FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Visão por Computador

2017/2018

Trabalho Prático Nº3

Deteção e Cantos e Deteção de retas e circunferências utilizando transformada de Hough

Eduardo Filipe da Fonseca Rodrigues
2007105369

Parte 1: *Deteção de cantos*

No trabalho prático nº2 foi calculado o gradiente de tons de cinza numa imagem de modo a detetar arestas, sendo estas indicadas por uma variação rápida dos tons de cinza, ou seja, uma derivada acentuada.

Utilizando o mesmo conceito, podemos também detetar cantos. Sabendo que uma aresta é caracterizada por um gradiente acentuado numa certa orientação (perpendicular à orientação da aresta), um canto pode ser caracterizado por uma área de uma imagem onde o gradiente tem duas orientações distintas.

Para calcular então os cantos numa imagem, teremos então de calcular o gradiente desta. Para tal foi utilizado um filtro de *Sobel* utilizando a função *imgradientxy(Imagem, 'sobel').*

Tendo o gradiente calculado, foi definida uma vizinhança para cada pixel de NxN pixéis, sendo 'N' um valor ímpar. Utilizando os valores de gradiente da vizinhança é calculada a matriz C definida por

$$C = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix}$$

onde I_x e I_y são os valores do gradiente calculado nos pontos pertencentes à vizinhança NxN definida anteriormente.

Sendo a matriz C simétrica, pode então calcular-se os valores próprios, utilizando a função *eig(C)*, obtendo uma matriz diagonal

$$C = \begin{vmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{vmatrix}$$

Utilizando os valores próprios λ_1 e λ_2 pode-se então estudar o comportamento do gradiente da imagem na vizinhança, sendo assim possível detetar cantos.

Para tal, é escolhido o menor de ambos os valores próprios e estudado o seu valor. Para melhor esclarecimento, é definido como $\lambda_1 > \lambda_2$. Se $\lambda_2 = 0$, então estamos perante uma zona onde não há variação de tons de cinza ($\lambda_1 = 0$) ou uma zona onde está presente uma aresta ($\lambda_1 > 0$). Se $\lambda_2 > 0$, estamos então numa zona onde o gradiente tem dois sentidos, ou seja, um possível canto.

Como a imagem utilizada "chess_2.png" não é sintética, aproximadamente todos os pixéis foram detetados como sendo cantos, sendo então necessário a utilização de um valor limiar para reduzir a deteção a cantos reais e não produzidos por ruído na imagem.

2)

Para definir um bom valor para o limiar de deteção, foi originalmente utilizado o valor 0, no entanto, no histograma gerado apenas se conseguia observar o valor máximo de aproximadamente 500000. Utilizando o valor médio dos valores medidos (aprox. 1000), foi então selecionado o valor 2000 como limiar, sendo obtido o seguinte histograma

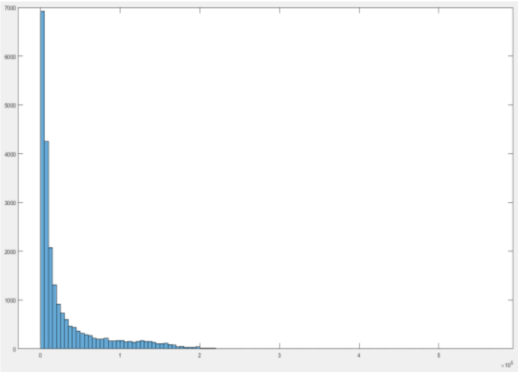


Figura 2 – Histograma com valor limiar 2000

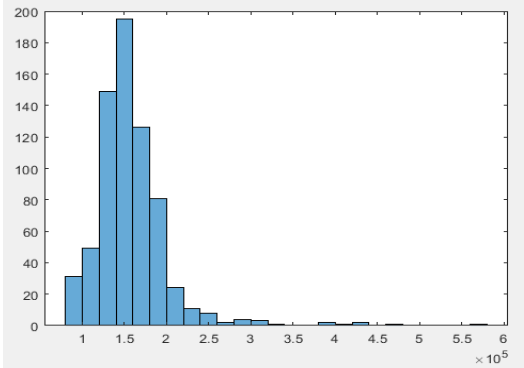


Figura 1 – Histograma com valor limiar 100000

Após observação do histograma, foi então decidido utilizar como limiar o valor 100000. Sendo assim possível detetar os cantos com maior precisão.

