

Trabalho 2 de Introdução ao Processamento de Imagens

Victor André Gris Costa
Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Ciências da Computação
Brasília, Brasil
victorandr98@gmail.com

Resumo—Este trabalho tem como objetivo fixar conceitos de processamento de imagens através da resolução de 3 problemas propostos: A extração de texto morfológicamente, a remoção de ruídos de Moire utilizando do domínio da frequência e o isolamento de um biscoito através de uma máscara morfológica. Para o primeiro problema se utilizou variadas operações, filtros e transformadas morfológicas para extrair o texto do fundo e alguns desses métodos foram bem sucedidos. Para o segundo problema foram criados 4 filtros notch Butterworth para remover o padrão "xadrez" da imagem e o método foi parcialmente bem sucedido, tendo problemas nas bordas da imagem. Para o terceiro problema criou-se uma máscara binária que separava os biscoitos do fundo e removeu-se o biscoito mordido com uma abertura com um kernel circular. Os resultados obtidos foram satisfatórios.

I. INTRODUÇÃO

Processamento de imagens é uma subárea de processamento digital de sinais na qual são aplicados processos em imagens para obter novas imagens. Hoje em dia com o maior poder de processamento esta área se tornou essencial para muitas áreas. Por exemplo na medicina ele é utilizado para melhorar imagens médicas. Neste trabalho serão utilizados alguns conceitos básicos e importantes para o processamento de imagens. Eles são a morfologia matemática e o domínio da frequência.

A morfologia matemática é uma área que estuda o processamento e análise de estruturas geométricas. Dentro do processamento de imagens a morfologia matemática é utilizada para extração de partes da imagem, representação e descrição das formas de uma determinada região. Esse ramo possui duas grandes possibilidades, o processamento morfológico em imagens binarizadas e o processamento morfológico em imagens em escala de cinza.

No processamento morfológico em imagens binarizadas as operações geralmente são feitas com dois elementos. Um deles deriva da imagem que estamos analisando, o outro é chamado de elemento estruturante que irá mudar conforme o resultado necessário. Duas operações muito importantes para essa área são a erosão e a dilatação. A erosão consiste em encontrar todas as translações em que o elemento estruturante está completamente contido no objeto sendo analisado, ou seja, ele tende a diminuir regiões claras. A dilatação consiste em encontrar todas as translações em que o elemento estruturante possui uma intersecção não nula, ou seja, ele tende a aumentar regiões claras. A partir dessas duas operações morfológicas e algumas operações de conjuntos se constrói filtros e algoritmos

morfológicos variados, como abertura, fechamento e transformada top-hat ou bottom-hat.

A operação de abertura consiste na erosão seguida da dilatação por um elemento estruturante qualquer. Essa operação é muito útil para eliminar elementos brancos menores que o elemento estruturante em fundos pretos. A operação de fechamento consiste na dilatação seguida de erosão por um elemento estruturante qualquer. Similar à abertura, ele serve para eliminar elementos escuros menores que o elemento estruturante de fundos claros. A transformada top-hat consiste em subtrair da imagem original a imagem após uma abertura. Essa transformada tem o efeito de realçar elementos claros em fundos escuros. A transformada bottom-hat consiste em realizar o fechamento da imagem e subtrair do resultado a imagem original. Essa transformada tem o efeito de realçar elementos claros em fundos escuros.

Similarmente a morfologia matemática em conjuntos binários, a morfologia em escala de cinza possui suas próprias definições para erosão e dilatação com efeitos similares. A partir dessas operações básicas se constroem todas as outras de forma igual.

O domínio da frequência é importante para processamento de sinais e, consequentemente, para processamento de imagens. Esse domínio nada mais é que uma outra forma de se representar o sinal obtido. No caso do processamento de imagens utiliza-se a transformada de Fourier discreta em duas dimensões para converter uma imagem no domínio espacial para o domínio da frequência. Neste domínio transformado podemos ver a velocidade como que o brilho dos pixels em cada direção muda. Ao centro da imagem transformada teremos as baixas frequências, que representam o formato geral da imagem, e mais próximo das bordas é possível observar as altas frequências, que representam os detalhes da imagem.

