

# 基于 delaunay 三角剖分的三维地形生成

## 1、 问题背景

地图是几个世纪以来最重要的空间信息表达的载体“近年来随着高技术的发展特别是基于计算机平台 GIS 的发展,地理信息系统得到日益广泛的应用。

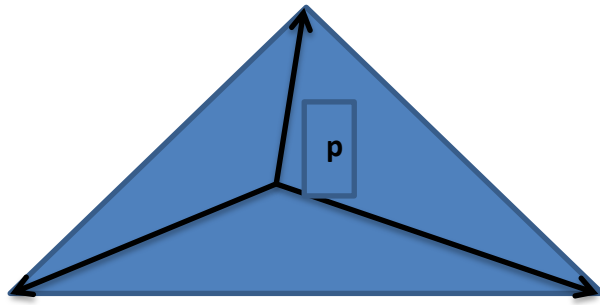
地形与人类的生产生活息息相关,在城市规划、路径选取、资源调查与分配、工程勘查与设计、项目选址、环境监测、灾害预测与预报、军事、游戏娱乐等领域有广泛的应用,因此人们一直关心如何真实地表达自然界的地形,以满足人们生活的需要。目前,随着计算机技术的进一步发展,计算能力的不断提高,使用计算机进行地的三维表达成为目前研究的热点,这种地形的表达方式,不但感觉直观、真实性好、而且具有二维电子地图的其它优点,例如分层显示!位置顶点查找等。二维地形生成技术是当今社会的热门技术,正在被越来越多的人所重视和研究。

## 2、 算法描述

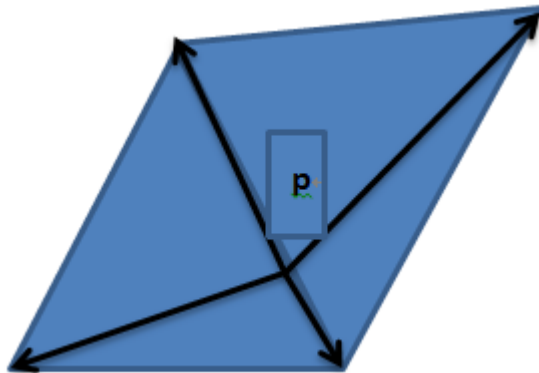
Lawson 提出了用逐点插入法建立 D-三角网的算法思想<sup>[11]</sup>。Lee 和 Schachter, Bowyer, Watson, Sloan, Macedonio 和 Pareschi, Floriani 和 Puppo, Tsai 先后进行了发展和完善。

本次实验算法为 delaunay 三角剖分的**逐点插入法**, 算法步骤如下:

- 1、 创建一个最大的三角形包含所有离散的数据点, 构成初始的三角网。
- 2、 遍历各点 (p)
  - (1)、 在三角网查找包含 p 的三角形 t。
  - (2)、 若 p 在三角形内: p 与三角形 t 的三个顶点相连构成三个三角形。加入三角网中。如下图:



若  $p$  在三角形边上：找出边所对应的另一个三角形的顶点，并与当前的三角形的顶点构成四个顶点，加入三角形网中。如下图：



(3)、移除三角形  $t$ 。

(4)、用 LOP 算法对各个三角形进行优化处理。

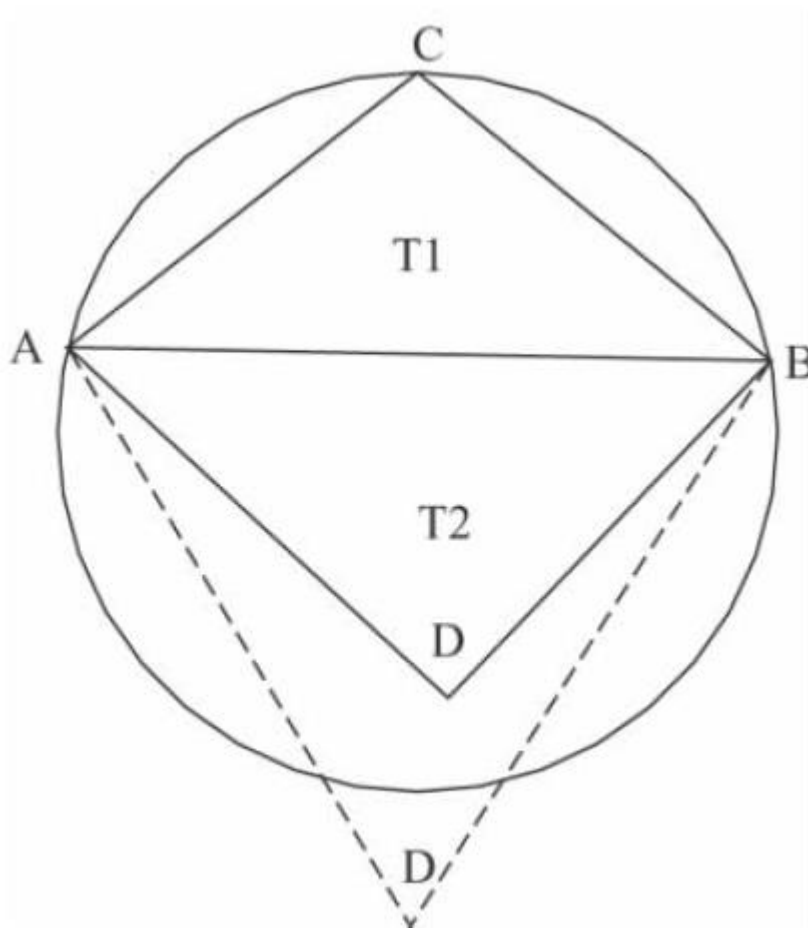
3、移除外围三角形。

## LOP 算法

在相邻的两个三角形(  $abd$  和  $bcd$  ) 所组成的四边形中, 如果对角线交换所得的两个新三角形  $abc$  和  $abd$ ( 如下图) 比原来的两个三角形更优, 则用新的两个三角形替代原来的两个三角形。更优的标准之一是最小角度最大原则: 调整前的二个三角形共六个内角中的最小角和调整后的六个角中的最小角相比较, 若前者小于后者则调整, 否则不调整; 标准之二是空外接圆性质: 在由点集  $V$  所形成。D-三角网中, 其每个三角形的外接圆均不包含点集  $V$  中的其他任意点。结合本文定义的数据结构, 本文采取了以相邻三角形作为优化着眼点的处理算法。根据 Delaunay 三角网空外接圆性质有以下判断: 当  $\sin(\angle C + \angle D) \leq 0$ , 不进行优化,

否则进行优化。如果直接计算出  $\sin(\angle C + \angle D)$  则过于复杂，本文只关心它的符号，不关心它的数值，可以简化为

$$\sin(\angle C + \angle D) \approx \left[ (x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3) \right] \times \left[ (x_2 - x_4)(x_1 - x_4) + (y_2 - y_4)(y_1 - y_4) \right] + \left[ (x_2 - x_4)(y_1 - y_4) - (x_1 - x_4)(y_2 - y_4) \right] \times \left[ (x_1 - x_3)(x_2 - x_3) + (y_1 - y_3)(y_2 - y_3) \right]$$



### 3、 实现方法

实验环境：MFC+OSG

数据结构：

//////////边结构体//////////

```
Typedef struct  
{  
  VERTEX3D v1;  
  VERTEX3D v2;  
  
} EDGE
```

//////////三角形结构体//////////

```
  Typedef struct  
  {  
    int i1;  
    int i2;  
    int i3;  
    TRIANGLE * pNext;  
    TRIANGLE * pPrev;  
  } TRIANGLE
```

//////////三角网结构体//////////

```
  Tyoedef struct  
  {  
    int vertex_num;  
    int triangle_num;  
    VERTEX3D * pVerArr;  
    TRIANGLE * pTriArr;  
  } Tri_Net_Typ
```

