



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105137412 B

(45)授权公告日 2017.10.20

(21)申请号 201510511455.4

(22)申请日 2015.08.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105137412 A

(43)申请公布日 2015.12.09

(73)专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 赵敏 孙棣华 熊星

(74)专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228

代理人 武君

(51)Int.Cl.

G01S 7/48(2006.01)

(56)对比文件

CN 103777192 A, 2014.05.07,

CN 103777192 A, 2014.05.07,

EP 1808711 A2, 2007.07.18,

CN 104463871 A, 2015.03.25,

CN 103760569 A, 2014.04.30,

CN 104008387 A, 2014.08.27,

CN 104200212 A, 2014.12.10,

CN 102930280 A, 2013.02.13,

满增光 等. 基于自适应阈值的距离图像线段特征提取.《深圳大学学报理工版》.2011, 第28卷(第6期),

审查员 赵雅琴

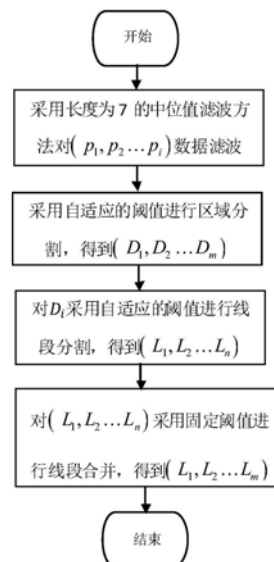
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法

(57)摘要

本发明公开了一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,首先获取激光雷达距离图像数据进行数据预处理;转化为极坐标模型数据;然后对极坐标模型数据采用自适应阈值区域分割形成区域数据;进而再进行线段分割;最后对线段数据进行线段合并及输出合并线段数据,作为激光雷达距离图像的提取线段数据。本发明在传统的Split-and-Merge算法的基础上,先采用两级分割,再通过合并拟合得到激光雷达距离图像中的线段信息;并且分割阈值的选取采用自适应动态的方法,以及在合并的准则上进行了优化,克服了传统方法需要在不同的场景下调整参数的缺点;快速准确地提取激光雷达数据图像中的线段特征,适用于不同的室内场景,同时能够保证拟合的准确性。



1. 一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:获取激光雷达距离图像数据进行数据预处理;

S2:将数据预处理后距离图像数据转化为极坐标模型数据;

S3:对极坐标模型数据采用自适应阈值区域分割形成区域数据;

S4:对各区域数据进行线段分割形成分割线段数据;

S5:对分割线段数据中的线段数据进行线段合并;

S6:直至所有分割线段数据合并完毕并输出合并线段数据,所述合并线段数据作为激光雷达距离图像的提取线段数据;

所述S1中数据预处理是通过选取中位值滤波方法来过滤距离图像数据中的随机干扰数据的;

所述S3中自适应阈值区域分割具体步骤如下:

S31:从极坐标模型数据中选取当前数据;

S32:判断当前数据中的距离数据是否大于零,如果是,则将当前数据序号作为序号标签flag;

S33:如果否,则返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

S34:计算当前数据与上一数据的前后变化值;计算当前数据与上一个不为零的极坐标模型数据之间含有的零数据个数;

S35:判断前后变化值是否大于第一阈值 θ_1 ,或零数据个数是否大于第二阈值 θ_2 ,如果是,则将当前数据划分为第m+1个分割区域数据,并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

S36:如果否,则将当前数据划分为第m个分割区域数据;并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

S37:直到最后一个极坐标模型数据;

S38:计算各分割区域中所含数据的个数,将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。

2. 根据权利要求1所述的2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,其特征在于:所述S4中的线段分割包括以下步骤:

S41:将各分割区域中的区域数据的极坐标数据转换成直角坐标数据;

S42:选择分割区域中的两个区域数据并根据其直角坐标数据拟合出直线;

S43:计算该区域数据内其他数据到该直线最大距离的点,并计算出最大距离;

S44:判断最大距离是否大于自适应阈值,如果是,则将该数据设置于第一直线数据区域;

如果否,则将该数据设置于第二直线数据区域;

其中,所述自适应阈值根据最大距离按照以下公式计算:

$$\theta = \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2} + \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}, \text{ 其中, } (x_{k-1}, y_{k-1}) \text{ 表示第 } k-1 \text{ 个直角坐标数据, } (x_k, y_k) \text{ 表示第 } k \text{ 个直角坐标数据, } (x_{k+1}, y_{k+1}) \text{ 表示第 } k+1 \text{ 个直角坐标数据;}$$

S45:循环重复对第一直线数据区域和第二直线数据区域进行分割,直至所有数据分割完毕;

S46: 计算各分割区域中所含分割直线的个数, 将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。

3. 根据权利要求1所述的2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法, 其特征在于: 所述S5中线段合并具体包括以下步骤:

S51: 采取整体最小二乘法对分割线段数据中的坐标数据进行直线拟合, 形成直线方程 $y=k*x+b$;

S52: 选择线段坐标数据中的第一个坐标数据和最后一个坐标数据, 并分别对直线方程 $y=k*x+b$ 作垂线, 通过计算所述垂线与所述直线方程的交点得到该直线方程的起始坐标和结束坐标;