O domínio da frequência é tão importante para o processamento de imagens por conta de sua praticidade para aplicação de filtros, apenas precisando multiplicar ao invés de realizar convoluções. Filtros comuns para o processamento de imagens são os filtros ideais, filtros Butterworth e filtros Gaussianos. Filtros ideais consistem em criar uma região circular em que se aceita ou rejeita completamente certos componentes da frequência. Filtros Butterworth suavizam essa transição de filtros ideais com funções polinomiais. Filtros Gaussianos

suavizam essa transição com uma Gaussiana, curva muito conhecida e usada por estatísticos. Os primeiros dois filtros no domínio do espaço geram anéis em volta das imagens por conta de suas características, fazendo com que processamentos que envolvam-nos gerem imagens com as bordas dos objetos repetidas em volta deles. Já o terceiro filtro, o Gaussiano, não gera esse efeito.

II. METODOLOGIA

A. Questão 1

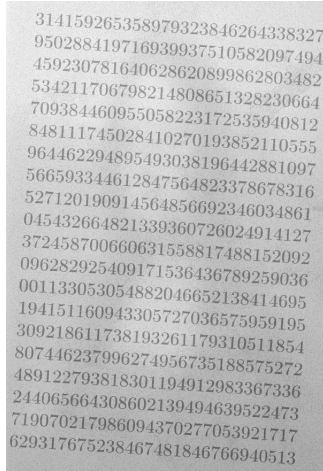


Figura 1. Imagem para a questão 1.

Como primeiro problema foi proposto a extração morfológica de texto da imagem da figura 1. Como primeiro método utilizou-se a transformada bottom-hat, que realça objetos escuros em fundos claros, utilizando um elemento estruturante maior que a largura do traço das letras. O resultado desta operação foram letras brancas em cima de um fundo preto. Após isso a imagem foi binarizada de forma inversa, ou seja, as letras claras viraram letras pretas e o fundo escuro virou um fundo branco com um pouco de ruído em preto. Como segundo método extrai-se o fundo da imagem com as operações de abertura com um elemento estruturante grande, que eliminou as letras, e fechamento com um elemento estruturante maior ainda e subtrai-se o fundo da imagem original. O resultado foi binarizado, gerando letras pretas em um fundo claro com ruído em preto. Esse segundo método gerou muito mais ruído que o primeiro.

Após o experimento com os métodos acima, procurou-se melhorar o resultado aplicando filtros morfológicos pré-processamento. Para melhorar o resultado aplicou-se o filtro de abertura, que incrementa elementos escuros, ajudando a remover descontinuidades das letras. Após a aplicação desse filtro, pegou-se a imagem binária melhor e foi aplicada um filtro morfológico para remover descontinuidades e ruído. No caso foi utilizado a operação de erosão que aumenta objetos escuros, reduzindo a descontinuidade dos elementos da melhor imagem.

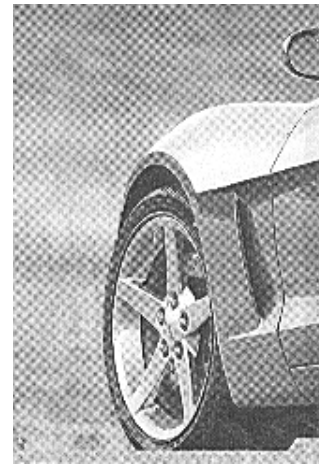


Figura 2. Imagem para a questão 2.

B. Questão 2

Como segundo problema foi proposto a remoção desses padrões xadrez, também conhecido com padrões de Moire, da imagem da figura 2. Para fazer a remoção se fez uso do domínio da frequência, tendo em vista que esses padrões possuem uma frequência bem específica na imagem.

Primeiro passo foi preencher a imagem com uma borda preta até a imagem ter o dobro do tamanho. Após preencher a borda, realiza-se a transformada de Fourier discreta bidimensional na imagem, obtendo o espectro de frequências da imagem. Também deslocou-se a imagem de forma que ao centro do espectro hajam as baixas frequências e nas bordas as altas frequências. Localizou-se manualmente os pixels do espectro com as altas frequências responsáveis pelo padrão de Moire, que são 4 pontos por questão de simetria. Após a localização, criaram-se 4 filtros Butterworth passa-altas, com seus centros deslocados para os 4 picos de frequência identificados, sendo assim chamados de filtros notch. Dessa forma frequências próximas do padrão de Moire são atenuadas. A imagem original não terá sua forma geral muito afetada, pois os filtros notch estão longe do centro do espectro (baixas frequências).

