



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112561944 A

(43) 申请公布日 2021. 03. 26

(21) 申请号 202011363963.X

(22) 申请日 2020.11.27

(71) 申请人 中央财经大学

地址 100081 北京市海淀区学院南路39号

(72) 发明人 马凌飞 李军 陈一平

(74) 专利代理机构 北京市诚辉律师事务所

11430

代理人 范盈

(51) Int. Cl.

G06T 7/136 (2017.01)

G06T 5/00 (2006.01)

G06T 7/66 (2017.01)

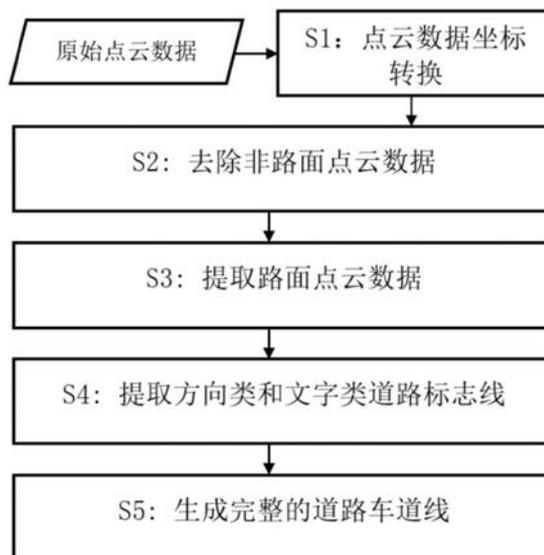
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于车载激光点云的车道线提取方法

(57) 摘要

本申请属于智能交通技术领域,特别是涉及一种基于车载激光点云的车道线提取方法。现有的方法还无法满足大规模城市复杂路况条件下的车道线提取要求。本申请提供了一种基于车载激光点云的车道线提取方法,包括1)对原始点云进行坐标转换,得到坐标转换的点云数据;2)对所述点云数据进行处理,去除非路面点云数据;3)提取路面点云数据;4)对所述路面点云数据进行去噪,并提取出道路标志线;5)对所述路面点云数据进行车道线提取,并生成道路中心线,得到完整的城市道路车道线。本申请可以快速、准确地提取大规模城市复杂路网的车道线。



1. 一种基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述方法包括如下步骤:

- 1) 对原始点云进行坐标转换,得到坐标转换的点云数据;
- 2) 对所述点云数据进行处理,去除非路面点云数据;
- 3) 提取路面点云数据;
- 4) 对所述路面点云数据进行去噪,并提取出道路标志线;

5) 对所述路面点云数据进行车道线提取,并生成道路中心线,得到完整的城市道路车道线。

2. 如权利要求1所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤1)包括定义原始点云坐标系xyz三轴的方向,定义坐标转换关系,对所述原始点云进行坐标转换。

3. 如权利要求1所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤2)对所述点云数据进行基于体素的分割处理,所述分割处理包括将坐标转换后的点云数据在xy平面均匀分割成多个点云块;对于每个点云块,利用八叉树空间索引进一步将其划分为一系列体素;每个体素向上与它相邻的九个体素生长,其中九个体素将作为新的起点继续按照相同的模式向上生长,重复此过程,遍历完所有的体素,直到上方没有相邻的体素为止;在每个点云块内确定最大高度值的体素,进而通过指定高度阈值去除非地面点云点。

4. 如权利要求1所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤3)基于道路设计标准,检测道路边界线并进行路面提取,得到路面点云数据。

5. 如权利要求4所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述路面提取包括基于行车轨迹线的方向,将路面点云均匀分割成多组点云簇;对每组点云簇,沿垂直于行车轨迹的方向分割出一个点云切片,并提取道路边界点;对所述道路边界点去噪,然后进行拟合,得到道路边界线,进而得到路面点云数据。

6. 如权利要求1所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤4)包括将路面点云数据输入到基于自适应点云强度值分析的算法,初步提取道路标志线;对所述初步提取的道路标志线点云数据采用基于统计离群值剔除算法进行去噪,将噪声点从道路标志线中去除;将去噪的标志线点云数据输入到基于形态分析和条件欧氏聚类方法,提取出道路标志线。

7. 如权利要求5所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤5)包括将所述去噪后的道路边界点作为控制点,将路面点云数据切分成均匀的点云块;在每个点云块内,通过移动搜索窗口,确定道路车道线点;根据边界点坐标生成道路中心线,与所述道路标志线、所述道路边界线叠加融合,最终获得提取完整的城市路网车道线。