S53: 将直线方程转换成极坐标方程;

S54: 计算分割线段数据中的相邻线段的角度差绝对值, 及分割线段数据中的相邻线段的距离差绝对值;

S55: 判断角度差绝对值是否小于角度固定阈值, 及距离差绝对值是否小于距离固定阈值;

如果是, 则将两相邻段线段进行合并形成更新线段, 并以更新线段代替合并前的线段;

如果否, 则进入下一步;

S56: 返回步骤S51循环重复, 直至所有的分割线段数据都计算完毕。

一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传感检测领域,特别涉及一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,适用于室内结构化场景下对2D激光雷达距离图像中线段特征的精确拟合。

背景技术

[0002] 2D激光雷达以其精度高、探测范围广、抗干扰强、价格适中等极具性价比的特点成为了移动机器人在未知环境下自主导航的首要选择。激光雷达以激光作为信号源,由激光器以一定的角度发射出的脉冲激光遇到被测物体后反射回接收器,从而根据收发的时间间隔(TOF)测量出被测物体的距离,其中2D激光雷达是从一个平面上按一定范围探测距离信息。

[0003] 在室内结构化的场景下,激光雷达感知外界环境的距离图像往往呈现线段的特征。例如在走廊环境下,图像呈现两条平行线段,墙角环境下,图像呈现出两条相互垂直的线段。只有快速、准确地提取出图像中的距离信息,才能对环境进行建模。

[0004] 如何根据激光雷达得到的距离信息精确的拟合出线段信息,是移动机器人对未知环境下探测的关键,目前,现有的拟合线段方法往往采用基于2D激光雷达的线段提取方法,主要有:Split-and-Merge算法、Incremental算法、霍夫变换算法等;其中,Split-and-Merge算法速度快,但是提取的效果对阈值选取以及分割合并准则的依赖性较大,在不同的场景下需要选择合适的参数。Incremental算法速度快,复杂度低,但是该算法主要适用于结构简单的场景,对于复杂场景下相交直线的拟合效果不好。霍夫变换具有很好的抗噪性。但是计算量非常大,在对实时性要求较高的自主导航中不宜采用,而且阈值的选取也比较困难。

[0005] 由于上述算法存在适应性不好、计算复杂度较高、精度不高、难以适应复杂场景的问题。因此,急需一种既具有良好的适应性,又能保证快速性、精确性的激光雷达线段提取方法。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明所要解决的技术问题是提供一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,适用于室内结构化场景下对2D激光雷达距离图像中线段特征的精确拟合。

[0007] 本发明的目的是这样实现的:

[0008] 本发明提供的一种2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,包括以下步骤:

[0009] S1:获取激光雷达距离图像数据进行数据预处理;

[0010] S2:将数据预处理后距离图像数据转化为极坐标模型数据;

[0011] S3:对极坐标模型数据采用自适应阈值区域分割形成区域数据;

[0012] S4:对各区域数据进行线段分割形成分割线段数据;

- [0013] S5:对分割线段数据中的线段数据进行线段合并;
- [0014] S6:直至所有分割线段数据合并完毕并输出合并线段数据,所述合并线段数据作为激光雷达距离图像的提取线段数据。
- [0015] 进一步,所述S1中数据预处理是通过选取中位值滤波方法来过滤距离图像数据中的随机干扰数据的。
- [0016] 进一步,所述S3中自适应阈值区域分割具体步骤如下:
- [0017] S31:从极坐标模型数据中选取当前数据;
- [0018] S32:判断当前数据中的距离数据是否大于零,如果是,则将当前数据序号作为序号标签flag;
- [0019] S33:如果否,则返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;
- [0020] S34:计算当前数据与上一数据的前后变化值;计算当前数据与上一个不为零的极坐标模型数据之间含有的零数据个数;
- [0021] S35:判断前后变化值是否大于第一阈值 θ_1 ,或零数据个数是否大于第二阈值 θ_2 ,如果是,则将当前数据划分为第m+1个分割区域数据,并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;
- [0022] S36:如果否,则将当前数据划分为第m个分割区域数据;并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;
- [0023] S37:直到最后一个极坐标模型数据;
- [0024] S38:计算各分割区域中所含数据的个数,将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。
- [0025] 进一步,所述S4中的线段分割包括以下步骤:
- [0026] S41:将各分割区域中的区域数据的极坐标数据转换成直角坐标数据;
- [0027] S42:选择分割区域中的两个区域数据并根据其直角坐标数据拟合出直线;
- [0028] S43:计算该区域数据内其他数据到该直线最大距离的点,并计算出最大距离;
- [0029] S44:判断最大距离是否大于自适应阈值,如果是,则将该数据设置于第一直线数据区域;如果否,则将该数据设置于第二直线数据区域;
- [0030] 其中,所述自适应阈值根据最大距离按照以下公式计算:
- [0031] $\theta = \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2} + \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}$, 其中, (x_{k-1}, y_{k-1}) 表示第k-1个直角坐标数据, (x_k, y_k) 表示第k个直角坐标数据, (x_{k+1}, y_{k+1}) 表示第k+1个直角坐标数据;
- [0032] S45:循环重复对第一直线数据区域和第二直线数据区域进行分割,直至所有数据分割完毕;
- [0033] S46:计算各分割区域中所含分割直线的个数,将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。
- [0034] 进一步,所述S5中线段合并具体包括以下步骤:
- [0035] S51:采取整体最小二乘法对分割线段数据中的坐标数据进行直线拟合,形成直线方程 $y=k*x+b$;
- [0036] S52:选择线段坐标数据中的第一个坐标数据和最后一个坐标数据,并分别对直线

