

点云数据抽稀与加密对微地形数据分析的影响

魏舟^{1,2}, 李光录¹, 候雷¹, 蔡娟娟¹, 刘馨³

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 陕西省土地工程建设集团, 西安 712000; 3. 勉县水土保持工作站, 陕西 勉县 724200)

摘要:针对不同观测尺度下,大起伏(20 cm 耕作处理)、微起伏(耙平裸坡处理)两种地形的点云数据进行抽稀、加密处理,选取地表曲率、坡向、地表糙度3种直观的指标对抽稀、加密处理对微地形数据分析的影响进行了评价。结果显示:抽稀与加密处理对于起伏较大的地形曲率影响更为明显,对于起伏较小的地形则影响不显著。5、10 mm 数据抽稀与加密处理后坡向变化不显著。1 mm 尺度抽稀地表糙度的影响十分规律,5 mm 加密与抽稀对于大起伏地形的影响十分复杂,10 mm 加密对于大起伏地形糙度变化较为复杂,裸坡变化则相对规律。

关键词:微地形; 曲率; 地表糙度; 坡度

中图分类号: P951

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)03-0283-04

Effect of Rarefied or Encrypted Point Cloud Data on the Analysis of Micro Topography Observation

WEI Zhou^{1,2}, LI Guanglu¹, HOU Lei¹, CAI JuanJuan¹, LIU Xin³

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling,

Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Land Construction Group, Xi'an 712000, China;

3. Soil and Water Conservation Station for Mianxian, Mianxian, Shaanxi 724200, China)

Abstract: We adopted the point cloud data of deep tillage terrain and bare slope terrain in different observation scale for vacuating and encrypting. The influence on micro topography observation was evaluated through selecting three intuitive indicators of surface ground curvature, aspect and surface roughness. The result shows that vacuating and encrypting have great influence on the large wavy terrain but have little influence on the small wavy terrain such as bare slope. Little change of aspect by vacuating and encrypting 5 mm and 10 mm data is contributed by the observation scale for the influence on the surface generalization situation. Vacuating 1 mm scale data has regular influence on surface roughness. 5 mm data will cause complex changes with regard to complex terrain surface roughness through encrypting and vacuating. 10 mm data will cause complex changes to deep tillage terrain through encrypting and vacuating, but the changes of bare slope are relatively regular.

Keywords: micro topography; curvature; surface roughness; slope

地面激光扫描仪获取的点云数据量较大,一直是影响数据后期处理的一个难点,针对这一问题很多学者做出了大量的研究^[1-3]。在大多数情况,对一个DEM项目来说,并不需要DEM表面所表达出来的全部信息,只需量测表达相应地表所需要的数据点以达到一定的地形表面精度和可信度即可^[4]。在微地形起伏较小的区域,很高密度的激光脚点就显得十分奢侈。

三维激光扫描仪更多应用于各个领域,人们在实践中也过多地使用了这种能够快速获取地表信息新型仪器,与此同时激光扫描仪数据点密度较大,数

据冗余繁杂等现象也出现在了人们的眼前^[5]。张丽艳、刘春等^[1-2]针对三维激光扫描技术做出了很多研究,但是这些研究主要集中在逆向工程的应用中,三维激光扫描技术获得的点较多,有时甚至可以达到每m²几百万个点,然而在地形平坦的区域只需要少量的点就可以清晰地表达地表形态,在较为复杂的区域则需要更多的点对地表进行描述。

地形表面曲率是局部地形曲面在各个截面方向上的形状,凹凸性变化的反映,反映了局部地形结构和形态^[6],曲面上任何一点的曲率值都存在着不同的

地学含义和几何定义^[7],为了实际应用人们提出了多种曲率:对于一点而言有最小曲率、最大曲率和平均曲率;针对地形表面物质运动、沉积物运动等则有剖面曲率、正切曲率和等高线曲率等。

地表粗糙度是反映地表微地形物理性状和微地貌形态的重要指标^[8],是地表微地貌起伏的具体体现,能够直接反映地表高程的变化,目前常用的地表粗糙度的观测方式有测针法、链条法、立体摄像法等多种方法^[9]。抽稀、加密处理后导致采样点的数据组织排列顺序发生了较大的变化,使得观测的坡度发生了变化,因此间接影响了曲面的面积。

