

Processamento e Análise de Imagem em Biomecânica

João Manuel R. S. Tavares

Dep. de Eng. Mecânica e Gestão Industrial (DEMEGI), Fac. de Eng. da U. P. (FEUP)

Lab. de Óptica e Mecânica Experimental (LOME), Inst. de Eng. Mecânica e Gestão Industrial (INEGI)

email: tavares@fe.up.pt, url: www.fe.up.pt/~tavares

1. Introdução

Numerosos seres vivos têm no seu sistema de visão o elemento sensorial mais importante. Tal prende-se com a riqueza de informação que este sistema faculty, não só em termos quantitativos, mas também qualitativos. Tal informação permite, por exemplo, a detecção e o seguimento de alvos, a determinação de obstáculos, em suma, informações sobre o ambiente envolvido. Assim, não é surpreendente que a comunidade científica tenha vindo a realizar intensos esforços no sentido de prover sistemas automáticos que sejam capazes de executar funções do sistema de visão normalmente encontradas nos sistemas equivalentes dos seres vivos, e em especial no sistema visual humano. A tentativa de implementar tais sistemas pode ser realizada quer ao nível de *software*, quer ao nível de *hardware*. Surge, assim, uma área científica usualmente designada por Processamento e Análise de Imagem. Nesta área, são normalmente consideradas quatro linhas de actuação:

- *melhoramento ou realce de imagens* – de forma a melhorar e realçar subjectivamente certas características de uma dada imagem;
- *restauração de imagens* – para restaurar imagens que tenham sido degradadas na sua qualidade por um qualquer processo;
- *compressão de imagens* – de forma a representar uma imagem original de forma mais simples e portanto mais leve;

- *análise de imagens* – com o objectivo de descrever ou interpretar uma dada imagem ou sequência de imagens.

As três primeiras áreas costumam ser agrupadas na designação de Processamento de Imagem; a última está mais ligada à Análise de Imagem, que por vezes aparece associada à Inteligência Artificial.

Naturalmente que surgem inúmeras situações envolvendo Processamento e Análise de Imagem em que as tarefas anteriores aparecem combinadas e integradas. Um exemplo é um sistema computacional que procure analisar o movimento de estruturas a partir de sequências de imagens. Tal sistema deverá incluir, quase necessariamente, funções de melhoramento das imagens originais (compensação de iluminação, remoção de ruído), de restauração das imagens degradadas geometricamente, de análise das imagens (segmentação, isto é identificação, das estruturas em cada imagem, emparelhamento e seguimento das mesmas ao longo do tempo) e, porventura, pode ser ainda utilizada compressão (para efeitos de arquivo ou de transmissão).

Seguidamente, são indicados alguns exemplos de aplicações de Processamento e Análise de Imagem, nomeadamente em Biomecânica.

2. Exemplos de Aplicações

Na actualidade, emergem cada vez mais aplicações envolvendo Processamento e Análise de Imagem.

Como exemplos de tais aplicações podem ser referidos os seguintes:

- *inspecção industrial* – na Indústria, a qualidade do produto final tem cada vez mais um papel primordial. Como, geralmente, as funções de inspecção visual humana são rotineiras, cansativas, morosas, e como tal originam falhas e erros, surge a necessidade de as automatizar por sistemas computacionais. Desta forma, torna-se primordial prover tais sistemas de “visão”.
- *no guiamento de veículos autónomos* – cada vez mais se pretende substituir operários a cumprir funções árduas e perigosas. Surgem assim veículos, *robots* ou manipuladores que, possuindo sistemas de condução autónoma, se podem mover transportando diferentes tipos de materiais e produtos. Se estes sistemas dispuserem de informação visual, poderão ser mais “inteligentes” e guiar-se de forma mais correcta e segura.
- *compressão de imagens* – quando se pretende armazenar um elevado número de imagens, torna-se essencial diminuir o volume da respectiva informação. Técnicas de compressão de imagem desempenham assim um papel fulcral em inúmeros sistemas de arquivo e comunicação de imagens, em especial com o advento de sistemas multimédia.
- *aplicações médicas* – na Medicina existem cada vez mais imagens de diagnóstico obtidas por diferentes processos e técnicas, como raios-X, ecografia, ressonância magnética, tomografia axial e endoscopia. Tais imagens necessitam de ser processadas no sentido de remover ruído, melhorar algumas características e analisá-las. A análise não é geralmente pretendida com um sentido perfeitamente autónomo mas como um auxiliar importante ao diagnóstico. Assim, não é surpreendente encontrar um elevado número de

