

AN ASSESSMENT OF NONLINEAR OPTIMIZATION AND SPEEDED UP ROBUST FEATURES (SURF) ALGORITHM FOR ESTIMATING OBJECT SPACE TRANSFORMATION PARAMETERS FOR UAV POSE ESTIMATION

Bassem Sheta, Dr. Mohamed Elhabiby¹ and Dr. Naser El-Sheimy

Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Alberta

¹ Public Works Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo, Egypt

Localizing set of features (with known coordinates) on the ground and finding their matches in the image taken by imaging sensor on the aerial vehicle is the basic concept behind Vision Based Navigation (VBN). The number of matching points necessary for solving the collinearity equation is a critical factor to be investigated while using the VBN approach for navigation. Although a robust scale and rotation invariant image matching algorithm is important for VBN of aerial vehicles, the proper estimation of the collinearity equation object space transformation parameters improves the efficiency of the navigation process through the real-time estimation of transformation parameters. These parameters can then be used in aiding the inertial measurements data in the navigation estimation filter. The main objective of this paper is to investigate the estimation of the object space transformation parameters necessary for VBN of aerial vehicles with the assumption that the aerial vehicle experiences large values of the rotational angles, which will lead to non-linearity of the estimation model. In this case, traditional least squares approaches will fail or will take longer to estimate the object space transformation parameters, because of the expected non-linearity of the mathematical model. Five different nonlinear optimization methods are presented for estimating the transformation parameters – these include four gradient based nonlinear optimization methods; Trust region, Trust region dogleg algorithm, Levenberg-Marquardt, and Quasi-Newton line search method and one non-gradient method; Nelder-Mead simplex direct search is employed for the six transformation parameters estimation process. Assessments of the proposed nonlinear optimization approaches on the image matching algorithm necessary for the VBN approach are investigated.

La localisation d'une série de caractéristiques (avec des coordonnées connues) sur le terrain et l'observation de leurs correspondances dans l'image prise par le capteur imageur sur le véhicule aérien constitue le concept de base derrière la Navigation fondée sur la vision (NFV). Le nombre de points de correspondance nécessaires pour résoudre l'équation de colinéarité est un facteur essentiel qui doit être examiné lorsqu'on utilise l'approche de NFV pour la navigation. Même si un algorithme rigoureux de correspondance à l'image indépendant de l'échelle et de la rotation est important pour la NFV des véhicules aériens, l'estimation adéquate des paramètres de transformation de l'équation de colinéarité entre l'objet et sa position spatiale améliore l'efficacité du processus de navigation au moyen de l'estimation en temps réel des paramètres de la transformation. Ces paramètres peuvent ensuite être utilisés en aidant les données de mesures inertielles dans le filtre d'estimation de navigation. Le principal objectif du présent article est d'examiner l'estimation des paramètres de transformation entre l'objet et sa position spatiale qui sont nécessaires pour la NFV des véhicules aériens en posant l'hypothèse que le véhicule aérien subit des rotations importantes qui entraînent une non-linéarité du modèle d'estimation. Dans ce cas, les approches traditionnelles des moindres carrés échoueront ou prendront plus de temps à estimer les paramètres de transformation entre l'objet et sa position spatiale en raison de la non-linéarité prévue du modèle mathématique. Cinq méthodes différentes d'optimisation non linéaire sont présentées pour l'estimation des paramètres de la transformation – elles comprennent quatre méthodes d'optimisation non linéaire fondées sur les gradients : l'algorithme à régions de confiance, l'algorithme à régions de confiance en ligne polygonale, la méthode de Levenberg-Marquardt et la méthode de Quasi-Newton par recherche linéaire ainsi qu'une méthode non fondée sur les gradients; la recherche directe par simplexe de Nelder-Mead est utilisée pour le processus d'estimation des six paramètres de la transformation. On examine également les évaluations des approches proposées d'optimisation non linéaire sur l'algorithme d'appariement d'image requis pour l'approche de la NFV.

1. Introduction

The Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) industry goes back to 1916 after the first manned flight took place. It started with developments to the

design and testing of flying bomb or cruise missiles. However, UAV applications developed rapidly and



Bassem Sheta

bimsheta@ucalgary.ca



Mohamed Elhabiby

mmelhabi@ucalgary.ca



Naser El-Sheimy

elsheimy@ucalgary.ca