在我国黄土区,人们将微地形的概念进一步定义为:较小面积范围内,地表相对高程变化在 5~25 cm 范围内的一种地形特征^[10]。通常情况下这种地形人为因素起伏变化比较复杂,使用扫描仪观测此类地形显得尤为艰难,获取的观测数据分布差异十分明显,因此对观测结果进行抽稀、加密处理,使得点云数据的排列更为合理,对于微地形观测有很重要的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室完成,试验土壤为陕西杨凌当地塬土,控制土壤容重为 1.15~1.16 g/cm³,试验所用侵蚀槽规格为 2 m×1 m×0.6 m(长×宽×高),坡度 15°,采用深耕、耙平

裸坡两种地形;降雨历时 1 h,雨强为 90 mm/h。

1.2 点云数据获取

降雨前后,利用三维激光扫描仪获取地表微地形的点云数据,为了避免地形起伏对于微地形的影响采用 3 个测站对坡面进行扫描,获得点云数据,采样间隔为 1,5,10 mm。

1.3 数据的选取和预处理

试验过程中选择深耕、裸坡两种地形,采用 1,5,10 mm 共 3 种观测尺度描述地表的地形变化,试验过程中为了避免侵蚀小区边缘遮挡对观测结果产生影响,因此选择小区中间区域 1.7 m×0.8 m 范围作为数据主要来源,并且对原始扫描数据进行抽稀、加密处理。具体步骤为:将原始点云数据导入扫描仪自带软件 ScanMaster,对选取测次的扫描数据整体进行粗差点剔除,采用扫描仪配套软件的抽稀、加密模块进行处理,将 1 mm 扫描精度的数据分别抽稀为 5,10 mm;5 mm 扫描数据加密为 1 mm,抽稀为 10 mm;将 10 mm 扫描数据加密为 1,5 mm,处理后将数据与原始数据导出,导出文件格式为:.txt 文件,便于第三方软件进行处理。抽稀、加密两种数据处理的方式是通过改变数据的存储方式、组织形式和采样点的间隔降低数据的冗余或提高数据点的采样精度,抽稀加密的理论依据均为地理学第一定律,即事物的相关性与其相邻的距离有关,距离越大相关性越大,距离越小相关性越小;各类数据抽稀加密后采样点数量变化见表 1。

表 1 各尺度数据抽稀加密后采样点数变化

采样间隔	1 mm	5 mm	10 mm	抽稀			加密		
				1—5 mm	1—10 mm	5—10 mm	5—1 mm	10—5 mm	10—1 mm
采样点数	6735709	266365	63554	1066803	267068	266355	231706	63554	63554

由表 1 可以看出,1 mm 数据在抽稀的过程中采样点的数据量减小十分显著,抽稀至 5 mm 尺度时采样点的数量下降了 84.16%,抽稀至 10 mm 尺度时减少了 96.04%;然而 5 mm 尺度在加密为 1 mm 时采样点增加了 10 个,增加量并不明显,抽稀为 10 mm 过程中采样点数量减少了 13.1%,相对于加密来说变化较为明显;针对 10 mm 数据进行加密处理后采样点的数量并没有发生变化,但是采样点的组织形式却发生了变化。

将导出的各组数据分别导入到 ArcGIS 中进行处理,生成对应的 DEM 数据,并且从中提取出坡度、坡向、曲率 3 组基本特征值,利用栅格数据求出对应坡面的平面面积,利用栅格数据之间的平均坡度将平面面积投影到曲面上求取曲面面积。

$$S_1 = N \cdot L^2 \tag{1}$$

$$S_2 = S_1 / \cos(P/180) \tag{2}$$

式中: S_1 ——平面面积; S_2 ——曲面面积; N ——对应

坡度栅格数; L ——对应栅格边长; P ——坡度,计算过程中为了减小坡度分级对于地形变化的影响采用 1°一类的分类标准。

利用公式(1)~(2)计算结果来计算坡面的糙度,整个试验过程中采用面元糙度来衡量地表的糙度变化,具体公式如下:

$$C_z = S_2 / S_1 \tag{3}$$

式中: C_z ——地表糙度,为曲面面积与平面面积的比值,当 $C_z=1$ 的时候,糙度最小,此时为平面。

将 ArcGIS 中提取出的各组数据的曲率、曲面面积、坡向等相关数据录入 Excel 中进行初步统计,得出初步的统计数据,而后将所得数据导入分析软件 Origin 中进行相应的分析处理,得到分析所用的数据。

