**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

кафедра ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

«На правах рукопису»
УДК 004.932 + 616-073.7

**«До захисту допущено»**
Завідувач кафедри ЦТЕ

_____ **Наталія АУШЕВА**
(підпис) (ініціали, ПРІЗВИЩЕ

"___"__*січня*__2024р.

# Магістерська дисертація

**на здобуття ступеня магістра**
**за освітньо-професійною програмою**
***«Цифрові технології в енергетиці»***
**зі спеціальності *122 «Комп'ютерні науки»***

**на тему:** ***Аналіз медичних зображень для виявлення патології***

Виконала: студентка **2** курсу, групи _ТР-з21мп__

**КОРНІЄНКО Галина Альбертівна** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: *доцент каф. цифрових технологій в енергетиці, доц., к.т.н., Шаповалова Світлана Ігорівна* _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по ініціали) (підпис)

Консультант з розділів магістерської дисертації:

_____ _____
(назва розділу) ( посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент: *доцент каф. біомедичної кібернетики, к.т.н. Городецька Олена Костянтинівна* _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____
(підпис)

Київ – 2024 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

кафедра ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 122 «Комп'ютерні науки»

Освітньо-професійна програма «Цифрові технології в енергетиці»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЦТЕ

_____ Наталія АУШЕВА

«_____»_____2023 р.

**ЗАВДАННЯ**
**на магістерську дисертацію студентці**

**КОРНІЄНКО Галині Альбертівні**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації ***Аналіз медичних зображень для виявлення патології***

науковий керівник дисертації
***Шаповалова Світлана Ігорівна, к.т.н., доцент***

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «08»_*листопада*_ 2023 р. №***5202-с***_

2. Термін подання студентом дисертації ***05-15 грудня 2023 року***

3. Об'єкт дослідження *Медичні зображення (комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія(МРТ)*

4. Вихідні дані *Стандарти зберігання медичних даних, стандарти зберігання медичних зображень, закони України щодо захисту персональних даних, українські датасети медичних зображень. Медичні зображення (КТ, МРТ).*

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: *проаналізувати існуючі види медичних зображень та стандарти їх зберігання та передачі; проаналізувати проблеми архівного зберігання медичних зображень та схему роботи з ними; проаналізувати існуючі програмні засоби в вигляді сайту, які можна відкрити майже на будь якому пристрої; проаналізувати та дослідити інтерфейси для маніпуляцій з просторовими зображеннями;*

*проаналізувати існуючі інструменти для: обрізки; настройки кольорової заливки; приховування шарів та конструювання*; *відображення даних про файл та гістограму файлу.*

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу *презентація на 20 слайдах.*

7. Орієнтовний перелік публікацій *1 стаття у фаховому журналі України категорії Б.*

8. Дата видачі завдання ***06 лютого 2023 р.***

**Календарний план**

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Отримати завдання на МД | До 06.02.2023р. | ***виконано*** |
| 2 | Завершення оформлення розділів МД (Вступ, перший та другий розділи) | До 15.11.2023р. | ***виконано*** |
| 3 | Завершення виконання третього та четвертого розділу МД | До 01.12.2023р. | ***виконано*** |
| 4 | Апробація результатів дослідження (публікації, довідки про використання тощо) | До 18.12.2023р. | ***виконано*** |
| 5 | Перевірка МД науковим керівником | До 18.12.2023р. | |
| 6 | Подання в електронному вигляді МД та анотації до неї на перевірку нормоконтролеру та UNICHECK. | До 20.12.2023р. | |
| 7 | Отримати відгук наукового керівника | До 22.12.2023р. | |
| 8 | Надати на кафедру пакет документів в паперовому та електронному вигляді (МД, відгук керівника, заключення UNICHECK) | До 25.12.2023р. | |
| 9 | Отримати допуск до захисту МД в ЕК та направлення до рецензента | 25-29 грудня 2023р. | |
| 10 | Подання МД рецензенту. Отримання рецензії. | До 05 січня 2024р. | |
| 11 | Подання супровідного пакету документів по МД до захисту в ЕК | До 05 січня 2024р. | |
| 12 | Захист МД в ЕК | 08 січня 2024р. | |

Студентка _____ **Галина КОРНІЄНКО**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник _____ **Світлана ШАПОВАЛОВА**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

# РЕФЕРАТ

***Актуальність теми.*** На сьогодні технічний процес сприяє все більшому генеруванню даних в сфері охорони здоров'я і ці всі данні несистематизовані. Тому існує необхідність в розробці/створенні програмних систем які будуть систематизувати /централізувати великі данні по пацієнтам та програмних застосунків для автоматизації обробки медичних даних.

Автоматизація обробки медичних даних – це важлива складова сучасної медицини. Завдяки ній пришвидшується процедура діагностики та робить їх більш об'єктивними, а також фіксувати та порівнювати отримані результати.

На даний момент комп'ютерні технології активно розвиваються і це дає можливість виконувати складні операції на більш різноманітних пристроях. Одним із способів використання програмного застосунку на різних платформах є створення сайту. Користувач зможе вільно заходити на сайт та виконувати певні дії в тому числі завантажувати з великих баз даних медичні зображення та їх подальшого перегляду. Через це було прийнято рішення створити програмний застосунок у вигляді сайту, який дозволив би просто відкрити сайт та виконувати на ньому певні дії замість завантаження установочного пакету на пристрій та інсталюючи програмне забезпечення .

***Мета роботи***: покращити процес накопичення та обміну великих масивів даних на основі централізованої архітектури цифрових томографічних зображень з використанням веб-застосунку для виявлення патології та формування діагностичних висновків.

***Завдання дослідження:***

- проаналізувати види томографічних медичних зображень, їх використання та відповідність медичним стандартам;
- провести аналіз можливих рішень архівного зберігання медичних зображень та їх передачі для подальшого опрацювання;
- провести аналіз існуючих програмних засобів перегляду та аналізу медичних зображень;

- створення веб-застосунку візуалізації та аналізу медичних зображень;
- провести апробацію розробленого програмного застосунку, експериментально довести його коректність.

***Об'єкт дослідження.*** Медичні зображення (КТ, МРТ).

***Предмет дослідження***. Розпізнавання (виявлення) патології шляхом аналізу просторових медичних зображень (КТ, МРТ).

***Практична цінність*** отриманих в роботі результатів полягає у

- застосуванні платформи Salesforce для зберігання та передачі медичних зображень медичним фахівцям як простого та надійного продукту з високим рівнем захисту конфіденціальної інформації;
- використанні крос-платформного програмного застосунку для перегляду медичних зображень в браузері із можливістю налаштування широкого спектру параметрів. Запропонований програмний застосунок дозволяє відкривати медичні зображення (КТ, МРТ) на майже всіх пристроях які в стані відкрити звичайну веб сторінку, та переглядати їх в об'ємному вигляді з можливістю модифікації перегляду з метою діагностики та виявлення патології.

***Апробація результатів дисертації***. Результати магістерської дисертації використано в загальнонаціональній медичній інформаційній системі України eHealth Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України (довідка про використання №35/12 від 18.12.2023р.).

***Публікації***. Опублікована 1 статтю у фаховому виданні України категорії Б.

Магістерська дисертація складається з вступу, 5 розділів та висновків. Повний обсяг дисертації складає 118 сторінок, в тому числі 100 сторінок основного тексту, 1 таблицями, 69 рисунків, 7 сторінок списку використаних джерел у кількості 68 найменувань.

***Ключові слова.*** програмний застосунок, медичні зображення, охорона здоров'я, CRM система, DICOM, обробка великих даних, 3D Slicer, Salesforce.

# ABSTRACT

***Actuality of theme.*** Today, the technical process contributes to the increasing generation of data in the field of health care, and all this data is not systematized. Therefore, there is a need to develop/create software systems that will systematize/centralize large data on patients and software applications to automate the processing of medical data.

Automation of medical data processing is an important component of modern medicine. It speeds up the diagnostic procedure and makes them more objective, as well as recording and comparing the obtained results.

At the moment, computer technologies are actively developing and this makes it possible to perform complex operations on more diverse devices. One way to use a software application on different platforms is to create a website. The user will be able to freely enter the site and perform certain actions, including downloading medical images from large databases and their subsequent viewing. Because of this, it was decided to create a software application in the form of a website, which would allow you to simply open a website and perform certain actions on it instead of downloading an installation package to a device and installing software.

***The goal of the work*** is: Improve the process of accumulation and exchange of large data ranges based on centralized architecture of digital tomographic images using a web bandage to detect pathology and form diagnostic conclusions.

***Objectives of the study:***

- - to analyze the types of tomographic medical images, their use and compliance with medical standards;

- to analyze possible decisions of archival storage of medical images and their transmission for further processing;

- to analyze existing software tools for viewing and analysis of medical images;

- creating a web bandage of visualization and analysis of medical images;

- test the developed software application, experimentally prove its correctness.

***Object of study.*** Medical images (CT, MRI).

***Subject of study.*** Recognition (detection) of pathology by analyzing spatial medical images (CT, MRI).

***The practical value*** of the:

- - Application of the Salesforce Platform to store and transmit medical images to medical professionals as a simple and reliable product with a high level of confidential information protection;
- results obtained in the work lies in the use of a cross-platform software product for viewing medical images in a browser with the ability to configure a wide range of parameters. The proposed software product allows you to open medical images (CT, MRI) on almost all devices capable of opening a regular web page, and view them in a three-dimensional form with the possibility of modifying the view for the purpose of diagnosis and detection of pathology.

***Approbation of the results of the dissertation***. The results of the master's thesis were used in the nationwide medical information system of Ukraine eHealth by the International Scientific and Educational Center of Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine (certificate of use No.35/12 dated 18.12.2023).

***Publications.*** 1 article was published in a professional publication of category B of Ukraine.

The master's thesis consists of an introduction, 5 chapters and conclusions. The full volume of the dissertation is 118 pages, including 100 pages of the main text, 1 table, 69 figures, 7 pages of the list of used sources in the amount of 68 items.

***Keywords.*** software application, medical images, health care, CRM system, DICOM, big data processing, 3D Slicer, Salesforce.

# ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ..... 12

ВСТУП ..... 13

РОЗДІЛ 1 СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВЕДЕННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ..... 16

1.1 Проблеми представлення медичної інформації ..... 16

1.2 Охорона здоров'я як сховище великих даних ..... 18

1.2.1. Розвиток програмного забезпечення представлення медичної інформації ..... 18

1.2.2 Електронні медичні картки (ЕМК) ..... 19

1.2.3 Оцифрування охорони здоров'я та великих даних ..... 20

1.3 Види томографічних медичних зображень ..... 22

1.3.1 Історія виникнення рентгенографії ..... 22

1.3.2 Комп'ютерна томографія (КТ) ..... 22

1.3.3 Магнітно-резонансна томографія (МРТ) ..... 23

1.3.4 Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) ..... 24

1.3.5 Конусно-променева комп'ютерна томографія (КПКТ) ..... 26

1.3.6 Гібридна томографія ..... 27

1.4 Стандартизація медичної інформації ..... 28

Висновки до розділу 1 ..... 30

РОЗДІЛ 2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ..... 31

2.1 Хмарні сервіси зберігання інформації ..... 31

2.2 Платформи для аналізу медичної інформації ..... 33

2.2.1 Платформа AYASDI ..... 34

2.2.2 Алгоритм Linguamatics ..... 35

2.2.3 Концепція IBM Watson ..... 35

2.3 CRM – система для формування єдиної бази клієнтів та її сегментація ..... 36

2.3.1 Функціональні можливості CRM системи ..... 37

2.3.2 Завдання, що вирішує CRM система для медичних закладів..... 38

2.3.3 Функції та спеціалізації CRM-систем..... 39

2.4 Salesforce як CRM система для охорони здоров'я ..... 40

2.5 Існуючі рішення обробки медичних зображень ..... 46

2.5.1 Графічний інтерфейсе - GIMIAS [11] ..... 46

2.5.2 Програмне забезпечення - Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) ..... 49

2.5.3 Програмний додаток - 3D Slicer [51] ..... 51

Висновки до розділу 2 ..... 52

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗБЕРІГАННЯ, ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ..... 54

3.1 Систематизована схема роботи з медичними зображеннями ..... 54

3.2 Система накопичення та зберігання медичних даних на основі середовища Salesforce ..... 57

3.2.1 Стек технологій розробки середовища Salesforce..... 57

3.2.2 Розробка структури інформаційної системи ..... 58

3.2.3 Створення клієнтського додатку ..... 60

3.3 Програмний застосунок та інструменти його реалізації ..... 66

3.3.1 Програмний застосунок..... 66

3.3.2 Інструменти реалізації аналізу даних ..... 70

Висновок до розділу 3 ..... 75

РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА РОБОТИ З ПРОГРАМНИМ ЗАСТОСУНКОМ ОБРОБКИ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ..... 76

4.1 Елементи інтерфейсу slider та tool ..... 76

4.1.1 Інтерфейс slider ..... 76

4.1.2 Інтерфейс tool ..... 76

4.2 Відкриття медичних файлів у форматі Dicom ..... 78

4.3 Гістограма динамічного розрахунку щільності медичного файлу ..... 79

4.4 Зона просторової побудови ..... 81

4.5 Інструмент для обрізання області ..... 83

4.6 Настройка візуальних параметрів сегментації ..... 86

4.7 Інструмент приховування шарів ..... 92

4.8 Інструмент виділення контуру ..... 95

Висновки до розділу 4 ..... 98

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ ..... 99

5.1 ПІБ (команда) ..... 99

5.2 Назва проєкту ..... 99

5.3 Короткий опис проєкту ..... 99

5.4 Бізнес-модель ..... 101

5.4.1 Цінність продукту ..... 101

5.4.2 Сегмент споживачів ..... 102

5.4.3 Канали збуту ..... 103

5.4.4 Взаємодія з споживачами ..... 104

5.4.5 Дохід (монетизація) ..... 105

5.4.6 Ключові види діяльності ..... 105

5.4.7 Ключові ресурси ..... 106

5.4.8 Ключові партнери ..... 107

5.4.9 Витрати ..... 107

5.4.10 Споживчі властивості товару ..... 108

5.4.11 Дослідження ринку ..... 109

5.4.12 Елементи фінансового плану ..... 111

Висновки до розділу 5 ..... 112

ВИСНОВКИ ..... 113

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 114

ДОДАТОК А ..... 122

ДОДАТОК В ..... 124

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

**AI** – Artificial Intelligence

**CPU** – Central processing unit, центральний процесор

**DICOM** – Digital Imaging and Communications in Medicine

**GPU** – Graphics processing unit, графічний процесор

**HTML** – HyperText Markup Language

**HU** – Одиниці Гаунсфілда

**IoT** – Internet of Things

**js** – JavaScript

**MDIS** – Medical Diagnostic Imaging Support

**ML** – Machine Learning

**NGS** – Next-generation sequencing

**NLP** – Natural Language Processing

**RGBA** – Red green blue alpha

**КТ** – Комп’ютерна томографія

**МРТ** – Магнітно-резонансна томографія

**ПЕТ** – Позитронно-емісійна томографія

**ППР** – Правило прийняття рішення

# ВСТУП

***Актуальність теми*** – На сьогодні технічний процес сприяє все більшому генеруванню даних в сфері охорони здоров’я і ці всі данні несистематизовані. Тому існує необхідність в розробці/створенні програмних систем які будуть систематизувати /централізувати великі данні по пацієнтам та програмних застосунків для автоматизації обробки медичних даних.

Автоматизація обробки медичних даних – це важлива складова сучасної медицини. Завдяки ній пришвидшується процедура діагностики та робить їх більш об’єктивними, а також фіксувати та порівнювати отримані результати.

На даний момент комп’ютерні технології активно розвиваються і це дає можливість виконувати складні операції на більш різноманітних пристроях. Одним із способів використання програмного застосунку на різних платформах є створення сайту. Користувач зможе вільно заходити на сайт та виконувати певні дії в тому числі завантажувати з великих баз даних медичні зображення та їх подальшого перегляду. Через це було прийнято рішення створити програмний застосунок у вигляді сайту, який дозволив би просто відкрити сайт та виконувати на ньому певні дії замість завантаження установочного пакету на пристрій та інсталюючи програмне забезпечення.

***Мета та завдання***

Метою роботи є покращити процес накопичення та обміну великих масивів даних на основі централізованої архітектури цифрових томографічних зображень з використанням веб-застосунку для виявлення патології та формування діагностичних висновків.

Для досягнення мети роботи сформульовані такі **завдання**:

- проаналізувати види томографічних медичних зображень, їх використання та відповідність медичним стандартам;
- провести аналіз можливих рішень архівного зберігання медичних

зображень та їх передачі для подальшого опрацювання;

− провести аналіз існуючих програмних засобів перегляду та аналізу медичних зображень;

− створення веб-застосунку візуалізації та аналізу медичних зображень.

***Об'єкт дослідження*** – Медичні зображення (КТ, МРТ).

***Предмет дослідження*** – розпізнавання (виявлення) патології шляхом аналізу просторових медичних зображень (КТ, МРТ).

***Методи дослідження***

Хмарні сховища для зберігання великих даних для сфери з охорони здоров'я. Застосування платформи Salesforce для зберігання та передачі медичних зображень медичним фахівцям як простого та надійного продукту з високим рівнем захисту конфіденціальної інформації.

Програмні пакети для аналізу зображень і візуалізації з відкритим вихідним кодом: GIMIAS, Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) та 3D Slicer. Аналогом роботи став 3D Slicer - безкоштовний програмний пакет для аналізу зображень з відкритим вихідним кодом.

***Практичне значення отриманих результатів*** – полягає у;

- застосуванні платформи Salesforce для зберігання та передачі медичних зображень медичним фахівцям як простого та надійного продукту з високим рівнем захисту конфіденціальної інформації;

- використанні кросс-платформенного програмного застосунку для перегляду медичних зображень в браузері із можливістю налаштування широкого спектру параметрів [2], [67]. Запропонований програмний застосунок дозволяє відкривати медичні зображення (КТ, МРТ) на будь якому пристрої. Які можна відкрити навіть на звичайній веб-сторінку, та переглядати їх в об'ємному вигляді з можливістю модифікації перегляду з метою діагностики та виявлення патології.

***Апробація результатів дослідження***. Результати магістерської дисертації використано в загальнонаціональній медичній інформаційній системі України eHealth Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України (довідка про використання №35/12 від 18.12.2023р.).

***Публікації***. Опублікована 1 статтю у наукометричному фаховому виданні України категорії Б.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (63 джерел, у тому числі 41 – іноземною мовою), списку джерел ілюстрованого матеріалу (6 джерел), 2 додатки на 4 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 118 сторінок. Основний зміст викладено на 99 сторінках. Дисертацію проілюстровано 4 таблицями, 62 рисунками.

# РОЗДІЛ 1
# СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВЕДЕННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Даний розділ присвячений вимогам до ведення стандартизованої медичної інформації.

В підрозділі 1.1. розкрито проблеми представлення медичної інформації: великий обсяг інформаційних даних в медицині та їх зберігання та необхідність створення веб-засобів з забезпечення обробки медичних зображень.

В підрозділі 1.2. розкрито сферу охорони здоров'я як сховище великих даних - значення електронної медичної картки (ЕМК) та оцифрування медичних даних в сфері охорони здоров'я.

В підрозділі 1.3 та 1.4 розкрито інформацію про стандартизацію медичної інформації (стандарт DICOM та система PACS для передачі та архівації DICOM-зображень) та види рентгенографічних (томографічних) медичних зображень.

## 1.1 Проблеми представлення медичної інформації

Технічний процес сприяє генеруванню все більше та більше даних і під час вони стають неконтрольованими за допомогою сучасних технологій. Такий набір інформації отримав назву «великі дані» (англ. Big Data) в інформаційних технологіях. Особливо це стосується медичних організацій та сфери охорони здоров'я.

Великі Інтернет-компанії, такі як Google і Facebook, збирають та зберігають неймовірно великі обсяги даних які становлять Big Data. Вони дали поштовх до розвитку «Науки про дані» (data science) - яка розглядає різні аспекти, включаючи управління даними та їх аналізу і передвіщає докорінну перебудову різних сфер (бізнес, урядування, медицина, освіта).

За останні роки термін Big Data набув великої популярності в усьому світі. Більшість дослідницьких областей генерують та аналізують великі дані з різноманітними цілями. Однією з найскладніших проблем у цьому контексті є управління цими великими наборами даних, які можуть бути структурованими та неструктурованими.

Роль великих даних у медицині є важливою. Оскільки очікування в охороні здоров'я можуть стати фатальними, надзвичайно важливо отримати всі необхідні дані в терміновому порядку. За допомогою Big Data можна скоротити час дослідження та отримати результати які дають можливість розробити ефективні протоколи лікування або профілактичної терапії. [48] Крім того, лікарі мають можливість отримувати, аналізувати як медичну інформацію по пацієнту так і медичні зображення що дозволяє отримувати на відстані консультації провідних фахівців та призначати лікування своїм пацієнтам незалежно від місця їх перебування.

Методи візуалізації медичних зображень використовуються для встановлення патології пацієнта. Серія медичних зображень дозволить визначити патологію, встановити більш точніший діагноз та визначитись з плануванням лікування патології. Розуміння медичного зображення зазвичай здійснюється кваліфікованим медичним фахівцем. Однак обмежена доступність фахівців, відсутність можливості зберігати та накопичувати великі масиви медичних зображень, а також людський фактор (втома, груба оцінка тощо) обмежують ефективність розуміння медичних зображень кваліфікованим медичним фахівцем.

Автоматизація обробки медичних даних – це важлива складова сучасної медицини. Завдяки ній пришвидшується процедура діагностики та робить їх більш об'єктивними, а також фіксувати та порівнювати отримані результати. [1], [60].

На сьогодні технології активно розвиваються і з'являється все більше можливостей виконувати складні операції на більш різноманітних пристроях. Одним із способів використання програмного застосунку на різних платформах є

створення сайту завдяки якому користувач зможе виконувати будь які дії в тому числі завантажувати з великих баз даних медичні зображення та їх подальшого перегляду

Отож метою магістерської дисертації є створення веб-засобів з забезпечення обробки медичних зображень.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати види медичних зображень, їх використання та відповідність медичним стандартам;
- провести аналіз архівного зберігання медичних зображень та їх передачі для подальшого опрацювання відповідно до вимог медичних стандартів;
- провести аналіз існуючих програмних засобів перегляду та аналізу медичних зображень;
- створення веб-застосунків візуалізації та аналізу медичних зображень;
- провести тестування розробленого програмного забезпечення.

## 1.2 Охорона здоров’я як сховище великих даних

### 1.2.1. Розвиток програмного забезпечення представлення медичної інформації

Система охорони здоров’я є багатовимірною структуро розробленої із консолідованою метою профілактики, діагностики та терапії, які безпосередньо впливають на стан здоров’я людини. Ця структура основується на трьох основних складових:

- медичний персонал (лікарі, допоміжний медичний персонал, лаборанти, консультанти тощо);
- медичні установи (клініки, госпіталі, медичні склади та аптеки, діагностичні та терапевтичні центри тощо);
- фінансові установи, які забезпечують економічну підтримку перших

складових.

Система охорони здоров’я включає декілька рівнів медичної допомоги, кожний із яких має свої особливості та унікальності для специфічного медичного контексту.

Медичний персонал, в усіх цих медичних контекстах, займається обробкою різної інформації в тому числі анамнез пацієнта (діагностування та призначення медикаментозного лікування враховуючи захворювання в родині, що передаються спадково), медичні та клінічні дані (наприклад: лабораторні дослідження, візуалізація), а також іншу приватну або особисту інформацію. Історично ці дані зберігаються у вигляді рукописних та/або друкованих звітів та архівних сховищ медичних зображень.

Розвиток комп’ютерних систем надав можливість цифрового представлення всіх цих медичних даних. Впровадження цифрових систем стало нормою у сфері охорони здоров’я. В 2003 році було сформульовано термін електронні медичні картки» (ЕМК), що використовуються для ведення медичних даних (записів, призначень, досліджень, візуалізацій тощо) для покращення медичного обслуговування [47 ] [3]. Згідно з визначенням, наданим Мерфі, Хенкеном та Уотерсом, електронні медичні записи представляють собою цифрові медичні записи пацієнтів, які включають інформацію, яка стосується минулого, поточного та майбутнього фізичного або психічного стану особи, зібрану в електронній системі (або системах) для збору, передачі, отримання, зберігання, пошуку, взаємодії та обробки мультимедійних даних, головною метою яких є надання медичної допомоги та послуг, пов'язаних зі здоров'ям. [28]

### 1.2.2 Електронні медичні картки (ЕМК)

Центральним елементом в дискусії про сучасну систему охорони здоров'я є впровадження ЕМК. Розглядаємо застосування цих ЕМК у контексті ініціативи «Всі ми», що була недавно введена «Національним інститутом охорони здоров'я» (NIH). Ця амбітна програма має за мету збір даних від одного мільйона або більше пацієнтів, включаючи ЕМК, медичні зображення, соціально-поведінкові дані та

екологічні показники, протягом наступних кількох років. [43]

Ключовими перевагами використання ЕМК є:

- доступність медичним фахівцям до повної історії хвороби пацієнта яке включає в себе діагнози, рецепти, консультативні заключення, результати різних лабораторних та діагностичних досліджень тощо;
- більш ефективне виявлення та лікування медичних станів з урахуванням попередніх обстежень;
- зменшення кількості зайвих обстежень, пропущених призначень, непорозумінь через незрозумілий почерк, тощо;
- покращення координації між різними медичними установами;
- зменшення випадків медикаментозних помилок у дозуванні та частоті прийому ліків;
- безперервність медичної допомоги та своєчасного втручання;
- швидкий пошук даних, формування звітності про ключові показники якості медичної допомоги організаціям, контроль за громадським здоров’ям (інформування про спалахи епідемій);
- та інших.

### 1.2.3 Оцифрування охорони здоров’я та великих даних

Аналогічно електронним медичним карткам (ЕМК), цифрові здоров'я збережувані (ЦЗЗ) існують для зберігання стандартних медичних та клінічних даних, отриманих від пацієнтів. Сфера охорони здоров'я поступово включає не лише ЕМК і ЦЗЗ, а й персональні медичні записи, системи управління медичною практикою та інші ключові елементи даних, які в сукупності можуть покращити якість та ефективність охорони здоров'я, зменшити витрати та знизити кількість медичних помилок. [47;58]

Згідно Рис. 1.1. сховища даних зберігають величезні обсяги даних, отриманих з різних джерел. Ці дані обробляються за допомогою аналітичних конвеєрів для отримання більш розумних і доступних варіантів охорони здоров'я. [47;58]

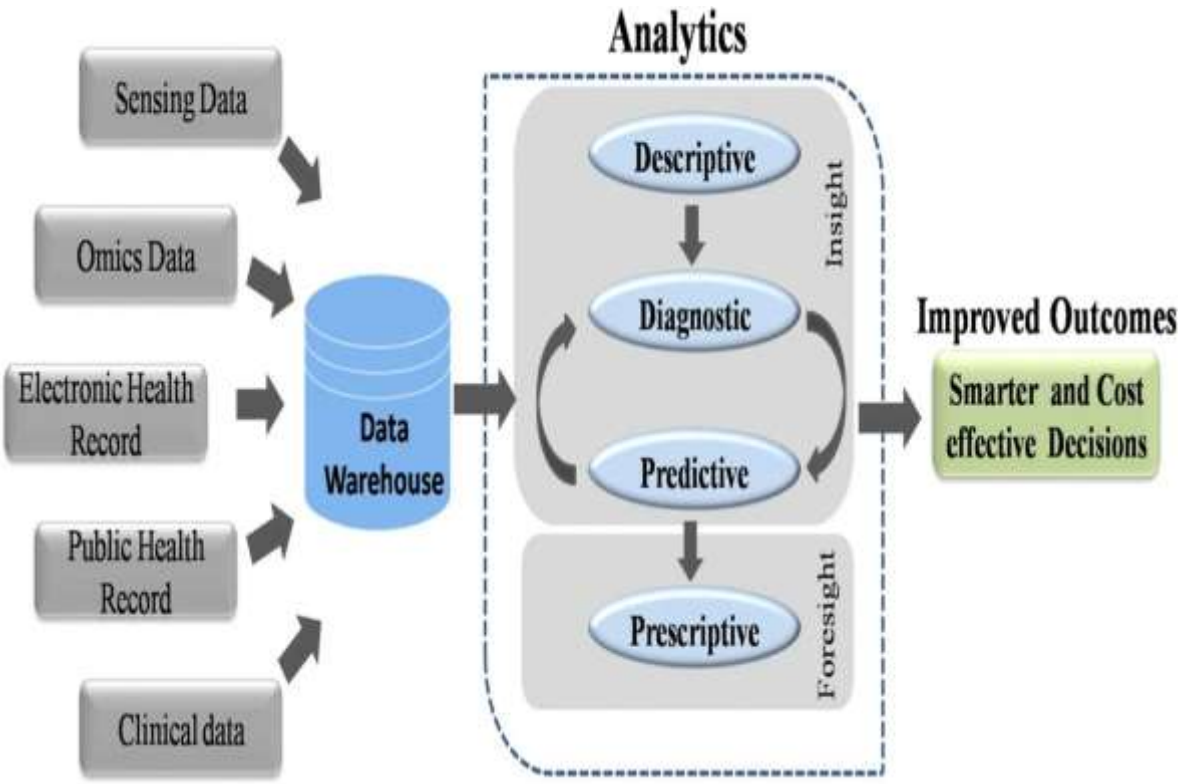



Рисунок 1.1 - Робочий процес аналітики великих даних [58]

Хоча впровадження ЕМК було повільним на початку 21-го століття, активність значно зросла після 2009 року [28; 25;58]. Менеджмент та використання медичних даних все більше стають залежними від інформаційних технологій.

Розвиток та впровадження пристроїв та відповідного програмного забезпечення (в тому числі генерувати сповіщення, передавати дані про пацієнта, медичних послуг, тощо) для моніторингу стану здоров'я стають все більш поширеними , зокрема в рамках розробки систем для моніторингу стану здоров'я в режимі реального часу [47;58;67] [2].

Ці пристрої генерують об'ємну кількість даних, яка може бути аналізована з метою надання клінічної допомоги або медичного втручання в режимі реального часу [36;58]. Використання великих даних має великий потенціал у сфері охорони здоров'я для покращення результатів лікування та контролю витрат.

## 1.3 Види томографічних медичних зображень

### 1.3.1 Історія виникнення рентгенографії

Рентгенографія – це метод візуалізації та перегляду внутрішніх форм об’єкта за допомогою рентгенівських променів (в тому числі гамма-промені або іонізуючого та неіонізуючого випромінювання). Застосовують рентгенографію в медичній радіографії (діагностична і терапевтична) та промисловій радіографії. [46;60] [1]

Медична візуалізація почалася з відкриття Рентгеном [38] рентгенівського випромінювання в 1895 році [26].

