Segmentação para impressão 3D

Attila Nagy Universidade de Szeged

Csaba Pintér EBATINCA, S.L., Espanha

38&40th NA-MIC Project Week, 2023 Janeiro – 2024 Janeiro

1



Objetivos de Aprendizagem

Este tutorial demonstra a segmentação de imagens no módulo Editor de Segmento do 3D Slicer com o objetivo de impressão 3D.













Utilidade clínica do fantoma de coluna

- Fantoma de treinamento para inserção de agulha
- Suporte para marcador eletromagnético
- Preenchido com gel (~tecido mole)
- Coberto com película (~pele)
- Tubo com água no centro



Moult et al. 2013









Material

- Este tutorial requer a instalação de uma versão estável recente do 3D Slicer (pelo menos 5.6.1), que está disponível na página de download do Slicer: <u>http://download.slicer.org/</u>
- Conjunto de dados do tutorial: Modelo STL da base do fantoma: <u>https://raw.githubusercontent.com/Slicer/SlicerSegmentationFor3DPrintingTutorial/main/BasePiece.stl</u> (fonte: PerkLab Model Catalog)
- Páginas de documentação do usuário: <u>https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmentation</u> <u>s.html</u> <u>https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmentedito</u> <u>r.html</u>









Plataformas

 Desenvolvido e mantido em Windows 64bit, macOS e Linux 64bit e 32bit



• O Slicer requer:



Mínimo de 4GB de RAM (mais é recomendado) GPU dedicada para renderização rápida (OpenGL 3.2+)







Um guia rápido sobre como usar este tutorial

- O Slicer é uma plataforma abrangente. Portanto, geralmente há mais de uma maneira de trabalhar com seus dados e alcançar o mesmo resultado. Durante este tutorial, às vezes mostramos mais de uma possibilidade, então você verá três tipos de slides:
- Slides que são **comuns** a ambas as abordagens, com **fundo branco**.
- Se você estiver interessado em mais detalhes, basta seguir todos os slides. Os slides com um tom verde claro mostram diferentes maneiras de alcançar os mesmos resultados.
- Se você deseja uma solução mais rápida, sem entrar muito nos detalhes, além dos slides brancos, siga os slides marcados com um relógio (mostrado no canto), e fundo levemente avermelhado.













Módulo de Editor de Segmento

- Atualização de superfície
 3D em tempo real
- Edição em fatias oblíquas
- Segmentos sobrepostos
- Ferramentas intuitivas
- Manual
- Semiautomático
- Configurações avançadas

🕒 3D Slicer





7







Visão geral

- 1. Carregar imagem de TC
- 2. Segmentar vértebras para impressão 3D
- 3. Adicionar base do fantoma à segmentação
- 4. Mesclar e finalizar o fantoma
- 5. Salvar segmento do fantoma em arquivo STL para impressão 3D











Parte 1: Carregar imagem de TC

Visão geral:

Carregar o conjunto de dados de amostra "CTChest" Ajustar o contraste da imagem para melhor visibilidade





1/1: Carregar o conjunto de dados "CTChest"

3D Slicer





1/2: CT de amostra carregado

(3D Slicer 5.2.2 File Edit View Help ATA DOTA SAVE Modules: 🧠 🚓 Sample Data 🕞 📮 + 🚯 👦 🜆 🗛 🔸 + + 😽 + 🛃 🥐 - = 3 0 📦 🚇 🕍 3D Slicer Help & Advnowledgement * BuiltIo Requesting download CT-chest.nrrd from https://github.com/Slicer/SlicerTestingData/releases/download/ SHA256/4507b664690840abb6cb9af2d919377ffc4ef75b167cb6fd0f747befdb12e38e ... Downloaded 4.0 MB (10% of 40.2 MB) ... Downloaded 40.2 MB (100% of 40.2 MB) ... CTP Cardio Sequence vnloaded 36,2 MB (90% of 40,2 MB). **Download finished** vnloaded 40.2 MB (100% of 40.2 MB).. wnload finished Verifying checksum erifying checksum Checksum OK Checksum OK Requesting load CTChest from C:/Users/attila/AppData/Local/Temp/Slicer/RemoteIO/CT-chest.nrrd ... load finished Requesting load CTChest from C:/Users/attila/AppData/Local/Temp/Slicer/RemoteIO/CT-chest.nrrd ... Load finished * Data Probe









11



1/3/A: Alterar contraste





1/3/B: Alterar contraste



-0.7617mm

1/3/C: Alterar contraste

Automatic

CT-Air CT-Brain CT-Abdomn CT-Lung CT-Lung PET DTI Clique com o botão direito em qualquer uma das visualizações de fatias, selecione "Predefinições de Janela/Nível" e escolha "CT-Abdômen".



