

## Исследование

по теме

---

Методы и технологии, рекомендуемые к использованию при решении задач диагностики дыхательных путей человека:

*Выделение носовой перегородки на КТ – снимках.*

*Расчет объема дыхательных пазух по КТ.*

---

## ***Оглавление***

---

1. *Формат исходных данных.*
2. *Средства, исследуемые для объемной визуализации КТ-снимков.*
3. *Средства, исследуемые для идентификации носовой перегородки .*

## Формат исходных данных

DICOM — это стандартный формат медицинских изображений. Производители медицинского оборудования для обработки изображений используют формат DICOM для распространения изображений (точно так же, как производители цифровых камер распространяют изображения в формате JPEG). Файлы DICOM содержат изображения вместе с подробной информацией о пациенте, скане, сгенерировавшем изображение, и характеристиках самого изображения.

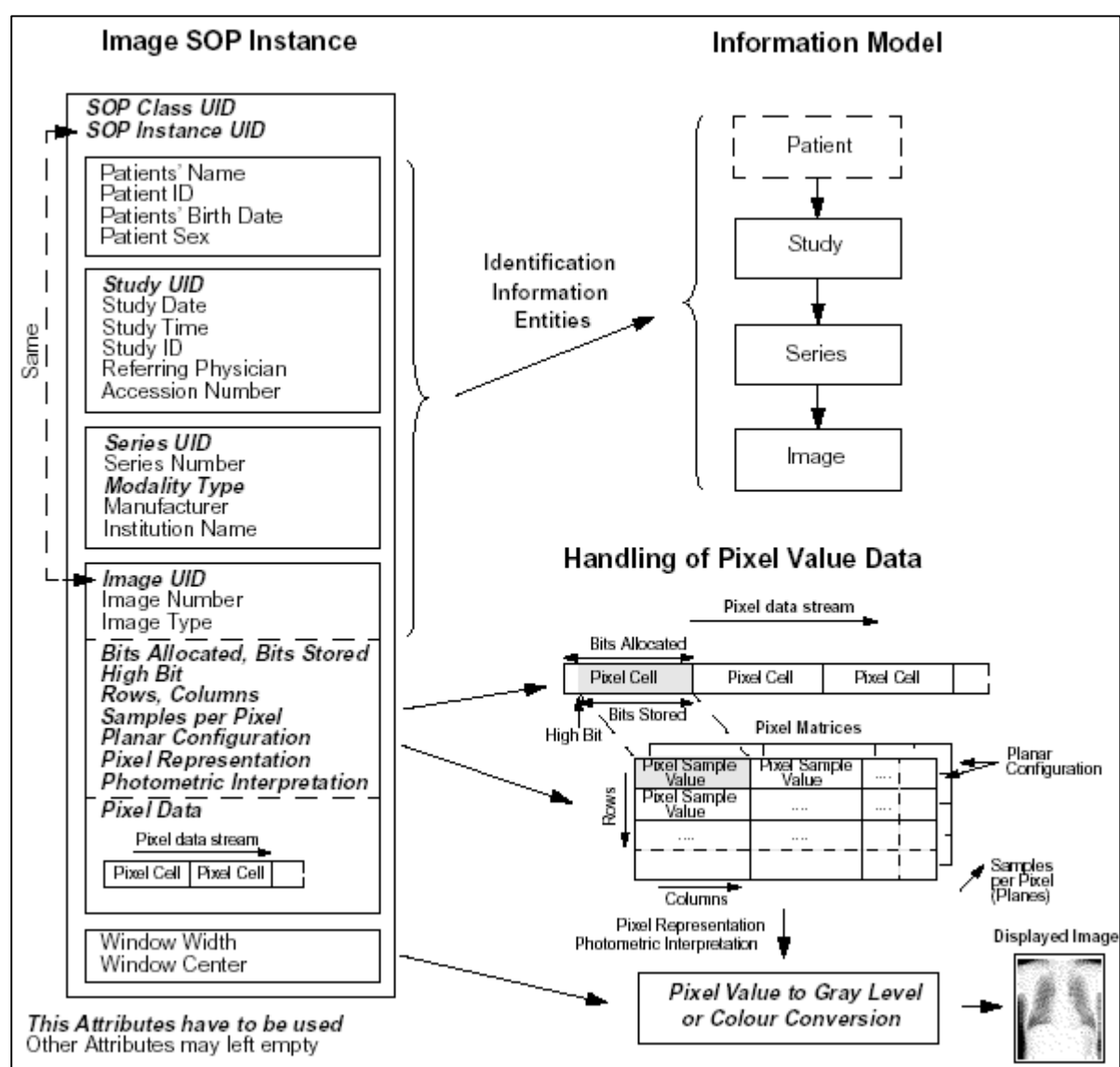


Рисунок 1. Структура файла DICOM.