В рентгенографії для створення зображення рентгенівський промінь, створений генератором рентгенівських променів, проектується на об'єкт. Певна кількість променів поглинається об'єктом і в залежності від щільності та складу об'єкта вловлюється за об'єктом детектором (фотоплівка або цифровий детектор). [60] [1] Створення плоских 2D зображень, цим методом, називається проекційною рентгенографією.[46;60;17] [1]

### 1.3.2 Комп’ютерна томографія (КТ)

Щоб подолати обмеження, щодо того що рентгенівські промені можуть давати лише 2D зображення у 1970-х роках була винайдена рентгенівська комп’ютерна томографія (КТ). За допомогою комп’ютерних процесорів для створення 3D зображень всередині об’єкта. При цьому робиться серія 2D рентгенівських зображень [15] з різних кутів. Це робиться для того, щоб отримати детальні зображення поперечного перерізу ділянок всередині тіла [4], [68].

Отримані таким чином зображення можуть надати більше інформації, а отже дозволяють лікарям розглядати окремі зрізи в цих 3-D зображеннях (Рис. 1.2.) [4], [68].

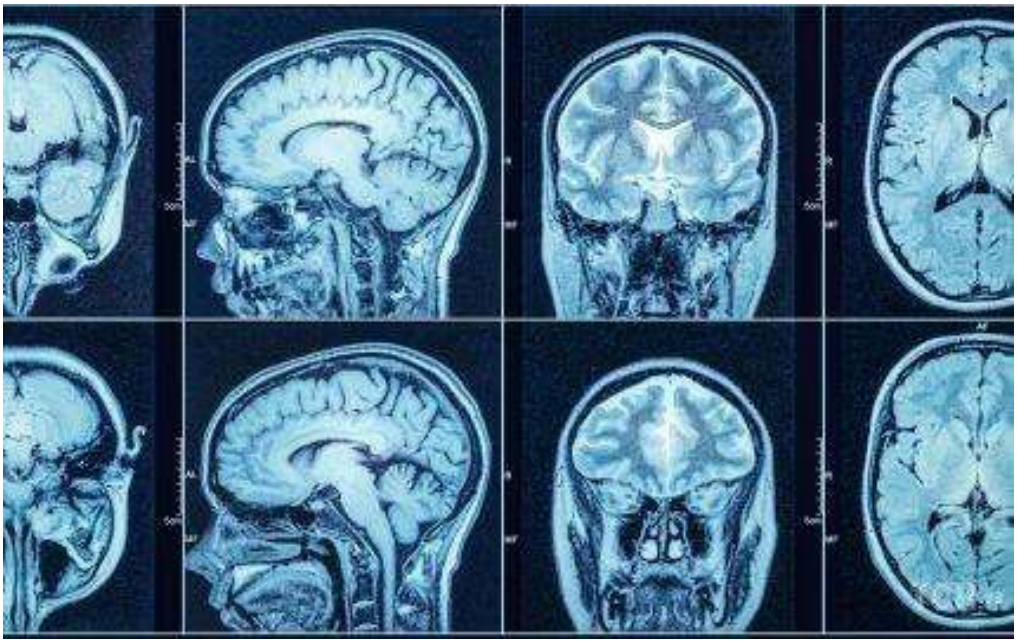


Рисунок 1.2 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою КТ [64]

Цей винахід призвів до присудження Нобелівської премії двом творцям, Кормаку та Хаунсфилду, у 1979 році. З тих пір КТ стала важливим інструментом у медичній візуалізації як доповнення до рентгенівських променів і зазвичай називається CAT сканування, яке застосовується у багатьох областях, включаючи грудну клітку, здоров’я товстої кишки (КТ-колонографія), тромбоемболію легеневої артерії (КТ-ангіографія), аневризми черевної аорти (КТ-ангіографія) та травми хребта. [4], [68].

### 1.3.3 Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Поява магнітно-резонансної томографії (МРТ) [19] посилила попередні розробки в радіологічному відділенні, перше застосування якої відбулося в 1977 році [6]. МРТ пропонує кращий контраст і детальніші внутрішні структури, показуючи різницю між нормальними і хворими м’якими тканинами тіла, ніж КТ, і вносить значний внесок при зображенні органів, таких як мозок, м’язи, серце та ракові об’єкти [4], [68] (Рис.1.3.).

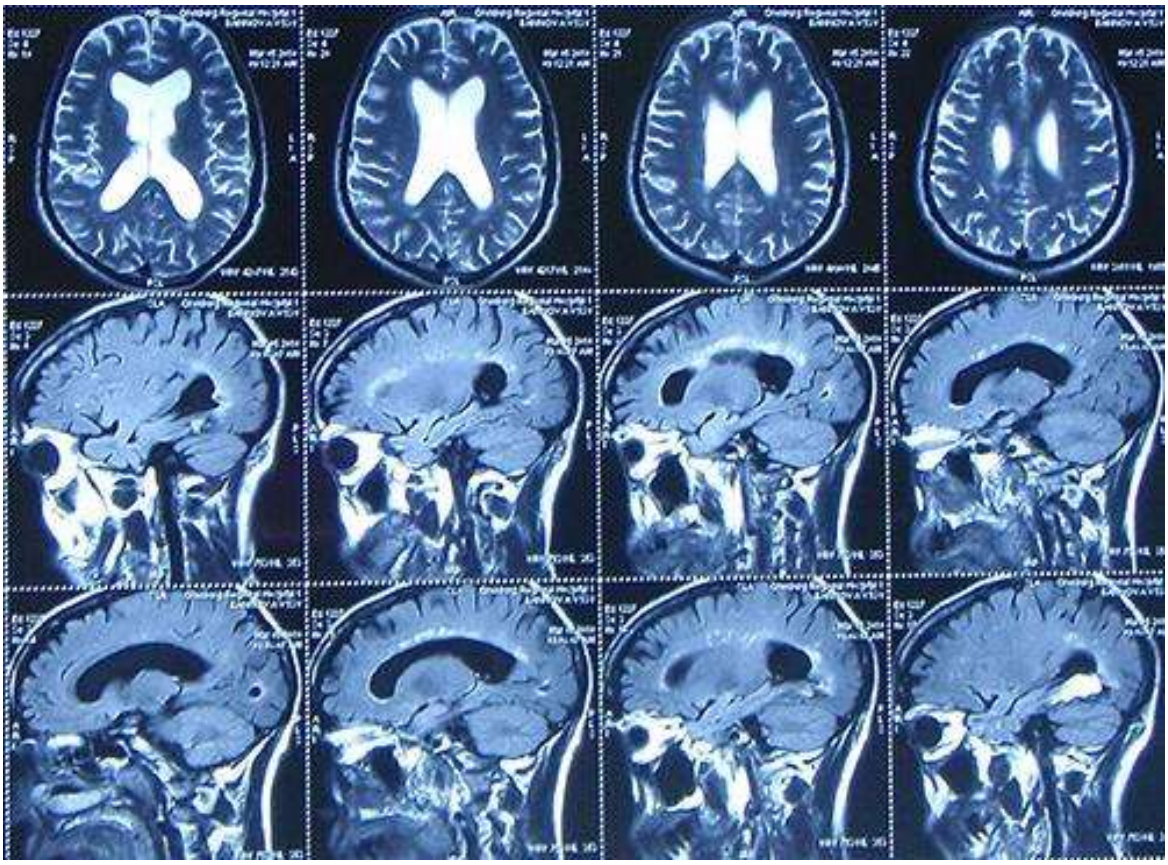


Рисунок 1.3 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою КТ [62]

МРТ, на відміну від КТ, не використовує іонізуюче випромінювання. Замість цього він використовує потужне магнітне поле, щоб вирівняти намагніченість деяких атомів тіла, а потім покладається на радіочастотні поля, щоб систематично змінювати вирівнювання цієї намагніченості [4], [68].

### 1.3.4 Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)

Незважаючи на те, що КТ зазвичай застосовувалася при дослідженні мозку людини, вона не здатна досліджувати функції, що призвело до розвитку позитронно-емісійної томографії (ПЕТ) і однофотонної емісійної комп’ютерної томографії (СПЕТ). ПЕТ [3] — це різновид техніки ядерної медицини, яка створює тривимірне зображення або картину функціональних процесів в організмі, тобто того, як функціонують тканини та органи [4], [68] (Рис 1.4).

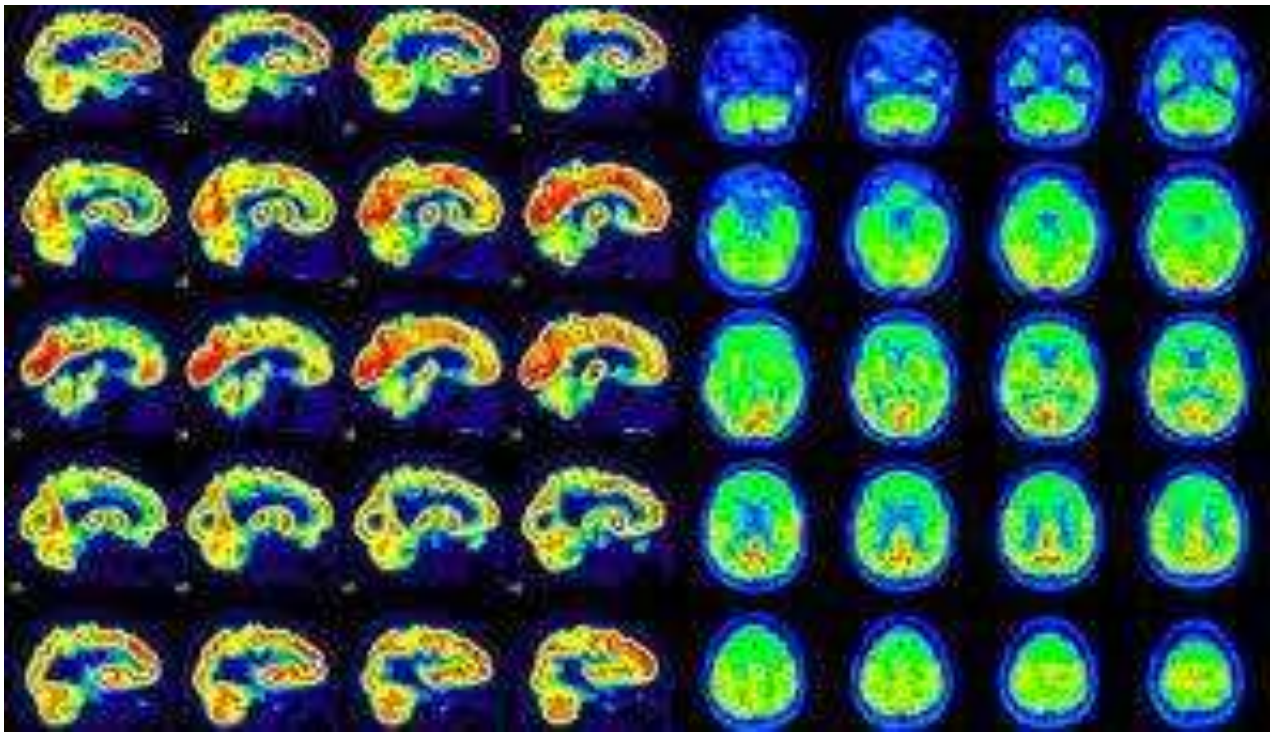
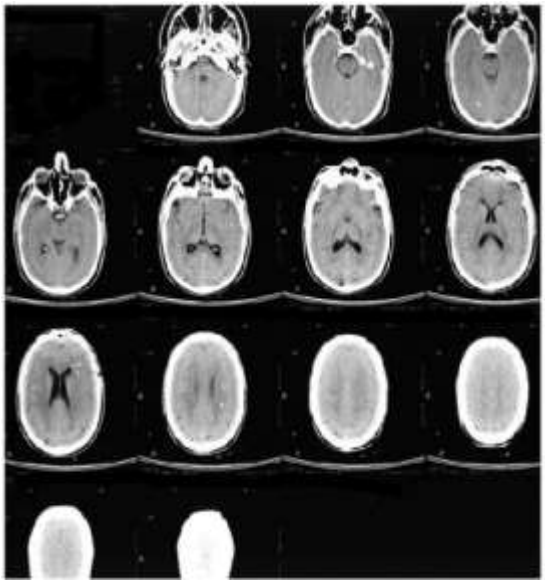


Рисунок 1.4 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою ПЕТ [61;62]

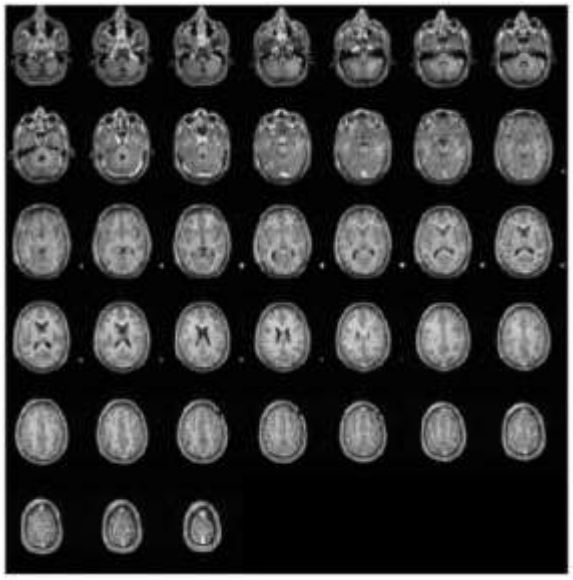
Таким чином система виявляє пари гамма-променів, що випромінюються опосередковано позитронно-випромінюючим радіонуклідом (індикатором) на біологічно активній молекулі, яка вводиться в організм перед скануванням. Зображення концентрації індикатора в 3-вимірному або 4-вимірному просторі (тобто, включаючи час) всередині тіла потім реконструюються за допомогою програмного забезпечення для комп’ютерного аналізу [4], [68].

Через цю перевагу ПЕТ часто використовується для оцінки та вивчення неврологічних захворювань, таких як хвороба Альцгеймера та розсіяний склероз, рак та хвороби серця. У сучасних сканерах ця реконструкція часто виконується за допомогою КТ-рентгенівського сканування, яке виконується пацієнту під час того ж сеансу, щоб показати структуру кістки об’єкта [4], [68].

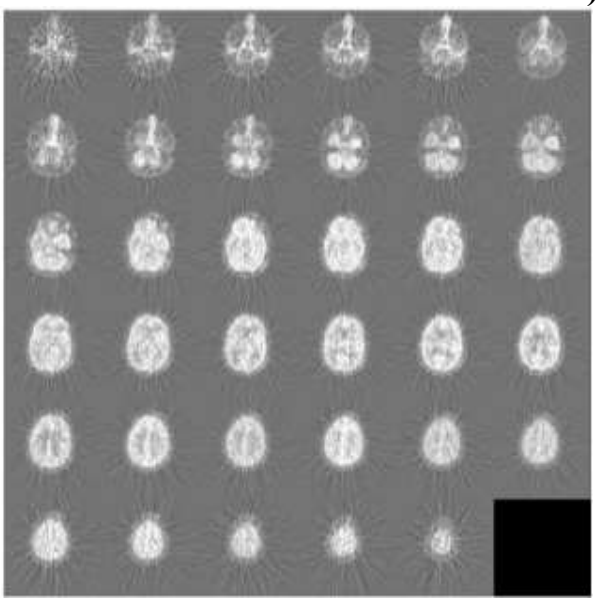
На Рис. 1.5 наведено приклад 3D зображень мозку (КТ, МРТ та ПЕТ) для одного і того ж суб'єкта.



**а) КТ**



**б) МРТ**



**в) PET-FDG (ПЕТ)**

Рисунок 1.5 - 3D зображення мозку (одного суб’єкта) за допомогою: а) КТ; б) МРТ; в)PET-FDG (ПЕТ).

### 1.3.5 Конусно-променева комп’ютерна томографія (КПКТ)

Конусно-променева комп’ютерна томографія (КПКТ) — це один з найбільш інформативних методів діагностики в сучасній стоматології. Він дає деталізовані тривимірні зображення зубів і щелеп, дозволяючи точно оцінити їх стан та виявити навіть приховані патології (Рис. 1.6).

Рисунок 1.6 – Приклад медичних зображень отриманих за допомогою КПКТ [65]

Вимірювання кісткової щільності на основі даних КПКТ вважається достовірним, оскільки даний метод вимірювання проводиться на основі об'єктивно відкаліброваної шкали Гаунсфілда.

### 1.3.6 Гібридна томографія

Гібридна томографія з’явилася шляхом об’єднання двох методів візуалізації із збереженням їх позитивних рис, наприклад, ПЕТ/КТ та ПЕТ/МРТ та можуть відображати як функціональну, так і структурну інформацію в межах одного набору створених зображень [4], [68].

Позитронно-емісійна томографія КТ (ПЕТ-КТ) – це гібридна методика візуалізації, яка поєднує КТ і позитронно-емісійну томографію (ПЕТ) для отримання як анатомічної, так і функціональної інформації [59] [6] (Рис. 1.8).

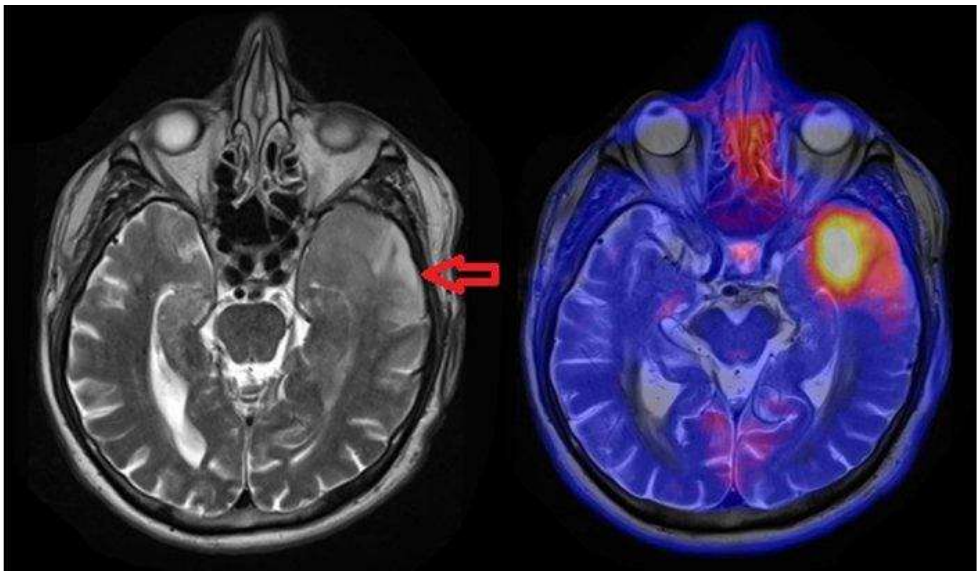


Рисунок 1.8 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою ПЕТ-КТ [64]

При цьому ПЕТ використовує радіоактивний слід для вимірювання метаболічної активності в організмі, в той час як КТ надає детальну анатомічну інформацію. ПЕТ-КТ особливо корисна для візуалізації раку та моніторингу відповіді на лікування [6][59].

## 1.4 Стандартизація медичної інформації

За останні роки медична візуалізація стала невід’ємною частиною сучасної медицини та здійснила революцію в наданні медичної допомоги та медичній промисловості, приносячи найбільшу користь світу, як особистого, так і професійного. Тільки в 2010 році в усьому світі було проведено близько 5 мільярдів досліджень медичної візуалізації [29], які продемонстрували багате застосування зображень.

В сфері медицини поширені такі методи візуалізації, як комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), рентгенографія, молекулярна візуалізація, ультразвукова томографія, фото-акустична візуалізація, функціональна МРТ (МРТ), позитронно-емісійна томографія (ПЕТ),

електроенцефалографія (ЕЕГ) та мамографія. Ці методики сприяють отриманню високо деталізованих медичних зображень, які репрезентують деталізовані дані про пацієнта [46]. Для зберігання та передачі отриманих медичних зображень, вищезазначених методів візуалізації, в сфері здоров’я застосовується медичний стандарт Digital Imaging and Communications in Medicine,(DICOM).

**DICOM** – є стандартом для комунікації та управління медичною візуальною інформацією та суміжних даних [7], [53]. DICOM найчастіше використовується для зберігання та передачі медичних зображень [7], [53]., що дозволяє інтегрувати пристрої медичної обробки зображень, такі як сканери, сервери, робочі станції, принтери, мережеве обладнання та системи архівування [7], [53]. зображень і комунікацій (PACS) від кількох виробників. [67] [2]

DICOM використовується у всьому світі для зберігання, обміну та передачі медичних зображень. DICOM займає центральне місце у розвитку сучасної рентгенологічної візуалізації: DICOM включає стандарти для засобів візуалізації, такі як рентгенографія, УЗД, комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ) та променева терапія. DICOM включає протоколи для обміну зображеннями (наприклад, за допомогою портативних носіїв, таких як DVD), стиснення зображень, 3D візуалізації, презентації зображень і звітування про результати [7], [53].

Даний медичний стандарт широко застосовується у лікарнях. Особливо широко застосовується в невеликих структурах таких як офіси стоматологів і лікарів [7], [53].

**PACS** – системи для архівування та розсилки DICOM-зображень, що використовується в медичній візуалізації для зберігання та зручного доступу до зображень [8], [54]. Система може створювати спеціальні віддалені архіви на DICOM Server ‘ах, де тривалий час може зберігатись інформація і бути швидко доступною по запиту DICOM-мережі.

PACS забезпечує передачу медичних цифрових зображень та звітів через комп'ютерну мережу, це усуває необхідність ручних маніпуляцій з рентгенівськими та іншими знімками [8][54].

## Висновки до розділу 1

В даному розділі було розглянуто:

- проблеми представлення медичної інформації: великий обсяг інформаційних даних в медицині та їх зберігання; необхідність створення веб-засобів з забезпечення обробки медичних зображень;
- сферу охорони здоров’я, як один із головних сховищ великих даних, який включає та не обмежується електронними медичними картками та цифровою інформацією про здоров’я;
- види рентгенографічних медичних зображень;
- стандартизацію медичної інформації (стандарт DICOM та система PACS для передачі та архівації DICOM-зображень).

# РОЗДІЛ 2
# ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

Даний розділ присвячений програмним інструментам обробки медичної інформації: web-сховища; платформи для аналізу великих даних в медичній сфері; CRM-система для автоматизації єдиної бази клієнтів та її сегментації.

В підрозділі 2.1 розглянуто найбільш популярні, надійні та зручні сервіси з можливість безкоштовного зберігання даних.

В підрозділі 2.2 розглянуто платформи для аналізу медичної інформації.

В підрозділі 2.3 та 2.4 розглянуто CRM – систему для формування єдиної бази клієнтів в клініках та медичних центрах та її сегментації. Програмний додаток Salesforce, як CRM-система, в медичному середовищі.

В підрозділі 2.5 розглянуто існуючі програмні рішення обробки медичних зображень.

## 2.1 Хмарні сервіси зберігання інформації

Щоб зображення, текстові документи та інші файли були доступні з будь-якого гаджета, можна скористатися зовнішнім накопичувачем або викласти все в хмару. Тримати інформацію на [9],[1] web- сховищі надійніше. Якщо раптом злетіла операційна система, зламався вінчестер або користувач купив новий laptop — не важливо у такому сервісі для зберігання даних все залишиться. Але хмар в Інтернеті багато, а вибрати з них найкращу — важко.[1] [9]

Розглянемо найбільш популярні, надійні та зручні сервіси з можливість безкоштовного зберігання даних (Таб. 2.1.).

Таблиця 2.1. – Популярні хмарні сервіси зберігання інформації

| Веб-сервіс | Опис сервісу |
|---|---|
| **Dropbox** | Хмара доступна для користувачів практично всіх популярних ОС. Недорогий сервіс для зберігання різноманітних файлів [9]. [1] |
| **Google Диск** | Зручний варіант для зберігання різних файлів, якими можна ділитися з іншими користувачами. Гугл Диск — один із найзахищеніших і зручніших сервісів [9].<br>Google вважається найзахищенішою комп'ютерною системою у світі з першокласними протоколами кібербезпеки. Шифрування HTTPS працює разом з алгоритмом Perfect Forward Secrecy та подвійним ключем RSA-2048 для захисту даних [9][1] |
| **Microsoft OneDrive** | Віртуальне сховище файлів та файлообмінник, запущений ще у 2007 році. Підходить для тих, хто користується сервісами Microsoft. Недорога вартість — не єдиний плюс хмари [9][1]. |
| **iCloud Drive** | Інформаційний інтернет-сейф від Apple встановлено на всіх «яблучних» гаджетах: треба тільки створити облік. Користуватися сховищем можна і на комп'ютері [9] [1]. |
| **pCloud** | Створене швейцарською компанією сховище файлів набуло популярності внаслідок країни-творця: вона відома своїм трепетним ставленням до конфіденційності [1]. |
| **iDrive** | Сервіс зберігання резервного копіювання онлайн, який славиться високим рівнем конфіденційності. Звичайно, хмара має й інші приємні параметри [9] [1].. |
| **SpiderOak** | За заявами розробників, до даних, які зберігаються в цій хмарі, не зможе підібратися навіть найвибагливіший зловмисник [9][1]. |
| **MediaFire** | Сервіс для зберігання та шеренгу відео, фото, а також текстових та аудіо файлів. Відмінний варіант, який забезпечить безпеку та заощадить місце на вінчестері. До того ж він подобається тим, що дозволяє швидко і просто створювати резервні копії, ділитися ними з колегами та друзями. Навіть реклама, що спливає в безплатній версії, не дратує [9] [1]. |
| **Microsoft Azure SQL Databases** | Microsoft Azure SQL Databases – це хмарний сервіс від корпорації Microsoft, який надає можливість зберігання та обробки даних, а також регенерацію звітів.<br>Використовується заснований на XML формат для передачі даних та в якості протоколу для доступу к серверу через Інтернет. Рекомендується для передачі даних та створення сервісів. Американська компанія Salesforce під брендом Databases.com використовує дану хмарну систему в управлінні базами даних [23] |

## 2.2 Платформи для аналізу медичної інформації

Для різних галузей та сфер діяльності вирішення питання з надання якісної аналітики (в тому числі узагальнюючих висновків) та пов’язаної з цим обробкою великих обсягів даних становиться однією із важливих проблем сьогодення. Деякі компанії, для вирішення цієї проблеми, впроваджують технології штучного інтелекту завдяки чому проводять аналіз опублікованих результатів, текстових даних та медичних зображень тощо. [3], [47]

Корпорація IBM одна з найбільших та досвідчених компаній з постачання комерційних аналітичних послуг у сфері охорони здоров’я. Платформа штучного інтелекту Watson Health від IBM - призначена для обміну та аналізу медичних даних (в тому числі між лікарями, постачальниками та дослідниками) [3], [47]

. Аналогічно Flatiron Health також надає технологічні послуги з медичної аналітики (профілюючись зокрема в дослідженнях раку). Інші великі компанії зосереджені на розробці хмарних сховищ даних та платформ розподілених обчислень (такі як Oracle Corporation і Google Inc.).

За останні декілька років з’явились компанії та стартапи, які спеціалізуються у сфері охорони здоров’я. [47] [3] На Рис. 2.1.а – Рис.2.1.б надано опис деяких постачальників медичних рішень.

| Компанія | Опис |
|---|---|
| **IBM Watson Health** | Надає послуги з обміну клінічними та медичними даними між лікарнею, дослідниками та постачальниками послуг для подальших досліджень |
| **MedeAnalytics** | Надає рішення для управління ефективністю, системи та плани охорони здоров'я, а також аналітику в галузі охорони здоров'я разом з великою базою даних про пацієнтів |
| **Health Fidelity** | Надає управлінське рішення для оцінки ризиків у робочих процесах організації охорони здоров'я та методи їх оптимізації та коригування |

Рисунок 2.1.а - Опис послуг з аналізу великих даних провідними

компаніями у сфері охорони здоров'я.

| Компанія | Опис |
|---|---|
| **Roam Analytics** | Надає платформи для пошуку у великих неструктурованих даних у сфері охорони здоров'я для отримання значущої інформації |
| **Flatiron Health** | Надає додатки для організації та покращення онкологічних даних для кращого лікування раку |
| **Enlitic** | Забезпечує глибоке навчання, використовуючи великі масиви даних з клінічних тестів для медичної діагностики |
| **Digital Reasoning Systems** | Надає послуги когнітивних обчислень та рішення для аналізу даних для обробки та організації неструктурованих даних у змістовні дані |
| **Ayasdi** | Надає платформу на базі штучного інтелекту для клінічних варіацій, здоров'я населення, управління ризиками та іншої аналітики в галузі охорони здоров'я |
| **Linguamatics** | Надає платформу текстового аналізу для вилучення важливої інформації з неструктурованих медичних даних |
| **Apixio** | Забезпечує когнітивну обчислювальну платформу для аналізу клінічних даних та медичних записів у форматі pdf для отримання глибокої інформації |
| **Roam Analytics** | Забезпечує інфраструктуру обробки природної мови для сучасних систем охорони здоров'я |
| **Lumiata** | Надає послуги з аналітики та управління ризиками для ефективних результатів у сфері охорони здоров'я |
| **OptumHealth** | Надає аналітику в галузі охорони здоров'я, покращує сучасну інфраструктуру системи охорони здоров'я та пропонує комплексні та інноваційні рішення для медичної галузі |

Рисунок 2.1.б - Опис послуг з аналізу великих даних провідними компаніями у сфері охорони здоров'я

Нижче розглянуті деякі комерційні рішення.

### 2.2.1 Платформа AYASDI

Компанія Ayasdi – яка займається розробкою комплексних платформ штучного інтелекту з використанням методів машинного навчання. Розроблена нею однойменна платформа доповнена надійною системою додатків і була протестована в великих масштабах на підприємствах. В охороні здоров’я дана

платформа надає дані про клінічні аномалії(в тому числі на основі методів аналізу ризику оцінювати та управляти здоров'ям населення) та про управління витрати на сферу здоров'я. Також платформа аналізує та керує різними аспектами діяльності медичного закладу ( структура закладу, взаємодія між пацієнтом і лікарем, а також на основі ризиків прийняття рішення щодо призначення лікування пацієнту). [47] [3]

### 2.2.2 Алгоритм Linguamatics

Компанія Linguamatics – являється постачальником систем інтелектуального аналізу тексту насамперед для програмних додатків фармацевтики та охорони здоров'я. Розроблена нею однойменне програмне забезпеченням застосовується для вилучення даних електронних медичних карт у сховищах даних. Забезпечення застосовує для обробки природної мови (NLP) механізм видобутку тексту (I2E). Результати цього підходу на багато швидші за інші інструменти. Цей підхід може надати інформацію про факти та генетичні зв'язки із неструктурованих даних. [47] [3]

### 2.2.3 Концепція IBM Watson

Цю концепцію надано технологічним гігантом IBM та є унікальним підходом до аналізу великих об'ємів даних в любій сфері. Платформа використовує алгоритм заснований на машинному навчанні та штучному інтелекті.

IBM Watson ставить цілі інтегрувати різні сфери охорони здоров'я і надати доступ до структурованих та змістовних даних.

Платформа IBM Watson використовується для: аналізу медичних даних; розробки нових ліків шляхом створення мережевих карт; отримання великих наборів даних. [47] [3]

В галузі охорони здоров'я, для аналізу медичних даних, виділяють чотири категорії аналітики: описову, діагностичну, прогностичну (предикативна) та

прескриптивну.

Описова аналітика – детально описує і пояснює поточну медичну ситуацію.

