

Bachelorarbeit am ifp

Dufang Xie

Genauigkeitsanalyse dichter 3D Punktwolken aus UAV-Befliegungen

Dauer der Arbeit: 6 Monate

Abgabe: Januar 2013

Betreuer: Dipl.-Ing. Mathias Rothermel

Prüfer: apl. Prof. Dr.-Ing. Norbert Haala

Motivation und Aufgabestellung

Die Aufnahme der Luftbilder erfolgt traditionell mit der im bemannten Flugzeug installierten großen Luftbildkamera. Das ist häufig sehr aufwändig. Eine günstige Alternative ist UAV (Unmanned Aerial Vehicles), in dem eine marktübliche Kamera eingebaut wird. Außer den niedrigen Kosten hat UAV noch weitere Vorteile: In manchen gefährlichen Gebieten wird UAV bevorzugt eingesetzt; Die Messungen lassen sich automatisch schaffen.

In dieser Arbeit werden die erreichbare Genauigkeit und die Dichte der aus UAV-Luftbildern generierten 3D Punktwolken analysiert. Verschiedene Berechnungsmethoden, die zur Erzeugung der Punktwolken eingesetzt werden, sind miteinander zu vergleichen. Das Grundprinzip der Genauigkeitsanalyse ist Untersuchen der ebenen Flächen. Einige Punkte, die auf einer Ebene liegen sollten, werden ausgewählt. Für diesen Ausschnitt ist die optimale Ebene zu schätzen. Dann werden die orthogonale Abstände zwischen gewählten Punkte und der geschätzten Ebene als Genauigkeit betrachtet. Besonders zu untersuchen ist, wie die Genauigkeit von der Anzahl der Redundanz abhängt. Um die Punktwolken einzulesen und zu bearbeiten, sollte ein C++ Programm implementiert werden.

Datensatz

Das Grundprinzip dieser 3D Rekonstruktion ist: Im überlappenden Bereich von 2 Luftbildern (Basisbild und Matchbild) werden fast alle identischen Punkte durch Bildzuordnungsmethode automatisch gefunden. Bei den bekannten inneren und äußeren Orientierungen der Kamera kann man durch Lösung des räumlichen Vorwärtsschnitts die Koordinaten dieser Punkte erhalten.



Abb.1: Exemplar der erzeugten Punktwolken

Abb.1 ist nur eine Punktwolke aus einem Basisbild. Im Prinzip kann man für jedes Bild eine solche Punktwolke generieren. Als Endergebnis werden alle kleinen Punktwolken kombiniert. So erhält man die Punktwolke für das gesamte Gebiet.



Abb.2: Punktwolke für das gesamte Gebiet

Ergebnisse und Fazit

Durch Überprüfung der Ebenheit der Straßen werden die Genauigkeiten für unterschiedliche Verfahren bestimmt. Die Punkte werden mittels Polygone ausgewählt.



Abb.3: Überprüfung der Ebenheit

Die statistischen Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

Anzahl Matchbilder		5 bis 8		12 bis 13		21 bis 25	
		Sigma [mm]	Dichte	Sigma [mm]	Dichte	Sigma [mm]	Dichte
Single-Stereo-Verfahren	Mittelwert	120	80%	95	92%	77	95%
	Median	177	76%	145	91%	118	95%
Multi-Stereo-Verfahren	DLT	120	28%	126	61%	114	83%
	LM	120	28%	126	61%	114	83%

Tabelle. 1 Genauigkeit und Dichte

Mit Multi-Stereo-Verfahren werden Verbesserungen an alle beobachteten Bildkoordinaten gebracht. Wegen Elimination von großen Reprojektionsfehlern werden die Beobachtungen noch zuverlässiger. Für die erzeugten Datensätze ist die erreichbare Genauigkeit ca. 120 [mm]. Bei Verwendung aller Matchbilder sind 83% der Punkte rekonstruiert. Mit DLT (Direct Linear Transformation) wird nur der algebraische Fehler, der aber nicht geometrisch sinnvoll ist, in der Ausgleichung minimiert. Basiert auf dem Näherungswert von DLT wird noch der geometrische Fehler mittels LM (Levenberg Marquardt) minimiert. Jedoch liegt fast kein Unterschied zwischen DLT und LM für diese Datensätze. Das Verfahren Direct-Linear-Transformation ist hinreichend genau, wenn der Filterungsalgorithmus zur Elimination von großen Reprojektionsfehlern schon eingesetzt ist.

Mittels Single-Stereo-Verfahren wird für jedes Matchbild eine Punktwolke erzeugt. Weil es keinen Reprojektionsfehler gibt, werden die ungenauen Messungen nicht eliminiert. Deswegen ist die Dichte der mittels Single-Stereo-Verfahren generierten Punktwolken höher als die mit Multi-Stereo-Verfahren. Bei maximal erreichbarer Dichte sind 95% der Punkte erfolgreich generiert. Aus dem gleichen Grund beeinflussen die ungenauen Messungen die Genauigkeit der Punktwolken. In Single-Stereo-Verfahren gibt es noch 2 Varianten. Nämlich kann man den Mittelwert oder den Medianwert als Endergebnis nehmen, wenn mehr Matchbilder vorliegen. Der Mittelwert liefert bessere Genauigkeiten als der Medianwert, während mit dem Medianwert die Kanten erhalten bleiben. Wenn nur weniger Matchbilder (unter 20) verwendet werden, sind die Genauigkeiten von Single-Stereo-Verfahren deutlich schlechter. Bei Verwendung aller über 20 Matchbilder ist ungefähr die gleiche Genauigkeit wie die von Multi-Stereo-Verfahren erreichbar.

Als Endergebnis werden alle kleinen Punktwolken, die mit Multi-Stereo-Verfahren erzeugt werden, noch kombiniert. So ist eine sehr gute Genauigkeit von **30 mm** erreichbar. Die hohe Redundanz (nämlich ein Objektpunkt in mehr als 20 Bildern) spielt eine sehr wichtige Rolle für die Genauigkeit. Für normale Oberflächen (außer Wasserfläche) ist eine sehr dichte Rekonstruktion möglich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die dichte 3D Rekonstruktion der Geländeoberfläche mittels Luftbilder aus UAV-Befliegung ein gutes Ergebnis liefern kann.