2 结果与分析

2.1 抽稀、加密处理对于地表曲率变化的影响

选用全曲率来描述地表的结构形态,通过重分类

将曲率分为 ≤ 0 、 > 0 两类,统计各类栅格数量,比较两种地形抽稀、加密后微地形地表曲率的变化情况。

1 mm 数据抽稀处理后地表曲率变化见图 1,裸坡的曲率在抽稀到 5 mm 时候有一个明显的变化,然而抽稀到 10 mm 时候的变化却略小于 5 mm,由此可以看出,随着抽稀尺度的增大,裸坡曲率的变化情况逐渐舒缓;深耕曲率在抽稀到 5 mm 时相对于抽稀到 10 mm 完全是截然不同的两种变化,由此可以说明抽稀对于深耕地形的影响更为显著。

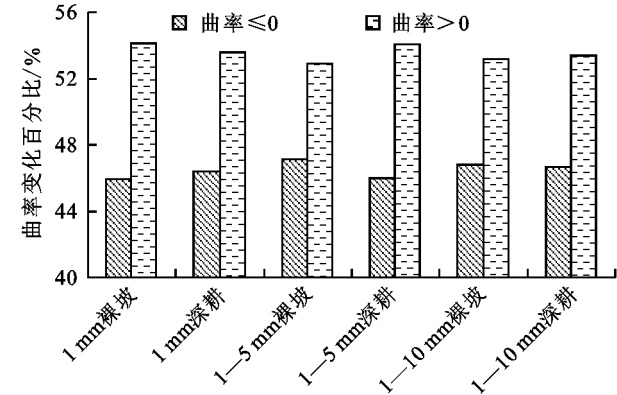


图 1 1 mm 抽稀曲率变化比例

5 mm 数据抽稀、加密后的变化情况见图 2,裸坡曲率在抽稀到 10 mm 时变化非常小,几乎可以忽略,然而在加密到 1 mm 时的曲率变化相对于抽稀时则显得十分明显,因此 5 mm 数据抽稀、加密后曲率的变化十分细微,但加密对曲率的影响相对较大。深耕曲率在抽稀到 10 mm 和加密到 5 mm 的情况下曲率的变化量很接近,抽稀对于曲率的影响略大,因此在该尺度上抽稀、加密两种数据处理方式对于两种地形曲率的影响截然不同。

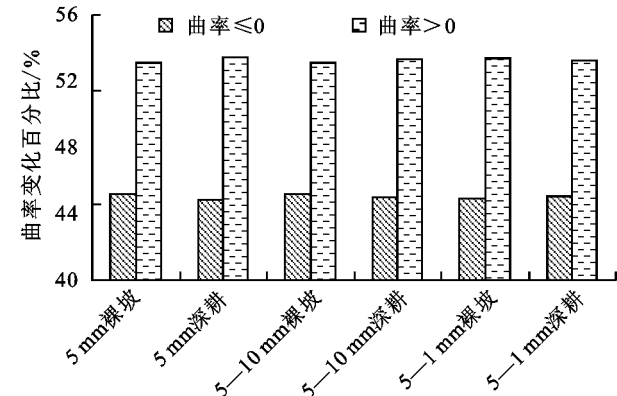


图 2 5 mm 抽稀、加密曲率变化

10 mm 数据加密后曲率变化见图 3,裸坡曲率在加密到 5 mm 和 10 mm 时变化都不明显;深耕的曲率在加密到 5 mm 时变化不明显,然而在加密到 1 mm 时则发生了巨大的变化,由此可以看出加密对于起伏较大的地形曲率变化影响较为明显。