aplicações de Processamento e Análise de Imagem em Medicina. De facto, actualmente a área médica é fortemente responsável por grande parte dos desenvolvimentos ocorridos no domínio do Processamento e Análise de Imagem.

- *recuperação de imagens degradadas* – certas imagens são obtidas com uma inevitável deterioração; tal pode ser devido a más condições de iluminação, influência de campos eléctricos e/ou magnéticos, a elevadas distâncias de transmissão, etc. Nestas situações, é necessário realizar uma melhoria da qualidade das imagens.
- *na meteorologia* – pela análise do movimento das nuvens, sistemas de Processamento e Análise de Imagem podem auxiliar em estudos de previsão do estado do tempo.
- *em sistemas de tráfego automóvel* – cada vez mais pretende-se dotar os sistemas de gestão de tráfego automóvel actualmente existentes com sistemas de Processamento e Análise de Imagem. Tal incorporação tem como objectivo tornar a gestão mais flexível, eficiente e rápida.
- *na agricultura* – na análise do crescimento e grau de maturação das plantações, sistemas de Processamento e Análise de Imagem, baseados em imagens de detecção remota, surgem cada vez mais como uma ferramenta bastante útil para análise e controlo.
- *na modelização computacional* – com a evolução dos sistemas computadorizados, quer ao nível de processamento quer ao nível de representação gráfica, e das metodologias de modelização computacional de sistemas cada vez mais complexos, sistemas de Processamento e Análise de Imagem são imprescindíveis na

obtenção da geometria de tais sistemas, bem como na análise e simulação do seu comportamento.

2.1 Em Biomecânica

Um domínio no qual é cada vez mais usual a utilização de técnicas de Processamento e Análise de Imagem é o da Biomecânica. Assim, são facilmente encontrados neste domínio os seguintes exemplos:

- *segmentação* – isto é, a identificação de uma estrutura com interesse representada numa dada imagem. Com tal objectivo, podem ser usadas técnicas baseadas em modelizações geométricas, estatísticas ou físicas para as estruturas, podendo ou não ser usado conhecimento a priori sobre estas, [1]. Por exemplo, em [2] é usada uma modelização geométrica para segmentar faces; já em [3] são usadas modelizações estatísticas para segmentar zonas de pele, mãos e faces. Por outro lado, em [4] é usada uma modelização física para segmentar estruturas em imagens, nomeadamente de pedobarografia dinâmica.
- *reconstrução* – pretende-se neste caso a obtenção da forma 3D de estruturas a partir de imagens. Tal pode ser tanto para estruturas internas como externas. Frequentemente, para as primeiras usam-se metodologias de segmentação de imagem e depois para a geração das malhas geométricas. Já para as estruturas externas usam-se metodologias activas, baseadas em projecção de energia ou na existência de movimento, ou passivas, nas quais não há projecção de energia nem movimento, como em visão estéreo, [5]. Recentemente, com o mesmo objectivo, são usadas metodologias volumétricas baseadas em técnicas de escavação espacial. Por exemplo, em [6] é usado um método volumétrico para a reconstrução de estruturas

anatômicas exteriores, como mãos e torso. Na reconstrução de estruturas a partir de imagens é necessário um procedimento de calibração que determine a transformação estrutura-imagem, tal como é feito em [7]. Em [8], por exemplo, são usadas metodologias de segmentação e de reconstrução para efectuar estudos biomecânicos da fala a partir de imagens de ressonância magnética.

