

УДК 004.9:61

С.В. ТИМЧИК, Н.В. ТІТОВА, В.Е. КРИВНОСОВ, О.С. КОЗОРИЗ,
Д.М. БАРАНОВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

М. В. БАЧИНСЬКИЙ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

В.О. НОВІКОВ

Херсонський національний технічний університет

МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

У даній роботі розглянуто проблему розрахунку ефективності медичних інформаційних систем (МІС) і технологій (МІТ). Визначено шляхи підвищення рівня ефективності. Запропоновано комплекс найбільш інформативних та зручних методик для оцінки ефективності медичних інформаційних систем, що забезпечує оцінку: функціональної повноти системи, комфортності користування, здатності системи до взаємодії з іншими системами, модульності апаратного та програмного забезпечення.

Ключові слова: методика розрахунку, медичні інформаційні системи, медичні інформаційні технології.

С.В. ТИМЧИК, Н.В. ТИТОВА, В.Е. КРИВНОСОВ, А.С. КОЗОРИЗ,
Д.М. БАРАНОВСКИЙ

Винницкий национальный технический университет

М.В. БАЧИНСКИЙ

Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя

В.А. НОВИКОВ

Херсонский национальный технический университет

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

В данной работе рассмотрена проблема расчета эффективности медицинских информационных систем (МИС) и технологий (МИТ). Определены пути повышения уровня эффективности. Предложен комплекс наиболее информативных и удобных методик для оценки эффективности медицинских информационных систем, обеспечивающий оценку: функциональной полноты системы, комфортности пользования, способности системы к взаимодействию с другими системами, модульности аппаратного и программного обеспечения.

Ключевые слова: методика расчета, медицинские информационные системы, медицинские информационные технологии.

S.V. TYMCHYK, N.V. TITOVA, V.E. KRIVONOSOV, O.S. KOZORIZ,
D.M. BARANOVSKIY

Vinnytsia National Technical University

M.V. BACHYNS'KYI

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

V.O. NOVIKOV

Kherson National Technical University

METHOD OF CALCULATING THE EFFICIENCY OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

In this paper, the problem of calculating the efficiency of health information systems and technologies. The ways to improve efficiency. The complex of the most informative and convenient methods for evaluating the effectiveness of health information systems, providing assessment: functional completeness of the system, comfort of use, the ability of the system to interact with other systems, the modularity of hardware and software.

Keywords: method of calculation, medical information systems, healthcare information technology.

Постановка проблеми

Існує безліч різноманітних медичних, інформаційних, автоматизованих та інших систем і технологій, розробка яких була виконана з порушеннями діючих стандартів, вимог і принципів проектування.

Це призвело до того, що зробити об'єктивним порівняльний аналіз таких систем стало практично неможливо, і це незважаючи на важливість зазначеного критерію. Причинами виникнення такої ситуації можна вважати: невідповідність очікування керівництва закладів охорони здоров'я (ЗОЗ) при впровадженні МІС або МІТ реальним можливостям системи і відсутність кваліфікованого медперсоналу для роботи з МІС; нерозуміння того, наскільки можуть відрізнятись за рівнем складності інформаційної системи або технології і неусвідомлення того, якої складності МІС необхідно встановити в тому чи іншому ЗОЗ; відсутність професійного сервісу та супроводження при впровадженні, неорядність розробника тощо. В якості прикладу, на рис. 1 показано існуючу схему таких причин і наслідків, що характерні для вітчизняної сімейної медицини.

Формулювання мети дослідження

Оцінка ефективності медичних приладів, інформаційних систем і технологій здійснюється, в основному в напрямку оцінки похибки вимірювань, визначення достовірності обробки даних, оцінки апаратно-програмних засобів та обробки біомедичних зображень медико-соціальними критеріями, критеріями доказової медицини, техніко-економічними показниками тощо. З наведеного видно, наскільки складна і не завжди зрозуміла проблема виникає із однієї невеликої і невирішеної задачі – визначення медичних, соціальних і техніко-економічних критеріїв та показників для оцінки роботи медичних інформаційних систем і технологій та якості медичної допомоги, що надається за їх участі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розглянемо узагальнену методику розрахунку показників ефективності та якості роботи МІС і медичної допомоги, що надається за рахунок їх застосування. Структура методики складається з розрахунків за результатами вимірювань психофізіологічних показників інструментальними вимірювальними каналами; комбінованої методики техніко-економічних показників адекватності та якості; розрахунку достовірності проведених досліджень, методики розрахунку за методом «усунутого ідеалу».

Метод порівняльного аналізу

Відомо, що більшість класифікацій медичних інформаційних систем заснована на ієрархічному принципі, що відповідає багаторівневій структурі охорони здоров'я [1].

При цьому в МІС можна виділити три основні складові: медичне, апаратне (технічне) та програмне забезпечення. Медичне забезпечення включає в себе методи і підходи до реалізації сформульованих або обраних медичних завдань, ефективність вирішення яких перебуває в прямій залежності від структури і можливостей апаратного та програмного забезпечення [1, 2, 3].

Також мається на увазі, що невід'ємною частиною програмного є інформаційне забезпечення у вигляді підсистем підтримки прийняття рішень, математичних та інформаційних моделей, методів, принципів побудови та критеріїв оцінювання. Медичне забезпечення включає в себе комплекти використовуваних методик, перелік фізіологічних параметрів і методів їх вимірювання, визначення способів і допустимих меж впливу системи на пацієнта [1].

