个最小偏移量阈值, 如最小可辨目标 SVO (smallest visible object) 尺寸<sup>[10]</sup>或显示屏幕上一个像素所代表的地图距离, 在 BLG 树中选取偏移量不小于该阈值的结点, 即可得到该比例尺下曲线的图形表达。

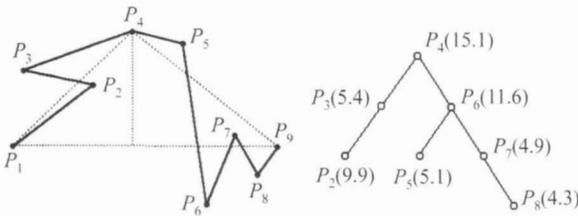


图 1 原始曲线和对应的 BLG 树

Fig. 1 Original Polyline with the Corresponding BLG-Tree

在 BLG 树中, 结点的层次和存储的偏移量隐含了该点表现曲线弯曲特征的能力, 层次越高、偏移量越大则表现曲线弯曲特征的能力越大。通常父结点的偏移量会比子结点的偏移量大。然而, Douglas-Peucker 算法不能确保子结点偏移量一定小于父结点偏移量<sup>[11]</sup>, 图 1 中  $P_2$  点是  $P_3$  点的子结点, 其偏移量 (9.9) 却比  $P_3$  点的偏移量 (5.4) 大。为了能够按照偏移量大小建立线性索引, 需要对 BLG 树中各结点的偏移量进行校正: 遍历 BLG 树, 当子结点的偏移量比父结点的偏移量大时, 将子结点的偏移量修改为父结点的偏移量, 如图 2,  $P_2$  点偏移量由 9.9 校正为 5.4。这样, 按照偏移量由大到小对结点进行排列即隐含了 BLG 树的层次, 偏移量大小可以成为判断结点特征性的惟一标准。

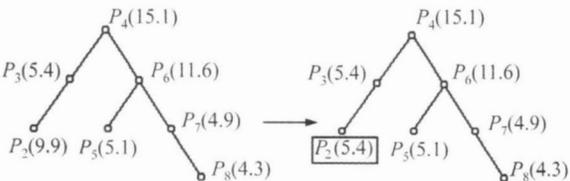


图 2 结点偏移量校正:  $P_2$  点偏移量由 9.9 校正为 5.4

Fig. 2 Distance Value Revising: Distance Value of  $P_2$  Is Revised from 9.9 to 5.4

为了提高效率, 本文将层次 BLG 树转换为线性 BLG 树, 将结点按照偏移量降序进行排列, 如图 3 所示,  $P_1$  和  $P_9$  为原始曲线的起点和终点, 其偏移量设置为某极大值。由于结点偏移量的校正, 子结点的偏移量不大于父结点的偏移量, 因此, 线性 BLG 树隐含了各结点的层次关系, 即父结点一定在子结点的左边, 父结点会优先于子结点被选取和显示。

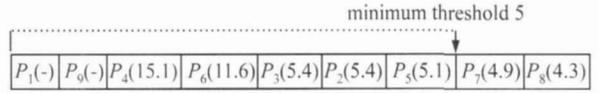


图 3 线性 BLG 树和偏移量阈值等于 '5' 时选取的结点

Fig. 3 Linear BLG-Tree; the Selected Nodes Are Grey at the Minimum Threshold '5'

线性 BLG 树能够高效地提供不同比例尺下曲线表达的动态导出, 图 4 为某条河流在不同偏移量选取阈值下获得的曲线表达。

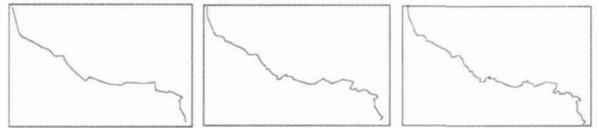


图 4 某条河流在不同偏移量选取阈值下获得的曲线表达

Fig. 4 Representations of a River at Different Minimum Thresholds

## 2 河网多尺度数据结构

河网多尺度数据组织的关键是要找出河网中河流的重要性系数, 相关研究采用了 Horton 码、河流长度、河流层次等指标来评价河流重要性<sup>[12-14]</sup>。文献[8]认为河流分支的汇水区域是河流级别、长度、河流间距多个因素的综合集成, 以汇水区域面积作为河流选取的重要性指标比单纯以其他指标要好。本文运用文献[8]中的研究成果, 基于 Delaunay 三角网建立各级河流分支汇水区域的层次化剖分模型, 计算河流的汇水面积, 以此为重要性指标实现河流目标的线性组织。

