

一种无人机铁路巡线视频定位方法

王 凯

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300251)

摘要:为解决无人机铁路巡线视频空间绝对定位和铁路里程定位应用问题,利用无人机飞行过程中空间位置、姿态信息等数据以共线方程为理论基础构建巡线视频空间定位模型,以巡线视频空间定位模型为算法基础进行拓展,完成了视频铁路里程定位、三维场景与视频同步、两期视频同步算法。利用实际工程项目进行精度验证,其里程定位中误差为 3.586 m,场景-视频同步中误差为 4.23 m,两期视频同步中误差为 3.67 m。该方法实现了巡线视频的地理信息编码,为铁路行业无人机视频精准化应用和多源数据融合应用提供了基础条件。

关键词:铁路;无人机巡线;视频定位

中图分类号:P235 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)01-0323-06

随着中国铁路建设的快速发展,铁路里程和覆盖范围不断增加,截至 2020 年底中国铁路运营里程超过 14.6 万 km。为了保障铁路干线的正常运行,铁路沿线两侧 100 m 范围设置为铁路周边环境保护区,长期以来保护区内存在着围栏破坏、保护区内建设违章建筑、倾倒工业和生活垃圾等现象。这些现象的存在使得铁路的运行受到了极大的威胁,传统的方式是通过人工进行巡线,进行铁路周边环境巡查。近年来,随着无人机技术的飞速发展,传统的人工巡线逐步被取代^[1]。但是,由于无人机巡线视频数据量大,在应用的过程中无法快速从海量视频数据中查到对应空间位置的视频信息,这严重影响了数据的使用效率^[2]。国内开展无人机视频巡线的研究多集中在对视频目标的检测与跟踪,以提取目标相对视频场景的位置,对于视频帧的地理信息表达和绝对定位研究较少^[3]。本研究通过无人机飞行位置、姿态还原与视频匹配等技术方法实现了铁路巡线视频的快速空间定位和铁路里程信息定位,为高效利用巡线视频提供一种有效方法。

1 铁路线位空间-里程参考的建立

通过铁路矢量线路按照一定的距离进行离散化,将矢量线位转为坐标点,建立里程-坐标索引关系。根据工点里程表和里程坐标索引关系构建工点-里程-坐标的对应场景索引表。具体包括以下步骤:首先将矢量线按照一定的距离(本例按照 0.2 m

的间隔)进行离散化,将矢量线位转化为离散的点,如图 1 所示。将 WGS84 空间坐标系下的地理坐标转化为 UTM 投影坐标系下的平面坐标。利用投影坐标计算离散点间距进行点位铁路里程换算。

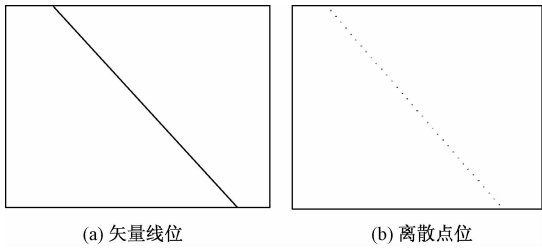


图 1 矢量线位离散化

2 视频数据采集、关键帧地理信息编码

沿铁路线路进行视频拍摄,均衡视频地表分辨率和飞行安全,采用相对地表航高 100~150 m 仿地飞行拍摄,为了获取更好的地表立体效果,无人云台采用与地面拍摄平面 25°~45°夹角进行拍摄,如图 2^[4]所示。