Під апаратним забезпеченням розуміють засоби реєстрації та обробки медико-біологічної інформації, здійснення лікувальних впливів, обчислювальної і комп'ютерної техніки [1].

Таким чином, порівняльною базою для розробленої системи та її аналогів повинні бути дві групи критеріїв: 1 – критерії, що оцінюють медичне забезпечення, включаючи і соціальні аспекти; 2 – критерії, що оцінюють інформаційне, апаратне і програмне забезпечення [4].

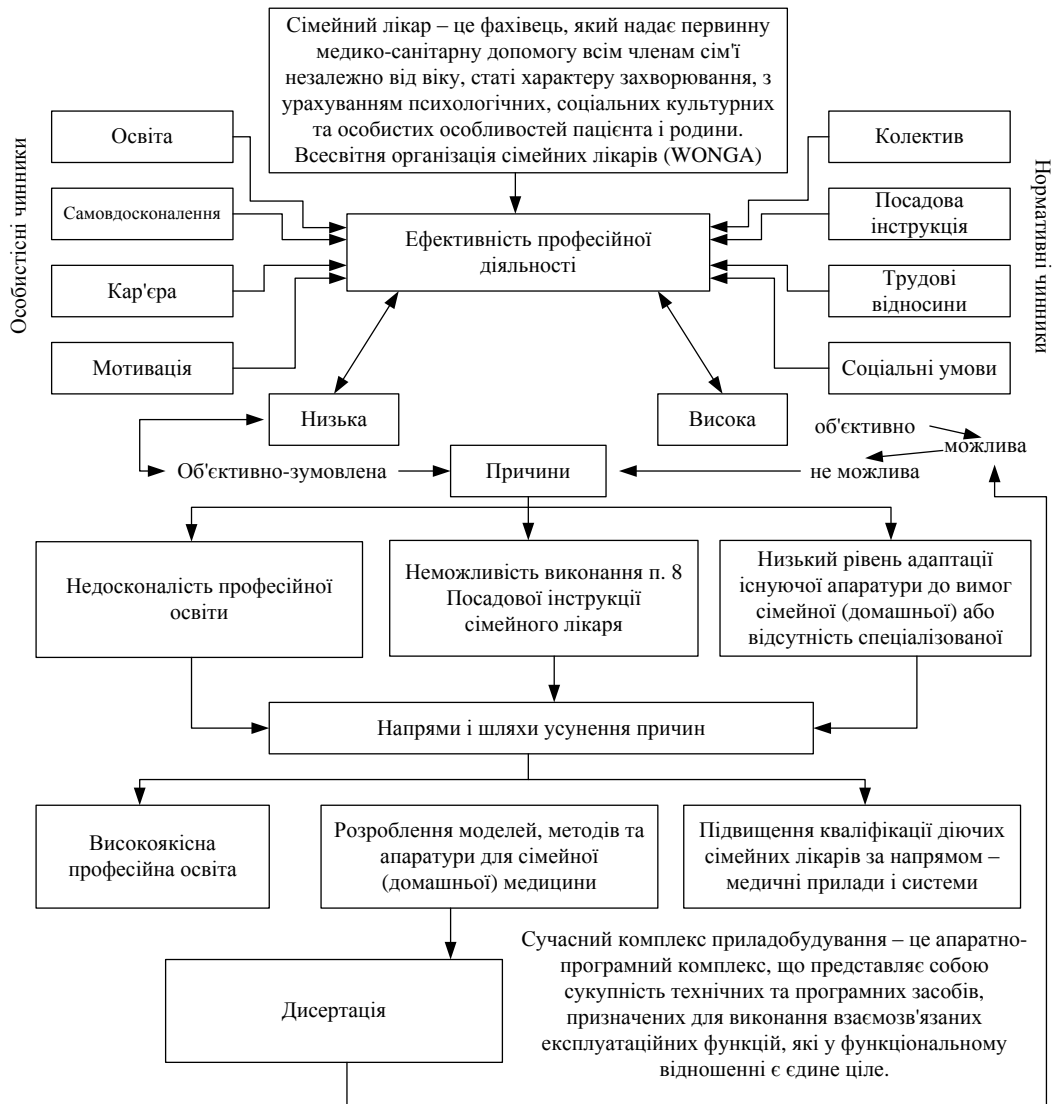


Рис. 1. Схема причин і наслідків низької ефективності роботи інформаційних систем і приладів в сімейній медицині

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналіз сучасних медичних інформаційних систем різного призначення дозволив визначити наступний перелік критеріїв для оцінки медичного забезпечення:

1. Критерії, що оцінюють здоров'я операторів (за складовими)
 - 1.1 ФР - фізичний розвиток (+ ; -).
 - 1.2 ФС - Функціональний стан (+ ; -).
 - 1.3. ФПР - фізична працездатність (+ ; -).
 - 1.4 ФЗ - фізичне здоров'я (+ ; -).
2. Критерії, що оцінюють здоров'я операторів (за показниками)
 - 2.1 Інтегральні (+ ; -).
 - 2.2 Аеробні (+ ; -).
 - 2.3 Анаеробні (+ ; -).
 - 2.4 Функціональні (+ ; -).
 - 2.5 Соматоскопічні (+ ; -).
 - 2.6 Антропометричні (+ ; -).
 - 2.7 Психологічні (+ ; -).
3. Критерій інформативності фізіологічних параметрів (+ ; -).
4. Індекс здоров'я (+ ; -).
5. Індекс фізичного стану (+ ; -).
6. Медичні стандарти, що підтримуються системою:
 - 6.1HL7V3 (+ ; -).

