163 БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 004.75+004.932.2:616 DOI: 10.31498/2225-6733.51.2025.344911

МЕТОД ЗБЕРЕЖЕННЯ ЦИФРОВИХ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ В ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Козак Л.М. *д-р біол. наук, ст. наук. співробітник, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7412-3041, e-mail: lmkozak52@gmail.com;*

Романюк О.О. *д-р філософії, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6865-1403, e-mail: ksnksn7@gmail.com;*

Коваленко О.С. *д-р мед. наук, професор, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7412-3041, e-mail: lmkozak52@gmail.com;*

Пезенцалі Г.О. *канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6319-6993, e-mail: annp.irtc@gmail.com;*

Азархов О.Ю. *д-р мед. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2085-4786, e-mail: alexazarhov@gmail.com*

Інформаційні технології оброблення, аналізу, зберігання та обміну цифровими медичними даними є основою цифрової трансформації в галузі охорони здоров'я. Наразі актуальною є інтеграція медичних інформаційних систем (МІС), різних електронних ресурсів та різнорівневих засобів програмного забезпечення в інтегровану екосистему цифрової медицини. Для забезпечення ефективного використання цифрових медичних даних широко використовуються хмарні технології, які надають доступ до програм та даних з мінімальним використанням інфраструктури всередині установи охорони здоров'я. Метою роботи є розроблення методу збереження цифрових медичних зображень для подальшого використання в лікувально-діагностичному процесі з врахуванням особливостей внутрішніх процесів інформаційного обміну у закладі охорони здоров'я (ЗОЗ) та із забезпечення потреби інформаційної взаємодії двох чи більше таких установ. Запропонований метод складається з чотирьох етапів збереження сформованого зображення на різних рівнях подальшого зберігання за стандартом DICOM: у БД інформаційно-діагностичної системи, PACS, у сховищі тривалого зберігання. Останній етап забезпечує анонімізацію даних для подальшого використання за межами ЗОЗ. Розроблений метод збереження цифрових медичних зображень містить покроковий опис дій з використанням дескриптивної логіки, що дає змогу формалізувати весь процес зберігання медичної інформації.

Ключові слова: *інформаційна технологія, цифрова медицина, збереження, цифрові медичні зображення, хмарні технології, метод, модель, цифрові медичні дані.*

Постановка проблеми

Інформаційні технології оброблення та аналізу складної медичної інформації, телемедицина, запровадження електронних медичних записів у практичну медицину, медичні пристрої, які підтримують штучний інтелект, – це лише кілька конкретних прикладів цифрової трансформації в галузі охорони здоров'я, які повністю змінюють спосіб взаємодії з медичними працівниками, спосіб обміну даними між провайдерами та способи прийняття рішень щодо планів діагностики, лікування, реабілітації та профілактики здоров'я [1]. Великого значення набувають інформаційні технології аналізу медичної інформації різного виду, обміну медичними даними, який здійснюється між закладами та організаціями охорони здоров'я, сховищами даних та різними засобами, які функціонують в середовищі мобільної медицини чи телемедицини. Для підтримки процесу збереження цифрових медичних даних, зокрема зображень, що є предметом дослідження цієї статті, необхідно враховувати принципи масштабованості, ієрархічності, інтероперабельності та орієнтованості на пацієнта, забезпечувати відповідність сучасним комунікаційним та інформаційним стандартам та убезпечувати захист персональних медичних даних. Розроблення та використання методу збереження цифрових медичних зображень (ЦМЗ) забезпечить поетапне створення та зберігання файлів досліджень на різних платформах цифрових сховищ. Це, в свою чергу, зумовить надання необхідної інформаційної підтримки на всіх етапах діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів завдяки підвищенню якості та повноти наявних даних.