Особенностью формата является то, что DICOM сохраняет один файл на срез, поэтому 3D-сканирование может содержать сотни файлов. Каждый файл DICOM разработан как автономный — вся информация, необходимая для идентификации файла, содержится в каждом заголовке. Эта информация организована в 4 уровня иерархии — пациент, исследование, серия и экземпляр.

Отдельные исследования, представляют собой набор папок, где файлы объединяются сначала по UID пациента, затем UID экземпляра исследования, затем UID экземпляра серии и, наконец, само имя DICOM файла — это номер экземпляра.

Таким образом, хранение снимков в отдельных файлах может способствовать большему удобству при извлечении и обработке информации, хранящейся на них.

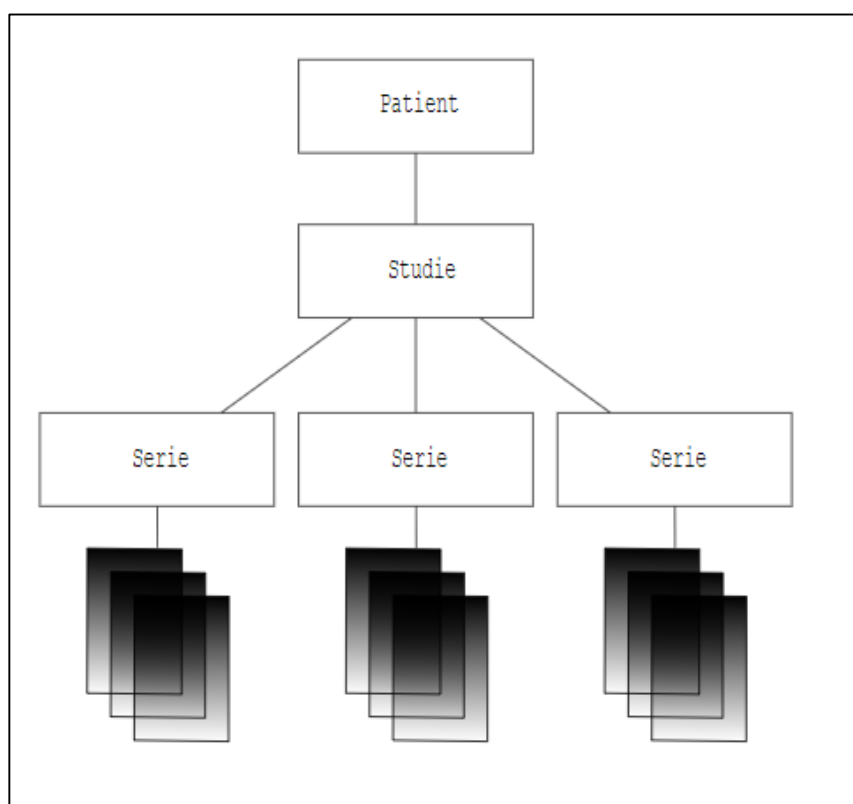


Рисунок 2. Структура хранения файлов в формате DICOM.

## Средства объемной визуализации КТ-снимков

Для выполнения работы необходимо программное средство, умеющее работать с набором изображений DICOM и строящее по ним объемную модель. Немаловажным является и возможность расширения существующего функционала приложения.

Из приложений, удовлетворяющим вышеперечисленным требованиям, выделено три, потенциально подходящих для решения задачи: [3D Slicer](#), [InVesalius 3](#), [Starviewer](#).

История каждого из них начиналась с необходимости удовлетворить локальные потребности отдельных институтов или организаций, связанных с медициной. В частности, было необходимо средство, с помощью которого можно помочь упростить анализ данных, полученных в результате медицинских диагностических исследований.

Широкому кругу людей, то есть непосредственным пользователям готового приложения, будет интересно не столько как оно устроено внутри, сколько как удобно представлено взаимодействие с этим приложением. Выбор приложения с наиболее удачным интерфейсом пользователя (в случае если потенциал для расширения функционала приложений равнозначный) может существенно упростить задачу разработки. Исходя из этого, сравнительный тест будем начинать с позиции конечного потребителя продукции.