Após esse processo no domínio da frequência, são feitas as operações inversas: desfazer o deslocamento do espectro filtrado e a transformada inversa discreta de Fourier. O resultado da transformada inversa já virá com os padrões de Moire removidos, porém voltará com as bordas pretas adicionadas. Faz-se a remoção dessas bordas e obtém-se então o resultado final.

C. Questão 3

Como terceiro problema foi proposto a extração de um biscoito não mordido da imagem da figura 3. Para a resolução deste problema utilizaram-se filtros morfológicos para imagens binárias. Primeiramente obtém-se uma imagem binária, na qual o fundo está preto e os biscoitos brancos, a partir da imagem original. Nessa imagem aplicou-se uma erosão com um elemento estruturante circular, cujo tamanho era suficiente

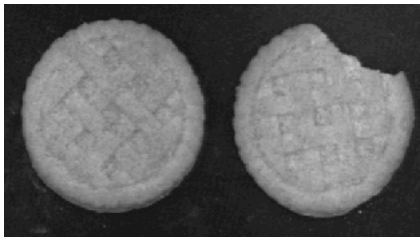


Figura 3. Imagem para a questão 3.

para retirar o biscoito mordido da imagem, mas não retirar o biscoito inteiro. A partir dessa imagem, faz-se a dilatação, praticamente restaurando o biscoito original, porém sem restaurar o biscoito mordido. O resultado obtido é uma máscara binária que separa o biscoito mordido do resto da imagem. Para finalizar faz-se a multiplicação da imagem original pela máscara, obtendo assim uma imagem somente com o biscoito não mordido.

III. RESULTADOS

A. Questão 1

Realizando os procedimentos descritos acima para o primeiro processamento da questão 1 obteve-se a figura 4. Nota-se um resultado muito bom com pouco ruído, porém com problemas relativos a descontinuidade de letras.

```

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

```

(a) Figura original.

(b) Figura original após aplicação do primeiro processamento.

Figura 4. Comparação entre a imagem original e após realizar primeiro processamento.

Realizou-se o segundo processamento, descrito na seção acima, na imagem original e obteve-se o resultado da figura 5. Pode-se ver que com o método da remoção do fundo da imagem original o resultado foi mais ruidoso, porém ocorreu menos problemas com descontinuidade dos caracteres.

Para fins de melhora dos resultados, realizou-se um filtro pré-processamento, como descrito na seção de metodologia, e em cima dessa imagem filtrada aplicaram-se os processamentos já criados. Nota-se que a imagem da figura 6(a) teve-se o melhor resultado com ruído praticamente nulo.

```

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

```

(a) Figura original.

(b) Figura original após aplicação do segundo processamento.

Figura 5. Comparação entre a imagem original e após realizar segundo processamento.

```

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

```

(a) Figura filtrada após aplicação do primeiro processamento.

(b) Figura filtrada após aplicação do segundo processamento.

```

314159265358979323846264338327
950288419716939937510582097494
459230781640628620899862803482
534211706798214808651328230664
709384460955058223172535940812
848111745028410270193852110555
964462294895493038196442881097
566593344612847564823378678316
527120190914564856692346034861
045432664821339360726024914127
372458700660631558817488152092
096282925409171536436789259036
001133053054882046652138414695
194151160943305727036575959195
309218611738193261179310511854
807446237996274956735188575272
489122793818301194912983367336
244065664308602139494639522473
719070217986094370277053921717
629317675238467481846766940513

```

(c) Figura original após aplicação de um filtro pré-processamento.

Figura 6. Comparação entre a imagem original com filtro pré-processamento e a imagem filtrada após primeiro e segundo processamento

Com o melhor resultado, realizou-se um pós-processamento morfológico na imagem binária obtida, com o fim de resolver a descontinuidade. Após esse pós-processamento obteve-se a imagem da figura 7(b). Nota-se que a descontinuidade foi reduzida e facilitou a leitura da imagem por computadores.