8. 如权利要求1~7中任一项所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述步骤1)基于行车轨迹数据和坐标系转换函数对原始点云进行坐标转换。

9. 如权利要求8所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:所述道路标志线包括方向类道路标志线和文字类道路标志线。

10. 如权利要求8所述的基于车载激光点云的车道线提取方法,其特征在于:对所述路面点云数据进行基于距离阈值的车道线提取,所述车道线包括道路车道线点,所述道路车道线点与道路边界线距离满足给定阈值范围。

一种基于车载激光点云的车道线提取方法

技术领域

[0001] 本申请属于智能交通技术领域,特别是涉及一种基于车载激光点云的车道线提取方法。

背景技术

[0002] 城市交通路网车道线作为智能交通系统和智慧城市的重要组成部分,需要周期性的监测和维护,其智能化的监管有效地保障了高清地图的准确性和自动驾驶的可靠性。传统的城市道路基于车载激光点云的车道线提取方法主要分为人工外业测量和数字摄影测量两种方式。人工作业方式为指派道路巡测人员对道路车道线进行人工检测,确保车道线标记清晰、完整、无破损,然而这种方式受到人工成本高、城市道路环境复杂危险、信息更新周期长等因素影响较大。数字摄影测量方式为借助无人机影像、低轨航空影像、车载相机图像等获取城市路网车道线信息,但是受雨雪天气、道路两侧物体遮挡、影像分辨率等因素限制,导致提取的道路车道线精度并不能达到自动驾驶和高清地图的要求。

[0003] 车载激光扫描技术作为一项迅速发展的高新测绘手段,利用其获取数据速度快、更新周期低、数据精度高、主动式非接触测量等特点,可以快速、精确地收集大规模城市道路的三维信息,对于复杂城市路况条件下的车道线提取具有显著优势,同时为城市道路信息的实时监测提供了必要的技术支持。

[0004] 然而,如何高效、准确地从高密度、无顺序的海量车载激光扫描点云数据中提取道路车道线依旧面临着巨大的挑战。目前常见的城市路网基于车载激光点云的车道线提取方法包括:基于形态学分析法、条件随机场法、以及深度学习等方法。然而,这些方法主要受到以下几个方面的限制:(1)城市路网车道线的种类多样性和形状复杂性;(2)路面行人和车辆造成的干扰和遮挡;(3)高质量的路面点云标记数据数量有限。现有的方法还无法满足大规模城市复杂路况条件下的车道线提取要求。

发明内容

[0005] 1.要解决的技术问题

[0006] 基于如何高效、准确地从高密度、无顺序的海量车载激光扫描点云数据中提取道路车道线依旧面临着巨大的挑战。目前常见的城市路网基于车载激光点云的车道线提取方法包括:基于形态学分析法、条件随机场法、以及深度学习等方法。然而,这些方法主要受到以下几个方面的限制:(1)城市路网车道线的种类多样性和形状复杂性;(2)路面行人和车辆造成的干扰和遮挡;(3)高质量的路面点云标记数据数量有限。现有的方法还无法满足大规模城市复杂路况条件下的车道线提取要求的问题,本申请提供了一种基于车载激光点云的车道线提取方法。

[0007] 2.技术方案

[0008] 为了达到上述的目的,本申请提供了一种基于车载激光点云的车道线提取方法,所述方法包括如下步骤:

[0009] 1) 对原始点云进行坐标转换,得到坐标转换的点云数据;2) 对所述点云数据进行处理,去除非路面点云数据;3) 提取路面点云数据;4) 对所述路面点云数据进行去噪,并提取出道路标志线;5) 对所述路面点云数据进行车道线提取,并生成道路中心线,得到完整的城市道路车道线。

[0010] 本申请提供的另一种实施方式为:所述步骤1) 包括定义原始点云坐标系xyz三轴的方向,定义坐标转换关系,对所述原始点云进行坐标转换。

[0011] 本申请提供的另一种实施方式为:所述步骤2) 对所述点云数据进行基于体素的分割处理,所述分割处理包括将坐标转换后的点云数据在xy平面均匀分割成多个点云块;对于每个点云块,利用八叉树空间索引进一步将其划分为一系列体素;每个体素向上与它相邻的九个体素生长,其中九个体素将作为新的起点继续按照相同的模式向上生长,重复此过程,遍历完所有的体素,直到上方没有相邻的体素为止;在每个点云块内确定最大高度值的体素,进而通过指定高度阈值去除非地面点云数据。

