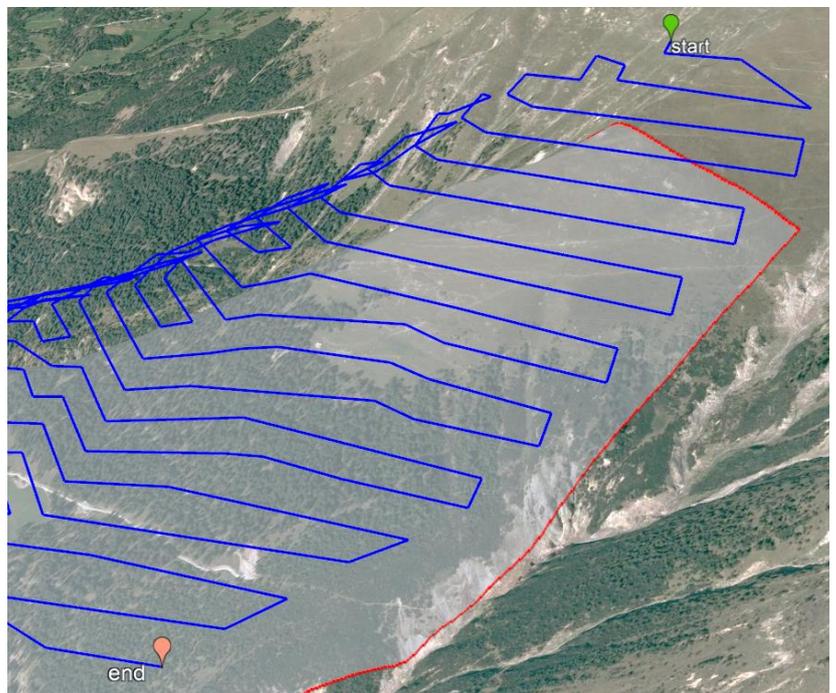


Bachelor-Thesis 2018

Drohnen-Flugplanung für komplexe alpine Topographien



Autor: Daniel Kägi

Examinator: Prof. Martin Christen

Experte: Bernhard Draeyer

Drohnen-Flugplanung für komplexe alpine Topographien

Die verfügbaren Flugplanungs-Tools für Drohnen liefern in einer komplexen alpinen Topographie oft keine idealen Flugrouten. Mit dieser Arbeit wurde ein Algorithmus entwickelt, der speziell im alpinen Gelände eine optimal an die Topographie angepasste Flugroute für einen autonomen Bildflug berechnet. Die Optimierungsaufgabe wird unter anderem mit dem Einsatz eines Traveling-Salesman-Problem-Solvers berechnet.

Schlagworte: Drohne, Flugplanung, Bildflug, Multikopter, Höhenmodell, Python, Traveling Salesman Problem, alpine Topographie

1. Einleitung

Bildflüge mit Drohnen bieten den Vorteil, dass auch in unzugänglichen Gebieten und über eine grosse Fläche effizient Daten erfasst werden können. Um die hohen Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen, wird die Flugroute für einen Bildflug meist vorgängig berechnet und der Drohne für einen autonomen Flug übergeben. In dieser Arbeit entstand in der Zusammenarbeit mit der 'in-Terra GmbH' ein Algorithmus in der Programmiersprache Python, der eine Flugroute für einen autonomen Bildflug in einer komplexen alpinen Topographie automatisch berechnet.

2. Datenaufbereitung

Die zentralen Parameter bei der Bildflugplanung sind die zu erreichende Bodenauflösung und die nötige Bildüberlappung. Aus diesen Werten kann die Flughöhe der Drohne über Grund, der Fluglinienabstand und die Aufnahmezeit der Kamera abgeleitet werden.