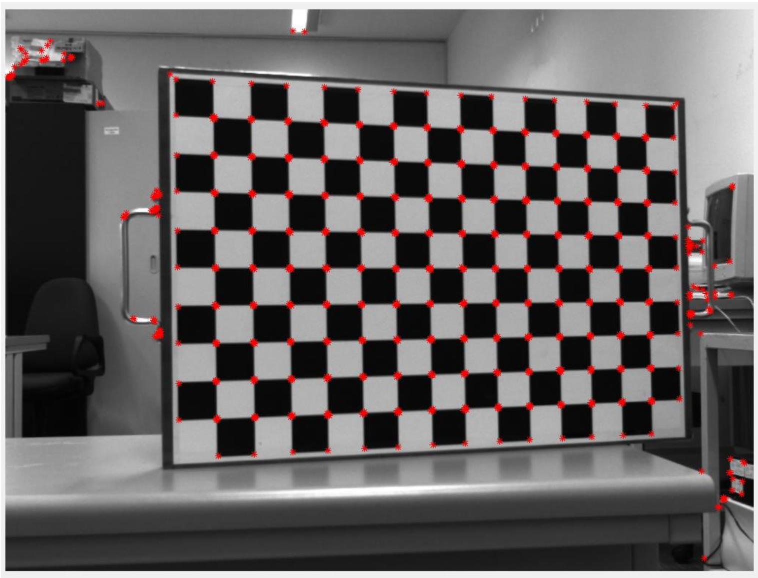


Figura 3 – Cantos detetados

3)

Para estudar o efeito do tamanho da janela utilizada pelo algoritmo, foi gerada uma imagem com um padrão xadrez com quadrados de 10x10 pixéis

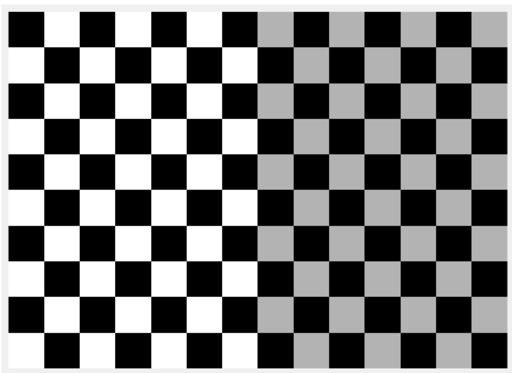


Figura 4 - imagem sintética utilizada

Foi então aplicado a esta imagem o algoritmo com o valor limiar 20, sendo uma imagem sintética, não possui ruído que possa provocar erros na deteção dos cantos, e uma janela 3x3 e de novo com uma janela 5x5.

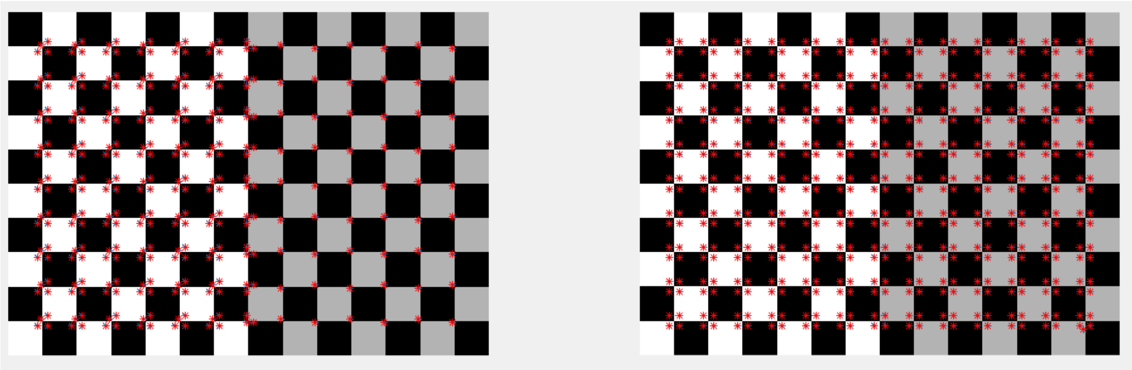


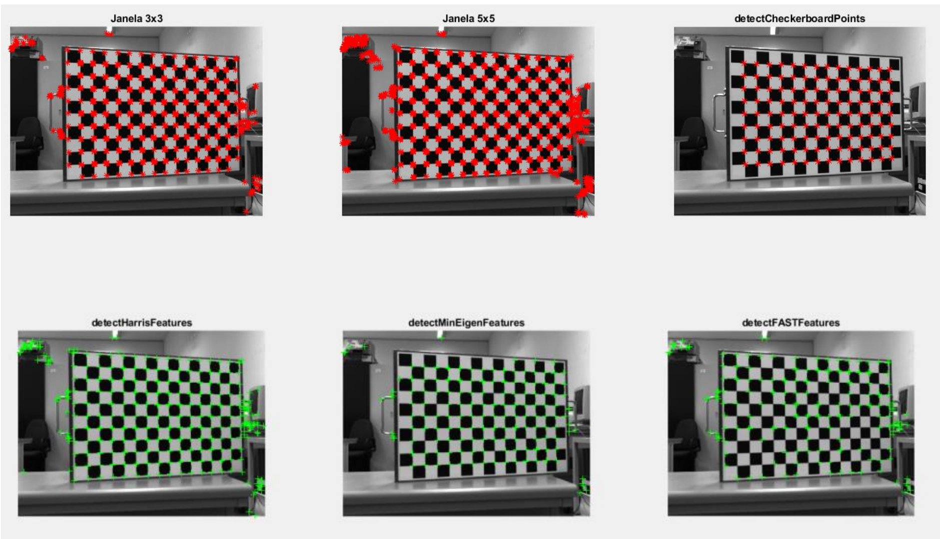
Figura 5 - Comparação de algoritmo de deteção de cantos com janelas 3x3 (esquerda) e 5x5 (direita)

