

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON I

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT (Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : 13 décembre 2016

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Kamel MADI**

Titre de la thèse : " Appariement inexact de graphes : application à la reconnaissance de formes 2D et 3D.. »

Résumé de la thèse

L'appariement de graphes est un problème que nous rencontrons dans différents domaines liés à la reconnaissance d'objets ou de formes. Dans ce contexte, trouver des solutions d'appariement de graphes, garantissant l'optimalité en termes de précision et de temps de calcul est un problème de recherche difficile et d'actualité. Dans cette thèse, nous nous intéressons à la résolution de ce problème dans deux domaines : la reconnaissance des formes 2D et 3D. Pour la reconnaissance des formes 2D, nous considérons le problème de reconnaissance de kites, formes particulières que nous distinguons sur des images satellites. Pour résoudre ce problème, nous avons d'abord généré un benchmark de graphes de kites à partir d'images satellites réelles. Ce benchmark structuré en 3 niveaux de bruit, permet de tester les algorithmes d'appariement de graphes. Ce benchmark est utilisé pour la validation de nos algorithmes et il est mis aussi à la disposition d'autres chercheurs. Nous avons ensuite proposé un algorithme d'appariement pour les graphes de kites. L'algorithme proposé tient compte de la forme géométrique des graphes en plus de leurs structures. Il permet également de traiter un nombre important de graphes à travers un appariement hiérarchique à deux niveaux. Nos expérimentations sur ce benchmark (bases de données réelles) confirment nos résultats analytiques et montrent que la distance proposée est précise avec une haute performance. Pour la reconnaissance des formes 3D, nous avons étudié la reconnaissance d'objets déformables (non rigides) représentés par des graphes c.à.d. des tessellations de triangles. Pour résoudre ce problème, nous proposons une décomposition des tessellations de triangles en un ensemble de sous structures que nous appelons triangle-étoiles. En se basant sur cette décomposition, nous proposons un nouvel algorithme d'appariement de graphes pour mesurer la distance entre les tessellations de triangles. L'algorithme proposé assure un nombre minimum de structures disjointes, offre une meilleure mesure de similarité en couvrant un voisinage plus large et utilise un ensemble de descripteurs qui sont invariants ou au moins tolérants aux déformations les plus courantes. Nous prouvons que la distance proposée est pseudo-métrique. Nous analysons la complexité et nous présentons un ensemble de résultats expérimentaux qui confirment la haute performance et la précision de notre algorithme. Nous proposons également, une approche plus générale de l'appariement de graphes. Cette approche est fondée sur une nouvelle formalisation basée sur le problème de mariage stable. L'approche proposée est optimale en terme de temps d'exécution, c.à.d. la complexité est quadratique $O(n^2)$. L'approche proposée est flexible en terme d'applicabilité (2D et 3D). Cette approche se base sur une décomposition en sous structures ensuite un appariement de ces structures en utilisant l'algorithme de mariage stable. Le choix de la méthode de décomposition de graphes dépend de type de graphes considérés : une décomposition en triangle-étoiles pour les tessellations de triangles (graphes d'objets 3D) et une décomposition en étoile pour les autres types de graphes (graphes des formes 2D). Nous prouvons que la distance obtenue est pseudo-métrique. Nous analysons sa complexité et nous

présentons un ensemble de résultats expérimentaux qui confirment son efficacité ainsi que son applicabilité pour la reconnaissance des formes 2D et 3D.

Mots clés : Appariement de graphes, Distance d'édition de graphes, décomposition de graphes, modélisation à base de graphes, Reconnaissance de formes, Reconnaissance d'objets 3D, Reconnaissance d'objets déformables, Kites, images satellites.

Inexact graph matching: application to 2D and 3D pattern recognition.

Abstract :

The graph matching is a problem that we meet in different fields related to object and shape recognition. In this context, finding solutions to the problem of graph matching that ensure optimality in terms of accuracy and time complexity is a difficult research challenge and a topical issue. In this thesis, we investigate the resolution of this problem in two fields: pattern recognition in 2D and 3D shapes. For 2D shape recognition, we consider the problem of Kite recognition, particular archaeological structures that we distinguish in satellite images. In order to solve this problem, we first generate a Kite graph benchmark from real satellite images. This benchmark structured in three levels of noises, allows testing graphs matching algorithms. This benchmark is used to validate our algorithms and it is also made available to other researchers. We then proposed a new graph matching algorithm for Kite graphs. The proposed algorithm takes into account the geometric form of graphs in addition to their structure. It also allows processing a large number of graphs through a hierarchical matching with two levels. Our experiments on this benchmark (real data) show that the proposed distance is accurate with high performance. For 3D shape recognition, we consider the problem of deformable 3D objects (no-rigid) recognition, represented by graphs, i.e., triangular tessellations. In order to solve this problem, we propose a new decomposition of triangular tessellations into a set of substructures that we call triangle-Stars. Based on this decomposition, we propose a new algorithm of graph matching to measure the distance between triangular tessellations. The proposed algorithm assures a minimum number of disjoint substructures (triangle-Stars), offers a better measure by covering a larger neighbourhood and uses a set of descriptors which are invariant or at least oblivious under most common deformations. We prove that the proposed distance is a pseudo-metric. We analyse its time complexity and we present a set of experimental results which confirm the high performance and accuracy of our algorithm. We also, propose a more general graph matching approach. This approach is founded on a new formalization based on the *stable marriage problem*. The proposed approach is optimal in term of execution time, i.e. the time complexity is quadratic $O(n^2)$. The proposed algorithm is flexible in term of applicability (2D and 3D). This approach is based on graph decomposition into a set of substructures, and then followed by a matching of these substructures based on *stable marriage algorithm*. The choice of the graph decomposition method depends on the kind of graph: a triangle-Stars decomposition for the triangular tessellations (graphs of 3D shapes) and a star decomposition for other kinds of graphs (graphs of 2D shapes). We prove that the proposed distance is a pseudo-metric. We analyse its time complexity and we present a set of experimental results which confirm the high performance of our algorithm and its applicability for the pattern recognition of 2D and 3D shapes.

Keywords : Graph matching, Graph edit distance, Graph decomposition, Graph based modelling, Pattern recognition, 3D object recognition, Deformable object recognition, Kites, satellite image.