При открытии приложения 3D Slicer, пользователя встречает рабочая область с достаточно большим функционалом. Наличие всевозможных кнопок для выполнения базовых функций приложения будет продемонстрировано пользователю сразу. Область в которой будут отображаться снимки исследований, а также 3d модель является постоянной. Подход жесткого закрепления элементов интерфейса, даже когда закрепленные за

ним функции не используются, может вызвать у пользователей, особенно старшего поколения, ощущение кнопочного телефона, а значит надежного и стабильного функционирования.

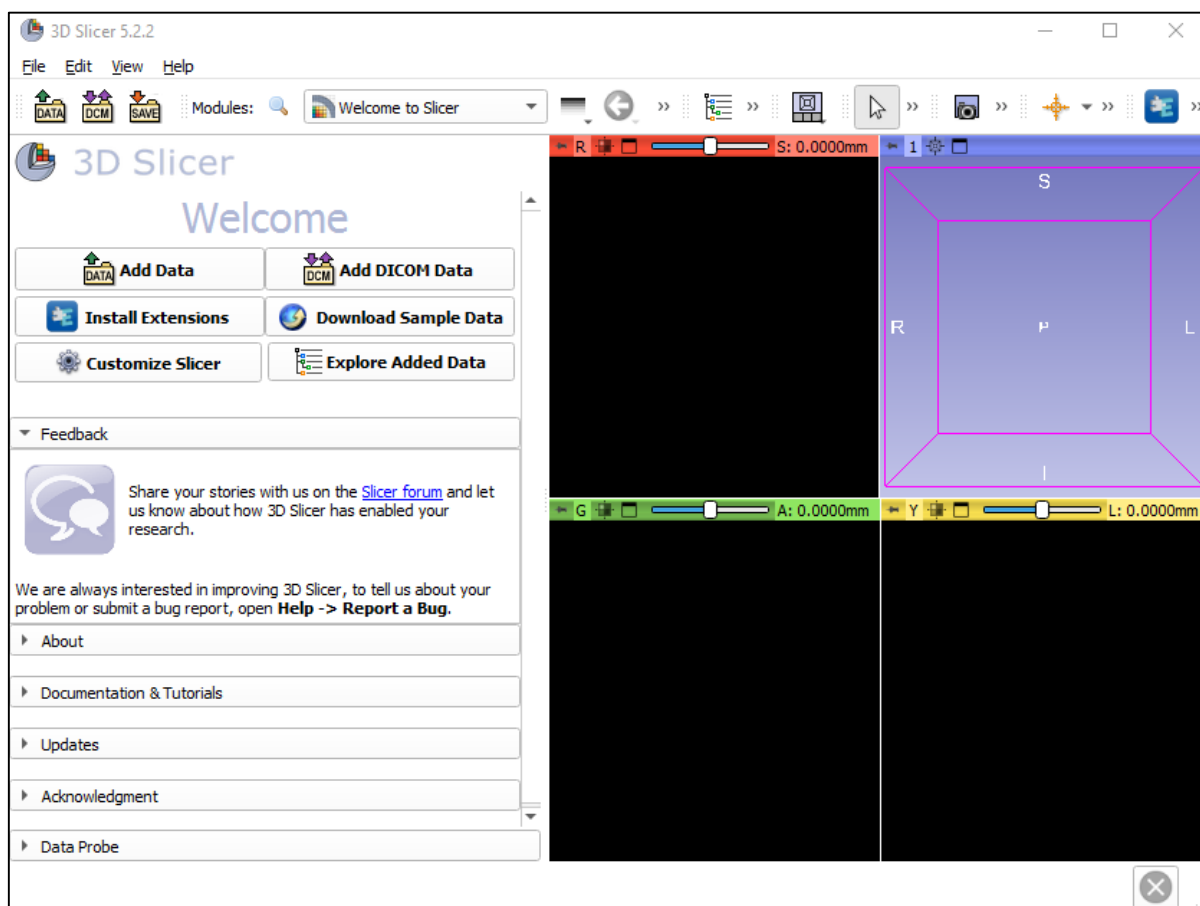


Рисунок 3. Пользовательский интерфейс 3D Slicer.

Начальный экран InVesalius 3 покажется похожим на предыдущую программу. Большое количество функций приложения будут сопровождаться иконками, которые выглядят немного современнее чем у Слайсера. Область с ползунками будет отсутствовать до импортирования и открытия конкретного медицинского исследования. Немаловажной особенностью InVesalius 3, а если говорить правильно, то неоспоримым преимуществом будет поддержка русского языка, который предложат выбрать при установке приложения.

