

Resumo

O tema desta Dissertação insere-se no domínio da Visão Computacional e na área da análise de objectos deformáveis representados em imagens. Mais concretamente, tenta-se determinar a correspondência entre elementos homólogos de objectos representados em imagens. Estas correspondências podem ser associadas a um “custo”, sendo este uma medida de similaridade entre os objectos a emparelhar. O custo considerado pode ser utilizado para reconhecimento/identificação de objectos, quando, por exemplo, é realizada a comparação com modelos base. Por outro lado, a determinação das correspondências permite o seguimento do movimento/deformação que o objecto possa ter sofrido. Este tipo de tarefas de análise de objectos em imagens tem elevada importância em sectores do conhecimento como a Medicina e a Indústria, por exemplo.

O trabalho aqui apresentado vem na sequência de trabalho desenvolvido e coordenado pelo Orientador desta Dissertação e centra-se especialmente na correspondência entre conjuntos de pontos que definem os contornos exteriores de dois objectos a emparelhar.

Este trabalho tem como principais objectivos: impedir correspondências cruzadas verificadas em metodologias anteriormente desenvolvidas, utilizar técnicas de optimização para obtenção das correspondências e respectivos custos, desenvolver metodologias alternativas para determinação de matrizes de custo de emparelhamento. Esta Dissertação inicia com uma análise do estado da arte na área do emparelhamento e reconhecimento de objectos representados em imagens. Seguidamente, no terceiro capítulo estuda-se o problema da ordenação dos pontos de um contorno, pois com a atribuição de uma ordem coerente pode-se mais facilmente desenvolver metodologias de optimização das correspondências entre contornos nas quais não sejam permitidos emparelhamentos cruzados. Ainda no terceiro capítulo, apresentam-se três formulações para a determinação de uma ordem para os pontos dos contornos baseadas em programação linear com *branch-and-bound*, programação inteira e *simulated annealing*. Posteriormente, apresentam-se os resultados da nossa implementação da terceira formulação proposta, os quais foram bons em termos de eficácia e velocidade.

No capítulo seguinte é apresentada uma metodologia para determinar a transformação rígida que melhor alinha dois contornos, utilizando informação relativa à ordem dos pontos. Posteriormente, no quinto capítulo são propostas duas formulações para determinar um emparelhamento global entre pontos de dois contornos, respeitando a ordem dos pontos. A primeira baseia-se num modelo de programação linear inteira e a segunda na técnica de optimização de programação dinâmica. Esta segunda solução foi implementada e testada usando matrizes de custo de emparelhamento determinadas usando uma plataforma computacional de desenvolvimento e ensaio onde já estava integrada uma implementação da metodologia baseada em modelação geométrica proposta por Shapiro.

Os resultados obtidos foram melhores, quer em termos de qualidade dos emparelhamentos quer em termos de velocidade, do que os obtidos pelas metodologias de optimização baseadas em modelos de afectação clássicos previamente integrados na referida plataforma: método *Húngaro*, *Simplex* para problemas de fluxo e *LAPm*.

O sexto capítulo é dedicado ao desenvolvimento, implementação e teste de metodologias de emparelhamento de contornos ordenados, utilizando informação de curvatura e/ou de distância dos pontos aos respectivos centróides. Para emparelhar os pontos com base nestas características, foram ensaiadas metodologias de emparelhamento do tipo *um-para-um* e do tipo *um-para-vários* (ou *vários-para-um*). Os resultados globais obtidos demonstram a adequação destas metodologias para o emparelhamento de contornos definidos por conjuntos de pontos ordenados. Finalmente, no último capítulo são apresentadas as principais conclusões e as perspectivas de trabalho futuro.

Abstract

The subject of this Master Thesis is in the Computational Vision domain, in particular in the analysis of deformable objects represented in image sequences. To be specific, it tries to determine the correspondence between homologous elements of two objects represented in images. These correspondences can be associated to a “cost”, being this

cost a measure of similarity between the objects. Then, the total matching cost can be used to recognize/identify objects, when they are compared with base models, for instance. On the other hand, the determination of the correspondences allows the tracking of the movement/deformation that the matched object might have suffered. Thus, these types of tasks have high importance in many practical areas as in Medicine and Industry, for example.

The work presented here comes in the sequence of the work previously developed and coordinated by the supervisor of this Thesis that focuses especially in the search for the correspondence between two groups of points that define the external contours of two objects. Its main objectives are to avoid crossed correspondences verified in previous methodologies, to employ optimization techniques to obtain the correspondences and respective costs, to develop new methodologies for determination of the matching cost matrices.

The work developed here begins with an analysis of the state-of-the-art in matching and recognition of objects represented in images.

Afterwards, in the third chapter we study the problem of ordination of contour points, because with the attribution of a coherent order we can more easily develop methodologies of optimization of correspondences between two contours in which crossed matches are not allowed. In this chapter, we present three formulations to attribute a coherent order to the points. The first one is based in linear programming with *branch-and-bound*, the second one in integer programming and the last one in *simulated annealing*. Afterwards, we present the results of our implementation of the third formulation proposed, which were good in terms of effectiveness and speed.

In the following chapter, we present a methodology to determine the rigid transformation that best aligns two contours, using information of points order.

Subsequently, in the fifth chapter, we propose two formulations to determine the correspondences among points of two contours with order restriction, one based in a model of integer linear programming and another one based in the optimization technique of dynamic programming. We implemented and tested the second solution. For such, we used the build matching cost matrices using the geometric modeling proposed by Shapiro. These matrices were determined using a computational platform

of development and test, already developed. The experimental results obtained were better in matching quality and speed in comparison with the results obtained by the optimization methodologies based in models of classic assignment algorithms, also integrated in the computational platform referred: *Hungarian* method, *Simplex* for flow problems and *LAPm*.

In the sixth chapter, we present the development, implementation and testing of new matching methodologies for contours shapes defined by groups of ordered points, using curvature information and/or distance of the points to the respective centre. Based in these characteristics, we developed methodologies to match contours points allowing correspondences of types *one-to-one* and *one-to-several* (or *several-to-one*). The fine results obtained demonstrated the good adaptation of these methodologies to the matching of contours defined by groups of ordered points. Finally, in the last chapter we present the conclusions and plans for further work.