

基于移动窗口法的DEM数据优化方法研究

胡伟¹, 卢小平¹, 卢遥², 余涛²

(1. 河南理工大学 矿山空间信息技术国家测绘局重点实验室 河南 焦作 454003;

2. 中国科学院 遥感应用研究所 北京 100101)

A Study of Optimizing DEM Data by Moving-window

HU Wei, LU Xiaoping, LU Yao, YU Tao

摘要:数字高程模型 DEM 的表达方法主要有 TIN、规则格网、等高线等。由于这些方法都没有预先对高程数据进行优化,会造成大量的数据冗余,从而影响构建 DEM 的速度。研究移动窗口和逐点搜索两种构建 DEM 的数据优化算法,并利用 Matlab 软件对 SRTM 数据进行试验验证,结果表明这两种方法都达到较好的优化效果,可大大提高构建 DEM 的速度。通过进一步比较这两种算法的优化结果,得出移动窗口数据优化算法整体优于逐点搜索数据优化算法的结论。

关键词:移动窗口; DEM; SRTM; 数据优化

一、引言

数字高程模型 DEM 是将一定范围内规则格网点的平面坐标 (X, Y) 及其高程 Z 的数据集,用于描述区域地貌形态的空间分布^[1]。目前,不规则三角网 TIN 是构建 DEM 的主要方法,其优点是可以减少规则格网(Grid)方法造成的数据冗余^[2]。采用 Delaunay 三角剖分是生成 TIN 的主要途径,但在构建大区域平坦地区 DEM 时,会出现大量三角形表示同一个平面的情况,由此产生大量的冗余数据,从而导致构建 DEM 的速度减缓。

本文集成了 Grid 建模与 TIN 建模各自所具有的优点。首先读取 Grid 的数据,并剔除冗余数据;然后再用 Delaunay 三角剖分算法生成 TIN 来构建 DEM 模型。用 Delaunay 三角剖分生成 TIN 构建 DEM 过程中,对于地表起伏不大的平原地区或小区地形平坦地区,大量的三角网对地表形态的拟合完全可以用一个或几个三角形来代替。笔者研究了 DEM 数据的优化方法,即剔除平坦地区用大量三角形描述起伏较小区域的数据,仅用一个或少量三角形拟合描述,且不损失或较少损失模型表示地形的逼真度与精度,从而大大提高构建 DEM 的速度。具体方法是用 Delaunay 三角网构建 DEM 时,采用移动窗口的数据优化算法和逐点搜索数据优化算法来达到减少数据量的目的,从而找出适用于海量、高效和符合实际应用需求的基于 TIN 构建 DEM

的方法,使 DEM 能够应用到更广泛的地学领域中。

二、DEM 数据优化

1. DEM 数据的选择

SRTM 数据是由美国太空总署(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测量的,其精度分为 1 arc-second 和 3 arc-seconds 两种,即 SRTM1 和 SRTM3 数据或 30 M 和 90 M 数据^[3]。本文试验研究区范围为北纬 $40^\circ \sim 41^\circ$ 、东经 $117^\circ \sim 118^\circ$,从中选取了 100×100 个 SRTM3 的采样点高程数据作为试验数据。试验区面积为 81 km^2 ,区内有平原、山地两大主要地貌类型,平原高程在 $21 \sim 60 \text{ m}$,山地的高程在 $1000 \sim 2303 \text{ m}$ 。

2. 移动窗口数据优化算法

移动窗口数据优化算法,就是在一定大小的窗口内判断地形高程值是否满足阈值要求,如果高程的最大值和最小值与平均值的差值都小于阈值,则剔除该点,其数学表达式为

$$\left. \begin{aligned} \max(X) - \text{avg}(X) &\leq \mu_{\text{thd}} \\ \text{avg}(X) - \min(X) &\leq \mu_{\text{thd}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, $\max(X)$ 、 $\min(X)$ 、 $\text{avg}(X)$ 分别为窗口内的高程数据的最大值、最小值和平均值; μ_{thd} 为选取的阈值。移动窗口数据优化的算法流程如图 1 所示。

由此可见,窗口大小及阈值的选取将影响到数据优化的效率和构建 DEM 的精度。若选取的窗口较大,计算量就小,能提高数据优化的速度,但会损

收稿日期: 2011-01-11

基金项目: 2009 年国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2009CB226107); 国家基础测绘科技项目(测科函[2009]44 号)

作者简介: 胡伟(1988—),男,河南信阳人,硕士生,主要研究方向为摄影测量与遥感。

失 TIN 建模表示地形的逼真度与精度,所构建的 DEM 难以较好地拟合地形;若窗口较小,则会增大计算量,降低优化速度。同样,若阈值选取较大,则用 TIN 构建的 DEM 来拟合地形就会失真且精度低;阈值较小,就达不到数据优化的目的。因此,如何选取最为适宜的窗口大小和阈值,取决于构建 DEM 的精度要求、采样点的高程数据及地形起伏情况。