6.2 DICOM (+ ;-).

6.3 CDA (+ ;-).

Критерії для оцінювання апаратної і програмної (в т. числі і інформаційної) складових, за своєю суттю, представляють дві основні групи: 1 – критерії, що оцінюють функціональні можливості, рівень виконання, зручність і доступність для користувача і 2 – критерії, що оцінюють систему та аналоги з інформаційної точки зору і перспектив розвитку.

До першої групи критеріїв відносяться [4]:

- клієнт-серверна архітектура (+ ;-);
- підключення додаткових модулів (+ ;-);
- автоматизація процедури дослідження і обробки результатів (+ ;-);
- підсистема ППР (підтримки прийняття рішень) (+ ;-);
- вбудована об'єктно-орієнтована СУБД (+ ;-);
- доступність:
 - для масових користувачів (+ ;-);
 - для спеціалізованих користувачів (+ ;-);
- коефіцієнт ефективності апаратних засобів КАЗ (0-1);
- наявність режиму телеконсультації (+ ;-);
- захист від несанкціонованого доступу (+ ;-).

Друга група критеріїв включає в себе [4]:

- критерій часової відповідності (+ ;-);
- критерій оптимальності за часом (+ ;-);
- актуальність (0-1);
- інноваційний потенціал (0-1);
- потенційну корисність (0-1);
- перспективність (0-1);
- реалізацію (0-1).

Друга група критеріїв значною мірою визначається експертною оцінкою і вимагає участі групи експертів. Відбір експертів і їх компетентність пропонується оцінювати за методикою, розробленою на кафедрі БМІ ВНТУ (Злепко С.М. 1990 р), яка добре зарекомендувала себе ось уже на протязі більш 20 років. Відповідно до неї, компетентність експертів визначається за допомогою коефіцієнта компетентності:

$$K_{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N K_{jl}, \quad - l = 1...N, \tag{1}$$

де і - порядковий номер експерта; N - кількість експертів; K_{jl} - думка і-го експерта про компетентність l-го експерта, виражена в% від максимальної компетентності з точністю до 1% (або 0,01). Поріг компетентності експертів традиційно приймається на рівні 75% (0,75).

Результати порівняльного аналізу наведені в табл. 1 (медичне забезпечення) і 2 (апаратне та програмне забезпечення) (шаблони представлені нижче):

Таблиця 1

Порівняльний аналіз розробленої системи і аналогів (медичне забезпечення) (шаблон)

№ п/п	Система (комплекс)	Критерії оцінки здоров'я (за складовими)				Критерії оцінки ефективності та якості здоров'я							Збільшення пропускної здатності	
		ФР- фізичний розвиток	ФС- функціональний стан	ФПР- фізична працездатність	ФЗ - фізичне здоров'я	Інтегральні	Обсяг наданих медичних послуг	Економічність	Ефективність діяльності	Задоволеність якістю отриманої медичної допомоги	Якість наданої меддопомоги	Результативність роботи комплексу системи		НІЛ7v3

Таблиця 2

Порівняльний аналіз розробленої системи і аналогів (апаратне і програмне забезпечення) (шаблон)

№	Система (комплекс)	Доступність					Критерії інноваційного розвитку							
		Підсистема підтримки прийняття рішень	Вбудована об'єктивно-орієнтована СУБД	Коефіцієнт ефективності апаратних засобів КАЗ	Критерій оцінки функціональної повноти	Режим телеконсультації	Захист від несанкціонованого доступу	Критерій часової відповідності	Критерій оптимальності по часу	Актуальність	Інноваційний потенціал	Потенційна корисність	Перспективність	Реалізованість
Критерії														

З огляду на те, що ряд критеріїв, наведених в табл. 1, 2, використовується вперше, дамо їх коротку характеристику або опис.

Коефіцієнт ефективності апаратних засобів забезпечує оцінку технічного забезпечення системи в динаміці лікувально-діагностичного процесу і визначається формулою [4]:

$$K_{AC} = \frac{N_p \cdot t_{cp}}{N_{\Sigma} \cdot t_{pd}}, \quad (2)$$

де N_p – кількість задіяної в дослідженні апаратури; t_{cp} – середній час використання апаратури; N_{Σ} – загальна кількість апаратури в складі системи; t_{pd} – тривалість робочого дня.

Застосування клієнт-серверної архітектури при створенні системи оптимізує обмін інформацією та її потоки всередині комплексу, забезпечуючи оперативний доступ до будь-яких даних, що також дає можливість підключення до системи додаткових вимірювальних або інших модулів при умові використання одного і того ж протоколу обміну даними.

Об'єктно-орієнтована система управління базами даних (СУБД), яка є обов'язковою для будь-якої МІС, забезпечує лікаря великими обсягами інформації, що зберігається в структурованій і зручній для подання формі.

Одним з обов'язкових аспектів системи є підтримка її інформаційним забезпеченням міжнародних загальноприйнятих стандартів HL7v3, DICOM, CDA з іншими інформаційними системами.

