

一种用于路面检测数据处理的新方法

许娅娅, 张利

(长安大学 公路学院 陕西 西安 710064)

A New Way Used to Process the Test Data of the Road

XU Yaya, ZHANG Li

摘要:以激光道路检测车采集的激光扫描数据为基础,提出一种应用数字图像处理中的滤波技术、模板卷积等进行路面检测数据处理的新方法,同时讨论 GPS PPK 技术。

关键词:相对高程; 滤波; 卷积; PPK

一、前言

激光扫描技术以快速、准确且以非接触方式获取物体表面信息而被广泛应用,而 GPS 技术则以全天候、全球范围内准确、实时地进行导航同样应用广泛。近几年来,这两项技术逐步应用到路面车辙检测中,长安大学设计的激光道路检测车即集成了激光扫描技术和 GPS 定位技术。由于在路面检测过程中会采集到海量数据,因此需要有一个合适的方法对这些数据进行处理。本文将数字图像处理中的滤波技术和模板卷积等方法用于检测数据的处理,并以长安大学激光道路检测车采集的数据为依据。

二、遮挡物的处理

激光道路检测车对路面车辙检测的原理是测量路面与参考面的相对高程 H 来判定路面是否存在车辙,其工作原理如图 1 所示。

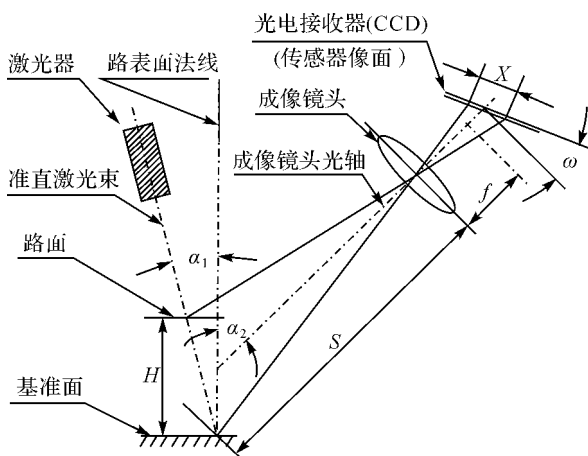


图 1 激光道路检测车工作原理图

在数据采集过程中,由于路边植被的影响会使部分路面被遮挡,因此在对路面数据处理之前先要剔除这些遮挡物的影响。

我们知道,路面相对来说是一个比较平滑的平面,因此检测采集到的数据应该在某一个常数 D 附近变化,并且变化的幅度要远远小于遮挡物到参考面的相对高程。因此,在处理遮挡物时可以模仿应用数字图像处理中高通滤波的原理进行。所谓高通滤波即除去图像中的低频分量,保留图像中的高频分量。对于检测数据而言,相对高程数据出现异常的频率是比较小的。处理这些数据时首先设定一个阈值 D_0 ,对检测得到的所有相对高程 H_i 作如下判定

$$F(X_i) = \begin{cases} D_i & H_i \leq D_0 \\ 0 & H_i > D_0 \end{cases} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n)$$

利用上式即可实现剔除遮挡物的目的,但是剔除遮挡物后,其遮挡的点的相对高程全部就取 0 了,这对后续处理仍然不利,因此需要对其作进一步处理。当 $H_i > D_0$ 时,取 $F(X_i) = H_j$, j 为不被遮挡的距 i 点最近的点,即 $H_i > D_0$ 时,取距离该点最近的不被遮挡的点的相对高程作为该点的相对高程。

三、激光扫描数据的处理

对激光扫描数据处理的目的就是找出路面已产生的变形点,以实现路面车辙检测。本文使用的方法是借助数字图形处理中的“模板卷积”法进行。所谓模板卷积就是利用模板进行卷积,其基本思路是将赋予某个像素的值作为它本身灰度值和其相邻像素灰度值的函数。因此,首先要为模板定义一

