

DIE FRAGE DER ZUVERLÄSSIGKEIT UND DER  
GENAUIGKEIT DER AEROPHOTOGRAMMETRISCHEN  
AUFNAHMEN ZUR EINRICHTUNG DER LANDINFOR-  
MATIONSSYSTEME DER STÄDTISCHEN GEBIETE (\*)

Miroslav Marčeta  
Viša geodetska škola  
Milana Rakića 42  
11000 Beograd  
Yugoslawien  
Kommission IV

ZUSAMMENFASSUNG

Im Prozess der Einrichtung eines komplexen Landinformationssystems im städtischen Bereich liefern die Luftbildern die aktuellsten Informationen über dieses Gebiet.

In diesem Aufsatz werden die Ergebnisse eines Projektes angedeutet, dass die Problematik der Zuverlässigkeit und der Genauigkeit der Daten des städtischen Bereiches (die aus den Luftbildern gewonnen werden) betrifft.

Eine grosse Zahl der gesammelten, in der Regel auf verschiedenen Plätzen befindlichen Informationen über das städtische Gebiet stellen heutzutage eine sehr wichtige Aufgabe an die Fachleute: Ausarbeitung eines komplexen Landinformationssystems des Wohngebiets.

Dieses System ermöglicht den unterschiedlichen Benutzern einen, direkten Zutritt zu den gewünschten Informationen. Um das Informationssystem überhaupt ausstellen zu können, bzw. dass es auf der schon erwähnten Weise funktionieren kann, benötigt man eine automatisierte Ausrüstung, eine computerunterstützte Führung, Speichern und Informationen - und Datenebearbeitung.

Die photogrammetrische Aufnahme hat eine wesentliche Rolle im Prozess des Aufbaus und Funktionierens des Informationssystems des Wohngebiets. Diese Rolle bezieht sich vor allem auf das Zusammenschliessen der bestehenden Katasterinformationen der unter und oberirdischen Installationen und Leitungen, sowie auf die ständige Aktualisierung aller für diese Flächen charakteristischen Informationen.

Die Hard - und Software eines komplexen Informationssystems des Wohngebiets, sowie die Frage der rein photogrammetrischen Komponenten der Instrumente im Rahmen solcher Systeme, werden durch die zahlreichen Untersuchungen in der Welt erforscht. Die in unseren Untersuchungen verfolgte Thematik ist mit den aerophotogrammetrischen Aufnahmen der Städte und deren vielen aktuellen Daten für das Informationssystem, sowie mit der Auswertung der Nutzbarkeit dieser

---

*(\*) Dieses Aufsatz ist eine Teildarstellung der gewonnenen Ergebnisse, die Prof. Dr. Miroslav Marčeta als Forschungsstipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung beim Institut für Photogrammerie, TU Hannover durchgeführt hat.*

*Der Autor benützt diese Gelegenheit, sich bei der Alexander von Humboldt - Stiftung herzlichst zu bedanken.*

Daten unter dem Aspekt der gegebenen befriedigenden Geometrie, verbunden.

Die im weiteren Text beschriebenen Untersuchungen betreffen also, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der durch die aerophotogrammetrischen Aufnahmen der Städte gewonnenen Informationen des Stadtdetails.

Diese Untersuchung wurde als "Pilot-Projekt" eines Erforschens des Informationssystembaus beim Institut für Photogrammetrie, TU Hannover durchgeführt.

### BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHTEN POLYGONS

Das Polygon für die Untersuchung des Baus eines komplexen Informationssystems des Wohngebiets war das Städtchen Neustadt, cca 20 km. nordöstlich von Hannover entfernt. Die Stadt dehnt sich auf einer Fläche von cca 4 km<sup>2</sup>. aus, besitzt unterschiedlichen Bauten wie Wohnhäuser, etwas Industrie, Strassenverkehrsnetz, Eisenbahnlinien, ein kleines Einkaufszentrum usw.

Das Katasteramt Hannover stellte die Pläne im Massstab 1:1000 bis 1:250, sowie die Geländeaufnahmen und die vorhandenen Katasterdaten - und Informationen für das Projekt des Aufbaus vom Informationssystem des o.e. Gebiets zu Verfügung.