方程 $y=k*x+b$ 作垂线,通过计算所述垂线与所述直线方程的交点得到该直线方程的起始坐标和结束坐标;

[0037] S53:将直线方程转换成极坐标方程;

[0038] S54:计算分割线段数据中的相邻线段的角度差绝对值,及分割线段数据中的相邻线段的距离差绝对值;

[0039] S55:判断角度差绝对值是否小于角度固定阈值,及距离差绝对值是否小于距离固定阈值;如果是,则将两相邻段线段进行合并形成更新线段,并以更新线段代替合并前的线段;如果否,则进入下一步;

[0040] S56:返回步骤S51循环重复,直至所有的分割线段数据都计算完毕。

[0041] 本发明的有益效果在于:本发明在传统的Split-and-Merge算法的基础上,先采用两级分割,再通过合并拟合得到激光雷达距离图像中的线段信息。第一级分割利用极坐标中距离及角度信息提取出区域信息,第二级分割则是针对区域信息提取出线段信息。并且分割阈值的选取采用自适应动态的方法,克服了传统方法需要在不同的场景下调整参数的缺点。在线段合并的准则上进行了优化;本发明可快速准确的提取激光雷达数据图像中的线段特征,该方法的优点是不需要手动设置阈值,可适用于不同的室内场景,同时能够保证拟合的准确性。

附图说明

[0042] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述,其中:

[0043] 图1为本发明实施例提供的线段拟合方法流程图;

[0044] 图2为本发明实施例提供的区域分割流程图;

[0045] 图3为本发明实施例提供的线段分割流程图;

[0046] 图4为本发明实施例提供的线段合并流程图。

具体实施方式

[0047] 以下将参照附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述。应当理解,优选实施例仅为了说明本发明,而不是为了限制本发明的保护范围。

[0048] 实施例1

[0049] 如图1所示,本发明提供的2D激光雷达距离图像中线段特征精确拟合方法,包括以下步骤:

[0050] S1:获取激光雷达距离图像数据进行数据预处理;

[0051] S2:将数据预处理后距离图像数据转化为极坐标模型数据;所述极坐标模型数据由角度值和距离值组成;所述角度值为 θ_i 对应交点与X轴形成的角度;距离值为 p_i 对应原点到直线的距离;

[0052] S3:对极坐标模型数据采用自适应阈值区域分割形成区域数据;

[0053] 所述S3中自适应阈值区域分割具体步骤如下:

[0054] S31:从极坐标模型数据中选取当前数据;

[0055] S32:判断当前数据中的距离数据是否大于零,如果是,则将当前数据序号作为序

号标签flag;

[0056] 本实施例的flag用于记录上一次非零数据的序号,当循环到下一次非零数据时,可以计算出下一次非零数据和上一次非零数据的序号差值;

[0057] S33:如果否,则返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

[0058] S34:计算当前数据与上一数据的前后变化值;计算当前数据与上一个不为零的极坐标模型数据之间含有的零数据个数;

[0059] S35:判断前后变化值是否大于第一阈值theta1,且零数据个数是否大于第二阈值theta2,如果是,则将当前数据划分为第m+1个分割区域数据,并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

[0060] S36:如果否,则将当前数据划分为第m个分割区域数据;并返回步骤S31选取下一极坐标模型数据为当前数据;

[0061] S37:直到最后一个极坐标模型数据;

[0062] S38:计算各分割区域中所含数据的个数,将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。

[0063] S4:对各区域数据进行线段分割形成分割线段数据;

[0064] 所述S4中的线段分割包括以下步骤:

[0065] S41:将各分割区域中的区域数据的极坐标数据转换成直角坐标数据;

[0066] S42:选择分割区域中的两个区域数据并根据其直角坐标数据拟合出直线;

[0067] S43:计算该区域数据内其他数据到该直线最大距离的点,并计算出最大距离;

[0068] S44:判断最大距离是否大于自适应阈值,如果是,则将该数据设置于第一直线数据区域;如果否,则将该数据设置于第二直线数据区域;

[0069] 其中,所述自适应阈值根据最大距离按照以下公式计算:

[0070] $theta = \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2} + \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}$, 其中,theta表示自适应阈值; (x_{k-1}, y_{k-1}) 表示第k-1个直角坐标数据, (x_k, y_k) 表示第k个直角坐标数据, (x_{k+1}, y_{k+1}) 表示第k+1个直角坐标数据;