Como se pode comprovar, o algoritmo deteta todos os cantos. No entanto, com uma janela 3x3, o algoritmo tem maior dificuldade a detetar cantos quando o fundo é cinza. Tal pode ser explicado com o funcionamento do algoritmo. Como é utilizado o gradiente da imagem para determinar a posição dos cantos, quando os valores de cinza dos pixéis são aproximados, o gradiente terá um menor módulo, o que por sua vez irá reduzir os valores calculado na matriz C, reduzindo os seus valores próprios, podendo inclusivamente descer abaixo do valor definido como limiar e deixando de ser detetados como canto.

Este efeito deixa de se verificar aumentando o tamanho da janela para 5x5.

4)

Utilizando de novo a imagem "chess_2.png", foram testadas as funções *detectCheckerboardPoints, detectHarrisFeatures, detectMinEigenFeatures, detectFASTFeatures* e o algoritmo escrito com janelas 3x3 e 5x5.



Parte 2: *Deteção de retas e circunferências*

Uma forma geométrica simples pode ser definida através da sua equação matemática. No caso de uma reta, todos os pontos pertencentes obedecem à equação $y = mx + b$, sendo m o valor do declive da reta b o valor da abcissa quando $x = 0$ e x e y variáveis. No entanto, para verificar a existência de uma reta, teria de ser verificado a existência de todos os pontos numa vizinhança para cada valor de m e b, para cada possível reta. Outra possibilidade é então reescrever a equação da reta segundo a forma $\rho = x.cos\theta + y.sin\theta$, sendo desta forma possível representar uma reta através da sua distância à origem (ρ) e do ângulo que esta faz com o eixo ox (θ).

Utilizando então uma representação RhoxTheta, uma reta é representada como o ponto (ρ, θ).

Para detetar retas utilizando a transformada de Hough numa imagem previamente tratada com um filtro *Canny*, foi então aplicado o seguinte algoritmo:

1- Criar uma matriz de acumulação A com dimensões ρxθ
2- Para cada pixel detetado na imagem:
   a. Definir um valor θ_i
   b. Calcular ρ_i equivalente
   c. Incrementar A na posição (ρ_i, θ_i)
3- Calcular os máximos locais de A
4- Calcular valores de m e b correspondentes aos valores ρ e θ dos máximos locais através da equações $m = -\frac{1}{\tan\theta}$ e $b = \frac{\rho}{\sin\theta}$
5- Devolver valores calculados e matriz de acumulação

Deste modo, para cada ponto pertencente a uma aresta, teremos calculado todas as possíveis retas que poderiam passar nesse ponto e guardado os seus valores na matriz A.

Ao aplicar este processo a um segundo pixel pertencente a uma reta, um dos dupletos (ρ_j, θ_j) calculado, será idêntico ao calculado noutro ponto, tornando o valor nessa coordenada de A superior aos restantes.

Para testar o algoritmo foi utilizada a imagem "lines_circles_2.jpg", onde foi aplicado um filtro *Canny* como método de binarização da imagem.

