



Doctoral Thesis

Digitale Photogrammetrie und CAAD

Author(s):

Streilein, André

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001993788> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 12897

Digitale Photogrammetrie und CAAD

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

André Streilein

Dipl.-Ing., Universität Bonn

geboren am 16. September 1962

Unna, Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Armin Grün, ETH Zürich, Referent

Prof. Dr. Henrik Haggrén, HUT Helsinki, Korreferent

1998

Kurzfassung

Mit der rasanten Entwicklung der Halbleiter- und Mikrochip-Technologie innerhalb der letzten Jahre ist auch für die Photogrammetrie ein neues Zeitalter angebrochen. Entwicklungen in der CCD-Sensor Technologie und im Kamera-Design, im Computerbereich und in der Bildverarbeitung haben eine Umgebung geschaffen, die zu neuen Anwendungen und Möglichkeiten dessen, was man heute Digitale Photogrammetrie nennt, führen. Nachbardisziplinen, wie etwa Computer Graphics, Computer Vision, Künstliche Intelligenz, Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Architectural Design (CAAD) oder Informationssysteme stellen weitere Technologien zur Verfügung, die unmittelbaren Einfluss auf die Methoden und Verfahren der Photogrammetrie haben.

Während die Verfahren und Systeme der Machine Vision und Videogrammetrie bereits eine grosse Verbreitung in der Industriemesstechnik (Qualitätskontrolle, Inspektion), im Ingenieurtechnischen Versuchswesen, in der Medizinischen Messtechnik und anderswo gefunden haben und obwohl die Vermessung und Dokumentation von Architekturen, Skulpturen und anderen Kultur- und Kunstgegenständen auch heutzutage weltweit eine bedeutende Rolle spielt, werden hier moderne Aufnahme- und Verarbeitungsverfahren bisher nur sporadisch eingesetzt. Eine ähnliche Aussage lässt sich im Zusammenhang mit CAD-Systemen machen. So hat sich in der heutigen Praxis der Dokumentation von gebauter Architektur zwar die Speicherung und graphische Darstellung von photogrammetrisch gewonnenen Resultaten in CAD-Systemen bereits durchgesetzt, andererseits macht noch kein photogrammetrisches System in einem nennenswerten Umfang Gebrauch von den Möglichkeiten der CAD-Systeme für die Unterstützung der Messprozesse.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte mit DIPAD (**d**igital system for **p**hotogrammetry and **a**rchitectural **d**esign) ein erster Prototyp eines digitalen Systems zur Architekturphotogrammetrie realisiert werden, in dessen gesamtem Auswerteprozess vollständig auf manuelle Messungen verzichtet wird. Das System verfügt über die Möglichkeiten der Selbstdiagnose und Qualitätskontrolle, besitzt das Potential für eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit durch redundante Sensordaten und die konsequente Anwendung der Gesetze der Fehlerfortpflanzung. Es gewährleistet eine hohe Flexibilität bezüglich der dreidimensionalen Rekonstruktion von Objekten oder Objektteilen und eine objektorientierte Vorgehensweise in einer CAAD-kontrollierten Umgebung. Dabei werden CAD-Modelle nicht nur zur graphischen Darstellung der gewonnenen Resultate benutzt, sondern eine vollständige Integration zwischen CAAD-Umgebung und photogrammetrischen Messroutinen wird realisiert. Das Resultat ist ein präzises dreidimensionales CAD-Modell der real gebauten Architektur.

Die Problematik der Objekterkennung und -messung wird gelöst, indem die Bildinterpretation durch die AnwenderInnen vorgenommen wird und die CAD-geführte automatische Messmethode die exakte Geometrie des Objekts aus beliebig vielen Bildern bestimmt. Dabei nutzt der Mensch unbewusst beim Betrachten des Bildes seine gesamten Erfahrungswerte über die reale Welt und ist somit in der Lage, die im Hinblick auf die entsprechende Zielsetzung wichtigen Informationen herauszufiltern, bzw. fehlende Informationen in der Vorstellung zu ergänzen. Durch die Wahl einer kombinierten Top-Down und Bottom-Up Strategie wird ein grob vorgegebenes CAD-Modell iterativ verfeinert, bis der gewünschte Detaillierungsgrad erreicht ist. Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Methode, die im Rahmen der Arbeit entwickelt und mit HICOM ("human for interpretation and computer for measurement") benannt wurde, werden in der Arbeit dargestellt.

Der grossen Bedeutung von Datenstrukturen für architektonische Auswertungen wurde in dem System durch die Generierung einer für diese Zwecke geeigneten Datenstruktur Rechnung getragen. Das realisierte Kontrollsystem, bestehend aus den extrahierten Bildkanten, die mit der

Annahme von Geraden verglichen werden und den AnwenderInnen, die rein optisch die Lage der gefundenen Lösung bestätigen oder verwerfen können, hat sich bewährt.