### 数据获取:

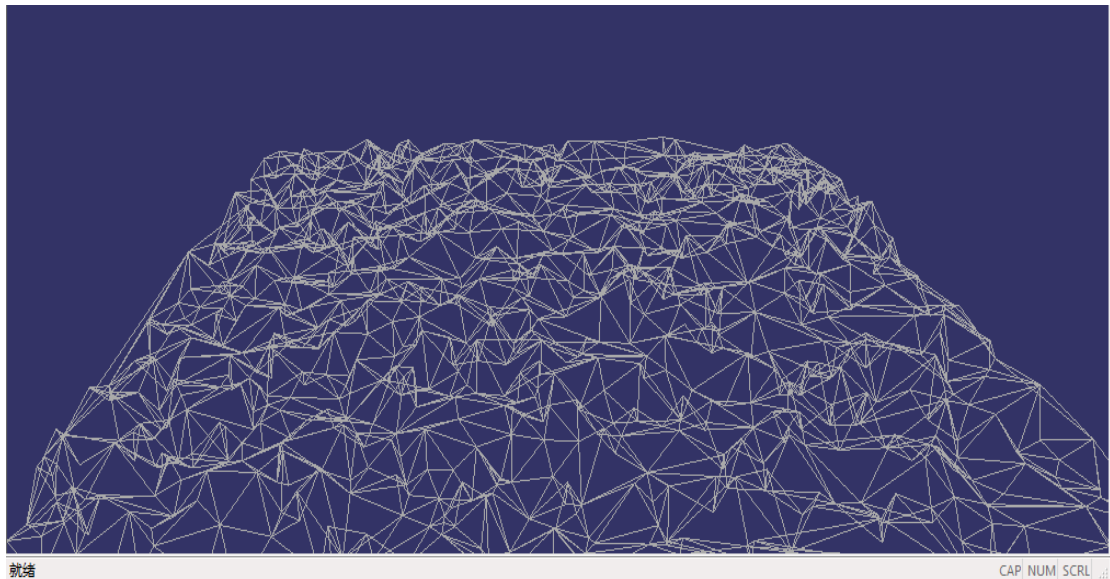
数据来源一: 随机生成的三维离散点,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  坐标都由随机的浮点数构成。

离散点的个数为 1000;

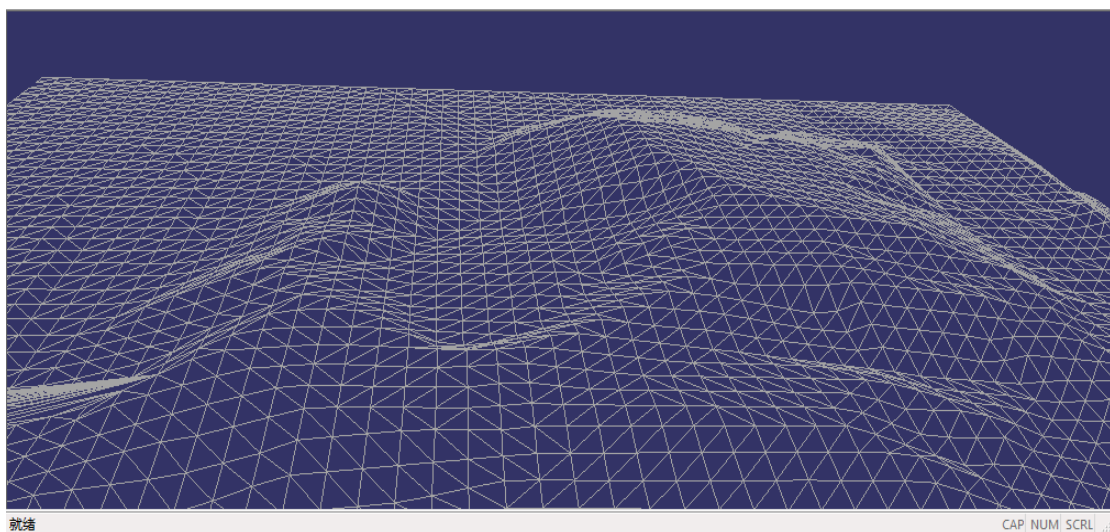
数据来源二: 在 google earth 地图中抓取的高程点。数据量为 4000;

### 实验结果展示:

结果一: 离散的数据



结果二: google earth 抓取的高程信息



## 总结

delaunay-三角网由于其独特的数学性质，是进行 2.5 维分析的一个有力工具，是 GIS 中 DTM 模型的一个重要表示方法和分析处理手段。在已有的由离散数据建立 D-三角网的算法中，经过二十多年来的研究与实践，分治算法与逐点插入法被普遍接受和采用。这两类算法虽然各自具有明显的优势，但也同时具有其固有的缺点。分治算法具有时间优势，但却付出了高昂的空间代价。逐点插入法具有空间优势，但时间效率极低。

## 参考文献

- [1] Mark de Berg, Marc van Kreveld, Mark Overmars, Otfried Schwarzkopf, 邓俊辉(译). 计算几何——算法与应用.
- [2] Thiessen A H. Precipitation Averages for Large Areas, Monthly Weather Review, 1911(39):1082~1084
- [3] Delaunay B. Sur la Sphere Vide. Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR, Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles, 1934(8):793~800
- [4] 毋河海. 地图数据库系统. 北京: 测绘出版社, 1991
- [5] 柯正谊, 何建邦, 池天河. 数字地面模型. 北京: 中国科学技术出版社, 1993