

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій

Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і
технологій

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу
серцево-судинної системи людини»

ХАІ.502.564М.22в.163.9609435 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи №564М
Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність 163 Біомедична інженерія
Освітня програма «Біомедична
інформатика та радіоелектроніка»

(код і найменування напрямку підготовки)

Дудка Д. О.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: проф. Висоцька О.В.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: проф. Лисиченко М. Л.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2022

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
(повне найменування)

Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(повне найменування)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія

Спеціальність 163 Біомедична інженерія
(код та найменування)

Освітня програма Біомедична інформатика та радіоелектроніка
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри

О.В. Висоцька

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« » 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Дудка Денис Олексійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

керівник кваліфікаційної роботи Висоцька О. В. д.т.н., проф.

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

затверджені наказом Університету № 1496 -уч від «27» жовтня 2022 року.

2. Термін подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 14.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Дані анамнезу, результати анкетування та інструментальних досліджень, методи групового експертного оцінювання та Байеса, методологія IDEF1X, CASE-засіб ErWin.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

4.1 Аналітичний огляд методів та засобів визначення та прогнозування адаптаційних можливостей серцево-судинної системи людини.

4.2 Розробка методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

4.3 Експериментальна перевірка запропонованого методу та розробка структурної схеми біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

4.4 Розробка програмного засобу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

5.1 Гомеостатичні та адаптаційні механізми серцево-судинної системи (плакат, арк. А4).

5.2 Структурна схема методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини (креслення, арк. А4).

5.3 Структурна схема біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини (креслення, арк. А4).

5.4 Фізична модель бази даних біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини (плакат, арк. А4).

5.5 Use-case діаграма біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини (плакат, арк. А4).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний	Висоцька О. В. зав.каф.		

Нормоконтроль _____ В.М. Олійник «___» _____ 2022 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «18» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання.	18.10.22	
2	Аналітичний огляд методів та засобів визначення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи людини.	19.10.22-1.11.22	
3	Розробка методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.	2.11.22 – 13.11.22	
4	Експериментальна перевірка запропонованого метода та розробка структурної схеми біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	14.11.22 – 15.11.22	
5	Розробка програмного засобу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	16.11.22 – 05.12.22	
6	Оформлення графічних матеріалів та креслеників.	06.12.22 – 11.12.22	
7	Передзахист та усунення недоліків.	12.12.22 – 13.12.22	
8	Захист роботи.	3.02.2022	

Здобувач вищої освіти

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Д. О. Дудка
(підпис) (ініціали та прізвище)

_____ О. В. Висоцька
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 83 с., 22 рис., 11 табл., 8 дод., 40 джер.

АДАПТАЦІЯ, ДІАГРАМА ПРЕЦЕДЕНТІВ, ЗВ'ЯЗОК КОРРЕЛЯЦІЙНИЙ, МЕТОД БАЙЄСА, ПОТЕНЦІАЛ АДАПТАЦІЙНИЙ, СИСТЕМА БІОТЕХНІЧНА, СИСТЕМА СЕРЦЕВО-СУДИННА.

Об'єкт дослідження – процеси адаптації серцево-судинної системи людини.

Предмет дослідження – методи та засоби визнаення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи людини.

Мета роботи – розробка метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

Методи дослідження – метод анкетування, метод групового експертного оцінювання, метод рангової кореляції Кендела, метод Байеса, методологія IDEF1X, об'єктно-реляційна методологія розробки програмного забезпечення.

Розроблено метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини на базі метода групового експертного оцінювання та загальної теорії Байеса, який дозволяє за даними анкетування визначити з точністю 92,5 % зниження адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. Проведена експериментальна перевірка запропонованого метода, обгрунтовано та розроблено структурну схему біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини. Запропоноване технічне рішення було реалізовано у вигляді клієнт-серверного програмного забезпечення. Отримані результати мають перспективи використання в державних, комунальних, комерційних закладах та установах, а також в приватних цілях для контролю та корекції адаптаційних можливостей організму людини.

ABSTRACT

Explained a note to the master's qualification robot: 83 p., 22 pict., 11 tables, 8 attach., 40 ref.

ADAPTATION, ADAPTATIVE POTENTIAL, BAYES METHOD, BIOTECHNICAL SYSTEM, CARDIOVASCULAR SYSTEM, CHART OF PRECEDENTS, CORRELATION RELATIONSHIP

The object of research are adaptation processes of the human cardiovascular system.

The subject of research is the methods and means of recognition of the adaptation capabilities of the human cardiovascular system.

The purpose of the work is development of a method for predicting the reduction of the adaptation potential of the human cardiovascular system.

The research methods are questionnaire research method, methods of forming an expert assessment, Kendall's rank correlation explained, Bayesian statistical method, IDEF1X data modeling method, ORM methodology.

A method of predicting the reduction of the adaptation potential of the human cardiovascular system, which is based on the method of group expert evaluation and the general Bayesian theory and which allows to determine with 92.5% accuracy, according to the questionnaire, a decrease in the adaptive mechanisms of the cardiovascular system has been developed. Experimental verification of the proposed method was carried out, the structural diagram of the biotechnical system for determining the decrease in the adaptation potential of the human cardiovascular system was substantiated and developed. The proposed technical solution was implemented in the form of client-server software. The obtained results have prospects for use in state, communal, commercial institutions, as well as for private purposes for control and correction of the adaptive capabilities of the human body.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ	12
1.1 Роль серцево-судинної системи в адаптаційних перебудовах фізіологічних станів організму	12
1.2 Огляд та аналіз методів визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	15
1.3 Огляд та аналіз засобів визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	25
2 РОЗРОБКА МЕТОДА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ	36
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДА ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ	48
3.1 Експериментальна перевірка методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	48
3.2 Розробка структурної схеми біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	55
3.3 Розробка бази даних біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	59
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ	65
ВИСНОВКИ	82

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	84
ДОДАТОК А. Гомеостатичні та адаптаційні механізми серцево-судинної системи	88
ДОДАТОК Б. Структурна схема метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	89
ДОДАТОК В. Анкета з раннього виявлення факторів ризику серцево-судинних захворювань	90
ДОДАТОК Г. Структурна схема біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини ...	96
ДОДАТОК Д. Фізична модель бази даних біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	97
ДОДАТОК Е. Use-case діаграма біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини	98
ДОДАТОК Є. Опис структури бази даних	99
ДОДАТОК Ж. Фрагмент листінгу основного коду програми	106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПК – апаратно-програмний комплекс

АТ – артеріальний тиск

БД – база даних

БТС – біотехнічна система

ВІ – вегетативний індекс Кердо

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ВСР – варіабельність серцевого ритму

ДТ – діагностичний тест

ЕКГ – електрокардіографія

ІТ – інформаційна технологія

ІФІ – індекс функціональних змін

КВ – коефіцієнт витривалості

КІГ – кардіоінтервалографія

ППД – показник подвійного добутку

РГ – реографія

ССЗ – серцево-судинне захворювання

ССС – серцево-судинна система

ФАСС – феномен адаптаційної стабілізації структур

ЧСС – частота серцевих скорочень

ВСТУП

Актуальність роботи. Найважливіша проблема сучасної фізіології та медицини – дослідження адаптаційних можливостей людини. Вивчаючи механізми та головні закономірності процесу адаптації організму до різних умов зовнішнього середовища фахівець може спрогнозувати стан пацієнта в умовах стресу. Сучасна особистість протягом життя постійно натрапляє на різноманітні стресові чинники, які пов'язані з соціальними, економічними, психологічними змінами. Ці чинники, а також незбалансоване харчування, дефіцит сну негативно впливають на фізичне, психічне та соціальне здоров'я людини, створюють передумови для зниження адаптаційних можливостей організму в цілому, так і окремих систем організму [1].

Уявлення про здоров'я людини завжди було динамічним, розвивалося паралельно з розвитком цивілізації, науки, зокрема знань про природу людини. Змінювалися також погляди на співвідношення таких понять як здоров'я і хвороба. Труднощі пошуку найбільш адекватних дефініцій зазвичай були пов'язані з необхідністю розв'язання конкретних наукових, практичних чи соціальних завдань. Відтак кожна дефініція здоров'я по суті відображає не лише зміст цього феномену, але й сучасні їй наукові та суспільні тенденції [2].

Щоб вирішити проблеми збереження та укріплення здоров'я населення, треба проводити комплексне обстеження, оцінювати рівень функціонування систем організму, а передусім серцево-судинної, оскільки пристосувальні процеси в організмі людини пов'язані насамперед із цією системою. Це допоможе удосконалити існуючі та шукати нові методи оптимізації функціонального стану, збереження здоров'я і майбутнього професійного довголіття населення [3].

Тому тема роботи, яка спрямована на розробку нового метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи, є актуальною науково-технічною задачею.

Робота виконана в Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» на кафедрі радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є розробка метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішення наступних завдань:

- провести аналітичний огляд існуючих методів та засобів прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини;

- розробити метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини та провести його експериментальну перевірку;

- розробити структурну схему біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини;

- провести програмну реалізацію запропонованого технічного рішення.

Об'єктом дослідження є процеси адаптації серцево-судинної системи людини до стресових дій.

Предметом дослідження є методи та засоби визнаення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи людини.

Методи дослідження – метод анкетування, метод групового експертного оцінювання, метод рангової кореляції Кендела, метод Байеса, методологія IDEF1X, об'єктно-реляційна методологія розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна. Вперше розроблено метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, що базується на методах експертного оцінювання та Байеса і дозволяє запобігти негативних наслідків, до яких може призвести зрив адаптаційних механізмів серцево-судинної системи.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що впровадження результатів роботи дозволить забезпечити підтримку прийняття рішення лікаря під час визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи та запобігти зриву процесів адаптації на ранньому етапі зниження адаптаційного потенціалу.

Публікації. За матеріалами магістерської роботи подано матеріали тез доповіді до участі в V Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні системи та технології в медицині».

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

1.1 Роль серцево-судинної системи в адаптаційних перебудовах фізіологічного стану організму

Погляди на здоров'я як дещо статичне знайшли своє відображення у визначеннях здоров'я. Здоров'я – це стан повного соціально-біологічного і психічного комфорту, коли функції всіх органів і систем організму врівноважені з природним і соціальним середовищем, відсутні будь-які захворювання, хворобливі стани та фізичні дефекти [4].

Здоров'я як процес стосується пошуку й утримання рівноваги у вигляді навантажень, із якими організм постійно має справу. Це динамічний та інтеракційний підхід. Процес здоров'я має окреслений у часі розвиток, змінюється у відповідь на зовнішні й внутрішні вимоги, що виникають, і адаптивний до цих вимог. Хвороба трактується як наслідок неспроможності цього процесу, занепад здоров'я, коли не вистачає енергії та / чи вміння, щоб справитися з вимогами і навантаженнями, зберігаючи почуття рівноваги й гармонії. Здоров'я і хвороба в цьому підході трактуються як полюси одного і того ж континууму, на якому місце індивіда протягом життя змінюється [5].

Фізичне здоров'я – найважливіший компонент у складній структурі стану здоров'я людини. Фізична або соматична складова стосується тіла. Це гармонійна єдність усіх обмінних процесів між організмом і оточуючим середовищем і, як результат цього, узгоджений перебіг обмінних процесів всередині організму, що проявляється в оптимальній життєздатності його органів і систем. Фізичне здоров'я обумовлене властивостями організму як складної біологічної системи. Як біологічна система організм володіє інтегральними властивостями, якими не володіють її окремі складові елементи (клітини, тканини, органи та системи органів). Без взаємозв'язку між собою ці

елементи не можуть підтримувати індивідуальне існування. Фізичне здоров'я обумовлюється здатністю організму до саморегулювання. Досконала координація всіх функцій – наслідок того, що живий організм становить саморегулюючу систему. Саморегуляція являє собою сутність біологічної форми розвитку, тобто життя. Ця загальна властивість біологічних систем дає змогу встановлювати та підтримувати на певному, відносно постійному рівні ті чи інші фізіологічно-біохімічні або інші біологічні показники (константи), наприклад постійність температури тіла, рівень артеріального тиску, вміст глюкози в крові тощо (це проявляється у відносно динамічній постійності внутрішнього середовища організму – гомеостазисі).

Окремо фізичне здоров'я може розглядатися як стан організму, який характеризується можливостями адаптуватися до різноманітних факторів середовища; рівень фізичного розвитку, фізична та функціональна підготовленість організму до виконання фізичних навантажень.

У сучасному світі на людей впливає велика кількість різних за своєю природою факторів довкілля. Щодня ми стикаємося з певними проблемами, які можуть спричинити розвиток стресу. Наприклад, емоційний стрес під час заліку займає найважливіше місце серед причин, що викликають психічну напругу і формують виражену психоемоційну реакцію у студентів. На дії подразників запускаються адаптивно-приспосувальні механізми. Як природні, і технічні стрес-фактори, можуть призводити до розвитку адаптивних процесів у людському організмі.

Адаптація – це процес, який забезпечує пристосування організму до умов навколишнього середовища, що змінюються. Відповідь організму на фактори навколишнього середовища залежить від сили та часу факторів, які мають стресорний характер, та від адаптаційних можливостей організму, які визначаються наявністю функціональних резервів.

Загальновідомо, що пристосувальні процеси в організмі людини пов'язані з різними функціональними системами, найбільше з серцево-судинною, тому слугують маркерами фізичного здоров'я [1, 6].

Перенапруження систем регуляції може призвести до зриву адаптації з неадекватним функціонуванням серця і судин, порушення гомеостазу, появи різних патологічних синдромів і захворювань [1].

Система кровообігу також є індикатором адаптаційних можливостей організму і рівень її функціонування можна розглядати як провідний показник, що відбиває рівновагу організму з середовищем. Рівень функціонування системи кровообігу є регульованою величиною, сталість якої підтримується механізмами регуляції, шляхом зміни як міжсистемних, так і внутрішньо-системних взаємодій та взаємозв'язків. Функціональний резерв системи кровообігу зазвичай визначається шляхом застосування функціональних проб навантаження. Чим вищий функціональний резерв, тим менше зусиль потрібно для адаптації до звичайних умов існування, умов спокою. Резервні "потужності" системи кровообігу створюють запас міцності у разі неадекватних впливів на організм і завдяки цьому її вихідний рівень функціонування знижується. Адаптація організму до впливу неадекватних факторів докілья відбувається шляхом мобілізації та витрачання функціональних резервів.

Так у спортсмена серце здатне при тому самому значенні пульсу забезпечити більш високий хвилинний обсяг кровообігу, тобто володіє вищими енергетичними і метаболічними ресурсами. Разом з тим, один і той же хвилинний об'єм серця спортсмена забезпечує велику доставку та утилізацію кисню при меншій нарузі регуляторних систем, тобто характеризується також вищими інформаційними ресурсами.

При психоемоційній нарузі адаптаційні механізми виявляються через підвищення частоти серцевих скорочень (ЧСС) загального периферичного опору. При цьому запускаються швидко з емоційних зон гіпоталамусу та довго зберігаються. При цьому гальмується барорецептивний судинно-розширювальний рефлекс, активується симпатоадреналова система, відбувається перерозподіл кровотоку до серця і мозку за рахунок збіднення кровотоку в м'язах.

Приспосувальні реакції серцево-судинної системи (ССС) забезпечують відповідність між рівнем функціонування, метаболічним та його транспортним забезпеченням. Адаптація до стресу призводить до збільшення резистентності ізольованого серця не тільки до реперфузійного парадоксу, а й до токсичних концентрацій катехоламінів або Ca_2^+ , а також підвищує стійкість основних органел міокарда – елементів саркоплазматичного ретикулуму, мітохондрій та ядер до протеолізу.

Цей комплекс змін позначений як феномен адаптаційної стабілізації структур (ФАСС) і є найімовірнішою основою кардіопротекторного ефекту адаптації до стресу.

1.2 Огляд та аналіз методів визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Сучасним методом дослідження серцевої діяльності та адаптаційних можливостей ССС, який набув широкого поширення в клінічній, авіаційній та спортивній медицині, є кардіоінтервалографія, яка полягає в комп'ютерному аналізі варіабельності серцевого ритму (рис. 1.1).

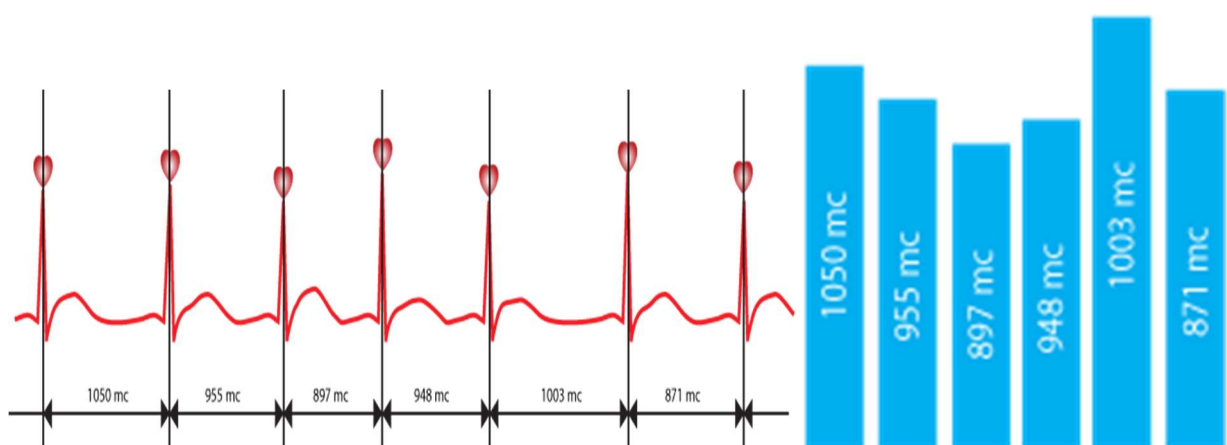


Рисунок 1.1 – Кардіоінтервалограма

Кардіоінтервалографія – напрямок аритмології, що вивчає зміни послідовностей інтервалів серцебиття внаслідок адаптаційних порушень серцевого ритму та включає в себе звичайну інтервалографію, кореляційну ритмографію, варіаційну пульсометрію, спектральний аналіз ритму серця та інші методи (рис. 1.2).

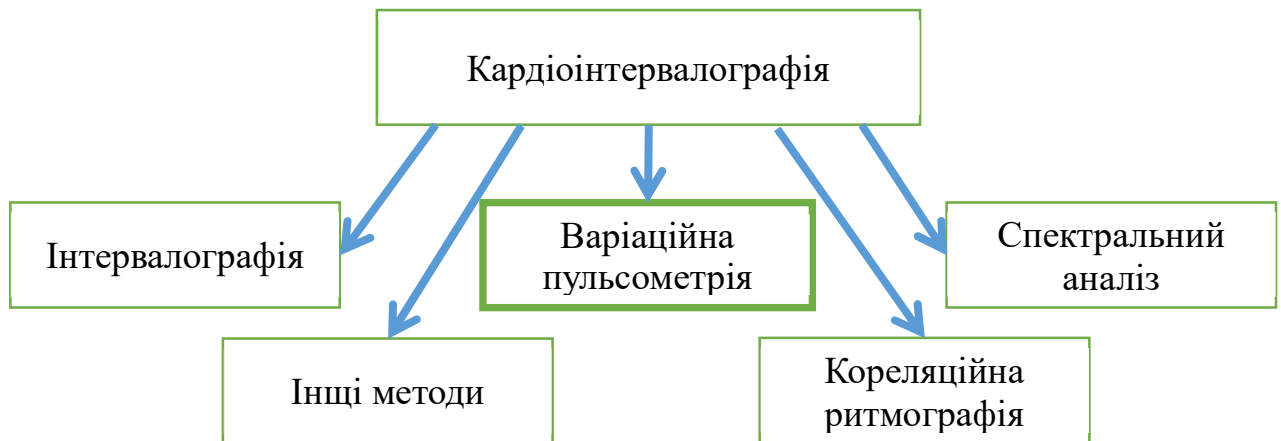


Рисунок 1.2 – Складові кірдіоінтервалографії

Вивчення структури ритму серця дає важливу інформацію про стан вегетативної регуляції серцевої діяльності та застосовується для інтегральної оцінки ступеня функціональної напруги серця, а також адаптаційних можливостей організму загалом.

При проведенні *методу кардіоінтервалографії* (КІГ) для дослідження вегетативного забезпечення діяльності використовується ортокліностатична проба [7]. При цьому виконання дослідження розбите на три етапи: дослідження проводиться в положеннях пацієнта "лежачи", "стоячи", "лежачи". Особливо важливою є можливість після завершення обстеження здійснювати кількісний аналіз реакції вегетативної нервової системи зміну положення тіла. У спокої та горизонтальному положенні реєструють кардіоінтервалограму. Потім випробуваний повільно, без зайвих рухів, встає і в зручному положенні стоїть. Відразу ж у вертикальному положенні

здійснюють реєстрацію КІГ. Потім випробуваного просять знову лягти; відразу ж після укладання реєструють КІГ.

Одним з найпростіших і найзручніших методів дослідження центральної гемодинаміки та функціонального стану судин є реографія, за допомогою якої можна вивчити механізми довготривалої адаптації судинної системи до тренувальних навантажень, а також виявляти судинні басейни з ознаками порушення кровообігу.

Характеристика функціонального стану організму людини може вважатися досить повною, тільки якщо поряд з даними, зареєстрованими у спокої, враховуються результати проведення функціональних проб з дозованим фізичним навантаженням, зокрема результати велоергометрії [8].



Рисунок 1.3 – Дослідження функціонального стану ССС людини за допомогою велоергометрії

Фізичне навантаження, як відомо, надає різноманітну дію на ССС, викликаючи, зокрема, тахікардію, помірне підвищення артеріального тиску, збільшення роботи серця і, відповідно, потреби міокарда в кисні. У здорової людини це призводить до адекватного розширення коронарних судин та збільшення скоротливості міокарда. Проби з дозованим фізичним навантаженням застосовуються з метою виявлення прихованої коронарної недостатності, мінливих порушень ритму серця та для встановлення індивідуальної толерантності до фізичного навантаження [9].

Більшість сучасних методів кількісної оцінки здоров'я характеризуються високою залежністю величини інтегрального показника стану ССС. З поширених методів кількісної оцінки здоров'я достатній ступінь надійності мають методи Р. М. Баєвського (рівень адаптаційного потенціалу), Г. Л. Апанасенко (рівень соматичного здоров'я) [10], Купера (максимальне споживання кисню) [11]. Безматірних Л. Е. були встановлені найбільш інформативні фізіологічні показники, величина яких найбільш виразно реагує на втрату здоров'я при розвитку захворювання: АТ, ЧСС у спокої та при дозованому фізичному навантаженні, інтегративний показник ефективності забезпечення організму киснем, максимальне споживання кислот в напрузі, індекс Кетле, рівень фізичної, психічної та соціальної задоволеності. Дослідження, проведені Л. Е. Безматерним на здорових та хворих індивідуумах, дозволили побудувати інтегративний індекс втрати здоров'я на основі лінійної дискримінантної моделі Фішера [12].

Методика, що запропонована Р. М. Баєвським і співавторами, базується на оцінці показників варіабельності серцевого ритму. У медицині та фізіології аналіз варіабельності серцевого ритму широко застосовується при оцінці функціонального стану організму [13], який здійснюється на основі інтегрального підходу до системи кровообігу як до індикатор адаптаційної діяльності організму (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Визначення функціонального стану людини за «Світлофором» Баєвського.

При аналізі ЕКГ у діагностиці адаптаційних можливостей застосовують наступні розрахункові показники.

Вегетативний індекс Кердо (VI) характеризує стан вегетативного тону серця:

$$VI = AT\delta / ЧСС. \quad (1.1)$$

Стан ейтонії спостерігається при $VI = 1$, симпатикотонії – при $VI < 1$, парасимпатикотонії – при $VI > 1$

Індекс Меєрсона (IME) або показник подвійного добутку (ППД) характеризує економічність функціонування серця, використовується для непрямої думки про обмінні процеси в міокарді [14]:

$$IME = ЧСС \times ATc. \quad (1.2)$$

Відомо, що споживання кисню одиницею маси міокарда лівого шлуночка при економічній роботі серця менше, ніж показник при неекономічній роботі. Так, наприклад, при економічній роботі серця у

спортсменів *ІМЕ* становить менше 7000. Збільшення цього показника може бути непрямою ознакою напруженої роботи серця.

Коефіцієнт витривалості (КВ) в умовних одиницях, який використовується для оцінювання функціонального стану ССС, визначається за формулою А. Кваса [15]:

$$KB = ЧСС * 10 / (АТс - АТд), \quad (1.3)$$

де *ЧСС* – частота серцевих скорочень;

АТс – систолічний артеріальний тиск;

АТд – діастолічний артеріальний тиск.

Відносний показник метаболічного забезпечення міокарда (%) відповідає відношенню амплітуди зубця Т до амплітуди зубця R у відведенні V5:

$$MI = AT(V5) / AR(V5) \times 100\%.$$

У разі стану гіпоксії цей показник перевищує 50%.

Широко використовується геометричний метод оцінки загальної ВСР за допомогою гістограми з розрахунком так званого триангулярного індексу ВСР:

- *триангулярний індекс ВСР* – загальна кількість усіх NN-інтервалів, розділених висотою гістограми всіх NN-інтервалів, виміряних у дискретному масштабі з кроком 7,8125 (відображає сумарну ВСР);

- *TINN* – ширина мінімального квадратного розходження трикутника з піком гістограми всіх NN (відображає сумарну ВСР).

Для оцінки хвильової структури серцевого ритму використовуються методи спектрального аналізу з розрахунком спектра потужності, які ґрунтуються на перетворенні Фур'є (непараметричний метод) або облік автокореляційної функції (параметричний метод). Вони дозволяють визначити частоту та ступінь виразності коливальних компонентів серцевого ритму [16].

Також відомий метод оцінки ступеня адаптації та напруженості механізмів регуляції у стані спокою, який враховує ЧСС, АТ, вік, фізичний стан, включаючи масу тіла та зріст пацієнтів [17]. Адаптаційний потенціал обчислюється за формулою:

$$AP=0,011*(ЧСС)+0,014*(САД)+0,008*(ДАД)+0,014*(В)+0,009*(М)-0,009*(Р)-0,27,$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв;

САТ – систолічний тиск, мм рт. ст.;

ДАТ – діастолічний тиск, мм рт. ст.;

В – вік, років; М – маса, кг;

Р – довжина тіла, см;

0,27 – незалежний коефіцієнт.

Порогові значення АП при задовільній адаптації становили 1,90 бала; напруга механізмів адаптації – 1,91 – 2,09 бала; незадовільної адаптації – 2,10 – 2,28 бали; зрив адаптації – 2,29 та більше балів. Іншими словами, чим вища розрахункова величина в балах, тим слабші адаптаційні можливості.

Також відомий спосіб оцінки адаптаційних можливостей регуляторних ресурсів, що включає дослідження варіабельності серцевого ритму, визначення значень показників спектрального аналізу кардіоінтервалограм LF-HF [18], але цей спосіб не дає інформації про порушення функцій конкретних органів або функціональних систем організму людини, а надає тільки узагальнену характеристику стану людини.

Одним із методів оцінки адаптаційних можливостей організму людини є метод визначення показника активності регуляторних систем (ПАРС) [19]. Він обчислюється за спеціальним алгоритмом, що враховує статистичні показники, показники гістограми та дані спектрального аналізу кардіоінтервалів. ПАРС дозволяє диференціювати різні ступені напруги регуляторних систем та оцінювати адаптаційні можливості організму.

Недоліком ПАРС є те, що він дозволяє отримувати лише дискретні оцінки функціональних станів, що недостатньо при динамічному контролі.

Іншим методом адаптаційних можливостей організму людини є оцінка адаптаційних можливостей організму за допомогою обчислення індексу функціональної напруги (ІФН) та послідовного розподілу за стадіями адаптації. ІФН – відношення фактичного рівня функціонування елементарної біосистеми до своєї норми адаптації.

Недоліком даного методу є те, що ЧСС та САД – це ефektorні характеристики всіх ланок адаптації, які відображають діяльність механізмів регуляції та роботу самих органів серцево-судинної системи (стан судинної стінки, міокарда). Будучи кінцевими, тобто інтегративними показниками, ЧСС та САД не дозволяють судити про баланс вегетативної та гуморальної ланок адаптації, що, у свою чергу, звужує оцінку стану адаптаційних можливостей регуляторних ресурсів.

Існує спосіб, в якому для оцінки адаптаційних можливостей системи кровообігу було запропоновано індекс функціональних змін (ІФІ) – поєднання показників антропометрії, пульсометрії та артеріального тиску [20]. Даний спосіб оцінки стану здоров'я та адаптації організму враховує клінічні ознаки та лабораторні показники: ознаки доношеності та рівень імуноглобулінів, фізіологічні рефлекси та рівень білірубину крові; комплексне лабораторне обстеження: реологічні характеристики периферичної крові, морфологічні та функціональні показники еритроцитів. За такого підходу відбувається оцінка адаптаційних можливостей кровотворної системи, а не серцево-судинної.

Відомий спосіб оцінки адаптаційних можливостей організму у критичні періоди онтогенезу у підлітків, який полягає в комплексному діагностичному дослідженні, при якому визначають тип конституції, вегетативний тонус та адаптаційні можливості серцево-судинної системи, потім встановлюють ступінь зміни еритроцитів та за таблицею прогностичних коефіцієнтів Кубальта проводять інтегральну оцінку стану адаптаційних можливостей організму у критичні періоди онтогенезу. Для прогнозу та донозологічного

виявлення стану адаптаційних ресурсів як метод ймовірної оцінки використовується метод Байєса [21]. Використання способу дозволяє визначити інформативні кількісні критерії здоров'я та адаптаційних можливостей організму в критичні періоди онтогенезу за основними системами: опорно-руховою, серцево-судинною, кровотворною.

Метод анкетування є одним з основних методів дослідження у всіх сферах діяльності. Анкетування є різновидом дослідницького методу опитування, що дозволяє на основі письмових відповідей на запропоновані питання виявити точки зору і тенденції, що мають місце в групі респондентів. Отримувану інформацію необхідно піддавати переробці, порівнянню, осмисленню, дослідженню. Методи дослідження стану організму людини, в яких використовується анкетування, дозволяють ширше поглянути на чинники, що впливають на адаптаційні реакції та виявити сховані закономірності під час їх оброблення [22]. Загальна класифікація методів анкетування наведена на рисунку 1.5.

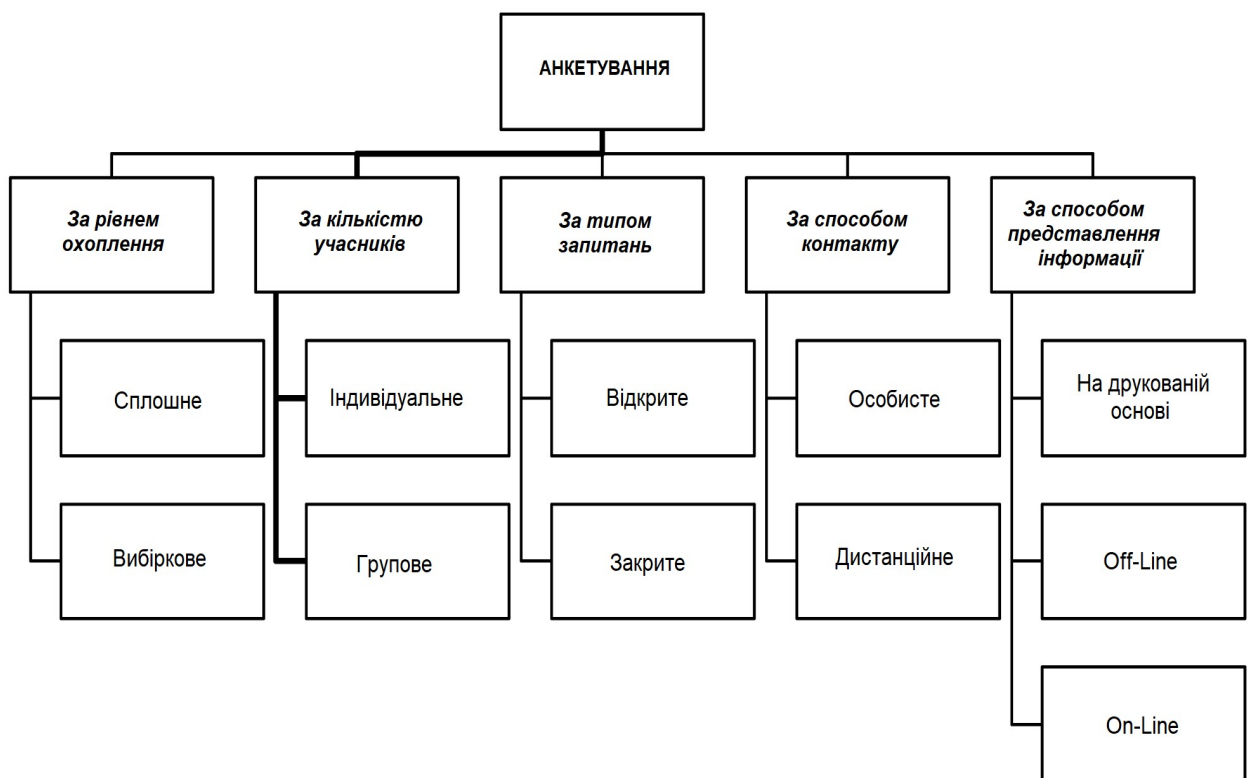


Рисунок 1.5 – Класифікація видів анкетування

Вітчизняними науковцями запропоновано метод визначення резервних можливостей ССС, який включає якісну та кількісну оцінку реакції організму на навантаження за визначеними доміантними класами патернів, які породжуються показниками ЕКГ та ВСР у тренуваних та нетренуваних осіб у стані спокою, під навантаженням та в період реституції [23].

Для кількісної оцінки реакції організму на навантаження також використовують значення трійки показників. Якщо збільшення i -го показника під навантаженням перевищує поріг нечутливості, то визначається ступінь відновлення цього показника в період реституції (індекс відновлення) за формулою:

$$\hat{x}_i = \frac{|x_i^{(3)} - x_i^{(1)}|}{|x_i^{(2)} - x_i^{(1)}|}, \quad i=1, \dots, N.$$

Запропонований індекс визначає індивідуальні резерви організму тестованого до відновлення i -го показника після дозованого навантаження: чим менше значення \hat{x}_i , тим вище адаптаційні резерви організму.

Далі визначається узагальнений індекс відновлення:

$$\eta = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N \hat{x}_i^2},$$

який являє собою нормовану за кількістю показників довжину вектора $x^{(N)} = (x^1, \dots, x^N)$ з компонентами \hat{x}_i .

При тестуванні випробуваного, якщо всі патерни збіглися з доміантними класами, тоді приймається рішення про адекватність реакції організму на навантаження.

Якщо патерни двох і більше показників (показники β_T та LF/HF) не відповідають доміантним патернам, то приймається рішення про неадекватну

реакцію на навантаження. До загального недоліку неведеного методу відноситься складність обчислювальних дій та необхідність використання додаткового інструментарію з обчислення патернів.

1.3 Огляд та аналіз засобів визначення адаптаційного потенціалу серцево- судинної системи людини

Оцінка адаптаційних можливостей організму дедалі більше сприймається як один із важливих критеріїв здоров'я. Адаптація організму до середовища здійснюється залежно від фізичних, психічних та соціальних ресурсів. Динамічна рівновага організму із середовищем позначається як баланс здоров'я.

Оцінити функціональний стан та адаптаційні можливості організму дозволяє апаратно-програмний комплекс «ВИТА-КАРД» [24]. Програмний комплекс «ВИТА-КАРД» дозволяє в реальному часі вводити ЕКГ пацієнта від електрокардіографа в ПЕОМ, проводити повний аналіз по 12-ти загальноприйнятим стандартним відведенням, проводити аналіз аритмії за замовленим відведенням протягом не менше 20 секунд з наступним занесенням до бази даних.



Рисунок 1.6 – Апаратно-програмний комплекс «Вита-Кард»

Пристрій «ВИТА-РИТМ» дозволяє накопичувати R-R інтервалограму протягом доби з подальшим аналізом за відповідними методиками. Проведення попереднього аналізу характеру порушень ритму, зафіксованих у БД та діагнозу, що поставлений на підставі аналізу ЕКГ, дозволяє додатково виявити адаптаційні резерви ССС.

Розглянемо таку систему, як «Кардіо Спектр» [25]. Ця система призначена для аналізу хвильової структури ритму серця шляхом безперервної реєстрації тривалостей усіх кардіоциклів з подальшим розрахунком спектральних та часових показників ВСР (рис. 1.7). Для отримання цих характеристик достатньо зареєструвати 200 – 400 кардіоциклів протягом 3 – 5 хвилин.



Рисунок 1.7 – Діалогове вікно вибору програми в системі експрес-аналізу варіабельності серцевого ритму «КардіоСпектр»

Математичний аналіз структури нормального ритму серця дає інформацію про стан вегетативної регуляції ССС та всього організму загалом. В даний час цей метод є загальновизнаним світовим стандартом і широко використовується у кардіології, неврології, спортивній медицині. В основу

системи покладено стандарти вимірювання, фізіологічної інтерпретації та клінічного використання показників ВСР, прийняті Європейським Товариством Кардіології та Північноамериканським Товариством Електростимуляції та Електрофізіології. Реєстрація кардіоінтервалів здійснюється за допомогою фотоелектронного датчика, що надягається на палець і реагує на пульсації кровотоку. Для роботи системи використовується IBM-сумісний комп'ютер з монітором SVGA і жорстким диском з вільним об'ємом пам'яті не менше 10 Мбайт. Комп'ютерна програма системи працює в операційному середовищі WINDOWS 95, 98, XP. Отримані дані зберігаються в електронній таблиці Excel-формату, що дозволяє проводити їхню статистичну обробку (рис. 1.8).

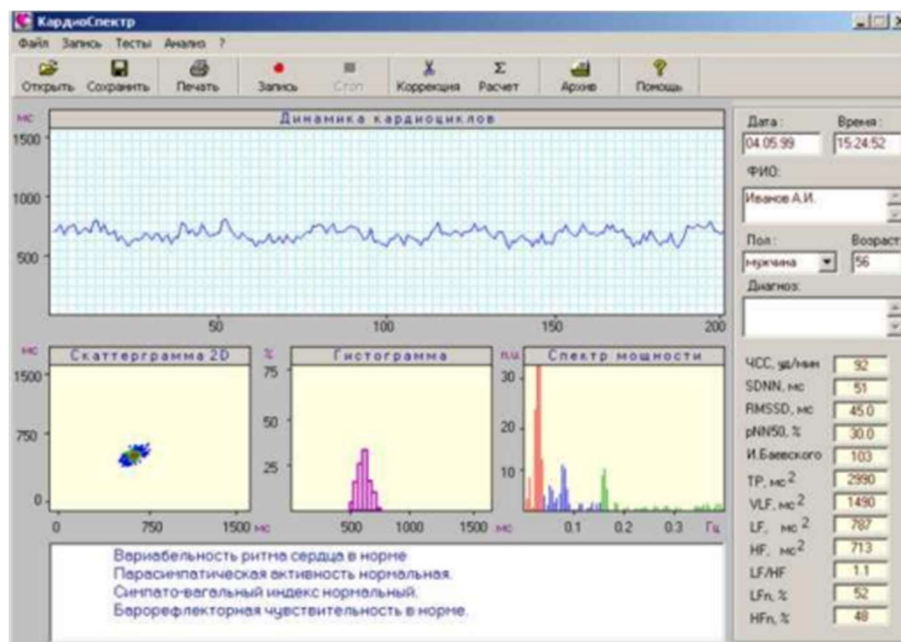


Рисунок 1.8 – Режим аналізу даних системи «КардіоСпектр»

Недоліком даної системи є те, що вона не дозволяє оцінити ступінь активності автономного та центрального контурів вегетативної регуляції серцево-судинної системи.

Також для оцінки адаптаційних можливостей організму людини апаратно-програмний комплекс (АПК) «БІОТЕСТ М» [26]. АПК надає

можливість для будь-якої людини самостійно контролювати стан енергетичних меридіанів та адаптаційних можливостей свого організму, рівень стресу та баланс витрати / відновлення енергії (рис. 1.9).

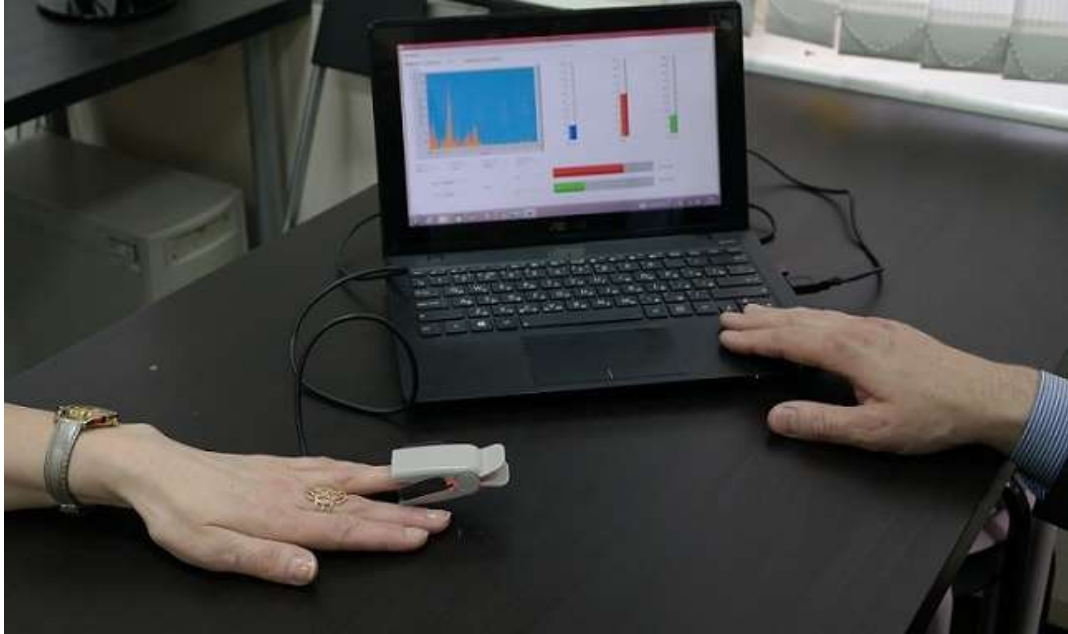


Рисунок 1.9 – Апаратно- програмний комплекс «БИОТЕСТ»

Прилад комплексу реєструє фотоплетизмограму ЧСС протягом 4 - 5 хвилин із датчика - прищипки, що накладається на палець руки. Пристрій БІОТЕСТ підключається до персонального комп'ютера (ПК) через порт USB. На ПК встановлюється програма BioTest або BioTest Easy, де відразу після виміру автоматично формуються результати виміру, ґрунтуючись на традиційних методах східної медицини та методах діагностики стану людини за ВСП Баєвського.

За допомогою БІОТЕСТА можна контролювати стан організму в процесі лікування, прийому харчових добавок, під час занять спортом і при навантаженнях. Можна зрозуміти, як на спосіб життя впливає здоров'я. Можна проводити звукотерапію власними частотами та в режимі "онлайн" спостерігати вплив будь-яких продуктів на організм.

За допомогою апаратно-програмного комплексу «Симона 111», до складу якого входить імпедансний комп'ютерний кардіограф, проводиться неінвазивний вимір різних фізіологічних показників центральної та периферичної гемодинаміки, транспорту та споживання кисню, функції дихання, температури тіла, функціональної активності мозку та активності і метаболізму [27]. Комп'ютерна програма багатфункціонального монітора «Симона 111» індексує та видає індивідуальні норми 60-ти показників ССС, які залежать не тільки від розмірів тіла, а й від його температури, а також віку та статі (рис. 1.10). Це дозволяє легко визначати відхилення всіх показників як у бік збільшення, і зменшення.



Рисунок 1.10 – Апаратно-програмний комплекс «Симона 111»

АПК «Спіроартеріокардіоритмограф» (САКР), що є компактною компіляцією трьох приладів: багатопараметрового спірометра, кардіоритмографа та артеріоритмографа, окрім оцінки в абсолютних величинах дозволяє виявити ступінь відхилення значень досліджуваних показників і показників функціонального стану [28].

За кожною системою організму, що аналізується, розраховуються межі інтервалів основних рівнів функціонального стану: рівень збалансованого стану (1 бал), незначного дисбалансу (2 бали) та дисбалансу (3 бали). Обробку отриманих матеріалів проведено стандартними статистичними методами за допомогою комп'ютерної програми MS Excel.

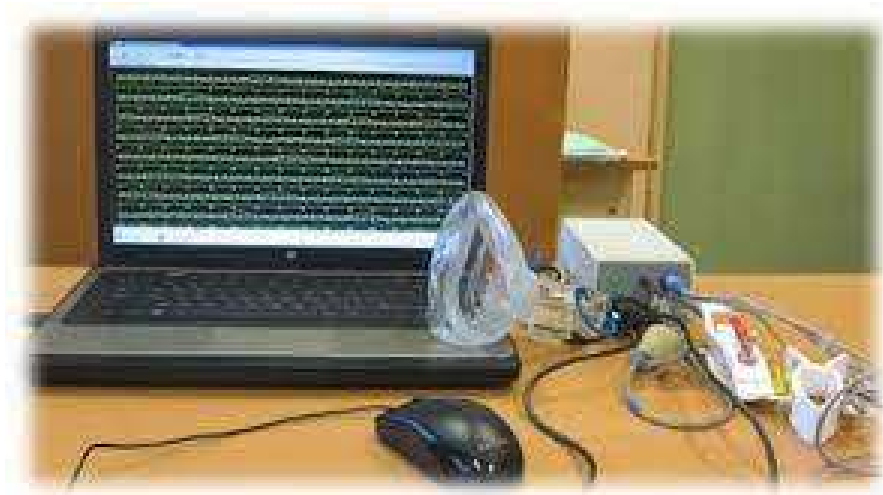


Рисунок 1.11 – Апаратно-програмний комплекс
«Спіроартеріокардіоритмограф» (САКР)

Відомий програмно-апаратний комплекс для моніторингу серцево-судинної системи на основі тонометрії «БЮДІС V2.2» дозволяє швидко та неінвазивно отримати важливі показники стану серця та судин, включаючи оцінку адаптаційних можливостей при різних психоемоційних та фізичних навантаженнях [29]. В комплексі реалізовано метод неінвазивної діагностики и моніторингу ССС, заснований на прикладній гідродинамічній теорії кровообігу (0-D моделі перебігу крові в судинах) з урахуванням кисневого балансу. Джерелом даних для гемодинамічного аналізу є процедура тонометрії.

Виходячи зі специфіки застосування, засіб тонометрії при достатній точності та чутливості має бути мобільним та стійким до термосилових впливів. У базовий склад засобу вимірювань входять один або кілька датчиків

тиску, блок обробки отриманої інформації та програмний інтерфейс (рис. 1.12).

Для тонометрії використовується манжета Ріва-Роччі, можливий автоматизований варіант з апаратним управлінням. Однак, до недоліків розглянутого комплексу можна віднести обмежений режим разових вимірів

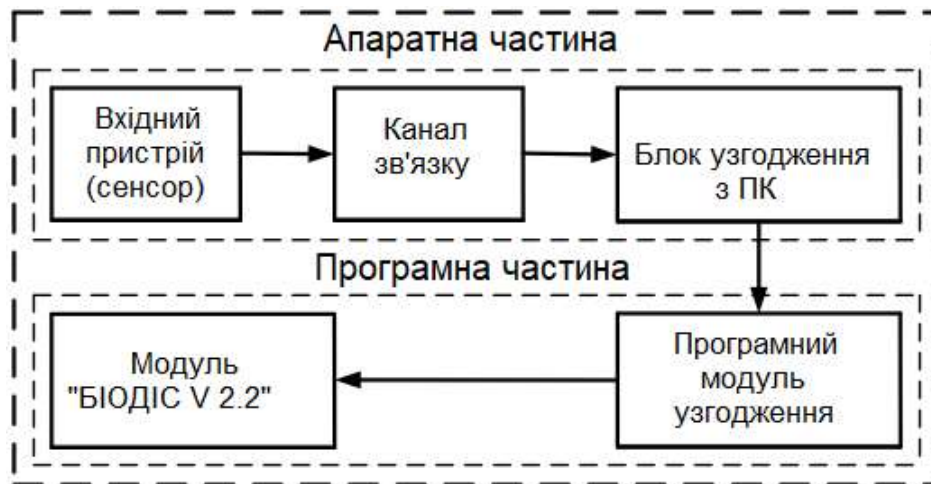


Рисунок 1.11 – Структурна схема мобільної установки програмно-апаратного комплексу для моніторингу серцево-судинної системи на основі тонометрії «БЮДІС V2.2»

без аналізу даних в динаміці, суб'єктивність визначення показників рівня стресостійкості.

Крім того сьогодні у медичній практиці знайшли своє місце і інші спеціалізовані АПК, такі як "Медконтроль", «Професійне здоров'я», "Довголіття" [30].

Автоматизована система оперативного медичного контролю "Медконтроль", використовуючи технологію ведення бази даних, дозволяє створити індивідуальний психофізіологічний та клініко-фізіологічний «портрет» кожної людини. Оцінка функціонального стану людини здійснюється шляхом порівняння вимірювальних значень артеріального тиску (систоличного та діастолічного), ЧСС з індивідуальними нормативами.

Автоматизована система «Професійне здоров'я» є системою експрес-оцінки психофізіологічних резервів людини і включає паспортні дані, клінічний статус, функціональну стійкість, психофізіологічний статус, актуальний психічний стан.

АПК "Довголіття" дозволяє за показниками біологічного віку, енергетичного віку, коефіцієнта старіння, індексу фізичного стану, аеробного енергопотенціала, ростового співвідношення, ІМТ та індексу ССС формувати загальний портрет адаптаційних можливостей організму людини.

До загального недоліку описаних комплексів можна віднести орієнтованість на визначення адаптаційних функцій всього організму людини вцілому без акцентування уваги на будь-якій окремій системі, зокрема, ССС, необхідність врахування великої кількості даних, отримання яких в деяких випадках потребують спеціального обов'язкового навчання фахівців або додаткового дорогого обладнання.

Існуючий АПК «ЗДОРОВ'Я-ЕКСПРЕС» – це сертифікований апаратно-програмний комплекс медичного експрес-обстеження функціонального стану здоров'я людини [31].

Комплект приладів АПК «ЗДОРОВ'Я-ЕКСПРЕС» включає в себе: ваги, ростомір, кистьовий динамометр, сантиметрова стрічка; автоматичний тонометр, інтегрований із програмною оболонкою PCNT; комп'ютерний кардіопідсилювач ЕК06Ц-02 з комплектами електродів на кінцівки та поясом для кріплення на тілі спортсмена; програмний модуль «ЗДОРОВ'Я-ЕКСПРЕС» для оцінки рівня здоров'я на основі аналізу варіабельності серцевого ритму та математичної моделі процесів розвитку організму (рис. 1.13).

Крім того програмний засіб АПК включає в себе програмний модуль для анкетування з виявленням факторів ризику розвитку хронічних неінфекційних захворювань та оцінки сумарного серцево-судинного ризику за шкалою SCORE, програмний модуль "Стресс-тест" для проведення навантажувальних

проб під контролем ЕКГ, програмний модуль для обліку даних антропометрії та вбудований тест Люшера.



Рисунок 1.13 – АПК «ЗДОРОВ'Я-ЕКСПРЕС»

Реляційна база даних, що є ядром системи дозволяє вводити та зберігати дані про зріст, масу тіла, силу стиснення кисті, артеріальний тиск та температуру тіла, результати аналізу ВСР, напруженості регуляторних систем та адаптаційних можливостей організму за системою ПАРС. В системі відбувається порівняння отриманих даних із статеві-віковими нормами з формуванням автоматизованого висновку.

Відомо, що ритм серця – універсальна реакція організму на будь-який вплив з боку зовнішнього та внутрішнього середовища і діагностична цінність фазового портрета ЕКГ полягає у використанні додаткової інформації, що міститься у швидкісних характеристиках досліджуваного процесу. Покладений в основу електрокардіографічної системи "Фазаграф" метод дозволяє з високою точністю оцінити форму ЕКГ та виявити в ній такі відхилення, які зазвичай приховані від лікаря під час аналізу ЕКГ у часовій області [32]. Як додаткові діагностичні ознаки ЕКГ у фазовому просторі

запропоновано використовувати параметр розсіювання точок фазового портрета σ , кут його орієнтації α та параметр β_T , що характеризує симетрію фрагмента реполяризації усередненої фазової траєкторії щодо осі $y=0$ [23, 32].

Система реалізує метод обробки одноканальної ЕКГ (метод фазаграфії). Інтегральна оцінка функціонального стану серця здійснюється за показником вегетативного тону (ВТ), діагностична цінність якого підтверджена клінічними дослідженнями (рис. 1.14).

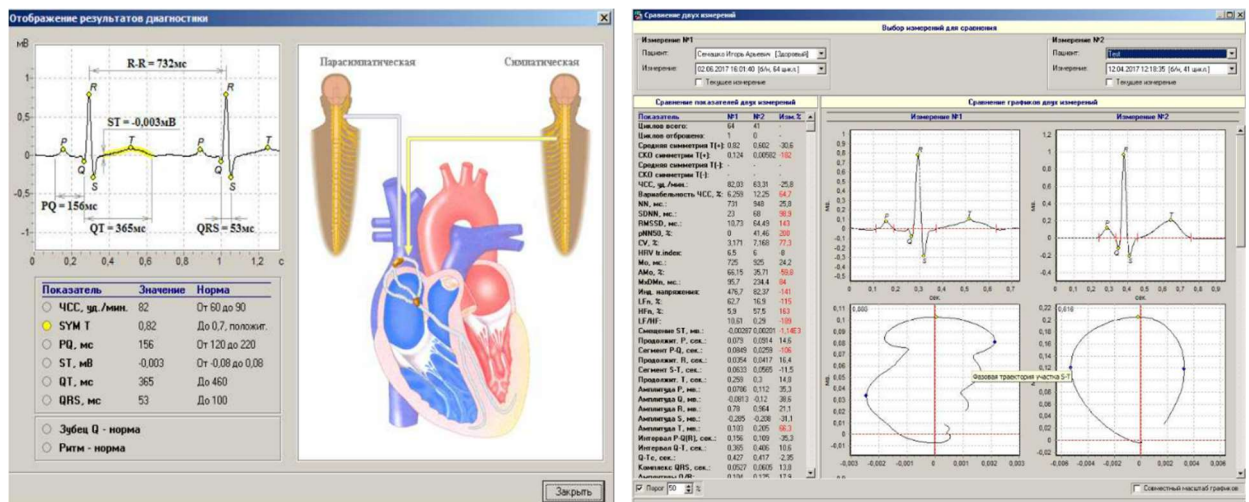


Рисунок 1.14 – Діалогові вікна стаціонарного варіанта електрокардіографічної системи "Фазаграф"

Результат тестування візуалізується на індикаторі в вигляді «термометра» відносно шкали з трьох градаций кольорів: зелений колір – «НОРМА», жовтий – «ЗАДОВІЛЬНО», червоний – «УВАГА», може озвучуватися відповідним голосовим повідомленням. Як датчик використовується реєстратор ЕКГ моделі 06000.1, підключення реєстратора ЕКГ до ПК виконується за допомогою бездротового інтерфейсу Bluetooth (рис. 1.15).

Відома автоматизована система «Ефект» призначена для вирішення задач діагностики порушень функціонального стану людини-оператора з використанням адаптованих тестів та анкет, побудови зведених чисельних



Рисунок 1.15 – Портативний варіант системи «Фазаграф»

оцінок функціонального стану за сукупністю різнорідних відомостей, ведення електронної медичної карти, вибору відновлювальних заходів, спрямованих на підтримку адаптаційних резервів. Однак наведена система є вузькоспеціалізованою та не дозволяє визначати зниження адаптаційного потенціалу ССС.

Таким чином, виходячи з аналізу великої кількості існуючих методів та засобів оцінки адаптаційного потенціалу людини, зокрема його ССС, можна зробити висновок про необхідність розробки метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС людини з метою вдосконалення існуючих підходів до профілактики серцево-судинних хвороб.

2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО- СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

На сьогодні існує достатня кількість затверджених схем лікування серцево-судинних захворювань, однак чіткої системи визначення зниження адаптаційних можливостей ССС, включаючи зниження адаптаційного потенціалу ССС людини не існує.

Метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини базується на математичній моделі визначення ймовірності зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи пацієнта. Розробку даної математичної моделі виконано за даними хворих із зривом механізмів адаптації, пацієнтів із незадовільною адаптацією, а також умовно здорових людей із задовільною адаптацією на основі анкетних даних (діагностичних тестів), що надані експертами, та формули Байєса.

В методі, що розробляється, будемо використовувати анкету, яка являє собою перелік питань і можливих варіантів відповідей. Діагностичні тести, за аналогією з [33], повинні бути побудовані за таким принципом:

- 1) перша група питань – це питання, які дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, на який не може вплинути лікування;
- 2) друга група питань – це питання, які дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, який підлягає частковому лікуванню (наприклад, алкоголізм);
- 3) третя група питань – це питання, які дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, який підлягає лікуванню.

Це пов'язано з тим, що у випадку прогнозування виникнення зниження адаптаційного потенціалу, використовуючи питання другої та третьої груп математичної моделі для станів пацієнтів, які відрізняються від нормального, можна отримати оптимальний спосіб профілактичного лікування.

Питання повинні чітко визначати прояв зниження адаптаційних механізмів ССС або ж задовільну адаптацію, а відповіді на них пацієнт повинен давати в першу чергу. Решта питань повинна містити додаткову інформацію, яка допомагає точніше визначити ймовірність зниження адаптаційних можливостей ССС.

Зміст анкет повинен дозволити експерту проставити хоча б трирівневі оцінки: найменша, середня, найбільша. Подальша обробка інформації експертами базується на законах статистики та теорії ймовірностей.

Достовірність експертної оцінки залежить від кількості та кваліфікації експертів. Оцінюючи експертів застосовують різні показники, основні у тому числі – компетентність, широта мислення, практичність.

1. Компетентність, тобто авторитетність експерта, характеризує ступінь його кваліфікації, рівень знання у цій галузі, знайомство з досягненнями науки й техніки, можливість передбачення перспективи розвитку проблеми. Оцінити чисельно компетентність експерта нелегко. Самооцінку компетентності можна виконати за такою формулою:

$$K_e = 0,5 \cdot (K_1 + K_2),$$

де K_1 – коефіцієнт поінформованості з поставленої проблеми, що встановлюється методом самооцінки експертів у межах 0-0,1 бала;

K_2 – коефіцієнт аргументації, що встановлюється методом самооцінки експерта порівняно з еталонною [34]. Експерт заповнює чисту таблицю та зіставляє з еталонною таблицею 2.1. Ступінь впливу вважається високим при $K=0,9$, середнім при $K=0,8$ і низьким при $K=0,5$.

2. Широта мислення та практичність визначається як комплексна оцінка кваліфікації експерта, що розраховується шляхом визначення коефіцієнта наближення експерта до середньої оцінки групи експертів:

$$K_B = \frac{P_i}{P},$$

де P_i – оцінка i -го експерта;

\bar{P} – середня групова оцінка.

Чим ближче вона до 1, тим вищою є кваліфікація експерта.

Таблиця 2.1 – Еталонна таблиця

Джерело аргументації	Ступінь впливу джерела на думку експерта		
	високий	середній	низький
Проведений експертом теоретичний аналіз	0,3	0,2	0,1
Виробничий досвід	0,5	0,4	0,2
Узагальнення інформації з вітчизняної літератури	0,05	0,05	0,05
Узагальнення закордонного досвіду	0,05	0,05	0,05
Знайомство із станом справ за кордоном	0,05	0,05	0,05
Інтуїція експерта	0,05	0,05	0,05

Список експертів – фахівців має становити від 5 до 15 осіб. При цьому, якщо вірогідність правильного судження кожного фахівця дорівнює 0,7, то ймовірність того, що всі експерти приймуть це рішення становить для групи з 5 осіб – 0,525; для групи з 7 осіб – 0,647, а з 10 – 0,65. Отже, у разі зростання числа фахівців від 7 до 10 ймовірність прийняття певного рішення всіма збільшується незначно.

Після визначення кількості експертів та їх відбору визначаються із бальною оцінкою запитань, що надаються в анкеті. Слід зазначити, що експертні оцінки несуть у собі як вузько-суб'єктивні риси, властиві будь-якому професіоналу своєї справи, так і колективно-суб'єктивні, властиві колегиї експертів. Перші усуваються у процесі обробки індивідуальних експертних оцінок, другі не зникають, які методи обробки не застосовувалися.

На наступному кроці відбувається перехід від бальних оцінок до ранжування. В анкетах, запропонованих експертам, можна попросити опитуваних проранжувати фактори за ступенем важливості або проставити бали. У другому випадку результати опитування все одно можна звести до ранжування.

Фактору, що набрав найбільшу кількість балів, надається ранг 1. Наступному – ранг 2 і так далі. Факторам, які отримали однакову кількість балів, надаються однакові ранги. Для кожного фактора обчислюється середній бал:

$$\bar{S}_i = S_i / N,$$

де \bar{S}_i – середній бал по і-му фактору;

S_i – сума балів, що присвоєні і-му фактору, яка визначається за формулою

$$S_i = \sum_{j=1}^N B_{ij};$$

N – кількість експертів, що були опитані;

B_{ij} – кількість балів, що проставлені і-му запитанню j -м експертом.

Розкид думок експертів може бути оцінен за допомогою коефіцієнта варіації по і-му показнику (запитанню):

$$C_{vi} = \sigma_i / \bar{S}_i,$$

де σ_i – середньоквадратичне відхилення балів від середнього для і-го фактора (запитання), що визначається за формулою:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (B_{ij} - \bar{S}_i)^2}{N - 1}}.$$

Допустимим розкидом думок вважається значення, що не перевищує 0,2 – 0,3 [35].

Надалі визначається узгодженість думок експертів. Критерій узгодженості визначається на основі дисперсійного аналізу. Розглядаються результати експертної інформації у вигляді n ранжованих показників об'єктів групою з m експертів. Узгодженість думок експертів визначається за критерієм конкардації Кендела:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^m (S_i - \bar{S}_i)^2}{N^2 \cdot (m^3 - m) - N \cdot \sum_{j=1}^N T_j}$$

У наведеному виразі $S_i = \sum_{j=1}^N R_{ij}$ – сума рангів, що присвоєні i -му фактору усіма експертами, m – кількість факторів (запитань), які оцінюються, N – загальна кількість експертів, R_{ij} – ранг, що присвоєно i -му фактору j -м експертом.

$$\bar{S}_i = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m}$$

Інтегральним показником ступеня узгодженості думок експертів в сукупності усіх моментів вважається коефіцієнт узгодженості з відповідним рівнем значущості γ , який обчислюється за формулою:

$$T_j = \sum_{i=1}^{L_j} (t_{ji}^3 - t_{ji}l)$$

У цьому виразі L_j – кількість груп однакових рангів у ранжованому ряді, наведеному j -м експертом, l – порядковий номер групи із співпавшими

рангами, t_{jl} – кількість однакових рангів по j -му експерту в групі з номером l .

Значення W , що розраховується, лежить в межах $0 \leq W \leq 1$. Якщо $W=1$, то має місце повна узгодженість думок експертів, якщо $W = 0$, то має місце повне неузгодження думок. Узгодженість думок вважається достатньою, якщо $W \geq 0,7$ [36].

У випадку, коли група експертів розмежується на дві протиположних сторони, то узгодженість думок між двома еспертами або двома групами експертів визначається методом рангової кореляції:

$$R = 1 - \frac{6}{m^3 - m} \sum_{i=1}^m (R_{1i} - R_{2i})^2.$$

Парна кореляція існує, тобто коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо:

$$|R| < q, \quad q = (\sqrt{m-1})^{-1} \cdot \varphi \cdot 0,5 \cdot (1 - \beta),$$

де q – пороговий коефіцієнт кореляції;

β – рівень значущості, який приймається рівним 0,05;

$\varphi[(1-\beta)/2]$ – значення, зворотне до величини функції Лапласа або інтегралу імовірностей (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значення функції $\varphi(x)$, де $x = (1-\beta)/2$

x	$\varphi(x)$	$1/\varphi(x)$	x	$\varphi(x)$	$1/\varphi(x)$	x	$\varphi(x)$	$1/\varphi(x)$
0,445	0,4672	2,14	0,465	0,4866	2,06	0,485	0,5060	1,98
0,450	0,4720	2,12	0,470	0,4914	2,04	0,490	0,5108	1,96
0,455	0,4769	2,10	0,475	0,4963	2,02	0,495	0,5157	1,94
0,460	0,4817	2,08	0,480	0,5011	2,00	0,500	0,5205	1,92

Сформована анкета надається пацієнтові на заповнення.

Анкету, яку заповнено пацієнтом, можна представити у вигляді матриці, наприклад:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad (2.1)$$

де a_{ij} – j -й варіант відповіді на i -те запитання. Тобто першому питанню відповідають варіанти відповідей $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}$, другому – $a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}$, m -му запитанню – відповіді $a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn}$.

На кожне питання може бути лише один варіант відповіді: якщо пацієнт вибрав відповідь a_{**} на $*$ -те запитання, то цьому елементу матриці відповідатиме одиниця, а всім іншим варіантам – автоматично присвоюється значення нуль.

Заповнена анкета матиме наступний вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Нехай для побудови моделі зниження адаптаційних можливостей серцево-судинної системи було опитано наступних пацієнтів:

- k_1 - кількість досліджуваних хворих із зривом механізмів адаптації;
- k_2 - кількість досліджуваних хворих із незадовільною адаптацією;
- $k_3 = k_1 + k_2$ - кількість досліджуваних хворих із змінами адаптаційних механізмів серцево-судинної системи;
- k_4 - кількість досліджуваних із задовільною адаптацією.

На основі даних анкет досліджуваних пацієнтів побудуємо:

- 1) HI – матрицю станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути зрив механізмів адаптації, і яка сформована на основі інформації про kI ;

- 2) H_2 – матрицю станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути незадовільна адаптація, і яка сформована на основі інформації про k_2 ;
- 3) H_3 - матрицю станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути зниження адаптаційного потенціалу серцево- судинної системи, і яка сформована на основі інформації про k_3 ;
- 4) H_4 - матрицю станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що пацієнт на протязі 1 року матиме задовільною адаптацією ССС, і яка сформована на основі інформації про k_4 .

Математичні моделі $H_i, i = 1,4$, являють собою матриці, елементами яких є імовірності, що знайдені на основі інформації про хворих або здорових людей відповідно до (2.1). Так, математична модель H_1 матиме вигляд:

$$H_1 = \begin{pmatrix} \frac{b_{11}}{k_1} & \frac{b_{12}}{k_1} & \dots & \frac{b_{1n}}{k_1} \\ \frac{b_{21}}{k_1} & \frac{b_{22}}{k_1} & \dots & \frac{b_{2n}}{k_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{b_{m1}}{k_1} & \frac{b_{m2}}{k_1} & \dots & \frac{b_{mn}}{k_1} \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

тобто b_{11} – кількість пацієнтів із зривом механізмів адаптації, які дали позитивну відповідь на 1-ий варіант 1-го питання, b_{12} – кількість пацієнтів, які дали позитивну відповідь на 2-ий варіант 1-го питання, b_{mn} – кількість пацієнтів, які дали позитивну відповідь на n -ий варіант m -го запитання.

Аналогічно будуються й моделі H_2, H_3, H_4 відповідно.

$$H_2 = \begin{pmatrix} \frac{c_{11}}{k_2} & \frac{c_{12}}{k_2} & \dots & \frac{c_{1n}}{k_2} \\ \frac{c_{21}}{k_2} & \frac{c_{22}}{k_2} & \dots & \frac{c_{2n}}{k_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{c_{m1}}{k_2} & \frac{c_{m2}}{k_2} & \dots & \frac{c_{mn}}{k_2} \end{pmatrix}, \quad (2.3)$$

$$H_3 = \begin{pmatrix} \frac{b_{11}+C_{11}}{k_3} & \frac{b_{12}+C_{12}}{k_3} & \dots & \frac{b_{1n}+C_{1n}}{k_3} \\ \frac{b_{21}+C_{21}}{k_3} & \frac{b_{22}+C_{22}}{k_3} & \dots & \frac{b_{2n}+C_{2n}}{k_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{b_{m1}+C_{m1}}{k_3} & \frac{b_{m2}+C_{m2}}{k_3} & \dots & \frac{b_{mn}+C_{mn}}{k_3} \end{pmatrix}, \quad (2.4)$$

$$H_4 = \begin{pmatrix} \frac{d_{11}}{k_4} & \frac{d_{12}}{k_4} & \dots & \frac{d_{1n}}{k_4} \\ \frac{d_{21}}{k_4} & \frac{d_{22}}{k_4} & \dots & \frac{d_{2n}}{k_4} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{d_{m1}}{k_4} & \frac{d_{m2}}{k_4} & \dots & \frac{d_{mn}}{k_4} \end{pmatrix}. \quad (2.5)$$

Застосуємо формулу Байєса, загальний вигляд якої має вид:

$$P\left(\frac{H_i}{A}\right) = \frac{P(H_i) \cdot P(A/H_i)}{\sum_{i=1}^l P(H_i) \cdot P(A/H_i)},$$

де $H_i, i = \overline{1, 4}$ - значення стану, що визначено за (2.2) – (2.5),

A – подія, яка визначає факт отримання та заповнення пацієнтом анкети, на базі якої за (2.1) буде створено масив A .

Будемо обчислювати наступні імовірності:

- 1) $P\left(\frac{H_1}{A}\right)$ – імовірність того, що матриця, заповнена пацієнтом, збігається з математичною моделлю H_1 , тобто існує ймовірність, що пацієнт матиме зрив механізмів адаптації серцево-судинної системи;
- 2) $P\left(\frac{H_2}{A}\right)$ – імовірність того, що матриця, заповнена пацієнтом, збігається з математичною моделлю H_2 , тобто існує ймовірність, що пацієнт матиме незадовільну адаптацію серцево-судинної системи;
- 3) $P\left(\frac{H_3}{A}\right)$ – імовірність того, що матриця, заповнена пацієнтом, збігається з математичною моделлю H_3 , тобто існує ймовірність, що пацієнт матиме зниження адаптаційних можливостей серцево-судинної системи;

- 4) $P\left(\frac{H_4}{A}\right)$ – імовірність того, що матриця, заповнена пацієнтом, збігається з математичною моделлю H_4 , тобто існує ймовірність, що у пацієнта буде визначена задовільна адаптація серцево-судинної системи.

Для формування прогнозу зниження адаптаційних можливостей спочатку обчислюється ймовірності $P(H_4/A)$ та $P(H_3/A)$ для визначення того, чи потрапляє пацієнт в групу ризику мати зниження адаптаційних можливостей, і, якщо потрапляє, то знаходимо ймовірності $P(H_2/A)$ та $P(H_1/A)$, що дозволяє визначити тип зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

Розглянемо перший етап прогнозування:

$$P\left(\frac{H_4}{A}\right) = \frac{P(H_4) \cdot P(A/H_4)}{P(H_3) \cdot P(A/H_3) + P(H_4) \cdot P(A/H_4)},$$

Тоді

$$P\left(\frac{H_3}{A}\right) = 1 - P\left(\frac{H_4}{A}\right),$$

$$\text{де } P(H_3) = \frac{k_3}{k_3+k_4}, P(H_4) = \frac{k_4}{k_3+k_4}.$$

Якщо матриця H_3 має вигляд (4), а матриця A заповнена пацієнтом як

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

то

$$P\left(\frac{A}{H_3}\right) = \frac{b_{11}+c_{11}}{k_3} \cdot \frac{b_{21}+c_{21}}{k_3} \cdot \frac{b_{22}+c_{22}}{k_3} \cdot \dots \cdot \frac{b_{1n}+c_{1n}}{k_3} \cdot \dots \cdot \frac{b_{mn}+c_{mn}}{k_3}.$$

Аналогічно визначається $P\left(\frac{A}{H_4}\right)$:

$$P\left(\frac{A}{H_4}\right) = \frac{d_{11}}{k_4} \cdot \frac{d_{21}}{k_4} \cdot \frac{d_{12}}{k_4} \cdot \frac{d_{22}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{m2}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{1n}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{mn}}{k_4}.$$

Отже, врахувавши, отримані записи, отримаємо наступну формулу для обчислення ймовірності того, що пацієнт на протязі наступного року не матиме зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи:

$$P\left(\frac{H_4}{A}\right) = \frac{\frac{k_4}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{d_{11}}{k_4} \cdot \frac{d_{21}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{mn}}{k_4}\right)}{\frac{k_3}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{b_{11}+c_{11}}{k_3} \cdot \frac{b_{21}+c_{21}}{k_3} \cdot \dots \cdot \frac{b_{mn}+c_{mn}}{k_3}\right) + \frac{k_4}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{d_{11}}{k_4} \cdot \frac{d_{21}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{mn}}{k_4}\right)}, \quad (2.6)$$

а ймовірність того, що пацієнт на протязі наступних років матиме зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи за формулою:

$$P\left(\frac{H_3}{A}\right) = 1 - P\left(\frac{H_4}{A}\right).$$

На другому етапі прогнозування виконуються розрахунки, що аналогічні розрахункам на першому етапі, використовуючи дані матриць H_1 , H_2 і матрицю A , заповнену пацієнтом:

$$P\left(\frac{H_1}{A}\right) = \frac{\frac{k_1}{k_1+k_2} \cdot \left(\frac{b_{11}}{k_1} \cdot \frac{b_{21}}{k_1} \cdot \dots \cdot \frac{b_{mn}}{k_1}\right)}{\frac{k_2}{k_1+k_2} \cdot \left(\frac{c_{11}}{k_2} \cdot \frac{c_{21}}{k_2} \cdot \dots \cdot \frac{c_{mn}}{k_2}\right) + \frac{k_1}{k_1+k_2} \cdot \left(\frac{b_{11}}{k_1} \cdot \frac{b_{21}}{k_1} \cdot \dots \cdot \frac{b_{mn}}{k_1}\right)}. \quad (2.7)$$

Тоді ймовірності того, що у пацієнта на протязі наступних років з'явиться незадовільна адаптація визначається за формулою:

$$P\left(\frac{H_2}{A}\right) = 1 - P\left(\frac{H_1}{A}\right).$$

Дані ймовірності обчислюються на основі даних досліджуваної групи людей, в результаті чого формуються проміжки (α_1, α_2) , (α_2, α_3) , (α_3, α_4) .

Отже, інтервали ймовірностей (α_2, α_3) , (α_3, α_4) визначатимуть стан зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи. Загальна структура метода наведена в додатку Б.

Таким чином, розроблений метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, що базується на теоремі Байєса та експертному оцінюванні, дозволяє лікарю своєчасно призначати лікувально-профілактичні заходи для запобігання негативних наслідків.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДА ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

3.1 Експериментальна перевірка методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Під час експериментальної перевірки розробленого методу попередньо розроблену анкету було надано 5 експертам-лікарям, яким за 10-та бальною шкалою було запропоновано оцінити запитання анкети на можливість оцінки ризику зниження адаптаційного потенціалу ССС. Під час опитування також пропонувалося заповнити дані про себе – стаж, вік, досвід лікування ССЗ.

Після обробки результатів були виявлені фактори, які дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, на який може вплинути лікувально-профілактичні заходи та питання, які дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, який підлягає частковому лікуванню (наприклад, надлишкова маса тіла). В таблиці 3.1 наведені фактори, що визначають стан адаптаційних можливостей та бальна оцінка п'яти експертів.

Таблиця 3.1 – Запитання (фактори), що обрані експертами та їх бальна оцінка

Фактори	Номер експерта				
	1	2	3	4	5
Вік	7	7	10	10	7
Чи страдаєте ви цукровим діабетом або хронічною нирковою недостатчністю?	7	5	10	5	10
Чи курите ви?	10	5	10	10	10
Чи вживаєте ви алкоголь	8	7	10	7	10
Маса тіла	10	10	8	10	10

Продовження табл. 3.1

Фізична активність	8	10	10	10	10
Чи помічали ви у себе підвищення артеріального тиску (у тому числі одноразове) більше 140/90 мм. рт. ст.?	7	8	7	10	7
Чи схильні ви до стресів	5	7	7	10	7
Чи страшно вам дивитися вниз із великої висоти?	7	7	7	8	7
Чи легко вас розсердити?	10	5	7	8	7

Далі обчислювалася середній бал \bar{S}_i , коефіцієнта варіації по i -му показнику (запитанню) C_{vi} та середньоквадратичне відхилення балів від середнього σ_i . Результати розрахунку наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати опитування експертів

Фактор	Середній по фактору бал, \bar{S}_i	Коефіцієнт варіації, C_{vi}	Середньоквадратичне відхилення, σ_i	Ранг
1 Маса тіла	9,60	0,09	0,89	1
2 Фізична активність	9,60	0,09	0,89	1
3 Чи курите ви?	9,00	0,25	2,23	3
4 Чи вживаєте ви алкоголь?	8,40	0,18	1,51	4
5 Вік	8,20	0,20	1,64	5
6 Чи помічали ви у себе підвищення артеріального тиску (у тому числі одноразове) більше 140/90 мм. рт. ст.?	7,80	0,17	1,30	6

Продовження табл. 3.2

7 Чи страдаєте ви цукровим діабетом або хронічною нирковою недостатчністю?	7,40	0,34	2,50	7
8 Чи легко вас розсердити?	7,40	0,24	1,81	7
9 Чи схильні ви до стресів?	7,20	0,25	1,78	9
10 Чи страшно вам дивитися вниз із великої висоти?	7,20	0,06	0,44	9

Середній бал дозволив проранжувати фактори за ступенем впливу на визначення ризику зниження адаптаційного потенціалу ССС. Перший ранг був наданий фактору з найбільшим середнім балом (маса тіла). У верхніх рядках таблиці розмістились питання, що описують стан здоров'я пацієнта, на який може вплинути лікування.

Також, виходячи з результатів таблиці 3.2 можна сказати, що розкид думок експертів є допустимим для усіх факторів, окрім фактора 7 – $C_{vi} = 0,34$, тоді як допустимим вважається розкид, який не перевищує значення 0,3. Таким чином робиться висновок про необхідність оцінки узгодженості думок експертів, оскільки вони можуть дуже розходитися за параметрами, що оцінюються.

Розраховане значення коефіцієнта конкордації Кендела при рівні значущості $\gamma=0,05$, склало 0,728, що говорить про достатню узгодженість думок експертів.

Таким чином, можна вважати, що розроблена анкета може бути застосована для визначення ризику зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

Надалі анкетування для визначення ризику зниження адаптаційного потенціалу ССС проводили серед пацієнтів чоловічої та жіночої статі у віці від 25 до 60 років, які були поділені за результатами клінічного дослідження на 3

групи: група k_4 – досліджувані із задовільною адаптацією (46 осіб); група k_3 – досліджувані із зниженням адаптаційних механізмів серцево-судинної системи (34 особи), при цьому ця група була розділена на підгрупи k_1 – досліджувані із зривом механізмів адаптації (14 осіб) та k_2 – досліджувані із незадовільною адаптацією (20 осіб).

Після анкетування усі відповіді були оброблені, що включало їх кодування та ранжування (табл. 3.3- 3.6).

Таблиця 3.3 – Результати опитування групи k_1 (14 осіб)

Варіанти відповіді	Запитання анкети												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	27
B1	3	7	8	9	6	5	5	3	8	6	5	...	2
B2	2	7	4	3	3	5	4	3	6	8	9	...	5
B3	8	-	1	-	5	4	5	8	-	-	-	...	3
B4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	4

Таблиця 3.4 – Результати опитування групи k_2 (20 осіб)

Варіанти відповіді	Запитання анкети												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	27
B1	5	6	10	16	14	6	5	3	13	9	6	...	6
B2	5	14	7	4	4	9	11	12	7	11	14	...	5
B3	7	-	3	-	2	5	4	5	-	-	-	...	6
B4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	3

Надалі були сформовані матриці H_1 , H_2 , H_3 та H_4 (3.1- 3.4).

Формування матриці H_3 відбувалось шляхом склеювання матриць H_1 та H_2 .

Після формування матриць обчислюємо апіорні імовірності та переходимо до наступного етапу прогнозування.

Таблиця 3.5 – Результати опитування групи k_3 (34 особи)

Варіанти відповіді	Запитання анкети												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	27
B1	8	13	18	25	20	11	10	6	21	15	11	...	8
B2	7	21	11	7	7	14	15	15	13	19	23	...	10
B3	15	-	4	-	7	9	9	13	-	-	-	...	9
B4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	7

Таблиця 3.6 – Результати опитування групи k_4 (46 осіб)

Варіанти відповіді	Запитання анкети												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	27
B1	10	20	35	42	34	7	10	10	28	29	27	...	16
B2	10	26	10	4	4	29	26	22	18	17	19	...	20
B3	16	-	1	-	8	10	10	14	-	-	-	...	6
B4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	...	4

$$H_1 = \begin{vmatrix} 0,21 & 0,50 & 0,57 & 0,64 & 0,43 & 0,36 & 0,36 & 0,21 & 0,57 & 0,43 & 0,36 & \dots & 0,14 \\ 0,14 & 0,50 & 0,29 & 0,21 & 0,21 & 0,36 & 0,29 & 0,21 & 0,43 & 0,57 & 0,64 & \dots & 0,36 \\ 0,57 & 0,00 & 0,07 & 0,00 & 0,36 & 0,29 & 0,36 & 0,57 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,21 \\ 0,07 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,29 \end{vmatrix} \quad (3.1)$$

$$H_2 = \begin{vmatrix} 0,25 & 0,30 & 0,50 & 0,80 & 0,70 & 0,30 & 0,25 & 0,15 & 0,65 & 0,45 & 0,30 & \dots & 0,30 \\ 0,25 & 0,70 & 0,35 & 0,20 & 0,20 & 0,45 & 0,55 & 0,60 & 0,35 & 0,55 & 0,70 & \dots & 0,25 \\ 0,35 & 0,00 & 0,15 & 0,00 & 0,10 & 0,25 & 0,20 & 0,25 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,30 \\ 0,15 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,15 \end{vmatrix} \quad (3.2)$$

$$H_3 = \begin{vmatrix} 0,24 & 0,38 & 0,53 & 0,74 & 0,59 & 0,32 & 0,29 & 0,18 & 0,62 & 0,44 & 0,32 & \dots & 0,24 \\ 0,21 & 0,62 & 0,32 & 0,21 & 0,21 & 0,41 & 0,44 & 0,44 & 0,38 & 0,56 & 0,68 & \dots & 0,29 \\ 0,44 & 0,00 & 0,12 & 0,00 & 0,21 & 0,26 & 0,26 & 0,38 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,26 \\ 0,12 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,21 \end{vmatrix} \quad (3.3)$$

$$H_4 = \begin{vmatrix} 0,22 & 0,43 & 0,76 & 0,91 & 0,74 & 0,15 & 0,22 & 0,22 & 0,61 & 0,63 & 0,59 & \dots & 0,35 \\ 0,22 & 0,57 & 0,22 & 0,09 & 0,09 & 0,63 & 0,57 & 0,48 & 0,39 & 0,37 & 0,41 & \dots & 0,43 \\ 0,35 & 0,00 & 0,02 & 0,00 & 0,17 & 0,22 & 0,22 & 0,30 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,13 \\ 0,22 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & \dots & 0,09 \end{vmatrix} \quad (3.4)$$

$$P(H_1) = \frac{k_1}{k_1+k_2} = \frac{14}{34} = 0,41, \quad P(H_2) = \frac{k_2}{k_1+k_2} = \frac{20}{34} = 0,59.$$

$$P(H_3) = \frac{k_3}{k_3+k_4} = \frac{34}{80} = 0,43, \quad P(H_4) = \frac{k_4}{k_3+k_4} = \frac{46}{80} = 0,57.$$

$$P\left(\frac{A}{H_3}\right) = 0,24 \cdot 0,38 \cdot 0,53 \cdot 0,59 \dots \cdot 0,12 \cdot 0,21 = 0,00010$$

$$P\left(\frac{A}{H_4}\right) = 0,22 \cdot 0,32 \cdot 0,57 \cdot 0,91 \dots \cdot 0,22 \cdot 0,09 = 0,00007$$

Отже, врахувавши, отримані записи, отримаємо наступну формулу для обчислення ймовірності того, що пацієнт на протязі наступного року не матиме зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи відповідно до (2.6):

$$P\left(\frac{H_4}{A}\right) = \frac{\frac{k_4}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{d_{11}}{k_4} \cdot \frac{d_{21}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{mn}}{k_4}\right)}{\frac{k_3}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{b_{11}+c_{11}}{k_3} \cdot \frac{b_{21}+c_{21}}{k_3} \cdot \dots \cdot \frac{b_{mn}+c_{mn}}{k_3}\right) + \frac{k_4}{k_3+k_4} \cdot \left(\frac{d_{11}}{k_4} \cdot \frac{d_{21}}{k_4} \cdot \dots \cdot \frac{d_{mn}}{k_4}\right)} = \frac{0,57 \cdot 0,00007}{0,43 \cdot 0,00010 + 0,57 \cdot 0,00007}$$

$$= 0,481.$$

Відповідно, ймовірність того, що пацієнт на протязі наступного року матиме зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи буде визначатися починаючи із вірогідності

$$P\left(\frac{H_3}{A}\right) = 1 - P\left(\frac{H_4}{A}\right) = 1 - 0,481 = 0,519.$$

Відповідно, отримані інтервали ймовірностей будуть виглядати наступним чином:

$$(\alpha_1, \alpha_2) = (0,520; 1,000), (\alpha_2, \alpha_3) = (0,481; 0,519), (\alpha_3, \alpha_4) = (0,000; 0,480).$$

Загальні результати експериментальної перевірки розробленого методу визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати класифікації стану досліджуваних

Спостережувані групи	Спрогнозовані результати (кількість людей)		Процент коректно передбачених показників, %
	Зміна адаптаційних механізмів серцево- судинної системи	Задовільна адаптація	
Зміна адаптаційних механізмів серцево- судинної системи	31	3	91,2
Задовільна адаптація	3	43	93,4

З представленої в таблиці інформації можна зробити висновок, що із загальної кількості пацієнтів, у яких спостерігалось зниження адаптаційного потенціалу ССС, що складається з 36 осіб, 31 пацієнту за допомогою запропонованого метода правильно було визначено їх стан, а 3 пацієнтам помилково визначили задовільний стан адаптації серцево-судинної системи. Правильність тесту становить 91,2%. І, відповідно, у групі пацієнтів, у яких не було визначено змін адаптаційного потенціалу, що складається з 46 людей, правильність визначення зниження адаптаційного потенціалу склала 43 випадка, помилково – 3. Правильність тесту становить 93,4%.

Таким чином, правильно було розпізнано 74 з 80 випадків, що відповідає 92,5%.

Таким чином, запропонований метод дозволяє забезпечити підтримку прийняття рішення про стан адаптаційних механізмів серцево-судинної системи людини та своєчасно надати медичну допомогу.

3.2 Розробка структурної схеми біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Під час розробки структурної схеми біотехнічної системи було прийнято рішення про доцільність розділення БД та програмного забезпечення на різні модулі, об'єднані одним інтерфейсом [37]. Це пов'язано з тим, що база даних як об'єкт може бути розміщеним на сервері або у хмарі та надавати можливості зберігання і архивування даних не залежно від платформи розміщення основного програмного забезпечення з прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС. Загальна структура наведена на рисунку 3.1.

Розроблена система складається із двох підсистем: біологічної та технічної. Біологічна підсистема включає лікаря і пацієнта, а технічна – блок інтерфейсу (пристрій сполучення), діагностичну апаратуру, блок вводу і блок виводу інформації, базу даних, модуль попередньої обробки інформації, модуль аналізу даних. При цьому модуль попередньої обробки інформації та модуль аналізу даних можуть бути представлені в одному кейсі як програмний застосунок, пов'язаний із іншими складовими технічної підсистеми БТС драйверами на апаратному рівні та програмними процедурами на рівні програмного забезпечення.

Робота з системою відбувається наступним чином. Пацієнту пропонується пройти анкетування за розробленою анкетною, яка включає в себе 27 запитань, що умовно розділені на три групи. До першої групи відносяться 10 запитань, які визначені експертами як такі, що дозволяють

визначити стан здоров'я пацієнта та в подальшому спрогнозувати зниження адаптаційного потенціалу ССС.

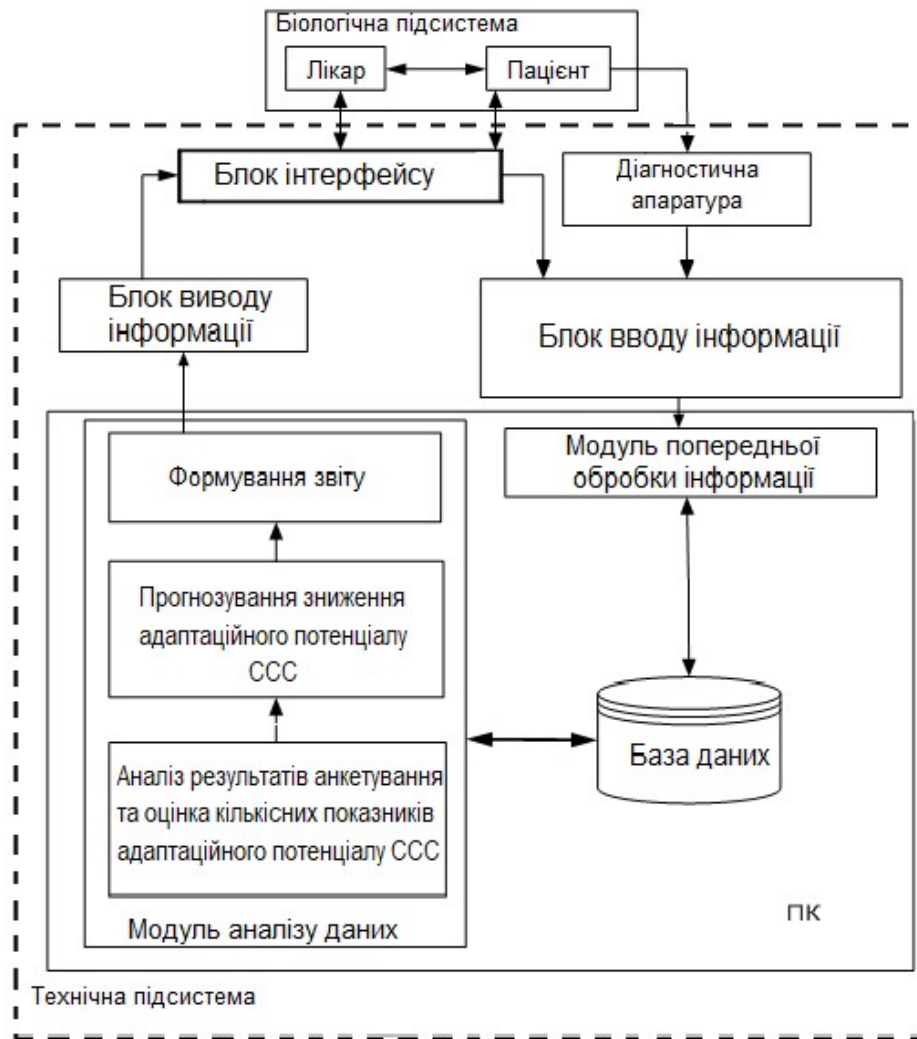


Рисунок 3.1 – Структурна схема біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

До другої групи відносяться 7 запитань, що дозволяють отримати інформацію про стан здоров'я пацієнта, на який не може вплинути подальше можливе лікування. До третьої групи віднесено 10 запитань, відповіді на які містять додаткову інформацію, що допомагає точніше визначити ймовірність зниження адаптаційних можливостей ССС. Свої відповіді на запитання

пацієнт має можливість завантажити за допомогою спеціально розробленої форми, або надати лікарю для подальшого занесення до БД.

Паралельно з цим за допомогою спеціального устаткування (при стаціонарному використанні системи – фазаграф, при мобільному – наручний трекер) проводиться реєстрація фізіологічних показників ССС – ЧСС, систолічний та діастолічний АТ, які через блок введення інформації заносяться до БД.

Результати проведення тестів, а також клінічна інформація про пацієнта через блок введення інформації надходять до бази даних, що містить паспортні, антропометричні дані пацієнта, інформацію про його фізіологічний стан, а також результати виміру маси тіла, зросту. Інформація у базі даних зберігається у взаємозалежних таблицях у впорядкованому вигляді.

З бази даних інформація надходить до модуля аналізу даних, в якому відповідно до розробленого метода відбувається розрахунок вірогідності потрапити пацієнта до однієї з прогнозованих груп.

Крім того в блоці оцінки кількісних показників відбувається розрахунок ІМТ, індекса Кердо за (1.1), індекса Меєрсона за (1.2), коефіцієнта витривалості за (1.3), формула Купера та ще деякі інші показники.

Індекс маси тіла розраховується за формулою

$$IMT = m / h^2,$$

де m – маса людини в кілограмах;

h – зріст людини в метрах

Відповідно до рекомендацій ВООЗ інтерпретація показників IMT має вигляд, наведений у таблиці 3.8.

Розрахунок ідеальної ваги людини, обчислюється за формулою Купера і ділиться на дві формули:

- формула Купера для жінок:

$$\text{Ідеальна вага} = 0.624 * \text{Зріст} - 48.9$$

- формула Купера для чоловіків:

$$\text{Ідеальна вага} = 0.713 * \text{Зріст} - 58.0$$

Таблиця 3.8 – Інтерпретація показників ІМТ

16 і менше	Виражений дефіцит маси тіла
16 - 18,5	Недостатня маса тіла (дефіцит)
18,5 - 24	Нормальна маса тіла
25 - 30	Надлишкова маса тіла (перед ожиріння)
30 - 35	Ожиріння I ступеня
35 - 40	Ожиріння II ступеня
40 і більше	Ожиріння III ступеня

Потім отримана інформація формується у вигляді текстового документа та через блок виведення інформації передається пацієнту для ознайомлення або лікарю для осмислення та прийняття правильного рішення.

Так як діагностика є складною багатоетапною процедурою, що складається з великої кількості логічно обґрунтованих кроків, то участь лікаря протягом усього процесу визначення зниження адаптаційного потенціалу ССС для отримання висновку є бажаним.

Важлива роль роботі системи відводиться програмного забезпечення. Воно здійснює відображення та обробку діагностичної інформації, управління базою даних, аналіз медичної інформації.

Таким чином, біотехнічна система визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини дозволяє аналізувати активність процесів вегетативної регуляції в ССС, а також визначати можливий зрив адаптаційних процесів на ранньому, доклінічному, етапі розвитку.

3.3 Розробка бази даних біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Одним із аспектів розробки інформаційного та програмного забезпечення в медицині є створення баз даних (БД), які дозволяють зберігати дані як про пацієнта, так і обстеження, які були проведені. Бази даних дозволяють покращити ведення медичної документації, проведення статистичного обліку та аналізу медичної інформації.

Однією з переваг реляційної моделі перед іншими є її логічна та фізична незалежність. Фізична незалежність реляційної моделі у тому, що вона включає ніяких фізичних описів. Логічна незалежність припускає можливість застосування однієї концептуальної моделі різними користувачами. Фізична незалежність дає можливість з метою ефективності використання БД модифікувати організацію даних та шляхи доступу. Наприклад, необхідно додати або видалити зв'язок між записами без зміни програми. Реляційна модель дозволяє покращити вираження вимог підтримки цілісності та захисту даних шляхом використання мови високого рівня.

Розроблена БД призначена для обробки та зберігання інформації, пов'язаної з діагностикою функціонального стану організму і дозволяє подати всі використовувані дані у зручному, структурованому вигляді з наданням швидкого доступу до них.

Всі дані представлені у вигляді сутностей (таблиць), кожен атрибут яких містить значення певної характеристики об'єкта, а кортеж (рядок) є описом окремого об'єкта. Цілісність сутностей забезпечується завданням первинних ключів, дозволяє надати одночасний доступ до даних для декількох користувачів.

На етапі концептуального проектування було виділено 7 сутностей – «Adres», «Pacient», «Autorization», «Pokazatel», «Zapis», «Anketa», «Matrix». Цілісність даних у сутності забезпечується завданням первинних ключів:

“Id_Pacient”, “Id_Adres”, “Id_Pokazatel”, “Id_Auto”, “Id_Zapis”, “Id_Vopros”, “Id_Matrix”.

Сутність «Adres» включає атрибути даних за якими можна зв'язатися з пацієнтом.

Сутність «Pacient» включає атрибути особистих даних про пацієнта.

Сутність «Zapis» включає атрибути щодо визначення розрахункових показників оцінки адаптаційного потенціалу ССС.

Сутність «Autorization» включає в себе атрибути авторизації пацієнта та визначення доступу до функції прогнозування системи.

Сутність «Pokazatel» включає в себе атрибути розрахункових показників, що опосередковано визначають адаптаційні можливості організму та його функціональний стан.

Сутність «Anketa» включає в себе атрибути, що містять запитання розробленої анкети.

Сутність «Matrix» включає в себе атрибути матриць станів *H1*, *H2*, *H3*, *H4* розробленого методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево- судинної системи людини.

На етапі інфологічного моделювання було визначено ідентифікуючі зв'язки (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Ідентифікація характеристик зв'язків

Сутність	Операція		
	D	I	U
«Pacient» - батьківська	C	N	C
«Adres» - дочірня	R	R	R
«Anketa» - батьківська	C	N	C
«Zapis» - батьківсько-дочірня	R	C	R
«Matrix» - батьківська	C	N	C
«Pokazatel» - дочірня	R	R	R
«Autorization» - батьківсько-дочірня	R	C	R

Між усіма сутностями були встановлені відносини «один до одного» та "один-багатьом". Крім того між сутностями « Zapis » та «Anketa», «Zapis» та «Matrix» встановлено відносини «багато до багатьох» [38].

На етапі інфологічного проектування БД біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини було розроблено схему логічної моделі даних (рис. 3.2).

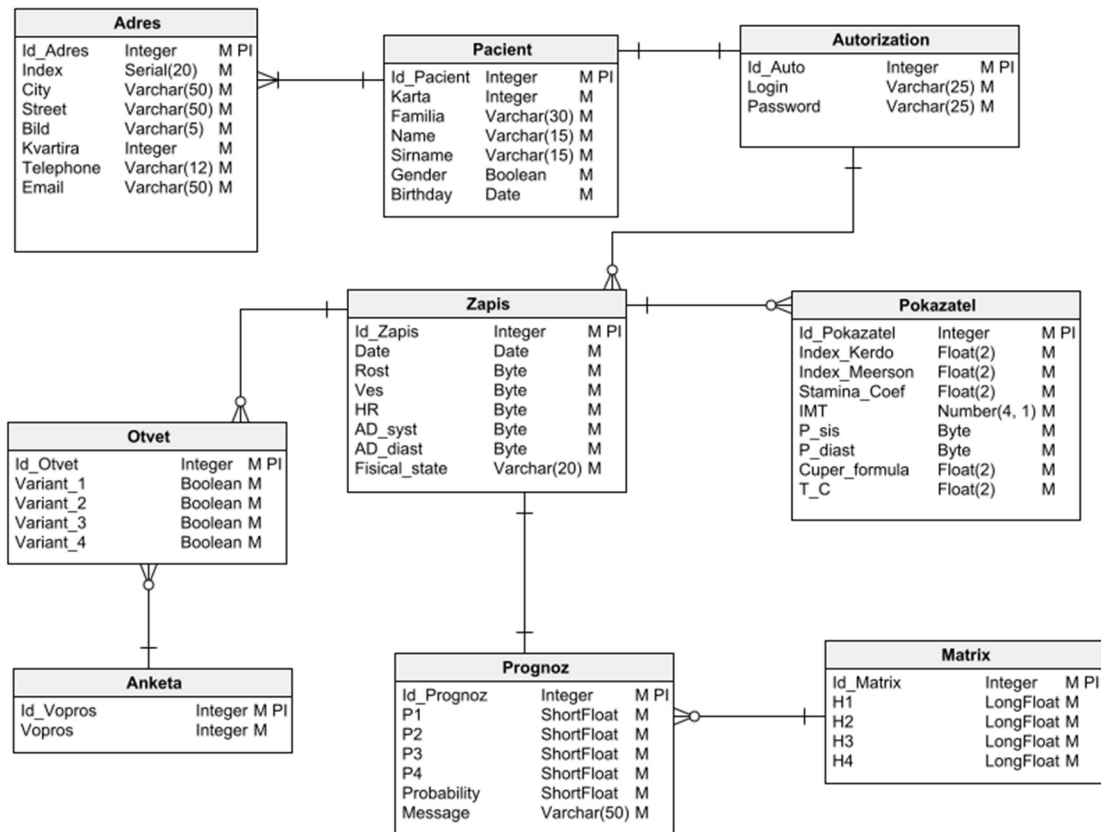


Рисунок 3.2 – Структурна схема логічного представлення даних в БТС визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Розглянемо більш детально атрибути та їх властивості деяких сутностей.

Сутність БД «Adres» має такі атрибути:

"Id_Adres" - ключове поле сутності "Адреса" типу лічильник;

"Id_Pacient (FK)" – сполучний атрибут для сутностей "Pacient" і "Autorization" числового типу;

Index – індекс, числового типу;

City – місто, символічного типу;

Street-вулиця, символічного типу;

Bild - № будинку, символічного типу;

Kvartira - №квартири, числового типу;

Telephone - №телефону, числового типу;

Email – електронна адреса пацієнта, символічного типу.

Сутність БД «Pacient» має такі атрибути:

“ID_Pacient” – ключове поле сутності «Pacient» типу лічильник;

Karta - № картки пацієнта, числового типу;

Familia – прізвище пацієнта, символічного типу;

Name – ім'я пацієнта, символічного типу;

Surname -по батькові пацієнта, символічного типу;

Gender – стать, логічного типу 0 – чоловіча, 1 – жіноча);

Birthday – дата народження пацієнта, типу Дата/час.

Сутність БД «Zapis» має такі атрибути:

"ID_Zapis " – ключове поле сутності «Zapis» типу лічильник;

"Id_Auto (FK)" - сполучний атрибут для сутностей "Pacient" і " Zapis"

числового типу;

Date – дата формування нового запису, типу Дата/час

Rost – дані про зріст пацієнта, числового типу;

Ves – дані про вагу пацієнта, числового типу;

HR – дані про виміряне значення ЧСС, числового типу;

AD_syst – виміряне систолічне значення артеріального тиску, числового типу;

AD_diast - виміряне значення артеріального тиску в діастолу, числового типу;

Fisical_state - об'єктивний фізичний стан на момент звернення.

Сутність БД «Anketa» має такі атрибути:

Id_Vopros – ключове поле сутності «Anketa» типу лічильник;

Vopros – перелік запиань розробленої анкети для визначення зниження адаптаційного потенціалу ССС людини символного типу.

Сутність БД «Prognoz» має такі атрибути:

Id_Prognoz – ключове поле сутності «Prognoz» типу лічильник;

"Zapis_Id_Zapis (FK)" - сполучний атрибут для сутностей "Zapis" і "Prognoz" числового типу;

"Matrix_Id_Matrix (FK)" - сполучний атрибут для сутностей "Matrix" і "Prognoz", числового типу;

P1 – розрахована за розробленим методом вірогідність того, що у пацієнта буде зрив механізмів адаптації ССС, числового типу;

P2 – розрахована за розробленим методом вірогідність того, що у пацієнта буде незадовільна адаптація ССС, числового типу;

P3 – розрахована за розробленим методом вірогідність того, що у пацієнта буде зниження адаптаційного потенціалу ССС, числового типу;

P4 – розрахована за розробленим методом вірогідність того, що у пацієнта буде визначена задовільна адаптація ССС, числового типу;

Probability – спрогнозоване значення зниження адаптаційного потенціалу ССС людини, числового типу;

Message – висновок та рекомендації лікаря, символного типу.

Сутність БД «Matrix» має такі атрибути:

Id_Matrix – ключове поле сутності «Prognoz» типу лічильник;

H1 - матриця станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути зрив механізмів адаптації, числового типу;

H2 - матриця станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути незадовільна адаптація, числового типу;

H3 - матриця станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що у пацієнта на протязі 1 року може виникнути зниження адаптаційного потенціалу ССС, числового типу;

H4 - матриця станів, за допомогою якої можна отримати прогноз, що пацієнт на протязі 1 року матиме задовільною адаптацією ССС, числового типу.

На етапі даталогічного проектування логічна модель організації даних була перетворена до фізичного вигляду відповідно до вимог СУБД (рис. 3.3).

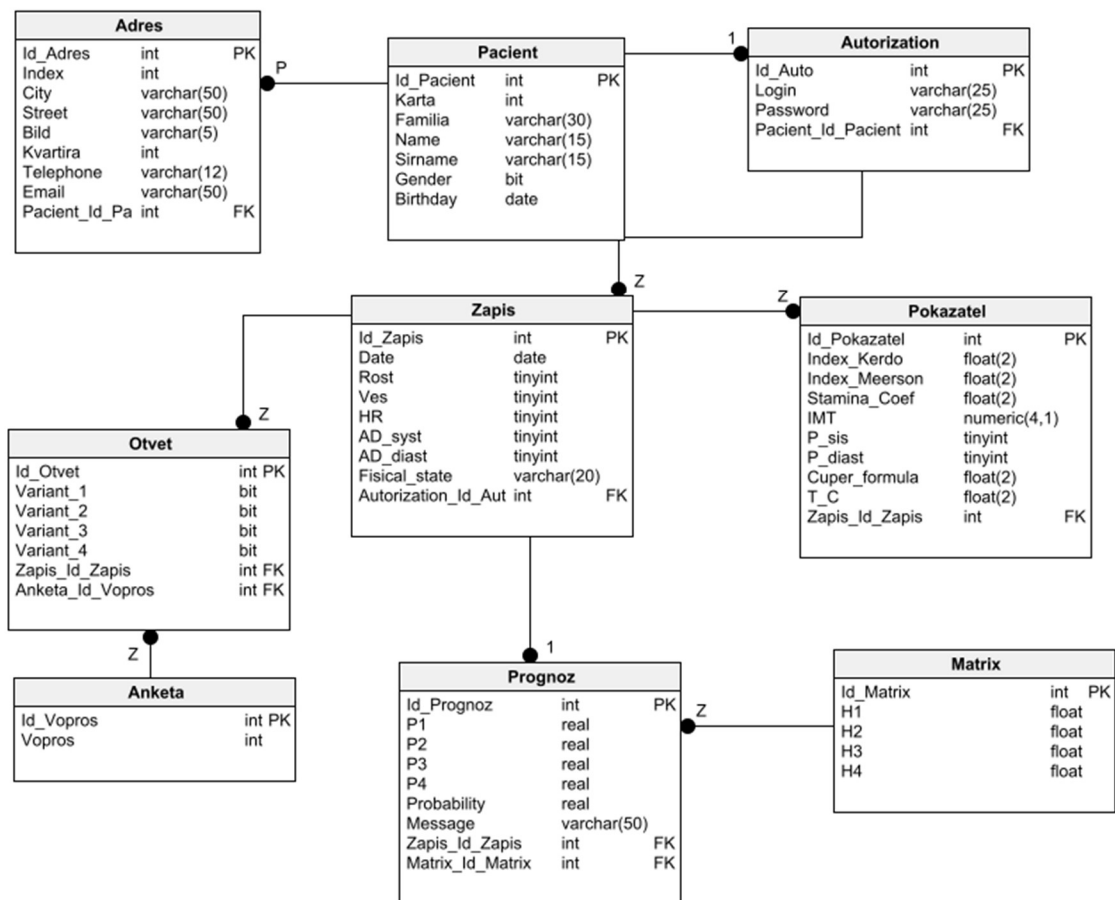


Рисунок 3.3 – Фізична модель бази даних БТС визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Таким чином, було розроблено структуру бази даних, яка дозволяє зберігати відомості про об'єктивний стан організму пацієнта та надає оперативний доступ до інформації, що необхідна для прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО- СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

Одним з засобів поліпшення якості та ефективності роботи з БТС є розробка людино-орієнтованого програмного забезпечення. В основі цього лежить опис інформаційних процесів в системі через різні елементи (дії, дані, події, матеріали) властиві тому чи іншому режиму використання з подальшою реалізацією розробленого метода та функцій системи у людино-орієнтованому інтерфейсі [39].

На рисунку 4.1 представлено Use-case діаграму прецедентів запропонованої біотехнічної системи, яка орієнтована на визначення функціонального стану серцево-судинної системи на основі оригінального методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС.

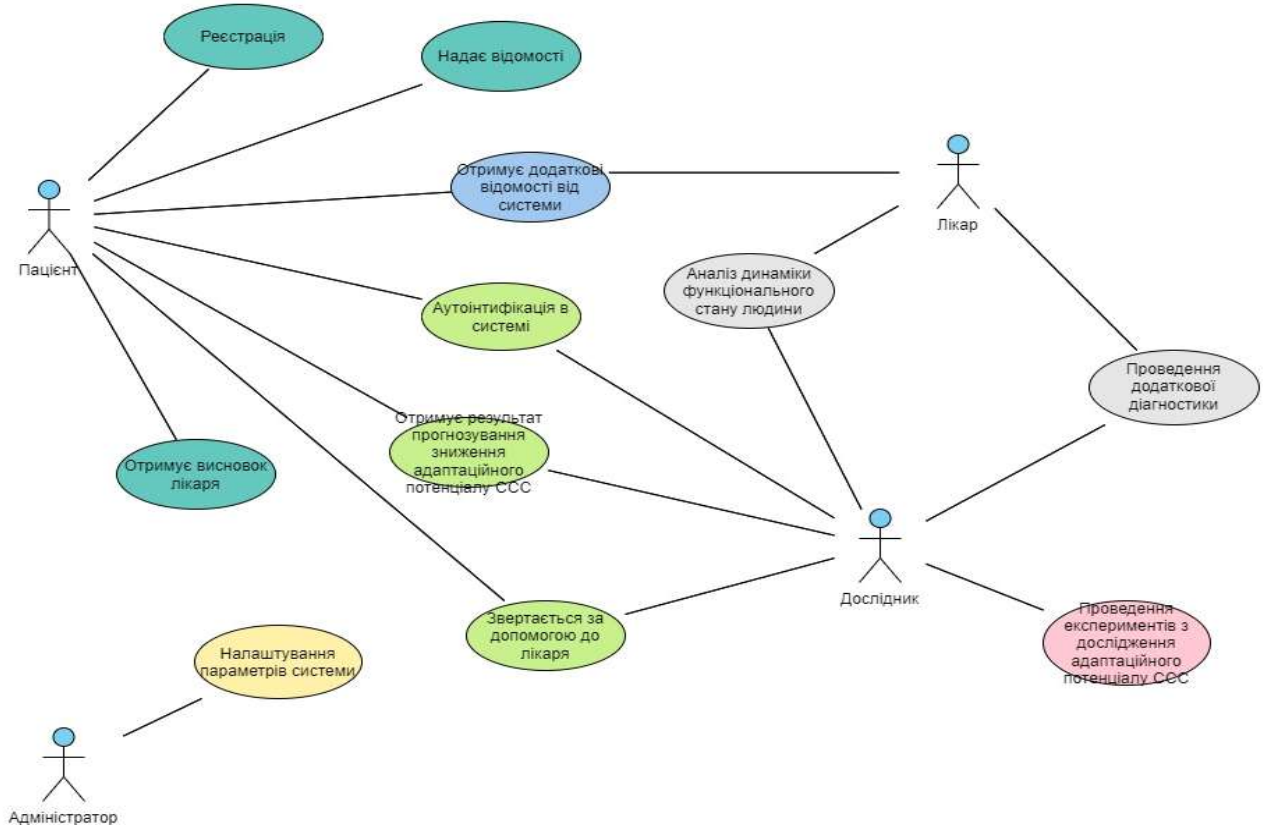


Рисунок 4.1. – Use-case діаграма прецедентів біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

На наведеній діаграмі є чотири актанти: «Пацієнт», «Лікар», «Дослідник» та «Адміністратор».

Актанту «Пацієнт» доступні такі дії в системі:

- реєстрація;
- занесення інформації до системи (надання відомостей);
- аутоідентифікація в системі;
- отримання додаткових відомостей від системи;
- отримання результату прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС;
- звернення за допомогою до лікаря.

Актанту «Лікар» доступні дії:

- аналіз динаміки функціонального стану людини;
- проведення додаткової діагностики;
- отримання додаткових відомостей від системи.

Актант «Дослідник» під час роботи із системою має можливість власної аутоідентифікації у системі, приймати участь у аналізі динаміки функціонального стану людини та під час проведення додаткової діагностики функціонального стану, отримувати результати прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС за розробленим методом. Крім того досліднику доступна функція звернення за допомогою до лікаря.

Загальною функцією, якою користується актант «Адміністратор» є налаштування параметрів системи та подальший технічний супровід роботи системи.

В результаті аналізу останніх програмних рішень подібних систем було прийнято рішення про реалізацію біотехнічної системи на Linux-орієнтованій платформі із застосування трирівневої архітектури організації доступу до даних.

Трирівнева архітектура досить використовувана архітектура для програмного забезпечення, в якій додатки розділені на три логічних і фізичних рівня:

- рівень представлення грубо кажучи зовнішній користувальницький інтерфейс;
- рівень додатки, на якому обробляються дані;
- рівень даних, який використовується для зберігання і управління даними, використовуваних в додатку.

Трирівнева архітектура одна з найпопулярніших архітектур для клієнт-серверних додатків. Головна перевага трирівневої архітектури полягає в тому, що кожен рівень має свою інфраструктуру, кожен рівень може бути розроблений окремою групою фахівців. Крім того, кожен рівень можна оновлювати і розширювати в міру необхідності, не зачіпаючи інші рівні.

Рівень представлення забезпечується взаємодія програми з користувачем - це призначений для користувача інтерфейс і рівень обміну даними. Його основне призначення полягає у відображенні інформації та отриманні інформації від користувача. Цей рівень працює як графічний користувальницький інтерфейс комп'ютерного або мобільного додатка. Рівні подання веб-додатків розробляються на таких мовах програмування як HTML, CSS і JavaScript.

Рівень додатки, або званий як логічний або проміжний рівень, є центральним зв'язковим всього програми. На цьому рівні обробляється вся інформація, зібрана ще на рівні уявлення.

Крім того, рівень програми може додавати, змінювати і видаляти дані, розташовані на рівні даних.

Як правило, рівень додатки розробляється за допомогою Python, Java, Perl, PHP або Ruby і взаємодіє з рівнем даних за допомогою викликів API.

Рівень даних, який ще називають рівнем бази даних, призначений для зберігання і управління інформацією, занесеною в додаток. Його роль може виконувати реляційна система управління базами даних, наприклад Oracle,

DB2, Informix, MySQL, MariaDB, або Microsoft SQL Server, або ж сервера бази даних NoSQL, такий, як MongoDB.

У трирівневої додатку обмін даними здійснюється тільки через рівень програми. Рівень представлення і рівень даних просто ніяк не можуть взаємодіяти один з одним безпосередньо.

Клас сховища взаємодіє не тільки з даними які зберігаються локально на пристрої, а й так само відправляє і обробляє запити на сервер. У нашому випадку, даний клас взаємодіє з локальною базою даних під керуванням СУБД MySQL. Детальний опис структури бази даних наведено в додатку Є.

Для навігації в межах програмного застосунку під час його розробки використовується `overlay`, з його допомогою, сторінки нібито накладаються один на одного і кожна нова просто перекриває попередню. Для зручності була організована проста іменована навігація по додатком. Точкою входу є `"/`, саме цей екран буде запущений після ініціалізації движка Flutter. Для переходу між екранами з анімацією використовується `MaterialPageRoute`, даний клас додає звичну анімацію для різних платформ. Щоб додати якусь сторінку в стек навігатора потрібно викликати метод `"pushNamed('/route')"` у стану класу `"Navigator"`. `Navigator.of(context).pushNamed('/profile')` - відкриє екран профілю, щоб повернутися на екран назад, викликаємо метод `"pop()"`.

`Navigator.of(context).pop()`. Оскільки в даний момент наш стукіт містив лише точку входу `('/')` і профіль `('/profile')`, то даний метод прибере останній елемент з стека, `'/profile'`.

Фрагмент коду для відображення навігації додатку має наступний вигляд

```
Route onGenerateRoute(RouteSettings settings) {
  switch (settings.name) {
    case '/':
      return MaterialPageRoute(
        builder: (_) => const SplashScreen(),
      );
    case '/user_info':
      return MaterialPageRoute(
```

```

builder: (_) => BlocProvider<UserDataBLoC>(
  create: (_) => UserDataBLoC(_userBLoC),
  child: const UserInfoScreen(),
),
);
case '/user_additional_info':
return MaterialPageRoute(
  builder: (_) => BlocProvider<UserAdditionDataBLoC>(
  create: (_) => UserAdditionDataBLoC(_userBLoC),
  child: const UserAdditionInfoScreen(),
),
);
case '/profile':
return MaterialPageRoute(
  builder: (_) => BlocProvider<UserAdditionDataBLoC>(
  create: (_) => UserAdditionDataBLoC(_userBLoC),
  child: const UserProfile(),
),
);
case '/home':
return MaterialPageRoute(
  builder: (_) => const HomeScreen(),
);
case '/activity':
final Activity activity = settings.arguments;
assert(activity != null, 'Arguments must contains Activity item model');
return MaterialPageRoute(
  builder: (_) => ActivityItemScreen(
  activity: activity,
),
);
default:
return null;
}
}

```

Під час першого звернення до програмного додатку біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини проводиться отримання даних користувача за допомогою функції "getUser()".

