北京大学学报(自然科学版),第 43 卷,第 4 期,2007 年 7 月
Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, Vol.43, No.4 (July 2007)

多视几何与传统摄影测量理论*

孙　敏
(北京大学遥感与地理信息系统研究所,北京,100871)

摘　要　多视几何理论及其技术的发展为传统摄影测量领域提供了新的发展方向,然而如何将多视几何理论融入传统摄影测量并满足其实际应用的需求,仍然是有待解决的难题。多视几何理论与传统摄影测量理论相较而言均存在着一定的局限性,在其数据处理过程中的 3 个重要部分,包括初始数据、计算过程以及输出结果等,两者均存在一定的异同点。为弥补传统摄影测量的局限性,可采用多视几何理论与技术支持下的近景摄影测量与航空摄影测量方案,2 种方案均可以克服传统摄影测量过程中数据获取的局限性,并增强数据处理算法的灵活性,从多视几何理论角度而言,又可提高数据处理的精度。实验验证针对地面近景摄影测量的实验是有效可行的。

关键词　多视几何;摄影测量;近景摄影测量;计算机视觉
中图分类号　P 234

Multiple View Geometry and Traditional Photogrammetry Theory

SUN Min
(*Department of Spatial Information Science and Technology, Peking University, Beijing, 100871*)

Abstract　The development of multiple-view geometry theory and technology provide a new research direction for photogrammetry field, however, how to syncretize multiple-view geometry theory into traditional photogrammetry theory and make its application satisfy practical requirement is still one challenge. Multiple-view geometry and traditional photogrammetry theories respectively have certain limitations if compare them with each other, and there are also exist some similarities and differences in two theories respectively in three important data process parts including: initial data, calculation process and output result. In order to remedy defects in traditional photogrammetry, two solutions of close range photogrammetry and aerial photogrammetry with support of multiple-view geometry theory can be taken into account, both theories can overcome defects from data capture process in traditional photogrammetry, and both can increase flexibilities of data capture, at the same time, from the side of multiple-view geometry, precision of data process can also be improved. The demonstration shows that the solution is effective and feasible.

Key words　multiple view geometry; photogrammetry; close range photogrammetry; computer vision

0　引　言

多视几何(Multiple-View Geometry)是近十多年来在计算机视觉领域发展起来的一个热点研究方向,与传统摄影测量在很多方面有极大的相似性。许多摄影测量领域的学者对这一热点方向非常感兴趣,且已有许多学者在从事相关的研究工作。但是,多视几何理论与传统摄影测量理论并不完全一致,两者有很大的差异。如何将多视几何理论引入传统摄影测量,建立起一个新的学科发展方向,使多视几何理论弥补传统摄影测量理论的不足与局限性,同时完善多视几何理论,使之能发展到满足测绘工程领域的精度与工程要求,均有着十分重大的意义。

摄影测量领域的我国学者在多视几何理论方面已经有所探索,但目前还没有看到实质性的进展。在国际上,摄影测量领域的学者对多视几何的探索

* 国家自然基金 (40471104)资助项目
收稿日期:2006-01-09;修回日期:2006-09-22

万方数据

基本上沿计算机视觉的方向,着重于研究并解决近景摄影测量的问题。但是计算机视觉领域的多视几何理论并不像传统摄影测量理论那样深入推演精度问题,现有多视几何理论并不能完全满足近景摄影测量的精度要求。如何建立与摄影测量领域精度评价理论一致的精度推导方法,对评价其理论与技术结果非常重要。

本文首先阐述 2 种理论及其局限性,再讨论其异同点,然后依据讨论的结果提出解决问题的途径。

1 传统摄影测量理论及其局限性

摄影测量作为一门传统学科发展到今天的数字摄影测量其理论已经非常成熟,且就其理论而言,数字摄影测量与传统摄影测量只是一个技术方法实现上的差异,并没有本质性的进展。数字摄影测量产业化的成熟标志着摄影测量这一学科已经走向老化,国际上摄影测量领域的研究已经逐步离开了传统理论,而走向与遥感及计算机视觉的融合。在与遥感的融合方面,主要研究利用卫星的姿态及影像的时相,推求影像点的三维地理坐标;在与计算机视觉的融合方面,多视几何理论将成为摄影测量领域研究的核心。