При виборі фізіологічних параметрів, що використовуються в системі, найважливішим критерієм обрано інформативність, яка оцінюється за допомогою інформаційної міри Кульбака [4].

$$J(x) = 100 \lg \frac{P(X_j / A_1)}{P(X_j / A_2)} \cdot \frac{P(X_j / A_1) - P(X_j / A_2)}{2}, \quad (3)$$

де $J(x)$ – інформаційна цінність параметра; $P(X_j / A_1)$ – умовна ймовірність інформаційної групи j ознаки X разом студентів з діагнозами (A_1); $P(X_j / A_2)$ – умовна ймовірність інформаційної групи j ознаки X разом студентів в контрольній групі (A_2).

Серед критеріїв, які оцінюють експлуатаційно-технічні показники порівнюваних систем, досить інформативними виявилися критерій часової відповідності [5], що пропонує відбір найбільш підходящих сценаріїв розвитку системи від існуючого стану на її еволюційній лінії і критерій оптимальності за часом [5], який забезпечує вибір методик, що найбільш швидко зможуть перевести систему на більш високий рівень [4].

Наявність WEB-інтерфейсу і режиму телекомунікацій забезпечує можливість підключення системи до комп'ютерних мереж різних рівнів, починаючи від локальної мережі і до мережі ІНТЕРНЕТ,

що дозволяє надавати практично будь-яку медичну допомогу і забезпечувати дистанційний обмін даними в т.ч. і при проведенні телемедичного консіліума.

Раніше зазначалося, що в роботі [4] вперше при проведенні порівняльного аналізу інформаційних систем і комплексів було зроблено спробу оцінити інноваційну цінність і перспективи розвитку тих чи інших систем, яка, на наш погляд, виявилася досить успішною. При цьому були використані критерії, запропоновані в [6], за якими здійснювалася їх експертна оцінка. Серед них можна виділити критерій «актуальність», який визначається значимістю вирішуваної проблеми; критерій потенційної корисності, який визначається корисним ефектом від впровадження системи або технології і залежить від інноваційної нововведення, надійності і перспективності. «Перспективність» тієї чи іншої МІС запропоновано оцінювати за результатами прогнозування тривалості її життєвого циклу, а «Результативність» – за умовами і можливостями її впровадження та освоєння [4].

Оцінювання похибки вимірювань та обчислень [7]:

1. Обчислюємо середнє значення із n -вимірювань за формулою

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (4)$$

2. Визначаємо середньоквадратичну похибку одного вимірювання

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2}{n - 1}}. \quad (5)$$

3. Визначаємо середньоквадратичну похибку середнього арифметичного

$$S_x = \frac{S_n}{\sqrt{n}}. \quad (6)$$

4. Задаємо довірчий інтервал « a », визначаємо коефіцієнт Стюдента « t_{an} » для заданого числа « a » і кількості проведених вимірів « n » по таблиці коефіцієнтів

$$a=0,95, \tan = 3,2. \quad (7)$$

5. Визначаємо напівширину довірчого інтервалу для невеликої (<30) кількості вимірювань

$$Vx_{cl} = t_{an} \cdot S_x. \quad (8)$$

6. Обчислюємо відносну похибку вимірювань

$$\delta = \frac{Vx_{cl}}{x} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Оцінювання достовірності результатів досліджень

Для оцінювання достовірності результатів дослідження, визначимо ймовірність перенесення результатів, отриманих з вибіркової сукупності, на всю генеральну сукупність. При цьому врахуємо, що між цими величинами існує певна різниця – похибка (помилка репрезентативності), яка обумовлена перенесенням результатів вибіркового дослідження на всю генеральну сукупність, яку згідно [15] можна обчислити за наступною формулою:

$$m = \sqrt{\frac{p \cdot (100 - p)}{n}} \quad (10)$$

де p – показник, відображений у відсотках, n – кількість досліджень. Для них було розраховано показник репрезентативності P_i :

$$P_i = \frac{P_i}{n} \cdot 100\% \quad (11)$$

і, відповідно, помилку m_i :

$$m_i = \sqrt{\frac{P_i \cdot (100 - P_i)}{n}} \quad (12)$$

Знаходження довірчих інтервалів здійснюється за формулою [15]:

$$P_{gen} = P_{воб} \pm tm \quad (13)$$

де $P_{ген}$ – відповідно, значення відносного показника генеральної сукупності; $P_{виб}$ – значення відносного показника вибіркової сукупності; m – помилка репрезентативності; t – критерій достовірності (довірчий коефіцієнт).

Згідно [15] для більшості медико-біологічних досліджень вважається достатнім ступінь ймовірності безпомилкового прогнозу, який дорівнює 95%, а число випадків генеральної сукупності, в якому можуть спостерігатися відхилення від закономірностей, встановлених при вибіркового дослідженні, не перевищує 5%. При $n > 30$ ступеню ймовірності безпомилкового прогнозу $P=95,5\%$ відповідає значення $t=2$.

Обчислення довірчих інтервалів середньої величини генеральної сукупності ($P_{ген}$) проводиться таким чином [15] :

1. Задається ступінь ймовірності безпомилкового прогнозу ($P=95\%$);
2. При заданому ступеню ймовірності і кількості спостережень більше 30, величина критерію t дорівнює 2 ($t=2$).

