

inCCsight: Adaptação e Implementação de uma ferramenta para análise do Corpo Caloso¹

Palavras Chave: Software, Imagem de ressonância magnética, Open Science
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)

Autores

João Vitor Souza de Alcantara [IMECC]
Profa. Leticia Rittner [FEEC]

1 Introdução

A evolução das tecnologias aplicadas à medicina, como por exemplo, os equipamentos de imageamento, trouxe uma grande quantidade de novos métodos e especialidades. Os radiologistas, por exemplo, que antes apenas interpretavam visualmente filmes radiográficos impressos, se viram obrigados a analisar as imagens de forma qualitativa e quantitativa. Foi assim que o auxílio de ferramentas que permitam uma melhor análise nas estruturas contidas nas imagens passou a ser fundamental [Murphy et al. 2019], evidenciando a necessidade de ferramentas que realizem esses procedimentos trabalhosos de maneira rápida, automatizada e confiável.

As imagens médicas possuem o objetivo de fornecer a possibilidade de visualizar internamente o corpo humano de forma não invasiva. Dentre as diferentes técnicas de aquisição de imagens médicas, existe a ressonância magnética (RM), que se trata de uma técnica pouco invasiva e muito utilizada para os estudos [1]. Em RM, existe uma modalidade de imagens conhecida como Imagens de Tensores de Difusão (DTI), que mapeia a difusão de água nos tecidos, sendo muito útil para mapear tratos [2].

Existem diferentes ferramentas e softwares para estudar diferentes estruturas através de imagens médicas, no entanto, apenas em 2021 foi desenvolvido uma ferramenta para estudo do Corpo Caloso (CC) em DTI, o inCCsight [3]. A análise de DTI do corpo caloso contribui com o estudo de doenças como esquizofrenia [4], Alzheimer [5] e depressão [6], além de sua relação com aspectos da inteligência humana e deficiências cognitivas [7]. O inCCsight se trata de uma ferramenta de código aberto e que executa, de forma automática, as seguintes tarefas: (I) Cálculo de mapas escalares; (II) Segmentação do CC; (III) Parcelamento do CC; (IV) Análise estatística (Fig.1).

O presente projeto tem como propósito o aprimoramento da ferramenta inCCsight, com as motivações de tornar a ferramenta mais utilizável, incluir novas formas de visualização e análise de dados, e implementar um novo método de segmentação 3D do CC. Considerando o momento atual da ciência, o trabalho foi desenvolvido seguindo práticas da ciência aberta, de forma a incentivar a colaboração e a replicabilidade de pesquisas.

¹Ferramenta disponível em: <https://github.com/MICLab-Unicamp/inCCsight>

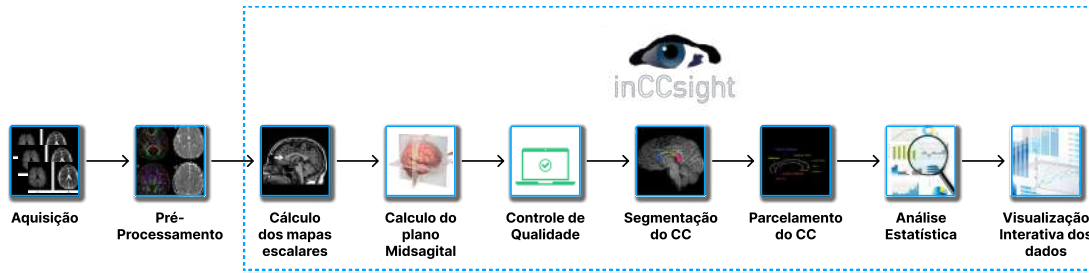


Figura 1: Ilustração do pipeline típico de processamento de DTI para análise do corpo caloso e as funções realizadas pelo inCCsight.

2 Metodologia

Para realizar o aprimoramento do inCCsight, levando em conta também o propósito de um desenvolvimento voltado para a ciência aberta e colaborativa, dividimos o projeto nas seguintes etapas: 1) Compreensão: Estudar os códigos e métodos implementados na ferramenta, afim de poder replica-los e melhora-los; 2) Recriação: Recriar a ferramenta utilizando técnicas e tecnologias mais apropriadas, que garantissem um desenvolvimento mais versátil; 3) Usabilidade e Performance: Melhorar a usabilidade da ferramenta para os usuários e melhorar a qualidade dos códigos e processos; 4) Aprimoramentos: Inserir novas visualizações, métodos e implementar o novo método de segmentação 3D do CC.