[0071] S45:循环重复对第一直线数据区域和第二直线数据区域进行分割,直至所有数据分割完毕;

[0072] S46:计算各分割区域中所含分割直线的个数,将个数小于预设阈值的视为干扰区域并舍弃。

[0073] S5:对分割线段数据中的线段数据进行线段合并;

[0074] 所述S5中线段合并具体包括以下步骤:

[0075] S51:采取整体最小二乘法对分割线段数据中的坐标数据进行直线拟合,形成直线方程 $y=k*x+b$;y表示纵坐标,k直线斜率,x表示横坐标,b表示纵坐标上截距。

[0076] S52:选择线段坐标数据中的第一个坐标数据和最后一个坐标数据,并分别对直线方程 $y=k*x+b$ 作垂线,通过计算所述垂线与所述直线方程的交点得到该直线方程的起始坐标和结束坐标;

[0077] S53:将直线方程转换成极坐标方程;

[0078] S54:计算分割线段数据中的相邻线段的角度差绝对值,及分割线段数据中的相邻

线段的距离差绝对值;

[0079] S55:判断角度差绝对值是否小于角度固定阈值,及距离差绝对值是否小于距离固定阈值;如果是,则将两相邻段线段进行合并形成更新线段,并以更新线段代替合并前的线段;如果不是,则进入下一步;

[0080] S56:返回步骤S51循环重复,直至所有的分割线段数据都计算完毕。

[0081] S6:直至所有分割线段数据合并完毕并输出合并线段数据,所述合并线段数据作为激光雷达距离图像的提取线段数据。

[0082] 实施例2

[0083] 如图2所示,图2为本发明实施例提供的区域分割流程图;本发明提供的区域分割方法,具体步骤如下:

[0084] 将采用固定长度的中位值滤波方法对所获取的激光雷达数据 $(p_1, p_2 \cdots p_i)$ 进行滤波处理后,对该激光雷达数据进行区域分割,即对距离图像采用自适应的阈值进行区域划分,主要包括以下3个部分:

[0085] 1) 根据激光雷达的扫描范围及角度分辨率将距离数据 $(p_1, p_2 \cdots p_i)$ 转换成极坐标 $(\theta_1, p_1), (\theta_2, p_2) \cdots (\theta_i, p_i)$; 在一个扫描周期内,从2D激光雷达获取环境信息是一组距离数据 $(p_1, p_2 \cdots p_i)$, 超过激光雷达量程得到的距离数据为0;根据该雷达的扫描范围和角度分辨率,可将距离数据转换成极坐标 (θ_i, p_i) 的形式,这样就形成了激光雷达对环境感知得到原始的距离图像。

[0086] 2) 根据极坐标 $(\theta_1, p_1), (\theta_2, p_2) \cdots (\theta_i, p_i)$, 采用自适应阈值,将数据分割成区域 $(D_1, D_2 \cdots D_m)$, 其中, D_m 是 (θ_i, p_i) 的集合,指分割出区域。分割原则有两个,第一个原则是根据距离数据前后的变化与第一阈值 θ_{11} 相比较,第二个原则是数据之间含有0数据的个数与第二阈值 θ_{22} 相比较; θ_{11} 的选取是动态的,若当前 $i=k$,则第一阈值 θ_{11} 取值为 p_k 与 p_{k-1} 之差加上 p_{k-1} 与 p_{k-2} 之差;

[0087] 即 $i = \text{flag}$, $\theta_{11} = p_i - p_{i-1} + p_{i-1} - p_{i-2}$, $\theta_{22} = \alpha$, α 为激光雷达的固定误差;取固定阈值10; (θ_i, p_i) 指原始的角度—距离坐标;

[0088] 本实施例的第一个区域分割不是迭代的,满足分割条件之后,重复循环迭代次数,直到走完所有的数据;

[0089] 3) 对区域 $(D_1, D_2 \cdots D_m)$ 中的干扰区域进行处理,舍弃干扰区域。

[0090] 实施例3

[0091] 如图3所示,图3为本发明实施例提供的线段分割流程图;本发明提供的线段分割方法,具体步骤如下:

[0092] 对每个区域数据D进行线段分割,按线段的直线特征将区域D分割成 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$, 主要包括以下3个部分:

[0093] 1) 坐标转换:对区域集合 D_i 中极坐标 $(\theta_1, p_1), (\theta_2, p_2) \cdots (\theta_i, p_i)$ 转换成直角坐标 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \cdots (x_i, y_i)$, 其中, $X_i = p_i * \cos \theta_i$, $Y_i = p_i * \sin \theta_i$ 。

[0094] 2) 阈值的选取是自适应的,若当前 $i=k$,则 θ 取值为当前点与前后点之间距离之和。

[0095] 对区域集合 $(D_1, D_2 \cdots D_i)$ 中的每一个区域 D_i 进行再次分割,设 D_i 集合中的数据为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \cdots (x_n, y_n)$,

[0096] 以第一个坐标点 (x_1, y_1) 和最后一个坐标点 (x_n, y_n) 拟合出直线:

[0097] $(y_n - y_1) * x - (x_n - x_1) * y + y_1 * x_n - y_n * x_1 = 0$, 寻找区域内其他坐标点 $(x_2, y_2) \cdots (x_{n-1}, y_{n-1})$ 到该直线最大距离的点, 计算出最大距离; 该直线最大距离的点, 若满足分割条件, 即最大距离大于阈值, 则以该点将该区域分割成两条线段。将该区域分割成 L_1, L_2 , 其中 L_i 表示一条线段, 是 (x_n, y_n) 的集合, 然后更新整个区域 D_i 。

[0098] 对区域的分割是一个迭代的过程, 对两条直线 L_1, L_2 继续采用同样的分割方法。直至所有的直线区域 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 都满足线段特征;

[0099] 本实施例为了避免普通最小二乘法 (OLS) 在自变量和因变量都存在误差下情况下拟合存在较大的误差, 所以采用总体最小二乘法 (TLS) 对直线进行拟合。

[0100] 其中阈值的选取是根据自适应方法计算得到:

[0101] $theta = \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2} + \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}$, 设激光雷达的固定误差为 a , 若 $theta < a$, 则 $theta$ 取固定阈值 a 。分割结束后, 形成 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 。

[0102] 本实施例将线段的一般模型 $y = k_i * x + b_i$ 转换成 (θ_i, p_i) 模型形式。过原点作对应直线的垂线, 其中 p_i 对应原点到直线的距离, θ_i 对应交点与 X 轴形成的角度。然后利用 (θ_i, p_i) 模型采用阈值去合并线段, 防止过分割。

[0103] 采用这种方法克服了当线段与 X 轴接近垂直时, k_i 值过大, 导致线段合并误差较大的缺点。因此, 基于此, 本实施例提供的线段拟合算法既保证了传统算法的快速性, 又在一定程度上提高了适应性和准确性。

[0104] 3) 对 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 中的干扰线段进行处理, 舍弃干扰线段; 即对线段集合 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 中的 L_i , 若 L_i 中所含的 (x_n, y_n) 的坐标数小于 3, 视为干扰线段, 将其舍弃。

[0105] 其中, D_m 指区域, 是线段的集合, L_i 指区域里面的线段, 是坐标 (x, y) 的集合; $D_m.length$ 指该区域中含有的线段条数, 初始条件下只含有一条 L_1 ; (x_k, y_k) 指点到 (x_1, y_1) , (x_n, y_n) 连接直线最远距离的点, Max_Dis 指该点到直线的最远距离, $theta$ 指分割自适应阈值, 若满足分割条件, 则以 k 为分割点, 将 L_i 分割成 L_{tempt1}, L_{tempt2} , 其中用 L_{tempt1} 替换 L_i , $D_m.Insert(i, L_{tempt2})$ 指将 L_{tempt2} 插入到区域 D_m 中 L_i 的后面。

[0106] 实施例 4

[0107] 如图 4 所示, 图 4 为本发明实施例提供的线段合并流程图, 本发明提供的线段合并方法, 具体步骤如下:

[0108] 对分割出来的线段 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 相邻的线段按照一定的特征进行合并, 防止过度分割, 主要包括以 4 个步骤:

[0109] 1) 分别对 L_i 中包含的坐标数据 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \cdots (x_k, y_k)$ 进行直线拟合, 因为变量 X, Y 都含有随机误差, 为了避免普通最小二乘法 (OLS) 在自变量和因变量都存在误差情况下拟合存在较大的误差, 所以拟合的方法采用整体最小二乘法 (TLS)。

[0110] 2) 根据拟合后 L_i 的直线方程 $y = k_i * x + b_i$, L_i 以中的第一个数据点 (x_1, y_1) 和最后一个数据点 (x_k, y_k) 分别对直线方程作垂线, 通过在直线方程上确定起始坐标和结束坐标, 最终确定线段, 交点即为该线段的起始坐标和结束坐标。

[0111] 3) 将 L_i 的模型 $y = k_i * x + b_i$ 转换成 (θ_i, p_i) 模型, 过原点作对应直线的垂线, 其中 p_i 原点到直线的距离, θ_i 对应交点与 X 轴形成的角度, $-180^\circ < \theta_i < 180^\circ$ 。

[0112] 4) 根据区域D中的 $(L_1, L_2 \cdots L_n)$ 的直线模型 $(\theta_1, p_1), (\theta_2, p_2) \cdots (\theta_n, p_n)$, 对区域集合中相邻的线段进行合并, 当相邻线段角度之差的绝对值小于固定阈值并且距离之差的绝对值小于固定阈值, 则将两段线段进行合并, 并更新区域D。同样采用迭代的方法, 直至所有相邻的线段均满足。

[0113] 其中, 图4中 D_m 指一个区域, 是线段的集合, L_i 指区域里面的线段, $D_m.length$ 指该区域中含有的线段条数。 (θ_i, p_i) 是直线 L_i 的直线模型, ang_theta 为角度阈值, dis_theta 为距离阈值, 其均为合并时的阈值。若满足合并条件, 则将 L_i 与 L_{i-1} 合并成 L_{tempt} , 替换 L_{i-1} , 同时移除 L_i , $D_m.remove(L_i)$ 指移除 D_m 区域中的 L_i 。