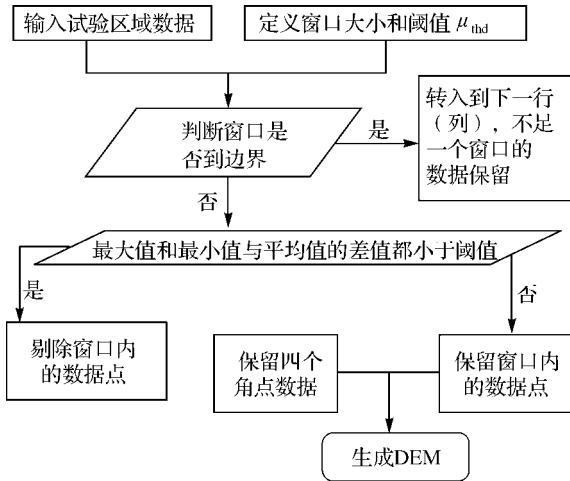


图1 移动窗口数据优化算法流程图

3. 逐点搜索数据优化算法

逐点搜索数据优化算法,就是逐点判断其高程值与邻域内高程值的关系,如果某点与邻域内高程差值都小于阈值,就剔除该点,其数学表达式为

$$\left. \begin{aligned} |H - H_{left}| &\leq \mu_{thd} \\ |H - H_{right}| &\leq \mu_{thd} \\ |H - H_{up}| &\leq \mu_{thd} \\ |H - H_{down}| &\leq \mu_{thd} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 H 、 H_{left} 、 H_{right} 、 H_{up} 、 H_{down} 分别表示某点的高程及该点邻近点左、右、上、下的高程。

逐点搜索数据优化的算法流程如图2所示。

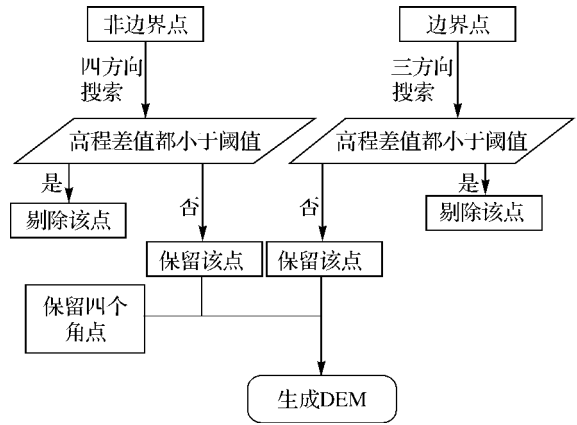


图2 逐点搜索数据优化算法流程图

三、实例验证

1. 移动窗口数据优化算法的优化结果

表1为选取 5×5 、 4×4 两种窗口大小与不同阈值的优化处理结果;图3为数据优化后,用 Delaunay 三角网生成 TIN 表示的 DEM 效果图。由表1及图3得出,移动窗口数据优化算法的数据优化率高达 28.57% 以上,构建 DEM 的时间由优化前的 0.5 s 缩短到 0.4 s 左右,提高了 DEM 的构建速度,构建的 DEM 拟合地形的逼真度和精度由阈值和窗口大小共同决定。

表1 不同阈值和窗口大小的优化结果

窗口大小	阈值/m	优化后三角形个数/个	优化后的点数/个	优化率/(%)	计算时间/s	效果图
5 × 5	1.5	14 029	7 143	28.57	0.416 1	图 3(a)
5 × 5	2.5	13 214	6 708	32.92	0.410 4	图 3(b)
5 × 5	3.5	12 110	6 140	38.60	0.388 7	图 3(c)
4 × 4	1.5	14 157	7 217	27.83	0.446 0	图 3(d)
4 × 4	2.5	13 438	6 854	31.46	0.436 7	图 3(e)
4 × 4	3.5	12 398	6 334	36.66	0.417 1	图 3(f)
原数据		19 602	10 000		0.500 2	图 3(g)

注:优化率=(原数据点个数-优化后数据的点个数)/原数据点个数 × 100%

2. 逐点搜索数据优化算法的优化结果

同理,表2和图4为选取不同阈值逐点搜索数据优化的结果及构建的 DEM 效果图。由表2和

图4得出,逐点搜索数据优化算法的数据优化率高达 30.20% 以上,构建 DEM 的时间由优化前的 0.5 s 缩短到 0.4 s 左右,提高了 DEM 的构建速度,构建

