

基于复杂地貌点云数据构建 DEM 的参数优选

王伟¹ 鲁民颀²

(1. 江苏省基础测绘设施技术保障中心 江苏南京 210013;

2. 南京工业大学测绘科学与技术学院 江苏南京 211800)

摘要: 针对反距离加权插值算法中的插值参数对基于野外实测点云数据构建 DEM 精度的影响问题, 以典型冲沟地貌为例, 采用平均值误差和均方根误差作为精度指标, 通过改变不同权值函数, 搜索方向, 搜索点数以及光滑因子等参数, 进行实验探究分析。实验结果表明: 权指数为 5, 四方向搜索方式, 邻域点 8-12 得到的插值结果较好。

关键词: 反距离加权 冲沟 点云 DEM

1 引言

数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 是利用连续函数通过离散数据点来建立模拟地形的模型, 用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型, 并且利用构造的函数来预测地面上任一未知点的高程信息, 其本质是插值逼近或者曲面拟合。获取地理要素空间属性的最重要的方法之一就是空间插值, 但受到插值方法、插值参数以及数据源等因素的影响, 在不同的区域和时间空间尺度下获取的地理信息不同。数字高程模型 DEM 作为数字化的地形图, 蕴含着丰富的地形特征和结构信息。在数字地形分析中, 生产 DEM 的质量是其根本保证, 而内插方法及其参数的选择起着至关重要的作用, 因此 DEM 生产精度研究具有重要的实践意义。

点云数据具有数据量极大以及离散特性, 不能连续表达地表信息, 因此用点云数据构建 DEM 需要选择适应的插值方法, 同时需要对点云数据进行一

系列复杂的数据处理, 生成的 DEM 能够更精确反映地表信息具有一定实用价值。但是点云数据插值的参数如何优选, 仍需进一步探讨。

2 数据来源及其研究方法

随着测量技术的发展, 点云技术运用更加的广泛, 采用了更先进的三维激光技术获取的点云数据对同一片样区进行数据获取和实验研究。样区数据基于 Riegl VZ-400 三维激光扫描仪野外实测点云数据。经过一系列预处理数据, 包括粗差点剔除、去噪、合并、抽稀及后续处理生成最终的处理样区数据。综合运用了 RiSCAN PRO 软件和 ARCGIS10.3 平台。经处理后在试验样区共获得 39 万个点云数据, 并抽样了 41771 个采样点进行插值分析。首先对插值的数据源进行检查, 在 ArcGIS 中数据检查通过探索性数据空间分析 (Explore Spatial Data Analysis, ESDA) 模块进行。通过直方图和趋势面分析, 结果如表 1 和图 1 所示。

表 1 样本数据地表高程直方图统计特征值

总样本数	样本数	最大值	最小值	均值	标准差	峰度	偏度
395033	41771	1016.6	997.71	1003.6	4.3554	2.67	0.76

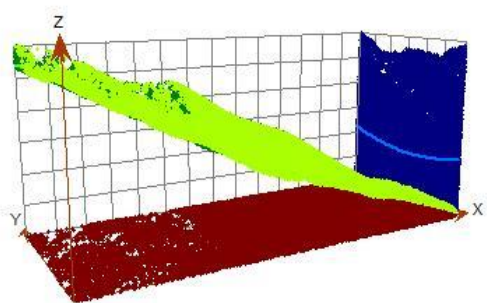


图 1 趋势面分析

结合直方图与趋势面分析, 发现数据处于正偏态和低峰度状态, 并且不符合正态分布; 数据趋势在东西呈现自高向低和南北方向呈现微 U 形状, 为二阶多项式变化趋势。因此, 选取反距离加权插值算法对样区进行研究。

3 空间插值方法及精度评价

确定性插值方法以研究区域内部的相似性, 或者以平滑度为基础, 由已知样点来创建面。确定性空间插值中分要包括反距离权插值、全局多项式插值、局部多项式插值和径向基函数插值等插值方法。本文主要针对反距离加权方法进行研究。