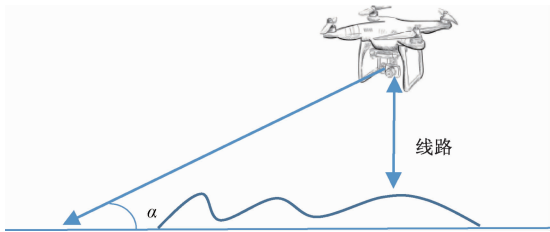


图 2 线路拍摄示意图

收稿日期:2021-08-20

基金项目:国家铁路集团重点科研课题(N2020T006);中国铁路设计集团重点课题(2021A240508)。

作者简介:王凯(1992—),男,山东菏泽人,中国铁路设计集团有限公司,工程师,硕士,研究方向为铁路工程无人机应用。

以 100 m 航高、设备采用大疆精灵 4pro 为例，以其相机参数进行计算得出其地表覆盖范围为 120 m×150 m，单条航带的带幅可以覆盖铁路两侧的范围。无人机相机相对于线路的拍摄角度，根据铁路所处的不同阶段和线路的不同类型采用不同角度进行拍摄。施工期，采用位于线位正上方拍摄，运维时期采用左、右侧视角进行侧方拍摄，以保证铁路运行的安全。

视频数据采集后，对无人机的飞行日志信息进行提取和分析，形成视频地理信息编码文件(POS 数据)。具体提取的信息包括：该时间段无人机的地理坐标($x_{UAV}, y_{UAV}, z_{UAV}$) (WGS84 坐标)，飞机的相对行高 H ，无人机的航偏角 yaw_{UAV} 、侧滚角度 $roll_{UAV}$ 、俯仰角度 $pitch_{UAV}$ ，相机云台的航偏角 yaw 、俯仰角 $pitch$ 、侧滚 $roll$ ，该点位无人机所处的日期 $date$ 和时刻 T 。飞机和相机作为一个整体而言，其

航偏角为 YAW ，俯仰角为 $PITCH$ ，侧滚角为 $ROLL$ ，其值为无人机与相机的姿态之和，并进行取整^[5]。

$$YAW=[yaw_{uav}+yaw]$$

(1)

$$PITCH=[pitch_{uav}+pitch]$$

(2)

$$ROLL=[roll_{uav}+roll]$$

(3)

无人机视频文件创建的时刻为无人机视频结束采集的时刻 T_{end} ，其视频开始采集是时刻为 T_{start} ，视频的长度为 T_L ，其三者之间的关系为

$$T_L=T_{end}+T_{start}$$

(4)

根据视频是起始时刻，获取对应时间段的飞行 POS 信息，并计算每一 POS 点位对应的视频时刻 T_{fly} ，并将此时刻的视频帧作为视频关键帧，即

$$T_{fly}=T+T_{start}$$

(5)

整理可得对应的视频数据关键帧和 POS 数据，如图 3 所示。

ID	Lon	Lat	Z	H	YAW	PITCH	ROOL	date	Tfly
0	116.7196	25.20354	150.1	100	-114	-30	0	2020/1/16	0
1	116.7195	25.20351	149.2	100	-114	-30	0	2020/1/16	1.061441
2	116.7195	25.20349	148.6	100	-114	-30	0	2020/1/16	2.122881
3	116.7194	25.20347	148	100	-114	-30	0	2020/1/16	3.184322
4	116.7194	25.20345	147.4	100	-114	-30	0	2020/1/16	4.245763
5	116.7193	25.20342	146.8	100	-114	-30	0	2020/1/16	5.307203
6	116.7193	25.2034	146	100	-114	-30	0	2020/1/16	6.368644
7	116.7192	25.20338	145.4	100	-114	-30	0	2020/1/16	7.430085
8	116.7192	25.20336	144.7	100	-114	-30	0	2020/1/16	8.491525
9	116.7191	25.20334	144.2	100	-114	-30	0	2020/1/16	9.552966
10	116.7191	25.20331	143.5	100	-114	-30	0	2020/1/16	10.61441
11	116.719	25.20329	142.8	100	-114	-30	0	2020/1/16	11.67585
12	116.719	25.20327	142.2	100	-114	-30	0	2020/1/16	12.73729
13	116.7189	25.20325	141.6	100	-114	-30	0	2020/1/16	13.79873
14	116.7188	25.20322	140.9	100	-114	-30	0	2020/1/16	14.86017
15	116.7188	25.2032	140.3	100	-114	-30	0	2020/1/16	15.92161
16	116.7187	25.20318	139.7	100	-114	-30	0	2020/1/16	16.98305
17	116.7187	25.20316	139.1	100	-114	-30	0	2020/1/16	18.04449
18	116.7186	25.20314	138.5	100	-114	-30	0	2020/1/16	19.10593
19	116.7186	25.20311	137.8	100	-114	-30	0	2020/1/16	20.16737
20	116.7185	25.20309	137.3	100	-114	-30	0	2020/1/16	21.22881
21	116.7185	25.20307	136.6	100	-114	-30	0	2020/1/16	22.29025
22	116.7184	25.20305	136	100	-114	-30	0	2020/1/16	23.35169

