

Método de Classificação de Pontos em Esqueletos de Resolução Aumentada

Diógenes Corrêa Canoza*, André Vital Saúde (orientador)
Universidade Federal de Lavras
DCC-UFLA, CP 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG, Brasil
dicanoza@comp.ufla.br, saude@dcc.ufla.br

Resumo

O esqueleto é uma representação simplificada de um objeto digital 3D, mas que mantém certas características do objeto original. Há propostas para a identificação dos pontos do esqueleto 3D como pontos de borda, superfície, curva ou junção. Tal identificação foi utilizada na literatura para filtrar o esqueleto 3D, facilitando a análise de forma do objeto. Recentemente foram introduzidos esqueletos em resolução aumentada, onde a classificação dos pontos de resolução normal não pode mais ser aplicada. Esta é uma das razões para que esses esqueletos até então não tenham sido utilizados em nenhuma aplicação prática. Neste trabalho é proposto um método para que a mesma classificação utilizada anteriormente em resolução normal seja estendida para a resolução aumentada. Assim, torna-se possível reproduzir os métodos de análise de forma presentes na literatura usando esqueletos de resolução aumentada.

1. Introdução

O esqueleto é uma representação simplificada de um objeto digital 3D, mas que mantém certas características do objeto original. Malandain et al. [4] propõem uma identificação dos pontos do esqueleto 3D como pontos de borda, superfície, curva ou junção. Tal identificação permite que o esqueleto 3D possa ser filtrado para facilitar a análise de forma do objeto, assim como proposto por [2].

Recentemente foram introduzidos por [3] os esqueletos em resolução aumentada. Esses esqueletos até então não foram utilizados em nenhuma aplicação prática. Com o intuito de reproduzir a descrição de [2] nos esqueletos em resolução aumentada, antes é necessário que se defina as classificações dos pontos para essa resolução. Neste trabalho é proposto um método para que a mesma classificação

descrita por [4] em resolução normal, seja estendida para a resolução aumentada.

É demonstrada a classificação dos pontos e após isto a seleção dos pontos de superfície, a partir de um esqueleto de uma imagem do hipocampo humano em resolução aumentada, mesma imagem foi utilizada por [2] em resolução normal, e os resultados da seleção dos pontos de superfície foram, visualmente, muito semelhantes aos encontrados por [2].

2. Complexos abstratos e esqueletos em resolução aumentada

O esqueleto em resolução aumentada obtido em [3] está definido no contexto dos complexos abstratos, e é baseado em um framework de esqueletização proposto por [1]. Os complexos abstratos são conjuntos totalmente ordenados que apresentam boas propriedades para a implementação de filtros de processamento de imagens que precisem preservar a topologia do objeto. O esqueleto em resolução aumentada que foi estudado está representado como um complexo, e por isso foi necessário estudar características de forma neste contexto.

E quando uma imagem é convertida em resolução aumentada cada voxel corresponde a 27 voxels totalmente ordenados, agora chamados de faces. Observe a *Figura 1*, esta é a representação de um voxel convertido para a resolução aumentada. Se houvessem dois voxels um ao lado do outro, por exemplo, eles compartilhariam algumas faces. A ordem estabelecida, baseada na *Figura 1*, da seguinte maneira:

- Uma face de ordem 3, a 3-face, está representada pelo cubo central.
- As face de ordem 2, a 2-face, estão representadas pelos paralelepípedos que são as faces do cubo.
- As face de ordem 1, a 1-face, estão representadas pelos paralelepípedos que são as arestas do cubo.
- As face de ordem 0, a 0-face, estão representadas pelas esferas que são os vértices do cubo.

* Agradecimento a FAPEMIG pelo patrocínio do projeto.

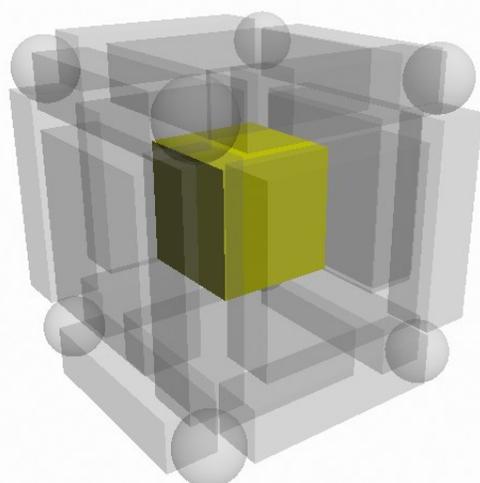


Figura 1. Representação de um 3-face com todos os 2-faces, 1-faces e 0-faces contidos por ele.

Assim sendo cada face contém todas as outras faces com ordem menor e são contidas por todas as de ordem maior, desde que estejam na vizinhança da face observada, conceito que será tratado mais a frente.

