

PROJETO FINAL - SISTEMA DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA FUTEBOL DE ROBÔS

SAMUEL VENZI LIMA MONTEIRO DE OLIVEIRA
14/0162241*, MANOEL VIEIRA COELHO NETO
14/0152512†

Emails: samuel.venzi@me.com, vieiranetoc@gmail.com

1 Abstract

Visando melhorar os resultados da equipe de competição de futebol de robôs *UnBall*, um sistema completo de visão computacional foi desenvolvido com o objetivo de fazer a detecção automática do campo, dos respectivos robôs de cada time e da bola. Trabalhos anteriores da equipe foram utilizados como base para desenvolver a lógica do sistema e além disso, a partir da revisão bibliográfica, diversas técnicas de segmentação e identificação já desenvolvidas foram adotadas. O sistema foi desenvolvido com base no processamento de imagens em OpenCV utilizando C++. Uma base de dados para testes foi criada e parte dela utilizada para as devidas calibrações do algoritmo. Os testes foram bem sucedidos em achar todos os elementos propostos com precisão sob condições de luz esperadas. A partir desse trabalho, pode-se, no futuro, aprimorar o sistema, adaptá-lo e otimizá-lo para outras competições.

2 Introdução

Este trabalho foi realizado utilizando como base as necessidades da equipe *UnBall*, que compete na categoria IEEE Very Small Size de futebol de robôs. A categoria é disputada no Brasil desde 2003, e nela seis robôs, três de cada time, disputam a partida. As principais regras dizem que os robôs devem ser controlados remotamente por um computador que processa a imagem de uma câmera posicionada acima do campo. O principal objetivo das competições de robótica é desenvolver a tecnologia necessária para que em 2050, seja possível disputar um jogo contra humanos. Esse trabalho tratará do desenvolvimento do sistema de visão. Este não será somente útil a curto-prazo, para a competição, será útil para trabalhos futuros já que muitas técnicas e lógicas utilizadas aqui podem ser reaproveitadas para outras finalidades.

A visão computacional é parte fundamental da competição pois a estratégia de jogo depende das saídas do algoritmo da visão, como a posição dos robôs e da bola. A *UnBall*, anteriormente, já havia desenvolvido um sistema utilizando o Kinect, porém a falta de poder computacional para se trabalhar com imagens com profundidade

atrapalhou o funcionamento do algoritmo. Esse trabalho, utiliza diversas técnicas para realizar toda a detecção dos elementos de interesse.

O estudo de métodos a aplicação no sistema se mostrou importante, apesar de não ter sido profundo. Técnicas como a criada por John F. Canny para detecção de bordas e o cálculo de histogramas foram adotadas como base para o algoritmo elaborado. Essas técnicas foram utilizadas com o objetivo de extrair as posições dos seis robôs presentes na partida além da bola e do campo.

A técnica de Canny se baseia nas variações de intensidades da imagem, onde variações abruptas, que são quantificadas por meio de derivadas da imagem, são consideradas bordas. O filtro de Canny apresenta uma boa precisão, boa detecção e sua característica de resposta mínima elimina ambiguidade na marcação das bordas.

Um filtro Gaussiano é aplicado para eliminar parte do ruído. Um exemplo de *kernel* Gaussiano de tamanho 5:

$$K = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

Após isso, duas máscaras de convolução para achar o gradiente de intensidade são aplicadas na imagem para as direções x e y . Então os pontos que não são considerados partes de uma borda são removidos. A partir de outros dois parâmetros de limiar, os pixels são aceitos ou não como bordas.

Para análises de cor, a imagem no sistema de cores HSV (*Hue*, *Saturation* e *Value*) é indicada por sua robustez em diferentes níveis de luminosidade. No sistema HSV, diferentemente do sistema RGB, a saturação não afeta todos os canais uniformemente, tornando fácil identificar cores pela matiz (*hue*).

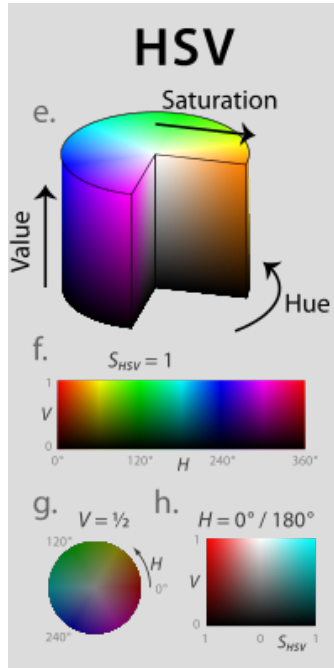


Figure 1: Sistema HSV

3 Metodologia

3.1 Materiais

Todo o desenvolvimento aconteceu com a utilização do OpenCV e com a linguagem C++. A base de dados foi criada especificamente para esse trabalho, com vídeos gravados de cima de um campo contendo seis robôs e uma bola.

3.2 Detecção do campo

O primeiro passo do desenvolvimento é realizar a detecção do campo, pois assim é possível criar uma região de interesse para posteriormente detectar os robôs e as bolas. Cada *frame* de imagem durante o início da transmissão do vídeo foi convertido em uma imagem HSV e usado apenas seu canal V, que se aproxima da imagem RGB em escala de cinza, mas com menos presença de ruídos e com valores de intensidade mais significativos. Então aplica-se um filtro de Canny para detecção de bordas com o objetivo de identificar as linhas que demarcam o campo. O filtro de Canny retorna uma imagem binária com as principais bordas encontradas na imagem, e dois parâmetros de *thresh* permitem controlar os limites encontrados. À imagem binarizada é aplicada a função *findContours()* que por sua vez extrai os conjuntos de pontos que formam um contorno, em cima deste retorno é feito o tratamento de forma que apenas o maior contorno seja extraído, uma vez que este é o dado de interesse nesta etapa.

