نرم‌افزار BronchoVision

ورژن 12-2020

فهرست مطالب

[ معرفی 1](#_Toc58676737)

[ بستر کدنویسی 2](#_Toc58676738)

[ مشخصات برنامه 2](#_Toc58676739)

[ بخش گرافیکی و رابط کاربری 3](#_Toc58676740)

[ کدهای برنامه 5](#_Toc58676741)

[ استخراج Centerline 5](#_Toc58676742)

[ فرآیند رجیستریشن 7](#_Toc58676743)

## معرفی

برنامه BronchoVision، به عنوان بخش نرم‌افزاری سیستم برونکوسکوپی مجازی، برای پیاده سازی سه هدف اصلی، در حال توسعه است. این اهداف، عبارتند از:

1. قابلیت خواندن و نمایش دوبعدی و سه بعدی تصاویر پزشکی در فرمت های مختلف
2. پردازش تصویر و اجرای الگوریتم‌های مورد نیاز (Segmentation، Registration و ...)
3. برقراری ارتباط با دستگاه Tracker و نمایش موقعیت سنسور و برونکوسکوپ بر روی تصاویر

در این قسمت، مشخصات و ساختار کدنویسی این نرم‌افزار شرح داده شده است.

## بستر کدنویسی

تمام کدهای این برنامه، به زبان پایتون (ورژن 3.6) و با استفاده از کتابخانه‌های موجود برای این زبان، نوشته شده است. کتابخانه های اصلی مورد استفاده در این کد، در جدول زیر آمده اند:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| کاربرد | | کتابخانه (ها) |
| طراحی رابط کاربری | PyQt5 | |
| خواندن / نوشتن و نمایش تصاویر پزشکی | ITK / VTK | |
| استخراج خط مرکزی (centerline) مسیر هوایی | VMTK | |
| محاسبات و خواندن/نوشتن داده‌های عددی | Numpy / Scipy | |
| برقراری ارتباط و دریافت داده از Tracker | Scikit-Surgerynditracker | |
| پیاده سازی الگوریتم رجیستریشن نقاط | PyCPD | |
| ایجاد و مدیریت دیتابیس بیماران | SQLite | |
| نمایش نقاط و فرآیند رجیستریشن | Matplotlib | |

## مشخصات برنامه

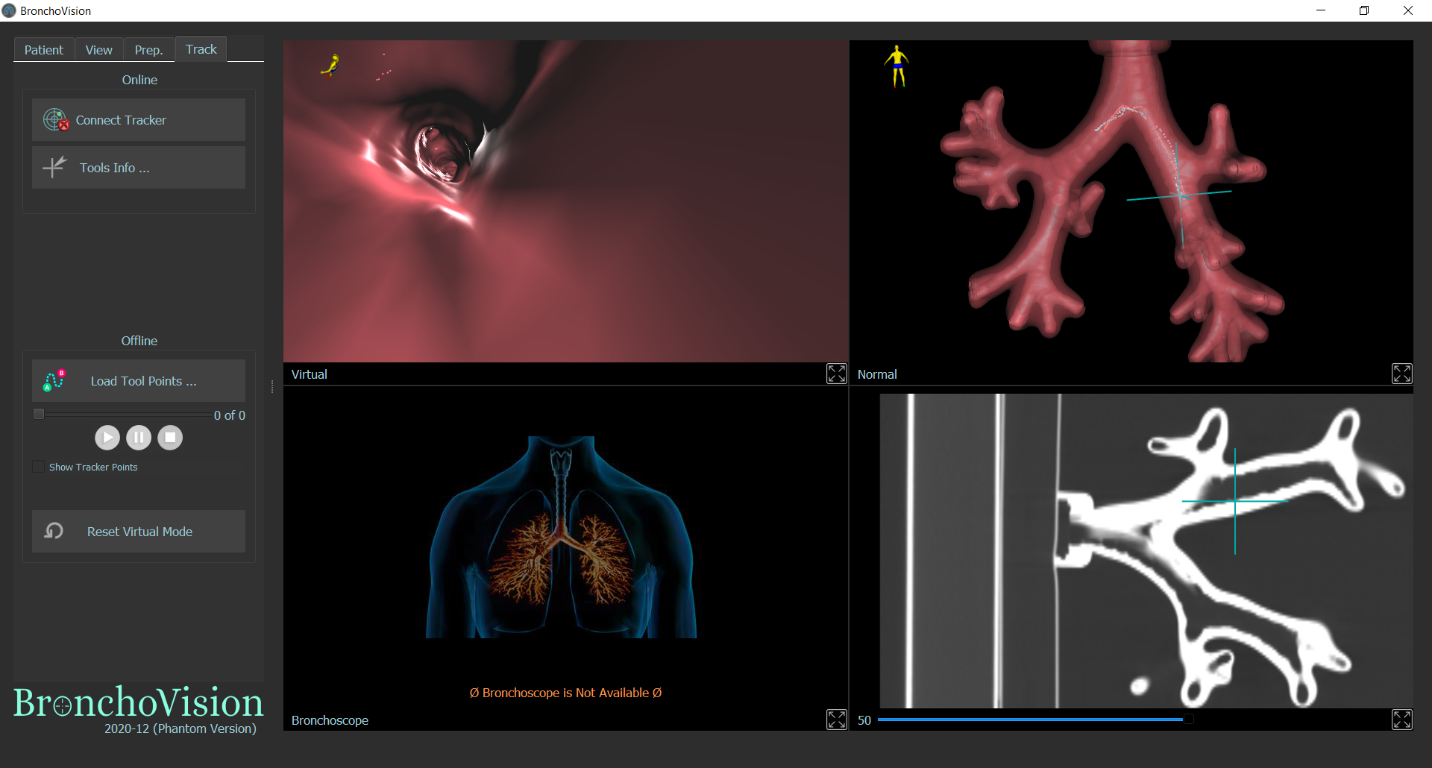
برنامه BronchoVision شامل دو بخش اصلی و مجزا از یکدیگر است:

* بخش گرافیکی و رابط کاربری: این بخش عمدتا با استفاده از کتابخانه PyQt5 ایجاد شده و شامل فایل‌های ساختاری (ui) و کدهای پایتون مربوط به آن‌ها است.
* کدهای برنامه: در این بخش، کدهای پایتون برنامه قرار دارد که شامل یک کد اصلی و مجموعه‌ای از کدهای جانبی (ماژول‌ها) است. هر کدام از ماژول‌های جانبی، برای انجام یکی از کارهای اصلی برنامه نوشته شده اند و کد اصلی برنامه، مجری منطق کلی برنامه و رابط بین کدهای برنامه و بخش رابط کاربری است.

در ادامه، جزئیات هر کدام از این دو بخش، به طور جداگانه ارائه شده است.

### بخش گرافیکی و رابط کاربری

پنجره اصلی برنامه، از دو پنل اصلی تشکیل شده است. پنل مربوط به کنترل‌ها و دکمه‌ها در سمت چپ و پنل مربوط به نماها در سمت راست. نمایی از پنجره اصلی برنامه و بخش های مختلف آن در تصویر زیر، نمایش داده شده است:



پنل کنترل، شامل چهار تب Patients، Views، Prep. و Track است که به ترتیب کنترل‌های مربوط به دیتابیس بیماران، تنظیمات نماها، سگمنتیشن/رجیستریشن و ارتباط با Tracker در آن‌ها قرار گرفته‌اند.

پنل نماها شامل دو نمای سه‌بعدی Virtual و Normal، به ترتیب برای نمایش برونکوسکوپ مجازی و نمای سه‌بعدی تصویر از بیرون، یک نمای دوبعدی برای نمایش اسلایس‌های مختلف تصویر و یک نمای ویدیو برای نمایش تصاویر دوربین برونکوسکوپ است.

علاوه بر پنجره اصلی برنامه, چهار پنجره جانبی نیز طراحی شده‌اند که عبارتند از:

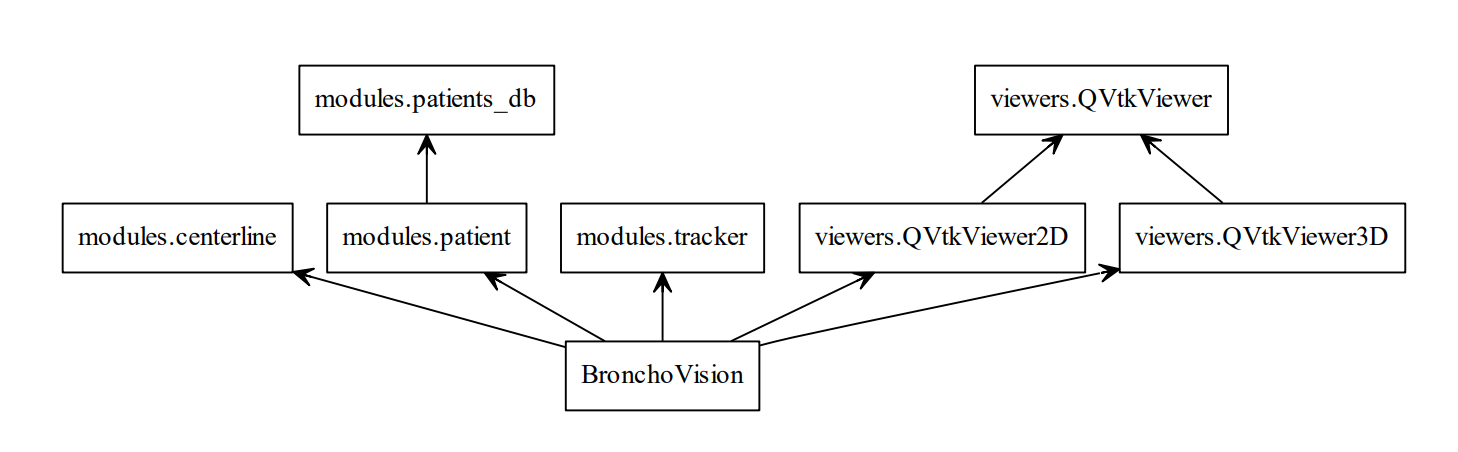
* پنجره اضافه کردن بیمار جدید
* پنجره نمایش فرآیند رجیستریشن
* پنجره نمایش ماتریس رجیستریشن
* پنجره نمایش مختصات سنسورها