O conceito de **fechamento** diz que para uma determinada face f , devem existir todas as faces que são inclusas por f . Finalmente complexo abstrato é o conjunto de todas as faces, tal que todas estejam fechadas.

2.1. Métodos de identificação de pontos em resolução normal

Os pontos de uma superfície mediana podem ser identificados como pontos de borda, junção, superfície e curva, usando a classificação de [4]. Tal classificação utiliza-se de conceitos de conectividade 26 ou 26-vizinhos que são os 26 voxels mais próximos. A *Tabela 1* demonstra como é feita a classificação de acordo com a quantidade de componentes conexos, grupo de voxels conexos, tanto do objeto quanto do seu complementar ou fundo.

2.2. Conceitos aplicados

Para entender a identificação dos pontos em resolução aumentada é necessário entender alguns conceitos. Considerando um conjunto finito das faces X , a face $f \in X$ e se não houver nenhum $g \in X$ tal que f esteja incluso estritamente em g . Neste caso f é chamado uma **face principal**, ou um **facet**, [3].

Dizemos que f é uma **face essencial** se f for precisamente a interseção de todas as faces principais de X que

Ponto isolado	$B = 1$	$O = 0$
Ponto interior	$B = 0$	$O = 1$
Ponto de Borda	$B = 1$	$O = 1$
Ponto de Curva	$B = 1$	$O = 1$
Ponto de Junção de curva	$B = 1$	$O > 1$
Pontos de Superfície	$B = 2$	$O = 1$
Ponto de Junção Curva-Superfície	$B > 2$	$O \geq 2$
Ponto de Junção de Superfícies	$B > 2$	$O = 1$
Ponto de Junção Curva-Superfície	$B > 2$	$O \geq 2$

Tabela 1. Tabela de classificação de pontos. B: número de componentes conexos do complementar (Background). O: número de componentes conexos do objeto (Object).

contêm f . Denotamos por $Ess(X)$ o conjunto composto de todas as faces essenciais de X . As faces essenciais têm contexto sobre topologia, que não é tratada nesse trabalho, mas foi observado que sua utilização é vital para os resultados.

2.3. Utilizando vizinhança nos complexos abstratos

Como visto, há uma relação de ordem entre as faces nos complexos abstratos e a partir desta ordem existe uma conectividade própria para cada face, que são todas as faces que contém ou são contidas pela face observada. Então para que se possa utilizar o conceito de vizinhança nos complexos abstratos antes se faz necessário observar qual a ordem da face. Assim podemos enumerar as vizinhanças de cada ordem : uma 3-face reconhece 26 vizinhos pois contém todas as faces de ordem menor a sua volta, assim como a 0-face que é contida por todas as outras faces então enxerga todas as faces a sua volta. A 2-face reconhece como vizinho as duas 3-face que a contém, as quatro 1-faces e quatro 0-faces que são contidas por ela, então possui uma vizinhança 10. E a 1-face reconhece como vizinho as duas 0-faces contidas por ela, as quatro 2-faces e quatro 3-face que a contém, então possui uma vizinhança 10. Uma última consideração é que nenhuma face é vizinha de outra face de mesma ordem.

3. Identificação de pontos em resolução aumentada

Primeiramente recebemos de entrada uma imagem nos complexos abstratos no caso a *Figura 2*. Depois para que se possa realizar a identificação dos pontos em resolução aumentada é necessária a remoção das faces não essenciais, obtendo a *Figura 3*. Isso se faz através da marcação de todas as faces que são essenciais, já definidas anteriormente,

depois se percorre a imagem desconsiderando as faces não marcadas. Em seguida percorre-se a imagem selecionando cada face do objeto e avaliando qual sua ordem, para que se possa identificar a vizinhança a ser observada. A partir das faces dos objetos existentes na vizinhança da face selecionada é possível enumerar a quantidade de componentes conexos do objeto. Essa enumeração deve ser feita considerando a face avaliada como não sendo parte dos componentes conexos. Para identificação também é necessário encontrar os componentes conexos do fundo. Para isso basta aplicar a mesma técnica considerando o complementar do objeto, observando a partir da mesma face. E mais uma vez deve-se desconsiderar a face avaliada.

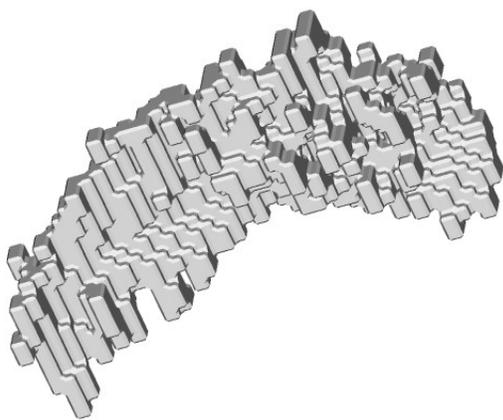


Figura 2. Esqueleto em resolução aumentada do hipocampo humano.