Діагностична аналітика – виявляє причини та факти, що стоять за певними подіями (такі як варіанти вибору лікування пацієнта на основі кластеризації та дерев рішення).

Прогностична (предикативна) аналітика – фокусується на прогнозування майбутніх результатів та ускладнень на основі методів машинного навчання.

Прескриптивна аналітика – для проведення аналізу та надання рекомендацій, щодо найкращого способу дії ( таких як вплив побічних ефектів та ускладнень при лікуванні пацієнта).

Інтеграція великих даних у медичну аналітику стане ключовим фактором підвищення ефективності систем охорони здоров'я. Але це вимагає розробки складних стратегій. [47]. [3]

Для успішної інтеграції технологій великих даних необхідно розробити архітектуру, що буде базуватись на різних системах медичної аналітики. [47] [3]

## 2.3 CRM – система для формування єдиної бази клієнтів та її сегментація

Медичний центр або клініка, як вид бізнесу, потребує повного контролю та управління. А якщо ще є можливість систематизувати та автоматизувати багато процесів, підвищити якість обслуговування, покращити управління компанією шляхом впровадження потужних інструментів, то це буде гарантувати успіх в бізнесі. CRM система для медичного центру є інструментом, який допомагає все це реалізувати.[5]

CRM система для медичного центру потрібна для автоматизування бізнес-процесів та підвищення клієнтоорієнтованості. Головна особливість CRM для медичних закладів полягає у можливості вести єдину базу клієнтів та успішно її сегментувати. Таким чином можна робити спеціальні пропозиції для тих, хто лише дзвонив довідатися якусь інформацію. Або нагадувати клієнтам про

необхідність регулярного відвідування лікаря.[5]

CRM – це спосіб комунікації між лікарями, консультантами, керівником клініки, менеджерами та пацієнтами. Впровадження цього інструменту значно покращить взаємини з клієнтами та налагодить швидку та ефективну роботу між клінікою та пацієнтами.[5]

### 2.3.1 Функціональні можливості CRM системи

Можливості CRM для медичних закладів досить великі. Вони надають безліч ефективних інструментів, які покращують діяльність центру чи клініки.[5]

**Інтеграція з поштою, сайтом та телефонією**

Кожна заявка, звідки б вона не надійшла, враховуватиметься в системі. Жоден клієнт не «загубиться». Крім того, встановлюються мітки, й менеджери бачать, звідки надходить заявка. Інтеграція із сайтом надає можливість відстежувати ефективність рекламних кампаній.[5]

**Інтеграція з мобільним додатком**

Можливості клініки значно розширяться, якщо буде можливість впровадити нові програми та послуги. Якщо клініка має свій мобільний застосунок, його також можна під'єднати до системи. Інтеграція з мобільним застосунком надасть можливість відстежувати його роботу та ефективність, а також надавати детальну інформацію про клієнтів та оперативно спілкуватися з ними. [5]

**Електронні медичні карти**

Епоха паперових записів минула. Тепер усі дані про пацієнта легко зберігати в електронному вигляді. CRM для охорони здоров'я корисна тим, що будь-який лікар у клініці може швидко отримати доступ до карти пацієнта. [5]

**Завдання, нагадування, онлайн запис**

Усі ці можливості відкриваються перед клінікою. Легко контролювати графік лікарів, робити нагадування для пацієнтів та лікарів, записувати на приймання в автоматичному режимі (Рис. 2.1.). [5]

Рисунок 2.1 – Функціональні можливості CRM-системи [5]

Це далеко не всі можливості та функціонал, який пропонує CRM для клініки. Такий потужний інструмент забезпечує зростання компанії та залучає нових клієнтів.

### 2.3.2 Завдання, що вирішує CRM система для медичних закладів

Внаслідок гнучкості функціонала та можливостей, CRM для медичних закладів здатна вирішувати багато завдань.

**Планування завдань та складання графіків.** Планування завдань та ефективне складання графіка роботи фахівців. Всі заявки одразу фіксуються та розподіляються, складається графік, й лікар знає, коли та скільки у нього пацієнтів. Пацієнту приходить нагадування, тому не пропустить приймання.

**Індивідуальність підходу до пацієнтів**. Розв'язання оперативних питань, індивідуальні прохання клієнтів, призначення зустрічей у зручний час та інші послуги дозволяють покращити якість сервісу. Система пропонує послуги вчасно та правильно.

**Повна аналітика**. Клініка – це бізнес. І цей бізнес потребує серйозного

контролю. CRM для медичного центру дозволить зібрати детальну інформацію та аналітичні дані, відстежувати розмови та контакти з клієнтами, а також стежити за послугами.

**Безпека даних**. У системі можна розподіляти ролі та створювати обмежений доступ до даних. Це означає, що до картки клієнта матиме доступ лише лікар.

**Доступність.** Контроль бізнес-процесів можливий у будь-якому місці, достатньо мати смартфон, щоб увійти до мобільного застосунку, або ноутбук, щоб зайти на сайт.

Завдяки вирішенню даних завдань CRM система покращує підхід до бізнесу та ведення справ. Повний контроль, безпека та доступність, широкий функціонал та нові можливості. Саме це й потрібне будь-якій медичній клініці.

### 2.3.3 Функції та спеціалізації CRM-систем

Існує безліч CRM-систем. Кожна із цих систем має власний набір функцій і спеціалізацій[47] [3]. На Рис. 2.2а – Рис. 2.2.б надано опис деяких з найбільш відомих програмних додатків, які використовують CRM-систему.

| Програмний додаток | Опис |
|---|---|
| **Salesforce** | Відома своєю універсальністю та широкими можливостями налаштування, Salesforce є лідером у сфері хмарних CRM-рішень. Вона пропонує широкий спектр функцій для продажів, обслуговування, маркетингу тощо, що підходить для компаній будь-якого розміру |
| **Microsoft Dynamics 365** | Пакет програм для планування ресурсів підприємства (ERP) та CRM. Він інтегрується з іншими продуктами Microsoft і пропонує рішення для продажів, обслуговування клієнтів, обслуговування на місцях тощо |
| **HubSpot CRM** | Популярний вибір для малого та середнього бізнесу, HubSpot CRM відомий своїм простим у використанні інтерфейсом та безшовною інтеграцією з більш широкими платформами HubSpot для маркетингу, продажів та обслуговування |

Рисунок 2.2.а. – Програмні додатки, що використовують CRM-систему

| Програмний додаток | Опис |
|---|---|
| **Oracle CR** | Частина Oracle Cloud Suite, ця CRM пропонує комплексні інструменти для продажів, маркетингу, сервісу та електронної комерції, а також надійну систему управління даним |
| **SAP CRM** | Входячи до складу SAP Business Suite, пропонує рішення для маркетингу, продажів і обслуговування, орієнтовані на потреби великих підприємств. Він може бути розгорнутий у хмарі або локально |
| **Zoho CRM** | Ідеально підходить для малого та середнього бізнесу, Zoho CRM пропонує автоматизацію продажів і маркетингу, підтримку клієнтів і широкий спектр можливостей для кастомізації - і все це в хмарній системі |
| **Pipedrive** | Розроблений з урахуванням потреб відділів продажів, зосереджується на управлінні конвеєром і відомий своєю простотою у використанні та візуальним інтерфейсом |
| **Freshsales** | Частина пакета Freshworks-компанії. Freshsales - це CRM, яка обслуговує компанії будь-якого розміру з такими функціями, як відстеження потенційних клієнтів, інтеграція з електронною поштою та аналітика |
| **Insightly** | Інструмент CRM та управління проектами, Insightly користується популярністю серед малого бізнесу завдяки простому інтерфейсу та можливостям інтеграції з іншими інструментами, такими як Google Apps, Office 365 та іншими |
| **Nimble** | Проста та ефективна CRM, призначена насамперед для малого бізнесу, Nimble вирізняється інтеграцією з соціальними мережами та простотою використання |

Рисунок 2.2.б. – Програмні додатки, що використовують CRM-систему

## 2.4 Salesforce як CRM система для охорони здоров’я

З моменту випуску Salesforce Health Cloud у 2016 році галузь охорони здоров’я усвідомлювала, наскільки потужною може бути CRM для охорони здоров’я. Salesforce допомагає групам медичних працівників працювати більш спільно та ефективніше, покращує стосунки між пацієнтом і постачальником послуг і, зрештою, досягає кращих результатів у сфері охорони здоров’я. Vaccine

Cloud також доводить здатність Salesforce швидко адаптуватися та розглядати різні випадки використання в охороні здоров'я [2].

У S-Docs наш досвід роботи з глобальними компаніями охорони здоров'я допоміг визначити деякі з головних переваг використання Salesforce у сфері охорони здоров'я. Нижче розглянуто п'ять причин, чому постачальники медичних послуг рекомендовано використовувати Salesforce, як CRM систему для охорони здоров'я [2].

### 2.4.1 П'ять причин використання Salesforce в сфері охорони здоров'я

**1. Connect Siled Systems**

Якщо ви знаєте Salesforce, ви знаєте, що видалення бункерованих даних — це назва гри. Охорона здоров'я не є винятком — фактично, ця галузь могла б виграти від широкої інтеграції більше, ніж інші. Згідно з дослідженням HIMSS Analytics, середня лікарня використовує 16 різних систем електронних медичних записів (EHR) [2].

Системи EHR – це лише початок. Є також системи страхових відшкодувань, лабораторні звіти, платіжна та маркетингова інформація тощо. Цей масив даних не дуже корисний, розкиданий по кількох системах [2].

Salesforce поєднує все це разом (Рис. 2.2). Використовуючи API Health Level 7 (HL7), інформацію EHR та інші типи даних можна безпечно інтегрувати з Salesforce, а такі інструменти, як Mulesoft Accelerator for Healthcare, значно полегшують навантаження на IT-команди охорони здоров'я. Завдяки тому, що всі зазвичай відключені дані пацієнта зібрані в одному місці, постачальники медичних послуг можуть працювати ефективніше, приймати кращі рішення та витрачати більше часу на догляд за пацієнтами. [2]

Рисунок 2.2 – Система Salesforce [2]

**2. Розумно використовуйте дані**

Говорячи про дані: якщо їх інтегрувати в одну систему, Salesforce може використовувати свою аналітичну магію для покращення результатів охорони здоров'я. Такі інструменти, як Tableau CRM (раніше Einstein Analytics), дають постачальникам медичних послуг практичну інформацію, щоб можна було передбачити та завчасно задовольнити потреби пацієнтів. Стратифікація ризику допомагає виявити пацієнтів із високим ризиком і залучити їх до правильної програми лікування. Дані з переносних пристроїв, таких як фітнес-трекери, можна передавати в Salesforce і допомагати в лікуванні хронічних захворювань після виписки, які потребують моніторингу [2].

Загалом, Salesforce полегшує постачальникам медичних послуг прийняття рішень на основі даних, які призводять до кращих результатів у сфері охорони здоров'я та підвищення рівня задоволеності пацієнтів [2].

**3. Покращте співпрацю команди догляду**

Salesforce Health Cloud базується на можливостях Service Cloud і дозволяє постачальникам медичних послуг створювати Команди з догляду, що складаються з членів спільноти з догляду за пацієнтами. До них можуть входити лікарі первинної ланки, спеціалісти, особи, які доглядають за домом, або будь-яка інша особа, яка бере участь у медичній дорозі пацієнта. Залежно від своєї позиції в команді, люди можуть переглядати уніфікований план лікування, призначати завдання та надсилати повідомлення з будь-якого пристрою (подібно до Salesforce Case Teams). Вони також можуть використовувати інші функції Service Cloud, як-от Knowledge і Live Agent [2].

**4. Персоналізований досвід**

У цьому немає жодних сумнівів: споживачі очікують персоналізованого досвіду в усіх сферах, і це не закінчується охороною здоров'я. На щастя, маючи під рукою велику кількість даних, постачальники медичних послуг можуть використовувати Salesforce для персоналізації кожного кроку медичної допомоги [2].

Агенти контакт-центру можуть надавати точніші, індивідуальні відповіді на запити пацієнтів, оскільки картки даних пацієнтів і графіки візуального догляду полегшують доступ до відповідної інформації [2].

Персоналізовані плани догляду можна створювати за допомогою консолідації клінічних даних, як-от історії хвороби, і до клінічних даних, як-от соціальних детермінант, у одному місці. І якщо у пацієнта є якісь особливі вимоги, як-от потреба в транспортуванні, постачальник медичних послуг може вирішити їх ще до того, як пацієнту навіть знадобиться їх доставити.

Крім того, спілкування з пацієнтом завжди можна обробляти на основі вподобань пацієнта за допомогою дзвінків, текстових повідомлень або онлайн-порталу Salesforce Communities. Незліченні можливості персоналізації, які пропонує Salesforce, можуть створити довіру, поглибити відносини між пацієнтом і постачальником послуг і (як завжди) призвести до кращих результатів для здоров'я [2].

**5. Зберігайте дані в безпеці, продовжуючи впроваджувати інновації**

Безпека даних є найбільшою проблемою для організацій охорони здоров'я. Порушення можуть поставити під загрозу безпеку пацієнтів і коштувати мільйони. На щастя, Salesforce дозволяє компаніям охорони здоров'я легко контролювати свої дані та дотримуватися вимог HIPAA та HITRUST. Використовуючи Salesforce Shield у поєднанні з Health Cloud, організації охорони здоров'я можуть гарантувати, що електронна захищена медична інформація (ePHI) також зашифрована та доступна лише авторизованим користувачам. як відстежувати взаємодію користувачів і зберігати контрольний журнал польових даних [2].

Незважаючи на те, що нормативні вказівки є обмежувальними за своєю природою, незважаючи на це, Salesforce забезпечує інновації. Різноманітна екосистема рішень AppExchange дозволяє компаніям охорони здоров'я, які піклуються про безпеку, додавати функціональні можливості без шкоди для безпеки даних, а широкий спектр власних програм, створених на платформі, може зробити перевірку безпеки ще простішою. Підбір постачальників послуг, рішення для телемедицини, керування документами та додатки для підтвердження страхування – це лише деякі з рішень, які компанії охорони здоров'я можуть використовувати з AppExchange для безпечного покращення своїх процесів [2].

### 2.4.2 Salesforce в медицині

Salesforce можна адаптувати під систему збору та зберігання медичних даних. Це можна зробити за допомогою настоюваної та масштабованої системи. В медичному середовищі це можна реалізувати за наступними принципами:.

*Налаштування для потреб охорони здоров'я*: сюди входять кастомні поля Salesforce системи, об'єкти та процеси для обробки медичних даних (як приклад: запис пацієнтів, історії хвороби, деталі зустрічей тощо). [3], [47]

1. *Управління пацієнтами*: Salesforce систему можна використати при управлінні та створенні профіля пацієнта та включати до нього особисту

інформацію пацієнта (історію, хвороби, діагнози, призначене лікування, графіки тощо). Таке управління пацієнтами забезпечить персоналізоване обслуговування. [47] [3].

2. *Безпека даних та відповідність вимогам*: Salesforce система надає надійні функції безпеки. Особливо це важливо при роботі з конфіденційними медичними даними.

3. *Інтеграція з медичними системами*: Salesforce система інтегрується з різними системами охорони здоров'я в тому числі з ЕМК та лабораторними системами (LIS). Це дозволяє в реальному режимі часу в CRM мати безперебійний доступ до медичних даних.

4. *Аналітика та звітність*: використовуючи потужні інструменти платформи з аналітики та звітності можна відстежувати результати лікування, моніторити його ефективність та приймати остаточні рішення на основі цих даних.

5. *Залучення та комунікація з пацієнтами*: за допомогою автоматизованих інструментів комунікації можна сприяти кращому залученню пацієнтів , а саме для нагадування про зустрічі, консультації щодо стану здоров'я та його покращення тощо.

6. *Мобільна доступність*: завдяки мобільним можливостям Salesforce системи, медичні працівники, знаходячись в дорозі, зможуть отримати доступ до даних пацієнтів та прийняти обґрунтовані рішення віддалено.

7. *Інструменти для співпраці*: завдяки можливостям Salesforce можна створити мультидисциплінарні медичні команди. Така співпраця допоможе ефективно співпрацювати в обслуговуванні пацієнтів в сфері медичних послуг.

8. *Масштабованість*: разом із ростом медичної організації Salesforce має можливості масштабуватися разом з нею. Система має можливості, без зниження продуктивності, обробляти збільшені обсяги даних (в тому числі складні процеси).

9. *Кастомні додатки*: медичні організації, використовуючи платформу Salesforce, зможуть створити власні додатки, що будуть пристосовані до певних потреб управління даними та медичними процесами.

Впровадження Salesforce CRM в медичному середовищі вимагає враховувати вимоги до конфіденційності, реальне планування та регуляторні вимоги. Для того, щоб системи гарантовано відповідала необхідним стандартам користувачам рекомендується тісно співпрацювати з фахівцями з впровадження Salesforce.

## 2.5 Існуючі рішення обробки медичних зображень

Ряд програмних рішень було розроблено на основі таких процесів, як узагальнення, реєстрація, сегментація, візуалізація, реконструкція, симуляція та дифузія, задля аналізу медичних зображень і виявлення вкладеної інформації. Як приклад, Visualization Toolkit представляє собою відкритий програмний продукт, що надає можливості глибокої обробки та аналізу тривимірних зображень, отриманих в результаті медичних обстежень [32]. З іншого боку, SPM дозволяє обробляти та аналізувати п'ять різних типів зображень мозку, таких як МРТ, ПЕТ, КТ і ЕЕГ [8]. Інші програмні платформи, наприклад GIMIAS, MITK та 3D Slicer підтримують всі вищевказані типи зображень. Розглянемо ці три програмні платформи.

### 2.5.1 Графічний інтерфейсе - GIMIAS [11]

GIMIAS — графічний інтерфейс для аналізу та моделювання медичних зображень. GIMIAS забезпечує графічний інтерфейс користувача з усіма основними функціями IO, візуалізації та взаємодії для зображень, сіток та сигналів [10] (Рис. 2.3.а – Рис.2.3.б) [12].

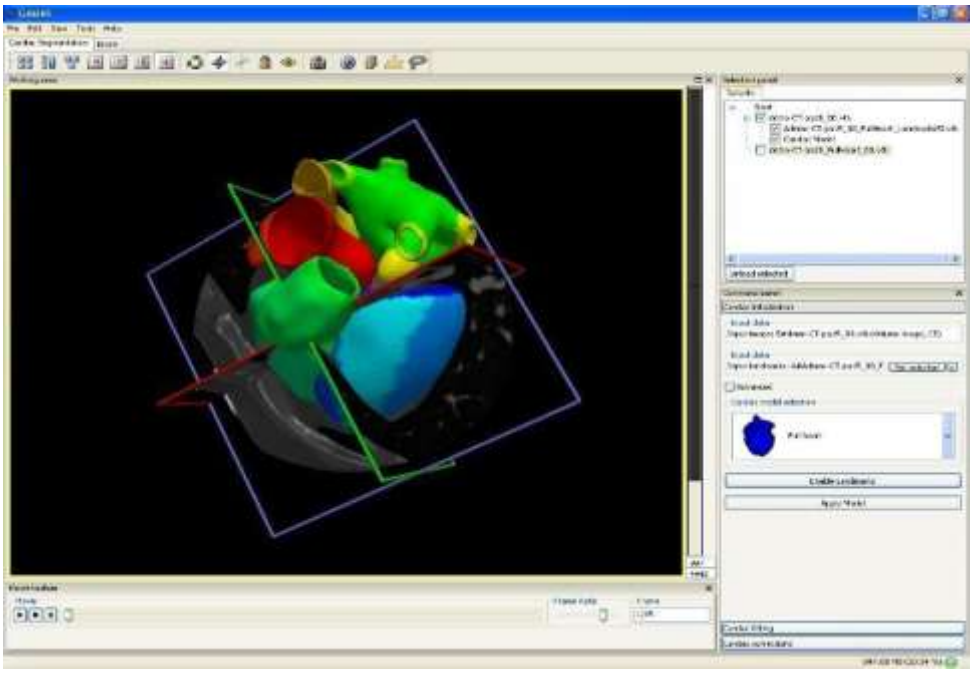


Рисунок 2.3.а – Графічний інтерфейс GIMIAS [11;59]

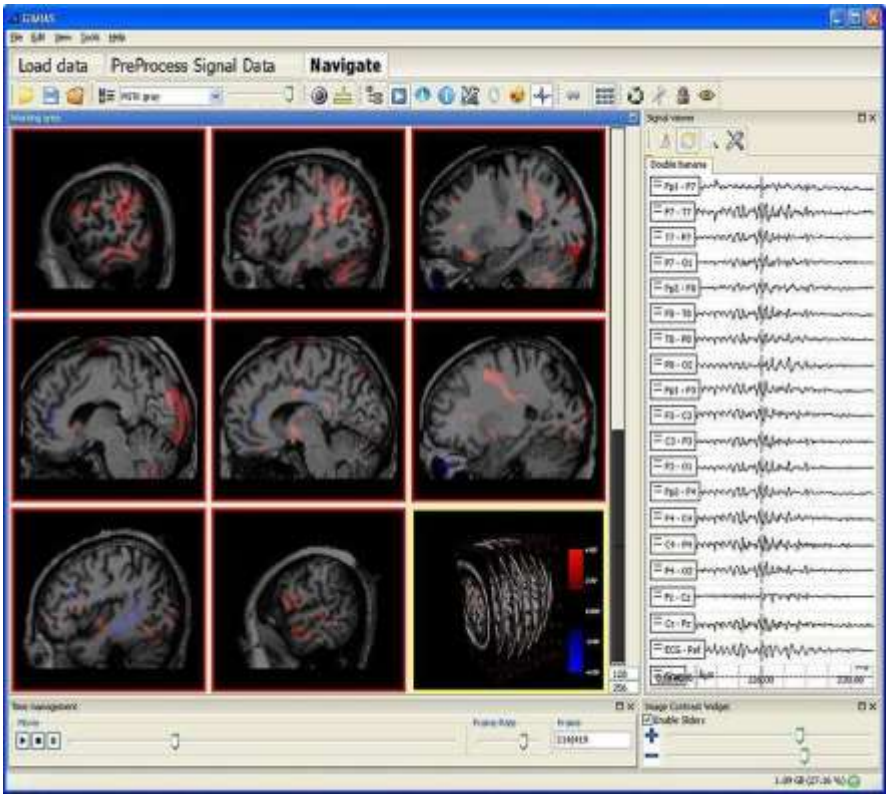



Рисунок 2.3.б – Графічний інтерфейс GIMIAS [11;59

Особливості GIMIAS включають [12]:

- DICOM як браузер та PACS з'єднання[12] [10]..

- Підтримка різних методів візуалізації[12] [10]..
- Візуалізація біомедичних даних у форматах 2D та 3D: багатопланова реформація, огляд ортогонального фрагмента, перегляд декількох фрагментів, візуалізація об'ємів, рентгенівська візуалізація, проекція максимальної інтенсивності[12] [10].
- Кілька форматів вводу та виводу: DICOM, vtk, stl, Nifty, Analyze [12] [10].
- Контроль відео: програвання, пауза, контроль швидкості[12] [10].
- Багато об'єктні даних: зображення 2D DICOM, 3D-зображення, поверхневі сітки, об'ємні сітці, сигнали або анотації[12] [10].
- Анотації зображення та поверхневої сітки: орієнтири, вимірювання та регіони, що представляють інтерес[12] [10].
- Клінічна робоча поточна навігація, яка може допомогти користувачеві переміщатися з даних пацієнта до корисної інформації для лікування пацієнта[12] [10].
- Інші додаткові інструменти для сегментації зображення, обробки сіткою та навігації по сигналу[12] [10].

GIMIAS — це середовище для розробки, яке дозволяє розробникам створювати власні медичні програми, використовуючи різні плагіни, які можна динамічно завантажувати та об'єднувати [10]. Прототипи, розроблені на GIMIAS, можуть бути перевірені кінцевими користувачами в реальних сценаріях та з реальними даними на ранніх етапах розробки[12] [10].

GIMIAS розроблено з використанням мови C + +, має архітектуру, основану на комбінації плагінів, і є кросплатформним за рахунок використання стандартного інструмента CMake [10]. Присутня можливість інтегрувати нові бібліотеки за допомогою інструмента CSnake. Середовище засновано на загальних бібліотеках з відкритим кодом, таких як VTK, ITK, MITK, BOOST та wxWidgets. Плагін може розширити рамки додавання нових компонентів обробки, компонентів графічного інтерфейсу, таких як панелі інструментів або вікна, нові типи обробки даних або нові бібліотеки візуалізації [12] [10].

GIMIAS підтримує декілька типів плагінів, починаючи з простої бібліотеки DLL, плагіна командного рядка, сумісного із 3D Slicer, або більш складним плагіном GIMIAS з індивідуальним графічним інтерфейсом [10]. Модель автоматичного генерування графічних інтерфейсів та модель об'єктів розширюваної інформації дозволяють обмінюватися плагінами з іншими платформами та розширювати можливості взаємодії [12] [10].

Програмне забезпечення доступне для Windows і Linux, 64-розрядної та 32-розрядної операційних систем[12] [10].

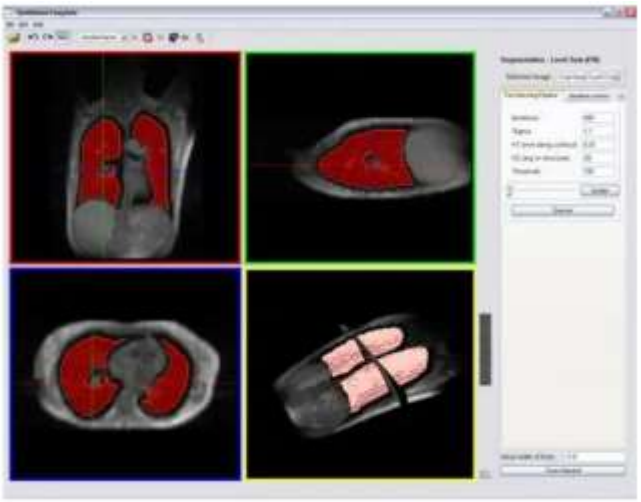
### 2.5.2 Програмне забезпечення - Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK)

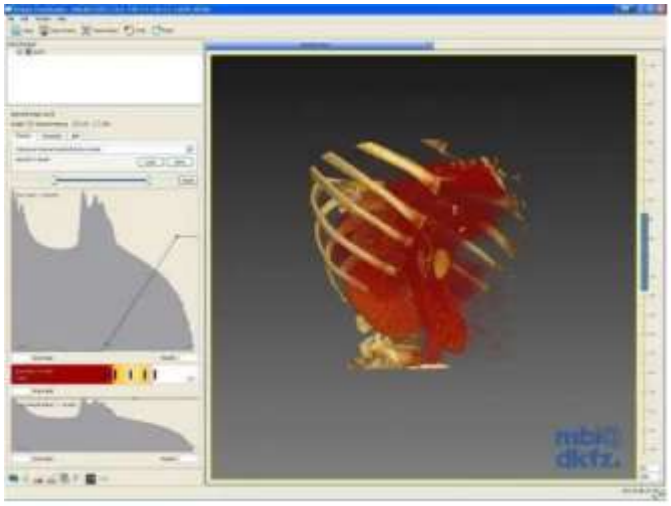
Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) — це безкоштовний і універсальний проект програмного забезпечення з відкритим кодом розробки програмного забезпечення інтерактивної обробки медичних зображень. MITK поєднує Insight Toolkit (ITK) і Visualization Toolkit (VTK) з інфраструктурою програми [22;23].

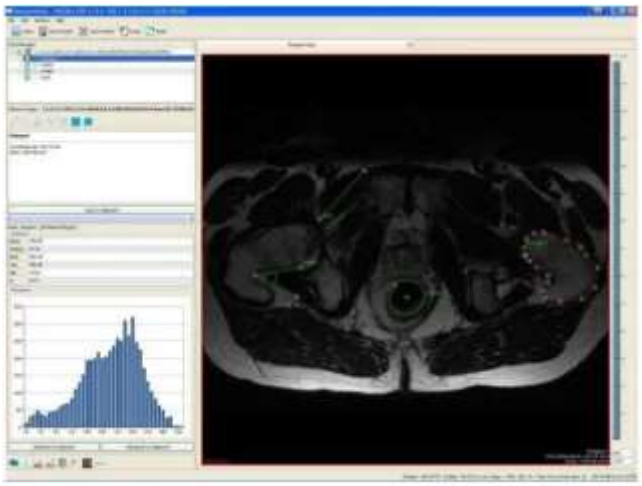
Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) це:

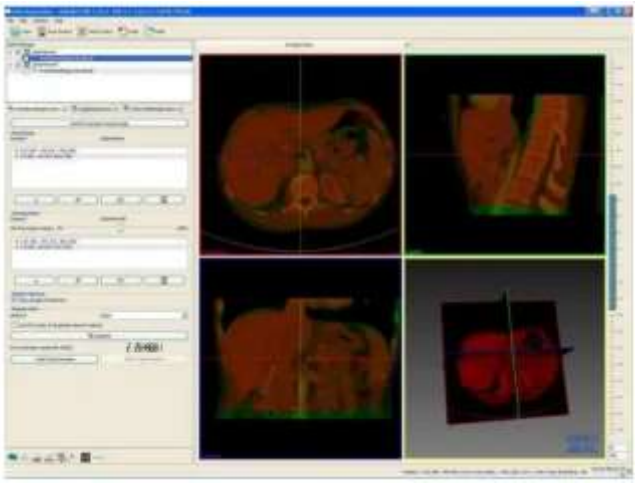
– фреймворк із відкритим кодом, який спочатку був розроблений як загальний фреймворк для Ph.D. студенти відділу медичної та біологічної інформатики (MBI) Німецького центру дослідження раку. MITK прагне підтримувати розробку передового програмного забезпечення для медичного зображення з високим ступенем взаємодії [22;23].

– бібліотека класу C++ для розробки програмного забезпечення для медичних зображень з високим ступенем взаємодії. У прикладі програми можна переглядати, вимірювати, сегментувати зображення та реєструвати DICOM (Рис. 2.4) [22;23].




mbi
dkfz.





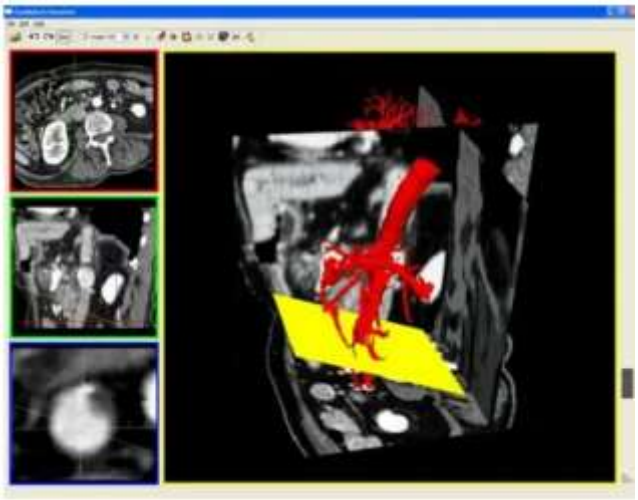


Рисунок 2.4 – Інтерфейс роботи Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) [22].

Найпоширеніший спосіб використання MITK. Ви можете використовувати MITK як програмну структуру та створювати власний проект і програму за допомогою MITK [22].