Typische Problemfälle für die automatische Auswertung, die in Aussenaufnahmen immer wieder auftreten und wohl auch in Zukunft nicht zu vermeiden sein werden, wie etwa Verdeckungen des Objekts durch sich selbst oder durch andere Objekte (Menschen, Vegetation etc.), Schattenwurf und Reflexionen, lassen sich bei dieser Methode erfolgreich erkennen und in den weiteren Berechnungen korrekt behandeln.

Die Methode wurde in drei teilweise sehr unterschiedlichen Projekten der Nahbereichsphotogrammetrie, hinsichtlich des aufzunehmenden Architekturobjekte als auch der benutzten Aufnahmesysteme, in ihrer Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Praktikabilität, kritisch untersucht. Des Weiteren wurde dieser Prototyp im Bereich der Luftbildphotogrammetrie zur Generierung von 3D Stadtmodellen angewendet. Es konnten jeweils Ergebnisse im Genauigkeitsbereich von klassischen photogrammetrischen Auswertemethoden erzielt werden.

Das semiautomatische HICOM-Prinzip ist in der Lage, den Auswerteprozess in der Architekturphotogrammetrie zu vereinfachen, ohne dass die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der erzielten Ergebnisse darunter leiden. Die Strategie, bei der ein grob vorgegebenes CAD-Modell iterativ verfeinert wird bis der gewünschte Detaillierungsgrad erreicht ist, sollte sich dazu eignen, die Anwendung der Photogrammetrie zur Rekonstruktion von gebauter Architektur auf dem Gebiet des Kulturgüterschutzes und der Denkmalpflege zu fördern.

Abstract

With the fast development of semi-conductor technology and microelements over the past few years, a new area for photogrammetry has dawned. Developments in CCD-sensor technology and camera design, computer technology and image processing have generated an environment which will inevitably lead to new approaches and capabilities of what is nowadays called digital photogrammetry.

Neighbouring and supporting disciplines are providing advanced techniques (computer graphics, computer vision, artificial intelligence, computer aided design (CAD), computer aided architectural design (CAAD), information systems, etc.) which will ultimately be of great advantage for consideration and integration into photogrammetric methods and systems.

Videogrammetry and machine vision have already shown some impact on the field of industrial measurements (quality control, inspections), engineering and medical measurement techniques, and others. Although there is an unchanged demand for the recording and documentation of architectural objects, sculptures and other objects of the cultural heritage, modern image acquisition and analysis techniques are rarely used in that field. A similar statement is valid in the context of CAD-systems. Whereas the use of CAD systems for the storage and graphical representation of photogrammetrically generated models is a standard today, there is no photogrammetric system available that makes use of the potential of CAD systems for the support of the measurement process.

In the scope of this work a first prototype of a digital system for photogrammetry and architectural design (DIPAD) was realised, where no manual measurement has to be performed during the whole analysis process. The system allows self diagnosis and quality control, has the potential of high accuracy and reliability due to redundant sensor data and the consequent use of the rules of error propagation. It shows a high flexibility regarding the three-dimensional reconstruction of objects or parts of it and is an object oriented approach in a CAAD controlled environment. CAD models are not only used for the graphical visualisation of the derived results, but a complete integration between CAAD environment and photogrammetric measurement routines is realised. The result is a high accuracy three-dimensional CAD model of the architectural object.

The task of object recognition and measurement is solved, with the image interpretation task performed by a human operator and the CAD-driven automatic measurement technique derives the precise geometry of the object from an arbitrary number of images. A human being uses intuitively, while looking at an image, his/her entire knowledge of the real world and is therefore able to select the information from or add missing information to the scene, which is necessary to solve the specific task. By choosing a combined top-down and bottom-up approach in feature extraction, a coarsely given CAD model of the object is iteratively refined until finally a detailed object description is generated. The possibilities and the limits of this method named HICOM (human for interpretation and computer for measurement) are shown in this work.

The great importance of data structures for reconstructions of architectural objects results in a new hybrid data structure for this system. The realised control system consists in principle of the extracted image lines, which are compared with the assumptions of straight lines, and the human operator, who can judge the derived result optically.

Typical problem cases for the automatic analysis of image data, which are very common in outdoor scenes, like occlusions of the object by itself or due to other objects (e.g. persons, vegetation), shadow edges and reflections, are detected with this method and attributed during further processing.

The method was tested in three different projects of close-range photogrammetry, concerning the types of objects and the types of image acquisition devices. In addition this prototype was tested in a project using aerial images for the generation of three-dimensional city models. The accuracy of the results is comparable to results derived with classical photogrammetric techniques.

The semiautomatic HICOM method is able to simplify the analysis process in architectural photogrammetry without a degeneration in accuracy and reliability for the derived results. The strategy, where a coarsely given CAD model of the object is iteratively refined until the desired degree of detail is achieved, should be suitable to promote the application of photogrammetry for the documentation and reconstruction of the cultural heritage.