Uma vez encontrados os componentes conexos do fundo e do objeto pode-se usar a *Tabela 1* para classificar a face. E assim deve ser feito para cada uma das faces da imagem. Esta técnica é uma adaptação da descrita por [4].

Com todas as faces classificadas é possível separar todas as faces de superfície como demonstrado na *Figura 4*.

Os passos para essa classificação e obtenção dos pontos de superfície e junção de superfície são descritos no algoritmo abaixo. No algoritmo, a função *RemEss()* recebe uma imagem e a retorna com todas as faces que não são essenciais removidas, a função *ClassificaPontos()* recebe uma imagem e a retorna com todos os pontos classificados através do método descrito anteriormente e a função *PontosSuperficie()* recebe uma imagem já com os pontos classificados e retorna o conjunto dos pontos de superfície e junção de su-

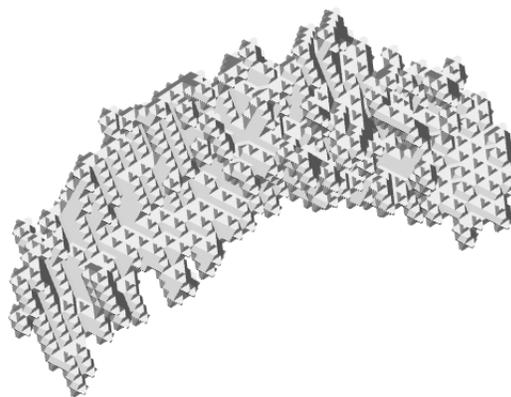


Figura 3. Faces essenciais da *Figura 2*.

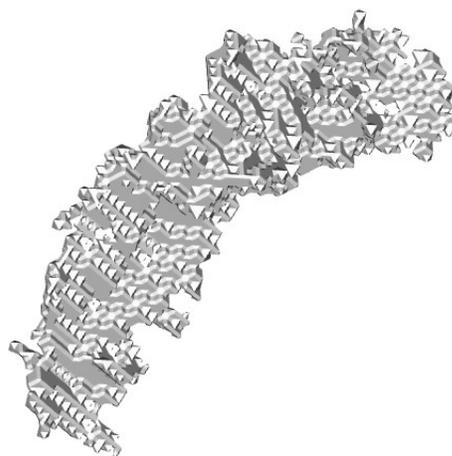


Figura 4. Faces classificadas como sendo de Superfície ou junção de superfície a partir da *Figura 2*.

perfície do objeto.

4. Resultados

Como resultado conseguiu-se extrair todos os pontos de superfície e junção de superfície em um esqueleto Euclidiano em resolução aumentada através da criação das regras para classificação dos pontos em resolução aumentada e de um algoritmo que a implementa.

5. Conclusões

Concluiu-se que a classificação dos pontos em resolução aumentada e com a possibilidade de se extrair as faces

input : Uma Imagem Im descrita no contexto dos complexos abstratos.

output: Conjunto S com todos os pontos de superfície e junção de superfície de Im .

- 1 $S \leftarrow \text{RemEss}(Im)$;
- 2 $S \leftarrow \text{ClassificaPontos}(S)$;
- 3 $S \leftarrow \text{PontosSuperficie}(S)$;

Algorithm 1: Algoritmo de seleção de superfície

de superfícies da imagem é um passo importante. Pois a imagem analisada é uma imagem de um esqueleto do hipocampo humano. O qual possui uma característica em seu formato, onde a partir classificação das faces notou-se a existência de praticamente apenas uma única superfície conexa. A existência de uma única superfície é muito interessante, pois, futuramente é provável fazer uma análise da sua forma, em resolução aumentada, através dessa superfície, tal como descrito por [2] em resolução normal.

Referências

- [1] G. Bertrand and M. Couprie. New 3d parallel thinning algorithms based on critical kernels. In A. Kuba, K. Palágyi, and L. Nyúl, editors, *DGCI, LNCS*. Springer Verlag, 2006.
- [2] S. Bouix, J. C. Pruessner, D. L. Collins, and K. Siddiqi. Hippocampal shape analysis using medial surfaces. *Neuroimage*, 25:1077–89, 2005.
- [3] M. Couprie, A. V. Saúde, and G. Bertrand. Euclidean homotopic skeleton based on critical kernels. In *SIBGRAPI*, pages 307–314. IEEE CS press, 2006.
- [4] G. Malandain, G. Bertrand, and N. Ayache. Topological segmentation of discrete surfaces. *International Journal of Computer Vision*, 10:2, 183-197 (1993) © 1993 KluwerAcademic Publishers, Manufactured in The Netherlands., 1993.