

Detecção e cálculo de cédulas de Real em imagens digitalizadas

Rafael da Silva Macêdo, Reinildo Souza da Silva

Engenharia de Computação – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana – BA – Brasil

3011rafael@gmail.com, reinildo@live.com

Abstract. *This article describes the implementation of system for detecting and calculating Brazilian Real bills using the concepts and algorithms of Visual Computing. The program described here must be able to perform image acquisition, recognition of all money bills in the input image, and identification of the respective and individual value for each bill. In addition, at the end, the system must prompt the total value of all identified bills.*

Resumo. *O objetivo deste relatório é descrever a implementação de um sistema de detecção e cálculo de cédulas de Real utilizando conceitos e algoritmos de Computação Visual. O processo deve ser capaz de realizar a aquisição da imagem, reconhecimento de todas as cédulas existentes na imagem de entrada e identificação do respectivo valor individual de cada cédula. Além disso, ao final, o sistema deve informar o valor total da soma de todas as cédulas identificadas.*

1. Introdução

Atualmente, a computação visual está presente em diversos equipamentos. Soluções de computação visual são aplicadas em caixas eletrônicos bancários, em cinemas, na medicina para análise de exames como radiografia, tomografia e ultra-som, entre outros. Além destes, é possível encontrar técnicas desta área em outros equipamentos, como, por exemplo, máquinas de vendas. Essas máquinas de vendas, que são postas, geralmente, em locais públicos, como aeroportos, terminais rodoviários, *shoppings*, entre outros, são capazes de capturar cédulas de dinheiro e realizar a identificação automática de seus valores. Essas máquinas automáticas de vendas, possivelmente, realizam a identificação das cédulas com a utilização de técnicas da computação visual.

Analisando as inúmeras possibilidades do uso da computação visual no dia-a-dia das pessoas, foi idealizada a construção de um sistema capaz de reconhecer cédulas de real em uma imagem digitalizada e, a partir dos resultados parciais, identificar os respectivos valores. Este sistema foi idealizado justamente pela possibilidade da

simulação de uma máquina de vendas que é totalmente capaz de identificar as cédulas sem o auxílio de um ser humano.

Este relatório descreve o processo de implementação de um sistema capaz de reconhecer cédulas de real e identificar os seus respectivos valores. Além disso, ao final da execução, o sistema apresenta ao usuário o valor total da soma de todas as cédulas existentes na imagem digital de entrada. Este relatório está dividido em três seções além da introdução, as quais são: (1) Referencial teórico, (2) Resultados e Discussões e (3) Conclusões.

2. Referencial teórico

2.1. Laplaciano de Gaussiano

O filtro Laplaciano é uma medida isotrópica 2D da 2ª derivada espacial de uma imagem. O laplaciano de uma imagem destaca regiões de rápida mudança de intensidade e, portanto, é frequentemente usado para detecção de borda. O Laplaciano é frequentemente aplicado a uma imagem que primeiro foi suavizada com algo que se aproxima de um Filtro de Suavização Gaussiano para reduzir sua sensibilidade ao ruído e, portanto, as duas variantes serão descritas aqui. O operador normalmente leva uma única imagem de nível de cinza como entrada e produz outra imagem de nível de cinza como saída.

2.2. Detecção de Borda

A detecção de borda inclui uma variedade de métodos matemáticos que visam identificar pontos em uma imagem digital na qual o brilho da imagem muda bruscamente ou, de forma mais formal, tem descontinuidades. Os pontos nos quais o brilho da imagem muda bruscamente são normalmente organizados em um conjunto de segmentos de linha curvos designados bordas. O mesmo problema de encontrar descontinuidades em sinais unidimensionais é conhecido como detecção de etapas e o problema de encontrar descontinuidades de sinal ao longo do tempo é conhecido como detecção de mudanças. A detecção de bordas é uma ferramenta fundamental no processamento de imagens, visão mecânica e visão computacional, particularmente nas áreas de detecção de recursos e extração de recursos [Umbugh, 2010].