在目标级上对河流进行线性组织后, 然后将其与 BLG 树集成, 以图 5 所示的河网为例, 来说明其集成方法。为了保持不同比例尺下河流之间的拓扑一致性, 河流交汇点必须在不同比例尺下的河流表达中保留下来, 因此, 本文将河流按交汇点分为若干条河段, 每条河段曲线被组织为线性 BLG 树结构。当由河段重构河流时, 作为河段起点或终点的交汇点将出现在河流的曲线表达中, 河流之间的拓扑一致性也得以保持。图 5 中的河

流 1 按交汇点分为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  4 条河段, 每条河段曲线均存储为线性 BLG 树, 图 5 下部所示为河段  $a$  的线性 BLG 树。

结合河流目标层和几何细节层, 河网多尺度数据结构如图 6 所示。该矩阵每行对应一条河流, 各条河流从上到下按汇水面积(重要性系数)递减排列。在每行中, 各列由构成该河流的河段曲线线性 BLG 树组成, 线性 BLG 树中的结点从左到右按偏移量递减排列。该矩阵纵向和横向上的线性结构分别对应了河流目标层和几何细节层上的层次化数据组织, 能够同时两个层次上输出河网的多尺度表达。

基于该数据结构, 任意请求比例尺下的河网表达可以由以下两步数据检索得到。

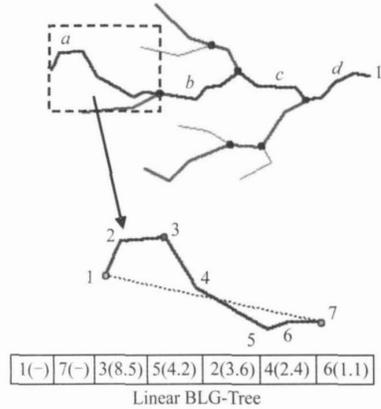


图 5 河流 1 中的河段  $a$  和其线性 BLG 树  
Fig. 5 River Segment  $a$  of River 1 with the Corresponding Linear BLG-Tree



图 6 河网多尺度表达矩阵  
Fig. 6 Multi-Scale Data Structure of River Networks

1) 在河流目标层, 由开方根规律模型计算请求比例尺下需要显示的河流数量, 在矩阵中从上到下选取满足数目要求的河流, 即为具备显示资格的河流目标;

2) 在几何细节层, 计算请求比例尺下显示屏幕上一个像素所代表的地图距离, 以此为最小偏移量选取阈值, 在河段线性 BLG 树中从左到右选取偏移量大于该阈值的结点并重构曲线, 即为该河流实体在请求比例尺下的图形表达。

图 7 为某河网在不同比例尺下的表达, 其中  $Scale\ 1 < Scale\ 2 < Scale\ 3$ , 随着比例尺的逐步增大, 河流数量逐步增加, 河流曲线图形表达也由概略逐步变得精细。

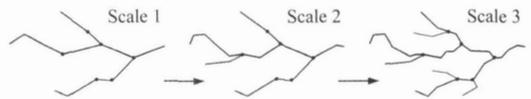


图 7 河网在不同比例尺下的表达  
Fig. 7 Representations of River Network at Different Scales

邻比例尺之间变化粒度小, 可以达到几何细节的“连续式”逐步演变, 在传输粒度上满足了渐进式传输的要求; 该数据结构没有几何数据冗余, 可以满足传输数据量小的要求; 该数据结构中空间数据以及相应的尺度信息全部以显式方式存储, 只通过数据库的查询操作就可以取得需要的数据, 响应速度快。该数据结构适用于网络环境下的渐进式传输。基于该数据结构, 本文利用 Oracle 10g 建立了河网多尺度空间数据库, 并在 Visual Studio .NET 2005 环境下开发了河网渐进式传输 WebGIS 网站, 该网站使用拓展的 GML(geog-

