



第9章 空间数据库应用 开发实例

中南大学地信系 李光强
QQ : 41733233

教学目标

- 熟悉使用空间数据库开发应用程序的方法

教学内容

- 使用PostGIS从点云数据中提取建筑物实例

- ▣ **激光探测及测距系统** (Light Detection and Ranging , LiDAR) 也称作激光雷达 , 是以发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统。
- ▣ LiDAR通过向目标发射探测激光信号 , 将接收到的目标反射信号进行分析和计算 , 从而获得目标的**距离、方位、高度、速度、姿态、形状**等信息。
- ▣ **点云** (point cloud) 是空间测量点的数据集 , 用以表示空间目标的三维形状及其特征 , 通常由三维激光雷达扫描仪获取
- ▣ 点云中每个点的空间位置由一组笛卡尔坐标 (x,y,z) 定义 , 有些点云数据中可以包含色彩 (Red , Green , Blue) 、 物体反射面强度 (Intensity) 、 回波次数、GPS时间等信息。
- ▣ 点云数据**存储格式**有**LAS、LAZ**、PCD、XYZ、PLY、OBJ、TXT、CSV等格式

□ (1) 点云数据预处理

- 具有不同坐标系统且存在噪声的点云数据，不能满足数字化模型真实度和实时性的要求，所以需要对三维点云数据进行去噪、简化、配准以及补洞等预处理。
- 本实例主要使用**统计滤波方法去除噪声数据**，即使用滑动窗口**剔除n倍标准差**以外的测量点

□ (2) 建筑物边界提取

- 从点云数据中提取建筑物边界的方法有：
 - 1) 渐进式目标提取方式
 - 2) 基于高差阈值的提取方法
 - 3) 基于模型的提取方法
 - 4) 基于LiDAR扫描线的建筑物快速检测方法
 - 等等
- 本实例使用**高差阈值和高差统计标准差方法**，从点云数据中分离出建筑物测量点，然后使用聚类方法提取单个建筑物测量点集合，最后由点集生成建筑边界线

9.3 实例数据简介



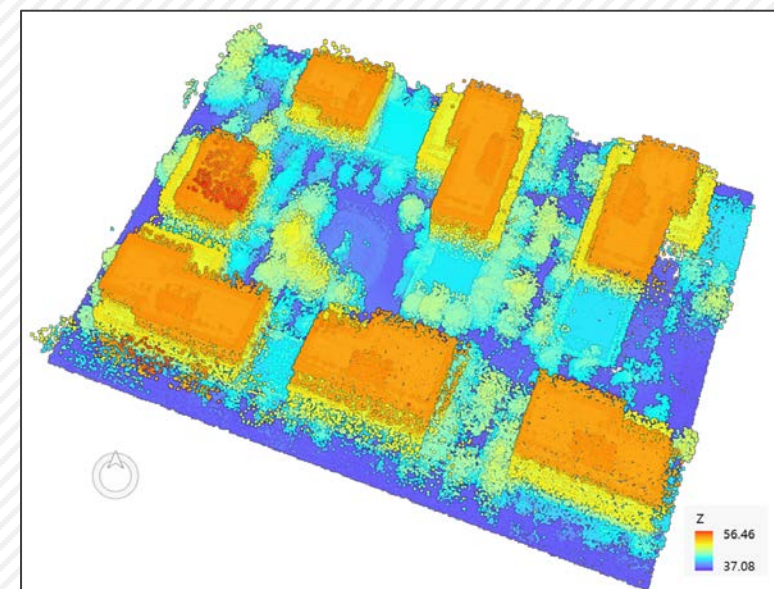
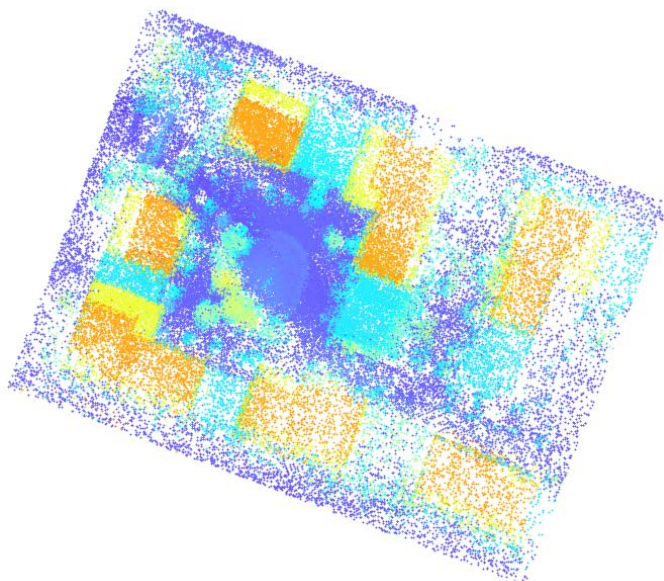
□ 无人机机载激光雷达系统扫描某园区得到园区的点云数据，并存为LAS 1.2 Format 3的数据格式