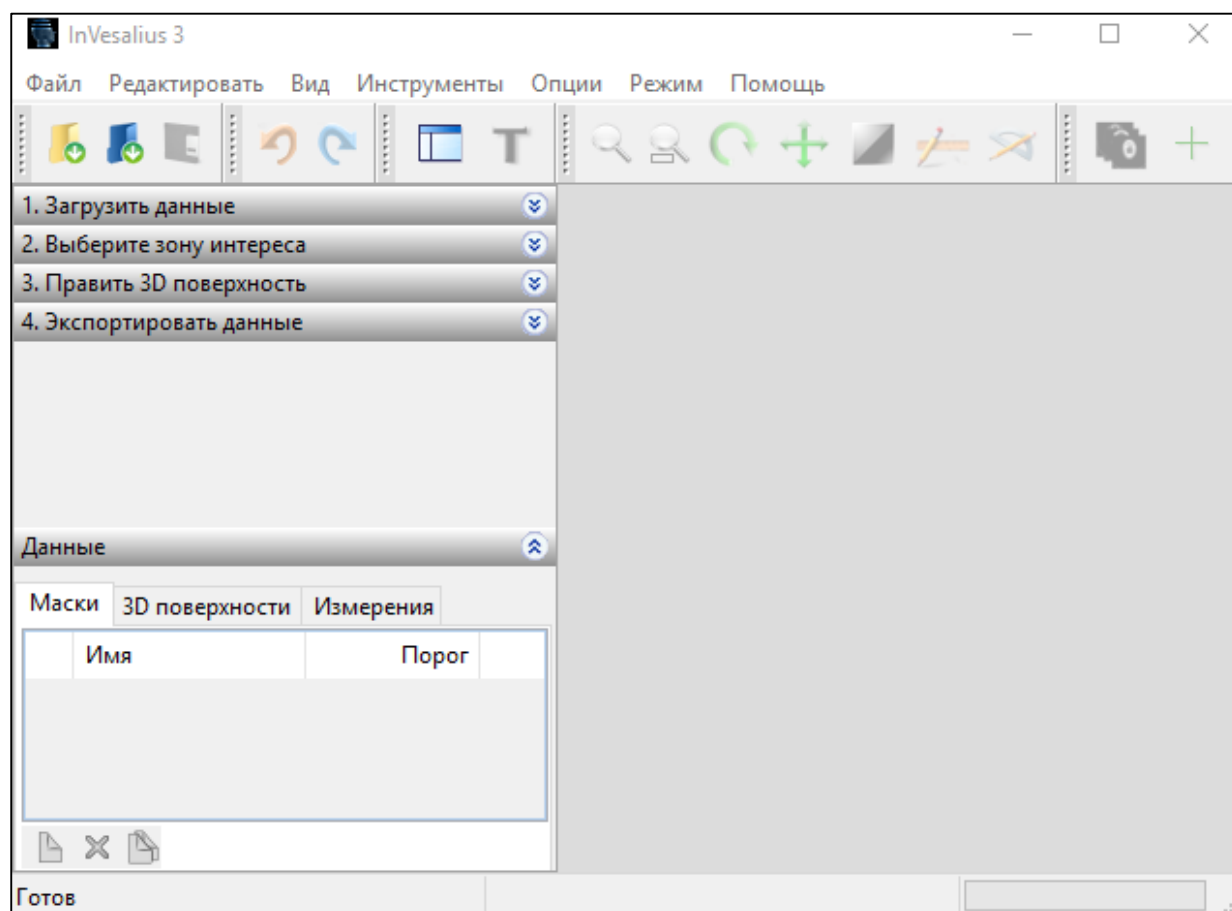


Рисунок 4. Пользовательский интерфейс InVesalius 3.

Открытие приложения Starviewer может натолкнуть на мысль что эта программа не умеет ничего из того что могут ее конкуренты. Пользователя встретит только строка меню и графитовая область, в которой как может показаться должен находиться “непрогрузившийся” функционал приложения. На самом же деле, до импортирования медицинского исследования, все узконаправленное меню показываться не будет.

При первом знакомстве именно Starviewer создает ощущение самого современного приложения. Меню, выдержанное преимущественно в трех цветах и иконках, оформленных в одном стиле, оставляет приятное впечатление.