3.1 反距离加权插值算法

反距离加权插值算法是基于相近相似的原理, 每个采样点都对插值点具有一定的影响, 即权重。权重随着采样点和插值点之间距离的增加而减弱, 距离插值点越近的采样点的权重越大。而且当采样点在距离插值点一定范围以外时, 权重可以忽略不计。在任一插值点处的值是各采样点权重之和, 反距离加权插值法的一般公式如下:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

其中, $Z(s_0)$ 为 s_0 处的预测值; N 为预测计算过程中要使用的预测点周围样点的数量; λ_i 为预测计算过程中使用的各样点的权重, 该值随着样点与预测点之间距离的增加而减少。样点在预测点值的计算过程中所占权重的大小受参数 p 的影响; 也就是说, 随着采样点与预测值之间距离的增加, 标准样点对预测点影响的权重按指数规律减少。在预测过程中, 各样点值对预测点值作用的权重大小是成比例的, 这些权重值的总和为 1。

3.2 插值精度的评价

评价插值精度是采用平均预测误差 (Mean Error, ME)、均方根预测误差 (Root Mean Square Error, RMSE)。由于插值项误差之间存在数量级的差异, 无法进行直观的对比分析, 因此利用指标的极值对数据标准化, 防止数据的分析结果出现偏差。

3.3 技术路线

采用平均值误差和均方根误差作为精度指标, 通过改变不同权值函数, 搜索方向, 搜索点数以及光滑因子等参数设置得到最优参数, 技术路线如图 2 所示。

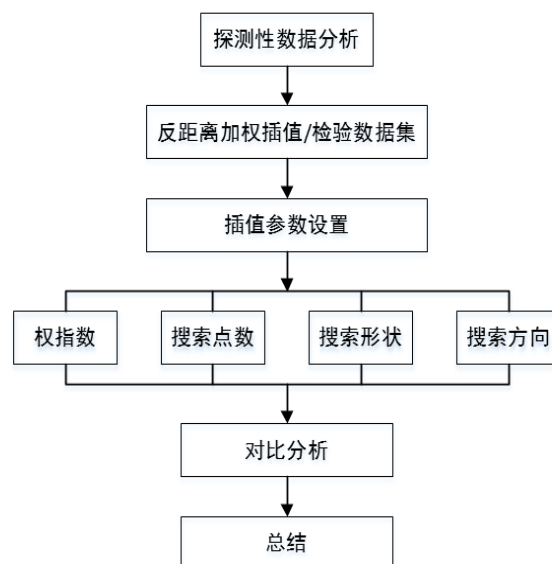


图 2 技术路线

4 结果与分析

4.1 权指数对 DEM 精度的影响

IDW 插值过程中, 保证权指数以外参数不变, 改变权指数以研究权指数对 DEM 插值精度的影响, 结果如图 3 所示, 权指数为 5 插值结果效果最佳。

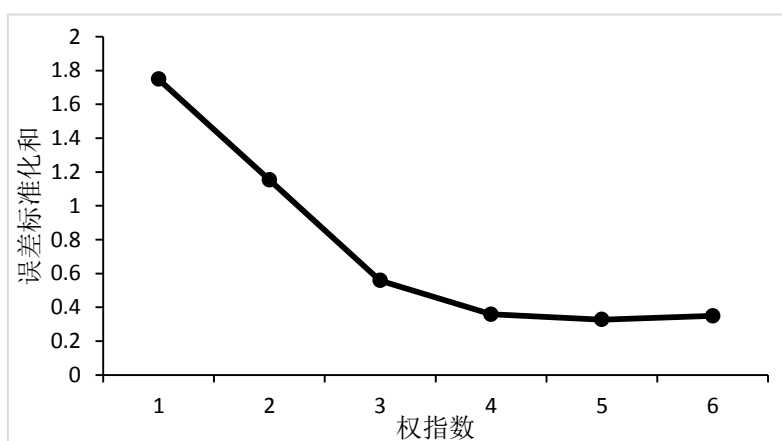


图 3 不同权指数下误差标准化和

4.2 搜索方向对插值精度影响

搜索方向是指在搜索采样点时增加方向因素。不考虑方向因素时以找到足够的采样点为准; 考虑搜索方向时则相当于在插值点周围平均搜索采样点, 研究分别选取了无方向, 四方向, 四方向偏移 45° 等实验结果一致。