Copyright 2024

View transform

 Adjust window/level Place
 Reset field of view
 Maximize view

> Copy image Slice intersections

Window/level presets

Show color legend

Configure slice view annotations...



5 cm



_____ 10 cm









Parte 2: Segmentar vértebras

Visão geral:

- Adicionar novo segmento
- Aplicar limiar para os ossos
- Remover manchas com Ilhas
- Cortar as vértebras com Tesoura













2/1: Mudar para o módulo "Editor de Segmento"

DATA DCM SAVE Modules:	💫 📦 Volumes 🔹 🔳	=, 🔾 🔘 🗋 🖉 🖉 =
B Slicer Help & Adknowledgement	Data Add DICOM Data Markups Models Scene Views	
Active Volume: CTChest	Segment Editor	· ·
Volume Information	Segmentations	
▼ Display	Transforms	
Lookup Table: Grey	Volume Rendering	*
Interpolate: 🗸	Volumes	
Window/Level:	Welcome to Slicer	
	Wizards Informatics Registration	3
W: 350 C Manual W/L	Segmentation	► L: 40 🗘
	Quantification	000
Threshold:	Filtering	•
-3024	Surface Models	3071
	Converters	
Histogram	- Harrison	1
Histogram	EBATINCA	SZ UNIVERSITY OF 52E GED



2/2: Adicionar novo segmento

(b 3D	Slicer			
Help & Ackne	owledgement			
Segmentation:	Segmentation			•
Source volume:	CTChest			-
	🕈 Add 🜘	Remove	Show 3D	- 0 -
	Empty sec	Nar	me	P
2 4				

- Segmentação criada automaticamente
- Volume de TC selecionado automaticamente como fonte

(O volume de origem é o volume segmentado que define a resolução dos segmentos)









2/3: Definir terminologia

(🕒 3D S	licer	• R 📲 🗖
Help & Acknowledge	owledgement	
Segmentation:	Segmentation 👻	
Source volume:	CTChest 💌 🔞	
骨 Add	- Remove 🕼 Show 3D 👻 🕥 🕶	Terminology ?
	Name 🏴	Roperty type
	Segment_1	[None]
	\Box	Tissue
		Artery
•		Body fat
		Bone R
		Select type modifier
		Name: bone
		Color:
		Select Cance
Copyright 2024	Ret	EBATINCA

- 1. Dê um duplo clique na cor do segmento.
- 2. Escolha uma Terminologia para o segmento (um nome e uma cor para o segmento).

Você também pode definir um nome e uma cor diferentes, se necessário.

Não é obrigatório, mas torna o seu fluxo de trabalho mais robusto.



Х

18



2/4: Definir o limiar para obter os ossos

Segm	entation:	Segmer	ntation		•		
Source	e volume	: CTChes	t		•		
	Add		Remove	Show 3D	•	Threshold	
		•••		Name	P	Fill segment based on source volume intensity range Show details.	
	-9R	e l	bone		0	Threshold Range:	
2	2					100 3071.00	
Ø							ñ
						► Automatic threshold Defina 100	
•	×					Local histogram	
	X	žan voje	31.5	121111			
b		Threshold				Use for masking	
		Fill segm	nent based on Show details.	source volume intensity		Apply	ĩ
		Thresho	ld Range:			Church Church	5
4		100	\$	3071.00	\$		
2	100	<u> </u>			-0		









Veja em 3D!





