

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Анотація. Сучасна медицина характеризується різким зростанням кількості інформації, що переробляється при вирішенні традиційних лікарських завдань: від реєстрації біомедицинської інформації до постановки діагнозу, визначення прогнозу, вибору та корекції тактики лікування за результатами діагнозу. Принциповою перевагою аналізу біомедицинських даних за допомогою медичних інформаційних систем є можливість одномоментної оцінки багатьох параметрів з обробкою великих обсягів інформації, що не під силу ні людині, ні автоматичним аналізаторам, орієнтованим лише на обрані методи аналізу. Для підвищення ефективності електрокардіологічного дослідження було виконано системний аналіз процесу вироблення діагностичних рішень з метою виділення критичних елементів кардіологічної системи підтримки прийняття рішень, які можуть призвести до вироблення некоректних рішень або відмови від прийняття рішення. **Метою дослідження** є розробка функціональної моделі електрокардіологічного дослідження з використанням методології функціонального моделювання IDEF0. **Результати.** Запропоновано функціональну модель електрокардіологічного дослідження у вигляді контекстної діаграми, її декомпозиції та декомпозиції робіт «Виконати реєстрацію та аналіз електроектокардіограми» й «Виконати діагностику». Розроблена функціональна модель електрокардіологічного дослідження показала, що найвідповідальніші роботи виконуються особою, яка приймає рішення, за допомогою кардіологічної системи підтримки прийняття рішень. Крім того запропонована функціональна модель електрокардіологічного дослідження дозволила виділити різні режими роботи кардіологічної системи підтримки прийняття рішень (автоматичний, напівавтоматичний та ручний). Запропонована функціональна модель електрокардіологічного дослідження є основою розробки структури кардіологічної системи підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: електрокардіологічне дослідження, функціональна модель, методологія IDEF0, кардіологічна система підтримки прийняття рішень, біомедицинський сигнал.

Вступ

З появою нових методів функціональної діагностики в кардіології, наприклад, таких як холтер-моніторинг електрокардіограми (ЕКГ), виникла потреба в автоматичному аналізі великих обсягів інформації. Тому проектування медичних систем підтримки ухвалення рішень (СППР) у кардіології є актуальною науково-практичною задачею.

Більшість сигналів (у тому числі і ЕКГ), отриманих в результаті функціональної діагностики стану серця та серцево-судинної системи (ССС), відносяться до біомедицинських сигналів (БМС) з локально зосередженими ознаками (ЛЗО). БМС з ЛЗО – це квазіперіодичні (майже періодичні) сигнали, що мають складну форму та несуть інформацію про стан об'єкта на невеликих фрагментах інтервалу спостереження сигналу [1].

Постановка проблеми в загальному вигляді

Різні класи медичних інформаційних систем у кардіології використовуються як з метою введення та зберігання необхідної інформації з можливістю створення різноманітних звітів та протоколів обстеження, так і з метою формування комп'ютерного діагностичного висновку, який використовується лікарем-фахівцем для вироблення остаточного рішення про стан серця та ССС пацієнта. Медичні СППР забезпечують підтримку ухвалення рішень на основі математичних, функціональних, структурних, евристичних та інших моделей, при створенні яких важливо враховувати специфіку як подання, так і прояви клінічної інформації [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [4] виділено такі особливості побудови медичних

СППР, які за своєю суттю є проблемами їхньої побудови:

- медичні знання мають досить складну структуру, що важко формалізується в силу того, що людський організм дуже складна і не до кінця вивчена функціональна система;

- медичні завдання являють собою слабо-структуровані або неструктуровані проблеми внаслідок того, що хвороби схильні до природної мінливості;

- розроблені математичні методи прийняття рішень у технічній діагностиці важко, а деяких випадках неможливо перенести на рішення аналогічних завдань у медицині, оскільки процедури прийняття рішення лікарем-діагностом не формалізовані;

- подання медичних даних не стандартизовані (можуть суттєво відрізнятися термінологія, номенклатура та шкали вимірювання ознак, формати для реєстрації даних та протоколів обстежень тощо);

- велика кількість інформації про стан пацієнта формується із аналізу сигналів, отриманих у результаті інструментальних методів обстеження;

- будь-яка фізіологічна система організму людини не може розглядатися окремо, тому, хоча і багато спільного між хворими, які страждають на одне захворювання, у кожного хвороба має індивідуальні риси;

- ціна помилки при ухваленні діагностичних рішень у медицині дуже висока, оскільки ці рішення пов'язані зі здоров'ям пацієнта, тому медичні СППР повинні генерувати максимально достовірні діагностичні рішення, які можуть мати лише консультативний характер, а остаточне рішення залишається за лікарем.

Для підвищення ефективності ЕКГ дослідження необхідно виконати системний аналіз процесу вироблення діагностичних рішень з метою виділення критичних елементів кардіологічної СППР (КСППР), які можуть призвести до вироблення некоректних рішень або відмови від прийняття рішення [5]. Розглянемо основні етапи формування протоколу ЕКГ дослідження лікарем-кардіологом.

Для повного та якісного заповнення протоколу ЕКГ дослідження лікарем-кардіологом необхідно на початковому етапі вказати підстави (показання) для ЕКГ дослідження, коротко описати раніше проведені дослідження (якщо такі мали місце бути) із зазначенням мети цих досліджень (скринінгове або для діагностики патології після лікування), коротко описати історію хвороби (анамнез) Ця інформація потрібна для більш ефективного прийняття рішень. У разі наявності попередніх ЕКГ досліджень необхідно виявити зміни в динаміці та/або визначити ефективність лікування. На наступному етапі виконується визначення діагностичних ознак у результаті аналізу ЕКГ. Залежно від виду ЕКГ дослідження, існує безліч стандартів, які допомагають стандартизувати протокол ЕКГ дослідження при описі традиційних діагностичних ознак. Наприклад, стандарт протоколів ЕКГ чи холтерівського моніторингу. На підставі аналізу діагностичних ознак виконується етап виявлення патологічних змін (наприклад, гіпертрофія лівого шлуночка, шлуночкова, передсердна або вузлова екстрасистоля, миготлива аритмія передсердь тощо). Результатом виконання цього етапу є або опис патологічних змін, або констатація факту, що їх не виявлено. Далі, у разі наявності попередніх ЕКГ досліджень, виконується порівняння результатів поточного та попередніх досліджень з метою оцінки динаміки змін, якщо контроль проводиться без лікування (наприклад, в результаті скринінгових досліджень) або оцінки ефективності лікування, якщо між дослідженнями проводилося лікування. На наступному етапі з урахуванням усіх одержаних результатів ЕКГ досліджень (як поточного, так і попередніх, якщо вони проводилися) виконується вироблення діагностичних рішень, які оформлюються у вигляді протоколу ЕКГ дослідження. На заключному етапі пацієнту надаються різні рекомендації щодо тактики подальшого обстеження.

Задача підвищення якості автоматизованої обробки ЕКГ безпосередньо залежить від підвищення ефективності етапу морфологічного аналізу. Під час створення ефективних методів морфологічного аналізу ЕКГ для КСППР необхідно враховувати модель корисного сигналу (МПС), і навіть засновані на МПС методи перетворення БМС з ЛЗО. Аналіз різних МПС та відповідних їм методів перетворення БМС з ЛЗО наведено у [6-9].

Більшість медичних інформаційних систем, що функціонують в українських лікувальних закладах, морально і фізично застаріли. Переважно вони зроблені ще 10-15 років тому, їх ніхто вже давно не підтримує та не вдосконалює. Ці системи дозволяють автоматизувати лише підготовку звітних форм [10]. Використання зарубіжних КСППР пов'язане з

такими труднощами як дуже висока вартість програмного забезпечення та неможливість модернізації програмного коду. Тому є необхідність створення сучасних українських КСППР, які не мають вказаних вище недоліків.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розвиток засобів підтримки прийняття рішень під час проектування кардіологічних комп'ютерних діагностичних систем на основі морфологічного аналізу БМС із ЛЗО з метою підвищення ефективності ЕКГ дослідження. Для досягнення поставленої мети вирішувались задача розробки функціональної моделі ЕКГ дослідження.

Результати досліджень

Представимо функціональну модель ЕКГ дослідження за допомогою методології функціонального моделювання IDEF0. Контекстна діаграма представляє ЕКГ дослідження як єдине ціле та показує зв'язок із зовнішнім світом. Для її побудови необхідно визначити входи, виходи, керування та механізми. Для виконання ЕКГ дослідження в першу чергу потрібно мати дані про пацієнта (ПІБ, стать, вік, контактні дані тощо), дані анамнезу (історія хвороби, супутні захворювання тощо) та дані функціонального обстеження пацієнта (клінічний аналіз крові, артеріальний тиск і т.д.), а також направлення на дослідження, в якому вказується тип ЕКГ дослідження (наприклад, стандартна реєстрація ЕКГ, ЕКГ з пробами навантаження, холтер-моніторинг і т.д.). Усі ці дані є входами контекстної діаграми (рис. 1). В результаті ЕКГ дослідження пацієнт отримує протокол, у якому вказуються необхідні відомості про проведене ЕКГ дослідження (наприклад, дані про ЕКГ-діагностичний комплекс (ЕКГ-ДК), за допомогою якого проводилося дослідження, тип ЕКГ дослідження тощо), опис результатів ЕКГ дослідження та діагностичний висновок. Тому протокол ЕКГ дослідження є виходом контекстної діаграми (рис. 1). Будь-яке дослідження проводиться у відповідність до законодавчої бази, тому нормативні документи (правила проведення дослідження, стандарти формування протоколів тощо) – це управління контекстної діаграми (рис. 1).

І, нарешті, ЕКГ дослідження пацієнта проводить медперсонал (медсестра, лаборант, технік тощо.) з використанням ЕКГ-ДК, що дозволяє реєструвати необхідні відведення ЕКГ. До сучасних ЕКГ-ДК підключаються ПК, де встановлені КСППР, відповідні модулі якої обробляють та аналізують отримані ЕКГ, а також допомагають лікарю-фахівцеві виробляти діагностичні рішення. Тому основними механізмами контекстної діаграми є пацієнт, медперсонал, лікар-фахівець (тобто особа, яка приймає рішення – ОПР), КСППР та ЕКГ-ДК (рис. 1).

Для декомпозиції контекстної діаграми, зображеної на рис. 1, було виділено чотири основні роботи (рис. 2):

- робота 1 «Зареєструвати пацієнта»;
- робота 2 «Виконати реєстрацію та аналіз ЕКГ»;
- робота 3 «Виконати діагностику»;
- робота 4 «Сформувати протокол ЕКГ дослідження».

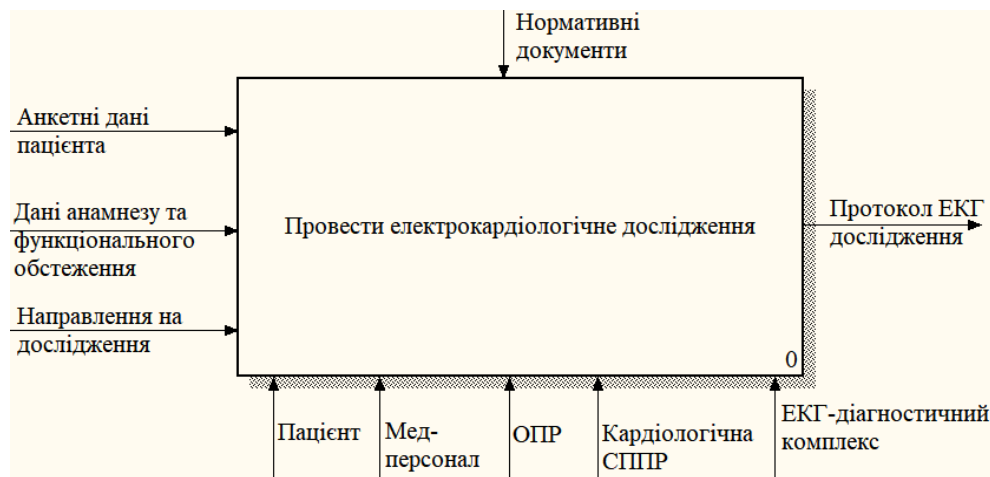


Рис. 1. Контекстна діаграма функціональної моделі ЕКГ дослідження

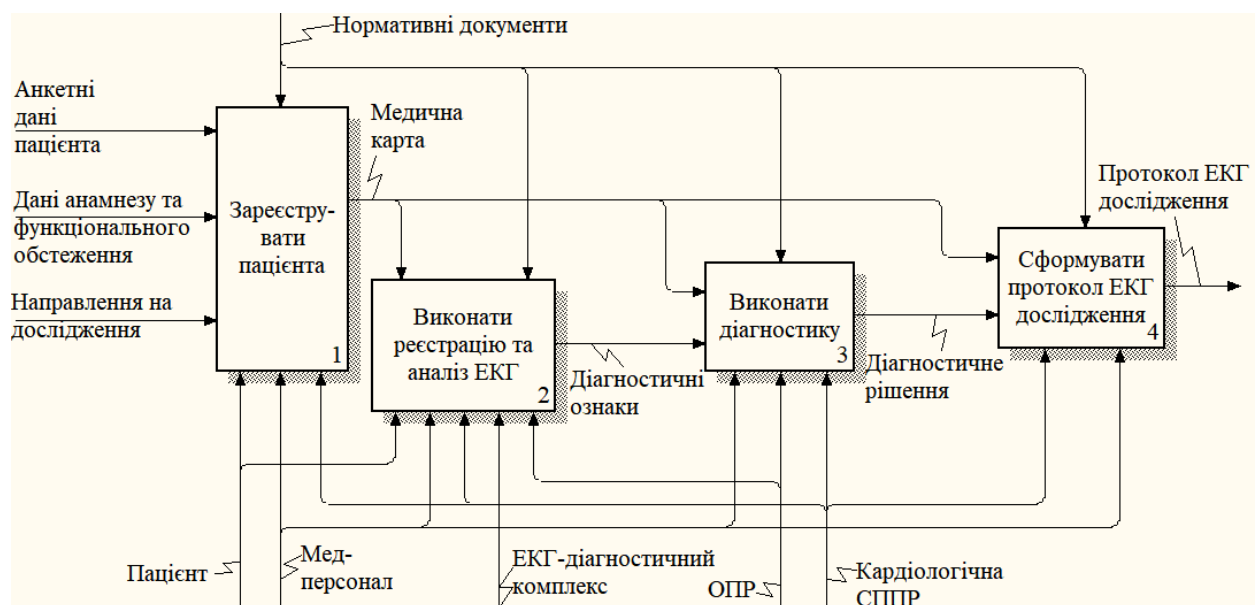


Рис. 2. Декомпозиція контекстної діаграми функціональної моделі ЕКГ дослідження

Як і для контекстної діаграми, управлінням всім робіт є нормативні документи. Нормативні документи є керуванням для всіх робіт, як це було показано для контекстної діаграми. Анкетні дані, дані анамнезу та функціонального обстеження пацієнта, а також направлення на дослідження надходять на вхід роботи 1. Медперсонал з використанням модулів КСППР (механізми) формує нову або заповнює існуючу медичну карту (вихід). При цьому дані з медичної картки поряд із нормативними документами є управлінням роботи 2. Робота 2 не має входів, оскільки дані з медичної картки та нормативні документи є управлінням. Ці дані дозволяють за необхідності налаштувати необхідні параметри ЕКГ-ДК (наприклад, тривалість реєстрації ЕКГ або система відведення), а також вибрати необхідний тип дослідження (наприклад, холтер-моніторинг). Медперсонал за допомогою ЕКГ-ДК виконує реєстрацію необхідних відведень ЕКГ, а ОПР за допомогою інтелектуальних модулів КСППР виконує подальший аналіз отриманих ЕКГ з метою визначення діагностичних ознак (електрична вісь серця, параметри та

морфологічні зміни структурних елементів, відсутність структурних елементів, які присутні нормі, та/або наявність артефактів у вигляді додаткових структурних елементів, яких не повинно бути в нормі) [11]. Таким чином, вихідними даними 2 роботи є діагностичні ознаки, а механізмами пацієнт, медперсонал, ОПР, ЕКГ-ДК і КСППР. На вхід роботи 3 надходять дані з медичної картки (дані анамнезу та результати функціональної діагностики), а також отримані на виході роботи 2 діагностичні ознаки. ОПР, використовуючи інтелектуальні модулі КСППР, формує діагностичне рішення, яке є виходом роботи 2. Внаслідок виконання роботи 4 медперсоналом за допомогою КСППР (механізми роботи 4) на підставі даних з медичної картки та отриманого на виході роботи 3 діагностичного рішення (входи роботи 4) заповнюється протокол ЕКГ дослідження (вихід роботи 4).

Таким чином, з урахуванням основних виділених робіт виконано декомпозицію контекстної діаграми функціональної моделі ЕКГ дослідження, яка зображена на рис. 2.

Перша та остання роботи досить легко автоматизуються, особливо за наявності стандартів ведення медичних карт та оформлення протоколів ЕКГ дослідження. На якість та ефективність ЕКГ дослідження більшою мірою впливають результати виконання робіт 2 і 3, тому тільки у цих робіт одним із механізмів є ОПР та інтелектуальні модулі КСППР. Крім того, помилки на етапі аналізу ЕКГ є критичними для всього процесу ЕКГ дослідження. Тому було виконано подальшу декомпозицію робіт 2 і 3.

В результаті декомпозиції роботи 2 «Виконати реєстрацію та аналіз ЕКГ» було виділено такі функціональні блоки (ФБ, рис. 3):

- ФБ 21 «Виконати реєстрацію ЕКГ»;
- ФБ 22 «Виконати передобробку ЕКГ»;
- ФБ 23 «Виконати аналіз ЕКГ»;
- ФБ 24 «Сформувати діагностичні ознаки».

Як і роботи 2 загалом управлінням всім ФБ 21-24 є нормативні документи.

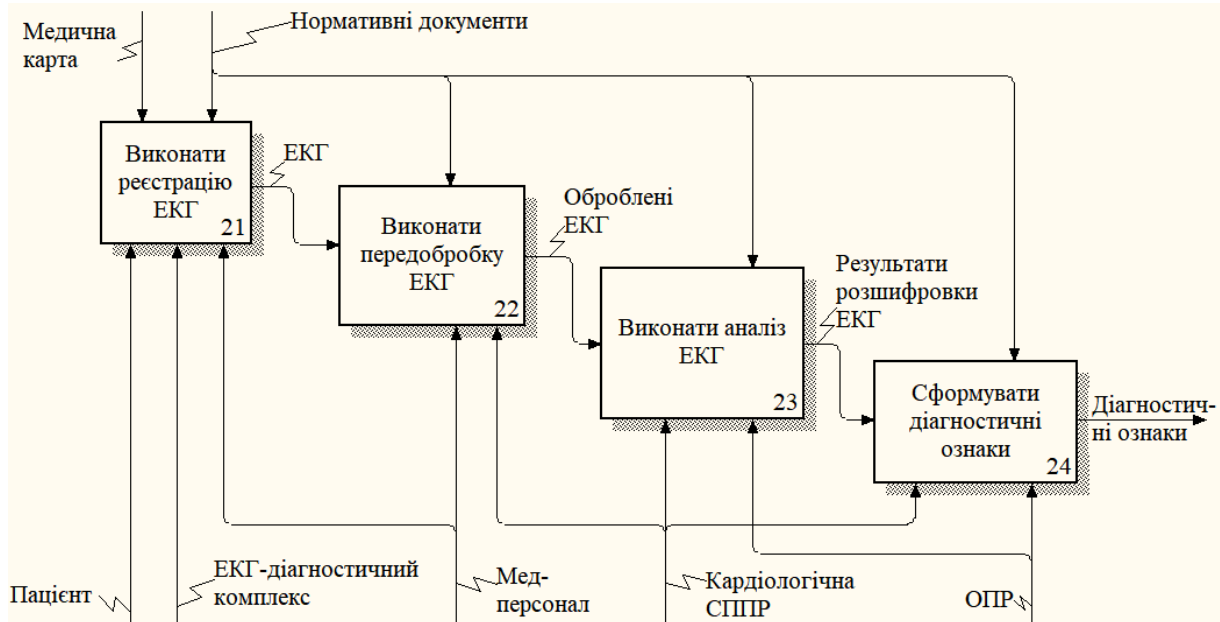


Рис. 3. Декомпозиція роботи 2 «Виконати реєстрацію та аналіз ЕКГ»

За допомогою ЕКГ-ДК медперсоналом з пацієнта записуються необхідні відведення ЕКГ, тому виходом ФБ 21 є необроблені цифрові ЕКГ. У цьому, як було зазначено вище, ФБ 21 немає входів, так як дані з медичної картки (наприклад, система відведень, тип дослідження та тривалість реєстрації) використовуються для налаштування ЕКГ-ДК, тобто є керуванням. Необроблені ЕКГ надходять на вхід ФБ 22, в якій медперсоналом за допомогою відповідних модулів КСППР методами цифрової обробки сигналів (механізми) здійснюється різного роду попередня обробка ЕКГ (наприклад, низькочастотна та високочастотна фільтрація, розділення, тощо) [12]. З виходу ФБ 22 оброблені відведення ЕКГ надходять на вхід ФБ 23, в результаті виконання якого оцінюється ритм серцевих скорочень, визначається електрична вісь серця, виконується розмітка сигналу та визначаються амплітудно-часові параметри знайдених структурних елементів ЕКГ (наприклад, довжина RR-інтервалу, поляризація, амплітуди та тривалості зубців P, Q, R, S та T, висота сегмента ST, тощо) [13, 14]. Аналіз ЕКГ може проходити як в автоматичному, так і напівавтоматичному або ручному режимах з використанням відповідних інтелектуальних модулів КСППР. В автоматичному режимі ОПР лише підтверджує правильність результатів аналізу ЕКГ, який виконує КСППР, тобто підтверджує, що електрична ось серця, усі зубці та компле-

кси ЕКГ знайдені правильно та їх параметри визначено коректно. Якщо використовується напівавтоматичний режим аналізу ЕКГ, то після виділення структурних елементів ОПР проводить корекцію результатів аналізу за допомогою КСППР, тобто коригує значення частоти серцевих скорочень, електричної осі серця, зазначає пропущені структурні елементи та/або прибирає помилкові мітки. У разі використання ручного режиму аналізу ЕКГ повністю виконується ОПР з використанням інтерактивного інтерфейсу КСППР. Таким чином, ОПР та КСППР є механізмами ФБ 23. Параметри структурних елементів, які отримані в результаті виконання ФБ 23 посилаються на вхід ФБ 24. В результаті виконання ФБ 24 формуються необхідні діагностичні ознаки (наприклад, наявність і тип екстрасистол, ознаки пароксизмальних порушень ритму серця, ознаки миготливої аритмії, подовжений інтервал P-R, блокада правої або лівої ніжок пучка Гіса, тощо). При цьому всі рішення приймає ОПР, використовуючи КСППР напівавтоматичному або ручному режимах. У першому випадку ОПР має можливість коригувати рішення, вироблене КСППР, тоді як у другому – КСППР використовується як інформаційно-пошукова система. У ФБ 24 автоматичний режим КСППР зазвичай не використовується, тому що нескоректовані помилки, що виникають на даному етапі, згодом можуть призвести до помилок діагностики 1-го

та 2-го роду, що знижує ефективність проведеного ЕКГ дослідження та є критичним для вибору подальшої тактики лікування.

В результаті декомпозиції роботи 3 «Виконати діагностику» було виділено такі ФБ (рис. 4):

ФБ 31 «Знайти попередні дослідження»;

ФБ 32 «Проаналізувати діагностичні ознаки»;

ФБ 33 «Оцінити динаміку»;

ФБ 34 «Оцінити ефективність лікування»;

ФБ 35 «Прийняти рішення».

Як і для роботи 3 загалом управлінням всім ФБ 31-35 є нормативні документи.

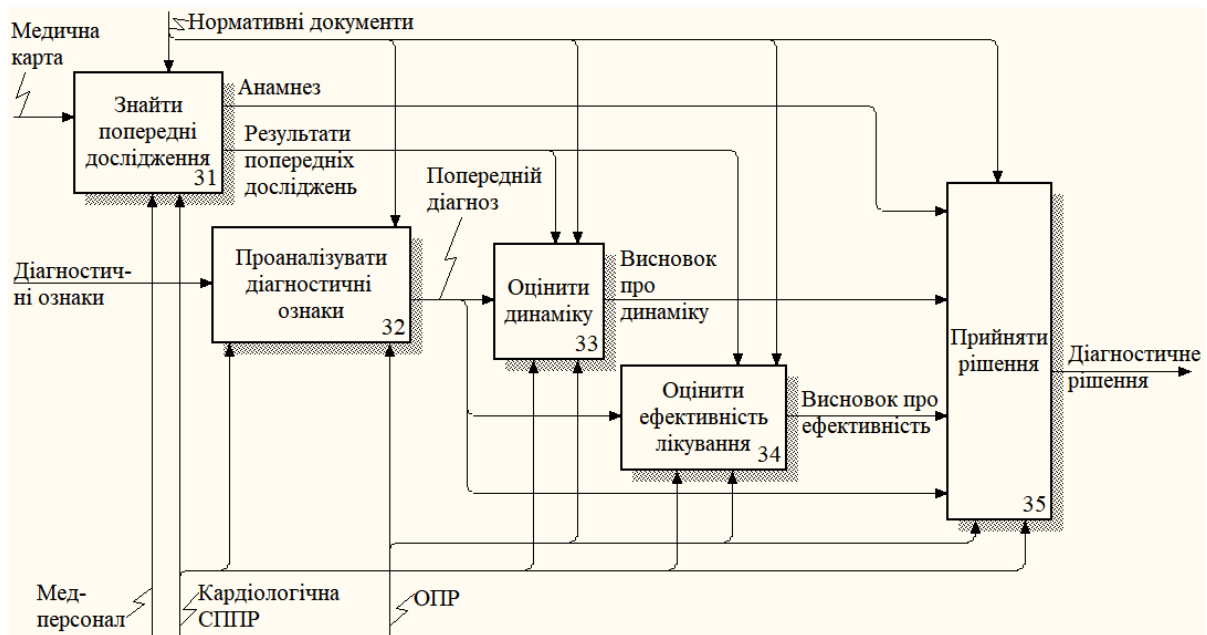


Рис. 4. Декомпозиція роботи 3 «Виконати діагностику»

Якщо пацієнт проходить ЕКГ дослідження повторно або багаторазово (наприклад, скринінг або оцінка динаміки розвитку деякого захворювання ССС), то для вироблення повноцінного діагностичного рішення ОПР необхідно отримати дані про попередні дослідження. Тому на вхід ФБ 31 надходить інформація з медичної карти, а медперсонал за допомогою КСППР (механізми) виконує пошук даних про попередні дослідження (вихід). Якщо попередні дослідження були знайдені, ці дані є управлінням ФБ 33 і 34, які описані нижче. Крім того, з медичної карти вибираються дані анамнезу, які є одним із входів ФБ 35, який також описаний нижче. Як було зазначено вище, діагностичні ознаки, отримані в результаті виконання роботи 2, є входом для роботи 3, а зокрема, надходить на вхід ФБ 32 (рис. 2 та 4). На цьому етапі ОПР (механізм) також може використовувати КСППР (механізм) як напівавтоматичному, так і в ручному режимах. У першому випадку використовуються інтелектуальні модулі КСППР, а в другому – пошукові модулі та модулі для візуалізації ЕКГ та даних. Результатом виконання ФБ 32 є попередній діагноз (вихід), що є входом ФБ 33-35. Якщо в результаті виконання ФБ 31 було знайдено попередні дослідження, то далі можуть бути виконані ФБ 33 (якщо попередні дослідження проводилися в результаті, наприклад, скринінгу) та/або ФБ 34 (якщо попередні дослідження проводилися після лікування). Як було зазначено вище, для виконання ФБ 33 і 34 дані про результати попередніх досліджень (вихід ФБ 31) виступають як управління, а попередній діагноз (вихід ФБ 32) є входом (рис. 4). З

урахуванням попереднього діагнозу ОПР за допомогою відповідних інтелектуальних блоків КСППР формує висновок про динаміку та/або ефективність лікування (виходи ФБ 33 і 34), які разом з даними анамнезу (вихід ФБ 31) та попереднім діагнозом (вихід 2 надходять на вхід ФБ 35). Якщо попередні дослідження не проводилися, то ФБ 35 виконується тільки на підставі даних про анамнез і попередній діагноз (рис. 4). У ФБ 35 КСППР (механізм) також може використовуватися як в автоматичному, так і напівавтоматичному і ручному режимах, при цьому ОПР (механізм) використовує відповідні модулі КСППР.

Висновки та перспективи подальших досліджень

У статті розроблено функціональну модель ЕКГ дослідження, яка враховує етапи обробки відведень ЕКГ. Декомпозиція робіт «Виконати реєстрацію та аналіз ЕКГ» та «Виконати діагностику» дозволила виділити найважливіші функціональні блоки «Виконати аналіз ЕКГ», «Сформувані діагностичні ознаки» та «Прийняти рішення», від яких залежить якість та ефективність ЕКГ дослідження загалом.

Розроблена функціональна модель ЕКГ дослідження показала, що найвідповідальніші роботи виконуються ОПР з допомогою КСППР, і навіть дозволила виділити функціональні блоки, для реалізації яких необхідні інтелектуальні модулі КСППР. Крім того запропонована функціональна модель ЕКГ дослідження дозволила виділити різні режими

роботи КСППР (автоматичний, напівавтоматичний та ручний).

Запропонована функціональна модель ЕКГ дослідження є основою розробки структури КСППР.

Подальші дослідження спрямовані на розробку інформаційної та структурної моделей ЕКГ дослідження для розробки КСППР з урахуванням особливостей аналізу ЕКГ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fainzillberg L. Development of telemedicine system for remote monitoring of heart activity based on fasegraphy method / L. Fainzillberg, T. Soroka // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2015. – Vol. 6, № 9(78). – P. 37–46.
2. Доан Д.Х. Обзор подходов к проблеме принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12 (часть 1). – С. 26–30.
3. Кобринский Б.А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении / Б.А. Кобринский // *Врач и информационные технологии*. – 2010. – №2. – С. 39–45.
4. Халафян А.А. Анализ и синтез медицинских систем поддержки принятия решений на основе технологий статистического моделирования: автореф. дис. на соискание науч. степени док. техн. наук: спец. 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы)» / А.А. Халафян. – Краснодар, 2010. – 47 с.
5. Филатова А.Е. Проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений в медицине на основе морфологического анализа биомедицинских сигналов и изображений / А.Е. Филатова // *Матеріали 14-ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2014)*. – Харків – Ялта: НТУ «ХПІ», 2014. – С. 13.
6. Povoroznyuk A. Development of alternative diagnostic feature system in the cardiology decision support systems / A. Povoroznyuk, A. Filatova // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 3/9(81). – P. 39–44.
7. Povoroznyuk, A. I. The designing of nonlinear filter in the problem of structure identification of biomedical signals with locally concentrated properties / A. I. Povoroznyuk, A. E. Filatova // *System studies and information technologies*. – 2014. – № 1. – P. 69–80.
8. Файнзильберг Л.С. ФАЗАГРАФ® – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца / Файнзильберг Л.С. // *Клиническая информатика и телемедицина*. – 2010. – Т. 6. – Вып. 7. – С. 22–30.
9. Кристаллинский Р.Е. Преобразования Фурье и Лапласа в системах компьютерной математики. Учебное пособие / Р.Е. Кристаллинский, В.Р. Кристаллинский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 216 с.
10. Качмар В.О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В.О. Качмар // *Український журнал телемедицини та медичної телематики*. – 2010. – Том 8, № 1. – С. 12–17.
11. Karimipoura, A. Real-time electrocardiogram P-QRS-T detection-delineation algorithm based on quality-supported analysis of characteristic templates / A. Karimipoura, M.R. Homaeinezhad // *Computers in Biology and Medicine*. – 2014. – Vol. 52. – P. 153–165.
12. Гонтаренко А.А. Адаптивная фильтрация сетевой помехи 50 Гц в системах регистрации электрокардиограмм / А.А. Гонтаренко, В.П. Корнев // *Биомедицинские приборы и системы*. – 2013. – №4. – С. 45–52.
13. A Novel Approach for Detecting QRS Complex of ECG signal / S.K. Salih, S.A. Aljunid, A. Yahya, K. Ghailan // *International Journal of Computer Science Issues*. – 2012. – Vol. 9 (6), № 3. – P. 205–215.
14. Povoroznyuk A.I. Formalisation of the problem of the matched morphological filtering of biomedical signals and images / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, L.M. Kozak, and other // *Information Technology in Medical Diagnostics II - Proceedings of the International Scientific Internet Conference on Computer Graphics and Image Processing and 48th International Scientific and Practical Conference on Application of Lasers in Medicine and Biology*, 2019. – P. 155–162.

Received (Надійшла) 25.03.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 01.06.2022

Functional model of the electrocardiological study

Mohamad Fahs, Anna E. Filatova

Abstract. Modern medicine is characterized by a sharp increase in the amount of information processed when solving traditional medical problems: from recording biomedical information to making a diagnosis, determining a prognosis, and choosing and correcting treatment tactics based on the results of a diagnosis. The principal advantage of biomedical data analysis using medical information systems is the ability to simultaneously evaluate many parameters with the processing of large amounts of information, which is beyond the power of either a person or automatic analyzers focused only on selected analysis methods. To improve the efficiency of an electrocardiological study, a systems analysis of the process of making diagnostic decisions was performed in order to highlight the critical elements of the cardiological decision support system that can lead to the development of incorrect decisions or refusal to make a decision. **The purpose** of the study is to develop a functional model of an electrocardiological study using the IDEF0 functional modeling methodology. **Results.** A functional model of an electrocardiological study is developed in the form of a context diagram, its decomposition, and the decomposition of the activities «To perform registration and analysis of ECG» and «To perform diagnostics». The developed functional model of electrocardiological study has shown that the most important work is performed by the decision-maker with the help of a cardiological decision support system. In addition, the proposed functional model of electrocardiological study made it possible to identify various modes of operation of a cardiological decision support system (automatic, semi-automatic, and manual). The proposed functional model of electrocardiological research is the basis for developing the structure of a cardiological decision support system.

Keywords: electrocardiological study, functional model, methodology IDEF0, cardiological decision support system, biomedical signal.