

SIDNEI ALVES DE ARAÚJO

**CASAMENTO DE PADRÕES EM IMAGENS DIGITAIS LIVRE DE
SEGMENTAÇÃO E INVARIANTE SOB TRANSFORMAÇÕES DE
SIMILARIDADE**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

São Paulo
2009

SIDNEI ALVES DE ARAÚJO

**CASAMENTO DE PADRÕES EM IMAGENS DIGITAIS LIVRE DE
SEGMENTAÇÃO E INVARIANTE SOB TRANSFORMAÇÕES DE
SIMILARIDADE**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Sistemas Eletrônicos

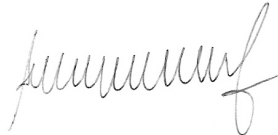
Orientador: Prof. Livre-Docente
Hae Yong Kim

São Paulo
2009

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 18 de novembro de 2009.

Assinatura do autor



Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Araújo, Sidnei Alves de

Casamento de padrões em imagens digitais livre de segmentação e invariante sob transformações de similaridade / S.A. de Araújo. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009.

142 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

**1. Processamento digital de imagens 2. Visão computacional
3. Reconhecimento de padrões I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II. t.**

DEDICATÓRIA

À minha esposa Célia, por todo amor, companheirismo, incentivo e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar meu caminho e me dar forças, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Hae Yong Kim, meu orientador, pela receptividade, paciência e por todo o apoio e incentivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À minha esposa Célia, meus amados filhos Nicole e Henry e enteadas Giovanna e Pietra pelos diversos momentos de suas vidas sacrificados com minha ausência.

Aos meus pais, Nelcina e João, pelo incentivo a continuidade dos estudos até a chegada a este doutorado, orientação e amor durante toda a vida.

Às minhas irmãs Inês, Marinez, Andréia, Valéria e Simone pelo apoio e incentivo.

Aos meus queridos amigos Dr. André Felipe H. Librantz e Ms. Cristina Koyama pela amizade, compreensão e pela preciosa ajuda nas revisões de textos e idéias que foram importantes para o refinamento deste trabalho.

À amiga Ms. Rosane Beatriz Oliveira Severo pelo incentivo e apoio, essenciais para meu ingresso no programa de doutorado.

Aos colegas do Laboratório de Processamento de Sinais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pela convivência agradável e enriquecedora e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos amigos da Universidade Nove de Julho, em especial ao Dr. Marcos Alberto Bussab e ao Dr. Cleber Gustavo Dias.

Aos amigos Arildo, Assis, Edite, Valmir, Ronaldo, Roni, Betinho, Rafael, Ivanildo, Paulo, Tita, Junior e Toni pelos momentos de descontração.

Aos amigos Dr. José Fusari e Dra. Mariazinha Fusari (in memoriam), que sempre me incentivaram a dar continuidade nos estudos.

Aos membros da banca pelas importantes contribuições para a finalização deste trabalho.

A todos que por ventura eu tenha esquecido de mencionar, mas nem por isso são menos importantes!

"A educação faz um povo fácil de ser liderado, mas difícil de ser dirigido; fácil de ser governado, mas impossível de ser escravizado."

Henry Peter

RESUMO

Reconhecimento de padrões em imagens é um problema clássico da área de visão computacional e consiste em detectar um padrão ou objeto de referência (*template*) em uma imagem digital. A maioria dos métodos para esta finalidade propostos na literatura simplifica as imagens por meio de operações como binarização, segmentação e detecção de bordas ou pontos de contorno, para em seguida extrair um conjunto de atributos descritores. O problema é que esta simplificação pode descartar informações importantes para descrição dos padrões, fazendo diminuir a robustez do processo de detecção. Um método eficiente deve ter a habilidade de identificar um padrão sujeito a algumas transformações geométricas como rotação, escalonamento, translação, cisalhamento e, no caso de métodos para imagens coloridas, deve ainda tratar do problema da constância da cor. Além disso, o conjunto de atributos que descrevem um padrão deve ser pequeno o suficiente para viabilizar o desenvolvimento de aplicações práticas como um sistema de visão robótica ou um sistema de vigilância. Estes são alguns dos motivos que justificam os esforços empreendidos nos inúmeros trabalhos desta natureza encontrados na literatura. Neste trabalho é proposto um método de casamento de padrões em imagens digitais, denominado Ciratefi (*Circular, Radial and Template-Matching Filter*), livre de segmentação e invariante sob transformações de similaridade, brilho e contraste. O Ciratefi consiste de três etapas de filtragem que sucessivamente descartam pontos na imagem analisada que não correspondem ao padrão procurado. Também foram propostas duas extensões do Ciratefi, uma que utiliza operadores morfológicos na extração dos atributos descritores, denominada Ciratefi Morfológico e outra para imagens coloridas chamada de color Ciratefi. Foram realizados vários experimentos com o intuito de comparar o desempenho do método proposto com dois dos principais métodos encontrados na literatura. Os resultados experimentais mostram que o desempenho do Ciratefi é superior ao desempenho dos métodos empregados na análise comparativa.

Palavras-chave: Visão computacional. Casamento de padrões. Reconhecimento de objetos. Transformações de similaridade. Invariância de cores.

