В процессе выполнения исследований в соответствии с Техническим заданием был разработан модуль системы поддержки принятия врачебных решений в хирургии и урологии с использованием технологий компьютерного зрения по автоматизации процесса первичной обработки результатов компьютерной томографии и создания набора изображений для детектирования.

Данный модуль предназначен для чтения данных, находящихся в DICOM файлах, полученных в результате процедуры КТ, получения служебной информации о пациенте, данных о снимках и сериях исследований: номер серии, начальная и конечная позиции срезов, толщина среза, расстояние между точками по осям x, y, z, плотность точек в серии, массив полученных данных о светимостях тканей и органов по шкале Хаунсфилда, а также формирования изображения внутренних органов и костей пациента в необходимой корональной проекции, коррекции изображений, создания папки на диске, куда будет произведено сохранение набора изображений для последующего детектирования, собственно сохранения серии изображений, вывода служебной информации о полученных данных. Кроме того, модуль позволяет сохранить полученные значения плотности (светимостей) тканей и органов пациента в отдельный массив на диск для последующих действий с этими данными. Также модуль сохраняет набор служебных данных, необходимых в последующих расчетах размеров камней и почек в виде CSV и текстового файлов. Дополнительно создается информационный текстовый файл, в котором хранится информация о серии полученных изображений: ID пациента, дата выгрузки изображений, дата проведенного исследования КТ, размер изображений, перечень имен файлов изображений, количество полученных изображений. Изображения сохраняются в формате PNG или JPG, так как в последующем происходит обучения и детектирование объектов на изображениях именно в данных форматах.

Входными данными для модуля является имя папки, где хранятся исходные данные КТ в виде DICOM файлов. Выходными данными является папка, куда происходит сохранение изображений, полученных из снимков КТ, и служебной информацией.

Модуль по автоматизации процесса первичной обработки результатов компьютерной томографии и создания набора изображений для детектирования разработан с применением языка программирования Python 3.8.8.

Модуль состоит из нескольких основных процедур и дополнительных функций. Основные процедуры:

- readDicomFolder(dicom\_path, images\_path) – главная процедура чтения данных из каталога, где хранятся DICOM файлы;

- read\_dicom\_set(dicom\_path) – процедура собственной чтения DICOM файлов из каталога;

- get\_images\_from\_slice(data\_array, images\_path, slices, rows=512, columns=512, step=1) – процедура получения изображения пациента в нужной проекции (корональной) из данных, хранящихся в DICOM файлах;

- save\_slice\_to\_image(image\_name, slice\_array) – процедура обработки и сохранения отдельного изображения на диск;

- get\_dicom\_path() – процедура получения имени каталога, откуда необходимо произвести чтение DICOM файлов;

- get\_images\_path(start\_folder) – процедура получения имени каталога, куда необходимо сохранять выходные изображения.

Модуль по автоматизации процесса первичной обработки результатов компьютерной томографии и создания набора изображений для детектирования вызывается на исполнение из главного модуля системы. После вызова пользователю предлагается выбрать папку, где хранятся данные КТ пациента, которые необходимо обработать и получить конечные изображения (рисунок 3.3). По умолчанию – это папка «\patients» из основной папки системы.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.3 – Окно выборы каталога с исходными данными КТ

Далее пользователю необходимо выбрать соответствующий каталог с находящимися там файлами в DICOM формате (рисунок 3.4).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, дисплей

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, веб-страница

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.4 – Выбор папки с данными КТ пациента

После выбора каталога с исходными данными пользователю необходимо выбрать папку, куда будут сохранятся изображения для последующего детектирования, по умолчанию это папка «\out» (рисунок 3.5).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.5 – Выбор папки для сохранения изображений

В процессе формирования изображения происходит контроль числа получаемых изображений и размера получаемого изображения. Число получаемых изображений установлено в настройках системы, но не может быть меньше 100 (установлено в системе по умолчанию).