A metodologia para o desenvolvimento das etapas 2 e 3 foi inspirada no modelo de cascata [8], que se trata de uma abordagem sequencial, onde o desenvolvimento é visto como um fluxo constante para baixo (cascata), com várias fases: Análise de funcionalidades, Design, Interface, Backend, Métodos e Testes.

3 Desenvolvimento

3.1 Acesso e Instalação

Inicialmente o inCCsight dependia de uso do Docker (para usuários Windows) ou de uma instalação através do github e do terminal de comando. Após ser modificada em **Electron** (Um framework **Javascript** para desenvolvimento Desktop), o inCCsight foi transformado em um executável, comprimindo todos os métodos, bibliotecas e interface em um arquivo. Tal técnica permitiu que a instalação do inCCsight seja realizada com poucos cliques, ou que a ferramenta possa ser transmitida através de conexões LAN, ou ser instalada em um HD e inserida em um computador sem acesso a internet.

3.2 Mapeamento

Como a ferramenta já possuía diversas funções, métodos e implementações, foi necessário realizar um mapeamento dos mesmos, para compreender suas funcionalidades e garantir que não houvessem processos ou códigos desnecessários. Essa etapa serve de base também para futuras modificações e manutenções. Cada função foi mapeada em estrutura de árvore para melhor visualização e controle de fluxo.

3.3 Interface

Inicialmente o inCCsight foi desenvolvido inteiramente em **Python**. Embora **Python** seja uma linguagem de propósito geral, não é a mais adequada para o desenvolvimento de interfaces, assim foi escolhida tecnologias direcionadas para o frontend (**React** e **Electron**). Para garantir uma boa experiência de usuário (UX) e melhor controle sobre a interface, o design foi previamente prototipado no **Figma**.

O principal público alvo do inCCsight são pesquisadores, médicos e físicos-médicos, sendo grupo que não necessariamente possui familiaridade com linhas de comandos e códigos, assim foi necessário planejar e desenvolver interfaces intuitivas que eliminassem a necessidade de utilizar linhas de comando ou saber sobre programação. Para isso, cada componente e página foi prototipada pensando principalmente na usabilidade.

3.4 Segmentação e parcelamento

Dentro do inCCsight, as principais funções se resumem em realizar, de forma automatizada, a segmentação e parcelamento do CC. Enquanto a segmentação consiste em determinar as bordas do CC (para identificação), o parcelamento utiliza a estrutura segmentada para dividi-la em diferentes partes. Ambas atividades são complexas, demoradas e sujeitas a erros.

No inCCsight já estavam incluídos dois métodos implementados para segmentação do CC, um baseado em Watershed [9] e o ROQS [10]. Para o método baseado em Watershed foi necessário realizar uma recodificação e estruturação, eliminando a dependência de bibliotecas sem suporte e não adaptáveis aos sistemas operacionais. Já o ROQS foi polido para melhor performar. Além dos dois citados, um método de segmentação 3D baseado em Deep Learning [11] esta sendo implementado para a próxima versão da ferramenta.

3.5 Cálculos e visualização

Após as etapas de segmentação, parcelamento e controle de qualidade, são realizados os cálculos para cada um dos mapas escalares. Posteriormente, esses valores são utilizados para comparar diferentes grupos estatisticamente. Os dados obtidos são representados em diferentes tabelas e gráficos. Na versão inicial, as visualizações eram limitadas aos gráficos já inseridos na ferramenta, no entanto, agora é possível o usuário inserir suas próprias visualizações ou excluir visualizações que não são necessárias para ele. É possível também realizar o download das tabelas em formato CSV ou dos gráficos em formato PNG ou PDF, para adquirir as imagens e gráficos.

4 Resultados e Discussão

O processo de aprimoramento da ferramenta inCCsight focou inicialmente na resolução de problemas existentes na versão anterior, categorizados em: 1) Inicialização e entrada de dados; 2) Interface; 3) Compreensão de funcionamento; 4) Dependências. Além de solucionar os problemas existentes, novas funcionalidades foram implementadas, como por exemplo, a criação de um ícone de inicialização, a possibilidade de inserção de novos métodos e visualizações pelo usuário. A documentação e estrutura da ferramenta foram adaptadas para se adequarem aos princípios de código aberto, tornando-a de fácil integração e permitindo sua replicabilidade e aprimoramento colaborativo.