和八方向四个搜索方向参数进行比较, 同时保证了权指数为 5, 搜索点数采用 8~12 个点设置不变。插值后的误差标准化和折线图如图 4 所示, 四方向搜索方向的误差最小, 效果最佳, 这与陈娟、张锦明等实验结果一致。

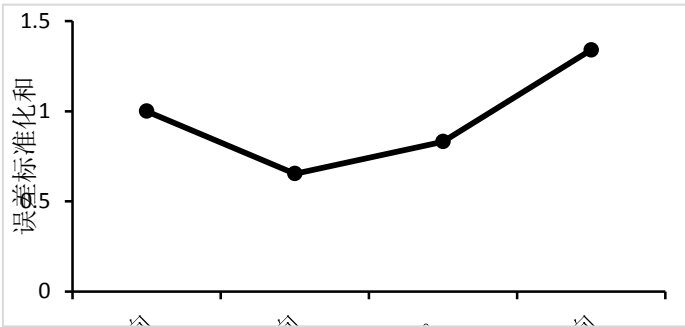


图 4 不同搜索方向的误差标准化和

4.3 搜索点数对插值精度影响 限时,误差增大明显,对 DEM 的精度影响明显增加, 为了避免搜索方式对实验的影响,方案估计了 如图 5 所示,综合多方面因素考虑,选取 4~8 个点 四方向搜索的最佳方案,采用 4 的倍数增加阈值, 最为最佳方案。 保证了采样的科学性。实验发现增大搜索点数的上

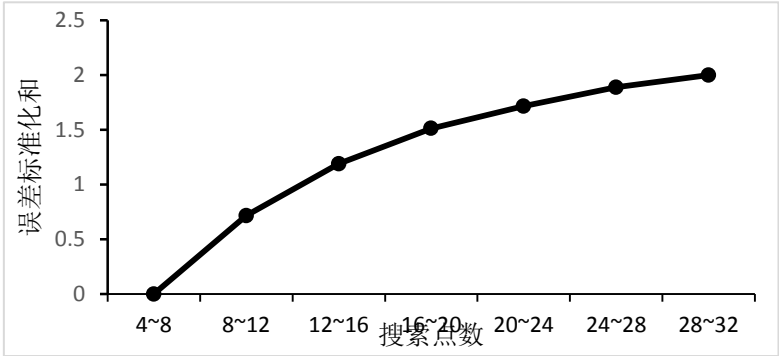


图 5 不同搜索点数的误差标准化和

4.4 平滑因子对插值精度影响 插值结果如表 2 所示,平滑因子在 0.1~1 之间取值 考虑补充研究了平滑因子对于插值精度的影响,变化,误差变化微乎其微,可以忽略不计。

表 2 不同平滑因子的插值结果

平滑因子	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Mean(10^{-4})	6.87954115	6.87954115	6.87954102	6.87953341	6.87949874
RMS(10^{-2})	4.06982301	4.06982301	4.06982301	4.06982243	4.0698199
平滑因子	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Mean(10^{-4})	6.87942133	6.87926797	6.87893518	6.87820545	6.87645249
RMS(10^{-2})	4.06981489	4.06980677	4.06979333	4.0697709	4.06973252

5 结束语 0.05m 的 DEM, 对后续该区域的重构地貌研究提供了 更好的参考技术依据。 采用最新的激光测量技术对传统的样区数据进行 研究针对的样区具有一定的局限性,没有考虑 重新的数据采集和空间插值分析,实验证明点云 不同的地貌类型和插值参数的适应性,后续将进一 数据不仅可以更加真实地展现真实地貌,而且精度 步对此进行深入研究。 更高。研究生成了比陈娟等生成的 0.6m 精度更高的

参考文献:

[1] 汤国安, 杨昕. Arc GIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 388-392

[2] 陈娟, 罗明良, 张斌, 等. 反距离加权插值参数变化对元谋冲沟 DEM 构建的影响[J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(1): 29-34.