图 3 地理信息编码文件(关键帧 POS 数据)

3 巡线视频空间、里程定位与同步

3.1 无人机视频空间定位模型构建与视频空间、里程定位

视频拍摄时相机的主光轴与地面成一定夹角，这使得飞机的空间位置与获取视频的视场中心平台坐标存在一定的偏差^[6]。为了进行坐标和铁路里程更加精准的匹配，建立飞行机位置与相机视角中心的关系。定义视频视场投影中心点(物方)的地理坐标(WGS84)为(x_A, y_A, z_A)，对应的 UTM 投影坐标为(X_A, Y_A, Z_A)，获取无人机在空中摄站

点坐标通常为大地坐标[WGS84, 单位:(°)](x_S, y_S, z_S)，其对应的 UTM 投影坐标为(X_S, Y_S, Z_S) (单位:m)，地理坐标与空间坐标转换称之为投影(转换方法为通俗方法，此非本算法重点，不做详细论述)^[7]。无人机飞行时的外方位元素包括 $PITCH-\varphi$ (俯仰)、 $ROOL-\omega$ (侧滚)、 $YAW-\kappa$ (航偏)。相机参数：相机的焦距为 f ，其传感器 CCD 的大小为 a ，传感器对应的 CCD 阵列尺寸为 $C_X \times C_Y$ 。首先利用共线方程[式(6)、式(7)]计算视频投影中心点的空间坐标^[8]，即

$$x-x_0=-f\frac{a_1(x_A-x_S)+b_1(Y_A-Y_S)+c_1(Z_A-Z_S)}{a_3(X_A-X_S)+b_3(Y_A-Y_S)+c_3(Z_A-Z_S)}=-f\frac{\bar{X}_A}{\bar{Z}_A}$$

(6)

$$y - y_0 = -f \frac{a_2(x_A - x_S) + b_2(Y_A - Y_S) + c_2(Z_A - Z_S)}{a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)} = -f \frac{\bar{X}_A}{Z_A} \quad (7)$$

式中: x, y 为像点的像平面坐标; x_0, y_0, f 为影像的内方位元素; X_S, Y_S, Z_S 为无人机摄站点的物方空间坐标; X_A, Y_A, Z_A 为地面物方点的物方空间坐标; $a_i, b_i, c_i (i=1, 2, 3)$ 为无人机视频影像的 3 个外方位角元素组成的旋转矩阵^[9], 即

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \\ C_1 & C_2 & C_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中: $A_1 = \cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \sin \omega \sin \kappa$; $A_2 = -\cos \varphi \sin \kappa - \sin \varphi \sin \omega \cos \kappa$; $A_3 = -\sin \varphi \cos \omega$; $B_1 = \cos \omega \sin \kappa$; $B_2 = \cos \omega \cos \kappa$; $B_3 = -\sin \omega$; $C_1 = \sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \sin \omega \sin \kappa$; $C_2 = -\sin \varphi \sin \kappa + \cos \varphi \sin \omega \cos \kappa$; $C_3 = \cos \varphi \cos \omega$ 。

设 λ 为比例因子, 即

$$\frac{Z_A}{Z_A - Z_S} = \lambda \quad (9)$$

式中: Z_S 为无人机飞行的海拔高度; Z_A 为拍摄地表投影点海拔高度(由既有卫星遥感获取的 DEM 数据获取)。

经过整理得到其反演公式^[10]:

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \lambda \mathbf{R} \begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} \quad (10)$$

