

Proposition de sujet de thèse sur contrat doctoral

Contacts : Isabelle Debled-Rennesson (Isabelle.Debled-Rennesson@loria.fr) and Phuc Ngo (hoai-diem-phuc.ngo@loria.fr)

Equipe: ADAGIo

Intitulé du sujet de thèse :

Estimateurs de caractéristiques géométriques discrètes 3D et application à la reconnaissance de signes

Contexte

Parmi les structures discrètes étudiées dans l'équipe ADAGIo figurent les ensembles discrets du plan ou de l'espace. La *géométrie discrète* étudie ces objets et a pour objectif de définir un cadre théorique pour transposer dans \mathbb{Z}^n les bases de la géométrie euclidienne, les notions discrètes définies étant le plus proche possible des notions continues que nous connaissons (telles que distance, longueur, convexité, ...). Nous travaillons avec des définitions analytiques qui permettent de représenter de manière compacte des objets discrets, d'étudier des objets intrinsèquement discrets et non pas uniquement des approximations d'objets continus, et aussi de définir des objets discrets infinis.

Un des objectifs de notre équipe est l'analyse des objets discrets en particulier la détermination de leurs caractéristiques géométriques. Les algorithmes obtenus sont utilisés sur des données discrètes issues par exemple d'échographie, d'IRM ou encore de scanners. Ces données sont souvent bruitées et nous développons des outils d'analyse *multi-échelle* tenant compte du bruit présent.

Sujet

L'équipe ADAGIo collabore depuis 2017 avec une équipe de l'Université Jadavpur de Kolkata (Inde) sur le thème de la reconnaissance du langage des signes à partir d'images issues d'un système d'acquisition de type *Kinect*. Ce matériel est peu coûteux et fournit la carte de profondeurs de l'image perçue, permettant d'accéder à des informations de localisation 3D et facilitant ainsi l'étape de segmentation consistant à isoler les mains.

Dans un premier travail [14], une base de données d'images a été constituée par l'équipe indienne avec des capteurs de type *Kinect V1 et V2*. Une approche 2D a été testée sur cette base, nous avons proposé des caractéristiques géométriques 2D reposant sur une analyse multi-échelle [8] des points dominants [9, 10] des contours 2D des objets à analyser (cf. Figure 1). Ces caractéristiques, combinées avec des caractéristiques statistiques classiques (moments, variations angulaires, ...), ont donné des premiers résultats intéressants dans le cadre d'un processus de classification *Random Forest*, résultats concurrentiels avec d'autres approches de la littérature [14, 15, 13, 16].



Figure 1: Exemples de silhouettes de mains, correspondant aux lettres de l'alphabet de l'ASL (American sign Language), issues de la base de données de l'Université Jadavpur.

Un des objectifs de cette thèse est de tenir compte des informations 3D issues des données et d'en déduire des caractéristiques géométriques pertinentes permettant de discriminer les classes de signes. Plus précisément, nous souhaitons, d'une part, étendre à la dimension 3 certains outils développés pour l'analyse des courbes 2D afin d'obtenir des caractéristiques géométriques discriminantes et, d'autre part, les utiliser dans le cadre de la reconnaissance de signes, où les données obtenues peuvent être bruitées. Plusieurs pistes sont à considérer et à explorer.

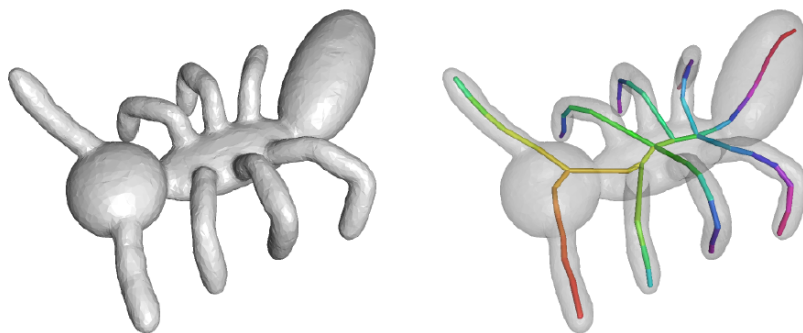


Figure 2: A gauche un objet scanné (19996 faces) et à droite la ligne centrale obtenue [6].

L'une d'entre elles consiste à travailler sur une représentation simplifiée de l'objet. Par exemple, la notion de ligne centrale d'un objet discret [4], récemment développée dans notre équipe, pourra être utilisée dans ce cadre (cf. Figure 2). Le graphe des courbes discrètes obtenues sera ensuite analysé. Pour cela des estimateurs spécifiques devront être étudiés. Les courbes obtenues correspondent à des partitions de l'objet étudié et, considérer les relations spatiales entre ces objets peut se révéler pertinent. Une adaptation des notions

d’histogramme de force [7] ou d’enlacement [1] pourrait être envisagée.

Une autre approche plus globale peut aussi être explorée, en associant la ligne centrale à une courbe discrète 3D dont des caractéristiques géométriques pourraient alors être calculées. Une démarche similaire à celle utilisée en 2D peut être suivie. En effet, un outil récemment développé dans l’équipe, appelé *Couverture Tangentielle Adaptative (ATC)* [8], permet d’analyser des courbes 2D irrégulièrement bruitées. Cet outil repose sur la décomposition de la courbe en segments épais (appelés *segments flous* [2]) et utilise un estimateur de bruit local (par exemple [4, 3]).