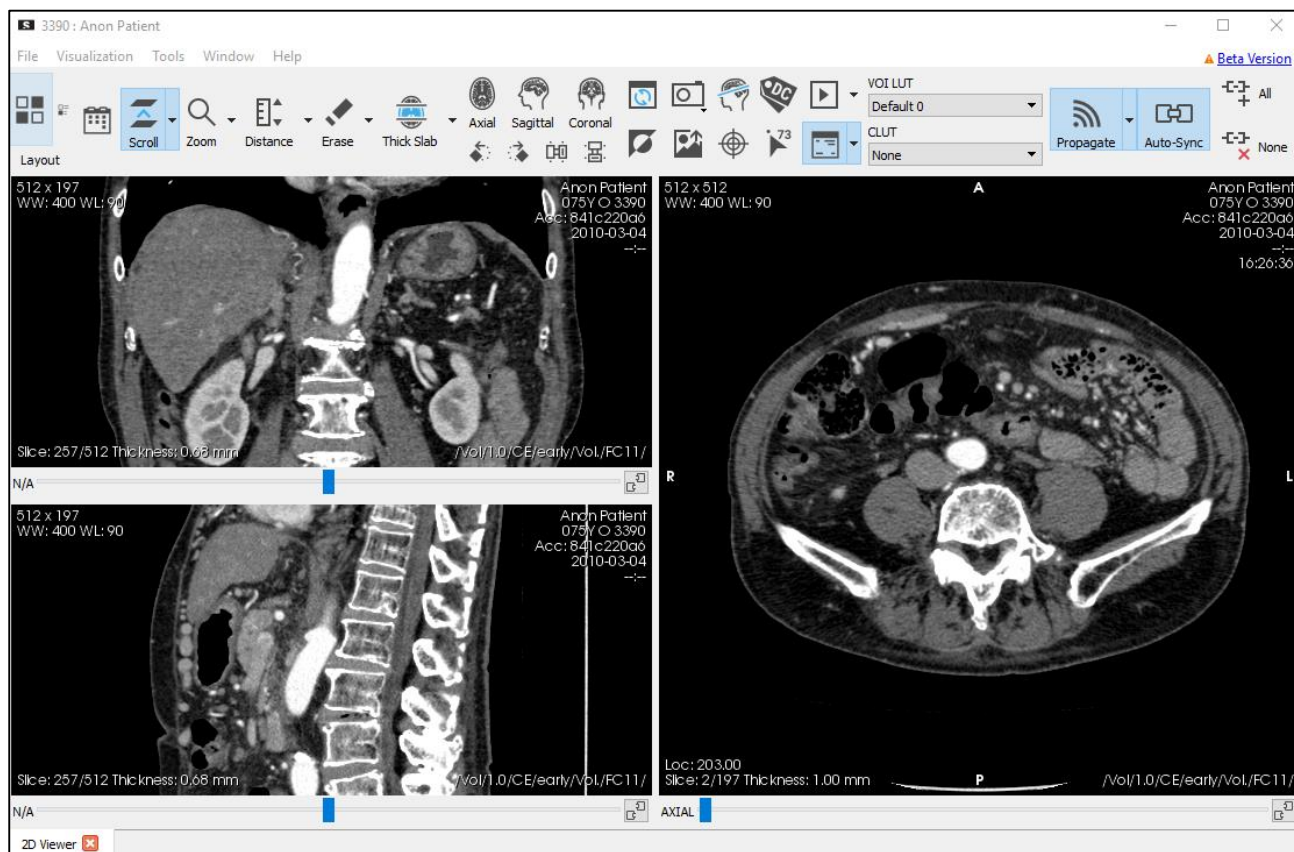


Рисунок 5. Пользовательский интерфейс Starviewer.

Являются ли ощущение пользователя единственным критерием для выбора базы для модернизации? Конечно же нет! Для начала стоит проверить функциональность на практике. Построим 3D-модель по реальным КТ-снимкам, сделанным не так давно. В качестве исходных файлов будет загружен каталог, содержащий снимки, сделанные в рамках одного исследования, в формате DICOM.

