

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії

**«Виявлення новоутворень в легенях від Covid-19 засобами комп'ютерної
обробки медичних знімків»**

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності: 123 «Комп'ютерна інженерія»
студента 4 курсу

Бориса БІЛЬКЕВИЧА

_____ (підпис)

Науковий керівник:

к.т.н., доцент **Олександр САМОЩЕНКО**

_____ (підпис)

До захисту допускаю

Протокол засідання кафедри від

“ ____ ” _____ 2022 р. № _____

Завідувач кафедри

кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Юрій БОЙКО

КИЇВ - 2022

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра містить 81 сторінку, 48 рисунків, 5 таблиць, 3 додатки, використано 11 інформаційних джерел.

Метою роботи є комп'ютеризація виявлення характерних ознак Covid-19 при аналізі медичних знімків.

Об'єктом роботи є методи комп'ютерної обробки медичних знімків.

Предметом роботи є програмні засоби підтримки медичних діагностичних процесів.

Початкові дані: медичні знімки (результати КТ, рентген та інші).

Теоретичне забезпечення: методи фільтрації комп'ютерних зображень.

Інструменти розробки: середовище системи MATLAB.

ЗМІСТ

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ	6
ВСТУП.....	7
Актуальність роботи та підстави для її виконання.	7
Мета й завдання роботи	7
Об'єкт, методи і засоби дослідження або розроблення	8
Сфери використання застосунку	8
РОЗДІЛ 1.....	9
«ФОРМУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЛЕГЕНЬ ЛЮДИНИ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ»	9
Огляд різних варіантів медичних знімків	10
Променева діагностика	10
1.2.1 Комп'ютерна томографія.....	10
Магнітно-резонансна томографія.	11
УЗД грудної клітини	12
Ехо-кардіографія.	13
Флюорографія.....	14
Рентген грудної клітини.....	15
1.5 Переваги та недоліки наявних знімків : Підсумок	16
РОЗДІЛ 2.....	18
«АНАЛІЗ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК СТАНУ ЛЕГЕНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБРОБКИ ДАНИХ МЕДИЧНИХ ЗНІМКІВ».....	18
Послідовність дій при аналізі рентген знімків грудної клітини.....	19
Методика аналізу рентгенограм.....	19
Визначення досліджуваної області.....	19
Визначення проекції.....	19
Оцінка якості медичного знімку	20
Загальна оцінка форми грудної клітини, а також симетричність її половин	21
Дослідження стінок грудної клітини	22
Дослідження легень.....	23
Дослідження коренів легень.....	24

Висновок	24
Приклад аналізу грудної клітини по рентген знімках	24
Грудна клітина Covid-19 інфікованої людини	25
РОЗДІЛ 3.....	27
«ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ №1».....	27
Створення GUI interface для аналізу грудної клітини	27
Цілі створення застосунку	27
Вбудовані функції, які використані в застосунку	27
Схема роботи програми	30
Вхідні параметри, що задає користувач.....	31
Результати отримані на виході виконання програми	31
Схема опису взаємодії користувача із програмою.....	32
Орієнтовний вигляд програми та її можливі функції.....	34
Демонстрація роботи з GUI interface	35
Приклади роботи №1.....	37
Приклади роботи №2.....	38
Приклади роботи №3.....	39
Висновок	39
РОЗДІЛ 4.....	41
«ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ №2».....	41
Створення GUI interface для детектування Covid-19.....	41
Цілі створення застосунку	41
Вбудовані функції, які використані в застосунку	41
Вхідні параметри, що задає користувач.....	42
Результати отримані на виході виконання програми.....	42
Схема опису взаємодії користувача із програмою.....	42
Функції GUI інтерфейсу.....	44
Використана нейронна мережа ResNet-50.....	44
Практичне тестування точності методу на власному DataSet.....	45
Використані методи покращення зображення	46
Histeq.....	46
Gamma	47
VCET.....	48

СЛАНЕ.....	49
Complement.....	51
Демонстрація роботи з GUI interface	52
Приклади роботи №1.....	56
Приклади роботи №2.....	58
Приклади роботи №3.....	60
Висновок	61
Висновки	62
Перелік використаних джерел.....	63
Додатки	64
Додаток А.....	64
Додаток Б	70
Додаток В.....	81

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ

Рентген – являє собою дослідження внутрішніх органів і систем людського організму шляхом їх проекції на спеціальний папір або плівку за допомогою рентгенівських променів. Рентгенівські знімки є негативами – світлі ділянки, які можуть вказувати на запалення чи патології. Тканини без патології відображаються темним кольором.

КТ (комп'ютерна томографія) – метод пошарового сканування, при якому пучок рентгенівського променя пошарово та поступово проходить через тонкий шар тканини людського тіла.

МРТ (магнітно-резонансна томографія) – один із методів томографії, для дослідження тканин та внутрішніх органів з використанням фізичного явища ядерного магнітного резонансу.

Covid-19 – інфекційне захворювання, яке характеризується переважним ураженням дихальної системи та шлунково-кишкового тракту.

MATLAB – пакет прикладних програм для вирішення задач технічних обчислень.

ВСТУП

MATLAB (Matrix Laboratory) – багатопарадигмова мова програмування та пакет прикладних програм для числового аналізу. MATLAB застосовують для розв’язання задач пов’язаних з математичними матрицями, роботи з алгоритмами, а також створення робочих оболонок, таких як user interface. В реалізації використано програму MATLAB, оскільки вона має велику кількість функцій для роботи із зображеннями і інтуїтивно зрозуміла у принципі роботи з нею.

Актуальність роботи та підстави для її виконання.

Covid-19 – це нове вірусне захворювання, яке уражує найбільш слабкі органи людини. Тема діагностики Covid-19 – головна мета дослідження. (Основна увага приділена розділу Deep Learning, а саме: детектування уражень легень Covid-19).

Актуальним є розробка методів та програм, які дозволяють визначити уражені частини легень по медичним знімкам, а також виявити наявність у пацієнта Covid-19. Створено GUI інтерфейс, який надає можливість спростити процес діагностування.

В роботі розглянуто методи виявлення Covid-19 захворювання, результати застосування яких базуються на даних медичних знімків. Вказано на переваги та недоліки методів. Значну частину роботи приділено обробці знімків з використанням різноманітних видів комп’ютерної фільтрації.

Мета й завдання роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є створення програмного засобу для виявлення новоутворень Covid-19 в легенях пацієнта за результатами комп’ютеризованого аналізу медичних знімків. Поставлена задача реалізована за допомогою MATLAB.

Досягнення мети передбачає розв'язання наступних завдань:

- Дослідження формування зображень легень людини в медичній галузі.
- Визначення характерних ознак стану легень за результатами обробки медичних знімків.
- Дослідження варіантів комп'ютерного подання зображень.
- Аналіз методів перетворення зображень легень людини.
- Моделювання процесу обробки медичних знімків.
- Розробка GUI інтерфейсу застосунку.

Об'єкт, методи і засоби дослідження або розроблення.

Як інструмент створення програмного засобу обрано технологію MATLAB App Designer, яка надає потужні функції для виконання досліджень і аналізу. Мова програмування, що використовувалась – MATLAB.

Сфери використання застосунку.

Застосунок направлений на використання при медичній діагностиці Covid-19 незалежно від рівня професійної підготовки користувача.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 1

«ФОРМУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЛЕГЕНЬ ЛЮДИНИ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ»

Захворювання легень, такі як хронічна обструктивна хвороба легень, інфекції нижніх дихальних шляхів, Covid-19, рак легень є одними з найпоширеніших захворювань у світі. Проте, не завжди виходить зробити діагноз на ранніх етапах зародження хвороби, оскільки більшість з них є досить складні і звичайні рентгенограми органів грудної клітки мають слабку або помірну чутливість.

Саме тому в 1900-х роках був впроваджений принцип формування контрасту зображення в звичайних рентгенівських знімках, де даний метод був реалізований за допомогою рентгенівських променів. Завдяки подібним властивостям тканин, з точки зору механізму взаємодії з рентгенівськими променями, контраст м'яких тканин низький у звичайній рентгенографії, а також комп'ютерній томографії, що в свою чергу спричиняє обмеження діагностичних можливостей. Крім того, рентгенівське випромінювання має хвильові властивості і, таким чином, схильне до таких ефектів, як заломлення і кутове розсіювання, що призводить до контрасту темного поля.

Контраст зображення в темному полі створюється множинними заломленнями на мікроструктурах об'єкта, які мають значно менший масштаб порівняно з просторовою роздільною здатністю системи зображення. З огляду на це, можна уявити, що сигнал темного поля опосередковано розкриває структурну інформацію, яка недоступна для звичайних медичних рентгенівських систем.

Огляд різних варіантів медичних знімків.

Променева діагностика.

До цієї групи належать безболісні методи діагностики з застосуванням певних видів випромінювання, технологій візуалізації і обробки зображень. Такі дослідження засновані на принципі опроміненні різних по щільності внутрішніх органів і тканин.

Отримані зображення чимось нагадують географічні карти, тільки замість ландшафтів на них темними і світлими кольорами позначені анатомічні структури. На таких зображеннях лікарі бачать патологічні зміни: збільшені лімфовузли, пухлини, переломи ребер та інші відхилення від норми, характерні для тієї чи іншої хвороби.

1.2.1 Комп'ютерна томографія.

На сьогоднішній день існує сучасний високоточний метод сканування з використанням рентгенівського випромінювання і можливістю побудови автентичної 3D-моделі кісток, дихальних шляхів, внутрішніх органів і судин – це комп'ютерна томографія. Перевага комп'ютерної томографії полягає в тому, що за кілька секунд томограф робить безліч поверхневих оглядів, які потім можна об'єднати в об'ємне зображення.

При скануванні грудної клітини в область огляду потрапляють легені, трахея, бронхіальне дерево, грудний відділ хребта і ребра. Для обстеження судин і при підозрі на наявність онкологічних пухлин проводиться КТ грудної клітини з контрастом. Суть контрастування полягає в тому, що пацієнтові в плечову вену попередньо вводиться спеціальний препарат, який додатково «забарвлює» стінки судин і вен, а також дозволяє візуалізувати новоутворення, уточнити їх розмір, а іноді і специфіку.

Комп'ютерна томографія легень краще ніж інші види діагностики показує: пневмонії, туберкульоз, пухлини легень і середостіння, травми ребер і грудного відділу хребта.

На КТ з високою роздільною здатністю візуалізується легенева артерія і грудна аорта. Однак КТ грудної клітини не покаже грижі міжхребетних дисків. Для діагностики цих видів хвороб, використовується інший спосіб дослідження, а саме: магнітно-резонансна томографія.

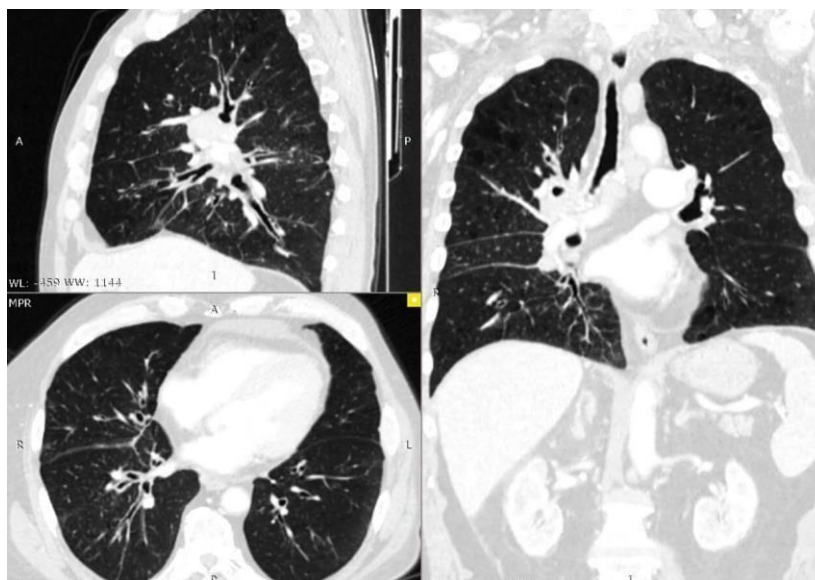


Рисунок 1 – Комп'ютерна томографія легень.

Магнітно-резонансна томографія.

Магнітно-резонансна томографія грудної клітини також відноситься до сучасних, інформативних і складних методів обстеження, який дозволяє оглянути внутрішні органи у високій роздільній здатності, в різних проєкціях і відтворити 3D-реконструкцію на підставі великої кількості томограм. МРТ, як правило застосовується для дослідження органів середостіння.

Ядра атомів водню в організмі людини, якщо на них впливають радіочастотні імпульси в магнітному полі, подають особливі ехо-сигнали,

які можна використовувати для візуалізації внутрішніх органів у всіх площинах і проекціях. Цей принцип закладений в основу МРТ-діагностики.

На відміну від КТ-обстеження, яке базується на іонізуючому опроміненню, магнітно-резонансна томографія базується на електромагнітному випромінюванні, що не спричинює негативного впливу на організм. Обстеження можна проходити скільки завгодно разів, і навіть вагітним жінкам воно не протипоказане. МРТ не можна проводити пацієнтам з протезами клапанів серця і кардіостимуляторами, варто перед проведенням процедури проконсультуватися у лікаря. МРТ не призначається для дослідження ребер, візуалізації дрібних новоутворень в легенях.

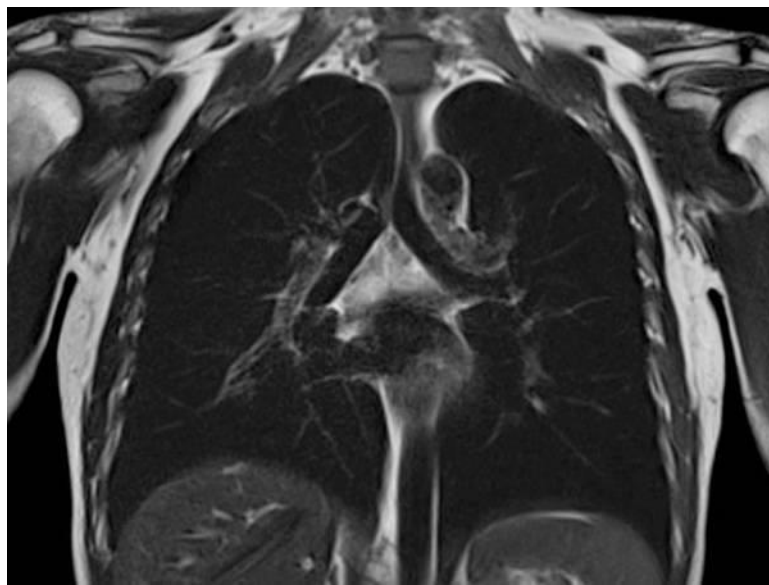


Рисунок 2 – МРТ при пневмонії легень.

УЗД грудної клітини.

Ультразвукове дослідження грудної клітини призначається з метою візуальної оцінки серозної оболонки дихальних органів і плевральної порожнини стінок грудної клітки, а саме для уточнення її обсягу, цілісності, наявності або відсутності зайвої рідини, сторонніх предметів.

Перевага цього методу полягає в тому, що ультразвукові хвилі абсолютно безпечні для організму людини. Ці ж хвилі використовують кажани, щоб орієнтуватися в просторі. УЗ-сигнали відбиваються навколишніми об'єктами і повертаються до хижака разом з інформацією, необхідною для орієнтування в темряві та вдалого полювання. УЗД грудної клітини показує пухлини молочних залоз, стінок грудної клітки та скупчення рідини в плеврі.

Обстеження призначається при підозрі на онкологію та інші захворювання. Спеціальна підготовка не потрібна. УЗД стінок грудної клітини роблять на вдиху, пацієнту потрібно затримати дихання на кілька секунд і підняти руки.

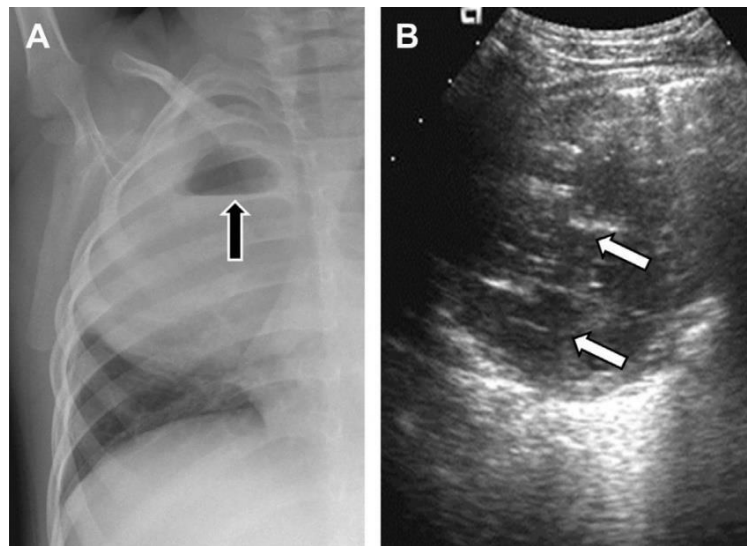


Рисунок 3 – Зображення ураженої частини легені на знімках А – рентген, В – УЗД.

Ехо-кардіографія.

Ехо-кардіографія призначається пацієнтам з певними патологіями легень. Функціональна діагностика серця дозволяє в реальному часі оцінити деформацію кожного сегмента і клапана.

Лікарі рекомендують проходити УЗД серця при пневмонії, якщо пацієнт знаходиться в групі ризику по серцево-судинним захворюванням, або його турбують симптоми, характерні для міокардиту.

Серце і легені розташовані близько і працюють «спільно». Спочатку легені отримують кисень, який з кров'ю транспортується до серця. Потім серце постачає кров, насичену киснем, до інших органів і тканин, яким вона необхідна для енергії і підтримки життєдіяльності.

У серцевої недостатності і захворювань легень є один загальний симптом – ускладнене дихання. У зв'язку з цим важливо зрозуміти, робота якого органу і чому порушена. УЗД серця при легеневій гіпертензії дозволяє оцінити стан внутрішнього органу, клапанів, шлуночків серця та прохідність артеріальних протоків.

Флюорографія.

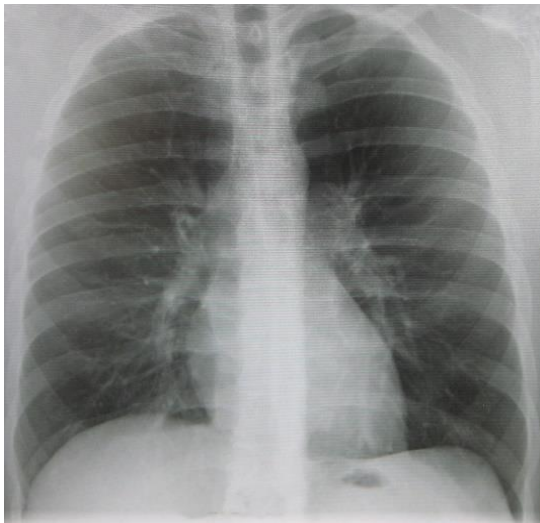


Рисунок 4 – Флюорографія.

Відноситься до рентгенологічних досліджень з променевим навантаженням, приблизно рівній 0,03-0,05 мЗв за одне дослідження грудної клітини. Флюорографія рекомендована в якості щорічного профілактичного обстеження, оскільки ефективно показує туберкульоз в легенях – захворювання, що викликається паличками Коха.

На флюорографії виявляють пухлини і пневмонії, але як і у випадку з рентгеном, 2D-техніка візуалізації має порівняно невеликий потік рентгенівських променів. Ефект «накладення тіней» не дозволяє побачити всіх подробиць. Наприклад, пухлини 3-5 мм, на флюорографічному знімку

з високою часткою ймовірності помітні не будуть. Проте, профілактична флюорографія може врятувати людині життя і зупинити поширення туберкульозної інфекції.

Рентген грудної клітини.