2/5: Remover o ruído com o efeito Ilhas

bone		
Selecione o	Islands	
	Edit islands (connected components) in a	a segment <u>Show details.</u>
	C Keep largest island	Keep selected island
	Remove small islands	Remove seed island
	Minimum size: 1000 voxels	
3		Apply









2/5: Remover o ruído com o efeito Ilhas







2/6: Cortar as vértebras com a ferramenta Tesoura

	3	•0			
		3	bone		
2	la				
0			Scissors		
-	0000		Cut through the ent	tire segment from the	current viewpoint Show details.
	-		Operation:	Shape:	Slice cut:
Ð.			Erase inside	• Free form	Unlimited
-			Erasentside	Circl Circl	O Positive
IJ	P		Fill ins		O Negative
\$÷	-	,	O Fill outside	Centered	Symmetric
			Apply to visible segr	ments:	0.0000mm

- 1. Selecione o efeito "Tesoura"
- Escolha "Apagar fora" como operação
- 3. Escolha a forma "Livre"









2/7: Cortar as vértebras com a ferramenta Tesoura



Rastreie ao redor da vértebra desejada com a ferramenta Tesoura na visão coronal (fatia verde)











Oriente a visualização 3D

Copyright 2024



25



2/8: Remover as partes restantes com a ferramenta Tesoura



Selecione as vértebras na visualização 3D para apagar as partes desnecessárias (costelas no lado anterior, nesse caso).



Copyright 2024



26



2/9: As vértebras estão segmentadas





Parte 3: Adicionar base do fantoma

Visão geral:

- Carregar o arquivo STL da base do fantoma
- Transformar o modelo para a posição e orientação desejadas
- Importar o modelo para o nó de segmentação
- Cortar um buraco no meio da coluna vertebral









3/1: Carregar a base do fantoma como nó de modelo

Baixe o arquivo STL da base do fantoma de https://www.slicer.org/wiki/File:BasePiece.zip





3/2: Carregar a base do fantoma como nó de modelo.

	1	
oose Directory to Add Choose File(s) to Add		
	File	Descriptio
D:/Onedrive-SZTE/(/BasePiece.stl Model
Reset		Canc
Reset		Canc

Copyright 2024



30



3/2: Carregar a base do fantoma como nó de modelo.









EBATINCA





3/1: Tornar a base semitransparente em Modelos

In the second se	<u>File E</u> dit <u>V</u> iew <u>H</u> elp	
<u>File Edit View H</u> elp	🚖 🏠 Madular: 🔍 🖨 Madala 🔪 💳 🙆 🚳 🚳	ᇲ ☑
🕅 🕅 🐝 Modules: 🔍 🍕 Segment Editor 🔹 💻 🧿 🕥		HE 1000
Add DICOM Data	SD Slicel	
Markups	Help & Acknowledgement	
Help & Acknowledgement Models		
Re Scene Views	Filter by name	
Segmentation 🥖 Segment Editor	łode -	·• 🔳
Source volume: CTChest 🗞 Segmentations	🙆 BasePiece 😡	5
 Mude para o modulo Diminua a opacidade 	para 0.8	
Quando lanto a segmenta	AÇAO Information	
quanto o modelo estão opaços	Tica Display	
	▼ Visibility	
difícil visualizar quando eles e	estão visibility: 🗸 Opacity:	0.80
na pagiaão relativa correta	View: All	
na posição relativa correta.		
Copyright 2024	EBATINCA SZTE 32	



3/1: Tornar a base semitransparente



Clique com o botão direito no ícone do olho ao lado de "PeçaBase" e passe o ponteiro sobre a opção "Opacidade". Ajuste para cerca de 3/4.

Quando tanto a segmentação quanto o modelo estão opacos, fica difícil perceber se estão na posição relativa correta.

Copyright 2024



EBATINCA







3/2/A: Criar transformação





3/3/A: Aplicar a transformação à base





3/4/A: Mover a base para o local correto



- Primeiramente, gire o modelo 180 graus da esquerda para a direita, arrastando o controle deslizante "LR" para a esquerda.
- Mova os controles deslizantes até que a base esteja na posição correta (os valores na imagem são os finais).

UNIVERSITY OF SZEGED



3/2/B: Criar transformação



3/4/B: Mover a base para a posição correta

Não precisamos de 3/3 guando fazemos dessa



1. Primeiro, gire o modelo 180 graus de Esquerda-para-Direita, arrastando o controle deslizante "LR" para a esquerda.

2. Em seguida, mova os controles deslizantes até que a base esteja na posição correta (os valores na imagem são os finais).