对于投影中心而言位于像坐标系的 x_0, y_0 位置, 则视频中心点投影坐标 (X_S, Y_S, Z_S) , 计算公式^[11]为

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \frac{H - Z_A}{h} \mathbf{R} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ -f \end{bmatrix} \quad (11)$$

式中: H 为飞机的绝对行高; h 为设置无人机的相对航高。

视频视场 4 个角点坐标为 (X_{lu}, Y_{lu}, Z_{lu}) (左上), (X_{ru}, Y_{ru}, Z_{ru}) (右上), (X_{ld}, Y_{ld}, Z_{ld}) (左下), (X_{rd}, Y_{rd}, Z_{rd}) (右下), 其对应的像平面坐标系的坐标分别为 $(0, 0), (C_X, 0), (0, C_Y), (C_X, C_Y)$, 对应的计算公式为

$$\begin{bmatrix} X_{lu} \\ Y_{lu} \\ Z_{lu} \end{bmatrix} + \frac{H - Z_A}{h} \mathbf{R} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -f \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} X_{ru} \\ Y_{ru} \\ Z_{ru} \end{bmatrix} + \frac{H - Z_A}{h} \mathbf{R} \begin{bmatrix} C_X \\ 0 \\ -f \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} X_{ld} \\ Y_{ld} \\ Z_{ld} \end{bmatrix} + \frac{H - Z_A}{h} \mathbf{R} \begin{bmatrix} 0 \\ C_Y \\ -f \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\begin{bmatrix} X_{ud} \\ Y_{ud} \\ Z_{ud} \end{bmatrix} + \frac{H - Z_A}{h} \mathbf{R} \begin{bmatrix} C_X \\ C_Y \\ -f \end{bmatrix} \quad (15)$$

利用视频关键帧无人机 POS 数据, 根据投影中心及视频帧覆盖范围的计算公式计算得到关键的对应的空间位置信息, 其格式见表 1。

表 1 视频关键帧对应空间位置信息表结构

ID	X	Y	Z	LU	RU	LD	RD	T
...	...	...	...	...	...	...	...	...

表 1 中 X, Y, Z 为该视频帧投影中心坐标, LU、RU、LD、RD 分别为对应视频帧左上、右上、左下、右下的位置对应的空间坐标, T 为该视频关键帧对应的时间。

输入的地表定位点的地理坐标为 (x, y, z) , 其对应的平面投影坐标为 (X, Y, Z) , 通过遍历的方式分别计算与每一个视频关键帧的中心点的投影坐标为 (X_{Ai}, Y_{Ai}, Z_{Ai}) , 对应一个视频而言, i 的取值为 $0 \sim N$ 。

计算定位点与视频关键帧中心点投影坐标的欧式距离 D_i , 即

$$D_i = \sqrt{(X_{Ai} - X)^2 + (Y_{Ai} - Y)^2 + (Z_{Ai} - Z)^2} \quad (16)$$

取距离 D_i 最小的关键帧作为匹配关键帧, 其对应中心坐标为 (X_{Aj}, Y_{Aj}, Z_{Aj}) , 4 个角点坐标为 $(X_{luj}, Y_{luj}, Z_{luj})$ (左上), $(X_{ruj}, Y_{ruj}, Z_{ruj})$ (右上), $(X_{ldj}, Y_{ldj}, Z_{ldj})$ (左下), $(X_{rdj}, Y_{rdj}, Z_{rdj})$ (右下)。计算 (X, Y) 的坐标是否位于图幅范围内即满足以下条件:

$$\min(X_{luj}, X_{ldj}) \leq X \leq \max(X_{ruj}, X_{rdj});$$

$$\min(Y_{luj}, Y_{ldj}) \leq Y \leq \max(Y_{ruj}, Y_{rdj}).$$

若满足以上条件则检索到对应视频位置 j 及对应的视频时间 T , 将视频跳转到时间 T 位置。

里程定位是利用坐标-里程索引文件匹配与无人机视频空间定位综合进行。输入定位的里程位置为 k , 通过对里程-坐标索引文件进行遍历找到距离 k 点最近的索引里程为 K_i , 其对应的点位地理坐标为 (x_k, y_k, z_k) , 通过投影变换计算其对应的平面投影坐标为 (X_k, Y_k, Z_k) , 对 K_i 作为空间定位点采用上述视频空间定位方法进行定位, 检索到视频关