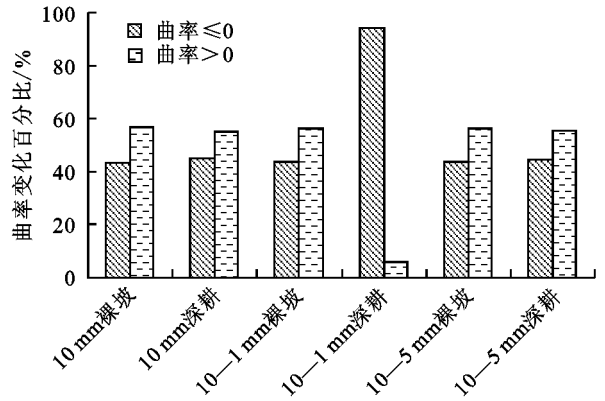


图 3 10 mm 加密处理曲率变化

综上所述可得出,抽稀、加密处理对于地表起伏较大的地形曲率影响更为明显,对于裸坡等起伏较小的地形则影响不明显。

2.2 抽稀、加密处理对于微地形坡向变化的影响

在 ArcGIS 中提取出不同观测尺度以及抽稀、加密后的各组数据的坡向,按照每 15° 为 1 个分割点将坡向进行重分类,采用各类坡向中栅格数占总栅格数的百分比来研究坡向受抽稀加密处理的影响。

如图 4—6 所示,1 mm 抽稀加密前后裸坡的坡向在 $120^\circ \sim 200^\circ$ 变化较大,深耕地形坡向则在各个坡度段变化均十分细微;5 mm 数据抽稀、加密后,无论是裸坡、深耕对于各个分割段坡向的观测结果影响十分细微;10 mm 抽稀处理后,深耕、裸坡在观测的各个坡向分段内无论如何抽稀坡向变化十分微小,几乎可以忽略不计,仅有在高坡度段有细微差异。5 mm 和 10 mm 数据抽稀、加密处理后坡向变化并不明显主要是由于观测尺度对于地表概括情况的影响造成的。

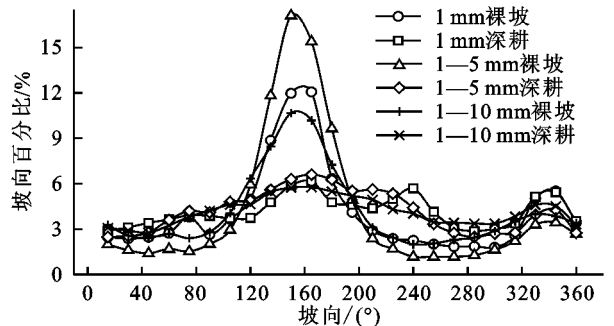


图 4 1 mm 抽稀后坡向变化

2.3 抽稀与加密对地表糙度的影响

经过抽稀、加密处理后对应坡面的糙度变化影响如表 2 所示,1 mm 数据在抽稀后,地表糙度随着抽稀尺度变大而增大;5 mm 裸坡数据在抽稀、加密两种情况下均发生糙度增大的现象,且两种处理对糙度影响相当,5 mm 深耕则出现抽稀糙度增大,加密糙度减小的状况,说明加密处理对于两种地形糙度的影响十分明显;10 mm 裸坡数据在加密的过程中随着加

密尺度的减小,糙度呈现出先减小后增大的趋势,而深耕坡面在加密的整个过程中糙度的变化都十分规律,呈现出减小的趋势,且随着尺度减小,糙度减小的速率有增大的趋势。

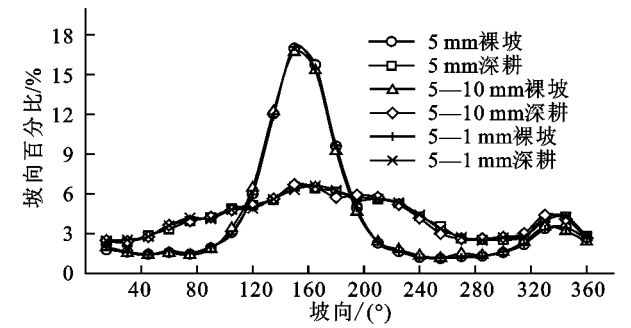


图 5 5 mm 数据抽稀、加密处理后坡向变化

可见,1 mm 尺度抽稀对于地表糙度的影响十分规律,5 mm 加密、抽稀过程对于复杂地形的数据糙度则会造成复杂的变化,10 mm 加密、抽稀对于深耕糙度变化较为复杂,裸坡变化则相对规律。