简言之,传统摄影测量的理论基础可以归结为 2 个方程,即共线方程与共面方程。共线方程描述了像点、相机投影中心以及地面三维点之间的非线性关系。共面方程则描述了两个像点、两个相机投影中心及其与地面三维点之间的非线性关系。

如已知地面点 $M(X, Y, Z)$、投影中心 $C(C_1, C_2, C_3)$,像点 m 在像平面坐标系中的坐标为 (x, y),当相机焦距为 f 时,其在像空间坐标系中的坐标为 $(x, y, -f)$,而其中像空间辅助坐标系中的坐标可设为 (x_m, y_m, z_m),设航高为 H,则由 M、C 以及 m 三者共线关系可建立等式:

$$\frac{x_m}{X - C_1} = \frac{y_m}{Y - C_2} = \frac{z_m}{Z - C_3}。$$

设 R 为旋转矩阵,其为正交矩阵,则像点 m 的像空间坐标 $(x, y, -f)$ 与其像空间辅助坐标 (x_m, y_m, z_m) 之间存在关系:$[x_m\ y_m\ z_m]^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{R}_{3\times 3}[x\ y\ -f]^{\mathrm{T}}$

考虑像主点坐标 (x_0, y_0),由此建立共线方程为:

$$x - x_0 = -f\frac{a_1(X - C_1) + b_1(Y - C_2) + c_1(Z - C_3)}{a_3(X - C_1) + b_3(Y - C_2) + c_3(Z - C_3)},$$

$$y - y_0 = -f\frac{a_2(X - C_1) + b_2(Y - C_2) + c_2(Z - C_3)}{a_3(X - C_1) + b_3(Y - C_2) + c_3(Z - C_3)}。$$

其中 a_i, b_i, c_i 为 R 矩阵中的元素。摄影测量领域的学者们对此公式非常熟悉,而且也知道此方程的求解必须先进行线性化才能求解,因为此方程对于未知数 (X, Y, Z, R) 而言是非线性方程。然而在什么样的前提条件下该方程才可以线性化求解?是什么依据保证了线性化求解该方程必然得到理想的结果?在传统摄影测量既定的理论中,几乎没有人关注这一问题,然而该问题却是涉及摄影测量理论的一个根本性问题,在回答此问题前,我们再简要阐述一下共面方程。

如图 1 已知地面点 M,与其对应的同名像点 m_1 m_2 分别具有像空间辅助坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 和 (X_2, Y_2, Z_2),两相机投影中心的位移矢量为 B (B_x, B_y, B_z),则由过两像点的同名光线与相机投影中心的位移矢量共面,故有:

$$F = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ X_1 & Y_1 & Z_1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = 0。$$

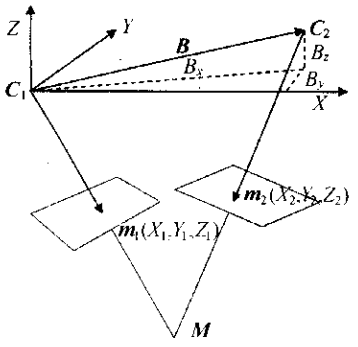


图 1 共面方程的几何原理

Fig.1 Geometry theory of Coplanar equation

F 矩阵的行列式为 0,即为共面条件的约束。为求解此式中的未知数,同样需要将其展开进行线性化才行。

一般知道,泰勒级数展开式是原式的近似表达,偏导数所含的仅仅是微变量,也即方程所求的未知数必须具有足够的小值才能得到足够稳定的解。为保证这一前提,摄影测量的作业规范规定航摄飞机拍摄时必须保持足够的平稳。事实上一般工程中,为保证质量,要求飞机在三轴方向的倾角应该小于