收稿日期: 2011-08-19

作者简介: 许娅娅(1962—),女,陕西乾县人,教授,主要研究方向为道路与铁道工程。

个合适的宽度和长度,长安大学激光检测车的检测宽度为3.75 m(一个车道的宽度)横断面检测间隔为5~20 cm(任意设置)。所以定义激光道路检测车扫描数据中的模板宽度时,通过取采集数据时的扫描宽度,长度则取前进中5个检测断面的长度。定义好模板后,模板卷积实现的主要步骤如下:

- 1) 将模板竖向中线沿着检测车前进方向漫游,并将模板中线与道路检测横断面中线重合。
- 2) 将模板上的各个系数与模板下的对应相对高程做乘积运算,这里模板上的系数均取1。
- 3) 将所有乘积相加,并除以相对高差的个数。
- 4) 将模板下的相对高程与步骤3)计算的平均值作减法,计算每一点相对高程与均值之差。
- 5) 检查步骤4)计算得到的差值,理论上该部分数值应在某一个小区间内波动,若有一部分点的差值超出了该波动区间,则提取该部分数据。
- 6) 根据提取的数据确定其对应的道路里程桩号,该里程范围内很可能有车辙存在。

通过以上步骤,即可实现道路路面车辙检测数据的处理,并得到可能存在车辙路段的里程桩号。在利用卷积模板进行数据处理的方法中,由于模板系数都取值为1,所以整个运算过程实际只涉及了加(减)运算,计算量不是很大,具有良好的实用价值。

四、里程桩号推算的方法

根据前文所述,道路的里程桩号需要根据检测数据确定,并且要达到一定的精度,这就需要每一个检测断面的三维坐标或者检测车在任一时刻的三维状态中。而GPS技术能够实现全天候、全球范围内精确提供车辆运行状态数据,因此考虑采用GPS技术推算里程桩号。

1. 利用GPS技术提取任意一个检测断面的里程桩号

要解决这个问题,可以将接收机采样间隔设定为1 s,这样每隔1 s就采集到一个检测车的点位三维坐标,并利用相近两个点的坐标差计算两点间的距离即为检测车的瞬时速度,将瞬时速度累加即可得到断面里程。

由于路线平面线形除直线外,还有曲线段(包括圆曲线和缓和曲线),所以要考虑用直线代替曲线部分。下面讨论用直线代替曲线产生的里程影响。

(1) 直线代替圆曲线

$$\alpha = \arccos \frac{2R^2 - T^2}{2R^2} \quad (1)$$

$$\Delta l = R\alpha - T \quad (2)$$

式中 Δl 为直线代替圆曲线产生的影响; R 为圆曲线的半径; T 为弦长; α 为曲线转角。

(2) 直线代替缓和曲线

这里以常用的回旋线为例

$$\Delta l_s = l_s - \sqrt{q^2 + R^2 + (R+P)^2 + 2Rq\sin\beta_0 - 2R(R+P)\cos\beta_0} \quad (3)$$

式中 Δl_s 为用直线代替圆曲线产生的影响; l_s 为缓和曲线长; R 为与缓和曲线相接的圆曲线的半径; P 、 q 、 β_0 为缓和曲线参数。

其表达式如下

$$\beta_0 = \frac{l_0}{2R} \cdot \rho \quad (4)$$

$$m = \frac{l_0}{2} - \frac{l_0^3}{240R^2} \quad (5)$$

$$P = \frac{l_0^2}{24R} \quad (6)$$

为了计算方便,假设道路设计采用一般最小半径,缓和曲线长度采用最小长度值,且检测车的运行速度分别为60 km/h、80 km/h、100 km/h、120 km/h,则由直线代替曲线在一个采样间隔内所产生的影响值计算结果如表1所示。

表1 直线代替曲线(圆曲线、缓和曲线)所产生的影响值计算结果

设计速度/(km/h)	60	80	100	120
一般最小半径/m	200	400	700	1000
影响值 Δl /cm	4.8	2.8	1.8	1.5
缓和曲线最小长度/m	60	70	85	100
影响值 Δl_0 /cm	5.9	2.3	1.4	1.1