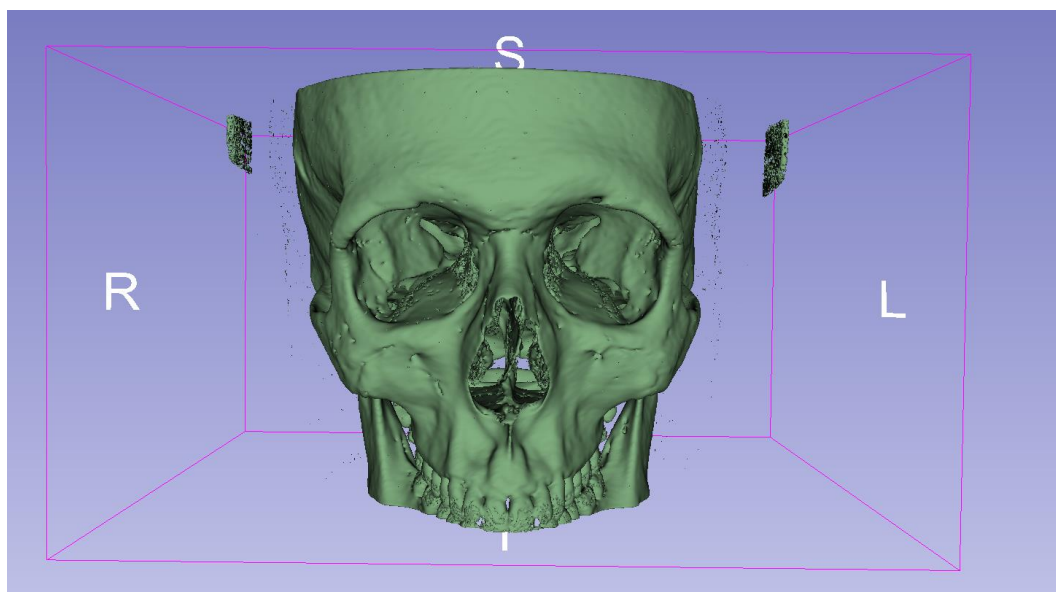
И 3D Slicer и InVesalius 3 имеют соответствующие пункты меню, позволяющие без особых усилий подгрузить файлы. Starviewer же в этом плане является наименее интуитивно - понятным – нужную кнопку удалось найти не с первого раза.

Приступим к рендерингу объемных моделей силами встроенных функций приложений. Качество 3d модели у 3D Slicer и InVesalius 3 одинаково хорошее, по крайней мере в рамках одного тестового случая. Starviewer в свою очередь

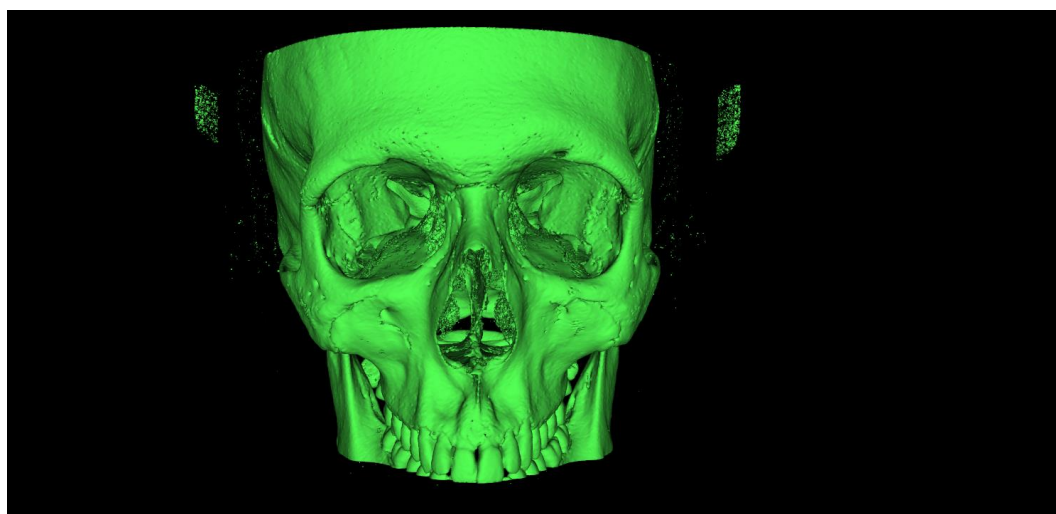


строит модель очень странно. Создать с помощью Starviewer хоть сколько-нибудь похожее на то что было создано другими участниками сравнительного теста оказалось проблематично.

Обращение к видеогайдам и пользовательским мануалам не увенчалось успехом. Первых – просто нет. Вторые – существуют в единственном экземпляре, и то на испанском языке.



*Рисунок 6. Модель, сгенерированная 3d slicer*



*Рисунок 7. Модель, сгенерированная InVesalius 3*

Финальным критерием выбора является удобством для разработчика. И если считать что из предыдущего пункта Starviewer больше не рассматривается как кандидат для использования, то выбирать придется между *3D Slicer* и InVesalius 3.

