

水深测量资料边界智能化提取关键技术研究

贾俊涛¹, 谭冀川², 孔海英³, 孟婵媛¹, 孙 昊², 李明辉²

(1. 海军海洋测绘研究所, 天津 300061; 2. 海军出版社, 天津 300450;
3. 海军海洋水文气象中心, 北京 100161)

摘要: 首先构建离散水深的 Delaunay 三角网, 快速进行 Delaunay 三角网中点、边、三角形之间拓扑关系的存储。然后计算相邻离散点的平均距离, 使其作为水深边界提取的距离阈值。最后遍历 Delaunay 三角网, 利用边与三角形的拓扑存储结果和距离阈值, 提取出离散水深边界。实验证明, 该方法具有结构简单、操作便利、内存占用少、计算效率高等特点, 能够实现离散水深边界的快速智能化提取。

关键词: 离散水深; 边界提取; 拓扑关系; 海图编制

中图分类号: P208.2

文献标志码: B

文章编号: 1671-3044(2012)02-0055-03

1 引 言

在海图编制过程中, 需要应用大量的、不同年代的水深测量资料。制图编辑人员需要对这些水深测量资料进行分析比对, 确定水深测量资料的采用范围和顺序。因受测区地理环境、测图任务等因素影响, 水深测量资料的实际测量区域多为不规则的多边形, 在一定程度上影响了编辑分析的效率。目前, 在海图生产中, 已经建立了海洋测绘信息数字平台, 具有资料建库、管理、分析和资料的提供等功能, 然而边界不规则的水深测量资料在一定程度上造成了资料自动分析和提供的不精确, 必须经过制图编辑人机交互处理, 没有充分发挥海洋测绘信息数字平台的优势功能。

因此, 必须在水深测量资料建库时, 提取水深测量资料的边界, 按照水深测量资料的边界范围组织水深测量资料的建库工作, 为后期的分析提供做准备。以往水深测量资料的提取采用手工方法, 逐点进行人工采集, 人工量大且效率低下。本文针对水深测量资料中水深点离散、不规则的特点, 提出了通过构建 Delaunay 三角网, 利用 Delaunay 三角网中点、边、三角形之间的邻接关系和距离阈值限制的方法, 智能化提取水深测量资料的边界信息。

2 离散水深 Delaunay 三角网的构建及其拓扑关系存储

2.1 Delaunay 三角网的构建

Delaunay 三角化是二维计算几何中的一个基本算法。基于 Delaunay 三角网的唯一、空外接圆和最大化最小角等特性^[1], 对离散水深进行 Delaunay 三角网的构建, 可以很好的保证海底地形地貌特征的准确性。本文采用了逐步扩展算法建立 Delaunay 三角网, 该算法的基本思路是: 从离散水深数据中任一个顶点开始, 由该顶点寻找与其最近的一个顶点形成一个初始边, 然后遵循 Delaunay 三角网的特性, 寻找第三点与该边构成第一个三角形, 再以新生成的两个边为初始边, 向外扩展三角形, 直到联结完所有的顶点生成最后的 Delaunay 三角网。

2.2 三角网拓扑关系的存储

作为一个完整的 Delaunay 三角网, 仅仅在几何上将离散的水深顶点联结起来是不够的, 还应该提供所建 Delaunay 三角网中隐含的拓扑关系。这种拓扑信息, 不仅包括每个三角形本身, 还应包括三角网中三角形、边以及顶点间的邻接关系。在构网的同时, 也将相应的拓扑信息输出并保存下来。其中, 三角形、顶点的拓扑关系比较容易存储, 边的存储结构和拓扑关系需要在三角形、顶点的拓扑存储后进行完善^[2-3]。