[0012] 本申请提供的另一种实施方式为:所述步骤3) 基于道路设计标准,检测道路边界线并进行路面提取,得到路面点云数据。

[0013] 本申请提供的另一种实施方式为:所述路面提取包括基于行车轨迹线的方向,将路面点云均匀分割成多组点云簇;对每组点云簇,沿垂直于行车轨迹的方向分割出一个点云切片,并提取道路边界点;对所述道路边界点去噪,然后进行拟合,得到道路边界线,进而得到路面点云数据。

[0014] 本申请提供的另一种实施方式为:所述提取出道路标志线包括将路面点云数据输入到基于自适应点云强度值分析的算法,初步提取道路标志线;对所述初步提取的道路标志线点云数据采用基于统计离群值剔除算法进行去噪,将噪声点从道路标志线中去除;将去噪的标志线点云数据输入到基于形态分析和条件欧氏聚类方法,提取出道路标志线。

[0015] 本申请提供的另一种实施方式为:所述生成道路中心线包括将所述去噪后的道路边界点作为控制点,将路面点云数据切分成均匀的点云块;在每个点云块内,通过移动搜索窗口,确定道路车道线点;根据边界点坐标生成道路中心线,与所述道路标志线、所述道路边界线叠加融合,最终获得提取完整的城市路网车道线。

[0016] 本申请提供的另一种实施方式为:所述步骤1) 基于行车轨迹数据和坐标系转换函数对原始点云进行坐标转换。

[0017] 本申请提供的另一种实施方式为:所述道路标志线包括方向类道路标志线和文字类道路标志线。

[0018] 本申请提供的另一种实施方式为:对所述路面点云数据进行基于距离阈值的车道线提取,所述车道线包括道路车道线点,所述道路车道线点与道路边界线距离满足给定阈值范围。

[0019] 3. 有益效果

[0020] 与现有技术相比,本申请提供了一种基于车载激光点云的车道线提取方法的有益效果在于:

[0021] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,涉及城市数据科学,自动驾驶以及三维高清地图。

[0022] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,为精确、稳定、鲁棒的基于车

载激光点云的道路车道线提取方法。

[0023] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,可以快速、准确地提取大规模城市复杂路网的车道线。

[0024] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,利用基于道路边界检测、路面分割、以及多阈值分析的方法,实现了在大场景城市复杂路况情况下依然可以精确、稳定地提取道路车道线。

[0025] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,结合相关道路设计标准,有效减少了车载激光扫描点云排列不规则、受行人和车辆干扰、以及密度、强度值分布不均的限制,使得车道线提取结果更加高效鲁棒。

[0026] 本申请提供的基于车载激光点云的车道线提取方法,通过开发基于规则和多阈值分析的方法有效提取路面点云的固有特征,提高了大规模点云数据处理的效率,极大改善了自动驾驶的稳定性和城市交通的安全性。

附图说明

[0027] 图1是本申请的基于车载激光点云的车道线提取方法示意图;

[0028] 图2是本申请的点云数据处理过程示意图;

[0029] 图3是本申请的路面提取结果示意图;

[0030] 图4是本申请的道路车道线提取结果示意图;

[0031] 图5是本申请的初步三维高清地图模型示意图。

具体实施方式

[0032] 在下文中,将参考附图对本申请的具体实施例进行详细地描述,依照这些详细的描述,所属领域技术人员能够清楚地理解本申请,并能够实施本申请。在不违背本申请原理的情况下,各个不同的实施例中的特征可以进行组合以获得新的实施方式,或者替代某些实施例中的某些特征,获得其它优选的实施方式。

[0033] 参见图1~5,本申请提供一种基于车载激光点云的车道线提取方法,所述方法包括如下步骤:

[0034] 1) 对原始点云进行坐标转换,得到坐标转换的点云数据;

[0035] 2) 对所述点云数据进行处理,去除非路面点云数据;

[0036] 3) 提取路面点云数据;

[0037] 4) 对所述路面点云数据进行去噪,并提取出道路标志线;