### 3 河网渐进式传输实例

本文提出的河网多尺度数据结构在目标层和几何细节层两个层次上进行多尺度数据组织, 相

graphy markup language)来传输矢量河网数据。

当服务器端收到浏览器发出的请求后,将根据请求比例尺进行数据检索并按河流重要性和BLG 结点偏移量大小分批打包传输,浏览器收到初始数据包后即可显示概略的河网表达,随着细节数据包的逐步到达和累加,河网表达变得越来越精细,直至与请求比例尺相匹配。图8为湖北西部某地区河网在Web环境下的渐进式传输过程,从图中可以看出,在河流数量逐步增加的同时,河流曲线的图形表达也变得越来越精细。

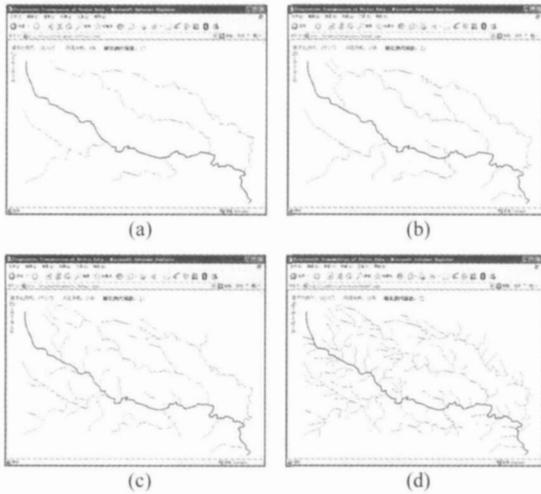


图8 河网渐进式传输过程

Fig.8 Progressive Transmission of River Networks

## 4 结 语

渐进式传输是提高矢量空间数据传输效率的有效途径,实现了边传输、边显示(应用)的高效率机制,同时能够提供不同比例尺下的空间表达,满足用户的个性化需求。

实现矢量数据的渐进式传输需要高效率的多尺度数据组织。集成目标实体层和几何细节层,本文介绍了新型的河网多尺度数据矩阵:矩阵纵向为目标实体线性结构,可以通过开方根规律模型确定不同比例尺下哪些河流需要显示;矩阵横向为几何细节线性结构,将河段曲线组织为线性BLG 树结构,用于导出不同比例尺下河流的图形表达。该数据结构没有几何数据冗余,通过将河流分为河段来存储,也保持了不同比例尺下各河流之间的拓扑一致性。

## 参 考 文 献

- [1] Ai Tinghua, Li Zhilin, Liu Y. Progressive Transmission of Vector Data Based on Changes Accumulation Model [C]. Developments in Spatial Data Handling, Leicester, UK, 2004
- [2] Ai Bo, Ai Tinghua, Tang Xu. Progressive Transmission of Vector Map on the Web [C]. The XXI Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Commission II, Beijing, 2008
- [3] Buttenfield B P. Transmitting Vector Geospatial Data Across the Internet [C]. GIScience 2002, Boulder, Colorado, 2002
- [4] Yang B, Purves R, Weibel R. Efficient Transmission of Vector Data over the Internet [J]. International Journal of Geographical information Systems, 2007, 21(2): 215-237
- [5] Töpfer F, Pillewizer W. The Principles of Selection: a Means of Cartographic Generalization [J]. The Cartographic Journal, 1966, 3 (1): 10-16
- [6] Douglas D H, Peucker T K. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Character [J]. The Canadian Cartographer, 1973, 10(2): 112-123
- [7] van Oosterom P. Reactive Data Structure for Geographic Information Systems [M]. Oxford: Oxford University Press, 1994
- [8] 艾廷华, 刘耀林, 黄亚锋. 河网汇水区域的层次化剖分与地图综合[J]. 测绘学报, 2007, 36(2): 231-243
- [9] 艾波, 艾廷华. 矢量曲线数据的流媒体传输[J]. 海洋测绘, 2005, 25(3): 17-20
- [10] Li Zhilin, Openshaw S. Algorithm for Automated Line Generalization Based on a Natural Principle of Objective Generalization [J]. International Journal of Geographical information Systems, 1992, 6(5): 373-389
- [11] 毋河海. 基于多叉树结构的曲线综合算法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(6): 479-483
- [12] Horton R E. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology [J]. GSA Bulletin, 1945, 56(3): 275-370
- [13] Richardson, D E. Automatic Spatial and Thematic Generalization Using a Context Transformation Model [D]. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1993
- [14] 张青年. 顾及密度差异的河系简化[J]. 测绘学报, 2006, 35(2): 191-196

第一作者简介:艾波,讲师,主要研究方向为空间数据多尺度表达和渐进式传输。

E-mail: aibogis@gmail.com

(下转第87页)

- [10] 杜世宏, 王桥, 秦其明. 空间关系模糊描述与组合推理[M]. 北京: 科学出版社, 2007
- [11] 邓敏, 张燕, 李光强. 空间方向关系描述模型及其 GIS 应用分析[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44

(7): 37-40

**第一作者简介:** 钱程扬, 硕士生, 主要从事网络 GIS 技术与应用研究。  
E-mail: longyi@njnu.edu.cn

## Open Spatial Information Query Based-on Web Text

QIAN Chengyang<sup>1,2,3</sup> LONG Yi<sup>1,2,3</sup> XU Zhen<sup>4</sup> SUN Hao<sup>1,2,3</sup>

(1 Key Lab. of Geographic Information Science of Jiangsu Province, Nanjing Normal University, 1 Wenyuan Road, Nanjing 210046, China)

(2 MOE Key Laboratory of Virtual Geographical Environment, Nanjing Normal University, 1 Wenyuan Road, Nanjing 210046, China)

(3 School of Geographic Science, Nanjing Normal University, 1 Wenyuan Road, Nanjing 210046, China)

(4 School of Earth Sciences And Engineering, Nanjing University, 22 Hankou Road, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** In this paper, language features of spatial information in web texts are firstly analyzed. Then essential methods about online extraction and matching of spatial information and are studied. On the basis of GIS spatial databases, a framework and several methods about expanding the abilities of spatial information query are proposed by keeping data acquisition method in an open style. Related case studies were performed to verify the correctness of the methods.

**Key words:** web text; open spatial information query; matching of spatial information; text-map transformation

**About the first author:** QIAN Chengyang, postgraduation, interested in Web GIS.

E-mail: longyi@njnu.edu.cn

(上接第 54 页)

## Progressive Transmission of River Network

AI Bo<sup>1</sup> AI Tinghua<sup>2</sup> TANG Xinming<sup>3</sup>

(1 Geomatics College, Shandong University of Science and Technology, 579 Qianwangang Road, Qingdao 266510, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 Key Laboratory of Geo-Informatics, State Bureau of Surveying and Mapping, CASM, 16 Beitaping Road, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The progressive transmission of vector map data requires an efficient multi-scale data model to process the data into a hierarchical structure. This paper presents such a data structure of river network without redundancy of geometry for progressive transmission. For a given scale, the river network display has to settle two questions. One is which river objects to be selected and the other is what detail to be visualized for the selected rivers. This study combines the T pfer law and the BLG-tree structure to answer the above two questions simultaneously. At the level of object element, the river branches are sorted on descending significance grade decided by watershed area to support the river selection by the T pfer law. At the level of geometric detail, the river branch is splitted into segments by joint points with the organization of the linear BLG-tree to export a good graphic representation at a given scale. Based on the data structure, a WebGIS is established to provide progressive transmission services of river networks.

**Key words:** progressive transmission; multi-scale matrix; river network; BLG-tree

**About the first author:** AI Bo, lecturer. His research interests cover multi-scale representation and progressive transmission of spatial data.

E-mail: aibogis@gmail.com