2.3. Canny

[Canny] utiliza um algoritmo multi-estágios para detectar uma ampla margem de bordas na imagem. A detecção de borda Canny é uma técnica para extrair informações estruturais úteis de diferentes objetos de visão e reduzir drasticamente a quantidade de dados a serem processados. Tem sido amplamente aplicado em vários sistemas de visão computacional. Canny descobriu que os requisitos para a aplicação da detecção de bordas em diversos sistemas de visão são relativamente semelhantes. Assim, uma solução de detecção de borda para atender a esses requisitos pode ser implementada em uma ampla gama de situações. Os critérios gerais para a detecção de bordas incluem:

- Detecção de borda com baixa taxa de erro, o que significa que a detecção deve capturar com precisão tantas bordas mostradas na imagem quanto possível;

- O ponto de borda detectado pelo operador deve localizar-se com precisão no centro da borda.
- Uma vantagem dada na imagem deve ser marcada apenas uma vez e, quando possível, o ruído da imagem não deve criar bordas falsas.

2.4. Modelos de cores

Modelos de cores são importantes para facilitar a especificação de determinada cor a partir de algum padrão comum. Os principais modelos de cores são: RGB, CMY e CMYK, HSI ou HSV.

Neste relatório, trataremos apenas de HSV que é uma sigla que significa *Hue* (matiz ou cor pura) - seu valor varia entre o vermelho, passando pelo laranja, amarelo, verde azul, púrpura e novamente vermelho; *Saturation* (saturação) indica a quantidade de luz branca que foi misturada a cor pura, e *Value* (valor) indica a intensidade que a cor foi refletida ou absorvida.

3. Resultados e Discussões

O projeto desenvolvido visou o processamento de imagens digitais de cédulas de Real. O objetivo do mesmo é identificar o valor de cada cédula da imagem e realizar o cálculo do valor total, somando cada valor individual. Como se pretendia identificar apenas as cédulas do novo modelo do Real, inicialmente, foi idealizada a identificação das cédulas com base nas suas dimensões, visto que, com o novo modelo, os tamanhos das cédulas são proporcionais aos seus valores. Entretanto, a partir de algumas discussões, foi percebido que o processo poderia ser realizado levando em consideração apenas a tonalidade de cada cédula. Assim, esta foi tomada como estratégia para identificação dos valores.

O passo inicial no projeto foi a verificação dos algoritmos que poderiam auxiliar a construção do código-fonte. A partir de diversas pesquisas e com base nas aulas da disciplina, percebeu-se a necessidade da utilização dos algoritmos de Canny e Laplace. O algoritmo de Canny foi utilizado para identificar bordas na imagem. O algoritmo de Laplace também auxilia na identificação de bordas produzindo bordas duplas a fim da detecção da direção da borda real. Exemplos dos resultados da aplicação destes dois métodos são apresentados nas Figuras 1 e 2.



Figura 1: Resultado da aplicação do algoritmo de Canny

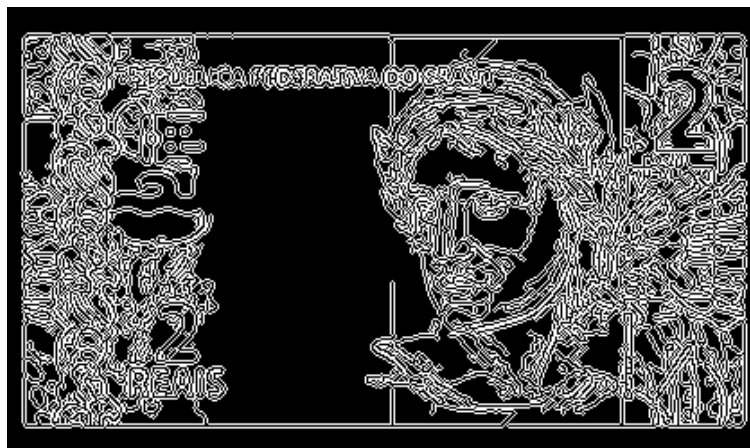


Figura 2: Resultado da aplicação do algoritmo de Laplace

O trabalho descrito neste relatório foi totalmente desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ com o auxílio de bibliotecas *openCV* para processamento de imagens digitais. Todo o processamento necessário neste trabalho foi realizado com as imagens em escala de cinza. Para isto, foi utilizada a função `cvtColor()` do OpenCv. Esta foi utilizada para a conversão da imagem original de entrada no espaço RGB para o espaço em escala de cinza. Para a aplicação dos algoritmos de Canny e Laplaciano na imagem em escala de cinza, utilizou-se as funções `Canny()` e `Laplace()`, respectivamente.