- *emparelhamento e alinhamento* – nestas aplicações pretende-se associar dados entre imagens. Por exemplo, em [9, 10], são emparelhadas estruturas, contornos e superfícies, em imagens de pedobarografia dinâmica. Por outro lado, o alinhamento é a determinação da transformação que melhor mapeia dados entre imagens. A título de exemplo, o alinhamento de estruturas em pedobarografia dinâmica é considerado em [10]

- *análise de movimento* – o seguimento e análise de estruturas ao longo de sequências de imagem é uma tarefa que geralmente envolve segmentação, seguimento, emparelhamento e finalmente análise do movimento seguido, [11]. O seguimento do movimento de estruturas em sequências de imagem é tratado, por exemplo, em [10-12]. Já o seguimento de pessoas em sequências de imagens é considerado em [13-15], e em [16-20] tal seguimento é usado na análise da marcha.

- *em simulação computacional* – na simulação do comportamento biomecânico de estruturas é necessário considerar a geometria das mesmas. Para tal, é frequente usar técnicas de Processamento e Análise de Imagem para obter tais geometrias. Por exemplo, em [21, 22] as geometrias reconstruídas são usadas no estudo biomecânico de órgãos da cavidade pélvica e em

[22] de estruturas do ouvido. A simulação também pode ser usada no sentido de estimar o comportamento de uma estrutura entre dois instantes distintos, [23]. Tal é realizado em imagens de pedobarografia dinâmica em [4, 24].

3. Conclusões

A área do Processamento e Análise de Imagem tem vindo a ter uma importância cada vez maior em diversos domínios de aplicação; apresentando um elevado carácter interdisciplinar, pois engloba métodos e metodologias de outras disciplinas, como a Física, Mecânica, Matemática, Ciências da Computação, Medicina e Psicologia.

Neste resumo, foi brevemente descrita a área do Processamento e Análise de Imagem, sendo indicadas algumas das suas aplicações principais; nomeadamente, em Biomecânica.

A área do Processamento e Análise de Imagem irá seguramente continuar a se desenvolver impulsionada pelas contribuições de outras áreas do conhecimento e às inúmeras aplicações existentes, particularmente em Medicina, Bioengenharia e Biomecânica.

Referências

1. Ma, Z., J.M.R.S. Tavares, and R.N. Jorge, *Segmentation of Structures in Medical Images: Review and a New Computational Framework*, in *CMBBE 2008 - 8th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2008: Porto, Portugal.
2. Carvalho, F.J.S. and J.M.R.S. Tavares, *Eye detection using a deformable template in static images*, in *VIPimage - I ECCOMAS Thematic Conference on Computational Vision and Medical Image Processing*. 2007, Taylor & Francis: Porto, Portugal. p. 209-215.

3. Vasconcelos, M.J.M. and J.M.R.S. Tavares, *Methodologies to Build Automatic Point Distribution Models for Faces Represented in Images*, in *CompIMAGE - Computational Modelling of Objects Represented in Images: Fundamentals, Methods and Applications*. 2006, Taylor & Francis: Coimbra, Portugal. p. 435-440.

4. Gonçalves, P.C.T., J.M.R.S. Tavares, and R.M.N. Jorge, *Segmentation and Simulation of Objects in Pedobarography images using Physical Principles*, in *EUROMEDIA 2008 - The Multimedia Applications Conference*. 2008, EUROSIS: FEUP-University of Porto, Porto, Portugal. p. 109-113.

5. Azevedo, T., J. Tavares, and M. Vaz, *Development of a Computer Platform for Object 3D Reconstruction using Active Vision Techniques*, in *VISAPP 2006 - First International Conference on Computer Vision Theory and Applications*. 2006: Setúbal, Portugal.

6. Azevedo, T.C.S., J.M.R.S. Tavares, and M.A.P. Vaz, *Volumetric Object Reconstruction using Generalized Voxel Coloring*, in *International Workshop on Combinatorial Image Analysis 2008*. 2008: Buffalo State College, Buffalo, NY, USA. p. 135-144.

7. Moura, D.C., et al., *Calibration of bi-planar radiography with a minimal-size calibration object*, in *CARS 2008 - Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2008: Barcelona, Spain

8. Ventura, S.R., D.R. Freitas, and J.M.R.S. Tavares, *Three-dimensional modeling of tongue during speech using MRI data*, in *CMBBE 2008 - 8th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2008: Porto, Portugal.