Размерность получаемого изображения рассчитывается на основании параметров данных DICOM файлов Rows, PixelSpacing, SliceLocation, которые получаются при чтении служебной информации из DICOM файла, приведенной в п.2.4.1. После чтения данной служебной информации рассчитывается размер будущего формируемого изображения (далее приведен фрагмент кода):

*# Calculate frame size for image*Length\_image = slices[0].Rows \* slices[0].PixelSpacing[0]  
Height\_image = abs((slices[0].SliceLocation - slices[-1].SliceLocation)) frameSize = (slices[0].Rows, int(slices[0].Rows \* (Height\_image / Length\_image)))

Параметр Length\_image – высота изображения в пикселях, Height\_image – ширина изображения в пикселях, frameSize – размер будущего изображения, рассчитывающийся в соответствии с количеством точек в массиве плотностей по координатам X и Z и расстояниями между указанными точками, заданными в служебной информации PixelSpacing и SliceLocation в dicom файлах. Как правило, аппараты КТ получают по координатам X и Y по 512 точек, количество точек по координате Z зависит от расстояния между пискелами, по умолчанию 1,25 мм, и длиной снимаемой области, которая зависит от размеров пациента. При проведении исследований авторами не было обнаружено число точек по координате Z, менее, чем 300.

Далее производится улучшение яркости и контрастности изображения в соответствии с параметрами, указанными в п.2.4.1 значениями ширины и центра окна визуализации, взятыми из dicom файлов. По умолчанию значение ширины окна устанавливается -450 и центра окна визуализации -1500 для снимков КТ внутренних органов (далее приведен фрагмент кода):

def map2win(image\_arr, window\_level=-450, window\_width=1500):  
window\_max = window\_level + 0.5 \* window\_width  
 window\_min = window\_level - 0.5 \* window\_width  
 index\_min = image\_arr < window\_min  
 index\_max = image\_arr > window\_max  
image\_arr = (image\_arr - window\_min) / (window\_width / 256) - 1  
 image\_arr[index\_min] = 0  
 image\_arr[index\_max] = 255  
 return image\_arr

После этого производится контроль размерности получаемого изображения по X и Y координатам, и, если размер формируемого изображения менее, чем 200 х 200 пикселей, устанавливается стандартный размер изображения 200 х 200, изменяется размер формируемого изображения в соответствии с установленными параметрами (далее приведен фрагмент кода):

def save\_slice\_to\_image(image\_name, slice\_array, window\_level, window\_width,  
 frame\_Size): *# improvement of image and save to dir* slice\_array = map2win(slice\_array, window\_level, window\_width)  
 x\_size, y\_size = frame\_Size  
 if x\_size < 200:  
 x\_size = 200  
 if y\_size < 200:  
 y\_size = 200  
 frame\_Size = (x\_size,y\_size)  
 slice\_array = cv2.resize(slice\_array.astype(np.int16), frame\_Size, interpolation=cv2.INTER\_CUBIC)  
 cv2.imwrite(image\_name, slice\_array)  
 return

Дополнительно при формировании изображений и их сохранения в выбранную папку, системой формируются служебные файлы с параметрами DICOM файлов, указанными в п.2.4.1, для применения в последующих расчетах параметров найденных объектов.

Далее программа производит чтение данных из DICOM файлов, создает в конечной папке папку с именем вида «\5544\_Tokhtarov\_R.R» с ID и фамилией пациента, создает набор изображений, выполняет корректировку яркости и контрастности, в зависимости от параметров DICOM (п.2.4.1), сохраняет необходимую информацию на диск в указанный каталог и выводит пользователю итоговую информацию вида (рисунок 3.6). Прототипом системы установлен контроль минимального числа формируемых изображений для последующего детектирования. Если пользователь в настройках укажет значение, меньше, чем 100, система будет формировать по умолчанию 100 изображений.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.6 – Сводная информация о полученных изображениях

На этом работа модуля по автоматизации процесса первичной обработки результатов компьютерной томографии и создания набора изображений для детектирования заканчивается. Пользователю предлагается на выбор переход к следующему модулю – Модуль по детектированию объектов на изображениях результатов компьютерной томографии, либо закончить работу и выйти в главный модуль системы.

В результате работы модуля на диске создается папка, куда сохранены изображения в формате «png» или «jpg» (зависит от настроек системы), служебные файлы с параметрами DICOM файлов, необходимые для проведения дальнейших расчетов параметров объектов, а также текстовые файлы с описанием содержимого данной папки.