**2.5.3 Програмний додаток - 3D Slicer [51]**

3D Slicer - багатофункціональний багатоплатформний інтегрований додаток для обробки зображень, медичної інформатики та 3D-візуалізації, призначений для клінічних дослідників, лікарів та комп'ютерних учених.

3D Slicer можна використовувати для складного ручного редагування, автоматичної сегментації, аналізу та візуалізації даних дифузійно-тензорної візуалізації, читання та запису зображень DICOM та інших форматів, пакетної обробки з використанням фільтрації EMSegment BatchMake e.t.c та багатьох інших функцій (Рис. 2.5).

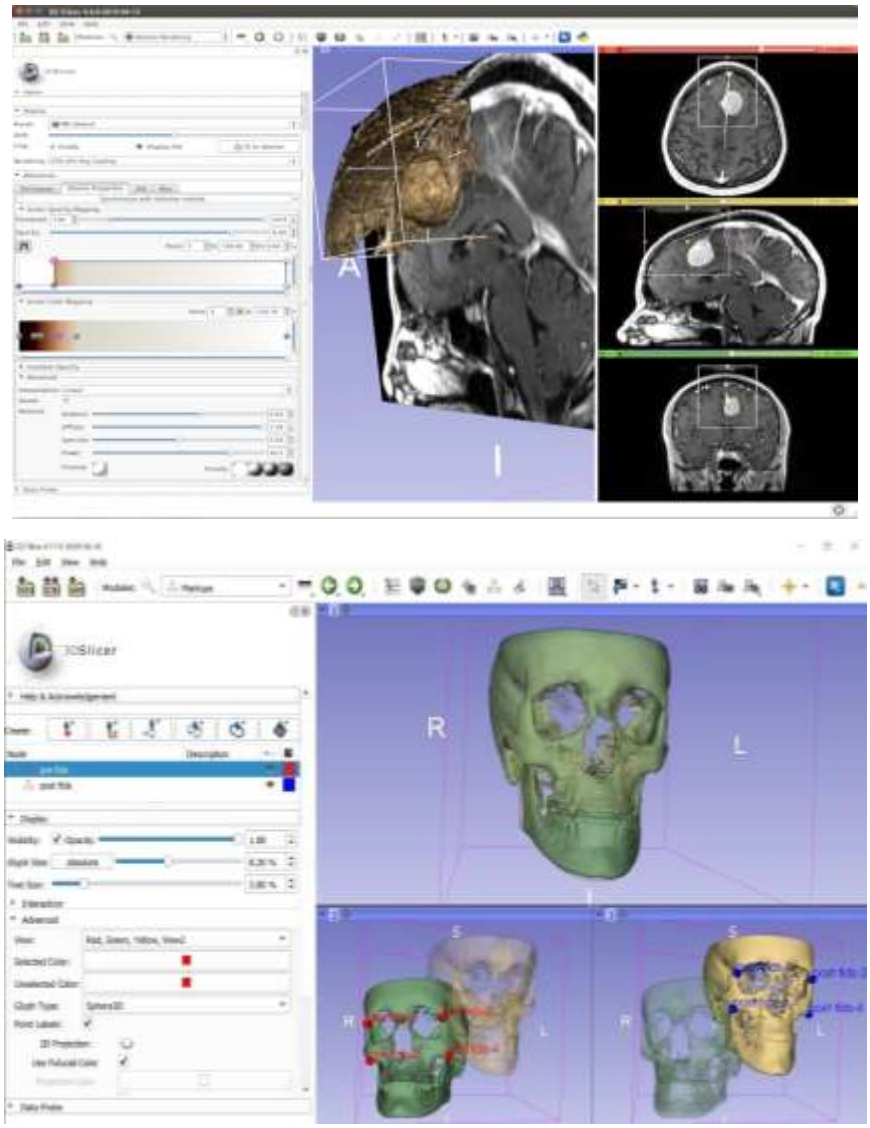



Рисунок 2.5 – Інтерфейс 3D Slicer

Програм додаток має багато способів для відображення медичних зображень. 3D Slicer важить загалом приблизно 200 MB, але її недоліком є те що вона доступна лише на комп’ютері та її необхідно інсталювати. [2], [67]

## Висновки до розділу 2

В другому розділі розглянуто програмні інструменти обробки медичної інформації: web-сховища; платформи для аналізу великих даних в медичній сфері;

CRM-система для автоматизації єдиної бази клієнтів та її сегментації та існуючі програмні рішення обробки медичних зображень.

Для надійного зберігання медичних даних в подальшій роботі було обрано Американську компанію Salesforce, яка під брендом Databases.com використовує дану хмарну систему в управлінні базами даних.

На основі проведених досліджень обґрунтовано використання 3D Slicer для обробки медичних зображень.

# РОЗДІЛ 3
# ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗБЕРІГАННЯ, ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Даний розділ присвячений програмній реалізації зберігання, обробки та візуалізації медичних зображень.

В підрозділі 3.1. розглянуто систематизовану схему роботи з медичними зображеннями в тому числі і адаптовану схему з впровадженою системою Salesforce.

В підрозділі 3.2. розглянуто: стек технології розробки середовища Salesforce; структуру інформаційної системи та розробку додатку медичної діагностики з використанням програмного додатку Salesforce.

В підрозділі 3.3 розглянуто програмний застосунок візуалізації медичних зображень та інструменти його реалізації.

## 3.1 Систематизована схема роботи з медичними зображеннями

На Рис. 3.1 показана стандартна систематизована схема роботи з медичними зображеннями.

Розберемо по пунктах дану схему (Рис.3.1):

1) Лікар - із створеної власної бази даних зображень обирає групу знімків і через канали зв’язку (в основному Email) пересилає їх фахівцю (досліднику).

2) Дослідник - отримує зображення через електронну пошту чи інший канал зв’язку.

3) Отримані дані дослідник обробляє та створює вибірку зображень.

4) Відібрана вибірка зображень надсилається до власної бази даних дослідника.

5) Модуль машинного навчання (ML) проводить обробку даних з цієї бази даних та надсилає результати назад до дослідника.

6) На основі отриманих результатів дослідник формує висновки та відправляє їх лікарю.

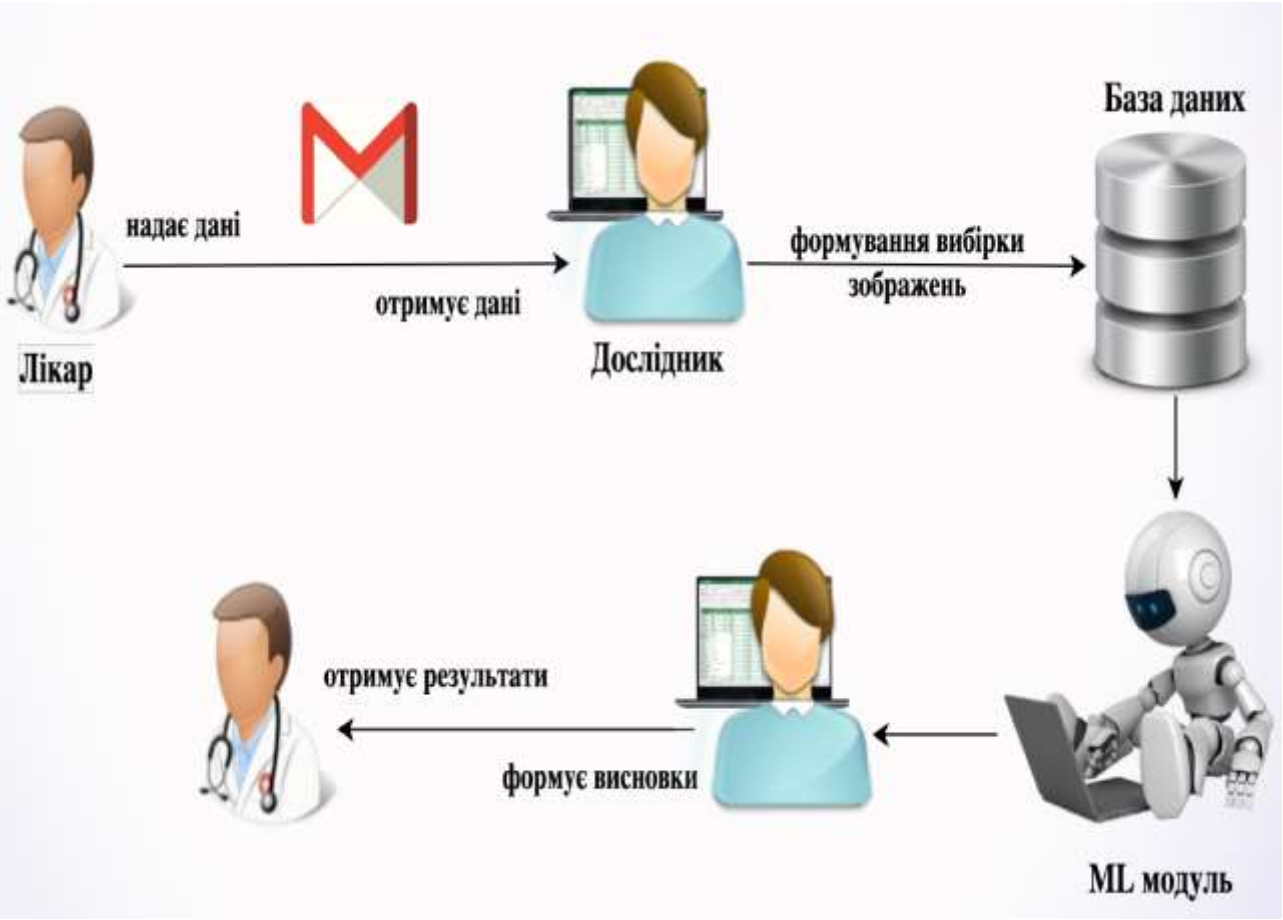



Рисунок 3.1 – Систематизована схема дослідження [47]

Із застосуванням системи Salesforce дана схема роботи з медичними зображеннями спрощується (Рис. 3.2).

Розберемо дану схему (Рис.3.1) [47]:

1) Як і на Рис. 3.1. процес починається так само – лікар надсилає дані.

2) З появою логотипа Salesforce як частина процесу з обробки медичних даних та їх управлінням.

3) Модуль ML інтегрований з Salesforce для передачі даних безпосередньо досліднику.

4) Дослідник робить висновки, а результати надсилає назад лікарю.

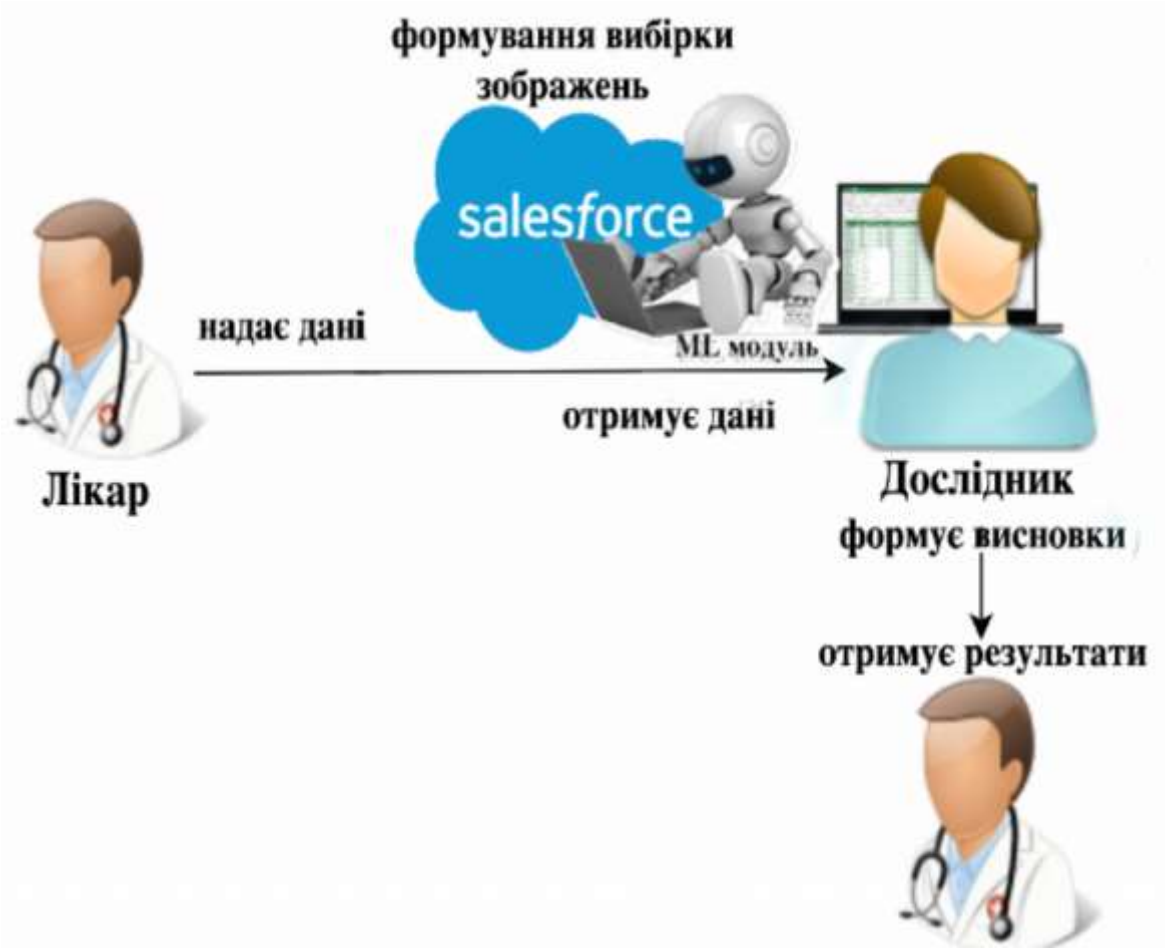



Рисунок 3.2 – Систематизована схема дослідження із застосуванням Salesforce [47] [3]

Основними відмінностями між цими схемами є інтеграція Salesforce в другому варіанті (Рис.3.2), за рахунок чого кількість етапів зменшилась. Окремий етап управління базою даних та обробки ML (Рис. 3.1) при застосуванні Salesforce, яка діє як центральна платформа, інтегрується в один етап. Таке інтегрування потенційно скорочує час між доступом до даних та отриманням результатів від фахівця. Це призведе до більш ефективного циклу обробки даних.

## 3.2 Система накопичення та зберігання медичних даних на основі середовища Salesforce

### 3.2.1 Стек технологій розробки середовища Salesforce

Розроблена система діагностики, інтегрована в українське медичне середовище Salesforce. Кожна технологія враховувала сумісність з Salesforce, функціональність та актуальність для галузі охорони здоров'я. Розглянемо основні технології що були застосовані в розробленій системі:

1. **Apex** - це мова програмування від Salesforce. Вона легко інтегрується з платформою Salesforce. . Її синтаксис і функціональність подібні до Java.
2. **JavaScript** в рамках Lightning-компонентів Salesforce використовується для розробки динамічної функціональності інтерфейсу.
3. **Lightning Component Framework**: цей фреймворк використовується в Salesforce для створення додатків. Він забезпечує архітектуру яка дозволяє багаторазово використовувати компоненти та дизайн користувацького інтерфейсу.
4. **Сторінки Visualforce** застосовується коли компонент Lightning. Visualforce не може задовольнити специфічні вимоги користувацького інтерфейсу.
5. **Мова Salesforce (SOQL) і Salesforce (SOSL)**: використовуються для пошуку даних у Salesforce. SOSL - для текстового пошуку за декількома об'єктами.. SOQL- для запитів до об'єктів у базі даних системи Salesforce.
6. **Модель даних Salesforce:** система, для зберігання даних, використовує стандартні та кастомні об'єкти Salesforce. Ця модель проста, надійна, безпечна і є невід'ємною частиною Salesforce платформи.
7. **API Salesforce**: для інтеграції з зовнішніми сервісами та системами. Ці API забезпечують безпечне та ефективне підключення системи Salesforce до інших медичних IT-систем, [3] в тому числі до електронних медичних карток та лабораторних інформаційних систем.

8. **MuleSoft,** інтеграційна платформа для складних інтеграцій. Платформа підтримує широкий спектр роз'ємів між зовнішніми системами і Salesforce.

9. **Salesforce Shield**: це набір інструментів безпеки. Він застосовується для шифрування, моніторингу та аудиту даних у Salesforce і особливо важливий у сфері охорони здоров'я.

10. **Salesforce Einstein AI -** використовується для прогнозування і розширеного аналізу даних.

Вибір цих технологій відображає стратегічне узгодження з Salesforce і забезпечують безпечну, масштабовану систему. Інтеграція інструментів і мов Salesforce разом з загальними технологіями призначення забезпечує надійну систему медичної діагностики. Така система відповідає потребам українського сектору охорони здоров'я.

### 3.2.2 Розробка структури інформаційної системи

На Рис. 3.3 показано діаграма зв’язків між сутностями розробленої системи («сутність – зв'язок» (ERD).

Ось опис сутностей та їхніх взаємозв'язків [47] [3]:

**User:** містить особисту інформацію про користувачів (адреса, електронна пошта, дані про роботу, стан тощо) [3], [47].

- **Medical_record_c**: представляє медичні записи з різними полями (вік, дати народження, стать, інформацію про ідентифікатор імені та страхування).
- **Visit_c:** відображає: зустрічі або візити, скарги, діагноз, ім'я, рекомендації, доступ до медичної картки тощо.
- **Scan_c**: містить інформацію пов’язану з медичними зображеннями (скануваннями) та поля для автоматичного введення даних по зображенням, а також посиланням на медичну картку пацієнта.
- **Institution_c:** представляє інформацію про медичні установи з наступними полями для назви країни, установи, власника та контактних даних.

- **Survey_c:** для проведених обстежень з наступними полями: посиланнями на діагноз, установу, номер обстеження та рекомендаціями.
- **Diagnos_c:** стосується медичних діагнозів з полями по захворюванню.
- **Disease_c**: містить інформацію про захворювання та має поля для назви та типу захворювання.

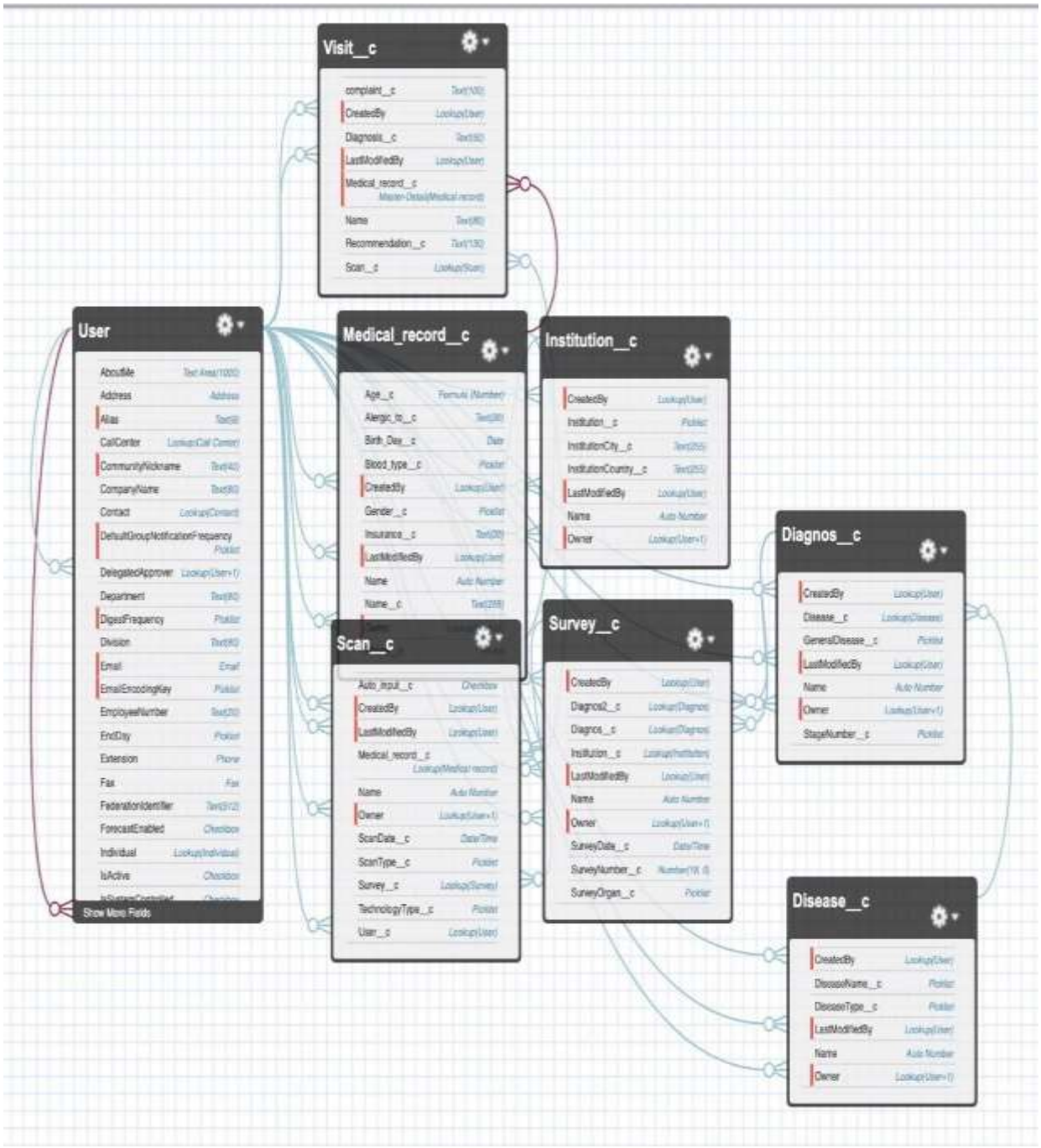



Рисунок 3.3 - Діаграма зв’язків між сутностями розробленої системи [47]

Далі ми будемо розглядаються створені інтерфейси даних сутностей системи.

### 3.2.3 Створення клієнтського додатку

Домашня сторінка системи (Рис. 3.4) виглядає як екран входу до Salesforce платформи (CRM).

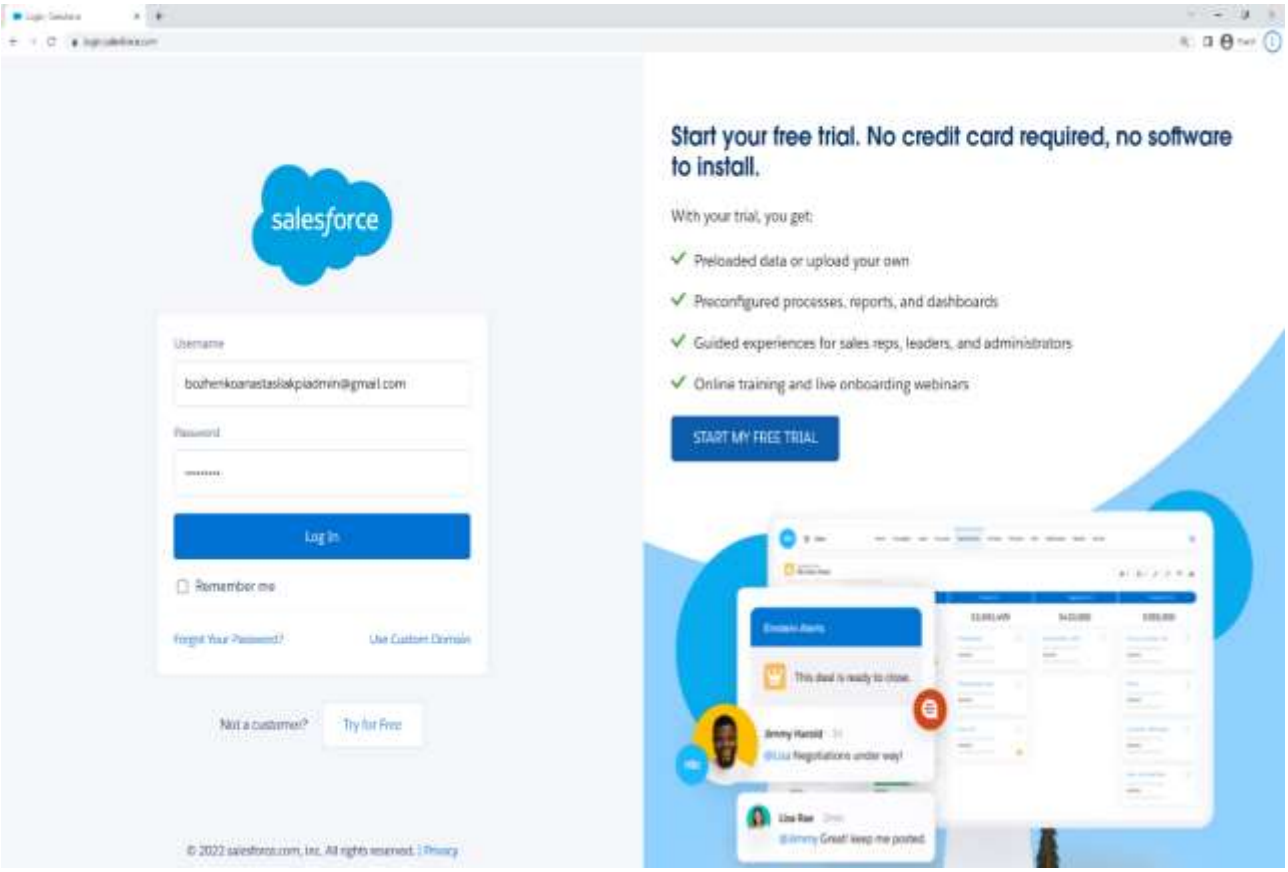



Рисунок 3.4 - Сторінка авторизації [47]

У лівій частині домашньої сторінки – знаходиться форма для входу. В даній формі користувач може ввести своє ім'я та пароль доступу до своїх облікових записів у Salesforce. Є опція "Запам'ятати мене" (для майбутніх відвідувань), посилання "Використовувати власний домен" та "Забули пароль, які є типовими для домашніх сторінок входу.

У правій частині сторінки - розміщено рекламний контент від Salesforce безкоштовної пробної версії, яка не потребує встановлення програмного забезпечення. Переваги пробної версії.

Цей макет чистий і простий у використанні.

**Інтерфейс Chatter**

Рис. 3.5 надано скріншот функції Chatter в платформі Salesforce, під назвою KPI. Інтерфейс Chatter - це програма для співпраці та спілкування (в тому числі консультацій, рекомендацій) в режимі реального часу в Salesforce. Вона дозволяє користувачам співпрацювати, спілкуватися та обмінюватися інформацією. Інтерфейс схожий на соціальну мережу, але інтегрований в систему Salesforce та розроблений для підприємств.

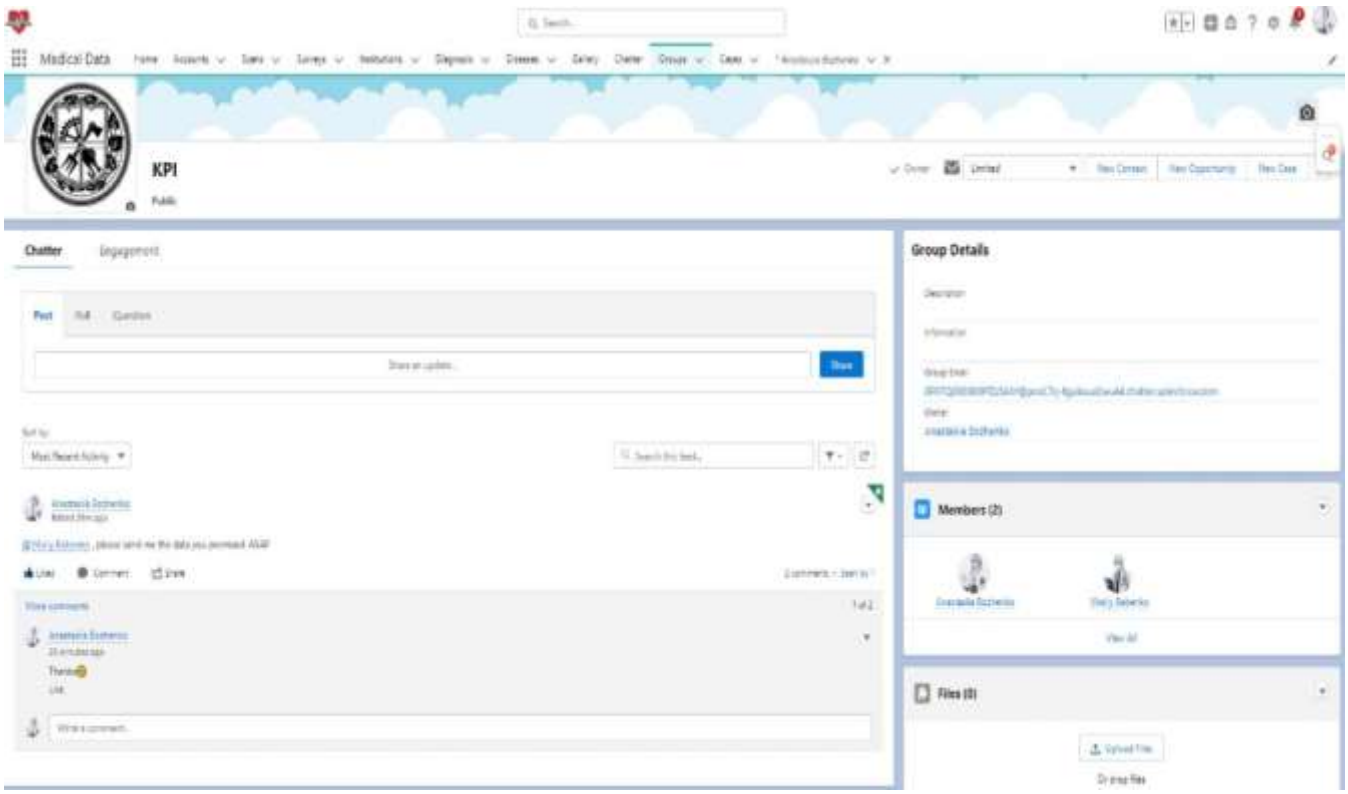



Рисунок 3.5 - Чат для спілкування в системі [47]

**Інтерфейс ЕМК**

На Рис. 3.6 показано інтерфейс електронної медичної картки (ЕМК) в

системі на базі Salesforce.