万方数据

2～3 度。这就是共面方程及共线方程可以线性化并求得稳定解的前提条件。

共线方程与共面方程的线性化一方面利于计算处理，另一方面对于测绘领域而言，最重要的是能进行误差估计和精度评定。因为传统误差理论是建立在最小二乘理论基础之上，基于线性方程才能推求得到的。然而，线性化的计算处理，对外业作业条件要求很高，为保证飞机的平稳性能，一方面要求飞机本身有较高性能，另一方面必须选择良好的天气。这一点使得航测的成本很高，而且也不太方便。最为严重的是，受方程求解条件的约束，即使地面近景摄影测量也得遵循这一规范，如拍摄时，要求两相机光轴尽可能保持平行（或者必须测定相机的外方位元素），不仅造成数据获取的不便，也造成数据处理时的额外工作。多视几何理论在这一方面，却有很大的优势，下面本文对其进行简要阐述。

2　多视几何理论及其局限性

多视几何理论最早可以追溯到 Longuet-Higgins 的工作[1]，到上世纪 90 年代以后这一理论及其技术得到了很大发展。其中最具代表性的工作是 Hartley 与 Zisserman 的工作[2]。多视几何理论基于由普通相机所获取的影像序列重构三维场景的三维空间结构及相机获取影像时的三维空间位置及其方向。多视几何理论具有非常广泛的应用前景，如有计算机视觉领域的机器人自主导航；电视演播台、电影以及游戏的制作；医学辅助教学、远程服装设计、交通事故、犯罪现场的记录与分析等；重要考古景点三维场景重构；以及为旅游行业提供历史与现实的虚实融合技术等等。而在摄影测量领域，多视几何是三维数据获取的一种非常便捷的方式；也可以进行相机空间位置的实时跟踪，由此优化现有传统摄影测量的方法及理论；还可以进行三维空间对象变化的实时动态监测，如工业监测、重要建构筑物的变形监测等；另外，也是发展增强现实地理信息系统的关键技术之一。与传统近景摄影测量相比，多视几何理论具有如此多的应用前景，因而其研究也得到了摄影测量领域学者的普遍关注。下面首先对其基本理论进行简要阐述：

如图 2，设空间三维点 $M(X, Y, Z)$，相机投影中心由位置 C_1 到位置 C_2 的位移矢量为 t，旋转矩阵为 R，相机投影中心在 C_1 和 C_2 时获取的影像分别为 A、B，而在两位置时对应的相机内参数分别为 K_1、K_2，A 和 B 为一个像对，三维点 M 在 A 及 B 上的投影分别为 x，x'，设三维点 M 到像点 x 的变换矩阵（即投影矩阵）为 P_1，到像点 x' 投影矩阵为 P_2，则：

$$x = P_1 M \qquad x' = P_2 M$$

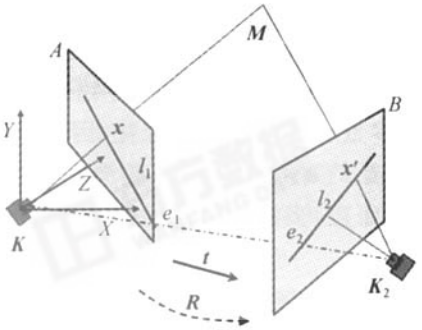


图 2　多视几何理论中两影像间的核线几何关系

Fig.2　Epipolar geometry relations between two images in multiple-view geometry

设 C_1 为三维空间坐标系的参考原点，且过 C_1 的相机主光轴为 Z 轴，则投影矩阵 P_1 和 P_2 可分别表达为：

$$P_1 = K_1[I \mid 0]$$
$$P_2 = K_2[R \mid t]$$

由于一般情况下，R 及 t 是未知数，因此多视几何中投影矩阵 P_1、P_2 是所求的未知矩阵。利用射影几何理论以及像对间的核线几何关系，可以推导出对应像点 x 与 x' 之间满足关系：

$$x'^{\mathrm{T}} F x = 0。$$

其中 F 为基本矩阵（Fundamental Matrix），F 表达了两影像间的核线几何关系，即基本矩阵 F 将影像 A 上的像点 x 变换到影像 B 上过其核点的直线上。基本矩阵 F 可以直接由匹配像点计算得到。当相机内参数已知时，可由基本矩阵 F 求得本质（Essential Matrix）矩阵 E：$E = K_2^{\mathrm{T}} F K_1$。