Стоит отметить, что в сравнении не принимали участия программы, удовлетворяющие критериям функциональности, но работающие только на Mac OS, а также бесплатные программы, не являющиеся Open Source проектами.

InVesalius 3 разрабатывался в рамках соглашения с Министерством здравоохранения Бразилии и казалось бы, что это лучший вариант, тем более что текущая задача непосредственно связана с медициной. Но оказывается, что найти какие-либо руководства на английском языке, кроме пользовательских, является не самой легкой задачей. Несмотря на это, InVesalius 3 был выбран для участия в Google Summer of Code 2023. Может быть стоит вести поиск оттуда?

С “[гугловского](#)” сайта попадаем на сайт [министерства науки, технологий и инноваций Бразилии](#) (они ответственны за свободно распространяемое ПО), где на странице посвященной InVesalius, в пункте “Как внести свой вклад?” переходим по ссылке, ведущей... ..на станицу [Центра информационных технологий Ренато Арчера](#).

Уже на этом этапе поиск документации по InVesalius можно считать нецелесообразным, ведь есть замечательное средство *3D Slicer*. Большое количество документации и прочей информации о данном приложении сделает разработку намного более эффективной чем на базе другого аналога. Встроенные [возможность расширенной сегментации с помощью ИИ](#) и развитая [система расширений](#) так же поспособствуют решению поставленной задачи.

Исходя из вышеописанных особенностей, предпочтение отдается разработке на основе 3D Slicer.

## Средства объемной визуализации КТ-снимков

---

Таблица 1. Сравнение основных свойств исследуемых приложений.

Критерий	<i>3D Slicer</i>	<i>InVesalius 3</i>	<i>Starviewer</i>
Пользовательский интерфейс	6/10	7/10	8/10
Функциональность	9/10	8/10	6/10
Пригодность к расширению функционала	8.5/10	6.5/10	5/10
Наличие документации и иной информации необходимой в разработке	8/10	6/10	5/10
Производительность	6/10	6.5/10	7/10
Качество 3d моделирования	8/10	7/10	2/10

Таблица 2. Сравнение основных свойств исследуемых приложений.




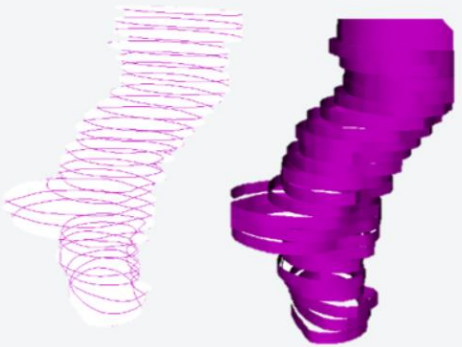
Критерий	<i>3D Slicer</i>	<i>InVesalius 3</i>	<i>Starviewer</i>
Разработчик	Harvard University	Information Tecnology Center Renato Archer	Graphics & Imaging laboratory at the University of Girona and the Institut de Diagnòstic per la Image.
<i>free</i>	+	+	+
<i>Open source</i>	+	+	+
Язык разработк и	C++, Python	Python	C++
Платформ а	Windows/Linux/M ac	Windows/Linux/M ac	Windows/Linux/M ac
Локализаци я	нет	Да	нет
Чтение .DCM	да	Да	да
Построени е объемной модели	да	Да	да

## Средства идентификации носовой перегородки

Сегментация изображения (или контурирование) – это процедура очерчивания участков изображения, в частности, соответствующих различным анатомическим структурам. Данная процедура необходима для визуализации структур, измерения их параметров, ограничения области анализа и т. д.

Сегментация может быть произведена вручную, но чаще всего используются полуавтоматические и автоматические методы сегментации. 3D Slicer предлагает модуль Segment editor, в котором реализованы различные методы сегментации.

Полученные в результате сегментации участки могут быть представлены в различном виде. Некоторые способы представления, их достоинства и недостатки представлены на рис. 8.

Binary labelmap	Closed surface	Fractional labelmap	Planar contours, ribbons
			
easy 2D viewing and editing, always valid (even if transformed or edited)	easy 3D visualization	quite easy 2D viewing and editing, always valid, quite accurate	accurate 2D viewing and editing
inaccurate (finite resolution) requires lots of memory if overlap is allowed	difficult to edit, can be invalid (e.g., self-intersecting), especially after non-linear transformation	requires lots of memory	ambiguous in 3D, poor quality 3D visualization

*Рисунок 8. Сравнение разных видов представления сегментированных участков изображения.*

## Средства идентификации носовой перегородки

Чаще всего используется представление в виде binary labelmap, так как данные в таком представлении проще редактировать.

