

Correction radiométrique d'images aériennes et terrestres

1. Sujet

Le but de cette thèse est une décomposition en images intrinsèques d'un ensemble multi-vue d'images optiques (RGB ou multi-spectrales) en luminance: des images en réflectance directionnelle corrigées des effets radiométriques liés à la géométrie tridimensionnelle de la scène et des images en illumination à l'instant de la prise de vue.

Ces images doivent permettre la texturation homogène de l'ensemble d'une ville, la simulation de n'importe quel éclairage. Elles auront également des utilisations, en simulation (illumination solaire, climat urbain) et en traitement d'images (classification par exemple).

Dans le cadre de cette thèse, les images en luminances seront simulées par l'approche stochastique (des modèles de lancer de rayon) à l'aide du modèle 3D de la scène et du code de transfert radiatif atmosphérique afin d'obtenir des images réalistes en maîtrisant tous les paramètres qui influencent la luminance mesurée par le capteur tels que l'éclairage, la transmittance, la réflectance, etc.

La correction radiométrique consiste à estimer un ensemble des paramètres atmosphériques et des paramètres géométriques à partir d'images multi-vue pour calculer l'éclairage reçu par la surface à chaque pixel dans l'image et enfin d'obtenir la réflectance directionnelle.

Les effets à prendre en compte sont d'une part, les masquages (ombres), et d'autre part, les effets directionnels. L'étude se placera dans un premier temps dans l'hypothèse lambertienne et cherchera ensuite à lever cette hypothèse (variation directionnelle) en utilisant la redondance des données.

2. Descriptif détaillé

Contexte

Les images aériennes et terrestres ont permis la production de nombreuses données utilisables (cartographie, classification, visite virtuelle 3D, etc.). La correction radiométrique basée sur une approche physique permet d'améliorer la lisibilité de ces images et d'extraire des propriétés optiques des surfaces (par exemple la réflectance directionnelle) afin d'élargir l'exploitation de ces données.

Dans des images de très haute résolution spatiale, l'interaction de lumière dans les couplages surface/atmosphère et objet/environnement joue un rôle important dans la luminance mesurée par le capteur, donc les techniques de correction atmosphérique avec l'hypothèse de surface plate pour des images satellitaires ne sont pas adaptés à ce type d'image. L'illumination au niveau de la surface pourrait être très variée d'un pixel à l'autre dans une image aérienne ou terrestre selon la topographie de la scène. L'estimation de la réflectance consiste à estimer

l'éclairement reçu par la surface.

L'éclairement reçu par la surface peut être décomposé en 3 parties: partie directe due au transfert direct de lumière solaire, partie diffuse due à la diffusion de lumière solaire à travers de l'atmosphère, et la partie couplée due à la multi réflexion dans les couplages sol/atmosphère et objet/environnement. Des approches physiques dans la correction radiométrique sont basées sur l'estimation de ces 3 contributions d'éclairement en prenant en compte l'état de l'atmosphère, la géométrie, et la topographie. Par ce principe, (Boldo, 2002) utilise le Modèle Numérique de Surface (MNS) pour calculer la surface sous l'ombre afin de corriger des ombres dans des images aériennes, (Li et al., 2012) utilise le MNS pour calculer l'inclinaison de la surface sur montagne pour corriger l'effet BRDF dans des images Landsat. Ces méthodes sont impactées par la qualité du MNS et par certaines hypothèses simplifiées dans la modélisation de l'atmosphère telles que l'état du ciel, l'interaction dans les couplages, etc. Ces défauts peuvent introduire des artefacts (Martinoty, 2005). Dans le cas des images terrestre urbaines, (Coubard et al., 2011) propose une méthode d'estimation de réflectance en utilisant le modèle de lancer de rayon. Cette méthode prend en compte les réflexions multiples dans les couplages en hypothèse que le modèle 3D et le modèle de BRDF représentent correctement la scène et des matériaux. Dans le domaine de l'informatique graphique, les méthodes basées sur les images intrinsèques permettent de décomposer une image en une image de réflectance et une image d'illumination, en prenant en compte des a priori plus ou moins automatiques sur cette décomposition (Bell et al., 2014; Laffont et al., 2013) et permettent un ré-éclairage a posteriori dans le domaine image. Des extensions ont permis de prendre en compte un ensemble d'image afin de tirer parti de la redondance d'information acquise.

Verrous à lever

Cette thèse devrait conduire vers

- Le développement d'une méthode de simulation d'images multi-spectrales prenant en compte la dimension 3D de la scène, la BRDF de la surface, et le transfert radiatif dans les couplages surface/atmosphère et objet/environnement.
- La conception d'un algorithme d'estimation de l'éclairement reçu par la surface permettant d'avoir une précision et un temps de traitement satisfaisant.