Доза рентгенівського опромінення при стандартній рентгенографії вкрай мала і становить всього близько 0,03-0,3 мЗв. Обстеження призначається при підозрі на перелом кісток (ребер, ключиці), а також якщо у лікаря-терапевта є підозри на патологію легень.

Роздільної здатності рентгена і двомірної техніки візуалізації не завжди достатньо для точної візуальної оцінки дихального органу. Для прикладу можемо розглянути варіант з вірусом Covid-19, то на рентгені всього 50-60%, в той же час на КТ – 95%.



Рисунок 5 – Рентген знімок Covid-19 не заражених легень.



Рисунок 6 – Рентген знімок Covid-19 не заражених легень.

1.5 Переваги та недоліки наявних знімків : Підсумок.

Тип зображення	Переваги	Недоліки
Рентгенографія	<p>Низька доза опромінення</p> <p>Недорогий</p> <p>Легко доступний</p> <p>Швидкий</p> <p>Не потребує підготовки</p>	<p>Надає базову анатомічну інформацію лише для кількох тканин</p>
Флюороскопія	<p>Надає зображення в режимі реального часу</p> <p>Широко доступні</p>	<p>Доза опромінення може бути істотно більшою, ніж в рентгенографії</p>
Сонографія	<p>Відсутність опромінення</p> <p>Безболісний</p> <p>Портативний</p> <p>Широко доступний</p>	<p>Залежить від оператора: отримані зображення значною мірою залежать від досвіду та умінь сонографа.</p> <p>Дорожче, ніж рентгенографія</p>
Комп'ютерна Томографія (КТ)	<p>Прекрасне відображення анатомічних складових</p> <p>Дуже швидкий час обстеження</p> <p>За допомогою IV contrast можна досліджувати покращення органів, а також кровоносні судини</p> <p>Спіральна КТ надає багатопланову та 3-вимірну інформацію</p>	<p>Вища доза опромінення, ніж рентгенографія</p> <p>Може вимагати перорального або внутрішньовенного контрастування</p> <p>Відносно дороге</p>

Магнітно-резонансна томографія (МРТ).	Дозволяє проводити мультипланарну та 3-вимірну оцінку Чудове зображення відмінностей контрасту м'яких тканин та органів Без радіаційного впливу Безболісний	Дорогий Сканер шумний Моніторинг обмежений Потрібне очікування для планування Якість зображення дуже чутлива до рухів дитини
Флюорографія	Надає зображення в режимі реального часу Широко доступна	Велика доза опромінення

Таблиця 1 – порівняльна таблиця можливих варіантів медичних знімків.

Таким чином, для виконання задачі, яка поставлена, краще використовувати рентгенівські медичні знімки, оскільки вони найбільше підходять для їх подальшої обробки з урахуванням критерію простоти.

Створено колекцію, яка складається з 25 Covid-19 та Non_Covid-19 медичних рентген знімків та тестову колекцію для обрахування точності методу, яка сумарно складається з більше 8000 медичних знімків.

РОЗДІЛ 2

«АНАЛІЗ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК СТАНУ ЛЕГЕНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБРОБКИ ДАНИХ МЕДИЧНИХ ЗНІМКІВ»

Після отримання знімка, рентгенолог робить висновок і передає його лікарю, який направив пацієнта для проходження рентгенографії. Опис містить інформацію про розташування та розмір серця, органи дихання, стан судинної та лімфатичної системи. При наявності сторонніх предметів, затемнень, новоутворень, це також зазначається в описі результатів дослідження.

Рентгенографія легень дозволяє оцінити їх стан, розмір, форму, структуру тканин, а також розташування інших органів грудної клітини. Для отримання найбільш повної інформації про стан легень, лікарю необхідна рентгенограма в 2-ох проекціях, де чітко проглядається легенева тканина, купола діафрагми, тінь серця і органів середостіння, кістки хребта, плечового пояса, грудини. Зображення різних органів і кісток накладено один на одного.

Для коректного розшифрування зображення необхідно чітко уявлення про те, як на рентгенограмі виглядають здорові органи грудної клітини. Наприклад, навіть малопомітні затемнення, просвітління можуть свідчити про серйозне захворювання. Регулярне проведення обстежень дозволяє виявити патології на ранній стадії.

При розшифруванні рентгенолог оцінює якість знімка. Неправильне проведення процедури (некоректне розташування пацієнта, невірна проекція) не дозволяє скласти точний висновок, тому може знадобитися повторне обстеження.

Послідовність дій при аналізі рентген знімків грудної клітини.

1. Визначення досліджуваної області.
2. Визначення проекції.
3. Оцінка якості медичного знімку.
4. Загальна оцінка форми грудної клітини, а також симетричність її половин.
5. Вивчення стінок грудної порожнини.
6. Дослідження легень.
7. Опрацювання коренів легень.
8. Розгляд серцево-судинної тіні.
9. Висновок

Методика аналізу рентгенограм.

Нижче приведено детальний план дій по кожному пункту з розділу 2.1. Наступна інформація необхідна для проведення власноруч правильного та послідовного аналізу грудної клітини.

Визначення досліджуваної області.

Для початку необхідно визначити досліджувану область і назвати метод рентгенографічного дослідження. В залежності від результату відбувається подальший аналіз тієї частини, яка є головним об'єктом на медичному знімку.

Визначення проекції.

Існує три види проекцій: пряма, бокова та коса.

1. Пряма – проекція, при якій пацієнт знаходиться в перпендикулярному положенні до рентгенівської плівки.
2. Бокова – положення при якому видно бокове положення грудної клітини.

3. Коса – на рентгенограмі в косій проекції грудна клітина проектується на тлі легеневого поля між переднім контуром грудної клітини, утвореним ребрами і хребтом.

Визначивши правильну проекцію рентгенограми, необхідно правильно помістити рентгенограму на негатоскоп. Рентгенограма повинна знаходитися так як і пацієнт по відношенню до плівки при рентгенографії.

Оцінка якості медичного знімку.

Рентгенологічна термінологія	Опис виконуваної роботи
Маркування	Важливим етапом є наявність маркування на рентгенограмі, а саме: ім'я, прізвище, вік пацієнта, дата знімку. Без маркування рентгенограми не вивчаються.
Структурованість	Необхідна чітка видимість структури розташування та побудови органу. Для рентгенограми грудної клітини хорошою ознакою структурності знімку є хороша видимість елементів легеневого рисунку.
Контрастність	Наявність на рентгенограмі чорного, білого та перехідних кольорів від чорного до білого, що відображує різну степінь поглинання та проходження рентгенових променів через різні тканини. Якщо на рентгенограмі, можна побачити жовтий колір – це свідчить про не контрастність рентгенограми.

Щільність променів	Повинна бути оптимальною, тобто правильно підібрана конкретно для пацієнта. Критерієм оптимальної щільності рентгенових променів є чітка видимість 3х-4х верхніх грудних хребців.
Підвищена щільність променів	Якщо на рентгенограмі грудної клітини чітко видно хребці нижче четвертого.
Понижена щільність променів	Якщо на рентгенограмі грудної клітини чітко видно менше трьох грудних хребців.
Правильне положення пацієнта	<p>Ознаки правильної установки хворого на рентгенограмі:</p> <p>а) грудні кінці ключиць повинні знаходитися на однаковій відстані від середньої лінії;</p> <p>б) лопатки повинні бути відведені в сторони і не повинні накладатися на легеневі поля;</p> <p>в) середина ключиці повинна перетинати середину II ребра</p>

Таблиця 2 – План оцінювання якості знімку.

Загальна оцінка форми грудної клітини, а також симетричність її половин.

Форма грудної клітини правильна, якщо її половини симетричні. При деформації і асиметрії грудної клітини необхідно відмітити їх характер та вираженість.

Дослідження стінок грудної клітини.

Рентгенологічна термінологія	Опис виконуваної роботи
М'які тканини	Оцінюється форма, товщина м'яких тканин, контур їх, наявність будь-яких тіней або просвітлінь на їх фоні, симетричність з обох сторін. При аналізі стану м'яких тканин не забувати про відмінності в зображенні м'яких тканин у чоловіків і жінок.
Скелет грудної клітини	Вивчаються форма кісток, їх розміри, контури, структура, ширина міжреберних проміжків.
Діафрагма	Оцінюється висота діафрагми, форма, контури, рухливість при диханні.

Таблиця 3 – Вивчення стінок грудної порожнини.

Дослідження легень.

Рентгенологічна термінологія	Опис виконуваної роботи
Форма і розміри легень	У нормі права легеня коротше і ширше лівої, що пов'язано з більш високим станом правого купола діафрагми і положенням серця в грудній клітці, при цьому необхідно оцінити положення країв – чи збігаються з внутрішніми стінками грудної порожнини, або зміщені всередину.
Прозорість	Здійснюється порівняння прозорості симетричних легеневих полів, в найкращому випадку вона повинна бути однаковою.
Тіні	Симптом, що виявляються при змінах, який характеризує процеси з підвищеним поглинанням рентгенівського проміння в цих ділянках.
Просвітління	Симптом, що виявляються при змінах, який характеризує процеси з підвищеним проходженням рентгенівського проміння через певні ділянки легень.
Нормальна форма	У нормі легені на рентген знімку повинні являти собою розгалуження судин, деревоподібну розгалужену систему, з поступовим зменшенням їх розміру. Контури елементів легеневого малюнка повинні бути рівні й чіткі. Зображення судин залежить від напрямку їх по відношенню

	до рентгенівського променю – у вигляді смужки, овалу або кола. Якщо на рентгенограмі в проекції легеневих полів є відсутня, або засвічена частина зображення легеневого малюнка, то це говорить про відсутність там легені взагалі.
--	---

Таблиця 4 – Дослідження легень.

Дослідження коренів легень.

При вивченні коренів легень, варто звертати на такі основні етапи як, положення коренів, чи вони знаходяться на своїх місцях, чи не були зміщені. При обробці рентген знімку необхідно перевірити розміри та щільність коренів.

Висновок.

Формується в 2 етапи: спочатку необхідно віднести виявлені відхилення від норми до одного з синдромів легеневої або серцево-судинної патології, а потім використовуючи представлений алгоритм, вибрати найбільш відповідне по рентгенології захворювання. І якщо після виконання всіх послідовностей алгоритму виявляється, що це захворювання, то на основі цього вже формуються медичні поради і подальше лікування пацієнта.

Приклад аналізу грудної клітини по рентген знімках.

Covid-19 досить небезпечне захворювання, яке в більшості випадків призводить до пневмонії. Наслідком може бути втрата деякими частинами легень своєї дієздатності, утворення просвітлень. В пункті 2.3.1 приведено рисунки уражених легень після захворювання Covid-19.

2.3.1 Грудна клітина Covid-19 інфікованої людини.

Рентген грудної клітини може бути нормальним у легких випадках або на ранніх стадіях захворювання.

Типові знахідки та знахідки, які зазвичай пов'язані з Covid-19 – це сітчастий малюнок, найпоширенішими проявами є матові помутніння та ущільнення, із округлою морфологією, злиттям або плямистим розподілом.

Між першим і третім тижнем від появи симптомів типові рентгенологічні дослідження можуть перейти в дифузне захворювання. Це пов'язано з тяжкою клінічною ситуацією гіпоксемії, і основним диференціальним діагнозом, що як наслідок викликає гострий респіраторний дистрес-синдром (ГРДС).



Рисунок 7 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.



Рисунок 8 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.



Рисунок 9 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.



Рисунок 10 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.



Рисунок 11 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.



Рисунок 12 – Медичний знімок Covid-19 заражених легень.

На кожному з вище вказаних рисунків 7-12, стрілочками позначені уражені частини легень, що вказує на присутність захворювання. Дані стрілки направлені на просвітління, на частини легень, де по причині ураження Covid-19, видно що легеня втратила свою дієздатність і тепер є мертвою частиною.

РОЗДІЛ 3

«ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ №1»

Створення GUI interface для аналізу грудної клітини.

З урахуванням проаналізованих даних захворювання Covid-19, створено GUI застосунок в MATLAB, який направлений на автоматизовану сегментацію легень та ідентифікацію ділянки захворювання. За допомогою техніки сегментації легень, застосунок ідентифікує межі відповідно до порогового значення встановленого користувачем.

Цілі створення застосунку.

Метою цього проекту MATLAB є створення зручного інтерактивного додатка для сегментації легень та виявлення патологічних станів на рентгенівських знімках. Використовуючи інструмент конструктора додатків MATLAB, програма розроблена спеціально для роботи з рентгенівськими, КТ та МРТ знімками грудної клітки.

Вбудовані функції, які використані в застосунку.

wiener2 – виконує низькочастотну фільтрацію зображення інтенсивності, погіршеного шумом постійної потужності. Фільтрація використовує адаптивний метод Вінера, який оснований на статистиці та обробці кожного пікселя навколо, використовуючи при цьому розміри m -by- n для оцінки локального середнього і стандартного відхилення зображення.

histogram – це графік, який показує розподіл інтенсивності індексованого зображення. Функція створює графік гістограми, визначаючи n -рівновіддалених один від одного бінів (рівномірно розподілені інтервали, які використовують для сортування даних, вибірки і побудови графіків), кожен з яких представляє діапазон значень, а потім підраховує кількість

пікселів у кожному діапазоні. Інформацію, що міститься в гістограмі, можна використовувати для вибору оптимальної операції поліпшення. Наприклад, якщо гістограма зображення показує, що діапазон значень інтенсивності невеликий, можна використовувати функцію регулювання інтенсивності, щоб розподілити значення більш широкого діапазону.

bwlabel – функція MATLAB, яка повертає матрицю міток L.

regiongroups – це функція, яка використовується для маркованих зображень. Вимірює набір властивостей для кожної поміченої області в матриці міток L.

solidity – це частина, яку в залежності від заданих значень взяли опуклим корпусом.

strel – об'єкт, що представляє собою плоский морфологічний структурний елемент та є основною частиною морфологічних операцій розширення та ерозії. Плоским елементом структурування є оцінювання кола двійкового файла, або 2D матриці, в яких true(1) пікселі увімкнені в морфологічний розрахунок, а false(0) пікселі ні. Центральний піксель елемента структурування, який називають джерелом, ідентифікує піксель в обробленому зображенні.

imsubtract – віднімає кожен елемент масиву Y від відповідного елемента в масиві X і повертає різницю у відповідному елементі вихідного масиву Z.

imdilate – операція морфологічного розширення. Необхідна для потовщення об'єктів переднього плану на зображенні.

imerode – розмиває сіре, двійкове або упаковане двійкове зображення I за допомогою структурного елемента SE.

imbinarize – створює бінарне зображення із зображення I використовуючи при цьому порогове значення TT, яке може бути глобальним порогом зображень у вигляді скалярного значення яскравості або локально адаптивним порогом у вигляді матриці значень яскравості.

imclose – функція MATLAB виконує морфологічне закриття на сірому або двійковому зображенні I, повертаючи закрите зображення J.

imfill – заповнює дірки у вхідному двійковому зображенні BW. У цьому сенсі дірка – це набір фонових пікселів, які неможливо досягти, заповнюючи фон від краю зображення.

bwboundaries – простежує зовнішні межі об'єктів, а також межі отворів всередині цих об'єктів, у двійковому зображенні BW.

bwareafilt/bwpropfilt – витягує всі пов'язані компоненти (об'єкти) з двійкового зображення BW, де площа об'єктів знаходиться в заданому діапазоні, створюючи інше двійкове зображення BW2.

bwarea – оцінює площу об'єктів у двійковому зображенні BW. Результатом чого буде скаляр, значення якого приблизно відповідає загальній кількості пікселів на зображенні, але може бути не зовсім однаковим, оскільки різні шаблони пікселів мають різну вагу.

hold – зберігає графіки на поточних осях, щоб нові ділянки, додані до осей, не видаляли існуючі ділянки.

Схема роботи програми.

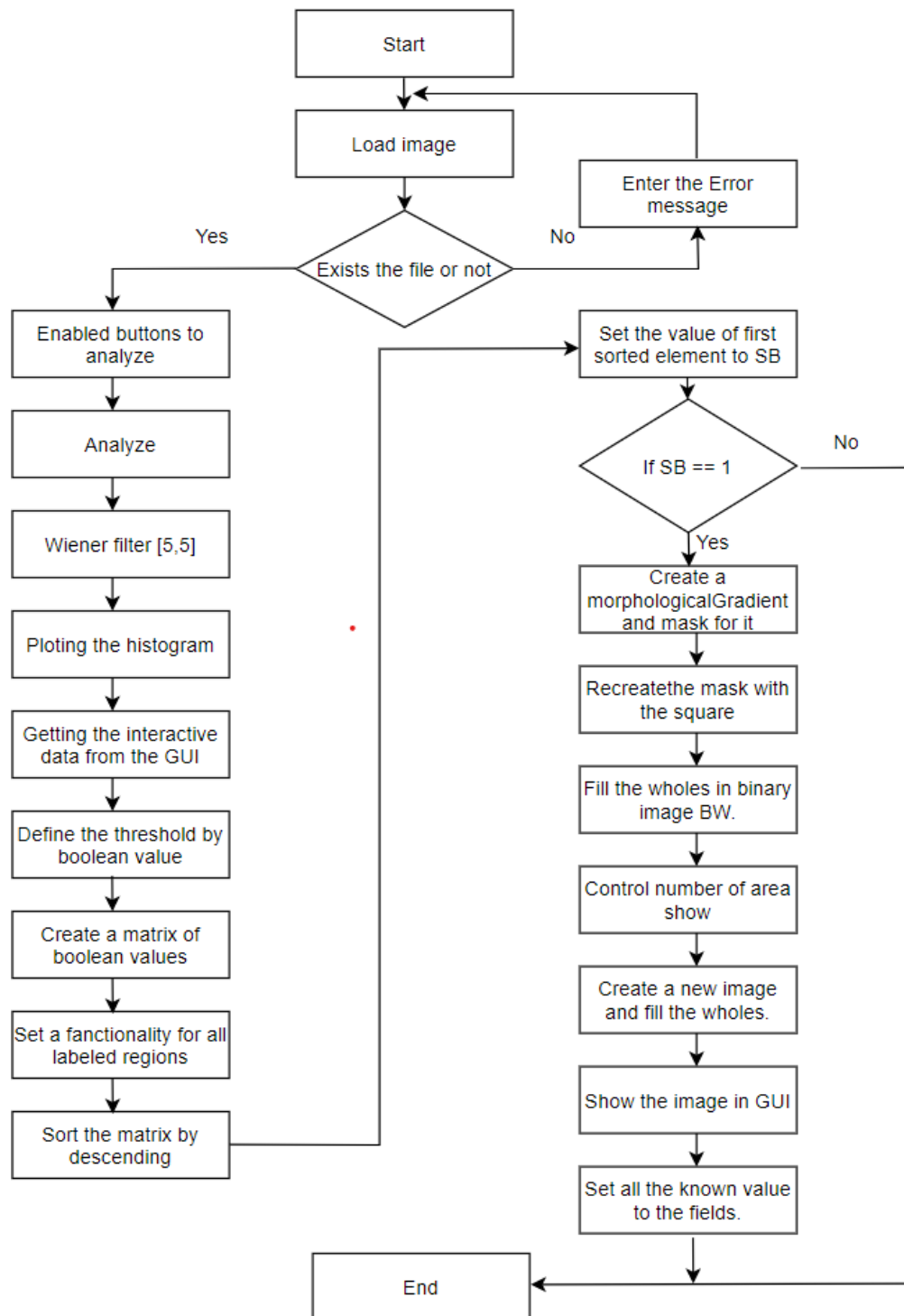


Рисунок 13 – Схема роботи програми.

Для розробки застосунку обрана технологія App Designer та мова програмування MATLAB.

Вхідні параметри, що задає користувач.

1. Медичний знімок, який був завантажений з створеного власноруч DataSet, в якому міститься 100 медичних знімків легень, які є ураженими Covid-19 і 100 повністю здорових знімків легень.
2. Визначення кількості легень на знімку, які досліджуватимуться. Вибір в межах від 1 до 4.
3. Встановлення за допомогою повзунця Threshold, який допоможе, вибрати найкращий проаналізований знімок, щоб уникнути всіх зайвих шумів.