3D Slicer предоставляет модули для работы с сегментацией, такие как Segment editor и Segment statistics.

Модуль Segment editor позволяет выделять сегменты на 2D/3D/4D изображениях. Данный модуль предлагает инструменты для редактирования перекрывающихся друг друга сегментов, редактирования данных, представленных в трёхмерном виде и т. д.

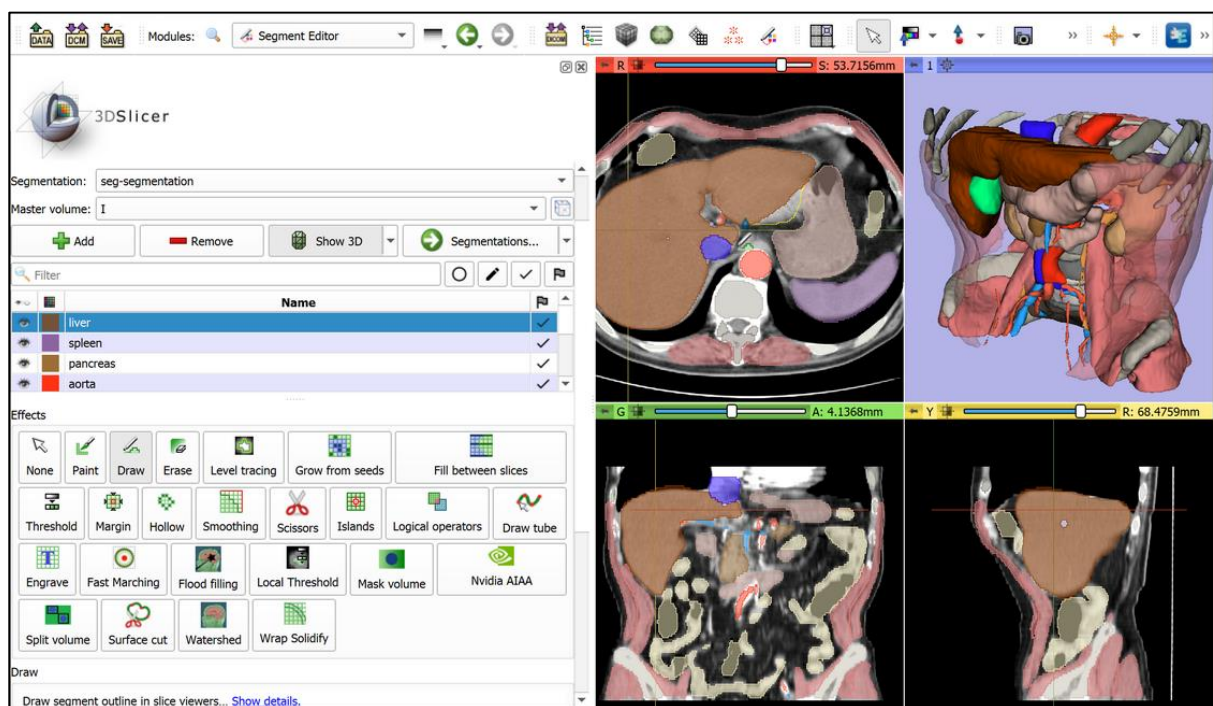


Рисунок 9. Интерфейс Segment editor.

Модуль Segment statistics позволяет считать статистику для выбранной структуры. Расчеты параметров производятся на структуре, представленной в виде binary labelmap

## Средства идентификации носовой перегородки

---

— это стоит иметь в виду, так как точность такого вида представления ограничена.

Ниже представлены основные параметры, рассчитываемые модулем, которые могут использоваться для выполнения поставленной задачи:

1. Объём сегмента (в  $\text{мм}^2$  и  $\text{см}^2$ ). Метаданные формата DICOM содержат информацию о размере пикселей, расстоянии между слоями, физическом положении слоёв в пространстве их ориентации и т. д. Все эти параметры учитываются при расчёте объёма;
2. Площадь поверхности (в  $\text{мм}^2$ );
3. “Округлость” сегмента;
4. Плоскостность сегмента;
5. Вытянутость сегмента (elongation).

Краткое описание функционала Segment statistics представлено в [документации к 3D Slicer](#). Подробное описание последних трёх параметров и код для их расчёта можно найти [здесь](#).