id	X	Y	Z	Intensity	Return Number	R	G	B
1	566798.88	12593.4	38.22	63	1	0	22784	22784
2	566798.01	12594.7	38.08	72	1	0	22784	22784
3	566796.54	12594.2	53.18	54	1	0	33280	33280
4	566800.93	12594.8	38.20	63	1	0	22784	22784
5	566801.35	12593.6	38.30	72	1	0	23040	23040
6	566795.80	12595.6	38.14	63	1	0	22784	22784
7	566799.97	12594.6	38.23	63	1	0	22784	22784
...	...	...	...	...	...	...	...	...

序号	属性	属性值
1	file_source_ID	0
2	global_encoding	0
3	project_ID_GUID_data_1	0
4	project_ID_GUID_data_2	0
5	project_ID_GUID_data_3	0
6	project_ID_GUID_data_4	
7	version_major	1
8	version_minor	2
9	system_identifier	PDAL
10	generating_software	PDAL 2.1.0 (828987)
11	file_creation_day	171
12	file_creation_year	2021
13	header_size	227
14	offset_to_point_data	351
15	number_of_variable_length_records	2
16	point_data_format	3
17	point_data_record_length	34
18	number_of_point_records	175137
19	number_of_points_by_return	{175137, 37275, 0, 0, 0}
20	x_scale_factor	0.001
21	y_scale_factor	0.001
22	z_scale_factor	0.001
23	x_offset	566783
24	y_offset	**12660
25	z_offset	38.0928
26	max_x	566942.005
27	min_x	566760.884
28	max_y	**12692.73
29	min_y	**12550.48
30	max_z	57.3128
31	min_z	46.4688

9.3 实例数据简介

- 研究区域地物包括建筑物（部分建筑物上安装太阳能光伏板）、沥青道路、水泥砖广场、行道树、低矮植被、草地等



□(1)创建点数据表

```
DROP TABLE IF EXISTS pointcloud;
```

```
CREATE TABLE pointcloud
```

```
(
```

```
    id                serial8 primary key           ,           -- 标识号, 主码
```

```
    x                 float                          ,
```

```
    y                 float                          ,
```

```
    z                 float                          ,
```

```
    intensity         int                           ,
```

```
    return_number     int                           ,
```

```
    number_of_returns int                           ,
```

```
    classification    int                           ,
```

```
    red               int                           ,
```

```
    green             int                           ,
```

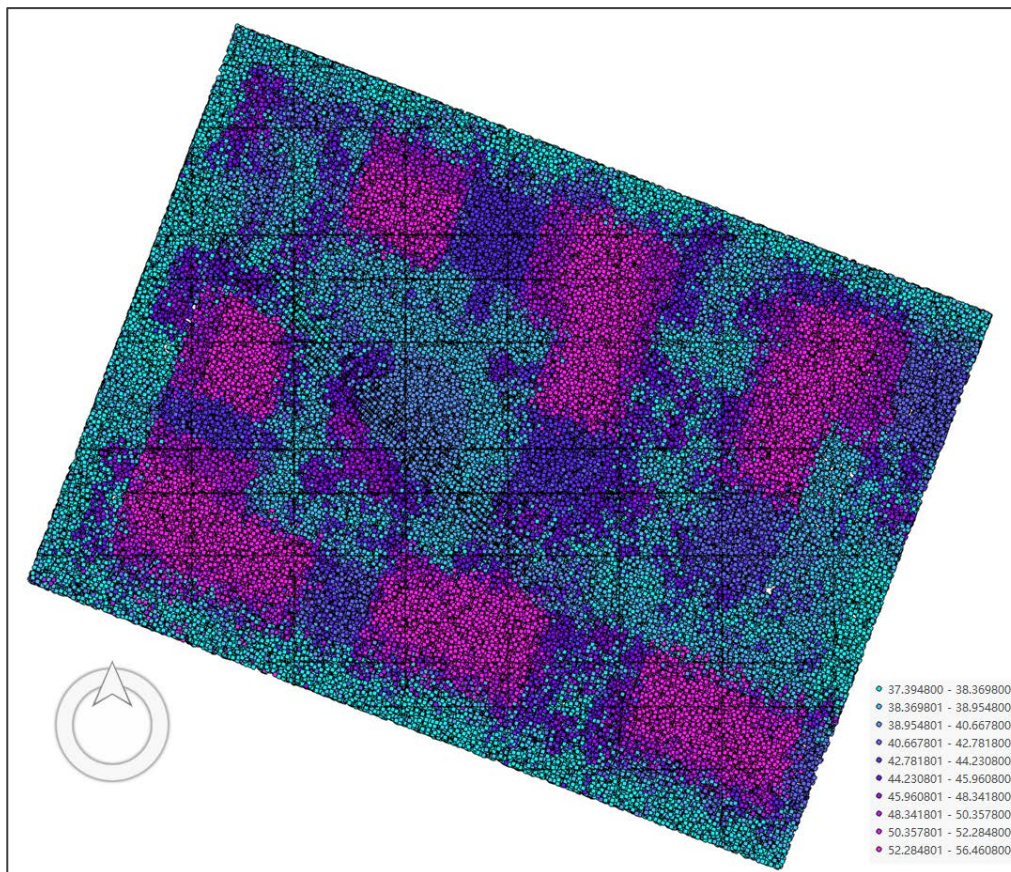
```
    blue              int                           ,
```

```
    geom              geometry
```

```
);
```

