

# 建立多精度三角网

武晓波 王世新 肖春生

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要** 多精度三角网可用于数据压缩及进行不同细节程度的2.5维分析处理。现有建立多精度三角网的算法功能单一,不能满足随时改变精度的要求。该文给出了一套完整的建立多精度的三角网的算法,包括建立基本三角网、在三角网中增加点和删除点等。并且实现了两个运行版本,一个可建立指定精度的三角网,另一个可在运行中随时控制精度。测试表明该算法正确,程序运行稳定可靠。

**关键词** 2.5维分析 多精度三角网 生成算法

## 0 引言

多精度三角网是为了解决大数据量的问题而提出来的。在图形学、地学等领域,经常产生庞大的数据量,它的存储及使用极不方便,况且在进行某些分析处理时并不需要全部的数据,只要达到一定精度即可。如表1所示,在有9652个点的数据集中,如果要求精度与使用全部数据相比所产生的误差不大于100,只需1536个点;不大于50,需3199个点;小于20,需5897个点;小于10,则需7515个点。用这样的方法可以压缩遥感图象,使重建(解压缩)的图象达到指定精度。

表1 部分测试结果

三角网误差	点数	边数	三角形数
<100	1536	4592	3057
<50	3199	9581	6383
<20	5897	17675	11779
<10	7515	22529	15015

在GIS应用中,有时需要进行不同细节程度的分析,如表现不同内容的缩放,即随着缩放比率的不同,显示的地物对象的细节也不同。如对道路、建筑物、地类等类的缩放,比例尺不同,表现的地物级别也不同。

为进行数据压缩和不同细节程度的分析处理,学者们提出了表达不同精度的层次型数据结构。L. D. Floriani完成了一项开创性的工作,她给出了著名的“金字塔”数据结构,并设计了一套完整的建立多精度Delaunay三角网(以下统称三角网)的算

法<sup>[1]</sup>。其后,C. B. Jones等,以及A. Voigtmann等进行了建立多精度的约束三角网的研究<sup>[2,3]</sup>。这些算法虽然解决了建立多精度层次型三角网的问题,但使用起来不灵活,只能进行细节的单向增加,不可减少,在某些应用中,如表现不同内容的缩放时,就无法满足要求。为解决这一问题,我们在此给出一个可自由调节精度的三角网算法。

## 1 算法设计

建立精度可调的三角网,关键是实现以下三个操作。

- (1) 建立基本三角网:基本三角网就是不可再减少细节的、最底层的、精度最低的三角网。
- (2) 在三角网中增加新点:在当前三角网中插入新的数据点,提高三角网的精度。
- (3) 在三角网中删除点:在当前三角网中却掉某些点,降低三角网的精度。

用此三项操作即可建立多精度三角网,算法流程如图1所示。

关于三角网的精度,参考L. D. Floriani所提出、并被普遍接受的概念。把由全部数据点所形成的三角网作为精度最高、误差为零的三角网。当三角网由部分数据点形成时,三角形内就可能有未被利用的数据点。这些数据点的真实值与三角网所表示的虚拟值之差的最大值定义为三角形的误差。三角网中最大的三角形误差定义为三角网的误差。它表示了三角网的精度,误差小表示精度高。程序中插入或删除操作的

象就是当前三角网中具有最大误差的点。

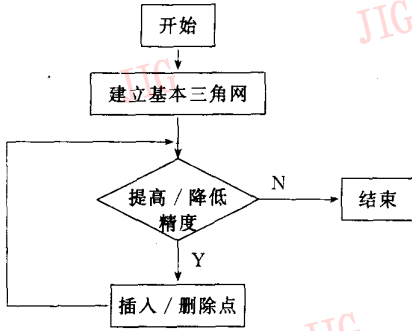


图 1 建立多精度三角网主程序流程

### 2 建立基本三角网

我们把由数据点中的凸集形成的三角网作为基本三角网。因为按逆/顺时针方向顺序连接凸集中的点所形成的多边形(凸壳)包含了点集中的其余点,所以增加与删除点的操作均在基本三角网的范围内。

建立基本三角网可分两步完成。第一步生成凸壳,第二步从凸壳上一点出发,依次边接凸壳上的其余点,同时用局部优化过程——LOP<sup>[4]</sup>优化使之成为 Delaunay 三角网。其中,第一步采用 Larkin 给出的改进算法<sup>[5]</sup>,第二步采用 G. Macedonia 等提出的算法<sup>[6]</sup>。建立基本三角网的程序流程如图 2 所示。

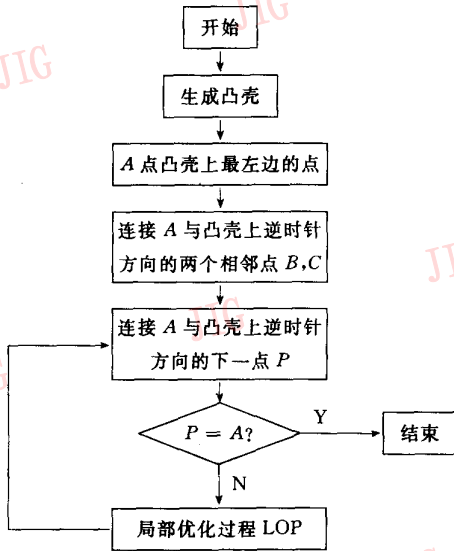


图 2 建立基本三角网流程图

### 3 在三角网中增加点

在三角网中增加或删除一个点,仅改变三角网的

一个有限区域,这个区域称为该点的影响多边形。它由三角网中所有其外接圆包含该点的三角形的外边界所组成。根据 L. D. Floriani 的结论<sup>[7]</sup>,在三角网中插入一个点的操作,将该点与其影响多边形的顶点相连即可完成。在三角网中增加点的流程如图 3。