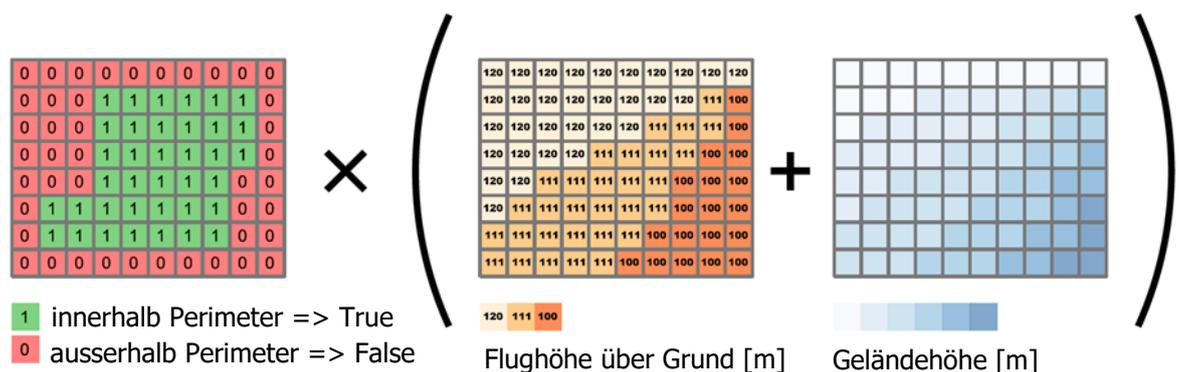


Abb.1, Berechnung neigungsabhängige Flughöhe der Drohne

Um die Bodenauflösung und die Bildüberlappung im geneigten Gelände zu verbessern, kann in diesem Algorithmus eine neigungsabhängige Flughöhe über Grund berechnet werden. Das Resultat aus der Datenaufbereitung ist ein Punktraster mit allen notwendigen Bildaufnahmestandorten mit der effektiven Flughöhe der Drohne. Die Rasterweite in Abb.1 entspricht dem Fluglinienabstand, der Zellwert enthält die effektive Flughöhe.

3. Flugroutenberechnung

Der entwickelte Algorithmus berechnet aufgrund der dreidimensionalen Lage der Bildaufnahmestandorte die effizienteste Flugroute durch sämtliche Punkte. Dafür wird der von der Drohne benötigte Energieverbrauch minimiert. Für die Lösung der Minimierungsaufgabe werden im Algorithmus die Kosten für alle Flugstrecken zwischen sämtlichen Wegpunktverbindungen berechnet und in einer Kostenmatrix zusammengestellt. Durch das Kombinieren sämtlicher möglicher Punkfolgen und das Berechnen der Gesamtkosten kann die kostengünstigste Flugroute gefunden werden. Für diese Vergleichsaufgabe wurde in diesem Algorithmus die Logik des Traveling-Salesman-Problem-Solvers von 'OR-Tools' implementiert.

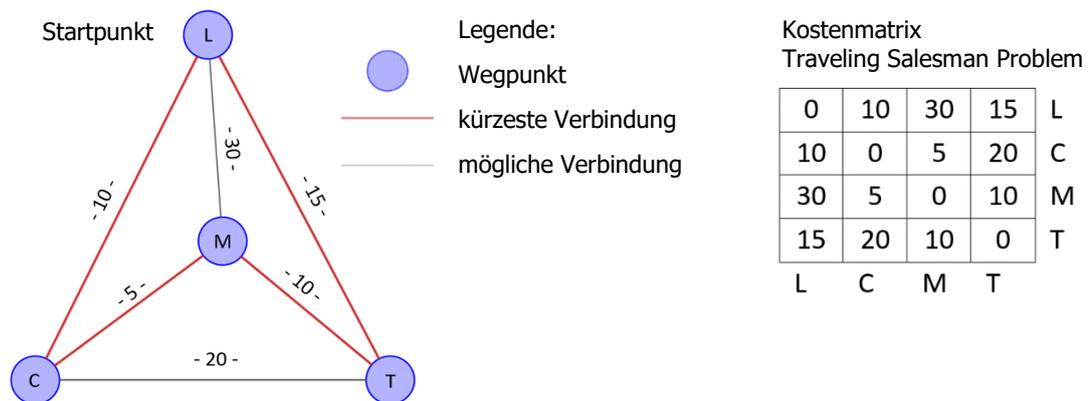


Abb.2, Beispiel Routenberechnung Traveling-Salesman-Problem

Die Abb.2 zeigt ein einfaches Beispiel einer Traveling-Salesman-Problem-Aufgabe. Es wird der kürzeste Weg vom Startpunkt L über sämtliche Wegpunkte zurück zum Startpunkt L gesucht. Die Wegkosten für die Punktverbindungen sind jeweils bei der Strecke vermerkt. Die Berechnung gibt eine geordnete Liste mit der kostengünstigsten Wegpunktfolge zurück.

4. Resultate

Damit die resultierende Flugroute gut befliegen werden kann, wurde mit diesem Algorithmus eine Vereinfachungslogik für das Glätten der Flugroute entwickelt. Die finale Flugroute wird für die Nutzung in geeigneten Geometrieformaten abgelegt und zu Kontrollzwecken in einer Web-Karte und mit dem 3D Globus Google-Earth visualisiert. Entlang der generierten Flugroute wird ein interaktives Profil mit der Geländehöhe und der effektiven Flughöhe der Drohne generiert und ausgegeben. Dies erlaubt dem Nutzer eine optimale Kontrolle der berechneten Flugroute.

5. Kontakt

Autor: Daniel Kägi kaegidaniel@hotmail.com

Examinator: Prof. Martin Christen martin.christen@fhnw.ch

Experte: Bernhard Draeyer info@in-terra.ch