[0114] 最后说明的是, 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管通过参照本发明的优选实施例已经对本发明进行了描述, 但本领域的普通技术人员应当理解, 可以在形式上和细节上对其做出各种各样的改变, 而不偏离本发明所限定的精神和范围。

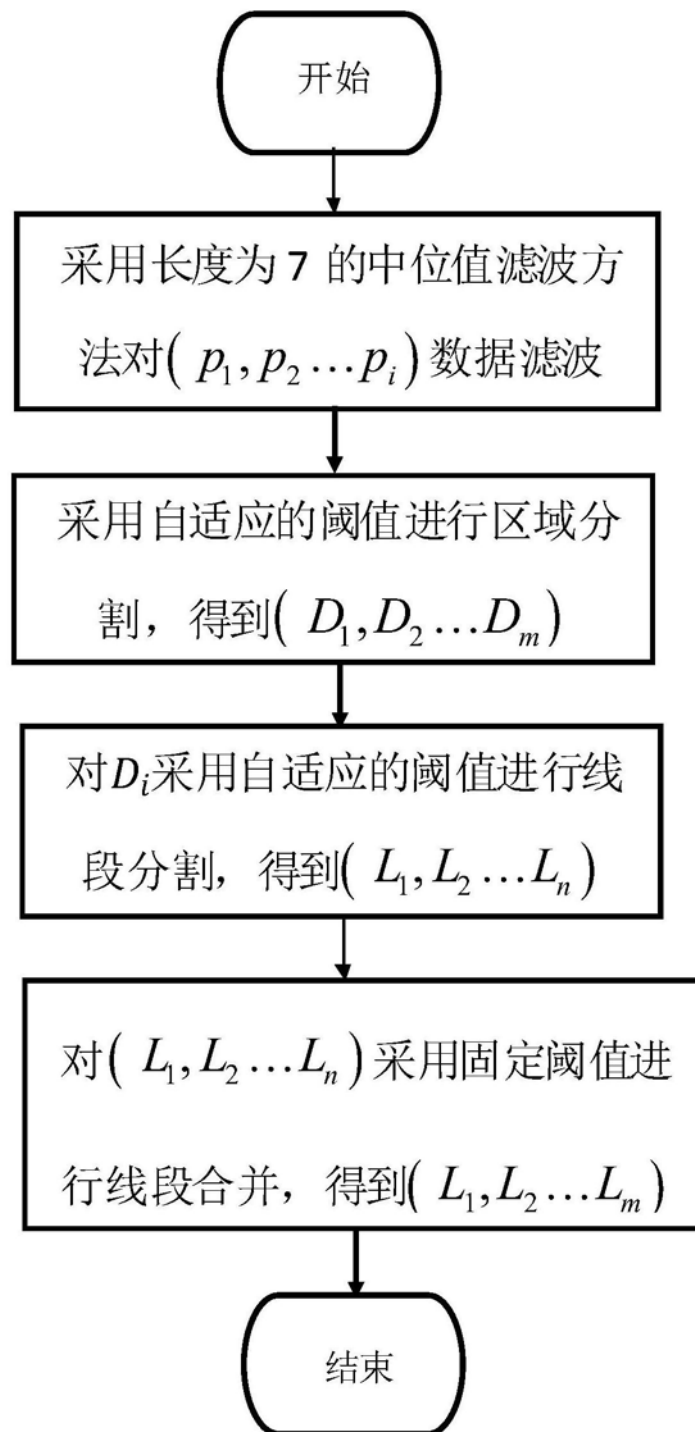


图1

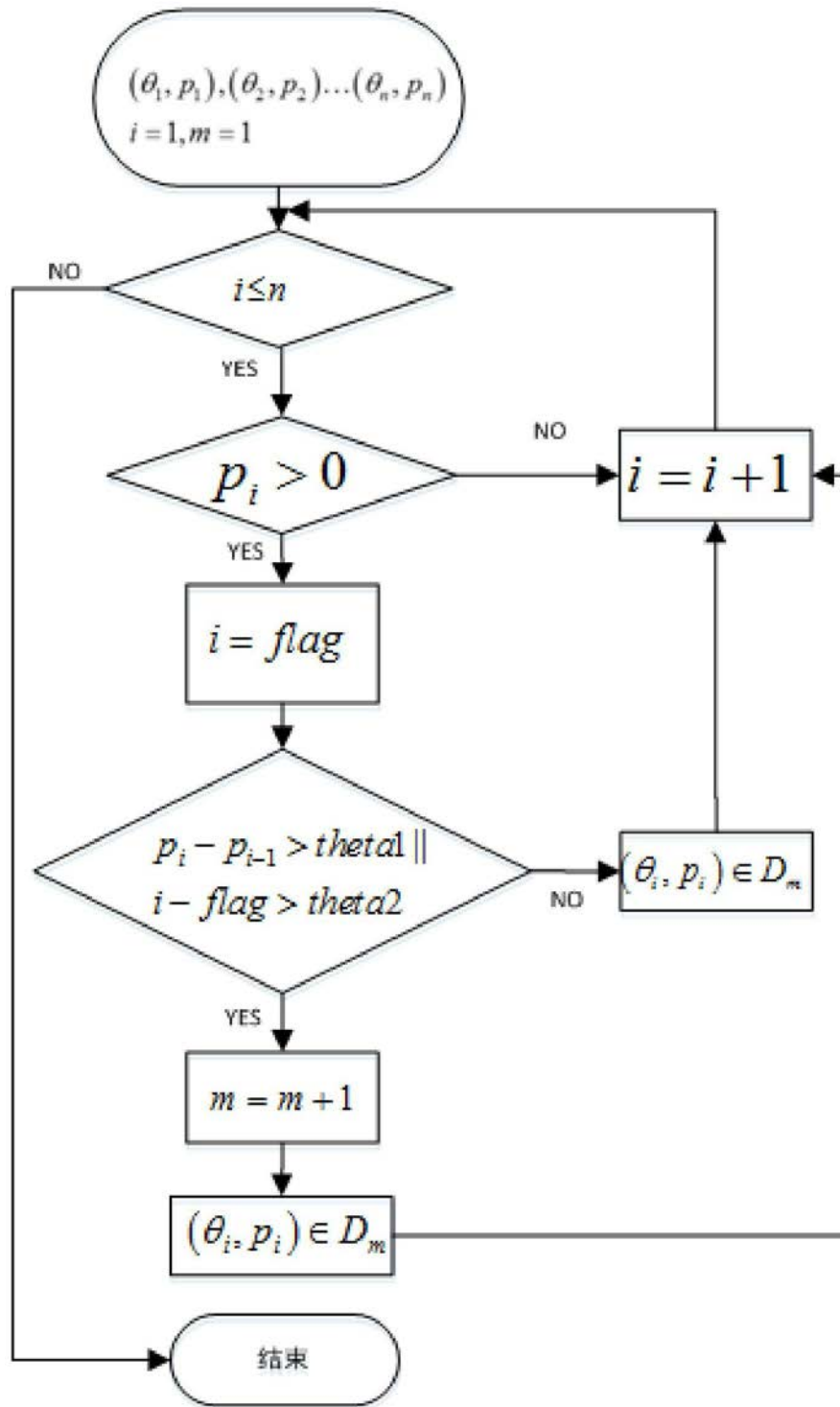


