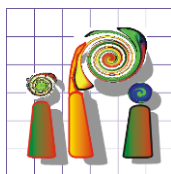


Une nouvelle approche pour établir l'orientation des images d'un vecteur d'observation léger



Christian Heipke, Martin Reich

IPI - Institut für **P**hotogrammetrie
und **G**eo**I**nformation,
Leibniz Universität Hannover



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Plan de l'exposé

- Introduction
- Optimisation convexe
- Optimisation incrémentale
- Déroulement de travail
- Résultats expérimentaux
- Conclusion



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Motivation



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Introduction

- Est-ce qu' il existe de problèmes de précision géométrique ?
 - non: si on est content avec les 10 – 20 cm
 - oui: si on a d'autres intérêts (orthophoto mosaic, ...)



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Introduction

- L'orientation des images en photogrammétrie, un exercice classique - pourquoi en parler?
- Nouveaux défis avec des moyens légers aéroportés d'observation
 - (plus de difficultés dans la mise en correspondance des points)
 - absence de valeurs initiales suffisamment précises
 - optimisation convexe
 - résultats nécessaires en temps réel
 - optimisation incrémentale



Optimisation convexe

- une compensation **non-linéaire** (et alors itérative) peut délivrer des résultats non-optimaux (**minimum non-local**)
 - c'est vrai aussi pour la compensation par faisceaux
 - besoin de valeurs initiales assez précises

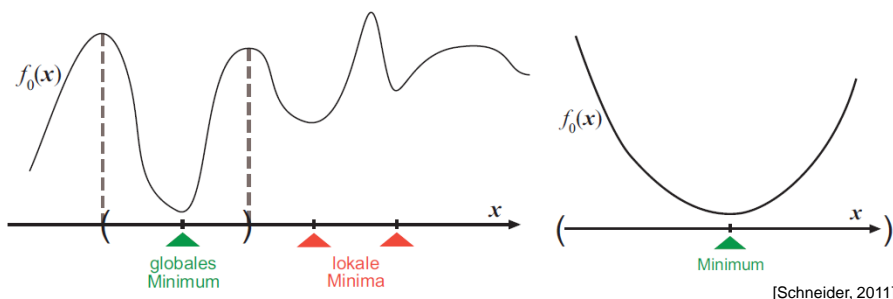
$$x - x_0 = -c \frac{R_{11}(X - X_0) + R_{21}(Y - Y_0) + R_{31}(Z - Z_0)}{R_{13}(X - X_0) + R_{23}(Y - Y_0) + R_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y - y_0 = -c \frac{R_{12}(X - X_0) + R_{22}(Y - Y_0) + R_{32}(Z - Z_0)}{R_{13}(X - X_0) + R_{23}(Y - Y_0) + R_{33}(Z - Z_0)}$$

- un problème **convexe** a seulement un minimum (global)



Optimisation convexe



fonction non-convexe
plusieurs minima

fonction convexe
un seul minimum



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Stratégie

- Comment transformer le calcul de l'orientation des images dans une optimisation convexe ?
- Décomposer le problème en deux (ou trois) étapes :
 - [dériver R par le calcul des moyens des rotations (Hartley et al, IJCV 2013) – pas discuté ici]
 - estimer les positions des centres de perspective et les coordonnées 3D des points de liaison
problème quasi-convexe dans L^∞ (Hartley et al., CVPR '04)
 - (option: compensation par faisceaux)



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation

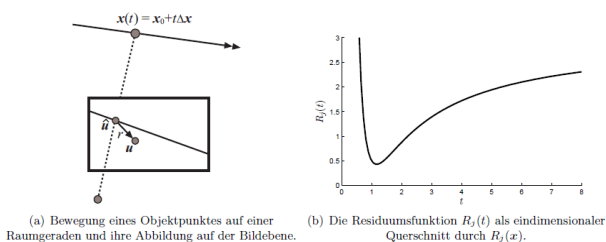


Estimer la perspective et les coordonnées 3D des points de liaison

- minimisation de l'erreur de re-projection

$$f_{res,i}(\mathbf{X}) = \|\mathbf{x}_{proj,i} - \mathbf{x}_i\|_m$$

- une image, point devant la caméra:
un problème quasi-convexe



[Schneider, 2011]

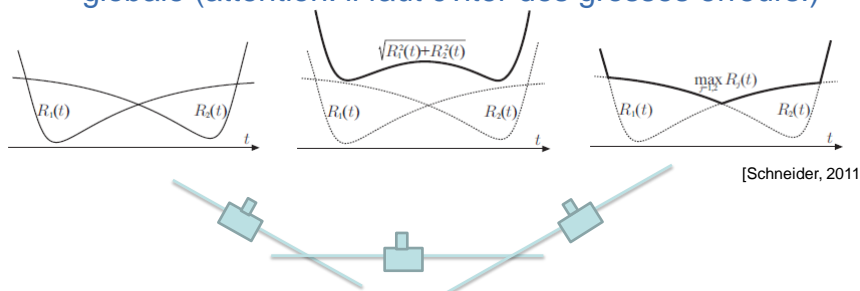


Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Estimer la perspective et les coordonnées 3D des points de liaison

- Plusieurs images
 - norme L2: problème non-convexe, plusieurs minima
 - norme L^∞ : problème quasi-convexe, un minimum globale (attention: il faut éviter des grosses erreurs!)