而本质矩阵 E 可分解为：$E = [t]_x R$。

对本质矩阵 E 进行分解即可得到投影矩阵 P_2，得到投影矩阵 P_1、P_2 后即可求得三维点 M。由分解本质矩阵得到的旋转矩阵 R 和位移矢量 t 为相机在获取影像时的三维空间方向与位置。在相机内参数未知时，可由基本矩阵利用 Kruppa 方程得到[3]，也可以由基本矩阵计算投影矩阵，再由投影矩阵利用绝对对偶二次曲面进行自校正得到[4]。

以上计算均利用代数几何的方法直接利用矩阵

万方数据

进行,并没有进行线性化处理,因此未知数:三维点坐标 M,旋转矩阵 R 以及位移矢量 t 理论上均可以是任意值。正是由于这一点,在影像数据获取时,对相机的空间位置和方向无需严格的约束。然而正是由于这一点,对多视几何的结果很难利用传统测绘领域误差评定的方法进行评估,同时在计算机视觉领域,多视几何的结果,尽管在计算过程中利用一些代价函数进行约束,但仍然缺乏有效严密的估计方法,目前大多数应用仍限于可视化,因而重构的结果主要依赖视觉的观察。对于需要严密精度的领域,如测绘工程而言,多视几何理论中精度的评定仍是一个难点。

由前面简要的阐述可以看出,传统摄影测量理论与多视几何理论有很大差异,下面就数据处理过程讨论其本质的差异性。

3 两种理论比较

传统摄影测量理论依据像点与地面三维点间的几何关系建立约束条件,而多视几何理论,直接由像点建立影像间的关系,推求相机空间位置与方向及像点所对应地面点的三维信息。下面就实际计算过程对 2 种理论进行比较。

3.1 初始数据

传统摄影测量一般使用量测相机,对于数码相机而言,其内参数必须是已知的。而多视几何理论可以允许相机内参数是未知的,相机内参数可以利用影像序列自校正得到。传统摄影测量将非线性等式通过泰勒级数展开加以线性化,并利用最小二乘原理进行求解,故所求未知数必须具有小值。虽然在理论上,这种线性化并不拒绝这些未知数具有初始值,但由于摄影测量外业作业过程中,飞机拍摄瞬间的姿态和方向很难得到,因此一般情况下,未知数的初始值必须使用 0 值。近年来,由于卫星导航系统的应用,在摄影测量作业过程中,也引入了 GPS 定位及其测姿设备,另外也引入了惯性导航设备,由此记录飞机姿态,从而使得摄影测量的外业作业放宽了对飞机飞行平稳性的要求。但另一方面却增加了硬件的成本,即增加了摄影测量工程作业的成本。

前面提到多视几何理论并不要求未知数具备初始值,因为多视几何理论的已知数据仅需要影像上特征像点的像素坐标。在解析摄影测量中,像点坐标由人工量测得到,而在数字摄影测量中,与在多视几何技术中一样,通过影像特征点自动提取得到。

因此,在初始已知数据方面,两者均需要像点坐标,但摄影测量还需要相机内参数并必须设置未知数的初始值为 0。

3.2 计算过程

传统摄影测量的计算过程如下(以数字摄影测量为例):

(1) 利用框标和相机内参数进行影像校正(如有必要还需要对扫描影像进行校正);

(2) 影像特征点自动提取或半自动匹配;

(3) 求解共面方程,进行像对相对定向(或连续相对定向);由于存在多个匹配像点,一般用最小二乘原理进行求解;