پنجره نمایش فرآیند رجیستریشن، قبل و بعد از اجرای الگوریتم رجیستریشن در شکل زیر نمایش داده شده است (فرآیند رجیستریشن در بخش بعدی توضیح داده شده است).

|  |
| --- |
|  |
| قبل از رجیستریشن. نقاط قرمز: مسیر مرکزی محاسبه شده در تصویر CT؛ نقاط آبی: مسیر رکورد شده توسط حرکت سنسور Tracker |
|  |
| بعد از رجیستریشن. هر دو مسیر بر روی هم منطبق شده اند. |

### کدهای برنامه

دیاگرام کلی ساختار کدنویسی برنامه به صورت زیر است:



همان‌طور که در دیاگرام بالا مشاهده می‌شود، این نسخه از برنامه، شامل یک کد اصلی (BronchoVision) ، چهار ماژول tracker، patient، patient\_db و centerline و دو کد مربوط به مدیریت نماهای دوبعدی و سه‌بعدی (QVtkViewer2D و QVtkViewer3D) است.

ماژول tracker حاوی کدهای مربوط به اتصال به tracker و دریافت مختصات سنسورها است. ماژول patient حاوی کدهای مربوط به بارگذاری و ذخیره تصاویر پزشکی و مشخصات آن‌ها است. کدهای مربوط به ارتباط با دیتابیس بیماران در ماژول patient\_db و کدهای مربوط به استخراج مسیر مرکزی تصاویر، در ماژول centerline قرار گرفته‌اند.

در بخش نماها، یک کلاس اصلی با نام QVtkViewer ایجاد شده و دو کلاس QVtkViewer2D و QVtkViewer3D از آن ارث بری می‌کنند. کدهای مربوط به نحوه نمایش تصاویر دوبعدی و سه‌بعدی و تنظیمات مربوط به نماها در این قسمت‌ها نوشته شده‌اند.

در کد اصلی برنامه، علاوه بر کدهای ارتباطی بین ماژول‌ها و مدیریت رابط کاربری برخی از الگوریتم‌های مورد نیاز نیز پیاده سازی شده‌اند که اصلی ترین آن‌ها، الگوریتم رجیستریشن است. نحوه استخراج مسیر مرکزی تصویر (centerline) و فرآیند رجیستریشن، در ادامه توضیح داده شده‌است.

### استخراج Centerline

برای استخراج مسیر مرکزی از تصویر سه‌بعدی (به عنوان مرحله اول فرآیند رجیستریشن) از کتابخانه VMTK در پایتون استفاده شده است. محاسبه centerline در این روش، در سه مرحله انجام می‌شود:

* انتخاب نقطه/نقاط شروع مسیر بر روی تصویر سه‌بعدی
* انتخاب نقطه/نقاط انتهای مسیر بر روی تصویر سه‌بعدی
* محاسبه مسیر بین نقطه/نقاط ابتدایی تا نقطه/نقاط انتهایی به طوری که از مرکز مسیر هوایی عبور کند

محاسبه مسیر مرکزی در این روش، به صورت اتوماتیک محاسبه می‌شود. در شکل‌های زیر، یک نمونه از اجرای این روش با یک نقطه ابتدایی و دو نقطه انتهایی، بر روی تصویر فانتوم نمایش داده شده‌است:

|  |
| --- |
|  |
| نقطه شروع مسیر (به رنگ قرمز) |
|  |
| دو نقطه انتهایی مسیر (به رنگ قرمز) |
|  |
| مسیر مرکزی محاسبه شده بین نقاط انتخابی |

### فرآیند رجیستریشن

با توجه به محدودیت‌های دسترسی به نقاط مختلف راه‌های هوایی، برای انطباق، فضای تصویر با فضای فیزیکی tracker، فرآیند زیر مورد استفاده قرار گرفت:

1. استخراج نقاط مسیر مرکزی ابتدای راه‌های هوایی در تصویر سه‌بعدی CT
2. دنبال کردن مسیر مشابه و متناظر در فضای فیزیکی توسط سنسور
3. انطباق نقاط دو مسیر تصویر و سنسور، توسط الگوریتم رجیستریشن CPD و محاسبه‌ی ماتریس رجیستریشن (برای اعمال بر روی مختصات سنسور)

بعد از اجرای الگوریتم CPD و محاسبه‌ی ماتریس رجیستریشن، این ماتریس بر روی مختصات نقاط دریافتی از سنسور Tracker اعمال شده و محل درست ابزار یا برونکوسکوپ بر روی تصویر CT نمایش داده می‌شود. شکل زیر، نقاط دو مسیر ذکر شده بعد از انطباق را بر روی تصویر سه‌بعدی فانتوم، محل درست سنسور و تصویر مجازی برنکوسکوپ در برنامه را نشان می‌دهد.