Copyright © 2025, Authors. This is an open access article under the Creative Commons CC BY license

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Один з основних принципів цифрової медицини є принцип покращення інформаційної доступності. Цей принцип передбачає уможливлення оперативного доступу до необхідної медичної інформації, що забезпечують мобільна медицина та інтернет мережа [2, 3], сприяє накопиченню знань про особливості функціонування організму людини за різних умов [4, 5], підтримує прийняття рішення лікарем та пацієнтом на основі повнішої та оперативнішої інформації [6-8], убезпечення конфіденційності медичних даних [9] і, як наслідок, забезпечує покращення індивідуального та популяційного здоров'я [10].

Медичні зображення дають основний обсяг інформації про пацієнта разом з метаданими, які мають інформацію про протоколи одержання цих зображень. За сучасних умов в ЗОЗ встановлюються системи архівування, що забезпечують керування цифровими медичними даними. Система отримання, аналізу, обробки, обміну та архівування медичних зображень – PACS (Picture Archiving and Communication Systems), займає перші місця у використанні в секторі медицини як система, орієнтована на зменшення витрат, збільшення продуктивності і швидкості архівування, читання, поширення та подання в електронному форматі медичних зображень [11, 12].

Запропонована Концепція розвитку електронної охорони здоров'я в Україні на 2018-2020 роки, яку продовжено до 2025 зі змінами до цієї концепції, передбачає як удосконалення наявних ІТ, так і розвиток систем підтримки клінічних рішень, персоналізованої медицини, ресурсів зберігання та систем оброблення великих масивів даних з залученням методів штучного інтелекту [13]. Серед ключових аспектів Концепції визначено вимоги до розроблення сервісів електронної системи охорони здоров'я, забезпечення сумісності та електронної взаємодії центральної бази даних електронної системи охорони здоров'я з іншими інформаційно-комунікаційними системами, державними і міжнародними інформаційними ресурсами. Розроблена Електронна система охорони здоров'я України (ЕСОЗ) має єдину державну БД з реєстрами та програмним забезпеченням для наповнення кількох реєстрів (пацієнтів, медичних записів, медичних висновків тощо) [14].

Проблема інформаційної взаємодії локальних систем на рівні інтегрованої екосистеми цифрової медицини вирішується застосуванням міжнародних інформаційних стандартів, зокрема FHIR (HL7), який є стандартом та середовищем нового покоління. В 2025 році прийнято і опубліковано міжнародний стандарт Керівних принципів впровадження HL7 FHIR на основі ISO 13940:2015 (Система концепцій для підтримки безперервності медичної допомоги), ISO 13606-1:2019 (Довідкова модель) та ISO 13606-3:2019 (Довідкові архетипи та списки термінів).

Також зазначимо, що наразі дуже широко використовуються хмарні технології як одне з найкращих рішень у питаннях збереження та обміну цифровими медичними даними великого обсягу [15]. Такі технології надають доступ до програм та даних з мінімальним використанням інфраструктури всередині установи охорони здоров'я.

Мета статті

Розробити метод збереження цифрових медичних зображень для подальшого використання в лікувально-діагностичному процесі з врахуванням особливостей внутрішніх процесів інформаційного обміну у закладі охорони здоров'я (ЗОЗ) та із забезпечення потреби інформаційної взаємодії двох чи більше таких установ.

Виклад основного матеріалу

Метод збереження цифрових медичних зображень для подальшого використання в лікувально-діагностичному процесі. В основу методу покладено аналіз життєвого циклу медичних зображень за період з моменту потрапляння даних у конкретну систему архівування і до моменту їх повного видалення. Розроблений метод базується на покрокових моделях опрацювання даних для їхнього збереження та охоплює такі етапи.

І етап – створення та збереження файлу дослідження. Для будь-якої інформаційно-діагностичної системи (ІДС, modality) створюємо цифровий файл (fileData) в стандарті DICOM, для якого характерні розширення *.dcim, та двокомпонентну структуру (Header), в якій прописано метадані (про пацієнта, дата та тип дослідження тощо) та дані про зображення з інтенсивністю забарвлення пікселів у відтінках сірого (ImageDataset). У модельному вигляді цей процес записується:

$$\exists \text{modality} \sqcap \text{fileData} \sqsubseteq \text{create}.(\text{newFileData} \sqcup \text{DICOMStandart}) \rightarrow \text{newFileData} \sqcup \text{DICOMStandart} \sqsubseteq \text{has}.(\text{Prefix}.\text{DCIM} \sqcup \text{Header} \sqcup \text{ImageDataset}),$$