□(1)导入点云数据

本实例使用程序9-5 python 程序读取LAS数据并写入PostGIS数据库的pointcloud数据表



□ 点云数据滤波去噪

- 此统计滤波法是以每个测量点 p 为中心构建特定尺寸 $wsize$ 的立方体窗口 w ，搜索 w 包含的测量点集 S ，然后根据以下两种条件分别进行相应操作：
 - ① 当集合 S 中测量点数量 $n=|S|$ 小于给定阈值 $minpts$ 时，删除 p 点；
 - ② 计算集合 S 中高程 z 的均值 $zavg$ 和标准差 $zdev$ ，删除给定 m 倍标准差范围外的点。

9.4 点云空间数据库



□ 点云数据滤波去噪程序代码

/*-----

程序：点云统计滤波程序

作者：李光强

时间：2022/8/16/

-----*/

DO \$\$

DECLARE

myrec	record;	-- 当前点记录
point1	float[3];	-- 三维立方体(窗口)点1
point2	float[3];	-- 三维立方体(窗口)点2
wsiz	float = 1;	-- 窗口大小
n	int;	-- 窗口内点数量
m	int = 3;	-- 标准差倍数阈值
minpts	int = 10;	-- 窗口包含点数量最小阈值
zavg	float;	-- 当前窗口中所有点高程均值
zdev	float;	-- 当前窗口中所有点高程标准差
i	int;	
pcount	int;	-- 点云总数量

BEGIN

-- 创建索引

CREATE INDEX IF NOT EXISTS idx_x ON pointcloud(x);

CREATE INDEX IF NOT EXISTS idx_y ON pointcloud(y);

CREATE INDEX IF NOT EXISTS idx_z ON pointcloud(z);

FOR myrec IN SELECT id,x,y,z,geom FROM pointcloud

LOOP

-- 计算当前点的三维滑动窗口

point1[1]= myrec.x - wsiz/2;

point1[2]= myrec.y - wsiz/2;

point1[3]= myrec.z - wsiz/2;

point2[1]= myrec.x + wsiz/2;

point2[2]= myrec.y + wsiz/2;

point2[3]= myrec.z + wsiz/2;

-- 计算当前窗口中点数据、z均值和标准差

SELECT count(0),avg(z),stddev(z) FROM pointcloud

WHERE x>=point1[1] AND y>=point1[2] AND z>=point1[3]

AND x<point2[1] AND y<point2[2] AND z<point2[3]

INTO n,zavg,zdev;

-- 如果滑动窗口中点数小于指定阈值，或当前点的z值与均值的绝对值超过了m倍标准差,则删除该点

IF(n < minpts OR ABS(myrec.z - zavg)>m*zdev) THEN

DELETE FROM pointcloud WHERE id=myrec.id;

END IF;

END LOOP; --/for myrec

raise notice ' 点云滤波完成.';

END;

\$\$

9.5 点云分类

- 点云数据分类是依据一定的规则将点云划分为若干类的过程，通常一类地物的点云数据归为一类，地物类型使用整型存储在LAS数据的classification字段. ASPRS组织定义的classification类型代码:

Classification Value (bits 0:4)	Meaning
0	Created, never classified
1	Unclassified
2	Ground
3	Low Vegetation
4	Medium Vegetation
5	High Vegetation
6	Building
7	Low Point (noise)
8	Model Key-point (mass point)
9	Water
10	Reserved for ASPRS Definition
11	Reserved for ASPRS Definition
12	Overlap Points
13-31	Reserved for ASPRS Definition