9. Bastos, L.F. and J.M.R.S. Tavares, *Matching of Objects Nodal Points Improvement using Optimization*. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 2006. **14**(5): p. 529-541.

10. Tavares, J., J. Barbosa, and A. Padilha, *Matching Image Objects in Dynamic Pedobarography*, in *RecPad 2000 - 11th Portuguese Conference on Pattern Recognition*. 2000: Porto, Portugal.

11. Tavares, J.M.R.S., *Análise de Movimento de Corpos Deformáveis usando Visão*

- Computacional*. 2001, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
12. Tavares, J.M.R.S. and L.F. Bastos, *Improvement of Modal Matching Image Objects in Dynamic Pedobarography using Optimization Techniques*. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 2005. **5**(3): p. 1-20.
13. Pinho, R.R., J.M.R.S. Tavares, and M.F.P.V. Correia, *An Improved Management Model for Tracking Missing Features in Computer Vision Long Image Sequences*. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 2007. **4**(1): p. 196-203.
14. Pinho, R.R., J.M.R.S. Tavares, and M.F.V. Correia, *Efficient Approximation of the Mahalanobis Distance for Tracking with the Kalman Filter*. *International Journal of Simulation Modelling*, 2007. **6**(2): p. 84-92.
15. Pinho, R.R., J.M.R.S. Tavares, and M.F.P.V. Correia, *Análise de Movimento Humano por Visão Computacional: Uma Síntese*, in *Encontro, 1, Biomecânica*. 2005: Martinchel, Abrantes, Portugal. p. 279-283.
16. Pinho, R., J. Tavares, and M. Correia, *Human movement tracking and analysis with kalman filtering and global optimization techniques*, in *II International Conference On Computational Bioengineering*. 2005: Lisbon, Portugal.
17. Vasconcelos, M.J.M. and J.M.R.S. Tavares, *Human Motion Analysis: Methodologies and Applications*, in *CMBBE 2008 - 8th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2008: Porto, Portugal.
18. Sousa, D.S.S., et al., *Registration between Data from Visual Sensors and Force Platform in Gait Event Detection*, in *ISHF2007 - The 3rd International Symposium on Measurement Analysis and Modeling of Human Function*. 2007: Cascais, Portugal. p. 331-340.
19. Sousa, D.S.S., et al., *Selecting Biomechanical Variables for Detect Gait Events using Computational Vision*, in *ICCB2007 - III International Congress on Computational Bioengineering*. 2007: Isla de Margarita, Venezuela.
20. Sousa, D.S.S., et al., *Análise Clínica da Marcha Exemplo de Aplicação em Laboratório de Movimento*, in *2º Encontro Nacional de Biomecânica*. 2007: Évora, Portugal. p. 131-136.
21. Alexandre, F., et al., *3D reconstruction of pelvic floor for numerical simulation purpose*, in *VIPimage - I ECCOMAS Thematic Conference on Computational Vision and Medical Image Processing*. 2007, Taylor & Francis: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. p. 359-362.
22. Alexandre, F., et al., *Segmentação e Reconstrução 3D de Estruturas em Imagens Médicas: Comparação entre uma metodologia "automática" e uma outra "manual"*, in *Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia (CMNE) / XXVIII CILAMCE - Congresso Ibero Latino-Americano sobre Métodos Computacionais em Engenharia*. 2007: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. p. 531.
23. Gonçalves, P.C.T., J.M.R.S. Tavares, and R.N. Jorge, *Segmentation of objects in images using physical principles*, in *VIPimage - I ECCOMAS Thematic Conference on Computational Vision and Medical Image Processing*. 2007, Taylor & Francis: Porto, Portugal. p. 329-334.
24. Pinho, R. and J. Tavares, *Dynamic Pedobarography Transitional Objects by Lagrange's Equation with FEM, Modal Matching and Optimization Techniques*, in *ICIAR 2004 - International Conference on Image Analysis and Recognition*. 2004, Springer: Porto, Portugal. p. 92-99.