ABSTRACT

Pattern recognition in images is a classical problem in computer vision. It consists in detecting some reference pattern or template in a digital image. Most of the existing pattern recognition techniques usually apply simplifications like binarization, segmentation, interest points or edges detection before extracting features from images. Unfortunately, these simplification operations can discard rich grayscale information used to describe the patterns, decreasing the robustness of the detection process. An efficient method should be able to identify a pattern subject to some geometric transformations such as translation, scale, rotation, shearing and, in the case of color images, should deal with the color constancy problem. In addition, the set of features that describe a pattern should be sufficiently small to make feasible practical applications such as robot vision or surveillance system. These are some of the reasons that justify the effort for development of many works of this nature found in the literature. In this work we propose a segmentation-free template matching method named Ciratefi (*Circular, Radial and Template-Matching Filter*) that is invariant to rotation, scale, translation, brightness and contrast. Ciratefi consists of three cascaded filters that successively exclude pixels that have no chance of matching the template from further processing. Also we propose two extensions of Ciratefi, one using the mathematical morphology approach to extract the descriptors named Morphological Ciratefi and another to deal with color images named Color Ciratefi. We conducted various experiments aiming to compare the performance of the proposed method with two other methods found in the literature. The experimental results show that Ciratefi outperforms the methods used in the comparison analysis.

Keywords: Computer vision. Template Matching. Object recognition. Similarity transformations. Color invariance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Exemplo de casamento de padrões em imagens.....	41
Figura 2.2 – Etapas de um sistema de visão computacional típico.	42
Figura 2.3 – Processo de reconhecimento de padrões em imagens digitais.....	47
Figura 2.4 – Matriz de confusão ou tabela de contingência.	49
Figura 3.1 – Correspondência de pontos, feita por SIFT, entre duas imagens.	51
Figura 3.2 – Esquema de funcionamento do processo de detecção dos pontos candidatos.....	53
Figura 3.3 – Resultado do processo de detecção do padrão sapo por SIFT. A instância com contraste invertido não foi detectada.....	54
Figura 3.4 – Resultado do processo de detecção do padrão sapo por EasyMatch...	55
Figura 3.5 – Tela do EasyMatch para leitura da imagem T e extração de seus atributos.....	56
Figura 3.6 – Tela do EasyMatch para leitura da imagem A e inserção dos parâmetros utilizados pelo algoritmo de casamento de padrões.....	57
Figura 3.7 – Resultados numéricos do processo de detecção do padrão sapo por EasyMatch.....	57
Figura 4.1 – Processo de detecção do padrão sapo pelo algoritmo de força bruta...	62
Figura 4.2 – Filtragem por Cifi.....	66
Figura 4.3 – Filtragem por Rafi.....	68
Figura 4.4 – Resultado da detecção por Ciratefi. Os objetos detectados estão marcados com um “X” vermelho.	69
Figura 4.5 – Esquema de funcionamento das três etapas de filtragem do Ciratefi. ..	70
Figura 4.6 – Matriz multi-escala C_T com 6 linhas (escalas) e 13 colunas (círculos)..	71
Figura 4.7 – Esquema de funcionamento das três etapas de filtragem do Ciratefi morfológico.....	78

Figura 4.8 – Imagens da mesma cena sob diferentes condições de iluminação.....	80
Figura 4.9 – Imagens do mesmo objeto adquiridas sob diferentes ângulos de iluminação.	80
Figura 4.10 – Representação gráfica do espaço de cores CIELAB.	85
Figura 5.1 – Padrões a serem procurados nas imagens do conjunto I. Cada imagem tem 51×51 pixels.	90
Figura 5.2 – Resultados da detecção das instâncias dos 5 padrões por Ciratefi.	91
Figura 5.3 – Resultados da detecção do símbolo do McDonald’s por Ciratefi.	93
Figura 5.4 – Resultado da detecção do prédio em forma de “H”, em uma imagem de sensoriamento remoto, por Ciratefi.	94
Figura 5.5 – Os 12 Padrões a serem detectados nas 30 imagens do conjunto IV. Cada padrão tem 71×71 pixels.	95
Figura 5.6 – Resultados da detecção dos padrões em imagens do conjunto IV.....	96
Figura 5.7 – Imagens resultantes da primeira filtragem com os pixels candidatos em magenta	103
Figura 5.8 – Imagens resultantes da segunda filtragem com os pixels candidatos em magenta	104
Figura 5.9 – Resultado do processo de detecção do padrão cachorro por SIFT. ...	107
Figura 5.10 – Pontos chave extraídos por SIFT de imagens dos conjuntos I e III.	110
Figura 5.11 – Resultados da detecção de padrões por SIFT em imagens dos conjuntos II e III.	112
Figura 5.12 – Resultados da detecção de padrões por EasyMatch em imagens dos conjuntos I, II e III.	114
Figura 5.13 – Exemplos de imagens da base utilizada nos experimentos com color Ciratefi.	119
Figura 5.14 – Gráfico ilustrando a taxa de acertos do color Ciratefi para cada um dos subconjuntos de imagens, considerando diferentes pares de δ e η	121
Figura 5.15 – Quantidade de pontos chave extraídos por color SIFT de imagens do conjunto bike, gradualmente afetadas por borramento.	123

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