Тоді

$$P_{ген} = P_{виб} \pm 2m \tag{14}$$

Результати обчислень зведені до таблиці 3 (шаблон наведено нижче):

Таблиця 3

Результати обчислення довірчих інтервалів (шаблон) [15]

Діагноз (Ді)	Довірчий інтервал
Д1	
Д2	
Д3	

Наведені розрахунки дозволяють зробити висновок щодо частоти порушень рухових функцій з ймовірністю $P=95\%$ і сформулювати відповідні попереджувально-профілактичні заходи.

Оцінювання якості медичної допомоги, що надається за допомогою системи МІСС

Сучасна парадигма багатоцентрових клінічних досліджень визнає, що фізикальних, лабораторних та інструментальних параметрів часто не вистачає для кінцевої і реальної оцінки якості медичної допомоги (ЯМД) [9]. В зв'язку з цим рекомендується до зазначеного переліку включати і показники якості життя (ЯЖ) [10], що є інтегральною характеристикою фізичного, психічного, емоційного і соціального функціонування людини, яка заснована на її суб'єктивному сприйнятті.

Для остаточного визначення показників ЯМД, що надається, розглянемо та проаналізуємо структуру ефективності впровадження системи (рис. 2), особливістю якої є те, що вона враховує, на перший погляд, ефекти, які напряду не впливають на ЯМД.

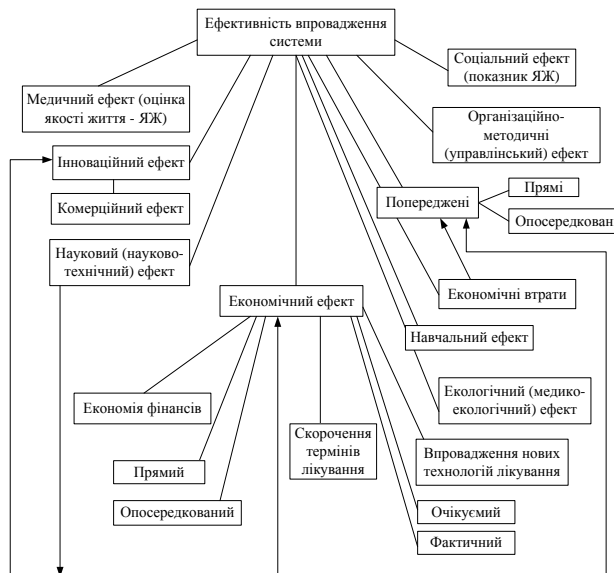


Рис. 2. Структура ефективності впровадження системи

Мова йде про комерційний ефект і науково-технічний, який, в свою чергу, здатний створювати власну складову іновационного або економічного ефекту, або попереджувати економічні втрати.

Представлена схема критеріальної оцінки ЯМД, отриманої від впровадження нових методів, моделей, засобів, систем і технологій враховує практично всі можливі варіанти оцінювання [8] і визначає, при цьому, основні практичні показники ефективності охорони здоров'я та якості ЯМД – види її ефективності: медичну, соціальну та економічну [11, 12].

Обчислимо згідно [11, 12] кількісний показник (коефіцієнт), який характеризує якість медичної допомоги за результатами експертизи і анкетування.

Інтегральний коефіцієнт інтенсивності (K_i) – є похідна коефіцієнтів медичної результативності (K_p), соціальної задоволеності (K_c), обсягу виконаної роботи ($K_{об}$) і співвідношення витрат (K_z)

$$K_i = K_p \cdot K_c \cdot K_{об} \cdot K_z$$

Як зазначено в [12], на перших етапах роботи у зв'язку з можливими труднощами в проведенні економічних розрахунків при визначенні K_z можна обмежитись тільки K_p , K_c і $K_{об}$, тому розглянемо дані коефіцієнти детальніше.

Коефіцієнт медичної результативності [11, 12]:

$$K_p = \frac{P_о}{P}, \quad (15)$$

де $P_о$ – кількість випадків з досягнутим медичним результатом, P – загальна кількість числа оцінюваних випадків надання медичної допомоги.

Коефіцієнт соціальної задоволеності (K_c) – відношення числа випадків задоволеності споживача (пацієнта, персоналу) (Y) до загального числа оцінюваних випадків надання медичної допомоги (N) [11, 12]:

$$K_c = \frac{Y}{N}, \quad (16)$$

Коефіцієнт обсягу виконаної роботи ($K_{об}$) – один з найважливіших показників ефективності [11, 12]:

$$K_{об} = \frac{O_ф}{O_n}, \quad (17)$$

де $O_ф$ – кількість фактично виконаних медичних послуг; O_n – кількість запланованих медичних послуг.

Іноді для підвищення точності оцінювання використовують вищенаведені формули в модифікованому вигляді [14]:

$$\text{Рівень } K_p = \sum P_i \cdot 3a / P, \quad (18)$$

де $\sum P_i$ – сума рівня досягнутого результату; a – бальна оцінка результату (повне вилікування – 5; часткове покращення – 4; без змін – 3; суттєве погіршення – 1 бал) [14].

При визначенні коефіцієнту соціальної задоволеності K_c , за аналогією з K_p , враховують ступінь задоволеності за формулою

$$\text{Рівень } K_p = \sum Y_i \cdot a_i / P, \quad (19)$$

де $\sum Y_i$ – сумарне число пацієнтів, що дали позитивну відповідь на i -те запитання (задоволений повністю – 5; задоволений частково – 4; без змін – 3; не задоволений – 1); a_i – бальна оцінка рівня отриманого результату.