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Optimisation incrémentale

- Extension du modèle de compensation:

$$\begin{pmatrix} l_1 + v_1 \\ l_2 + v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} ; \quad \begin{pmatrix} P_{11} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & P_{22} \end{pmatrix}$$

l_1 observations existantes x_1 paramètres existants
 l_2 observations nouvelles x_2 paramètres nouveaux
 A_{21} lie observations nouvelles et paramètres existants

- but: solution pour x_2 et mise à jour pour x_1

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_{1,+} \\ \hat{x}_2 \end{pmatrix} = N_+^{-1} \begin{pmatrix} A_{11}^T P_{11} l_1 + A_{21}^T P_{22} l_2 \\ A_{22}^T P_{22} l_2 \end{pmatrix}$$



Optimisation incrémentale

$$\begin{aligned} \hat{x}_{1,+} &= \left(I + B^{-1} C M C^T \right) F \left(\hat{x}_1 + N^{-1} A_{21}^T P_{22} l_2 \right) - B^{-1} C M A_{22}^T P_{22} l_2 \\ \hat{x}_2 &= - M C^T F \left(\hat{x}_1 - N^{-1} A_{21}^T P_{22} l_2 \right) + M A_{22}^T P_{22} l_2. \end{aligned}$$

- résultats dépendant seulement du
 - résultat x_1 et N^{-1} calculé à l'époque précédente
 - observations l_2 de l'époque considérée;
 - mais pas de valeurs existantes: l_1, A_{11}, P_{11}
- il suffi de inverser des matrices de grandeur (n_2, n_2) et (u_2, u_2) (temps constant)



Expérimentations

- Calculer la façade 3D à partir d'un vol de drone



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Instruments et prises de vues

- Microdrones md4-200 VTOL Quadrocopter
 - max. poids: 300g
 - vitesse: ~5m/s
 - GPS, IMU (et autres)
- Babyphone PAL camera
 - résolution: 720 x 576 px
- étalonnage de la caméra avant le vol
- images prises dans un intervalle de temps constant
 - trois vols de 250 images environs

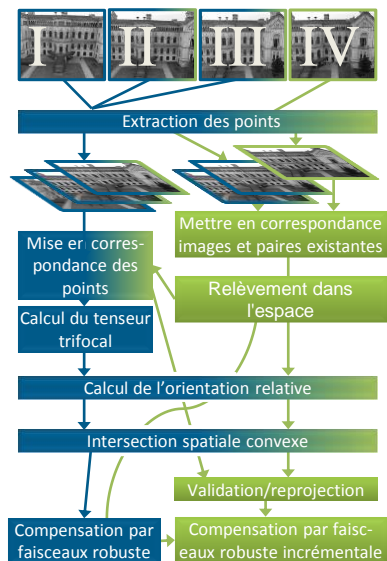


Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Déroulement du travail



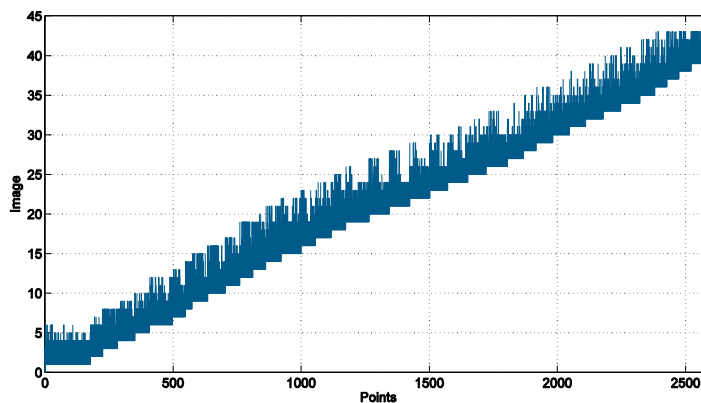
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Résultats