Após a geração da imagem em escala de cinza e aplicação dos algoritmos de Canny e Laplace, utilizou-se funções específicas para detecção de contornos. A função utilizada foi a `findContours()` e `contourArea()`. Com o auxílio dessas funções, foi possível identificar de fato as regiões de cada cédula e realizar a marcação, na imagem original de entrada, com uma cor de destaque, das regiões identificadas. O resultado deste processo é exemplificado na Figura 3.



Figura 3: Identificação de cédulas

O algoritmo desenvolvido realiza a identificação de todas as cédulas contidas em uma imagem, independentemente da quantidade. A partir das regiões identificadas como cédulas de Real, é realizado o processamento cédula a cédula objetivando a identificação do respectivo valor. O valor é identificado com a utilização do código HSV (*Hue, Saturation e Brightness*) de determinado pixel. Para este projeto, apenas o valor da matiz (*Hue*) foi necessário para identificação do valor da cédula.

Inicialmente, foi realizado um mapeamento de cédulas de todos os valores de real e suas respectivas dimensões de HSV para o pixel selecionado. Como decisão de projeto, optou-se por trabalhar com o pixel na posição (7, 7) para validação do valor da matiz. A partir dos valores da matiz mapeados para as cédulas de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 reais, foi implementada a lógica de verificação comparando o valor da matiz da imagem de entrada com os valores mapeados na etapa inicial. A partir de cada valor individual, é realizada a soma total do valor. Este valor é apresentado juntamente com cada valor individual identificado. Esses dados são apresentados via console, como apresentado na Figura 4.

```
Nota de 100  
Nota de 50  
Valor Total: 150 reais
```

Figura 4: Resultado do processamento

Durante a implementação do projeto, algumas decisões foram necessárias a fim da sua conclusão. Isto se deu devido à algumas dificuldades encontradas. Muitas das dificuldades se deram por conta da qualidade das imagens encontradas. A detecção foi um pouco prejudicada por conta de bordas falsas criadas por ruídos na imagem (provenientes da digitalização, compressão ou através do próprio processo de captura da imagem). Isso poderia ter sido amenizado utilizando alguma técnica de redução de ruído antes da detecção de borda. Com isso, o projeto possui algumas limitações quando executado com imagens de má qualidade e que possuem ruídos. Porém, foi priorizada a resolução de outros problemas.

4. Conclusões

A partir da construção deste trabalho foi possível o aprofundamento de conhecimentos adquiridos durante a disciplina, além da possibilidade de visualizá-los na prática. O projeto foi de suma importância no aprendizado dos estudantes envolvidos. Durante a implementação do código-fonte, os estudantes encontraram algumas dificuldades, mas foi possível repará-las.

Como explicitado anteriormente, a partir da implementação foram identificados alguns problemas devido à qualidade das imagens selecionadas. Por isso, os envolvidos nos projetos decidiram algumas limitações ao projeto sem reduzir o objetivo inicial. As limitações são relacionadas principalmente à qualidade das imagens. As imagens de entrada não devem possuir ruídos e/ou sombras próximas às cédulas. Estas características dificultam a identificação e processamento das regiões. Ao final, percebe-se que o objetivo principal de identificação de cédulas e cálculo do valor total foi cumprido.

Ao final e durante todo o processo de codificação foram realizados testes com diversas imagens a fim da validação do projeto. Para isto, utilizou-se imagens contendo diferentes quantidades de cédulas. As imagens selecionadas possuem todas as cédulas de real do modelo mais atual.

5. Referências

- Umbugh, Scott E (2010). “Digital image processing and analysis : human and computer vision applications with CVPtools” (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence
- Gonzalez, Rafael (1993). Digital Image Processing. [S.l.: s.n.]