4.1 Inicialização e Entrada de dados

Na versão inicial do inCCsight, a inicialização da ferramenta era realizada via comandos no terminal. Da mesma forma, o upload de arquivos e pastas eram feitos através do terminal, passando parâmetros sobre o caminho das pastas e arquivos. Essa forma não se mostrava atrativa para os usuários sem familiaridade com linha de comando.

Na versão atualizada, a documentação explica como criar um atalho em formato de ícone para a inicialização da ferramenta. Além disso, uma tela de entrada de dados foi implementada, seguindo-se princípios de interface homem máquina (Fig.2), permitindo que o usuário consiga indicar a localização de pastas de entrada de forma intuitiva, antes de inicializar o processamento dos dados.

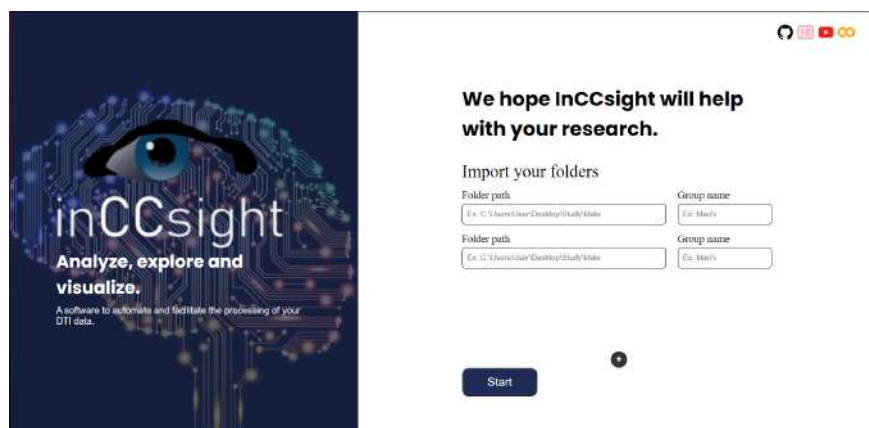


Figura 2: Instruções e exemplo de submissão de dados na antiga versão do inCCsight

4.2 Interface

Na versão inicial do inCCsight, desenvolvida em Python, a manipulação e manutenção da interface eram bastante limitadas. À partir da criação dos componentes da interface em React, foram recriadas facilmente as interfaces originais, já realizando alterações pertinentes. Dentre as principais alterações na reestruturação, estão a criação de um menu lateral que pode ser ocultado, telas de configurações e personalização, como componentes independentes que evitam o carregamento desnecessário sem serem renderizados.

O Kit de Interface de Usuário (UI) desenvolvido no Figma permite que usuários e desenvolvedores reutilizem os componentes, cores, fontes e o design do inCCsight para prototiparem e criarem seus próprios componentes (Fig. 3, esq.). O UI Kit criado garante que o padrão estético estabelecido anteriormente não seja quebrado ou desfigurado.

4.3 Dependências

Dentre os diferentes métodos de segmentação implementados no inCCsight, o método de segmentação por Watershed [9] utilizava uma função específica de uma biblioteca desenvolvida em C, que apresentava incompatibilidades em ambientes Windows. Decidiu-se pela implementação de uma solução própria em Python, componentizada, de fácil manutenção e que se adequasse a todos os ambientes.

4.4 Novas funcionalidades

Uma das principais ideias para tornar o inCCsight mais aberto para colaboração, foi permitir a inserção de novos métodos, gráficos e visualizações pelos próprios usuários. Utilizando o React e o Plotly, foram criados métodos de inserção e personalização de novos gráficos, permitindo explorar a visualização dos dados de outras formas (Fig. 3, dir.). Além dessas, um novo método de segmentação 3D desenvolvido internamente está prestes a ser implementado na ferramenta.

5 Conclusão

Nesse projeto, as melhorias e aprimoramentos do inCCsight foram realizados aplicando os conceitos de reprodutibilidade, código aberto e engenharia de software para tornar a ferramenta mais utilizável e versátil, além de torná-la mais convidativa ao uso. Por ainda existir aspectos para melhorias, o projeto segue em desenvolvimento, disponível em <https://github.com/MICLab-Unicamp/inCCsight>. Perspectivas de trabalhos futuros incluem a implementação de visualizações 3D a partir de resultados advindos de redes de aprendizado profundo e mais opções de personalização para diferentes casos de usos.