Результати отримані на виході виконання програми.

1. Гістограма медичного знімку, на якій чітко зображено розподілення інтенсивності в індексованому зображенні.
2. Виведено зображення проаналізованих легень, на якому вказані межі легень. Іноді, якщо границі легень будуть не чіткими, можна явно сказати, що вони уражені Covid-19.
3. Вказано повний шлях до папки, з якої отримано медичний знімок та кількість пікселів, які зображені на рисунку після аналізу.

Схема опису взаємодії користувача із програмою.

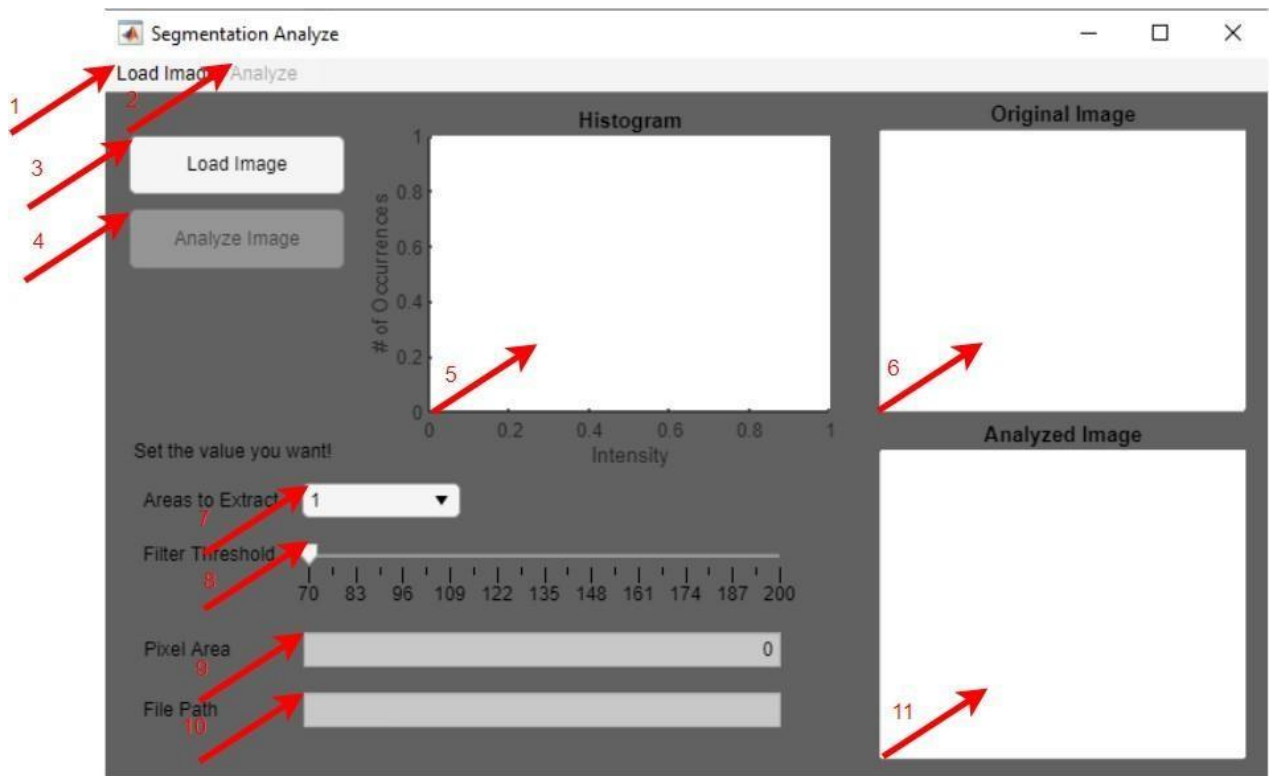


Рисунок 14 – Вигляд програми до виконання.

1. Елемент Menu Bar – завантаження медичного знімку.
2. Елемент Menu Bar – аналіз медичного знімку.
3. Елемент Button – завантаження медичного знімку.
4. Елемент Button – аналіз медичного знімку.
5. Елемент Axes – місце побудови гістограми медичного знімку.
6. Елемент Image – місце відображення оригінального знімку легень.
7. Елемент Drop Down – список кількості досліджуваних областей.
8. Елемент Slider – спеціальний повзунець інтерактивного значення Threshold.

9. Елемент Edit Field (Text) – спеціальне поле виводу значення кількості пікселів на проаналізованому зображенні.

10. Елемент Edit Field (Text) – поле повного шляху медичного знімку.

11. Елемент Image – місце відображення проаналізованого знімку легень.

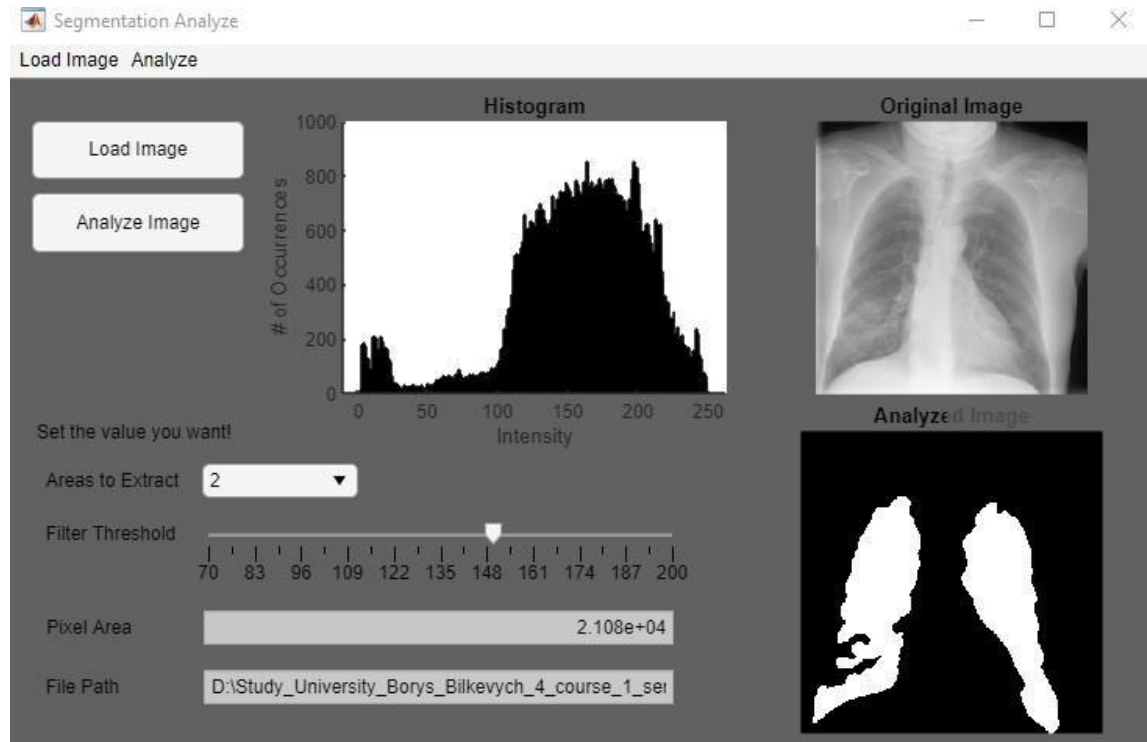


Рисунок 15 – Вигляд програми Сегментації легень після виконання.

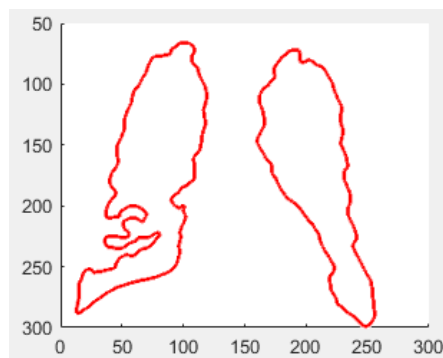


Рисунок 16 – Межі легень.

Зображення контурів легень медичного знімку після сегментації.

Орієнтовний вигляд програми та її можливі функції.

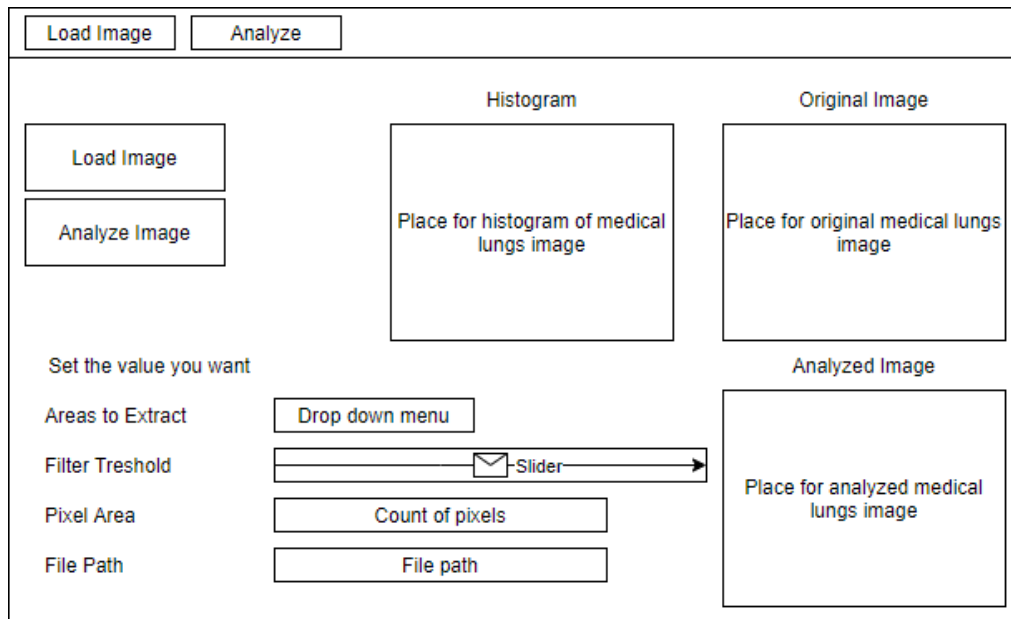


Рисунок 17 – Орієнтовний вигляд GUI.

Load Image – завантаження медичного знімку для діагностики.

Analyze – кнопка запуску програми, відповідає за аналіз медичного знімку.

Drop Down Menu – список від 1 до 4, який відповідає за кількість досліджуваних областей зображених на рисунку.

Slider – повзунець, встановлення threshold відповідно до медичного знімку.

Histogram, Original Image, Analyzed Image – місця відображення гістограми знімку, оригінального та проаналізованого знімку відповідно.

Pixel Area – значення кількості пікселів зображених на проаналізованому рисунку.

File Path – шлях до медичного знімку.

Демонстрація роботи з GUI interface.

За допомогою кнопки “Load Image” завантажуюємо медичний знімок для аналізу.

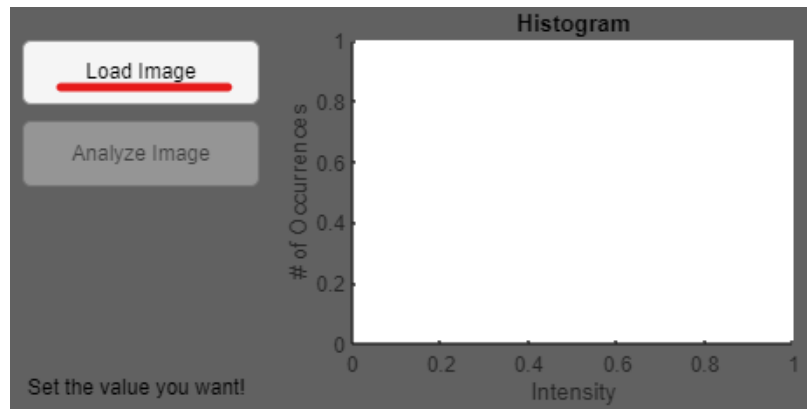


Рисунок 18 – Load Image.

Обираємо кількість досліджуваних областей (число легень зображених на медичному знімку межах 1-4).

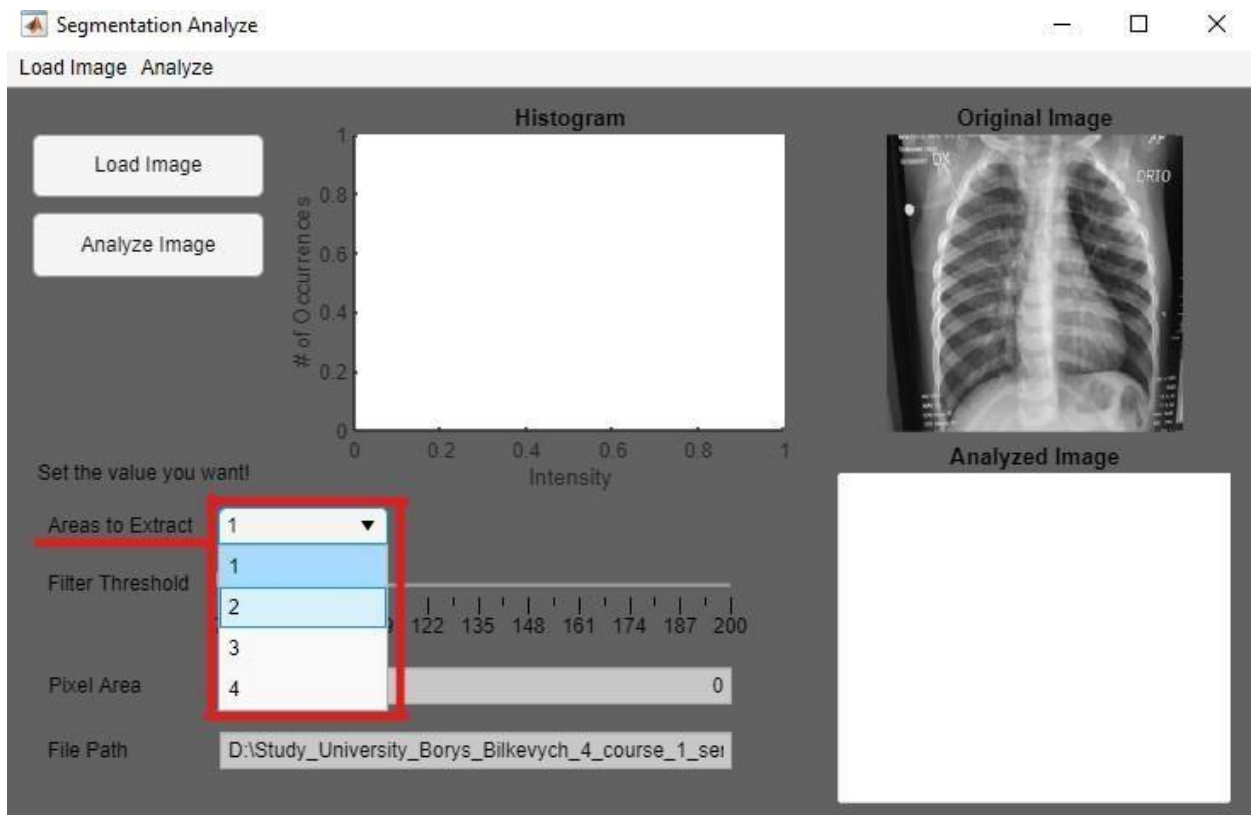


Рисунок 19 – Areas to extract.

Обов'язковим етапом є інтерактивний вибір значення Threshold.

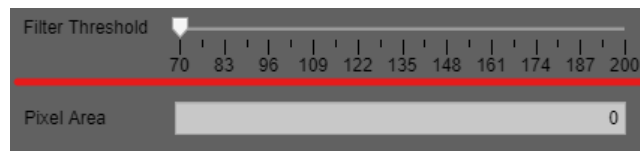


Рисунок 20 – Filter Threshold.

Далі запуск процесу аналізу медичного знімку.

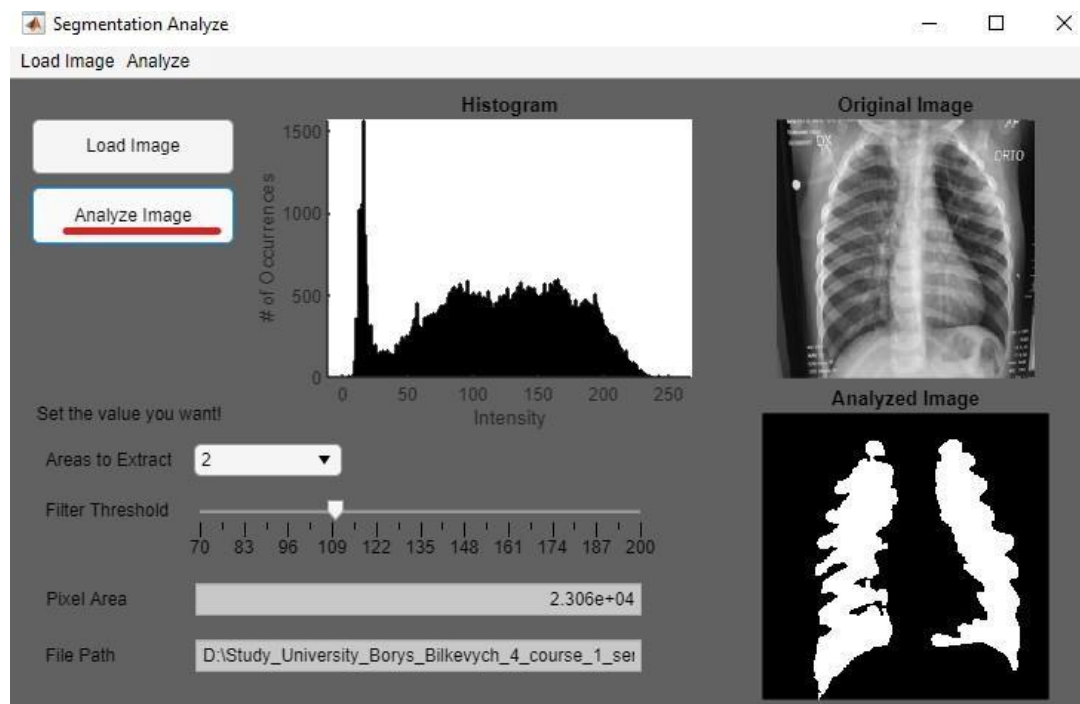


Рисунок 21 – Analyze.

Як результат, відображено кінцевий знімок легень та гістограма зображення. Базуючись на цих даних можна зробити висновок, про наступні дії, чи потрібно відвідати лікаря, чи все добре і лікування не потрібне.

Приклади роботи №1.

Приклад №1 містить медичний знімок Covid-19 заражених легень.