Ще одним, досить інформативним показником діяльності медичного персоналу, в тому числі і середнього, що працює з інформаційною технологією або системою, можна вважати коефіцієнт відповідності застосованої системи або технології рівню якості ($K_{вт}$), який обчислюється наступним чином [14]:

$$K_{вт} = \frac{H - H_д}{H}, \quad (20)$$

де H – кількість експертних оцінок, $H_д$ – кількість експертних оцінок із виявленими дефектами при наданні МД.

Стандартна методика розрахунку показників економічної ефективності [13]

Стандартна методика розрахунку показників економічної ефективності включає в себе розрахунок суми річної економії, коефіцієнта економічної ефективності капітальних вкладень і терміну окупності капітальних вкладень [13].

Сума річної економії від скорочення ручної праці з обробки інформації розраховується за формулою

$$S = OC_1 - OC_2, \quad (21)$$

де S – сума річної економії від скорочення ручної праці з обробки інформації, грн.; OC_1 – річні експлуатаційні витрати при ручній обробці інформації, грн.; OC_2 – річні експлуатаційні витрати при автоматизованій обробці інформації, грн

$$OC_1 = \frac{\sum_i Z_i^1 \cdot T_i^1}{Q} \cdot (1 + \alpha)(1 + \beta) \cdot 12, \quad (22)$$

де Z_i^l – місячна основна заробітна плата i -го працівника, грн.; T_i^l – місячні трудові витрати i -го працівника на вирішення завдання, людино-дні; Q – середня кількість робочих днів на місяць, дні; α – коефіцієнт накладних витрат; β – коефіцієнт додаткової заробітної плати (відрахування на соціальне страхування, в різні фонди і т.п.).

$$OC2 = C1 + C2 + C3, \quad (23)$$

де C_1 – річні витрати машинного часу на вирішення завдання, грн.; C_2 – річні витрати на заповнення документів, аналіз і коригування даних (ручні операції), грн.; C_3 – річні витрати на навчання персоналу, адаптацію та налаштування обладнання, грн.

$$C_1 = 12 \sum_q S_q \cdot T_q, \quad (24)$$

де S_q – собівартість години роботи обладнання q при вирішенні задачі, грн.; T_q – час роботи обладнання q при вирішенні задачі протягом місяця, машино-години; C_2 розраховується за аналогічною формулою.

$$C3 = K3 \cdot \gamma, \quad (25)$$

де K_3 – річні одноразові витрати на навчання персоналу, адаптацію, налаштування обладнання при вирішенні задачі, грн.; γ – коефіцієнт налаштування обладнання.

$$K3 = K31 + K32 + K33, \quad (26)$$

де K_{31} – річні одноразові витрати по заробітній платі персоналу на навчання, адаптацію та налаштування обладнання для вирішення завдання, грн.

$$K_{31} = \frac{\sum_i Z_i^2 \cdot T_i^2}{Q} \cdot (1 + \alpha)(1 + \beta) \cdot 12, \quad (27)$$

де Z_i^2 – місячна основна заробітна плата працівника i , грн.; T_i^2 – місячні трудові витрати працівника на навчання, налаштування обладнання і т.п., людино-дні; K_{32} – річні одноразові витрати машинного часу

$$K_{32} = 12 \sum_q S_q \cdot T_q^2, \quad (28)$$

де T_q^2 – час роботи обладнання q на навчання персоналу, адаптацію та налаштування обладнання, машино-години; K_{33} – інші одноразові витрати, грн.:

$$K_{33} = (K_{31} + K_{32}) \cdot h, \quad (29)$$

де h – коефіцієнт інших витрат, до інших витрат відносяться: витрати на придбання машинних носіїв, паперу, фарби і т.п.; K – одноразові витрати на вирішення завдання, грн.

$$K = K1 + K2 + K3, \quad (30)$$

де K_1 – одноразові витрати на проектування, грн.

$$K_1 = \frac{\sum_i Z_i^2 \cdot T_i^2}{Q} \cdot (1 + \alpha)(1 + \beta) \cdot n, \quad (31)$$

де T_i^2 – місячні трудові витрати фахівця на проектування рішення задачі, людино-години; n – тривалість проектування; K_2 – одноразові витрати, пов'язані з використанням різних видів устаткування, грн.

$$K_2 = \frac{BV(1 - (t \cdot r) / 100)(1 + \alpha)T}{F}, \quad (32)$$

де BV – балансова вартість комплексу техніки або ПЕОМ, грн.; t – тривалість експлуатації ПЕОМ до початку рішення задачі, роки; r – річна норма на реновацію обладнання (близько 10%); T – час роботи обладнання при вирішенні задачі на протязі місяця, машино-години; α – коефіцієнт, що визначає вартість допоміжного обладнання; F – планований річний фонд часу роботи ПЕОМ (обладнання)

$$F = t_c \cdot T_c, \quad (33)$$

де t_c – середньодобове фактичне завантаження ПЕОМ (обладнання), години; T_c – середня кількість днів роботи ПЕОМ (обладнання) в році.

Коефіцієнт економічної ефективності E_r розраховується за формулою:

$$E_r = S/K, \quad (34)$$

Якщо $E_r \geq E_{норм}$, то технологія є ефективною.

