

Reconstruction 3D de Paysages Péri Urbains en Imagerie Stéréoscopique Satellitaire Haute Résolution

RESUME

Une résolution de l'ordre du mètre est envisagée pour un futur projet de satellite civil H.R.V. à vocation cartographique. A cette résolution, il est envisageable de reconstruire par stéréo-photogrammétrie des modèles tridimensionnels de scènes urbaines. Les techniques de restitution automatiques industrielles existantes (sur SPOT par exemple) ne sont pas adaptées à la nature du contenu des scènes urbaines haute résolution en particulier à cause des discontinuités, des faces cachées, et des surfaces sans textures. L'objectif de cette thèse est de définir et d'évaluer des techniques de restitution stéréoscopique adaptées qui permettent de construire avec précision, fiabilité et exhaustivité des Modèles Numériques d'Élévations urbains (avec ou sans description du sursol) mais aussi des modèles volumiques de chaque bâtiment à partir d'images satellitaires à un mètre de résolution. Un environnement d'évaluation et d'aide à la conception de techniques de restitution cartographique basée sur la simulation d'images réalistes a été utilisé. Cet environnement utilise un simulateur, représentatif d'une chaîne image satellite, dont l'entrée principale (modèle de paysage) constitue une "vérité terrain".

Notre technique de reconstruction stéréoscopique de MNE denses et fiables s'appuie sur un algorithme original et subpixelaire de mise en correspondance de vignettes de formes adaptatives aux contours des images qui permet de préserver et de localiser avec précision les discontinuités du relief et la forme des structures du paysage lesquelles sont essentielles pour la caractérisation des structures d'intérêts de la scène.

La reconstruction du bâti s'appuie sur une modélisation progressive de la scène. Elle comporte tout d'abord une segmentation du MNE qui autorise la détection, la classification sol/sursol des régions identifiées, et la reconnaissance de formes de toits approchées. Elle vient en suite d'une représentation du sol par triangulation de Voronoï de l'ensemble des échantillons du MNE classifiés sol. Cette modélisation est complétée par une description des toits par cylindres à base polygonale. Le filtrage et le groupement perceptuel de primitives images subpixelaires issues de l'analyse monoculaire, autour des formes approchées de toits, selon des règles de colinéarité, de distance et de perpendicularité dans l'espace tridimensionnel, permet de reconstruire la forme réelle des toits dans l'espace image. Les toits sont ensuite localisés en trois dimensions à l'aide de modèles de surfaces élaborés à partir des échantillons du MNE à l'intérieur de leurs limites. Les façades verticales des bâtiments sont enfin obtenues en rattachant les polyèdres de toits au sol par projection de leurs sommets. Cette représentation du bâti est un compromis entre un modèle explicite de bâtiments et des stéréotypes par parallélépipèdes.

Les résultats montrent que la coopération étroite entre analyses monoculaires et binoculaires subpixelaires accentue la précision, la fiabilité et l'exhaustivité de la détection, de la reconnaissance et de la reconstruction de la forme des bâtiments de la scène. Toutefois, la résolution étudiée est insuffisante pour une cartographie exhaustive des plus petites structures comme les pavillons. L'évaluation quantitative de notre chaîne de restitution montre que les capacités stéréoscopiques de notre système satellite avec des algorithmes adaptés sont sub-métriques. A titre indicatif, pour un B/H de 0.6, les erreurs moyennes quadratiques des MNE reconstruits, sont de 0.36 mètres en altimétrie et de 0.20 mètres en planimétrie aussi bien pour le sol que pour les toits des bâtiments.

3D Suburban Landscapes Reconstruction From High Resolution Satellite Images

ABSTRACT

A meter resolution is considered for a future H.R.V civil stereo mapping dedicated satellite. At this resolution, 3D urban models can be recovered by stereo processing. Existing industrial stereo processing techniques are not adapted to high resolution urban scenes images specially because of surface discontinuities, stereo discrepancies, and poorly textured surfaces. The object of this thesis is to design and evaluate three dimensional optical mapping techniques adapted to recover accurate, dense and reliable Digital Elevation Models (with or without raised structures) and 3D building models. These techniques have been developed with a simulation-based environment. This environment uses a simulator representative of a space imaging system whose input (landscape model) constitutes a "ground truth" thus allowing a quantitative assessment and optimisation of the mapping techniques.

Our dense and reliable DEM processing scheme is based upon a new and fast contour adaptive template matching technique which preserves sharp and well located depth and slope discontinuities thus easing raised structures and building cues detection.

Our building detection and reconstruction scheme is based on a progressive modelling of the scene. Raised structures blobs are first extracted from the DEM. Roof blobs are pointed out by an analysis of the DEM elevations within and outside the raised structures frontiers. Thereafter, a «bare-earth» TIN surface model is recovered using a Delaunay triangulation of all the DEM samples which do not belong to roofs. Perceptual grouping, filtering and moving, of sub-pixel image cues around (and connected to) roof blobs, according to geometric rules in the 3D-space allows the reconstruction of very clean and accurate roof shapes in image space. Surface models computed with all the DEM samples within roof limits are used to obtain the 3D roofs location. Building ground foot prints and vertical faces are built by vertical extrusion of the roof polyhedrons onto the ground surface. This complex building representation is halfway between an explicit building model and a shoe box stereotype.

The results show that a close combination between sub-pixel monocular and binocular analyses enhances the accuracy, reliability and completeness of buildings detection, recognition and reconstruction. However, a one meter resolution is insufficient to draw a detailed description of smallest building structures as suburban houses. The quantitative assessment of our 3-D mapping line shows that our satellite stereo capacities are sub-metric. For guidance, with a B/H ratio of 0.6, DEMs vertical and horizontal plane RMS errors, estimated on a large sample of control points, are respectively 0.36 and 0.2 meters both on bare-earth and on roof tops.