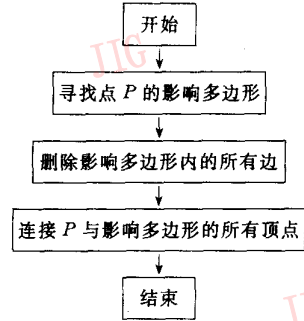


图 3 在三角形网中增加点流程图

### 4 在三角网中删除点

在三角形中删除点可看作是增加点的逆过程,可分两步完成。第一步找到要删除点的影响多边形,并删除其内所有边。第二步在影响多边形内建立三角网。由于影响多边形不一定是凸多边形,所以不可应用建立基本三角网的算法。这里参考 T. Midtb 的做法<sup>[8]</sup>,用一个递归过程完成。每次在影响多边形内以一条不构成凹角的边为基,与其余顶点中形成具有最小外接圆的三角形的顶点相连。在三角网中删除点的流程如图 4 所示。

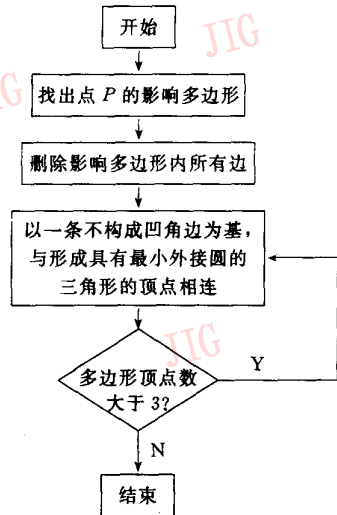


图 4 在三角网中删除点流程图

## 5 实例测试

我们用 MSC 实现了以上算法,有两种运行版本。一个是建立指定误差的三角网;另一个是以实时调节精度方式建立三角网。通过一个有 9652 个点的数据集的测试,表明算法正确,程序运行稳定可靠。

表 1 是测试的部分结果,说明三角网精度与使用数据点的关系。用点越多,误差越小,精度越高。随着精度的提高,减小相同的误差,需要的点也越多。

**致谢** 阎守邕研究员全面指导了这项研究,赵健、崔景年、田青、周艺、王涛等同仁在研究过程中给予了大力帮助,在此也向他们表示衷心感谢。

### 参考文献

- 1 De Floriani L. A pyramidal data structure for triangle-based surface description. *IEEE Computer Graphics & Application*. 1989, 9(2):67~78.
- 2 Jones C B, Kidner D B, Ware J M. The implicit triangulated irregular network and multiscale spatial databases. *The Computer Journal*, 1994, 37(1):43~57.
- 3 Voigtmann A, Becker L, Hinyichs K. Hierarchical surface representations using constrained delaunay triangulations, advances

in GIS research. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Spatial Data Handling*, Taylor & Francis, Waugh T C, Healey R G(eds), 1994, 2:848~867.

- 4 Lawson C L. Software for C\* surface interpolation. In: *Mathematical Software* II, Rice J (ed), New York: Academic Press, 1977.
- 5 Larkin B J. An ANSI C program to determine in expected linear time the vertices of the convex hull of a set of planar points. *Computers & Geosciences*, 1991, 17(3):431~443.
- 6 Macedonia G, Pareschi M T. An Algorithm for the triangulation of arbitrarily distributed points; Applications to volume estimate and terrain fitting. *Computers & Geosciences*, 1991, 17: 859~874.
- 7 De Floriani L, Puppo E. An on-line algorithm for constrained delaunay triangulation. *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, 1992, 54(3):290~300.
- 8 Midtb T. Removing points from a delaunay triangulation, advances in GIS research. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Spatial Data Handling*, Taylor & Francis, Waugh T C, Healey R G(eds), 1994, 2:739~750.

**武晓波** 1965年生,1986年毕业于长春地质学院,1989年在中科院遥感所获“地图学与遥感”专业硕士学位。主要从事遥感、地理信息系统开发及其应用研究。



**肖春生** 1966年3月生,1988年毕业于北京信息工程学院计算机科学与工程系计算机软件专业,1988年至今在中国科学院遥感应用研究所从事GIS及应用软件的开发工作,助理研究员。作为主要设计研制者之一,先后开发了《GIS中点阵打印制图程序》、《中国妇幼保健管理信息系统》、《中国农业统计地理信息系统》等,发表论文5篇,获院部级科技进步三等奖一项。



**王世新** 中国科学院遥感应用研究所、国家遥感应用工程技术研究中心地理信息工程部主任,研究员。主要从事遥感、GIS理论方法研究及其软件设计、开发与应用。

## Building Multiresolution Triangulated Irregular Network

Wu Xiaobo, Wang Shixin and Xiao Chunsheng

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Abstract** The triangulated irregular network(TIN) is a very useful model for data compression and 2.5D analysis. Unfortunately, published algorithms of building multiresolution TIN can't meet the demand of adjusting precision momentarily. This paper presents a set of algorithms for building multiresolution TIN. It covers algorithms of constructing fundamental TIN, of adding points to the current TIN and of removing points from the current TIN. All algorithms were encoded with MSC. Two versions of executable program were provided. One for creating precision determined TIN, the other for adjusting the precision when running. Test result proves the algorithms are correct and the programs are stable and reliable.

**Keywords** 2.5D analysis, Multiresolution TIN, Creation algorithm