9.5 点云分割



- 由于本实例研究区域地物较为简单，而且建筑物高程特性较为明显，所以本实例使用高程阈值的方式对点云进行分类，并将分类码写入点云数据表的classification字段。点云分类语句如下：

-- 初始化点云分类码

```
update pointcloud set classification = 0;
```

-- 地面

```
update pointcloud set classification = 1 where z <= 40;
```

-- 低矮植物

```
update pointcloud set classification = 3 where z > 40 and z < 45;
```

-- 较高植物

```
update pointcloud set classification = 4 where z >= 45 and z < 49;
```

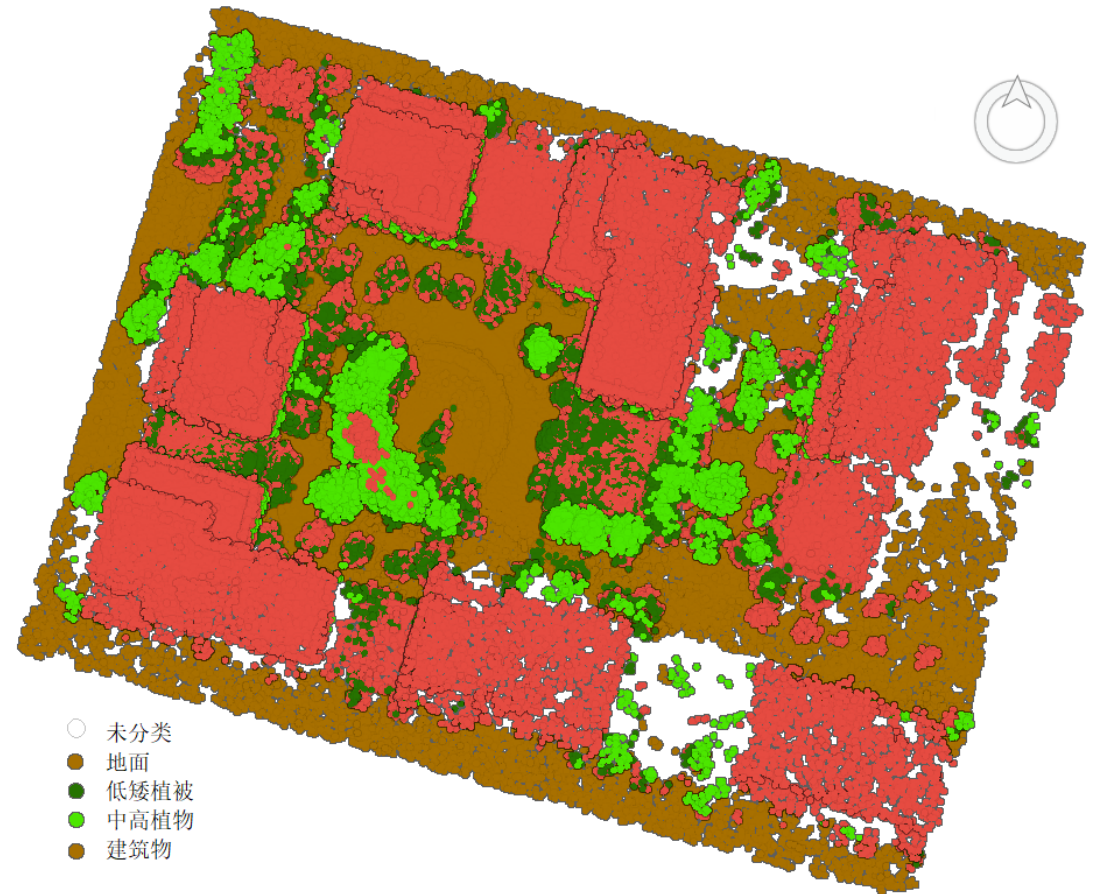
-- 低矮建筑物

```
update pointcloud set classification = 6
```

```
where z > 40 and z < 45 and (intensity BETWEEN 20 and 40);
```

-- 建筑物

```
update pointcloud set classification = 6 where z >= 49;
```



9.5 点云分割

点云分割是根据点云数据的分类码（Classification）将分离一类地物点云数据的过程。

本实例分割建筑物点云的语句如下：

-- 分割建筑物点云数据

```
DROP TABLE IF EXISTS pcd_building;
```

```
CREATE TABLE pcd_building -- 建筑物点云数据表pcd_building
```

```
AS
```

```
SELECT
```