3/6/A: A base está na posição correta



Copyright 2024

39



3/6/B: A base está na posição correta





3/7: Usar o efeito Tesoura para remover a sobra

EBATINCA

	Add		Remove	Bhow 3D	- 🕥
> 3	•••		Na	me	P
14		bone			1
	1				
	Scissors				
Ð	Cut thre	ough the entire	segment from the	current viewpoint S	how details.
	Operati	on:	Shape:	Slice cut:	
d	• Era	side	O Free-form	• • Unlimited	
	O Era	se_utside	O Circle	O Positive	
	O Fill	inside	Rectar	O Negative	
	O Fill	outside	Centere) Symmetric	
	Contraction of the				

- Volte para o Editor de Segmentos
- 2. Apague a sobra







Parte 4: Mesclar e finalizar o fantoma

Visão geral:

- Criar segmentação a partir da peça base
- Copiar o segmento da peça base para a segmentação da vértebra
- Mesclar os dois segmentos
- Cortar o buraco no fantoma









4/1: Importar base para segmentação

0

- 0

DATA DCM BAVE Modules:	💰 Segment Editor 🎧 🍷 🦷	2			
1 4 4 4 4 A 6	Data				
	Add DICOM Data				
🕒 3D Slicer	Markups				
Help & Acknowledgement	Segment Editor				
	Segmentations				
Segmentation: Segmentation	Transforms				
Source volume: CTChest	View Controllers				
	Re Views				
Add F	Volume Rendering	*			
N 😤 👓 🔳	🕲 Volumes 🏳				
bone	Nelcome to Slicer				
2 14	Wizards +				
		▼ Export/import models an	d labelmaps		
		Operation:	O Export	Import	
		Input type:	🔘 Labelmap	Mode	
		Input node:	BasePiece	5	-
		Advanced			
			Import 🥋	ካ	
		A PATHON	C7T-	1	10
Copyright 2024	Verk	EBAIINCA	UNIVERSITY OF SZEGED		43



4/1/A Importar base para segmentação

Troque para o módulo de Dados, clique com o botão direito em PeçaBase e selecione "Converter modelo para nó de segmentação"





Arraste e solte a "PeçaBase" da "Segmentação PeçaBase" abaixo do segmento "Osso".











4/2: Mesclar no Editor de Segmento

Segmen	tation:	Segment	ation			
Source	volume:	CTChest	ł.			• 😳
	🐈 Ad	id	- Rei	move	Show 30	- 🔾 -
	2	- 1	1 Codillar	Nan	ne	P
2	6	•	BasePiece_1	B		0
15						
۰						
	ň	ogical ope	rators			
	ଭ	Apply log	ical operators or o	combine segme	ents Show detail	5.
ei)	(<u>1</u>)	Operation	n: Add	* A	Apply (A)	Bypass masking
٠	È	Add segn	nent: 3) ne sePiece_1	0	<u>(5)</u>	6
Сор	yright 202	24				EBATINCA

Volte ao *Editor de Segmentos*

- 1. Selecione Operadores Lógicos
- 2. Selecione a coluna (osso)
- Escolha a operação Adicionar
- 4. Selecione PeçaBase
- 5. Clique em Aplicar





4/3: Remover o segmento da base

Segmentation: Segment			gment	ation		
Source	volume	СТ	Chest			- 10
	4 A	dd		Remove	Show 3D	0-
N		• 0	-	Nam	e	P
14	- min	-		bone		1
1	6	-		BasePiece_1		0







4/3: Remover o segmento da base

Altere para o Módulo Dados



EBATINCA

Clique com o botão direito no nó do segmento PeçaBase e escolha "Excluir"







4/4: Use a ferramenta Tesoura para cortar o buraco no modelo do fantoma

Scissors		
Cut through the entire	e segment from the	current viewpoint Show detail
Operation:	Shape:	Slice cut:
RErase inside	Free-form	Unlimited
Carase outside	(Circle	O Positive
Fill inside	[]lectangle	O Negative
O Fill outside	Centered	Symmetric
Apply to visible segme	ents:	0.0000mm









4/4: Cortar um buraco no fantoma usando a ferramenta Tesoura

ð			
	Scissors		
	Cut through the entire se	gment from the	current viewpoint Show details.
	Operation:	Shape:	Slice cut:
	Rerase inside	O Free-form	Unlimited
Ø	Carase outside	Circle	O Positive
	Fill inside	Rectangle	O Negative
	Fill outside	Centered	O Symmetric
	Apply to visible segments	:	0.0000mm 🗇

Você também pode cortar o buraco diretamente na visualização 3D



Copyright 2024







49



O fantoma está pronto!