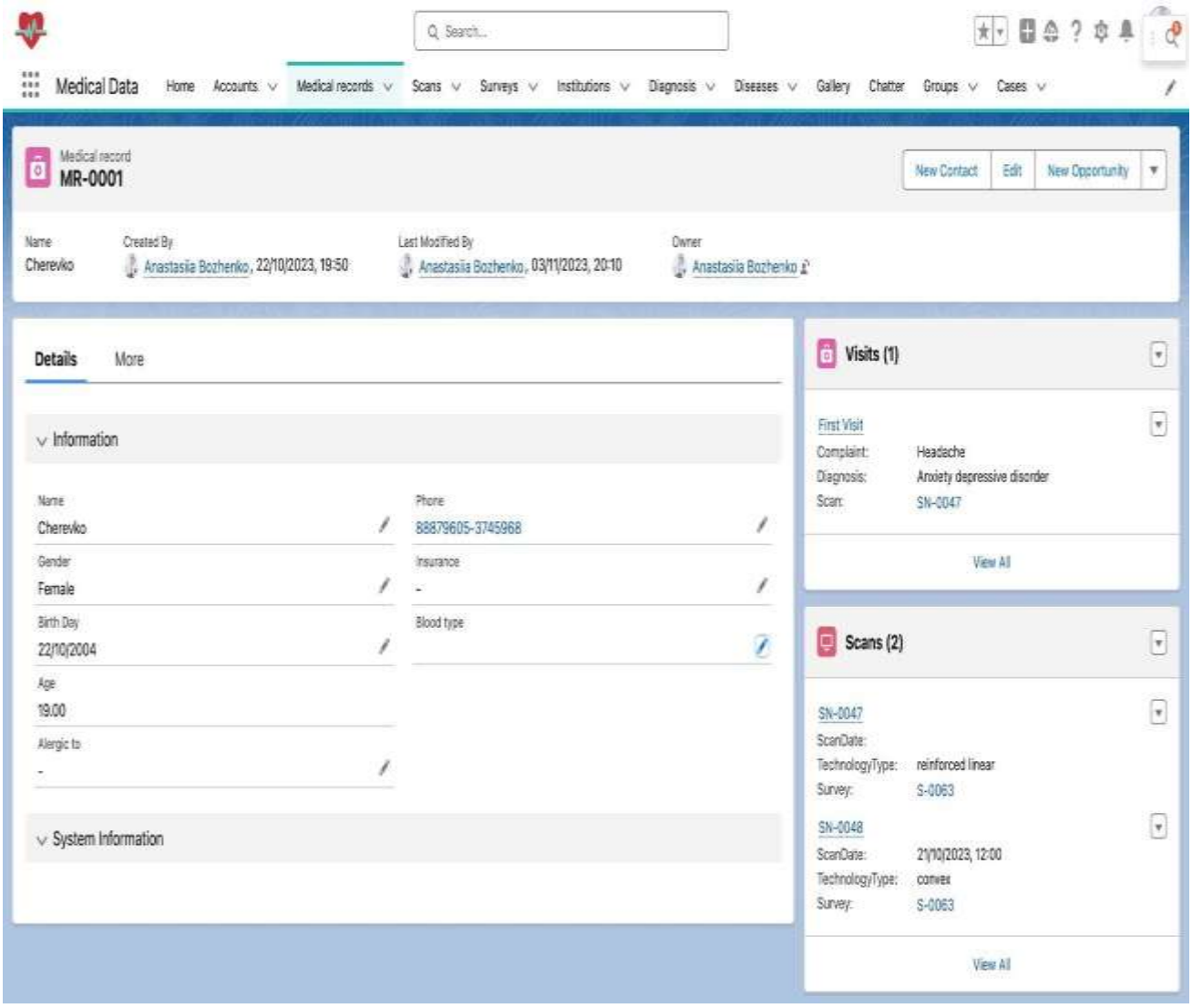



Рисунок 3.6 – Електронна медична картка пацієнта в системі [47]

Інтерфейс ЕМК забезпечує структурований перегляд медичної інформації про пацієнта та включає наступні ключові елементи [47] [3]:

1. *Верхня частина*: назва системи медичних записів та містить навігаційні вкладки (Обліковий запис, Чат, Сканування, Обстеження, Галерею, Діагноз, Захворювання).

2. *Ідентифікація медичної картки*: зверху в лівій частині знаходиться номер медичної картки (MR-0001) і являється унікальним ідентифікатором електронної медичної картки.

*Деталі запису, такі як*: інформація про пацієнта, контактні данні тощо. [3], [47]

3. *Інформаційні панелі з питань охорони здоров'я*: сюди відносяться відвідування та медичні сканування.

Цей інтерфейс ЕМК є централізованим і містить основну інформацію по пацієнту. Дана ЕМК важлива для лікаря при перегляді захворювань та прийнятті клінічних рішень. Інтерфейс простий у використанні з швидким доступом до даних пацієнта.

**Інтерфейс галереї медичних зображень**

На Рис. 3.7 показано функцію галереї в системі медичних записів. Основна функція галереї - відображати медичні зображення (такі як КТ, МРТ, ультразвукові знімки, тощо), які можна відфільтровувати та детально переглядати. Розглянемо основні функції для фільтрування та завантаження медичних зображень.

1. *Ескізи зображень*: кожне сканування представлено мініатюрою. Це дозволяє візуально переглядати медичні зображення лікарю чи фахівцю..

2. *Параметри фільтрації*: праворуч знаходиться панель з випадаючим меню. Завдяки йому можна відфільтровувати зображення за різними критеріями таких як:

тип технології (наприклад: опуклі) [3], [47];

- тип сканування (наприклад: КТ- комп’ютерна томографія, УЗД - ультразвукове дослідження тощо);
- орган сканування (наприклад: печінка, головний мозок, щелепа, тощо);
- загальне захворювання (наприклад: фіброз, пухлина, тощо);
- номер стадії та назва установи;
- нормальний стан (з прапорцями "Нормально" та "Ненормально").

3. *Інформація про метадані*: відповідні метадані, завантажених на сервер медичних зображень, відображаються під кожною мініатюрою.

4. *Функція завантаження*: ця система дозволяє лікарю завантажувати медичні зображення для аналізу або обміну з колегами. Данну функцію можна задати через: представлення піктограмою; посиланням для завантаження що знаходиться біля метаданих кожного зображення або активується після вибору зображення у вікні детального перегляду.

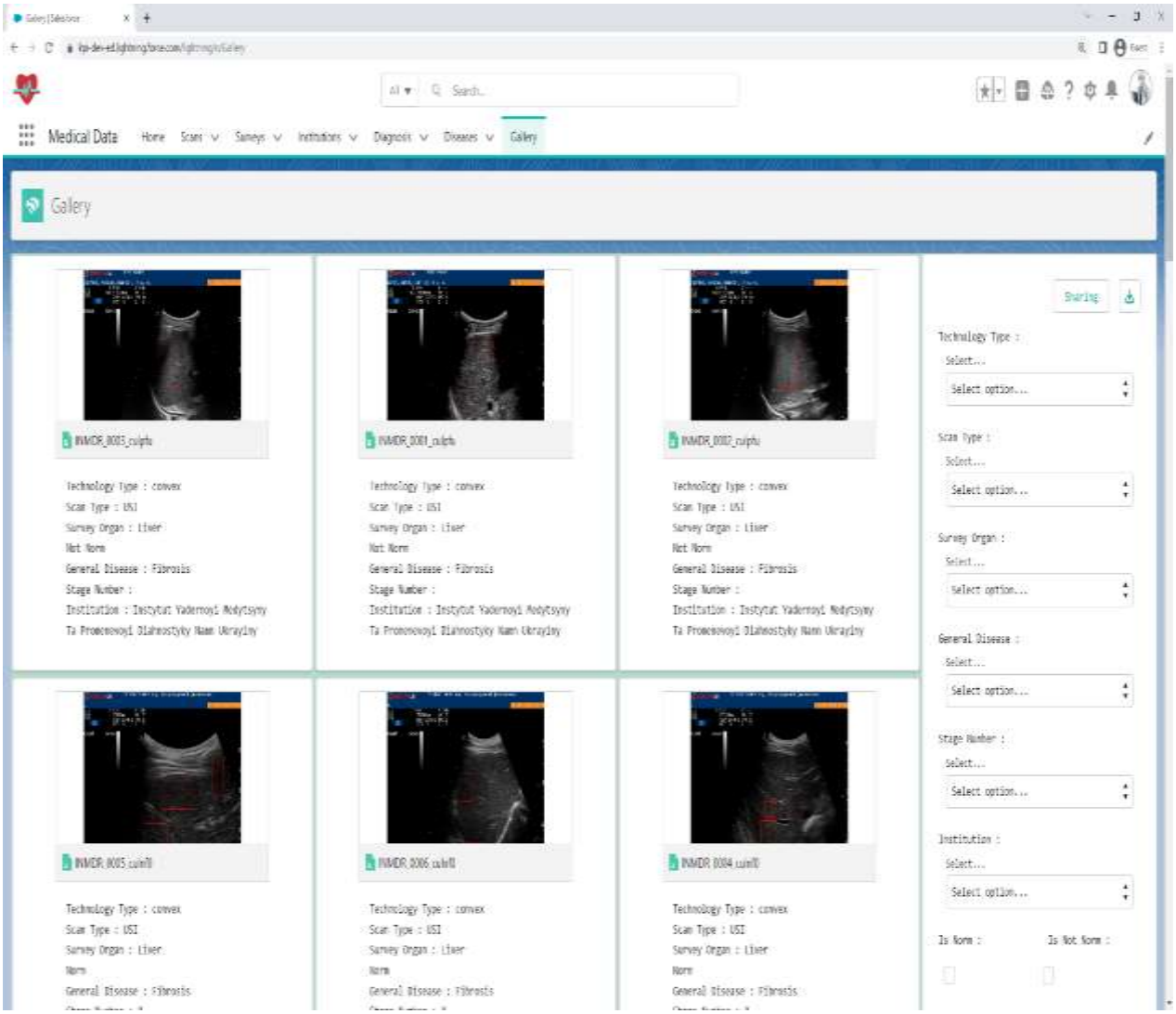



Рисунок 3.7 - Сторінка інтерфейсу галереї [47] [3]

5. *Функції пошуку*: у верхній частині інтерфейсу знаходиться рядок пошуку, який дозволяє лікарю шукати певну групу зображень за ідентифікаторами або ключовими словами.

Галерея розроблена, щоб: допомогти медичним працівникам керувати та переглядати медичні знімки пацієнтів; надає опції фільтрації знімків для швидкого їх пошуку за відповідними параметрами та критеріями. Вибираючи різні параметри та критерії, користувачі можуть звузити результати пошуку зображень та віднайти саме ті знімки, які їм потрібні для перегляду, діагностики або передачі фахівцю для подальшого аналізу.

**Інтерфейс медичних записів**

Наведений Рис. 3.8 демонструє інтерфейс системи конкретного випадку в додатку "медичні записи" [47] [3].

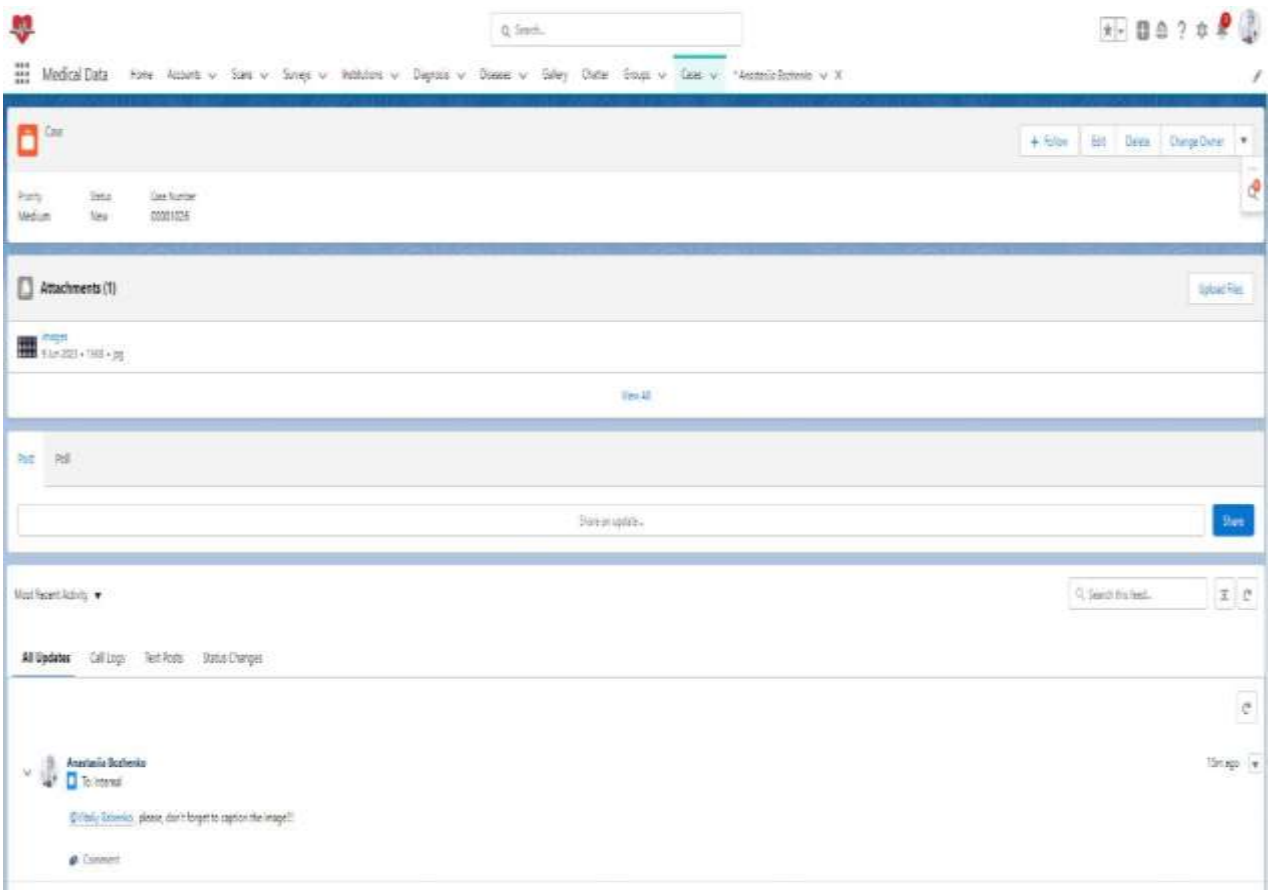


Рисунок 3.8 - Коментарі до певного випадку [47]

Система призначена для спільного ведення справ та дозволяє співрозмовникам обмінюватися зображеннями, обговорювати діагноз та план лікування тощо.

## 3.3 Програмний застосунок та інструменти його реалізації

### 3.3.1 Програмний застосунок

Розроблений в цій роботі програмний застосунок є сайтом. Завдяки цьому користувач зможе працювати майже на всіх пристроях які в стані відкрити звичайну веб-сторінку - просто перейшовши на відповідне посилання. Цей веб-застосунок допоможе користувачу виконувати на ньому певні дії ( в тому числі завантажувати з великих баз даних чи серверів медичні зображення та подальшого їх перегляду). [2], [67].

Інтерфейс розробленого програмного застосунку, його варіації для ПК та мобільної версії представлено на Рис. 3.9.

Рисунок 3.9 - Інтерфейс розробленого програмного застосунку

Для порівняння можливостей було обрано одне КТ всієї щелепи.

На Рис 3.10 показано порівняння візуалізації КТ, в розробленому веб-застосунку без камери, що було зроблено навмисно щоб уникнути зайвих спотворень, а також щоб було видно більшу контрастність деяких елементів.

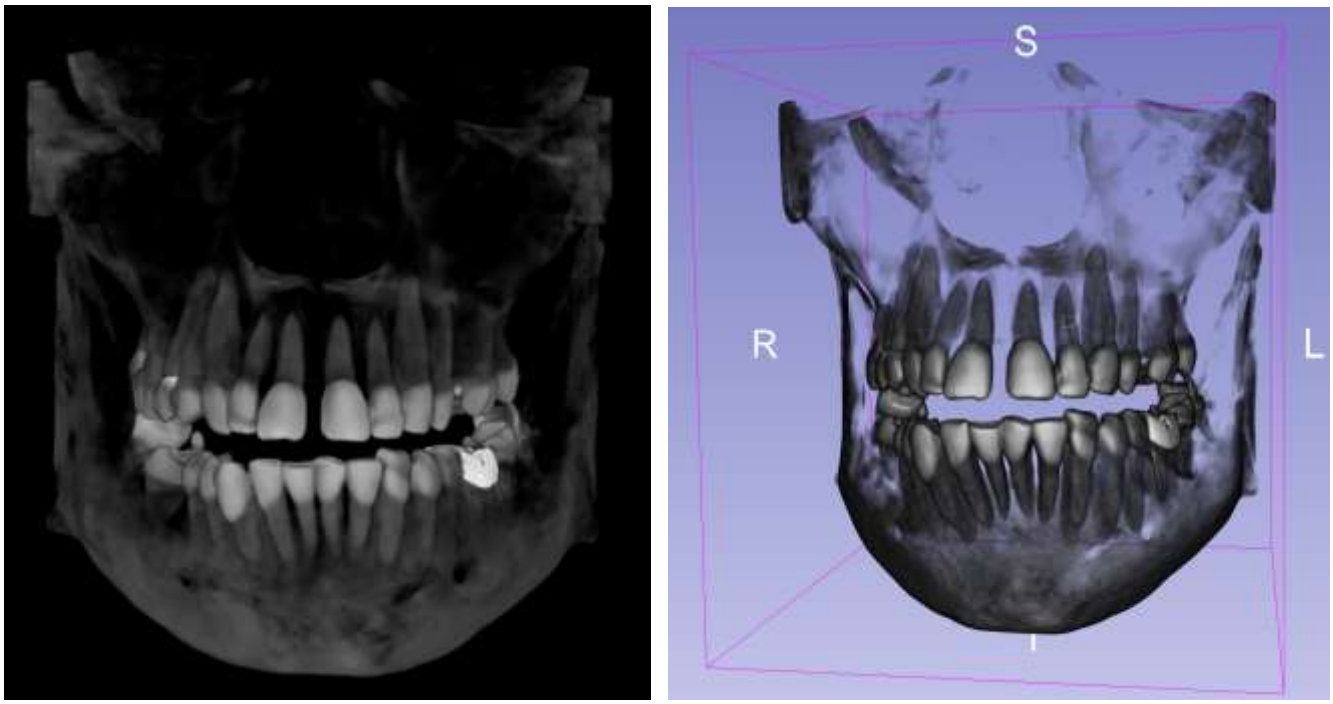



Рисунок 3.10 - Порівняння вигляду моделі

В програмному застосунку обрізка моделі була реалізована іншим способом ніж запропонований в 3D Slicer.

В розробленому програмному застосунку надані можливості (Рис. 3.11):

- спочатку вибрати певну зону області зображення для обрізки за допомогою червоного прямокутного паралелепіпеду:
- обрізати та відцентрувати для подальшого обертання навколо середини обраної зони зображення.

В 3D Slicer фрагмент із зображення, який потрібно вирізати та показати, задається лише значеннями (Рис. 3.12).

.

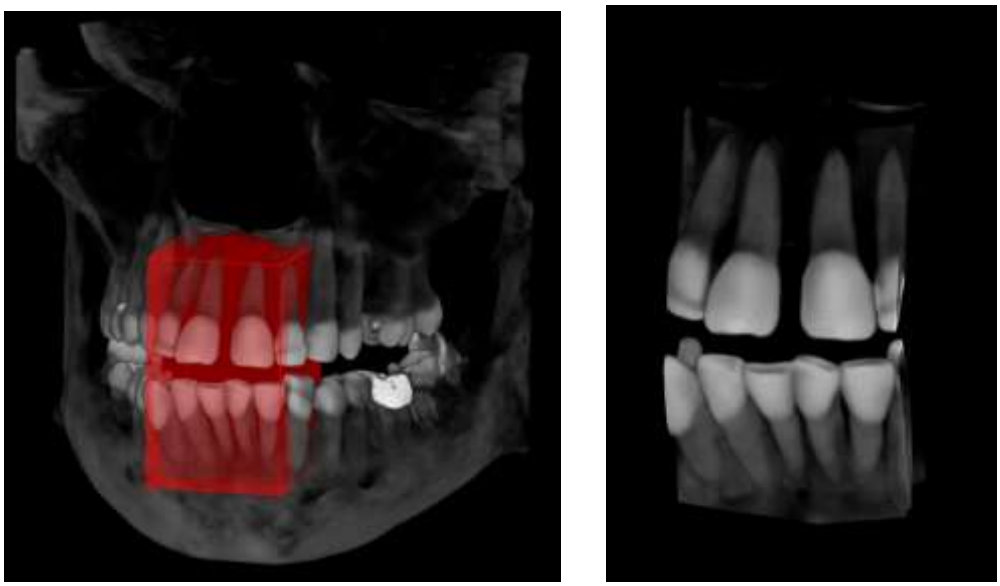


Рисунок 3.11 - Обрізка реалізована в розробленому програмному застосунку

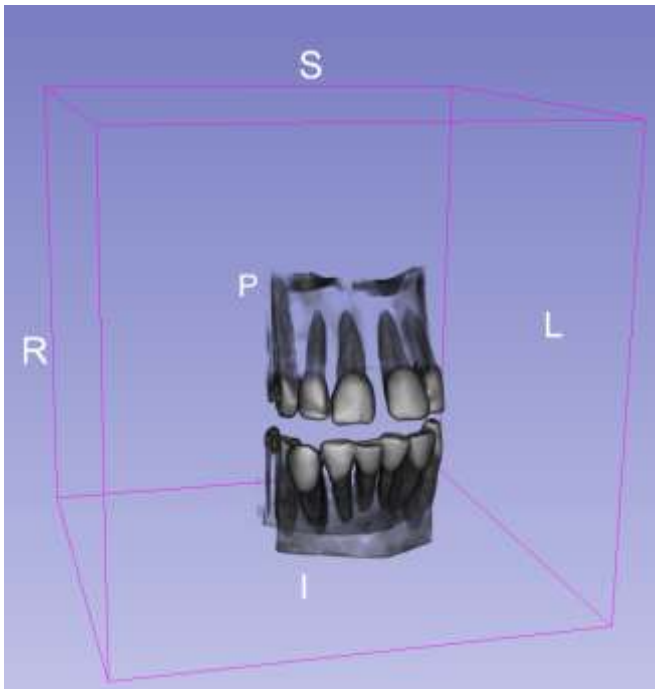



Рисунок 3.12 - Обрізка в 3D Slicer

Також в розробленому програмному застосунку було реалізовано контурування медичного зображення (в тому числі фрагменту). В 3D Slicer даного аналога не має. Приклади контурування показано на Рис 3.13.

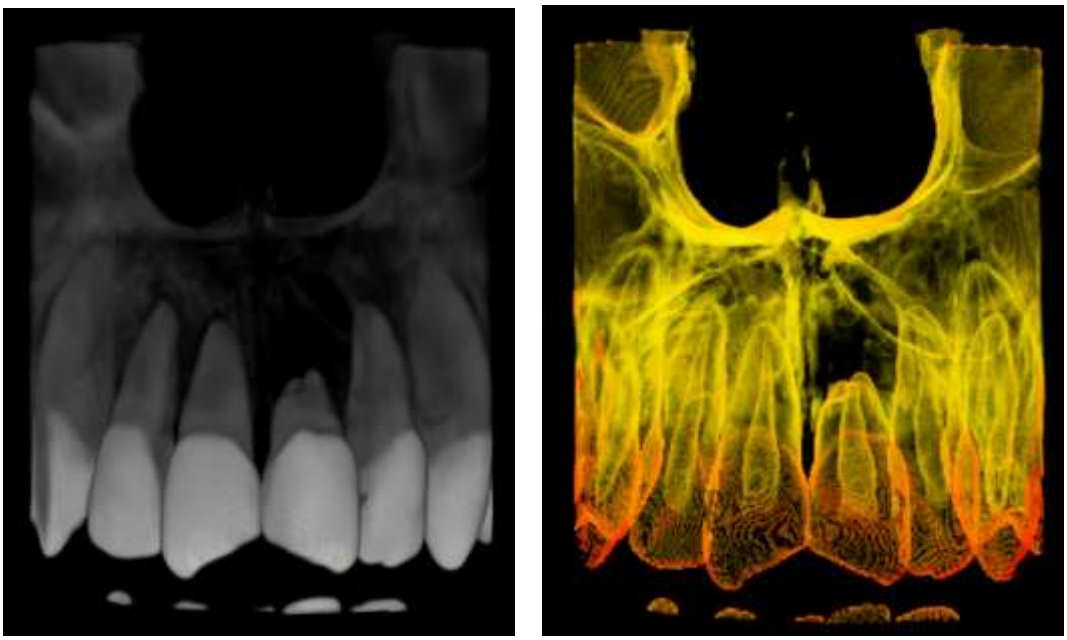


Рисунок 3.13 - Контурування в розробленому програмному застосунку

### 3.3.2 Інструменти реалізації аналізу даних

**Колірна модель RGBA32**

RGBA це колірна модель RGB, яка доповнена четвертим альфа-каналом. Альфа вказує на непрозорість кожного пікселя та дозволяє та дозволяє поєднувати зображення. Кожен канал є восьми бітний іта може мати значення від 0 до 255. Даний спосіб написання кольору дає можливість розташовувати пікселі на растровому 2D полотні canvas. [2], [67] На Рис 3.14 показано формат запису кольору з розбиттям по кожному біту [2], [67].

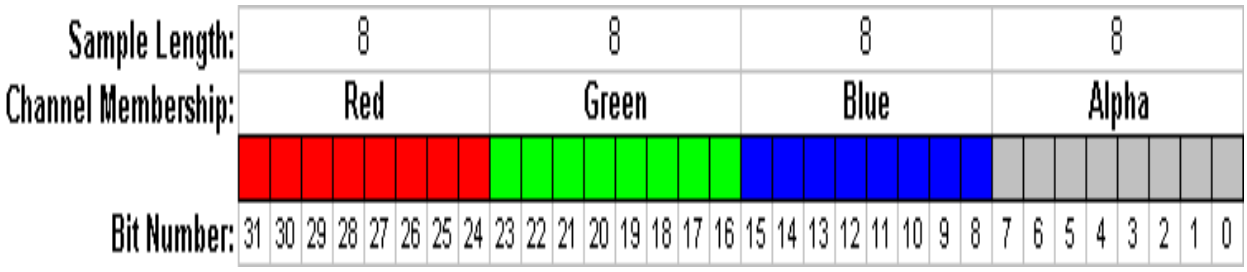



Рисунок 3.14 - Формат запису кольору

**Колірний градієнт**

У комп'ютерній графіці застосовується колірний градієнт який визначає діапазон заповнення області залежної від положення кольорів для заповнення даної області.

В розробленому веб-застосунку застосовано лінійний градієнт для візуалізації діапазонів щільності при цьому кожна складова кольору лінійно переходить в іншу при русі по діапазону. [2], [67]

Приклад розрахунку лінійного градієнту показано на Рис 3.15.

$$\min = -1000; \ \max = 3095$$

$$RGBA_0 = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \ RGBA_1 = \begin{bmatrix} 255 \\ 0 \\ 0 \\ 255 \end{bmatrix}$$

$$\text{gradient}(val) = RGBA_0 + (RGBA_1 - RGBA_0) \cdot \frac{val - \min}{\max - \min}$$

$$(val \ \text{це будь яке число від min до max})$$

Рисунок 3.15- Приклад розрахунку кольору

Для розрахунку на Рис. 3.15 запропоновано обрати лінійний діапазон щільності від -1000 до 3095, та колірний градієнт від RGBA0 до RGBA1. При цьому колір числа (*val*) з цього в цьому діапазоні буде дорівнювати gradient (val) [2], [67].

**Матриця повороту**

Матриця повороту [53] дозволяє повертати вектор в просторі навколо осей або конкретного вектора під заданим кутом. Матриця обертання вектора навколо

осей подана на Рис.3.16.. [2], [67]

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Рисунок 3.16 - Матриці обертання навколо осей [2]

Також важливу роль відіграє матриця обертання R навколо заданого конкретного вектору u = ($u_x$, $u_y$, $u_z$) на кут θ (Рис. 3.17) [2].

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta + u_x^2(1-\cos\theta) & u_x u_y(1-\cos\theta) - u_z\sin\theta & u_x u_z(1-\cos\theta) + u_y\sin\theta \\ u_y u_x(1-\cos\theta) + u_z\sin\theta & \cos\theta + u_y^2(1-\cos\theta) & u_y u_z(1-\cos\theta) - u_x\sin\theta \\ u_z u_x(1-\cos\theta) - u_y\sin\theta & u_z u_y(1-\cos\theta) + u_x\sin\theta & \cos\theta + u_z^2(1-\cos\theta) \end{bmatrix}$$

Рисунок 3.17 - Матриця обертання навколо вектору u

Завдяки цим матрицям було реалізовано коректне обертання зони просторової побудови [2], [67] за допомогою мишки або пальця

**Бібліотека math.js**

math.js [50] — це велика математична бібліотека для JavaScript і Node.js. Дана бібліотека має: гнучкий аналізатор виразів; великий набір вбудованих

функцій та інтегрованих рішень роботи з різними типами даних (числа (великі та комплексні числа, одиниці, дроби та матриці). Потужна і проста у використанні [2], [67].

В розробленому веб-застосунку для роботи з векторами, матрицями повороту та множенням одного на інше застосовується дана бібліотека. [2], [67].

**Бібліотека daikon.js**

daikon.js [48] – це бібліотека була застосована в роботі для читання файлів в форматі Dicom. Дана бібліотека дозволяє отримати дані про сам файл Dicom та інформацію яка в ньому міститься про багато шарів, або дані про багато файлів Dicom в кожному з яких зберігається інформація про один шар. [2], [67].

**Бібліотека gpu.js**

gpu.js [49] – за допомогою цієї бібліотеки можна виконувати розрахунки не на відеокарті (GPU) а на самому процесорі (CPU). Бібліотека перетворює код js в код, який запускається на відеокарті, виконує його там і повертає результат. [2], [67].

CPU зазвичай швидше виконує одиночні завдання. Але якщо таких завдань буде дуже багато і вони будуть не залежні одне від одного, то в такому випадку краще використовувати GPU. При правильній побудові функцій для GPU можна отримати колосальний приріст в швидкості виконання завдань. Треба зауважити що gpu.js лише виконує математичні перетворення та перетворення з масивами і не може взаємодіяти з сайтом на відміну від js. Тому в кожному конкретному випадку потрібно буде обирати його коректне використання. [2], [67].

**Шкала Гаунсфільда**

Шкала була запропонована Годфрі Ньюболдом Гаунсфілдом, одним із головних інженерів та розробників аксіальної комп'ютерної томографії. КТ-апарати стали першими пристроями, що дозволяють детально візуалізувати анатомію живих істот в тривимірному вигляді. З початку 1990-х років розвиток

комп'ютерної технології дозволив розробити програмне забезпечення, що дозволяє проводити 3D-реконструкці. Для порівняння, звичайні рентгенівські зображення дозволяють відображують лише проекційне нашарування складних анатомічних структур, тобто їхню інтегральну рентгенівську тінь [57] [5].

Шкала одиниць Гаунсфілда (денситометричних показників, англ. HU) — шкала лінійного послаблення випромінювання по відношенню до дистильованої води, рентгенівська щільність якої була прийнята за 0 HU [2] [5] (при стандартному тиску та температурі). Середні денситометричні показники представлено на Рис.3.18. [57]

**Середні денситометричні показники**

| Речовина | HU |
|---|---|
| **Повітря** | −1000 |
| **Легені** | −500 |
| **Жир** | від −100 до 50 |
| **Вода** | 0 |
| **Спинномозкова рідина** | 15 |
| **Нирки** | 30 |
| **Кров** | від +30 до +45 |
| **М'язи** | від +10 до +40 |
| **Сіра речовина** | від +37 до +45 |
| **Біла речовина** | від +20 до +30 |
| **Печінка** | від +40 до +60 |
| **М'які тканини, контраст** | від +100 до +300 |
| **Кістка** | від +700 (губчаста речовина) до +3000 (кісткова речовина) |

Рисунок 3.18 – Шкала одиниць Гаунсфілда (середні денситометричні показники)

В DICOM використовується саме ця шкала рентгенівської щільності

знімків. Шкала дозволяє детально візуалізувати анатомію живих істот в тривимірному вигляді [57] [5].