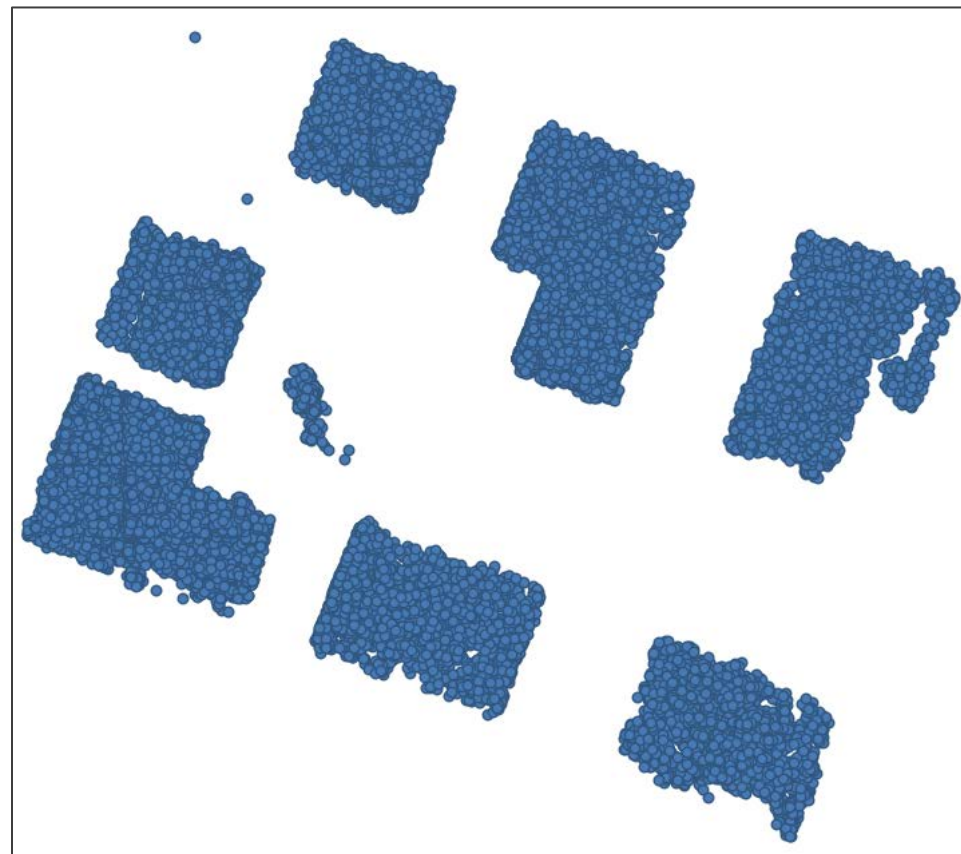
```
*
```

```
FROM
```

```
pointcloud
```

```
WHERE
```

```
classification = 6;
```



9.6 建筑物二维矢量边界提取

□ 从分类后的点云数据中提取建筑物二维矢量边界（简称建筑物提取）需要经过建筑物点云聚类、建筑物边界提取和简化过程。

□ (1) 点云聚类

- 点云聚类是将建筑物点云数据进一步按照单体建筑物进行分割，使得一栋单体建筑物的点云数据归集到一个点簇（类）中。点云聚类语句如下：

-- 使用DBSCAN聚类方法进一步按单体建筑物分割点云

-- 为建筑物点云数据表添加cluster_no字段，用于存储测量点分类号

```
ALTER TABLE pcd_building ADD COLUMN IF NOT EXISTS cluster_no INT;
```

```
UPDATE pcd_building SET cluster_no = NULL;
```

```
WITH dbscan AS
```

```
(
```

```
  SELECT ST_ClusterDBSCAN(geom,eps:=3, minpoints:=10) OVER ( ) AS cluster_no, id
```