Parte 5: Salvar o fantoma como arquivo STL

Visão Geral:

- Exporte o segmento do fantoma para um nó de modelo.
- Salve o modelo em um arquivo STL.









5/1: Exportar o segmento do fantoma para um modelo

Altere para o módulo Segmentações





Active segmentation: Segm	entation			٠
Source geometry: CTChe	st	0	L II	
Add segment	Remove selected	Show 3D	*	5
🗠 📓 Opacity	Name		F	2
 1.00 bone 	<u>(</u>			
	1			
▼ Display				
Overall visibility: 🗸 Overal	l opacity:		1.00	÷
Visibility	Opaci	ity		
Slice fill: 🗸 🥌			0.80	¢
Slice outline: 🗸 💳			1.00	÷
3D: 🗸 💳			1.00	÷
Advanced				
 Representations 				
🙀 Binary labelmap				
 Closed surface Fractional labelman 	Update Make sour Create	ce		
Tractional abelinap	CIEBLE			
Copy/move segments				
	nd labelmaps			
 Export/import models ar 	apport	Import		
 Export/import models an Operation: 				
 Export/import models an Operation: Output type: 	2 eimap	Podels		
 Export/import models an Operation: Output type: Output node: 	Export models to new folde	r 3 Q	•	•

- 1. Selecione o segmento.
- 2. Selecione Exportar.
- 3. Escolha Modelos.
- Escolha Exportar modelos para uma nova pasta.
- 5. Clique em Exportar.



5/2: Salvar o modelo para STL

<u>File Edit View Help</u>	
DATA DCM Modules: 🔍 🔃 Data	
🕒 3D Slicer	
Help & Acknowledgement	

Save Scene and Unsaved	Data		- D	how options
✓ File Name	File Format		Directory	1950 - 19 70 - 1970
✓ 15.hole.done.mrml	MRML Scene (.mrml)	C:/Users/	/Documents	
✔ CTChest.nrrd	NRRD (.nrrd)	C:/Users/	/Documents	
V Segmentation.seg.nrrd	Segmentation (.seg.nrrd)	C:/Users/	/Documents	
V BaseToSpineTransform.h5	Transform (.h5)	C:/Users/	/Documents	
✔ bone.vtk	VTK Polygon Mesh (.vtk)	C:/Users/	/Documents	
	VTK Polygon Mesh (.vtk) VTK XML Polygon Mesh (.vtp) Stereolithograph (.st)			
Cha	ng Stanford Polygon (.ply) Wavefront Mesh (.			Cancel









5/1: Exportar o segmento do fantoma para um modelo

Mude para o módulo Dados, clique com o botão direito no segmento e clique em Exportar segmentos visíveis para modelos



Você pode definir a visibilidade de um segmento clicando no ícone do olho











5/2: Salvar modelo para STL



- Defina o diretório de saída clicando nos 3 pontos
- Clique no menu suspenso de formato de exportação e selecione '.stl'
- 3. Clique em Exportar

Filename:	bone.stl			
Directory:	C:/Users/	/Documents	*]
Export format:	Stereolithogra	phy Mesh (.stl)		
	Compress		<u> </u>	
	✓ Compress	Expo	Canc	el



Conclusão

No tutorial, resumimos, por meio de um exemplo, como podemos carregar e segmentar uma região anatômica no 3D Slicer, além dos passos necessários para preparar o modelo criado para impressão 3D.





Agradecimentos



National Alliance for Medical Image Computing

NIH U54EB005149



Ontario Consortium for Adaptive Interventions in Radiation Oncology



PerkLab, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada



University of Szeged, Szeged, Hungary

EBATINC

EBATINCA Ebatinca S.L. Las Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, Spain