$E_{норм}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень для обчислювальної техніки, його значення визначає нижню межу річної економії, яку можна отримати на одну гривню капітальних витрат; T – термін окупності витрат на вирішення завдання [13]:

$$T = K/S \quad (35)$$

Таблиця 4

Вихідні дані для проведення розрахунку (шаблон) [13]

№ п. п	Показники	Позначення	Одиниці виміру	Величина показника	
				До впровадження	Після впровадження
1	Заробітна плата програміста за місяць	Z	грн		
2	Витрати праці програміста за місяць	T	люд/день		
3	Заробітна плата розробника за місяць	Z ²	грн		
4	Витрати праці розробника за місяць	T ²	люд/день		
5	Коефіцієнт накладних витрат	α			
6	Коефіцієнт додаткової заробітної плати	β			
7	Собівартість 1 години роботи ПК	S _q	грн./день		
8	Час роботи ПК на вирішення задачі	T _z	маш/год		
9	Час роботи ПК на навчання персоналу, адаптацію, налагодження обладнання	T	маш/год		
10	Коефіцієнт налагодження обладнання	γ			
11	Час розроблення	N	год		
12	Середня кількість робочих днів в місяць	Q	дні		
13	Коефіцієнт інших витрат	h			
14	Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	E _{норм}			

Основні показники економічної ефективності за різними методиками зведено до табл. 5.

Таблиця 5

Основні показники економічної ефективності за різними методиками (шаблон) [13]

№ п.п	Показник	Позначення	Отримане значення	Примітка
1	Сума річної економії за рахунок заміни обробки даних в ручному режимі на автоматизований	σ		
2	Розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності при переході від ручного режиму обробки даних до автоматизованого	E _T		Нормативний E _{тнорм} =0,3 E _T ≥ E _{тнорм} = 0,447 > 0,3 – АРМ система ефективна
3	Термін окупності	T		
4	Економія фінансових витрат на одне АРМ	С _e		
5	Відносний показник економічної ефективності АРМ	К _e		
6	Медична ефективність	К _м		
7	Соціальна ефективність	К _с		

Метод «усунутого ідеалу»

Більшість характеристик мають суто технічну спрямованість і враховують медичні, соціальні та економічні переваги опосередковано, що не завжди зрозуміло для потенціального користувача.

У зв'язку з цим рекомендуємо додаткове порівняння відомих медичних інформаційних систем та розробленої за загальноприйнятими критеріями з метою визначення оптимальної з них; рішення поставленої задачі проводилося методом «усунутого ідеалу», який описаний в [16] і призначений для вирішення завдань вибору оптимального об'єкта у випадку великої кількості об'єктів і критеріїв порівняння.

Зіставлення систем проводилося за такими загальноприйнятими критеріями порівняння:

- повнота функціональних можливостей системи;
- вартість програми (за одне робоче місце);
- необхідність капіталовкладень на придбання СУБД;
- вартість СУБД;
- адаптація до законодавства України.

Метод «усунутого ідеалу» оперує з характеристиками об'єктів, що виражаються в цифрах, тому якісні критерії порівняння систем були переведені в цифри [16].

Оцінка критеріїв проводилася наступним чином: "повнота функціональних можливостей" – функція відсутня – 0, функція присутня – 1; "вартість програми" – висока – 0; середня – 1, низька – 2; "необхідність капіталовкладень на придбання системи управління базами даних" – є необхідність – 0, немає необхідності – 1; "вартість СУБД" – висока – 0, середня – 1, низька – 2; "адаптація до законодавства України" – не адаптована – 0, адаптована – 1. Для зручності користування дані критерії зведені в табл. 8.

Таблиця 6

Оцінка критеріїв порівняння інформаційних систем (шаблон) [16]

№ п/п	Критерій	Значення критерію
1	Повнота функціональних можливостей	функція відсутня – 0, функція присутня – 1
2	Вартість програми (за одне робоче місце)	висока – 0, середня – 1, низька – 2
3	Вартість СУБД	висока – 0, середня – 1, низька – 2
4	Адаптація до законодавства України	не адаптована – 0, адаптована – 1
5	Необхідність капіталовкладень на придбання СУБД	є необхідність – 0, немає необхідності – 1

Порівняння розробленої системи з визначеними аналогами здійснюється таким чином.

Факторів, що впливають на прийняття керівником закладу охорони здоров'я рішення про впровадження медичної інформаційної системи, безліч, і далеко не завжди ці фактори можна однозначно ранжувати за значимістю. Проте, на думку експертів, до числа найважливіших факторів слід віднести інформованість медиків про результати впровадження медичних інформаційних систем. При оцінюванні рівнів автоматизації, ЗОЗ було виділено три основні складові ефективності – клінічну, організаційну та економічну [12].

Клінічна ефективність. В якості критеріїв клінічної ефективності експерти визначили такі показники, як зменшення кількості лікарських помилок при призначенні препаратів та направленні на обстеження; підвищення точності, оперативності та інформативності діагностичних досліджень; зменшення числа загострень хронічних захворювань за певний період часу; загальне зниження захворюваності; підвищення ступеня відповідності лікування встановленим стандартам [12].