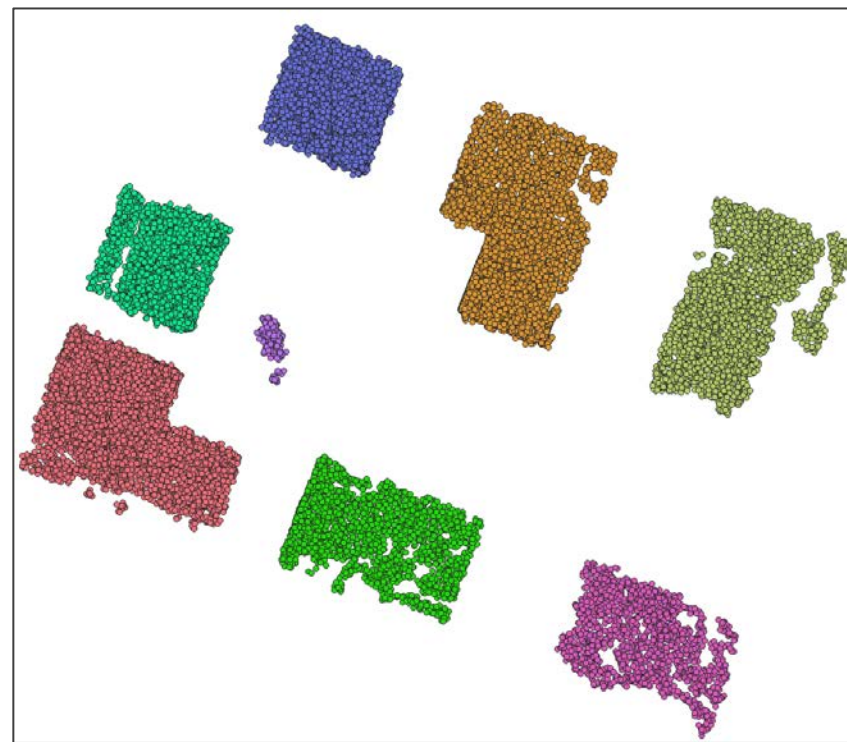
```
  FROM pcd_building
```

```
)
```

```
UPDATE pcd_building P SET cluster_no = D.cluster_no
```

```
  FROM dbscan D
```

```
  WHERE P.id = D.id;
```

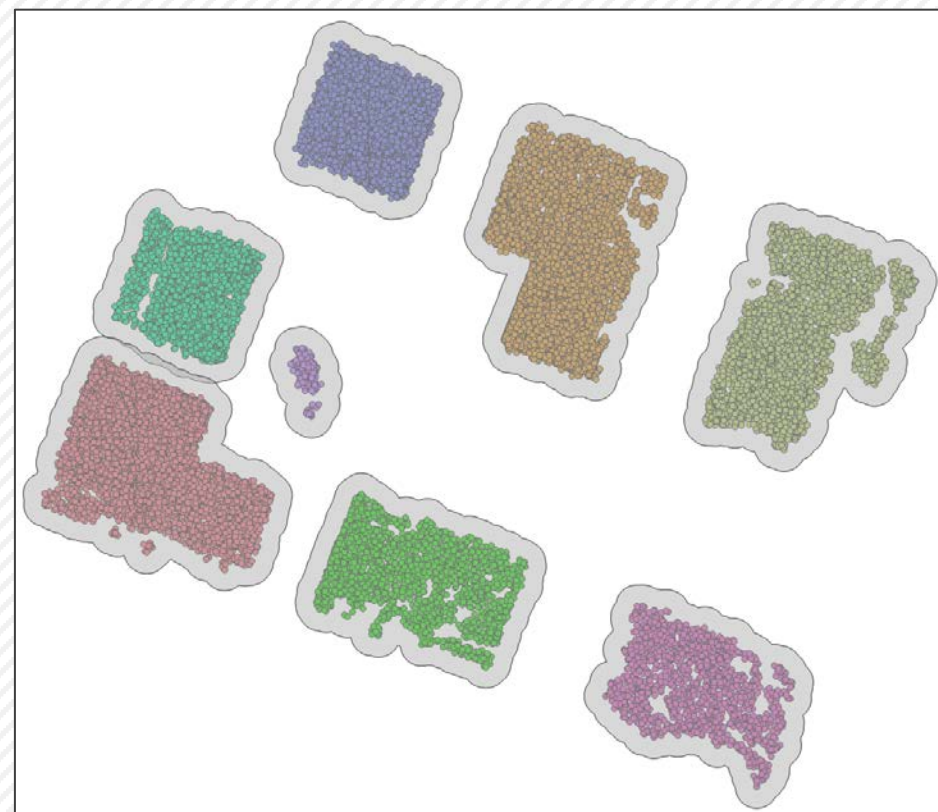


9.6 建筑物二维矢量边界提取

□ (2) 建筑物边界提取

- 本实例使用基于缓冲区的建筑物边界构建方法，该方法包括点云缓冲区生成、边界提取两个步骤

```
-- 按点云聚类号分组生成缓冲区building_buffer
DROP TABLE IF EXISTS building_buffer;
CREATE TABLE building_buffer AS
WITH foo AS
(
  SELECT (ST_Dump(ST_Union(ST_Buffer(geom, 3)))).geom
  FROM pcd_building -- 建筑物点云数据表
  GROUP BY cluster_no
)
SELECT
  "row_number"() OVER (order by st_area(geom)) AS id,geom
FROM foo;
```