## Висновок до розділу 3

В розділ представлено:

1. Системи медичної діагностики в якій були [47]:
   - використані технології та інструменти специфічні для Salesforce а саме: Apex, JavaScript, SOSL, SOQL, Salesforce Shield та Einstein AI;
   - розроблені функціональні та зручні інтерфейси, включаючи системи входу, комунікаційний модуль Chatter, галереї зображень та електронна медична картка.

2. Веб-засоби аналізу медичних зображень в яких реалізовано :
   - контурування медичних зображень із застосуванням колірної моделі RGB та колірних градієнтів;
   - візуалізація повороту зображення на основі матриці повороту.
3. Для реалізації веб-застосунку було застосовано такі засоби:
   - програмна платформа 3D Slicer;
   - бібліотеки мови програмування Java: *math, daikon та gpu* з розширення js.

# РОЗДІЛ 4
# МЕТОДИКА РОБОТИ З ПРОГРАМНИМ ЗАСТОСУНКОМ ОБРОБКИ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Даний розділ присвячений програмній реалізації програмного застосунку для візуалізації та обробки медичних зображень на програмній платформі 3D Slicer.

В підрозділах було розглянуто: елементи інтерфейсу (slider та tool); відкриття медичних файлів у форматі Dicom; гістограма динамічного розрахунку щільності завантаженого медичного файлу; Зона просторової побудови; інструменти обрізання; інструменти приховування шарів та виділення контурів.

## 4.1 Елементи інтерфейсу slider та tool

В програмному продукті найчастіше зустрічаються наступні елементи інтерфейсі slider та tool.

### 4.1.1 Інтерфейс slider

В розробленому програмному застосунку найчастіше зустрічається інтерфейс slider. В даний інтерфейс входить декілька елементів: повзунок, тегові поля з назвою та елемент для числового введення з клавіатури (Рис. 4.1) [2], [67]

Рисунок 4.1-Елемент інтерфейсу slider [2]

### 4.1.2 Інтерфейс tool

Глобальним елемент інтерфейсу є tool. Даний інструмент зазвичай має в собі декілька Slider або інших особливих елементів. Tool – має свою назву та клавішу, щоб сховати його основний інтерфейсом так і блок з основним інтерфейсом. Для прикладу на Рис. 4.2 – Рис. 4.3 надано інструмент File histogram в згорнутому стані (Рис. 4.2) та в розгорнутому стані (Рис.4.3). [2], [67]

Рисунок 4.2 - Згорнутий елемент інтерфейсу tool [2]

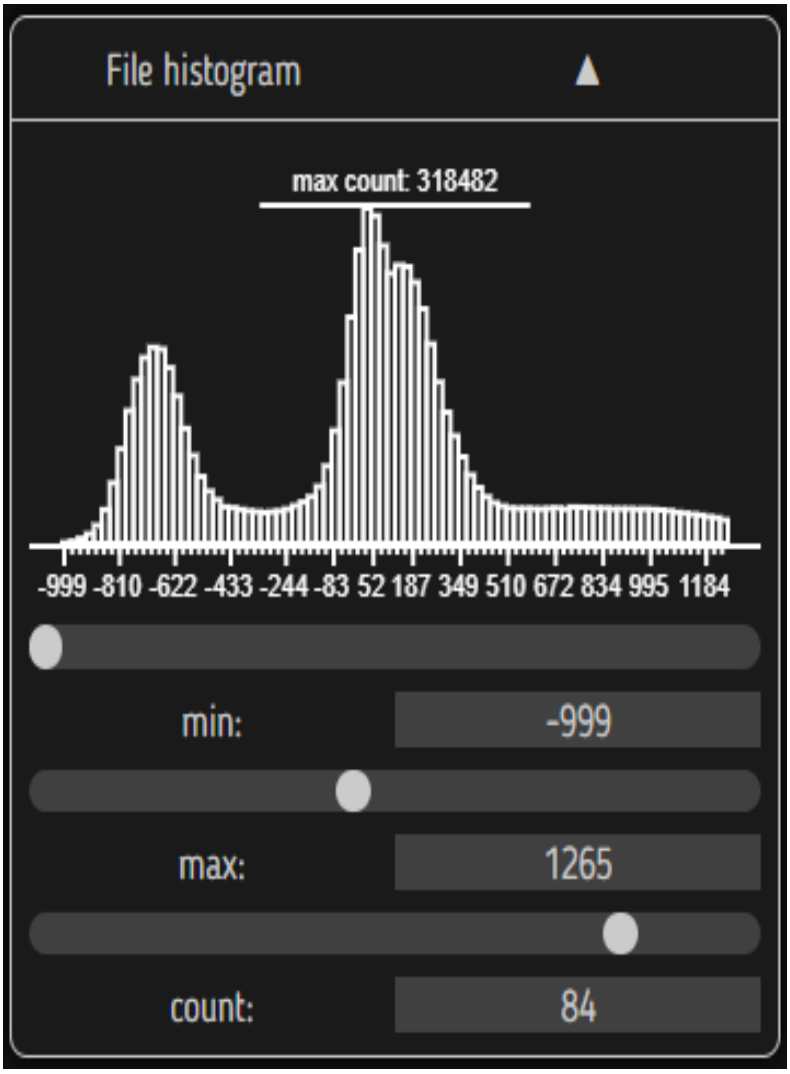



Рисунок 4.3 - Розгорнутий елемент інтерфейсу tool

## 4.2 Відкриття медичних файлів у форматі Dicom

Для відкриття медичних файлів у форматі Dicom було використано бібліотеку daikon.js. Властивості даної бібліотеки були розглянуті в пп. 3.3.2 цієї дисертації.

Розглянемо основні функції що відповідають за відкриття файлу:

1. **в openFile.js** (Рис. 4.4.):
   - initOpenFile (element = openFileElement);
   - (data,X,Y,Z);
2. **в fileInfo.js** (Рис. 4.5.):
   - initFileInfo (element = fileInfoElement);
   - updateFileInfo (data,element = fileInfoElement).

Рисунок 4.4. - Інструменти Open Dicom File. до відкриття файлу в File Info [2]

Рисунок 4.5 - Інструменти Open Dicom File після відкриття файлу в  File Info [2]

## 4.3 Гістограма динамічного розрахунку щільності медичного файлу

При відкритті файлу також розраховується проміжна гістограма. Суть проміжної діаграми поля в тому, щоб не проганяти всі значення через цикл , а створити  масив в якому будуть записані кількості кожного значення.

Так наприклад для проганяння через весь цикл це може становити 251*251*251 = 15 813 251 значень, а в розробленому веб-додатку можна задати проміжною гістограмою певний діапазон як от від -1000 до 4143 (в роботі значення щільності були в межах від -1024 до 15 000). Тому застосування такої проміжної гістограма пришвидшує динамічний розрахунок фінальної гістограми бо перебрати масив з п’яти тисяч елементів набагато швидше ніж з 15 мільйонів значень. [2], [67].

Основні функції що відповідають за інструмент File histogram:

- initHistogram (min, max, n=50,element = histogramElement);
- getInputAndUpgradeHistogram (element = histogramElement).

Як бачимо на Рис 4.6 значень -1000 дуже багато. Для Dicom файлів, це звично, оскільки корисна інформація знаходиться в середині циліндру. Навколо циліндру знаходяться нульові значення, які в Dicom записуються як повітря [2], [67]

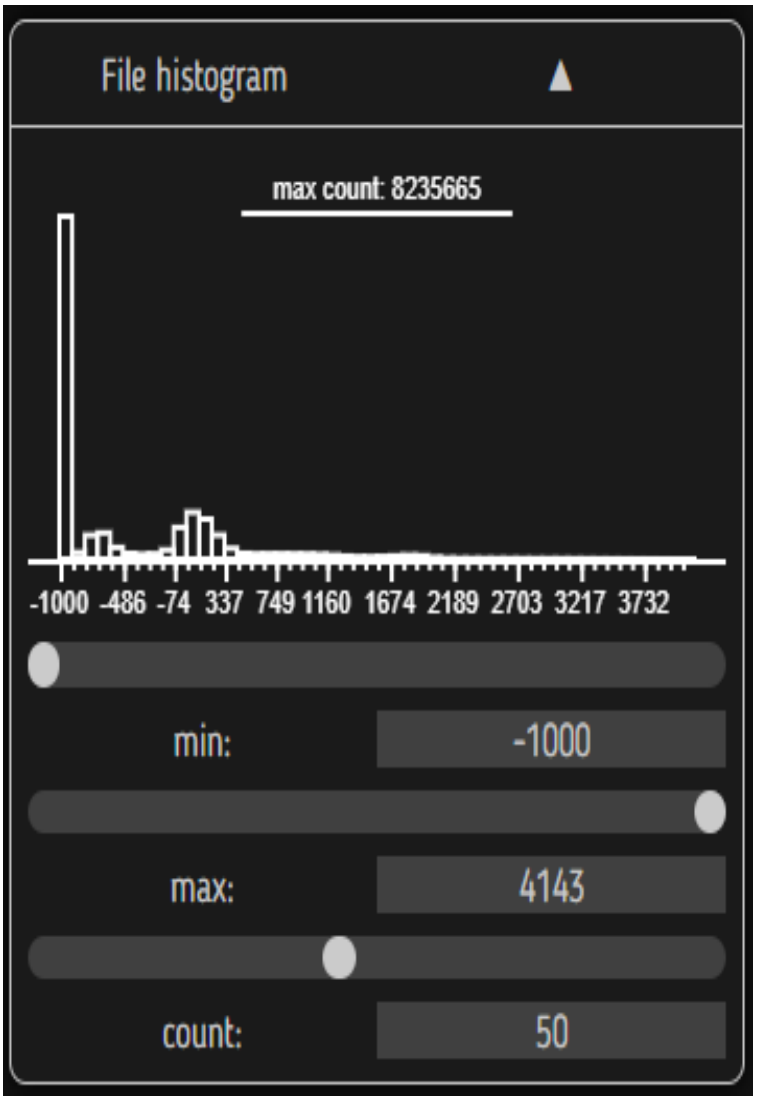



Рисунок 4.6 - Інструмент File histogram після відкриття файлу

Тобто діапазон від 1000 до 1024. На Рис. 4.7. показано результат зміщенні повзунка *min* в діапазон 995. Діапазон для розрахунку гістограми можна змінювати в тому числі і кількість стовпчиків гістограми змінивши значення count. [2], [67].

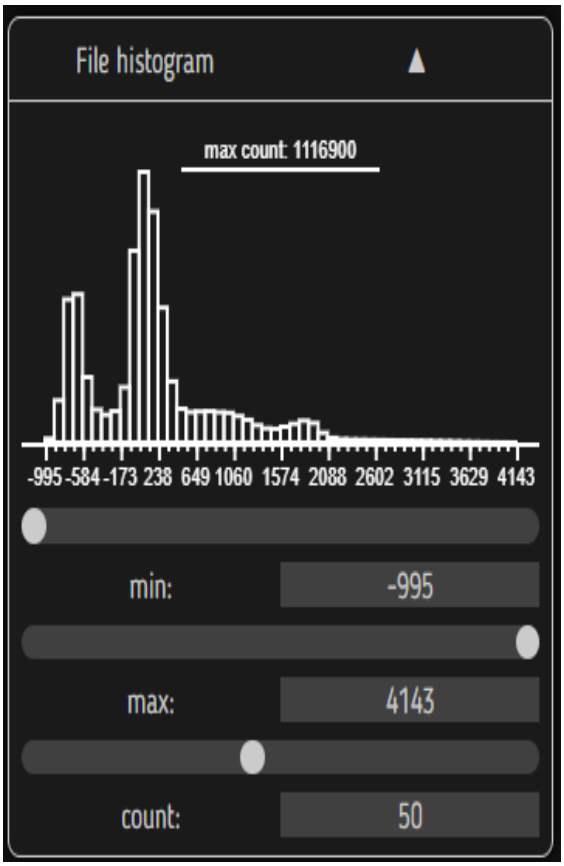



Рисунок 4.7 - Інструмент File histogram після зміни параметру min [2], [67]

## 4.4 Зона просторової побудови

Для того щоб можна було розглядати в зоні побудови шари з будь якого боку шари розміщують в кожній осі X,Y, Z. При цьому одночасно переглянути всі шари не можна, лише ті шари на які дивиться користувач. Для зручності в лівому верхньому куті встановлено кубик, який дозволяє зрозуміти користувачу які шари він розглядає (Рис. 4.8). [2], [67]

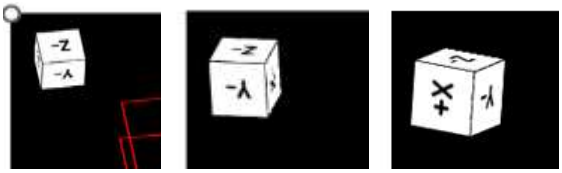


Рисунок 4.8 - Кубик області побудови для визначення шару роботи.

Для кращого розуміння на Рис. 4.9 – Рис. 4.11 було підсвітлено кожний 30-тий шар.

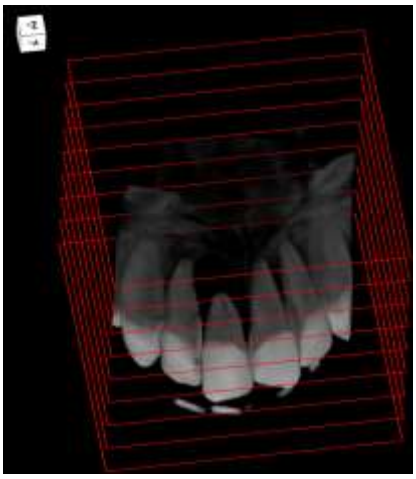


Рисунок 4.9 - Показано шари по осі z

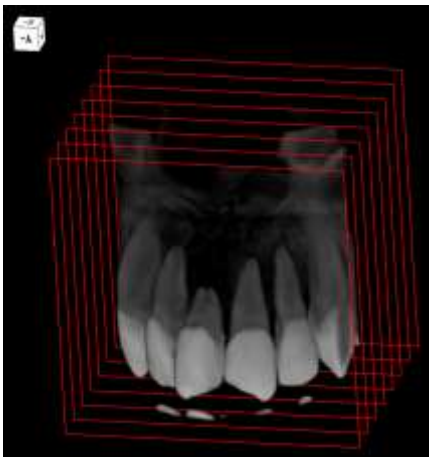


Рисунок 4.10 - Показано шари по осі Y

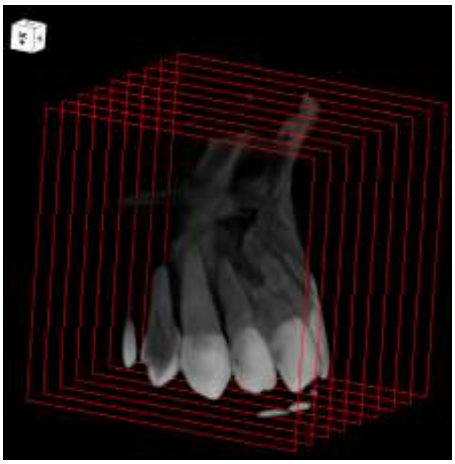


Рисунок 4.11 - Показано шари по осі X

У випадку якби зрізи знаходились лише в одному зрізі, наприклад лише Z зрізи, то при певних кутах огляду зображення могло б зникнути. Також варто відзначити, що кубик показує поворот та напрям повернення зображення як в позитивну сторону (X+, Y+, Z +) та у від'ємну (X-, Y-, Z -). Це дуже важливий елемент інтерфейсу оскільки завдяки йому можна визначити які параметри інструментів треба змінити, щоб досягти необхідних результатів. [2], [67].

В файлі zone3D.js наявні наступні суттєві змінні:

- zone3Ddata – містить поточні дані для зони побудови [2], [67];
- zone3Dparams –містить поточні параметри зони побудови, такі як максимальне та мінімальне значення щільності, параметри обрізки та заливки зони [2], [67].

Основні функцій які відповідають за зону просторової побудови наведено на Рис. 4.12:

| |
|---|
| - initZone3Devents (Zone3D = Zone3Delement,Block3D = Block3Delement, Box3D = Box3Delement) |
| - open Fullscreen () |
| - close Fullscreen () |
| - initBlock3D (element = Block3Delement) |
| - removeBlock3D (element = Block3Delement) |
| - updateBlock3D (element = Block3Delement) |
| - getCutedZone3Ddata-ByChoseZoneParams (data, czp) |
| - updateZone3D-byChangingVisParams () |
| - updateZone3D-byChangingChoseZoneParams () |
| - calcBlock3D (data, params, element = Block3Delement) |

Рисунок 4.12 - Функцій  які відповідають за зону просторової побудови

## 4.5 Інструмент для обрізання області

Фахівця при розгляді медично зображення насамперед цікавить не весь файл Dicom загалом, а конкретна його частина. Тому в програмному застосунку було розроблено інструмент для обрізки загальної області побудови. [2], [67]. На Рис. 4.13 показано інструмент для обрізки.

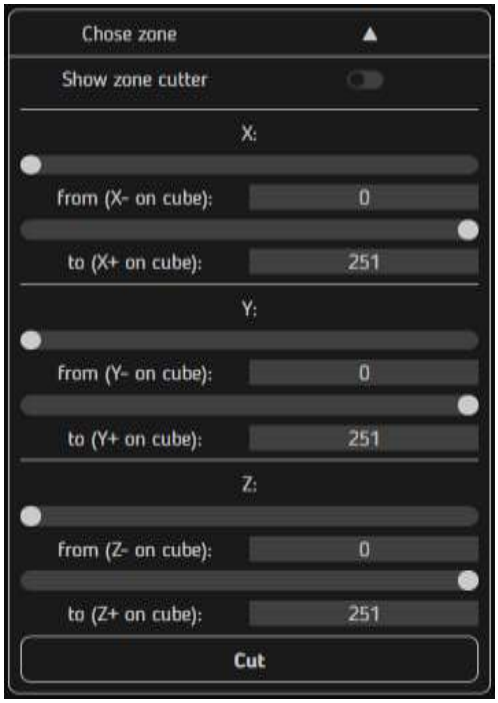


Рисунок 4.13 - Інструмент Chose zone

Даний інструмент дуже позитивно впливає на швидкість роботи, оскільки операції з меншою областю проводяться набагато швидше.

Для того щоб з'явився червоний прямокутний паралелепіпед, який виділяє обрану область обрізання, необхідно ввімкнути Show zone cutter [2], [67].

Даний перемикач знаходиться в верхній частині Рис. 4.13, стан після вмикання показаний на Рис. 4.14.

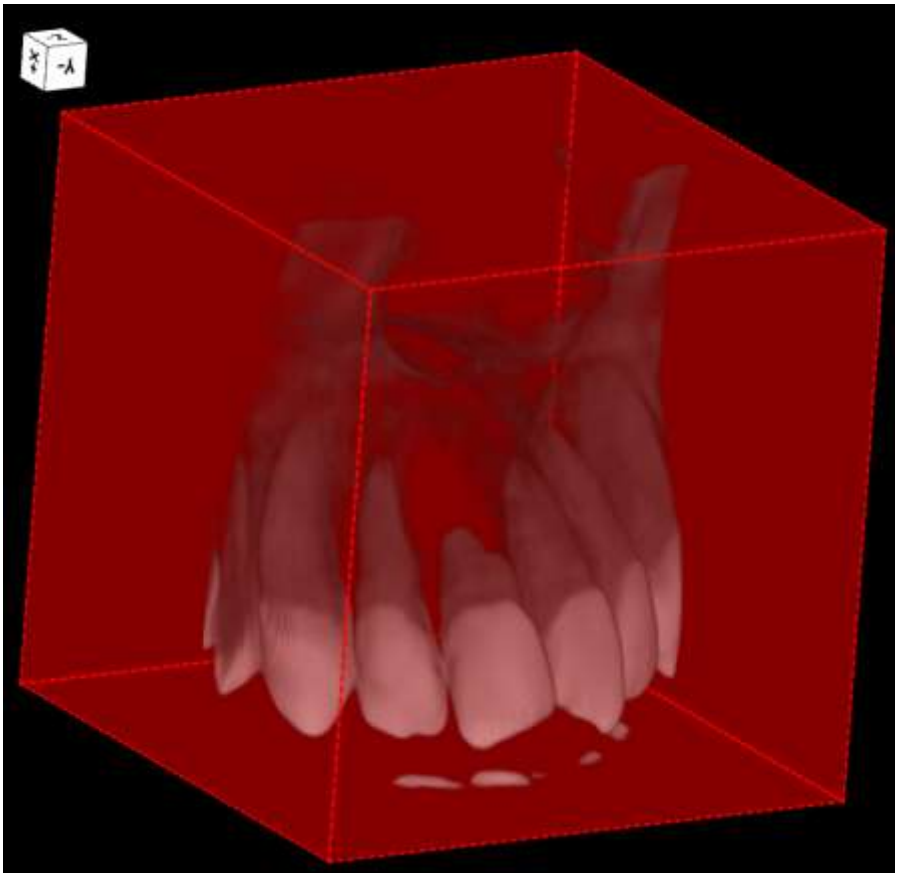
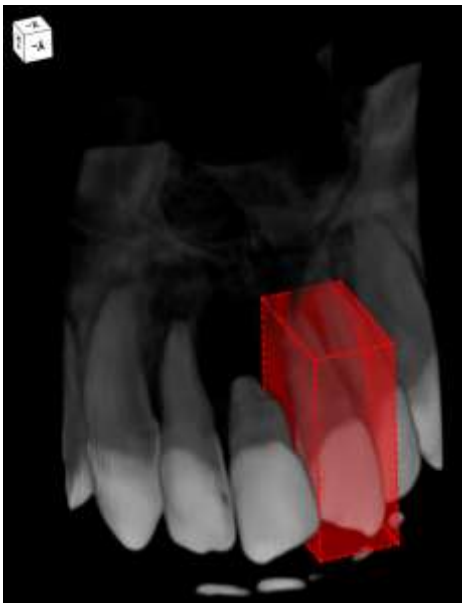
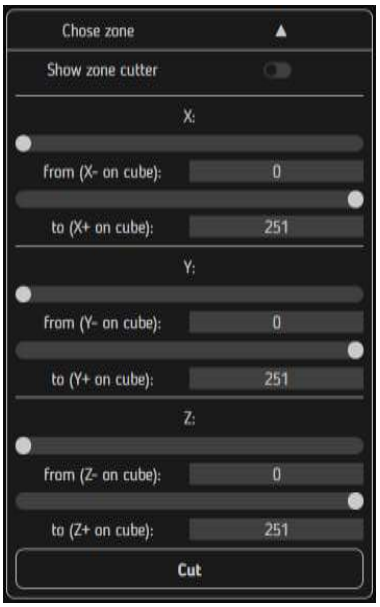


Рисунок 4.14 – Вирізана область при ввімкненому Show zone cutter

Як видно з Рис. 4.14 за замовчуванням показана вся вирізана область. Оберемо один передній зуб та подивимось як це виглядає в зоні побудови (Рис. 4.15 та як при цьому змінився інструмент показано на Рис. 4.16 (зліва початковий стан що зображено на Рис. 4.16 та справа окремий зуб який показано на Рис. 4.15).





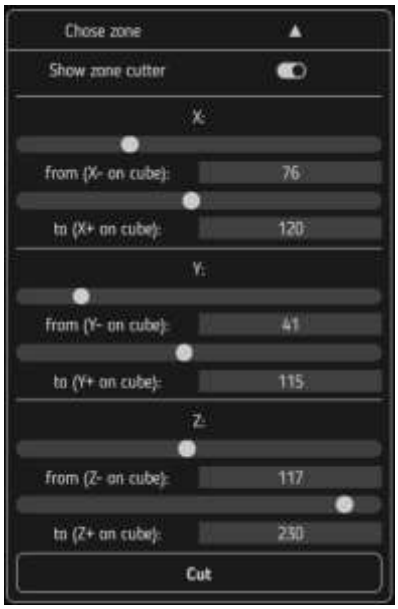




Рисунок 4.15 -Обрано один з передніх зубів

Рисунок 4.16 -Зміна інструменту після обрання зубу

Після вибору потрібної області – її необхідно обрізати. Для цього потрібно натиснути кнопку Cut в даному інструменті. Результат можна побачити на Рис. 4.17.

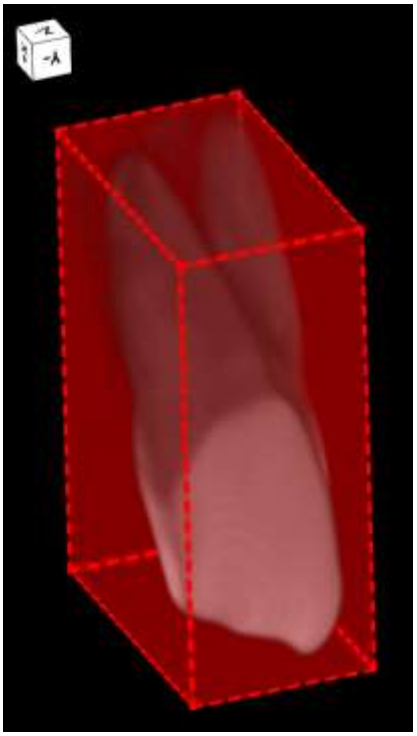


Рисунок 4.17 - Зона побудови після натискання Cut [2]

Після обрізки область центрується щоб мати змогу обертати її навколо центру обрізаного фрагменту. На даному етапі можна обрізати ще меншу область або повернутись до початкового фрагменту. Для повернення до всього зображення потрібно повернути елемент slider, цього інструменту в початковий стан (Рис. 4.16), натиснувши Cut. Після цього ми повертаємось до початкового стану (Рис. 4.14). [2], [67].

Основні функцій які відповідають за інструмент обрізки зони побудови надані на Рис. 4.18.

| | |
|---|---|
| - | initChoseZone (Xsize, Ysize, Zsize, element=choseZoneElement) |
| - | initChoseZoneEvents (element = choseZoneElement) |
| - | setChoseZone (params, element=choseZoneElement) |
| - | getChoseZone (element=choseZoneElement) |

Рисунок 4.18 - Функцій які відповідають за інструмент обрізки зони побудови

## 4.6 Настройка візуальних параметрів сегментації

Головним елементом веб-застосунку є настройка візуальних параметрів. Дана настройка  дозволяє провести базову сегментацію за допомогою заливки різним кольором різної щільності [2], [67].

Загальний вигляд інструменту Visualization parameters показано на Рис. 4.19.

Інструмент Visualization parameters складається з: кнопки «Render»; кнопки (+) додати діапазон; переліку діапазонів заливки та лінійним [2], [67] градієнтом; slider для динамічної зміни глобальної прозорості кожного шару яка додатково накладається на вже наявну прозорість; інформативна смужка загальної заливки, на Рис. 4.19 це показано як градієнт щільностей (значення за Гаунсфілдом) в діапазоні від 100 до 2440. [2], [67].

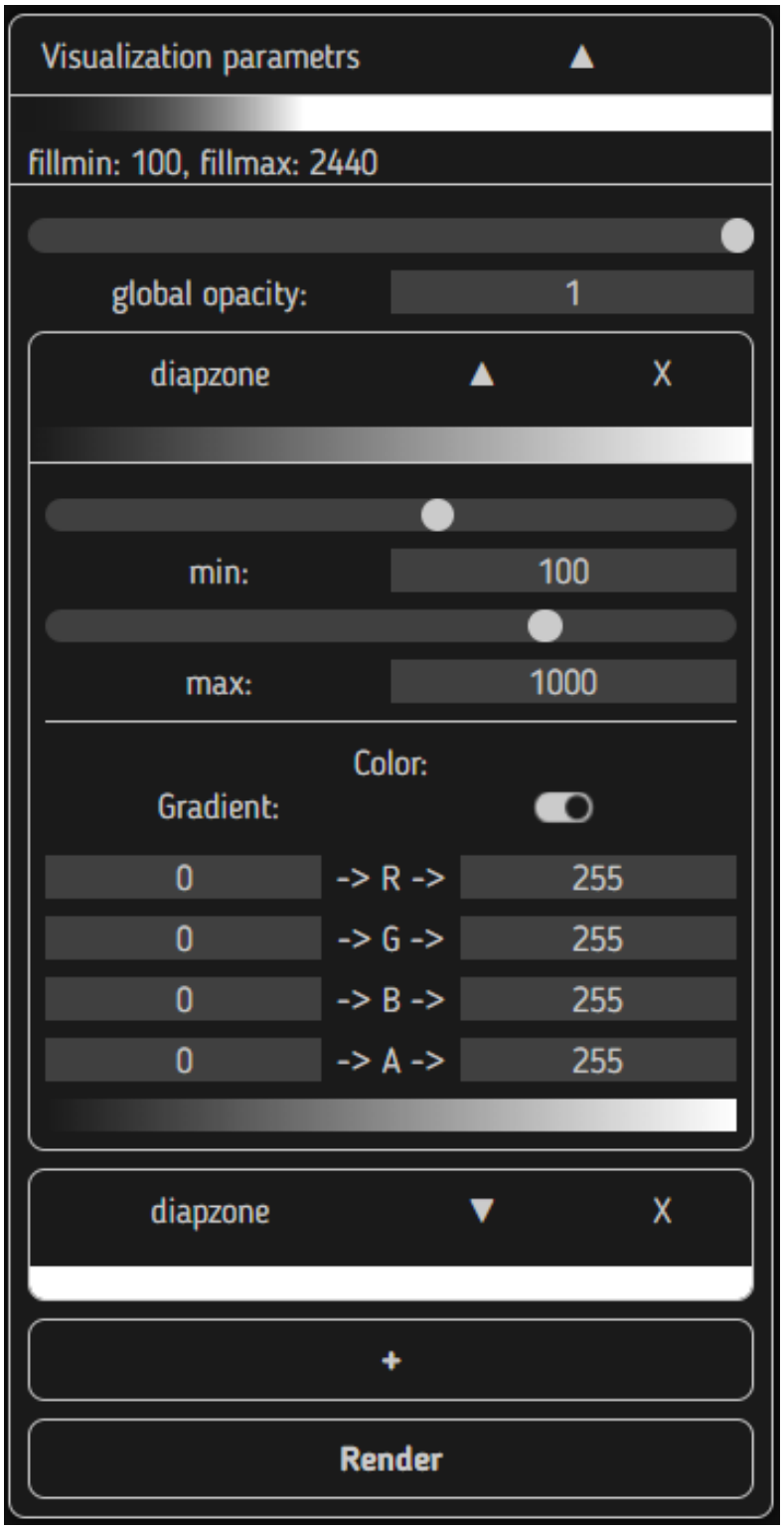



Рисунок 4.19 -Загальний вигляд інструменту Visualization parameters

На Рис 4.20 надано приклади задання діапазонів візуалізації, з їх заливкою.

