

Habilitation à Diriger des Recherches

Systèmes de Vision 3D en Géomatique : Application à la Numérisation et à la Modélisation des Environnements Urbains

Nicolas Paparoditis

Les travaux de recherche qui seront présentés lors de cette soutenance d'habilitation portent sur le développement de systèmes automatisés de vision 3D en géomatique pour la numérisation et la modélisation tridimensionnelle automatisée des environnements urbains. Ces systèmes de collectes de données sont nécessaires en aval au développement d'applications à spectre très large allant de l'aménagement et du tourisme virtuel à l'archivage et la gestion du patrimoine, jusqu'à des applications plus nouvelles comme l'aide à la navigation ou la navigation autonome.

Ces travaux se placent en tout premier lieu dans une logique de production cartographique où l'on cherche à définir et élaborer des produits et des usages utiles et adaptés aux besoins exprimés ou potentiels des utilisateurs de cette information géographique. Une particularité de nos travaux est le continuum des échelles étudiées : du satellite métrique à l'aérien décimétrique, jusqu'au terrestre centimétrique. Toutes ces imageries contribuent complémentaires à la caractérisation du tissu urbain. Ces travaux se placent également dans une logique système. On cherche à mettre en place un système de numérisation et de modélisation multi-plateformes, multi-capteurs, multi-traitements permettant d'obtenir une reconstruction automatique de la ville la plus complète possible et une modélisation au moins équivalente à celle que proposait les modélisations de type TRAPU avec en sus une texturation et une modélisation plus fine des façades, des édifices remarquables et de la route (marquages routiers, signalisation, etc.). Cette automatisation est aujourd'hui rendue possible par l'intégration de technologies et techniques variées provenant de différentes disciplines: informatique, télédétection et imagerie numérique, géodésie et localisation, photogrammétrie, vision par ordinateur et traitement des images, synthèse d'images et réalité virtuelle, et Systèmes d'Information Géographique. Enfin, ces travaux se placent également dans une logique de recherche algorithmique en photogrammétrie, imagerie et vision 3D, où l'on cherche à obtenir des méthodes et algorithmes de calibration, d'estimations de poses, de reconstruction 3D robustes, de reconnaissance de formes, génériques, robustes, mais aussi précis. Ces méthodes et algorithmes sont développés en complète adéquation avec les systèmes d'acquisition développés. Ceux-ci sont conçus pour bien poser les problèmes de vision et les algorithmes pour tirer le meilleur parti des données.

Après avoir rappelé mon parcours académique et professionnel, je présenterai une synthèse de ces travaux que j'ai choisi d'articuler en 3 parties.

Dans la première partie, nous explorerons des techniques d'appariement multi-image permettant de générer à partir d'imagerie déjà calibrée des hypothèses de primitives 3D complémentaires: ponctuelles, linéaires et surfaciques. Ces experts tirent pleinement parti de la particularité de la géométrie multi-image et sont accompagnés d'indicateurs de qualité et de visibilité. Ces techniques sont transversales et peuvent être appliquées aussi bien à de l'imagerie satellitaire, aérienne, ou terrestre. Nous verrons dans la partie suivante, comment ces hypothèses de primitives 3D pourront être utilisées pour appuyer des surfaces ou pour

reconstruire la forme des objets.

Dans le deuxième partie, nous aborderons, dans le contexte de l'imagerie aérienne, les problématiques de reconstruction de surfaces, d'analyse de scènes et d'extraction d'objets cartographiques en nous focalisant plus particulièrement sur les bâtiments et sur certains éléments du graphe routier. Nous décrirons dans un premier temps, différentes approches de reconstruction de surface introduisant des *a priori* variables sur la forme des objets à reconstruire. Nous montrerons dans un deuxième temps comment cette surface sera utile pour partitionner la scène afin de focaliser des algorithmes de reconstruction sur des régions monothématiques afin de partitionner le problème très complexe de reconstruction de la scène en un ensemble de problèmes de reconstruction plus simples. Nous proposerons ensuite une méthode d'auto-évaluation automatique des objets extraits qui est nécessaire d'une part dans un contexte semi-automatique de reprise des résultats de reconstruction par un opérateur et d'autre part qui pourrait être utilisé dans un système de compétition entre méthodes de reconstruction afin d'adopter le modèle et les experts de reconstruction qui seraient les plus adaptés à la forme et à complexité d'un bâtiment.

Dans la troisième partie, nous aborderons la collecte de données terrestres comme complément à la collecte de donnée aérienne et satellitaire. Nous présenterons tout d'abord nos recherches en cours sur le développement d'un système terrestre et mobile de collecte de données qui permet d'acquérir des images panoramiques géoréférencées très denses spatialement. Pour des applications de navigation 3D, nous proposerons de nous déplacer dans des flux d'images panoramiques géoréférencées comme alternative avantageuse à la navigation dans des modèles 3D texturés complexes à élaborer. Pour certaines applications, le géoréférencement basé sur des systèmes de navigation est limité en milieu urbain dense en raison des masques GPS. Nous proposerons donc d'utiliser l'image comme sous-système de géoréférencement de précision pour obtenir un géoréférencement relatif et absolu sub-décimétrique par recalage des images terrestres sur les images aériennes utilisées comme appui. De ces images géoréférencées, nous montrerons également comment nous envisageons d'extraire des éléments de façades tout comme des éléments descriptifs du réseau routier (marquages) qui sont difficilement caractérisables ou visibles dans les images aériennes. Ces derniers pourront être utiles par exemple pour des applications d'aide à la navigation et de navigation autonome.

Enfin nous proposerons quelques perspectives de recherche pour les années à venir.