

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту  
(повна назва)

Кафедра Інформатики  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РОЗРОБЛЕННЯ МЕДИЧНОЇ**  
**ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ**  
**ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПОДАННЯ**

(тема)

Виконав:  
студент 2 курсу, групи ІНФМ-20-1

Магомет А.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформатика  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Творошенко І.С.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кобилін О.А.  
(прізвище, ініціали)

2021 р.

## Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту  
(повна назва)Кафедра Інформатики  
(повна назва)Рівень вищої освіти другий (магістерський)Спеціальність 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва)Тип програми освітньо-професійнаОсвітня програма Інформатика  
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУстудентові Магомет Анні Володимирівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Дослідження методу розроблення медичної інформаційної системи з використанням об'єктно-орієнтованого подання

затверджена наказом по університету від « 22 » жовтня 2021 року № 1574Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 23 листопада 2021 р.3. Вихідні дані до роботи модель предметної області, характеристики об'єктів автоматизації, множина користувачів та їх функцій, список основних задач обробки даних, список основних інформаційних елементів, модель структури та наповнення інформаційної системи.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1. Аналіз сучасних інформаційних систем та методів їх розроблення.

2. Особливості об'єктно-орієнтованого подання для розроблення медичної інформаційної системи.

3. Методичні підходи до аналізу інформаційних вимог користувачів та формування графів інформаційних структур.

4. Розроблення моделі об'єктно-орієнтованого подання предметних областей бази даних.

5. Відображення вимог обробки даних на графі інформаційних структур користувачів.

6. Реалізація прототипу та його описання.

7. Опис перспектив подальшої роботи.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Актуальність розроблення медичних інформаційних систем, побудова дерева пошуку даних на графі інформаційної структури, етапи програмної реалізації медичної інформаційної системи, інструкція реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи, подальший розвиток медичної інформаційної системи, висновок, апробація результатів дослідження.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Консультант з дотримання діючих стандартів та норм	Доцент Белова Н.В.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	22.10.2021	
2	Аналіз завдання, підбір літератури	23.10.21-25.10.21	
3	Аналіз літератури з досліджуваної проблеми	25.10.21-28.10.21	
4	Аналіз технічних засобів	28.10.21-31.10.21	
5	Розробка методу	31.10.21-01.11.21	
6	Програмна реалізація	01.11.21-03.11.21	
7	Оформлення пояснювальної записки	03.11.21-20.11.21	
8	Перевірка на плагіат	24.11.2021	
9	Рецензування	24.11.2021	
10	Підготовка презентації та доповіді	25.11.2021	
11	Занесення роботи в електронний архів	25.11.2021	
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	01.12.2021	

Дата видачі завдання 22 жовтня 2021 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Творошенко І.С.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

**РЕФЕРАТ/ABSTRACT**

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 99 с., 10 табл., 30 рис., 62 джерела.

**МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПОДАННЯ, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, ОБ'ЄКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, ГРАФ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ, ПРОТОТИП ІНТЕРФЕЙСУ.**

Об'єктом дослідження є процес розроблення об'єктно-орієнтованої моделі медичної інформаційної системи.

Метою дослідження є розроблення об'єктно-орієнтованої моделі та прототипу користувацького інтерфейсу медичної інформаційної системи.

Використано методи об'єктно-орієнтованого подання. Проведено дослідження моделей життєвого циклу та їх етапів. Досліджено методи проектування інформаційних систем, виявлені їх переваги та недоліки.

У результаті роботи здійснена розробка моделі системи та інтерфейсу медичної інформаційної системи у програмі проектування прототипів Figma.

**MEDICAL INFORMATION SYSTEM, OBJECT-ORIENTED PRESENTATIONS, LIFE CYCLE, AUTOMATION OBJECTS, INFORMATION STRUCTURE GRAPH, PROTOTER.**

The object of research is the process of developing an object-oriented model of medical information system development.

The aim of the research is to develop an object-oriented model and prototype of the user interface of the medical information system.

Object-oriented representation methods are used. An exploration of life cycle models and their stages. Methods of designing information systems are researched; their advantages and disadvantages are revealed.

As a result, the system model and the interface of the medical information system in the Figma prototyping design program were developed.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	7
Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих методів розроблення медичних інформаційних систем..	10
1.1 Аналіз сучасних медичних інформаційних систем.....	10
1.1.1 Теоретичні відомості про сучасні медичні інформаційні системи.....	10
1.1.2 Аналіз існуючих медичних інформаційних систем в Україні та за кордоном .....	12
1.2 Класифікація та аналіз існуючих методів розроблення медичних інформаційних систем .....	16
1.3 Особливості об’єктно-орієнтованого подання для розроблення медичних інформаційних систем .....	23
1.4 Аналіз літературних джерел щодо апробації результатів розроблення медичних інформаційних систем.....	26
1.5 Постановка задачі дослідження.....	28
2 Об’єктно-орієнтоване подання розроблення методу побудови інтегрованої бази даних для медичної інформаційної системи.....	29
2.1 Методичні підходи до аналізу інформаційних вимог користувачів та формування графів інформаційних структур .....	29
2.1.1 Принципи методу нормалізації інформаційних структур бази даних медичної інформаційної системи .....	49
2.1.2 Класифікація типів інформаційних елементів в існуючих групах даних .....	54
2.1.2.1 Визначення складу основних та допоміжних ключів..	54
2.1.2.2 Формування зведених матриць суміжності та відповідних їм орграфів .....	55

	6
2.2 Модель об'єктно-орієнтованого подання предметних областей бази даних .....	58
2.3 Принципи створення інтегрованої бази даних для медичної інформаційної системи .....	62
2.3.1 Відображення вимог користувачів по обробці даних для інформаційних структур.....	63
2.3.2 Схема побудови дерева пошуку даних на графі інформаційної структури .....	64
2.3.3 Відображення вимог обробки даних на графах інформаційних структур користувачів .....	68
3 Реалізація та дослідження методу розроблення медичної інформаційної системи з використанням об'єктно-орієнтованого подання .....	71
3.1 Вибір інструментального засобу для реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи .....	71
3.2 Етапи програмної реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи .....	73
3.3 Інструкція реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи .....	76
3.3.1 Реєстрація.....	76
3.3.2 Вхід до системи .....	81
3.3.3 Перевірка через ЕЦП .....	83
3.3.4 Зміна пароллю .....	85
3.3.5 Інструкція користувача «Особистий кабінет пацієнта».....	87
3.4 Перспективи подальшої роботи .....	90
Висновки .....	91
Перелік джерел посилання .....	93

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- ІС – інформаційна система
- МІС – медична автоматизована інформаційна система
- ЛПЗ – лікувально-профілактичний заклад
- БД – база даних
- ЦБД – центральна база даних
- ООБД – об’єктно-орієнтована база даних
- ЖЦ – життєвий цикл
- ТЗ – технічне завдання
- ТЕО – техніко-економічне обґрунтування
- СУБД – система управління базами даних
- UML – (Unified Modeling Language), уніфікована мова моделювання
- ЕСОЗ – електронна система охорони здоров’я
- МОЗ – Міністерство охорони здоров’я України
- ISO – (International Organization for Standardization), Міжнародна організація зі стандартизації
- HIS – (Hospital Information System), інформаційна система лікарні
- RIS – (Radiology Information System), радіологічна інформаційна система
- PACS – (Picture Archiving and Communication System), система збереження медичних зображень
- WBS – (Work Breakdown Structure), ієрархічна структура робіт
- ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології
- UX – (User Experience), користувацький досвід
- UI – (User Interface), користувацький інтерфейс
- ПМСД – первинна медико-санітарна допомога

НСЗУ – Національна служба здоров'я України

ЗОЗ – заклад охорони здоров'я

ПЗ – програмне забезпечення

КЕК – клініко-експертна комісія

МСЕ – медико-соціальна експертиза

СУООБД – система управління об'єктно-орієнтованою базою даних

ЕЦП – електронний цифровий підпис

## ВСТУП

Розвиток сучасного суспільства характеризується значним впливом комп'ютерних технологій, що знайшли своє застосування в усіх сферах людської діяльності. Інформаційні технології забезпечують поширення інформації в суспільстві, формують глобальний інформаційний простір. Тож вони стали важливим стимулюючим фактором розвитку світової економіки та інших сфер людської діяльності. Важко знайти такі сфери, де зараз не використовуються інформаційні технології. Основними напрямками, де вони впроваджуються є будівництво, машинобудування, освіта, банківська справа і, звісно, медицина [1, 2].

У багатьох медичних дослідженнях є просто неможливим обійтися без комп'ютерів і спеціального програмного забезпечення. На сьогоднішній день вміння користуватися комп'ютером стає однією з найважливіших професійних навичок медичних працівників [1–3].

Актуальність дослідження полягає у тому, що під час пандемії медична галузь зіткнулась із зростаючими потребами населення та збільшенням можливостей лікування, навіть системи охорони здоров'я найбагатших країн стикаються з економічними та промисловими труднощами у підтримці якості медичної допомоги. Критична ситуація показала проблеми медичної сфери, великий потік пацієнтів створив небачену раніше завантаженість у лікарнях. Щоб вирішити ці проблеми, охорона здоров'я все частіше звертається до інформаційних технологій, які можуть керувати ресурсами, скорочувати черги, виключати медичні помилки і навіть надавати новітні методи лікування жителям віддалених міст і сіл.

Інформаційні технології стали невід'ємною частиною охорони здоров'я. Вони використовуються для всіх рівнів управління та догляду. В даний час здійснюється перехід до комплексної автоматизації окремих напрямків медицини, лікувально-профілактичних установ та територіальної охорони здоров'я.

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРОБЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

## 1.1 Аналіз сучасних медичних інформаційних систем

### 1.1.1 Теоретичні відомості про сучасні медичні інформаційні системи

В Україні наразі діє електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ). Це інформаційно-телекомунікаційна система, що вже декілька років успішно автоматизує управління електронними медичними даними та ведення обліку медичних послуг у всіх ЛПЗ країни, що співпрацюють з Національною службою здоров'я України (НСЗУ).

Технічним архітектурним рішенням для ЕСОЗ виступає гібридна модель. Це двохкомпонентна система з множиною електронних медичних інформаційних систем (МІС), які є власністю бізнесів, та єдиною центральною базою даних (ЦБД), яка є державною власністю [2, 4, 5].

Стандарти та правила для ЕСОЗ встановлює безпосередньо держава, вона також гарантує безпеку системи та медичних даних у ній, а бізнес в свою чергу гарантує своєчасне якісне надання своїх сервісів та послуг користувачеві системи.

МІС – це програмний продукт, який є комплексним та застосовується в лікувально-профілактичних закладах вузької або загальної спеціалізації з метою автоматизації головних процесів ЛПЗ [1–3]. Являє собою сукупність програмно-технічних засобів, баз даних і знань.

Автоматизація процесів дозволяє налагодити зв'язок з пацієнтами, лікарня зможе обробити більше звернень за менший проміжок часу, що є дуже важливим фактором у роботі ЛПЗ в умовах пандемії, прискорити та упорядкувати роботу реєстратури, спростивши процедуру запису пацієнтів на прийом [3, 4].

Також автоматизація прискорить електронний документообіг у ЛПЗ, дозволить більш ефективно контролювати організаційні процеси та фінансові питання, вести оперативний облік роботи адміністративного персоналу, швидко готувати аналітику та звіти, збирати статистику [5].

З якою метою використовуються МІС:

– оптимізація процесів ЛПЗ і управління даними. МІС обробляє та зберігає велику кількість особистих даних пацієнтів, даних про їх обстеження, аналізи та лікування та результати діяльності медичного закладу [1, 3, 4]. МІС зберігає всі занесені в неї дані та забезпечує цілодобовий доступ до інформації за допомогою входу до активного профілю користувача системи. Так оформлення медичної документації здійснюється за одним зразком, а підхід до пацієнтів приводиться до єдиної нормативної форми;

– доступ до інформації. МІС по суті є величезним архівом, що зберігає всі внесені до нього дані та надає доступ для їх подальшого аналізу та обробки. Інформаційна система поділяє користувачів на різні групи в залежності від рівню доступу яка їм надається [3, 4]. Так наприклад система забезпечує нерозголошення лікарської таємниці (конфіденційність даних щодо пацієнтів, їх аналізів, моніторингу стану пацієнта та лікування);

– об'єднання масивів даних і звітностей. За допомогою МІС можна об'єднувати кілька медичних установ у єдину електронну систему, створити цілу електронну структуру для лікарень, їх філіалів або навіть для окремих кабінетів [1–4]. Також наявні у більшості МІС алгоритми й інтуїтивно зрозумілі інструменти формування і ведення звітності, спеціалісти зможуть автоматично отримувати звіти, дані про аналізи та дослідження пацієнтів.

В Україні використовується спеціальне скорочення до терміну МІС, відповідно такий термін є і за кордоном. Так медичні інформаційні системи називаються Hospital Information System та скорочуються до терміну HIS. Застосування медичних інформаційних систем у різних країнах майже не відрізняється, але за кордоном враховуються також і юридичні аспекти роботи ЛПЗ та страхування.

Також існують Laboratory Information Management Systems (інформаційні системи лабораторій) та Pharmacy Information Management Systems (інформаційні системи аптек) [3, 4]. Ці види систем можуть використовуватися як окремі повноцінні системи або як частина багатокomпонентної МІС.

МІС може бути доповнена спеціальними нетиповими компонентами за вимогами ЛПЗ, наприклад модулями RIS (радіологічна інформаційна система) або PACS (система збереження медичних зображень) [4].

### 1.1.2 Аналіз існуючих медичних інформаційних систем в Україні та за кордоном

Розглянемо існуючі популярні МІС. В Україні державні ЛПЗ можуть обрати будь-яку МІС, якщо та у свою чергу успішно пройшла тестування і підключена до центральної бази даних ЕСОЗ, має необхідний функціонал та відповідає технічним характеристикам, що визначені МОЗ.

На сьогоднішній день медичні інформаційні системи – це важливий засіб встановлення взаємодії між лікувальним закладом та пацієнтами. В умовах пандемії попит на закупівлю інформаційних систем у лікарні збільшився як ніколи раніше, тому зросла й конкуренція серед розробників медичних інформаційних систем. Тож, щоб конкурувати з іншими МІС, розробники мають удосконалювати системи або одразу створювати з таким рівнем функціоналу, який дозволить лікувальному закладу забезпечити кращий рівень сервісу для своїх пацієнтів [5, 6].

Розглянемо найпопулярніші МІС, що діють на території України:

– «HELSI». Це сучасна, зручна та надійна електронна медична система, створена для державних та приватних медичних закладів, лікарів та пацієнтів. Система має дата-центр, що отримав сертифікат комплексної системи захисту інформації (КСЗІ) від Державної служби спеціального

зв'язку і захисту інформації України. Можливості. В цілому система автоматизує більшість процесів ЛПЗ, роботу лікарів, реєстратури, здійснює ведення електронних медичних карток пацієнтів, управляє розкладом лікарів. Система забезпечує облік оплат та препаратів, формування статистик, звітів та має конструктор бланків [7]. З переваг можна відмітити, що система автоматизує багато процесів, при цьому фіксує дії користувачів та налаштовує права доступу зберігаючи конфіденційність даних. З недоліків, система має дуже низький рейтинг серед відгуків на електронних опитуваннях в Інтернеті, більшість негативних відгуків про те, що система не дуже досконало взаємодіє з ЛПЗ, записи на прийом у системі та у лікарні не мають нічого спільного, МІС має проблеми з реєстрацією пацієнтів, зручністю інтерфейсу та загальним виглядом;

– «Медейр». Компанія «Ілайф» працює вже протягом дев'яти років у сфері автоматизації процесів. Ця компанія створила МІС під назвою «Медейр». З переваг можна виділити, що система планує взаємодію з пацієнтами, оптимізує роботу ЛПЗ та легко масштабує роботу з даними. МІС обіцяє високу надійність, оптимізацію часу роботи персоналу та оптимізацію ватрат [8]. Відгуки про систему є тільки на самому її сайті, тому складно оцінити її рейтинг. Особисто я переглянувши зображення системи, можу виділити з недоліків тільки незручність, складність та застарілість інтерфейсу системи, детальніше оцінити функціонал, поки ще не є можливим;

– «Медстар Солюшенс». Медична інформаційна система, що автоматизує медичні процеси, забезпечуючи комфортне лікування пацієнтів. Є першою в Україні хмарною МІС з державним сертифікатом безпеки на систему захисту персональних та медичних даних. Система діє на ринку вже майже 8 років, вдосконалюючи процес обслуговування пацієнтів [9]. МІС має непоганий рейтинг, приблизно половина відгуків у соц. мережах позитивна. З негативних відгуків більшість про повільне опрацювання запитів та створення епізодів, діагнозів тощо;

– «Doctor Eleks». МІС надає послуги протягом 17 років та має великий досвід роботи з понад 1400 ЛПЗ. Система автоматизує всі бізнес процеси у закладах та забезпечує створення звітів на основі даних, що внесені в систему та їх аналіз. З переваг можна відмітити, що МІС має досвід роботи у даній сфері, тож має краще і детальніше розуміти всі процеси ЛПЗ. Також МІС має змогу зберігання даних як і у хмарному сховищі так і на сервері та забезпечує безпеку цих даних згідно КСЗІ [10]. З недоліків виділяють повільну обробку запитів та повільне створення лікарняних, наявність помилок, «non user-friendly» інтерфейс та незадовільну роботу служби підтримки;

– «Health 24». МІС «Здоров'я 24» дозволяє будь-якому пацієнту швидко записатися на прийом чи консультацію до будь-якого лікаря не витрачаючи багато часу, для отримання якісних медичних послуг немає необхідності стояти в довгих чергах у лікарнях чи клініках. Комплексний сервіс здійснює онлайн-пошук лікаря, вибір найкращої клініки, онлайн-реєстрація, доступ до електронних медичних карток, порівняння цін на послуги [11].

Більша частина відгуків про цей продукт позитивна, ця МІС має найкращий рейтинг з наведених, клієнти пишуть про зручність та зрозумілість програми, гарно налаштований документообіг та впровадження стандартизації у веденні записів. Але має складності в роботі з багатoproфільними ЛПЗ.

Розглянемо найпопулярніші МІС, що діють за кордоном.

Англія створила такі системи, як NHS Director, що передбачають звернення за порадою чи консультацією безпосередньо до Національної служби охорони здоров'я. Національний центр швидкої медичної допомоги виконує безліч завдань з лікування пацієнтів вдома. Однак проблема полягає в тому, що робота цих служб не є інтегрованою, пов'язаною з діяльністю інших служб охорони здоров'я та системою управління охороною здоров'я по всій Великобританії [12].

Датська автоматизація системи охорони здоров'я. Данія показала приклад розробленої автоматизованої системи охорони здоров'я, у 1994 році країна створила медичну систему мережі охорони здоров'я, а в 2004 році її почали порталізувати. Наразі Health Net є важливим ресурсом для громадян, фахівців та лікарів загальної практики, за допомогою якого можна проводити лікування вдома. Принциповим у системі є те, що отримання інформації тут відбувається на трьох рівнях: національному (Національна рада охорони здоров'я), первинному (сестринські будинки, аптеки) та вторинному (лікарні). Усі рівні є інтегрованими, тобто об'єднаними в єдину порталізовану інфраструктуру, що дозволяє учасникам будь-якого рівня отримувати всі види інформації [13].

Інформаційна система автоматизації шпиталю в Австрії. Інший проєкт було реалізовано у Віденському багатопрофільному шпиталі. Одним із принципів роботи даної установи є інтеграція лікувальної, викладацької та дослідницької діяльності, тому виникла потреба впровадження такої інформаційної системи, яка б забезпечувала підтримку клінічного процесу, а також процесів дослідження та навчання, обслуговуючи приблизно 8000 користувачів. В результаті в шпиталі було здійснено впровадження електронної історії хвороби, модуля адміністрування пацієнтів, системи управління контентом для загального клінічного депозитарію (дані медичних пристроїв, мультимедійні дані, скановані ІБ, відео), модуля планування та документації операцій, системи міграції даних, інтеграції існуючих підсистем, системи клінічного випробування ліків, платформи інтеграції досліджень (для об'єднання клінічних даних та даних дослідження, наприклад, фенотип та генотип) [14].

Електронна медична система у Канаді. Міністерство охорони здоров'я канадської провінції Альберта ухвалило рішення про розподіл медичної інформації щодо безпечної мережі для забезпечення прийняття рішень працівниками охорони здоров'я щодо надання медичної допомоги. Для реалізації проєкту було розроблено інтегровану медичну систему (Wellnet),

яка дозволила забезпечити підтримку прийняття рішень, а також доступність точної та актуальної інформації про здоров'я населення та поточної інформації про медикаменти (включаючи доказову медицину) [15].

## 1.2 Класифікація та аналіз існуючих методів розроблення медичних інформаційних систем

Розглянемо класифікацію методів проектування МІС.

Класифікація за ступенем використання типових проектних рішень і рівнем автоматизації.

За ступенем використання типових проектних рішень можна виділити такі методи проектування МІС як:

- методи типового проектування, що передбачають збірку або конфігурацію МІС з вже готових типових компонентів системи;
- методи індивідуального проектування, при яких проектні рішення розробляються з самого початку самостійно, відповідно до вимог до ІС та не опираючись на готові типові компоненти за збірки [16].

За ступенем автоматизації методи проектування можна поділити на дві категорії:

- методи автоматизованого проектування, проектні рішення генеруються або налаштовуються за допомогою використання спеціальних інструментальних засобів;
- методи ручного проектування, проектування МІС здійснюється вручну, без використання спеціальних інструментальних засобів.

Поєднання різних ознак класифікації методів проектування визначає характер методу проектування. У ньому можна виділити два основні класи методів: канонічні і індустріальні методи.

Канонічні методи засновані на технології ручного індивідуального проєктування. Індустріальні ж методи базуються на технології автоматизованого типового проєктування систем [17–19].

На сьогоднішній день технології проєктування МІС, що застосовуються в ЛПЗ, припускають розробку системи в кілька стадій. Типовий зміст життєвого циклу медичної інформаційної системи зводиться до реалізації наступних стадій:

Планування і аналіз вимог до МІС. Ця стадія є передпроектною та включає в себе: дослідження і аналіз об'єкта існуючої медичної інформаційної системи, визначення вимог до МІС, технічного завдання (ТЗ) на розробку системи та оформлення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) [18]. У ТЗ відображаються призначення МІС, вимоги до МІС, її підсистем і видів забезпечення, а також обмеження на ресурси проєктування. В ТЕО повинні бути представлені економічні розрахунки, що підтверджують доцільність розроблення МІС.

Проєктування МІС, або технічне проєктування чи логічне проєктування. Оформлення технічного проєкту МІС відповідно до вимог, що були сформовані раніше, розробка складу автоматизованих функцій і складу підсистем забезпечення, структури зберігання інформації [19].

Реалізація, або робоче проєктування чи фізичне проєктування. Включає в себе розробку програм, інформаційне наповнення баз даних, створення робочих інструкцій для персоналу, оформлення робочого проєкту. Реалізація ґрунтується на технічному проєкті МІС.

Впровадження, тестування системи та дослідна експлуатація. Включає комплексне налагодження підсистем МІС, поетапне впровадження МІС по підрозділам ЛПЗ, проведення приймально-здавальних випробувань, передача МІС в експлуатацію, навчання персоналу [16, 17].

Експлуатація (супровід, модернізація). Збір статистичних даних про функціонування МІС, виправлення помилок, недоробок та помилок системи,

адаптація системи до умов, що змінилися під час функціонування, формулювання вимог до наступної версії МІС.

З точки зору реалізації етапів моделі ЖЦ зазнали певної еволюцію.

Можна виділити основні відомі моделі життєвого циклу:

- спіральна модель;
- ітераційна (ітеративна) модель;
- каскадна модель (модель водоспаду) [20, 21].

Технологія створення ряду поступових прототипів медичної системи, що все більше точно відображає вимоги замовників, лежить в основі спіральної моделі. У спіральній моделі передбачається спочатку багаторазове проходження стадій, на відміну від ітераційної моделі, де повернення до попередніх стадій ЖЦ відбувається лише за виникнення проблем. Від аналізу до застосування, послідовність стадій проходить «по спіралі», і на кожному витку такої спіралі створюється більш вдосконалена версія системи (рис. 1.1).