的DEM拟合地形的逼真度和精度随着阈值增大而减小。

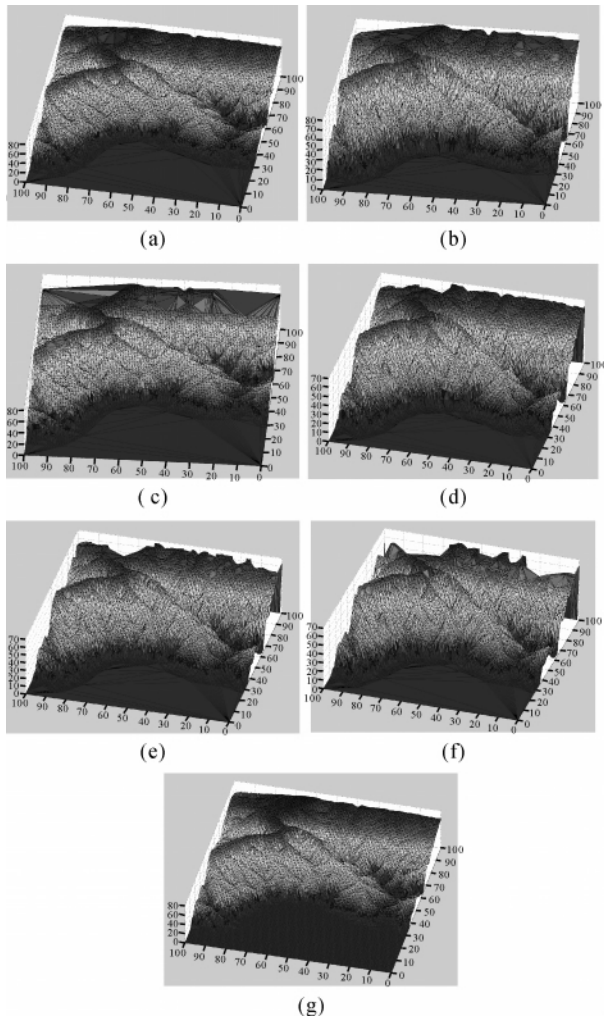


图3 DEM效果图

表2 不同阈值的优化结果

阈值 /m	优化后三角 形个数/个	优化后 点数/个	优化 率/(%)	计算时 间/s	效果图
0.5	13 717	6 980	30.20	0.444 1	图4(a)
1.5	11 702	5 927	40.73	0.381 6	图4(b)
2.5	6 426	3 253	67.47	0.323 1	图4(c)
原数据	19 602	10 000		0.500 2	图4(d)

3. 两种算法的优化效果

通过上述试验,从优化率、构建DEM的速度、DEM效果图3个方面对比分析得出:窗口大小为4×4、阈值为2.5m时,移动窗口数据优化算法优化效果较好;相同窗口大小且阈值为0.5m时,逐点搜索数据优化算法优化效果较好。据此可以得出,移

动窗口数据优化算法具有优化率高、构建DEM速度快、拟合地形的逼真度和精度高等优点。同时,还得出应根据地形特征、高程数据精度、构建的DEM拟合地形的精度和逼真度的要求,来选取阈值及窗口大小的结论。

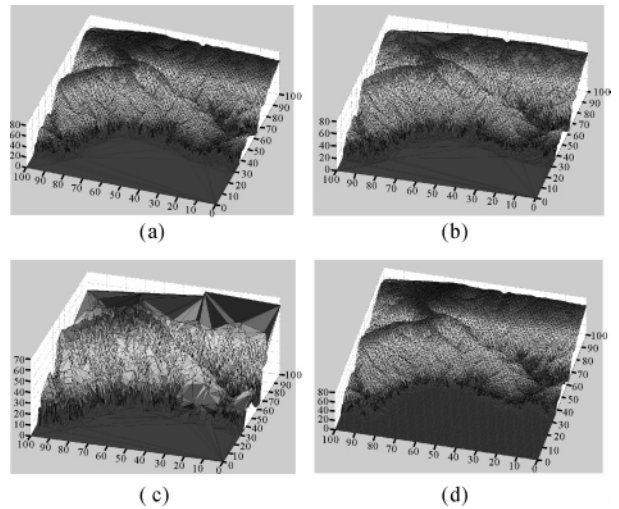


图4 DEM效果图

四、结束语

针对用Delaunay三角网生成TIN来构建DEM易产生大量数据冗余、影响到构建DEM速度的问题,本文建立了从数据源开始优化、剔除冗余数据的算法模型,并通过实例对比分析了移动窗口和逐点搜索数据优化算法的适用性,为研究高效构建DEM提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 宋秋艳. 不规则三角网及其可视化实现[D]. 长沙:中南大学, 2008.
- [2] 邱祝礼, 李有利. 不规则DEM数据转换为TIN模型算法探讨及可视化[J]. 工程与应用, 2005(2): 187-188.
- [3] 汪凌. 美国航天飞机雷达地形测绘使命简介[J]. 测绘通报, 2000(12): 38-40.
- [4] 王强. RS-Globe的DEM数据处理与Delaunay三角网生成算法研究[D]. 开封:河南大学, 2009.
- [5] 李志林, 朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2003.
- [6] 韩海辉. 基于SRTM-DEM的青藏高原地貌特征分析[D]. 兰州:兰州大学, 2009.
- [7] 罗斌. 基于约束数据域三角剖分的高精度DEM快速生成技术及实现[D]. 西安:长安大学, 2006.