键帧对应的时间为 T ，将视频跳转到时间 T 位置，视频具体定位效果如图 4 所示。



图 4 视频定位

3.2 空间地图场景-视频同步

假设在短时间内无人机的位置和姿态的变化是随时间均匀变化，利用线性插值法对无人机的关键帧 POS 数据进行插值加密得到每一帧视频的 POS 数据，具体的插值方法^[12]为

$$A_k = A_j + \frac{A_i - A_j}{T_i - T_j} \times (T_k - T_j) \quad (17)$$

T_k 的取值范围为 T_j 到 T_i ，采样间隔为 $(T_i - T_j)/\text{num}$ ；其中， A_j 、 A_i 、 A_k 分别为 T_j 、 T_i 、 T_k 时刻的空间坐标或姿态值，num 为视频的帧速率。利用以上插值公式对无人机的空间位置和姿态等数据进行插值得到插值后的 POS 数据。进行视频播放，根据视频播放的视频帧时刻位置获取对的无人机 POS 信息，无人机在空中拍摄点的物方 UTM 投影坐标为 (X_s, Y_s, Z_s) ，根据无人机该位置的相对高程 H 、相机的焦距 f （相机为固定焦距），人机飞行时的外方位元素 $\text{PITCH}-\varphi$ （俯仰）， $\text{ROOL}-\omega$ （侧滚）、 $\text{YAW}-\kappa$ （航偏），利用无人机视频空间视频定位模型计算出该视频帧位置视场中心投影坐标为 (X_A, Y_A, Z_A) 和关键帧对应的 4 个角点的坐标为：4 个角点平面坐标为 $(X_{luj}, Y_{luj}, Z_{luj})$ （左上）、 $(X_{ruj}, Y_{ruj}, Z_{ruj})$ （右上）、 $(X_{ldj}, Y_{ldj}, Z_{ldj})$ （左下）、 $(X_{rdj}, Y_{rdj}, Z_{rdj})$ （右下）；通过投影反变换获取对应的场景的中心地理坐标 (x_A, y_A, z_A) 与角点坐标 $(x_{luj}, y_{luj}, z_{luj})$ （左上）、 $(x_{ruj}, y_{ruj}, z_{ruj})$ （右上）、 $(x_{ldj}, y_{ldj}, z_{ldj})$ （左下）、 $(x_{rdj}, y_{rdj}, z_{rdj})$ （右下）。根据场景中心坐标和场景的角点坐标进行场景定位和视场范围的确定。依次进行视频帧的播放，根据每一帧无人机 POS 信息进行动态计算，获取场景中心点和角点坐标并赋值，实现场景与视频的同步，效果如图 5 所示。

3.3 两期视频同步

利用插值公式对无人机的空间位置和姿态等数据进行插值，得到插值后的 POS 数据^[13]。设定



图 5 场景、视频同步

期次 A 对应视频帧空中摄影中心坐标为 (x_A, y_A, z_A) ，利用投影转换获取其对应的视频帧的 UTM 坐标为 (X_A, Y_A, Z_A) 。利用无人机视频空间点位模型计算出每一帧视频中心点 j 空间投影坐标为 (X_{Aj}, Y_{Aj}, Z_{Aj}) ^[14]。以同样的方式计算出期次 B 对应每一帧中心投影坐标为 (X_{Bj}, Y_{Bj}, Z_{Bj}) 。