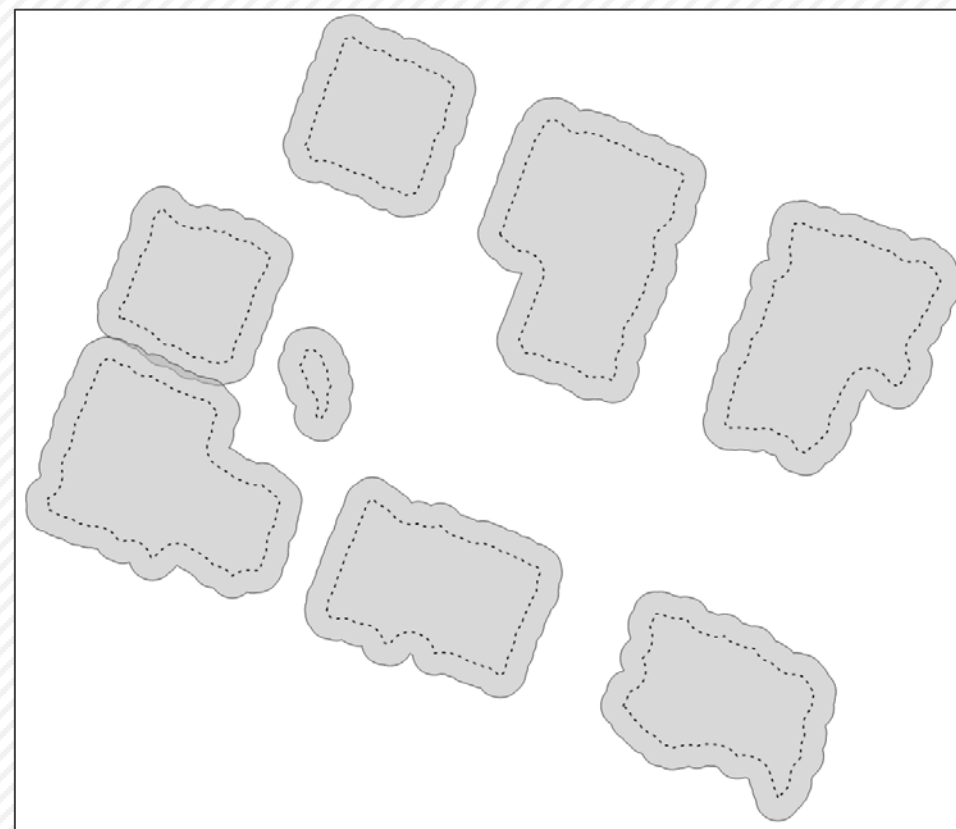
9.6 建筑物二维矢量边界提取

□ (2) 建筑物边界提取

- 本实例使用基于缓冲区的建筑物边界构建方法，该方法包括点云缓冲区生成、边界提取两个步骤

-- 提取建筑物边界

```
DROP TABLE IF EXISTS building_boundary;  
CREATE TABLE building_boundary -- 建筑物边界数据表  
AS  
SELECT  
    "row_number"() OVER (ORDER BY st_area(geom)) AS id,  
    st_boundary(st_buffer(geom,-3)) AS geom  
FROM  
    building_buffer;
```