Якщо користувач був знайдений і у нього заповнені всі дані, він потрапляє на головний екран. Якщо користувач не заповнив додаткову інформацію, тоді з'явиться вікно її заповнення. Після введення та валідація потрібно оновити призначені для користувача дані, а для цього потрібна функція updateUserData(). Цей метод оновить лише додаткові дані про користувача. Фрагмент коду програми, що описує цей процес наведено нижче.

```
class UserRepository {
  const UserRepository();
  static const _boxName = 'user_repo';
  Future<User> getUser() async {
    final Box box = await Hive.openBox(_boxName);
    final User user = box.get('user');
    await box.close();
    return user;
  }
  Future<bool> createUser(User user) async {
    final Box box = await Hive.openBox(_boxName);
    await box.put('user', user);
    await box.close();
    return user != null;
  }
  Future<User> updateUserData(UserData userData) async {
    final Box box = await Hive.openBox(_boxName);
    final User user = box.get('user');
    final User newUser = user.copyWith(userData: userData);
    await box.put('user', newUser);
    await box.close();
    return newUser;
  }
}
```

```

Future<void> deleteUser() async {
  final Box box = await Hive.openBox(_boxName);
  await box.delete('user');
  await box.close();
}
}

```

У ситуації, якщо користувач вийшов або тільки відкрив додаток, він потрапить на стартовий екран заповнення інформації і після введення даних і подальшої валідації буде викликаний метод `createUser()`, який збереже базову інформацію в локальну базу.

Основним типом для класифікації об'єкта в програмі є типи необхідного обчислення `ActivityValue`. У ньому перераховані всі доступні типи розрахунків в додатку. За допомогою розширення функціоналу (`extension`) було додано обробку даних цього типу і отримали, що всі дії виконуються всередині нього.

Методи розширення, дозволяють додавати нові елементи до вже існуючих типів. Метод розширення може бути викликаний так само, як звичайний метод `o.extensionMethod`, хоча насправді це статична функція.

Dart отримує свої методи розширення - базуючись на способі виклику статичних функцій.

Можна визначити члени розширення, наприклад методи, оператори, сеттери і геттери, але не поля.

Так само є можливість викликати методи розширення або явно, або - якщо немає конфлікту з елементом інтерфейсу або іншим розширенням - неявно:

`Ext1(list).bubbleSort()` - як клас-оболонка.

`list.bubbleSort()` Неявний - розширює тип.

Після створення змінної типу `ActivityValue`, ми можемо взаємодіяти з усім функціоналом мобільного додатка. Для обчислення значення, ми викличемо метод `Value`, в який передамо нашого користувача. Залежно від типу, який був занесений в змінну, даний метод поверне результат обчислення для відображення.

```

enum ActivityValue {
    bloodPressure,
    idealWeight,
    bmi,
    water,
    calories,
    hipWaist
}
extension ActivityValueExtension on ActivityValue {
    String value(User user) {
        assert(user?.userData != null, 'User or User Data can not be null');
        switch (this) {
            case ActivityValue.bloodPressure:
                return _bloodPressure(user.userData.weight, user.age);
            case ActivityValue.idealWeight:
                return _idealWeight(user.gender, user.userData.height);
            case ActivityValue.water:
                return _water(user.userData.weight, user.gender);
            case ActivityValue.calories:
                return _calories(
                    user.gender,
                    user.userData.weight,
                    user.userData.height,
                    user.age,
                );
            case ActivityValue.bmi:
                return _bmi(
                    user.userData.weight,
                    user.userData.height,
                );
            case ActivityValue.hipWaist:
                return _hipWaist(
                    user.userData.hipGirth,
                    user.userData.waistCircumference,
                ).toStringAsFixed(2);
        }
    }
}

```



```

    }
    return '-';
}

```

Для деяких методів потрібні додаткові дані, для цього у нас є метод `addition`, який поверне `AdditionData` дані. Наприклад для індексу маси тіла, нам потрібно додати дані про стан тіла, щоб відобразити їх користувачеві і не робити ці обчислення в UI шарі.

```

class AdditionData {
    final String text;
    final String value;
    final bool useCard;

    AdditionData(
        this.text, {
            this.useCard = false,
            this.value,
        }) : assert(
        value != null && useCard || !useCard,
        'Value is required if use card',
    );
}

AdditionData addition(User user) {
    assert(user?.userData != null, 'User or User Data can not be null');
    if (this == ActivityValue.bmi) {
        final double bmi = _bmiValue(user.userData.weight, user.userData.height);
        return _bmiStatus(bmi);
    } else if (this == ActivityValue.bloodPressure) {
        return AdditionData(
            'Диастола',
            useCard: true,
            value: _bloodPressureAddition(user.age, user.userData.weight),
        );
    } else if (this == ActivityValue.hipWaist) {
        return AdditionData(
            _hipWaistValue(

```

```

user.userData.hipGirth,
user.userData.waistCircumference,
),
);
}
return null;
}

```

Загальна навігація по програмному додатку "Health Life" біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу ССС людини наведена на рисунку 4.2.

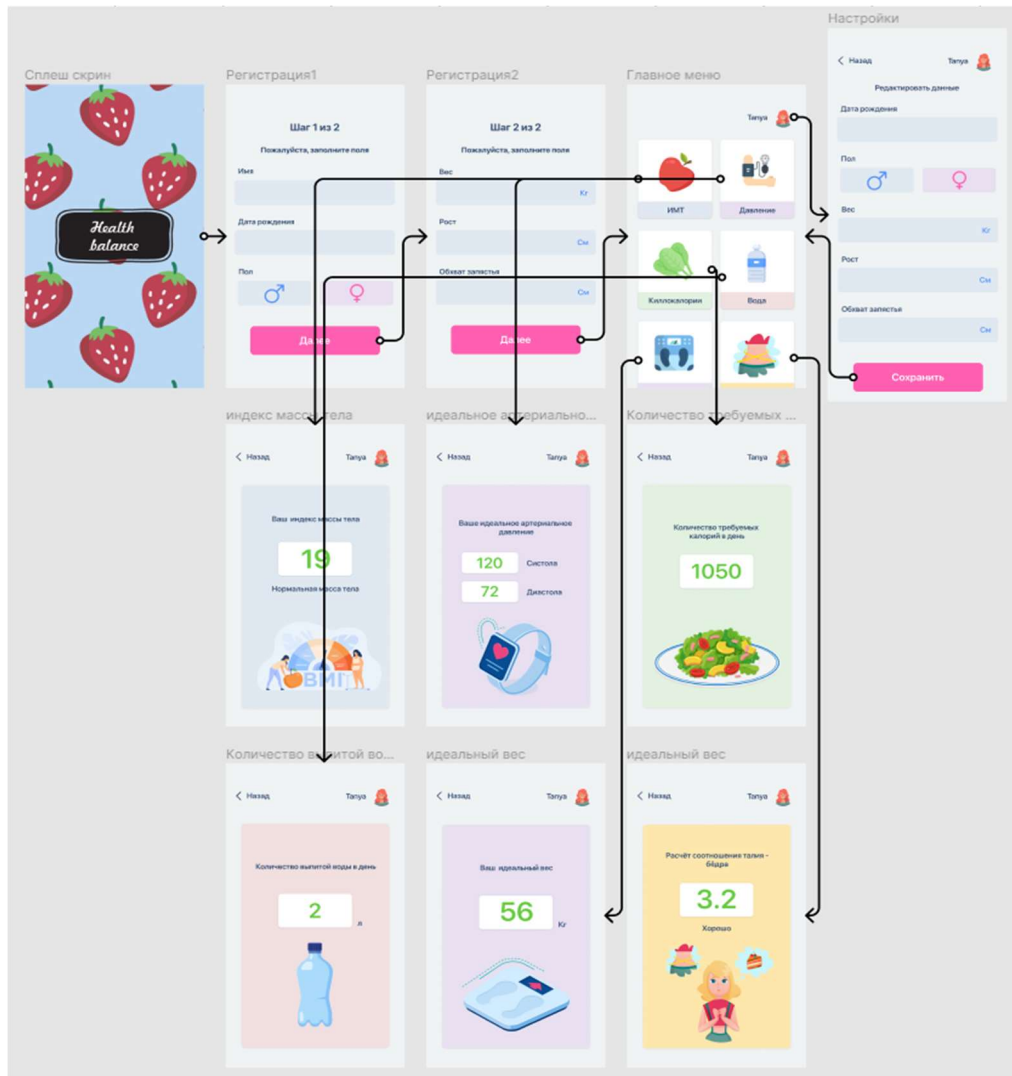


Рисунок 4.2 – Навігація додатка "Health Life" на основі контенту або досвіду

Як тільки користувач відкриває додаток він швидше за все потрапляє на екран реєстрації. Реєстрація базується на тому, ким є користувач, але використовується для визначення того, які функції, дій, даними або інших частин програми у користувача є доступ.

Авторизація відповідає на питання "Хто ти?", "Чи знаємо ми тебе?" Хай не буде для аутентифікований користувач був також авторизований. Нерозпізнані користувачі можуть мати деякий доступ до додатку, хоча зазвичай з дуже обмеженими можливостями.

Екран реєстрації в "Health Life" представлений скоріше у вигляді невеличкої анкети (рис. 4.3). Введені користувачем дані необхідні для подальшої, коректної роботи програми.

The image displays two sequential registration screens for the 'Health Life' application. The first screen, labeled 'Регистрация1', is titled 'Крок 1 з 2' and prompts the user to 'Будь ласка, заповніть рядки' (Please fill in the lines). It contains three input fields: 'Ім'я' (Name), 'Дата народження' (Date of birth), and 'Стать' (Gender). The gender field has two options: a blue male icon and a pink female icon. A pink 'Далі' (Next) button is at the bottom. The second screen, labeled 'Регистрация2', is titled 'Крок 2 з 2' and also prompts the user to 'Будь ласка, заповніть рядки'. It contains three input fields: 'Вага' (Weight) with a unit of 'Кг' (kg), 'Зріст' (Height) with a unit of 'См' (cm), and 'Об'єм талії' (Waist circumference) with a unit of 'См' (cm). A pink 'Далі' (Next) button is at the bottom.

Рисунок 4.3 – Екрани реєстрації " Health Life "

Реєстрація проходить в два етапи, в ході яких користувач повинен заповнити наступну інформацію:

- Ім'я;
- Дата народження;

- Стать;
- Обхват зап'ястя;
- Обхват талії;
- Обхват стегон,
- Зріст,
- Вага.

Всі ці параметри тісно пов'язані один з одним, саме з цього ініціалізація всіх параметрів описується в коді наступним чином

```
enum ActivityValue {
    bloodPressure,
    idealWeight,
    bmi,
    water,
    calories,
    hipWaist
}
extension ActivityValueExtension on ActivityValue {
    String value(User user) {
        assert(user?.userData != null, 'User or User Data can not be null');
        switch (this) {
            case ActivityValue.bloodPressure:
                return _bloodPressure(user.userData.weight, user.age);
            case ActivityValue.idealWeight:
                return _idealWeight(user.gender, user.userData.height);
            case ActivityValue.water:
                return _water(user.userData.weight, user.gender);
            case ActivityValue.calories:
                return _calories(
                    user.gender,
                    user.userData.weight,
                    user.userData.height,
                    user.age,
                );
            case ActivityValue.bmi:
```

```

return _bmi(
    user.userData.weight,
    user.userData.height,
);
case ActivityValue.hipWaist:
return _hipWaist(
    user.userData.hipGirth,
    user.userData.waistCircumference,
).toStringAsFixed(2);
}
return '-';
}
double _hipWaist(double hipGirth, double waistCircumference) {
return waistCircumference / hipGirth;
}

```

Після реєстрації і входу до системи пацієнт має можливість пройти анкетування та визначити імовірність зниження адаптаційного потенціалу власної серйєво-судинної системи.

На рисунку 4.4 представлена головна сторінка мобільного додатку "Health Life", на якій знаходяться всі елементи, необхідні для зручного використання програми. Головна сторінка - хороший приклад продуманої навігації в додатку. Саме з головної сторінки, користувач може перейти до хвилюючого його параметру. Наприклад контролювати артеріальний тиск. Фрагмент коду програми розрахунку деяких показників наведено нижче.

```

double _bmiValue(double weight, double height) {
    final double heightM = height * 0.01;
    return weight / (heightM * heightM);
}
AdditionData _bmiStatus(double bmi) {
    if (bmi <= 16.0) {
        return AdditionData("Выраженный дефицит массы тела");
    } else if (bmi > 16 && bmi <= 18.5) {
        return AdditionData("Недостаточная масса тела\n(дефицит)");
    } else if (bmi > 18.5 && bmi <= 24) {
        return AdditionData("Нормальная масса тела");
    }
}

```

```

} else if (bmi > 25 && bmi <= 30) {
return AdditionData('Избыточная масса тела\n(предожирение)');
} else if (bmi > 30 && bmi <= 35) {
return AdditionData('Ожирение I степени');
} else if (bmi > 35 && bmi <= 40) {
return AdditionData('Ожирение II степени');
} else if (bmi > 40) {
return AdditionData('Ожирение III степени');
}
return AdditionData("");

```

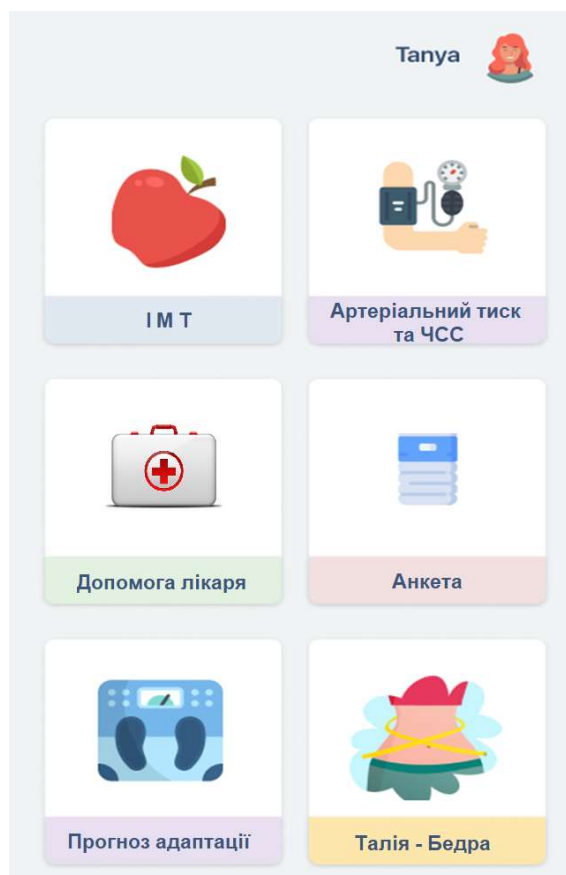


Рисунок 4.4 – Головний екран з віджетами

Всього на головному екрані знаходиться шість віджетів, але будь-який момент адміністратор може з легкістю додати ще один, прописавши залежності в кодї і додавши саму формулу і віджет. Фрагмент лістингу загального коду програми наведено в додатку Ж.

Безпека є одним з важливих питань при проектуванні будь-якої біотехнічної системи. Запропонуємо два види заходів щодо забезпечення безпеки математичного, інформаційного та програмного забезпечення системи [40]:

- заходи безпеки загального рівня;
- заходи безпеки на системному рівні.

Перший – це загальні функції безпеки, які видно всім, в той час як другий – це безпека на системному рівні, яка охоплює безпеку програмного забезпечення, обладнання та мережі.

Існує кілька загальних ризиків, які можуть виникнути в будь-який час. Серед них наступні:

- маніпуляція ідентифікатором користувача та кодом доступу;
- маніпуляція даними;
- пошкодження даних;
- пошкодження системи;
- збої в роботі системи;
- недостатня обізнаність;
- фізична безпека планшетів.

Далі розглянемо системні ризики безпеки. Маніпулювання даними: даними можна маніпулювати через помилки в конфігурації програмного забезпечення або системи. Наприклад, якщо контроль доступу до бази даних не налаштований належним чином для потрібної особи, дані можуть бути змінені, що може призвести до неправильної інформації про стан здоров'я людини.

Несправність програмного забезпечення: несправність програмного забезпечення є однією з слабкостей будь-якої ІТ-системи, існує кілька причин, які можуть привести до несправності програмного забезпечення. Найбільш з них:

- шкідливі програми, такі як віруси, трояни, шпигунські програми тощо;
- помилки в системних та прикладних програмах;

- використання програмного забезпечення від ненадійних постачальників.

Несправність апаратного забезпечення та мережевої інфраструктури:

- неправильна конфігурація апаратного забезпечення;
- неправильна конфігурація мережі;
- апаратне та мережеве обладнання від ненадійних постачальників;
- неправильна конфігурація серверів;
- пошкодження сервера через відключення електрики.

Далі розглянемо можливі заходи безпеки щодо запропонованої системи. Щоб усунути ризики, запропонуємо кілька кроків.

.1) Рішення для загальних ризиків.

Навчання кінцевого користувача.

Підвищення обізнаності: підвищення обізнаності серед користувачів системи – один із усунення ризиків безпеки. Усвідомленість може бути створена шляхом проведення тренінгів для користувачів, організації семінарів після закінчення певного періоду.

Забезпечити необхідну систему резервного копіювання даних та інформації: Слід вжити заходів для резервного копіювання важливих даних з різних серверів, наприклад, центральної системи керування базами даних.

Забезпечення безперебійного електропостачання: для успішного впровадження цієї системи необхідно забезпечити безперебійну електроенергію функціональним блоком системи.

Семінар для кінцевого користувача: наприклад, власника електронної медичної картки, лікаря, діагностичного центру тощо. Такий семінар корисний для нового кінцевого користувача, щоб дізнатися, як керувати системою [34].

2. Рішення для системних ризиків

Ці ризики можна запобігти або зменшити, вживаючи наступних заходів, що залежать від адаптації до стану середовища розташування:

- розробка системи сертифікованою організацією;

- забезпечення програмним забезпеченням від сертифікованої організації;
- поставка обладнання від сертифікованої організації;
- налаштування надійного антивірусу та брандмауера.

Окрім інформаційної безпеки для нормальної експлуатації розробленого програмного засобу необхідно дотримуватись наступних технічних вимог.

Для комп'ютерів на яких операційною системою є Windows:

- операційні системи: Windows 7 SP1 або пізнішої версії (64-розрядна версія), на базі x86-64
- дисковий простір: 1,64 ГБ (не включає дисковий простір для IDE/інструментів).

Окрім цього повинні бути встановлені додаткові програмні інструменти:

- Windows PowerShell 5.0 або новіша версія (попередньо встановлена в Windows 10);
- Git для Windows 2.x, з опцією Use Git з командного рядка Windows.

Для комп'ютерів на яких операційною системою є Mac OS:

- 64-розрядна операційна система macOS;
- дисковий простір: 2,8 ГБ (не включає дисковий простір для IDE/інструментів);
- інструменти: Xcode, який включає функцію git.

Для комп'ютерів на яких операційною системою є будь-яка з дистрибутивів Linux:

- операційні системи: Linux (64-розрядна);
- дисковий простір: 600 МБ (не включає дисковий простір для IDE/інструментів);
- інструменти unzip, which, xz-utils, zip.

Крім того необхідні спільні бібліотеки libGLU.so.1 та Fedora, що надається пакетами mesa.

ВИСНОВКИ

Висока мінливість та складність сучасного світу призводять до того, що стреси, надлишкові фізичні та емоційні навантаження стають постійними супутниками людини. Причому рівень стресу більшості людей перевершує їх психофізіологічні можливості, що призводить до погіршення здоров'я та зниження адаптаційних механізмів усього організму, в тому числі, серцево-судинної системи людини.

В результаті виконання магістерської роботи були досягнуті наступні наукові та практичні результати.

1. Проведено огляд сучасних методів та засобів визначення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи, який показав, що на сьогодні існує достатня кількість затверджених схем лікування серцево-судинних захворювань та чіткої системи визначення зниження адаптаційних можливостей серцево-судинної системи, зокрема зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини не існує, тому обрана тема є актуальною.

2. Було розроблено метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, що базується на теоремі Байєса та методі групового експертного оцінюванні результатів анкетування, який дозволяє лікарю своєчасно призначати лікувально-профілактичні заходи для запобігання негативних наслідків.

3. Для експериментальної перевірки розробленого метода були проаналізовані дані анкетування 80 осіб чоловічої та жіночої статі у віці від 25 до 60 років, що попередньо були розділені за результатами інструментальних досліджень на дві групи: особи із задовільною адаптацією серцево-судинної системи та особи із зниженням адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. В результаті проведення анкетування із застосуванням розробленої анкети раннього виявлення факторів ризику серцево-судинних захворювань та подальшого використання розробленого метода вірно були класифіковані 74

із 80 усіх випадків. Таким чином запропонований метод дозволяє у 92,5% випадків вірно прогнозувати зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

4. Було розроблено структурну схему біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, яка дозволяє автоматизувати процес аналізу активності процесів вегетативної регуляції в ССС, а також визначати можливий зрив адаптаційних механізмів на ранньому, доклінічному, етапі розвитку.

5. Запропоновано логічну та фізичну моделі бази даних біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, яка складається з 9 сутностей, що дозволяє зберігати відомості про об'єктивний стан організму пацієнта та надавати оперативний доступ до інформації під час прогнозування зниження адаптаційного потенціалу.

6. Проведена розробка програмного засобу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини їх застосуванням методології об'єктно-орієнтованого проектування. Під час проектування була розроблена Use-case діаграма, яка орієнтована на визначення функціонального стану серцево-судинної системи на основі оригінального методу прогнозування зниження адаптаційного потенціалу ССС. В якості загальної архітектури програмного засобу було обрано трирівневу архітектуру клієнт-серверних додатків, в якій кожен рівень може бути спроектовано незалежно від інших рівнів, що взаємодіють між собою за допомогою API-звернень. Впровадження розробленого програмного засобу забезпечить підтримку прийняття рішення під час визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи, що дозволить запобігти зриву процесів адаптації на ранньому етапі зниження адаптаційного потенціалу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Зоряна Леонтєва. Розрахунок адаптаційного потенціалу, оцінка адаптаційних можливостей організму і рівнів здоров'я студентів Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. *Праці НТШ. Медичні науки*. 2017. Т. XLVII. С. 64-70.
2. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України 2015 рік / за ред. Шафранського В. В.; МОЗ України, ДУ «УІСД МОЗ України». – Київ, 2016. 452 с.
3. Лісова О. С., Ситник С.І. Проективний метод психодіагностики – внутрішньої картини здоров'я / О. С. Лісова, С.І. Ситник. Соціальна робота в Україні: теорія і практика: [посіб. для підвищення кваліфікації психологів центрів соціальних служб для молоді] / За ред. А. Я. Ходорчук. – Київ, Ч. 5. 2003. С. 137 – 141.
4. Вороненко Ю.В., Зоріна С.М. Здоров'я населення / Ю.В. Вороненко, С.М. Зоріна. Соціальна медицина та організація охорони здоров'я: [підручник для студ. вищих навч. закл. III- IV рівнів акредитації]; під ред. Ю.В. Вороненка, В.Ф.Москаленка. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. С. 32 – 41.
5. Психологія здоров'я людини / За ред. І. Я. Коцана. – Луцьк: РВВ-Вежа, Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2011. 430 с.
6. Glazkov E.O. Adaptation abilities of cardio-vascular system of the students body in the process of study in the high school in adaptation to the educational process. *Vukovyns'kyj medychnyj visnyk*. 2013. Т. 17, 2 (66), 25–28.
7. Волошин О. С. Особливості функціонального стану організму осіб юнацького віку з різним резервом працездатності серця. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2020. № 2. С. 70–76.
8. Що таке велоергометрія, показання та протипоказання для проведення / Лікар – Добробут. – URL: <https://www.dobrobut.com/ua/med/c-cto-takoe->

veloergometria-pokazania-i-protivopokazania-dla-provedenia. – (дата звернення: 11.10.2022).

9. Нові методи функціональної діагностики. – URL: <https://bsclinica2.lic.org.ua/novini/novi-metody-funksionalnoyi-diagnostyky/> – (дата звернення: 2.10.2022).

10. Апанасенко Г. Л., Попова Л. А., Магльований А. В. Санология. Основы управления здоровьем *LAMBERT Academic Publishing*, 2012. 404 с.

11. Edward T. Howley, B. Don Franks. *Fitness Professional's Handbook*. – United States: Human Kinetics, 2007. 568 p.

12. Апанасенко Г.Л. Индивидуальное здоровье: в поисках сущности и критериев количественной оценки. *Довкілля та здоров'я*. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualnoe-zdorovie-v-poiskah-suschnosti-i-kriteriev-kolichestvennoy-otsenki>. – (дата звернення: 26.10.2022).

13. Nampewo, Z., Mike, J.H. & Wolff, J. Respecting, protecting and fulfilling the human right to health. *Int. J. Equity Health*. 2022, p. 21-36. <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01634-3>.

14. Чиженок Т, Коваленко Ю. Визначення адаптаційних процесів під впливом занять фізичною культурою в учнів загальноосвітніх шкіл. *Молода спортивна наука України*. 2016. Т. 2. С. 346-351.

15. Cissé, G., R. McLeman, H. Adams, P. Aldunce, K. Bowen, D. Campbell-Lendrum, S. Clayton, K.L. Ebi, J. Hess, C. Huang, Q. Liu, G. McGregor, J. Semenza, and M.C. Tirado, 2022: Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041–1170, https://doi.org/10.1017/9781009325844.009*.

16. Оцінка адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи студентів I курсу / Т. Г. Дерека, В. М. Туманова, І. І. Бистра, О. В. Гацко. *Journal «ScienceRise: Pedagogical Education»*. 2017. № 10 (18). С. 13–17.

17. Денефіль О. В. Адаптація серцево–судинної системи до ортостатичного навантаження у студентів з надлишковою масою тіла. *Вісник наукових досліджень*. 2013. №2. С. 41–43.

18. Варіаційна пульсометрія як метод відображення системних інформаційних енергетичних процесів та оцінки функціонального стану людського організму при загальному клінічному обстеженні пацієнтів. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2020. № 4. С. 135-139.

19. Исследование стрессоустойчивости у студентов дневной и заочной форм обучения. *XVII Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»*. Харьков. 2013. С. 212-213.

20. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: *Изд-во РУДН*, 2006. 284 с.

21. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: *Медицина*, 1997. 236 с.

22. Сиволап В. Д., Кисельов С. М., Лашкул Д. А. Основні принципи доказової медицини: навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗДМУ, 2020. 208 с.

23. Гриценко В. И., Файнзильберг Л. С. Интеллектуальные информационные технологии в цифровой медицине на примере фазаграфии: монография. К.: *Наук. Думка*, 2019, 423 с.

24. Аракчеев А.Г., Киреев А.М., Матвеев Е.В., Сивачев А.В. Применение аппаратно-программного комплекса «ВИТА-КАРД» для анализа variability ритма сердца. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія Медицина*, №581, Вип.5., 2003. С. 13.

25. Система експрес-аналізу варіабельності ритму серця «КардіоСпектр». – URL: https://solvaig.com/soft/manuals/CardSpec_UG-43-RU.pdf. – (дата звернення: 26.10.2022).

26. Апаратно-програмний комплекс «БІОТЕСТ М». – URL: <https://med-ukrspezsnab.all.biz/uk/aparatno-programnyj-kompleks-biotest-m-g14719230>. – (дата звернення: 26.10.2022).

27. Антонов А. А. Безнагрузочная оценка функционального состояния организма спортсменов. *Поликлиника*. 2013, №1. С. 37-41.
28. Потапчук А. А., Эмануэль Т. С., Эмануэль Ю. В. Саногенетический мониторинг состояния здоровья детей и подростков. *Ученые записки университета Лесгафта*. 2012. №10 (92). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sanogeneticheskiy-monitoring-sostoyaniya-zdorovya-detey-i-podrostkov>. – (дата звернення: 28.10.2022).
29. Шилько С.В., Шевцов В.В. Программно-аппаратный комплекс для мониторинга сердечно-сосудистой системы на основе тонометрии. *Приборы и методы измерений. Средства измерений*. 2011. № 2 (3). С. 51-58.
30. Валеологічний інструментарій апаратно-програмної діагностики і моніторингу здоров'я: навч. посіб. / За ред. М. С. Гончаренко. – Х.: Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. 135 с.
31. АПК «ЗДОРОВЬЕ-ЭКСПРЕСС». Оборудование для профилактики. – URL: <https://www.medprof.org/---c1m7x>. – (дата звернення: 28.10.2022).
32. Файнзильберг Л. С. Интеллектуальные средства цифровой медицины для домашнего применения. *Клінічна інформатика і Телемедицина*. 2020, Т.15, Вип. 16. С. 45-56.
33. Хіміон Л. В., Пюра О. А. Серцево-судинні захворювання у хворих на псоріатичний артрит: сучасні напрями профілактики та лікування. *Здоров'я України. Тематичний номер «Кардіологія, Ревматологія, Кардіохірургія»*. № 4 (47). – URL: <https://health-ua.com/article/4812-sertcevosudinn-zahvoryuvannya-u-hvorih--na-psoratichnij-artrit--suchasn-nap>. – (дата звернення: 29.10.2022).
34. Добров Г.М., Ершов Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. – Киев: Наукова думка, 1974. – 160 с.
35. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе. Классификация и кластер. – М.: Мир, 1980. с.208-247.

36. Грабовецкий Б. Є. Основи економічного прогнозування. Навчальний посібник. Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – URL: <https://buklib.net/books/21986/>. – (дата звернення: 26.10.2022).

37. Проектування інформаційних систем: Загальні питання теорії проектування ІС: навч. посіб. для студ. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. С. Коваленко, Л. М. Добровська. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,02 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 192с. – URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33651/1/PIS_KL.pdf. – (дата звернення: 30.10.2022).

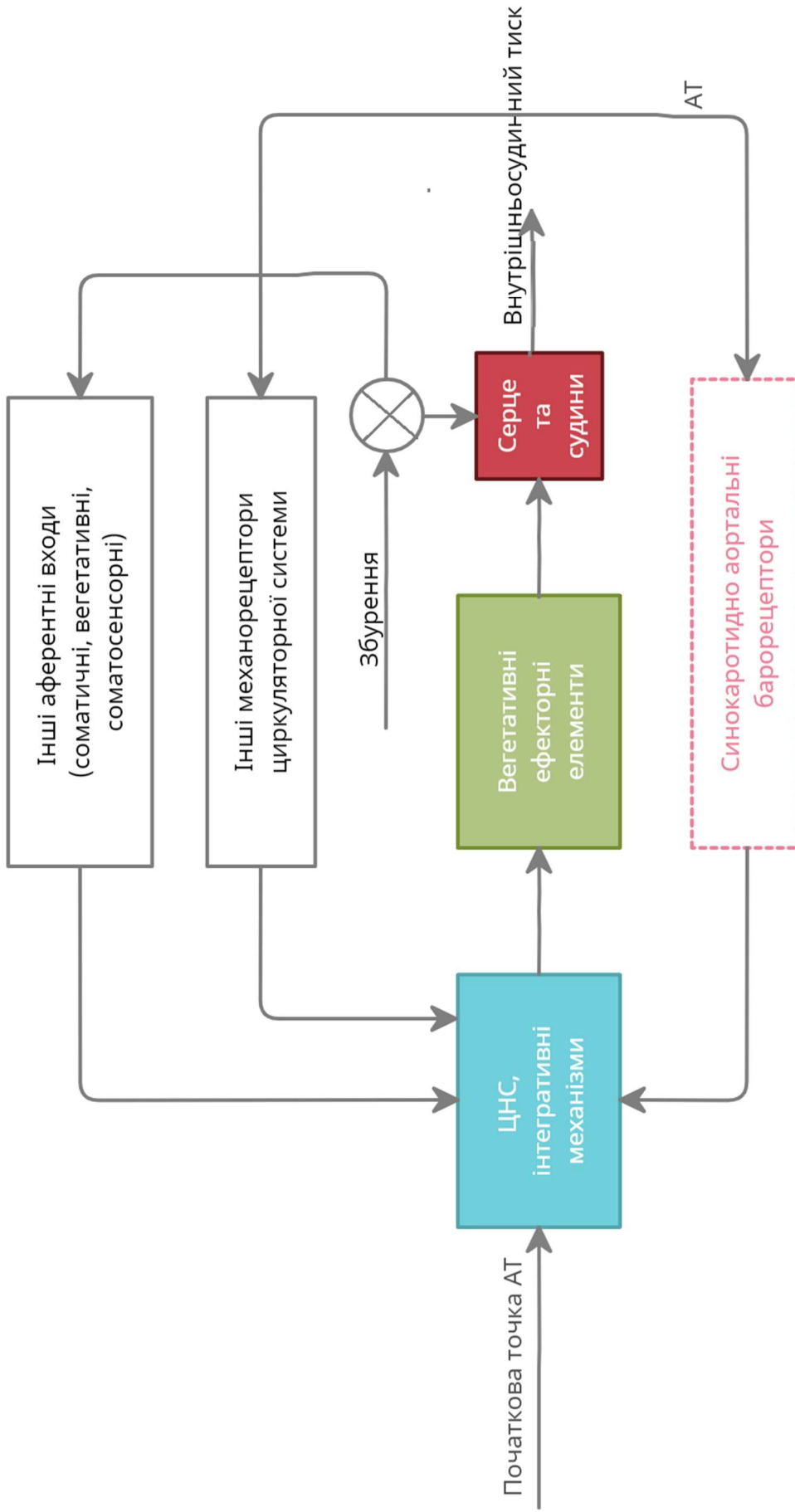
38. Harrington Jan L. Relational Database Design and Implementation. Clearly Explained, Fourth Edition. 2016. 935p.

39. Щербаков О. В., Парфьонов Ю. Е., Федорченко В. М. Основи об'єктно-орієнтованого програмування: навчальний посібник. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. 237 с.

40. Заплотинський Б.А. Основи інформаційної безпеки. КІВіП НУ “ОЮА”, кафедра інформаційно-аналітичної та інноваційної діяльності, 2017. 128 с.

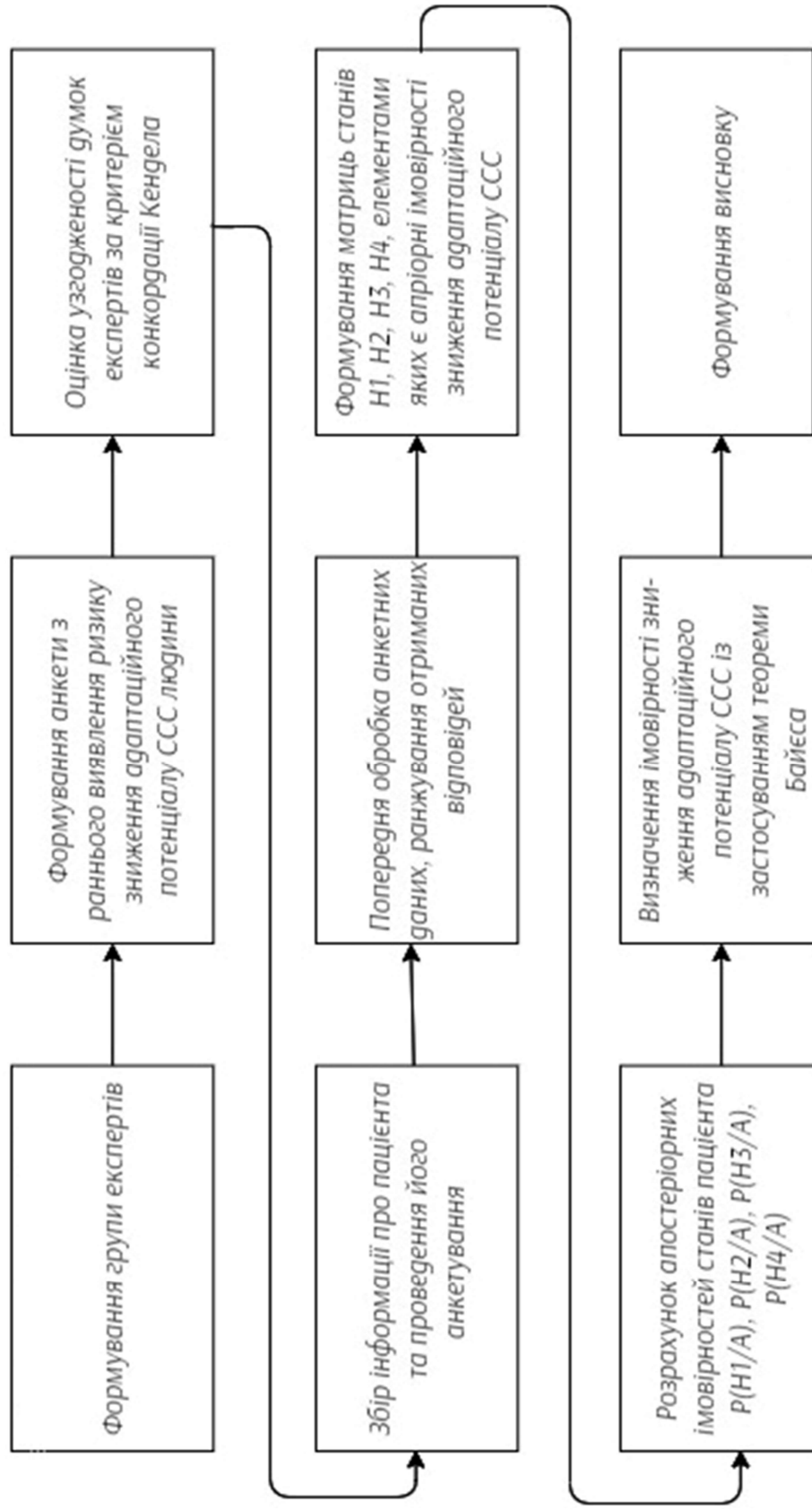
ДОДАТОК А

Гомеостатичні та адаптаційні механізми серцево-судинної системи



ДОДАТОК Б

Структурна схема метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу
серцево-судинної системи людини



ДОДАТОК В

Анкета з раннього виявлення факторів ризику серцево-судинних захворювань

Серцево-судинні захворювання - це серйозна проблема, яка хвилює і лікарів, і пацієнтів, і є основною причиною смертності та інвалідності населення країни. Уважно поставтеся до факторів ризику серцево-судинних захворювань: відзначте відповіді та підрахуйте кількість набраних балів.

Показник	Бали
1. ВІК	
До 30 років	0
30-40 років	1
40-60 років	2
Більше 60 років	3
2. СТАТЬ	
Жіноча	0
Чоловіча	1
3. НАСЛІДКОВІСТЬ	
ЧИ Є У ВАШИХ РОДИЧІВ СЕРЦЕВО-СУДИННІ ЗАХВОРЮВАННЯ (гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарда)?	
Не було	0
У родичів віком від 40-50 років	1
У 2 кровних родичів у будь-якому віці	2
4. ЧИ СТРАДАЄТЕ ВИ ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ АБО ХРОНІЧНОЮ НИРКОВОЮ НЕДОСТАТОЧНІСТЮ?	
Ні	0
Так	1

5. ЧИ КУРИТЕ ВИ?	
Ні	0
Так, до 10 10 сигарет на добу	1
Так, більше 11 сигарет на добу	2
6. ЧИ ВЖИВАЄТЕ ВИ АЛКОГОЛЬ	
Ні	0
Так, тільки по святах	1
Так, не частіше 1 разу на тиждень	2
7. ЧИ НОСИТЬ ВАШЕ ЖИТТЯ СТРЕСОВИЙ ХАРАКТЕР?	
Ні	0
Періодично	1
Так	2
8. ЧИ Є ВАШ РАЦІОН ХАРЧУВАННЯ ВІРНИМ?	
Дотримання правильного харчування щодня (багато овочів та фруктів у свіжому вигляді, злаки, горіхи, риба, пісне м'ясо, знежирені молочні продукти, яйця 1-3 рази на тиждень, обмеження солі, жирів, відсутність алкоголю)	0
Іноді вживаю жири та солодке більше, ніж слід	1
Я себе не обмежую у харчуванні	2
9. МАСА ТІЛА (Зріст, см -100)	
Без надмірної маси тіла	0
З надлишковою масою тіла	1
10. ФІЗИЧНА АКТИВНІСТЬ	
Ходьба у швидкому темпі щодня щонайменше 30 хв. (або ходьба по 40 хв. до 3-4 разів на тиждень, або заняття рухливими іграми (волейбол, теніс, футбол) або велосипедні/лижні прогулянки, або активні плавальні навантаження, або інше аналогічне навантаження)	0
відсутність фізичного навантаження	1

11. ЧИ ПОМЕЧАЛИ ВИ У СЕБЕ ПІДВИЩЕННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ (у тому числі одноразове) БІЛЬШЕ 140/90 ММ. РТ. СТ.?	
До 140/90 мм.рт.ст	0
Більше за 140/90 мм.рт.ст	1
12. ЧИ ПОМИЧАЛИ ВИ У СЕБЕ БУДЬ-ЯКИЙ З ПЕРЕЧИСЛЕНИХ СТАНІВ: задишка при звичному фізичному навантаженні, болі в грудній клітці при хвилюванні/фізичному навантаженні, набряки нижніх кінцівок, підвищена стомлюваність, зниження переносимості фізичного/розумового навантаження, порушення сну?	
Ні	0
Так	1
13. ЧИ ПІДВИЩЕНИЙ У ВАС РІВЕНЬ ХОЛЕСТЕРИНУ?	
Ні	0
Так	1
14. ЧИ СХИЛЬНІ ВИ ДО СТРЕСІВ	
Ні	0
Бувають періоди невмотивованого занепокоєння	1
Турбує безсоння чи властиві перепади настрою	2
Важко зосередитися на виконуваній роботі	3
15. ЧИ МОЖЕТЕ ВИ СКАЗАТИ ПРО СЕБЕ, ЩО ВИ ЗА СВОЇМ ХАРАКТЕРОМ ОПТИМІСТ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3

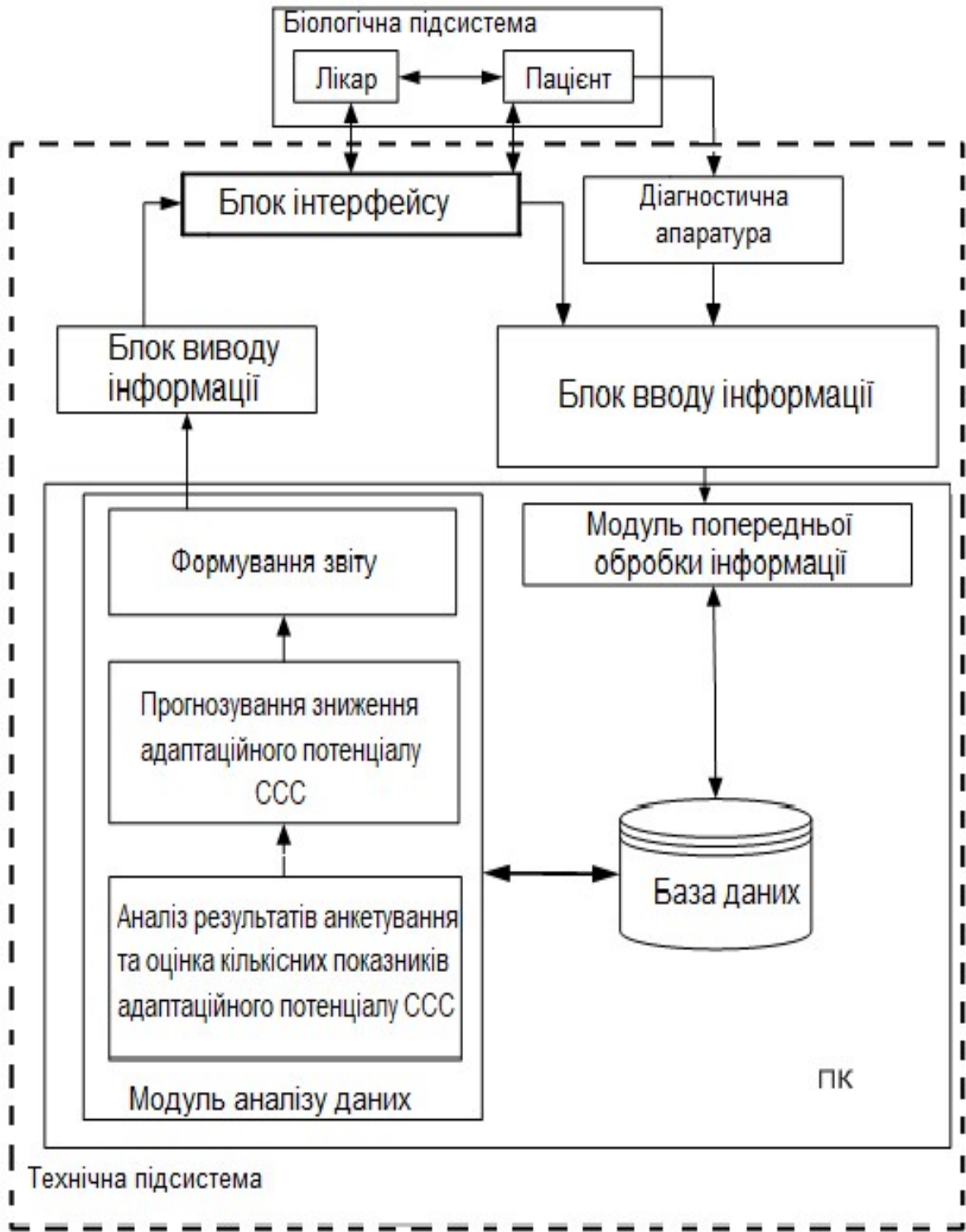
16. ЧИ БОЇТЕСЯ ВИ ТЕМРЯВИ В НЕЗНАЙОМОМУ ОТОЧЕННІ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
17. ЧИ БУВАЄ ВАМ СТРАШНО ЙТИ ТЕМНОЮ БЕЗЛЮДНОЮ ВУЛИЦЕЮ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
18. ЧИ СХИЛЬНІ ВИ ПЕРЕЙМАТИСЯ НЕВЕСЕЛИМИ, ПОХМУРИМИ ДУМКАМИ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
19. ЧИ ВВАЖАЄТЕ ВИ, ЩО ВАШІ ЖИТТЄВІ ОБСТАВИНИ ПРИНОСЯТЬ ВАМ БАГАТО НЕВДОВОЛЕННЯ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
20. ЧИ СТРАШНО ВАМ ДИВИТИСЯ ВНИЗ ІЗ ВЕЛИКОЇ ВИСОТИ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1

Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
21. ЧИ МОЖНА СКАЗАТИ, ЩО У ВАС ПЕРЕВАЖАЄ РАДІСНЕ СВІТОВІДЧУТТЯ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
22. ЧИ ЛЕГКО ВАС РОЗСЕРДИТИ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
23. ЧИ БУВАЄТЕ ВИ АКТИВНИМ УЧАСНИКОМ ВЕСЕЛОЩІВ У КОМПАНІЇ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
24. ЧИ БУВАЄ У ВАС ПОЧУТТЯ СТРАХУ ПЕРЕД ВІДВІДУВАННЯМ СТОМАТОЛОГА АБО ПЕРЕД НЕОБХІДНІСТЮ ЗРОБИТИ УКОЛ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
25. У ВАС ЧАСТО З'ЯВЛЯЄТЬСЯ БАЖАННЯ З КИМ-НЕБУДЬ ПОСВАРИТИСЯ?	

Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
26. ЗАЗВИЧАЙ УРАНЦІ У ВАС БАДЬОРІЙ, РАДІСНИЙ НАСТРІЙ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3
27. ЧИ ДРАТУЄ ВАС, ЯКЩО ВИ ДУЖЕ ПОСПІШАЄТЕ, А ВАМ НЕСПОДІВАНО ЗАВАДИЛИ?	
Безумовно, ні	0
Мабуть, ні	1
Мабуть, так	2
Безумовно, так	3

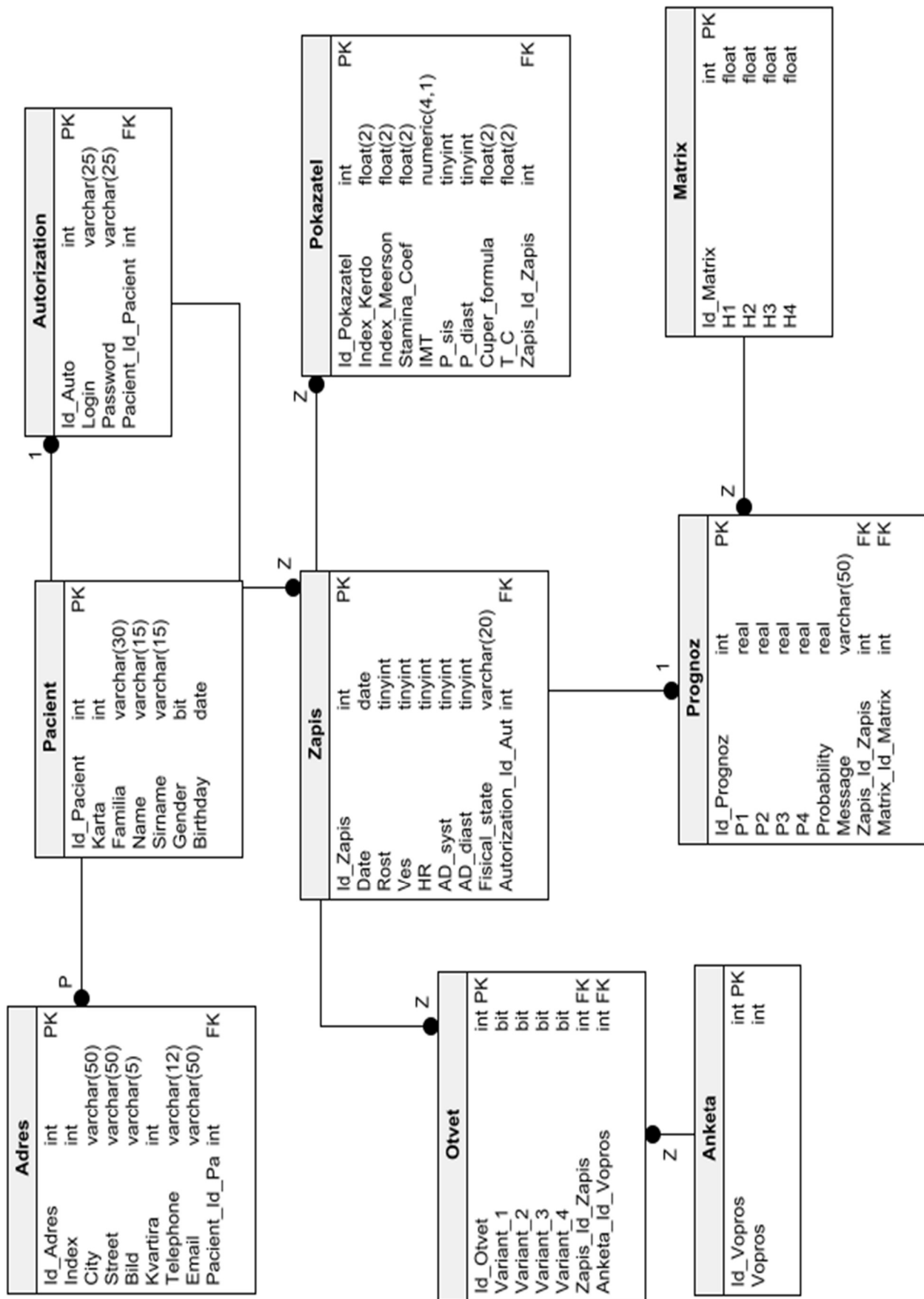
ДОДАТОК Г

Структурна схема біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини



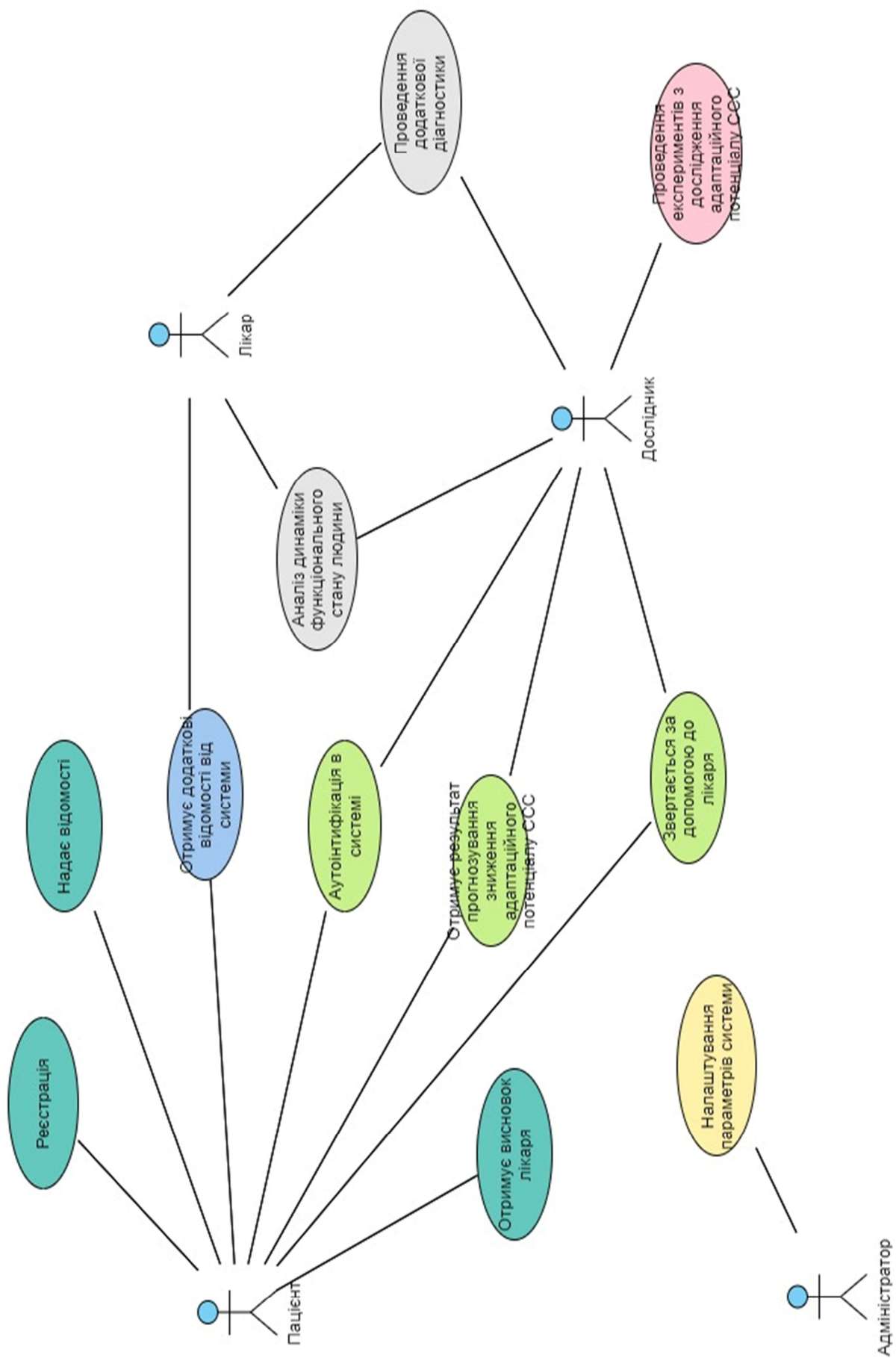
ДОДАТОК Д

**Фізична модель бази даних біотехнічної системи визначення зниження
адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини**



ДОДАТОК Е

Use-case діаграма біотехнічної системи визначення зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини



ДОДАТОК Є

Опис структури бази даних

```
-- tables
-- Table: Adres
CREATE TABLE Adres (
  Id_Adres int NOT NULL,
  "Index" int NOT NULL,
  City varchar(50) NOT NULL,
  Street varchar(50) NOT NULL,
  Bild varchar(5) NOT NULL,
  Kvartira int NOT NULL,
  Telephone varchar(12) NOT NULL,
  Email varchar(50) NOT NULL,
  Pacient_Id_Pacient int NOT NULL,
  CONSTRAINT Adres_pk PRIMARY KEY (Id_Adres)
);
-- Table: Anketa
CREATE TABLE Anketa (
  Id_Vopros int NOT NULL,
  Vopros int NOT NULL,
  CONSTRAINT Anketa_pk PRIMARY KEY (Id_Vopros)
);
-- Table: Autorization
CREATE TABLE Autorization (
  Id_Auto int NOT NULL,
  Login varchar(25) NOT NULL,
  Password varchar(25) NOT NULL,
  Pacient_Id_Pacient int NOT NULL,
  CONSTRAINT Autorization_pk PRIMARY KEY (Id_Auto)
);
-- Table: Matrix
CREATE TABLE Matrix (
  Id_Matrix int NOT NULL,
  H1 float NOT NULL,
  H2 float NOT NULL,
```

```
H3 float NOT NULL,  
H4 float NOT NULL,  
CONSTRAINT Matrix_pk PRIMARY KEY (Id_Matrix)  
);
```

-- Table: Otvet

```
CREATE TABLE Otvet (  
  Id_Otvet int NOT NULL,  
  Variant_1 bit NOT NULL,  
  Variant_2 bit NOT NULL,  
  Variant_3 bit NOT NULL,  
  Variant_4 bit NOT NULL,  
  Zapis_Id_Zapis int NOT NULL,  
  Anketa_Id_Vopros int NOT NULL,  
  CONSTRAINT Otvet_pk PRIMARY KEY (Id_Otvet)  
);
```

-- Table: Pacient

```
CREATE TABLE Pacient (  
  Id_Pacient int NOT NULL,  
  Karta int NOT NULL,  
  Familia varchar(30) NOT NULL,  
  Name varchar(15) NOT NULL,  
  Surname varchar(15) NOT NULL,  
  Gender bit NOT NULL,  
  Birthday date NOT NULL,  
  CONSTRAINT Pacient_pk PRIMARY KEY (Id_Pacient)  
);
```

-- Table: Pokazatel

```
CREATE TABLE Pokazatel (  
  Id_Pokazatel int NOT NULL,  
  Index_Kerdo float(2) NOT NULL,  
  Index_Meerson float(2) NOT NULL,  
  Stamina_Coef float(2) NOT NULL,  
  IMT numeric(4,1) NOT NULL,  
  P_sis tinyint NOT NULL,  
  P_diast tinyint NOT NULL,  
  Cuper_formula float(2) NOT NULL,
```

```

T_C float(2) NOT NULL,
Zapis_Id_Zapis int NOT NULL,
CONSTRAINT Pokazatel_pk PRIMARY KEY (Id_Pokazatel)
);
-- Table: Prognoz
CREATE TABLE Prognoz (
  Id_Prognoz int NOT NULL,
  P1 real NOT NULL,
  P2 real NOT NULL,
  P3 real NOT NULL,
  P4 real NOT NULL,
  Probability real NOT NULL,
  Message varchar(50) NOT NULL,
  Zapis_Id_Zapis int NOT NULL,
  Matrix_Id_Matrix int NOT NULL,
  CONSTRAINT Prognoz_pk PRIMARY KEY (Id_Prognoz)
);
-- Table: Zapis
CREATE TABLE Zapis (
  Id_Zapis int NOT NULL,
  Date date NOT NULL,
  Rost tinyint NOT NULL,
  Ves tinyint NOT NULL,
  HR tinyint NOT NULL,
  AD_syst tinyint NOT NULL,
  AD_diast tinyint NOT NULL,
  Fisical_state varchar(20) NOT NULL,
  Autorization_Id_Auto int NOT NULL,
  CONSTRAINT Zapis_pk PRIMARY KEY (Id_Zapis)
);
-- foreign keys
-- Reference: Adres_Pacient (table: Adres)
ALTER TABLE Adres ADD CONSTRAINT Adres_Pacient
  FOREIGN KEY (Pacient_Id_Pacient)
  REFERENCES Pacient (Id_Pacient);
-- Reference: Autorization_Pacient (table: Autorization)

```

```
ALTER TABLE Autorization ADD CONSTRAINT Autorization_Pacient
    FOREIGN KEY (Pacient_Id_Pacient)
    REFERENCES Pacient (Id_Pacient);
-- Reference: Otveta_Anketa (table: Otveta)
ALTER TABLE Otveta ADD CONSTRAINT Otveta_Anketa
    FOREIGN KEY (Anketa_Id_Vopros)
    REFERENCES Anketa (Id_Vopros);
-- Reference: Otveta_Zapis (table: Otveta)
ALTER TABLE Otveta ADD CONSTRAINT Otveta_Zapis
    FOREIGN KEY (Zapis_Id_Zapis)
    REFERENCES Zapis (Id_Zapis);
-- Reference: Pokazatel_Zapis (table: Pokazatel)
ALTER TABLE Pokazatel ADD CONSTRAINT Pokazatel_Zapis
    FOREIGN KEY (Zapis_Id_Zapis)
    REFERENCES Zapis (Id_Zapis);
-- Reference: Prognoz_Matrix (table: Prognoz)
ALTER TABLE Prognoz ADD CONSTRAINT Prognoz_Matrix
    FOREIGN KEY (Matrix_Id_Matrix)
    REFERENCES Matrix (Id_Matrix);
-- Reference: Prognoz_Zapis (table: Prognoz)
ALTER TABLE Prognoz ADD CONSTRAINT Prognoz_Zapis
    FOREIGN KEY (Zapis_Id_Zapis)
    REFERENCES Zapis (Id_Zapis);
-- Reference: Zapis_Autorization (table: Zapis)
ALTER TABLE Zapis ADD CONSTRAINT Zapis_Autorization
    FOREIGN KEY (Autorization_Id_Auto)
    REFERENCES Autorization (Id_Auto);
-- sequences
-- Sequence: Adres_seq
CREATE SEQUENCE Adres_seq
    START WITH 1
    INCREMENT BY 1
    NO MINVALUE
    NO MAXVALUE
    NO CYCLE
    NO CACHE;
```

-- Sequence: Anketa_seq

CREATE SEQUENCE Anketa_seq

START WITH 1

INCREMENT BY 1

NO MINVALUE

NO MAXVALUE

NO CYCLE

NO CACHE;

-- Sequence: Autorization_seq

CREATE SEQUENCE Autorization_seq

START WITH 1

INCREMENT BY 1

NO MINVALUE

NO MAXVALUE

NO CYCLE

NO CACHE;

-- Sequence: Matrix_seq

CREATE SEQUENCE Matrix_seq

START WITH 1

INCREMENT BY 1

NO MINVALUE

NO MAXVALUE

NO CYCLE

NO CACHE;

-- Sequence: Otveta_seq

CREATE SEQUENCE Otveta_seq

START WITH 1

INCREMENT BY 1

NO MINVALUE

NO MAXVALUE

NO CYCLE

NO CACHE;

-- Sequence: Pacient_seq

CREATE SEQUENCE Pacient_seq

START WITH 1

INCREMENT BY 1

```
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
NO CYCLE
NO CACHE;
-- Sequence: Pokazatel_seq
CREATE SEQUENCE Pokazatel_seq
  START WITH 1
  INCREMENT BY 1
  NO MINVALUE
  NO MAXVALUE
  NO CYCLE
  NO CACHE;
-- Sequence: Prognoz_seq
CREATE SEQUENCE Prognoz_seq
  START WITH 1
  INCREMENT BY 1
  NO MINVALUE
  NO MAXVALUE
  NO CYCLE
  NO CACHE;
-- Sequence: Zapis_seq
CREATE SEQUENCE Zapis_seq
  START WITH 1
  INCREMENT BY 1
  NO MINVALUE
  NO MAXVALUE
  NO CYCLE
  NO CACHE;
-- End of file.
```

ДОДАТОК Ж

Фрагмент листінгу основного коду програми

```
class UserAdditionDataState extends Equatable {
  final FormzStatus status;
  final Height height;
  final Weight weight;
  final WristGirth wristGirth;
  final WaistCircumference waistCircumference;
  final HipGirth hipGirth;
  final bool isEdited;
  const UserAdditionDataState({
    this.status = FormzStatus.pure,
    this.height = const Height.pure(),
    this.weight = const Weight.pure(),
    this.wristGirth = const WristGirth.pure(),
    this.hipGirth = const HipGirth.pure(),
    this.waistCircumference = const WaistCircumference.pure(),
    this.isEdited = false,
  });
  UserAdditionDataState copyWith({
    FormzStatus status,
    Height height,
    Weight weight,
    WristGirth wristGirth,
    WaistCircumference waistCircumference,
    HipGirth hipGirth,
    bool isEdited,
  }) {
    return UserAdditionDataState(
      status: status ?? this.status,
      height: height ?? this.height,
      weight: weight ?? this.weight,
      wristGirth: wristGirth ?? this.wristGirth,
      isEdited: isEdited ?? this.isEdited,
      waistCircumference: waistCircumference ?? this.waistCircumference,
      hipGirth: hipGirth ?? this.hipGirth,
    );
  }
  bool get isValid => status == FormzStatus.valid;
  @override
```

```

List<Object> get props => [
  status,
  weight,
  height,
  waistCircumference,
  wristGirth,
  hipGirth,
  isEdited,
];
}
class UserAdditionDataBLoC
extends Bloc<UserAdditionDataEvent, UserAdditionDataState> {
  final UserBLoC _userBLoC;
  UserAdditionDataBLoC(this._userBLoC) : super(const UserAdditionDataState());
  @override
  Stream<UserAdditionDataState> mapEventToState(UserAdditionDataEvent event) =>
  event.when<Stream<UserAdditionDataState>>>(
    wristGirthChanged: _wristGirthChanged,
    weightChanged: _weightChanged,
    heightChanged: _heightChanged,
    hipGirthChanged: _hipGirthChanged,
    waistCircumferenceChanged: _waistCircumferenceChanged,
    loadData: _loadData,
    submit: _submit,
  );
  Stream<UserAdditionDataState> _waistCircumferenceChanged(
    String value,
  ) async* {
    final validator = WaistCircumference.dirty(value);
    yield state.copyWith(
      waistCircumference: validator,
      status: Formz.validate([
        validator,
        state.height,
        state.weight,
        state.hipGirth,
        state.wristGirth,
      ]),
    );
  }
  Stream<UserAdditionDataState> _hipGirthChanged(String value) async* {
    final validator = HipGirth.dirty(value);

```



```

yield state.copyWith(
  hipGirth: validator,
  status: Formz.validate([
    validator,
    state.height,
    state.weight,
    state.wristGirth,
    state.waistCircumference,
  ]),
);
}

Stream<UserAdditionDataState> _wristGirthChanged(String wristGirth) async* {
  final wristGirthValidator = WristGirth.dirty(wristGirth);
  yield state.copyWith(
    wristGirth: wristGirthValidator,
    status: Formz.validate([
      wristGirthValidator,
      state.height,
      state.weight,
      state.hipGirth,
      state.waistCircumference,
    ]),
  );
}

Stream<UserAdditionDataState> _loadData(UserData userData) async* {
  yield state.copyWith(
    wristGirth: WristGirth.dirty(userData.wristGirth.toString()),
    weight: Weight.dirty(userData.weight.toString()),
    height: Height.dirty(userData.height.toString()),
    hipGirth: HipGirth.dirty(userData.hipGirth.toString()),
    waistCircumference: WaistCircumference.dirty(
      userData.waistCircumference.toString(),
    ),
  );
}

Stream<UserAdditionDataState> _weightChanged(String weight) async* {
  final weightValidator = Weight.dirty(weight);
  yield state.copyWith(
    weight: weightValidator,
    status: Formz.validate([
      weightValidator,
      state.height,

```

```

state.wristGirth,
state.hipGirth,
state.waistCircumference,
]),
);
}
Stream<UserAdditionDataState> _heightChanged(String height) async* {
final heightValidator = Height.dirty(height);
yield state.copyWith(
height: heightValidator,
status: Formz.validate([
heightValidator,
state.weight,
state.wristGirth,
state.hipGirth,
state.waistCircumference,
]),
);
}
Stream<UserAdditionDataState> _submit() async* {
final UserData userData = UserData(
wristGirth: state.wristGirth.doubleValue,
height: state.height.doubleValue,
weight: state.weight.doubleValue,
hipGirth: state.hipGirth.doubleValue,
waistCircumference: state.waistCircumference.doubleValue,
);
_userBLoC.add(UserEvent.update(userData));
}
}
class UserDataState extends Equatable {
final FormzStatus status;
final FullName fullName;
final BirthDate birthDate;
final GenderState gender;
const UserDataState({
this.status = FormzStatus.pure,
this.fullName = const FullName.pure(),
this.birthDate = const BirthDate.pure(),
this.gender = const GenderState.pure(),
});
UserDataState copyWith({

```

```

FormzStatus status,
FullName fullName,
BirthDate birthDate,
GenderState gender,
}) {
return UserDataState(
status: status ?? this.status,
fullName: fullName ?? this.fullName,
birthDate: birthDate ?? this.birthDate,
gender: gender ?? this.gender,
);
}
bool get isValid => status == FormzStatus.valid;
@override
List<Object> get props => [
status,
gender,
fullName,
birthDate,
];
}
class UserDataBLoC extends Bloc<UserDataEvent, UserDataState> {
final UserBLoC _userBLoC;
UserDataBLoC(this._userBLoC) : super(const UserDataState());
@override
Stream<UserDataState> mapEventToState(UserDataEvent event) =>
event.when<Stream<UserDataState>>>(
fullNameChanged: _fullNameChanged,
birthDateChanged: _birthDateChanged,
genderChanged: _genderChanged,
submit: _submit,
);
Stream<UserDataState> _fullNameChanged(String fullName) async* {
final fullNameValidator = FullName.dirty(fullName);
yield state.copyWith(
fullName: fullNameValidator,
status: Formz.validate([
fullNameValidator,
state.birthDate,
state.gender,
]),
);
}
}

```

```

}
Stream<UserDataState> _birthDateChanged(String date) async* {
  final birthDateValidator = BirthDate.dirty(date);
  yield state.copyWith(
    birthDate: birthDateValidator,
    status: Formz.validate([
      birthDateValidator,
      state.fullName,
      state.gender,
    ]),
  );
}
Stream<UserDataState> _genderChanged(Gender gender) async* {
  final genderValidator = GenderState.dirty(gender);
  yield state.copyWith(
    gender: genderValidator,
    status: Formz.validate([
      genderValidator,
      state.fullName,
      state.birthDate,
    ]),
  );
}
Stream<UserDataState> _submit() async* {
  final isValid = Formz.validate([
    state.fullName,
    state.birthDate,
    state.gender,
  ]);
  if (isValid == FormzStatus.valid) {
    final User user = User(
      fullName: state.fullName.value,
      birthDate: state.birthDate.value,
      gender: state.gender.value,
    );
    _userBLoC.add(UserEvent.create(user));
  }
}
}
}

```