基于上述拓扑关系, 首先建立三角形、点和边的存储结构。

(1) 三角形、顶点拓扑关系的存储

常规算法中, Delaunay 三角网中的每个三角形对象需要存储 3 个顶点的空间坐标信息, 产生了巨

大的数据冗余。例如,1699个离散水深点,构建的 Delaunay 三角网中三角形的数量是3374,将要存储的顶点数量是10122,此时将产生8423个冗余点的不必要存储,且原始离散水深点越多,冗余数据信息将呈指数级增长,必将会导致计算效率低下^[4]。本文针对这一缺陷,做了进一步改进,具体方法如下:在遍历 Delaunay 三角网的每一个三角形时,对其构成顶点进行重复性判断,只有判断为不重复的顶点才能作为新的记录添加到顶点的存储结构中。同时,建立一个新的三角形对象,在存储中用顶点的标识 ID 代替顶点的坐标信息。这样,既可以为这个三角形和其构成顶点建立自己的存储结构,也能够同时建立顶点和三角形之间的邻接关系^[5-6]。

(2) 边的存储结构和拓扑关系

构建边的存储结构和拓扑关系是基于已有的顶点、三角形间的拓扑信息来完成的。以顶点的邻接点和邻接三角形信息为基础,通过对顶点的存储结构进行一次遍历,不仅可以快速建立边的存储结构和拓扑关系,也可以实现边与三角形面的邻接信息的快速存储^[7-8]。

为了提高计算效率,本文在遍历 Delaunay 三角网中每个三角形(记为 S)的同时,对三角形每个边($V1V2$ 、 $V2V3$ 、 $V3V1$)的邻接顶点、邻接三角形信息进行了存储和完善,具体算法如下。

① 判断边 $V1V2$ 是否为重复边;

② 是重复边,添加完善该边的邻接顶点和邻接三角形信息;

③ 不是重复边,建立该边的存储对象,添加到边列表中,在遍历下个三角形中再进行重复边判断;

④ 继续判断边 $V2V3$ 、边 $V3V1$,直至所有三角形遍历完毕^[9-10]。

该过程完成后, Delaunay 三角网中的每个顶点、边和三角形均建立完善了其相对应的拓扑关系,其中每个边均包含2个邻接顶点,其邻接三角形的数量最多为2^[11-12]。

3 离散水深边界的提取

本文利用相邻离散点的平均距离作为水深边界提取的距离阈值。在建立好 Delaunay 三角网中边的拓扑关系后,遍历边列表中的每一条边,通过判断边的长度和其邻接三角形的数量,对边列表进行筛选,最后以第一条边为初始条件,对边列表进行顺时针排序,其结果就是该海域水深测量资料的外边界,具体算法见图1。



图1 水深边界提取流程图

4 实验分析

前文详细说明了对于水深测量资料进行边界提取的流程。对此,在 WindowsXP 操作平台和 Visual C++6.0 编程环境中,对本文提出的方法进行了实验比对。图2为原始水深测量资料效果图,图3为构建 Delaunay 三角网后的凸包效果图,图4为本文方法处理后的离散水深边界效果图。经过实验证明,本文提出的通过构建 Delaunay 三角网,利用 Delaunay 三角网中点、边、三角形之间的邻接关系和距离阈值限制来提取水深测量资料边界信息的方法是有效的,且优化后的内存存储机制,大大提高了该方法的执行效率。