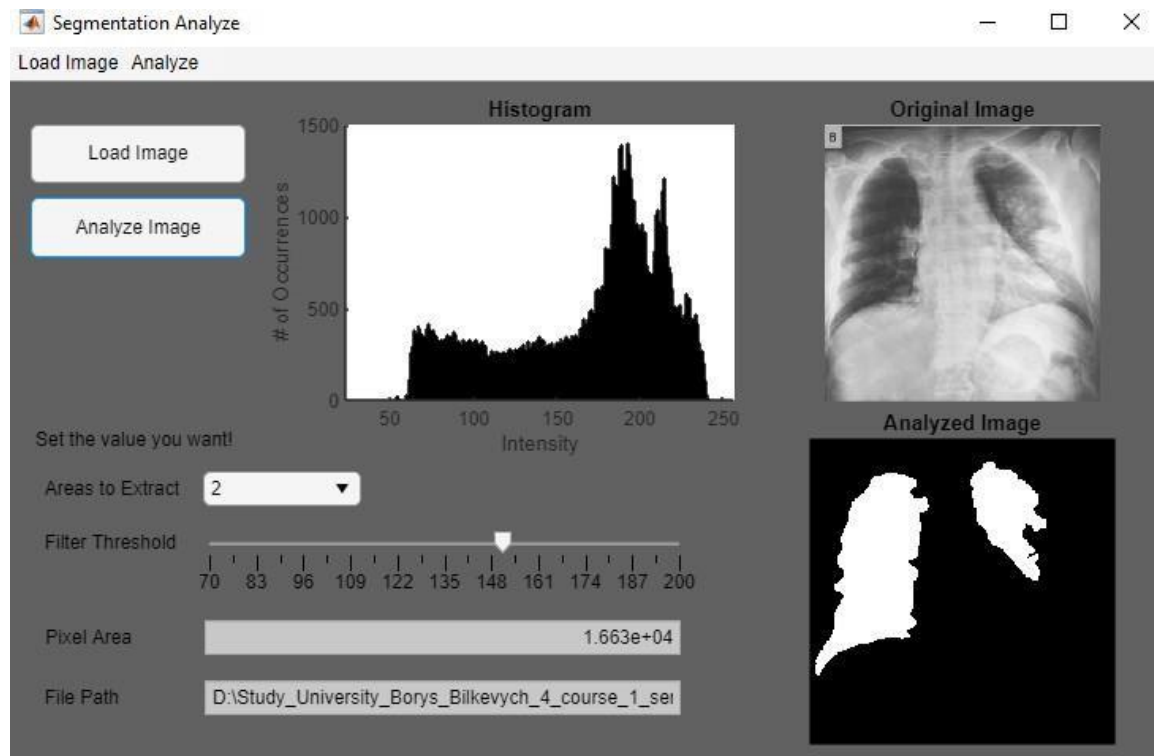


Рисунок 22 – Приклад 1.

Так як, найпростіша властивість, яку мають пікселі – це інтенсивність, саме тому один із способів сегментації – це порогове виділення, розділення світлих і темних областей. Порогова обробка створює двійкові зображення, перетворюючи пікселі близькі до threshold в 1, а всі інші в нуль.

Для початку необхідно підібрати найкращим чином threshold, щоб не захватити лишні деталі та не пропустити необхідні. Важливою частиною є гістограма, яка вказує на місця з різко вираженими пікселями та досить різною їх інтенсивністю. Базуючись на отриманих даних формується діагноз про стан легень та чи наявні патології у пацієнта.

Приклади роботи №2.

Приклад №2 містить медичний знімок Covid-19 не заражених легень.

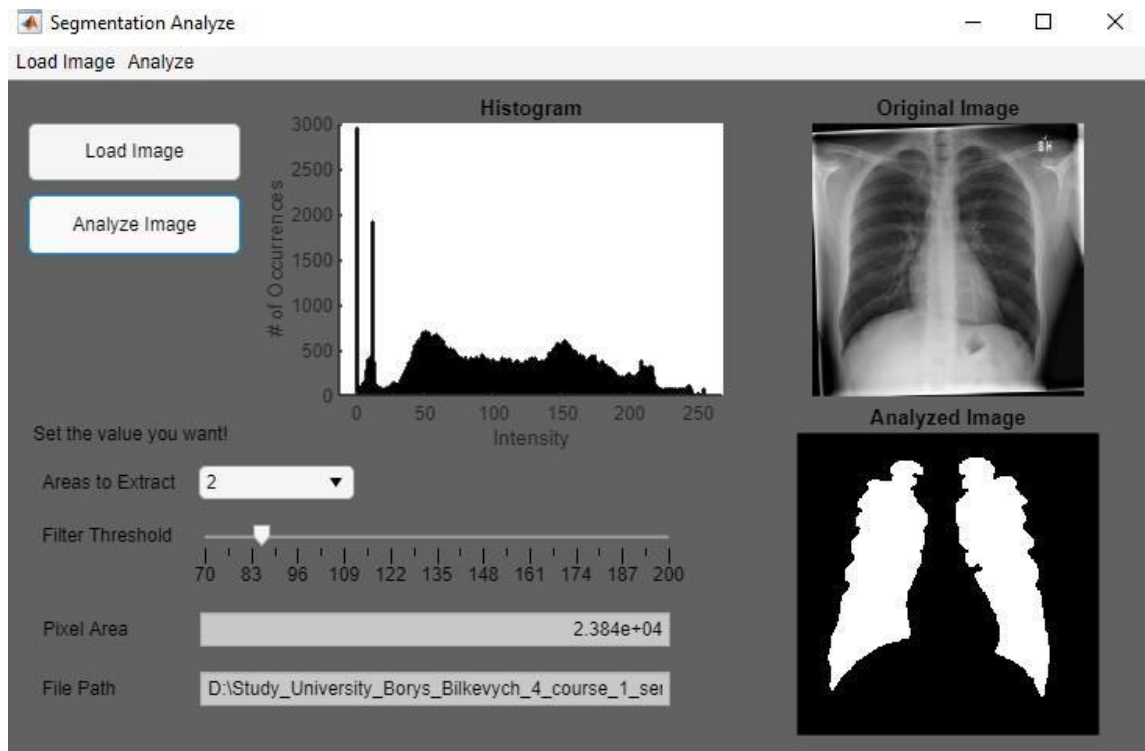


Рисунок 23 – Приклад 2.

В даному прикладі чітко видно, що гістограма спокійна, що вказує на те, що інтенсивність пікселів скрізь однакова. Як результат – людина має здорові легені, патологій не виявлено.

Приклади роботи №3.

Приклад №3 містить медичний знімок Covid-19 заражених легень.

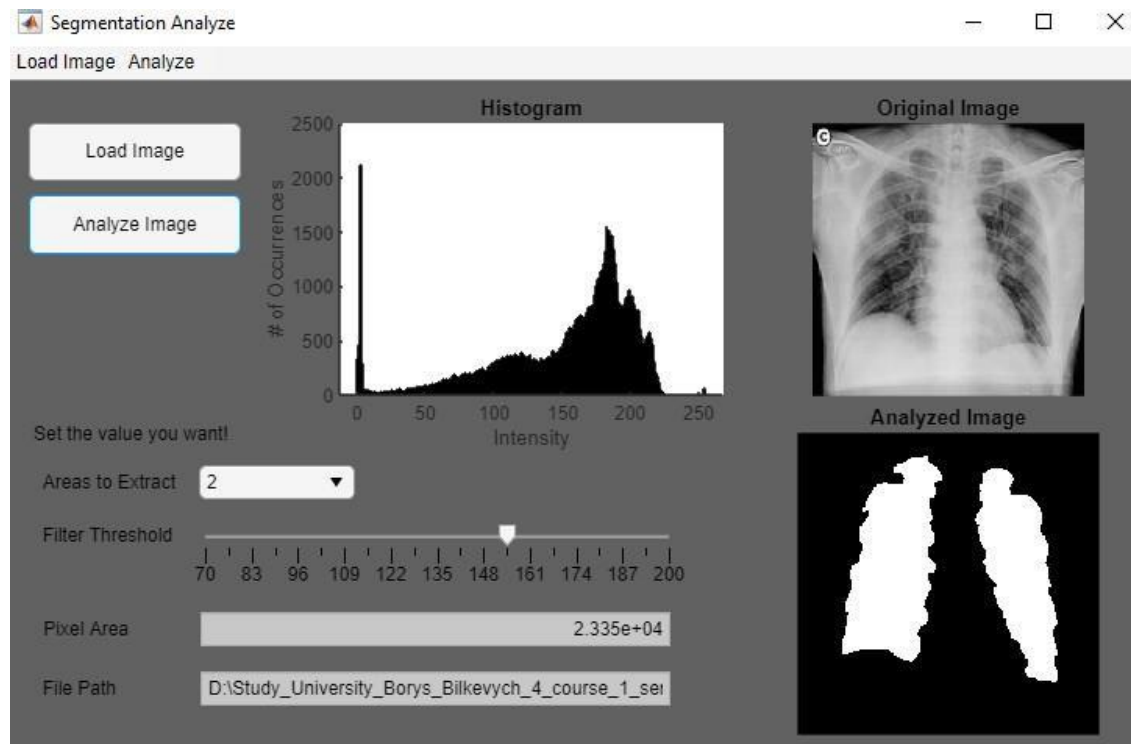


Рисунок 24 – Приклад 3.

Гістограма медичного знімку не є спокійною, що вказує на наявність патологій та на те, що інтенсивність пікселів не рівномірна.

За допомогою правильно підбраного threshold, отримано гарне відображення легень у вигляді двійкового зображення.

Висновок.

Як висновок, розібрано, як проводиться аналіз медичних знімків, на які аспекти і моменти потрібно обов'язково зосередити свою увагу.

Створено GUI інтерфейс, сегментації легень, спрямований на спрощення процедури виявлення новоутворень в легенях, за допомогою гістограми та аналізу легень. Програма проста та зручна у використанні. Застосунок містить

дві інтерактивні функції – встановлення порогового значення «Threshold» та кількість досліджуваних областей «Areas to Extract». Даний метод не забезпечує велику точність та спрямований на спрощення процесу виявлення новоутворень та патологій. Код програми наведено в Додатку А.

РОЗДІЛ 4

«ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ №2»

Створення GUI interface для детектування Covid-19.

З урахуванням проаналізованих даних захворювання Covid-19, створено застосунок в MATLAB, який направлений на виявлення Covid-19 по медичних знімках, гістограмах різноманітних варіантів обробки зображень, а також медичних порад в залежності від стану легень. Програма може на основі медичного зображення і вже попередньо створеної нейронної мережі може виявити легеневі патології. Код програми наведено в Додатку Б.

Цілі створення застосунку.

Метою цього проекту MATLAB є створення зручного інтерактивного застосунку для виявлення Covid-19 на основі медичних знімків.

Вбудовані функції, які використані в застосунку.

imresize – функція, що повертає зображення, масштаб якого в декілька разів більший від початкового.

histeq – підвищення контрастності з допомогою вирівнювання гістограми.

adapthisteq – контрастно-обмежена адаптивна гістограмна еквалізація (CLAHE).

rgb2gray – перетворення RGB-зображення, або кольорової карти в градації сірого.

imcomplement – матриці двійкового зображення нулі стають одиницями і навпаки. Чорний і білий міняються місцями.

cat – конкатенації масивів.

datetime – поточна дата та час (календар ISO).

uigetfile – діалогове вікно вибору файла.

imhist – гистограма зображення.

Вхідні параметри, що задає користувач.

1. Медичний знімок, з DataSet, в якому міститься 2946 медичних знімків легень, які є ураженими Covid-19 і 5729 повністю здорових.

Результати отримані на виході виконання програми.

1. Гістограми для всіх видів технологій (Gamma, Complement, Histeq, Clahe, Vset).
2. Результати проаналізованих легень, у вигляді текстового повідомлення.
3. Медичні поради.
4. Точність методу.

Схема опису взаємодії користувача із програмою.

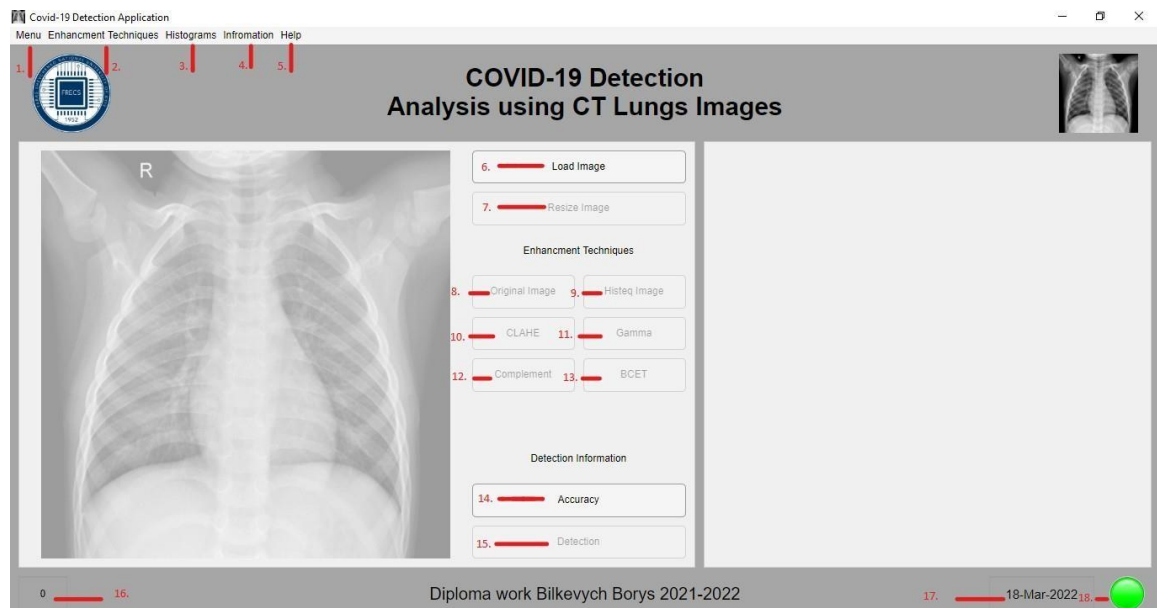


Рисунок 25 – Вигляд програми до виконання.

1. Елемент Menu Bar – список функцій, які виконує застосунок (Load Image/Detection/Guide/Medicine Advice).
2. Елемент Menu Bar – список покращуючих технологій (Original/Histeq/CLACHE/Complement/Gamma/BCET/All Enhancement).
3. Елемент Menu Bar – список гістограм (Histeq/CLACHE/Gamma/Complement/BCET).
4. Елемент Menu Bar – інформаційне діалогове вікно, інформації про інтерфейс.
5. Елемент Menu Bar – інформаційне діалогове вікно, інформації по використанню застосунку.
6. Елемент Button – кнопка завантаження медичного знімку.
7. Елемент Button – кнопка зміни розміру медичного знімку для подальшого його оброблення.
8. Елемент Button – оригінальне зображення у окремому вікні.
9. Елемент Button – покращуюча технологія Histeq.
10. Елемент Button – покращуюча технологія CLACHE.
11. Елемент Button – покращуюча технологія Gamma.
12. Елемент Button – покращуюча технологія Complement.
13. Елемент Button – покращуюча технологія BCET.
14. Елемент Button – точність методу.
15. Елемент Button – функція виявлення Covid-19, за допомогою нейронної мережі(моделі).

16. Елемент Edit Field (Text) – відсоткове значення точності методу виявлення патологій.

17. Елемент Edit Field (Text) – поточна дата.

18. Елемент Lamp – індикатор патологій з наступними значеннями: Зелений колір – присутні, червоний – відсутні.

Функції GUI інтерфейсу.

Load Image – завантаження медичного знімку.

Resize Image – функція зміни зображення під необхідний розмір [224,224].

Original Image – оригінальне зображення у новому вікні.

Histeq Image – зображення фільтрації методом histeq.

CLAHE – зображення фільтрації методом clahe.

Gamma – зображення фільтрації методом gamma.

Complement – зображення фільтрації методом complement.

BCET – зображення фільтрації методом bcet.

Accuracy – точність методу у відсотках.

Detection – запуск детектування аномалій по раніше завантаженому рентген знімку.

Використана нейронна мережа ResNet-50.

ResNet — скорочена назва для Residual Network. Посилання на створену модель, наведено в Додатку В.

ResNet відносно легко оптимізувати: «прості» мережі (які складають шари). Дозволяє, відносно легко, збільшити точність завдяки збільшенню глибини. Кадрування 224×224 вибирається випадковим чином зображення або його горизонтального зміщення з відніманням середнього значення для кожного пікселя.

Точність методу зазначено в межах 96-99%.

Практичне тестування точності методу на власному DataSet.

Спроба, №	Кількість успішно проаналізованих зображень, %
1	98
2	100
3	98
4	98
5	98
6	99
7	99
Середнє значення	98,57

Таблиця 5 – Практичне визначення точності Resnet-50.

Практична точність співпадає із заявленою.

Використані методи покращення зображення.

Покращення зображення – це процес налаштування цифрових зображень, щоб результати були придатними для відображення або подальшого аналізу. Як для прикладу, це може бути видалення шуму, збільшення різкості або збільшення яскравості зображення.

Histeq.

Метод покращення перетворює зображення у відтінках сірого так, щоб гістограма вихідного зображення у відтінках сірого мала 64 розділи і була приблизно плоскою.

Вихідні результати:

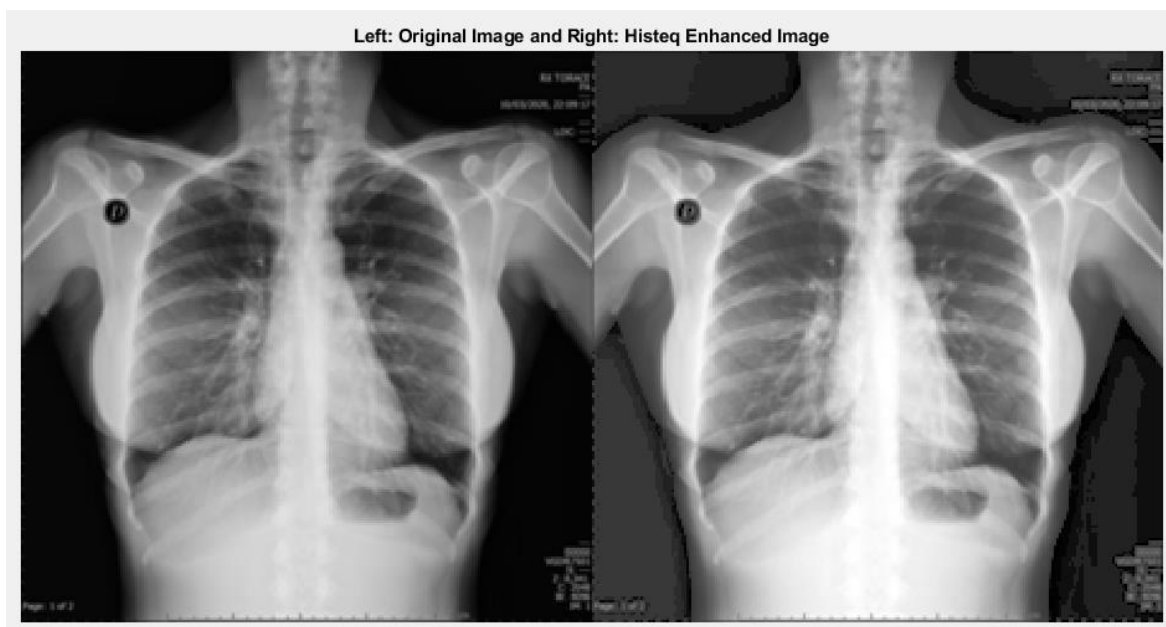


Рисунок 26 – Результат покращуючої технології Histeq.

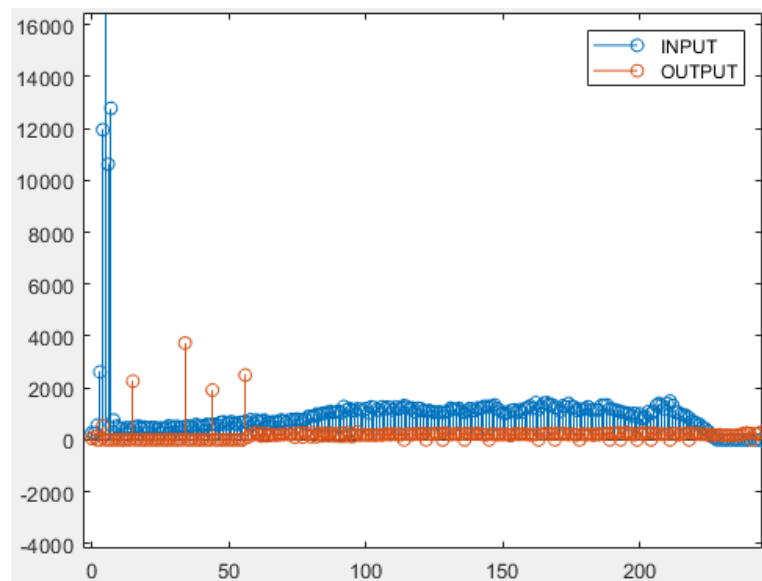


Рисунок 27 – Гістограми до та після використання покращуючої технології *Histeq*.

Гамма.

Як покращуюча технологія використана: *imadjust*. За допомогою цього методу досить чітко можна побачити засвітлені частини легені, якщо вони є присутні.

Вихідний результат:



Рисунок 28 – Результат покращуючої технології *Gamma*.

ВСЕТ.

Техніка забезпечує вирішення композиції зміщених кольорів. Контрастність зображення можна розтягнути або стиснути без зміни шаблону гистограми вхідного зображення. Рішення засноване на параболічній функції, отриманій з вхідного зображення.

Загальний вигляд параболічної функції визначається як:

$$y = a(x - b)^2 + c$$

Рівняння 1 – Параболічна функція.

Три коефіцієнти **a**, **b** і **c** отримані з наступних вхідних даних:

Мінімальне значення вихідного зображення.

Максимальне значення вихідного зображення.

Середнє значення вихідного зображення.

Вихідні результати:

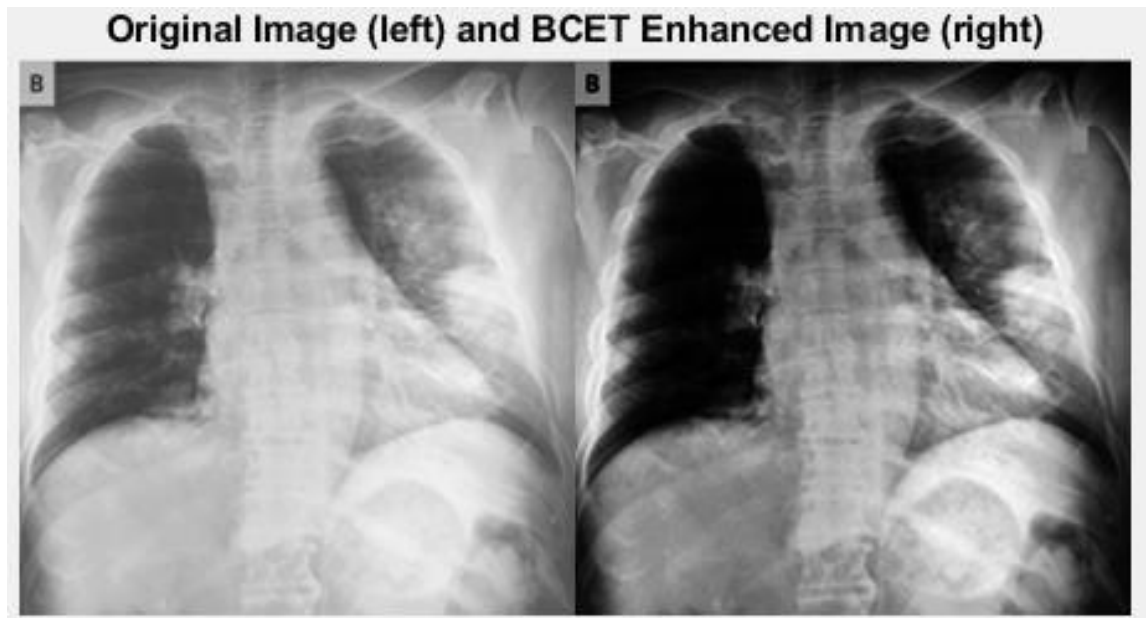


Рисунок 29 – Результат покращуючої технології ВСЕТ.

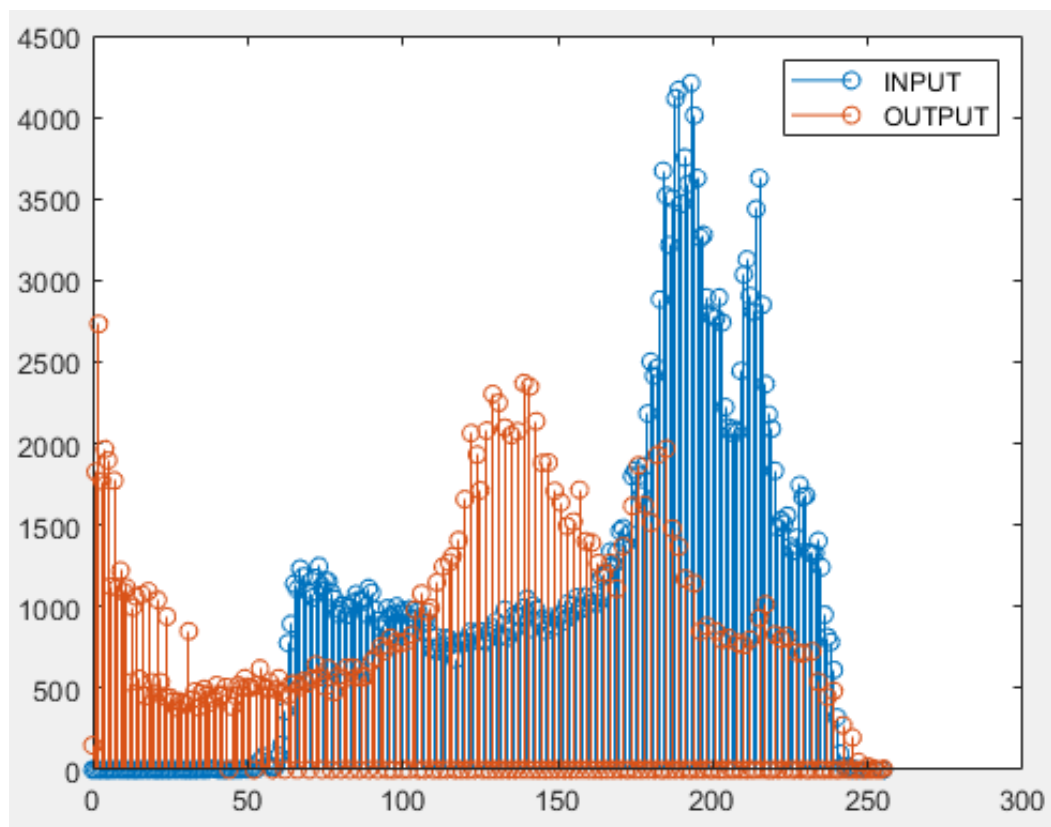


Рисунок 30 – Гістограми до та після використання покращуючої технології ВСЕТ.

З гістограми вихідного зображення видно, що мінімальне значення дорівнює нулю, а максимальне значення 255. Гістограма розтягується, але форма зберігається.

CLANE.

CLANE працює з невеликими ділянками зображення, які називаються плитками. Adaphisteq обчислює функцію перетворення контрасту для кожної плитки окремо. Контраст кожної плитки посилюється, так що гістограма вихідної області приблизно відповідає гістограмі, заданій значенням. Сусідні плитки потім об'єднуються за допомогою білінійної інтерполяції для усунення штучно створених меж. Контраст, особливо в однорідних областях, можна обмежити, щоб уникнути посилення будь-якого шуму, який може бути присутнім на зображенні.

Вихідний результат методу CLAHE:



Рисунок 31 – Результат покращуючої технології CLAHE.

Результат адаптивного вирівнювання гістограм:

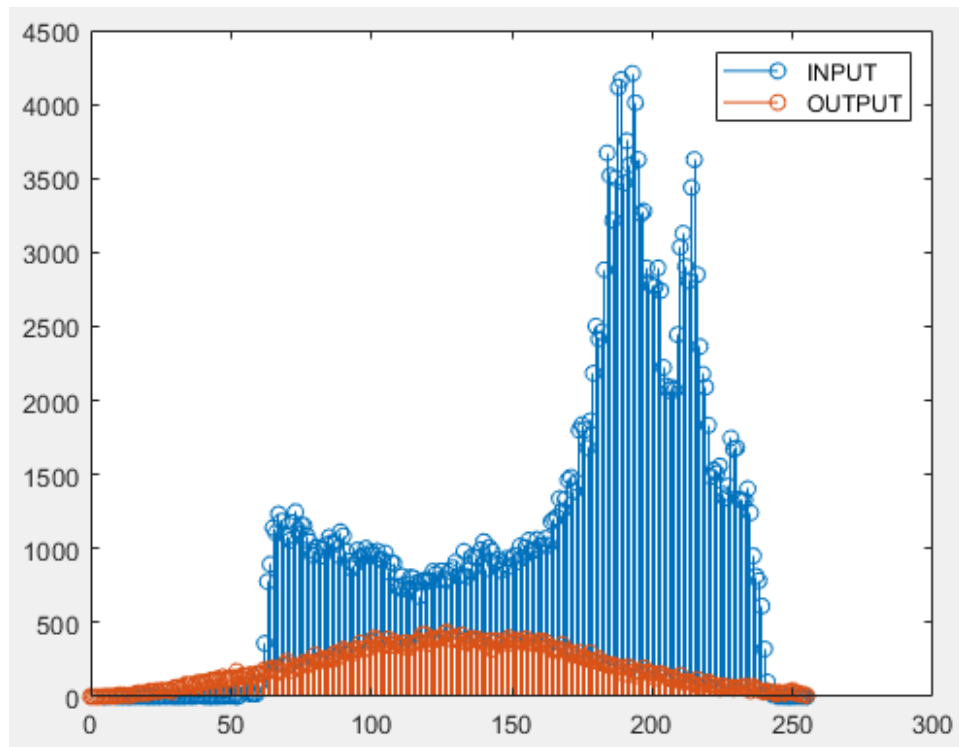


Рисунок 32 – Гістограми до та після використання покращуючої технології CLAHE.

Complement.

Метод характеризується тим, що у двійкового зображення нулі стають одиницями, а одиниці — нулями. Це допомагає більш чітко помітити уражені місця легень.

Вихідні результати:

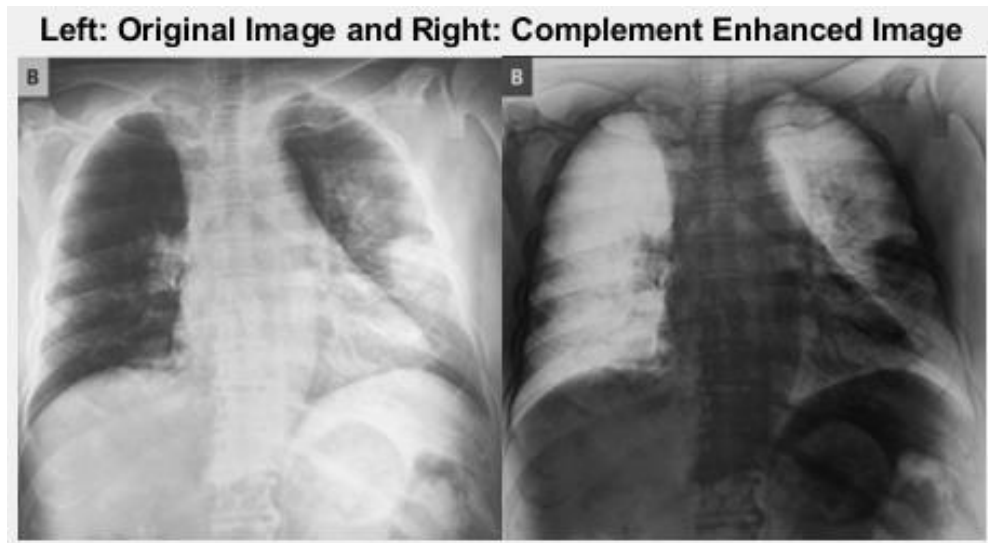


Рисунок 33 – Результат покращуючої технології Complement.

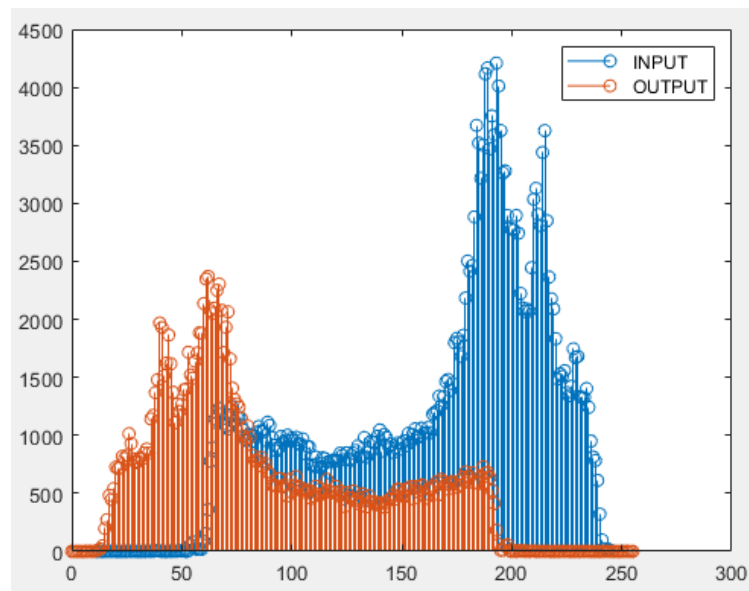


Рисунок 34 – Гістограми до та після використання покращуючої технології Complement.

Демонстрація роботи з GUI interface.

За допомогою кнопки “Load Image” йде процес завантаження медичного знімку.

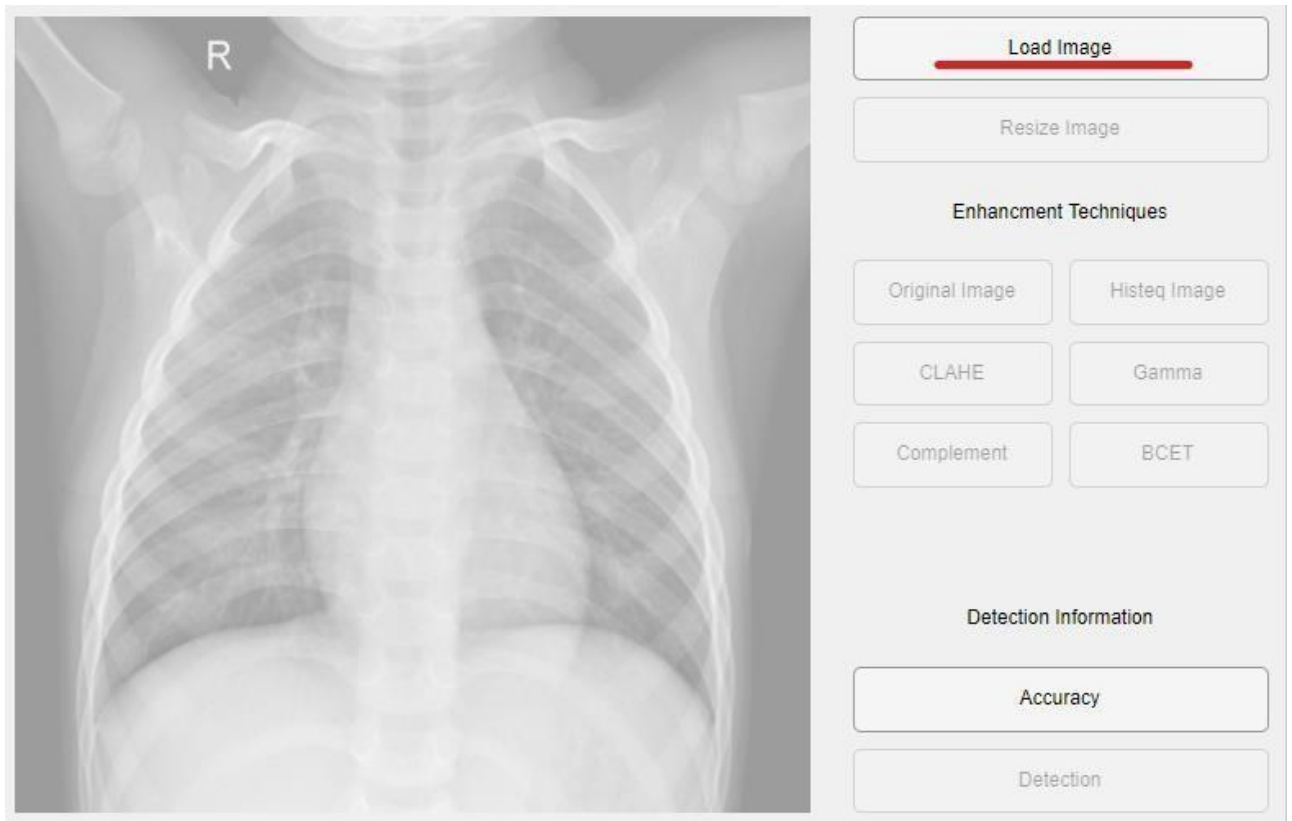


Рисунок 35 – Load Image.

Після успішного завантаження відкриється доступ до перевірки зображення на наявність аномалій, різних видів покращуючих технологій, можливість зміни формату зображення, вивід гістограм під кожному з покращуючих технологій та інше.



Рисунок 36 – Можливі функції після завантаженого зображення.

Для отримання фінального діагнозу медичного знімку потрібно натиснути кнопку “Detection”, яка поверне результат, а також відкриє доступ до функції “Medicine Advice”, яка залежить від результату діагностики.

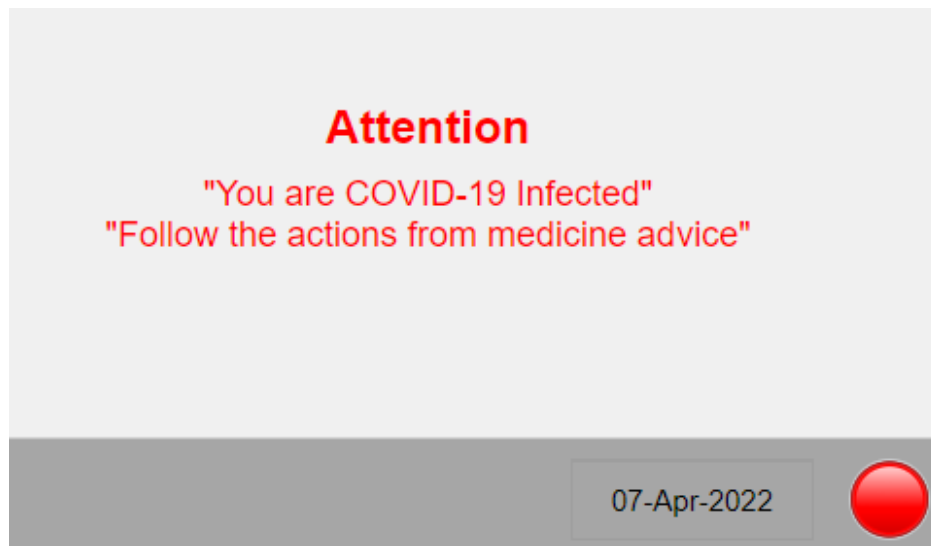


Рисунок 37 – Результат отриманий користувачем після діагностики легень.

В меню після натиску на кнопку “Medicine Advice” будуть виведені поради, що робити в ситуації відносно отриманого діагнозу.

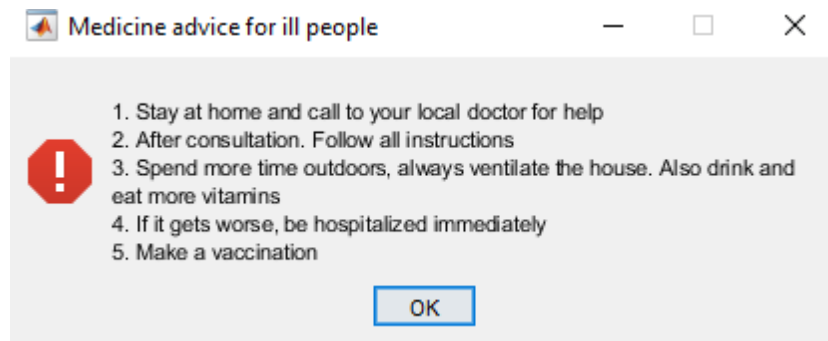


Рисунок 38 – Медичні поради.

В застосунок також інтегровані інші можливі функції: Help, Information та Guide, які допоможуть новому користувачу розібратися з функціоналом програми. Є можливість використати покращуючі технології, якщо результат отриманий після діагностики підлягає сумніву, можна їх застосувати та власноруч зробити аналіз знімку.

Використані покращуючі технології:

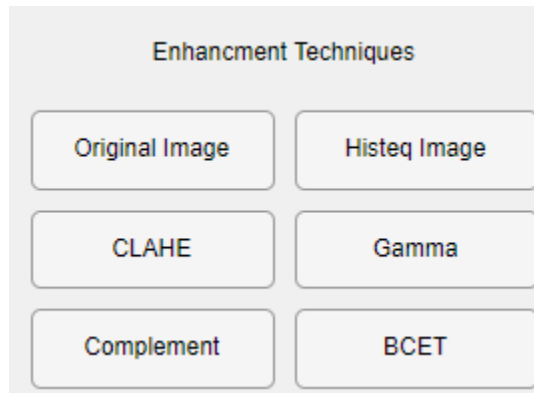


Рисунок 39 – Enhancement Techniques.

Зображення отримані після покращуючих технологій:

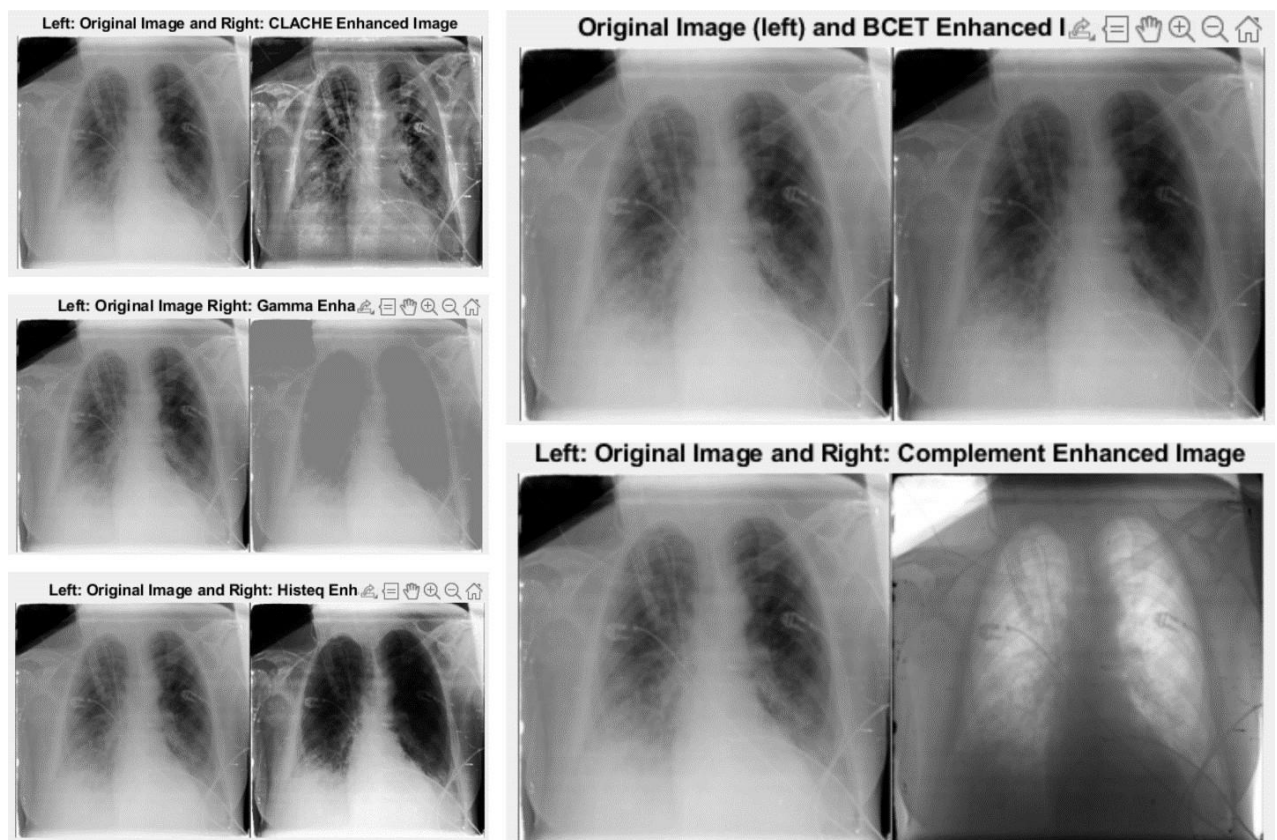


Рисунок 39 – Покращені зображення.

Приклади роботи №1.

Приклад №1 містить медичний знімок Covid-19 заражених легень.

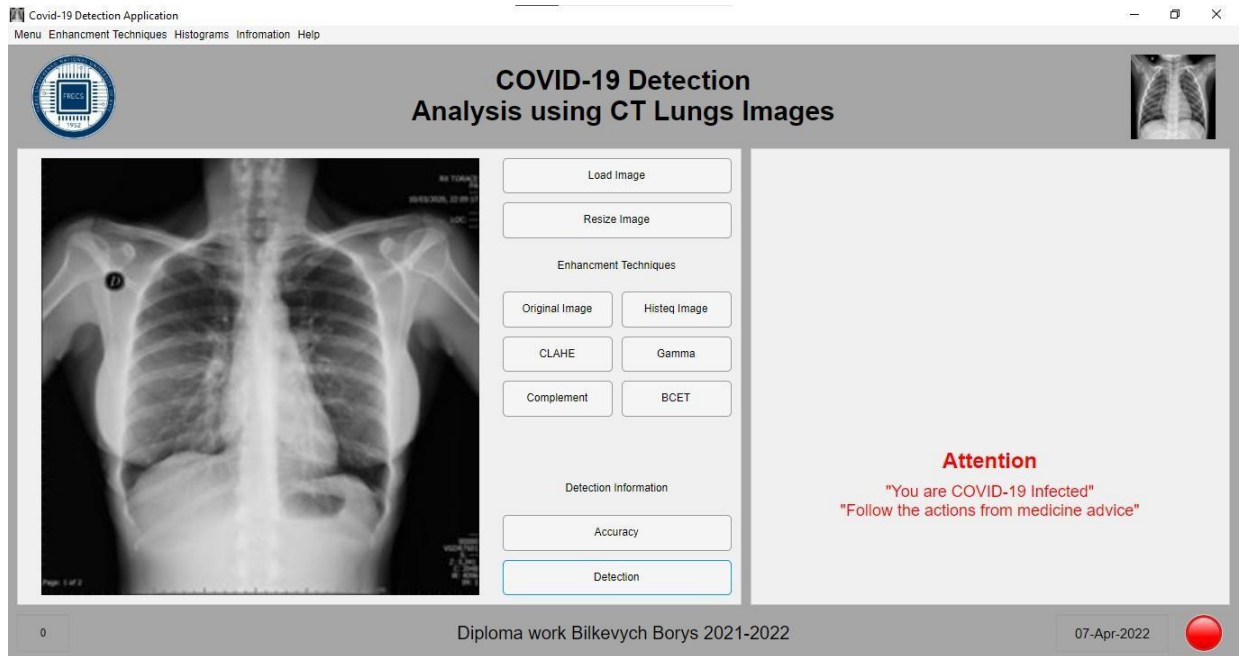


Рисунок 40 – Приклад 1.

Як результат, програма повернула попередження про виявлену хворобу та проінформувала, щоб пацієнт слідував медичним порадам.

Медична порада:

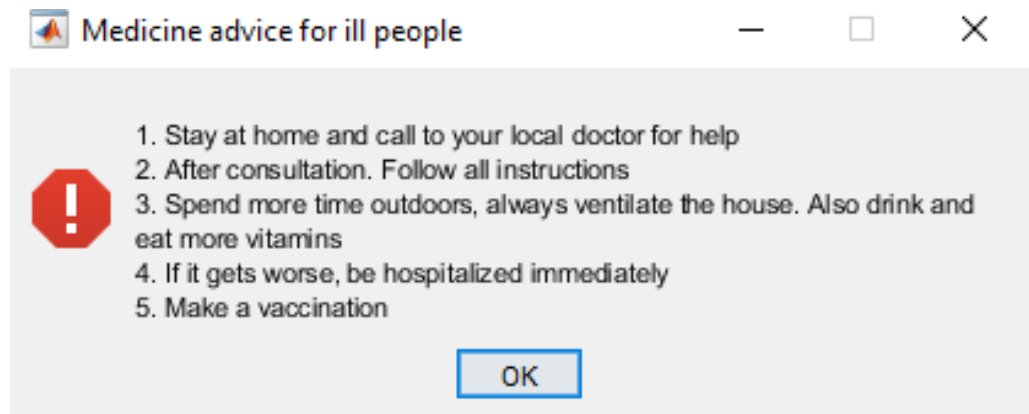


Рисунок 41 – Medicine advice.

Результат покращуючих технологій:

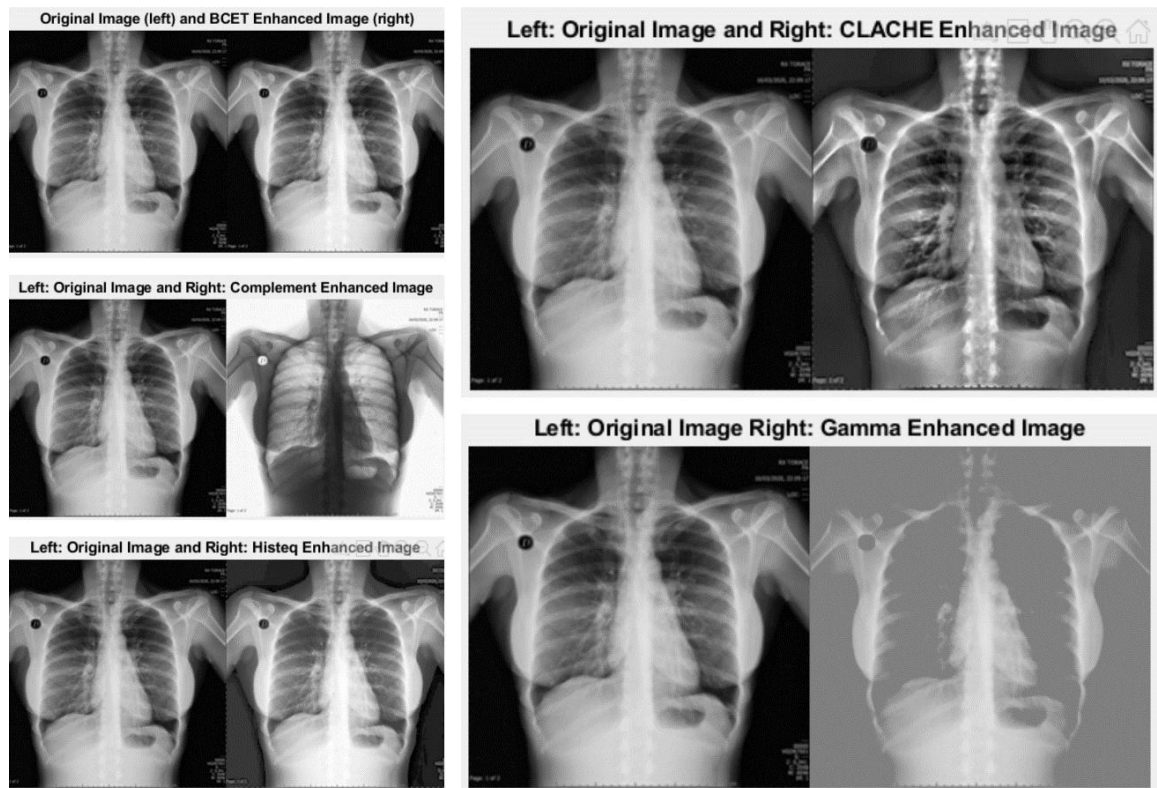


Рисунок 42 – Result of enhancement techniques.

Приклади роботи №2.

Приклад №2 містить медичний знімок Non_Covid-19 заражених легень.

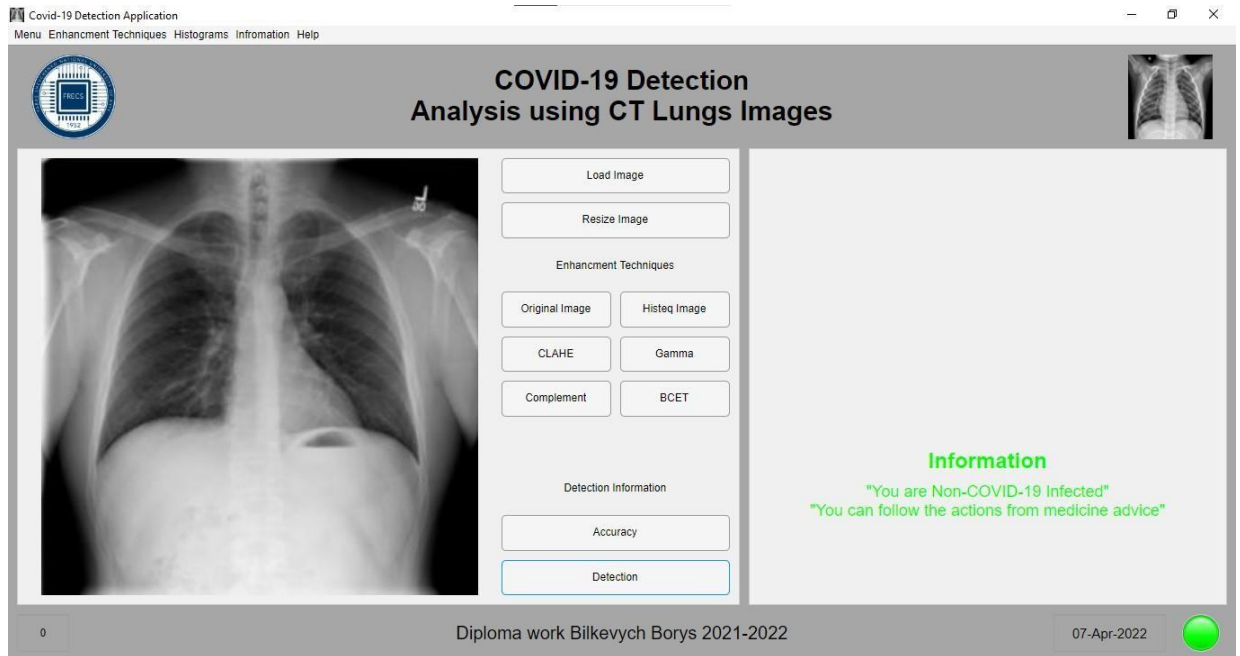


Рисунок 43 – Приклад 2.

Як результат, програма повернула попередження про відсутність аномалій в медичному знімку.

Медична порада:

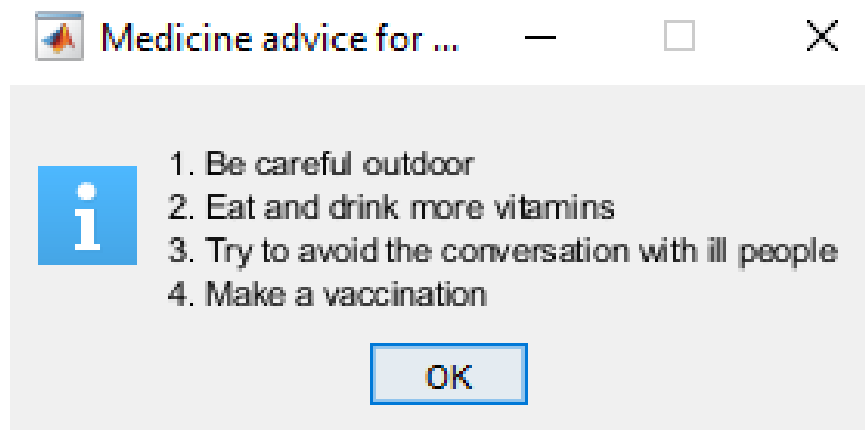


Рисунок 44 – Medicine advice.

Результат покращуючих технологій:

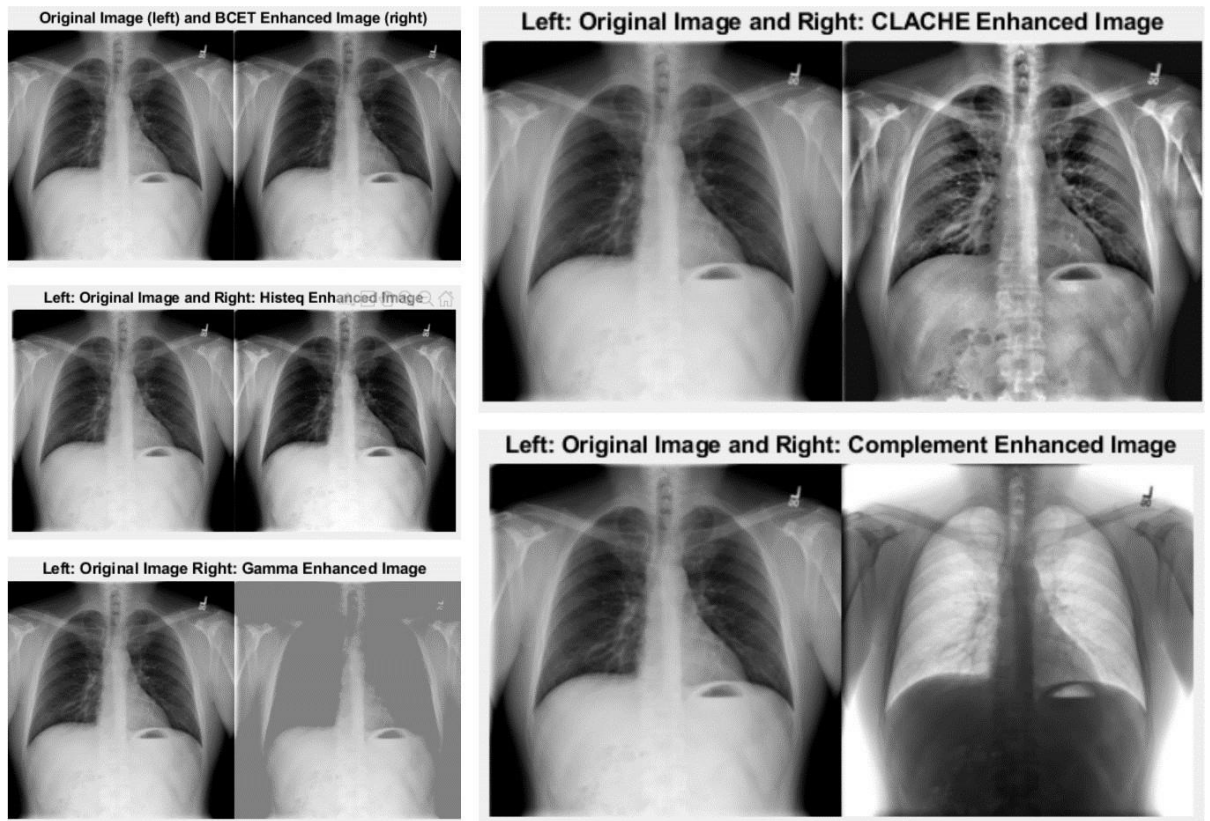


Рисунок 45 – Result of enhancement techniques.

Приклади роботи №3.

Приклад №3 містить медичний знімок Covid-19 заражених легень.

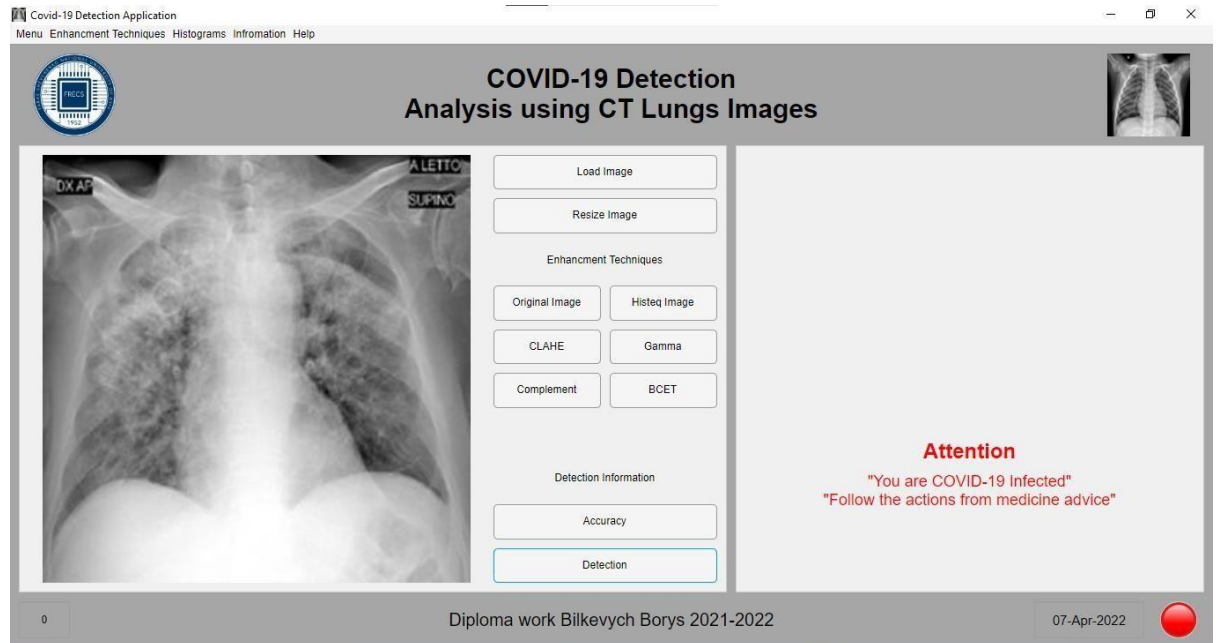


Рисунок 46 – Приклад 3

Як результат, програма повернула попередження про виявлену хворобу та проінформувала, щоб пацієнт слідував медичним порадам.

Медична порада:

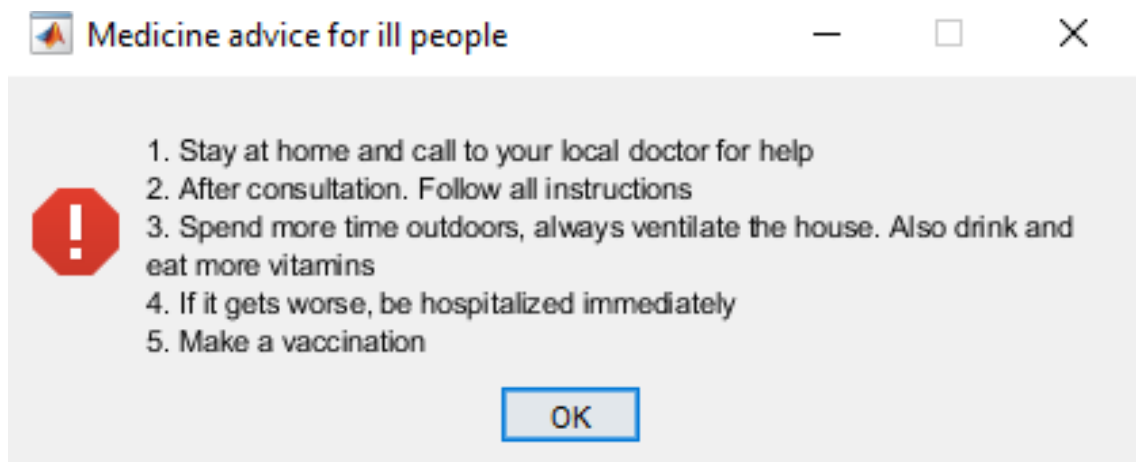


Рисунок 47 – Medicine advice

Результат покращуючих технологій:

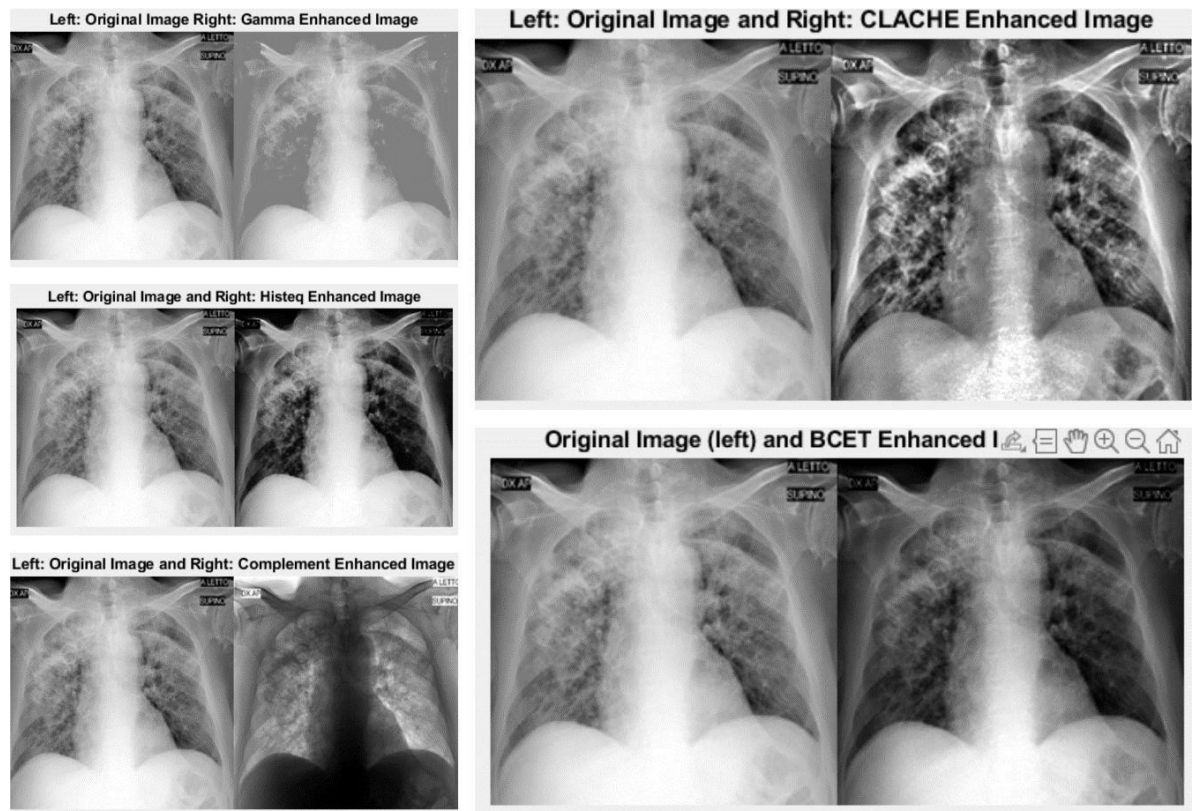


Рисунок 48 – Result of enhancement techniques

Висновок.

В розробці GUI застосунку використано аналіз медичних знімків, методи фільтрації, гістограми. Імплементовано модель нейронної мережі ResNet-50, яка спрямована на виявлення аномалій в легенях людини.

Висновки

Основна мета роботи – це виявлення новоутворень в легенях, за допомогою засобів комп'ютерної обробки медичних знімків. Застосунок створений за допомогою середовища розробки – MATLAB. MATLAB – мова програмування, яка містить в собі велику кількість можливостей, а також інтегрованих функцій для роботи із зображеннями, а саме їх аналізу, фільтру, обробки та інші.

В першому-третьому розділах присутній детальний опис методів дослідження патологій легень, їх позитивні та негативні сторони, реалізація застосунку, яка робить сегментацію медичних знімків, а також будує гістограми зображень, на основі яких можна діагностувати Covid-19 в організмі людини. Також програма передбачає можливість перевірки меж легень на знімку і виявлення пошкоджених, або висвітлених частин.

В другій частині (четвертий розділ) досліджено різні методи аналізу легень та виявлення Covid-19. Створено GUI інтерфейс для виявлення Covid-19, на основі нейронної мережі Resnet-50, імплементовано наступні функції: покращуючі технології, гістограми, медичні поради відповідно до результатів аналізу та інші. Користувацький інтерфейс зручний та простий у використанні. Точність методу заявлена в межах 96-99%, на практиці результат показав ~ 98%.

Перелік використаних джерел

1. MATLAB & Simulink – MathWorks [Електронний ресурс]
URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
2. Види обстежень легенів [Електронний ресурс]
URL: <https://kt-spb.ru/medical-articles/vidy-obsledovaniya-legkikh/>
3. Рентгенівські зображення в темному полі легенів людини [Електронний ресурс]
URL: <https://journal.plot.org/plosone/articles?id=10.1471/>
4. The pros and cons of imaging options [Електронний ресурс]
URL: <https://www.contemporarypediatrics.com/view/pros-and-cons-imaging>
5. Комп'ютерна томографія(КТ) і Магнітно-резонансна томографія(МРТ) [Електронний ресурс]
URL: <http://bug.org.ua/blogs/kompyuterna-tomohrafiyakt-mahnitno-rezonansna-tomohrafiyamrt-14815/>
6. Вплив рентгена на організм людини [Електронний ресурс]
URL: <https://cbo.org.ua/vpliv-rentgena-na-organizm-lyudini/>
7. Що таке комп'ютерна томографія [Електронний ресурс]
URL: <https://diagnost-kt.org.ua/uk/shho-take-kompyuterna-tomografiya/>
8. Комп'ютерна томографія [Електронний ресурс]
URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп'ютерна_томографія
9. Магнітно-резонансна томографія [Електронний ресурс]
URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Магнітно_резонансна_томографія
10. Рентген грудної клітини [Електронний ресурс]
URL: <https://adabor.ru/uk/dysarthria/rentgen-grudnoi-kletki>
11. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MatLab.-М.: Техносфера, 2009.-616с.

Додатки

Додаток А

Код програми сегментації легень

```
classdef Segmentation < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    SegmentationAnalyzeUIFigure matlab.ui.Figure
    LoadImageMenu matlab.ui.container.Menu
    AnalyzeMenu matlab.ui.container.Menu
    Menu matlab.ui.container.Menu
    LoadImageButton matlab.ui.control.Button
    FilePathEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
    FilePathEditField matlab.ui.control.EditField
    AnalyzeImageButton matlab.ui.control.Button
    PixelAreaEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
    PixelAreaEditField matlab.ui.control.NumericEditField
    FilterThresholdLabel matlab.ui.control.Label
    FilterThresholdSlider matlab.ui.control.Slider
    AreastoExtractDropDownLabel matlab.ui.control.Label
    AreastoExtractDropDown matlab.ui.control.DropDown
    SetthevalueyouwantLabel matlab.ui.control.Labels
    UIFigureAxes matlab.ui.control.UIFigureAxes
    UIFigureAxes2 matlab.ui.control.UIFigureAxes
    AxesHistogram matlab.ui.control.UIFigureAxes
end

properties (Access = private)
    Image = [];
    thresh_image = 257;
    regions = 2; % amount of lungs you want to extract
end

% Callback function: LoadImageButton, LoadImageMenu
function LoadImageButtonPushed(app, event)
    clc;
    Dir = 'D:\Study_University_Borys_Bilkevych_4_course_1_semestr\Diplom_work\Own
realizations\Staging-Detection-COVID-19\Datashet-for-accuracy-
checking\Analyze Segmentation';
    [imageExtension, pathImage] = uigetfile('*.png'); % take a variable part of
image name
    imageName = [Dir filesep imageExt]; % concatenate the variables, make one
path
    if isfile(imageName) % check if the file exist
        app.Image = imread(imageName); % needs to read current image
        imshow(app.Image, 'parent', app.UIFigureAxes); % display the image in the GUI
        app.FilePathLocationEditField.Value = pathImage ; % show file path where
located
    end
end
```

```

app.AnalyzeImageButton.Enable=1; % enable the button Analyze image inside the
GUI
app.AnalyzeMenu.Enable=1; % enable the button Analyze image in the Menu bar
else
f = msgbox('You didn`t choose the image', 'Error','error'); % enter the error
message if the file doesn`t exist
end
end

% Callback function: AnalyzeImageButton, AnalyzeMenu
function AnalyzeImageButtonPushed(app, event)
originalImageXRAY = wiener2(app.Image, [5 5]); % delete dots filter
histogram(app.AxesFigureHistogram,app.Image, 256); % show image histogram
thresh_image = originalImageXRay >= app.thresh_image; % put it as threshold.
Boolean value

labelImage = bwlabel(a_thresh); % create a matrix
props = regionprops(a_thresh,'all'); % implement properties for all labeled
regions in matrix of labels
sortedSolidity = sort([props.Solidity], 'descend'); % sort the matrix by
descending

SB = sortedSolidity(1); % set the value of the first element

if SB == 1 % condition if SB == 1 only solidity
SE = strel('square',3); % set the type of figure and diameter
morphologicalGradient = imsubtract(imdilate(labelImage,
SE),imerode(labelImage, SE)); % define the area of lungs. Only borders
mask = imbinarize(morphologicalGradient,0.03); % repair the light in
the morphologicalGradient
SE = strel('square',2); % make more details
mask = imclose(mask, SE); % implement morphological closing on
different types of image
mask = imfill(mask,'holes'); % change the squares to holes
notMask = ~mask; % logical not operator
mask = mask | bwpropfilt(notMask,'Area',[-Inf, 5000 - eps(5000)]); %
One more condition for more concrete detecting of infected parts
BW2 = imfill(labelImage,'holes'); % create new image
new_image = BW2 ; % re-assign the variable
new_image(~mask) = 0; % select the part infected
B = bwboundaries(new_image); % traces the exterior boundaries of
objects
imshow(new_image,'parent',app.UIFigureAxes2);
hold(app.UIFigureAxes2,'on');
visboundaries(B);
set(gca,'YDirectory','reverse');
imagingArea = bwarea(newImage);
app.PixelAreaImageEditField.Value = imagingArea;
end
end

```

```

% Value function: ThresholdImageSlider
function ThresholdImageSliderValueChanged(app, event)
app.threshold = app.ThresholdImageSlider.Value; % set the threshold value
end
% Callback function
function AreastoExtractKnobValueChanged(app, event)
app.numberOfRegions = app.AreastoExtractKnob.Value; % set the number of the regions
end
% Value changed function: AreastoExtractDropDown
function LungsExtractDropDownValueChanged(app, event)
valueLungsAreas = app.LungsExtractDropDown.Value;
app.regionsToExtract = str2double(valueLungsAreas);
end
end

function createComponents(app)

% Create SegmentationFigure
app.SegmentationAnalyzeUIFigure = uifigure('Visible', 'off');
app.SegmentationAnalyzeUIFigure.Color = [0.3804 0.3804 0.3804];
app.SegmentationAnalyzeUIFigure.Position = [100 100 734 433];
app.SegmentationAnalyzeUIFigure.Name = 'Segmentation Analyze';

% Create LoadImageMenu
app.LoadImageMenu = uimenu(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.LoadImageMenu.MenuSelectedFcn = createCallbackFcn(app, @LoadImageButtonPushed,
true);
app.LoadImageMenu.Text = 'Load Image';

% Create AnalyzeMenu
app.AnalyzeMenu = uimenu(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.AnalyzeMenu.MenuSelectedFcn = createCallbackFcn(app, @AnalyzeImageButtonPushed,
true);
app.AnalyzeMenu.Enable = 'off';
app.AnalyzeMenu.Text = 'Analyze';

% Create Menu
app.Menu = uimenu(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);

% Create LoadImageButton
app.LoadImageButton = uibutton(app.SegmentationAnalyzeUIFigure, 'push');
app.LoadImageButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@LoadImageButtonPushed, true);
app.LoadImageButton.Position = [16 370 136 37];
app.LoadImageButton.Text = 'Load Image';

% Create FilePathEditFieldLabel
app.FilePathEditFieldLabel = uilabel(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);

```

```

app.FilePathEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.FilePathEditFieldLabel.Position = [19 34 53 22];
app.FilePathEditFieldLabel.Text = 'File Path';

% Create FilePathEditField
app.FilePathEditField = uieditfield(app.SegmentationAnalyzeUIFigure, 'text');
app.FilePathEditField.Editable = 'off';
app.FilePathEditField.Position = [126 34 301 22];

% Create AnalyzeImageButton
app.AnalyzeImageButton = uibutton(app.SegmentationAnalyzeUIFigure, 'push');
app.AnalyzeImageButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AnalyzeImageButtonPushed, true);
app.AnalyzeImageButton.Enable = 'off';
app.AnalyzeImageButton.Position = [16 323 136 38];
app.AnalyzeImageButton.Text = 'Analyze Image';

% Create PixelAreaEditFieldLabel
app.PixelAreaEditFieldLabel = uilabel(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.PixelAreaEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.PixelAreaEditFieldLabel.Position = [20 72 60 22];
app.PixelAreaEditFieldLabel.Text = 'Pixel Area';

% Create PixelAreaEditField
app.PixelAreaEditField = uieditfield(app.SegmentationAnalyzeUIFigure, 'numeric');
app.PixelAreaEditField.Editable = 'off';
app.PixelAreaEditField.Position = [126 72 301 22];

% Create FilterThresholdLabel
app.FilterThresholdLabel = uilabel(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.FilterThresholdLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.FilterThresholdLabel.Position = [19 132 89 22];
app.FilterThresholdLabel.Text = 'Filter Threshold';

% Create FilterThresholdSlider
app.FilterThresholdSlider = uislider(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.FilterThresholdSlider.Limits = [70 200];
app.FilterThresholdSlider.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@FilterThresholdSliderValueChanged, true);
app.FilterThresholdSlider.Position = [129 141 297 3];
app.FilterThresholdSlider.Value = 70;

% Create AreastoExtractDropDownLabel
app.AreastoExtractDropDownLabel = uilabel(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.AreastoExtractDropDownLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.AreastoExtractDropDownLabel.Position = [19 166 91 22];
app.AreastoExtractDropDownLabel.Text = 'Areas to Extract';

```

```

% Create AreastoExtractDropDown
app.AreastoExtractDropDown =
uidropdown(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.AreastoExtractDropDown.Items = {'1', '2', '3', '4'};
app.AreastoExtractDropDown.ItemsData = {'1', '2', '3', '4'};
app.AreastoExtractDropDown.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@AreastoExtractDropDownValueChanged, true);
app.AreastoExtractDropDown.Position = [125 166 100 22];
app.AreastoExtractDropDown.Value = '1';

% Create SetthevalueyouwantLabel
app.SetthevalueyouwantLabel = uilabel(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
app.SetthevalueyouwantLabel.Position = [19 197 130 22];
app.SetthevalueyouwantLabel.Text = 'Set the value you want!';

% Create UIAxes
app.UIAxes = uiaxes(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
title(app.UIAxes, 'Original Image')
app.UIAxes.PlotBoxAspectRatio = [1.30798479087452 1 1];
app.UIAxes.XAxisLocation = 'origin';
app.UIAxes.XColor = [1 1 1];
app.UIAxes.XTick = [];
app.UIAxes.YAxisLocation = 'origin';
app.UIAxes.YColor = [1 1 1];
app.UIAxes.YTick = [];
app.UIAxes.Position = [485 227 240 199];

% Create UIAxes2
app.UIAxes2 = uiaxes(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
title(app.UIAxes2, 'Analyzed Image')
app.UIAxes2.XColor = [1 1 1];
app.UIAxes2.XTick = [];
app.UIAxes2.YColor = [1 1 1];
app.UIAxes2.YTick = [];
app.UIAxes2.Position = [485 10 240 218];

% Create AxesHistogram
app.AxesHistogram = uiaxes(app.SegmentationAnalyzeUIFigure);
title(app.AxesHistogram, 'Histogram')
xlabel(app.AxesHistogram, 'Intensity')
ylabel(app.AxesHistogram, '# of Occurrences')
app.AxesHistogram.Position = [166 198 300 228];

% Show the figure after all components are created
app.ToolSegmentationFigure.Visible = 'on';
end
end