由表1数据可以看出,用直线代替曲线段的里程影响值都在厘米级,而且曲线半径越大,影响值越小;缓和曲线越长,影响越小(实际设计采用通常都大于一般最小半径和最小缓和曲线长度,所以其影响会更小)。因此,用这种方法推算公路里程桩号是合理的。

2. GPS定位的精度问题

考虑到GPS单点定位的精度不够高,而GPS RTK技术由于受电台覆盖范围的限制也不能使用,因此应考虑采用GPS PPK技术。后处理动态测量(post processed kinematic, PPK)是一种基于载波相位测量的后处理差分技术,参考站需要记录GPS原始数据,不需要电台实时传输差分数据,数据处理采用后处理模式。由于该方法不需要利用电台进

行实时数据传输,因此非常适用于激光道路检测车。

在检测车上运用 GPS PPK 技术时,采用连续动态测量:在测区内选择一个基准点,安置接收机连续跟踪所有可见卫星,流动站在出发点作静态测量几分钟后,从出发点开始连续动态测量,按照指定的时间间隔(1 s)自动测定运动载体的实时位置,点位精度可达到厘米级,完全满足道路检测要求。

3. PPK 基准站的设置问题

根据载波相位差分技术的原理,流动站与基准站距离越远,差分计算得到的定位数据误差越大。由于道路是狭长带状分布的,因此必须考虑基准站的设置问题。要解决这个问题,可以采用分段检测的方法,根据道路勘测设计时的控制点,将待检测道路分成若干段,每开始检测一段时,都采用最近的控制点架设基准站,这样可以很好地保证定位数据的精度,并且不会增加很大的工作量。对于建有城市连续运行参考站的城市而言,利用城市运行参考站将更加方便,而且精度会更高。

基准站的设置是计算点位精度的关键,点位精度是 GPS PPK 技术用于激光道路检测车实现里程桩号推算的基础,而道路里程桩号是保证检测数据处理正确的前提条件。

五、结 论

高速激光道路检测车是激光扫描技术与 GPS

定位技术相结合的产物。本文以长安大学激光道路检测车采集的检测数据为基础,讨论了一种借助于滤波技术、模板卷积原理进行检测数据处理的方法和 GPS PPK 定位,以及其联合使用进行道路路面检测的技术,得到如下结论:

1) 将数字图像处理中的一些理论用于激光扫描数据的处理是切实可行的。

2) GPS PPK 技术用于激光道路检测车有很大的优越性。

3) 将 GPS PPK 技术与激光扫描技术相结合可以为数据处理工作带来方便,使路面检测方法更有效实用。

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社 2006.
- [2] 曹冰莹. 激光路面检测车技术集成与开发研究[D]. 西安: 长安大学 2006.
- [3] 黄劲松, 李英冰. GPS 数据测量与数据处理实习教程[M]. 武汉: 武汉大学出版社 2010.
- [4] 杨少伟. 道路勘测设计[M]. 北京: 人民交通出版社 2009.
- [5] 许娅娅. GPS RTK 的发展及其在公路测量中的应用[J]. 测绘通报 2007(2): 18-20.
- [6] 刘伯莹, 姚祖康. 公路设计工程师手册[M]. 北京: 人民交通出版社 2002.

《大地测量学基础(双语教程)》出版

[本刊讯] 由张西光等编著的《大地测量学基础(双语教程)》一书,已于 2011 年 10 月由测绘出版社出版。

该书为测绘类专业本科《大地测量学基础》(普通高等教育“十一五”国家级规划教材,吕志平、乔书波编著,测绘出版社 2010 年 3 月出版)的英语辅助教材,目的是使学生在学习大地测量学基础课程的同时,学习掌握该课程的基本概念、基本理论在英文中的表达和描述,为以后阅读英文专业文献、撰写专业论文打下良好的基础。

该书可作为高等院校测绘类专业本科生的通用教材,对于从事与测绘工程有关的技术人员也是一本值得推荐的基础性参考书。

该书为 16 开本,定价 22.00 元。

(本刊编辑部)