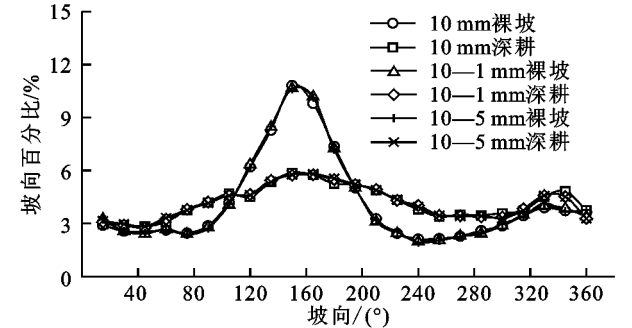


图 6 10 mm 加密处理后坡向变化

表 2 抽稀、加密处理后各个坡面糙度变化

项目	1 mm	1 mm	1—5 mm	1—5 mm	1—10 mm	1—10 mm	5 mm	5 mm	5—10 mm
	裸坡	深耕	裸坡	深耕	裸坡	深耕	裸坡	深耕	裸坡
曲面面积	1.8495	1.9653	1.9116	1.9907	1.9495	2.0048	1.7935	1.8922	1.7941
平面面积	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
糙度	1.1417	1.2131	1.1800	1.2288	1.2034	1.2375	1.1071	1.1680	1.1075

项目	5—10 mm	5—1 mm	5—1 mm	10 mm	10 mm	10—1 mm	10—1 mm	10—5 mm	10—5 mm
	深耕	裸坡	深耕	裸坡	深耕	裸坡	深耕	裸坡	深耕
曲面面积	1.8954	1.7942	1.8917	1.8995	1.9672	1.9017	1.9639	1.8976	1.966
平面面积	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
糙度	1.1700	1.1075	1.1677	1.1725	1.2143	1.1739	1.2123	1.1714	1.2136

3 结论

- (1) 抽稀与加密处理对于地表起伏较大的地形曲率影响更为明显,对于起伏较小的地形则影响不明显。
- (2) 5 mm 和 10 mm 数据抽稀与加密处理后坡向变化并不明显。
- (3) 1 mm 尺度抽稀对于地表糙度的影响十分规律;5 mm 加密与抽稀过程对于复杂地形的数据糙度则会造成复杂的变化;10 mm 加密与抽稀对于大起伏地形糙度变化较为复杂,微起伏糙度变化则相对规律。

参考文献:

[1] 张丽艳,周儒荣.海量测量数据简化技术研究[J].计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(11):1019-1023.

[2] 刘春,杨伟.三维激光扫描对构筑物的采集和空间建模[J].工程勘察,2006(4):49-53.

[3] 黄承亮,吴侃,向娟.三维激光扫描点云数据压缩方法

[J].测绘科学,2009,34(2):142-144.

[4] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉大学出版社,2001.

[5] 张小红.机载激光雷达测量技术理论与方法[M].武汉:武汉大学出版社,2007.

[6] 周启鸣,刘学军.数字地形分析[J].测绘与空间地理信息,2007,30(3):146.

[7] 郑子成,吴发启,何淑勤,等.地表糙度对径流和产沙影响的室内试验研究[J].农业工程学报,2007(10):19-24.

[8] Schmidt J, Evans I S, Brinkmann J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation [J]. International Journal of Geographical Information Science,2003,17(8):797-814.

[9] 张利超,杨伟,李朝霞,等.激光微地貌扫描仪测定侵蚀过程中地表糙度[J].农业工程学报,2014,30(22):155-162.

[10] 张青峰,王健,赵龙山,等.基于 M-DEM 黄土人工锄耕坡面微地形特征研究[J].干旱区资源与环境,2012,26(9):1491-1491.