(4) 利用地面控制点进行绝对定向,对于大型测区,需要以定向结果为初始值进行光束法平差,光束法平差一般仍用最小二乘原理进行求解,计算得到特征点的三维点集;

(5) 利用最小二乘原理进行精度评定;

(6) 利用核线相关原理,生成数字高程模型。

多视几何技术一般采用如下计算过程:

(1) 影像特征点自动提取并进行自动匹配;

(2) 利用 RANSAC 方法,选择适当的代价函数,计算基本矩阵,在相机内参数矩阵已知的情况下,再计算本质矩阵;

(3) 利用基本矩阵计算投影矩阵,在相机内参数矩阵已知的情况下,分解本质矩阵得到投影矩阵;

(4) 选择适当的代价函数,利用投影矩阵和匹配特征点计算与之对应的三维点,并分解投影矩阵得到相机空间位置及方向;

(5) 在相机内参数矩阵未知的情况下,利用投影矩阵进行自相机校正;

(6) 在相机内参数矩阵已知的情况下,利用投影矩阵、相机内参数矩阵对三维点集进行由射影空间到欧氏空间的校正;

(7) 利用光束法平差原理,采用优化算法对结果进行优化;

(8) 在核线相关原理的基础上,利用校正结果点集、基本矩阵、投影矩阵、内参数矩阵,选择几个关键帧进行深度图计算。

可以看出,两者的计算过程在本质上有很大的差异。前者基于线性等式,利用最小二乘原理求解,一般可以得到稳定可靠的结果,但计算过程是半自动的;而后者基于非线性等式,采用 RANSAC 方法,并选择适当的代价函数进行求解,计算过程是全自

万方数据

动的。但由于基本矩阵自身的特性(关于基本矩阵的特性,参见文献[2]),使得计算结果对初始数据非常敏感,由于没有人工干预,一般而言,多视几何的结果依赖于初始特征点在影像上的分布及其自动匹配的结果。

3.3　输出结果

传统摄影测量可以输出具有实际地理意义的像点坐标,且其精度已知。这是由于摄影测量引入了具有已知地理坐标及其精度的控制点,同时线性方程可以进行严密的精度评定。传统摄影测量计算的最后结果是数字高程模型。

多视几何只输出场景的一个三维模型,该三维模型与实际场景的地理数据相比,缺乏 7 个自由度,即一个比例因子,三个旋转角度因子,三个位移因子。与摄影测量相比,多视几何相当于只给出了相对定向的结果。由于计算所用的方程是非线性的,因此很难利用现有误差理论对其进行精度评定。

尽管如此,多视几何由于其对初始条件要求很低,因此对硬件条件以及数据获取条件要求也很低,从而使得这一理论与技术与摄影测量相比,具有极为广阔的发展和应用前景。

对于测绘领域而言,人们关心的是如何将多视几何理论引入摄影测量,如何在摄影测量领域发展这一理论与技术,通过长时间的研究,作者分别就地面近景摄影测量与航空摄影测量两方面提出引入多视几何理论的解决途径,供同行研究者参考。

4　多视几何理论支持下的近景摄影测量

由于多视几何理论在其技术的实现方面有相当大的难度,许多摄影测量领域的研究者,首先需要解决的问题是如何依据多视几何理论实现多视几何技术,而这一过程对于摄影测量领域的学者而言,可能需要数年的时间。目前许多摄影测量领域的学者,仍然处于对多视几何理论及其技术的学习与探讨之中,对多视几何理论与技术的掌握目前远没有达到计算机视觉领域学者的水平,因而实质性的成果并不多见,尤其在解决其精度的评定方面,还没有看到相关的工作。

作者通过长时间的研究,在掌握多视几何理论与技术的基础上,提出多视几何理论支持下的近景摄影测量方案,可以综合多视几何理论与误差评估理论。

利用多视几何技术可以由对三维场景任意拍摄的影像序列中,重构三维场景的三维模型以及相机拍摄时的空间位置及方向。重构的结果可以作为地面近景摄影测量中,共面方程或光束法平差方程的初始值。由于近景摄影测量要求很高的精度,因而在多视几何中必须引入控制点,即需要在自动提取的特征点中加入控制点,以便于对多视几何结果进行绝对定向。具体可采用如下方法:

(1) 在场景中建立控制点,并设立明显标志以便于影像特征自动提取,对于无须绝对定向的对象或场景,如建筑物形变监测、交通事故现场等,可以放置已知长度的标尺作为参考物;

(2) 利用数码相机对测量对象或场景进行拍摄,获取其足够方位的影像序列(理论上可以是无校正的普通数码相机,但在现有技术条件下,为保证工程精度,必须对数码相机进行校正);

(3) 影像特征点自动提取与匹配,需要控制点时,如有必要则进行交互操作以确保控制点特征提取及正确匹配,无需控制点时,检查以确保标尺(或其他已知长度参考物)上的特征点提取及正确匹配;

(4) 按上文第 4 节所述计算过程进行多视几何计算,完成三维点集的生成;

(5) 对需要控制点的情形,以控制点为已知值,否则利用已知标尺长度求取比例因子,以多视几何结果作为初始值,以相机空间三维位置、三维方向、三维点集作为未知数建立光束法平差方程进行平差计算;

(6) 利用平差结果,进一步求得数字高程模型。

实际中,地面近景摄影测量较少要求对观测对象进行绝对地理位置定向,因此在多视几何结果的基础上,只需确定比例因子即可。为评定结果精度,利用光束法平差即能满足应用需求。

5　多视几何理论支持下的航空摄影测量

由前述可知航空摄影在理论上与地面近景摄影测量是一致的,因此多视几何理论对航空摄影测量的支持在理论上也是一致的。由前面的讨论,传统摄影测量的局限性在于对测量平台性能要求较高,另外就是对地面控制点的要求。建立地面控制点是一项耗费人力物力的工程,这也是发展 GPS 及惯导辅助的航空摄影测量的原因。

多视几何理论的优点在于,无须任何辅助信息

万方数据

及设备,包括控制点、GPS 及惯导设备等的支持,即可得到所测地表区域的 DEM“模型”。这里强调“模型”一词,是指多视几何得到的 DEM 与航测 DEM 在尺度上有一个未知比例因子,另外,还需要绝对定向,但多视几何理论不要求飞机必须保持良好的平稳性能。

为充分利用多视几何理论的优点,避免传统摄影测量的缺陷,作者提出发展低空无人机摄影测量,多视几何理论可以为低空无人机测量数据提供很好的数据处理支持。低空无人机测量具有低成本、低空高分辨率等优点。具体可采用如下方法:

(1) 采用低空无人机摄影获取地面测量区域的影像序列,为尽可能引入少量控制点,与无人机摄影同步,利用 GPS 记录飞机三维空间位置,足够精度的 GPS 数据可提供绝对定向数据,包括对任意比例因子的纠正;

(2) 影像特征点自动提取与匹配,为确保良好的匹配结果,可在自动匹配的结果基础上采用人工交互编辑;

(3) 按上文第 4 节所述计算过程进行多视几何计算,完成三维点集的生成;

(4) 将 GPS 测量数据作为已知值,纳入光束法平差,对三维点集以及相机空间位置及方向进行平差校正;

(5) 利用平差结果进行精度评定,并进一步计算求得数字高程模型。

尽管 GPS 及惯导辅助下的数字化摄影测量在实际工程中已在使用,但由于数据处理计算仍然使用传统摄影测量计算方法,因此对惯导系统的性能要求必然很高,而利用多视几何理论进行计算,则只需使用 GPS 即可。对于数据更新,即存在旧图的情况下,利用多视几何理论求解,则摄影过程中可以不采用 GPS,结合旧图与影像,选取影像上具有明显特征地物,对多视几何结果进行绝对定向即可,从而可减少额外的内外业工作。