(下转第 59 页)

另：根据梁端运行轨迹跟踪情况进行校核。

(4) 转速观测

在滑道上做好线速度控制标记，根据其设计的平转角速度，计算出相应于上转盘外侧的平均线速度。在上转盘外缘贴上坐标米格纸带，在转体过程中精确计时，观测米格纸带的刻度，计算其转体速度。

(5) 巡视监测

在转体过程中，技术人员和质检人员等对转盘、墩梁固结以及梁体等结构进行检查，检查是否有裂缝等现象发生，进行记录，若有及时向指挥组、专家组汇报，并按指令进行操作。

5.5 其他监测内容和方法

5.5.1 微调精确定位监测

(1) 转体就位后，对转体梁段全面测量检查，计算出就位轴线及高程偏差值。

(2) 在上转盘与承台间，对称于转盘中心，在桥轴线两侧采用微调油缸精确调整梁体整体横桥向的倾斜。

(3) 在墩里程线前后采用微调油缸精确调整梁体整体顺桥向的倾斜，梁体两端与边跨线浇段能较好顺接完成后，全面测定转体梁段的轴线及标高。

严格掌握结构的尺寸和重量，其尺寸允许偏差为 ± 5 mm，重量偏差不得超过 $\pm 2\%$ ，桥体轴线平面允许偏差为 12 mm，轴线立面允许偏差为 ± 10 mm。

5.5.2 应变监测

为掌握结构关键部位的受力及变形情况，在转体过程中和转体到位后的箱梁顶升、支座安装和箱梁落位过程中，对结构体 0L、0.5L、L、1.5L、2.0L

六个断面进行混凝土应变监测，每个断面上下翼缘，沿横向在两个腹板顶部、纵向轴线处取三个点，共 $6 \times 2 \times 3 = 36$ 个点埋设钢弦式应变计，示意简图如图 6 所示。

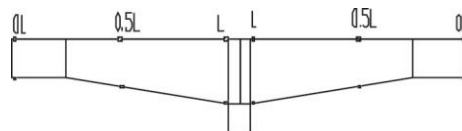


图 6 应变监测点位布置图

监测元件采用埋入式混凝土应变计，数据采集利用频率测定仪测钢弦受力变形后的频率值，求得混凝土的应变情况。

6 结束语

(1) 转体完成后实测数据监测

整个试转过程通过对高程和应力检测显示，转动过程一切正常。旋转结束后，经采用精密水准仪和全站仪对两座结构进行高程和轴线测量，实测结果完全满足规范和设计要求标准，数据如表 1 所示。

表 1 数据复核检测表

部位	轴线偏差 (mm)	高程偏差 (mm)
左幅	6	8
右幅	4	6

(2) 本监控测量项目工程设置的监测项目齐全，所采用的监测方法科学合理，能够保证提供及时正确的监测数据，为桥梁转体施工的精确控制提供数据基础支持。

参考文献：

- [1] GB50026-2007, 工程测量规范[S].
- [2] JTGD63-2007, 公路桥涵地基与基础设计规范[S].

(上接第 62 页)

- [3] 慕凯, 罗明良, 岳彦利, 等. 基于点云构建干热河谷典型冲沟 DEM 的参数优选——以析取克里格插值方法为例[J]. 中国农学通报, 2016(27): 126-131.
- [4] 张锦明, 郭丽萍, 张小丹. 反距离加权插值算法中插值参数对 DEM 插值误差的影响[J]. 测绘科学技术学报, 2012, 29(1): 51-56.
- [5] 张锦明, 游雄, 万刚. DEM 插值参数优选的试验研究[J]. 测绘学报, 2014(2): 178-185.
- [6] 李瑾杨, 范建容, 徐京华. 基于点云数据内插 DEM 的精度比较研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(1): 37-40.
- [7] 青亚兰, 罗明良, 张斌, 等. 径向基函数对干热河谷冲沟 DEM 构建的影响[J]. 测绘科学, 2015, 40(7): 113-117.
- [8] 马立平. 统计数据标准化——无量纲化方法——现代统计分析方法的学与用(三)[J]. 北京统计, 2000(03): 34-35.