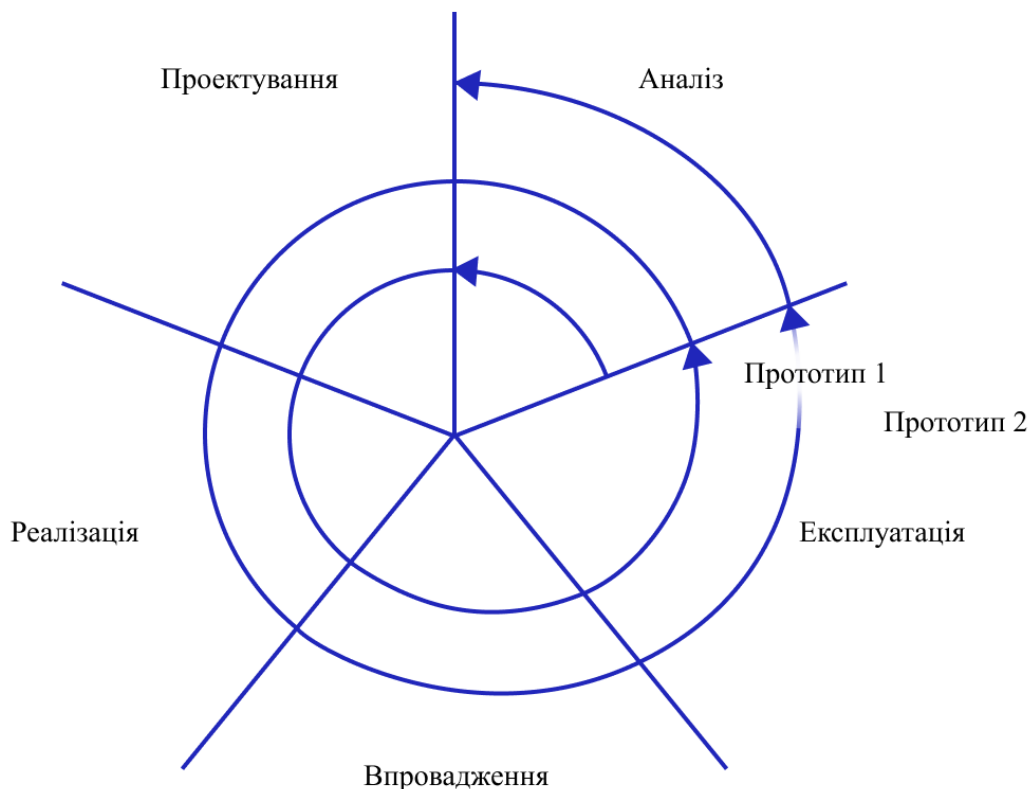


Рисунок 1.1 – Спіральна модель ЖЦ

Мета полягає в тому, щоб якнайшвидше пред'явити замовникам системи працездатний продукт для оцінки ними напряму та перебігу роботи, внесення уточнень та доповнень до своїх вимог [21].

Для реалізації спіральної моделі потрібно правильно визначити час початку чергового витку – а саме, до розробки наступної версії системи. Перехід здійснюється відповідно до плану, що складається на основі статистичних даних, отриманих у попередніх проєктах, а також особистого досвіду розробників.

Багато сучасних технологій проєктування МІС або використовують саме спіральну модель, або включають її ідеї та компоненти [21, 22].

Каскадна модель (англ. Waterfall model – «модель водоспаду») передбачає послідовне проходження стадій одна за одною, не повертаючись до попередньої стадії розробки. Застосовувати каскадну модель при проєктуванні складних проєктів систем проєктування можливо лише тоді, коли зміни у вимогах до системи або взагалі відсутні, або їх невелика кількість, через велику тривалість цього процесу. Коли вимоги змінюються часто або потрібно постійно вертатись на попередні етапи щоб виправити помилки та недогляди тривалість процесу збільшується ще більше, бо в такому випадку потрібно повторне виконання всіх чи деяких робіт цих стадій. Цей підхід і реалізовано в ітераційній моделі.

Використання ітераційної моделі ЖЦ покликане мінімізувати ризики помилок, скоєних на ранніх стадіях розробки, а також полегшити взаємодія із замовниками системи за рахунок використання попередніх версій (прототипів). Ітераційна модель передбачає можливість повернення до попередніх стадій життєвого циклу, якщо виявлено необхідність додаткових робіт на цих стадіях, або відбулася зміна вимог до системи (рис. 1.2).

Як правило, здійснюється повернення до попередньої стадії, хоча можливий варіант і подальшого повернення.

Таким чином, кожна стадія життєвого циклу може простягатися на весь процес розробки та впровадження МІС [21, 23–25].

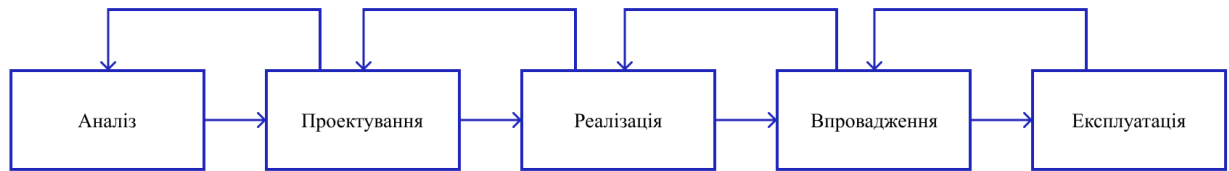


Рисунок 1.2 – Ітераційна модель ЖЦ

Для конкретної реалізації процесів проектування ІС проєктувальник використовує різні методи.

Методи проектування ІС – це різні способи розробки медичної інформаційної системи, які застосовуються згідно до відповідних засобів проектування.

Підходи до проектування поділяють на:

- методи синтезу, аналізу, декомпозиції, формалізації, моделювання (класифікація за виконанням технологічного процесу у проектуванні);
- оригінальне, автоматизоване та типове проектування (класифікація за ступенем автоматизації процесів проектних робіт, що проводяться для створення МІС);
- організаційні методи (класифікація за тим, як організовані процеси проектування) [26].

Поєднання складності початкової стадії ЖЦ і відносно низької складності його наступних етапів є основною особливістю розробки МІС. Крім того, якщо проблема не вирішується на початковому етапі, а на наступних вона генеруватиме складні проблеми, які можуть перешкодити успішному завершенню розробки.

За методом виконання аналізу та проектування прийнято виділяти такі методи створення МІС:

- метод структурного аналізу. Він долає складність великомасштабних систем шляхом поділу цих систем на менші частини, які розглядаються як «чорні ящики» та ієрархічну структуру цих частин;

– використання «чорного ящика» є перевагою, тому що користувачам не потрібно знати, як вони працюють, потрібно знати лише їхні виходи та входи та їх призначення [26, 27].

Структурним методом в аналізі та проектуванні називають метод дослідження системи, заснований на її представленні у вигляді взаємозалежних функціональних ієрархій. Перед тим як деталізувати систему та отримати ієрархічну структуру із кількістю рівнів що збільшується, проводиться опис системи і починається він з її загального огляду. Виконуючи розбиття на рівні абстракції обмежується кількість елементів, що може бути на кожному з них (рис. 1.3).

Опис кожного рівня включає тільки основні елементи (абстрактні принципи). Розбиття триватиме до тих процедур, деталізація яких надалі не матиме сенсу. А автоматизована система повинна зберігати цілісне уявлення та принцип узгодженості, де всі складові її компоненти взаємопов'язані [28].

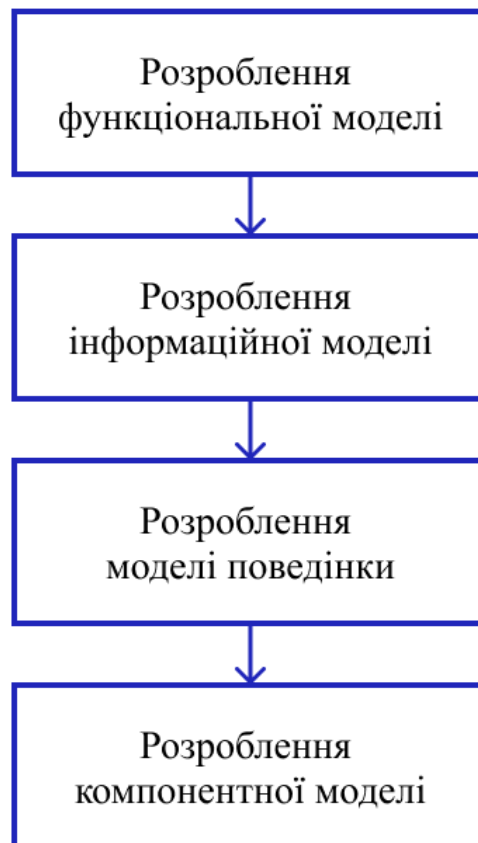


Рисунок 1.3 – Схема застосування структурного підходу

Важливе місце в розвитку МІС займає об'єктно-орієнтована методологія, вона заснована на об'єктній декомпозиції предметної області, яка представлена як сукупність об'єктів, які взаємодіють між собою за допомогою передачі інформації.

Але цей метод не є протилежністю структурного методу. Для моделювання структури та поведінки самого об'єкта, фрагменти методів структурного аналізу можуть використовуватися в об'єктно-орієнтованому аналізі [27–29].

А реінжиніринг бізнесу виступає основою процесно-орієнтованого методу проектування МІС.

На сьогоднішній день методи управління підприємством ґрунтуються на ідеї, що на відміну від управління в до комп'ютерну епоху, автоматизоване управління ґрунтується на нових, відмінних від до комп'ютерних принципах і потребує ґрунтовної реорганізації всієї системи управління з точки зору виконання основних функцій та взаємозв'язків між ними [29].

Інженери з управління, аналітики та розробники МІС використовують деякий інструментарій. Цей набір інструментів називається CASE-tools (набір методологій для аналізу, проектування, розробки та підтримки складних програмних систем, що підтримується сукупністю взаємопов'язаних засобів автоматизації [30]. Однак наразі жодна система не може повністю генерувати програмні модулі, які б задовольняли діючим вимогам.

Моделі під час проектування можуть розширюватися, доповнюватися та уточнюватися діаграмами, що відображають архітектуру, екранні форми, технологію використання цієї системи і т.п.

Найпоширеніші методології структурного підходу ґрунтуються на множині загальних принципів. Використовуються в основному два базові принципи, а саме:

– принцип організації частин з яких складаються проблеми в ієрархічні деревоподібні структури, до яких додаються нові деталі на кожному рівні (принцип ієрархічного впорядкування);

– принцип розбиття проблеми на множину менших незалежних задач, що зрозуміліші та легші у вирішенні (принцип «розділяй і володарюй»).

Виділяючи тільки ці два принципи ми не можемо бути впевнені у успішності проєкту, тому що, існують і інші принципи і вони не менш важливі, бо їх невиконання може призвести до таких фатальних наслідків, як провал проєкту.

Такими принципами є:

– необхідність точного методичного підходу для вирішення проблем (принцип формалізації);

– виділення основних аспектів створюваної системи і відхід від несуттєвих (принцип абстрагування);

– обґрунтованість та узгодженість елементів системи (принцип несуперечності);

– структурованість і ієрархічна організованість даних системи (принцип структурування даних) [27–30].

### 1.3 Особливості об'єктно-орієнтованого подання для розроблення медичних інформаційних систем

Графічні інтерфейси, моделювання та представлення даних, системне програмування – все це вплинуло на появу об'єктного мислення.

Дослідження, здійснені в області реального системного хешування породили необхідність створення інструментів для опису сутностей, які в них відбуваються: подій та об'єктів.

Як було виявлено пізніше для традиційного структурованого програмування: інкапсуляція, успадкування та поліморфізм – є дуже

корисними концепціями. До створення об'єктно-орієнтованих мов привела їх можливість досить ефективної реалізації, тож ці мови використовуються і сьогодні [28].

Відмінність між структурною та об'єктно-орієнтованою методологіями перш за все полягає в самих принципах організації компонентів (модулів) системи та її декомпозиції. Система, згідно до цих принципів – це структура, що складається з деяких модулів, які є чітко вираженими та пов'язані між собою певними відносинами.

Об'єктно-орієнтований вид декомпозиції. При втіленні цього підходу система розбивається на об'єкти, що взаємодіють між собою шляхом посилки повідомлень та які є відповідними до об'єктів з реального світу.

Об'єднання в об'єкті даних-атрибутів (властивості об'єкта, його характеристики) і його поведінки (функції та методи об'єкта) являє собою другу відмінність. Бо функції і дані у функціонально-орієнтованих системах, зберігаються окремо [30].

Структурна організація всередині системних модулів є третьою відмінністю між двома методами. При структурному методі модулі складаються з функцій, які складаються з підфункцій, підфункція у свою чергу складається із підпідфункцій і т.д., тобто функції ієрархічно пов'язані через комбінаційні зв'язки. Ієрархія при об'єктно-орієнтованому підході будується використовуючи два типи відношень: успадкування та композиції. При цьому в кількох «об'єкт-цілих» може міститись одна і та сама «об'єкт-частина». Тому представлення модулю у структурному методі будується у вигляді дерева, а в об'єктно-орієнтованому методі, за допомогою більш загальної структури – у вигляді орієнтованого графа.

Серед методологій, які підтримують об'єктно-орієнтований підхід, найпопулярнішими наразі є:

- Agile Modeling (гнучке моделювання);
- Extreme Programming (екстремальне програмування);
- Unified Process (уніфікований процес) [28].

Також існує уніфікована мова моделювання UML (Unified Modeling Language), яка є базовим засобом для документування результатів проєктування системи за допомогою перерахованих вище методологій.

Об'єктно-орієнтований підхід має ряд переваг перед структурним.

Описання системи за допомогою об'єктів більш змістовно відповідає опису предметної області. Наприклад БД у системі при структурному підході повинна відповідати вимогам нормалізації, дані одного і того ж об'єкту (сутності з реального світу) можуть зберігатися в кількох різних таблицях.

В об'єктно-орієнтованому підході за допомогою визначення методів класу краще відображаються сутності з реального світу, що мають певну поведінку. У структурному ж підході методи існують окремо від атрибутів.

Паралельні обчислення також легше організуються при об'єктно-орієнтованому підході, тому що кожен об'єкт має свою поведінку та атрибути, тож можна досягти його автономної роботи.

Інкапсуляція та об'єднання в об'єкті методів і атрибутів, дають можливість між компонентами системи домогтися меншої зовнішньої зв'язності та більшої внутрішньої. Тож це вирішує ряд проблем:

- система адаптується при зміні або появі вимог;
- використання компонентів повторно;
- супровід системи на різних стадіях ЖЦ.

При структурному підході, CASE-засоби добре генерують структури БД у системі [27–30]. Але згенерована структура повинна відповідати вимогам нормалізації. Це означає, що автоматична кодогенерація не завжди можлива, При об'єктно-орієнтованому підході, CASE-засоби спроможні досягти автоматизації кодогенерації у більшій кількості випадків, на основі інформації про об'єкти системи.

#### 1.4 Аналіз літературних джерел щодо апробації результатів розроблення медичних інформаційних систем

Метою авторів роботи [31] була розробка моделі інформаційної системи управління процесно-орієнтованих організацій охорони здоров'я. В основі дослідження лежить процесна орієнтація шведських організацій охорони здоров'я. Дослідження проводилось у педіатричній клініці окружної лікарні на півдні Швеції. Організаційний процес було визначено як «послідовність робочих процедур, які разом становлять комплексні медичні послуги. Використовувався якісний метод дослідження, що ґрунтується на циклі розвитку. Дані були зібрані з архівів, інтерв'ю, спостережень, щоденників та фокус-груп. Дослідження показало, що комп'ютерні інформаційні системи управління в організаціях охорони здоров'я, які орієнтовані на процесори, повинні: підтримувати медичну роботу та інтегрувати клінічні й адміністративні інструменти, полегшити здатність організації вимірювати введені ресурси та результати. Різним керівникам охорони здоров'я потрібні одні й самі первинні дані, хоча й представлені по-різному. Професійні розробники та дослідники приділяють мало уваги тому, як слід налаштувати інтегровані адміністративні, фінансові та клінічні системи, щоб забезпечити оптимальну підтримку організаціям охорони здоров'я орієнтованим на процеси.

Наступна робота, яку було розглянуто, охоплює проектування та оцінку загальної мережевої системи електронної охорони здоров'я у реальних клінічних умовах [32]. Крім того, тестується та оцінюється використання готової системи відеозв'язку для надання позалікарняної допомоги. Більшість дисертації охоплює процес розроблення вебсистеми (WBS) для позалікарняного довгострокового лікування захворювань. Системи були впроваджені у двох дуже різних умовах: лікування серцевої недостатності та неонатальна допомога вдома. Методи оцінки – анкетування, включаючи пацієнтів та медсестер. Крім того, при оцінці використовуються

дані, витягнуті з монітора артеріального тиску, та дані, витягнуті з бази даних прототипної системи. Результати двох досліджень показують, що WBS можна використовувати у двох різних додатках. Також було проведено анкетне опитування, присвячене вивченню ставлення до інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ) як інструменту охорони здоров'я, а також вивченню ставлення до домашнього спостереження. Цільовою групою був медичний персонал у галузі кардіології, і анкета була розіслана у 84 кардіологічних та медичних клініках Швеції. Усі 21 округ і регіон Швеції були включені в розсилку. Результати вказують на великий інтерес та впевненість у медичних ІКТ.

Автор статті [33] пояснює, що інтегрована інформаційна система управління охороною здоров'я має більші переваги, наприклад, полегшує пошук даних, своєчасний обмін інформацією та прийняття рішень на основі фактичних даних. Метою цього дослідження було розробити модель, яка полегшить інтеграцію інформаційних систем управління в організаціях охорони здоров'я. Цілями дослідження було встановити чи є організаційний фактор та технічний фактор. Фактор поведінки постачальників послуг та стиль керівництва вплинули на інтеграцію інформаційної системи управління охороною здоров'я в організації охорони здоров'я в Кенії. Дослідження базувалося на теорії систем, але спиралося на роботу рутинної інформаційної системи. Для отримання інформації з трьох округів використовувався змішаний метод дослідження. Досліджуване населення становило 479 державних організацій охорони здоров'я. Для відбору організацій, які брали участь у цьому дослідженні, була використана багатоетапна методика вибірки. Розмір вибірки з 144 державних організацій охорони здоров'я було складено за формулою Котарі для розрахунку розміру вибірки. У кожній відібраній організації охорони здоров'я для збору даних використовувалися дві анкети, які самостійно заповнювали з 243 респондентів, які були або відповідальними, або офіцерами медичних карт. Дані були проаналізовані, для представлення даних були використані підсумкові статистичні дані, такі

як середні бали, стандартне відхилення та статистичні дані, а саме результати кореляції та регресії.

### 1.5 Постановка задачі дослідження

Незважаючи на зусилля, спрямовані на покращення існуючих інформаційних систем, більшість з них все ще мають багато недоліків, тож як було зазначено, користувачі потребують більш швидке опрацювання даних та логічніший інтерфейс системи. У зв'язку з обставинами, інформаційні системи мають зберігати та оброблювати все більшу кількість медичних даних.

Об'єктом дослідження є процес розроблення об'єктно-орієнтованої моделі медичної інформаційної системи.

Метою дослідження є розроблення об'єктно-орієнтованої моделі та прототипу користувацького інтерфейсу медичної інформаційної системи.

Мета полягає в тому, щоб відокремити модулі інформаційної системи один від одного (наприклад, модуль обслуговування пацієнтів від адміністративного модулю) і використовувати зв'язки для поєднання різних модулів. Крім того, необхідно розробити стратегію переходу, щоб спланувати поточну адаптацію інфраструктури.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан проектування програмного забезпечення МІС в Україні та за кордоном;
- проаналізувати існуючі підходи до створення МІС;
- проаналізувати літературні джерела щодо апробації результатів розроблення медичних інформаційних систем;
- розробити методика побудови об'єктно-орієнтованої БД МІС;
- розробити математичні та структурні моделі для створення медичної інформаційної системи;
- розробити UX та UI прототипу інтерфейсу системи;
- передбачити перспективи подальшого розвитку розробок.

## 2 ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПОДАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Методичні підходи до аналізу інформаційних вимог користувачів та формування графів інформаційних структур

Структурними елементами моделі предметної галузі є елементи множин:

$$F = \{f_I | i = \overline{1, I}\}, \quad (2.1)$$

$$V(V = V^{ex} \cup V^{eux}, V^{ex} = \{v_I | l \in L_{ex}\},$$

$$V^{eux} = \{v_I | l \in L_{eux}\}. \quad (2.2)$$

Повну множину структурних елементів позначимо як  $D_k$ :

$$D_k = \{d_I | l = \overline{1, L}\}, \quad (2.3)$$

$$L = I + L_{ex} + L_{eux} = 60. \quad (2.4)$$

Елементи множини  $D_k$  представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Елементи множини структурних елементів

Позначення	Група
<b>1</b>	<b>2</b>
$f_1$	Форма карти історії хвороби (включає ЕМК).
$f_2$	Форма виписки.

Продовження таблиці 2.1

<b>1</b>	<b>2</b>
$f_3$	Форма первинного огляду при зверненні.
$f_4$	Форма соціальної карти.
$f_5$	Форма експерта (напрямок на МСЕ).
$f_6$	Форма платних послуг.
$f_7$	Форма роздруківки лікарняного листа.
$f_8$	Форма первинного огляду психіатра у відділенні.
$f_9$	Форма динамічного психічного статусу.
$f_{10}$	Форма психолога.
$f_{11}$	Форма КЕК.
$f_{12}$	Форма анамнезу.
$f_{13}$	Форма обґрунтування діагнозу.
$f_{14}$	Форма акта до призовників.
$f_{15}$	Форма фізіотерапевта.
$f_{16}$	Форми аналізів.
$f_{17}$	Форма щоденника реаніматора.
$f_{18}$	Форма переказного епікризу (обґрунтування переведення з відділення).
$v_1$	Номер декларації.
$v_2$	П.І.Б. пацієнта.
$v_3$	Дата надходження пацієнта.
$v_4$	Дата вибуття(виписки) пацієнта.
$v_5$	Паспортні дані.
$v_6$	Демографічні дані.
$v_7$	Стан на момент виписки.
$v_8$	Катамнез.
$v_9$	Соціальна карта.
$v_{10}$	Код, найменування та інші дані платних послуг.

Продовження таблиці 2.1

1	2
v <sub>11</sub>	Дата відкриття лікарняного листа.
v <sub>12</sub>	Дата закриття лікарняного листа.
v <sub>13</sub>	Діагноз при надходженні.
v <sub>14</sub>	Діагноз установи, що направила пацієнта.
v <sub>15</sub>	Орієнтація (в особистості, в часі, в місці).
v <sub>16</sub>	St. pr. psychicus.
v <sub>17</sub>	St. pr. objectivus psychicus, somsticus.
v <sub>18</sub>	Клінічна задача.
v <sub>19</sub>	Висновок експериментально-психологічного дослідження.
v <sub>20</sub>	Висновок клініко-психологічного дослідження.
v <sub>21</sub>	Висновок МСЕ.
v <sub>22</sub>	Скарги.
v <sub>23</sub>	An. Morbi.
v <sub>24</sub>	An vitae.
v <sub>25</sub>	St. pr. objectivus.
v <sub>26</sub>	Наявність інвалідності.
v <sub>27</sub>	Висновок КЕК.
v <sub>28</sub>	Призначене лікування.
v <sub>29</sub>	Кількість отриманих процедур.
v <sub>30</sub>	Особливості анамнезу.
v <sub>31</sub>	Результат обстеження.
v <sub>32</sub>	Побічні реакції.
v <sub>33</sub>	Проведене лікування.
v <sub>34</sub>	Алергічні реакції.
v <sub>35</sub>	Рекомендації.
v <sub>36</sub>	Клінічний діагноз.
v <sub>37</sub>	Основний діагноз.

Продовження таблиці 2.1

1	2
$v_{38}$	Номер відділення, в яке направили пацієнта.
$v_{39}$	Режим палати.
$v_{40}$	Особистий лікар.
$v_{41}$	Результат лікування.
$v_{42}$	Номер відділення.

Під матрицею семантичної суміжності  $B_k$  будемо розуміти квадратну бінарну матрицю, проіндексовану по обох осях множиною структурних елементів  $D_k$  і містить запис  $b_y^k = 1$ , якщо на підставі інформації користувачів про семантичну зв'язність елементів  $k$ -ї вимоги, між структурними елементами,  $d_i$  та  $d_j$  існує відношення  $R$  таке, що елемент  $d_i$  становить (розширює, доповнює і т.д.) смисловий зміст елементу  $d_j$  і  $b_y^k = 0$  в іншому випадку [34–36]. Для БД МІС матриця  $B_k$  має вигляд (2.5).

