

Technische Universität München

Institut für Photogrammetrie und Kartographie
Fachgebiet Photogrammetrie und Fernerkundung

**Kombinierte Ausgleichung der
Mars Express HRSC Zeilenbilddaten und
des Mars Global Surveyor MOLA DGM**

Dipl.-Ing.Univ. Michael Spiegel

Vollständiger Abdruck
der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr. Ing. E.h. R. Rummel

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h. H. Ebner, i.R.
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Chr. Heipke,
Leibniz Universität Hannover
3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Stilla

Die Dissertation wurde am 23.04.2007 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 25.06.2007 angenommen.

Zusammenfassung

Die Mars Express Mission mit der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord begann im Januar 2004 ihre Aufnahmephase. Während der ersten drei Jahre wurden 1200 Bildstreifen erfasst, die mittels photogrammetrischer Punktbestimmung ausgewertet werden können.

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung der äußeren Orientierung der HRSC unter Verwendung von Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) Daten als Passinformation in einer kombinierten Ausgleichung. In dieser Kleinsten-Quadrate-Ausgleichung werden die Parameter der äußeren Orientierung nur an wenigen ausgewählten Orientierungspunkten entlang des Orbits geschätzt. Das mathematische Modell der photogrammetrischen Punktbestimmung basiert auf den bekannten Kollinearitätsgleichungen. Diese Gleichungen beschreiben den elementaren geometrischen Zusammenhang zwischen Bild- und Objektraum. Zusätzliche Passinformation ist notwendig, um die photogrammetrisch abgeleiteten Objektpunkte in ein bereits vorhandenes Referenzsystem einzupassen. Am Mars sind nur wenige genau bekannte Punkte vorhanden, welche als klassische Passpunkte dienen könnten. Allerdings ist ein digitales Geländemodell (DGM) verfügbar, welches aus einer großen Anzahl von MOLA Messungen abgeleitet ist. Zur Nutzung dieses MOLA DGMs in der Bündelausgleichung müssen zusätzliche Bedingungen eingeführt werden, um die Beziehung zwischen MOLA DGM und HRSC Objektpunkten herstellen zu können.

Die Eigenschaften und die Genauigkeiten der HRSC Daten werden aufgezeigt und ein Auswertekonzept für Einzelstreifen und Blöcke basierend auf dem Ausgleichungsmodell entwickelt. An mehreren Streifen werden Varianten des Modells untersucht und eine Modellvariante herausgearbeitet, mit der die besten Ergebnisse erzielt werden können. Mit dieser Modellvariante werden alle 1200 verfügbaren Bildstreifen ausgeglichen. In 82 Prozent der Fälle werden damit gute Ergebnisse erzielt und verbesserte äußere Orientierungen zur Verfügung gestellt. Die Ausgleichung von nebeneinander liegenden Einzelstreifen als Block zeigt, dass im Gegensatz zu Einzelstreifen noch bessere Ergebnisse erzielt werden können. Mit dem Verfahren wird somit eine hohe Konsistenz zwischen HRSC Objektpunkten und dem MOLA DGM erzielt, welches das derzeit gültige Referenzsystem am Mars bildet. Zusätzlich werden die Parameter der inneren Orientierung in einer simultanen Ausgleichung geschätzt. Mit der verbesserten äußeren Orientierung können hochwertige photogrammetrische Produkte wie DGMs, Orthophotomosaik und topographische Karten aus den Bildern abgeleitet werden.

Summary

The Mars Express Mission with the High Resolution Stereo Camera (HRSC) on board started its mapping phase in January 2004. During the first three years 1200 image strips were acquired, which can be analyzed by photogrammetric point determination.

The primary goal of this thesis is to estimate the exterior orientation of HRSC using Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) data as control information in a combined adjustment approach. In the Least-Squares-Adjustment the parameters of the exterior orientation are estimated at a few selected orientation points along the orbit only. The mathematical model for photogrammetric point determination is based on the well known collinearity equations. These equations describe the fundamental geometrical condition between image and object space. Additional control information is necessary in order to fit photogrammetrically derived object points into the existing reference system. On Mars there are only few precisely known points which can serve as classical ground control points. But there is a Digital Terrain Model (DTM), derived from a large number of ground points measured by MOLA. Using this MOLA DTM in bundle adjustment, additional constraints are introduced to combine MOLA DTM and the HRSC object points.

The properties and the accuracies of the HRSC data will be shown and a concept for the evaluation of single strips and blocks is developed based on the adjustment model. Different types of the adjustment model will be investigated using several strips. The type of adjustment which yields the best results is proposed for the further processing. With this type of the adjustment model all 1200 available image strips will be adjusted. Within 82 percent good results are achieved and improved exterior orientations are provided. The adjustment of neighboring single strips computed as block yields even better results compared to the adjustment of single strips. Finally, a high consistency between HRSC object points and MOLA DTM (which represents the valid reference system on Mars) can be reached. Additionally, the parameters of interior orientation can be estimated by simultaneous adjustment. With the improved exterior orientation high quality photogrammetric products such as DTMs, ortho-image mosaics, and topographic maps can be derived.