[0038] 5) 对所述路面点云数据进行车道线提取,并生成道路中心线,得到完整的城市道路车道线。

[0039] 进一步地,所述步骤1) 包括定义原始点云坐标系xyz三轴的方向,定义坐标转换关系,对所述原始点云进行坐标转换。

[0040] 进一步地,所述步骤2) 对所述点云数据进行基于体素的分割处理,所述分割处理包括将坐标转换后的点云数据在xy平面均匀分割成多个点云块;对于每个点云块,利用八叉树空间索引进一步将其划分为一系列体素;每个体素向上与它相邻的九个体素生长,其中九个体素将作为新的起点继续按照相同的模式向上生长,重复此过程,遍历完所有的体

素,直到上方没有相邻的体素为止;在每个点云块内确定最大高度值的体素,进而通过指定高度阈值去除非地面点云数据。如图2所示,基于体素向上生长的点云分割处理过程图,左边区域点云数据的八叉树空间索引,右边是基于体素的向上生长模式。

[0041] 进一步地,所述步骤3) 基于道路设计标准,检测道路边界线并进行路面提取,得到路面点云数据。

[0042] 进一步地,所述路面提取包括基于行车轨迹线的方向,将路面点云均匀分割成多组点云簇;对每组点云簇,沿垂直于行车轨迹的方向分割出一个点云切片,并提取道路边界点;对所述道路边界点去噪,然后进行拟合,得到道路边界线,进而得到路面点云数据。如图3所示,基于道路设计标准和道路边界线的路面提取结果。

[0043] 进一步地,所述步骤4) 包括将路面点云数据输入到基于自适应点云强度值分析的算法,初步提取道路标志线;对所述初步提取的道路标志线点云数据采用基于统计离群值剔除算法进行去噪,将噪声点从道路标志线中去除;将去噪的标志线点云数据输入到基于形态分析和条件欧氏聚类方法,提取出道路标志线。如图4所示,基于距离多阈值分析的道路车道线提取结果,点为道路边界线点,实线为道路车道线,虚线为道路中心线点。

[0044] 进一步地,所述步骤5) 包括将所述去噪后的道路边界点作为控制点,将路面点云数据切分成均匀的点云块;在每个点云块内,通过移动搜索窗口,确定道路车道线点;根据边界点坐标生成道路中心线,与所述道路标志线、所述道路边界线叠加融合,最终获得提取完整的城市路网车道线。

[0045] 进一步地,所述步骤1) 基于行车轨迹数据和坐标系转换函数对原始点云进行坐标转换。

[0046] 进一步地,所述道路标志线包括方向类道路标志线和文字类道路标志线。

[0047] 进一步地,对所述路面点云数据进行基于距离阈值的车道线提取,所述车道线包括道路车道线点,所述道路车道线点与道路边界线距离满足给定阈值范围。

[0048] 可以快速、准确地提取城市交通路网的的车道线,保障了在大规模复杂城市道路环境下点云数据处理的稳定性和鲁棒性,有效地改善自动驾驶的安全性和促进高清地图的发展。

[0049] 实施例

[0050] 本申请提出一种基于车载激光扫描点云的城市路网基于车载激光点云的车道线提取方法。为实现上述目标,本申请采取以下技术方案:

[0051] 一种基于车载激光扫描点云的城市路网基于车载激光点云的车道线提取方法,包括以下步骤:

[0052] S1、基于行车轨迹数据和坐标系转换函数对原始点云进行坐标转换,得到坐标转换的点云数据;S2、对所述坐标转换的点云数据进行基于体素的分割处理,去除非路面点云数据;S3、基于道路设计标准,检测道路边界线并进行路面提取,得到路面点云数据;S4、对所述路面点云进行去噪,并提取出方向类和文字类道路标志线;S5、对所述路面点云进一步进行基于距离阈值的车道线提取,并生成道路中心线,得到完整的城市道路车道线。

[0053] 进一步地,步骤S1具体包括以下分步骤:

[0054] S11、定义原始点云坐标系xyz三轴的方向:x轴为车载激光扫描系统行驶正前方、y轴指向系统右侧、z轴指向系统正上方;S12、对所述原始点云进行坐标转换,选择两个连续

的轨迹点作为参考点,计算旋转角度,坐标转换关系具体为:

$$[0055] \quad X_{T_i} = D + (1 + k)R(\omega_x)R(\omega_y)R(\omega_z)X_{O_j}$$

$$[0056] \quad \begin{cases} R(\omega_x) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_x & \sin \omega_x \\ 0 & -\sin \omega_x & \cos \omega_x \end{pmatrix} \\ R(\omega_y) = \begin{pmatrix} \cos \omega_y & 0 & -\sin \omega_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \omega_y & 0 & \cos \omega_y \end{pmatrix} \\ R(\omega_z) = \begin{pmatrix} \cos \omega_z & \sin \omega_z & 0 \\ -\sin \omega_z & \cos \omega_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{cases}$$