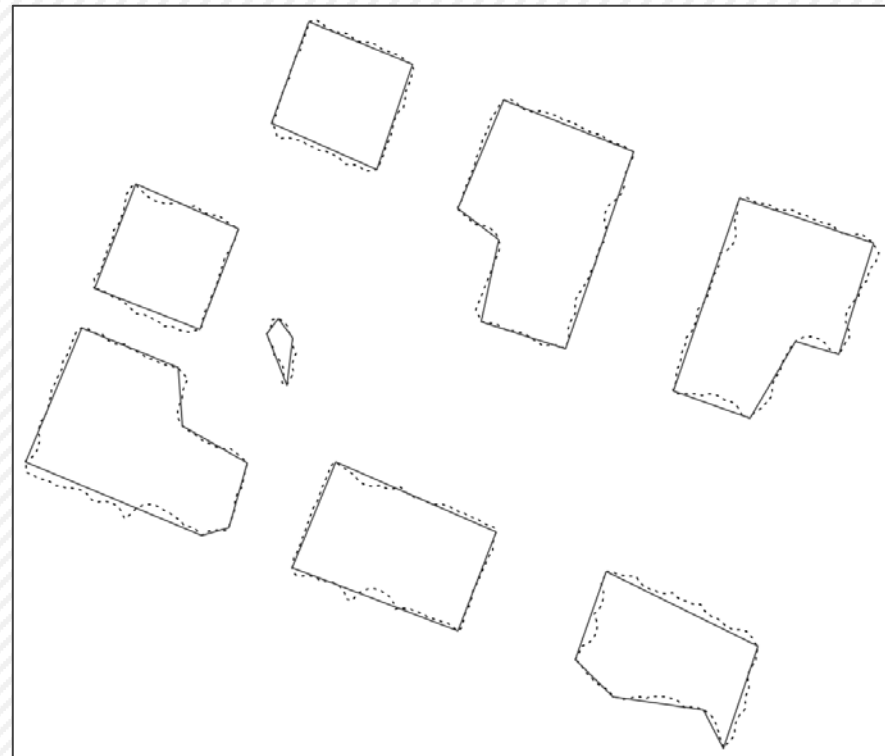
9.6 建筑物二维矢量边界提取



□ (3) 建筑物边界线简化及面要素生成

- 建筑物边界线简化操作是从提取的建筑物边界线中删除“弯曲度”小于一定阈值的顶点，进一步“拉直”细小弯曲的折线

```
DROP TABLE IF EXISTS building_boundary2;  
CREATE TABLE building_boundary2    -- 简化后的边界线表  
AS  
SELECT  
    "row_number"() OVER(ORDER BY st_length(geom)) AS id,  
    ST_SimplifyPreserveTopology(geom,2) AS geom  
FROM  
    building_boundary;
```



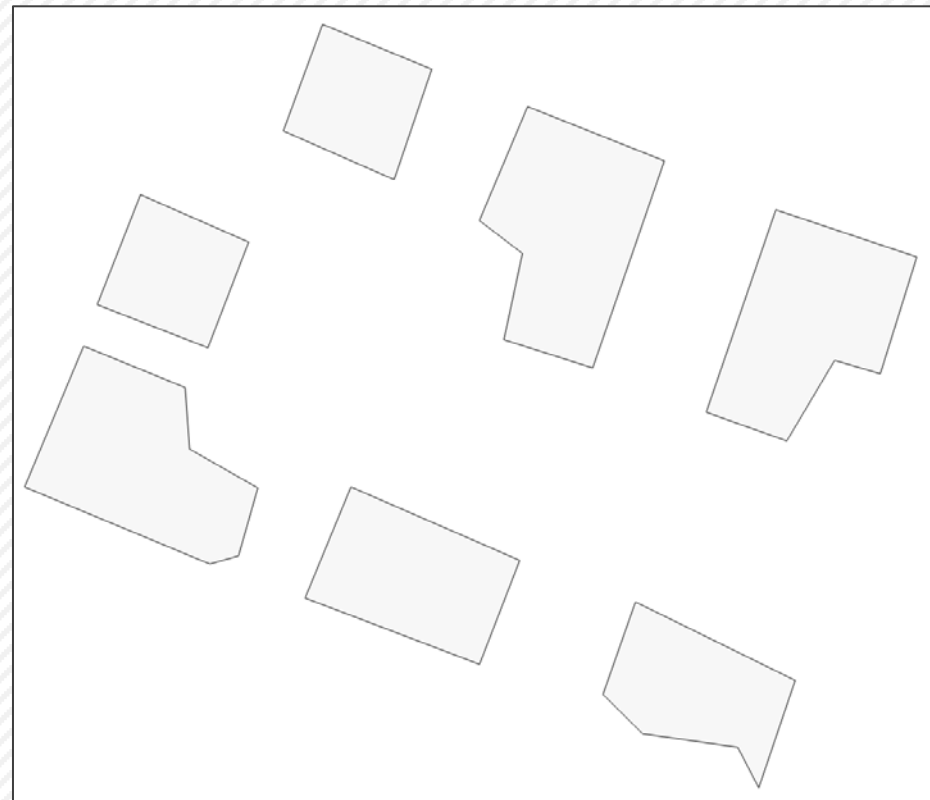
9.6 建筑物二维矢量边界提取

□ (3)建筑物边界线简化及面要素生成

- 建筑物边界线转换为建筑物面要素的操作语句如下

```
DROP TABLE IF EXISTS buildings;
CREATE TABLE buildings -- 建筑物面要素数据表
AS
SELECT
    "row_number"() OVER(ORDER BY ST_Length(geom)) AS id,
    ST_MakePolygon(geom) as geom
FROM
    building_boundary2;

-- 删除小于指定面积的面要素
DELETE FROM buildings
WHERE ST_Area(geom)<20;
```





中南大學
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY



感谢您的观看!