

引文格式:王磊.基于 QTM 的球面 Voronoi 图生成算法与应用[J].测绘学报,2018,47(11):1561. DOI:10.11947/j.AGCS.2018.20170717.
WANG Lei. QTM-based Spherical Voronoi Diagram Generating Algorithms and Its Application[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2018, 47(11): 1561. DOI: 10.11947/j.AGCS.2018.20170717.

基于 QTM 的球面 Voronoi 图生成算法与应用

王 磊^{1,2}

1. 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000; 2. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

QTM-based Spherical Voronoi Diagram Generating Algorithms and Its Application

WANG Lei^{1,2}

1. School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;
2. Geoscience and Surveying Engineering College, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China

随着全球生态环境、社会经济一体化的不断深入,研究区域逐渐从局部区域扩大到整个地球,而摄影测量、遥感、全球定位系统等现代对地观测技术的快速发展,使得全球大范围、多尺度、多时相数据的获取成为可能。为了在全球范围内有效地管理和分析空间数据,需要构建一个全球的、连续的、多尺度的动态数据模型。球面 Voronoi 图(简称 V 图),具有自然邻近、动态稳定等优良特性,已成为全球空间信息管理与分析最有潜力的解决方案之一。针对现有的球面 V 图生成算法在精度和效率方面存在的诸多问题,本文从球面 V 图的生成算法、动态维护及其应用方面进行了研究,主要内容如下:

(1) 提出了基于 QTM 的球面 V 图确定归属生成算法。本文将球面四元三角格网(quaternary triangular mesh, QTM)单元视作平面栅格算法中的像素(最小单元),计算每个格网单元到所有种子点的距离,并通过比较得到最近的种子点作为相应 QTM 格网单元的归属,从而生成基于 QTM 的球面 V 图。试验结果表明,该算法能够将生成球面 V 图的误差控制在两个格网以内,初步解决了现有球面 V 图栅格生成算法的精度问题。

(2) 利用 GPU 对确定归属算法进行了优化(硬件优化)。确定归属算法具有计算密集性、指令一致性和相互独立性的特点,非常适合于 GPU 单指令多数据流的计算模型。本文采用 GPU 统一计算设备架构(CUDA)对算法进行实现,并从 GPU 全局内存、共享内存、常量内存、寄存器内存的使用及访问方式等方面对确定归属算法进行了优化,以从整体上提高算法的效率。试验结果表明,利用 GPU 并行计算对算法进行优化后,效率可提高两个数量级以上。

(3) 利用双向扫描方法对确定归属算法进行改进(算法优化)。将球面按 QTM 的方式剖分后,依次按从左到右、从上到下和从右到左、从下到上的顺序对球面三角形单元进行扫描,并在扫描过程中通过计算和比较格网到

其邻近格网的最近种子点的距离,得到当前格网的最近种子点,进而得到球面 V 图。试验结果表明,该改进算法大大减少了确定归属算法中不必要的计算,在同一层次下,球面 V 图生成时间基本恒定(与种子点数无关)。

(4) 利用 QTM 格网的层次性对确定归属算法进行改进(尺度优化)。首先利用低层次的格网生成球面 V 图,并根据 QTM 格网及其三邻近格网的归属信息提取构成 Voronoi 区域边界的 QTM 格网;然后对边界格网进行再次剖分,利用确定归属算法确定边界格网子格网的归属,以此得到更高层次的球面 V 图,重复该步骤直至达到相应层次。试验结果表明,算法效率相对于确定归属算法有较大提高,且能够生成更高层次的球面 V 图。

(5) 试验系统设计开发与应用。设计开发了基于 QTM 的球面 Voronoi 图算法与应用试验系统,利用不同类型的数据,从效率、精度等方面对各算法进行了验证;同时,还给出了球面 Voronoi 图的动态维护操作方法和基于栅格 Voronoi 图的球面自然邻近插值方法,并对基于质心 Voronoi 图的全球地形自适应建模方法进行了初步的探索与试验。

中图分类号:P208

文献标识码:D

文章编号:1001-1595(2018)11-1561-01

基金项目:国家自然科学基金(41171306;41171304)

收稿日期:2017-12-19

作者简介:王磊(1989—),男,讲师,2016 年 1 月毕业于中国矿业大学(北京),获工学博士学位(指导教师:赵学胜教授),研究方向为全球离散格网、球面 Voronoi 图。

Author: WANG Lei(1989—), male, received his doctoral degree from China University of Mining and Technology (Beijing) on January 2016, majors in global discrete grid and spherical Voronoi diagrams.

E-mail: wl890627@163.com