Рисунок 4.20 - Приклади задання діапазонів візуалізації

Елемент diapazone складається з: min та max значень щільності які він буде заливати; перемикач для визначення заливки градієнтом чи одним кольором (обирається колір який знаходиться зліва); поля для задання кольору в стандарті RGBA32 (кожна складова R (red), G (green), B(blue), A(alpha) восьмибітне додатне ціле число зі своїм полем для введення). [2], [67]

За допомогою щільності можна показати базову сегментацію на ребрах та легенях. Для цього створимо два діапазони: перший (див. Рис.4.21 зліва) від 100

до 1000 з заливкою від прозорого чорного до непрозорого білого та другий (див. Рис. 4.21 справа) від 1000 до max значення щільності файлу з не градієнтною білою заливкою [2], [67].

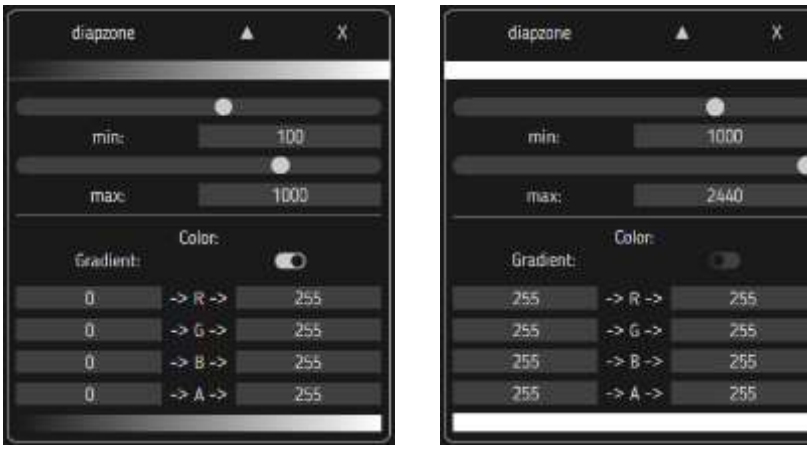



Рисунок 4.21 -Приклади задання діапазонів сегментації

Результат натискання кнопки Render, з поточними параметрами, показано на Рис. 4.22 [2].

Рисунок 4.22 - Результат натискання Render з поточними параметрами

Також можна створити діапазон для виділення кольором легень. З урахуванням, що за шкалою Гаунсфілда легені це -500, для кращого відображення можна злегка розширити діапазон як це показано на Рис. 4.23 – Рис.4.24, градієнт обрано від трохи прозорого жовтого до трохи прозорого червоного [2], [67].

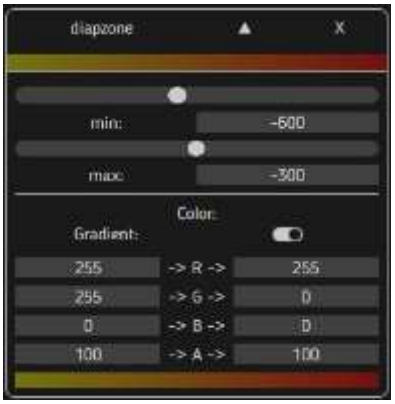



Рисунок 4.23 - Діапазон для відображення легень

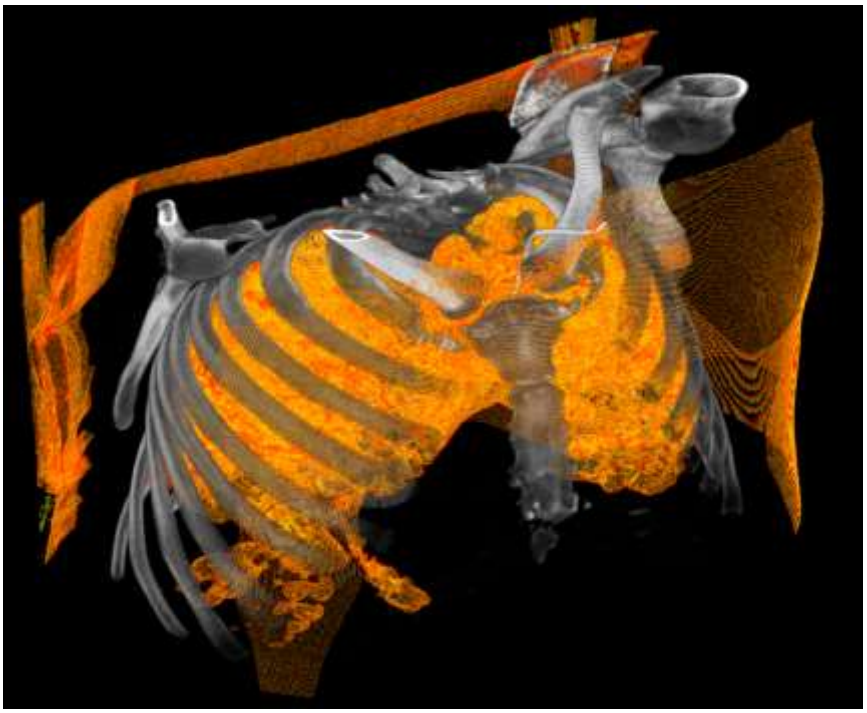


Рисунок 4.24 - Результат натискання Render з поточними параметрами

Як ще один варіант - можна створити додатковий діапазон який покаже

повітря. Як приклад візьмемо майже повністю прозорий градієнт від синього до фіолетово-рожевого з заливкою в діапазоні від -1000 до -600 [2], [67]. Цей діапазон показаний на Рис. 4.25. Результат накладання цього діапазону можна побачити на Рис. 4.26. В даному випадку, щоб показати легені зсередини, було також застосовано інструмент приховування шарів.

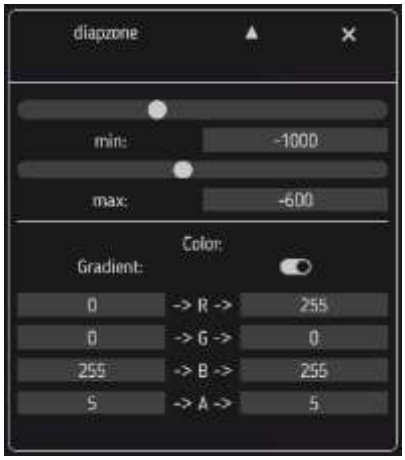



Рисунок 4.25 - Діапазон для відображення повітря

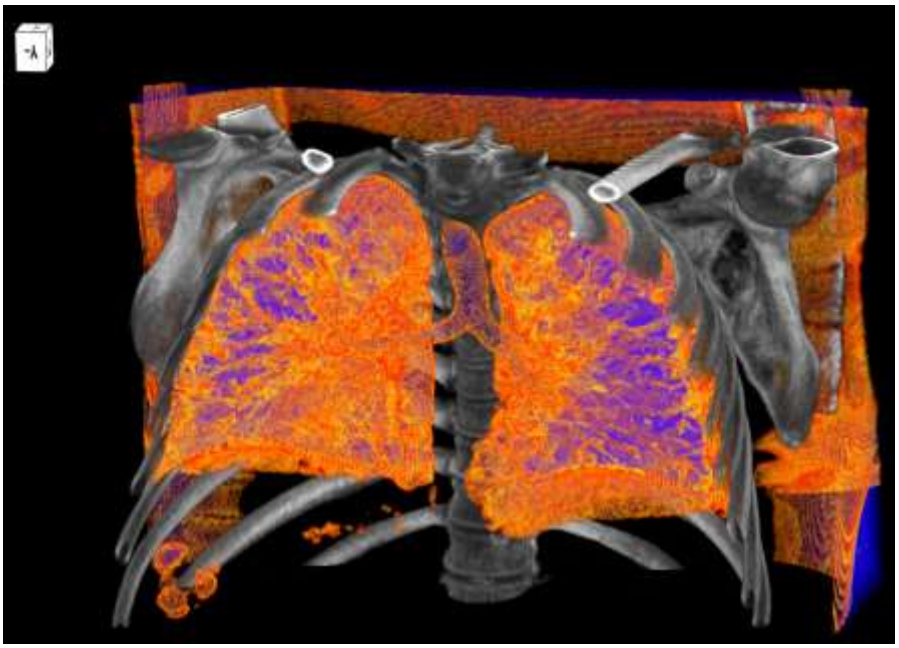


Рисунок 4.26 –Зображення при натисканні Render з заданими поточними параметрами та приховування деяких шарів [2]

Основні функцій що відповідають за інструмент Visualization parametrs [2] надано на Рис. 4.27:

| | |
|---|---|
| - | initVisParamsEvents (element = visParamsElement) |
| - | createElement(elName,params) |
| - | createSlider (textName, className, min, max, value) |
| - | createVisParamsPart (a, min, max) |
| - | setVisParams (A, min, max, element = visParamsElement) |
| - | getOneVisParams(el) |
| - | getVisParams (element = visParamsElement) |
| - | etColArrayFromParams (visParams) |

Рисунок 4.27 - Функцій що відповідають за інструмент Visualization parametrs

## 4.7 Інструмент приховування шарів

В даній дисертації був розроблений інструмент для часткового динамічного приховування шарів. Розроблений інструмент дозволить приховувати деякі шари але з деякими обмеженнями. Як було зазначено раніше в підрозділі 4.4 одночасно показується лише один шар із X Y або Z. Отже в програмний застосунок дозволяє приховувати лише ті шари з якими в даний момент працює фахівець. Візуальний вигляд інструменту Hide Layers показано на Рис. 4.28 [2], [67].

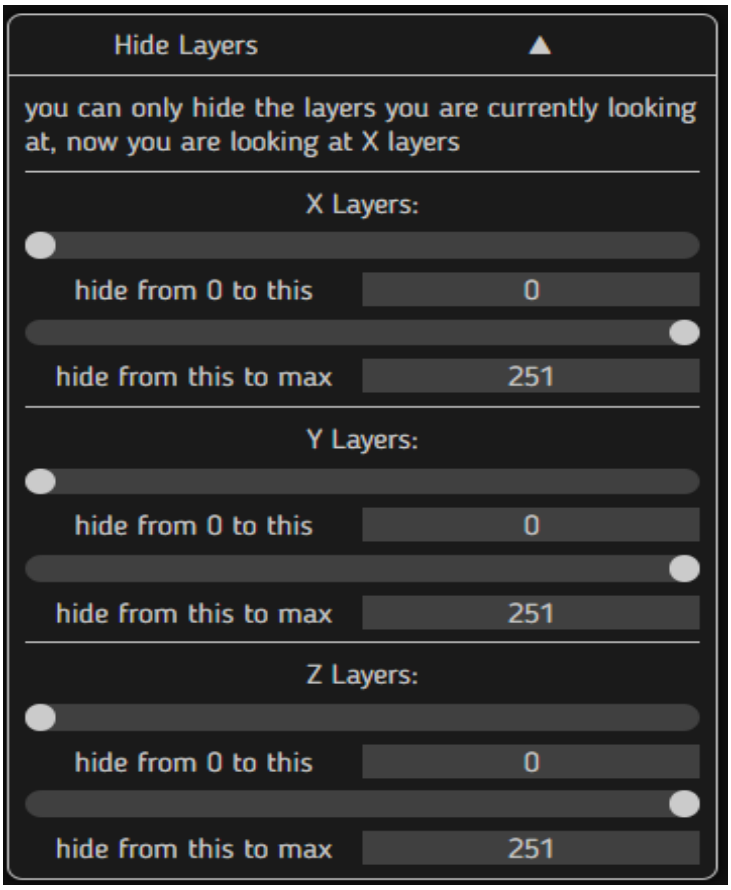



Рисунок 4.28 - Візуальний вигляд інструменту Hide Layers

Інструмент складається з короткого тексту пояснення. В даному поясненні динамічно змінюється назва шарів на які дивиться дослідник у відповідності до їх появи (спосіб показу описаний в підрозділі 4.4). Для приховування шарів, з будь якого можливого боку, в інструменті в наявності є slider. [2], [67].

На Рис 4.29 – Рис.4.30 показано звичайний стан та частково приховані шари.

При порівнянні цього інструменту з Chose zone (підрозділ 4.5) можна відзначити:

- перевагу – в том у, що можна динамічно приховати шари просто змінивши значення на slider (не потрібно натискати додаткові клавіші);
- недолік –полягає в тому, що певні шари можна побачити лише під певними кутами і при цьому при сильному повороті зміни зникнуть (будуть видно інші шари). При поверненні на попередні шари дослідник знову побачить внесені зміни. [2], [67].

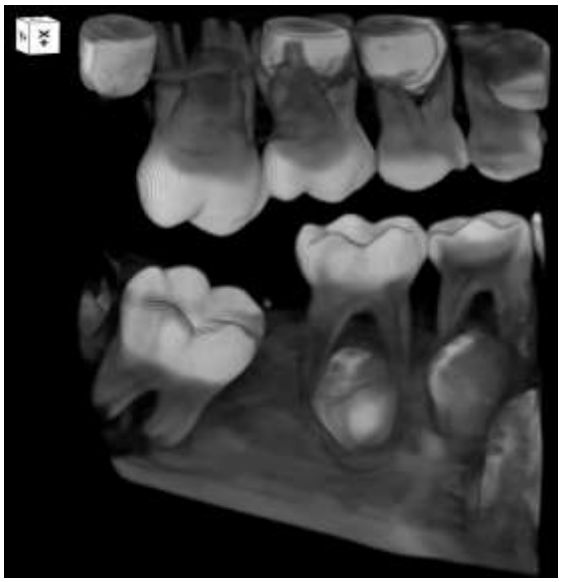


Рисунок 4.29 - Звичайний стан

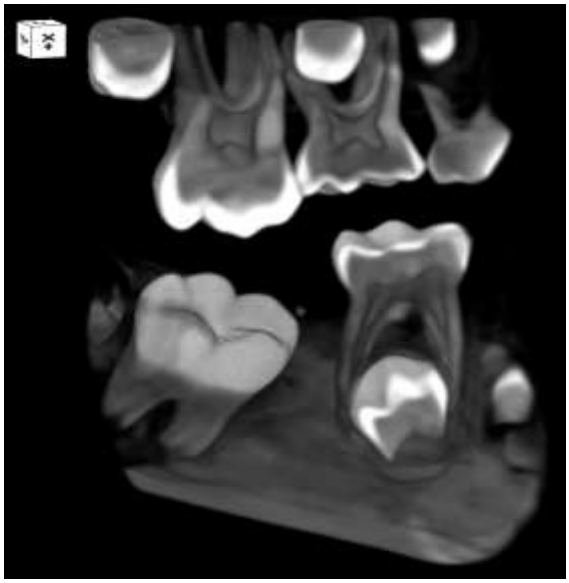


Рисунок 4.30 - Приховані шари

Також за допомогою цього інструменту можна імітувати 2D перегляд шарів звичайного dicom файлу. Аде для цього, за допомогою інструменту Visualization parameters (підрозділ 4.6), потрібно встановити непрозору заливку всіх шарів [2]. Заливку встановлюють (непрозору) від чорного до білого, та заливати від min до max значення зображення [2], [67]. Також можна додавати діапазон для базової сегментації за шкалою Гаунсфілда [2], [67]. Після цих маніпуляцій зображення можна повертати в потрібне нам положення та приховувати шари.

Основні функцій що відповідають за інструмент Hide Layers надано на Рис. 4.31:

| | |
|---|---|
| - | initHideLayers (Xsize, Ysize, Zsize, element = hideLayersElement) |
| - | initHideLayersEvents (element = hideLayersElement) |
| - | renderHideLayersPart (min, max, value, noneFunc, axName, el) |
| - | renderHideLalers (whoIsChanged) |
| - | getHideLayers (element = hideLayersElement) |
| - | setHideLayers (params, element = hideLayersElement) |

Рисунок 4.31 - Функцій що відповідають за інструмент Hide Layers

## 4.8 Інструмент виділення контуру

Часто фахівців цікавить внутрішня порожнина. Виділення контуру є одним із методів її побачити. Для цього був створений інструмент Show contours (Рис. 4.32) [2], [67].

Даний інструмент складається з короткого опису значень для detalised lines, який відповідає за розмір матриці розрахунку контуру.

Також присутні інструмент slider, який обмежує значення по яких буде розраховуватись контур (в даному випадку є довжина вектору зміщення щільності). [2], [67].

Рисунок 4.32 - Візуальний вигляд інструменту Show contours

На Рис. 4.33 показано приклад розрахунку контуру де: M це список коефіцієнтів, а A фрагмент зображення для наглядності в двовимірному просторі.

[2], [67].

$$M = [-2, -1, 1, 2], M_{\text{len}} = 4$$

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 4 & 2 & 1 \\ 4 & 3 & 1 & 1 \\ 4 & 4 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\left|\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}\right| = \left|\begin{bmatrix} \sum_{x=0}^{M_{\text{len}}-1} \left(\sum_{y=0}^{M_{\text{len}}-1} A[y][x]\right) \cdot M[x] \\ \sum_{y=0}^{M_{\text{len}}-1} \left(\sum_{x=0}^{M_{\text{len}}-1} A[y][x]\right) \cdot M[y] \end{bmatrix}\right| = \left|\begin{bmatrix} -24 \\ 1 \end{bmatrix}\right| = \sqrt{(-24)^2 + 1^2} \approx 24$$

Рисунок 4.33 - Приклад розрахунку контуру для 2D зображення [2]

Для відображення порожнини зуба, можна рекомендувати встановити обмеження на вхід від 1000 до 1500. На Рис.4.34 показано результат такого перетворення. На даному рисунку також частково видно як виглядають контуризовані та не контуризовані зуби (в даному інструментів для цього є окрема кнопка) [2], [67].

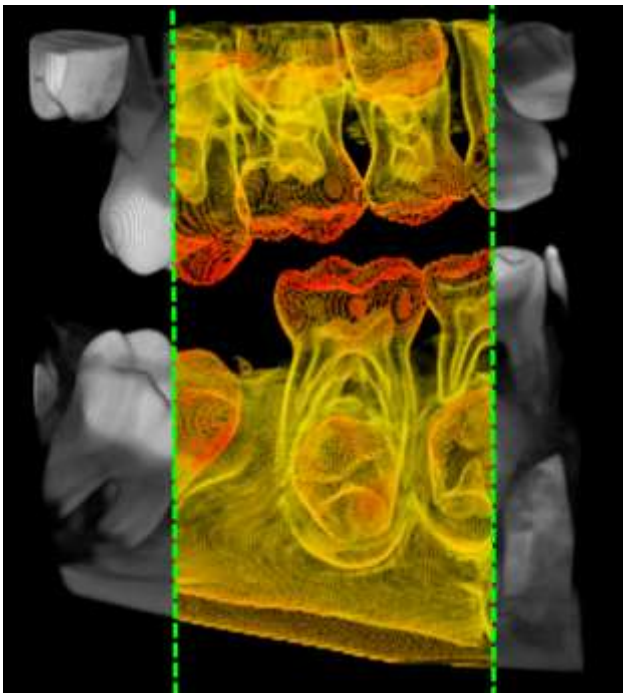


Рисунок 4.34 - Порівняння результату контуризації з початковим зображенням

[2]

Не рекомендується контуризувати все зображення, оскільки витрачає багато ресурсів. Краще спочатку обрізати область дослідження, а вже потім її контуризувати. На Рис. 4.35 показано приклад контуризації передніх верхніх зубів з порівнянням.

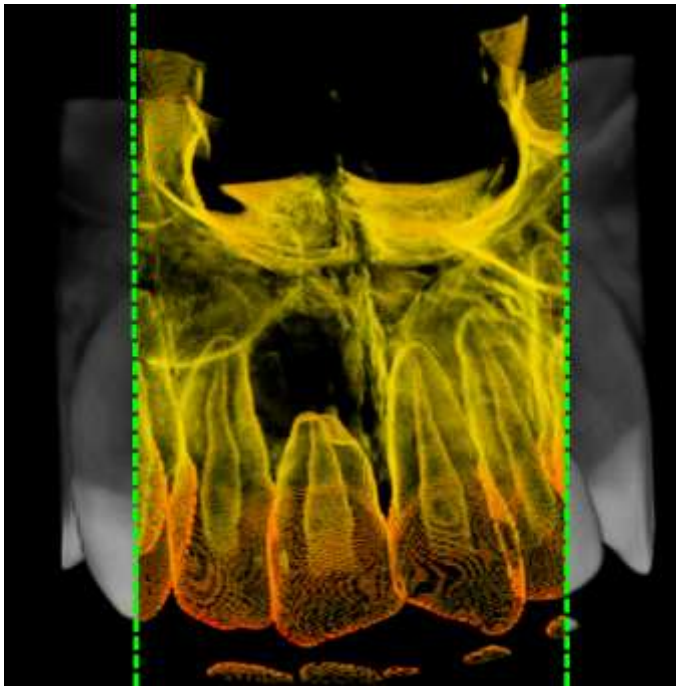


Рисунок 4.35 - Порівняння результату контуризації з початковим зображенням

Для повернення до початкового зображення після контуризації в інструменті є можливість через натискання на return to image.

Основні функції що відповідають за інструмент контуризації надано на Рис. 4.36:

| | |
|---|---|
| - | initShowContours (min, max, element = showContoursElement) |
| - | initShowContoursEvents (element = showContoursElement) |
| - | getShowContours (element = showContoursElement) |
| - | setShowContours (params, element = showContoursElement) |

Рисунок 4.36 - Функції що відповідають за інструмент контуризації

## Висновки до розділу 4

В розділі було представлено;

- базові елементи інтерфейсе програмного застосунку;
- процес відкриття медичних файлів DICOM (один файл з багатьма шарами або багато файлів по одному шару [2])

Було описано:

- інструмент File histogram та особливості його розрахунку для швидкого переміщення між довільними значеннями в гістограмі щільності файлу;
- основні особливості зони просторової побудови;
- інструменти обрізання та повернення за потреби до необрізаної зони на файлі;
- інструмент настройки візуальних параметрів. За допомогою цього інструменту можна провести базову сегментацію за шкалою Гаунсфільда (як приклад, на зображеннях, окремими кольорами виділено: кістки, легені та повітря);
- вплив прозорості на видимість шарів в просторовій побудові;
- інструмент приховування шарів та його відмінності від інструменту обрізки (переваги та недоліки);
- інструмент виділення контурів та його роботу.

# РОЗДІЛ 5
# РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

## 5.1 ПІБ (команда)

Головні виконавці – Боженко Анастасія Юріївна (студентка гр. БС-21мп) та Корнієнко Галина Альбертівна (студента гр. ТР-з21мп); наукові керівники – Настечко Євген Арнольдович (проф., д.б.н., к.т.н., зав. каф. БМК) та Шаповалова Світлана Ігорівна (доцент, к.т.н., доцент каф. ЦТЕ); консультант – Бабенко Віталій Олегович (інженер ДУ «ІЯМПД», аспірант гр. БС-11ф) [47].

## 5.2 Назва проєкту

*Система накопичення даних пацієнта з можливістю формування діагностичних висновків (скорочено – «DiagnoseData»)* [3],*[47]*.

## 5.3 Короткий опис проєкту

Стартап-проєкт «DiagnoseData» – це інноваційна система для збору, аналізу та обробки медичних даних пацієнтів. Використовуючи передові технології великих даних та штучного інтелекту, «DiagnoseData» надає лікарям точні і глибокі діагностичні висновки на основі індивідуальних даних про здоров'я пацієнтів. Наша система спрямована на поліпшення якості медичного обслуговування, посилення точності діагностування та розробки ефективних персоналізованих планів лікування [47] [3].

Відмінними якостями продукту є [47] [3]:

- використання індивідуальних медичних даних пацієнтів для формування діагностичних висновків, роблячи діагностику більш точною та персоналізованою;
- застосування передових технологій великих даних та штучного інтелекту, завдяки чому продукт здатний обробляти великі обсяги інформації, виявляти складні закономірності і робити прогнози;
- допомога лікарям у кращому розумінні стану здоров'я своїх пацієнтів, виявленні проблем на ранніх стадіях і розробці ефективних планів лікування;
- гарантія того, що всі медичні дані пацієнтів захищені і використовуються виключно для покращення діагностики та лікування, відповідно до всіх вимог законодавства про захист даних.

Виконує вимоги [47] [3]:

- Ефективність діагностики: здатність швидко та точно обробляти великі обсяги медичних даних для виявлення медичних проблем та патологій.
- Персоналізована допомога: продукт працює на забезпечення індивідуального підходу до діагностики та лікування кожного пацієнта на основі його унікальних медичних даних.
- Захист даних: «DiagnoseData» відповідає всім стандартам і вимогам щодо конфіденційності та безпеки медичних даних.
- Сумісність: проект сумісний з іншими медичними системами та може інтегруватися з різними медичними датчиками та пристроями для збору даних.
- Доступність: продукт може бути використаний в широкому спектрі медичних установ, включаючи лікарні, клініки, лабораторії, а також для домашнього моніторингу здоров'я.
- Автоматизація: «DiagnoseData» здатний автоматизувати процеси збору, аналізу та інтерпретації медичних даних, відповідаючи вимогам сучасної цифрової медицини.

"DiagnoseData" є унікальним продуктом завдяки комбінації кількох ключових факторів [47] [3]:

1. Інтегрована аналітика: наш продукт забезпечує повноцінну аналітику, що поєднує збір, обробку та аналіз даних. Це дозволяє лікарям отримувати більш глибоке розуміння стану здоров'я пацієнтів. [3], [47]

2. Персоналізована діагностика: «DiagnoseData» використовує персоналізовані дані для висновків, що дозволяє робити більш точні діагностики і плани лікування. [3], [47]

3. Штучний інтелект і великі дані: використовуючи передові технології (регресійний аналіз, ансамблі моделей, нейронні мережі), «DiagnoseData» здатний аналізувати великі обсяги даних, виявляти закономірності і робити точні прогнози. [3], [47]

4. Безпека даних: ми підходимо до питання безпеки даних з великою відповідальністю, забезпечуючи високий рівень конфіденційності та захисту інформації пацієнтів. [3], [47]

5. Зручність та доступність: наш продукт легко інтегрувати в будь-яке медичне середовище і він простий в використанні, що робить його доступним для широкого кола медичних спеціалістів та пацієнтів. [3], [47]

Ці особливості роблять "DiagnoseData" потужним інструментом, який може революціонізувати сучасну медицину. [3], [47]

## 5.4 Бізнес-модель

### 5.4.1 Цінність продукту

Цінними якостями продукту «DiagnoseData» відмінними від існуючих є (фактори створення цінності) [47] [3]:

- надання лікарям можливості отримати загальну картину здоров'я пацієнта, аналізуючи різні аспекти їх медичних даних, замість вузького фокусування на окремих симптомах або станах;
- застосування штучного інтелекту для проведення більш точних і персоналізованих аналізів, що надає медичним спеціалістам нові інструменти для

кращого розуміння індивідуального стану здоров'я пацієнта та планування оптимального лікування;

- забезпечення можливості раннього виявлення та прогнозування проблем зі здоров'ям, що дозволяє пацієнтам та медичним спеціалістам бути на крок попереду;
- зосередження на безпеці даних, таким чином створюючи середовище, в якому пацієнти можуть відчувати себе комфортно, ділячись своїми медичними даними;
- продукт також відрізняється простотою використання та інтеграції, що дозволяє медичним працівникам зосередитись на своїх основних обов'язках, а не на технічних аспектах системи.

**Виконує вимоги [47]** [3]**:**

- Ефективність діагностики: здатність швидко та точно обробляти великі обсяги медичних даних для виявлення медичних проблем та патологій.
- Персоналізована допомога: продукт працює на забезпечення індивідуального підходу до діагностики та лікування кожного пацієнта на основі його унікальних медичних даних.
- Захист даних: «DiagnoseData» відповідає всім стандартам і вимогам щодо конфіденційності та безпеки медичних даних.
- Сумісність: проект сумісний з іншими медичними системами та може інтегруватися з різними медичними датчиками та пристроями для збору даних.
- Доступність: продукт може бути використаний в широкому спектрі медичних установ, включаючи лікарні, клініки, лабораторії, а також для домашнього моніторингу здоров'я.

**Унікальність «DiagnoseData»** [3]

Вперше новий продукт на існуючий ринок, що використовує для аналізу і накопичення медичних даних методи штучного інтелекту і Big Data. [3], [47]

### 5.4.2 Сегмент споживачів

"DiagnoseData" може цікавити різні сегменти споживачів у медичній галузі

[47] [3]:

1. Медичні установи: лікарні, клініки, лабораторії та інші установи охорони здоров'я можуть використовувати «DiagnoseData» для підвищення точності діагностування та впровадження більш ефективних планів лікування [3], [47].

2. Медичні працівники: лікарі, медсестри, лаборанти та інші професіонали в галузі охорони здоров'я можуть використовувати цей інструмент для аналізу медичних даних пацієнтів [3], [47].

3. Страхові компанії: можуть використовувати "DiagnoseData" для кращого розуміння стану здоров'я своїх клієнтів та формування більш точних страхових тарифів. [3], [47]

4. Пацієнти: індивідуальні користувачі можуть використовувати «DiagnoseData» для кращого розуміння свого здоров'я та моніторингу своїх медичних показників [3], [47].

5. Розробники медичних приладів: компанії, що займаються розробкою та виробництвом медичних приладів та технологій, можуть інтегрувати «DiagnoseData» в свої продукти для збору та аналізу даних [3], [47].

Таким чином, «DiagnoseData» може привабити широкий спектр користувачів в медичній сфері [3], [47].

### 5.4.3 Канали збуту

Каналами збуту «DiagnoseData» є [47] [3]:

1. Прямий продаж: здійснювати прямий продаж до медичних установ, таких як лікарні, клініки, лабораторії тощо [3], [47].

2. Онлайн-платформи: використовувати власний веб-сайт або інші онлайн-платформи для продажу та дистрибуції продукту [3], [47].

3. Партнерства: укладати партнерства з медичними організаціями, страховими компаніями та компаніями, що займаються виробництвом медичного обладнання, для забезпечення широкого розповсюдження продукту [3], [47].

4. Торгові агенти: використовувати медичних торгових агентів або дистриб'юторів, які мають доступ до ринків здоров'я [3], [47].

5. Медичні виставки та конференції: участь в медичних виставках та конференціях може бути ефективною стратегією для демонстрації «DiagnoseData» потенційним клієнтам та партнерам [3], [47].

6. Медичні дослідницькі установи: установи, які займаються медичними дослідженнями, можуть стати потенційними покупцями цього продукту для поліпшення своїх дослідницьких процесів [3], [47].

Використання комбінації цих каналів дозволить досягти широкого аудиторії та забезпечити ефективне розповсюдження продукту [3], [47].

### 5.4.4 Взаємодія з споживачами

Взаємодія зі споживачами «DiagnoseData» буде базуватись на комунікації, підтримці та неперервному поліпшенні продукту. Деякі способи включають [47] [3]:

1. Клієнтська підтримка: це включає в себе надання допомоги у вирішенні технічних проблем, консультації з питань використання продукту, надання інформації та матеріалів для навчання [3], [47].

2. Зворотній зв'язок: активне збирання та відгук на відгуки користувачів є важливою складовою взаємодії. Це може включати в себе регулярні опитування, форуми користувачів та прямі відгуки через сервіс підтримки [3], [47].