### AEROPHOTOGRAMMETRISCHE AUFNAHME

Für dieses Projekt wurde Neustadt aerophotogrammetrisch aufgenommen. Die wichtigsten Daten aus dieser Aufnahmen sind:

- Aufnahmemassstab Mb = 1:3300
- Kamera RMK 305/23
- Aufnahmeüberdeckung p = 80%, q = 30%
- Farbfilmverwendung
- Aufnahme 4 Reihen

Die Signalisierung einer bestimmten Zahl der vorhandenen Polygon - und Verdichtungspasspunkte wurde mit der Orangefarbe in der Geländeebene durchgeführt.

Für die Verdichtung der aerophotogrammetrischen Passpunkte sowie für die Qualitätsuntersuchung der gegebenen Katasterpolygonpunkte wurde eine Bündelblockausgleichung mittels BLUH - Programs vorgenommen. Die Standardabweichung der Gewichtseinheit der Ausgleichung war  $\sigma_0 = \pm 4,6$  mm und  $S_x = S_y = \pm (1-2)$  cm /2/.

### CHARAKTERISTIK DES PILOTPROJEKTES

Aufgrund der schon erwähnten Tatsache dass der Grund dieser Erforschung die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der aerophotogrammetrischen Aufnahmedaten der Städte war, hat man aus dem ganzen Projekt "Neustadt" die Aufnahmen des Stadtzentrums herausgenommen und sie weiter als ein Block betrachtet.

Die Untersuchung wurde auf den natürlichen Punkten, bzw. auf den Punkten des für das Informationssystem interessanten Stadtdetails durchgeführt. Diese Punkte bekommt man aus den aerophotogrammetrischen Aufnahmen (Geländepunkte, Dachstösse, Grundrisse der Objekte, Strassenbeleuchtung usw.).

Die aerophotogrammetrischen Aufnahmen wurden auf dem analytischen Plotter (AP), der verbindlichen Hardwarekomponente des Informationssystems bei der photogrammetrischen Informationen, ausgewertet.

Die geodätischen Geländeaufnahmen (Winkel und Länge) wurden mittels des

Theodolits KERN E2 mit dem elektrooptischen Entfernungsmesser DM 502 und dem Gerät für die automatische Speicherung der aufgenommenen Daten R 48 durchgeführt. Die Geländedaten sind weiterhin durch das Programm GEO 100 ausgeglichen worden.

### MESSUNG DER BILDKOORDINATEN

Die Messung der Bildkoordinaten von den Orientierungs - und Detailpunkten des Geländes wurde auf dem analytischen Plotter (AP) PLANICOMP 100 ZEISS durchgeführt. Vor der Auswertung ist die "Automatik" der Bestimmung einer approximativen Lage des Messpunktes auf dem Instrument gesichert. Dies wurde aufgrund der aus geodätischen Geländemessungen gerechneten Näherungskordinaten der Punkte und deren Speicherung im Speicher des Rechners des analytischen Plotters erreicht.

Ein separates Programm des analytischen Plotters ermöglicht bei der Auswertung die automatische Lenkung auf die im Rechnerspeicher vorhandenen Punkte mit den Näherungskordinaten. Der Auswerter führt jetzt nur die Feinzentrierung und Registrierung der Punkte aus. Diese automatische Art der Punktauswertung wurde in allen 5 Messmodellen vorgenommen.

### BEARBEITUNG DER MESSDATEN

Aufgrund der Tatsache, dass die Informationen über das Stadtgebiet entweder aus den photogrammetrischen Aufnahmen oder durch die geodätischen Geländeaufnahmen zu bekommen sind, setzen wir voraus, dass die Bewertung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit dieser Daten auf den Ergebnissen der Rechnerbearbeitung mit beiden Messungsarten zu beurteilen ist. Das auch deshalb, weil bei den Informationen über das Wohngebiet sehr oft der Fall zutrifft, dass neben den photogrammetrischen Aufnahmen uns auch verschiedene Arten der geodätischen Geländemessungen zur Verfügung stehen.

Diese angegebene Tatsache wurde als Grund genommen, dass die gemessenen Bildkoordinaten in den Untersuchungen gemeinsam mit den geodätischen Geländemessungen (Winkel, Längen), die sich auf dieselben Detailpunkte des Stadtgebiets beziehen, ausgeglichen werden. Um es mit dieser These zu vergleichen, wurden die Ausgleiche nur von photogrammetrischen Daten (Bildkoordinaten) der natürlichen Punkte des Stadtdetails vorgenommen. Die Ausgleiche werden mit dem Bündelblockausgleichungsprogramm BINGO /6/, der vollkommen die o.e. Bedingungen erfüllt, durchgeführt.

### ERGEBNISSE DER AUSGLEICHUNG

Bevor wir die Ergebnisse der Ausgleiche von Bildkoordinaten und der geodätischen Messungen natürlicher Punktengruppen des Stadtgebiets vorlegen, werden noch einige wichtige Charakteristiken dieser Rechnung aufgeführt.

- bei der Ausgleiche wurden 35 Passpunkte,
- für alle natürlichen Punkte des Stadtdetails (ausser der Punktengruppe 6) wurden die geodätischen Geländemessungen vorgenommen,
- es wurden cca 400 natürliche Punkte untersucht,
- in zwei voneinander unabhängigen Fällen sind die Punktengruppen in die Ausgleiche mit verschiedenen Gewichten eingeführt. Die richtige Gewichtswahl für die einzelnen Gruppen wird im Rahmen des Programmes mit dem separaten Test untersucht,
- das Problem der grösseren oder kleineren, meistens durch die nicht immer sichere Identifizierung der natürlichen Punkte aus der aerophotogrammetri-

schen Aufnahme entstandenen Fehlern wurde durch den Programmtest für: Fehlersuche anhand der Verbesserungen, Fehlersuche nach der Data-Snooping (Barada), usw. gelöst

- die Untersuchung der Zuverlässigkeit der in die Ausgleichung eingeführten Daten wird durch das Programm mit dem besonderen Test ausgeführt.

Die Ausgleichung aller Messeinheiten wurde auf 4 verschiedenen Arten vorgenommen, die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt:

Die Tabelle 1

A U S G L E I C H U N G					
		I	II	III	IV
Anzahl und Aufnahmen		6	6	6	6
Anzahl der Orientierungspunkte		35	35	35	35
Zusätzliche geodätische Messungen		Längen Winkel	Längen Winkel	-	-
<u>AUSGLEICHUNGSERGEBNISSE:</u>					
Mittlererfehler der Gewichtseinheit /µm/	$\sigma_o =$	$\pm 20,6$	$\pm 8,2$	$\pm 10,7$	$\pm 5,2$
Mittlererfehler der Orientierungspunkte /mm/	$S_x =$ $S_y =$	$\pm 15,0$ $\pm 15,0$	$\pm 5,9$ $\pm 5,9$	$\pm 7,7$ $\pm 7,8$	$\pm 3,8$ $\pm 3,8$

Bemerkungen:

- I - Gemeinsamausgleichung der gemessenen Bildkoordinaten und geodätischen Messungen
- II - Gemeinsamausgleichung der gemessenen Bildkoordinaten und geodätischen Messungen mit vorheriger Gruppeneinteilung (Einführung der verschiedenen Gewichte)
- III - Ausgleichung nur Bildkoordinaten
- IV - Ausgleichung nur Bildkoordinaten mit vorheriger Gruppeneinteilung (Einführung der verschiedenen Gewichte)

Die Tabelle 2

AUSGLEICHUNG: NATÜRLICHE PUNKTE

		I		II		III		IV	
/mm/		$S_x$	$S_y$	$S_x$	$S_y$	$S_x$	$S_y$	$S_x$	$S_y$
1	Dachscheitel	n = 107 10,7	12,0	n = 106 7,4	9,3	n = 100 16,3	20,8	n = 100 38,5	49,0
2	Gebäudegrundrisse	n = 97 24,8	20,3	n = 97 38,8	30,8	n = 49 67,3	40,4	n = 49 164	97,8
3	Deckel der unterirdischen Leitungen	n = 45 12,7	16,0	n = 49 5,1	6,5	n = 40 18,8	29,2	n = 40 9,2	14,3
4	Deckel und Schächte der Schmutzwässer	n = 48 7,9	9,2	n = 48 3,4	3,2	n = 45 13,2	16,3	n = 45 6,5	8,0
5	Strassenlaternen	n = 35 7,6	7,1	n = 35 3,2	3,0	n = 23 38,1	32,7	n = 23 74,0	63,0
6	Dachwasserablauf - Scheitel (*)	n = 31 29,1	45,0	n = 31 44,4	70,2	n = 31 15,1	24,0	n = 31 28,3	44,9

(\*) - für diese Gruppe war nur die Ausgleichung der Bildkoordinaten vorhanden

In den Tabellen dargestellten Untersuchungsergebnisse zeigen deutlich an, dass nicht nur die Ergebnisse grösster Qualität, sondern auch die realsten Ergebnisse der Ausgleichung von natürlichen Punkten des Stadtgebiets durch die gemeinsame Ausgleichung der Bildkoordinaten und die geodätischen Geländemessungen gewonnen werden (Fall II.). Bei solcher Auswertung wurden alle Detailpunkte in 4 Gruppen eingeordnet, anhand der Sicherheit ihrer Identifizierung auf den aerophotogrammetrischen Aufnahmen.

Aus der angegebenen Tabelle ist auch ersichtlich, dass die Genauigkeit (besonders die benachbarte) im Falle II wesentlich grösser wird als diese die aus der Ausgleichung von nur Bildkoordinaten gewonnen wurde.

Beim Ausgleichungsbeispiel II hatten nur die Punkte auf den Gebäudegrundrissen, Gruppe 2 (die in der Regel schlecht definiert sind und sich oft im Schatten befinden) eine grössere Standardabweichung der Lagekoordinaten, was auf die grössere Unzuverlässigkeit ihrer Bestimmung hindeutet.

Die anderen Punktgruppen des erwähnten Ausgleichungsbeispiels wurden nach der Genauigkeit und Zuverlässigkeit, wie schon real aufgrund der Möglichkeit ihrer Identifizierung und Messungen erwartet, eingeordnet.

Ausgleichsfälle I, III und IV weichen mehr oder minder von der Ausgleichung II ab, was sich durch die relativ unrealistische Darstellung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der bestimmten Detailpunktgruppen offenbart.

### DIE SCHLUSSFOLGERUNG

Jedes komplexe Informationssystem des Stadtgebiets besteht aus einer Reihe grosstenteils auf den photogrammetrischen Aufnahmen befindlichen Informationen.

Eine grosse Zahl der Informationen über das Stadtgebiet (geodätische Messungen und andere Daten) werden durch die unmittelbaren Geländemessungen gewonnen, oder sie befinden sich bei den Katastern und anderen Elaboraten verschiedener Benutzer. Es muss auf jeden Fall berücksichtigt werden, dass die Einführung aller Informationsarten (alte geodätische Messungen, alte photogrammetrische Aufnahmen, bestehende Punktkoordinaten, usw.) einen Algorithmus verlangt, der die Daten, die durch Messungen in verschiedenen Zeitepochen gewonnen werden, in gegenseitige Übereinstimmung bringt.

Jedes komplexe Informationssystem mit der Ambition die photogrammetrischen Aufnahmen zu benützen, soll unseres Erachtens die Möglichkeit der Gemeinsamausgleichung der geodätischen und photogrammetrischen Messungen besitzen.

Durch solche Ausgleichungsart wird erreicht, wie schon die Ergebnisse der in diesem Projekt durchgeführten Untersuchungen gezeigt haben, dass neben der schon bekannten Homogenität, sowohl eine grössere Genauigkeit als auch die Zuverlässigkeit der Informationen über das Stadtgebiet gewonnen wird.

### Literaturverzeichnis

- /1/ KONECNY, G.: Data Acquisition for Land Information Systems bei Photogrammetrie, XV. ISPRS - Kongress Rio de Janeiro 1984.
- /2/ LEONARDT, J., JACOBSEN, K., STAMPA-WESSEL, U.: Establishment of a Land Information System - Projekt Neustadt, XV. ISPRS - Kongress, Rio de Janeiro 1984.
- /3/ MARČETA, M.: Uslovi snimanja gradova fotogrametrijskom metodom i pitanje korišćenja aerosnimaka za kartiranje, Dissertation, Beograd 1982.
- /4/ TIMMERMAN, J.: Über die Genauigkeit der photogrammetrischen Gebäudevermessung, XIII ISPRS - Kongress, Helsinki 1976.
- /5/ BRINDÖPKE, W.: Optimale Emulsionen für grossmassstäbige Auswertung, Bul. Nr. 1/1985.
- /6/ KRUCK, E.: Lösung grosser Gleichungssysteme für photogrammetrische Blockausgleichungen mit erweitertem funktionalen Modell, Dissertation, Hannover 1983.