首先计算期次 A 视频起始帧对应的投影中心点坐标为 (X_{A1}, Y_{A1}, Z_{A1}) ，分别计算该点坐标与期次 B 各个视频帧的中心投影坐标 (X_{Bj}, Y_{Bj}, Z_{Bj}) 的欧式距离 D_j ^[15]，即

$$D_j = \sqrt{(X_{A1} + X_{Bj})^2 + (Y_{A1} + Y_{Bj})^2 + (Z_{A1} + Z_{Bj})^2} \quad (18)$$

j 的取值从 1 到 $\text{num} \times T_B$ ，其中 num 为视频 B 的帧速率， T_B 为视频 B 的时间长度。通过遍历的方式找到欧式距离最小的帧 D_j ，该帧的位置为第 j 帧，其对应的视频时间为 T_j ，即

$$T_j = j \times \text{num} \quad (19)$$

将视频 B 跳转到 T_j 。以此位置为匹配位置进行顺序播放，并计算接下来的视频 A 、视频 B 的视频帧对应的投影中心点坐标间的欧式距离 D ，例如视频 A 的第 2 帧的欧式距离为 D_2 ，即

$$D_2 = \sqrt{(X_{A1} + X_{Bj+1})^2 + (Y_{A2} + Y_{Bj+1})^2 + (Z_{A1} + Z_{Bj+1})^2} \quad (20)$$

若 D 大于设定的阈值 K ，通常情况下 K 取 15 m，则停止视频 A 、 B 的播放，以 A 点该位置的中心投影坐标为基准，对期次 B 的无人机视频帧中心坐标进行二次匹配获取该点位对应的视频时间为 T_1 ，期次 B 的视频跳转到 T_1 时刻，继续期次 A 、 B 视频的播放，依次进行循环，若二次匹配后 D 仍大于限差退出视频同步。视频定位效果如图 6 所示。

3.4 定位精度验证

利用铁路里程-桩位表作为精度验证的参考基

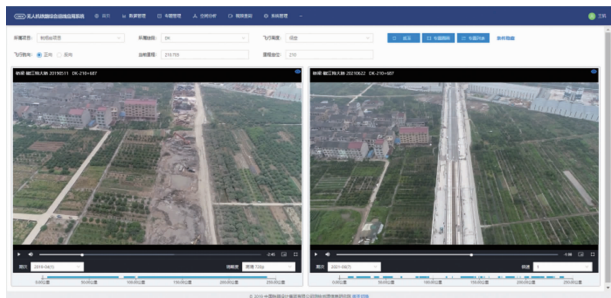


图 6 两期视频对比

准进行视频定位精度验证。以盐通铁路项目铁路视频巡线数据中按照 10 km 的间隔抽取 16 个里程位置作为视频定位精度验证样本。以视频视场中心的位置桩位里程与使用本定位方法实时计算得到里程进行对比验证以验证其里程定位精度。具体的定位精度见表 2。其中平均误差为 7.231 m,中误差为 3.586 m。

表 2 里程定位精度

序号	实际里程/km	定位里程/km	误差/m
1	10.452	10.448	4
2	20.536	20.529	7
3	30.468	30.455	7
4	40.448	40.437	11
5	51.663	51.589	4
6	60.511	60.524	13
7	71.436	71.431	5
8	80.435	80.430	5
9	92.598	92.605	7
10	101.487	101.482	5
11	111.445	111.460	15
12	120.552	120.548	4
...	...	...	...

选取施工过程中的铁路中桩处点位作为精度验证点,分别获取场景地图中的该中桩点位里程与视频视场中心处的中桩里程进行对比精度分析。随机指定起始里程,以 10 km 作为采样间隔,获取 24 个样本点,并计算其平均误差为 8.45 m,中误差为 4.23 m。

获取两期视频视场中的相同的中桩位置作为两期视频同步的精度验证点。随机指定起始里程,以 10 km 作为采样间隔,获取 24 个样本点,并计算其平均误差为 7.68 m,中误差为 3.67 m。经过实验验证视频定位精度满足工程应用需求。

4 结论

根据工程实际应用需求,通过理论研究、推导建立无人机飞行过程的空间位置姿态信息与无人

机铁路巡线视频的关系,并结合铁路里程与空间位置的关系建立一种无人机铁路巡线视频定位方法。基于无人机视频定位方法实现了无人机视频的铁路里程快速定位、地图场景与无人机视频同步、两期无人机视频同步等功能。根据研究得出以下结论:

1)利用本铁路无人机视频定位方法可以快速实现无人机铁路巡线视频里程定位,提高了巡线视频数据检索的效率。

2)利用高精度的无人机空间定位和姿态信息建立视频定位模型可以达到 10 m 级别的空间定位精度。

3)铁路无人机视频定位方法完成了无人机多媒体视频数据的地理信息化,这种具有空间参考巡线视频可以广泛应用于铁路勘察设计、施工管理、既有线周边环境监测等,大幅度提高了数据的利用率。

参考文献

[1] 张兆云,黄世鸿,张志. 机器视觉在无人机巡线中的应用综述[J]. 科学技术与工程,2020,20(34):13949-13958.

[2] 李思婕. 视频影像空间定位方法研究[D]. 南京:南京师范大学,2020.

[3] 孔嘉旭,谷天峰,孙彬,等. 基于无人机摄影测量技术的滑坡变形研究进展[J]. 科学技术与工程,2020,20(28):11391-11399.

[4] 孙新博,李英成,王恩泉,等. 一种无人机视频影像快速配准方法[J]. 测绘通报,2019(6):77-80.

[5] 郭乔进,梁中岩,宫世杰,等. 一种基于高程数据的无人机视频实时定位方法[J]. 计算机与数字工程,2018,46(12):2450-2453,2505.

[6] 田丰,闫建国,曹莹慧. 无人机视频中的目标定位研究[J]. 计算机测量与控制,2010,18(4):900-901,905.

[7] 宫世杰,郭乔进,梁中岩,等. 一种基于飞行元数据的无人机云台控制方法[J]. 科学技术创新,2020(34):50-51.

[8] 张岩,陈健,刘敏,等. 基于影像定位的无人机侦察视频超分辨率重建方法[J]. 科技导报,2020,38(21):159-168.

[9] 马跃龙,曹雪峰,陈丁,等. 一种融合单目视觉 SLAM 与 GPS 的无人机视频目标定位方法[J]. 测绘科学技术学报,2018,35(5):497-501.

[10] 冯新江,林泽科,陈岳贤,等. 无人机电力巡检系统研究[J]. 机电信息,2021(5):1-4.

[11] 葛男男,孙伟,曹界宇. 无人机实时图像传输系统设计[J]. 中国新通信,2021,23(2):61-62.

[12] 赵维淞,钱建国,汤圣君,等. 一种移动视频与地理场景的融合方法[J]. 测绘通报,2020(12):11-16.

[13] 孙康. 遥测地面站视频处理系统的设计[J]. 信息技术与信息化,2020(12):14-16.

[14] 田丰,闫建国,曹莹慧. 无人机视频中的目标定位研究

[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(4): 900-901, 905.

[15] 杜云, 彭瑜, 邵士凯, 等. 基于改进粒子群优化的多无人

机协同航迹规划[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(32): 13258-13264.

A Location Method for UAV Railway Patrol Video

WANG Kai

(China Railway Design Group Co., Ltd., Tianjin 300251, China)

Abstract: The research mainly aims to solve the application problems of UAV railway patrol video spatial absolute positioning and railway mileage positioning. Based on the collinear equation, the spatial positioning model of line patrol video is constructed by using the spatial position and attitude information of UAV during flight. Based on the line patrol video spatial positioning model, the algorithm is expanded, and the video railway mileage positioning, three-dimensional scene and video synchronization and two-phase video synchronization algorithms are completed. The accuracy is verified by the actual engineering project. The mean square error of mileage positioning is 3.586 m, the mean square error of scene video synchronization is 4.23 m, and the mean square error of two-phase video synchronization is 3.67 m. This method realizes the geographic information coding of line patrol video, and provides basic conditions for the accurate application of UAV video and multi-source data fusion application in the railway industry.

Keywords: railway; UAV line patrol; video positioning