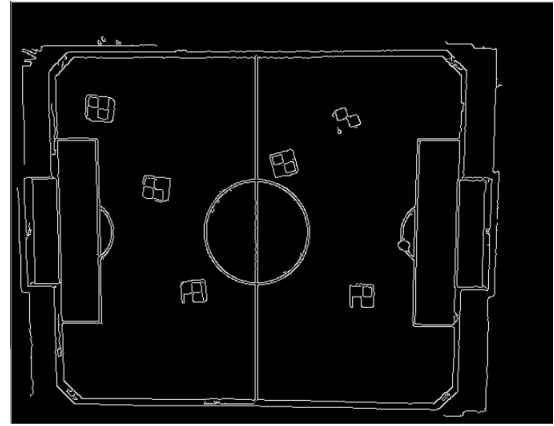


Figure 2: Imagem após a aplicação de Canny



Figure 3: Detecção do campo

3.3 Detecção dos robôs

Na etapa seguinte continua-se a aplicar o filtro de Canny no canal V da imagem convertida em HSV, mas com os contornos obtidos na etapa anterior subtraídos do resultado da segmentação de bordas. Tem-se assim apenas uma imagem binária com os robôs e alguns erros decorrentes do desenho não tão preciso do contorno do campo, mas por formarem linhas e não *blobs* podem ser descartados no tratamento da imagem. Tais *blobs* são considerados robôs e ajusta-se por meio de *trackbar* qual a área mínima para que um *blob* seja considerado um robô. É feito também tratamento de forma a desconsiderar retângulos com a proporção maior que 1:3 ou 3:1, uma vez que os robôs tendem a formar retângulos de razão entre os lados de aproximadamente 1. Por fim, para que fique melhor definidos os blobs finais, aplica-se uma erosão na imagem binarizada final usando um kernel 2x2.

3.4 Detecção da bola

A segmentação da bola é feita de maneira distinta dos robôs, por sua cor ser singular no sistema de visão e assim não aproximar-se das outras cores presentes ou possíveis é viável que se faça segmentação por cor nos *frames* de entrada, para que, as-

sim, a bola seja extraída dos outros elementos da imagem. O primeiro passo para isso é que se converta o *frame* RGB da entrada para o canal HSV, de forma a amenizar a contribuição da luminosidade do ambiente na segmentação. A próxima etapa consiste em ajustar os valores dos canais H, S e V para que apenas a variação da cor laranja da bola esteja presente na imagem segmentada. Com os valores dos canais desejados, aplica-se a função *inrange* resultando numa imagem com apenas um ponto branco referente ao elemento. É importante ressaltar que as duas segmentações são feitas separadamente em instâncias distintas - a segmentação dos robôs não afeta a segmentação da bola-.

4 Resultados

Os resultados apresentados nesta seção mostram a precisão e robustez do algoritmo, onde a taxa de F. Measure foi maior que 0.90 numa escala de 0 a 1. Havendo poucos frames onde o sistema não foi capaz de identificar o robô como um robô (falso negativo) ou a bola como um *blob* de robô (falso positivo), foram contabilizados também frames em que uma mão aparecia no campo e era entendida como um robô pelo sistema, mesmo que tal situação durante um jogo da competição seja improvável, foi computada. Abaixo é possível ver a curva normal dos dados coletados do vídeo de entrada.

A média dos valores de F. Measure foi igual

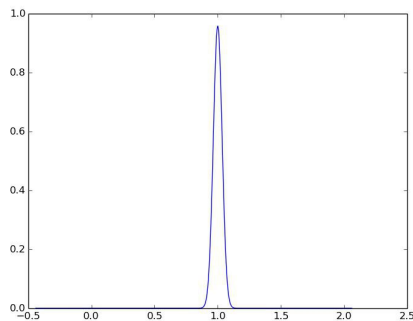


Figure 4: Gráfico normal

a 0.94, com desvio padrão entre as sucessivas medidas igual a 0.04, pode-se observar a alta taxa de precisão e o baixo índice de variação entre as diferentes medidas. Foi possível observar também que a discrepância entre o centro real dos elementos (robôs e bola) e o centro identificado pelo algoritmo foi suficientemente pequeno para que fosse desconsiderado o erro entre essas duas medidas. Abaixo é possível observar o resultado final do algoritmo identificando todos os elementos de interesse sobre a imagem de entrada em RGB do frame da câmera.

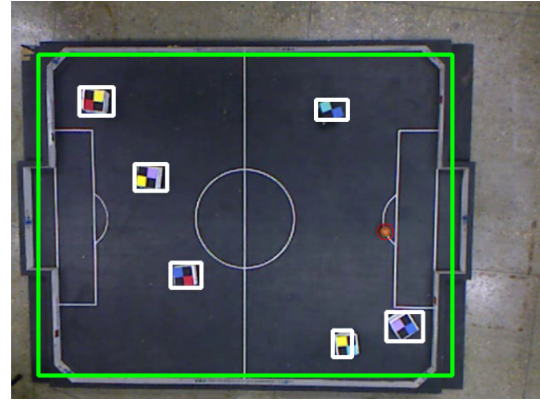


Figure 5: Detecção dos robôs e da bola

5 Discussão e Conclusões

O sistema desenvolvido está robusto e eficiente. Os resultados mostram um sistema completamente funcional que será incluído ao algoritmo geral da equipe para trabalho junto com a estratégia de jogo. Futuramente, será adicionado ao sistema a capacidade de identificar os times automaticamente a partir das camisas dos robôs.