图2

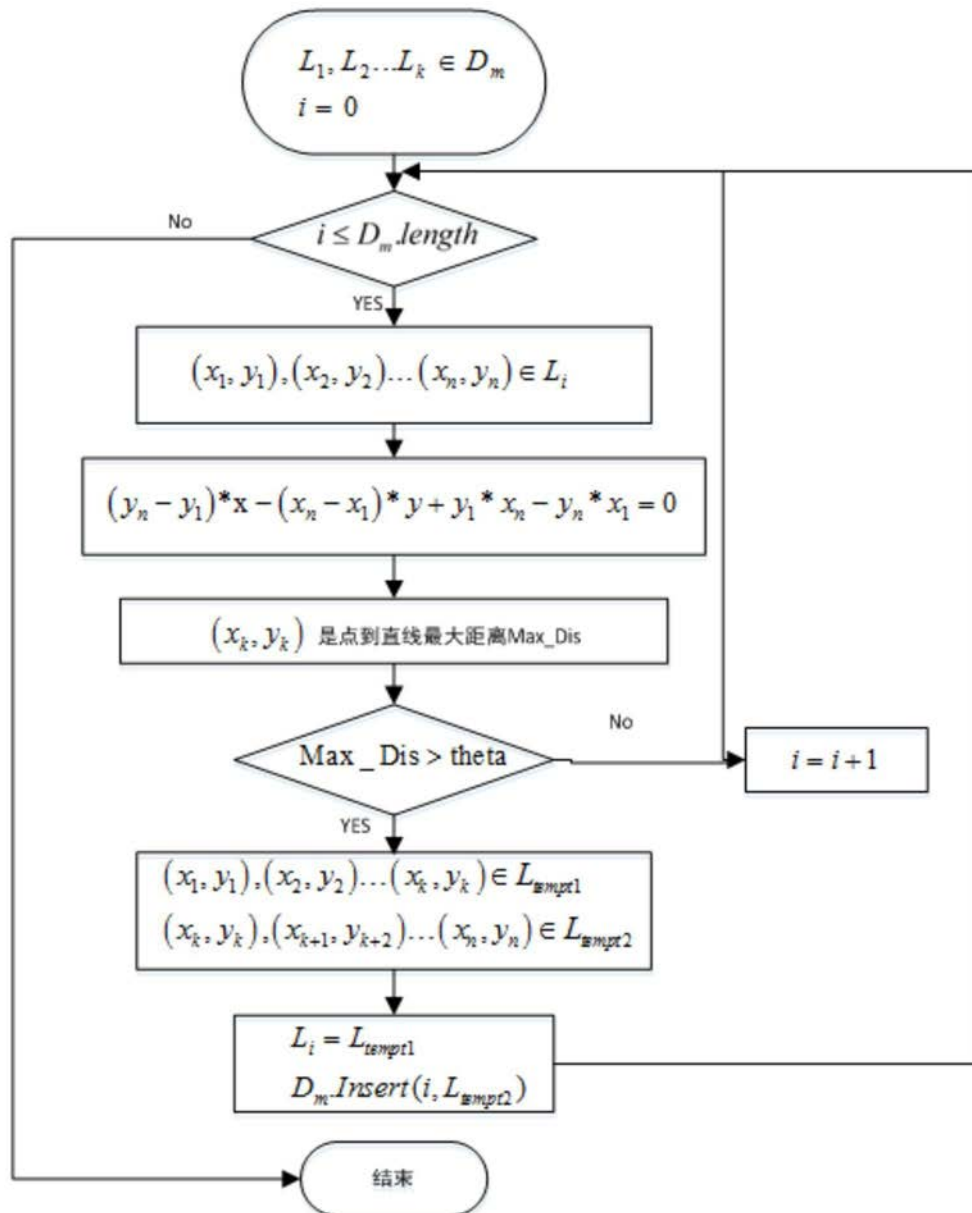


图3

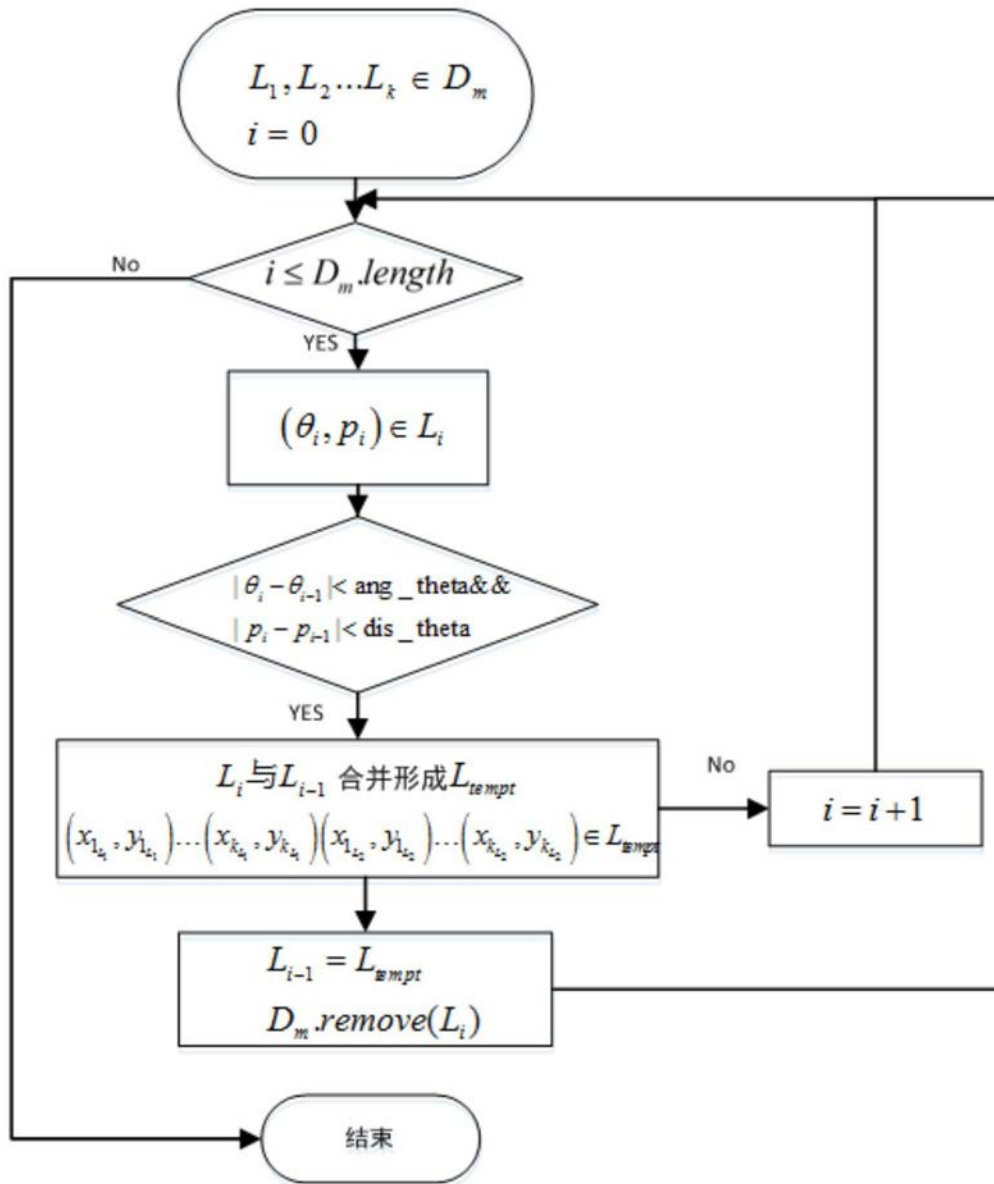


图4