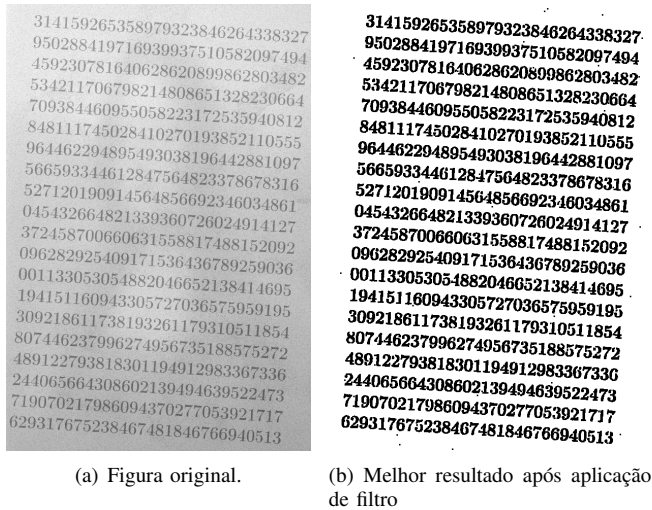


Figura 7. Comparação entre a imagem original e o resultado final.

B. Questão 2

Realizou-se os procedimentos explicados na seção de metodologia na imagem original e obteve-se o resultado na figura 8(b). Nota-se que o padrão de Moire não está mais tão evidente, exceto pelas bordas. Além disso a imagem possui um padrão vertical que não foi possível eliminar e houve uma perda nos detalhes e no brilho.

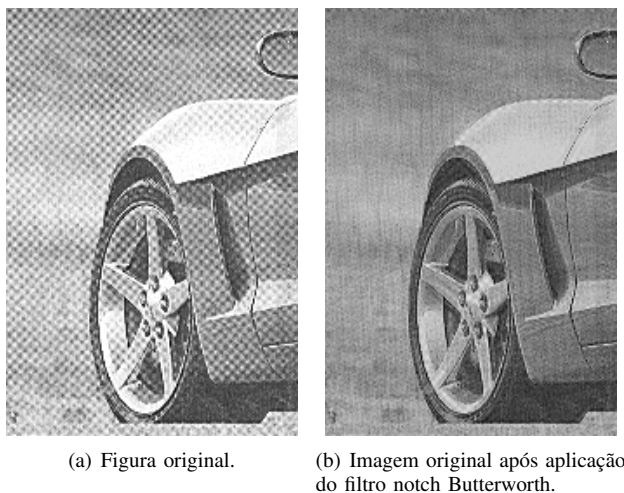


Figura 8. Comparação entre a imagem original e a imagem filtrada.

C. Questão 3

Realizou-se os procedimentos citados na seção de metodologia na imagem original da figura 3. Obteve-se a imagem binarizada na figura 9



Figura 9. Imagem original binarizada.

Após a binarização realizou-se a operação de erosão como descrita na seção de metodologia e obteve-se a imagem sem o biscoito mordido na figura 10.



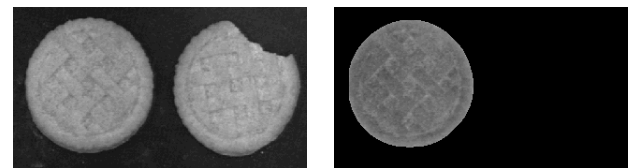
Figura 10. Imagem binarizada após erosão.

Após a erosão, realizou-se a dilatação como descrito na seção de metodologia. Obteve-se assim a imagem com o biscoito inteiro recuperado na figura 11.



Figura 11. Imagem após dilatação.

Por fim aplicou-se a máscara na imagem original e obteve-se o resultado final, mostrado na figura 12(b).



(a) Figura original. (b) Imagem original após aplicação da máscara.

Figura 12. Comparação entre a imagem original com filtro pré-processamento e a imagem filtrada após primeiro e segundo processamento

IV. CONCLUSÃO

A partir dos experimentos realizados anteriormente é possível ver que a morfologia matemática e o domínio da frequência são ferramentas muito fortes e úteis para resolução de problemas reais, como o pré-processamento de imagens para visão computacional, remoção de ruídos e extração de dados da imagem para inteligência artificial. Também é notável que apesar de poderosa, a morfologia matemática depende muito dos dados.

REFERÊNCIAS

- [1] Slides de Aula do professor Bruno Macchiavello.
- [2] "OpenCV: OpenCV modules", Docs.opencv.org, 2019. [Online]. Disponível: <https://docs.opencv.org/4.1.0/>. [Acessado: 21- Abril- 2019]
- [3] "NumPy Reference — NumPy v1.16 Manual", Docs.scipy.org, 2019. [Online]. Disponível: <https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/>. [Acessado: 21- Abril- 2019]