Após ser aplicado o algoritmo, foram encontradas as seguintes retas

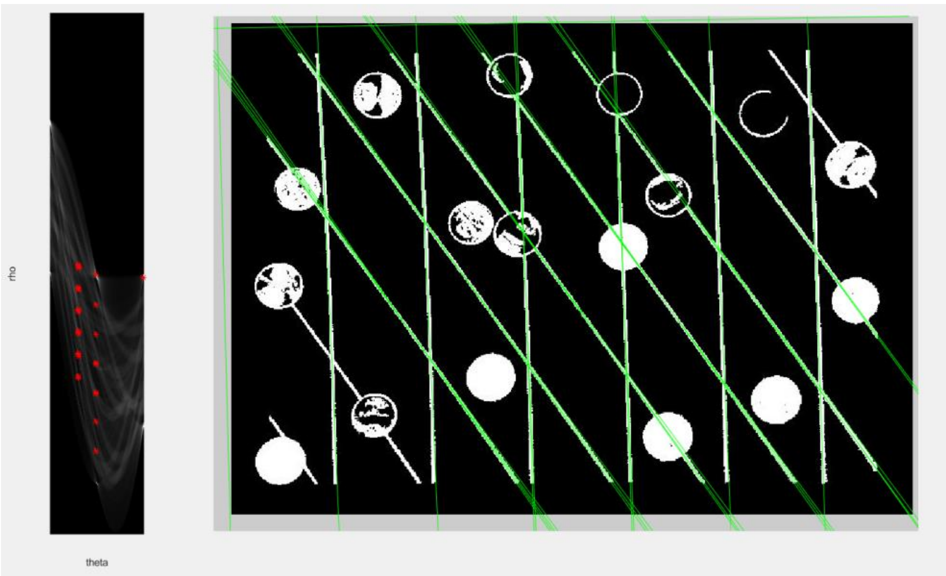


Figura 6 - Matriz de acumulação e retas detetadas

Do mesmo modo, pode então procurar por circunferências na imagem. Utilizando como equação de parametrização

$$\begin{cases} x = r \times cos\theta \\ y = r \times \sin\theta \end{cases}$$

poderemos então definir o seguinte algoritmo para deteção de circunferências:

1- Ordenar as coordenadas de todos os pontos detetados pelo filtro *Canny* um vetor coluna
2- Criar uma matriz “x” tridimensional repetindo esse vector, obtendo uma matriz de dimensões $p_n \times \theta \times r$
3- Criar uma nova matriz “x_radius” com o mesmo tamanho da anterior, calculando para cada elemento as suas coordenadas através das equações de parametrização definidas anteriormente
4- Subtrair à matriz “x” a matriz “x_radius”, obtendo assim uma matriz “possibleCentersA” de possíveis centros. Onde em cada elemento da matriz está representada a posição do centro de uma circunferência que teria representado naquela posição da imagem um ponto a ela pertencente
5- Criar uma matriz de acumulação A de dimenções $l \times h \times r$ onde l e h serão as dimensões da imagem e r a gama de raios para a qual estamos a procurar circunferências
6- Retirar da matriz “possibleCentersA” os valores exteriores à imagem. (Serão apenas consideradas as circunferências cujo centro possa ser representado na imagem)
7- Para cada elemento de “possibleCentersA”, incrementar o valor da matriz de acumulação nas coordenadas (a_i, b_i, r_i), onde a_i e b_i são as coordenadas no centro da circunferência e r_i o seu raio
8- Calcular os máximos locais de A
9- Devolver as coordenadas dos máximos locais

Deste modo, de forma análoga ou algoritmo para deteção de retas, pontos pertencentes a uma circunferência, terão as coordenadas do seu centro e o raio em comum entre si, provocando o valor superior nessa coordenada da matriz A.

Utilizando o algoritmo na mesma imagem utilizada para a deteção de retas, foi obtida a seguinte matriz de acumulação e as seguintes circunferências

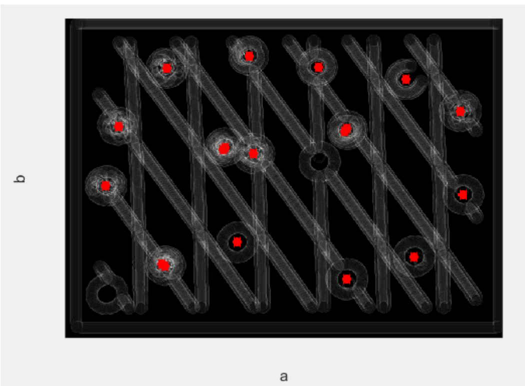


Figura 7 - matriz de acumulação

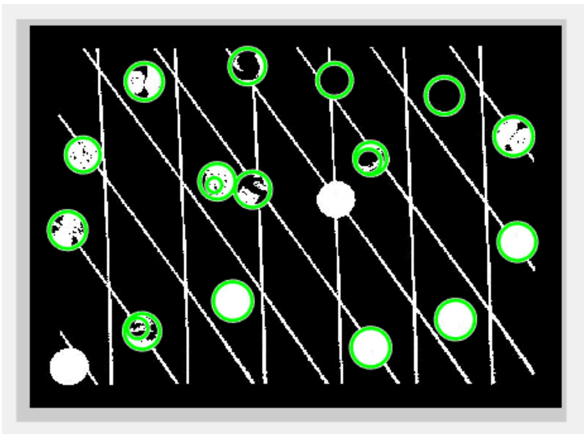


Figura 8 - circunferências detetadas