де Header складається з таких даних:

- блок даних про пацієнта (patientData), що вноситься користувачем (set.USER),
- інформація про дослідження – дата та час дослідження (studyData), заповнюються користувачем та генеруються автоматично (set.(USER⊔GENERATED)),
- дані про ІДС (modalityData), які мають фіксовані налаштування (set.FIXET).

$$\forall \text{Header} \sqsubseteq \text{has}.\text{Dataset}(\text{patientData} \sqcap \text{studyData} \sqcap \text{modalityData}) \rightarrow \text{patientData} \sqsubseteq \text{set}.\text{USER}, \text{studyData} \sqsubseteq \text{set}.(\text{USER} \sqcup \text{GENERATED}), \text{modalityData} \sqsubseteq \text{set}.\text{FIXET}.$$

ImageDataset має значення інтенсивності забарвлення пікселів (інформація за тегом 7FE0):

$$\forall\ \text{ImageDataset} \sqsubseteq \text{has}.(\text{ImagePixalIntensityData} \sqcup \text{Header} \sqcap \text{tag}(7\text{FE}0)).$$

Виконання вимог стандарту DICOMStandart відповідає DICOM-зображенню (DICOMimage), яке зберігається в ІДС та, за потреби, копіюється на оптичні носії (opticalDevice) і в подальшому видаляється:

$$\exists newFileData \sqcup DICOMStandart \equiv DICOMimage$$

$$\forall DICOMimage \sqsubseteq save.(modality \sqcup opticalDevice)$$

$$\forall DICOMimage \neg \sqsubseteq delete.(waitTime \sqcup storageCapacityFull)$$

Завершення I етапу полягає в отриманні цифрового медичного зображення стандартного формату для подальшого використання в лікувально-діагностичному процесі (рис. 1).

