

旋转多基线数字近景摄影测量

柯 涛¹ 张祖勋¹ 张剑清¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘 要:提出了一种全新的数字近景摄影测量方法——旋转多基线数字近景摄影测量。该方法通过应用旋转摄影增大了摄影视场角,应用“多基线”的摄影方式增大了摄影交会角,提高了交会精度,并且解决了近景摄影测量中大交会角影像难以实现自动匹配的困难。同时,该方法将传统的区域网空中三角测量应用于近景摄影测量,用于影像外方位元素的解算,在提高精度的同时减少了外业工作量,提高了生产效率。

关键词:旋转摄影;多基线;数字摄影测量;近景摄影测量;DLT;相对定向直接解

中图法分类号:P234.1

数字摄影测量工作站虽然已经广泛地应用于近景摄影测量,但是其理论没有任何突破^[1]。目前多数近景摄影测量软件的理论基础还是基于直接线性变换(direct linear transformation, DLT)的单模型作业方式,即按传统的平行摄影方式进行摄影,相邻影像构成立体模型,每幅影像利用 6 个以上的外业控制点直接建立像点坐标和物方空间点坐标之间的关系。由于这种作业方式无需相机的内方位元素,可以利用非量测相机进行近景摄影测量,所以这种方法得到了广泛的应用。但是由于直接线性变换^[2]未知数(11 个未知数)之间存在相关性,往往导致求解的不稳定性。并且 DLT 对控制点的分布要求高,当控制点的分布不理想时,易出现病态解,影响待定点的物方求解精度^[3-4]。同时这种作业方式需要大量的外业控制点,在实际工程应用中工作效率低,劳动强度大。

若测量误差为定值,则前方交会的误差主要取决于交会角 θ ,交会角愈小,测量的深度误差愈大^[1]。交会角 θ 近似等于摄影基线 B 与摄影距离 D 的比值,即 $\theta \approx B/D$ 。因此,如果摄影距离一定,增加摄影基线的长度可以增加交会角,从而提高交会精度。

本文提出了旋转多基线数字近景摄影测量方法。该方法突破了传统的按单模型和非量测相机进行直接线性变换来求解影像外方位元素的作业流程,将传统的区域网三角测量应用于近景摄影

测量,并通过旋转多基线的摄影方式提高了近景摄影测量的交会精度,很好地解决了在近景摄影测量中大交会角摄影时自动化匹配难以实现的问题。通过多组不同试验场和不同相机的大量试验证明,该方法获取的量测精度比传统 DLT 作业方式提高了 4 倍以上。

1 旋转多基线交向摄影

1.1 多基线交向摄影与多基线匹配

近景摄影测量所用的相机一般为非量测相机,像幅较小,为了增加摄影基线的长度,同时保证影像间有三度以上的重叠(保证测区自由网的建立),应采用交向摄影。但是,随着摄影基线和交会角的增加,影像间的变形也会增加,从而会降低影像匹配的正确率与可靠性,甚至导致匹配失败。图 1 为交会角依次增大的序列影像(局部影像),相邻影像间的交会角约为 8° ,首尾影像间的交会角 24° 。

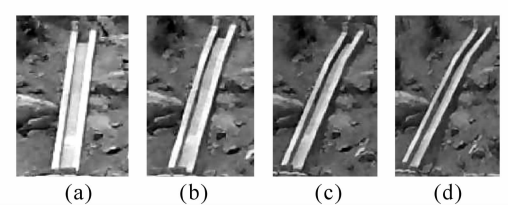


图 1 交会角依次增大的序列影像(局部影像)
Fig. 1 Relied Displacement Increases with the Increase of the Intersection Angle