При цьому розмірність матриці  $B_k$  дорівнює  $L = M + L_{ex} + L_{вих}$ .

Матриці  $B_k$  ставиться у відповідність орграф інформаційної структури  $k$ -ї вимоги  $G_k(D_k, U_k)$ , множиною вершин якого є структурні елементи множини  $D_k$ , а дуга  $(d_i, d_j)$  відповідає запису  $b_y^k = 1$ , в матриці  $B_k$ . Таким чином, дуги орграфа  $G_k$  відображають наявність або відсутність семантичної зв'язності між структурними елементами [36, 37]. Зображення орграфа представлено на рисунку 2.1.

Для виявлення взаємозв'язків між структурними елементами, виділення груп інформаційних елементів та визначення їх складу з використанням матриці  $B_k$ , формується семантична матриця досяжності  $A_k = (a_{ij})$  [37, 38].

Під матрицею досяжності  $A_k$  розумітимемо квадратну бінарну матрицю, проіндексовану однаково по обох осях безлічі структурних елементів  $D_k = \{d_l | l = \overline{1, L}\}$ . Запис  $a_{ij} = 1$  матриці  $A_k$  відповідає наявності або смислового відношення досяжності  $R_0$  елемента  $d_j$  з елемента  $d_i$ ,  $d_i R_0 d_j$ .



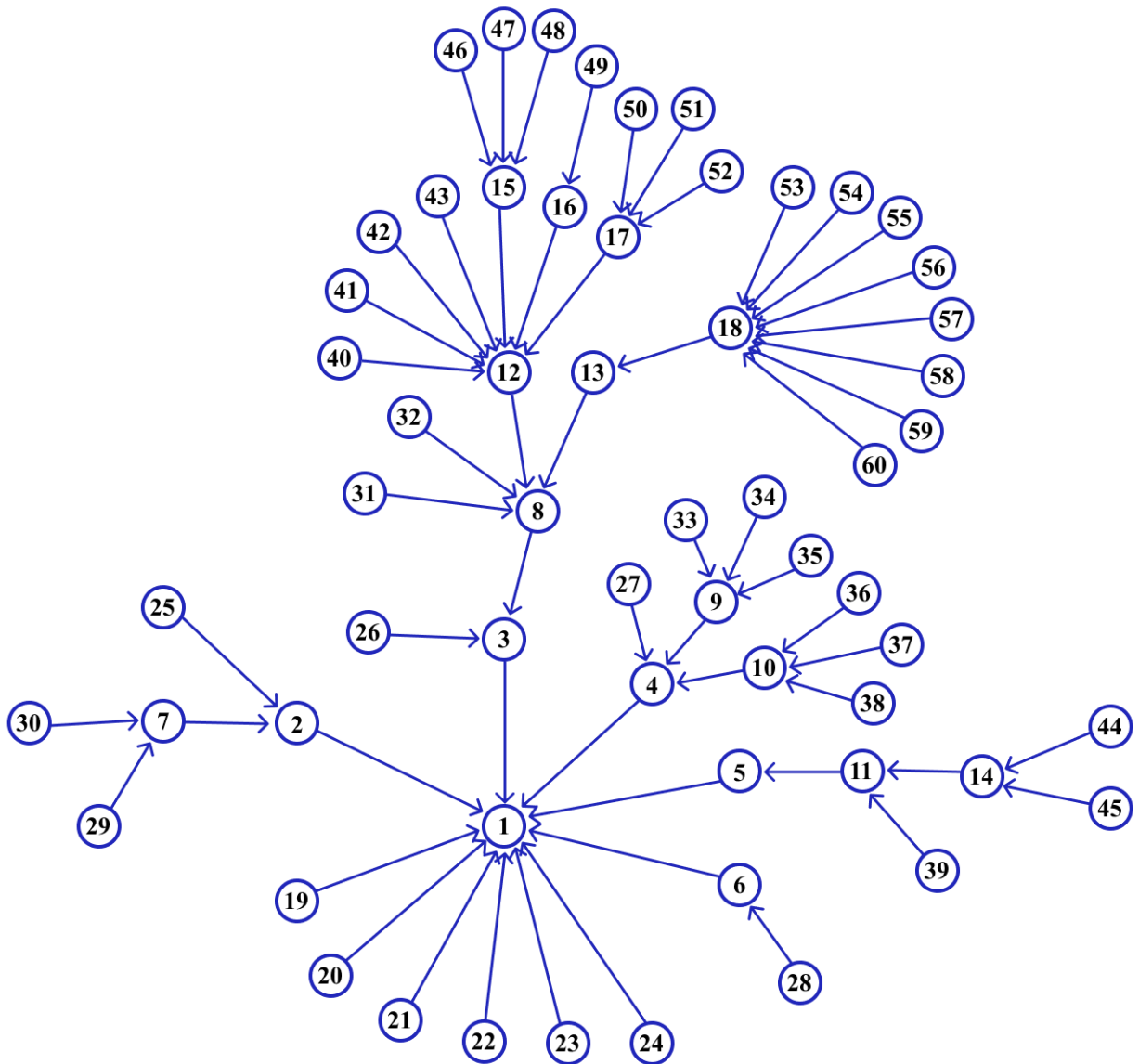


Рисунок 2.1 – Граф  $G_k$  інформаційної структури

При цьому вважається, що елемент  $d_j$  семантично є досягненим з елемента  $d_i$ , якщо на графі  $G$  існує шлях від вершини  $d_i$  до вершини  $d_j$ , що має певний смисловий зміст.

При цьому ставлення досяжності задовольняє умові транзитивності, тобто, якщо  $d_i R_0 d_n$  та  $d_n R_0 d_j$ , тоді  $d_i R_0 d_j$ ,  $i, j, n = 1, 2, \dots, P(D)$  [38].

Матриця досяжності для елементів множини структурних елементів МІС має вигляд (2.6), де матриця  $A_k$  має розмірність 60.



Матриця  $A_k$  дає можливість визначення множини попередження  $C(d_i)$  та досяжності  $F(d_i) \forall d_i \in D_k$ . Множина  $C(d_i)$  формується з елементів, що відповідають одиничним записам в  $i$ -му стовпці, а множина  $F(d_i)$  – із елементів, що відповідають одиничним записам у  $i$ -му рядку матриці  $A_k$ . Аналіз множин  $C(d_i)$  дозволяє виділити базові типи структурних елементів, у тому числі конструюється  $k$ -а інформаційна структура – інформаційні елементи та групи. Інформаційним елементам відповідають ті елементи, котрим  $C(d_i) = 0$ . На графі  $G_k$  їм відповідають висячі вершини [37]. Склад множин передування та досяжності для МІС представлений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Склад множин передування та досяжності для МІС

Множина передування $C(d_i)$	Індекс елементу множини	Множина досяжності $F(d_i)$	Індекс елементу множини
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$C(d_1)$	1–60	$F(d_1)$	1
$C(d_2)$	7, 25, 29, 30	$F(d_2)$	1
$C(d_3)$	8, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 26, 31, 32, 40–43, 46–60	$F(d_3)$	1
$C(d_4)$	9, 10, 27, 33–38	$F(d_4)$	1
$C(d_5)$	11, 14, 39, 44, 45	$F(d_5)$	1
$C(d_6)$	28	$F(d_6)$	1
$C(d_7)$	29, 30	$F(d_7)$	1, 2
$C(d_8)$	12, 13, 15, 16, 17, 18, 31, 32, 40–43, 46–60	$F(d_8)$	1, 3
$C(d_9)$	33–35	$F(d_9)$	1, 4
$C(d_{10})$	36–38	$F(d_{10})$	1, 4
$C(d_{11})$	15, 39, 44, 45	$F(d_{11})$	1, 5

Продовження таблиці 2.2

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$C(d_{12})$	15, 16, 17, 40–43, 46–52	$F(d_{12})$	1, 3, 8
$C(d_{13})$	18, 53–60	$F(d_{13})$	1, 3, 8
$C(d_{14})$	44, 45	$F(d_{14})$	1, 5, 11
$C(d_{15})$	46–48	$F(d_{15})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{16})$	49	$F(d_{16})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{17})$	50, 51, 52	$F(d_{17})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{18})$	53–60	$F(d_{18})$	1, 3, 8, 13
$C(d_{19})$	–	$F(d_{19})$	1
$C(d_{20})$	–	$F(d_{20})$	1
$C(d_{21})$	–	$F(d_{21})$	1
$C(d_{22})$	–	$F(d_{22})$	1
$C(d_{23})$	–	$F(d_{23})$	1
$C(d_{24})$	–	$F(d_{24})$	1
$C(d_{25})$	–	$F(d_{25})$	1, 2
$C(d_{26})$	–	$F(d_{26})$	1, 3
$C(d_{27})$	–	$F(d_{27})$	1, 4
$C(d_{28})$	–	$F(d_{28})$	1, 6
$C(d_{29})$	–	$F(d_{29})$	1, 2, 7
$C(d_{30})$	–	$F(d_{30})$	1, 2, 7
$C(d_{31})$	–	$F(d_{31})$	1, 3, 8
$C(d_{32})$	–	$F(d_{32})$	1, 3, 8
$C(d_{33})$	–	$F(d_{33})$	1, 4, 9
$C(d_{34})$	–	$F(d_{34})$	1, 4, 9
$C(d_{35})$	–	$F(d_{35})$	1, 4, 9
$C(d_{36})$	–	$F(d_{36})$	1, 4, 10
$C(d_{37})$	–	$F(d_{37})$	1, 4, 10

Продовження таблиці 2.2

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$C(d_{38})$	–	$F(d_{38})$	1, 4, 10
$C(d_{39})$	–	$F(d_{39})$	1, 5, 11
$C(d_{40})$	–	$F(d_{40})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{41})$	–	$F(d_{41})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{42})$	–	$F(d_{42})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{43})$	–	$F(d_{43})$	1, 3, 8, 12
$C(d_{44})$	–	$F(d_{44})$	1, 5, 11, 14
$C(d_{45})$	–	$F(d_{45})$	1, 5, 11, 14
$C(d_{46})$	–	$F(d_{46})$	1, 3, 8, 12, 15
$C(d_{47})$	–	$F(d_{47})$	1, 3, 8, 12, 15
$C(d_{48})$	–	$F(d_{48})$	1, 3, 8, 12, 15
$C(d_{49})$	–	$F(d_{49})$	1, 3, 8, 12, 15
$C(d_{50})$	–	$F(d_{50})$	1, 3, 8, 12, 15
$C(d_{51})$	–	$F(d_{51})$	1, 3, 8, 12, 17
$C(d_{52})$	–	$F(d_{52})$	1, 3, 8, 12, 17
$C(d_{53})$	–	$F(d_{53})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{54})$	–	$F(d_{54})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{55})$	–	$F(d_{55})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{56})$	–	$F(d_{56})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{57})$	–	$F(d_{57})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{58})$	–	$F(d_{58})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{59})$	–	$F(d_{59})$	1, 3, 8, 13, 18
$C(d_{60})$	–	$F(d_{60})$	1, 3, 8, 13, 18

Для елементів  $d_{19} - d_{60}$  маємо:

$$\sum_{i=1}^{60} a_{ij} = 0, \quad j = \overline{19, 60}, \quad (2.7)$$

отже,

$$C(d_j) = 0, j = \overline{19,60}. \quad (2.8)$$

Для інших елементів:

$$\sum_{i=1}^{60} a_{ij} > 0, \text{ для } j = \overline{1,18}. \quad (2.9)$$

Тож це означає, що множина інформаційних елементів складається з елементів  $d_j, j = \overline{19,60}$ , позначимо цю множину елементів через  $D_k^\partial$  [38].

$$D_k^\partial = \{d_j, j = \overline{19-60}\}. \quad (2.10)$$

Множина груп  $D_k^z$  визначається з виразу:

$$D_k^z = D_k \setminus D_k^\partial = \{d_1 - d_{18}\}. \quad (2.11)$$

З метою упорядкування груп за рівнями ієрархії у матриці  $A_k$  виділяється підматриця  $A_k^z = (a_{ij}^{kz})$ , запис  $a_{ij}^{kz} = 1$ , що позначає наявність зв'язку між групами  $d_i^z, d_j^z$ ;  $d_i^z, d_j^z \in D_k^z$ , причому,  $a_{ji}^{kz} = 1$ , тобто група досяжна сама з себе. У нашому випадку матриця  $A_k^z$  (2.12), причому розмірність матриці  $A_k^z$  дорівнює  $L^z = L - 1 = 60 - 42 = 18$ .

Матриці  $A_k^z$  відповідає підграф графа  $G$ . Зображення підграфа графа  $G$  представлено на рисунку 2.2 [35].

$$A_k^2 = \begin{bmatrix} 100000000000000000 \\ 110000000000000000 \\ 101000000000000000 \\ 100100000000000000 \\ 100010000000000000 \\ 100001000000000000 \\ 110000100000000000 \\ 101000010000000000 \\ 100100001000000000 \\ 100100000100000000 \\ 100010000010000000 \\ 101000010001000000 \\ 101000010000100000 \\ 100010000010010000 \\ 101000010001001000 \\ 101000010001000100 \\ 101000010001000110 \\ 101000010000100001 \end{bmatrix}. \tag{2.12}$$

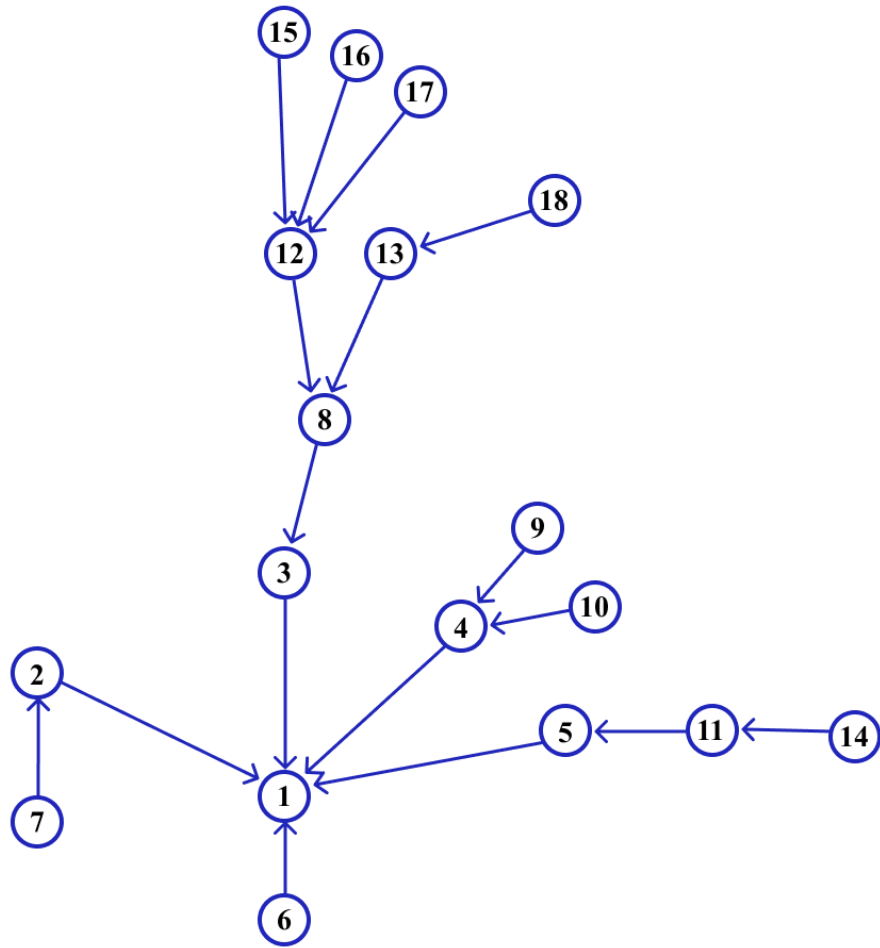


Рисунок 2.2 – Групповий підграф графа  $G_k$

Для матриці  $A_k^2$  виділимо для кожного елемента множини передування та досяжності та їх перетину. Дані множини представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Склад множин передування й досяжності для матриці  $A_k^2$

Множина передування $C(d_i)$	Індекс елемента множини	Множина досяжності $F(d_i)$	Індекс елемента множини	$F \cap C$
$C(d_1)$	1–18	$F(d_1)$	1	1
$C(d_2)$	2, 7	$F(d_2)$	1, 2	2
$C(d_3)$	3, 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18	$F(d_3)$	1, 3	3
$C(d_4)$	4, 9, 10	$F(d_4)$	1, 4	4
$C(d_5)$	5, 11, 14	$F(d_5)$	1, 5	5
$C(d_6)$	6	$F(d_6)$	1, 6	6
$C(d_7)$	7	$F(d_7)$	1, 2, 7	7
$C(d_8)$	8, 12, 13, 15, 16, 17, 18	$F(d_8)$	1, 3, 8	8
$C(d_9)$	9	$F(d_9)$	1, 4, 9	9
$C(d_{10})$	10	$F(d_{10})$	1, 4, 10	10
$C(d_{11})$	11, 15	$F(d_{11})$	1, 5, 11	11
$C(d_{12})$	12, 15, 16, 17	$F(d_{12})$	1, 3, 8, 12	12
$C(d_{13})$	13, 18	$F(d_{13})$	1, 3, 8, 13	13
$C(d_{14})$	14	$F(d_{14})$	1, 5, 11, 14	14
$C(d_{15})$	15	$F(d_{15})$	1, 3, 8, 12, 15	15
$C(d_{16})$	16	$F(d_{16})$	1, 3, 8, 12, 16	16
$C(d_{17})$	17	$F(d_{17})$	1, 3, 8, 12, 17	17
$C(d_{18})$	53–60	$F(d_{18})$	1, 3, 8, 13, 18	18

Група  $d_i^z \in D_k^z$  належить множині груп верхнього рівня  $p_1$ , якщо  $F(d_i^z) \cap C(d_i^z) = F(d_i^z)$  [35, 36].

На підставі цього визначення будь-які дві групи одного і того ж рівня або не пов'язані один з одним, або є двосторонні зв'язки (цикли) між цими елементами. Крім того, умова  $F(d_i^z) \cap C(d_i^z) = F(d_i^z)$  забезпечує те, що всі зв'язки з групи  $d_i^z$  до інших груп знаходяться на тому ж рівні, що і  $d_i^z$ , в той час як усі зв'язки з іншими групами до  $d_i^z$  знаходяться або на тому ж рівні, або на більш нижчому рівні. Це визначення дозволяє з використанням матриці досяжності  $A_k^z$  розділити множину груп  $D_k^z$  на підмножини відповідно до рівнів  $p_m, m = \overline{1, M_0}$  їх розташування.

Для МІС маємо:

$$F(d_i^z) \cap C(d_i^z) = F(d_i^z), \text{ для } i=1, \quad (2.13)$$

$$p_1 = \{d_i^z\}. \quad (2.14)$$

Приналежність інших груп рівням ієрархії  $p_m, m \geq 2$  визначається ітеративним чином із співвідношення:

$$p_m = \{d_i^z \in D_k^z \setminus p_1 \setminus \dots \setminus p_{m-1} / F_{m-1}(d_i^z) \cap C_{m-1}(d_i^z) = F_{m-1}(d_i^z)\}, \quad (2.15)$$

де  $F_{m-1}(d_i^z)$  та  $C_{m-1}(d_i^z)$  відповідно, множини досяжності та передування груп  $d_i^z \in D_k^z$  на підмножині  $D_k^z \setminus p_1 \setminus \dots \setminus p_{m-1}$ .

Для визначення  $p_2$  складемо таблицю множин передування  $C_2(d_i^z)$  та досяжності  $F_2(d_i^z)$  [36–38]. Визначення  $p_2$  представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Склад множин передування  $C_2(d_i^2)$  й досяжності  $F_2(d_i^2)$  для матриці  $A_k^2$

Множина передування $C_2(d_i^2)$	Індекс елементу множини	Множина досяжності $F_2(d_i^2)$	Індекс елементу множини	$F \cap C$
$C(d_2)$	2, 7	$F(d_2)$	2	2
$C(d_3)$	3, 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18	$F(d_3)$	3	3
$C(d_4)$	4, 9, 10	$F(d_4)$	4	4
$C(d_5)$	5, 11, 14	$F(d_5)$	5	5
$C(d_6)$	6	$F(d_6)$	6	6
$C(d_7)$	7	$F(d_7)$	2, 7	7
$C(d_8)$	8, 12, 13, 15, 16, 17, 18	$F(d_8)$	3, 8	8
$C(d_9)$	9	$F(d_9)$	4, 9	9
$C(d_{10})$	10	$F(d_{10})$	4, 10	10
$C(d_{11})$	11, 15	$F(d_{11})$	5, 11	11
$C(d_{12})$	12, 15, 16, 17	$F(d_{12})$	3, 8, 12	12
$C(d_{13})$	13, 18	$F(d_{13})$	3, 8, 13	13
$C(d_{14})$	14	$F(d_{14})$	5, 11, 14	14
$C(d_{15})$	15	$F(d_{15})$	3, 8, 12, 15	15
$C(d_{16})$	16	$F(d_{16})$	3, 8, 12, 16	16
$C(d_{17})$	17	$F(d_{17})$	3, 8, 12, 17	17
$C(d_{18})$	18	$F(d_{18})$	3, 8, 13, 18	18

$$F_2(d_i^2) \cap C_2(d_i^2) = F_2(d_i^2), \text{ для } i = \overline{2,6}, \quad (2.16)$$

$$p_2 = \{d_2, d_3, d_4, d_5, d_6\}. \quad (2.17)$$

Визначимо  $p_3$  складемо таблицю множин передування  $C_3(d_i^2)$  та досяжності  $F_3(d_i^2)$ . Визначення  $p_3$  представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Склад множин передування  $C_3(d_i^2)$  й досяжності  $F_3(d_i^2)$  для матриці  $A_k^2$

Множина передування $C_3(d_i^2)$	Індекс елементу множини	Множина досяжності $F_3(d_i^2)$	Індекс елементу множини	$F \cap C$
$C(d_7)$	7	$F(d_7)$	7	7
$C(d_8)$	8, 12, 13, 15, 16, 17, 18	$F(d_8)$	8	8
$C(d_9)$	9	$F(d_9)$	9	9
$C(d_{10})$	10	$F(d_{10})$	10	10
$C(d_{11})$	11, 15	$F(d_{11})$	11	11
$C(d_{12})$	12, 15, 16, 17	$F(d_{12})$	8, 12	12
$C(d_{13})$	13, 18	$F(d_{13})$	8, 13	13
$C(d_{14})$	14	$F(d_{14})$	11, 14	14
$C(d_{15})$	15	$F(d_{15})$	8, 12, 15	15
$C(d_{16})$	16	$F(d_{16})$	8, 12, 16	16
$C(d_{17})$	17	$F(d_{17})$	8, 12, 17	17
$C(d_{18})$	18	$F(d_{18})$	8, 13, 18	18

$$F_3(d_i^2) \cap C_3(d_i^2) = F_3(d_i^2), \text{ для } i = \overline{7,11}, \quad (2.18)$$

$$p_3 = \{d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}\}. \quad (2.19)$$

Для визначення  $p_4$  складемо таблицю множин передування  $C_4(d_i^2)$  та досяжності  $F_3(d_i^2)$  [35]. Визначення  $p_4$  представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Склад множин передування  $C_4(d_i^z)$  й досяжності  $F_4(d_i^z)$  для матриці  $A_k^z$

Множина передування $C_4(d_i^z)$	Індекс елементу множини	Множина досяжності $F_4(d_i^z)$	Індекс елементу множини	$F \cap C$
$C(d_{12})$	12, 15, 16, 17	$F(d_{12})$	12	12
$C(d_{13})$	13, 18	$F(d_{13})$	13	13
$C(d_{14})$	14	$F(d_{14})$	14	14
$C(d_{15})$	15	$F(d_{15})$	12, 15	15
$C(d_{16})$	16	$F(d_{16})$	12, 16	16
$C(d_{17})$	17	$F(d_{17})$	12, 17	17
$C(d_{18})$	18	$F(d_{18})$	13, 18	18

$$F_4(d_i^z) \cap C_4(d_i^z) = F_4(d_i^z), \text{ для } i = \overline{12,14}, \quad (2.20)$$

$$p_4 = \{d_{12}, d_{13}, d_{14}\}. \quad (2.21)$$

Для визначення  $p_5$  складемо таблицю множин передування  $C_5(d_i^z)$  та досяжності  $F_5(d_i^z)$ . Визначення  $p_5$  представлено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Склад множин передування  $C_5(d_i^z)$  й досяжності  $F_5(d_i^z)$  для матриці  $A_k^z$

Множина передування $C_5(d_i^z)$	Індекс елементу множини	Множина досяжності $F_5(d_i^z)$	Індекс елементу множини	$F \cap C$
$C(d_{15})$	15	$F(d_{15})$	15	15
$C(d_{16})$	16	$F(d_{16})$	16	16
$C(d_{17})$	17	$F(d_{17})$	17	17
$C(d_{18})$	18	$F(d_{18})$	18	18

$$F_5(d_i^2) \cap C_5(d_i^2) = F_5(d_i^2), \text{ для } i = \overline{15,18}, \quad (2.22)$$

$$p_5 = \{d_{15}, d_{16}, d_{17}, d_{18}\}. \quad (2.23)$$

Упорядкування груп дозволяє виділити групи, що є корневими групами структури та групи, що займають проміжне становище. Кореневі групи визначають можливі точки входу в інформаційну структуру, а проміжні розширюють відомості про інформації, поміщеної у корневих та вище лежачих групах [37].

Зображення графа матриці  $A_k^2$  з урахуванням ієрархії представлено на рисунку 2.3.

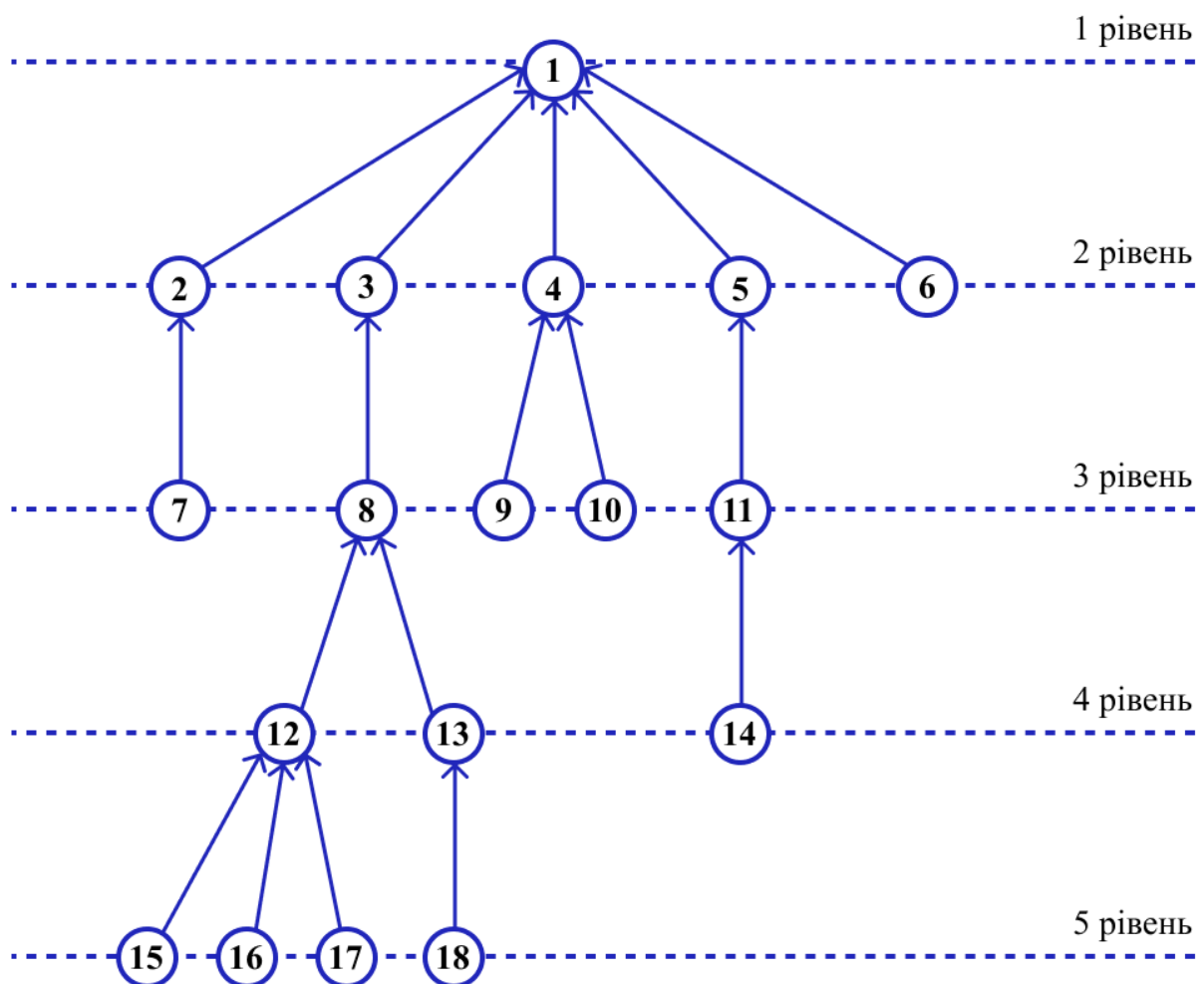


Рисунок 2.3 – Упорядкований за рівнями ієрархії груповий граф

Подальший аналіз доцільно проводити для кожної групи інформаційної групи користувачів. Для визначення інформаційного складу груп  $H(d_j^z)$  необхідно видалити з початкової матриці суміжності  $B_k$  записи  $b_{ij}^k = 1$  для індексів  $i$  та  $u$  елементів  $d_i^z, d_j^z$ , що увійшли в множину  $D_k^z$ , що забезпечує розрив зв'язку між групами інформаційних елементів і входження у групу інформаційних елементів матриці  $B_k$ , для яких записи  $b_{ij}^k = 1, \forall d_i \in D_k^o$  для відповідного стовпця  $d_j^z \in D_k^z$ , тобто:

$$H(d_j^z) = \{d_i / b_{ij}^k = 1, \forall d_i \in D_k^o\}. \quad (2.24)$$

Результати аналізу інформаційних складів груп наведені в таблиці 2.8.

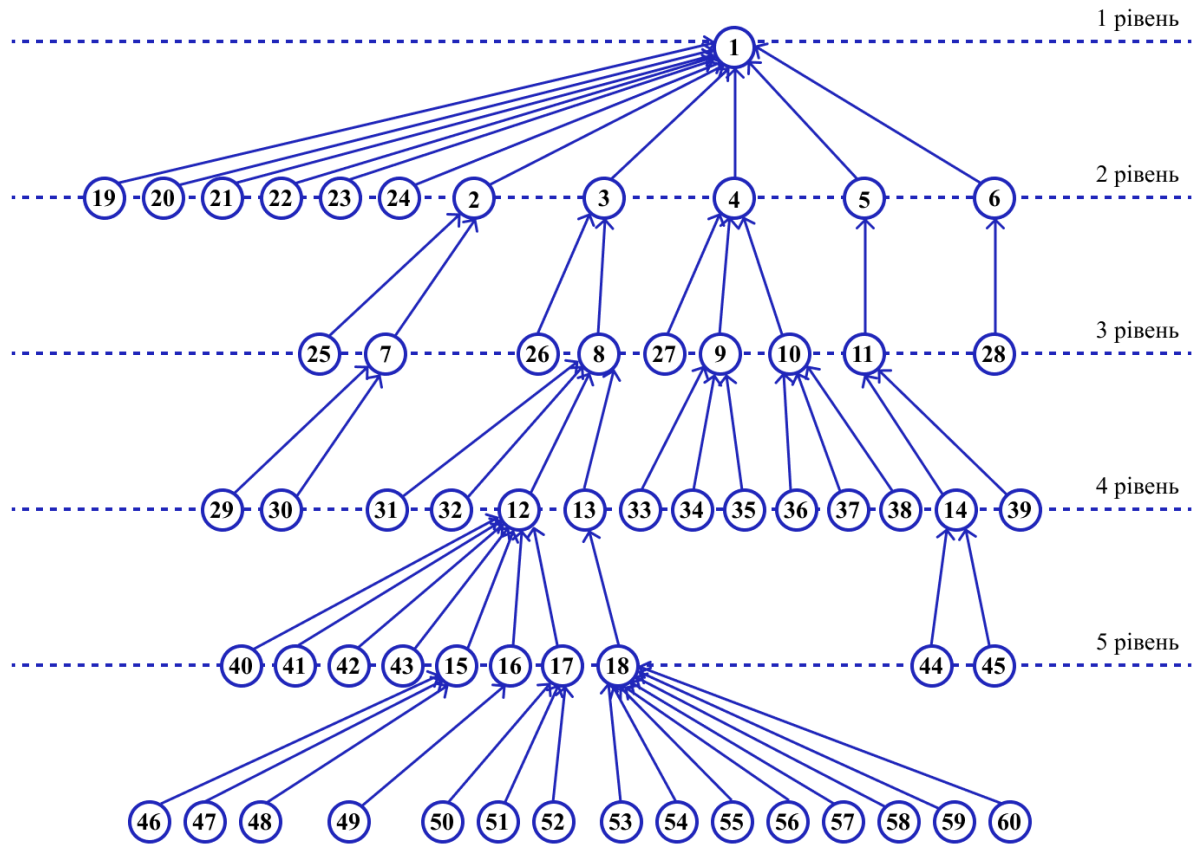
Таблиця 2.8 – Інформаційний склад групи

Множина інформаційних елементів	Індекс елементів множини
<b>1</b>	<b>2</b>
$H(d_1)$	19–24
$H(d_2)$	25
$H(d_3)$	26
$H(d_4)$	27
$H(d_5)$	–
$H(d_6)$	28
$H(d_7)$	29, 30
$H(d_8)$	31, 32
$H(d_9)$	33–35
$H(d_{10})$	36–38
$H(d_{11})$	39
$H(d_{12})$	40–43

Продовження таблиці 2.8

<b>1</b>	<b>2</b>
$H(d_{13})$	–
$H(d_{14})$	44, 45
$H(d_{15})$	46–48
$H(d_{16})$	49
$H(d_{17})$	50–52
$H(d_{18})$	53–60

Таким чином, оргграф інформаційної структури  $G_k(D_k, U_k)$  матриці  $B_k$  перетворюється на вид, що представлено на рисунку 2.4 [38].

Рисунок 2.4 – Граф  $G_k(D_k, U_k)$  інформаційної структури

### 2.1.1 Принципи методу нормалізації інформаційних структур бази даних медичної інформаційної системи

Для спрощення використання інформації, що міститься в узагальненій зовнішній моделі, у процесі проектування бази даних вона має бути певним чином нормалізована.

Під нормалізацією інформаційних структур розуміється процес приведення їх до виду, що забезпечує мінімальну надмірність та дублювання даних та зв'язків, а також специфікацію типів інформаційних елементів груп даних.

З метою забезпечення мінімальної надмірності даних, що зберігаються потрібно виявити безліч дубльованих елементів в аналізованих структури.

Дві групи  $d_i^e, d_j^e$  будемо вважати семантично пов'язаними, якщо:

$$H(d_i^e) \cap H(d_j^e) \neq \emptyset, \quad (2.25)$$

семантично незалежними, якщо:

$$H(d_i^e) \cap H(d_j^e) = \emptyset. \quad (2.26)$$

Звідси інформаційний елемент  $d_i \in D_j^e$ , що є дубльованим у групах  $d_i^e$  та  $d_j^e$ , якщо:

$$d_i \in H_{ij} = H(d_i^e) \cap H(d_j^e), \quad (2.27)$$

де  $H_{ij}$  – підмножина перетину множин  $H(d_i^e)$  та  $H(d_j^e)$  [39].

Аналогічно визначається наявність дубльованих елементів у трьох, чотирьох групах і т.д. [37, 38].

Допустимість виключення дубльованого елемента визначається в результаті аналізу шляхів доступу між групами, в яких він з'являється, на підставі матриці семантичної досяжності груп  $A_k^z = \|a_{ij}^{kz}\|$ .

Дубльовані елементи виключаються з усіх груп, крім однієї, у тому випадку якщо групи, що розглядаються, пов'язані одним з можливим шляхів доступу. Цей випадок відповідає наявності в матриці  $A_k^z$  до елементів  $a_{ij}^{kz} = \dots = a_{rp}^{kz} = \dots = a_{nm}^{kz}$ , для  $d_i^z, d_j^z, \dots, d_p^z, d_r^z, \dots, d_m^z, d_n^z$ , що лежать на одному шляху доступу. Виняток дубльованих елементів може бути здійснено у будь-якій із виділених зв'язаних груп. Якщо немає обмежень на вибір групи, то елементи, що дублюються, виключаються з груп нижчих рівнів, а єдиний елемент залишається в групі, що має, вищий рівень. Така стратегія забезпечує зниження часу пошуку даного елемента з кореневої групи під час відповіді запиту користувачів [38, 39].

При виключенні дубльованих у групах елементів даних на графі  $G_k(D_k, U_k)$  виключаються взаємозв'язки, що ведуть до груп, з яких виключено елемент, який роздивляється.

У нашому випадку всі множини інформаційних елементів перетинаються по порожній множині  $\{\emptyset\}$ . Це означає, що інформаційна структура БД МІС не містить елементів, що дублюються.

Крім існування дубльованих елементів у вихідній інформаційної структури користувача в ній можлива наявність надлишкових взаємозв'язків між групами. Надлишковий взаємозв'язок між парою груп  $d_i^z, d_j^z$ , існує в тому і тільки в тому випадку, якщо є дуга  $(i, j)$  що з'єднує групи  $d_i^z$  і  $d_j^z$ , і шлях, що проходить через деяку множину інших груп. Дуга  $(i, j)$  є надмірною і може бути видалена з аналізованої інформаційної структури [38].

Видалення знайдених надлишкових зв'язків провадиться розробником БД з урахуванням важливості та частоти використання зв'язків. Виявлення надлишкових зв'язків між групами складається на основі аналізу матриць шляхів доступу між групами, що формуються з відповідної первинної

матриці суміжності шляхом її зведення в ступінь  $\lambda = 2, 3, \dots, L_k^z - 1$ , де  $L_k^z$  – максимальна кількість груп у  $k$ -ій інформаційній структурі. Матриці шляхів  $B_k^{z(\lambda)}$  являють собою квадратні матриці, проіндексовані по обох осях множиною груп  $d_k^z \in D_k^z$ , а записи  $b_{ij}^{k\lambda} \geq 1$ , що стоять на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця матриці означає число різних шляхів довжини  $\lambda$ , що ведуть із групи  $d_i^z$  в групу  $d_j^z$ . Відсутність шляхів довжини  $\lambda$  між групами  $i, j$  фіксується записом  $b_{ij}^{k\lambda} = 0$ . Кожна з отриманих матриць  $B_k^{z(\lambda)}$  порівнюється первинною матрицею  $B_k^z$ . У тому випадку, коли в матриці  $B_k^z$  є елемент  $b_{ij}^k = 1$ , а в матриці  $B_k^{z(\lambda)}$  відповідний елемент  $b_{ij}^{kz} \geq 1$ , то зв'язок  $(d_i^z, d_j^z)$  є надмірним. Видалення конкретного зв'язку  $(d_i^z, d_j^z)$  відповідає заміні елемента  $b_{ij}^{kz} = 1$  на елемент  $b_{ij}^{kz} = 0$ .

Для БД МІС матриця  $B_k^z$  має вид:

$$B_k^z = \begin{bmatrix} 000000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 010000000000000000 \\ 001000000000000000 \\ 000100000000000000 \\ 000100000000000000 \\ 000010000000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000000010000000 \\ 000000000001000000 \\ 000000000000100000 \\ 000000000000010000 \\ 00000000000000100000 \end{bmatrix}. \quad (2.28)$$

Для дослідження отриманих інформаційних структур достатньо буде звести матрицю  $B_k^z$  у степені 2, 3, ..., 18.

$$B_k^{\lambda=2} = \begin{bmatrix} 000000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 001000000000000000 \\ 001000000000000000 \\ 000010000000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \end{bmatrix}. \quad (2.29)$$

$$B_k^{\lambda=3} = \begin{bmatrix} 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 000000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 000000000000000000 \end{bmatrix}. \quad (2.30)$$

Таким чином, матриці  $B_k^{\lambda=2}$ ,  $B_k^{\lambda=3}$ ,  $B_k^{\lambda=4}$  отримані при  $\lambda = 2$ ,  $\lambda = 3$  і  $\lambda = 4$  є невивірженими матрицями, у яких елементами є числа 0 і 1. При  $\lambda \geq 5$  отримали вивіржену (нульову) матрицю.

$$B_k^{z^4} = \begin{bmatrix} 000000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 100000000000000000 \\ 001000000000000000 \\ 001000000000000000 \\ 000010000000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \\ 000000010000000000 \end{bmatrix}. \quad (2.31)$$

$$B_k^{z^5} = (0). \quad (2.32)$$

Отже, в інформаційної структурі немає надлишкових зв'язків, так як елементи інформаційної структури попарно з'єднані не більше ніж одним зв'язком (значення 1 або 0 у відповідних рядках та стовпцях).

В результаті використання розглянутих вище процедур впорядкування та виключення дубльованих елементів та надлишкових взаємозв'язків формується структурована матриця суміжності  $B_k^c$  та відповідний їй граф  $k$ -ї інформаційної структури  $G_k^c(D_k, U_k)$ .

Таким чином, матриця  $B_k^c$  та граф  $G_k^c$  не містять дубльованих елементів в групах даних і надлишкових взаємозв'язків між групами. Для БД МІС матриця  $B_k^c = B_k$  та відповідний їй граф  $G_k^c(D_k, U_k) \equiv G_k(D_k, U_k)$ , тобто залишаються без змін [38].

## 2.1.2 Класифікація типів інформаційних елементів в існуючих групах даних

### 2.1.2.1 Визначення складу основних та допоміжних ключів

Наступним етапом нормалізації інформаційних структур користувачів є специфікація (виділення) типів інформаційних елементів у групах даних – ключів та атрибутів груп заснована на автоматизованому режимі.

Автоматизований режим виділення ключів та атрибутів груп ґрунтується на інформації про типи взаємозв'язків між інформаційними елементами груп

При аналізі інформаційних структур необхідно розрізняти два типу ключів: основний ключ групи та допоміжний.

Основним ключем групи  $d_j^2$  є інформаційний елемент  $d_i \in H(d_j^2)$ , що повністю і однозначно ідентифікує групу і її елементи, тобто елемент, для якого виконується наступна умова:

$$d_i^1 \neq d_i^2 \neq \dots \neq d_j^\mu \neq \dots \neq d_j^{\mu_0}, \quad (2.33)$$

де  $\mu_0$  – максимальна потужність множин областей визначення інформаційних елементів групи  $d_j^2$ .

Допоміжним ключем є інформаційний елемент, що належить множині атрибутів основного ключа і однозначно визначаючий деяку підмножину множини атрибутів. Для допоміжного ключа виконується умова (2.33) на підмножині атрибутів групи [40, 41]. Суть автоматизованого режиму виділення ключів (основних та допоміжних) у групах даних полягає в наступному. Розробником на основі аналізу інформаційних структур для кожної групи структури задаються типи взаємозв'язків (простий чи складний) між парами інформаційних елементів, що їх утворюють. Для БД МІС основними ключами є обґрунтовані раніше ідентифікатори  $d_1-d_{18}$ . Вони однозначно визначають кожний інформаційний склад.

### 2.1.2.2 Формування зведених матриць суміжності та відповідних їм орграфів

Здійснимо перетворення структурованої матриці  $B_k^c$  та графа  $G_k^c(D_k, U_k)$  до виду, зручного для подальшої роботи зі структурою БД.

Виконаємо такі перетворення:

- з графа  $G_k^c$  видалимо вершини, що відповідають групам елементів даних та зв'язки, що ведуть у них з відповідних елементів даних;
- на графі  $G_k^c$  встановимо зв'язки, які ведуть з основного ключа групи в атрибути, безпосередньо залежні від них;
- зафіксуємо зв'язки між допоміжними та основними ключами групи;
- усі зв'язки між групами на первинному графі  $G_k^c(D_k, U_k)$  замінимо на зв'язки (з тим же напрямком дуг) між ключами груп;
- матриця  $B_k^c$  перетворюється на зведену матрицю суміжності  $B^*$ , проіндексовану за рядками та стовпцями елементами множини ключів  $W_1^k$  і атрибутів  $W_2^k$  [41].

Під зведеною матрицею суміжності  $B_k^*$  структури  $S_k$  розуміється бінарна матриця, у стовпцях якої розміщуються інформаційні елементи множини  $W_1^k \cup W_2^k$  (тобто всі ключі та атрибути груп), а рядки матриці заповнені елементами множини  $W_1^k$  (ключами груп). Для БД МІС зведена матриця суміжності  $B_k^*$  має вигляд:

У матриці  $B_k^*$  (2.34) виділяються дві матриці  $B_{kI}^*$  та  $B_{kII}^*$ .

Підматриця  $B_{kI}^*$  вказує на взаємозв'язок між ключами інформаційної структури. Запис  $b_{ii'}^{k,*} = 1$  підматриці  $B_{kI}^*$  вказує на можливий взаємозв'язок між ключами  $d_i$  та  $d_{i'} \in W_1^k$ . Відсутність такого запису,  $b_{ii'}^{k,*} = 0$  означає відсутність зв'язку між ключами  $d_i$  та  $d_{i'}$ . Матриця  $B_{kI}^*$  має вигляд (2.35).



$$B_{kII}^* = \begin{bmatrix} 111110000000000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000001000000000000000000000000 \\ 000000100000000000000000000000 \\ 000000011000000000000000000000 \\ 000000000110000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000000000000000000000000000000 \\ 000000000001110001000000000000 \\ 000000000000001000000000000000 \\ 000000000000000011000000000000 \\ 0000000000000000001100000000 \\ 0000000000000000000011111111 \end{bmatrix}. \quad (2.36)$$

На даному етапі роботи можемо зробити деякі висновки:

- інформаційну структуру БД МІС можна уявити орієнтованим ієрархічним графом;

- розроблено методику системного аналізу МІС, яка дозволяє створювати такі однотипні системи різних медичних установ, що надалі забезпечує їхнє об'єднання в єдину систему. Дана методика включає виділення множини структурних елементів, побудови матриці семантичної суміжності та матриці семантичної досяжності, виділення інформаційних складів груп, виділення множин попередження та досяжності кожного структурного елемента;

- системний аналіз інформаційних потоків МІС дозволив розробити методику нормалізації інформаційних структур БД МІС, що включає процес їх приведення до виду, що забезпечує мінімальну надмірність і дублювання даних і зв'язків, а також отримати виділення типів інформаційних елементів груп (ключів та атрибутів) на базі наведеної матриці суміжності БД МІС [42].

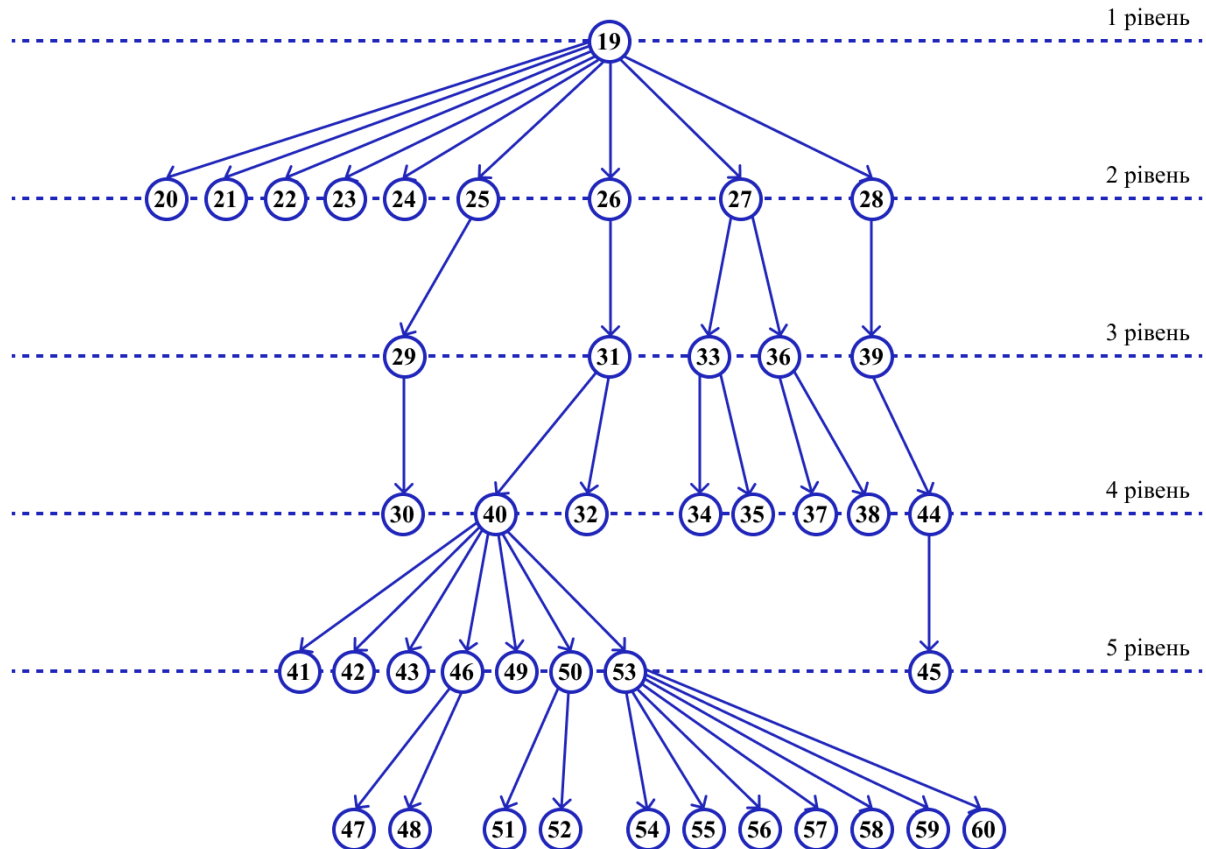


Рисунок 2.5 – Граф  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$  інформаційної структури

## 2.2 Модель об'єктно-орієнтованого подання предметних областей бази даних

Функціонування системи МІС, яка була розроблена на основі принципів об'єктно-орієнтованих БД являє собою взаємодію пов'язаних об'єктів системи. Ця взаємодія відбувається за допомогою відправлення користувачами повідомлень об'єктам, обробки викликаних об'єктів, початку обробки інших об'єктів і отримання необхідних результатів .

Набір даних і всі його атрибути об'єднані з об'єктом. Таким чином, вся інформація буде безпосередньо доступною. Замість того, щоб розподіляти все по різних таблицях, дані можна отримати в одному пакеті даних. Поряд з атрибутами в об'єктах також зберігаються методи. Саме тут стає зрозумілою

близькість баз даних до об'єктно-орієнтованих мов програмування. Як і в програмуванні, кожен об'єкт має певні дії, які він може виконувати.

У свою чергу об'єкти об'єднуються в класи. Або, кажучи точніше: об'єкт – це конкретна одиниця в абстрактному класі. Це створює ієрархію класів і підкласів. У середині такої конструкції підкласи приймають властивості класів вищого рівня і розширюють їх своїми власними атрибутами. У той же час об'єкти одного класу також можуть бути пов'язані з іншими класами. Це порушує строгу ієрархію і забезпечує взаємозв'язок об'єктів [30, 43].

Прості об'єкти можна поєднувати зі складними. Для звернення до різних об'єктів відповідна система управління базами даних автоматично надає кожній одиниці одноразову ідентифікацію. Таким чином, об'єкти можуть бути легко вилучені знову після збереження.

Припустимо, зберігаємо конкретний об'єкт, а саме конкретного лікаря як об'єктно-орієнтовану одиницю з усіма його властивостями та методами. Він має ім'я, статус «зав. відділення», його можна звільнити або підвищити так далі. Цей об'єкт одночасно є частиною класу «Дерматологи».

Наприклад, усередині того ж класу можемо знайти лікарів «лікар відділення», «головний лікар». Клас «Дерматологи», у свою чергу, є підкатегорією «Лікарі», яка також містить «Хірурги». Але водночас об'єкт також має відношення до класу «Стаціонар». Якщо отримаємо об'єкт за його унікальним ідентифікатором, всі пов'язані з ним атрибути та методи будуть доступні безпосередньо.

Протягом тривалого часу реляційні бази даних були стандартом у веб розробленні та розробленні програмного забезпечення. У цій моделі інформація зберігається у взаємозалежних таблицях. Тут також можна зберігати та отримувати зв'язки між складними фрагментами інформації з різними компонентами. Проте з об'єктною базою даних всі компоненти пристрою доступні одразу у ту ж секунду. Це також означає, що набори даних можуть бути набагато складнішими.

У реляційній базі даних намагаємось вмістити просту інформацію. Чим складнішим стає набір даних, тим більшими стають зв'язки, що перешкоджають роботі з цією БД.

Вибір типу бази даних залежить від конкретної програми. При роботі з об'єктно-орієнтованими мовами програмування, такими як Java, вигідно використовувати об'єктну базу даних. Об'єкти вихідного коду можна просто включити до бази даних. Якщо звернемося до реляційної бази даних, яка є досить поширеною, складні об'єкти складніше інтегрувати в конструкцію таблиці [43].

База даних поєднує у собі концепції об'єктно-орієнтованого програмування з принципами реляційної бази даних. Об'єкти – це базовий будівельний блок та екземпляр класу, тип якого є або вбудованим, або визначальним користувачем. Класи надають схему чи план для об'єктів, визначаючи поведінку. Методи визначають поведінку класу. Вказівники допомагають отримати доступ до елементів бази даних об'єктів та встановити відносини між об'єктами.

Об'єктно-орієнтовані бази даних тісно пов'язані з концепціями об'єктно-орієнтованого програмування.

Чотири основні ідеї об'єктно-орієнтованого програмування:

- поліморфізм;
- спадкування;
- інкапсуляція;
- абстракція.

Ці чотири атрибути описують критичні характеристики об'єктно-орієнтованих систем управління.

Поліморфізм – це здатність об'єкта набувати кількох форм. Ця можливість дозволяє одному й тому програмному коду працювати з різними типами даних. І перший пацієнт терапевтичного відділення, і другий можуть отримати лікування, але лікування вони отримують по-різному або проходять різні терапії. У цьому прикладі розрив дії – це поліморфізм.

Певна дія є поліморфною – результат змінюється залежно від того, який пацієнт виконує [44].

Спадкування створює ієрархічні відносини між пов'язаними класами, роблячи частини коду повторно використовуваними. Визначення нових типів успадковує всі існуючі поля та методи класу, а також розширює їх. Існуючий клас є батьківським, а дочірній клас розширює батьківський. Наприклад, у батьківського класу з ім'ям «Лікарі» будуть дочірні класи «Терапевти» та «Кардіологи». Обидва дочірні класи успадковують інформацію від батьківського класу та розширюють батьківський клас новою інформацією залежно від типу спеціаліста.

Інкапсуляція – це здатність групувати дані та механізми в один об'єкт для забезпечення захисту доступу. У ході цього процесу частина інформації та деталі того, як працює об'єкт, ховаються, що забезпечує безпеку даних та функцій. Класи взаємодіють один з одним за допомогою методів без потреби знати, як працюють певні методи.

Наприклад, у пацієнта є характеристики та дії. Можна змінити статус вакцинування, стан пацієнта але номер картки є прикладом властивості, яку не можна змінити. Клас інкапсулює всю інформацію про пацієнта в одну сутність, де деякі елементи можна змінювати, а деякі – ні [45].

Переваги та недоліки об'єктно-орієнтованої бази даних.

Кожен метод моделювання бази даних має свої переваги та недоліки. Перш ніж вибирати об'єктно-орієнтовані бази даних, ви повинні додатково знати доступні мови до мети програми.

Основні переваги:

- складні дані та ширший вибір типів даних у порівнянні з типами даних MySQL;

- легко зберігати та швидко витягувати дані;

- повна інтеграція з об'єктно-орієнтованими мовами програмування.

Найлегше моделювати складні проблеми реального світу;

- можливість розширення за рахунок користувацьких типів даних;

- до деяких недоліків можна віднести;
- не так широко поширені, як реляційні бази даних;
- нема універсальної моделі даних;
- бракує теоретичних основ та стандартів;
- висока складність викликає проблеми з продуктивністю;
- не існує адекватного механізму безпеки та прав доступу до об'єктів;
- об'єктні бази даних забезпечують сучасний підхід до моделювання баз даних, дзеркально копіюючи використовуваний в об'єктно-орієнтованому програмуванні [34–36, 45, 46].

### 2.3 Принципи створення інтегрованої бази даних для медичної інформаційної системи

Створення інтегрованих інформаційних систем охорони здоров'я стало спільною метою багатьох країн, які прагнуть отримати скоординовані та комплексні медичні послуги.

Приймаючи до уваги всі наведені дані щодо переваг та недоліків об'єктно-орієнтованої бази даних

Дані, до яких звертаються, розроблені за допомогою об'єктно-орієнтованої технології програми, що звертаються до даних, існують у реляційних базах даних. Впровадження об'єктно-орієнтованого принципу розробки системи у такому середовищі викликає принципову невідповідність між об'єктом і методом зберігання наявних даних (реляційними таблицями). Тож, необхідно встановити відображення між об'єктами та реляційними даними, щоб дозволити такій невідповідності існувати.

Зворотнім проєктуванням називають створення об'єктної моделі на основі існуючої схеми реляційної бази даних.

Прямим проєктуванням називають створення реляційної схеми з існуючої об'єктної моделі [2, 5, 6, 47].

На практиці ці дві технології повинні бути об'єднані в ітераційному процесі життєвого циклу розробки програми для підтримки зв'язку між об'єктними та реляційними представленнями даних.

### 2.3.1 Відображення вимог користувачів по обробці даних для інформаційних структур

Проектування об'єктних моделей вимог користувачів здійснюється у два етапи.

На першому етапі здійснюється формування та нормалізація інформаційних структур користувачів. Для МІС даний етап був представлений попередніх пунктах. Результатами даного етапу є формалізоване представлення інформаційних структур користувачів БД у вигляді множини зведених матриць суміжності  $\{B_k^*\}$  та відповідних їм орграфів  $\{G_k^*\}$ .

На другому етапі здійснюється відображення на сформовані інформаційні структури вимог користувачів з обробки даних. Первинними даними для реалізації цього етапу є формалізовані уявлення інформаційних структур користувачів у вигляді матриць суміжності  $B_k^*$  та орграфів  $G_k^*$  і формалізовані описи вимог користувачів щодо обробки даних.

Формалізовані описи вимог  $k$ -го користувача щодо обробки даних задаються за допомогою:

- множини задач обробки даних  $H_k = \{h_r^k \mid r = \overline{1, R_k}\}$ , де  $h_r^k$  –  $r$ -та задача  $k$ -го користувача;
- матриці використання 1-го інформаційного елементу ( $l \in L_k \subseteq L$ )  $r$ -ю задачею ( $r \in R_k \subseteq R$ ):  $W_k = (w_{rl}^k)$ . Елемент  $w_{rl}^k = 1$ , якщо 1-й інформаційний елемент використовується (обирається, зчитується, оброблюється)  $r$ -ю задачею, інакше  $w_{rl}^k = 0$ ;
- структури пошуку необхідних для обробки даних.

Структура пошуку необхідних інформаційних елементів представляється у вигляді дерева пошуку даних на графі інформаційної структури  $G_k^*$  [46].

### 2.3.2 Схема побудови дерева пошуку даних на графі інформаційної структури

Правило побудови дерева пошуку для окремої  $r' \in R_k$  задачі обробки даних складається з наступних кроків:

Крок 1. Введення первинних даних  $B_k^*, A_k^*, D_k^{*\Gamma}, W_k, H(d_j^\Gamma)$ .

$B_k^* = (b_{ij}^{k*})$  – матриця суміжності інформаційних елементів.

$A_k^* = (a_{ij}^{k*})$  – матриця досяжності інформаційних елементів графа  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$  (2.37).

$D_k^{*\Gamma} = d_l^\Gamma$  – підмножина груп даних, що є точками входу в інформаційну структуру  $G_k^*$ . Для МІС вона має вигляд:

$$D_k^\Gamma = \{d_{20}^\Gamma - d_{24}^\Gamma, d_{30}^\Gamma, d_{32}^\Gamma, d_{34}^\Gamma, d_{35}^\Gamma, d_{37}^\Gamma, d_{38}^\Gamma - d_{41}^\Gamma, d_{45}^\Gamma, d_{47}^\Gamma - d_{49}^\Gamma, d_{54}^\Gamma - d_{60}^\Gamma\}. \quad (2.37)$$

$W_k = (w_{rl}^k)$  – матриця використання інформаційних елементів задачами обробки даних [48]. Для МІС вона має вигляд:

$$W_k = \begin{bmatrix} 11111111111111111111111111111111 \\ 001000011001110110101111100 \\ 11111111111111111111111111111111 \\ 11111111111111111111111111111111 \end{bmatrix}. \quad (2.38)$$

$H(d_j^\Gamma) = \{d_l\}$  – інформаційні состави груп даних. Для МІС інформаційні состави груп представлені у таблиці 2.9.



Таблиця 2.9 – Інформаційний склад груп

Множина інформаційних елементів	Індекс елементів множини
$H(d_{19}^{\Gamma})$	20–24
$H(d_{25}^{\Gamma})$	–
$H(d_{26}^{\Gamma})$	–
$H(d_{27}^{\Gamma})$	–
$H(d_{28}^{\Gamma})$	–
$H(d_{29}^{\Gamma})$	30
$H(d_{31}^{\Gamma})$	32
$H(d_{33}^{\Gamma})$	34, 35
$H(d_{36}^{\Gamma})$	37, 38
$H(d_{39}^{\Gamma})$	–
$H(d_{40}^{\Gamma})$	41, 42, 43, 49
$H(d_{44}^{\Gamma})$	45
$H(d_{46}^{\Gamma})$	47, 48
$H(d_{50}^{\Gamma})$	51, 52
$H(d_{53}^{\Gamma})$	54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Крок 2. Фіксація у матриці  $W_k$   $r'$ -ї строки та вибору з матриці чергового елемента  $d_l$ , для якого  $w_{r'l}^k = 1$ .

Крок 3. Визначення приналежності елемента  $d_l$  до певної групи даних:  $d_l \in H(d_j^{\Gamma})$ , якщо  $d_l \cap H(d_j^{\Gamma}) \neq \emptyset$ .

Крок 4. Перевірка: чи всі елементи  $d_l$ , для яких  $w_{r'l}^k = 1$  проаналізовані? Якщо так, то виконується перехід на Крок 5. В іншому випадку – на Крок 2.

Крок 5. Визначення по матрицям  $B_k^*$  і  $A_k^*$  шляхів на графі  $G_k^*$  до зафіксованих на 3-му кроці групам даних  $H(d_j^0)$  з точок входу множини  $D_k^{*\Gamma}$ .

Крок 6. Побудова на графі  $G_k^*$  дерев пошуку даних шляхом фіксації групи-точки входу до структури, дуг і груп даних, що лежать на шляху доступу до шуканих груп  $H(d_j^f)$  [48–50].

Графічна схема алгоритму побудови дерева пошуку даних на графі інформаційної структури  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$  представлена на рисунку 2.6.

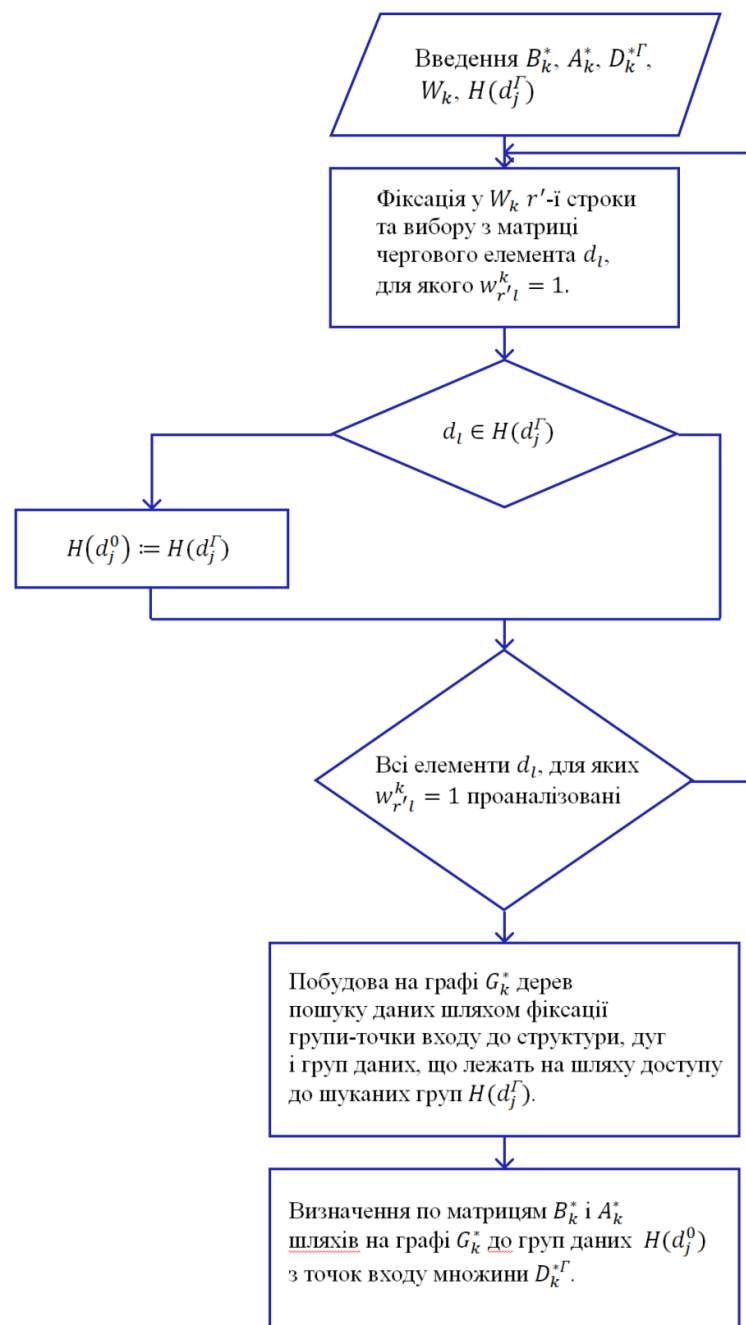


Рисунок 2.6 – Алгоритм побудови дерева пошуку даних на графі  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$

### 2.3.3 Відображення вимог обробки даних на графах інформаційних структур користувачів

Використання деякою  $r$ -ю задачею обробки даних 1-го елемента формально представляється на графі  $G_k^*$  петлею на групі  $H(d_j^r)$ , в яку він входить ( $d_l \in H(d_j^r)$ ), що свідчить про обробку даного групового елемента (цілком або частково за окремими елементами, що входять до нього).

Дерева пошуку, необхідні для обробки даних, відображаються додатковими дугами на графі  $G_k^*$ .

Таким чином, граф інформаційної структури  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$  перетворюється до виду представленому рисунку 2.7.

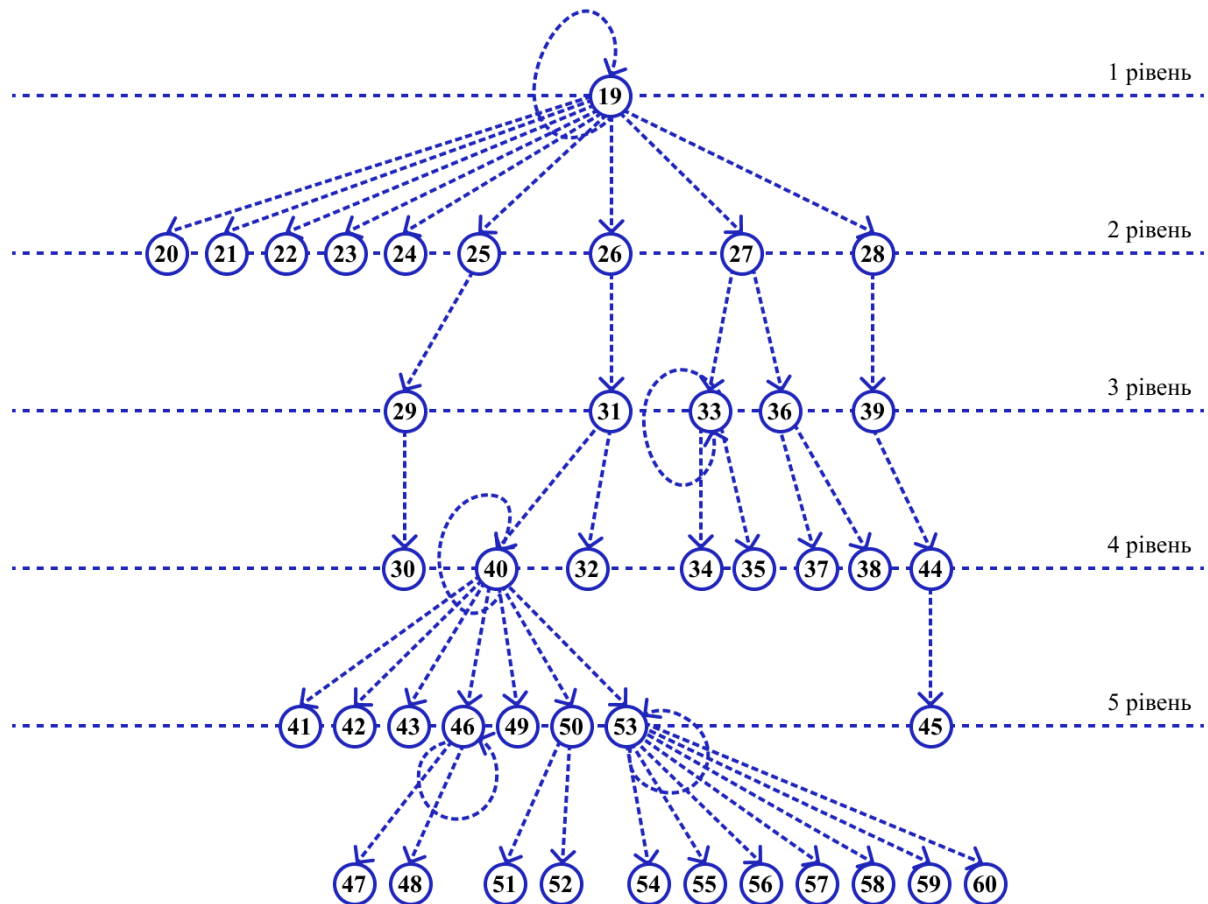


Рисунок 2.7 – Перетворений граф інформаційної структури  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$

Таким чином, об'єктна модель вимог  $k$ -го користувача подається у вигляді мультиграфа з одним типом вершин і двома типами дуг  $G_k^{ob}(D_k, U_k)$  (рис. 2.8), де:

–  $D_k = \{d_l^k \mid l = \overline{1, L_k}, L_k \subseteq L\}$  – та ж множина інформаційних елементів (включаючи ключі та атрибути даних), виявлених в результаті виконання методу аналізу інформаційних вимог користувачів та методу нормалізації інформаційних структур користувачів;

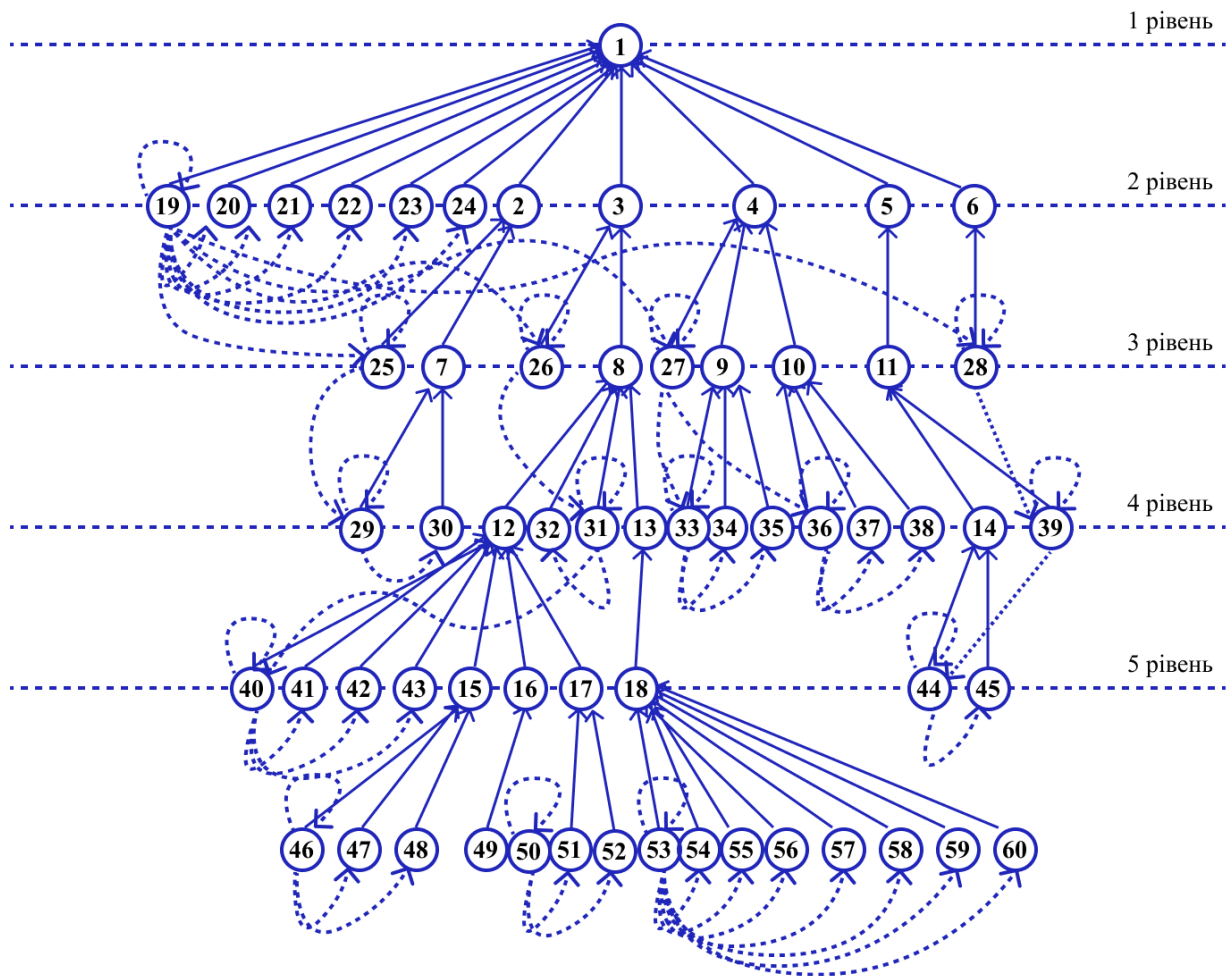


Рисунок 2.8 – Граф  $G_k^{ob}(D_k, U_k)$  об'єктної моделі інформаційної структури

–  $U_k = U_k^{el} \cup U_k^{np}$ , де  $U_k^{el}$  – множина дуг, що характеризують структуру взаємозв'язків між інформаційними елементами (групами даних, ключами та атрибутами).

$U_k^{np}$  – множина дуг, що характеризують технологію обробки даних для  $k$ -го користувача у вигляді реалізації сукупності методів (процедур) пошуку та безпосередньої обробки даних, включаючи петлі та безпосередні дуги [46, 50–55].

Отже, щоб одержати граф  $G_k^{ob}(D_k, U_k)$  об'єктної моделі інформаційної структури необхідно зробити накладення графа  $G_k^*(D_k^*, U_k^*)$  на граф  $G_k(D_k, U_k)$ .

### **3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РОЗРОБЛЕННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПОДАННЯ**

#### **3.1 Вибір інструментального засобу для реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи**

Як вже було з'ясовано об'єктно-орієнтоване проектування бази даних МІС є альтернативою методу структурного проектування. В об'єктно-орієнтованому програмуванні передбачається інкапсуляція даних та методів їх обробки в одному об'єкті, на відміну від структурованих методів, які навпаки відокремлюють основну програму від процесу проектування бази даних [31–35, 47].

Ця властивість об'єктно-орієнтованого подання дозволяє створювати відкриту архітектуру МІС з властивостями мобільності та переносимості, а паралелізуючи процес створення структур баз даних і застосунків між командами розробників можна скоротити вартість розробки та її терміни, знизити трудомісткість розробки. Завдяки використанню принципу непрозорості інформації можна досягти того, щоб програмне забезпечення та програми МІС були простими в обслуговуванні та супроводі;

Для проектування даної моделі МІС був обраний об'єктно-орієнтований CASE-засіб IBM Rational Rose.

Створювати прототипи можна для різних цілей: запуск тестів користувача, подання реалістичних планів зацікавленим сторонам, повідомлення про наміри розробникам - список можна продовжити. Оскільки прототипи дуже важливі у процесі проектування, процес їх створення має бути швидким та легким [56].

Для цього було обрано програмний засіб Figma. Функції прототипування в Figma дозволяють створювати інтерактивні потоки, які досліджують, як користувач зможе взаємодіяти з проєктами.

Прототипи – відмінний спосіб щоб:

- організувати попередній перегляд взаємодій та користувацьких потоків;
- поділитися ідеями чи обмінятися;
- отримати відгуки від співавторів;
- протестувати взаємодії з користувачами;
- подати проєкт зацікавленим сторонам.

Прототипи Figma в даний час обмежені окремими сторінками.

Це дозволяє мати окремі прототипи в одному документі, кожен із своїми унікальними URL-адресами, якими можна поділитися. Але іноді просто потрібно поділитися одним посиланням із людьми, яке дозволить їм побачити кілька варіантів інтерфейсу. Для цього у Figma можна створити кадр змісту як стартовий екран прототипу. Потім зв'язати кожен елемент списку в змісті з іншим потоком користувача. На внутрішньому рівні Figma інтерпретуватиме все це як один прототип але кінцеві користувачі сприйматимуть їх як різні прототипи з вибором між ними на початку. Щоб це працювало, всі потоки користувачів повинні знаходитися на одній сторінці.

Потік – це мережа фреймів та з'єднань на одній сторінці. Прототип може відобразити весь шлях користувача за застосунком або вебсайтом чи може зосередитися на конкретному сегменті через свій власний потік.

Наприклад: прототип охоплює всі можливі взаємодії на вебсайті аптеки. У прототипі є потоки для створення облікового запису, додавання товарів у кошик та оформлення замовлення [57–59].

### 3.2 Етапи програмної реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи

Для того щоб розробити, а потім ще й ввести в експлуатацію МІС потрібна безліч ресурсів, як людських так і матеріальних. Попитом на ринку буде користуватись та МІС, що має або ліпший функціонал, або нижчу ціну. Саме для цього на початку проектування системи потрібно визначити методику, яка дозволить знизити вартість та підвищити ефективність МІС.

Перший етап створення МІС – розроблення проєкту (табл. 3.1).

Проєкт – це документація, в якій описано проєктні рішення по створенню і експлуатації МІС, вони визначають архітектуру системи, структуру та умови зберігання інформації, характеристики технічних засобів, склад і функціональні характеристики програмних компонентів.

Проєктування МІС – це процес перетворення вхідних даних у проєкт МІС, а саме перетворення відомостей про об'єкт автоматизації і вимог до системи. Також пам'ятаємо, що саме алгоритм лежить основі будь-якого методу проєктування. Саме він і визначає проєктні дії, їх послідовність, ресурси, склад виконавців, кошти, що необхідні для виконання цих дій. Процес проєктування МІС поділяється на сукупність взаємопов'язаних дій, кожна з яких може мати свій об'єкт [57].

Дії поділяються на:

- проєктувальні (формують або змінюють поточний проєкт);
- оціночні (виробляють за встановленими критеріями оцінку результатів проєктування).

Життєвим циклом (ЖЦ) медичної інформаційної системи – будемо вважати сукупність станів, які МІС проходить під час свого розвитку, починаючи з моменту прийняття рішення щодо створення системи і до моменту повного припинення її функціонування.

Основні вимоги до технології проєктування:

– обрана технологія повинна максимально відображати всі етапи життєвого циклу проєкту і служити основою зв'язку між проєктуванням і супроводом системи в процесі її експлуатації;

– проєкт, створений за допомогою цієї технології повинен максимально відповідати вимогам замовника, притому ці вимоги можуть замінюватися, редагуватися під час створення МІС;

– обрана технологія повинна забезпечувати ефективність та економічну вигідність системи, а саме мінімальні витрати ресурсів на проєктування і подальший супровід інформаційної системи [58, 59].

Таблиця 3.1– Стадії та етапи створення МІС

Стадії	Етапи робіт
<b>1</b>	<b>2</b>
Формування вимог до МІС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення МІС;</li> <li>– формування вимог користувача до МІС;</li> <li>– оформлення звіту про виконану роботу та заявку на розробку АС (тактико-технічного завдання).</li> </ul>
Розроблення концепції МІС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вивчення об'єкту;</li> <li>– проведення необхідних науково-дослідних робіт;</li> <li>– розроблення варіантів концепції МІС, що відповідає вимогам користувача;</li> <li>– оформлення звіту про виконану роботу.</li> </ul>
Технічне завдання	<ul style="list-style-type: none"> <li>– розроблення і затвердження технічного завдання на створення МІС.</li> </ul>
Ескізний проєкт	<ul style="list-style-type: none"> <li>– розроблення попередніх проєктних рішень;</li> <li>– розроблення документації на МІС і її частини.</li> </ul>

Продовження таблиці 3.1

1	2
Технічний проєкт	<ul style="list-style-type: none"> <li>– розроблення проєктних рішень за системою та її частинами;</li> <li>– розроблення документації на МІС та її частини;</li> <li>– розроблення та оформлення документації на постачання виробів для комплектування МІС та (або) технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку;</li> <li>– розроблення завдань на проєктування у суміжних частинах проєкту об'єкта автоматизації.</li> </ul>
Робоча документація	<ul style="list-style-type: none"> <li>– розроблення робочої документації на систему та її частини;</li> <li>– розроблення чи адаптація програм.</li> </ul>
Введення в дію	<ul style="list-style-type: none"> <li>– підготовка об'єкта автоматизації до введення МІС у дію;</li> <li>– підготовка персоналу;</li> <li>– комплектація МІС виробами, що постачаються (програмними і технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами);</li> <li>– будівельно-монтажні роботи;</li> <li>– пусконаладжувальні роботи;</li> <li>– проведення попередніх випробувань;</li> <li>– проведення дослідної експлуатації;</li> <li>– проведення приймальних випробувань.</li> </ul>
Супровід МІС за системою та її частинами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань;</li> <li>– післягарантійне обслуговування.</li> </ul>

### 3.3 Інструкція реалізації методу розроблення медичної інформаційної системи

#### 3.3.1 Реєстрація

Для того, щоб зареєструватись у системі:

- зайдіть на сторінку реєстрації у МІС (рис. 3.1);
- натисніть кнопку «Реєстрація»;
- введіть Вашу поштову адресу (рис. 3.2);
- введіть пароль;
- натисніть на позначку, щоб дізнатися параметри пароля;
- введіть пароль повторно;
- введіть номер телефону (в форматі +380...);
- натисніть на кнопку «Зареєструватись»;
- на електронну адресу надійшов лист «Інструкція щодо підтвердження створення облікового запису у МІС». Натисніть кнопку «Підтвердити реєстрацію».

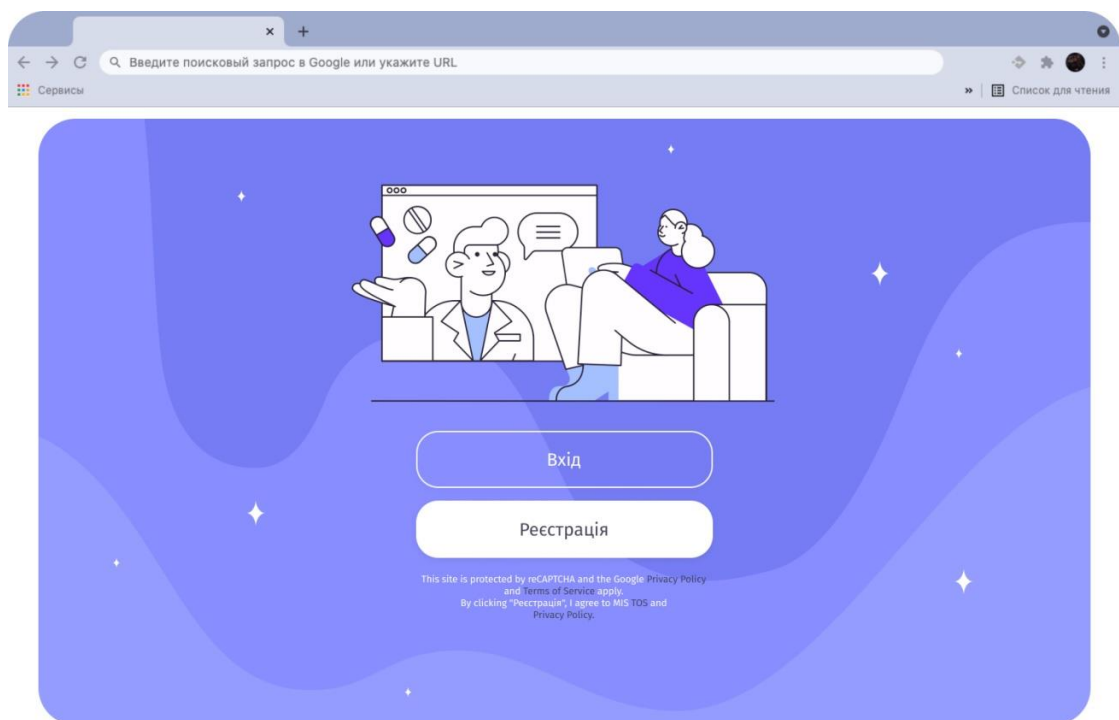


Рисунок 3.1 – Сторінка реєстрації

Введіть пошуковий запит в Google или укажіть URL

Сервіси

Список для читання

0000

Email\*:

Телефон :

Пароль :

Підтвердження пароля :

Реєстрація

Вже маєте акаунт? Вийді

This site is protected by reCAPTCHA and the Google Privacy Policy and Terms of Service apply.  
By clicking "Реєстрація", I agree to MIS TOS and Privacy Policy.

Рисунок 3.2 – Реєстрація у МІС

Для завершення реєстрації скористайтеся одним із способів введення особистих даних.

Підтвердження реєстрації спосіб 1 (за декларацією):

– введіть номер декларації (рис. 3.3);

Введіть пошуковий запит в Google или укажіть URL

Сервіси

Список для читання

Будь-ласка підтвердіть реєстрацію

За декларацією

Введіть номер декларації:

Оберіть тип документу

Введіть серію та номер документу:

Я даю згоду на використання моїх персональних даних

Завершити реєстрацію

За допомогою ЕЦП

За документом, що підтверджує особистість

Рисунок 3.3 – Підтвердження реєстрації у МІС. Спосіб 1

- виберіть тип документа;
- введіть серію і номер документа;
- натисніть на позначку для згоди на використання персональних даних;

– натисніть на кнопку «Завершити реєстрацію».

Підтвердження реєстрації спосіб 2 (з ЕЦП):

- натисніть на кнопку «Підтвердити з ЕЦП» (рис. 3.4);
- виберіть тип носія особистого ключа;
- виберіть особистий ключ (рис. 3.5);
- введіть пароль захисту ключа;
- натисніть на кнопку «Зчитати»;
- після успішного зчитування натисніть на «Підтвердити»;
- натисніть на кнопку «Завершити реєстрацію».

Підтвердження реєстрації спосіб 3:

- виберіть тип документа (рис. 3.6);
- введіть серію і номер документа;
- введіть прізвище, ім'я, по-батькові та дату народження;
- виберіть стать;
- натисніть на позначку для згоди на використання персональних даних;
- натисніть на кнопку «Завершити реєстрацію».

Після підтвердження реєстрації на екрані з'явиться повідомлення «Вітаю! Ваш обліковий запис підтверджено» (рис. 3.7).

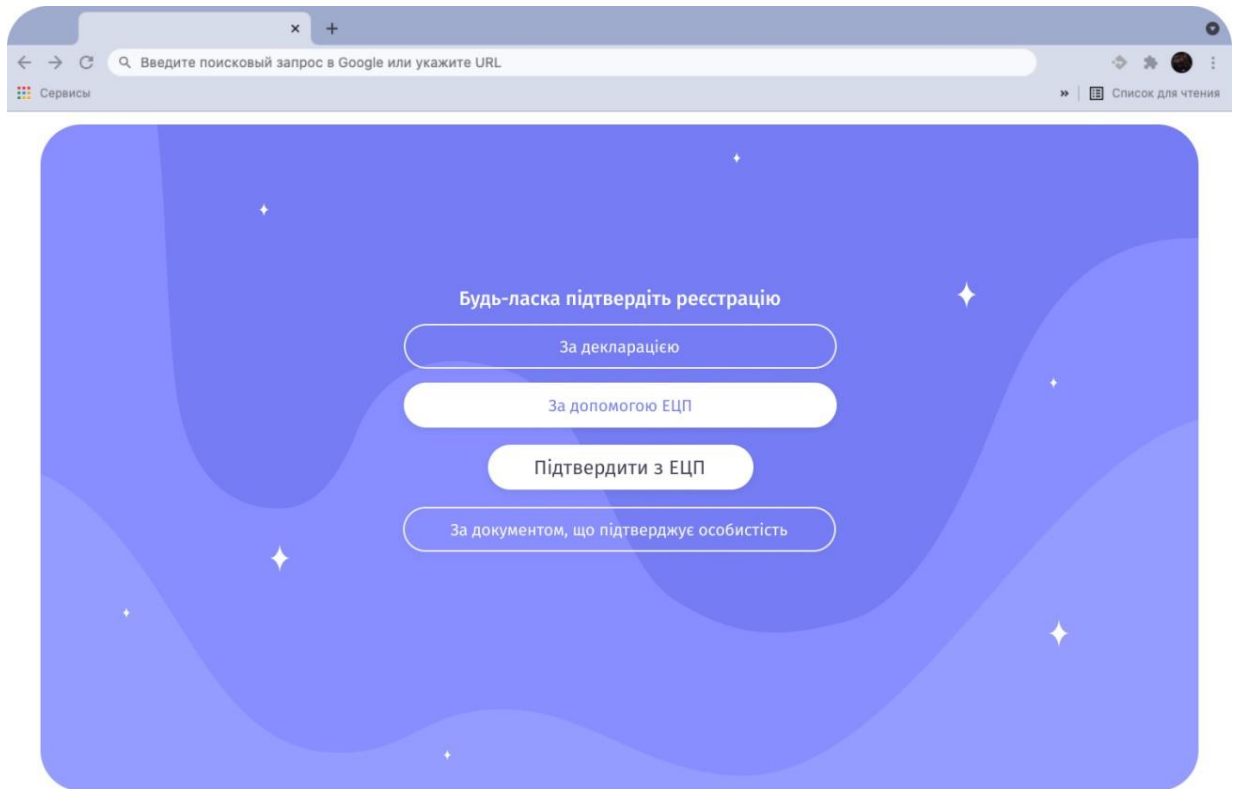


Рисунок 3.4 – Підтвердження реєстрації у МІС. Спосіб 2

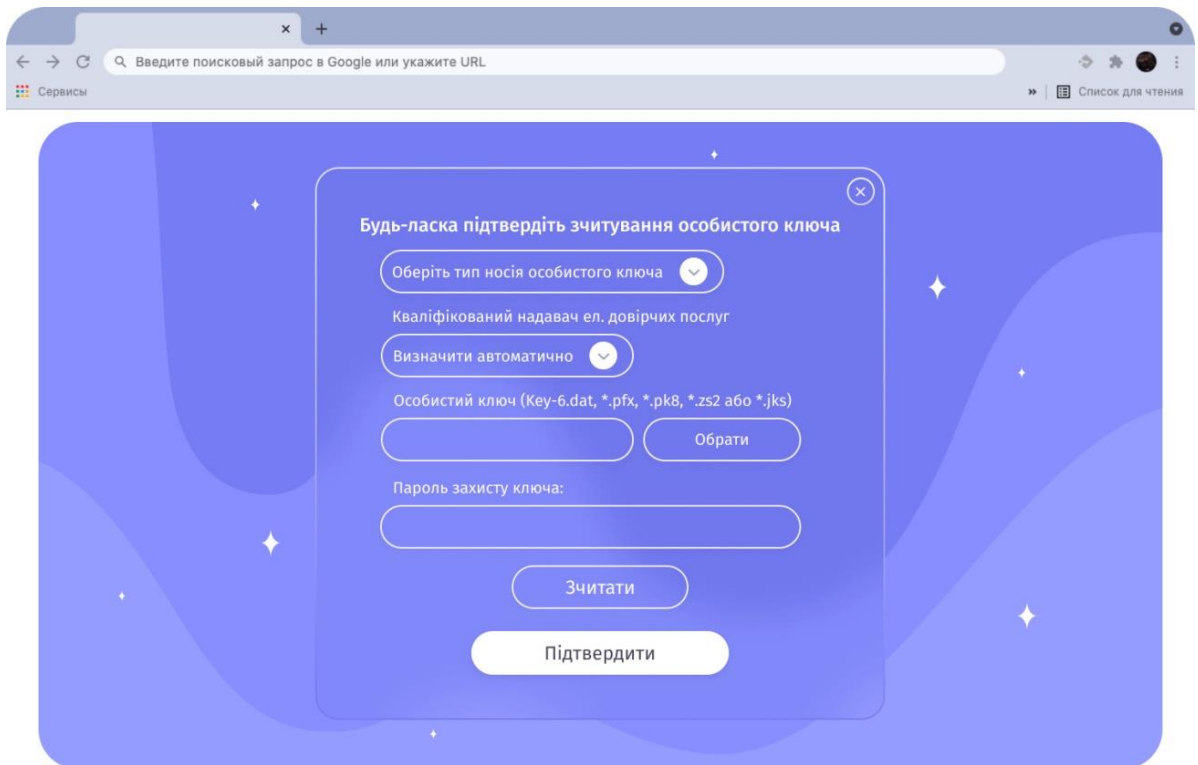


Рисунок 3.5 – Підтвердження особистого ключа

Будь-ласка підтвердіть реєстрацію

За декларацією

За допомогою ЕЦП

За документом, що підтверджує особистість

Оберіть тип документу

Введіть серію та номер документу:

Прізвище      Ім'я

Ім'я по-батькові      Дата народження

Стать    Ч    Ж

Я даю згоду на використання моїх персональних даних

Завершити реєстрацію

Рисунок 3.6 – Підтвердження реєстрації у МІС. Спосіб 3

Вітаю! Ваш обліковий запис підтверджено.

Email або телефон\*:

Пароль :

Запам'ятати мене    [Забули пароль?](#)    [Увійти з ЕЦП](#)

Вхід

This site is protected by reCAPTCHA and the Google Privacy Policy and Terms of Service apply.

Рисунок 3.7 – Повідомлення про успішну реєстрацію

### 3.3.2 Вхід до системи

Вхід до МІС спосіб 1:

- введіть логін (телефон або e-mail) та пароль від МІС (рис. 3.8);
- натисніть кнопку «Вхід»;
- після входу до МІС відкриється сторінка (Ласкаво просимо!), на якій зображено стан підключення до центрального компоненту Ehealth. Якщо є лише одна (синя) кнопка «Увійти до Ehealth», то треба на неї натиснути для авторизації у центральному компоненті Ehealth (рис. 3.9). Після успішної авторизації на цій сторінці (Ласкаво просимо!) з'являться 2 кнопки: «Ви зайшли до Ehealth» та «Перезайти до Ehealth» (рис. 3.10). Після цього можна продовжувати працювати в МІС. (Якщо не авторизувалися у центральному компоненті eHealth, робота з деклараціями можлива лише у форматі чернетки).

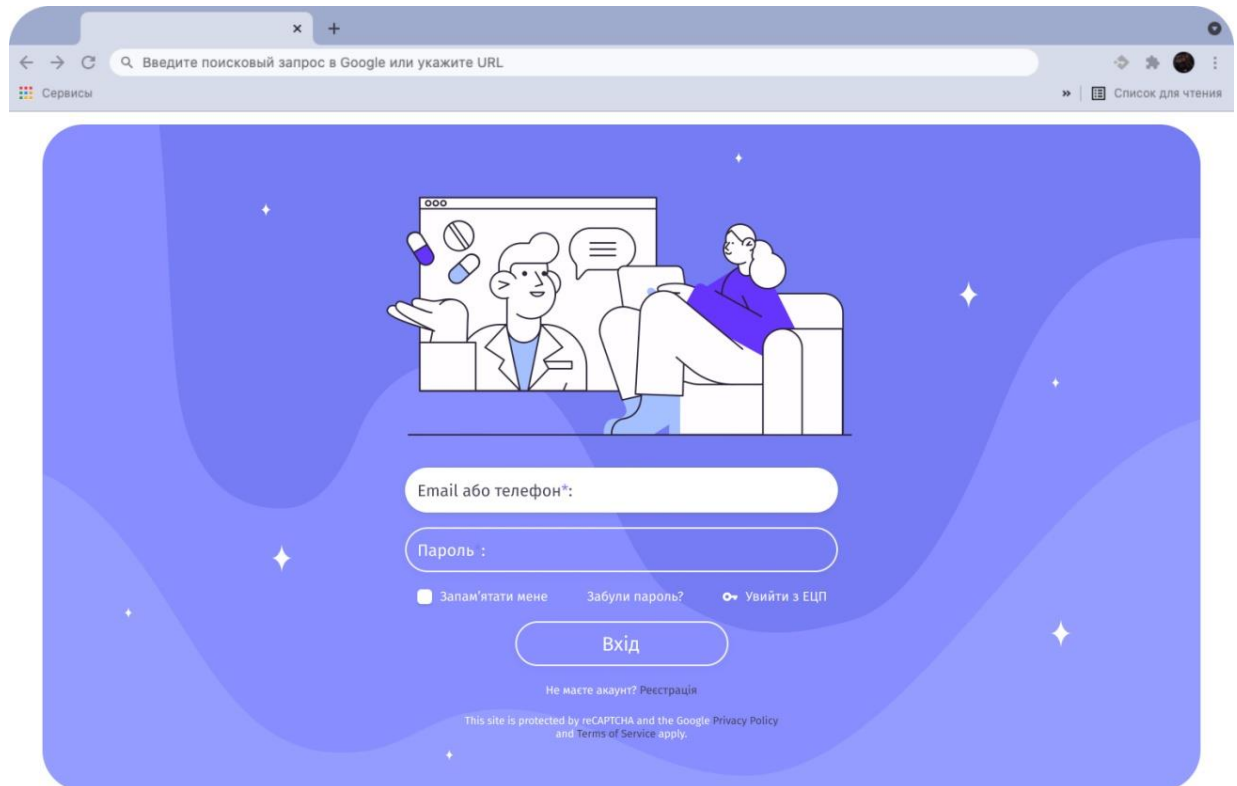


Рисунок 3.8 – Вхід у МІС. Спосіб 1

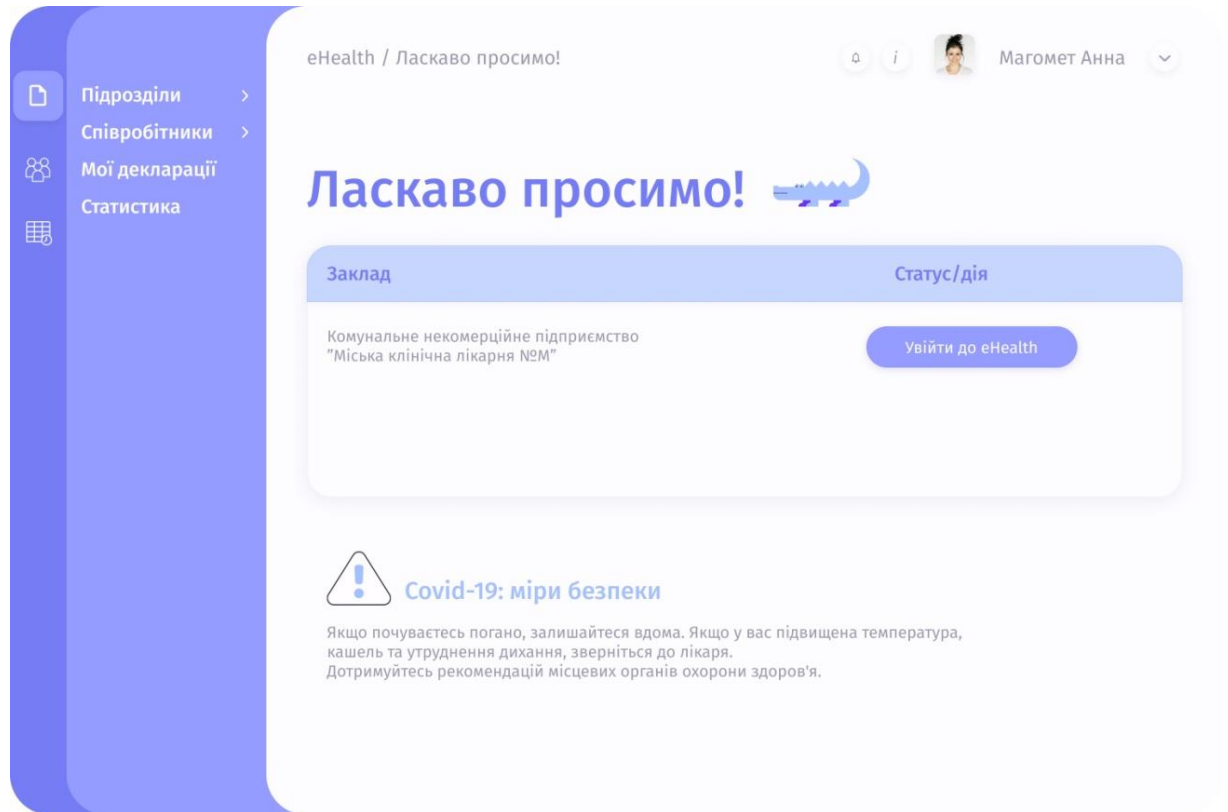


Рисунок 3.9 – Сторінка «Ласкаво просимо!»

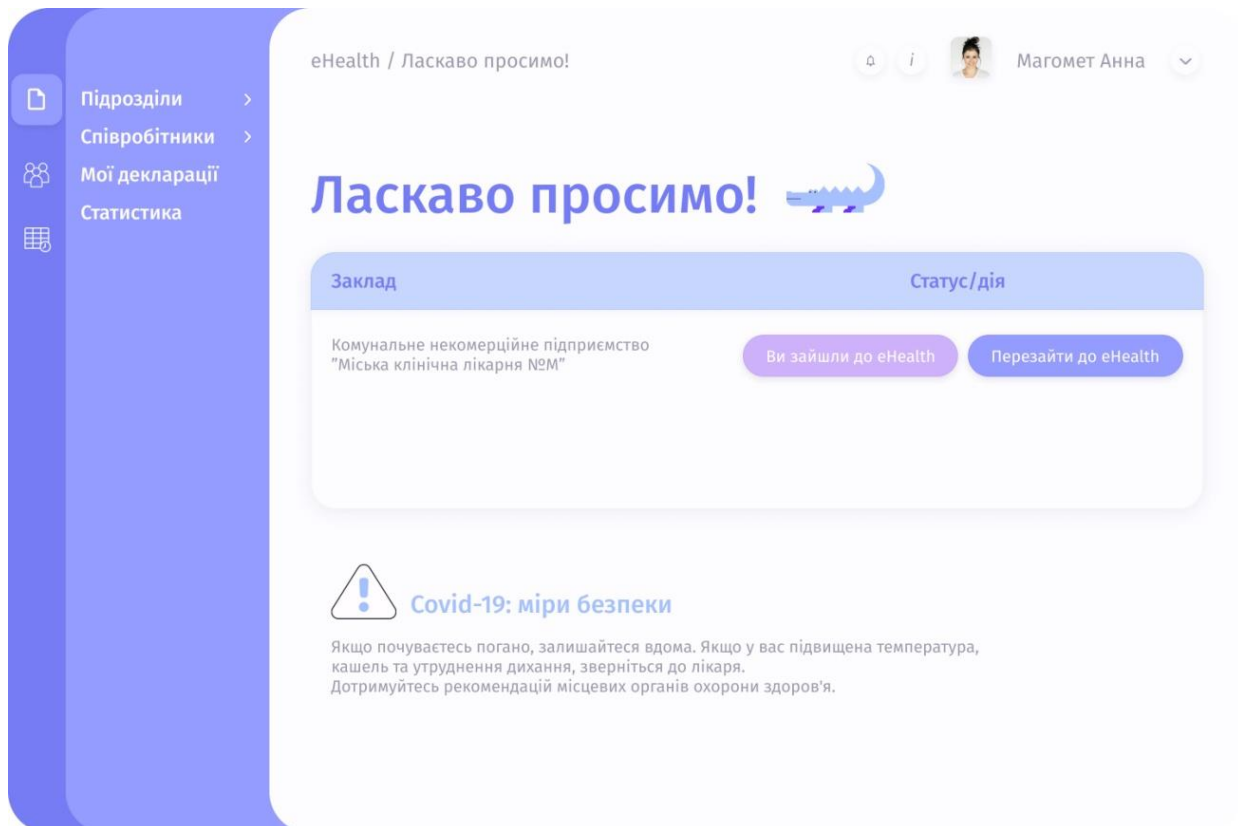


Рисунок 3.10 – Сторінка «Ласкаво просимо!» вхід у eHealth

Вхід до МІС способом 2:

- на сторінці входу до кабінету натисніть «Увійти по ЕЦП» (рис. 3.11);
- оберіть ключ і введіть пароль;
- натисніть «Зчитати»;
- після успішного зчитування натисніть «Підтвердити»;
- якщо дані ЕЦП та дані співробітника в МІС співпали, то ви успішно увійдете та матимете доступ до модулю «Медична допомога» і до ЕМК пацієнта.

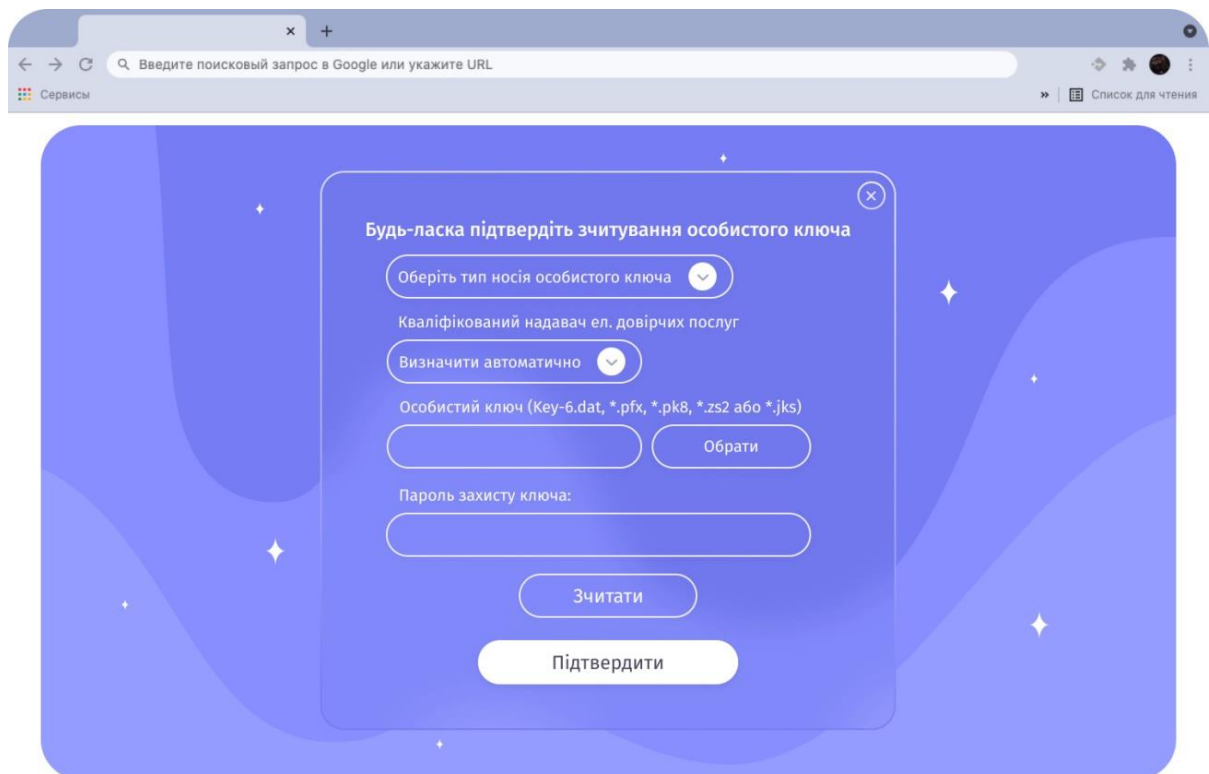


Рисунок 3.11 – Вхід у МІС. Спосіб 2

### 3.3.3 Перевірка через ЕЦП.

Для того щоб мати доступ до редагування даних у системі, потрібно виконати перевірку за ЕЦП:

- оберіть у профілі користувача позначку «Неперевірено за ЕЦП» (рис. 3.12);
- оберіть ключ та введіть пароль. Натисніть «Зчитати». Після успішного зчитування натисніть «Підтвердити» (рис. 3.13);
- якщо дані ЕЦП та дані співробітника в МІС співпали, то ви успішно увійдете та матимете доступ до модулю «Медична допомога» і до ЕМК пацієнта.

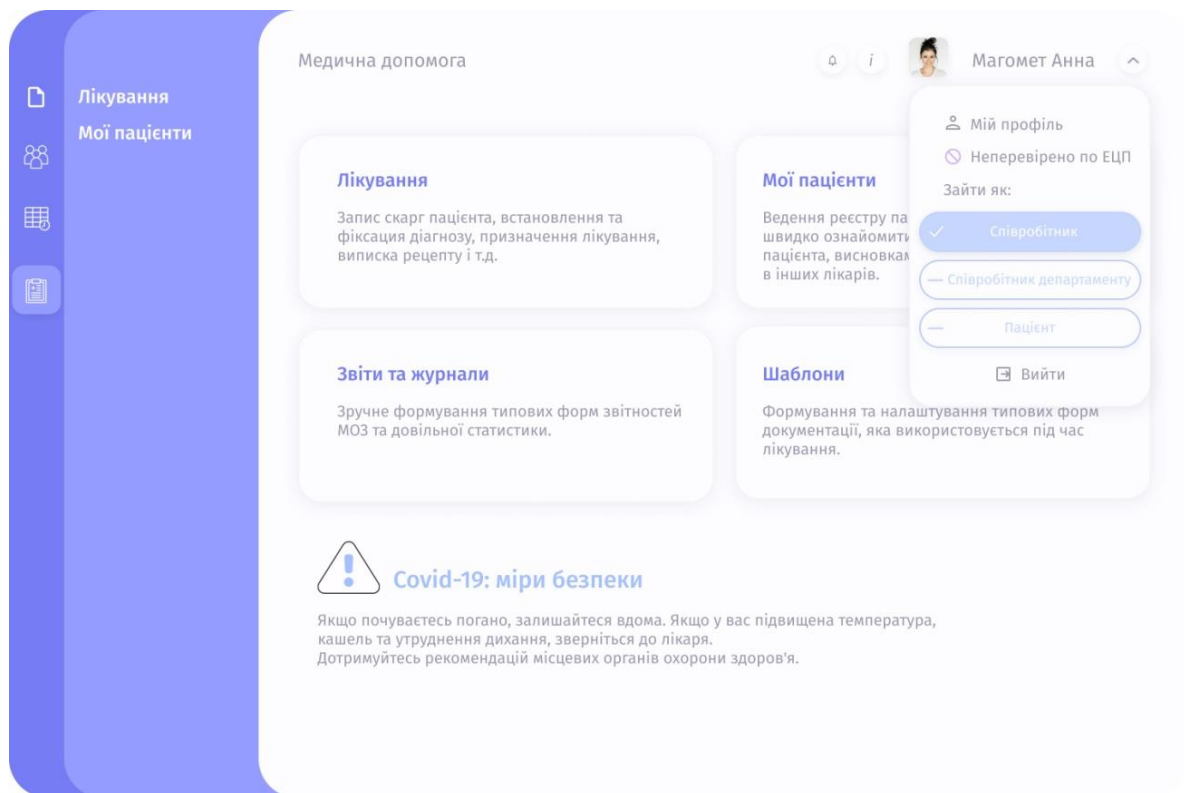


Рисунок 3.12 – Неперевірено за ЕЦП

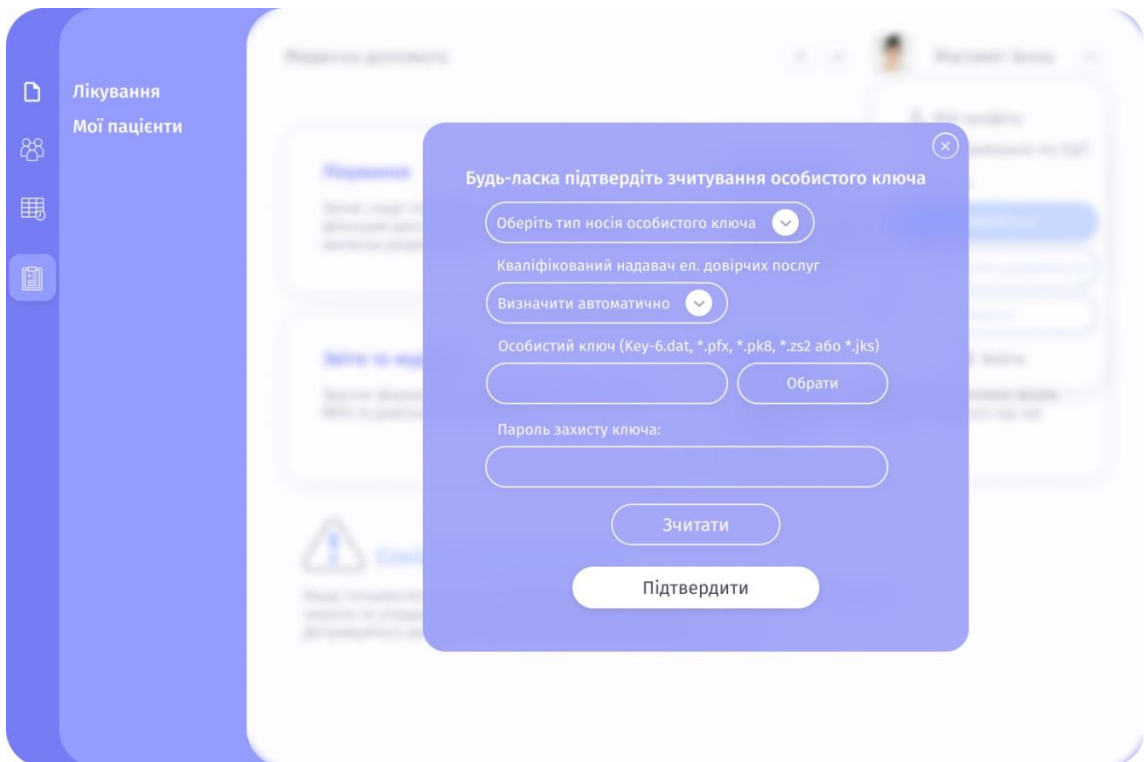


Рисунок 3.13 – Перевірка через ЕЦП

### 3.3.4 Зміна пароля

Для того щоб змінити пароль потрібно виконати дії:

- натисніть на кнопку «Забули пароль»;
- введіть e-mail;
- натисніть на кнопку «Відправити мені інструкції скидання паролів» (рис. 3.14);
- на електронну адресу надійшов лист «Інструкції щодо відновлення пароля». Натисніть кнопку «Змінити пароль»;
- введіть новий пароль (рис. 3.15);
- натисніть на позначку, щоб дізнатися параметри пароля;
- введіть пароль повторно;
- натисніть кнопку «Змінити мій пароль».

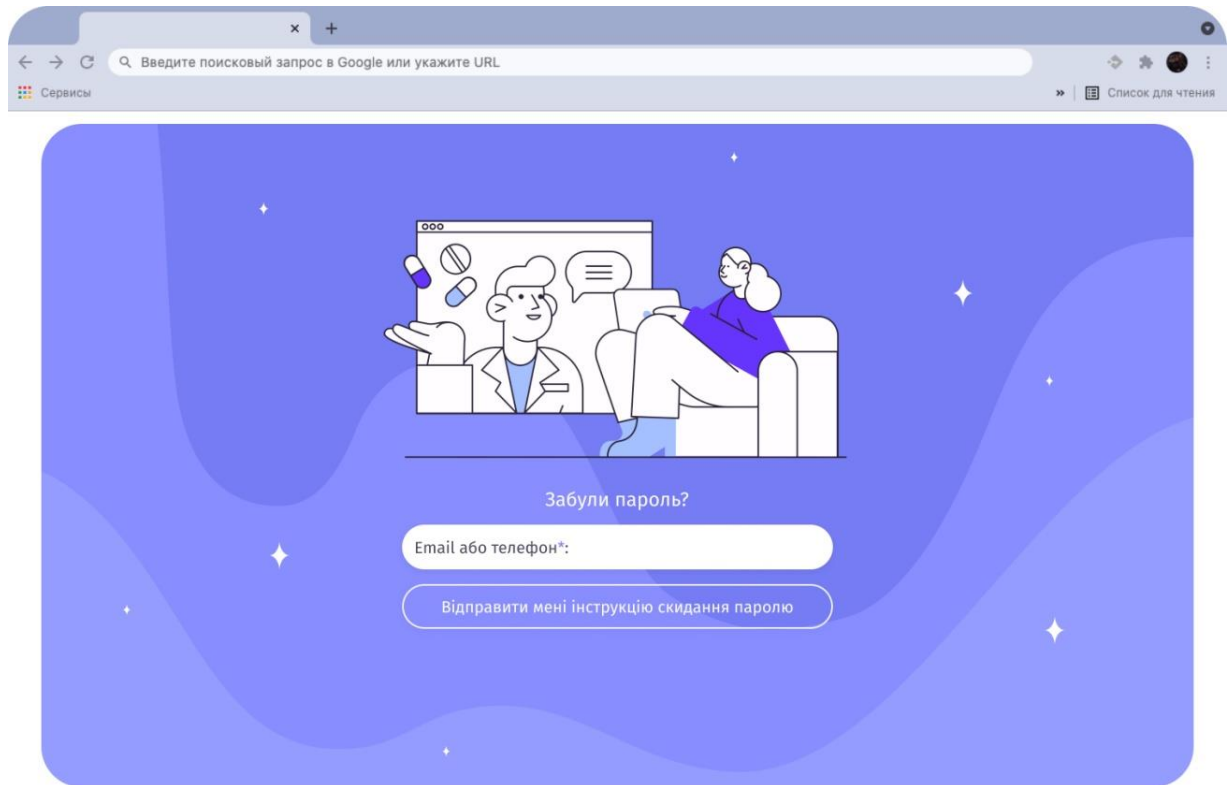


Рисунок 3.14 – Зміна паролю

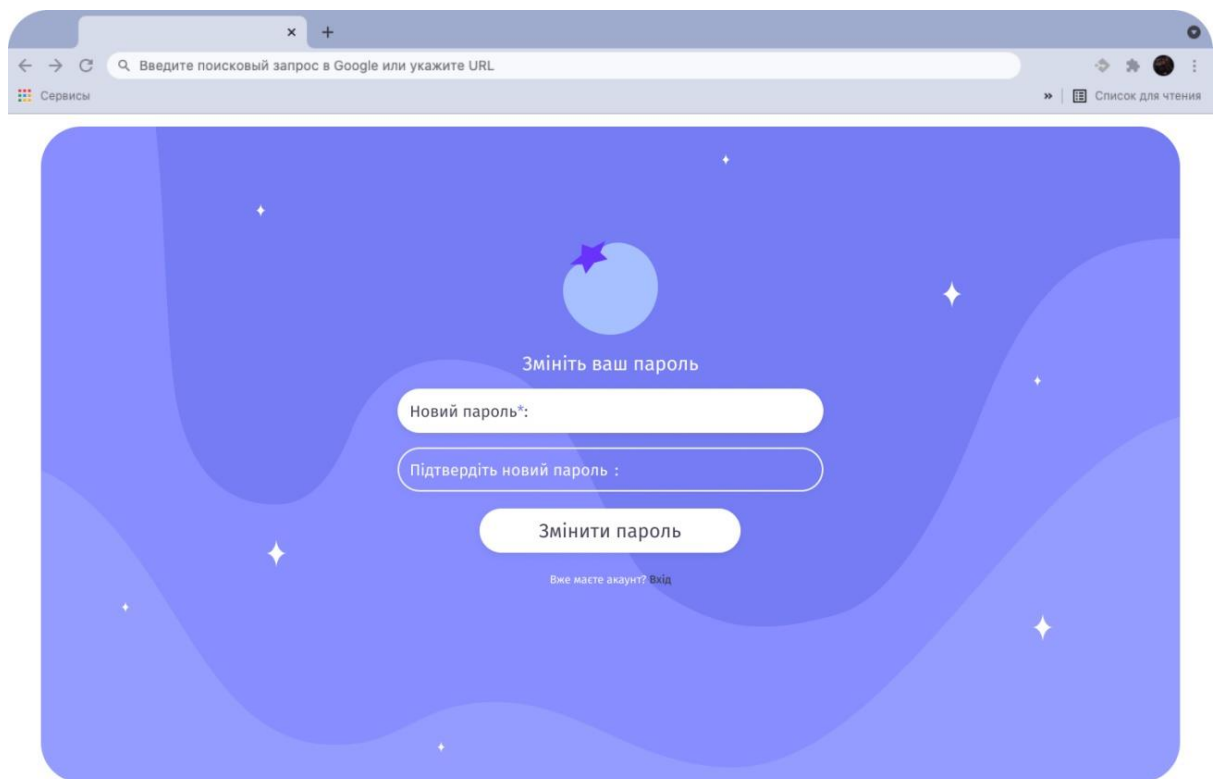


Рисунок 3.15 – Встановлення нового паролю

### 3.3.5 Інструкція користувача «Особистий кабінет пацієнта»

Пацієнту надано доступ до е-Реєстратура (рис. 3.16). Там кожен пацієнт може записатися на прийом до лікаря, редагувати склад родини та записувати на прийом родичів, переглядати електронну медичну картку.