3. Оновлення та поліпшення продукту: постійне оновлення та удосконалення продукту на основі зворотного зв'язку від споживачів є важливою складовою взаємодії [3], [47].

4. Електронна комунікація: це може включати в себе регулярні електронні листи з оновленнями продукту, порадами щодо використання, інформацією про майбутні події тощо [3], [47].

5. Персональні зустрічі: для важливих клієнтів, таких як великі медичні установи або партнери, можуть бути організовані персональні зустрічі або демонстрації продукту [3], [47].

6. Соціальні медіа та онлайн-форуми: ці платформи можуть бути використані для ведення діалогу зі споживачами, надання корисної інформації та

відповідей на запитання [3], [47].

Ці та інші методи допоможуть забезпечити ефективну взаємодію зі споживачами, що сприятиме високому рівню задоволення клієнтів та довготривалим відносинам [3], [47].

### 5.4.5 Дохід (монетизація)

Монетизація продукту «DiagnoseData» може відбуватися через різні моделі, залежно від типу користувача та їх потреб. Ось декілька можливих підходів [47] [3], [47]:

1. Модель підписки: надавати доступ до сервісу за певну щомісячну або річну плату. Це може включати різні рівні підписки залежно від потреб користувача [3].

2. Платіж за транзакцію: збір платежу за кожну діагностику або аналіз, що проводиться за допомогою системи [3], [47].

3. Вартість за місце зберігання: щомісячна або щорічна плата за обсяг даних, які зберігаються в системі [3], [47].

4. Преміум-функції: базовий доступ може бути безкоштовним, але користувачі мають можливість оплатити преміум-функції, такі як більш детальний аналіз, розширені звіти, інтеграція з іншими системами тощо [3], [47].

5. Розробка на замовлення: індивідуальні розробки на замовлення для великих організацій або специфічних потреб [3], [47].

6. Партнерство з страховими компаніями: надання спеціальних знижок або угод страховим компаніям, які рекомендують «DiagnoseData» своїм клієнтам [3], [47].

Комбінація цих моделей монетизації може бути найбільш ефективною стратегією, забезпечуючи гнучкість для різних типів користувачів та їх потреб [3], [47].

### 5.4.6 Ключові види діяльності

Ключові види діяльності продукту «DiagnoseData» включають [47] [3]:

1. Розробка та удосконалення продукту: Це включає в себе проектування, кодування, тестування та впровадження оновлень продукту [3], [47].

2. Обробка та аналіз даних: це включає в себе збирання, очищення, структурування, аналіз та інтерпретацію даних пацієнтів, а також впровадження машинного навчання та штучного інтелекту для формування діагностичних висновків [3], [47].

3. Забезпечення безпеки даних, тобто забезпечення захисту даних пацієнтів від несанкціонованого доступу та втрати, що є важливою складовою [3], [47].

4. Підтримка користувачів: надання підтримки користувачам, включаючи вирішення технічних проблем, консультування з питань використання продукту, та надання навчальних матеріалів [3], [47].

5. Маркетинг та продажі: це включає в себе просування продукту, а також набуття нових та утримання існуючих клієнтів [3], [47].

6. Співпраця з партнерами: укладання партнерств з медичними організаціями, страховими компаніями, виробниками медичного обладнання та іншими зацікавленими сторонами [3], [47].

Ці види діяльності в сукупності допомагають створювати цінність для користувачів та досягати комерційних цілей продукту «DiagnoseData» [3], [47].

### 5.4.7 Ключові ресурси

Для успішної роботи продукту «DiagnoseData» потрібні різноманітні ключові ресурси, які включають [47] [3]:

1. **Людські ресурси**: команда висококваліфікованих спеціалістів, включаючи розробників, аналітиків даних, експертів з безпеки, продажу, маркетингу та підтримки [3], [47].

2. **Технологічні ресурси**: надійна інфраструктура для зберігання, обробки та аналізу великих обсягів даних, а також для розробки і підтримки програмного забезпечення. Це може включати сервери, обчислювальні ресурси, системи баз даних, інструменти для машинного навчання та інші технології [3], [47].

3. **Дані**: доступ до медичних даних пацієнтів, які необхідні для аналізу та

виведення діагностичних висновків [3], [47].

4. **Капітал**: фінансування для підтримки діяльності, включаючи витрати на розробку, маркетинг, обслуговування та інфраструктуру [3], [47].

5. **Партнерські відносини**: відносини з медичними установами, страховими компаніями, виробниками медичного обладнання та іншими організаціями, які можуть надати доступ до даних, клієнтів або технологій [3], [47].

6. **Легітимація та дозволи**: відповідність вимогам щодо конфіденційності та захисту даних, медичних регуляторних вимог та інших юридичних вимог [3], [47].

Ці ресурси спільно забезпечують успішну роботу "DiagnoseData" та здатність надавати цінність своїм користувачам [3], [47].

### 5.4.8 Ключові партнери

1. Медичні установи (Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України, Інститут ядерної медицини та променевої діагностики НАМН України, Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України).

2. Страхові компанії.

3. Виробники медичного обладнання.

4. Технологічні партнери.

5. Наукові та дослідницькі установи.

6. Організації з охорони здоров’я.

### 5.4.9 Витрати

Виготовлення та реалізація продукту «DiagnoseData» [47]:

- Повна собівартість реалізованої продукції стартапу: $100,000. Включає в себе витрати на розробку, тестування, підтримку, обслуговування серверів, зарплату співробітникам тощо.
- Прибуток стартапу: визначається на основі бажаної маржі, наприклад,

20% від собівартості, тобто $20,000.

- Оптова ціна виробника: сума собівартості та прибутку стартапу, тобто $120,000.

Непрямі податки

- Акцизні збори: не застосовуються до цього типу продукту.
- Податок на додану вартість: в Україні становить 20%. Застосовується до оптової ціни, тобто $24,000.
- Оптова ціна відпускна: сума оптової ціни виробника та ПДВ, тобто $144,000.

Посередницька надбавка до ціни

- Витрати посередника: залежить від конкретного договору, нехай це буде 10% від оптової ціни виробника, тобто $12,000.
- Прибуток посередника: $12,000.
- Податок на додану вартість посередника: 20% від суми витрат та прибутку посередника, тобто $4,800.
- Оптова ціна закупки: сума оптової ціни відпускної, витрат та прибутку посередника та ПДВ посередника, тобто $172,800.

Торгівельна надбавка до ціни

- Витрати торгівельної організації: залежать від конкретного договору, але припустимо, що це 10% від оптової ціни закупки, тобто $17,280.
- Прибуток торгівельної організації: $17,280.
- Податок на додану вартість торгівельної організації: 20% від суми витрат та прибутку торгівельної організації, тобто $6,912.
- Роздрібна ціна реалізації: сума оптової ціни закупки, витрат та прибутку торгівельної організації та ПДВ торгівельної організації, тобто $214,272.

### 5.4.10 Споживчі властивості товару

«DiagnoseData» – це інноваційний продукт, що використовує передові технології та алгоритми для надання діагностичних рішень. Ось деякі з його споживчих властивостей [47]:

1. Ефективність: завдяки використанню інтелектуального аналізу даних, система забезпечує високу точність видачі діагностичних висновків. Це допомагає зменшити кількість помилкових діагнозів та забезпечує високий рівень довіри до продукту.

2. Універсальність: «DiagnoseData» підходить для використання в різних медичних установах, включаючи лікарні, клініки, медичні центри, лабораторії. Вона також може бути використана різними спеціалістами – від терапевтів до хірургів.

3. Простота використання: продукт має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить його легким у використанні для медичного персоналу всіх рівнів.

4. Безпека даних: «DiagnoseData» гарантує високий рівень безпеки медичних даних, дотримуючись всіх необхідних норм та регуляцій.

5. Інтеграція: система може бути інтегрована з існуючими медичними системами, що дозволяє безшовно впровадити її в поточну інфраструктуру.

6. Підтримка прийняття рішень: «DiagnoseData» не лише надає діагностичні висновки, але і допомагає лікарям в прийнятті обґрунтованих клінічних рішень, підвищуючи якість догляду за пацієнтами.

7. Скорочення часу діагностики: завдяки швидкому обробленню даних, «DiagnoseData» дозволяє зменшити час діагностики, що може бути критично вагомо у випадках екстрених станів.

### 5.4.11 Дослідження ринку

На світовому ринку існують аналоги продукту «DiagnoseData». Медичні дані та їх аналіз стають все більш важливими в сучасному здоров'ї, і багато компаній розробляють різноманітні рішення, що використовують алгоритми машинного навчання та штучний інтелект для аналізу медичних даних. Наприклад, IBM Watson Health, Google's DeepMind Health та інші розробляють подібні рішення. Втім, кожен продукт має свої унікальні особливості, і «DiagnoseData» може відрізнятися своїми специфічними характеристиками, [47].

**<u>Дослідження конкурентного оточення</u>**

Конкурентне середовище існує, оскільки різні компанії пропонують аналогічні продукти. Це означає, що «DiagnoseData» буде конкурувати за ринкову частку з цими компаніями. Важливо зазначити, що конкуренція може бути як прямою (компанії, що пропонують дуже подібні продукти), так і непрямою (компанії, що пропонують альтернативні рішення або методи аналізу медичних даних). Важливо добре розуміти це конкурентне середовище, щоб визначити своє позиціонування та стратегію на ринку, [47].

**Маркетингова стратегія просування**

1. Позиціонування: підкреслити унікальні риси та переваги «DiagnoseData» перед конкурентами. Наприклад, акцент можна зробити на точності діагностичних висновків, швидкості обробки даних, простоті використання, інтеграції з існуючими системами тощо.

2. Едукаційний маркетинг: оскільки «DiagnoseData» є технологічно складним продуктом, важливо вести освітню роботу з медичною спільнотою та потенційними клієнтами. Це може включати в себе семінари, вебінари, навчальні матеріали, демонстраційні версії продукту тощо.

3. Цифровий маркетинг: використання різних каналів цифрового маркетингу, таких як SEO, контент-маркетинг, соціальні медіа, електронна пошта, PPC реклама для просування «DiagnoseData».

4. Партнерства: налагодження партнерств з медичними установами, професійними медичними асоціаціями, страховими компаніями та іншими організаціями, що можуть сприяти просуванню «DiagnoseData».

5. Таргетований маркетинг: визначення ключових сегментів ринку і розробка спеціалізованих маркетингових кампаній для кожного з них.

6. Відгуки клієнтів: залучення задоволених клієнтів для написання відгуків і відповідей на питання нових потенційних користувачів, а також використання цих відгуків в маркетингових матеріалах.

7. Участь у конференціях та виставках: це дозволить вам представити ваш продукт важливим учасникам галузі, встановити нові контакти і отримати

зворотний зв'язок від потенційних клієнтів.

### 5.4.12 Елементи фінансового плану

1. Прогноз доходів: оцінка очікуваних доходів від продажу продукту, враховуючи ціну продажу, обсяги продажу, ростові темпи тощо. За перший рік очікується продаж 5000 ліцензій по ціні 5000 грн за одну. Очікувані доходи становитимуть 25,000,000 грн.

2. Бюджет витрат: включає в себе всі очікувані витрати на розробку, виробництво, маркетинг, адміністрування та інші оперативні витрати. Витрати на розробку, виробництво, маркетинг, адміністрацію складаються у суму 15,000,000 грн.

3. Розрахунок прибутку: різниця між доходами та витратами, що дає загальну оцінку прибутковості проекту. Доходи (25,000,000 грн) мінус витрати (15,000,000 грн) складають 10,000,000 грн прибутку.

4. Прогноз рентабельності інвестицій (ROI): оцінка очікуваної віддачі від інвестицій в проект. Якщо початкові інвестиції складали 20,000,000 грн, то ROI = (10,000,000 грн / 20,000,000 грн) * 100% = 50%.

5. Розрахунок чистої приведеної вартості (NPV): це розрахунок того, які поточні та майбутні потоки грошових коштів варто за сьогоднішніми цінами, що важливо для визначення економічної привабливості проекту. Враховуючи дисконтування грошових потоків і вартість капіталу, NPV може бути розрахована. Для цього потрібна більш детальна інформація.

6. Оцінка ліквідності і платоспроможності: аналіз резервів готівки, поточної ліквідності, можливості компанії виконувати свої фінансові зобов'язання. Враховуючи наявність коштів та поточні зобов'язання, можна оцінити ліквідність. Для цього також потрібна детальніша інформація.

7. Ризики: ідентифікація фінансових ризиків, таких як зміна ринкових умов, непередбачувані витрати, невдача в продажах тощо, і розробка стратегій їх мінімізації. Можливі ризики можуть включати затримку розробки, зміну

законодавства, невдалі продажі тощо.

8. Сценарний аналіз: розробка різних сценаріїв (наприклад, песимістичного, оптимістичного, базового), щоб побачити, як різні обставини вплинуть на фінансові показники проекту. Розробка різних сценаріїв, залежно від різних ринкових обставин і їх впливу на доходи і витрати.

## Висновки до розділу 5

DiagnoseData – це інноваційний стартап, який створює передову систему накопичення даних про пацієнтів з можливістю формування діагностичних висновків. Продукт використовує передові технології машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу медичних даних, що дозволяє медичному персоналу краще розуміти стан здоров'я пацієнта та вчасно робити висновки [47] [3], [47].

Основні цінності продукту полягають у поліпшенні якості медичної допомоги, забезпеченні точної та своєчасної діагностики, а також оптимізації роботи медичних установ. Наші основні користувачі - лікарні, клініки та медичні дослідницькі установи [47] [3].

Продукт має бути просунутий через прямі продажі, онлайн-платформи та партнерства з ключовими гравцями в галузі охорони здоров'я. Монетизація відбуватиметься через продаж ліцензій на використання програмного забезпечення та надання додаткових послуг з підтримки та налаштування [3], [47].

Стартап зосереджений на розробці передових рішень для охорони здоров'я, забезпечуючи ключові ресурси, такі як кваліфікована команда, передові технології та взаємовигідні партнерства [47] [3].

Вартість виробництва та реалізації продукту буде обчислюватися в ході подальшої розробки та аналізу ринку, але ми розраховуємо на конкурентоспроможну ціну та високий ROI для наших інвесторів. Ми також розуміємо потенційні ризики та активно працюємо над їх мінімізацією [47] [3].

# ВИСНОВКИ

Результатом магістерської дисертації стало:

1. розширення функцій системи накопичення та зберігання медичних зображень на основі Salesforce CRM. з застосування cloud (хмарних) технологій для обміну даними між лікарями та дослідниками;
2. розробка малоресурсного, багатоплатформного веб-застосунку обробки, перегляду та перетворень 3D медичних зображень (КТ, МРТ тощо);
3. розробка інструментів: обрізки; настройки кольорової заливки; приховування шарів та конструювання; відображення даних про зображення такі як гістограма динамічного розрахунку щільності медичного зображення;
4. розроблено стартап-проєкт який визначає перспективи реалізації розроблених програмних засобів на ринку та підготовки маркетингової стратегії.

За темою магістерської дисертації написано 1 статтю до наукометричного фахового журналу України категорії Б:

Боженко А.Ю., Настенко Є.А., Корнієнко Г.А., Дикан І.М., Павлов В.А., Городецька О.К., Авер'янова О.А. Розробка системи накопичення та зберігання медичних зображень за допомогою Salesforce. *Біомедична інженерія та технологія*. 2023. №13(1).10 с.

Результати магістерської дисертації використано в загальнонаціональній медичній інформаційній системі України eHealth Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України (довідка про використання №35/12 від 18.12.2023р.).

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## Базова література


1. 10 найкращих хмарних сервісів зберігання інформації. MOYO: веб-сайт. URL: https://www.moyo.ua/ua/news/10-luchshikh-oblachnykh-servisov-khraneniya-informatsii.html [9][1]
2. 5 причин, чому постачальникам медичних послуг варто використовувати Salesforce, як CRM для охорони здоров'я. SF BEN : веб-сайт. URL: https://www.salesforceben.com/5-reasons-healthcare-providers-should-use-salesforce-as-a-healthcare-crm/ [2]
3. Bendriem B, Townsend DW, Eds. The theory and practice of 3D PET, London: Kluwer Academic Publishers 1998[3].
4. Cheng J, Huang W, Cao S, Yang R, Yang W, Yun Z, et al. Enhanced performance of brain tumor classification via tumor region augmentation and partition. PLoS One. 2015;10(10):13. DOI: 10.1371/journal.pone.0140381[4]
5. CRM для клінік та медичних центрів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://wezom.com.ua/ua/blog/crm-dlya-klinik-i-meditsinskikh-tsentrov [5]
6. Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L. NMR in cancer: XVI. Fonar image of the live human body. Physiol Chem Phys 1977; 9: 97-100.[6]
7. Fishman, Elliot K.; Jeffrey, R. Brooke (1995). Spiral CT: Principles, Techniques, and Clinical Applications. Raven Press. ISBN 978-0-7817-0218-8.[7]
8. Fishman, Elliot K.; Ney, Derek R.; Heath, David G.; Corl, Frank M.; Horton, Karen M.; Johnson, Pamela T. (2006). "Volume Rendering versus Maximum Intensity Projection in CT Angiography: What Works Best, When, and Why". RadioGraphics. 26 (3): 905–922.[8]

9. Friston K, et al. Statistical parametric mapping. London: Academic Press; 2007. p. vii.[9]
10. G.J. Hay & G. Castilla: Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In: T. Blaschke, S. Lang & G. Hay (eds.): Object-Based Image Analysis – Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 18. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany: 75-89 (2008).[10]
11. Gao XW, Bharath A, Stanton A, Hughes A, Chapman N, Thom S. Quantification and characterization of arteries in retinal images. Comput Method Program Biomed 2000; 63(2):, 133-46.[11]
12. GIMIAS: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/GIMIAS; https://uk.wikipedia.org/wiki?curid=2725354; [10] [12]
13. Goldman, L. W. (2008). "Principles of CT: Multislice CT". Journal of Nuclear Medicine Technology. 36 (2): 57–68[13]
14. Gray M., MEDINFO 2007, http://www.chi.unsw.edu.au/CHIweb.nsf/page/Conference%20Papers.[14]
15. Herman GT, Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projection, 2nd edition, Springer 2009[15]
16. Hsieh, Jiang (2003). Computed Tomography: Principles, Design, Artifacts, and Recent Advances. SPIE Press. p. 265. ISBN 978-0-8194-4425-7.[16]
17. Jang J, Jung SE, Jeong WK, Lim YS, Choi JI, Park MY, et al. (February 2016). "Radiation Doses of Various CT Protocols: a Multicenter Longitudinal Observation Study". Journal of Korean Medical Science. 31 Suppl 1: S24-31[17]
18. Kobbelt, Leif (2006). Vision, Modeling, and Visualization 2006: Proceedings, November 22-24, 2006, Aachen, Germany. IOS Press. p. 185. ISBN 978-3-89838-081-2.[18]
19. Lauterbur PC. Image formation by induced local interactions: examples of

employing nuclear magnetic resonance.Nature 1973; 242: 190-1.[19]

20. McRobbie DW (2007). MRI from picture to proton. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-68384-5.[20]
21. McRobbie DW (2007). MRI from picture to proton. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-68384-5.[21]
22. Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK): веб-сайт. URL: https://docs.mitk.org/nightly/ [22]
23. Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK: веб-сайт. URL: https://www.onworks.net/uk/software/windows/app-mitk#google_vignette[23]
24. Microsoft Azure SQL Databases : веб-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/SQL_Azure [24]
25. Murphy G, Hanken MA, Waters K. Electronic health records: changing the vision. Philadelphia: Saunders W B Co; 1999. p. 627[25].
26. Novelline R. Squire's Fundamentals of Radiology. 5th edition.Harvard University Press 1997.[26]
27. Park, S.; Chu, L.C.; Hruban, R.H.; Vogelstein, B.; Kinzler, K.W.; Yuille, A.L.; Fouladi, D.F.; Shayesteh, S.; Ghandili, S.; Wolfgang, C.L.; Burkhart, R.; He, J.; Fishman, E.K.; Kawamoto, S. (2020-09-01). "Differentiating autoimmune pancreatitis from pancreatic ductal adenocarcinoma with CT radiomics features". Diagnostic and Interventional Imaging.[27]
28. Reisman M. EHRs: the challenge of making electronic data usable and interoperable. Pharm Ther. 2017;42(9):572–5.[28]
29. Robertson VJ, Baker KG. A Review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies. Physical Therapy 2001; 81(7): 1339-50.[29]
30. Roobottom CA, Mitchell G, Morgan-Hughes G. Radiation-reduction strategies in cardiac computed tomographic angiography.Clin Radiol 2010; 65(11): 859-67.[30]
31. Salesforce.com: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Salesforce.com [31]

32. Schmidt, Derek; Odland, Rick (September 2004). "Mirror-Image Reversal of Coronal Computed Tomography Scans". The Laryngoscope. 114 (9): 1562–1565.[32]
33. Schroeder W, Martin K, Lorensen B. The visualization toolkit. 4th ed. Clifton Park: Kitware; 2006[33].
34. Schueler BA (July 2000). "The AAPM/RSNA physics tutorial for residents: general overview of fluoroscopic imaging". Radiographics. 20 (4): 1115–26.[34]
35. Seeram E, Brennan PC (2016). Radiation Protection in Diagnostic X-Ray Imaging. Jones & Bartlett. ISBN 9781284117714.[35]
36. Shameer K, et al. Translational bioinformatics in the era of real-time biomedical, health care and wellness data streams. Brief Bioinform. 2017;18(1):105–24.[36]
37. Silverstein, Jonathan C.; Parsad, Nigel M.; Tsirline, Victor (2008). "Automatic perceptual color map generation for realistic volume visualization". Journal of Biomedical Informatics.[37]
38. Spiegel PK. The first clinical X-ray made in America—100 years. Am J Roentgenol 1995; 164(1): 241-3.[38]
39. Stirrup, James (2020-01-02). Cardiovascular Computed Tomography. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-880927-2.[39]
40. Stirrup, James (2020-01-02). Cardiovascular Computed Tomography. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-880927-2.[40]
41. Strickland NH. PACS (picture archiving and communication systems): filmless radiology. Arch Dis Child. 2000;83(1):82–6 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10869010/ [41].
42. Talisetti, Anita; Jelnin, Vladimir; Ruiz, Carlos; John, Eunice; Benedetti, Enrico; Testa, Giuliano; Holterman, Ai-Xuan L.; Holterman, Mark J. (December 2004). "Electron beam CT scan is a valuable and safe imaging tool for the pediatric surgical patient". Journal of Pediatric Surgery. 39 (12): 1859–1862.doi:10.1016/j.jpedsurg.2004.08.024. ISSN 1531-5037.PMID 15616951.[42]

43. The All of Us Research Program [Електронний ресурс] // National Institutes of Health – Режим доступу до ресурсу: https://allofus.nih.gov/.[43]

44. Williams, M.C.; Newby, D.E. (2016-08-01). "CT myocardial perfusion imaging: current status and future directions". Clinical Radiology. 71 (8): 739–749.[44]

45. Wittsack, H.-J.; Wohlschläger, A.M.; Ritzl, E.K.; Kleiser, R.; Cohnen, M.; Seitz, R.J.; Mödder, U. (2008-01-01). "CT-perfusion imaging of the human brain: Advanced deconvolution analysis using circulant singular value decomposition". Computerized Medical Imaging and Graphics. 32 (1): 67–77.[45]

46. Атамась В. В. Система аналізу асиметрії КТ-зображень для удосконалення процедур виявлення патології: дип. на здобуття наук. ступеня бак.: 03.00.16 / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» Київ, 2021. 93 с. [46]

47. Боженко А.Ю. Системи накопичення даних пацієнта з можливістю формування діагностичних висновків: магістерська дис. : 122 Комп'ютерні науки / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ. 2023. 104 с.[47] [3]

48. Великі данні змінють систему охорони здоров'я. Data LABS (БЛОГ від 21.04.2021р.): веб-сайт URL: https://datalabsua.com/en/big-data-is-changing-the-healthcare-system/[48]

49. Документація daikon.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://openbase.com/js/daikon[49]

50. Документація gpu.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://github.com/gpujs/gpu.js[50]

51. Документація math.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://mathjs.org/[51]

52. Найкащі безкоштовні програми перегляду DICOM у Linux ддя лікарів: веб-сайт. URL: https://linuxthebest.net/uk/najkrashhi-bezkoshtovni-programi-pereglyadu-dicom-u-linux-dlya-likariv/ [52]

53. Стандарт DICOM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/DICOM [7] [53]

54. Стандарт PACS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.wikiwand.com/uk/PACS [8]; https://uk.wikipedia.org/wiki/PACS [54]

55. Теорія по матрицям повороту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.brainm.com/software/pubs/math/Rotation_matrix.pdf[55]

56. Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. — 2-ге вид. — К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.[56]

57. Шкала Гаунсфілда [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D0%BD%D1%81%D1%84%D1%96%D0%BB%D0%B4%D0%B0 [5]; https://uk.wikipedia.org/wiki?curid=2342398 [5]; https://openmedicalinformaticsjournal.com/contents/volumes/V5/TOMINFOJ-5-73/TOMINFOJ-5-73.pdf [57]

58. Stephens ZD, Lee SY, Faghri F, Campbell RH, Zhai C, Efron MJ, Iyer R, Schatz MC, Sinha S, Robinson GE. Big Data: Astronomical or Genomical? PLoS Biol. 2015 Jul 7;13(7):e1002195. doi: 10.1371/journal.pbio.1002195. PMID: 26151137; PMCID: PMC4494865 https://journalofbigdata.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s40537-019-0217-0.pdf [58]

59. Які види комп’юторної томографії існують? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://globalmedic.kiev.ua/yaki-vidi-kompyuternoyi-tomografiyi-isnuyut [6] [59]

60. .Атамась В. В. Система аналізу асиметрії КТ-зображень для удосконалення процедур виявлення патології: магістерська дис. на здобуття наук. ступеня маг.: 03.00.16 / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» Київ, 2022. 104 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54281/1/Atamas_magistr.pdf[60] [1]

## Список ілюстрованого матеріалу

61. Рисунок 1.2 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою ПЕТ. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fkt-pet.info%2Fpoleznoe%2Fpozitronno-emissionnaya-tomografiya.html&psig=AOvVaw1nLMbO4VaRNy8Dse4abTQ6&ust=1703188099521000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCICbzKTknoMDFQAAAAAdAAAAABBe[61]
62. Рисунок 1.3 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою КТ. https://img.tsn.ua/cached/975/tsn-75dc2b2fb4bc6487d12428d044230457/thumbs/1036x648/a5/fd/8df392a1b095e38872031307162efda5.jpeg[62]
63. Рисунок 1.3 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою МРТ. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.fcw.su%2Fpoleznaja-74%2Fmagnitno-rezonansnaja-tomografija-golovnogo-mozga.html&psig=AOvVaw3ed5GxceA2nJUULtBJlwI4&ust=1703185600588000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNigz_7anoMDFQAAAAAdAAAAABAg [63]
64. Рисунок 1.6 – Приклад зображень мозку отриманих за допомогою ПЕТ-КТ https://avizenna.de/wp-content/uploads/2021/01/pet-mrt2.jpg[64]
65. Рисунок 1.6 – Приклад медичних зображень отриманих за допомогою КПКТ https://instom.od.ua/images/tomograph4.png [65]
66. Рисунок 2.10 - Графічний інтерфейс GIMIAS https://medevel.com/content/images/2020/08/7_image_1_ipj.jpg [66]
67. Зображення до програмного застосунку http://bmc.fbmi.kpi.ua/uploads/diplom/alforov-andr%D1%96y-%D0%86gorovich.pdf [2][67]
68. Зображення рентгенографії http://bmc.fbmi.kpi.ua/uploads/diplom/pavelchak-

katerina-Ivanivna.pdf [4][68]

68

# ДОДАТОК А

## АПРОБАЦІЇ

ДОВІДКА ПРО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

№ 35/12 від 18.12.2023р.

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України

УКР.НТУУ”КПІ ім. Ігоря Сікорського”_ІАТЕ_ЦТЕ_ТРз-21мп_23М

Аркушів - 2

Київ - 2023

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заст. директора Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України

_____Катерина СИНИЦЯ

«___»__*грудня*_2023 р.

***18 грудня 2023р*** № ***35/12***

**ДОВІДКА ПРО ВИКОРИСТАННЯ**

результатів магістерської дисертації ***Корінєнко Галини Альбертівни***
***«Аналіз медичних зображень для виявлення патології»***\

Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України будуть використані отримані результати в загальнонаціональній медичній інформаційній системі України eHealth, а саме :

1. реалізація системи накопичення та зберігання медичних даних;
2. реалізація перегляду та перетворень 3D медичних зображень.

Завідувач відділом медичних інформаційних систем, д.м.н., проф. Олександр КОВАЛЕНКО /

# ДОДАТОК В

## ПУБЛІКАЦІЇ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ SALESFORCE

Науковий журнал «Біомедична інженерія та технологія» (категорії Б).

Київ, 2024. – №13(1). – 10 с

УКР.НТУУ”КПІ ім. Ігоря Сікорського”_ІАТЕ_ЦТЕ_ТРз-21мп_23М

Аркушів - 12

Київ - 2023

ISSN (Print) 2617-8974
ISSN (Online) 2707-8434
БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ
Biomedical Engineering and Technology
www.biomedtech.kpi.ua

# Біомедична інженерія і технологія

*Вітчизняний науковий фаховий журнал*
ISSN (Print) 2617-8974
ISSSN (Online) 2707-8434
Головний редактор професор, д.м.н.
**Максименко В.Б.**

**Адреса редакції:**
03056, м.Київ,
вул. А. Янгеля 16/2
*Тел.: (044) 204-85-74*


## ДОВІДКА

### ПРО ПУБЛІКАЦІЮ СТАТТІ В НАУКОВОМУ ЖУРНАЛІ

Довідка надана авторам:

Боженко Анастасії Юріївні, Настенко Євгену Арнольдовичу, Корнієнко Галині Альбертівні, Дикан Ірині Миколаївні, Павлову Володимиру Анатолійовичу, Тарасюку Борису Андрійовичу, Городецькій Олені Костянтинівні, Авер'яновій Ользі Анатоліївні про те, що їх стаття «Розробка системи накопичення та зберігання медичних зображень за допомогою SALESFORCE прийнята до публікації в №13(1) 2024 вітчизняного наукового фахового журналу "Біомедична інженерія і технологія".

Технічний секретар редакції Наталія ОВЧАРЕНКО

УДК 004.932 + 616-073.7

# РОЗРОБКА СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ SALESFORCE

***Боженко Анастасія Юріївна***[1]
bs83-bay-fbmi22@lll.kpi.ua
***Настенко Євген Арнольдович***[1]
nastenko.e@gmail.com
***Корнієнко Галина Альбертівна***[1]
kornienko.galina@lll.kpi.ua
***Дикан Ірина Миколаївна***[2]
irinadykan@gmail.com
***Павлов Володимир Анатолійович***[1]
pavlov.vladimir264@gmail.com
***Тарасюк Борис Андрійович***[2]
btarasyuk13@gmail.com
***Городецька Олена Костянтинівна***[1]
o.nosovets@gmail.com
***Авер'янова Ольга Анатоліївна***[1]
averianova.olga@lll.kpi.ua
[1]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна,