

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій
Кафедра інтелектуальних технологій

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА**

на тему:

«Програмний модуль класифікації «проблемних зон» для
ринопластики»

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма «Комп'ютерні науки» або «Аналітика даних»
Освітній рівень: бакалавр

Виконала: студентка 4 курсу, групи КН- 41

Мельник Жанна Олегівна

(прізвище та ініціали)

Керівник Іларіонов О.Є.

(прізвище та ініціали)

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь, звання)

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра допущена до захисту
рішенням кафедри *інтелектуальних технологій*
Протокол №11 від 06.06.2022 р.
зав. кафедри _____ доц. Іларіонов О.Є.

Київ – 2022

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій
Кафедра інтелектуальних технологій
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
інтелектуальних
технологій

Іларіонов О.Є.

«___» _____ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Мельник Жанни Олегівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)
«Програмний модуль класифікації «проблемних зон» для ринопластики»
затверджена протоколом засідання кафедри від « 23 » грудня 2021 р. № 4
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 29 травня 2022 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи)
Застосунок, що проводить моделювання, класифікацію, та підрахунок відхилення моделі носа пацієнта.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити)
Аналіз предметної області, розробка математичного забезпечення програмного модулю класифікації «проблемних зон», розробка інформаційного та програмного забезпечення модулю.
5. Перелік презентаційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових презентацій)

Об'єкт, предмет дослідження та мета розробки (1-2 слайди), актуальність розробки адаптивної системи навчання (1-2 слайди), аналіз наявних адаптивних систем (2 слайди), математичне забезпечення системи (1-2 слайди), інформаційне забезпечення системи (1-2 слайди), розроблена адаптивна система (2-3 слайди), результати визначення власної траєкторії учня (1 слайд), висновки (1 слайд).

6. Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів випускної кваліфікаційної роботи, що їх стосуються.
7. Дата видачі завдання 15 лютого 2022 року.

Керівник

/ Іларіонов О.Є./

(підпис)

(ПБ)

Завдання прийняв до виконання _____ / Мельник Ж.О. /

(підпис)

(ПБ)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи	При мітка
1	Аналітичний огляд літератури за темою досліджень	25.01.2022 – 29.01.2022	
2	Аналіз існуючих програм для класифікації моделей носа	30.01.2022 – 03.02.2022	
3	Аналіз основних процесів предметного середовища	04.02.2022 – 08.02.2022	
4	Визначення мети роботи, об'єкта та предмету дослідження	09.02.2022 – 13.02.2022	
5	Функціональний аналіз інформаційної системи	01.03.2022 – 05.03.2022	
6	Розробка IDEF0 процесу класифікації моделей носа	06.03.2022 – 10.03.2022	
7	Розробка архітектури програмного модулю	11.03.2022 – 15.03.2022	

8	Розробка технічної архітектури модулю	16.03.2022 – 20.03.2022	
9	Визначення математичного апарату, який буде використовуватися в програмному додатку	21.03.2022 – 25.03.2022	
10	Опис програмних засобів	06.04.2022 – 16.04.2022	
11	Опис структури програмного забезпечення	17.04.2022 – 27.04.2022	
12	Огляд процесу тестування	28.04.2022 – 08.04.2022	
13	Оформлення випускної кваліфікаційної роботи	31.05.2022	

Студент-дипломник _____ / Мельник Ж.О. /
 (підпис) (ПІБ)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ / Іларіонов О.Є. /
 (підпис) (ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Мельник Жанна Олегівна виконала випускню кваліфікаційну роботу на тему «Програмний модуль класифікації «проблемних зон» для ринопластики» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

У випускній кваліфікаційній роботі проведено аналіз розпізнавання та моделювання «проблемних зон» у ринопластиці, розглянуто архітектуру системи, розроблено програмний модуль, що виконує моделювання, класифікацію та розрахунок наскільки ключові точки носа досліджуваної особи відрізняються від середньо-статистичної моделі.

Ключові слова: класифікація, моделювання форми носа, ринопластика, програмний модуль.

SUMMARY

Zhanna Melnyk completed the graduate qualification work on "Software module for classification of "problem areas" for rhinoplasty " in the specialty area 122 - "Computer science".

In the graduate qualification work the analysis of recognition of "problem areas" in rhinoplasty was carried out, the system architecture was reviewed, the program module, which performs modeling, classification and calculation of how nose key points of the subject differ from the average statistical model, was developed.

Key words: classification, modeling of nose shape, rhinoplasty, software module.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ.....	10
1.1 Аналіз предметної області ринопластики.....	10
1.2 Мета створення модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.....	12
1.3 Визначення профілів зацікавлених сторін модулю.	17
1.4 Аналіз існуючих підходів до класифікації та моделювання при плануванні ринопластики...20	20
1.5 Постановка задачі до модулю класифікації.....	23
1.6 Вимоги до програмного модулю.	24
1.7 Структура системи модулю класифікації.	25
1.8 Висновки до розділу	26
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ	27
2.1 Архітектура програмного модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.	27
2.2 Розробка структурної схеми модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.....	30
2.3 Моделювання статистичної моделі носа.....	32
2.4 Висновки до розділу	39
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ	40
3.1 Реалізація програмного модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.....	40
3.2 Графічний інтерфейс користувача та інструктивні матеріали.....	47
3.3 Тестування та аналіз модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.....	48
3.4 Висновки до розділу.	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
Додаток А.....	63

ВСТУП

Пластична хірургія — одна з небагатьох сфер, де можна залучити та утримати найкращих професіоналів із різних галузей, для того щоб вони розвивали та впроваджували новітні методики в нашу повсякденну роботу.

Ринопластика являє собою хірургічне втручання, спрямоване на корекцію форми носа. Не дивлячись на те, що цей вид втручання є одним з найпоширеніших, він все ще залишається одним з найскладніших у сфері естетики та пластичної хірургії. Крім того, враховуючи, що ніс є центральним елементом обличчя, все більше пацієнтів виявляють помилки в результаті втручання. Така ситуація пояснюється відсутністю формалізованих вимог і несвідомим вибором пацієнта, а також загальною складністю.

Слід зазначити, що у сфері пластичної хірургії існує потреба в інструментах комп'ютерного планування, які дозволяють попередньо моделювати результати як реконструктивної, так і косметичної хірургії.

Особливе актуальне значення має застосування таких засобів при різних видах травм. Дивлячись на ситуацію в нашій країні останні роки, то попит на пластичні операції зростає, оскільки кількість громадян, які постраждали в конфлікті на сході країни, дуже велика.

Наявні технології та обчислювальні засоби сучасної науки і техніки, поряд з математичними приладами, дають змогу реєструвати дані пацієнтів, обробляти їх та визначати важливі функції, які можна надалі використовувати для моделювання. Однак поки що немає інформаційного інструменту, який міг би виконувати операції, необхідні для моделювання ринопластики, а також розрахування необхідних до корекції параметрів пацієнтів.

Розробка модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики як ніколи актуальна. Адже операція має не тільки естетичний, а й моральний сенс.

Тому головною метою розробки класифікатора в цій роботі є моделювання форми носа за статистичними даними пацієнтів, класифікація на основі її параметрів і розрахунок відхилень від середньої «правильної» моделі носа.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ

1.1 Аналіз предметної області ринопластики.

Область хірургії, пов'язана з відновленням форми та функції тканин і органів, називається пластичною, або реконструктивною хірургією [1]. Завдання пластичної хірургії полягає в усуненні вроджених або набутих вад, які з'явилися після травм, захворювань, хірургічних втручань і викликають функціональні або анатомічні зміни. Ще в Стародавній Індії пластичну операцію робили шляхом врізання шкірного клаптя на ніжці в лоб, щоб усунути дефект носа. Цей метод ще називають «індійською ринопластикою». Сьогодні пластична хірургія відіграє провідну роль в хірургії.

Ринопластика – це операція, спрямована на корекцію форми носа. Цей тип пластичної хірургії вважається найпопулярнішим протягом останніх десятиліть, але він також є одним з найскладніших у сфері естетичної та пластичної хірургії. Зазвичай результатом ринопластики є вирішення двох проблем водночас. З боку естетики можна покращити форму носа, а з боку функціональності – зкоригувати фізіологічні проблеми, які утруднюють дихання через ніс. Для цього хірургічного втручання немає обмежень за віком, але неповнолітнім робити ринопластику не рекомендується, оскільки кістково-хрящова тканина, що формує структуру носа, остаточно формується по досягненню повноліття.

У сьогоденній медицині є два види ринопластики - відкритий і закритий. Основна відмінність між ними полягає в ступені візуалізації деяких операцій, що виконуються під час операції. Тому досвід, інтуїція та рівень компетентності хірурга, який виконує операцію, відіграють важливу роль в

успішності проведення ринопластики. У наш час пластична хірургія виділяє такі види ринопластики:

- контурна ринопластика рельєфу носа – це різновид ринопластики, який використовує синтетичні наповнювачі для корекції форми носа. Основна перевага даної ринопластики в тому, що всі операції проводяться шляхом ін'єкційного заміщення дефектів шкіри, що виключає необхідність прямого хірургічного втручання;

- ліпопластика – це тип контурної ринопластики, який виконується шляхом перенесення жирових відкладень з однієї ділянки тіла, наприклад, коліна, підборіддя та живота, до області носа, а не введення синтетичного матеріалу;

- ринопластика – омолодження носа або мікроліфтинг кінчика носа. Омолодження носа проводиться за допомогою пластичної операції, під час якої хірург злегка піднімає кінчик носа. Така ринопластика може зробити обличчя набагато молодше, тому що результатом вікових змін є саме опускання кінчика носа, від чого обличчя стає похмурим і змарнілим;

- мікроліфтинг на кінчику носа є одним з найскладніших видів ринопластики, оскільки вимагає від хірурга особливих навичок. Основна перевага цієї операції полягає в тому, що вона не вимагає використання загальної анестезії, вся процедура проводиться під місцевою анестезією, а результати помітні відразу після завершення ринопластики;

- пластика носової перегородки. Близько 15% населення мають вроджене або набуте викривлення носової перегородки внаслідок травмування. Цей дефект не тільки естетично значущий, але і значно порушує функціональну роботу носа. Результатом є ускладнене носове дихання, не повністю вентилявані пазухи, що також спричиняє частих застуд та хронічних респіраторних захворювань;

- риносептопластика – це вид ринопластики, який допомагає хірургам вирівняти носову перегородку, тим самим не тільки покращуючи форму носа, але й поліпшуючи його функціональне застосування;

– пластика крил носа зазвичай є естетичною операцією. Через таке хірургічне втручання, якщо крила носа занадто широкі, крила носа можна значно зменшити, щоб зробити форму носа більш елегантною і привабливою;

– пластика кінчика носа. Завдяки цьому типу ринопластики можна скоригувати кінчик носа, що може бути занадто тонким або, навпаки, широким. Результатом пластики кінчика носа може бути вирішення відразу кількох проблем:

1. зміна кута між губами і носом;
2. зміна форми кінчика носа;
3. збільшення або зменшення кінчика носа;
4. змінення форми або розміру перемички між ніздрями.

– пластика спинки носа є найпопулярнішим різновидом ринопластики і, як наслідок, дозволяє вирішити такі задачі: видалення горбинки носа, звуження носа і «заповнення» об'єму носа, якщо він занадто провалений. Зазвичай перед проведенням цієї операції для пацієнтів проводять комп'ютерне моделювання. Тобто моделюється ніс пацієнта та ніс, який має стати результатом операції. Деколи роблять комп'ютерні прогнози, тобто картинку, на якій пацієнт може побачити своє обличчя з новим носом.

1.2 Мета створення модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Для визначення мети створення застосунку перш за все потрібно оглянути один з найголовніших етапів у пластичній хірургії – етап планування. Планування ринопластики зазвичай базується на аналізі зовнішності та психологічного стану пацієнта і включає наступні етапи [2]:

- 1) визначення цілей пацієнта;
- 2) оцінка його зовнішності з естетичних і анатомічних позицій;
- 3) складання початкового плану операції;
- 4) фотоаналіз і оцінка альтернатив;

5) остаточне доопрацювання плану втручання.

При першій зустрічі з хірургом пацієнта просять сісти перед тристулковим дзеркалом і оцінити ніс за трьома відношеннями:

- форма профілю, наявність вдавлення (випинань);
- форма кінчика носа у фронтальній проекції (занадто круглий, занадто плаский, кривковідний та ін.);
- ширина носа (занадто широкий за рахунок кісткових структур або за рахунок крил).

При естетико-анатомічному аналізі ніс розглядають та оцінюють різними способами: статичним і динамічним, зовні і зсередини, візуально і пальпаторно, під різними кутами (передній, бічний, косий, з боку підстави). Метою є встановлення естетичної проблеми та її анатомічної основи, що дає змогу створити хірургічний план [3-4].

Будову зовнішнього носа показано на рисунку 1.1. Він має основу, корінь, спинку, кінчик і крила. Він сполучається із зовнішнім середовищем через ніздрі.

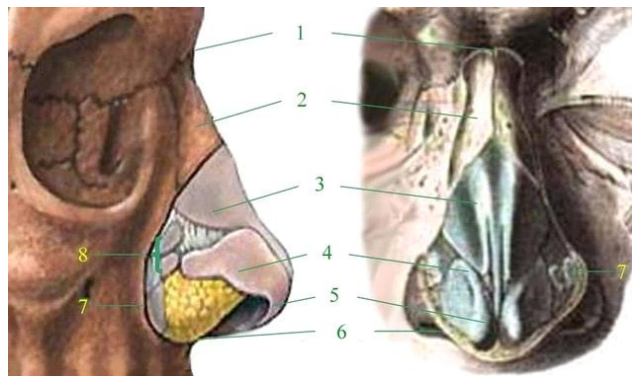


Рисунок 1.1 – Будова зовнішнього носа: 1 – корінь носа; 2 – носова кістка; 3 – верхній латеральний хрящ; 4 – великий крильний хрящ; 5 – купол; 6 – передній носовий відросток; 7 – край грушовидного отвору; 8 – додаткові хрящі

Далі дані заносять в спеціальний документ, який допомагає дати загальну оцінку з виробленням плану операції (рис. 1.2).

Ф. И. О. _____ п а ц и е н т а _____ Возраст _____ лет

Анамнез _____

Перенесенные операции: _____

Переносица: уровень N (+1,2,3) (—1,2,3)
глубина N (+1,2,3) (—1,2,3)

Углы: носо-лобный _____, носо-лицевой _____
расположения кончика носа _____

Спинка носа: норма девиация: вправо, влево
I ст. II ст. III ст. IV ст.

костный свод: высота: N (+1,2,3) (—1,2,3)
ширина основания: N (+1,2,3) (—1,2,3)
длина: N (+1,2,3) (—1,2,3)

хрящевой свод: высота: N (+1,2,3) (—1,2,3)
ширина спинки: N Широкая Узкая
длина: N Длинная Короткая

Кончик носа: объем: N (+1,2,3) (—1,2,3)
форма: N Пиночкио Бульбообразный

мин., средн., макс.
Ширина: N (+1,2,3) (—1,2,3)
Расстояние между точками выстояния куполов _____ мм
Толщина кожи: норм. тонкая толстая
Позиция (соотношение *КН* и *линии СН*): вверх (1,+,—) вниз (1,+,—)
Ротация: вверх (1,+,—) вниз (1,+,—) (угол "колонна-долька")
Проекция (выстояние): Норма Больше Меньше

Основание носа:
колонна: носо-верхнегубной угол _____
перегородка: N, смещение влево, вправо
носовой отросток: N, увеличен, уменьшен

Крылья носа: ширина: N (+1,2,3) (—1,2,3)
ноздри-лобулярный угол: _____
ноздри: форма: N Восточн. Кругл. Овальн.

Носовое дыхание: Справа Слева
норма.....
снижено.....
резко снижено.....
отсутствует.....

Раковины: Правая Левая
Подбородок
Лоб




Рисунок 1.2 – Лист огляду пацієнта

Огляд фронтальної проекції. Основними точками, зафіксованими у фронтальній проекції, є надпереднісся, перенісся, точка між внутрішніми кутами очей, кінчик носа, краї крил носа, центр «лука Купідона» і серединна точка роту (рис. 1.3,а).

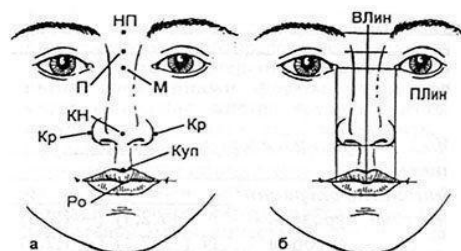


Рисунок 1.3 – Основні точки і лінії, що фіксуються при оцінці форми носа у фронтальній проекції. а – основні точки: НП – надперенісся; П – перенісся; М – точка, розташована між кутами очей; КН – кінчик носа; Кр –

край крил носа; Куп – середина лука Купідону; Ро – серединна ротова точка;
б – основні лінії: ВЛін – вертикальна лінія особи; ПЛін – поперечна лінія
особи.

Далі можна побачити наявність асиметрії, якщо нанести більше
основних і додаткових ліній. Огляд профільної проекції (рис. 1.4, в).

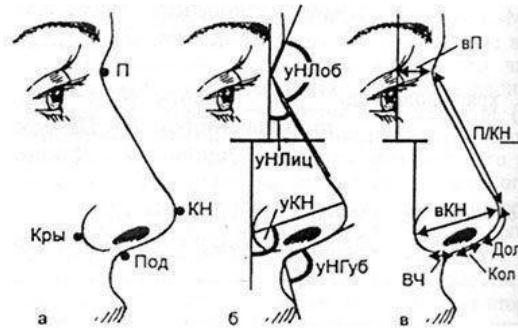


Рисунок 1.4 – Основні точки (а), кути (б) і відстані (в) при оцінці
форми носа в профільній проекції. а – точки: П – перенісся; КН – кінчик
носа; Під – підносова точка; Кры – задня складка крила носа, б – кути: уНЛоб
– носо-лобовий; уНЛиц – носо-лицевої; П/КН – кут розташування кінчика
носа; уНГуб - носо-поверхневогубний. в – відстані: ВП – висота перенісся; П
/ КН – довжина тильної поверхні носа; ВКН – висота стояння (проекція)
куприка носа; кривизна і співвідношення верхнечелюстного ділянки (ВЧ).
колони (Кол) і долями (Дол).

Визначають 4 основні точки (перенісся, кінчик носа, інтраназальна
точка і задні складки крил носа) і 4 основні кути (передній ніс, носолицевий
кут, кут кутика носа і верхній ніс губи). У майбутньому це дозволить
визначити чотири основні відстані (глибина перенісся, довжина спинки носа,
проекцію кутика і співвідношення ділянки верхньої щелепи, колони і доль).

Огляд основи носа. Основа носа зазвичай має форму рівностороннього
трикутника і відіграє важливу роль при оцінці часточки, каудальної частини
перегородки та крил носа. Спочатку оцінюється наявність і стан відхилення в

каудальній частині носової перегородки. Кінчик носа повинен бути вгорі, а виступаючі точки купола повинні бути симетричними і трохи нижче кінчика носа. Основні пропорції основи носа показані на рисунку. 1.5.

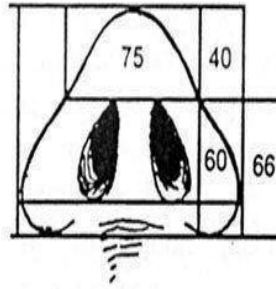


Рисунок 1.5 – Головні пропорції елементів основи носа (%)

Вигнута каудальна частина перегородки може призвести до зміщення основи каудальної частини в бік, що призводить до асиметричності ніздрь. Вони можуть бути рівномірно звужені, якщо підставу медіальної ніжки розмістити латерально. У такій проекції гарно видно розширення кінчика носа.

Одним словом, завдання планування ринопластики дуже актуальне. Складність методу планування оперативних втручань на даному етапі розвитку світу пов'язана насамперед зі складністю діагностичних і лікувальних завдань, які стоять перед спеціалістами за умов численних технічних засобів та отримання різномірної по структурі інформації. При цьому особливу увагу слід звернути на розробку інструментальних методів функціональної діагностики за об'єктивними даними, що здійснюється за процедури планування оперативних втручань.

Використання інформаційних технологій для моделювання та виконання хірургічних втручань все частіше використовується в рутинній клінічній практиці. Автоматизована система планування назальної хірургії об'єднує області аналізу зображень, комп'ютерної графіки та класифікації, щоб спростити клінічний процес планування ринопластики.

1.3 Визначення профілів зацікавлених сторін модулю.

Далі буде розглянуто зацікавлені сторони, тобто особи, які мають легітимний інтерес у застосунку, залежать від нього або можуть впливати на нього.

Внутрішні зацікавлені сторони:

- хірурги;
- директор лікарні.

Зовнішні зацікавлені сторони:

- пацієнти;
- науковці в сфері естетичної медицини;
- контролюючі органи (МОЗ і т.д.).

Прихильники (бенефіціари) і супротивники (антагоністи):

– бенефіціари — «ті сторони, які у результаті повинні отримати вигоду від виконання проекту, тому відкриті до взаємодії і переговорів». Наприклад, бенефіціарами можуть бути лікарні, лікарі, хірурги, науковці, що хочуть дослідити та вдосконалити розроблений застосунок та свої навички;

– антагоністи — сторони, які «потенційно або фактично ворожі по відношенню до проекту». Наприклад, антагоністами можуть бути приватні лікарні-конкуренти, що пропонують свої власні розроблені застосунки за схожою моделлю до розгляду клієнтам.

Детальніший опис профілів зацікавлених сторін наведено у таблиці 1.1.:

Таблиця 1.1 Профілі зацікавлених сторін

Зацікавлене лице	Користь	Очікування	Основні інтереси

Хірурги.	Візуалізація моделі носа, підрахунок відхилення ключових точок носа.	Автоматична побудова моделі, автоматичний підрахунок та класифікація.	Спрощення процесу планування ринопластики.
Директор лікарні.	Збільшення виручки за рахунок покриття додаткових ніш ринку (введення ноу-хау у передопераційний період)..	Покращення стану задовільності пацієнтів, що приведе до ефекту сарафанного радіо.	Пацієнти мають бачити передбачуваний результат, за рахунок чого будуть відчувати більшу лояльність до експертності лікаря.
Пацієнти.	Отримання передбачуваного результату операції, зменшення ризиків незадовільності.	Візуальна модель форми носа пацієнта та середньостатистичної форми, автоматичний підрахунок відхилення ключових точок носа.	Сервіс, що допоможе хірургу більш точно зробити планування ринопластики, за рахунок чого пацієнт буде впевнений у результаті.
Науковці в сфері естетичної медицини..	Можливість вдосконалювати власні методології.	Швидка та проста візуалізація та класифікація проблем у сфері	Професійний зріст та розвиток мфери естетичної медицини.

		ринопластики, що дозволить більше часу приділити питанню підходу до набуття результату.	
Контролюючі органи..	Надати можливість остаточною клієнтам отримувати лише заздалегідь очікувані результати.	Контроль над виконанням та впевненість у остаточною результаті.	Якісна ті прозора естетична медицина.

Схему стейкхолдерів Менделоу програмного модулю представлено на рис. 1.6:

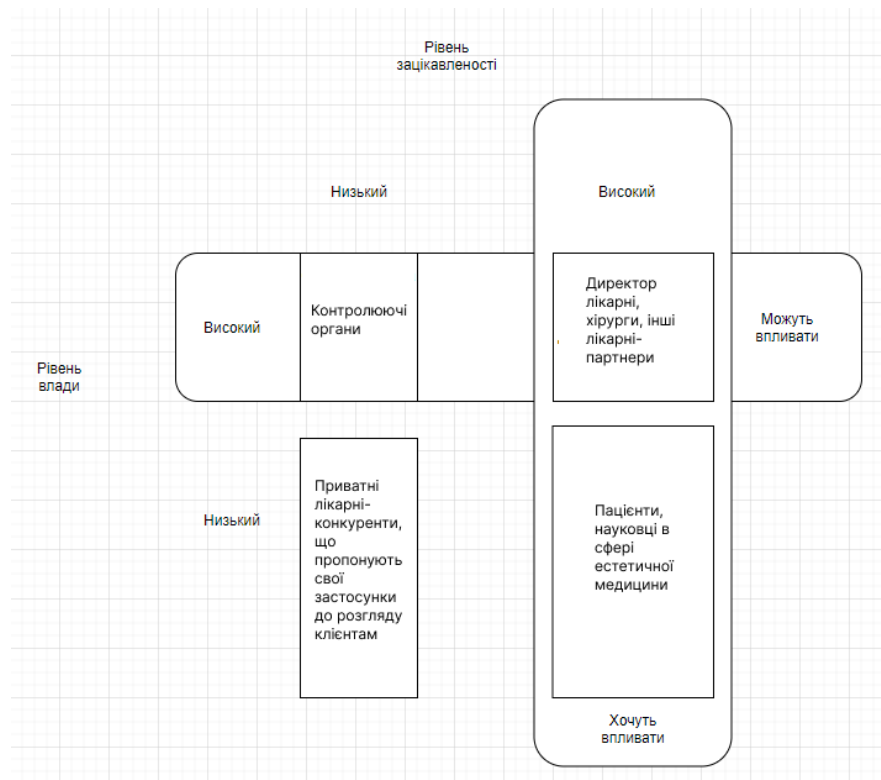


Рисунок 1.6 – Схема стейкхолдерів Менделоу програмного модулю

1.4 Аналіз існуючих підходів до класифікації та моделювання при плануванні ринопластики.

У наш час існує багато програмних рішень для планування пластичних втручань. Слід підкреслити Crisalix. Crisalix — єдина гібридна технологічна система, яка працює з мобільними 3D-сканерами або використовує три стандартні фотографії для 3D-реконструкції. Дана система є провідним у світі бізнес-рішенням для 4D і 3D-візуалізації та пластичної хірургії, що забезпечує моделювання, наприклад збільшення грудей, ринопластики та моделювання тіла. Використовуючи програмні рішення та технології віртуальної реальності, можна побачити своє нове тіло в статичному 3D просторі, так і динамічному (4D).

Crisalix — гібридне рішення, яке дозволяє завантажувати три стандартні цифрові фотографії пацієнтів (вид спереду та обидва профілі) або використовувати портативний 3D-датчик, підключений до вашого iPad, для сканування пацієнта в 3D. Через кілька секунд з'явиться 3D-модель, і зображення буде готове для створення процедури, необхідної для обробки грудей, обличчя або тіла.

Лікар заповнює свій обліковий запис Crisalix інформацією про кожну 3D консультацію, що вимірює персональну 3D-трансформацію. Це перший і єдиний об'єктивний індекс такого роду, який показує загальну успішність 3D-консультацій. Статистичні розрахунки автоматично генеруються з даних, отриманих від агрегованої спільноти у Crisalix пластичних хірургів у всьому світі, і ці дані взяті з тисяч кінцевих результатів консультацій пацієнтів.

У ході роботи дослідники, що спеціалізуються на пластичній хірургії, створили унікальну систему доповненої реальності. Завдяки такій розробці вперше стало можливим моделювання результатів операцій у тривимірному

просторі. Особливо це актуально при відновленні контурів обличчя. Повідомлення про такі видатні відкриття з'явилося в офіційному виданні Американського товариства пластичних хірургів. Особливістю цієї техніки є поєднання зображення на екрані і реального об'єкта. Ось як проводяться дослідження в пластичній хірургії:

- по-перше, дослідники використовують цифрову камеру з високою роздільною здатністю та КТ, щоб отримати тривимірне зображення поверхні обличчя;

- наступним кроком є обробка цифрової інформації про структуру обличчя пацієнта для створення віртуальної 3D-моделі з ідеальними результатами після операції;

- результати моделювання будуть використані під час операції. У цьому випадку хірург працює в окулярах віртуальної реальності (рис. 1.7).

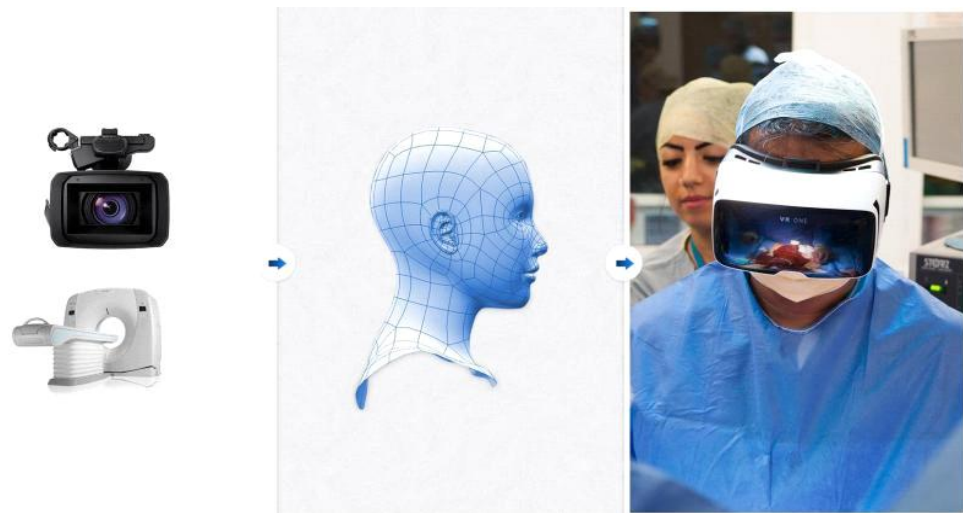


Рисунок 1.7 – Технологія системи VR

Однією з перших операцій була зроблена реконструкція зламаної вилиці. Зображення неушкодженої кістки з іншого боку було використано для її оновлення та моделювання в 3D-реальності. Хірурги використовують «розумні» окуляри віртуальної реальності, щоб накласти тривимірне цифрове

зображення майбутніх результатів на обличчі пацієнта під час операції. 3D-технологія не тільки моделює контури обличчя, але й успішно використовується в складних операціях. Зокрема, унікальні окуляри 3D доповненої реальності створила корпорація Novarad, лідер у розробці медичного програмного забезпечення.

Система OpenSight, що використовує інноваційну лінзу Microsoft HoloLens, призначена для детального огляду пацієнтів та підвищення точності та успішності операції. Програмне забезпечення OpenSight виявилось корисним у складних хірургічних процедурах. Технологія HoloLens дозволяє хірургам маніпулювати 3D-зображеннями будь-якої частини пацієнта для виконання операції. Тому ця розробка являє великий потенціал не тільки для підвищення точності та ефективності, але й для зменшення кількості помилок в хірургічних операціях. Місце хірургічного втручання можна відобразити в трьох площинах, що значно спрощує операцію. Завдяки технології HoloLens і системі OpenSight можна виконувати операції під час перегляду динамічних зображень внутрішніх органів. Хірурги визначають хірургічну ділянку перед собою за допомогою МРТ і КТ під різними кутами.

В табл. 1.2 наведені можливості сучасних програмних засобів моделювання пластичних втручань.

Таблиця 1.2 – Технології системних рішень

Назва	Вхідні дані	Операційна система	Наявність доповненої реальності
Crisalix	Фотометрія, Тривимірне зображення	IOS, Android	+

OpenSight	Фотометрія, Тривимірне зображення	Android, MS Windows	+
-----------	--------------------------------------	------------------------	---

1.5 Постановка задачі до модулю класифікації

Сучасний стан в області пластичної хірургії потребує високоякісних спеціалістів та високоякісних багатофункціональних спеціалізованих апаратно-програмних засобів, що дали б змогу спростити проведення втручання, змодельовати його результат та т.п.

Об'єкт дослідження – система планування ринопластики.

Предмет дослідження – класифікація та моделювання статистичного та наявного носу пацієнта для ринопластики.

Мета і задача дослідження. Метою і завданням роботи є розробка модулю для моделювання форми носа за статистичними даними пацієнтів, класифікація на основі її параметрів і розрахунок відхилень від середньої «правильної» моделі носа. Такі завдання мають вирішувати асистивні (допоміжні) системи комп'ютерної класифікації та моделювання. Тому розробка асистивної системи комп'ютерного планування для задач ринопластики є актуальним завданням.

В процесі буде реалізовано класифікаційний метод для аналізу форми носа за анатомічними особливостями. Програма має визначити відхилення ключових точок на носі людини від середньостатистичної форми носа. Наступна задача полягає у моделюванні форми носа пацієнта та середньостатистичної форми для прикладної візуалізації.

Задачі дипломного проектування:

- дослідити обраний класифікаційні метод;
- розробити модуль завантаження даних дослідження;
- розробити модуль зберігання інформації;

- розробити модуль проведення дослідження;
- розробити модуль моделювання форми носа за анатомічними особливостями;
- розробити модуль відображення інформації;
- розробити модуль редагування.

1.6 Вимоги до програмного модулю.

Далі будуть розглянуті функціональні та нефункціональні вимоги до застосунку.

Функціональні вимоги:

- моделювання форми носа за анатомічними особливостями;
- побудова статистичної моделі носа на основі різних маркерів обличчя;
- співставлення форми носа пацієнта з статистичною моделлю;
- визначення наскільки точки досліджуваної особи відрізняються від середньо-статистичної моделі;

Нефункціональні вимоги:

- атрибути якості (система повинна бути легкою, простою у використанні; система повинна бути надійною);
- зовнішній інтерфейс (зовнішній інтерфейс повинен бути простим у використанні);
- зручність та зрозумілість вихідних даних для користувача (хірурга);
- системні вимоги (система має використовуватись користувачами операційних систем Windows 7, 8, 10);
- обмеження (система має надавати відповідь не більше чим через 10 секунд від запиту).

1.7 Структура системи модулю класифікації.

Вхідні дані:

- фотограмметричні та дані 3D сканування;
- параметри системи.

Навчальна вибірка виступає як дані, з якими буде порівнюватись модель носа пацієнта. Виконавцем виступає лікар, який може редагувати параметри моделі носа, а також перевірити, оцінити та проаналізувати результат модулю.

На виході будуть результати моделювання носа та розрахунки відхилення від середньо-статистичної моделі.

Представимо застосунок у вигляді «чорної скрині» (рис 1.8).

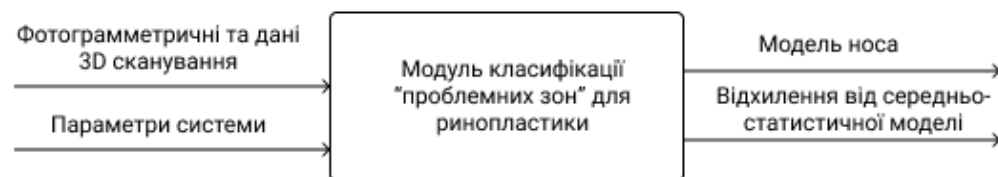


Рисунок 1.8 – Система у вигляді «чорної скрині»

На рисунку 1.9 побудовано SADT діаграму для модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.



Рисунок 1.9 – SADT діаграма системи

Вхідними даними до цієї системи є дані фотограмметрії та 3D-сканування, які виконуються за участю пацієнтів та лікарів. Отримана інформація зберігається у відповідному модулі і може бути використана в подальшому при обміні з іншою медичною системою. З модуля зберігання інформація завантажується в модуль моделювання і моделюється форма носа відповідно до статистичних даних. Він також має вбудований модуль редагування, який дозволяє вносити зміни в результати моделювання за допомогою діалогу між лікарем і пацієнтом.

Весь процес здійснюється під керівництвом лікаря, який може використовувати інструменти відображення інформації, щоб оцінити результати та наочно показати їх пацієнту. Пацієнти розповідають своїм лікарям свої смаки і побажання.

1.8 Висновки до розділу

Дихальна система — це ряд органів для газообміну між організмом і навколишнім середовищем. Ніс людини — важливий орган не тільки для дихальної функції, але й для естетики. Статистичні дослідження показують,

що все більше людей у розвинених країнах покладаються на пластичну хірургію, зокрема ринопластику.

Важливим фактором забезпечення ефективності оперативного втручання є етап планування. На етапі планування необхідно розрізнити етапи моделювання потрібної форми. Розробка таких технічних засобів є важливим завданням. Тому дана розробка є важливим завданням.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ

2.1 Архітектура програмного модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Програмний модуль класифікації «проблемних зон» для ринопластики буде включати в себе основні функції, такі як:

- моделювання форми носа за анатомічними особливостями;
- побудова статистичної моделі носа на основі маркерів обличчя;
- класифікація та співставлення форми носа пацієнта з статистичною моделлю;

Моделювання форми носа за анатомічними особливостями включатиме в себе такі функції:

- отримання фотограмметричних даних та даних 3D сканування;
- візуалізація носа за отриманими даними.

Побудова статистичної моделі носа на основі маркерів обличчя буде включати в себе такі функції:

- визначення ключових точок та нульового маркеру;
- отримання «середнього носу» за допомогою нормального розподілу;
- визначення параметрів статистичної моделі;
- візуалізація статистичного носа.

Класифікація та співставлення форми носа пацієнта з статистичною моделлю має включати в себе такі функції:

- визначення приналежності носа пацієнта до статистичного носа;
- візуалізація носа пацієнта та статистичного носа для очного порівняння;
- розрахунок відхилення маркерів носа пацієнта від середньостатистичної моделі носа.

На підставі функціонального аналізу, який було описано вище, побудовано дерево функцій (рис. 2.1).

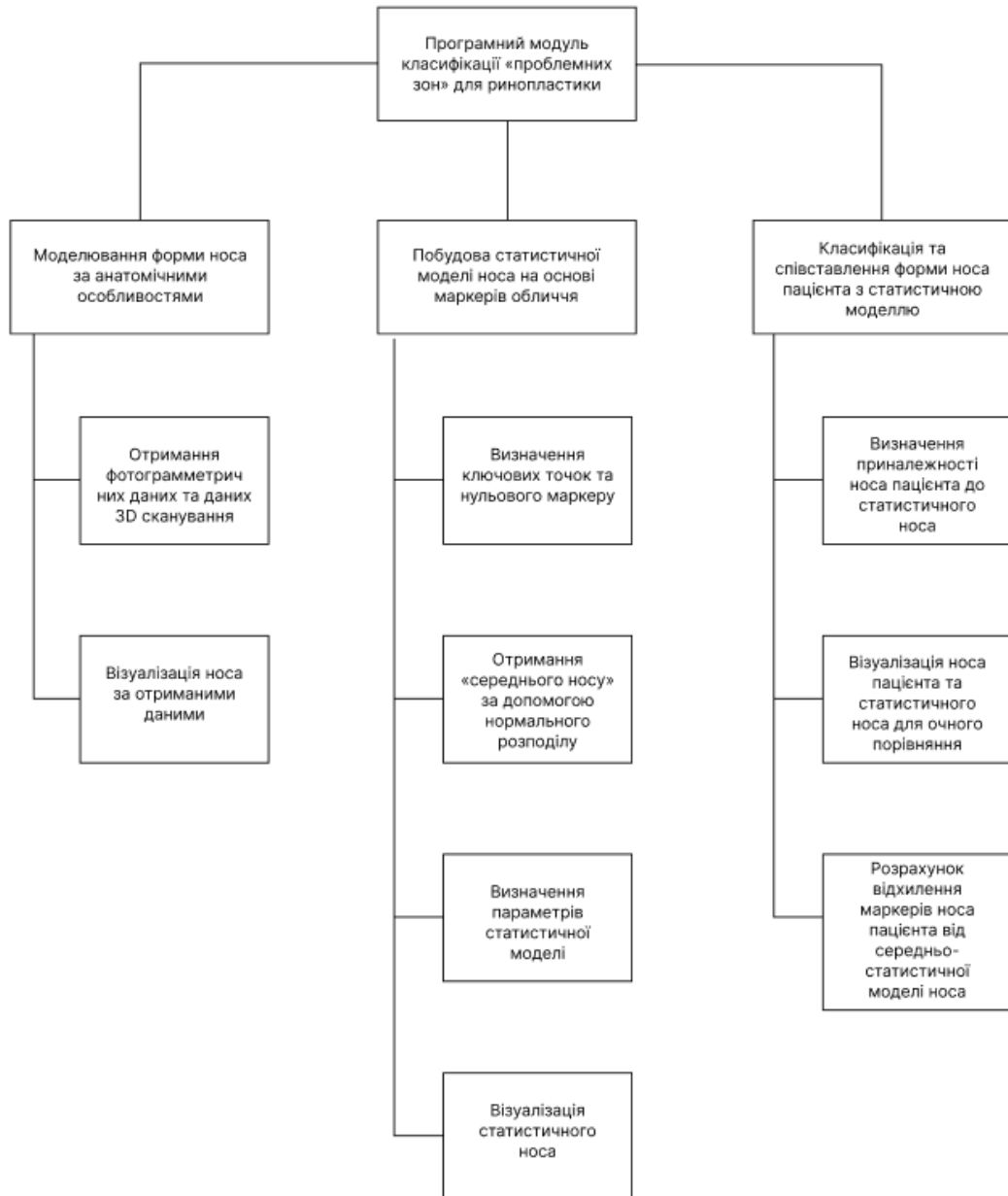


Рисунок 2.1 – Дерево функцій модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики

Далі буде побудовано карту процесів для програмного модулю. Карта процесів починається з моделювання форми носа за анатомічними особливостями, що включає в себе отримання фотограмметричних даних та даних 3D сканування та візуалізації носа за отриманими даними.

Після моделювання форми носа за анатомічними особливостями відбувається побудова статистичної моделі носа на основі маркерів обличчя, що складається із таких зв'язних процесів: визначення ключових точок та

нульового маркеру, отримання «середнього носу» за допомогою нормального розподілу, визначення параметрів статистичної моделі, візуалізація статистичного носа.

Наступним кроком після побудови статистичної моделі носа на основі маркерів обличчя відбувається класифікація та співставлення форми носа пацієнта з статистичною моделлю, який включає в себе такі процеси: визначення приналежності носа пацієнта до статистичного носа, візуалізація носа пацієнта та статистичного носа для очного порівняння, розрахунок відхилення маркерів носа пацієнта від середньо-статистичної моделі носа.

2.2 Розробка структурної схеми модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Після проведенного аналізу, була створена спрощена структурна схема модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики (рис.2.2).

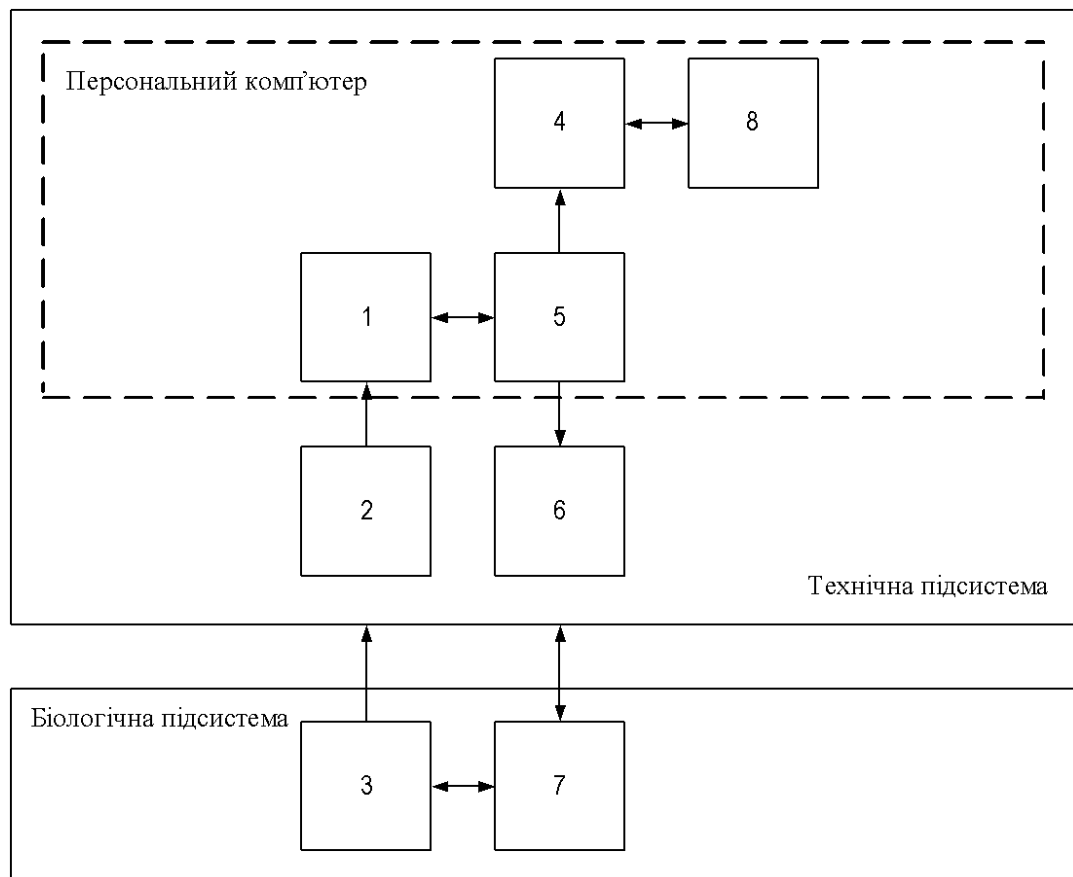


Рисунок 2.2 – Структурна схема модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики: 1 – модуль завантаження даних дослідження; 2 – модуль проведення дослідження; 3 – пацієнт; 4 – модуль моделювання форми носа за анатомічними особливостями; 5 – модуль зберігання інформації; 6 – модуль відображення інформації; 7 – лікар; 8 – модуль редагування

Далі буде розглянуто детальніше структурну схему модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики (рис. 2.3). До складу її структурних елементів входить:

- 1 - блок завантаження даних;
- 2 – статистична модель;
- 3 – блок статистичного моделювання;
- 4 – блок вводу параметрів;
- 5 – модель носа.

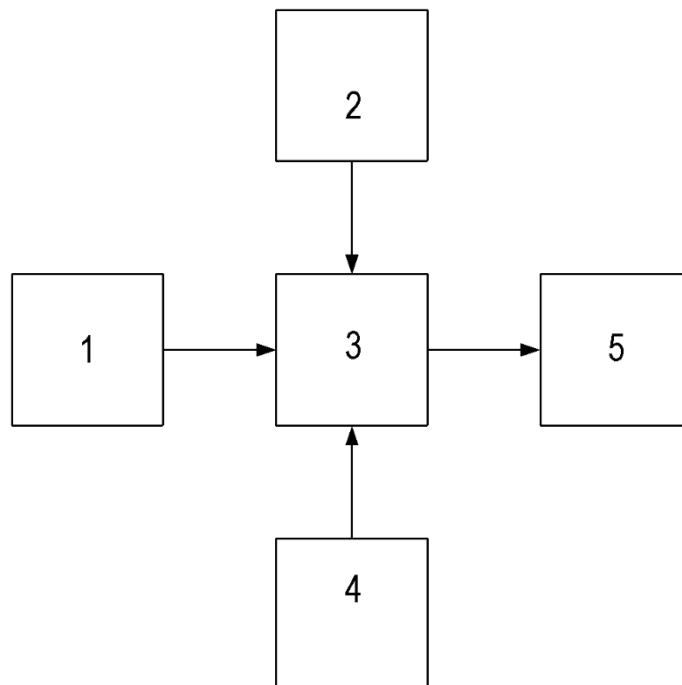


Рисунок 2.3 – Структурна схема модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Інформація потрапляє в блок завантаження. Статистичне моделювання виконується за створеною статистичною моделлю та рисами обличчя (заданими в блоці параметрів), а результатом є модель носа.

2.3 Моделювання статистичної моделі носа.

При моделюванні форми носа, відповідно до проведеного дослідження необхідно 20 точок у 2 проекціях, що є паритетним до 36 вимірів. На рисунку 2.4 зображені одні з головних точок.

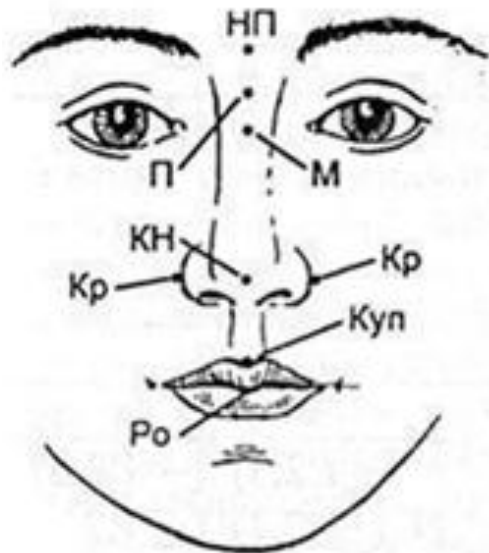


Рисунок 2.4 – Модель носа з ключовими точками для майбутньої побудови.

При цьому, слід зауважити, що для забезпечення одного масштабу також проводилися виміри діаметру ока (рис. 2.5), яке здебільшого дорівнює 23,6 мм в горизонтальній площині.

Вхідними даними є дані фотограмметричних досліджень учасниць Міс Всесвіт останніх років та зіркові персони, через те, що саме вони обумовлюють «стандарти краси» у світі.

Також слід мати на увазі, що виміри діаметру ока (рис. 3.5) також були проведені, щоб забезпечити один масштаб. Виміри здебільшого дорівнюють 23,6 мм в горизонтальній площині.



Рисунок 2.5 – Виміри діаметра ока

Тому досліджувані виміри із зображення можна призвести до фізичних розмірів за допомогою наступного виразу:

(2.1)

$$l_{mm} = l_{px} \frac{D_{mm}}{D_{px}},$$

де D_{mm} , мм – діаметр ока, приймається за 23,6 мм;

D_{px} , пкс – діаметр ока;

l_{px} , пкс – лінійний розмір;

l_{mm} , мм – лінійний розмір.

Оскільки нульовим маркером була обрана точка П, процес вимірювання полягав у фіксації трьох відстаней від досліджуваної точки до нульової. У цьому випадку загальна кількість вимірювань з урахуванням ширини ока і однакового положення в конкретній точці на осі X становить 20.

Приклади вимірювань наведені на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Приклад вимірювань маркерів обличчя:
а – профіль; б – анфас

В табл. 2.1 представлено перелік контрольних маркерів, що використовуються при побудові моделі.

Таблиця 2.1 – Обрані контрольні маркери

№	Позначення	Опис
11	П	«Нульова точка». Лінійні виміри проводяться відносно неї.
22	НП _y , НП _z	«Надперенісся». Зміщення відносно «нульової точки» по осі у та z.
33	М	Точка розташована між кутами очей. Зміщення відносно «нульової точки» по осі у та z.
44	ПКн1, ПКн2	Точки розташовані між точкою М і КН відносно «нульової точки» по осі у та z.
55	КН	«Кінчик носа». Зміщення відносно «нульової точки» по осі у та z.

66	Кр	«Край крил носа». Зміщення відносно «нульової точки» по осі x, y та z.
77	Куп	«Середина лука Купідона». Зміщення відносно «нульової точки» по осі y та z.

Контрольні маркери обличчя описують геометрію носа з певною точністю. Спрощена модель носа на підставі контрольних точок наведено на рис. 2.7.

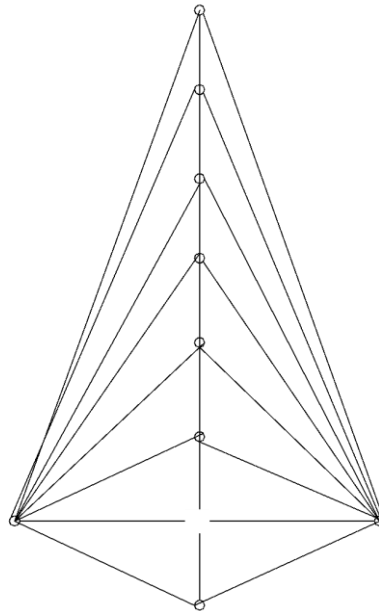


Рисунок 2.7 – Схема моделі носа на підставі обраних контрольних точок

Припустимо, що варіації форми можна моделювати за допомогою нормального розподілу. Тому ми вважаємо, що маркери (НП, М, КН, Кр, Куп ...) утворюють 17-вимірний вектор ознак (X), які розподілені відповідно до 17-вимірного нормального розподілу:

$$X = (x_1 \dots x_{17}) \sim N(\mu, \Sigma)$$

де μ – вектор середніх значень параметрів;

Σ – коваріаційна матриця параметрів.

Отже, μ моделює «середній ніс», використовуючи середні значення відповідних параметрів, і всі «правдоподібні» носи утворюють навколо нього «кластер». У цьому випадку ніс може бути меншим або більшим за середній, але мало ймовірно, що буде спостерігатися форма набагато більша або менша за середню.

Було зібрано набір вимірювальних маркерів для учасниць конкурсів краси та відомих актрис. Діаграма розсіювання деяких із цих маркерів показана на рисунку 2.8.

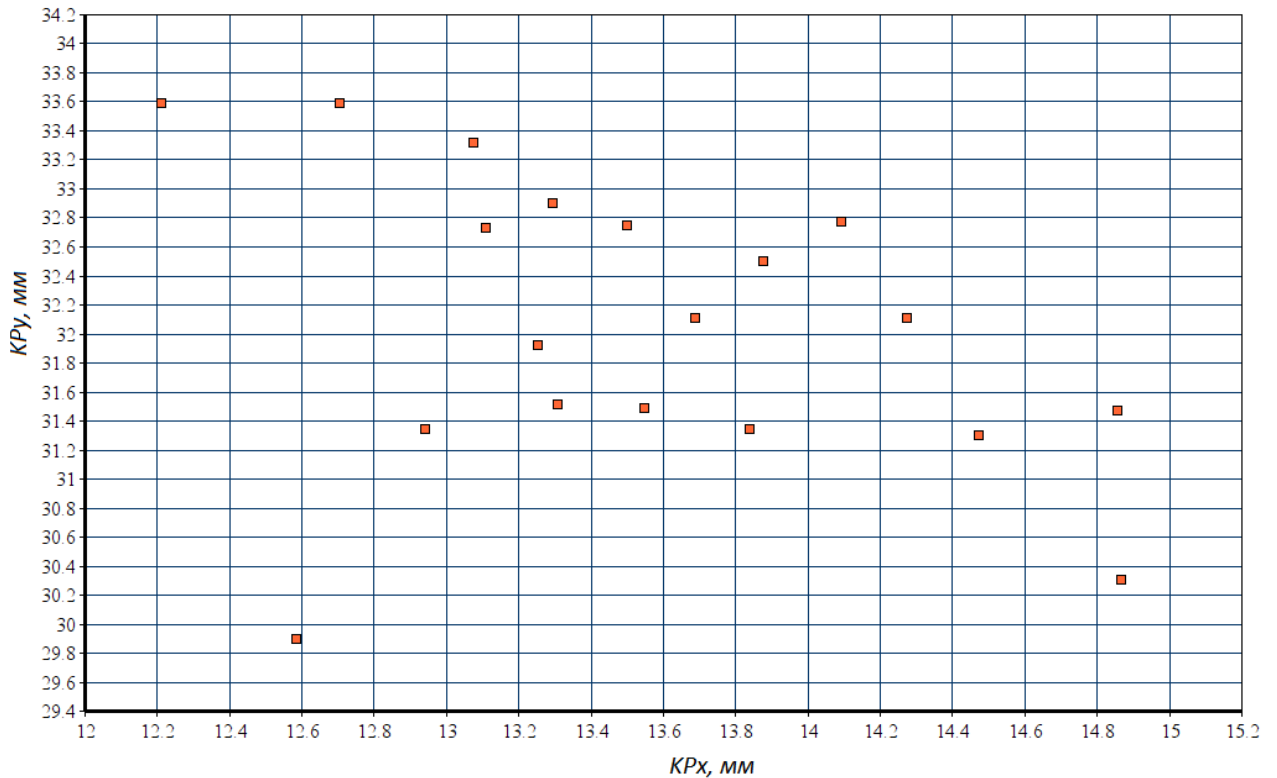


Рисунок 2.8 – Діаграма розсіювання, яка показує вимірювання зміщення точки KP вздовж осі x та y для проведених 19 досліджень

Потрібно визначити параметри статистичної моделі після вибору форми моделі. Не дивлячись на те, що ми можемо обирати параметри моделі на основі попередніх знань про анатомію, більш принциповим підходом буде оцінка параметрів з даних.

Тому необхідно отримати параметри μ та Σ моделі. Для розрахунку μ буде застосована формула:

(2.3)

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n x_{ip},$$

де n – кількість досліджень (в роботі проведено 19 досліджень);
 i – номер параметру;
 p – номер дослідження;
 x_{ip} – i -й параметр p -го дослідження.

Коваріаційну матрицю (Σ) параметрів буде розраховано за допомогою виразу:

(2.4)

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma_{11} & \dots & \Sigma_{1n} & \dots & \dots & \dots & \Sigma_{n1} & \dots & \Sigma_{nn} \end{pmatrix},$$

де Σ_{ij} розраховується згідно формули:

(2.5)

$$\Sigma_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n (x_{ip} - \mu_i)(x_{jp} - \mu_j),$$

де i, j – індекси;

p – номер дослідження;

x_{ip} , x_{jp} – i -й параметр p -го дослідження та j -й параметр p -го дослідження.

Застосовуючи дані 19 учасниць, отримано статистичну модель з параметрами, що представлені в табл.2.2 і табл.2.3:

Таблиця 2.2 – Параметри моделі μ

Пара-метр	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7	μ_8	μ_9	μ_{10}	μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	μ_{14}	μ_{15}	μ_{16}	μ_{17}
Значення	6.9	2.8	7.8	1.2	30	11	13	32	-7.4	37	1.9	46	-0.7	12	3.8	21	6.9

Таблиця 2.3 – Параметри моделі Σ

i, j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.8	-0.7	0.1	0.4	0	-0.7	0.5	-0.3	0.1	-0.4	0.5	-0.1	0.1	0.1	0.6	-0.9	-0.2
2	-0.7	0.1	0.1	-0.1	-0.5	0.1	-0.1	0.1	-0.2	0	0.1	0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.2	0.1
3	0.1	0.1	0.3	0.3	-0.1	-0.2	0.6	0.5	0.2	-0.2	-0.2	0.7	0.1	-0.1	0.1	-0.3	-0.1
4	0.4	-0.1	0.3	0.9	0.2	-0.2	0.9	-0.5	0.2	0.2	0.1	0	0.1	0.9	-0.2	-0.1	0.1
5	0	-0.5	-0.1	0.2	0.5	0.8	0.1	-0.7	-0.1	0.1	0.6	-0.7	0	0.1	-0.2	0.7	-0.1
6	-0.7	0.1	-0.2	-0.2	0.8	0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.3	-0.2	-0.5	-0.5	0.3	0.5	0.1	0.9
7	0.5	-0.1	0.6	0.9	0.1	-0.2	0.1	-0.2	0.3	0.1	0.9	0.2	0.1	0.7	-0.4	0.1	-0.1
8	-0.3	0.1	0.5	-0.5	-0.7	-0.3	-0.2	0.2	0.1	-0.5	-0.1	0.1	0.1	-0.2	-0.1	0.1	-0.1
9	0.1	-0.2	0.2	0.2	-0.1	-0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	-0.5	-0.1	-0.5	-0.7
10	-0.4	0	-0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	-0.5	0.1	0.1	0.4	0.1	-0.1	-0.8	0.4	-0.1	-0.2
11	0.5	-0.1	-0.2	0.1	0.6	-0.2	0.9	-0.1	0.2	0.4	0.1	-0.1	0.1	0.2	0.3	-0.9	-0.1

12	-0.1	0.1	0.7	0	-0.7	-0.5	0.2	0.1	0.3	0.1	-0.1	0.7	-0.2	-0.5	-0.1	0.2	-0.2
13	0.1	-0.1	0.1	0.1	0	-0.5	0.1	0.1	0.4	-0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	-0.9	0	0.2
14	0.1	-0.2	-0.1	0.9	0.1	0.3	0.7	-0.2	-0.5	-0.8	0.2	-0.5	0.2	0.6	0.1	0.1	0.7
15	0.6	0.1	0.1	-0.2	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.4	0.3	-0.1	-0.9	0.1	0.4	-0.3	0.3
16	-0.9	0.2	-0.3	-0.1	0.7	0.1	-0.1	0.1	-0.5	-0.1	-0.9	-0.2	0	0.1	0.3	0.8	0
17	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.9	-0.1	-0.1	-0.7	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.7	0.3	0	0.5

Як можна побачити з таблиці, параметри з нульовим значенням є відсутністю кореляції, або іншими словами незалежністю i -го параметру від j -ого. Також параметри зі значенням більше нуля означають збільшення i -ого параметру, що призводить до збільшення j -ого, а значення менше нуля – навпаки.

Застосовуючи вираз (2.2) з параметрами табл.2.2 та табл.2.3 було згенеровано модель носу, що відповідає багатовимірному розподілу носа, який побудовано на основі даних учасниць конкурсу краси та відомих акторок.

Також можна оцінити різницю між точками досліджуваної особи та середньо-статистичної моделі.

2.4 Висновки до розділу

Одним з основних завдань при розробці модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики є розробка блок-схеми системи планування пластичного втручання на обличчі людини. Тому вагомим етапом даної роботи є розробка структурних схем відповідного програмного засобу.

Статистична модель була побудована на підставі 9 лицьових маркерів, які згенерували 17 параметрів. В якості нульового маркера обрано перенісся, і всі обчислювальні вимірювання пов'язані з ним. Вхідними даними обрано

19 учасниць конкурсу краси «Міс Всесвіт 2018» та актрис з європейською зовнішністю. Їх використання засноване на існуючих стандартах краси, які лікарі використовуватимуть для моделювання носа пацієнтів у майбутньому.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ КЛАСИФІКАЦІЇ «ПРОБЛЕМНИХ ЗОН» ДЛЯ РИНОПЛАСТИКИ

3.1 Реалізація програмного модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Для реалізації програмного модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики було обрано мову програмування Delphi. Вона має зручне та інтуїтивно зрозуміле середовище розробки, а її код підходить для всіх операційних систем. Мова розвивається і затребувана. Delphi є ефективним інструментом для вирішення складних наукових, технічних та фінансових задач. Він містить багато готових компонентів, ефективний код і швидку

компіляцію. Крім того, синтаксис менш заплутаний, ніж, наприклад, у мові програмування C++. Також у Delphi існує візуальний конструктор програм.

Нині Delphi активно використовується державними органами та бізнесом. Керівництво таких організацій не завжди підтримує перехід на нові мови програмування та технології. Якщо утиліти Delphi використовуються на металургійних заводах, переписувати їх на Python немає сенсу. Це тому, що їх вплив і внесок у весь загальний виробничий процес не важливі.

Середовище Delphi реалізується кількома вікнами, відкритими одночасно на екрані. Вони можуть переміщатися по екрану і частково або повністю перекриватися. Коли Delphi запускається, треба побачити щось на зразок цього: шість найважливіших вікон у Delphi: головне вікно, вікно форми, вікно перегляду дерева об'єктів(Object Tree View), вікно інспектора об'єктів, вікно програмного коду та вікно браузера коду.

Зазвичай вікно програмного коду майже повністю перекривається вікном форми. Якщо вікна коду не видно на екрані, треба натиснути F12. Можна натиснути F12 ще раз, щоб активувати вікно форми – ця клавіша діє як двійковий перемикач, перемикаючи вікна форми та програмного коду.

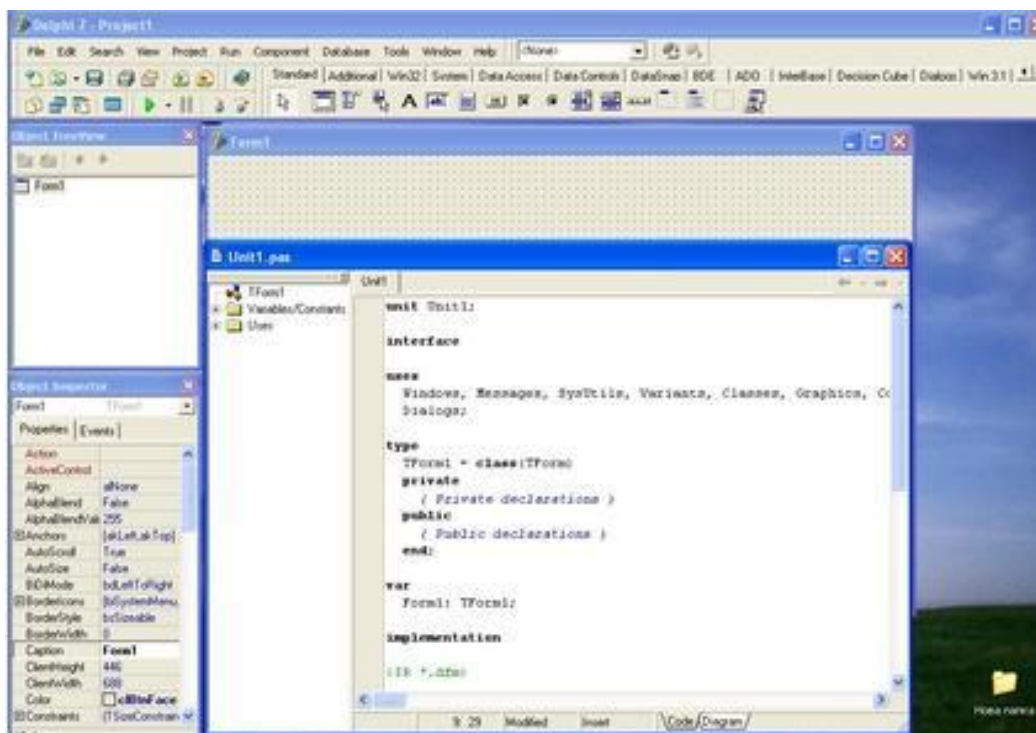


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд середовища розробника Delphi

Головне вікно виконує основні функції управління проектом створеної програми [27]. Це вікно завжди знаходиться на екрані і займає верхню частину (рисунок 3.1). Навіть у розкладеному вигляді розміри та положення майже такі ж, як зазвичай. Це пов'язано з функціональністю головного вікна. З одного боку, він містить елементи, які програміст повинен завжди мати під рукою, а з іншого боку, вікно не займає багато місця на екрані в порівнянні з іншими вікнами Delphi. Згортання головного вікна призводить до зникнення інших вікон Delphi з екрана. Закриття головного вікна завершує роботу програміста над системою програмування.

Головне вікно містить головне меню Delphi, набір командних кнопок зображення (панелі інструментів) і палітру компонентів. Головне меню містить усі необхідні інструменти управління проектами (рисунок 3.2). Усі пункти головного меню забезпечують доступ до меню другого рівня (підменю). Усі елементи в головному вікні розміщуються в спеціальній панелі з ручками перетягування, ліворуч або зверху якої можна перетягувати панель за допомогою миші разом з елементами на панелі. Усі панелі (крім головного меню) можна видалити (приховати) з вікна або розмістити по екрану в окремому вікні. Для цього досить «витягнути» мишею панель від межі основного вікна за допомогою палички. Щоб змінити композицію кнопок, що відображаються на панелі, необхідно спочатку натиснути кнопку правою кнопкою миші. Наступні контекстні меню показують назви всіх панелей та їх статус (позначені панелі відображаються в головному вікні; якщо прапорець знятий, панелі приховані). Виберіть команду Налаштувати, щоб відобразити вікно налаштування. Тепер ви можете «витягнути» непотрібну кнопку з панелі або перейти на вкладку «Команди», вибрати потрібну кнопку зі списку імен і перетягнути її на екран.



Рисунок 3.2 – Головне меню

Головне меню складається з наступних елементів: File, Edit, Search, View, Project, Run, Component, Database, Tools, Help.

Меню File містить стандартні команди для роботи з файлами проекту. Треба використовувати ці команди, щоб створювати нові проекти (New Application), нові форми або модулі (New Form та New Unit), відкривати та закривати файли проекту (Open та Close), закривати всі відкриті файли (Close All). Можна закрити, зберегти файли, проекти або все відразу (Save, Save As, Save Project As, Save All). Треба використати команди меню «Edit», щоб вирівняти компоненти між сітками або іншими компонентами (Align to Grid, Align) і встановити порядок відображення компонентів, що перекриваються (Bring to Front, Send to Back). Змінити розмір вибраних компонентів (Size), масштабувати візуальні компоненти (Scale) тощо. Меню «Search» містить стандартні команди для пошуку та заміни тексту (Find, Replace, Search Again, Incremental Search). Меню View містить команди для візуалізації елементів середовища. Меню Project містить команди компіляції (Compile, BuildAll) і перевірку синтаксису програми (SyntaxCheck). Меню Run містить команди для налагодження та запуску програми. Меню «Component» використовується для створення та встановлення нових компонентів. Меню Database містить команди для виклику інструментів бази даних. Меню Інструменти містить команди для налаштування параметрів. Панелі Tools використовуються для блокування команд меню за допомогою кнопок. Основний актив Delphi — палітра компонентів — у формі багатосторінкового блокнота. Кожна сторінка має свій набір компонентів. Компонент містить певні властивості і розуміється програмістом як

функціональний елемент, що розміщується у вікні форми. Фреймворк програмування створюється за допомогою компонентів. Щоб розмістити компонент у центрі вікна форми, двічі клацніть його піктограму. Якщо ви хочете розмістити компонент у будь-якому місці форми, клацніть піктограму один раз, а потім один раз у потрібному місці на формі. Щоб вставити один і той самий компонент кілька разів, потрібно, утримуючи клавішу Shift, клацнути його піктограму. Тепер ви можете натиснути на вікно форми. Щоб скасувати цей режим, потрібно натиснути кнопку на палітрі компонентів із зображенням стрілки. Ви можете розмістити виділені компоненти на формі та змінити їх розмір, перетягуючи маркери [28-29].

Компоненти Delphi — особливий вид об'єкта, візуальний об'єкт (візуальний для програмування, а не для перегляду користувачем). Такі об'єкти можна створювати та редагувати як програмно, так і на етапі проектування. Компоненти під час запуску програми можуть бути візуальними або невізуальними. Останній не може бути відтворений безпосередньо під час роботи програми (наприклад, компонент TDatabase).

Усі компоненти мають спільного предка — клас TComponent.

Delphi надає широкий спектр компонентів, які іноді називають бібліотеками VCL. До всіх компонентів Delphi можна отримати доступ з палітри компонентів.

Палітра компонентів має 33 сторінки, що містять кнопки компонентів Delphi (за замовчуванням не всі пакети компонентів Delphi 7 відразу видно на палітрі компонентів. Палітру компонентів можна збільшити за потреби.). Кожен компонент має свій клас. Тому для зручності викликайте компонент за назвою класу (наприклад, компонент класу TForm або компонент TForm). Оскільки класи є типами об'єктів, компоненти іноді називають об'єктами типу класу (наприклад, об'єктами типу TForm).

OpenGL був обраний як бібліотека візуалізації для візуалізації моделі. OpenGL є одним із найпопулярніших програмних інтерфейсів для розробки 2D та 3D графічних програм. Наприклад, у програмних продуктах, таких як

3D-моделювання, графікою є комп'ютерні ігри, такі як 3Ds Max, Alias Maya, AutoCAD, Google SketchUp і DOOM 3, Quake 1-4, Half-Life.

Стандарт OpenGL був розроблений і затверджений у 1992 році провідними розробниками програмного забезпечення на основі бібліотеки IRIS GL, розробленої компанією Silicon Graphics.

Стабільність є відмінною рисою OpenGL, яка гарантувала поширення та розвиток цього графічного стандарту. Стандартні доповнення та зміни впроваджуються для підтримки сумісності з раніше розробленим програмним забезпеченням. Надійність і портативність – програми, які використовують OpenGL, гарантують однакові візуальні результати незалежно від типу використовуваної операційної системи або конфігурації відображення інформації. Крім того, ці програми можуть працювати на персональних комп'ютерах, а також на робочих станціях і суперкомп'ютерах. Простота використання — Стандарт OpenGL має добре продуману структуру та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє створювати ефективні програми з меншою кількістю рядків коду, ніж використання інших графічних бібліотек за меншу вартість. Функціональність, необхідна для забезпечення сумісності з різноманітним обладнанням, реалізована на рівні бібліотеки, що значно спрощує розробку додатків. Основні особливості OpenGL:

- набір основних примітивів: точки, лінії, багатокутники тощо;
- перегляд і коригування конверсій;
- видалення невидимої лінії та поверхні (z-буфер);
- створення ліній і поверхонь за допомогою сплайнів;
- програми для нанесення текстур та освітлення;
- додавання спеціальних ефектів: туман, змінити прозорість, комбінацію кольорів (змішування), видалити згладжування (згладжування).

Існують також реалізації OpenGL для різних платформ, і було корисно відокремити базову функціональність графічної системи від функціональності відображення графічної інформації та взаємодії з

користувачем. На даний момент реалізація OpenGL включає кілька бібліотек (опис основних можливостей OpenGL, Glu і glut).

Функція візуалізації 3D моделі носа полягає в побудові лінійних відрізків за схемою (рисунок 2.7).

Схема програми модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики наведена на рис. 3.3.

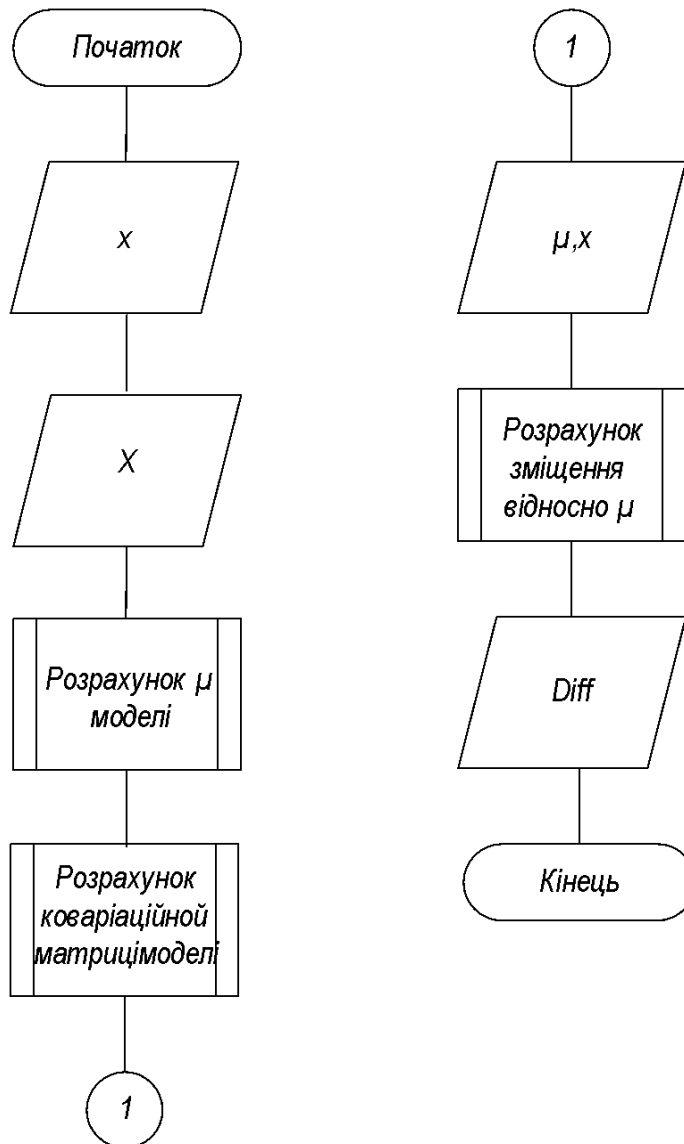


Рисунок 3.3 – Схема програми модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики

Як видно з рис.3.3, спочатку на вхід поступають фотограмметричні та дані 3D сканування, після чого завантажується навчальна вибірка. Далі по

наявним 19 вимірам розраховуються вектори середніх значень параметрів μ та Σ , які і утворюють модель. На їх базі проводяться розрахунки щодо можливої корекції носа пацієнта відносно статистичної моделі.

3.2 Графічний інтерфейс користувача та інструктивні матеріали.

Розроблений інтерфейс модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики представлено на рис. 3.4.

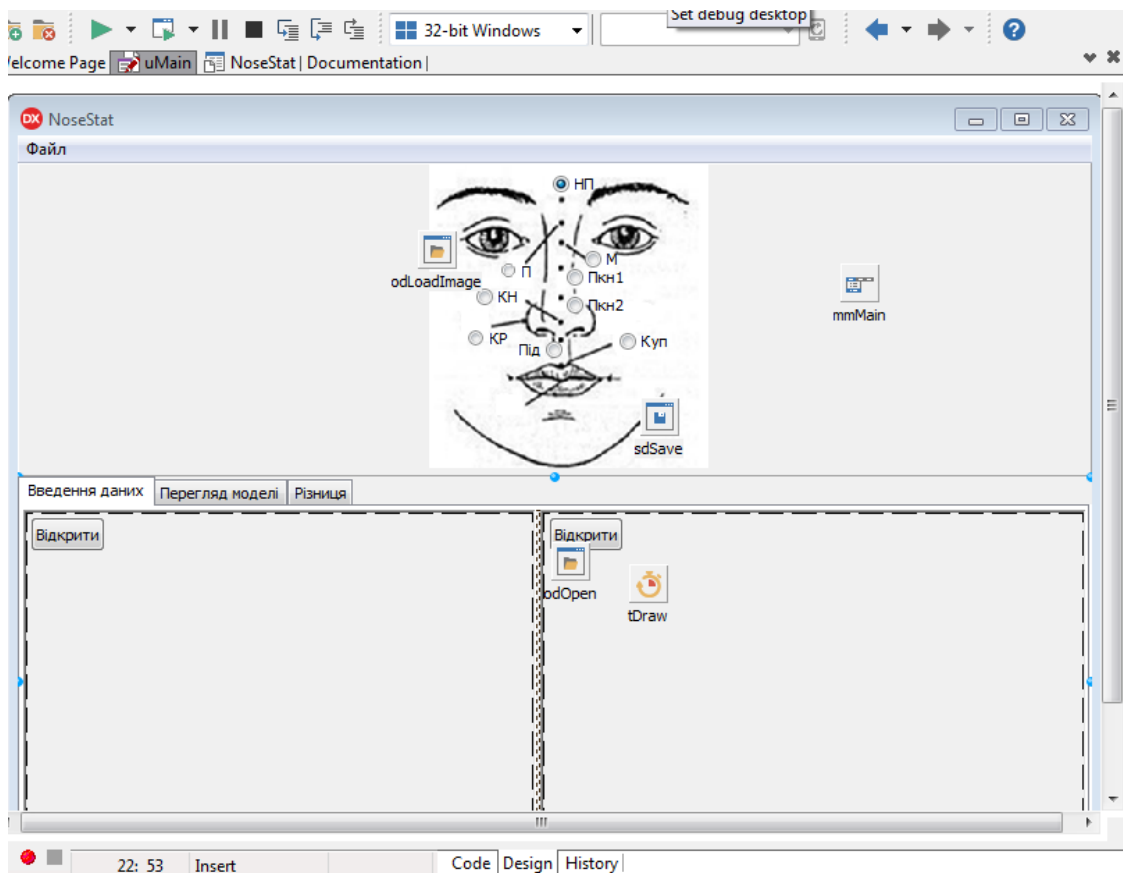


Рисунок 3.4 – Інтерфейс програми модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики

В інтерфейсі програми можна побачити елементи, які відповідають за завантаження фотометричних досліджень в двох площинах та вибору параметру, тобто нульового маркера моделі. Також існують елементи підказок, що підказують поточний маркер, який вводиться, кнопки

збереження та завантаження дослідження. Після чого користувач може переходити по сторінкам перегляду побудованих моделей та підрахунку (різниці) значень контрольних маркерів носу пацієнта та статистичного носа.

3.3 Тестування та аналіз модулю класифікації «проблемних зон» для ринопластики.

Для того, щоб протестувати програму, в розроблений модуль класифікації «проблемних зон» для ринопластики були завантажені проєкції учасниці конкурсу краси «Міс Всесвіт – 2018» Єніко Кескес, після чого в програмному модулі були визначені маркери (рис. 3.5).

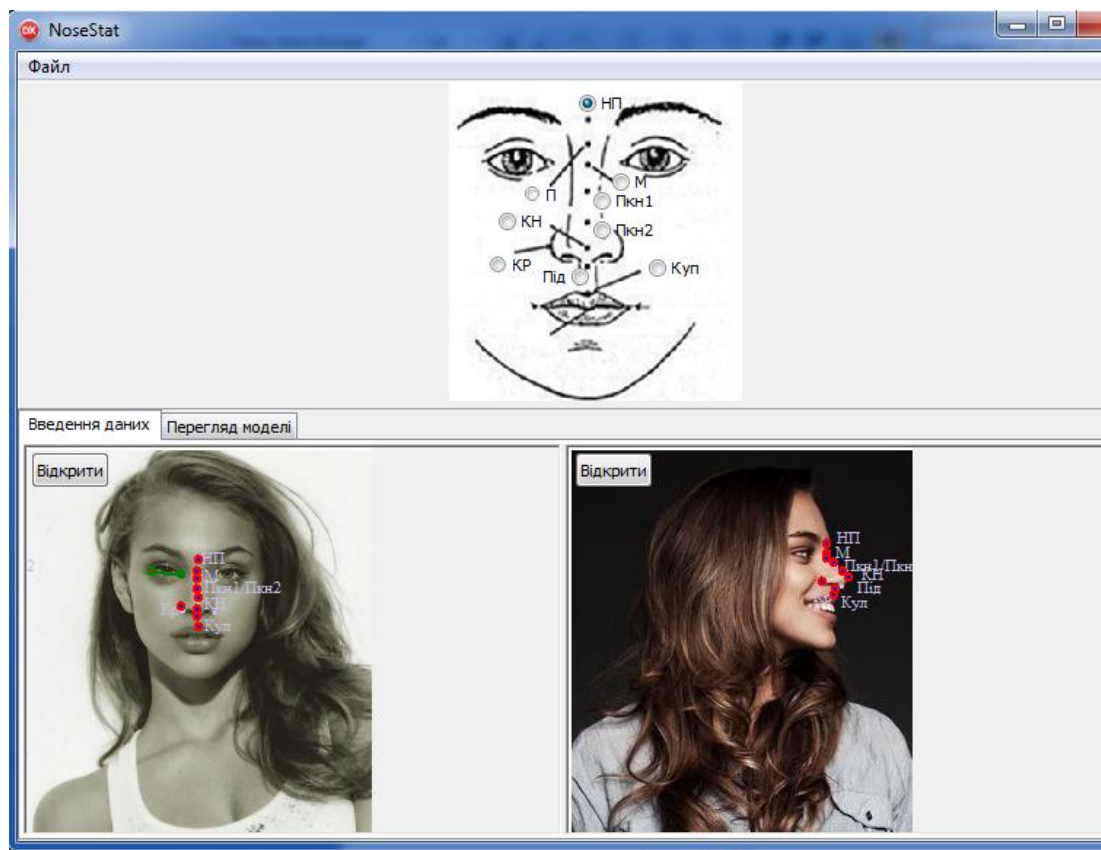


Рисунок 3.5 – Завантажені фотометричні дані Єніко Кескес з визначеними маркерами

Далі було проведено тривимірну візуалізацію побудованої моделі носа «пацієнтки» та середньостатистичної моделі носа (рис.3.6).

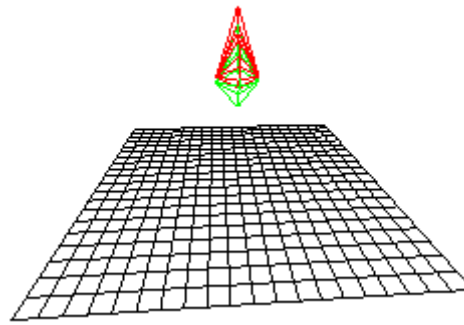


Рисунок 3.6 – Результат візуалізації статистичної моделі носу та побудованої, яка відповідає носу Єніко Кескес.

На рисунку вище зеленим кольором визначено середньо-статистичну модель носа, у той час як червоним кольором позначено модель носа Єніко Кескес. У доповнення, у програмному модулі класифікації «проблемних зон» для ринопластики можна побачити розрахунки щодо можливої корекції носа пацієнта відносно статистичної моделі носа (рис.3.7).

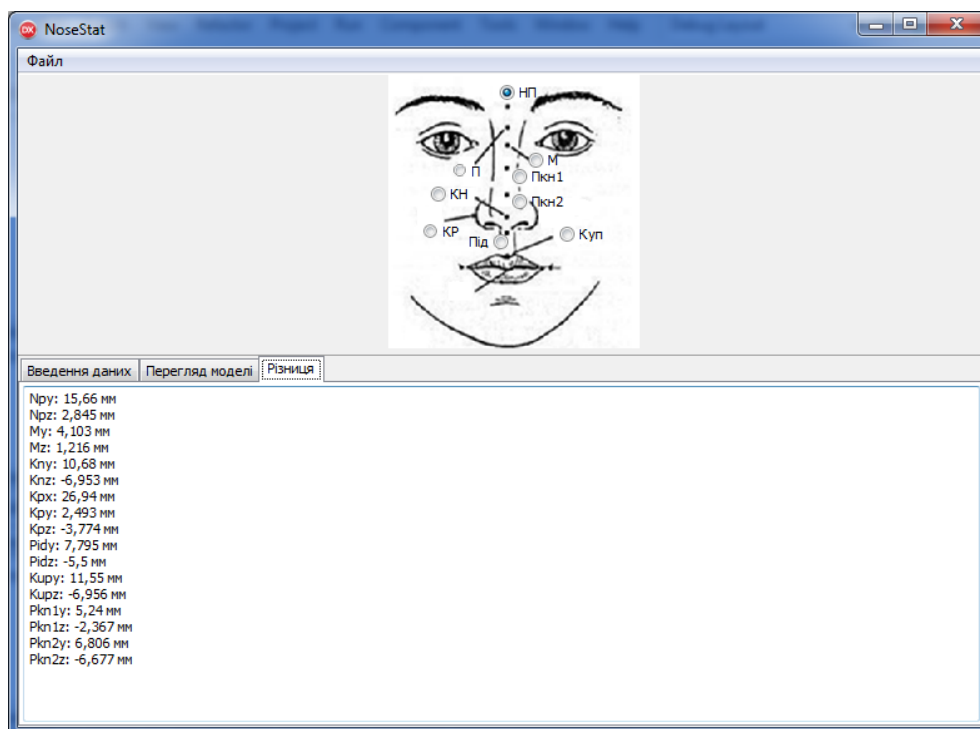


Рисунок 3.7 – Результати обчислень відхилення маркерів моделі носа пацієнта від статистичної моделі носа

Далі буде розглянуто головні тестові випадки під час роботи програмного модулю:

- Перевірка визначення маркерів моделі носа пацієнта.

Таблиця 3. 1 План тестування «Перевірка визначення маркерів моделі носа»

Мета тесту	Перевірка визначення маркерів моделі носа пацієнта
Початковий стан системи	Увімкнена програма, готова до завантаження проєкцій.
Вхідні дані	Користувач завантажує проєкції моделі носа.
Схема проведення тесту	Користувач завантажує проєкції моделі носа.
Очікуваний результат	Маркери моделі носа визначено.
Стан системи після проведення випробування	Маркери були розпізнані коректно.

Результат визначення маркерів моделі носа пацієнта наведено на рис. 3.8.

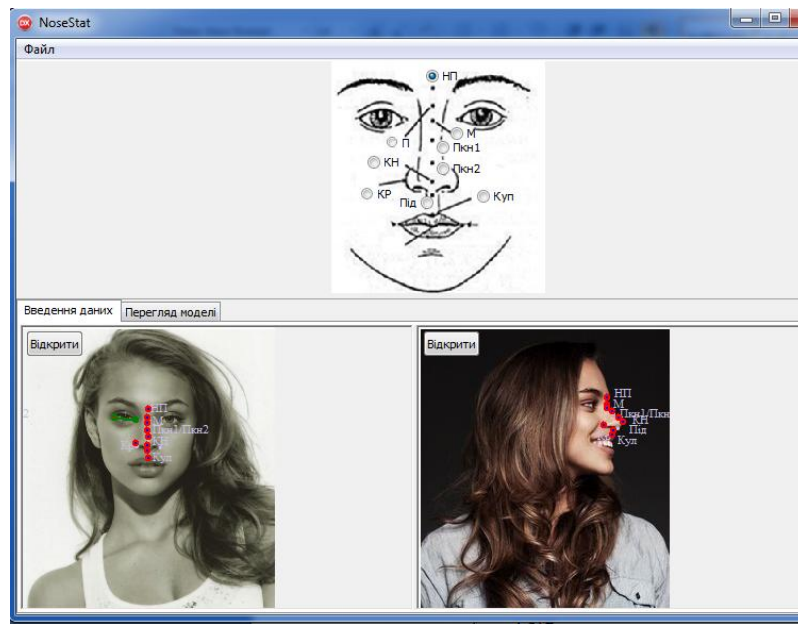


Рисунок 3.8 – Результат визначення маркерів моделі носа

– Перевірка класифікації моделі носа пацієнта з дефектним носом та підрахунок різниці у маркерах відносно статистичної моделі.

Таблиця 3. 2 План тестування «Перевірка класифікації носа пацієнта з дефектним носом та підрахунок різниці відносно статистичної моделі»

Мета тесту	Перевірка класифікації моделі носа пацієнта з дефектним носом та підрахунок різниці у маркерах відносно статистичної моделі.
Початковий стан системи	Увімкнена програма, готова до завантаження проєкцій.
Вхідні дані	Користувач завантажує проєкції моделі носа пацієнта.
Схема проведення тесту	Користувач завантажує проєкції моделі дефектного носа.
Очікуваний результат	Класифікація пройшла коректно та різницю у

	маркерах відносно статистичної моделі проведено успішно.
Стан системи після проведення випробування	Класифікація пройшла коректно та різницю у маркерах відносно статистичної моделі було проведено успішно.

Результат класифікації моделі носа пацієнта з дефектним носом та підрахунок різниці у маркерах відносно статистичної моделі наведено на рис. 3.9.

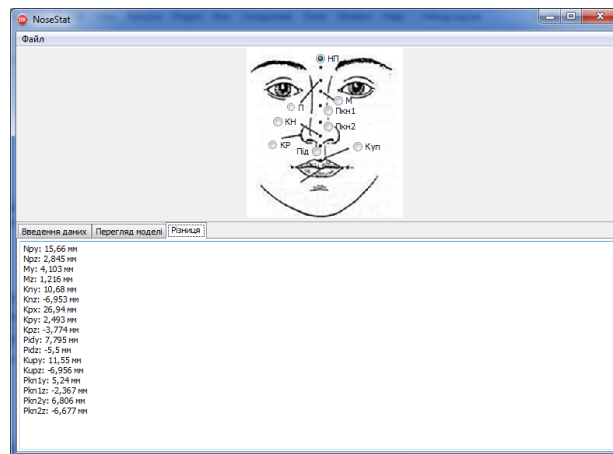


Рисунок 3.9 – Результат класифікації моделі носа пацієнта з дефектним носом та підрахунок різниці у маркерах відносно статистичної моделі

– Перевірка класифікації моделі носа пацієнта з близьким до середньо-статистичної моделі носом.

Таблиця 3. 3 План тестування «Перевірка класифікації моделі носа пацієнта з близьким до середньо-статистичної моделі носом»

Мета тесту	Перевірка класифікації моделі носа пацієнта з близьким до середньо-статистичної моделі носом.
Початковий стан	Увімкнена програма, готова до завантаження

системи	проекцій.
Вхідні дані	Користувач завантажує проекції моделі носа пацієнта.
Схема проведення тесту	Користувач завантажує проекції з близьким до середньо-статистичної моделі носа.
Очікуваний результат	Класифікація пройшла коректно та різницю у маркерах відносно статистичної моделі проведено не було.
Стан системи після проведення випробування	Класифікація пройшла коректно та різницю у маркерах відносно статистичної моделі проведено не було.

Результат перевірки класифікації моделі носа пацієнта з близьким до середньо-статистичної моделі носом наведено на рис. 3.10.

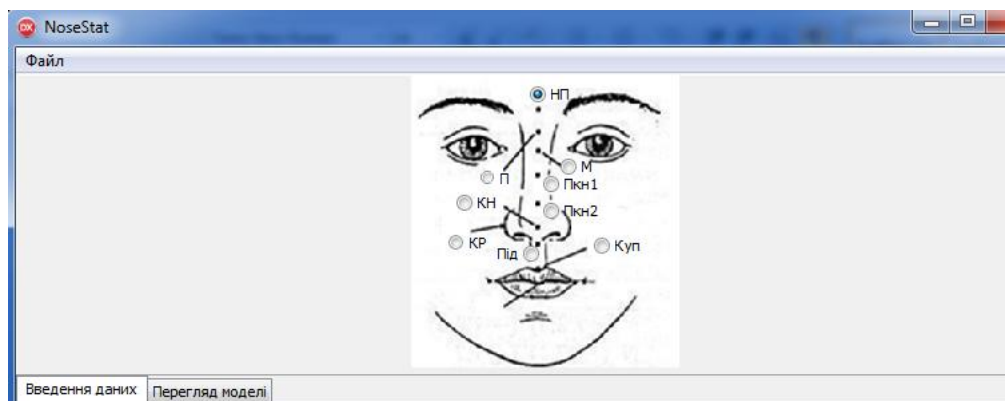


Рисунок 3.10 – Результат перевірки класифікації моделі носа пацієнта з близьким до середньо-статистичної моделі носом

– Перевірка визначення маркерів моделі носа пацієнта, якщо завантажені проекції знаходяться в неякісному стані.

Таблиця 3. 4. План тестування «Перевірка визначення маркерів моделі носа пацієнта, якщо завантажені проекції знаходяться в неякісному стані»

Мета тесту	Перевірка правильності реалізованого алгоритму з визначенням маркерів моделі носа пацієнта, якщо завантажені проекції знаходяться в неякісному стані.
Початковий стан системи	Увімкнена програма, готова до завантаження проекцій.
Вхідні дані	Користувач завантажує проекції моделі носа.
Схема проведення тесту	Користувач завантажує проекції моделі носа, які знаходяться в неякісному стані.
Очікуваний результат	Маркери моделі носа визначено правильно.
Стан системи після проведення випробування	Маркери не були розпізнані коректно.

Результат: точність визначення маркерів оделі носа недостатня при неякісних вхідних файлах, коли файли пошкоджені більше, аніж на 50%.

3.4 Висновки до розділу.

Ключовим завданням є вибір відповідного середовища програмування для реалізації програми. Середовище Delphi було обрано для проекту, оскільки це було швидке та зрозуміле середовище розробки програм, яке підходить для державних компаній. Інтегроване середовище розробки Delphi є складним, але пропонує високу продуктивність.

Розроблено програмний модуль для класифікації та моделювання форми носа завдяки анатомічним особливостям обличчя. Цей програмний модуль дозволяє завантажувати дані фотограмметричної проекції пацієнта і отримувати відхилення, пов'язані з середнім статистичним зразком в

інтерактивному режимі. Також візуалізуються як середня статистична модель, так і модель, отримана з даних пацієнта.

ВИСНОВКИ

Сьогодні пластична хірургія все ще є провідною. Згідно з останньою статистикою Американського інституту пластичної хірургії, загальна кількість косметичних та хірургічних втручань зросла, і багато людей приходять до пластичної хірургії, особливо до хірургії обличчя.

Ринопластика є найпоширенішою серед хірургічних втручань, хоча вона дуже складна для естетичної медицини.

Таким чином, в області пластичної хірургії планування та моделювання вимагає нового, сучасного програмного засобу. Тому статистичний аналіз, класифікація та візуалізація разом з математичними підрахунками є важливою частиною процесу планування пластики носа.

У ході цієї роботи була розроблена структурна схема та проведено структурний аналіз для планування пластичних втручань на обличчі, до складу якого входять блок завантаження, статистична модель, блок статистичного моделювання, блок вводу параметрів, модель носа.

Перспектива цього дослідження полягає в використанні доступних статистичних моделей для побудови на отриманих маркерах реалістичних 3D-моделей.

Програмний модуль призначений для врахування анатомічних особливостей будови обличчя і може бути використаний для планування носових втручань.

Таким чином, статистична модель може бути розширена за рахунок збільшення кількості стандартів краси. Далі, врахування інших особливостей обличчя, такі як розмір рота, положення очей, може бути використане для вдосконалення моделі.

Розроблено програмний модуль для використання в хірургічних клініках для передопераційного моделювання носової форми пацієнта.

У додаток в майбутньому вбачається вдосконалення розроблення програмного модулю з області ринопластики до області пластичної хірургії всього обличчя та додавання то розробленого модулю блоків детектування текстурних особливостей та рельєфних особливостей обличчя з тривимірною реконструкцією за фотографічними зображеннями з використанням методу фотограмметрії, а також реконструкція шляхом використання спеціалізованої архітектури згорткової нейронної мережі PRNet.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 7 трендів пластичної хірургії 2019 року [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://vogue.ua/ua/article/beauty/byuti-gid/7-trendov-plasticheskoy-hirurgii-v-2019-godu.html>.
2. Clinical practice guideline: Bell's palsy / [R. F. Baugh, G. J. Basura, S. R. Schwartz та ін.]. // *Otolaryngol Head Neck Surg.* – 2013. – №149. – С. S1–27.
3. Recurrent Bell's palsy / [S. H. Dong, A. R. Jung, J. Jung та ін.]. // *Clin Otolaryngol.* – 2019. – №44. – С. 305–312.
4. Owusu J. A. Facial Nerve Paralysis / A. Owusu J., K. Boahene, C. M. Stewart. // *Med Clin North Am.* – 2018. – №102. – С. 1135–1143.
5. Mendelson B. Changes in the facial skeleton with aging: implications and clinical applications in facial rejuvenation / B. Mendelson, C. H. Wong. // *Aesthetic Plast Surg.* – 2012. – №36. – С. 753760.
6. Rohrich R. J. The fat compartments of the face: anatomy and clinical implications for cosmetic surgery / R. J. Rohrich, J. E. Pessa. // *Plast Reconstr Surg.* – 2007. – №119. – С. 2228–2231.
7. Accessed. Cosmetic Plastic Surgery Statistics. [Електронний ресурс] / Accessed. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.plasticsurgery.org/Documents/news-resources/statistics/2012-Plastic-Surgery-Statistics/Cosmetic-Procedure-Trends-2012.pdf>; 2012.
8. Mathes S. J. *Reconstructive Surgery* / S. J. Mathes., 1996.
9. ASPS: National Clearinghouse of Plastic Surgery Procedural Statistics. 2015.
10. Рауэр А.Э. Пластические операции на лице / А.Э. Рауэр, Н.М. Михельсон. – М. – 256 с.

11. Александров Н.М. Клиническая оперативная челюстно-лицевая хирургия. / Под ред. Н.М. Александрова. – М.: Медицина, 1985. –40 с.
12. Correa A. J. Considerations before rhinoplasty / A. J. Correa, J. M. Sykes, W. R. Ries. // Otolaryngol Clin North Am. – 1999. – №32. – С. 7–14.
13. Weerda H. Reconstructive facial plastic surgery. A problem-solving manual. Stuttgart/DE, 2001, p.46-52.
14. Виссарионов В. А. К вопросу об экспертной оценке неудачных исходов ринопластики / В. А. Виссарионов, Т. А. Алексанян. – 2010. – №6. – С. 7–9.
15. Филимонов В. Н. Некоторые аспекты риносептопластики / В. Н. Филимонов. // Вестник оториноларингологии. – 2008. – №4. – С. 68–70.
16. Heras H. Development and test of a new scanning geometry for Computed Tomography : дис. канд. мед. наук / Heras Hugo, 2009.
17. Федьків С. В. Магнітно-резонансна томографія в кардіології / С. В. Федьків., 2013. – 60 с. – (Інформаційно-методичний посібник).
18. Хусамелдин А. Б. Разработка программного средства обработки ангиографических изображений / Атеф Бриеф Башир Хусамелдин. // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 19-й Международный молодежный форум. – 2015. – №1. – С. 142–143.
19. Тымкович М. Ю. Оптический метод регистрации пространственного положения хирургического инструмента в компьютерной навигационной системе / М. Ю. Тымкович. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – 2013. – №18. – С. 124–130.
20. Бажан О. В. Аналіз можливості побудови та використання статистичних моделей носа за даними фотограмметрії / О. В. Бажан, М. Ю. Тимкович // Матеріали 23 Міжнародного молодіжного форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2019. – С. 144-145.

21. Технічні засоби навчання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічні_засоби_навчання.
22. Adam A. What are the basic concepts of temporal, contrast, and spatial resolution in cardiac CT? / A. Adam. – 2009. – №3. – С. 403–408.
23. Cardiovasc J. Abstracts of the 12th Annual Scientific Meeting of the Society of Cardiovascular Computed Tomography / J . Cardiovasc. – 2017. – №11. – С. S1–S82.
24. Zulkepli M. Photogrammetry and 3d laser scanning as spatial data capture techniques for a national craniofacial database [Електронний ресурс] / M. Zulkepli, K. C. Albert. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/11777844.pdf>.
25. Аврунин О. Г. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации / О. Г. Аврунин. – 2010. – С. С. 258–261.
26. Depth Camera D435 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.google.com/url?q=https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d435/&sa=D&ust=1607772075092000&usg=AOvVaw3XDyZEEiyQaLEzZ_fSE4As.
27. Proceedings Volume 10445. // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2017. – №104453.
28. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання : монографія / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодянський, В. В. Семенець, В. О. Філатов. – 2018. – С. 132с.
29. Книгавко Ю. В. Расчет функциональных параметров, определяющих показания к проведению ринопластики / Ю. В. Книгавко. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – С. С. 24 – 27.

30. Книгавко Ю. В. Компьютерное планирование пластических вмешательств методом деформации полигональной модели лица человека / Ю. В. Книгавко. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – С. 11–16.
31. Аврунин О.Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О.Г. Аврунин, М.Ю. Тымкович., Х. Фарук // Бионика интеллекта.– 2013.– № 2 (81). – С. 101 – 104.
32. Farouk H. An attempt of the Determination of Aerodynamic Characteristics of Nasal Airways/ H. Farouk, O. Avrunin, A. Khaleel // Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3.- Springer, 2011. – Vol. 102. – P.311 – 322 .
33. Farouk H. Comparison Discriminate Characteristics Between Modern TNDA-PRH Rhinomanometer And Previously Methodology / H. Farouk, O. Avrunin // International Journal of General Engineering and Technology (IJGET) ISSN 2278- 9928. – 2013. – Vol. 2, Is. 2. – P. 39-50.
34. Otto J. P. System and method for teaching injection techniques of the human head and face [Электронный ресурс] / J. Placik Otto. – 2008. – Режим доступа до ресурсу: <https://patents.google.com/patent/US9017080B1/en?q=Facial+modeling+plastic+surgery&oq=Facial+modeling+plastic+surgery>.
35. John R. Digital system for plastic and cosmetic surgery / R. John. // International application published under the patent cooperation treaty (PCT). – 2018. – №43.
36. Носуля Е.В., Ким И.А. Предоперационное обследование больных с деформациями наружного носа // Российская ринология.- 2000.- № 3.- С.36-38
37. Аврунін О. Г. Спосіб планування ринологічних функціонально естетичних оперативних втручань / О. Г. Аврунін. – 2012. – С. 11–25.

- 38.R. Mohr and E. Arbogast. It can be done without camera calibration. *Pattern Recognition Letters*, 12:39-43, 1991.
- 39.O. Faugeras. What can be seen in three dimensions with an uncalibrated stereo rig? In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, pages 563-578, Santa Margherita L., 1992.
- 40.Aguilar W, Frauel Y, Escolano F et al (2009) A robust graph matching for non-rigid registration. *Image Vis Comput* 27(7): 897–910
- 41.Application of Artificial Neural Networks for Analysis of Ice Recrystallization Process for Cryopreservation [Электронный ресурс] / [Т. Maksym, G. Oleksandr, S. Karina та ін.]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-64610-3_13.
- 42.Yao F. Joint 3D Face Reconstruction and Dense Alignment with Position Map Regression Network / Feng Yao. // Cooperative Medianet Innovation Center. – 2018. – С. 1–18.
- 43.Аврунин О. Г. Разработка навигационной системы для ринохирургии [Электронный ресурс] / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/8416/1/EEE_2013_8_T_1_Avrinin_Development.pdf
- 44.Arbogast E. Didaktisch-Methodische Prinzipien / E. Arbogast. – 2014. – №21. – С. 18–19.
- 45.Yadira F. Joint 3D Face Reconstruction and Dense Alignment with Position Map Regression Network [Электронный ресурс] / Yadira. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/YadiraF/PRNet>.

Додаток А

```
unit uMain;

interface

uses

Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes, Vcl.Graphics,
Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.ComCtrls, Vcl.ExtCtrls, Vcl.StdCtrls,
Vcl.Menus;

const

MARKERS_COUNT = 9;

MARKER_DISPLAY_RADIUS = 3;

type

PMeasurement = ^TMeasurement;
TMeasurement = record
    Markers: Array [0..MARKERS_COUNT-1] of record
        Front: TPoint;
        FrontEdited: Boolean;
        Left: TPoint;
        LeftEdited: Boolean;
    end;
end;

TfMain = class(TForm)
    pcMain: TPageControl;
    tsInput: TTabSheet;
    tsViewModel: TTabSheet;
    sbFront: TScrollBar;
    sbLeft: TScrollBar;
    odLoadImage: TOpenDialog;
    iFront: TImage;
    iLeft: TImage;
    pTop: TPanel;
```

```

rbPointNP: TRadioButton;
rbPointP: TRadioButton;
rbPointM: TRadioButton;
rbPointPkn1: TRadioButton;
rbPointPkn2: TRadioButton;
rbPointKN: TRadioButton;
rbPointPid: TRadioButton;
rbPointKup: TRadioButton;
rbPointKR: TRadioButton;
iSchema: TImage;
mmMain: TMainMenu;
mFile: TMenuItem;
mNew: TMenuItem;
N1: TMenuItem;
mExit: TMenuItem;
Splitter1: TSplitter;
procedure mNewClick(Sender: TObject);
procedure iLeftDbClick(Sender: TObject);
procedure iFrontDbClick(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure iFrontMouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
procedure iLeftMouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
private
  { Private declarations }

  FMeasurement: TMeasurement;

  procedure DrawMeasurement();

  procedure ProjectNew();
  procedure MoveToTheNextPoint();
  function GetCurrentMarkerIndex(): Integer;

public
  { Public declarations }
end;

```

```

procedure ClearMeasurement(const pM: PMeasurement);

var
    fMain: TfMain;

implementation

{$R *.dfm}

procedure ClearMeasurement(const pM: PMeasurement);
var
    i: Integer;
begin
    for i := 0 to MARKERS_COUNT-1 do
        begin
            pM^.Markers[i].FrontEdited := False;
            pM^.Markers[i].LeftEdited := False;
        end;
    end;

procedure TfMain.DrawMeasurement;
var
    i: Integer;
    FrontCanvas,
    LeftCanvas: TCanvas;
begin
    sbFront.Repaint;
    sbLeft.Repaint;

    FrontCanvas := TCanvas.Create();
    FrontCanvas.Handle := GetDC(sbFront.Handle);

    LeftCanvas := TCanvas.Create();
    LeftCanvas.Handle := GetDC(sbLeft.Handle);

    for I := 0 to MARKERS_COUNT-1 do
        begin
            //Draw Front
            if FMeasurement.Markers[i].FrontEdited then
                begin
                    FrontCanvas.Pen.Color := clRed;

```

```

FrontCanvas.Pen.Width := 2;
FrontCanvas.Brush.Style := bsSolid;
FrontCanvas.Brush.Color := clBlue;

FrontCanvas.Ellipse(FMeasurement.Markers[i].Front.X-MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                    FMeasurement.Markers[i].Front.Y-MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                    FMeasurement.Markers[i].Front.X+MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                    FMeasurement.Markers[i].Front.Y+MARKER_DISPLAY_RADIUS);

end;

//Draw Left
if FMeasurement.Markers[i].LeftEdited then
begin

    LeftCanvas.Pen.Color := clRed;
    LeftCanvas.Pen.Width := 2;
    LeftCanvas.Brush.Style := bsSolid;
    LeftCanvas.Brush.Color := clBlue;

    LeftCanvas.Ellipse(FMeasurement.Markers[i].Left.X-MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                      FMeasurement.Markers[i].Left.Y-MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                      FMeasurement.Markers[i].Left.X+MARKER_DISPLAY_RADIUS,
                      FMeasurement.Markers[i].Left.Y+MARKER_DISPLAY_RADIUS);

end;
end;

FreeAndNil(FrontCanvas);
FreeAndNil(LeftCanvas);

end;

procedure TfMain.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    ProjectNew();
end;

function TfMain.GetCurrentMarkerIndex: Integer;
begin

    if rbPointNP.Checked then Result := 0

```

```

else if rbPointP.Checked then Result := 1
else if rbPointM.Checked then Result := 2
else if rbPointPkn1.Checked then Result := 3
else if rbPointPkn2.Checked then Result := 4
else if rbPointKN.Checked then Result := 5
else if rbPointPid.Checked then Result := 6
else if rbPointKup.Checked then Result := 7
else {if rbPointKR.Checked then} Result := 8
end;

```

```

procedure TfMain.iFrontDbClick(Sender: TObject);

```

```

begin

```

```

  if not odLoadImage.Execute then Exit;

```

```

  iFront.Picture.Bitmap.LoadFromFile(odLoadImage.FileName);

```

```

  iFront.Width := iFront.Picture.Bitmap.Width;

```

```

  iFront.Height := iFront.Picture.Bitmap.Height;

```

```

end;

```

```

procedure TfMain.iFrontMouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;

```

```

  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);

```

```

var

```

```

  id: Integer;

```

```

begin

```

```

  id := GetCurrentMarkerIndex();

```

```

  FMeasurement.Markers[id].Front.X := X;

```

```

  FMeasurement.Markers[id].Front.Y := Y;

```

```

  FMeasurement.Markers[id].FrontEdited := True;

```

```

  DrawMeasurement();

```

```

end;

```

```

procedure TfMain.iLeftDbClick(Sender: TObject);

```

```

begin

```

```

  if not odLoadImage.Execute then Exit;

```

```

  iLeft.Picture.Bitmap.LoadFromFile(odLoadImage.FileName);

```

```

  iLeft.Width := iLeft.Picture.Bitmap.Width;

```

```

  iLeft.Height := iLeft.Picture.Bitmap.Height;

```

```

end;

```

```

procedure TfMain.iLeftMouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;

```

```

  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);

```

```

var
  id: Integer;
begin
  id := GetCurrentMarkerIndex();
  FMeasurement.Markers[id].Left.X := X;
  FMeasurement.Markers[id].Left.Y := Y;
  FMeasurement.Markers[id].LeftEdited := True;
  DrawMeasurement();
  MoveToTheNextPoint();
end;

procedure TfMain.mNewClick(Sender: TObject);
begin
  ProjectNew();
end;

procedure TfMain.MoveToTheNextPoint;
begin
  if rbPointNP.Checked then rbPointP.Checked := True
  else if rbPointP.Checked then rbPointM.Checked := True
  else if rbPointM.Checked then rbPointPkn1.Checked := True
  else if rbPointPkn1.Checked then rbPointPkn2.Checked := True
  else if rbPointPkn2.Checked then rbPointKN.Checked := True
  else if rbPointKN.Checked then rbPointPid.Checked := True
  else if rbPointPid.Checked then rbPointKup.Checked := True
  else if rbPointKup.Checked then rbPointKR.Checked := True
  else if rbPointKR.Checked then rbPointNP.Checked := True;
end;

procedure TfMain.ProjectNew;
begin
  rbPointNP.Checked := True;

  ClearMeasurement(@FMeasurement);
end;

end.

```