表 1 试验数据说明
Tab. 1 Illustration of Experiments

试验	试验场	相机型号	像幅大小 (像素×像素)	像素大小 /μm	焦距/mm	目标大小(宽×高)/(m×m)
1	三峡大坝尾水边坡(开挖前)	Kodak DCS Pro SLR/n	4 500×3 000	8.0	50.0	270×90
2	三峡大坝尾水边坡(开挖后)	Nikon D2X	4 288×2 848	5.5	50.0	270×90
3	三峡大坝尾水边坡(开挖后)	Canon EOS-1Ds Mark II	4 992×3 328	7.2	85.0	270×90
4	三峡大坝尾水边坡(开挖后)	Canon EOS-1Ds Mark II	4 992×3 328	7.2	85.0	270×90
5	清江水布垭水电站溢洪道	Canon-EOS 5D	4 368×2 912	8.0	50.0	178×83
6	四川省荣县定曲河山区	Kodak DCS Pro SLR/n	4 500×3 000	8.0	135.0	650×360

表 2 试验 1~5 按单模型和 DLT 进行解算的精度
Tab. 2 Precision of Experiment 1-5 Processed with DLT

试验	模型数	控制点数	检查点数	X_{rms}/cm	Y_{rms}/cm	Z_{rms}/cm	点位精度/cm	相对精度
1	8	7	5	4.78	12.21	2.10	13.28	1/1 732
2	10	6	4	11.27	19.51	2.94	22.72	1/1 012
3	8	7	5	1.77	8.76	1.43	9.05	1/3 093
4	7	7	5	8.50	17.30	2.90	19.49	1/1 210
5	5	6	3	3.02	5.89	1.60	6.81	1/2 350

注:表中控制点数、检查点数和中误差均为多个模型的平均值。

表 3 试验 1~6 自检校光束法平差精度报告
Tab. 3 Result of Self-calibration Bundle Adjustment

试验	摄影距离/m	焦距/mm	地面分辨率/cm	控制点数	检查点数	X_{rms}/cm	Y_{rms}/cm	Z_{rms}/cm	点位精度/cm	相对精度
1	230	50	3.7	4	16	2.56	2.65	1.62	4.03	1/5 714
				10	10	2.26	1.97	1.00	3.16	1/7 277
2	230	50	2.5	4	17	3.75	3.81	1.05	5.4 5	1/4 222
				11	10	0.89	2.97	0.74	3.19	1/7 216
3	280	85	2.5	4	23	0.79	2.16	0.78	2.43	1/1 1529
				13	14	0.83	2.42	0.80	2.68	1/1 0446
4	236	85	2.0	4	22	1.13	2.64	0.84	2.99	1/7 888
				14	12	0.79	1.28	0.53	1.59	1/14 798
5	160	50	2.6	4	8	1.51	1.24	1.01	2.20	1/7 274
				6	6	1.29	1.19	1.12	2.08	1/7 685
6	1 000	135	5.9	4	12	7.80	8.11	7.16	13.34	1/7 498
				7	9	5.78	5.56	8.84	11.94	1/8 378

通过以上两组试验可以看出,DLT 的平均相对精度为 1/1 879,而旋转多基线摄影测量的平均相对精度为 1/8 327,平均相对精度提高了 4.5 倍。

参 考 文 献

[1] 张祖勋,杨生春,张剑清,等. 多基线数字近景测量[J]. 地理空间信息,2007,5(1):1-4

[2] 冯文灏. 近景摄影测量[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002

[3] Challis J H, Kerwin D G. Accuracy Assessment and Control Point Configuration when Using the DLT for Phogrammetry[J]. J Biomech, 1992, 25 (9): 1 053-1 058

[4] Putnam C. DLT Method of Three Dimensional Cinematography: Instruction Manual [D]. U S A: University of Iowa, 1979

[5] 李德仁,郑肇葆. 解析摄影测量学[M]. 北京:测绘出版社,1992

[6] 张力,张祖勋,张剑清. Wallis 滤波在影像匹配中的应用[J]. 武汉测绘科技大学学报,1999,24(1): 24-27

[7] Harris C G, Stephens M J. A Combined Corner and Edge Detector[C]. The Fourth Alvey Vision Conference, Manchester, 1988

[8] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学,1996

[9] 王之卓. 摄影测量原理[M]. 北京:测绘出版社,1980

[10] 张祖勋. 数字摄影测量与计算机视觉[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2004,29(12):1 035-1 039

第一作者简介:柯涛,博士生。主要研究方向为数字摄影测量、计算机视觉。
E-mail:ketao.kt@gmail.com