Організаційна ефективність. Найбільш адекватним показником організаційної ефективності системи, на думку більшості експертів, можна вважати зменшення витрат робочого часу медичного персоналу на підготовку звітної документації. Очевидно, це відображає реальну ситуацію: оформлення великої кількості різних документів і підготовка звітів стали вузьким місцем у роботі ЗОЗ, що не може не відбитися на якості лікування, і тому користь від автоматизації в даний момент пов'язують з вирішенням даної проблеми [12].

Економічна ефективність. Комплексний підхід до автоматизації ЗОЗ забезпечує керівництво медичного закладу ефективним інструментом розвитку. При цьому відзначається, що реальні доходи ЗОЗ при експлуатації МІС збільшуються, по-перше, за рахунок зростання продуктивності праці лікарів-діагностів при використанні формалізованих бланків; по-друге, завдяки більш інтенсивному використанню такого вартісного устаткування, як комп'ютерний томограф, маммограф та УЗД-сканер; по-третє, в силу раціоналізації витрат на медикаменти, реагенти, що необхідні для проведення лабораторних досліджень, та інші матеріали; по-четверте, завдяки контролю розрахунків зі страховими компаніями за послуги, надані за системою обов'язкового медичного страхування (ОМС), що дозволяє виключити необґрунтовані недоплати, і нарешті, за рахунок можливості керівництва ЛПУ контролювати роботу установи в реальному часі [12].

Таблиця 7

Порівняння розробленої системи з відібраними аналогами (шаблон) [16]

Функція	Назва системи і оціночні бали			
Приймальне відділення				
Реєстратура				
Поліклініка				
Стаціонар				
Лікар				
Жіноча консультація				
Процедури				
Лабораторія				
Фінанси				
Статистика				
Персонал				
Облік медикаментів				
Адміністрація				
Вартість				
Вартість СУБД				
Адаптація до законодавства України				

Висновки

Запропонований комплекс методик для оцінки ефективності МІС і технологій, що увібрав в себе найбільш інформативні, зручні і сприйнятливі критерії, які забезпечують всебічну оцінку таких можливостей систем і технологій:

1. Функціональна повнота функцій, що реалізуються в системі.
2. Зручність і комфортність користування, зумовлені ергономічністю інтерфейсів, наявністю HELP-засобів і ресурсів, мобільністю користування, зручністю введення даних тощо.
3. Інтєрооперабельність – здатність системи до взаємодії з іншими МІС і взаємної сумісності.
4. Модульність побудови апаратного і програмного забезпечень.
5. Здатність обміну даними за протоколами HL7 і DICOM.

Список використаної літератури

1. Назаренко Г. И. Медицинские информационные системы: теория и практика / Г. И. Назаренко, Я. И. Гуняев, Д. Е. Ермаков. – М. : фирматит, 2005. – 320с.
2. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів : навч. посібник / В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко та ін. – Вінниця, ВНТУ. 2011 – 352с.
3. Блезецький Р. С. Медико-технічне забезпечення діяльності охоронних структур: монографія / Р. С. Блезецький., С. М. Злепко, С. В. Тимчик – Вінниця, ВНТУ. 2014 – 156с.
4. Лаугс Е. Л. Автоматизированный медицинский комплекс для определения состояния здоровья молодежи. дис. на соиск. к. т. н. Специальность 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. Винница. 2016 – 211с.
5. Алдонин Г. М. Работоспособность в природе и технике / Г. М. Алдонин. – М. : Радио и связь. 2003. – 367с.
6. Справочник по неврологии // под. ред. И. Е. Тареевой, Н. А. Мухина. – М. : 1986. – 392с.
7. Зайдель А. Н. Погрешности измерений физических величин [Текст]: учебн. пособие / А. Н. Зайдель. – Л. : Наука, 1985 – 112с.
8. Бек С. В. Система контроля качества и эффективности медицинской помощи : учебно-метод. пособие / С. В. Бек, В. Ф. Олейниченко. – Томск, 1999 – 59с.
9. Лукьянова Е. М. Оценка качества в педиатрии / Е. М. Лукьянова // Качественная клиническая практика. – 2002. – №4 – с. 34-42.
10. Аидаркин Е. К. Возрастание качества здоровья и здоровьесберегающих технологий : учебное пособие / Е. К. Аидаркин, Л. И. Иваницкая – Ростов н/д : изд. Си ЮФУ, 2008. – 176с.

11. Орлов Е. М. Категория эффективности в системе здравоохранения / Е. М. Орлов., О. Н. Соколова // фундаментальные исследования. – 2010. – №4 – с.70-75.
12. Категория эффективности в системе здравоохранения [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rae.ru/fsl?section=content&op=show_article_id=7782355 Время обращения 11.04.2015
13. Методы оценки эффективности ИС [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ibm.com/deeveloperworks/ru/libraryll-otsenka-efektivnosti_2. Время обращения 11.04.2015
14. Кобринский Б. А. Логика аргументации в принятии решений в медицине / Б. А. Кобринский // НТИ, сер. 2. – 2001. – №9. с. 1–8.
15. Володарський Е. Т. Статистична обробка даних. навч. пос. / Е. Т. Володарський, Л. О. Кошова. – К. : НАУ – 308с.
16. Уйба В. В. Экономические методы управления в здравоохранении / В. В. Уйба, В. М. Чернишев, О. В. Стрельченко, А. И. Клевасов – Новосибирск – ООО «Альда-ресурс». 2012. – 314 с.