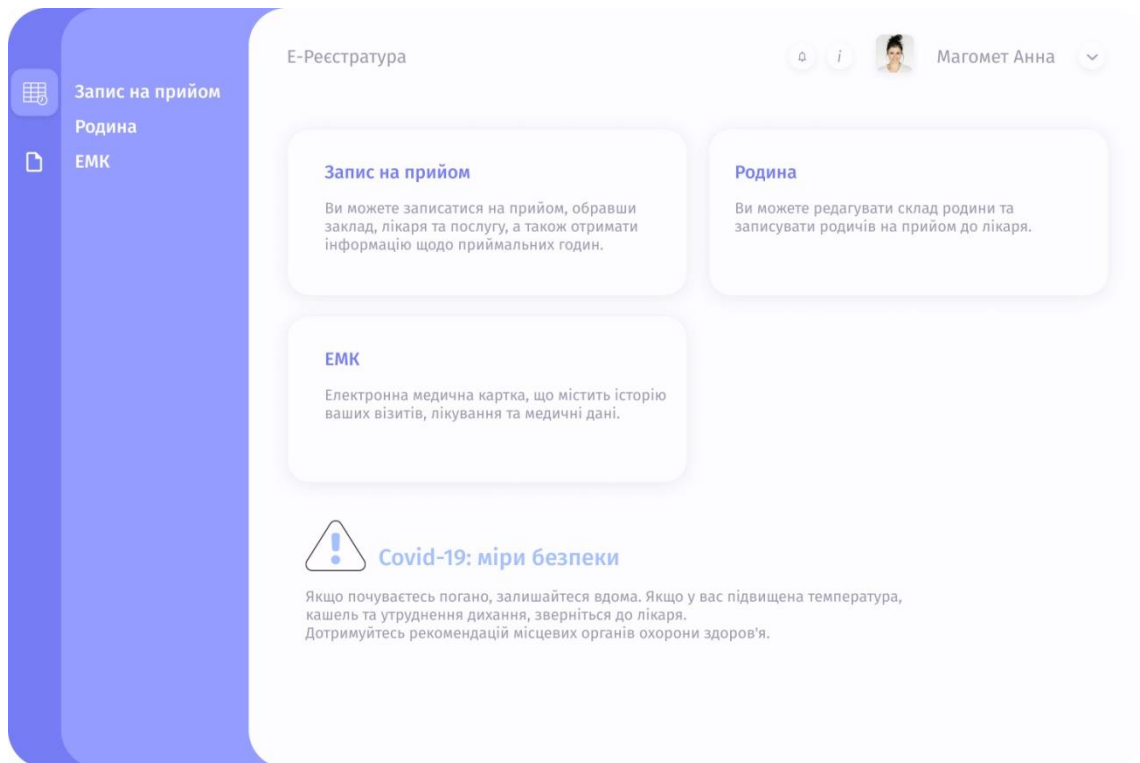


Рисунок 3.16 – Особистий кабінет пацієнта

Запис на прийом до лікаря (рис. 3.17):

- виберіть пункт меню «Запис на прийом»;
- виберіть зі списку особу, яку необхідно записати на прийом (себе або родича);
- виберіть мед заклад;
- виберіть необхідну послугу;
- виберіть лікаря;
- натисніть кнопку «Показати доступні прийоми»;
- виберіть день для запису на прийом та натисніть на позначку з кількістю вільних місць;

The screenshot shows the 'E-Registration' (Е-Регістрація) interface. On the left is a blue sidebar with navigation options: 'Запис на прийом' (Appointment), 'Родина' (Family), and 'ЕМК' (EMK). The main area contains several steps for booking an appointment:

- Step 1:** 'Оберіть особу, яку необхідно записати на прийом' (Select the person you need to book an appointment for). It includes a dropdown menu and a button 'Мої заплановані візити' (My scheduled visits).
- Step 2:** 'Оберіть медзаклад та послугу' (Select the clinic and service). It features three dropdown menus for 'Медзаклад' (Clinic), 'Послуги' (Services), and 'Лікарі' (Doctors), followed by a 'Показати доступні прийоми' (Show available appointments) button.
- Step 3:** A calendar view for 'Лікарі' (Doctors) showing available slots. The calendar is for the week of 30.11 to 06.12. The doctor listed is 'Іванов Іван Іванович' (Ivanov Ivan Ivanovich), Therapist (Терапевт), in room 202. Available slots are marked with blue buttons indicating the number of free spots: 12, 15, 18, 14, 15, and 19.

Рисунок 3.17 – Запис на прийом. Доступні прийоми

- виберіть час для запису на прийом (вільні місця позначені синім кольором) (рис. 3.18);
- введіть причину візиту (одну або декілька);
- виберіть підставу візиту;
- виберіть тип консультації;
- у разі необхідності заповніть поле «Додатково»;
- натисніть кнопку «Записатись»;
- натисніть на кнопку «Ок» (рис. 3.19).

Порядок запису в «живу чергу» (далі – «ж/ч») не відрізняється від описаного вище порядку запису. Різниця між прийомом та живою чергою полягає в тому, що при записі в «ж/ч» час, коли ви потрапите до лікаря точно невідомо, він обмежується розкладом лікаря.

Наприклад, записалися на послугу «Виклик додому» в «ж/ч» з 17:00 до 20:00. Це означає, що лікар прийде до Вас у будь-який час у проміжок часу з 17:00-20:00.

Іванов Іван Іванович  
Терапевт, каб. 202  
02.12.2021

12:00 12:15 12:30 12:45  
13:00 13:15 13:30 13:45  
14:00 14:15 14:30 14:45  
15:00 15:15 15:30 15:45

Причина візиту -46 Консультація з лікарем ПМД ×

Причина візиту

- Декларація
- Самозвернення
- За ділянкою
- Направлення

Вид консультації

Додатково

Записатись

Рисунок 3.18 – Запис на прийом. Оформлення запити

Ви успішно записані

Ваш лікар: Іванов Іван Іванович Терапевт, каб. 202  
Дата: 02.12.2021 Час: 13:15

Ок

Рисунок 3.19 – Успішний запис на прийом.

Існують обмеження для запису в «ж/ч»: не більше 2 пацієнтів, якщо «ж/ч» менше 60 хвилин, та від 2 пацієнтів пропорційно часу, якщо «ж/ч» більше 60 хвилин.

### 3.4 Перспективи подальшої роботи

У майбутньому планується більш детальна робота над всіма компонентами системи. Наразі створений прототип лише для декількох її частин. Детальна робота над інтерфейсом системи дозволить реалізувати розбиття модулів в залежності від типу користувача, такий підхід забезпечить надійніший захист конфіденційності даних та скоротить час на обробку запитів. Перш за все потрібно буде продумати інтерфейс на основі зроблених числень, щоб мінімізувати шлях по додатку для пошуку необхідного функціоналу у модулі кожною групою користувачів.

На основі проробленої роботи можна зробити подальші обчислення для різних профілів відділень лікарень та для різних спеціалістів.

Доцільно було б розробити модуль для працівників аптек поєднавши ці системи в одну. Це було б дуже зручно, так на прийомі у лікаря можна одразу замовити необхідні ліки, можливо навіть скориставшись програмою «Доступні Ліки». Або лікар побачивши, що деяких ліків немає у наявності у аптеках, міг би одразу виписати пацієнту наявний аналог.

Зручно також було б тимчасово виділити окремим блоком статистику та дані щодо коронавірусної хвороби, щоб частіше перевіряти статистику не роблячи додаткових запитів.

Також планується розроблення чату у системі. Такий функціонал надасть лікарям можливість вести фіксовані розмови с пацієнтами, які могли б зараховуватись як консультація і йшли б у робочий час.

На сьогоднішній день дуже актуальна тема штучного інтелекту, тож гарною ідеєю було б розробити модуль який би дозволяв встановлювати діагноз на основі описаних симптомів.

## ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи було досліджено метод розроблення МІС з використанням об'єкто-орієнтованого подання.

Об'єктно-орієнтоване проектування БД МІС є альтернативою структурним методам проектування. На відміну від структурних методів, у яких сам процес проектування БД усвідомлено відокремлений від основних програм, об'єктно-орієнтоване програмування передбачає інкапсуляцію щодо одного об'єкта як даних, і методів (процедур) їх обробки.

Це дозволяє створювати МІС відкритої архітектури з властивими їй властивостями переносимості, мобільності, скоротити терміни, вартість, трудомісткість розробки МІС за рахунок розпаралелювання процесу створення структур БД та прикладних програм між колективами розробників, а також можливість повторного використання успадкованих об'єктів, забезпечити простоту супроводу програмного забезпечення МІС та додатків за рахунок використання принципу непрозорості інформації, властивості поліморфізму.

Запропоновано методикау відображення вимог користувачів щодо обробки даних, яка полягає у поданні пошуку даних на графі інформаційної структури.

У вигляді мультіграфа була представлена об'єктна модель вимог користувача з одним типом вершин та двома типами дуг.

Один тип дуг описує технологію обробки даних для  $k$ -го користувача у вигляді реалізації сукупності методів (процедур) пошуку та безпосередньої обробки даних, а інший характеризує структуру взаємозв'язків між інформаційними елементами.

Розроблено та впроваджено методикау дослідження, моделювання, аналізу предметних областей БД МІС, яка дозволяє досліджувати та описувати типові структури інформації в МІС, будувати аналітичні,

теоретико-графові моделі предметної галузі типових МІС, проводити аналіз отриманої моделі, виявляти надлишкові та суперечливі елементи моделі.

Також розроблено методику системного аналізу МІС, яка дозволяє створювати такі однотипні системи різних медичних установ, що надалі забезпечує їхнє об'єднання в єдину систему. Дана методика включає виділення множини структурних елементів, побудови матриці семантичної суміжності і матриці семантичної досяжності, виділення інформаційних складів груп, виділення множин передування і досяжності для кожного структурного елемента.

Розроблено та впроваджено методику нормалізації інформаційних структур предметних областей МІС. Завдяки цій методиці були виявлені структуровані елементи, що дублюються, та існуючі надмірні взаємозв'язки між ними. В групах даних виділені такі типи інформаційних елементів, як ключі та атрибути.

За допомогою засобу проєктування Figma розроблено прототип інтерфейсу системи, визначено основні форми та модулі, що розподілені між користувачами.

Результати роботи апробовано у вигляді 3 тез доповідей під час 25-го Міжнародного молодіжного форуму «РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У XXI СТОЛІТТІ» [60], II Міжнародної науково-практичної конференції «TRENDS IN THE SCIENTIFIC DEVELOPMENT» [61], VII Міжнародної науково-практичної конференції «MODERN TRENDS IN DEVELOPMENT SCIENCE AND PRACTICE» [62].

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Tvoroshenko I.S., and Gorokhovatsky V.O. (2019) Intelligent classification of biophysical system states using fuzzy interval logic, *Telecommunications and Radio Engineering*, 78(14), pp. 1303-1315.»
2. Tvoroshenko Irina, Ahmad M. Ayaz, Mustafa Syed Khalid, Lyashenko Vyacheslav, and Alharbi Adel R. (2020) Modification of Models Intensive Development Ontologies by Fuzzy Logic, *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(3), pp. 939-944.
3. M. Ayaz Ahmad, Irina Tvoroshenko, Jalal Hasan Baker, and Vyacheslav Lyashenko (2019) Modeling the Structure of Intellectual Means of Decision-Making Using a System-Oriented NFO Approach, *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 7(11), pp. 460-465.
4. Lyashenko V., Mustafa S.K., Tvoroshenko I., and Ahmad M.A. (2020) Methods of Using Fuzzy Interval Logic During Processing of Space States of Complex Biophysical Objects, *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(2), pp. 372-377.
5. Daradkeh Y.I., and Tvoroshenko I. (2020) Technologies for Making Reliable Decisions on a Variety of Effective Factors using Fuzzy Logic, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(5), pp. 43-50.
6. Tvoroshenko I.S., and Gorokhovatsky V.O. (2020) Effective tuning of membership function parameters in fuzzy systems based on multi-valued interval logic, *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(2), pp. 149-163.
7. Helsi. Київ, 2016. URL: <https://helsi.me/about> (дата звернення: 02.11.2021).
8. Медейр. Київ, 2021. URL: <https://e-life.com.ua/prod-tech/medejr-uk/> (дата звернення: 02.11.2021).

9. Медстар Солюшенс. Харків, 2021. URL: <https://medstar.ua/ru/> (дата звернення: 02.11.2021).
10. Doctor Eleks. Львів, 2009. URL: <https://doctor.eleks.com/ru/> (дата звернення: 02.11.2021).
11. Health 24. Київ, 2018. URL: <https://h24.ua/> (дата звернення: 02.11.2021).
12. Yousef Ibrahim Daradkeh, and Iryna Tvoroshenko (2020) Application of an Improved Formal Model of the Hybrid Development of Ontologies in Complex Information Systems, *Applied Sciences*, 10(19). p. 6777.
13. Tvoroshenko, I. S. (2004) Structure and functions of intelligent decision-making tools in complex systems. *Artificial Intelligence*, 4, 462-470.
14. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Gadetska, S., and Al-Dhaifallah, M. (2021) Methods of Classification of Images on the Basis of the Values of Statistical Distributions for the Composition of Structural Description Components, *IEEE Access*, 9, pp. 92964-92973.
15. Ahmad M. Ayaz, Tvoroshenko Irina, Baker Jalal Hasan, and Lyashenko Vyacheslav (2019) Computational Complexity of the Accessory Function Setting Mechanism in Fuzzy Intellectual Systems, *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(5), pp. 2370-2377.
16. Tvoroshenko I.S., and Kramarenko O.O. (2019) Software determination of the optimal route by geoinformation technologies, *Radio Electronics Computer Science Control*, 3, pp. 131-142.
17. Asaad Ma. Babker, Abd Elgadir A. Altoum, Irina Tvoroshenko, and Vyacheslav Lyashenko (2019) Information Technologies of the Processing of the Spaces of the States of a Complex Biophysical Object in the Intellectual Medical System HEALTH, *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(6), pp. 3221-3227.
18. Кучеренко, Є. І., Творошенко, І. С., Анопрієнко, Т. В. (2016) Моделювання та оцінювання станів складних об'єктів із застосуванням формальної логіки. *Системи обробки інформації*, (2), 76-82.

19. Gorokhovatskyi V.O., Tvoroshenko I.S., and Peredrii O.O. (2020) Image classification method modification based on model of logic processing of bit description weights vector, *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(1), pp. 59-69.
20. Gorokhovatskyi V., and Tvoroshenko I. (2020) Image Classification Based on the Kohonen Network and the Data Space Modification, *In CEUR Workshop Proceedings: Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*, 2608, pp. 1013-1026.
21. Gorokhovatskyi V.O., Tvoroshenko I.S., and Vlasenko N.V. (2020) Using fuzzy clustering in structural methods of image classification, *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(9), pp. 781-791.
22. Kobylin O., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Peredrii O. (2020) The application of non-parametric statistics methods in image classifiers based on structural description components, *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(10), pp. 855-863.
23. Tvoroshenko I., and Zarivchatskyi R. (2020) Analysis of existing methods for searching object in the video stream, Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference «About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them» (October 26-30, 2020). Milan, Italy, pp. 500-505.
24. Tvoroshenko I., and Tkachenko D. (2020) Mechanisms of image classification based on descriptors of local features, *Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference «Integration of scientific bases into practice» (October 12-16, 2020). Stockholm, Sweden*, pp. 443-448.
25. Tvoroshenko I.S., and Gorokhovatsky V.O. (2019) Modification of the branch and bound method to determine the extremes of membership functions in fuzzy intelligent systems, *Telecommunications and Radio Engineering*, 78(20), pp. 1857-1868.
26. Matarneh Rami, Tvoroshenko Irina, and Lyashenko Vyacheslav (2019) Improving Fuzzy Network Models For the Analysis of Dynamic Interacting Processes in the State Space, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4), pp. 1687-1693.

27. Tvoroshenko I., and Dziubenko M. (2020) Modern methods of analysis of the movement scheme using video detection of vehicles, *Abstracts of V International Scientific and Practical Conference «Study of modern problems of civilization» (October 19-23, 2020). Oslo, Norway*, pp. 422-428.

28. Творошенко, І. С. (2018). Особливості застосування сучасних принципів штучного інтелекту до розробки ефективних механізмів моделювання складних систем. *Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland*, 118-121.

29. Tvoroshenko, I. (2019). Development of models of spatial analysis of status of interactive processes of complex systems.

30. M. Ayaz Ahmad, Irina Tvoroshenko, Jalal Hasan Baker, Liubov Kochura, Vyacheslav Lyashenko (2020) Interactive Geoinformation Three-Dimensional Model of a Landscape Park Using Geoinformatics Tools, *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(5), pp. 2005-2013.

31. Gorokhovatskyi, V., Rusakova, N., and Tvoroshenko, I. (2020) The application of image analysis methods and predicate logic in applied problems of magnetic monitoring, *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(20), pp. 1801-1811.

32. Daradkeh, Y.I., Tvoroshenko, I., Gorokhovatskyi, V., Latiff, L.A., and Ahmad, N. (2021) Development of Effective Methods for Structural Image Recognition Using the Principles of Data Granulation and Apparatus of Fuzzy Logic, *IEEE Access*, 9, pp. 13417-13428.

33. Andersson, A., Linköpings Universitet, (2003) Management information systems in process-oriented healthcare organizations, pp. 4-11. URL: <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:21453/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: (05.11.2021)).

34. Gund, A., Chalmers University Of Technology, (2011) On the Design and Evaluation of an eHealth System for Management of Patients in Out-of-Hospital Care, pp. 1-4. URL: <https://research.chalmers.se/publication/148424> (дата звернення: (05.11.2021)).

35. Caroline Kawila Kyalo, (2018) Integration of health management information system in healthcare organization in Kenya, pp. 3-26. URL: <http://repository.kemu.ac.ke/bitstream/handle/123456789/676/Kyalo%20Caroline%20Kawila%20PhD.pdf;jsessionid=096D65DDF6EF3DD16EAE7C6F7CA21C14?sequence=1> (дата звернення: 05.11.2021).

36. Tvoroshenko, I., & Almakaieva, A. (2020). Application of procedural generation of game content using software algorithms.

37. Кобилін О.А., Творошенко І.С. (2021). Методи цифрової обробки зображень: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ.

38. Творошенко І.С. (2021). Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ.

39. Гороховатський В.О., Творошенко І.С. (2021). Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навч. посібник.

40. Творошенко, И. С. (2010). Анализ процессов принятия решений в интеллектуальных системах. *Системы обработки информации*, (2), 248-253.

41. Кучеренко, Є. І., Творошенко, І. С. (2011) Оперативне оцінювання простору станів складних розподілених об'єктів з використанням нечіткої інтервальної логіки. *Искусственный интеллект*. 2011. № 3. С. 382-387.

42. Кучеренко Е.И., Филатов В.А., Творошенко И.С., Байдан Р.Н. (2005) Интеллектуальные технологии в задачах принятия решений технологических комплексов на основе нечеткой интервальной логики, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 2. С. 92-96.

43. Кучеренко, Е. И., Творошенко, И. С. (2003) Процессы принятия решений в сложных системах на основе нечетких интервальных представлений. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Тематичний випуск: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ», 1(7), 79-86.

44. Кирийчук Д.Л. Використання об'єктно-орієнтованих методів розроблення програмного забезпечення при побудові інформаційної системи для діагностики. Херсонський національний технічний університет 2019. №1. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/884631.pdf> (дата звернення: 08.11.2021).

45. Творошенко, І. С., Мгеброва, В. Р., & Білий, В. В. (2016). Практичні аспекти створення вихідної інформації для проведення геоінформаційного аналізу у сфері управління нерухомістю.

46. Кучеренко, Е. И., Творошенко, И. С. (2010) Прикладные аспекты моделирования нечетких процессов в сложных системах. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, (1), 127-131.

47. Бодянский, Е. В., Кучеренко, Е. И., Творошенко, И. С. (2004). О синтезе нечетких алгоритмов на основе композиции фрагментов правил и моделей. *АСУ и приборы автоматки*, (128), 19-28.

48. Творошенко, И. С., Дехтярь, А. П. (2005, June) Информационные технологии в задачах компьютерной диагностики с использованием интеллектуальных систем. In *Клиническая информатика и Телемедицина. Компьютерная Медицина–2005: материалы междунар. научн.-технич. конф., Харьков* (p. 138).

49. Творошенко, І. С., & Табашник, В. А. (2018). Розробка просторової моделі геоінформаційної підтримки людей з обмеженими можливостями, що пересуваються на інвалідних колясках, у місті Харків. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, (1), 122-128.

50. Творошенко, І. С., Шевченко, А. Р. (2018) Удосконалення просторової мережі навчальних закладів міста Сєвєродонецька на основі геоінформаційного аналізу. *Системи обробки інформації*, (1), 46-52.

51. Творошенко, И. С., Мгеброва, В. Р., & Белый, В. В. (2015). Практические аспекты применения современных геоинформационных систем для создания муниципальной геоинформационной системы города Харькова. *Системи обробки інформації*, (7), 65-70.

52. I. Tvoroshenko (2020). Information technologies for decision-making on the conditions of spatially distributed objects, in Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Problems and perspectives of modern science and practice, Austria. pp. 45-50.

53. Tvoroshenko, I., & Babochkin, O. (2021). Object identification method based on image keypoint descriptors.

54. Творошенко, І. С., & Подласенко, Є. П. (2019). Дослідження методу розпізнавання геоінформаційних ситуацій в системах моніторингу територій.

55. Творошенко І.С., Зеленський М.О. Дослідження гібридних методів для класифікації складноструктурованих зображень. *Сучасний рух науки: тези доповідей VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Дніпро, 3–4 жовтня 2019 р.)*. Дніпро, 2019. Т. 3. С. 382-387.

56. Tvoroshenko, I., & Andriieva, A. (2021). Development of web applications for remote learning of English.

57. Tvoroshenko, I., & Temchur, K. (2021). Features of software application development for food recognition using deep machine learning methods.

58. Tvoroshenko, I., & Koriakin, I. (2021). Analysis of methods for detecting and classifying the likeness of human features.

59. Tvoroshenko, I., & Kukharchuk, V. (2021). Current state of development of applications for recognition of faces in the image and frames of video captures.

60. Магомет, А. (2021). До питання щодо методів системного аналізу предметної області. Тези доповідей 25-й Міжнародний молодіжний форум «радіоелектроніка і молодь у XXI столітті». Тематична конференція № 7: «Сучасні методи обробки зображень», секція № 1: «Математичні моделі і методи нормалізації та аналізу мультимедійних даних» (Харків, 20–21 квітня 2021 р.). Харків, 2021. Т. 3. С. 36-37.

61. Tvoroshenko I., & Mahomet, A. (2021). About classification of the methods in design of medical information systems, in Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. Trends in the scientific development, Canada. pp. 355-359.

62. Mahomet, A. (2021). Formation of the structure of requirements of users of medical information system, in Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference. Modern trends in development science and practice, Bulgaria. pp. 571-577.