- Distribution des points/images de la compensation par faisceaux



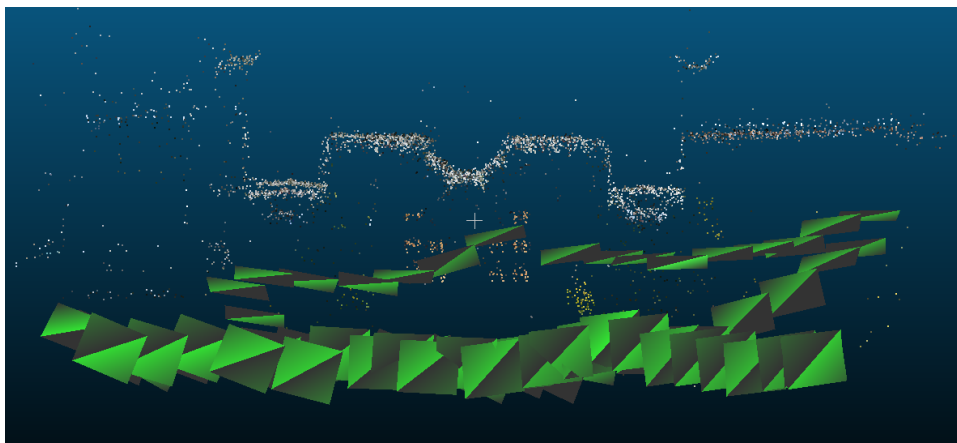
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Résultats

nuage de points et orientation des images



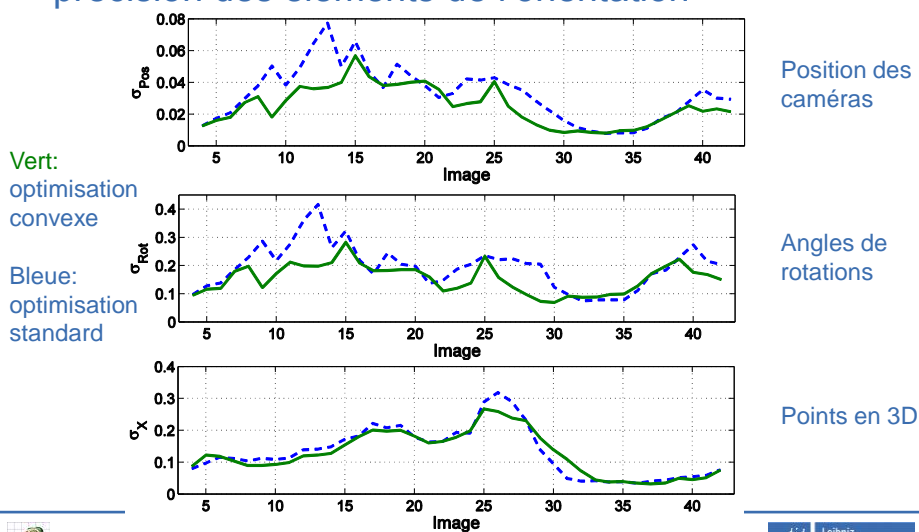
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Résultats

- précision des éléments de l'orientation



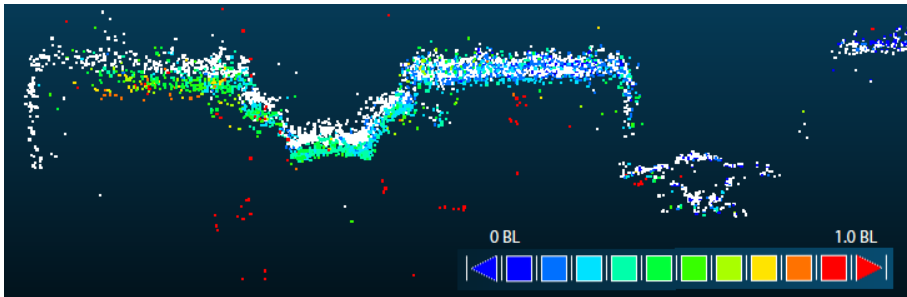
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Leibniz
Universität
Hannover

Résultats

comparaison des nuages de points



Points blancs: optimisation convexe

Points colorés: optimisation standard (couleur: différence entre les deux nuages)



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Conclusions

- L'optimisation convexe montre de bons résultats
 - valeurs initiales assez précises pour la compensation par faisceaux
 - distribution des points en repère objet
- La compensation incrémentale permet
 - d'estimer des paramètres nouveaux
 - d'améliorer les paramètres calculés auparavant



Institut für Photogrammetrie und GeoInformation



Conclusions

- Temps de calcul dépend du nb. de points nouveaux
 - pour un calcul en temps réel: limiter ce nombre
 - temps constant
- Défis pour le futur
 - introduire et tester la méthode de « moyen de rotations »
 - « loop closure » pour répondre au drift
 - améliorer la vitesse du calcul (4s/images pour le moment, non-optimisé)