Nous nous intéresserons dans cette thèse à mieux comprendre l'éclairement solaire au niveau de la surface dans des milieux urbaine afin d'améliorer la correction radiométrique par l'approche physique. Il s'agit d'effectuer une décomposition de chaque image d'un ensemble d'image de télédétection (aérienne ou terrestre) en une image de réflectance et une image d'éclairement ou d'illumination, en tirant parti d'une reconstruction préalable de la géométrie de la scène (modèles 3D de bâtiment et MNT, ou maillage 3D plus fin). Cette connaissance de la géométrie de la scène va permettre d'effectuer une simulation directe du transfert radiatif par lancer de rayon afin de définir les contraintes de la décomposition en images intrinsèques. Le traitement d'une acquisition multi-vue permet d'améliorer la complétude de l'acquisition (les surfaces non visibles ayant souvent une contribution réfléchi non-négligeable). La présence d'images visant le ciel devra permettre d'ajuster les paramètres d'un modèle de ciel dynamique, afin d'estimer la distribution dynamique de l'illumination descendante pour faciliter le traitement d'un ensemble d'image soumis à une illumination variable (déplacement de nuages).

Programme

La thèse se déroulera suivant trois étapes:

1. Prise en main de l'état de l'art en physique d'image, télédétection, avec un focus sur les

approches par modélisation de transfert radiatif. Le travail portera sur la lecture des publications de recherche relevant du domaine mais aussi sur la prise en main des outils informatiques ayant permis de simuler des images en luminance.

2. Etude et mise en place d'une approche d'estimation de l'éclairement sur des images simulées en luminance de multi-vue dans les conditions simplifiées.
3. Evaluation de l'approche sur des données réelles.

Références

- Bell, S., Bala, K., Snavely, N., 2014. Intrinsic images in the wild. *ACM Trans. Graph. TOG* 33, 159.
- Boldo, D., 2002. Fabrication conjointe de MNS et d'ortho-images pour la visualisation perspective de scènes urbaines. Université René Descartes - Paris 5.
- Coubard, F., Brédif, M., Paparoditis, N., Briottet, X., 2011. Reflectance estimation from urban terrestrial images: Validation of a symbolic ray-tracing method on synthetic data. Presented at the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Munich, Germany, pp. 71–76.
- Laffont, P.-Y., Bousseau, A., Drettakis, G., 2013. Rich intrinsic image decomposition of outdoor scenes from multiple views. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* 19, 210–224.
- Li, F., Jupp, D.L.B., Thankappan, M., Lymburner, L., Mueller, N., Lewis, A., Held, A., 2012. A physics-based atmospheric and BRDF correction for Landsat data over mountainous terrain. *Remote Sens. Environ.* 124, 756–770.
- Martinoty, G., 2005. Reconnaissance de matériaux sur des images aériennes en multirecouvrement, par identification de fonctions de réflectances bidirectionnelles. Université Denis Diderot - Paris 7.

Encadrement

Direction : Bruno Vallet (bruno.vallet@ign.fr)
Co-direction : Mathieu Brédif (mathieu.bredif@ign.fr)
Co-encadrement : Manchun Lei (manchun.lei@ign.fr)

Accueil

La thèse sera réalisée dans l'équipe MATIS du laboratoire LASTIG de l'IGN, Saint-Mandé (limitrophe Paris, ligne 1 du métro, station Saint-Mandé). (<http://recherche.ign.fr/labos/matis/>)

L'école doctorale associée est l'ED MSTIC de l'Université Paris-Est. Le contrat doctoral, de trois ans, sera contracté avec ou sans charge de cours, selon le profil du candidat et les besoins de l'Ecole nationale des Sciences Géographiques avec laquelle l'IGN est associé.

3. Candidature

Profil et compétences attendues

Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2

Connaissances en télédétection, traitement du signal et des images, vision par ordinateur

Solides bases en programmation C++

Goût pour la modélisation transfert radiatif et développement méthodique de validations expérimentales

Contact

Pour tout renseignement, contacter Bruno Vallet (bruno.vallet@ign.fr), Mathieu Brédif (mathieu.bredif@ign.fr), Manchun Lei (manchun.lei@ign.fr).

Procédure de candidature

Toute candidature doit être envoyée au contact et doit inclure:

- CV;
- Lettre de motivation adaptée au sujet proposé;
- Un relevé de notes des dernières années d'étude, rang si possible;
- Avis du directeur de master (ou de la personne responsable du diplôme donnant l'équivalence du master);
- Le tout en un seul PDF

La date limite pour le dépôt du dossier administratif est le 5 Juin 2017