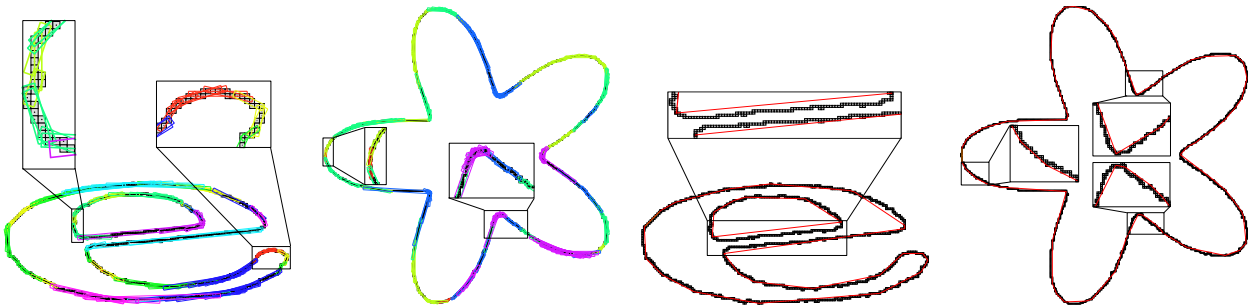


Figure 3: Exemples d’ATC sur des courbes 2D bruitées (à gauche) et les représentations polygonales (à droite) obtenues avec la méthode de détection des points dominants utilisant ATC.

La suite des segments obtenus dans l’ATC d’un contour (cf. Figure 3) permet de déduire simplement des caractéristiques comme les points dominants ou encore une estimation de la longueur du contour, de la tangente en chaque point ou encore une simplification polygonale du contour, ... Une piste à explorer est donc d’étendre la notion d’ATC aux courbes en dimension 3 et d’en déduire des estimateurs de caractéristiques géométriques pertinents pour la reconnaissance des signes. Cette étude utilisera les notions de droites discrètes 3D et de segments flous 3D définies et utilisées dans des travaux antérieurs [11, 12].

References

- [1] M. Clément, A. Poulenard, C. Kurtz, L. Wendling: Directional Enlacement Histograms for the Description of Complex Spatial Configurations between Objects. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 39(12): 2366-2380 (2017)
- [2] I. Debled-Rennesson, F. Feschet, J. Rouyer-Degli. Optimal blurred segments decomposition of noisy shapes in linear time, *Computers and Graphics* 30(1): 30-36 (2006).
- [3] B. Kerautret, J.O Lachaud: Meaningful Scales Detection along Digital Contours for Unsupervised Local Noise Estimation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 34(12), 2379–2392 (Dec 2012)
- [4] B. Kerautret, J.O Lachaud: Meaningful Scales Detection: an Unsupervised Noise Detection Algorithm for Digital Contours. *Image Processing On Line* 4, 98–115 (2014)

- [5] B. Kerautret, A. Krähenbühl, I. Debled-Rennesson, J.-O. Lachaud: Centerline detection on partial mesh scans by confidence vote in accumulation map. ICPR 2016: 1376-1381
- [6] B. Kerautret, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Lorraine, Décembre 2017.
- [7] P. Matsakis, L. Wendling: A New Way to Represent the Relative Position between Areal Objects. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 21(7): 634-643 (1999)
- [8] P. Ngo and H. Nasser, I. Debled-Rennesson and B. Kerautret. Adaptive Tangential Cover for Noisy Digital Contours, DGCI 2016: 439-451
- [9] T.P. Nguyen and I. Debled-Rennesson. A Multi-scale Approach to Decompose a Digital Curve into Meaningful Parts, ICPR 2010: 1072-1075
- [10] T.P. Nguyen and I. Debled-Rennesson. A discrete geometry approach for dominant point detection, Pattern Recognition 44(1): 32-44 (2011)
- [11] T.P. Nguyen and I. Debled-Rennesson. Curvature and Torsion Estimators for 3D Curves, ISVC (1) 2008: 688-699
- [12] T.P. Nguyen and I. Debled-Rennesson. On the Local Properties of Digital Curves, International Journal of Shape Modeling 14(2): 105-125 (2008)
- [13] Ren, Z., Yuan, J., Meng, J., Zhang, Z., 2013. Robust part-based hand gesture recognition using kinect sensor. IEEE Transactions on Multimedia 15, 1110-1120.
- [14] P. Soumi, H. Nasser, M. Nasipuri, P. Ngo, S. Basu, I. Debled-Rennesson. A Statistical-Topological Feature Combination for Recognition of Isolated Hand Gestures from Kinect Based Depth Images. IWCIA 2017: 256-267
- [15] Wang, C., Liu, Z., Chan, S.C., 2015. Superpixel-based hand gesture recognition with kinect depth camera. IEEE Transactions on Multimedia 17, 29-39.
- [16] Zhang, C., Yang, X., Tian, Y., 2013. Histogram of 3d facets: A characteristic descriptor for hand gesture recognition, in: Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 2013 10th IEEE International Conference and Workshops on, IEEE. pp. 1-8.