[0057] 其中 X_{T_i} 和 X_{O_j} 分别是点云在变换坐标系和原坐标系中的坐标, $D=(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ 为变换矩阵, k 为缩放系数,表示为原坐标与变换后坐标的比值, ω_x 、 ω_y 、 ω_z 为三维坐标系的三个旋转角度, $R(\omega_x)$ 、 $R(\omega_y)$ 、 $R(\omega_z)$ 为对应的旋转矩阵。

[0058] 进一步地,步骤S2具体包括以下分步骤:

[0059] S21、将坐标转换后的点云数据在xy平面均匀分割成多个大小为 $B_s=5m$ 的点云块; S22、对于每个点云块,进一步将其划分为一系列体素,其宽度大小通过利用八叉树空间索引的平均点密度计算;S23、每个体素 V_j 向上与它相邻的九个体素 L_1, L_2, \dots, L_9 生长,之后这九个体素将作为新的起点寻找上方九个相邻体素,继续按照相同的模式向上生长,重复此过程,遍历完所有的体素,直到搜寻不到新的体素为止;S24、在每个点云块确定最大高度值的体素,通过指定高度阈值确定地面体素和非地面体素,具体条件为:

$$[0060] \quad \begin{cases} H_{global} > H_e \text{ 或 } H_{local} > H_g, \text{ 为非地面体素} \\ H_{global} \leq H_e \text{ 或 } H_{local} \leq H_g, \text{ 为地面体素} \end{cases}$$

[0061] 其中 H_{global} 表示一个体素的全局高度值,具体为整个点云数据中指定体素与最低体素之间的高度差; H_{local} 表示一个体素的局部高度值,具体为一个点云区域内中指定体素与最低体素之间的高度差; H_e 代表全局地面起伏阈值; H_g 代表局部地面起伏阈值,即在特定生长区域内的高度最大值。根据以上条件,保留地面体素,进而去除非地面点云数据。

[0062] 进一步地,步骤S3具体包括以下分步骤:

[0063] S31、依据行车轨迹线方向,将路面点云均匀分割成多组宽度为 $D_w=3m$ 的点云簇; S32、对于每组点云簇,沿垂直于行车轨迹的方向分割出一个宽度为 $S_w=30cm$ 的点云切片,对于每个点云切片,依据路沿和路面之间的角度差在 70° 以上、高度差在 $7-30cm$ 之间的条件,提取道路边界点;S33、采用随机一致性采样方法对所述的道路边界点进行去噪,进而采用B样条曲线函数进行拟合,得到道路边界线,将两条道路边界线内部的点云提取出来,得到路面点云数据。

[0064] 进一步地,步骤S4具体包括以下分步骤:S41、将路面点云数据输入到一种基于自适应点云强度值分析的算法,具体为:

$$[0065] \quad p_i: \begin{cases} I_{min} \leq I_i \leq I_{max}, \text{ 为道路标记点} \\ \text{否则, 为非道路标记点} \end{cases}$$

[0066] 其中 p_i 为一个任意路面点, I_i 为点云数据的强度值, I_{\min} 、 I_{\max} 分别为点云最小、最大强度阈值。保留强度值在 I_{\min} 和 I_{\max} 范围内的点云,初步得到道路标志线点云数据;S42、对所述初步提取的道路标志线点云数据采用一种基于统计离群值剔除算法进行去噪,将噪声点从道路标志线中去除;S43、将去噪的标志线点云数据输入到一种基于形态分析和条件欧氏聚类方法,保留宽度为50cm以上的点云簇,得到方向类和文字类道路标志线。

[0067] 进一步地,步骤S5具体包括以下分步骤:

[0068] S51、将S33中所述去噪后的道路边界点作为控制点,将路面点云数据切分成均匀的宽度为 $D_z=2m$ 的点云块;S52、在每个点云块内,从每个局部点云块的两个边界点开始移动搜索窗口,搜索到道路边界线的距离在给定阈值范围内的点,同时采用基于强度阈值的分析方法提取代表车道线的高强度值的点,具体规则为:

[0069]
$$p_i: \begin{cases} I_{\min} \leq I_i \leq I_{\max} \text{ 且 } d_{\min} \leq d_i \leq d_{\max}, & \text{为车道线点} \\ \text{否则,} & \text{为非车道线点} \end{cases}$$

[0070] 其中 d_i 为各点到道路边界线的距离, d_{\min} 、 d_{\max} 分别为根据道路设计标准预设的最小、最大距离阈值。保留强度值在 I_{\min} 和 I_{\max} 范围之内,且各点到道路边界线的距离在 d_{\min} 和 d_{\max} 范围内的点云,得到道路车道线点云数据,进而采用B样条函数拟合得到道路车道线;S53、根据所述边界点坐标计算道路中心线点云数据的坐标,具体为:

[0071]
$$C(X_C, Y_C, Z_C) = \left(\frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}, \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}, \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2} \right)$$

[0072] 其中 $C(X_C, Y_C, Z_C)$ 代表中心线各点的坐标, X_{\max} 、 X_{\min} 、 Y_{\max} 、 Y_{\min} 、 Z_{\max} 、 Z_{\min} 分别代表每个点云块中x、y、z坐标的最大值和最小值,进而采用B样条函数拟合得到道路中心线,与S33、S43和S52得到其它种类的道路车道线叠加融合,最终获得提取完整的城市路网车道线。

[0073] 尽管在上文中参考特定的实施例对本申请进行了描述,但是所属领域技术人员应当理解,在本申请公开的原理和范围内,可以针对本申请公开的配置和细节做出许多修改。本申请的保护范围由所附的权利要求来确定,并且权利要求意在涵盖权利要求中技术特征的等同物文字意义或范围所包含的全部修改。

