

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
(повна назва)

Кафедра _____ Інформаційних управляючих систем _____
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Дослідження методів оцінювання ефективності ІТ-проектів для медичних
лабораторій
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи УПГІТм-22-1
Дмитро ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ
(власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

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

Тип програми освітньо-наукова
Освітня програма Управління проектами в
галузі інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент кафедри ІУС Аліна МІХНОВА
(посада, власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Допускається до захисту

Зав. кафедри



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ
(власне ім'я, прізвище)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

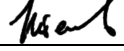
Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
(підпис)

« 01 » квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Веретельникову Дмитру Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Дослідження методів оцінювання ефективності ІТ-проектів для медичних лабораторій затверджена наказом по університету від "01" квітня 2024 р. № 258Ст
- Термін подання студентом роботи 04.06.2024
- Вихідні дані до роботи: науково-технічні статті та публікації, дослідницька література та джерела інтернету, що стосуються теми кваліфікаційної роботи, матеріали отримані під час науково-дослідної практики.
- Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: провести огляд та аналіз підходів та методів при впровадженні ЛІС; дослідити методи оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС; розробити методику використання комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проектів для ЛІС; виконати апробацію розробленого методу з метою вибору ефективної ЛІС та подальше оцінювання ефективності ІТ-проекту з впровадження ЛІС.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження діяльності існуючих медичних лабораторій та їх класифікація	01.04.24 – 05.04.24	Виконано
2	Огляд та аналіз існуючих ЛІС	06.04.24 – 10.04.24	Виконано
3	Аналіз ІТ-проектів для медичних лабораторій	11.04.24 – 13.04.24	Виконано
4	Дослідження існуючих методів оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС	14.04.24 – 18.04.24	Виконано
5	Формування вимог до ІТ-проекту для медичної лабораторії	19.04.24 – 25.04.24	Виконано
6	Побудова комбінованого методу для оцінювання ефективності ІТ-проекту при впровадженні ЛІС	26.04.24 – 05.05.24	Виконано
7	Формування критерію оцінювання ефективності ІТ-проектів для лабораторних систем	06.05.24 – 12.05.24	Виконано
8	Розробка технології застосування комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проекту для ЛІС	12.05.24 – 15.05.24	Виконано
9	Апробація розробленого методу	16.05.24 – 18.05.24	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	18.05.24 – 25.05.24	Виконано
11	Попередній захист	03.06.2024	Виконано
12	Захист кваліфікаційної роботи	06.06.24	Виконано

Дата видачі завдання 01 квітня 2024р.


Студент


(підпис)

Дмитро ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ

(власне ім'я, прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

доц. каф. ІУС Аліна МІХНОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: 96 с., 13 рис., 12 табл., 28 джерел, 1 додаток.

КЛІНІКО-ДІАГНОСТИЧНА ЛАБОРАТОРІЯ, КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД, ЛАБОРАТОРНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ACTIVITY BASED COSTING, TOTAL COST OF OWNERSHIP.

Об'єктом дослідження в рамках магістерської кваліфікаційної роботи є процес оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС в медичну лабораторію.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження існуючих методів оцінювання ІТ-проектів для медичних лабораторій та розробка комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС для медичних лабораторій.

Предметом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є методи оцінювання ефективності ІТ-проектів для медичних лабораторій.

Теоретичними результатами дослідження є опис комбінованого методу та його основних етапів.

Практичним результатом дослідження є апробація комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС для медичної лабораторії в лікарні.

Новизна дослідження полягає в розробці комбінованого методу для використання технічними спеціалістами лікарні з метою оцінювання ефективності проведеного ІТ-проекту для медичної лабораторії та подальше поширення досвіду впровадження ЛІС з іншими медичними установами.

ABSTRACT

The explanatory note to the qualification work contains: 96 pages, 13 figures, 12 tables, 28 sources, 1 appendix.

COMBINED METHOD, CLINICAL-DIAGNOSTIC LABORATORY, EFFICIENCY EVALUATION, LABORATORY INFORMATION SYSTEM, TOTAL COST OF OWNERSHIP, ACTIVITY BASED COSTING.

The object of research within the master's qualification work is the process of evaluating the efficiency of IT projects during the deployment of a Laboratory Information System (LIS) in a medical laboratory.

The aim of the qualification work is to study the existing methods for evaluating IT projects for medical laboratories and to develop a combined method for evaluating the efficiency of IT projects during the deployment of LIS for medical laboratories.

The subject of research in the master's qualification work is the methods of evaluating the efficiency of IT projects for medical laboratories.

The theoretical results of the research include a description of the combined method and its main stages.

The practical result of the research is the testing of the combined method for evaluating the efficiency of IT projects during the deployment of LIS for a medical laboratory in a hospital.

The novelty of the research lies in the development of a combined method for use by technical specialists in hospitals to evaluate the efficiency of IT projects for medical laboratories and to further distribution the experience of LIS deployment to other medical institutions.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Огляд та аналіз підходів та методів при впровадженні або модернізації ЛІС та постановка задачі дослідження.....	10
1.1 Аналіз діяльності існуючих медичних лабораторій та їх класифікація	10
1.2 Огляд та аналіз існуючих ЛІС.....	14
1.2.1 Автономні ЛІС	16
1.2.2 ЛІС, призначені для інтеграції	17
1.2.3 ЛІС анатомічної патології.....	19
1.2.4 Мікробіологічна ЛІС	20
1.2.5 ЛІС для банку крові.....	21
1.2.6 ЛІС на місці надання медичної допомоги.....	22
1.3 Аналіз ІТ-проектів для медичних лабораторій	29
1.4 Аналіз існуючих методів оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС	33
1.5 Постановка задачі дослідження	36
2 Дослідження методів оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС.....	38
2.1 Вимоги до ІТ-проекту для медичної лабораторії.....	38
2.2 Побудова комбінованого методу для оцінювання ефективності ІТ-проекту при впровадженні ЛІС	44
3 Методика використання комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проектів для ЛІС.....	48
3.1 Формування критерію оцінювання ефективності ІТ-проектів для лабораторних систем	48
3.2 Технологія застосування комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проекту для ЛІС.....	54

4 Апробація розробленого методу з метою вибору ефективної ЛІС та подальше оцінювання ефективності виконаного Іт-проєкту на прикладі існуючої лабораторії.....	59
Висновки.....	70
Перелік джерел посилання.....	71
Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	75

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ІС – інформаційна система

КДЛ – клініко-діагностична лабораторія

ЛІС – лабораторна інформаційна система

МІС – медична інформаційна система

АВС – Activity Based Costing

API – Application Programming Interface

EHR – Electronic Health Record

EVA – Economic Value Added

FHIR – Fast Healthcare Interoperability Resources

HIS – Hospital Information System

HL7 – Health Level 7

LIMS – Laboratory Information Management System

REJ – Rapid Economic Justification

ROI – Return on Investment

TCO – Total Cost of Ownership

TEI – Total Economic Impact

ВСТУП

Сьогодні сфера охорони здоров'я активно інтегрує інформаційні технології, спрямовуючи їх на автоматизацію робочих процесів та цифровізацію медичної інформації. Важливим напрямком такого вдосконалення є медичні лабораторії, де якість та швидкість обробки даних відіграють ключову роль в діагностиці та лікуванні захворювань. Ефективність лабораторних досліджень безпосередньо впливає на швидкість та точність прийняття медичних рішень, що в свою чергу, зумовлює потребу у впровадженні якісних лабораторних інформаційних систем (ЛІС).

У зв'язку з цим, виникає необхідність у розробці та використанні ефективних методів оцінювання ІТ-проектів, спрямованих на вдосконалення роботи медичних лабораторій. Адже лише за умови правильної оцінки та вибору ІТ-рішень можна досягти оптимізації процесів та підвищення загальної ефективності роботи лабораторій. Це питання стає ще більш актуальним у контексті постійного розвитку технологій та збільшення обсягів медичних даних, які потребують обробки та аналізу.

Таким чином, мета даної дипломної роботи полягає у дослідженні існуючих методів оцінювання ефективності ІТ-проектів у медичних лабораторіях, аналізі їх переваг та недоліків, а також у розробці комбінованого методу, який дозволить об'єктивно визначити відповідність ЛІС встановленим критеріям і вимогам та сприятиме найкращому вибору для реалізації ІТ-проекту.

Робота була виконана та оформлена згідно з методичними вказівками до кваліфікаційної роботи [1].

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ТА МЕТОДІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АБО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІС ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз діяльності існуючих медичних лабораторій та їх класифікація

На сьогодні сфера охорони та здоров'я привертає все більше уваги з боку застосування та впровадження інформаційних технологій, зокрема з метою автоматизації робочих процесів та цифровізації даних. Медицина є одним з найголовніших напрямків постійного вдосконалення, розвитку, покращення методів лікування, а також підвищення рівня надання медичних послуг. У ранньому виявленні, діагностиці та лікуванні захворювань у пацієнтів ключову роль відіграють медичні лабораторні дослідження. Лабораторні дослідження надають інформацію, яка допомагає лікарям своєчасно приймати правильні та виважені рішення, і як результат надавати кращу та ефективнішу допомогу своїм пацієнтам. Недарма медичні фахівці стверджують, що лабораторні результати є невід'ємною частиною кожного медичного рішення [2]. Лабораторії відіграють важливу роль у системі охорони здоров'я. Сучасні системи охорони здоров'я орієнтовані на розвиток кращої комунікації між лікарями та лаборантами. Така форма спілкування має величезний вплив на результати лікування та медичні витрати в цілому. На рисунку 1.1 відображено процес роботи лабораторної медицини для догляду за пацієнтами, який починається від досліджень біоматеріалу до отримання результатів та ідентифікації клінічного впливу на здоров'я пацієнта [3].

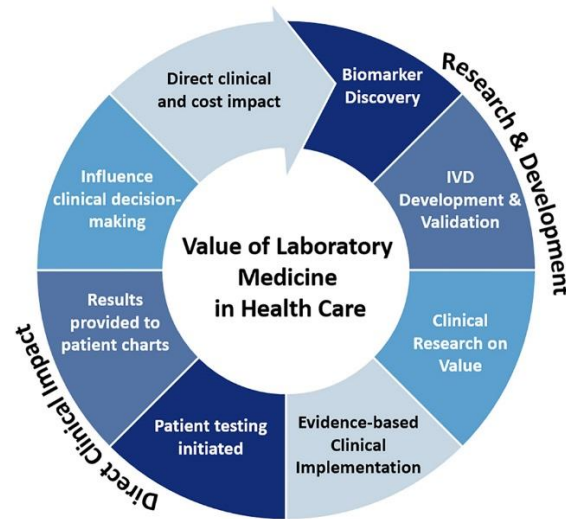


Рисунок 1.1 – Процес роботи лабораторної медицини

Лабораторні установи функціонують в багатoproфільних лікарнях, поліклініках, а також створюються у складі диспансерів, пологових будинків, санаторіїв [4]. Відповідно до [5] в залежності від виконуваних аналізів лабораторії бувають:

- клініко-діагностичні – лабораторії, що проводять загальноклінічні, гематологічні та інколи деякі види біохімічних та цитологічних аналізів тощо;
- біохімічні – лабораторії, що проводять загальні, біохімічні, гормональні, ферментні, коагулогічні види аналізів;
- цитологічні – лабораторії, які проводять цитологічні види аналізів (ексfolіативна і пункційна цитологія);
- бактеріологічні(мікробіологічні) – лабораторії, які проводять мікробіологічні (бактеріологічні), іноді імунологічні (серологічні) види аналізів;
- паразитичні – лабораторії, які проводять діагностичні дослідження с метою виявити інвазії, а також спеціалізуються на санітарно-гельмінтологічних дослідженнях довкілля;
- серологічні(імунологічні) – лабораторії, які проводять імунологічні (серологічні) види аналізів;

– вірусологічні – лабораторії, які виконують діагностику вірусних захворювань або виробляють вірусні препарати(вакцини, противірусні імунні сироватки);

– патологоанатомічні – лабораторії, які проводять макро- та мікроскопічні дослідження секційного та біопсійного матеріалу. Основні завдання – встановлення причин та механізмів смерті хворого, проведення діагностичних пункційних та аспіраційних біопсій органів та тканин.

Відповідно до дослідження ринку лабораторних послуг компанією Pro-Consulting, медичні лабораторії та діагностичні центри були сегментовані за розповсюдженістю в Україні станом на 2022 рік [6]. Для наочного представлення на рисунку 1.2 відображено структуру лабораторій за напрямками.

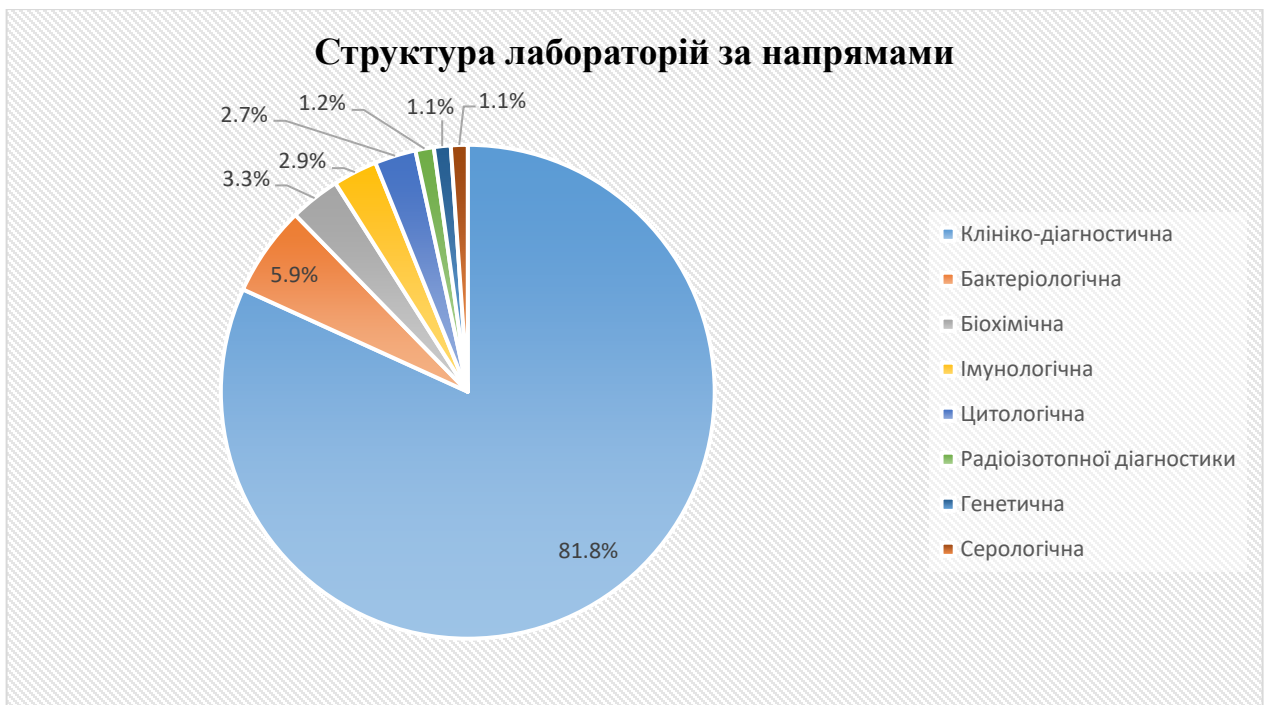


Рисунок 1.2 – Структура лабораторій за напрямками

За даними аналізу ринку лабораторних послуг в Україні за 2022 рік, найбільші частки у структурі аналізів займають гематологічні – 35,2% та загальноклінічні – 27,1%, а найменшу частку мають токсикологічні аналізи – 0,1%. На рисунку 1.3

відображено діаграму співвідношення виконаних лабораторних досліджень за видами в 2021 році.

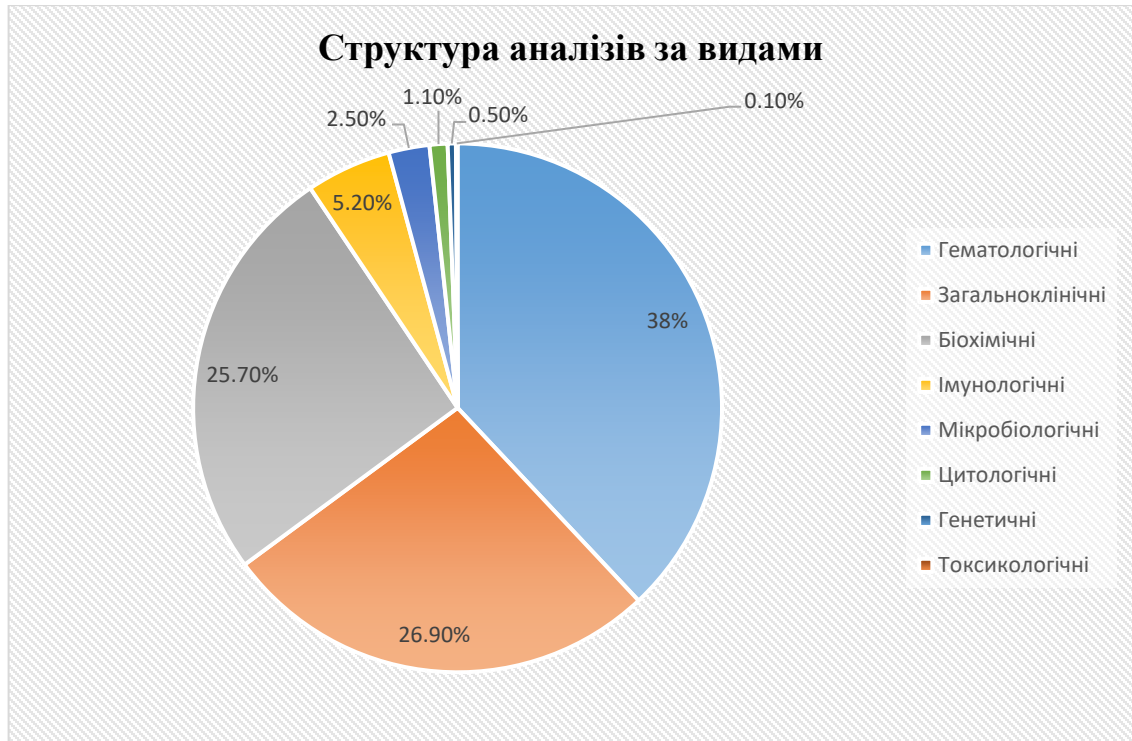


Рисунок 1.3 – Структура аналізів за видами

Відповідно до цієї статистики, можна констатувати, що левову частку всіх лабораторій займають клініко-діагностичні. Як правило, такі лабораторії спеціалізуються на дослідженні гематологічних, загальноклінічних та біохімічних видах аналізів, які істотно переважають на рисунку 1.3. Звідси можна зробити висновок, що більше 80% лабораторних послуг в Україні надають саме лабораторні установи клініко-діагностичного напрямку. Виходячи з цього висновку, в даній роботі будуть розглядатись клініко-діагностичні лабораторії (КДЛ), як більш затребуваний та розповсюджений клас медичних лабораторій.

Лабораторії, які не мають належного інформаційного, технічного, апаратного забезпечення мають низку проблем та перешкод, які стають на заваді ефективного функціонування установи, тим самим гальмуючи всі бізнес-процеси, пов'язані з

обстеженням та лікуванням пацієнтів. Це відбувається за рахунок посередньої якості та швидкості роботи медичного персоналу, низької точності результатів досліджень, зайвих фінансових витрат тощо. Ці наслідки можуть негативно впливати безпосередньо на пацієнтів, які проходять обстеження, лікування або реабілітацію. Адже, лабораторні аналізи є важливими інструментами, які медичні працівники використовують для діагностики, моніторингу та лікування різних захворювань [7].

Впровадження інформаційних систем на базі лабораторій допомагає забезпечити належний рівень спроможності для гарантування стабільності всіх критично-важливих процесів при проведенні лабораторних досліджень.

Наразі існує великий спектр рішень, які створені для управління та організації процесів в лабораторії – це лабораторні інформаційні системи (ЛІС). Такі системи покликані автоматизувати роботу медичної КДЛ на всіх етапах: від збору і обробки інформації до процесів управління та комунікації [8].

1.2 Огляд та аналіз існуючих ЛІС

Актуальність ЛІС полягає в тому, що вони сприяють підвищенню якості медичного обслуговування. Сучасні ЛІС є комплексними системами, які дозволяють вирішувати численні задачі, і робити це з максимальною ефективністю, швидкістю та високою точністю результатів. Більш того, вони дозволяють контролювати процеси діяльності лабораторії за допомогою широкого функціоналу, призначеного для обліку та контролю робіт, а також збереження та маніпулювання даними. За рахунок використання таких рішень відбувається мінімізація кількості помилок при виконанні лабораторних досліджень. До основних задач, які вирішують за допомогою ЛІС, можна включити наступні:

- облік та контроль якості виконання лабораторних досліджень;
- облік та ведення журналів реєстрації та супровідної документації;
- ведення електронних карток пацієнтів;
- стандартизація всіх видів діяльності та процесів в лабораторії;
- підвищення якості послуг, що надають лабораторні установи;
- облік та контроль витрат, а також іншої інформації стосовно використаних матеріалів, реактивів, засобів [9].

ЛІС надає можливості з автоматизації таких бізнес-процесів, серед них:

- облік та оформлення результатів лабораторних досліджень – ця процедура забезпечує підвищення швидкості проведення клінічних, біохімічних, імунологічних, гематологічних та інших досліджень за рахунок скорочення часу на введення результатів виконаних аналізів та формування медичних форм, а також завдяки зменшенню кількості помилок працівників лабораторії при дублювання інформації у відповідні журнали реєстрації;
- управління запасами та інвентаризація матеріалів і реактивів – цей процес дозволить оптимізувати запаси, автоматизувати замовлення та відстеження використання реагентів та інших матеріалів, що необхідні для проведення лабораторних досліджень;
- планування та координація робочого графіка персоналу – цей процес оптимізує розподіл завдань та графік роботи працівників лабораторії, забезпечуючи ефективно використання ресурсів та вчасне виконання всіх необхідних завдань;
- керування якістю та контроль процесу – цей процес дозволить автоматизувати моніторинг якості аналізів, виявлення та виправлення можливих помилок та невідповідностей, що сприятиме забезпеченню високої якості медичних послуг;
- обробка та аналіз даних – ця функція допоможе автоматизувати обробку та аналіз великої кількості даних, що збираються під час лабораторних

досліджень, сприяючи швидкому та точному визначенню показників здоров'я пацієнтів.

Можна виділити низку різних типів ЛІС, які функціонують залежно від конкретних потреб лабораторії.

1.2.1 Автономні ЛІС

Автономна ЛІС працює незалежно та не інтегрується з жодною іншою системою. Зазвичай така система працює в одній локальній мережі та використовується однією мережею лабораторій. Автономні ЛІС можуть включати широкий спектр функцій, які допомагають автоматизувати та оптимізувати лабораторні процеси. Ці функції можуть варіюватися залежно від конкретного призначення та області застосування системи, але існує низка ключових функцій, які зазвичай присутні у більшості ЛІС: управління зразками, управління даними про тести та аналізи, генерація звітів та статистика, управління реагентами та інвентарем, електронне доручення, доступність та мобільність. Автономні ЛІС можуть бути налаштовані та адаптовані до специфічних потреб конкретної лабораторії, що дозволяє максимально ефективно використовувати їх можливості для підвищення якості та швидкості лабораторних досліджень. Приклади таких систем можуть бути StarLIMS, LabWare LIMS. На рисунку 1.4 зображено користувацький інтерфейс LabWare LIMS [10].

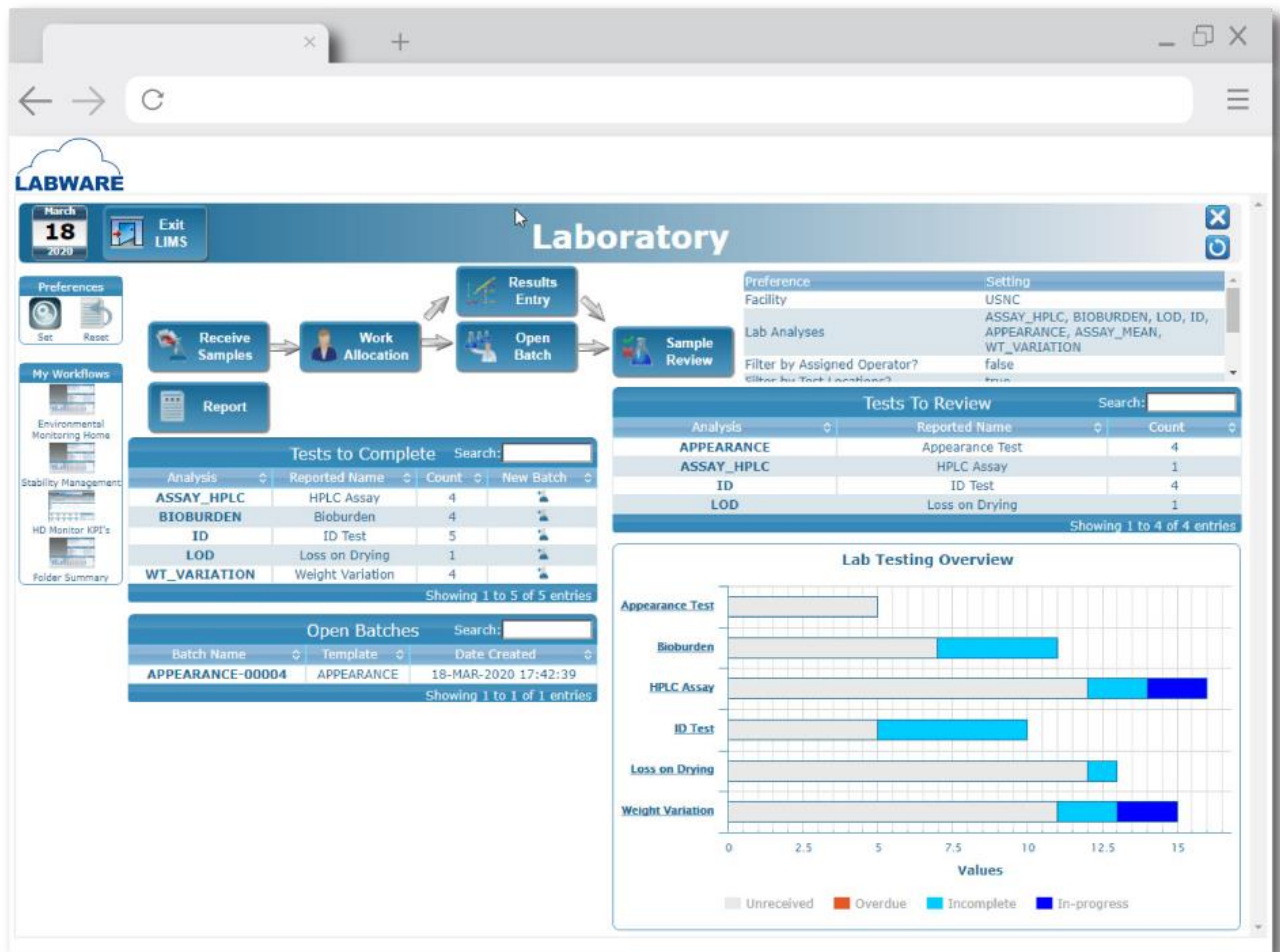


Рисунок 1.4 – Інтерфейс LabWare LIMS

1.2.2 ЛІС, призначені для інтеграції

ЛІС, які призначені для інтеграції з іншими системами в межах закладу охорони здоров'я мають свої унікальні особливості та специфіку, оскільки їх основна мета полягає у забезпеченні повної взаємодії з іншими медичними інформаційними системами (МІС), такими як електронний медичний запис (Electronic Health Record – EHR) або інформаційна система лікарні (Hospital Information System – HIS). Це полегшує обмін даними між інтегрованими системами

та підвищує ефективність робочих процесів. Такі системи мають характерні властивості:

- стандартизовані інтерфейси – підтримка стандартизованих медичних протоколів та інтерфейсів, таких як HL7 (Health Level 7), DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) та інші;
- інтеграція з МІС – це дозволяє автоматизувати процеси замовлення аналізів, відстеження результатів та інші лабораторні процедури;
- модульність та масштабування – це надає можливість розширення функціоналу в майбутньому відповідно до потреб лікарні;
- автоматичний обмін даними – це значно спрощує процес документування та доступу до даних, оскільки дані про замовлені аналізи, ступінь виконання та результати можуть надходити автоматично до інтегрованих систем;
- безпека даних – лабораторні дані мають високу конфіденційність, тому важливо, щоб ЛІС дотримувалися найвищих стандартів безпеки даних, таких як GDPR (General Data Protection Regulation).

Серед найпопулярніших ЛІС такого типу виділяють Sunquest LIS, Cerner PathNet та Terralab. На рисунку 1.5 зображено інтерфейс miniLIS Terralab [11].

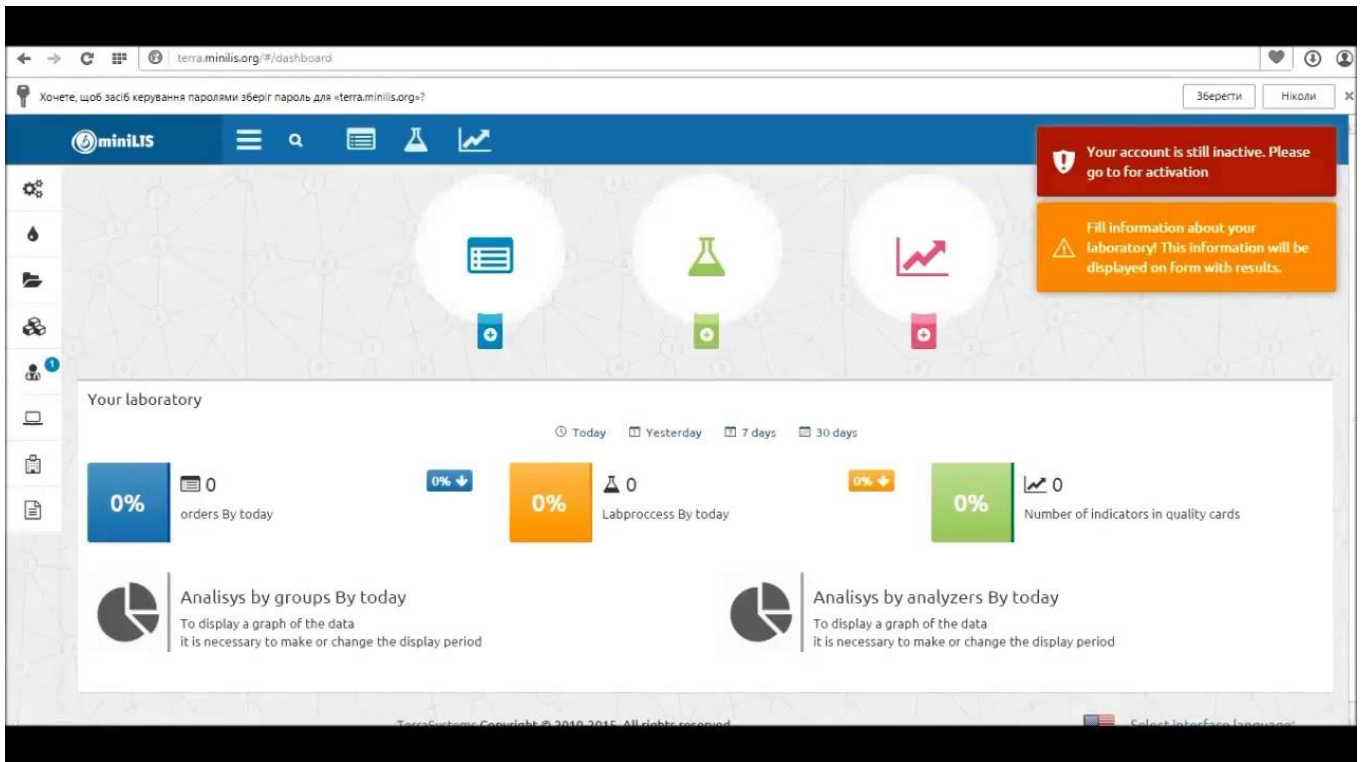


Рисунок 1.5 – Інтерфейс miniLIS Terralab

1.2.3 ЛІС анатомічної патології

Цей тип ЛІС розроблено спеціально для лабораторій, які спеціалізуються на діагностиці захворювань шляхом дослідження зразків тканин. Ці системи дозволяють патологам ефективно керувати складним процесом від отримання біологічного матеріалу до діагностики, звітування та архівації результатів. Головними особливостями цих систем є управління даними та робочими процесами, які стосуються анатомічної патології, включаючи гістологію, цитологію та аутопсію. Вони використовуються для управління зразками, зборі та аналізі даних, звітності та забезпеченні якості лабораторних досліджень у відповідних спеціалізованих установах. Серед поширених ЛІС анатомічної патології можна

виділити Cerner Millennium PathNet та Clinisys Anatomic Pathology Laboratory. На рисунку 1.6 відображено користувацький інтерфейс системи Clinisys [12].

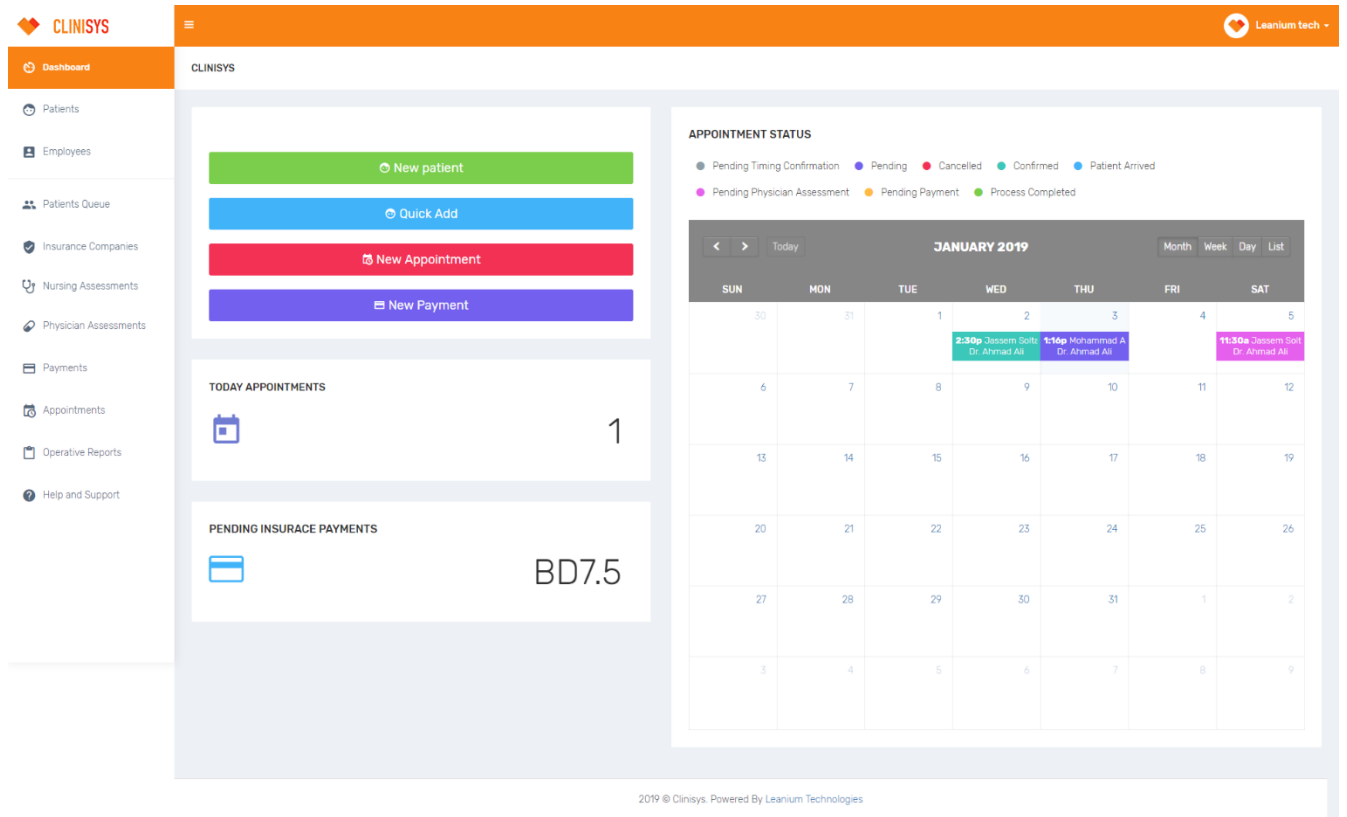


Рисунок 1.6 – Інтерфейс системи Clinisys

1.2.4 Мікробіологічна ЛІС

Цей тип ЛІС розроблений спеціально для мікробіологічних лабораторій, які спеціалізуються на ідентифікації та аналізі мікроорганізмів, таких як бактерії, віруси та гриби. Він включає таку особливість як управління мікробіологічними зразками, за рахунок цього система дозволяє вести облік, реєстрацію та відстеження мікробіологічних зразків, включаючи їх прийом, обробку, ідентифікацію та зберігання. Крім того, ці ЛІС реалізують автоматизацію аналізів, інтеграцію з

мікробіологічними аналізаторами, моніторинг виконання аналізів та ведення звітності. Можна виділити наступні мікробіологічні автоматизовані системи: Біоміс V3, VactAlert та BD ВАСТЕС. На рисунку 1.7 показано Інтерфейс автоматизованої системи Біоміс V3, яка є мікробіологічним аналізатором [13].

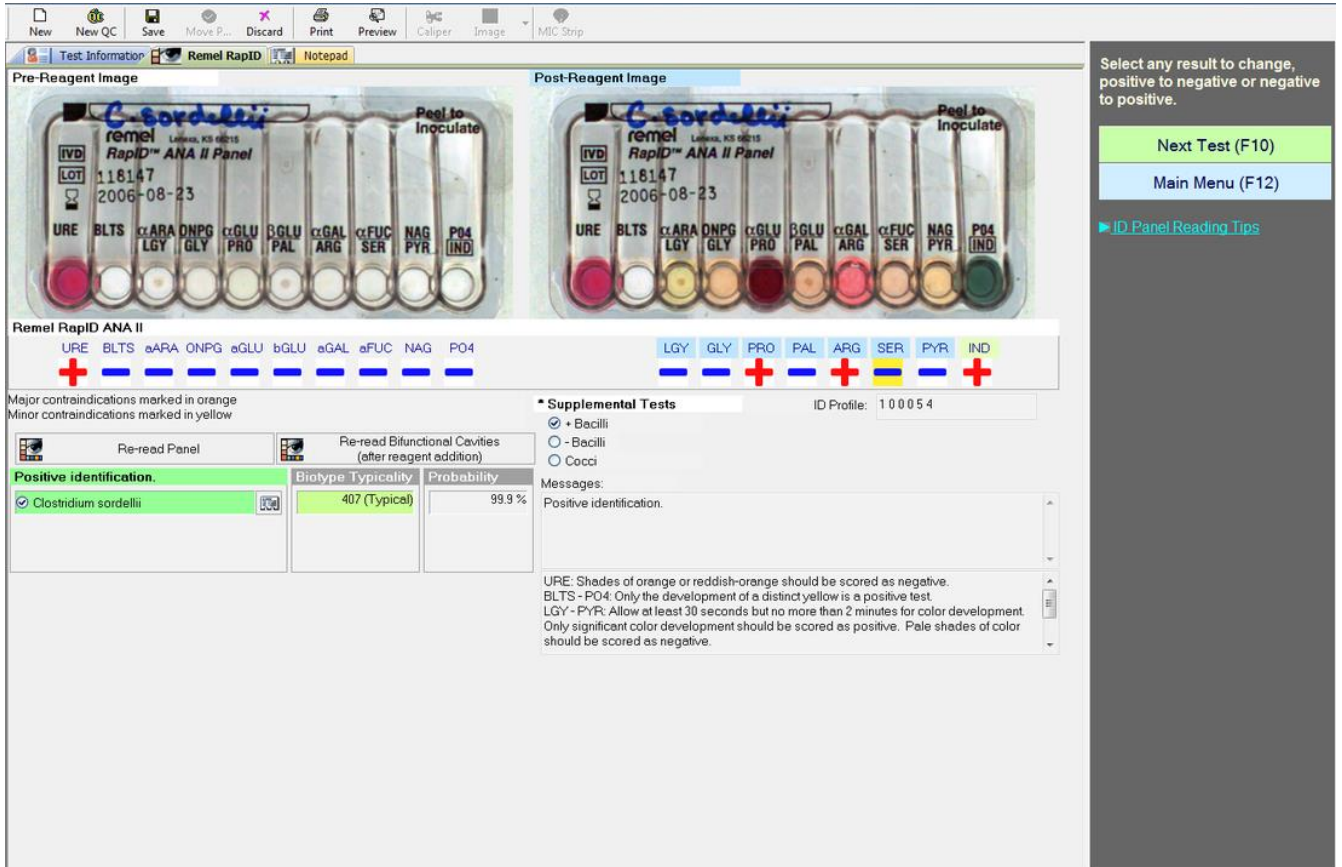


Рисунок 1.7 – Інтерфейс автоматизованої системи Біоміс V3

1.2.5 ЛІС для банку крові

Цей тип ЛІС розроблено спеціально для лабораторій банків крові, які проводять тестування та обробку крові, а також її продуктів. Він включає такі

функції, як керування запасами, перехресне зіставлення та керування трансфузією. Основні властивості ЛІС для банків крові включають:

- трасабельність: забезпечення повної відстежуваності кожної одиниці крові від донора до реципієнта, що є критично важливим для забезпечення безпеки та ефективності трансфузій;
- управління донорством: автоматизація процесів реєстрації донорів, ведення їх медичних записів, планування здачі крові та відстеження історії донорства [14];
- тестування крові: інтеграція з лабораторним обладнанням для автоматизації процесів тестування крові на інфекційні захворювання, групу крові та інші важливі показники;
- керування запасами: ефективне управління запасами крові та її компонентів для забезпечення оптимального розподілу та використання ресурсів;
- безпека та якість: підтримка стандартів безпеки та якості крові, включаючи моніторинг умов зберігання та транспортування крові;
- звітність: генерація докладних звітів для внутрішнього використання та вимог регулюючих органів.

1.2.6 ЛІС на місці надання медичної допомоги

Цей тип ЛІС призначений для використання на місці надання медичної допомоги, наприклад, у кабінеті лікаря або біля ліжка пацієнта. Це забезпечує швидкий доступ до лабораторних результатів і допомагає лікарям швидше приймати рішення. Як правило, перевагами таких рішень є компактність, мобільність, зручність використання у будь-яких умовах. Приклади таких систем включають Abbott i-STAT та Roche CoaguChek. Вони представляють собою

портативні медичні пристрої, розроблені для швидкого тестування та моніторингу різноманітних показників крові. На рисунку 1.8 представлено один з таких пристроїв від компанії Roche Diagnostics [15].



Рисунок 1.8 – Пристрій Roche Coagulation Analyzer

Вище було наведено одні з найпоширеніших типів ЛІС, які існують на ринку та функціонують в багатьох лабораторних установах світу. Проте, в залежності від конкретних потреб лабораторії та її напрямку буде визначатись, який тип ЛІС є найбільш прийнятним.

Відповідно до стандарту [16], який описує модель якості інформаційних систем, було проаналізовано типи ЛІС та визначено головні характеристики, які властиві для таких специфічних систем. На основі цього, було сформовано таблицю 1.1, в якій наведено групи показників якості, на які варто звертати увагу при виборі ЛІС.

Таблиця 1.1 – Показники якості ЛІС

Характеристика	Показник	Зміст показника
1	2	3
Функціональність	Функціональна повнота	Ступінь, в якому множина функцій покриває усі визначені завдання та цілі користувача
	Функціональна коректність	Ступінь, в якому ІС забезпечує правильний результат з необхідним ступенем точності
	Функціональна доцільність	Ступінь, в якому ІС сприяє досягненню визначених цілей та завдань
Продуктивність	Поведінка у часі	Ступінь відповідності вимогам результату, часу обробки і пропускну здатності ІС під час виконання своїх функцій
	Поведінка ресурсів	Ступінь відповідності вимогам кількості та типам ресурсів, що використовуються в системі під час виконання своїх функцій
Зручність використання	Можливість вивчення	Навчання з використання ІС, можливість використання ІС для досягнення поставлених цілей
	Керованість	Наявність в ІС атрибутів, які дають змогу легко нею керувати та контролювати
	Захист від помилок користувача	Ступінь захисту користувачів від помилкових рішень

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
	Естетичність інтерфейсу користувача	Ступінь естетичності інтерфейсу користувача та задоволення користувачів
	Доступність	Можливість використання ІС користувачами з найширшим діапазоном характеристик та можливостей
Надійність	Наявність	Функціонування та доступність ІС, коли вона необхідна
	Відмовостійкість	Можливість роботи ІС як передбачалося, незважаючи на наявність апаратних або програмних збоїв
	Відновлюваність	Можливість відновлення "постраждалих" даних та відновлення бажаного стану системи у разі переривання або невдачі
Сумісність	Взаємодія	Можливість обміну інформацією з іншими суміжними системами та використання одержаної інформації
Безпека	Конфіденційність	Можливість гарантування, що дані доступні лише користувачам, уповноваженим мати до них доступ
	Цілісність	Можливість запобігання несанкціонованому доступу до ІС і зміні конфігурацій або даних

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
	Підзвітність	Можливість унікального відстеження дій користувача
Супроводжуваність	Модульність	ІС складається з таких компонентів, що зміна одного з компонентів надає мінімальний вплив на інші компоненти
	Модифікованість	Можливість ефективної зміни ІС без введення дефектів та без зниження якості
	Тестованість	Визначення рівня впевненості в якості та надійності системи шляхом виконання різноманітних тестів
Портативність	Адаптованість	Можливість ІС ефективно адаптуватись до різного апаратного і програмного забезпечення або до різних оперативних середовищ
	Можливість інсталяції	Ефективність, з якою ІС може бути успішно встановлена та/або видалена
	Можливість заміни	Можливість заміни або модифікації ІС на інший вказаний програмний продукт з тими самими цілями у тому самому середовищі

Враховуючи той факт, що КДЛ переважно функціонують в великих медичних установах, таких як багатопрофільні лікарні, клініки, госпіталі, то важливим аспектом є забезпечення постійної взаємодії та комунікації між різними відділеннями установи. На рисунку 1.9 відображено фрагмент схеми структури лікарні з КДЛ.

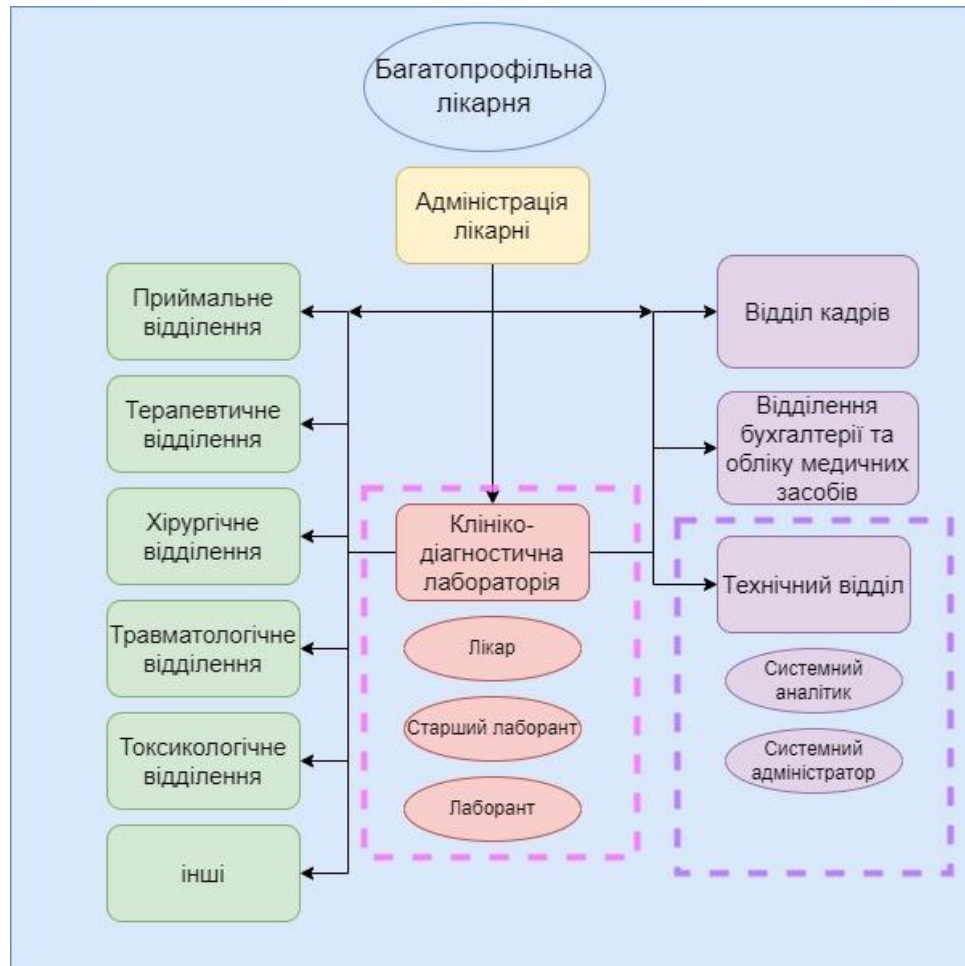


Рисунок 1.9 – Фрагмент схеми організаційної структури лікарні з КДЛ

ЛІС, які призначені для інтеграції можуть гарантувати цю можливість, оскільки їхньою перевагою є інтеграція з МІС та іншими сумісними системами, які експлуатуються в межах лікарні. Це сприяє швидкому обміну інформації про пацієнтів, лікування та діагностику, що в свою чергу покращує координацію медичних послуг, раціоналізує процеси роботи персоналу, забезпечує підвищення якості надання медичної допомоги та продуктивності працівників. Такий інтегрований підхід до обробки та обміну даними сприяє збільшенню задоволення як пацієнтів, так і медичного персоналу, що є ключовим аспектом в сучасному організаційному середовищі медичних установ. На рисунку 1.9 зазначено персонал КДЛ (лікар, старший лаборант, лаборант) та технічного відділу (системний аналітик, системний адміністратор), які безпосередньо приймають участь в ролі

експертів при проведенні будь-яких ІТ-проектів для медичної лабораторії. Медичний персонал є користувачами ЛІС, які можуть оцінити можливості системи, зручність програмного інтерфейсу, тощо. Технічні спеціалісти володіють інформацією стосовно МІС та інших сумісних систем, які взаємодіють з ЛІС, а також організовують та забезпечують процеси на всіх етапах реалізації ІТ-проекту для медичної лабораторії.

Фрагмент схеми функціональної структури лікарні, який відображає інтеграційні зв'язки ЛІС з МІС та системою для адміністративного керування наведено на рисунку 1.10.

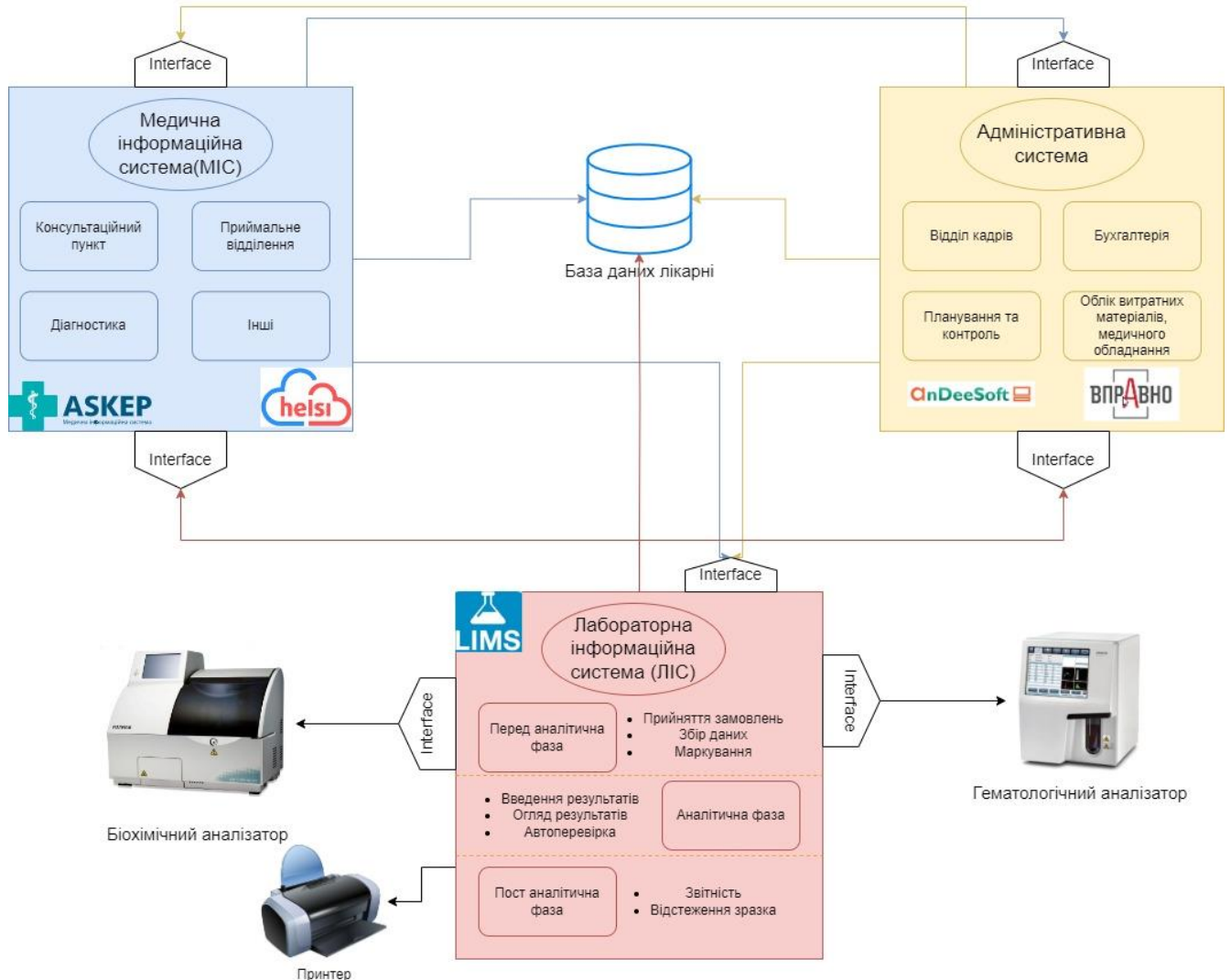


Рисунок 1.10 – Фрагмент схеми функціональної структури лікарні з КДЛ

1.3 Аналіз ІТ-проектів для медичних лабораторій

Враховуючи останні тенденції, значення інформаційних технологій у сфері охорони здоров'я стрімко зросло, зокрема в області лабораторної діагностики. Сучасні медичні лабораторії стикаються з викликами, пов'язаними зі зростаючим обсягом даних, необхідністю швидкого доступу до результатів аналізів, а також вимогами до точності та якості діагностики. Впровадження ІТ-проектів дозволяє лабораторіям значно підвищити ефективність роботи, оптимізувати процеси та покращити якість послуг.

Аналіз ІТ-проектів для медичних лабораторій передбачає детальний огляд існуючих та перспективних технологічних рішень, які можуть бути застосовані для автоматизації лабораторних процесів, управління даними, аналітики, та інтерактивного спілкування між лабораторіями та іншими учасниками медичного процесу. Цей аналіз включає в себе оцінку поточного стану ІТ-інфраструктури, визначення потреб та вимог до нових систем, а також розробку стратегій впровадження та інтеграції нових технологій.

Головною метою такого аналізу є ідентифікація оптимальних ІТ-рішень, які допоможуть медичним лабораторіям впоратися з сучасними викликами, підвищити продуктивність, забезпечити високу точність результатів тестувань, зменшити ризики помилок та покращити загальну якість медичного обслуговування. Розгляд різних складових ІТ-проектів, від апаратного забезпечення до програмного забезпечення та інтеграції систем, надасть повне розуміння потенціалу цифрових технологій у трансформації лабораторної медицини.

Вимоги, які висуваються до лабораторних систем є досить високими та виправданими, оскільки вони повинні забезпечувати точність результатів, швидкість обробки даних, конфіденційну безпеку інформації, можливість інтеграції з іншими медичними системами, а також відповідність регуляторним стандартам.

Це пояснюється тим, що всі процеси в медичних установах є вкрай відповідальними і важливими, так як життя і здоров'я пацієнтів напряму залежить від правильності та швидкості прийнятих рішень, точності та якості виконаних досліджень та ефективності лікування.

Вимоги до різних видів забезпечень ЛІС при реалізації ІТ-проектів для медичних лабораторій мають бути ретельно визначені, оскільки вибір технічних пристроїв, програмного забезпечення, бази даних, тощо напряму впливає на продуктивність, надійність та ефективність системи в цілому.

Типи ІТ-проектів для медичних лабораторій можуть кардинально відрізнятися один від одного і на це впливає багато різних факторів. По-перше, це залежить від класів медичних лабораторій, як зазначено в пункті 1.1 вони поділяються за досліджуваними аналізами і кожна має свою специфіку робочого процесу. По-друге, це програмне забезпечення, що являє собою ЛІС, в пункті 1.2 було розглянуто більшість видів таких систем та їх особливості. Важливо враховувати той факт, що кожна система має свої обмеження, функціональні можливості, цільове призначення, пропускну здатність та інші важливі характеристики, які відіграють роль при виборі програмного рішення. Звісно, остаточний вибір має бути зроблений на основі сформованих вимог та потреб, які висувуються від замовника ІТ-проекту. Також, вибір системи базується на наявних ресурсах, обладнанні та спроможностях лабораторії, в межах якої планується проектна діяльність. По-третє, реалізація будь-якого ІТ-проекту для медичної лабораторії відбувається в фінансових та часових обмеженнях, при яких команда спеціалістів має виконати всі основні та супровідні роботи, дотримуючись графіку та не перевищуючи фінансові домовленості. Ці фактори безпосередньо впливають на життєвий цикл ІТ-проекту та успішність його реалізації.

Для ефективної реалізації ІТ-проектів для медичних лабораторій необхідно дотримуватися низки ключових етапів.

Першим етапом є збір вимог, де проводиться аналіз потреб замовника та визначаються основні цілі та завдання проєкту. На цьому етапі важливо врахувати специфіку медичних лабораторій, їх робочих процесів та вимог до програмного забезпечення.

Після збору вимог слід перейти до планування проєкту, де визначаються ресурси, необхідні для реалізації проєкту, а також складається графік робіт і встановлюються терміни виконання. На цьому етапі важливо враховувати фінансові та часові обмеження, щоб забезпечити успішне завершення проєкту в рамках встановлених обмежень.

Після планування настає етап реалізації проєкту, де команда спеціалістів займається проектуванням, розробкою, модернізацією, інтеграцією або впровадженням програмного забезпечення. На цьому етапі важливо дотримуватись графіку робіт, забезпечувати взаємодію між розробниками та замовником, а також здійснювати контроль якості ЛПС, відповідно до характеристик в таблиці 1.1.

На етапі випробувань та тестувань ІТ-проєкту для медичних лабораторій, окрім перевірки функціональності та надійності системи, варто звернути увагу на декілька деталей, щоб забезпечити якісну та безперебійну роботу системи:

- валідація даних: дані, які вводяться в систему, мають проходити процедуру валідації та відповідати встановленим заздалегідь правилам;
- тестування безпеки: система має вбудовані заходи безпеки, які захищають дані пацієнтів та конфіденційну інформацію;
- сумісність: забезпечення сумісності системи з іншими використовуваними програмами та обладнанням в медичній лабораторії;
- відмовостійкість: тестування на відмовостійкість системи дозволить переконатися, що вона може витримати навантаження та зберігати працездатність в разі можливих відмов апаратного чи програмного забезпечення;

- ефективність: виконайте тестування продуктивності, щоб переконатися, що система працює швидко та ефективно, відповідаючи потребам медичної лабораторії;
- інтеграція з обладнанням: система має забезпечувати взаємодію з обладнанням, яке використовується в медичній лабораторії, таким як аналізатори, пристрої зчитування штрих-кодів тощо;
- користувацький інтерфейс: користувацький інтерфейс системи має бути інтуїтивно зрозумілим та забезпечувати зручну роботу з системою для персоналу медичної лабораторії.

Останнім етапом реалізації ІТ-проєкту для медичних лабораторій є введення в експлуатацію системи. На цьому етапі необхідно забезпечити підтримку та навчання персоналу з метою ефективного використання нової системи. Введення в експлуатацію системи є важливим етапом реалізації ІТ-проєкту для медичних лабораторій. Цей етап є ключовим, який передує повноцінному запуску системи в дію. Він включає в себе підготовчі роботи, навчання персоналу, підтримку користувачів та технічну підтримку, а також забезпечення можливості масштабування системи в майбутньому.

Таким чином, реалізація будь-якого ІТ-проєкту для медичної лабораторії вимагає послідовне виконання всіх етапів: збір вимог, планування, реалізація, тестування та введення в експлуатацію. Кожен з цих етапів має свою важливість і впливає на успішність реалізації ІТ-проєкту для медичної лабораторії.

Загалом розрізняють ІТ-проєкти для медичних лабораторій, які націлені на вибір та впровадження ЛІС або на модернізацію існуючої ЛІС [17]. Перший тип ІТ-проєктів має за мету автоматизувати процеси в лабораторії шляхом вибору найбільш підходящої ЛІС та її впровадженням. Другий тип ІТ-проєктів пов'язаний з модернізацією ЛІС, шляхом нарощування додаткового устаткування в лабораторії, підвищення функціональних можливостей або покращенням програмного-технічного потенціалу лабораторії.

Відповідно до дослідження [18] стверджують, що у більшості випадків КДЛ мають мінімум обладнання, що не дозволяє розширити діапазон досліджень; не мають засобів для автоматизації, резервної апаратури, що створює ризик зупинки досліджень у випадку поломки приладів. Часто буває, що нове обладнання нерідко придбають без узгодження з планами розвитку КДЛ, і далеко не кращі зразки лабораторної техніки. Таким чином, можемо зробити висновок, що недостатня оснащеність лабораторій та відсутність автоматизації ключових процесів є головною проблемою, що вирішується впровадженням готових рішень на базі ЛІС. Таким чином, в межах даної роботи буде розглядатись ІТ-проект, який націлений на вибір та впровадження ЛІС для медичної лабораторії.

1.4 Аналіз існуючих методів оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС

Оцінювання ефективності ІТ-проектів, зокрема при впровадженні ЛІС є критично важливим для забезпечення високої якості медичних послуг та оптимізації ресурсів у лабораторіях. Враховуючи специфіку та мету реалізації ІТ-проекту для медичних лабораторій, як правило використовуються методи, що поряд з функціональною та соціальними складовими, враховують обов'язково і фінансову складову. Проекти такого типу виконуються в умовах фінансових обмежень, таким чином варто використовувати групу методів фінансового аналізу.

Методи фінансового аналізу використовують традиційний підхід щодо фінансового розрахунку економічної ефективності враховуючи специфіку ІТ-проекту. За допомогою цих методів оцінюються кількісні результати проекту, які стосуються економічних параметрів впровадження і застосування ІС. Фінансові аспекти грають значну роль у прийнятті рішень у будь-якій галузі, а в медичних

лабораторіях вони мають особливе значення. Фінансовий аналіз може допомогти визначити загальну вартість проєкту, розподілити бюджет, визначити ефективність витрат та зробити раціональний вибір між різними варіантами реалізації проєкту. Хоча першочергова мета діяльності лабораторії – це надання якісних медичних послуг, а не отримання прибутку чи повернення інвестицій, фінансові аспекти все ще грають важливу роль. Наприклад, вартість впровадження чи модернізації ІС, її рентабельність, витрати на обслуговування та оновлення – все це важливі фактори, які можуть впливати на ефективність проєкту. Розглянемо детальніше методи фінансового аналізу, вказуючи їхні переваги та недоліки.

Activity Based Costing (ABC) – це функціонально-вартісний аналіз (ФВА), який дозволяє докладно розподілити витрати на конкретні активності, що відбуваються в організації. Перевагою ABC є те, що він надає детальну картину того, як саме витрачаються ресурси в організації. Цей метод дозволяє управлінцям ефективніше керувати витратами та виявляти можливості для їх оптимізації. Проте, ABC може виявитися складним у використанні та вимагати значних знань фінансового обліку для правильного аналізу та інтерпретації отриманих даних [19].

Return on Investment (ROI) – це один з найпоширеніших методів оцінювання ефективності інвестицій. Він дозволяє швидко визначити, чи буде проєкт прибутковим, порівнюючи доходи від нього з витратами [20]. Основною перевагою ROI є його простота та зрозумілість. Проте, він може бути не зовсім точним для проєктів з різним тривалістю або тих, що не принесуть негайного фінансового результату. Крім того, ROI не враховує ризики, пов'язані з інвестиціями, що може призвести до спотвореної карти проєкту.

Total Cost of Ownership (TCO) – це метод, що дозволяє врахувати всі можливі витрати, пов'язані з власністю та експлуатацією продукту чи системи протягом її життєвого циклу. Основна перевага TCO полягає в тому, що він дозволяє керувати та оптимізувати витрати на протязі усього життєвого циклу продукту. Однак, TCO

може бути складним у використанні та вимагати детального аналізу різних аспектів власності та експлуатації продукту [21].

Total Economic Impact (TEI) – це метод розрахунку сукупного економічного ефекту призначений для підтримки прийняття рішень, зниження ризиків та забезпечення гнучкості. Він дозволяє врахувати не лише прямі фінансові показники, але й нефінансові вигоди та втрати від проєкту. TEI допомагає отримати більш повну картину щодо впливу проєкту на організацію. Проте, цей метод може бути витратним за часом та вимагати значних ресурсів для збору та аналізу даних [22].

Rapid Economic Justification (REJ) – це метод, що надає швидкий та приблизний аналіз ефективності проєкту, що дозволяє швидко приймати рішення щодо його впровадження [23]. Він може бути корисним для оцінювання швидких та стратегічних проєктів. Проте, REJ може бути менш точним та поверхневим порівняно з іншими методами оцінювання, тому може бути не найкращим вибором для більш складних проєктів.

Economic Value Added (EVA) – це метод, що дозволяє виміряти економічну додану вартість проєкту, тобто його внесок у створення додаткової вартості для організації. Враховуючи вартість капіталу та його вплив на ефективність проєкту, EVA може надати більш об'єктивну оцінку ефективності проєкту. Проте, цей метод може бути складним для розуміння та застосування без спеціалізованого фінансового аналітичного досвіду [24].

Всі ці методи є ефективними відповідно до свого застосування, проте враховуючи специфіку даного типу ІТ-проєктів, орієнтованих на впровадження або модернізацію ЛІС, варто звернути увагу на:

- функціонально-вартісний аналіз – дозволяє оцінити вартість проєкту з впровадження ЛІС в порівнянні з його функціональністю, що дозволяє визначити його ефективність та вигоду для лабораторії. Ціль ФВА – це зниження витрат на

проведення робіт і надання послуг при підвищенні якості виконуваної роботи [25].

Ціль ФВА можна записати математично:

$$ABC = \frac{Cost\ pool\ total}{Cost\ driver} \rightarrow max, \quad (1.1)$$

де *Cost pool total* – вартість аналізованого об'єкта, який аналізується, що представляє сукупність його властивостей;

Cost driver – загальні витрати на ресурси для досягнення необхідних властивостей;

– сукупна вартість володіння – цей метод враховує всі витрати, пов'язані з придбанням, використанням та підтримкою ЛІС протягом її життєвого циклу. Формула розрахунку цього методу:

$$TCO = I + O + M + D, \quad (1.2)$$

де *I* – початкова вартість (витрати на придбання системи та обладнання);

O – вартість впровадження (витрати на встановлення системи та обладнання, інтеграцію з МІС, налаштування, тестування, навчання працівників з експлуатації);

M – вартість технічного обслуговування;

D – час простою (зупинка роботи).

1.5 Постановка задачі дослідження

Особливу увагу в цьому дослідженні буде приділено саме ІТ-проектам для медичних лабораторій, які є клініко-діагностичними лабораторіями, вони операційно знаходяться в складних медичних установах та представляють собою ключову складову системи медичного обслуговування. За рахунок цієї особливості,

вони тісно співпрацюють з іншими відділеннями медичної установи. Таким чином, щоб забезпечити цей зв'язок на інформаційному рівні, має бути обрана така ЛІС, яка призначена для інтеграції з МІС. Таке рішення гарантує взаємодію лабораторної системи з іншими підсистемами лікарні.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідити існуючі підходи до оцінювання ІТ-проектів та запропонувати комбінований метод оцінювання ефективності ІТ-проектів при впровадженні ЛІС для медичних лабораторій. Запропонований метод має бути корисним для медичних установ з лабораторіями, керівництво, якої прагне підвищити ефективність роботи у власних медичних лабораторіях. Результат оцінювання ефективності ІТ-проекту може надати вичерпну інформацію про якість обраної ЛІС, залучені ресурси у реалізацію, а також компетентність компанії-виконавця у виконанні робіт ІТ-проекту.

В ході проведення дослідження необхідно побудувати комбінований метод, який поєднає в собі методи фінансового аналізу, що дозволить отримати повне та об'єктивне уявлення про ефективність ІТ-проекту для медичної лабораторії. Таким чином, цей метод має враховувати фінансові, часові та інші обмеження, що пов'язані з вибором, інтеграцією та впровадженням ЛІС, а також вигоди від її впровадження.

При виконанні кваліфікаційної роботи необхідно провести наступні дослідження:

- проаналізувати та визначити основні вимоги до ІТ-проекту для медичної лабораторії;
- побудувати комбінований метод, за допомогою якого можна буде оцінити ефективність ІТ-проектів при впровадженні ЛІС;
- сформулювати критерій оцінювання ефективності ІТ-проектів для медичних лабораторій;
- розробити технологію застосування методу оцінювання ефективності ІТ-проекту для ЛІС та провести апробацію розробленого методу.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЛІС

2.1 Вимоги до ІТ-проєкту для медичної лабораторії

КДЛ – це спеціалізований медичний відділ, що забезпечує проведення різноманітних аналізів для діагностики та моніторингу здоров'я пацієнтів. Лабораторія грає важливу роль у медичній практиці, оскільки аналізи, що тут проводяться, допомагають лікарям встановлювати точні діагнози, планувати лікування та слідкувати за його ефективністю. В КДЛ аналізують зразки біологічних матеріалів, таких як кров, сеча, мазки та інші, щоб визначити наявність інфекцій, виявити хімічні та гормональні зміни в організмі, а також діагностувати різні захворювання на ранніх стадіях. Функції КДЛ охоплюють широкий діапазон від простих тестів до складних біохімічних, мікробіологічних та цитологічних досліджень, кожне з яких вимагає спеціалізованого обладнання та високої кваліфікації персоналу.

ЛІС призначена для інтеграції з МІС має відповідати певним вимогам, щоб забезпечити ефективність, безпеку та надійність взаємодії. Перш за все, система повинна бути сумісною з МІС на технічному рівні, що включає можливість обмінюватися даними в реальному часі за допомогою стандартизованих протоколів обміну даними, таких як HL7 або FHIR. Це забезпечує гладку інтеграцію і сприяє безперебійній роботі обох систем. На рисунку 2.1 відображено процес обміну даними між МІС та ЛІС з метою отримання результатів виконаних лабораторних досліджень.



Рисунок 2.1 – Процес обміну даними між інтегрованими МІС та ЛІС

Також важливо, щоб ЛІС підтримувала строгі вимоги до безпеки даних, оскільки вона оброблятиме чутливу медичну інформацію. Це включає в себе шифрування даних під час передачі та зберігання, а також забезпечення доступу до даних лише для уповноважених користувачів.

Крім того, система має бути масштабованою та гнучкою, щоб вона могла адаптуватися до змін у робочих процесах клініки і лабораторії. Це дозволить лабораторії розширювати свої можливості без потреби заміни ЛІС.

Важливим аспектом є також наявність зручного і інтуїтивно зрозумілого користувацького інтерфейсу, оскільки це знижує час на навчання персоналу та мінімізує можливість помилок у введенні даних.

Наостанок, система повинна забезпечувати високий рівень технічної підтримки та обслуговування, оскільки неперервність робочих процесів у лабораторії є критично важливою. Наявність швидкого реагування на технічні запити та проблеми допомагає забезпечити стабільну роботу системи.

Наявність всіх цих показників у ЛІС може свідчити про те, що система є якісною, що може гарантувати підвищення продуктивності, точності та якості роботи медичних лабораторій. Відповідно до таблиці 1.1 якість ЛІС можна оцінити за рахунок восьми характеристик: функціональність (Fun), продуктивність (Prf), зручність використання (Usb), надійність (Rlb), сумісність (Cmb), безпека (Sec), супроводжуваність (Mtb), портативність (Prt). Разом з тим, враховуючи специфіку роботи таких інформаційних систем, варто виділити додаткові характеристики, які безумовно є не менш важливими: гнучкість (Agl), документованість (Doc), відновлюваність даних (Rec). В таблиці 2.1 описано причетність вказаних характеристик до ЛІС.

Таблиця 2.1 – Характеристики, які властиві якісній ЛІС

Номер групи показників	Характеристика (група показників)	Причетність до ЛІС
1	2	3
1	Функціональність	Описує можливості ЛІС для виконання різних функцій, таких як обробка даних, аналітика, звітність тощо.
2	Продуктивність	Визначає швидкодію та ефективність системи при обробці та аналізі даних, що може бути критичним у лабораторних дослідженнях.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
3	Зручність використання	Важлива для забезпечення простоти та зручності використання системи користувачами з різним рівнем технічної підготовки.
4	Надійність	Визначає стабільність та безперебійну роботу системи, що важливо для забезпечення надійності результатів лабораторних досліджень.
5	Сумісність	Важлива для забезпечення інтеграції системи з МІС, а також роботи з різними типами пристроїв та сенсорів, що використовуються у медичній лабораторії.
6	Безпека	Забезпечує захист конфіденційності даних, що зберігаються та обробляються системою, а також захист від зовнішніх загроз та атак.
7	Супроводжуваність	Важлива для забезпечення можливості ефективної підтримки, оновлення та розвитку системи після впровадження.
8	Портативність	Можливість переносити систему між різними лабораторними установами для зручності використання.
9	Гнучкість	Система повинна бути гнучкою і адаптивною до змін у вимогах дослідження або умовах експлуатації.
10	Документованість	Наявність повної та зрозумілої документації для ефективного впровадження, експлуатації та підтримки ЛІС.

Кінець таблиці 2.1

1	2	3
11	Відновлюваність даних	Забезпечує можливість відновлення даних у випадку їх втрати або пошкодження, що є важливим для збереження результатів досліджень.

Множину всіх характеристик якості ЛІС запишемо у вигляді:

$$Q_{LIS} = \{Fun, Prf, Usb, Rlb, Cmb, Sec, Mtb, Prt, Agl, Doc, Rec\}, \quad (2.1)$$

Якість системи можна описати формулою 2.2, де K_{LIS} – це узагальнений показник якості системи, який функціонально залежить від множини характеристик якості.

$$K_{LIS} = f(Q_{LIS}) = f(Fun, Prf, Usb, Rlb, Cmb, Sec, Mtb, Prt, Agl, Doc, Rec), \quad (2.2)$$

Більшість характеристик, які описані вище містять низку притаманних їм показників:

$$Fun = \{FCom, FCor, FAppr\}, \quad (2.3)$$

де $FCom$ – функціональна повнота,
 $FCor$ – функціональна коректність,
 $FAppr$ – функціональна доцільність;

$$Prf = \{Tb, Rb\}, \quad (2.4)$$

де Tb – поведінка у часі,
 Rb – поведінка ресурсів;

$$Usb = \{Lrn, Ctrl, ErrPr, UIa, Acc\}, \quad (2.5)$$

де Lrn – можливість вивчення,
 Ctrl – керованість,
 ErrPr – захист від помилок користувача,
 UIa – естетичність інтерфейсу користувача,
 Acc – доступність;

$$Rlb = \{Avl, FT, Rcv\}, \quad (2.6)$$

де Avl – наявність,
 FT – відмовостійкість,
 Rcv – відновлюваність;

$$Cmb = \{Intrp\}, \quad (2.7)$$

де Intrp – взаємодія;

$$Sec = \{Cnf, Intg, Acnt\}, \quad (2.8)$$

де Cnf – конфіденційність,
 Intg – цілісність,
 Acnt – підзвітність;

$$Mtb = \{Mod, Modf, Tst\}, \quad (2.9)$$

де Mod – модульність,
 Modf – модифікованість,
 Tst – тестованість;

$$Prt = \{Adpt, Inst, Rpl\}, \quad (2.10)$$

де Adpt – адаптованість,

Inst – можливість інсталяції,

Rpl – можливість заміни.

Відповідно до вище наведених формул, можемо стверджувати, що якість системи залежить від всіх показників і таким чином, формулу 2.2 можна розкрити та представити у вигляді:

$$K_{LIS} = f(\text{FCom, FCor, FAppr, } T_b, R_b, \text{Lrn, Ctrl, ErrPr, UIa, Acc, Avl, FT, Rcv, Intrp, Cnf, Intg, Acnt, Mod, Modf, Tst, Adpt, Inst, Rpl, Agl, Doc, Rec}), \quad (2.11)$$

2.2 Побудова комбінованого методу для оцінювання ефективності ІТ-проєкту при впровадженні ЛІС

В умовах постійних змін та високої конкуренції в медичній галузі, ефективне використання інформаційних технологій стає ключовим фактором для підвищення якості та продуктивності роботи лікарень і медичних установ загалом. Особливе місце займають ЛІС, які дозволяють автоматизувати та оптимізувати процеси в лабораторіях, підвищуючи точність діагностики та швидкість обробки даних.

Однак, вибір і впровадження ЛІС вимагає комплексного підходу та конкретної стратегії, оскільки від цього залежить якість медичних послуг і ефективність роботи лабораторій. З цією метою розроблений метод оцінювання ефективності ІТ-проєктів з впровадження ЛІС, який спрямований на оптимізацію процесу вибору, впровадження та оцінки цих систем у медичних установах.

Цей метод має бути призначений для інформаційних та медичних спеціалістів, що працюють у лікарнях та медичних лабораторіях, а також для керівництва, яке бажає забезпечити оптимальне використання ІТ-ресурсів у власній

установі. Він надає системний підхід до вибору, впровадження та оцінки ЛІС, що дозволяє зробити обґрунтоване рішення з максимальною користю для медичного закладу та його пацієнтів. Оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС відбувається в 2 етапи:

- перший етап включає обґрунтований вибір ЛІС для впровадження в медичну лабораторію задля забезпечення її якості та ефективності роботи;
- другий етап полягає в оцінюванні ефективності ІТ-проєкту по впровадженню ЛІС в медичну лабораторію.

Опис першого етапу включає наступні кроки.

Крок 1: Дослідити діяльність медичної лабораторії, головні задачі та бізнес-процеси, проаналізувати МІС, яка функціонує в лікарні, її спроможності для інтеграції з ЛІС та підходи для обміну даними.

Крок 2: Формування функціональних вимог та вимог до видів забезпечень ЛІС, що планується впроваджувати в медичну лабораторію з урахуванням її класу та особливостей.

Крок 3: Визначення ресурсів (фінансових, часових тощо) для планування ІТ-проєкту, що виділяються на роботи пов'язані з вибором, придбанням та впровадженням ЛІС в медичну лабораторію.

Крок 4: Формування пропозиції щодо можливих варіантів ЛІС для остаточного вибору, придбання та впровадження в медичну лабораторію з урахуванням вимог та обмежень.

Крок 5: Визначення вагових коефіцієнтів для груп показників якості ЛІС.

Крок 6: Проведення розрахунків за сформованими групами показників якості ЛІС з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Крок 7: Розрахунок витрат на реалізацію ІТ-проєкту, який включає придбання, впровадження, інтеграцію з МІС, налаштування, навчання персоналу тощо для кожного з обраних варіантів ЛІС методом сукупної вартості володіння та

попередній відбір варіантів ЛІС, для яких є можливість виконати ІТ-проект з урахуванням встановлених обмежень.

Крок 8: Оцінювання ефективності потенційних варіантів ЛІС для впровадження, використовуючи критерій оцінювання ефективності функціонування ЛІС.

Крок 9: Вибір одного, найбільш якісного варіанту ЛІС за попередніми розрахунками для впровадження.

Після виконання всіх робіт по реалізації ІТ-проекту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію, постає необхідність оцінити ефективність цього ІТ-проекту, враховуючи результати першого етапу, а також результати зворотного зв'язку від зацікавлених сторін медичної установи. Опис другого етапу включає наступні кроки.

Крок 10: Формування набору показників для оцінювання ефективності проведеного ІТ-проекту впровадження ЛІС.

Крок 11: Проведення опитування зацікавлених сторін та отримання відгуків, стосовно використання системи, дотримання встановлених вимог, функціональних потреб, а також фінансових та часових обмежень.

Крок 12: Аналіз результатів опитування та визначення рівня задоволеності зацікавлених сторін.

Крок 13: Оцінювання ефективності ІТ-проекту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію, з урахуванням загального показника задоволеності, використовуючи критерій ефективності.

Таким чином, було сформовано комбінований метод для оцінювання ефективності ІТ-проекту при впровадженні ЛІС, який призначений в першу чергу для застосування ІТ-спеціалістами в медичній установі з метою оцінювання ефективності при проведенні робіт ІТ-проекту з впровадження ЛІС компанією-виконавцем. Результат такого оцінювання є корисним для інших медичних закладів, керівництво якої зацікавлене у покращенні продуктивності роботи лікарні

та підвищенні кваліфікації персоналу і бачать рішення у вигляді впровадження ЛІС в медичну лабораторію із залученням компаній-розробників найбільш якісних та ефективних ЛІС.

Крім того, результат даного методу також є корисним для медичної установи в межах якої впроваджується ЛІС. Це полягає в оцінюванні компетентності ІТ-спеціалістів технічного відділу лікарні на передпроектному етапі, які відповідальні за більшість процесів при аналізі та формуванні функціональних вимог та вимог до видів забезпечень, а також рішень при оцінюванні потенційних варіантів ЛІС та виборі найкращої системи.

3 МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ ДЛЯ ЛІС

3.1 Формування критерію оцінювання ефективності ІТ-проектів для лабораторних систем

Критерій оцінювання ефективності ІТ-проектів для лабораторних систем складається з низки ключових елементів, які безпосередньо впливають на ефективність, серед них: якість ЛІС K_{LIS} , фінансові витрати на реалізацію ІТ-проекту C_{LIS} , часові обмеження, які закладені в реалізацію ІТ-проекту T_{LIS} . Крім того, за фактом реалізації ІТ-проекту має відбутись процедура отримання зворотного зв'язку від працівників медичного закладу, які зацікавлені у кінцевому результаті цього проекту, і це характеризує рівень задоволеності зацікавлених сторін M_{IT} . Повинні оцінюватись наступні показники: дотримання фінансових обмежень, дотримання часових обмежень, відсутність скарг, невдоволень при роботі з ЛІС, відповідальність ЛІС заявленим показникам якості тощо.

Послідовний опис розрахунку критерія оцінювання ефективності ІТ-проектів для лабораторних систем наведено нижче.

Проведення оцінювання якості ЛІС K_{LIS} передбачається на 5-6 кроках комбінованого методу, що описаний в підрозділі 2.2 даної роботи.

Для обчислення загального зваженого значення якості ЛІС виведемо наступну формулу:

$$K_{LIS} = \sum_{i=1}^n (P_{S_i} \times b_i), \quad (3.1)$$

де n – кількість груп показників;

P_{S_i} – значення для i -ї групи показників, де S_i – це назва i -ї групи;

b_i – значення вагового коефіцієнту для i -ї групи показників.

Для розкриття формули 3.1 доцільно представити розрахунок значення якості ЛІС за всіма групами показників P_{S_i} та їх ваговими коефіцієнтами b_i за наступною формулою:

$$K_{LIS} = (P_{Fun} \times b_1 + P_{Prf} \times b_2 + P_{Usb} \times b_3 + P_{Rlb} \times b_4 + P_{Cmb} \times b_5 + P_{Sec} \times b_6 + P_{Mtb} \times b_7 + P_{Prt} \times b_8 + P_{Agl} \times b_9 + P_{Doc} \times b_{10} + P_{Rec} \times b_{11}), \quad (3.2)$$

Фінансові витрати, які розраховані на реалізацію ІТ-проєкту можна розрахувати методом ТСО. Ця процедура передбачає виконання кроку 7 комбінованого методу. Всі витрати, які прямим чином пов'язані з роботою над реалізацією ІТ-проєкту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію мають бути враховані, включно з придбанням ЛІС та обладнання, усіма супровідними процесами з налаштування, інтеграції з МІС, переносу даних, а також заробітна плата для членів команди проєкту. Фінансові витрати можуть бути розраховані за наступною формулою:

$$C_{LIS} = I + O + M + D, \quad (3.3)$$

де, I – витрати на ЛІС та відповідне обладнання;

O – витрати на встановлення ЛІС та обладнання, інтеграцію з МІС та лабораторними пристроями, конфігурацію системи під потреби лабораторії, наскрізне тестування та навантаження системи, навчання працівників з експлуатації;

M – вартість технічного обслуговування та супроводження ЛІС;

D – витрати на час простою ЛІС (зупинка роботи).

Остаточне значення показника C_{LIS} має бути виміряне в грошових одиницях, проте для коректного розрахунку ефективності ЛІС, яка підлягає впровадженню

необхідно провести нормалізацію. Для того, щоб нормалізувати цей показник скористаємося формулою:

$$C'_{LIS} = \frac{C_{LIS}}{C_{const}}, \quad (3.4)$$

при умові, що $C_{LIS} \leq C_{const}$,

де C_{LIS} – прогнозовані витрати виконавцем на реалізацію ІТ-проєкту;
 C_{const} – заплановані витрати замовником на реалізацію ІТ-проєкту.

Крім фінансових обмежень, також важливо враховувати часові обмеження, які встановлює замовник проєкту, а саме медична установа, в якій лабораторія є структурним підрозділом. Як результат, повинна виконуватись умова:

$$T_{LIS} \leq T_{const}, \quad (3.5)$$

де T_{LIS} – прогнозований час виконавцем на реалізацію ІТ-проєкту;
 T_{const} – запланований час замовником на реалізацію ІТ-проєкту.

Часові обмеження будуть вимірюватись в місяцях, тому для коректності розрахунків необхідно провести нормалізацію цього показника за методом min-max scaling (мінімально-максимальне масштабування). Цей метод дозволить нормалізувати показник часу за формулою 3.6, аби значення коливались в діапазоні від 0 до 1.

$$T'_{LIS} = \frac{T_S - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}, \quad (3.6)$$

де T_S – значення показника до нормалізації;
 T_{min} – мінімальне серед усіх значення показника;
 T_{max} – максимальне серед усіх значення показника.

Відповідно цільова функція ефективності обраної ЛІС E_{LIS} для впровадження прямує до максимуму:

$$E_{LIS} = \frac{K_{LIS}}{C'_{LIS} + T'_{LIS}} \rightarrow \max, \quad (3.7)$$

де K_{LIS} – значення показника якості ЛІС;

C'_{LIS} – нормалізований показник вартості реалізації ІТ-проєкту з впровадження ЛІС;

T'_{LIS} – нормалізований показник часу робіт для реалізації ІТ-проєкту з впровадження ЛІС.

Після розрахунку ефективності обраних ЛІС, виконується 9 крок комбінованого методу, в якому визначається найбільш якісний варіант ЛІС для впровадження серед запропонованих.

Фінальне оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС для медичної лабораторії відбувається на 2 етапі комбінованого методу та передбачає врахування наступних показників, які наведені з допустимими значеннями в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники ефективності ІТ-проєкту з допустимими значеннями

Показник ефективності	Мінімальне значення	Максимальне значення
1	2	3
Дотримання фінансових обмежень	0	1
Дотримання часових обмежень	0	1
ЛІС відповідає заявленим показникам якості	0	1
ЛІС повністю інтегрована в МІС	0	1
Відсутність скарг, невдоволень при роботі з ЛІС	0	1

Кінець таблиці 3.1

1	2	3
Відсутність багів, помилок в системі	0	1

Ці показники оцінюються відповідно від 0 до 1, де 0 – це мінімальне значення, яке характеризує повне невиконання даного показника, а 1 – це максимальне значення, яке характеризує повне виконання даного показника та дотримання вимог та обмежень, які були встановлені перед початком проєктної діяльності.

Група експертів повинна оцінити кожен з показників відносно одне одного. Їхня оцінка має базуватись на важливості певних показників в загальне поняття ефективності ІТ-проєкту.

На фінальному етапі відбувається розрахунок узагальненого показника M_{IT} , який свідчить про рівень задоволеності зацікавлених сторін. Нехай L_{ij} позначає оцінку i -го показника j -м експертом, де $i = 1, 2, \dots, n$ і $j = 1, 2, \dots, k$. Знайдемо середнє значення для кожного показника за формулою:

$$\bar{L}_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k L_{ij}, \quad (3.8)$$

Тепер додаємо всі середні значення показників за формулою:

$$\sum_{i=1}^n \bar{L}_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k L_{ij} \right), \quad (3.9)$$

Таким чином, враховуючи вище зазначений результат, узагальнене значення рівня задоволеності зацікавлених сторін можна описати формулою, де результат формули (3.9) поділено на кількість показників n :

$$M_{IT} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{L}_i, \quad (3.10)$$

де n – кількість показників;
 L_i – середнє значення i -го показника;

Відповідно до результату, можна аналізувати, що чим вище є остаточне значення, тим вище задоволеність зацікавлених сторін у кінцевому результаті. Також високий результат може свідчити про ефективне виконання ІТ-проєкту з дотриманням всіх завчасно сформованих обмежень та вимог.

Таким чином, оцінити ефективність ІТ-проєктів для лабораторних систем E_{IT} , можна визначити за формулою:

$$E_{IT} = E_{LIS} \times M_{IT}, \quad (3.11)$$

де E_{LIS} – ефективність обраної ЛІС;
 M_{IT} – рівень задоволеності зацікавлених сторін.

В разі якщо $M_{IT} = 1$ – це означає що всі проєктні роботи, які були заплановані були успішно виконані на 100%. В такому разі ефективність ІТ-проєкту E_{IT} буде дорівнювати E_{LIS} , що констатує повну відповідність попередніх розрахунків ефективності ЛІС з кінцевим результатом її впровадження в медичну лабораторію. Такий результат свідчить про те, що все було виконано згідно плану, дотримано всі вимоги та обмеження, ЛІС була введена в експлуатацію вчасно, вона відповідає заявленим характеристикам та виконує всі функції, які були в неї закладені, персонал лабораторії повністю опанував роботу з ЛІС.

У випадку, якщо $M_{IT} < 1$ – це наголошує на тому, що не всі проєктні роботи, які були заплановані були успішно виконані. Це може стосуватись як виявлених недоліків у якості ЛІС, так і недотриманням фінансових або часових обмежень в процесі реалізації проєкту. В такому разі остаточна ефективність ІТ-проєкту E_{IT} буде менше, порівняно з початковими розрахунками ефективності ЛІС E_{LIS} .

3.2 Технологія застосування комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проєкту для ЛІС

Алгоритм застосування комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС наведено на рисунку 3.1. На першому аркуші показано кроки, які відповідають виконанню 1 етапу комбінованого методу, який полягає в оцінюванні ЛІС та обранні найбільш якісної для впровадження в медичну лабораторію. На другому аркуші описано алгоритм дій, який передбачає 2 етап комбінованого методу і полягає в оцінюванні ефективності ІТ-проєкту після виконання.

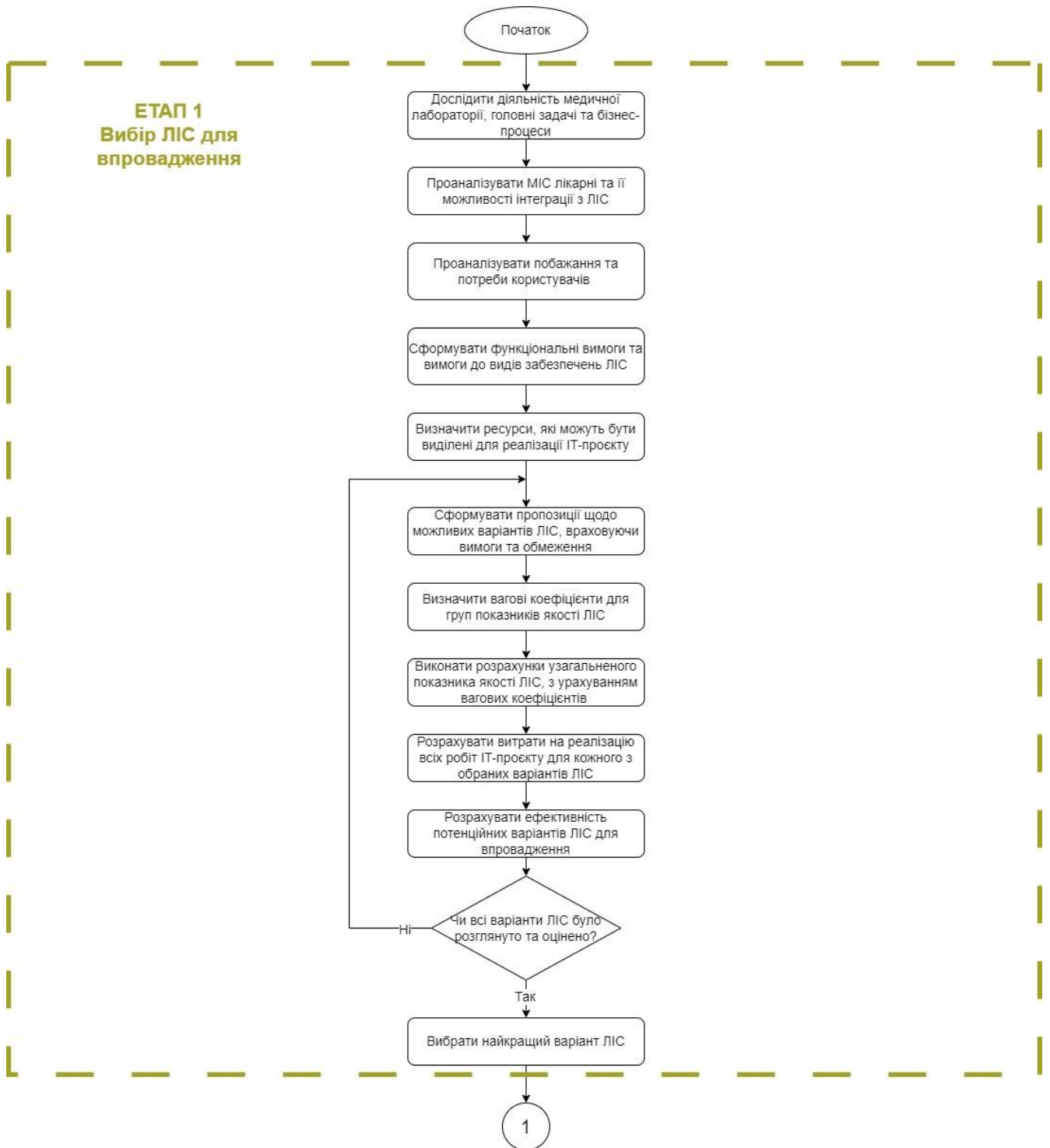


Рисунок 3.1 – Алгоритм комбінованого методу оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС

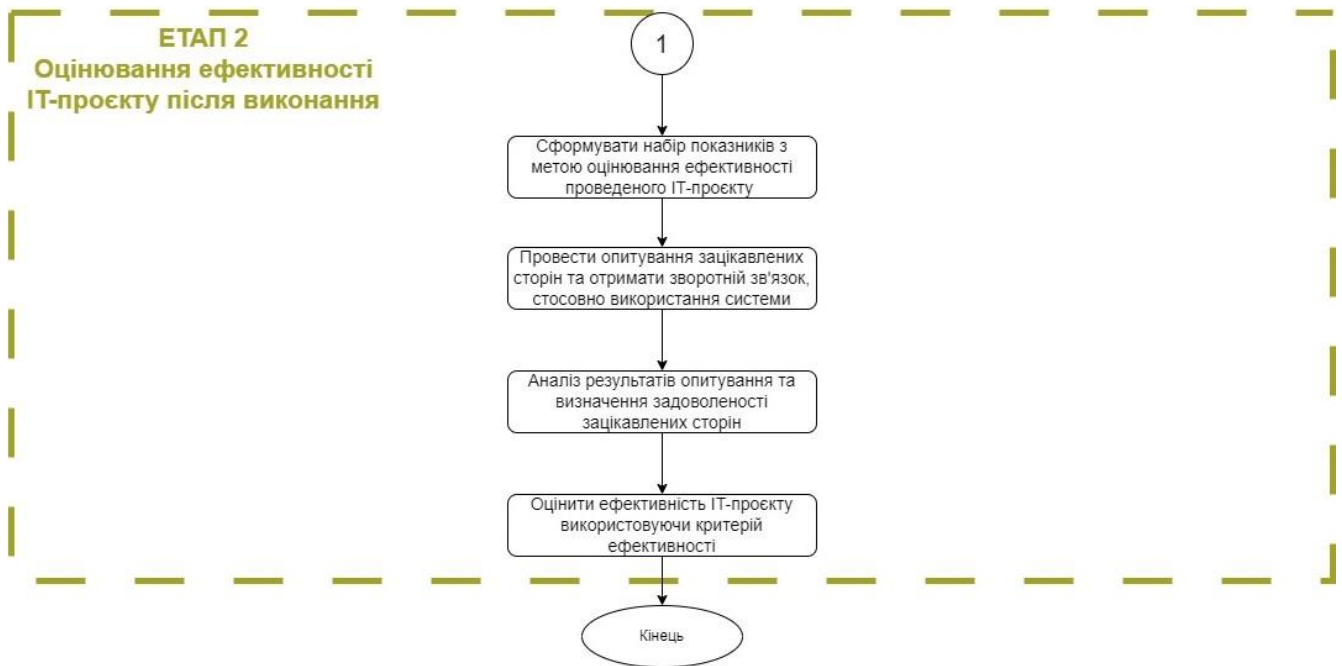


Рисунок 3.1, аркуш 2

При виконанні першого етапу комбінованого методу перші кроки пов'язані з дослідженням діяльності медичної лабораторії, аналізом основних бізнес-процесів та задач. Крім того, важливо окреслити можливості МІС, яка запроваджена в лікарні щодо інтеграції та взаємодії з іншими системами, такими як ЛІС. Необхідно проаналізувати побажання та вимоги потенційних користувачів системи, ними зазвичай виступають персонал медичної лабораторії: лаборанти та лікарі. Акумулюючи всі отримані дані, результати досліджень та аналізу медичної лабораторії, наступним кроком є формування функціональних вимог та вимог до видів забезпечень ЛІС, що відповідає кроку 2 комбінованого методу. Відповідно до висунутих вимог, компанія-замовник, ким виступає медична установа визначає перелік ресурсів, які можуть бути виділені на реалізацію ІТ-проєкту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію. Враховуючи висунуті вимоги та визначені ресурси, на кроці 4 відбувається формування пропозиції відносно можливих варіантів ЛІС, які можуть бути розглянуті для впровадження.

Для оцінювання якості ЛІС можна використати метод зваженого підсумкового індексу (Weighted Aggregate Index) [26]. Цей метод базується на оцінюванні важливих показників ЛІС, кожному з яких надається вагове значення.

5 крок комбінованого методу полягає в формуванні вагових коефіцієнтів для груп показників, які описані в підрозділі 2.1. В цій процедурі приймає участь група експертів, яка переважно складається з працівників лабораторії та технічних спеціалістів лікарні. Кожен експерт виконує ранжування груп показників та призначає вагові коефіцієнти для них, які в сумі мають дорівнювати одиниці. Таким чином, кожен експерт визначає, які характеристики якості є більш важливими та пріоритетними при виборі ЛІС. Після цього, підраховуються середні значення вагових коефіцієнтів для груп показників, на основі результатів ранжування всіма експертами.

Крок 6 передбачає розрахунки узагальненого показника якості ЛІС з урахуванням вагових коефіцієнтів за формулою (3.2). При дослідженні та аналізі характеристик та особливостей запропонованих ЛІС, технічні спеціалісти медичної установи оцінюють кожен систему за вказаними групами показників з таблиці 2.1 і відповідно виставляють свої оцінки. Кожна характеристика може мати свою шкалу вимірювання, проте для більш зручного розрахунку необхідно уніфікувати всі оцінки під одну шкалу, яка варіюється від 0 (повністю не задовольняє) до 1 (повністю задовольняє). Для отримання агрегованого значення для кожної групи показників, необхідно розрахувати середнє значення, на основі результатів оцінювання зацікавлених сторін. За допомогою мультиплікативного способу відбувається розрахунок оцінки певної групи показників на її ваговий коефіцієнт. Далі всі отримані зважені оцінки необхідно додати між собою та отримати остаточне значення якості ЛІС. Відповідно до результату, можна аналізувати, що чим вище є остаточне значення, тим якісніша є система, яка розглядається.

На 7 кроці комбінованого методу виконується розрахунок витрат на реалізацію ІТ-проєкту, який враховує фінансові та часові ресурси. Фінансові

витрати мають бути розраховані методом ТСО за формулою (3.3), а нормалізоване значення обчислено за формулою (3.4). Часові обмеження вимірюються в місяцях роботи, а отже нормалізований показник часу розраховуємо за формулою (3.6).

Враховуючи обчислені показники на кроках 6-7, на 8 кроці необхідно розрахувати ефективність потенційних варіантів ЛІС для впровадження за допомогою формули (3.7). В разі якщо всі потенційні варіанти ЛІС були розглянуті та оцінені, то наступний крок 9 передбачає вибір найкращого варіанту ЛІС для впровадження в медичну лабораторію. Якщо не всі варіанти були оцінені в першій ітерації, то варто повторити кроки 4-8.

Виконання 1 етапу комбінованого методу завершується обранням найкращого варіанту ЛІС для впровадження. 2 етап методу виконується після реалізації всіх робіт ІТ-проєкту з впровадження ЛІС та призначений для оцінювання його ефективності. Він починається з того, що варто сформулювати набір показників для оцінювання ефективності проведеного ІТ-проєкту з впровадження ЛІС, як приклад наведено в таблиці 3.1.

На кроці 11 відбувається опитування зацікавлених сторін, отримання зворотного зв'язку і відповідно оцінювання роботи системи, успіху виконання проєкту за тими показниками, які були визначені на попередньому кроці 10. 12 крок передбачає аналіз результатів опитування та розрахунок рівня задоволеності зацікавлених сторін за формулою (3.10).

На останньому 13 кроці виконується оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію, використовуючи критерій ефективності за формулою (3.11).

4 АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ З МЕТОЮ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОЇ ЛІС ТА ПОДАЛЬШЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАНОГО ІТ-ПРОЄКТУ НА ПРИКЛАДІ ІСНУЮЧОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

Для проведення апробації розробленого методу було обрано за об'єкт дослідження багатопрофільну лікарню, в якій функціонує КДЛ. Цей структурний підрозділ відіграє велику роль у лікарні, адже всі лабораторні дослідження, включаючи загальноклінічні, гематологічні, біохімічні виконуються в цій лабораторії.

МІС, яка впроваджена в лікарні є досить відкритою для інтеграції з іншими системами, оскільки має доступне АРІ, тобто програмні інтерфейси, які забезпечують комунікацію з зовнішніми системами. Таким чином, ЛІС, яка також підтримує стандартні протоколи передачі та шифрування даних, може бути інтегрована в суцільну систему з МІС.

Проаналізувавши потреби користувачів, а також пропозиції зацікавлених сторін, було сформовано наступний список вимог до ЛІС, який включає:

- зручний та легкий для розуміння та сприйняття користувацький інтерфейс;
- можливість передачі результатів досліджень та інших даних напряму до інших підрозділів лікарні;
- можливість формувати бланки з результатами досліджень для клінічного аналізу крові, клінічного аналізу сечі, біохімічного аналізу крові, коагулограма, аналіз мокротиння та інші;
- забезпечити автоматизацію таких бізнес-процесів: облік та контроль якості виконання лабораторних досліджень, облік реактивів та засобів, ведення журналів реєстрації, оперування результатами досліджень;

- забезпечити наявність лабораторних пристроїв, аналізаторів задля ефективного проведення досліджень та швидкої видачі результатів;
- інше.

Ресурси, які заплановано виділити на виконання ІТ-проєкту з впровадження ЛІС будуть становити:

- фінансові обмеження: 2 000 000 грн на придбання, впровадження та введення в експлуатацію ЛІС в медичну лабораторію;
- часові обмеження: реалізація ІТ-проєкту повинна відбутись за 10 місяців.

Загалом ІТ-проєкт з впровадження ЛІС в медичну лабораторію повинен відбуватись за такою послідовністю, яка відображена на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Послідовність реалізації ІТ-проєкту

Вибір найкращої ЛІС для впровадження буде здійснюватися серед запропонованих на ринку. Оскільки існує різноманітність програмних рішень, які реалізують функціонал таких систем, у нашому випадку необхідно приділяти увагу ЛІС, які здатні інтегруватися з МІС. Нижче представлені такі системи:

- Cerner Millennium PathNet (далі – Cerner);
- Sunquest Information Systems (далі – Sunquest);
- Epic Beaker (далі – Beaker);
- McKesson STARLIMS (далі – StarLims);
- Meditech LAB (далі Meditech).

Компанії-розробники даних систем надали свої оцінки необхідних ресурсів, які знадобляться для реалізації IT-проєкту з впровадження ЛІС, базуючись на вхідних даних замовника (багатопрофільної лікарні), висунутих вимог та обмежень. В таблиці 4.1 відображено необхідні ресурси, які кожна компанія розраховувала для виконання даного IT-проєкту.

Таблиця 4.1 – Потреби в ресурсах кожної компанії-виконавця

Варіант ЛІС	Фінансові ресурси	Часові ресурси
1	2	3
Cerner	ЛІС та обладнання – 1 000 000 грн Впровадження – 300 000 грн Технічне обслуговування – 100 000 грн Час простою – 100 000 грн	7 місяців
Sunquest	ЛІС та обладнання – 1 300 000 грн Впровадження – 300 000 грн Технічне обслуговування – 50 000 грн Час простою – 50 000 грн	6 місяців
Beaker	ЛІС та обладнання – 600 000 грн Впровадження – 200 000 грн Технічне обслуговування – 150 000 грн Час простою – 50 000 грн	9 місяців
StarLims	ЛІС та обладнання – 500 000 грн Впровадження – 200 000 грн Технічне обслуговування – 50 000 грн Час простою – 50 000 грн	5 місяців

Кінець таблиці 4.1

Meditech	ЛІС та обладнання – 1 000 000 грн Впровадження – 500 000 грн Технічне обслуговування – 200 000 грн Час простою – 100 000 грн	3 місяці
----------	---	----------

Після того, як вище згадані компанії надали більш детальну інформацію про свої системи, їх характеристики, автоматизовані бізнес-процеси, переваги та недоліки, а також список лабораторного обладнання, яке вони можуть забезпечити, експерти з лікарні можуть об'єктивно оцінити якість кожної ЛІС за списком сформованих характеристик (груп показників). В таблицях 4.2-4.6 наведені оцінки характеристик для кожної з ЛІС, які потенційно розглядаються для впровадження.

Таблиця 4.2 – Оцінки характеристик для ЛІС Cerner

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.95	0.80	0.88	0.90	0.75	0.856
Продуктивність	0.70	0.60	0.85	0.65	0.80	0.72
Зручність використання	0.55	0.90	0.70	0.80	0.95	0.78
Надійність	0.80	0.75	0.90	0.85	0.65	0.79
Сумісність	0.65	0.70	0.50	0.80	0.60	0.65
Безпека	0.90	0.85	0.95	0.70	0.80	0.84
Супроводжуваність	0.75	0.80	0.70	0.85	0.65	0.75
Портативність	0.60	0.55	0.75	0.70	0.50	0.62
Гнучкість	0.80	0.65	0.85	0.60	0.70	0.72
Документованість	0.90	0.70	0.85	0.80	0.75	0.8
Відновлюваність даних	0.65	0.80	0.75	0.70	0.85	0.75

Таблиця 4.3 – Оцінки характеристик для ЛІС Sunquest

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.95	0.90	0.92	0.91	0.93	0.922
Продуктивність	0.89	0.87	0.90	0.88	0.85	0.878
Зручність використання	0.93	0.91	0.94	0.90	0.92	0.920
Надійність	0.88	0.90	0.87	0.89	0.86	0.880
Сумісність	0.84	0.85	0.82	0.83	0.80	0.828
Безпека	0.91	0.89	0.90	0.92	0.88	0.900
Супроводжуваність	0.87	0.85	0.88	0.86	0.84	0.860
Портативність	0.82	0.80	0.83	0.81	0.79	0.810
Гнучкість	0.86	0.84	0.85	0.87	0.83	0.850
Документованість	0.90	0.88	0.91	0.89	0.87	0.890
Відновлюваність даних	0.85	0.83	0.84	0.82	0.86	0.840

Таблиця 4.4 – Оцінки характеристик для ЛІС Beaker

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.70	0.72	0.68	0.71	0.69	0.700
Продуктивність	0.65	0.67	0.64	0.66	0.63	0.650
Зручність використання	0.73	0.70	0.72	0.71	0.74	0.720
Надійність	0.68	0.70	0.67	0.69	0.66	0.680
Сумісність	0.65	0.67	0.63	0.66	0.64	0.650
Безпека	0.72	0.70	0.73	0.71	0.69	0.710
Супроводжуваність	0.67	0.69	0.68	0.65	0.66	0.670
Портативність	0.64	0.66	0.62	0.65	0.63	0.640
Гнучкість	0.68	0.70	0.67	0.69	0.65	0.678
Документованість	0.71	0.73	0.70	0.72	0.74	0.720
Відновлюваність даних	0.66	0.68	0.65	0.67	0.64	0.660

Таблиця 4.5 – Оцінки характеристик для ЛІС StarLims

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.50	0.55	0.52	0.54	0.51	0.524
Продуктивність	0.45	0.47	0.43	0.46	0.44	0.450
Зручність використання	0.57	0.55	0.58	0.56	0.59	0.570
Надійність	0.53	0.55	0.51	0.54	0.52	0.530
Сумісність	0.48	0.50	0.47	0.49	0.46	0.480
Безпека	0.56	0.54	0.57	0.55	0.53	0.550
Супроводжуваність	0.49	0.52	0.50	0.48	0.51	0.500
Портативність	0.45	0.47	0.44	0.46	0.43	0.450
Гнучкість	0.52	0.50	0.53	0.51	0.49	0.510
Документованість	0.54	0.56	0.55	0.53	0.57	0.550
Відновлюваність даних	0.51	0.53	0.50	0.52	0.49	0.510

Таблиця 4.6 – Оцінки характеристик для ЛІС Meditech

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.80	0.82	0.78	0.81	0.79	0.800
Продуктивність	0.75	0.77	0.74	0.76	0.73	0.750
Зручність використання	0.82	0.80	0.83	0.79	0.81	0.810
Надійність	0.78	0.80	0.77	0.79	0.76	0.780
Сумісність	0.74	0.76	0.72	0.75	0.73	0.740
Безпека	0.81	0.79	0.82	0.78	0.80	0.800
Супроводжуваність	0.77	0.79	0.76	0.74	0.75	0.762
Портативність	0.73	0.75	0.71	0.74	0.72	0.730
Гнучкість	0.79	0.77	0.80	0.76	0.78	0.780
Документованість	0.82	0.80	0.83	0.81	0.79	0.810
Відновлюваність даних	0.76	0.78	0.75	0.77	0.74	0.760

У таблиці 4.7 експертами призначено вагові коефіцієнти до кожної групи показників та розраховано середні значення вагових коефіцієнтів.

Таблиця 4.7 – Вагові коефіцієнти від експертів

Характеристика (група показників)	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Функціональність	0.1	0.2	0.05	0.08	0.15	0.116
Продуктивність	0.05	0	0.2	0.1	0.1	0.09
Зручність використання	0.15	0.1	0.05	0.1	0.05	0.09
Надійність	0.1	0.3	0.1	0.05	0.1	0.13
Сумісність	0.2	0.1	0.35	0.2	0.1	0.19
Безпека	0.07	0.1	0	0.1	0.2	0.094
Супроводжуваність	0.05	0	0.04	0.1	0.1	0.058
Портативність	0	0	0.1	0.02	0	0.024
Гнучкість	0.03	0.04	0	0.1	0.03	0.04
Документованість	0.15	0.1	0.1	0.05	0.05	0.09
Відновлюваність даних	0.1	0.06	0.01	0.1	0.12	0.078

Тепер розрахуємо загальний зважений показник якості K_{LIS} для кожної з систем, результати відображено нижче.

$$K_{Cerner} = (0.856 \times 0.116 + 0.72 \times 0.09 + 0.78 \times 0.09 + 0.79 \times 0.13 + 0.65 \times 0.19 + 0.84 \times 0.094 + 0.75 \times 0.058 + 0.62 \times 0.024 + 0.72 \times 0.04 + 0.8 \times 0.09 + 0.75 \times 0.078) = 0.7571,$$

$$K_{Sunquest} = (0.922 \times 0.116 + 0.878 \times 0.09 + 0.92 \times 0.09 + 0.88 \times 0.13 + 0.828 \times 0.19 + 0.9 \times 0.094 + 0.86 \times 0.058 + 0.81 \times 0.024 + 0.85 \times 0.04 + 0.89 \times 0.09 + 0.84 \times 0.078) = 0.8740,$$

$$K_{Beaker} = (0.7 \times 0.116 + 0.65 \times 0.09 + 0.72 \times 0.09 + 0.68 \times 0.13 + 0.65 \times 0.19 + 0.71 \times 0.094 + 0.67 \times 0.058 + 0.64 \times 0.024 + 0.678 \times 0.04 + 0.72 \times 0.09 + 0.66 \times 0.078) = 0.6807,$$

$$K_{Starlims} = (0.524 \times 0.116 + 0.45 \times 0.09 + 0.57 \times 0.09 + 0.53 \times 0.13 + 0.48 \times 0.19 + 0.55 \times 0.094 + 0.5 \times 0.058 + 0.45 \times 0.024 + 0.51 \times 0.04 + 0.55 \times 0.09 + 0.51 \times 0.078) = 0.5138,$$

$$K_{Meditech} = (0.8 \times 0.116 + 0.75 \times 0.09 + 0.81 \times 0.09 + 0.78 \times 0.13 + 0.74 \times 0.19 + 0.8 \times 0.094 + 0.762 \times 0.058 + 0.73 \times 0.024 + 0.78 \times 0.04 + 0.81 \times 0.09 + 0.76 \times 0.078) = 0.7754.$$

Розрахуємо фінансові витрати на впровадження кожної системи, методом сукупної вартості. В таблиці 4.8 відображено результати до нормалізації показника C_{LIS} та після C'_{LIS} .

Таблиця 4.8 – Показники фінансових витрат для варіантів ЛІС

Варіант ЛІС	C_{LIS}	C'_{LIS}
1	2	3
<i>Cerner</i>	1 500 000 грн	$\frac{1\,500\,000}{2\,000\,000} = 0.75$
<i>Sunquest</i>	1 700 000 грн	$\frac{1\,700\,000}{2\,000\,000} = 0.85$
<i>Beaker</i>	1 000 000 грн	$\frac{1\,000\,000}{2\,000\,000} = 0.5$
<i>Starlims</i>	800 000 грн	$\frac{800\,000}{2\,000\,000} = 0.4$
<i>Meditech</i>	1 800 000 грн	$\frac{1\,800\,000}{2\,000\,000} = 0.9$

Розрахуємо нормалізовані показники часових обмежень для кожної ЛІС.

$$T'_{Cerner} = \frac{7-3}{9-3} = 0.66,$$

$$T'_{Sunquest} = \frac{6-3}{9-3} = 0.5,$$

$$T'_{Beaker} = \frac{9-3}{9-3} = 1,$$

$$T'_{Starlims} = \frac{5-3}{9-3} = 0.33,$$

$$T'_{Meditech} = \frac{3-3}{9-3} = 0.$$

На даному етапі, маючи всі ключові показники для оцінювання ефективності ЛІС, розрахуємо найкращий варіант ЛІС серед 5 запропонованих.

$$E_{Cerner} = \frac{0.7571}{0.75+0.66} = 0.5369,$$

$$E_{Sunquest} = \frac{0.8740}{0.85+0.5} = 0.6474,$$

$$E_{Beaker} = \frac{0.6807}{0.5+1} = 0.4538,$$

$$E_{Starlims} = \frac{0.5138}{0.4+0.33} = 0.7038,$$

$$E_{Meditech} = \frac{0.7754}{0.9+0} = 0.8615.$$

За результатами оцінювання ефективності ЛІС, використовуючи критерій оцінювання, було виявлено, що найкращим варіантом ЛІС для впровадження буде система – Meditech LAB. Вона має досить гарні показники якості, що свідчить про її конкурентоспроможність з іншими ЛІС. Час впровадження системи, заявлений розробниками становить всього 3 місяці, хоча ціна є найбільшою серед всіх варіантів можливих ЛІС. Проте, за рахунок того, що така вартість вкладається в заплановані витрати на ІТ-проект – таке рішення можна розглядати.

Тепер переходимо до 2 етапу комбінованого методу, який націлений на оцінювання ефективності ІТ-проєкту з впровадження ЛІС в медичну лабораторію після безпосереднього виконання компанією-розробником.

Оцінювання ефективності виконання робіт ІТ-проєкту здійснюється зацікавленими сторонами, які взаємодіють з системою, за показниками, які наведені в таблиці 3.1. Оцінки показників ефективності ІТ-проєкту, сформовані експертами наведені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Оцінки показників ефективності ІТ-проєкту

Показник ефективності	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7
Дотримання фінансових обмежень	1	1	1	1	1	1
Дотримання часових обмежень	1	1	1	1	1	1
ЛІС відповідає заявленим показникам якості	0.93	1	0.91	0.95	0.89	0.936
ЛІС повністю інтегрована в МІС	0.88	0.87	1	0.85	0.92	0.904
Відсутність скарг, невдоволень при роботі з ЛІС	1	0.94	0.89	0.90	0.88	0.922
Відсутність багів, помилок в системі	0.92	0.88	0.95	1	0.90	0.930

Розрахуємо узагальнене значення показника задоволеності зацікавлених сторін:

$$M_{IT} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \bar{L}_i = \frac{1+1+0.936+0.904+0.922+0.930}{6} \approx 0.95,$$

Відповідно до цих результатів, можемо стверджувати, що роботи по ІТ-проєкту було виконано на 95%. Аналізуючи оцінки експертів, можемо зробити висновок, що впроваджена система має незначні функціональні недоліки, про що свідчать результати оцінок зацікавлених сторін. Разом з тим, бачимо дотримання фінансових та часових обмежень з боку виконавця.

Тепер застосовуючи критерій оцінювання ефективності ІТ-проєктів для лабораторних систем E_{IT} , розрахуємо ефективність цього ІТ-проєкту з впровадження ЛІС для медичної лабораторії.

$$E_{IT} = 0.8615 * 0.95 = 0.8184,$$

Відповідно до результату, можемо проаналізувати, що ефективність ІТ-проєкту дещо відхиляється від запланованого показника ефективності ЛІС, за рахунок немаксимального рівня задоволеності зацікавлених сторін. Проте, рівень задоволеності, який становить 95% все ще є високим показником, незважаючи на незначні недоліки, які було допущені в процесі впровадження ЛІС в медичну лабораторію. Даний результат свідчить про те, що компанія, яка впровадила ЛІС виконала свої задачі та обов'язки на високому рівні, і таким чином цей досвід співпраці буде корисним для інших медичних лабораторій, які бажають здійснити подібні ІТ-проєкти.

ВИСНОВКИ

У рамках цієї кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження методів оцінювання ефективності ІТ-проектів для медичних лабораторій. Основна увага була зосереджена на розробці комбінованого методу та описі технології його застосування, яка враховує функціональні, фінансові та часові аспекти впровадження ЛІС.

Методика оцінювання, розроблена у дослідженні, дозволяє оцінити не лише безпосередню вартість придбання та впровадження ЛІС, але й всі супутні витрати, пов'язані з експлуатацією та супроводом системи. Такий підхід забезпечує більш повне уявлення про економічну ефективність проекту та допомагає приймати виважені управлінські рішення.

В процесі дослідження було виявлено, що більшість клініко-діагностичних лабораторій мають потребу в автоматизації процесів та підвищенні якості послуг. Розроблений комбінований метод оцінювання ефективності ІТ-проектів може стати важливим інструментом для вибору якісних рішень та планування майбутнього вдосконалення медичних лабораторій.

Результати апробації підтвердили, що використання комбінованого методу сприяє обґрунтованому вибору якісної ЛІС та об'єктивності оцінювання ІТ-проекту при її впровадженні. В якості подальших досліджень можна удосконалити запропонований метод, застосовуючи більш ретельний аналіз проведених проектних робіт з метою досягнення максимальної ефективності впровадження ЛІС.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи була оформлена згідно ДСТУ [27, 28].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Управління проектами в галузі інформаційних технологій» / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 24 с.
2. Laboratory's role in modern healthcare. *WizardHealth*. URL: <https://www.wizardhealth.co/laboratorys-role-in-modern-healthcare/?lang=en> (дата звернення: 01.04.2024).
3. Olver P, Bohn MK, Adeli K. Central role of laboratory medicine in public health and patient care. *Clin Chem Lab Med* 2023;61(4):666–673. DOI: 10.1515/CCLM-2022-1075 (режим доступу: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2022-1075/html>).
4. Веретельніков Д.М. Оцінювання ефективності медичних лабораторних систем // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 6, ч.1. – С. 132–133.*
5. Види лабораторій і лабораторних аналізів. *Медична справа*. URL: <https://medplatforma.com.ua/article/2244-vidi-laboratornih-dosliden> (дата звернення: 01.04.2024).
6. Аналіз ринку лабораторних послуг України. 2023 рік. *Анализ рынка. Заказать анализ рынка на Pro-Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-laboratornyh-uslug-v-ukraine-2023-god> (дата звернення: 03.04.2024).
7. Мічурін І. Є. Програмна система для управління діяльністю мережі медичних лабораторій // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-*

го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 6, ч. 1. – С. 355–356.

8. Лабораторні інформаційні системи: як, навіщо і для чого. Гребінка | Гребінківський міський сайт Grebenka.com. Режим доступу: <https://www.grebenka.com/blog/laboratorni-informacijni-sistemi-jak-navishho-i-dlja-chogo/2021-05-06-8798> (дата звернення: 03.04.2024).

9. Лебединець В.О., Сирова Г.О., Новікова І.В., Макаров В.О., Завада О.О. Лабораторні інформаційні системи // Збірник матеріалів XIV науково-практичної конференції «Управління якістю в фармації», 22.05.2020 – Харків, 2020 – с. 83-84.

10. Automate Your Laboratory with the Global Leader for LIMS and ELN. URL: <https://www.labware.com/> (дата звернення: 06.04.2024).

11. Лабораторні Інформаційні Системи LIMS Terra Lab. *TerraLab*. URL: <https://limsterralab.com/> (дата звернення: 06.04.2024).

12. Anatomic Pathology Laboratory - Software Solutions & Workflows - Clinisys. *Clinisys*. URL: <https://www.clinisys.com/int/en/solutions/healthcare/clinisys-anatomic-pathology-laboratory/> (дата звернення: 06.04.2024).

13. BIOMIC V3 Microbiology System - Product Literature. *Giles Scientific USA*. URL: <https://www.biomic.com/product-literature.html> (дата звернення: 06.04.2024).

14. Критерій вибору структури інформаційної системи закладів Служби крові / Д. К. Міхнов, А. В. Міхнова, К. С. Чиркова, А. В. Чінілін // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2017. – № 1 (88). – С. 41–44.

15. CoaguChek XS system. *Diagnostics*. URL: <https://diagnostics.roche.com/global/en/products/instruments/coaguchek-xs-ins-804.html> (дата звернення: 06.04.2024).

16. ДСТУ ISO/IEC 25010:2015 Інженерія програмних засобів і систем. Вимоги щодо якості та оцінювання систем і програмного продукту (SQuaRE).

Моделі якості системи та програмних засобів. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015. – 30 с.

17. Веретельников Д. М. Аналіз показників якості лабораторної інформаційної системи та їх вплив на показники оцінювання ефективності ІТ-проектів при її впровадженні або модернізації // *Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті*. – Т. 6 : Конференція «Інформаційні інтелектуальні системи» : матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, 16–18 квіт. 2024 р. / М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – 958 с. – С. 149-151. – DOI: 10.30837/IYF.IIS.2024.149

18. Yeroshkina T. V., Derevyanko D. V. Analysis of the states of the activity of the laboratory service of the industrial region of Ukraine and the ways of its optimization. *Medicni perspektivi (Medical perspectives)*. 2019. Vol. 24, no. 1. P. 94–100. URL: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.1.162317> (date of access: 10.04.2024).

19. Kenton W. Activity-Based Costing (ABC): Method and Advantages Defined with Example. *Investopedia*. URL: <https://www.investopedia.com/terms/a/abc.asp> (дата звернення: 12.04.2024).

20. Gillis A. S. What Is ROI? How to Calculate Return on Investment | Definition from TechTarget. *CIO*. URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/ROI> (дата звернення: 13.04.2024).

21. Total Cost of Ownership (TCO) - CIO Wiki. *CIO Wiki*. URL: [https://cio-wiki.org/wiki/Total_Cost_of_Ownership_\(TCO\)](https://cio-wiki.org/wiki/Total_Cost_of_Ownership_(TCO)) (дата звернення: 14.04.2024).

22. Total Economic Impact Methodology. *Forrester*. URL: <https://www.forrester.com/policies/tei/> (дата звернення: 15.04.2024).

23. Rapid Economic Justification (REJ) - CIO Portal. *CIO Portal*. URL: <https://cioindex.com/references/rapid-economic-justification-rej/> (дата звернення: 16.04.2024).

24. Economic Value Added (EVA). *Corporate Finance Institute*. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/economic-value-added-eva/> (дата звернення: 16.04.2024).

25. Функціонально-вартісний аналіз як метод удосконалення об'єкту. Реферат. *Освіта.UA*. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/18693/ (дата звернення: 02.05.2024).

26. Methods of calculating Weighted Index Numbers. *GeeksforGeeks*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/methods-of-calculating-weighted-index-numbers/> (дата звернення: 05.05.2024).

27. ДСТУ 3008:2015 "Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення" — Київ : Держстандарт України, 2017. — 31 с.

28. ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» — Київ : Держстандарт України, 2017. — 20 с.