

Projeto

Diogo Amaro 59781

Rodrigo Taveira 59160

No contexto deste projeto, foi-nos proposta a manipulação e processamento de uma imagem da coluna vertebral com o objetivo de determinar a dimensão da vértebra maior com base na altura do corpo vertebral. O trabalho foi dividido em etapas distintas de modo a garantir um fluxo eficiente de técnicas, culminando na compilação dos resultados para identificar a maior vértebra.

1. Pré-processamento

Nesta etapa, a imagem (Figura 1-a) foi inicialmente carregada e convertida para escala de cinzentos, facilitando o processamento subsequente. Aplicou-se um threshold de 120, resultando numa imagem binária onde os pixels com valores acima de 120 foram definidos como brancos e os demais como pretos. Artefactos menores que 250 pixels foram removidos utilizando a função `bwareaopen`, eliminando pequenas imperfeições. A imagem binária foi então convertida para o formato `uint8` e, para melhorar a definição, o negativo da imagem foi obtido e ajustado adicionando 50 unidades de intensidade, garantindo que os valores dos pixels permanecessem dentro do intervalo $[0, 255]$. Este processo foi repetido para obter um novo negativo, resultando numa imagem de maior contraste. Para corrigir falhas na imagem binária, aplicou-se dilatação com um elemento estruturante circular, seguido por preenchimento de regiões usando `imfill` e fechamento morfológico com `imclose` para suavizar contornos e eliminar falhas remanescentes (Figura 1-b). A máscara resultante foi então utilizada para preencher a imagem original, ajustando intensidades para melhor definição. Este procedimento garantiu uma imagem com uma definição adequada, contornos claros e livre de artefactos (Figura 1-c).

2. Obtenção de contornos

Nesta fase, a imagem apresenta um bom nível de definição, artefactos que não interferem com a deteção de contornos e, por isso, aplica-se a função `edge`. Esta função retorna uma imagem binária de 1's quando detetado um contorno, e 0's caso contrário (Figura 1-d). Para esta imagem em específico, optou-se pelo método de `Canny`. A deteção de contornos segundo este método utiliza um operador num processo multifaseado que se baseia na deteção segundo a magnitude e a direção do gradiente de cada um dos pixels constituintes. Apesar de apresentar algumas limitações, nomeadamente a utilização de uma derivada de primeiro grau segundo uma vizinhança relativamente pequena (2x2 ou 3x3) para determinar o gradiente desse pixel, tornando-o mais susceptível a ruído, é um algoritmo que, devido à sua capacidade em aplicar inicialmente um filtro Gaussiano à imagem bem como integrar uma fase de *double threshold* para evitar a deteção de falsos contornos, se adequa à situação em análise.

3. Melhoramento de contornos

Esta fase tem como principal objetivo melhorar e evidenciar os contornos obtidos na etapa anterior. Foram adotadas duas abordagens sequenciais: um *high boost filter* ($z=18$) para melhorar a nitidez dos contornos juntamente com a agregação da filtragem horizontal e vertical (magnitude) de forma a destacar os contornos (Figura 1-f). Além disto, atribui-se a cor vermelha (255,0,0) aos contornos obtidos (Figura 1-e). Esta última teve um carácter meramente observacional, ou seja, foi útil apenas para visualizar de forma mais clara os resultados obtidos até ao momento e ter uma ideia mais objetiva para o próximo passo. Adicionalmente, com o objetivo de conectar certos contornos, tentou ainda realizar-se uma dilatação seguida de uma erosão com a função `imclose`, mas sem efeitos significativos (Figura 1-g).

4. Segmentação da imagem

Com a imagem totalmente processada, passa a ser adequado convergir para o objetivo principal do projeto - calcular a dimensão da vértebra maior. Para tal, é necessário segmentar a imagem, onde cada um destes segmentos apresenta as suas dimensões características. Para a segmentação foi aplicada a função `bwlabel`, que devolve uma *array* $[1 \times 2]$. O segundo elemento da *array* refere-se ao número de segmentos encontrados pela função `bwlabel` que, por sinal, pode incluir artefactos; e o primeiro elemento refere-se aos rótulos (numéricos) atribuídos a cada segmento