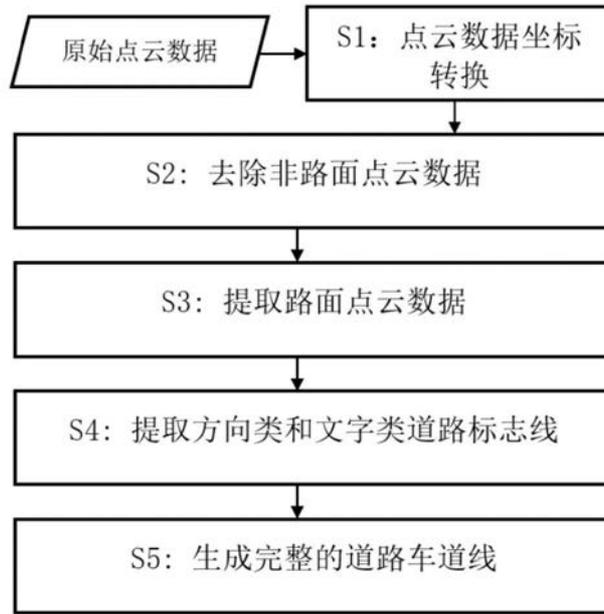


图1

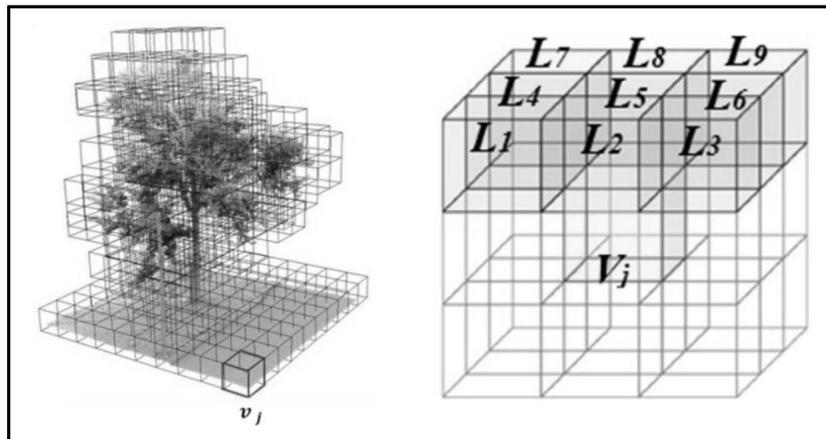


图2

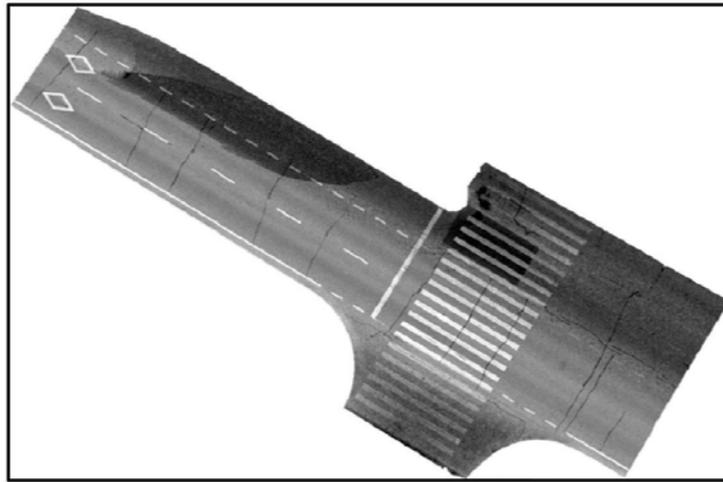


图3

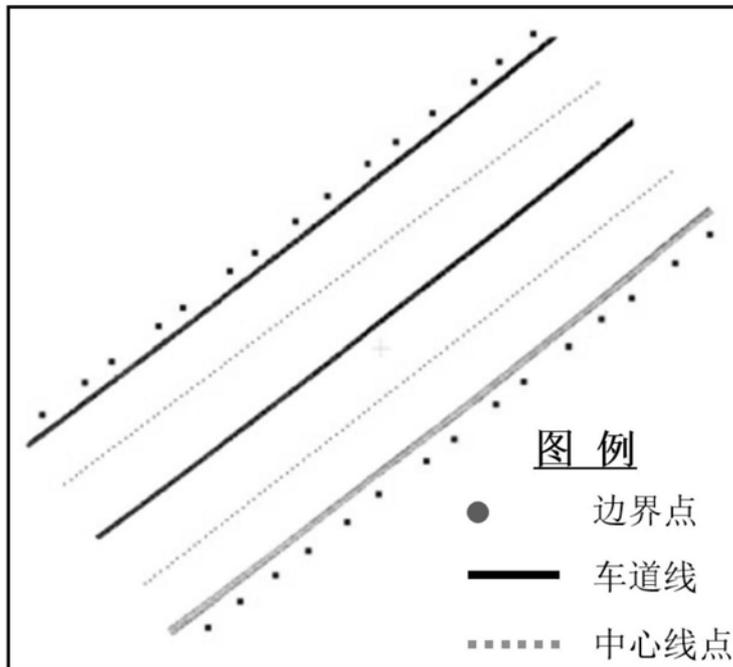


图4

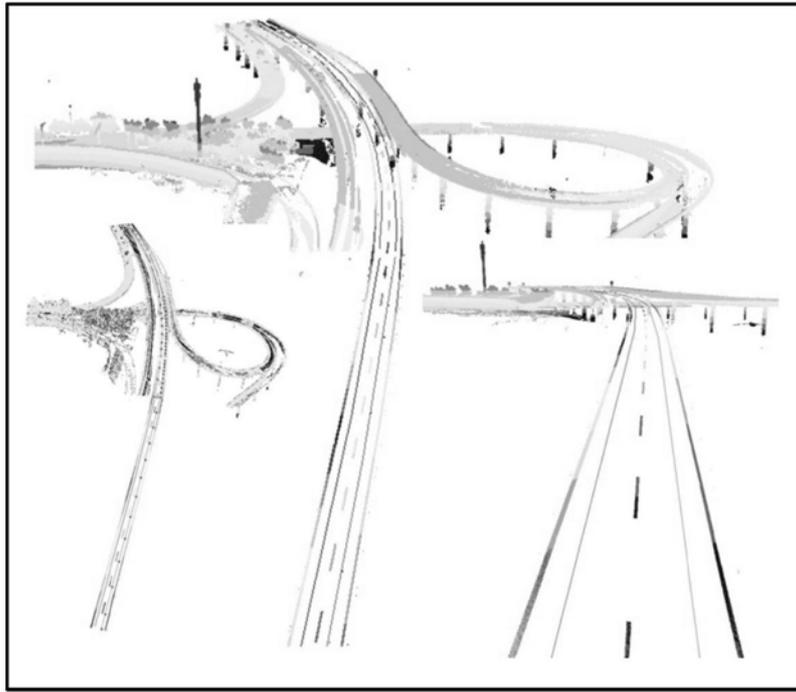


图5