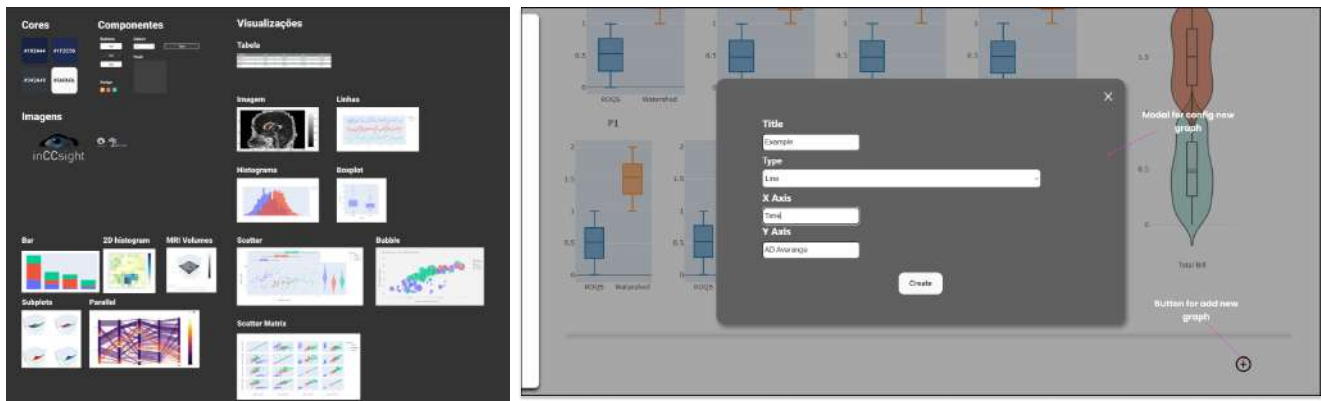


Figura 3: User Interface Kit desenvolvido para o inCCsight (esq); Tela de inserção de novos gráficos no inCCsight desenvolvida em React (dir)

Referências

- [1] Lautebur P. Image formation by induced local interactions. Examples employing nuclear magnetic resonance. 1973. Clin Orthop Relat Res. 1989 Jul;(244):3-6.
- [2] Bassar PJ, Pajevic S, Pierpaoli C, Duda J, Aldroubi A. In vivo fiber tractography using DT-MRI data. Magn Reson Med. 2000 Oct;44(4):625-32. doi: 10.1002/1522-2594(200010)
- [3] Caldeira T et al. "inCCsight: A software for exploration and visualization of DT-MRI data of the Corpus Callosum." Computers Graphics 99 (2021): 259-271.
- [4] Joshi SH, Narr KL, Philips OR, Nuechterlein KH, Asarnow RF, Toga AW, Woods RP, Statistical shape analysis of the Corpus Calosum in schizophrenia, Neuroimage 2013;64:547-59
- [5] Teipel SJ, Bayer W, Alexander GE et al.. Progression of Corpus Calosum atrophy in Alzheimer disease. Arch Neurol 2002;59(2):243-8.
- [6] Walterfang M, Yücel M, Barton S, Reutens DC, Wood AG, Chen J, Lorenzetti V, Velakoulis D, Pantelis C, Allen NB. Corpus Calosum size and shape in individuals with current and past depression. J Affect Disord 2009;115(3): 411-420.
- [7] Luders E, Narr KL, Bilder RM, Thompson PM, Szeszko PR, Hamilton L, Toga AW. Positive correlations between Corpus Calosum thickness and intelligence. Neuroimage 2007;37(4):1457-64.
- [8] Petersen K, Wohlin C, Baca D (2009). Bomarius F, Oivo M, Jaring P, Abrahamsson P (eds.). "The Waterfall Model in Large-Scale Development". Product-Focused Software Process Improvement. Lecture Notes in Business Information Processing. Berlin, Heidelberg: Springer: 386-400. doi:10.1007/978-3-642-02152-7_29. ISBN 978-3-642-02152-7.
- [9] Santos G. Métodos de parcelamento do Corpo Caloso em Imagens de Tensor de Difusão: implementação, desenvolvimento e análise. 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/322752>. Acesso em: 1 set. 2018.
- [10] Niogi S, Mukherjee P, McCandliss B. Diffusion tensor imaging segmentation of white matter structures using a reproducible objective quantification scheme (ROQS). Neuroimage 2007;35(1):166-74.
- [11] Rodrigues J et al. "Volumetric segmentation of the corpus callosum: training a deep learning model on diffusion MRI." 17th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis. Vol. 12088. SPIE, 2021.