6 实 验

基于前面的讨论,限于实验条件所限,作者只进行了多视几何理论支持下的地面近景摄影测量的实验。图 3 所示为北京大学红一楼后方场景,作者使用 Sony-H1 型普通数码相机从左至右共拍摄了 8 张影像。图 3 左上图所示为其中一张影像上的特征点提取结果,图 3 右上所示为其中相邻两张影像的自动匹配结果,浅色线所示为匹配的特征点。图 3 下面两图所示为重构后的三维点集的 2 个不同观察视图。

在该实验中,主要目的仅在重构建筑三维空间模型,故不考虑建筑物在实际地理环境中的绝对位置和方向。但为了得到实验结果的相对精度,关心模型的比例因子。为严格测定比例因子,作者选取并标注了可实际量测的一些特征点(相当于近景摄影测量中的控制点),再按第 5 节给出的方法计算处理,算法过程中采用了光束法平差,对三维重构点平差后的结果精度为0.561 95,该结果为像素精度,即以像素为单位。选取两对特征点实地量取其长度求算比例因子约为1∶300,对平差结果乘以此比例因子



图 3 实验场景特征点、匹配结果及其重构后的三维点集

Fig.3 Experiment scene, feature points, matched result and 3D point cloud from reconstruction

万方数据

再换算为实际地理空间其值为 6.509cm，就近景摄影测量而言，对于一般工程测绘，该精度完全可以满足应用需求，但对于高精度工业测量则需要从多个方面考虑以提高其精度。

7 结　语

多视几何相对于传统摄影测量理论而言是一个崭新的研究方向，具有广阔的应用前景，而摄影测量理论经过长时间的实践，早已形成了完善的工程体系，将 2 种理论进行结合，对促进传统摄影测量的发展，尤其是将其推广到更多的应用领域有重大的意义。本文通过概括分析，阐述比较 2 种理论的优缺点与异同点，初步提出了将 2 种理论进行有机结合的方案，更进一步的研究，包括建立基于多视几何理论的精度评定方法、面向数据更新的无控制点的超低空无人机航空摄影测量技术等。

参　考　文　献

[1] Longuet-Higgins H C. A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections. Nature, 1981, 293:133-135.

[2] Hartley R, Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge: Cambridge University press, 2000.

[3] Zeller C, Faugeras O. Camera Self-Calibration from Video Sequences: the Kruppa equations revisited. Research Report 2793, INRIA, February 1996.

[4] Pollefeys M, Koch R, Van Gool L. Self-Calibration and Metric Reconstruction in spite of Varying and Unknown Internal Camera Parameters. International Journal of Computer Vision, 1999, 32(1):7-25.

*　　*　　*　　*　　*

简　讯

北京大学计算机研究所研制成功“高端彩色打印服务器系统”

2007 年 5 月 17 日，由北京大学计算机研究所杨斌副研究员主持研制的数码印刷核心技术“高端彩色打印服务器系统”，通过了国家信息产业部组织的科学技术成果鉴定。鉴定委员会对该成果给予了高度评价，一致认为：“高端彩色打印服务器系统”填补了我国在打印服务器领域的空白，其整体技术水平达到了国际先进水平，在图像半色调网点调制技术、图形文字边缘增强技术、并行处理效率等方面居国际领先水平。

数码印刷是结合了传统印刷和打印技术发展起来的一种综合技术，是印刷技术发展的必然趋势，计算机研究所研制的全数字化的彩色打印服务器系统，很好地解决了传统印刷面临的按需印刷和可变数据印刷的难题，可为数码印刷、数码打样和高端办公打印提供高质量的快速、按需、可变数据和个性化的打印服务，填补了国内技术与产品的空白，打破了该技术一直由国外企业垄断的格局。

通过与方正集团公司的产学研合作，“高端彩色打印服务器系统”已完成产品化，并成功进入国际市场，而且日本和欧洲的一些一流数码印刷企业也采用了这套系统。新华社在新闻专稿中特别指出，“This is first time for an European printing company to use China's printer controller software”。（http://news.xinhuanet.com/english/2007-03/07/content_5811143.htm）。

（摘自北京大学科学研究部网页　2007-05-31）

万方数据