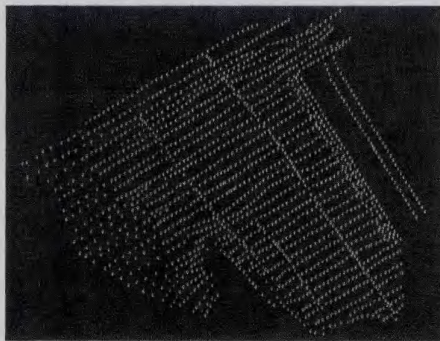


图2 原始水深测量资料效果图

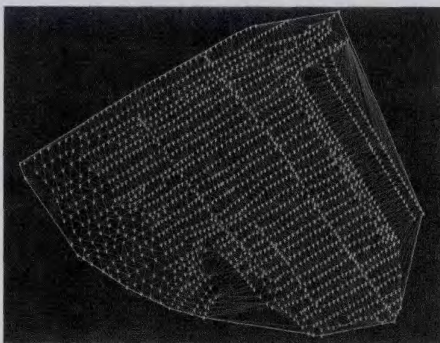


图3 构建 Delaunay 三角网后的凸包效果图

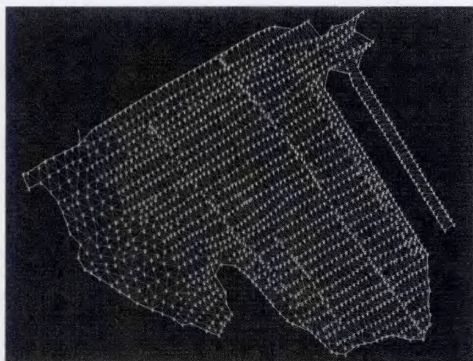


图4 离散水深边界效果图

5 结束语

本文围绕水深测量资料边界提取技术,对其一些理论和应用问题进行了探讨和研究,通过对 Delaunay 三角网顶点、边、三角形间拓扑关系存储机制的优化,改善了一些关键技术,不仅提高了离散水深边界提取算法的效率,还保证了边界提取的准确率。该算法的成功运用,符合现代信息自动化处理的特点,对于水深测量数据的建库管理和后期应用具有重要的意义。但整个流程还存在着一些需要改善的地方,如针对不同水深测量资料的距离阈值的计算选取效率问题等。在日后的研究中,我们还将继续对这项工作改进和完善。

参考文献:

- [1] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 贾俊涛. 基于海量海底地形数据的存储和可视化研究[J]. 海洋测绘,2009(1):31-33.
- [3] 胡鹏,杨传勇,吴艳兰,等. 新数字高程模型理论方法标准和应用[M]. 北京:测绘出版社,2007.
- [4] 贾俊涛. 基于 shp 水深数据的等深线模型建立[J]. 测绘科学,2010(增刊):484-487.
- [5] 张必强. 面向网格简化的 STL 拓扑信息快速重建算法[J]. 上海交通大学学报,2004(1):39-42.
- [6] 黄先锋. 基于边长比约束的离散点准确边界追踪算法[J]. 武汉大学学报,2009(6):688-691.
- [7] 刘光帅,李柏林,何朝明. 离散点云原始形状及边界曲线提取算法[J]. 计算机科学,2011(5):279-282.
- [8] 陈涛,李光耀. 平面离散点集的边界搜索算法[J]. 计算机仿真,2004(3):21-23.
- [9] T D Blacker, M B Stephenson. Paving: A new approach to automated quadrilateral mesh generation [J]. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1991, 32(4): 811-847.
- [10] T Peli. A study of Edge Detection Algorithm [J]. Compute Graph Image Proc, 1982, 8(6): 679-698.
- [11] R L Graham. An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar set [C]//Info, Proc. 1972: 132-133.
- [12] 朱汉华,刘正林,翟永强,等. 航道疏浚区的测量点边界搜索方法[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2002(3):309-311.

The Key Technology Research on Intelligentizedly Extracting Sounding Data Borderline

JIA Juntao¹, TAN Jichuan², KONG Haiying³, MENG Chanyuan¹, SUN Hao², LI Minghui²

(1. Naval Institute of Hydrographic Surveying and Charting, Tianjin 300061, China;

2. Navy Press, Tianjin 300450, China;

3. Navy Marine Hydrometeorological Center, Beijing 100161, China)

Abstract: Firstly, the Delaunay triangle nets of scattering soundings are built and the topologic relation of points, edges and triangles are saved. Secondly, the average distance of close points is used as limited distance for the borderline of soundings. Finally, the results of topologic relation and the limited distance are applied for extracting the soundings' borderline. By the experiment, the method is provided with the characteristics of simple structure, convenient operating, low-occupied memory and high efficiency, which turns the borderline's quickly extracting from scattering soundings into reality.

Key words: scattering soundings; borderline extracting; topologic relation; chart editing