(Figura 1-h). Para a obtenção das dimensões de cada um destes segmentos, utilizou-se a função `regionprops` com a propriedade `BoundingBox`. A especificação desta propriedade permite criar a estrutura retangular mais pequena possível que envolve a totalidade do segmento criado com a função `bwlabel`, sob a forma de uma *array* de 4 elementos: [x, y, largura, altura], onde "x" representa a abcissa do vértice superior esquerdo da *BoundingBox* e "y" a ordenada correspondente. Para terminar, filtraram-se manualmente as 4 estruturas mais significativas para o objetivo, ou seja, aquelas que visivelmente seriam candidatas à maior vértebra. Isto porque surgiram alguns erros na aplicação da função `bwlabel`, no sentido em que um segmento inclui duas ou mais vértebras, aumentando substancialmente uma dimensão que, na verdade, não tem aquele valor. Este fenómeno verificou-se mais na zona superior da imagem, onde o ruído está mais presente e as vértebras apresentam menor dimensão, dificultando a diferenciação dos contornos por parte da função `bwlabel`.

5. Cálculo das dimensões

Com todas as *BoundingBoxes* devidamente criadas, ajustadas, rotuladas e dimensionadas, fica apenas a faltar a comparação entre elas para determinar a maior vértebra. Dado que o objetivo é determinar as dimensões da vértebra maior com base na altura do corpo vertebral, ou seja, qual a vértebra que ocupa a maior percentagem da altura total da coluna, o foco convergiu para a altura das *BoundingBoxes*, sendo que a uma maior altura corresponde, invariavelmente, a maior vértebra. No entanto, foram também calculadas as áreas das *BoundingBoxes* e utilizadas como critério de comparação secundário. Por último, e após alguns ajustes aritméticos, os valores foram apresentados na *Command Window* e foram, de seguida, ordenados por ordem decrescente, permitindo a determinação da vértebra maior com base na altura total do corpo vertebral (Figura 1-i).

Resultados

Ao longo deste projeto, foram analisadas as dimensões das várias vértebras extraídas de uma imagem binária previamente processada. Foram determinadas não só as dimensões da *BoundingBox* (x, y, largura, altura) como também a área de cada vértebra. Foi identificada a vértebra de maior altura, sendo que as suas dimensões específicas são apresentadas, em detalhe, a seguir:

- Abcissa: 331.50px;
- Ordenada: 744.50px;
- Largura: 111px;
- Altura: 106px;
- Área: 11766px^2 .

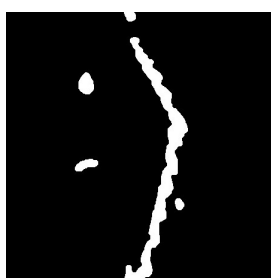
Como se pode verificar, a vértebra que ocupa uma maior percentagem relativamente à altura total do corpo vertebral é a vértebra n^o6, com uma altura de 106px. Esta vértebra apresenta também uma área da *BoundingBox* correspondente muito significativa, cujo valor é de 11766px^2 .

Conclusão

O objetivo foi alcançado com sucesso, demonstrando a eficácia do processo de pré-processamento, obtenção de contornos, segmentação da imagem e cálculo das dimensões da vértebra principal. Este projeto sublinha a importância das técnicas de processamento de imagem e abordagens criteriosamente selecionadas, resultando numa identificação fiável da vértebra de interesse.



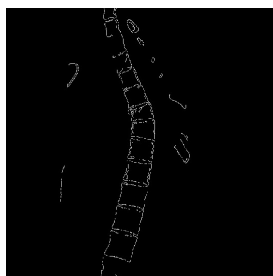
(a) Imagem original



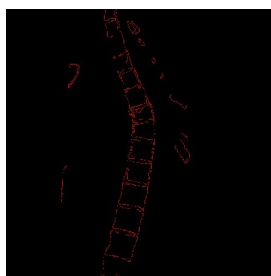
(b) *Region Filling*



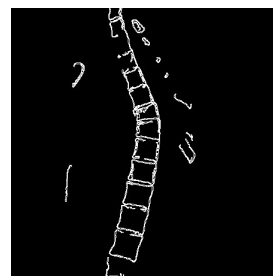
(c) Imagem processada



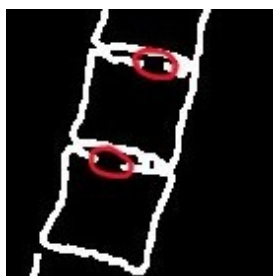
(d) Contornos



(e) Contornos vermelhos



(f) Contornos filtrados



(g) Conectar contornos



(h) Segmentação



(i) Vértebra maior

Figura 1: Resultado final de cada segmento do projeto