```

```

% App creation and deletion
methods (Access = public)

    % Construct app
    function app = AnalyzeSegmentation

        % Create UIFigure and components
        createComponents(app)

        % Register the app with App Designer
        registerApp(app, app.ToolSegmentationFigure)

        % Close app
        if nargin == 0
            clear app
        end
    end

    % Delete app
    function delete(app)

        % Delete Figure
        delete(app.ToolSegmentationFigure)
    end
end
end
end

```

Додаток Б

```
classdef gui_classification < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    CovidDetectionApplicationUIFigure matlab.ui.Figure
    Menu matlab.ui.container.Menu
    LoadImageMenu matlab.ui.container.Menu
    DetectionMenu matlab.ui.container.Menu
    GuideMenu_2 matlab.ui.container.Menu
    MedicineadviceMenu matlab.ui.container.Menu
    EnhancementTechniquesMenu matlab.ui.container.Menu
    OriginalMenu matlab.ui.container.Menu
    HisteqMenu matlab.ui.container.Menu
    CLAHEMenu matlab.ui.container.Menu
    ComplementMenu matlab.ui.container.Menu
    GammaMenu matlab.ui.container.Menu
    BCETMenu matlab.ui.container.Menu
    AllEnhancementMenu matlab.ui.container.Menu
    HistogramsMenu matlab.ui.container.Menu
    HisteqhistgramMenu matlab.ui.container.Menu
    CLACHEhistogramMenu matlab.ui.container.Menu
    GammaHistogramMenu matlab.ui.container.Menu
    ComplementhistogramMenu matlab.ui.container.Menu
    BCETHistogramMenu matlab.ui.container.Menu
    InformationMenu matlab.ui.container.Menu
    HelpMenu matlab.ui.container.Menu
    GridLayout matlab.ui.container.GridLayout
    PAECMonogram matlab.ui.control.Image
    COVID19DetectionAnalysisusingCTLungsImagesLabel matlab.ui.control.Label
    Panel matlab.ui.container.Panel
    GridLayout2 matlab.ui.container.GridLayout
    LoadImageButton matlab.ui.control.Button
    OriginalImage matlab.ui.control.Image
    HisteqImageButton matlab.ui.control.Button
    CLAHEButton matlab.ui.control.Button
    GammaButton matlab.ui.control.Button
    ComplementButton matlab.ui.control.Button
    DetectionButton matlab.ui.control.Button
    AccuracyButton_2 matlab.ui.control.Button
    ResizeImageButton matlab.ui.control.Button
    EnhancementTechniquesLabel matlab.ui.control.Label
    BCETButton matlab.ui.control.Button
    OriginalImageButton matlab.ui.control.Button
    DetectionInformationLabel matlab.ui.control.Label
    Panel_2 matlab.ui.container.Panel
    GridLayout4 matlab.ui.container.GridLayout
    DetectionLabel matlab.ui.control.Label
    DetectionLabelText matlab.ui.control.Label
    PAICMonogram matlab.ui.control.Image
endclass
```

```

        Label                matlab.ui.control.Label
        PAECMonogram_2      matlab.ui.control.Image
        mylamp               matlab.ui.control.Lamp
        edit1                matlab.ui.control.EditField
        EditField            matlab.ui.control.NumericEditField
    end

    properties (Access = public)
        original_image       % to store original image
        resized_value_image   % image after dwt preprocessing
        classification_model  %

        %Variables for different filters
        output_image
        chache_image
        gamma_image
        complement_image
        bcet_image
        histeqimage

        %Path
        path =
'D:\Study_University_Borys_Bilkevych_4_course_1_semestr\Diplom_work\October 11
2021\Staging-COVID-19-Detection-System-using-Chest-X-Ray-Images-master'

        %Detection result
        A

    end
    methods (Access = private)
    function HisteqImage(app, event)
    ResizeImage(app, event)
    app.histeqimage=histeq(app.resized_value_image);
    Original_Image = app.resized_value_image;

    numofpixels = size(Original_Image,1) * size(Original_Image,2);
    app.output_image = uint8(zeros(size(Original_Image,1), size(Original_Image,2)));
    frequency = zeros(256,1);
    prob_f = zeros(256,1);
    prob_c = zeros(256,1);
    accumulator = zeros(256,1);
    output = zeros(256,1);

    for i=1:size(Original_Image,1)
    for j=1:size(Original_Image,2)
    value = Original_Image(i,j);

```

```

frequency(value+1) = frequency(value+1)+1;
prob_f(value+1) = frequency(value+1)/number_of_pixels;
end
end
res_sum = 0;
res_no_bins = 255;
% Accumulatorulative distribution probability is calculated.
for i=1:size(prob_f)
sum = sum+frequency(i);
accumulator(i) = sum;
prob_c(i) = accumulator(i) / numofpixels;
output(i) = round(prob_c(i) * no_bins);
end
for i=1:size(Original_Image,1)
for j=1:size(Original_Image,2)
app.output_image(i,j) = output(Original_Image(i,j) + 1);
end
end
end
function GammaImage(app, event)
ResizeImage(app, event)
app.gamma_image=imadjust(app.resized_value_image,[0.5 1],[0.5 1]);
% app.gamma_image=imadjust(app.resized_value_image,[],[]);
end
function BCETImage(app, event)
ResizeImage(app, event)
I = app.resized_value_image;
x = double(I);
L_min = min(x(:));
L_max = max(x(:));
Lmean = mean(x(:));
LM_sum = mean(x(:).^2);
G_min = 0;
G_max = 255;
G_val = 110;
b_value_num = L_max.^2*(G_val-G_min) - LM_sum*(G_max-G_min) + L_min.^2*(G_max-
G_val);
b_value_den = 2*(L_max*(G_val-G_min)-Lmean*(G_max-G_min)+L_min*(G_max-G_val));
b_1 = b_value_num/b_value_den;
a_1 = (G_max-G_min)/((L_max-L_min)*(L_max+L_min-2*b_1));
c_1 = G_min - a_1*(L_min-b_1).^2;
app.bcet_image = a_1*(x-b_1).^2+c_1; %PARABOLIC FUNCTION
app.bcet_image = uint8(app.bcet_image);
end
function CLACHEImage(app, event)
ResizeImage(app, event)
clache_image=app.resized_value_image;
app.chache_image =
adapthisteq(rgb2gray(clache_image),'clipLimit',0.02,'Distribution','rayleigh');
end
function ComplementImage(app, event)

```

```

ResizeImage(app, event)
app.complement_image=imcomplement(app.resized_value_image);
end
function ResizeImage(app, ~)
app.resized_value_image = imresize(app.original_image, [224, 224]);
channels = size(size(app.resized_value_image));
if channels(2) == 2
app.resized_value_image = cat(3, app.resized_value_image, app.resized_value_image,
app.resized_value_image);
end
end
function setAccuracyValue(app, idx)
app.EditField.Value=idx;
end
end

```

```

% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)

```

```

% Executes after component creation

```

```

function startupFcn(app)
figure = uifigure;
draw = uiprogressdlg(fig, 'Title', 'Loading Model', 'Indeterminate', 'on'); drawnow;
load('proposed-CB-STM-RENet-
model/Proposed_CB_STM_RENet.mat', 'Proposed_CB_STM_RENet');
app.classification_model = Proposed_CB_STM_RENet;
delete(draw);
delete(figure);
d = datetime('today');
str = string(d);
app.edit1.Value=str;
end

```

```

% Callback function: LoadImageButton, LoadImageMenu

```

```

function LoadImageButtonPushed(app, event)
[filename, filepath] = uigetfile({'*.jpg'; '*.png'}, 'Select Image
File', strcat(app.path, '\Covid-X-ray-images'));
if class(filename) == "double"
return;
end
app.original_image = imread([filepath, filename]);
channels = size(size(app.original_image));
if channels(2) == 2
app.original_image = cat(3, app.original_image, app.original_image,
app.original_image);
end
end

```

```

app.OriginalImage.ImageSource = app.original_image;
app.DetectionLabelText.Text = "";
%Enable all the buttons on the main page
app.DetectionButton.Enable = 1;
app.OriginalImage.Enable = 1;
app.HisteqImageButton.Enable = 1;
app.CLAHEButton.Enable = 1;
app.GammaButton.Enable = 1;
app.ComplementButton.Enable = 1;
app.DetectionButton.Enable = 1;
app.ResizeImageButton.Enable = 1;
app.EnhancementTechniquesLabel.Enable = 1;
app.BCETButton.Enable = 1;
app.OriginalImageButton.Enable = 1;
%Enable all the button on the menu
app.DetectionMenu.Enable = 1;
app.HisteqMenu.Enable = 1;
app.BCETMenu.Enable = 1;
app.OriginalMenu.Enable = 1;
app.AllEnhancementMenu.Enable = 1;
app.GammaMenu.Enable = 1;
app.CLAHEMenu.Enable = 1;
app.ComplementMenu.Enable = 1;

app.DetectionLabelText = "";
app.DetectionLabel.FontColor = [0 0 0];
%Run image functions
HisteqImage(app, event);
GammaImage(app, event);
BCETImage(app, event);
CLACHEImage(app, event);
ComplementImage(app, event);
end

% Button pushed function: ResizeImageButton
function ResizeImageButtonPushed(app, event)
app.resized_value_image = imresize(app.original_image, [224, 224]);
channels = size(size(app.resized_value_image));
if channels(2) == 2
app.resized_value_image = cat(3, app.resized_value_image, app.resized_value_image,
app.resized_value_image);
end
app.OriginalImage.ImageSource = app.resized_value_image;

end

```

```

function OriginalImageButtonPushed(app, event)
ResizeImage(app, event)
Original_Image = app.resized_value_image;
%ImShow the Original Image
figure, imshow(Original_Image);
title('Main Image');
end

% Callback function: HisteqImageButton, HisteqMenu
function HisteqImageButtonPushed(app, event)
app.OriginalImage.ImageSource = app.histeqimage;

%Imshow the Image after Histogram equalization
figure
imshowpair(app.resized_value_image,app.output_image,'montage');
title('Left: Original Image and Right: Histeq Enhanced Image');
end

% Callback function: GammaButton, GammaMenu
function GammaButtonPushed(app, event)
app.OriginalImage.ImageSource = app.gamma_image;

%ImShow the Gamma Image
figure
imshowpair(app.resized_value_image,app.gamma_image,'montage');
title('Left: Original Image Right: Gamma Enhanced Image');
end

% Callback function: BCETButton, BCETMenu
function BCETButtonPushed(app, event)
app.OriginalImage.ImageSource = app.bcet_image;

%ImShow the BCET Image
figure
imshowpair(app.resized_value_image,app.bcet_image,'montage');
title('Original Image (left) and BCET Enhanced Image (right)');
end

% Callback function: CLAHEButton, CLAHEMenu
function CLAHEButtonPushed(app, event)
app.OriginalImage.ImageSource = app.original_image;

%ImShow the CLACHE Image
figure

```

```

imshowpair(app.resized_value_image,app.cache_image,'montage');
title('Left: Original Image and Right: CLACHE Enhanced Image');
end

% Callback function: ComplementButton, ComplementMenu
function ComplementButtonPushed(app, event)
app.OriginalImage.ImageSource = app.complement_image;
%ImShow the CLACHE Image
figure
imshowpair(app.resized_value_image,app.complement_image,'montage');
title('Left: Original Image and Right: Complement Enhanced Image');
end

% Menu selected function: HisteqhistogramMenu
function HistogramofHisteqImageMenuSelected(app, event)
Input_hist = imhist(app.original_image(:));
Output_hist = imhist(app.output_image(:));

figure,stem([0:255],Input_hist);
hold on;stem([0:255],Output_hist);
legend INPUT OUTPUT
end

% Menu selected function: CLACHEhistogramMenu
function HistogramofCLAHEImageMenuSelected(app, event)
ResizeImage(app, event)
Input_hist = imhist(app.original_image(:));
Output_hist = imhist(app.cache_image(:));

figure,stem([0:255],Input_hist);
hold on;stem([0:255],Output_hist);
legend INPUT OUTPUT
end

% Menu selected function: GammaHistogramMenu
function HistogramofGammaImageMenuSelected(app, event)
ResizeImage(app, event)
Input_hist = imhist(app.original_image(:));
Output_hist = imhist(app.gamma_image(:));

figure,stem([0:255],Input_hist);
hold on;stem([0:255],Output_hist);
legend INPUT OUTPUT
end

```

```

% Menu selected function: ComplementHistogramMenu
function HistogramofComplementImageMenuSelected(app, event)
ResizeImage(app, event)
Input_hist = imhist(app.original_image(:));
Output_hist = imhist(app.complement_image(:));

figure,stem([0:255],Input_hist);
hold on;stem([0:255],Output_hist);
legend INPUT OUTPUT
end

```

```

% Menu selected function: BCETHistogramMenu
function HistogramofBCETImageMenuSelected(app, event)
ResizeImage(app, event)
Input_hist = imhist(app.original_image(:));
Output_hist = imhist(app.bcet_image(:));

figure,stem([0:255],Input_hist);
hold on;stem([0:255],Output_hist);
legend INPUT OUTPUT
end

```

```

% Menu selected function: AllEnhancementMenu
function AllEnhancementMenuSelected(app, event)
subplot(2,3,1);
imshow(app.resized_value_image);
title(sprintf('Original image'));
subplot(2,3,2);
imshow(app.output_image);
title(sprintf('Histeq image'));
subplot(2,3,3);
imshow(app.cache_image);
title(sprintf('Clache image'));
subplot(2,3,4);
imshow(app.gamma_image);
title(sprintf('Gamma image'));
subplot(2,3,5);
imshow(app.complement_image);
title(sprintf('Complement image'));
subplot(2,3,6);
imshow(app.bcet_image);
title(sprintf('Bcet image'));
end

```

```

% Callback function
function CAMButton_3Pushed(app, event)

```

end

```
% Button pushed function: AccuracyButton_2
function AccuracyButton_2Pushed(app, event)
% Images Datapath
datapath='D:\Study_University_Borys_Bilkevych_4_course_2_semestr\Diplom_work\Own
realizations\Staging-Detection-COVID-19\Datasheet-for-accuracy-checking';
count=0;
count_del=0;
% Datasheet X-Rays
imageds=imageDatastore(datapath, ...
'IncludeSubfolders',true, ...
'LabelSource','foldernames');
% Count value of all Images
full_number_of_images=length(imageds.Labels);
% Take a random image from pool Datasheet
randperm=randperm(full_number_of_images,100);
fprintf("Number of images: %f\n", perm)
for idx=1:length(perm)
app.original_image = imread(imageds.Files{perm(idx)});
ResizeImage(app, event)
fig = uifigure; d = uiprogressdlg(fig, 'Title', 'Running Classification
Model', 'Indeterminate', 'on'); drawnow;
[predicted_labels,posterior] =
classify(app.classification_model,app.resized_value_image);
delete(d); delete(fig);
fprintf("posterior: %f\n", posterior);
fprintf("predicted_labels: %f\n", predicted_labels);
app.A = categorical(predicted_labels);
if(imageds.Labels(perm(idx)) == app.A)
count=count+1;
else
count_del=count_del+1;
end
fprintf("File Path: %s\n", imageds.Labels(perm(idx)));
fprintf("app.A: %s\n", app.A);
fprintf("count: %f\n", count);
fprintf("idx: %f\n", idx);
fprintf("count_dell: %f\n\n", count_del);

percent=(count*100)/idx;
setAccuracyValue(app,percent);
end
end
```

```
% Callback function: DetectionButton, DetectionMenu
```

```

function DetectionButtonPushed(app, event)
ResizeImage(app, event)
app.MedicineadviceMenu.Enable = 1;
fig = uifigure; d = uiprogressdlg(fig, 'Title', 'Running Classification
Model', 'Indeterminate', 'on'); drawnow;
[predicted_labels,posterior] =
classify(app.classification_model,app.resized_value_image);
delete(d); delete(fig);
fprintf("posterior: %f\n", posterior);
fprintf("predicted_labels: %f\n", predicted_labels);
app.A = categorical(predicted_labels);
if(app.A == "COVID-19")
str = ""You are COVID-19 Infected"";
str = str + newline + ""Follow the actions from medicine advice"";
app.DetectionLabelText.Title.Text = "Attention";
app.DetectionLabelText.Text = str;
app.DetectionLabelText.FontColor = [1 0 0];
app.DetectionLabelText.FontColor = [1 0 0];
app.mylamp.Color = [1.00,0.00,0.00];
else
str = ""You are Non-COVID-19 Infected"";
str = str + newline + ""You can follow the actions from medicine advice"";
app.DetectionLabelText.Title.Text = "Information";
app.DetectionLabelText.Text = str;
app.DetectionLabelText.FontColor = [0 1 0];
app.DetectionLabelText.FontColor = [0 1 0];
app.mylamp.Color = [0.00,1.00,0.00];
end
end

% Menu selected function: GuideMenu_2
function GuideMenu_2Selected(app, event)
uiwait(msgbox({'Welcome to Guide Page for the Covid-19 Detection App'; ...
'1. Before starting the program, please check if you have a model file'; ...
'2. After starting the program Load the X-ray image from the dataset'; ...
'3. Use the Detection button for the covid-19 detect'; ...
'4. You can use the different enhancement techniques for image modifying'; ...
'5. If you are infected or not. You can check the current medicine advice'; ...
''; 'Good Luck with using Detection Tool!'}, 'Guide for Detection
tool', 'help', 'modal'));
end

% Menu selected function: InformationMenu
function InformationMenuSelected(app, event)
uiwait(msgbox({'Welcome to Covid-19 Detection Application'; ...
'You can check the condition of your lungs and look at the Covid-19 situation.';
...
'I wish you good luck and health. Take care about yourself and people around you';
...

```

```
'Use mask outdoors and make a vaccination'},'Information',"help",'modal'));
end
```

```
% Menu selected function: HelpMenu
```

```
function HelpMenuSelected(app, event)
uiwait(msgbox({'Covid-19 Detection Tool'; ...
'1. Load Image - choose the X-ray Image from your computer (*.png, *.jpg)'; ...
'2. Resize Image - change the image size to [224, 224] for the correct detection of
Covid-19'; ...
'3. Enhancement Techniques - kind of improving the image'; ...
' 3.1 Original Image - enter the original image for comparing'; ...
' 3.2 Histeq Image - perform histogram equalization'; ...
' 3.3 CLAHE Image - Contrast-limited adaptive histogram equalization'; ...
' 3.4 Gamma Image - execute the gamma function'; ...
' 3.5 Complement Image - zeros changes to ones and wise versa.'; ...
' 3.6 BCET Image - Balance Contrast Enchancement'; ...
'4. Accuracy - return the value of the althoritm accuracy'; ...
'5. Detection - infected/no infected'; ...
'6. Histograms - a graphical overview.'; ...
'7. Medicine Advice - return the advice regarding your result of Covid-19
Detection'; ...
'8. Guide - information page, how to use the Covid-19 Detection App'; ...
'9. All Enhancement - return the plot with all the enchancement
techniques'},'Help',"help",'modal'));
end
```

```
% Menu selected function: MedicineadviceMenu
```

```
function MedicineadviceMenuSelected(app, event)
if(app.A == "COVID-19")
uiwait(msgbox({'1. Stay at home and call to your local doctor for help'; '2. After
consultation. Follow all instructions'; ...
'3. Spend more time outdoors, always ventilate the house. Also drink and eat more
vitamins'; '4. If it gets worse, be hospitalized immediately'; ...
'5. Make a vaccination'},'Medicine advice for ill people',"error",'modal'));
else
uiwait(msgbox({'1. Be careful outdoor'; '2. Eat and drink more vitamins'; ...
'3. Try to avoid the conversation with ill people'; '4. Make a
vaccination'},'Medicine advice for helthy people',"help",'modal'));
end
end
```

Додаток В

Модель ResNet-50: [Model ResNet-50 for Covid-19 Detection in Lungs images](#)