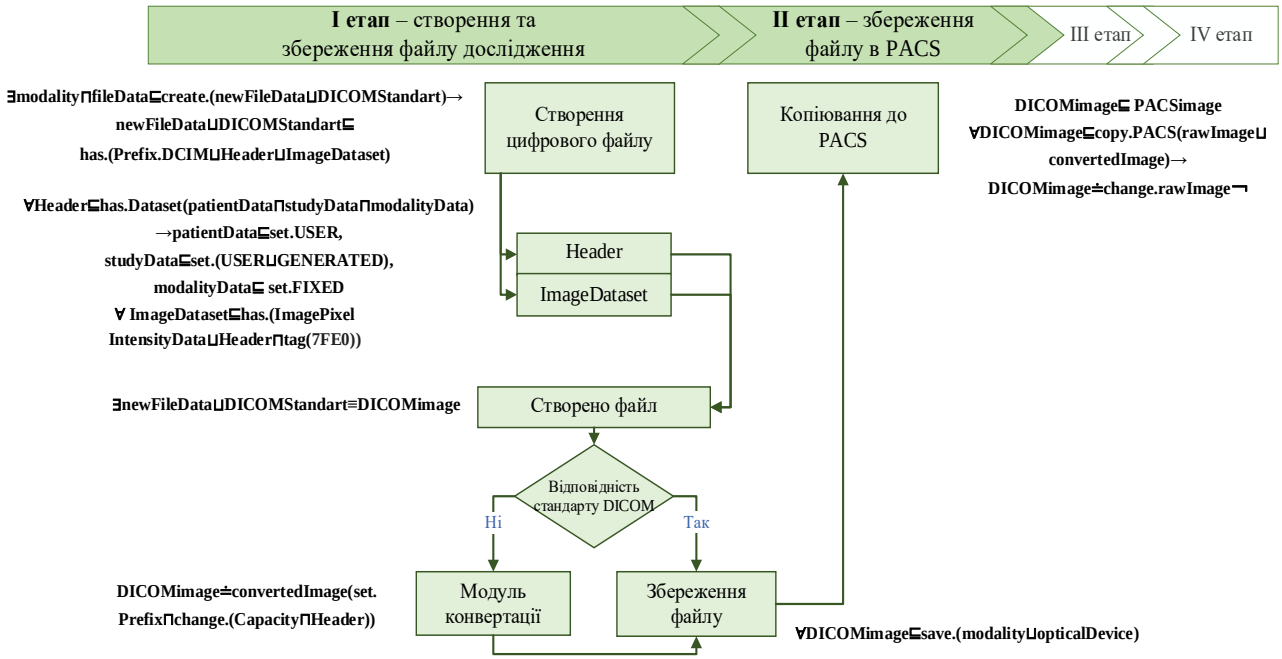

Рис. 1 – Метод збереження цифрових медичних зображень: I та II етапи

II етап – збереження файлу в PACS. Цей етап є необхідним для формування електронної медичної карти пацієнта під час лікування в ЗОЗ для оперативного доступу до всіх необхідних медичних даних.

DICOM-зображення копіюються до PACS (copy.PACS) в необробленому (rawImage) чи в обробленому (convertedImage) вигляді, саме коли файл змінює об'єм (Capacity), кодування в Header або розширення, наприклад, з *.dic на *.dcm або .v2, залежить від налаштування PACS:

$$\forall DICOMimage \sqsubseteq copy.PACS(rawImage \sqcup convertedImage) \rightarrow DICOMimage \doteq change.rawImage \neg DICOMimage \doteq convertedImage (set.\ Prefix \sqcap change.(Capacity \sqcap Header))$$

$$DICOMimage \sqsubseteq PACSimage$$

Завершенням II етапу є створення цифрової копії результату дослідження в системі PACS для її зберігання на час лікування пацієнта.

Для проведення якісного лікування, для кращого розуміння стану в динаміці, необхідні історичні медичні дані пацієнта за великий проміжок часу. Оскільки ємність необхідного дискового простору в ЗОЗ має обмежений об'єм, ЦМЗ на цьому етапі переносять до сховища тривалого зберігання.

III етап – перенесення даних до сховища тривалого зберігання (LT) (рис. 2). В першу чергу дані з PACS копіюються до LT (imagePath), про це ставиться відмітка (copyMark) в базі даних DB(imagePath⊓copyMark):

$$\forall PACSimage \sqsubseteq copy.LT \sqcap set.DB(imagePath \sqcap copyMark), PACSimage \sqsubseteq LTimage.$$

Далі за розкладом відбувається очищення дискового простору PACS:

$$\forall PACSimage \sqsubseteq \exists use.(timeSchedule \sqcup capSchedule).$$

Очищення здійснюється за часом (timeSchedule) – на N-день файл видаляється, про що ставиться відмітка в базі даних set.DB(clearMark):

$$timeSchedule \sqsubseteq wait.Nday \sqcap set.DB(clearMark) \sqcap delete.PACSimage(imagePath \sqcap copyMark).$$

Очищення за об'ємом (capSchedule) – якщо досягається запланований максимальний об'єм використаного дискового (HardspaceCapacityAbove) простору, в запланований час (datetimeSet) видаляються файли за певними сценаріями (routine):

$$capSchedule \sqsubseteq watch.HardspaceCapacityAbove \sqcap wait.datetimeSet \sqcap set.DB(clearMark) \sqcap use.(routineAll \sqcup routineNew \sqcup routineCap),$$

- видалення всіх даних (routineAll):

$$routineAll \sqsubseteq \exists delete.\ PACSimage;$$

- видалення даних (routineNew) старіше певного часу (olderNdayMark):

routineNew⊑delete.(PACSimage⊓olderNdayMark);

- видалення старіших даних до налаштованого дискового об'єму (HardspaceCapacityBelow):

routineCap⊑ delete.

(PACSimage⊓HardspaceCapacityBelow).

Отже, III етап закінчується збереженням в сховищі тривалого зберігання цифрової копії дослідження для подальшого використання даних за вимогою від лікаря або пацієнта (рис. 2).

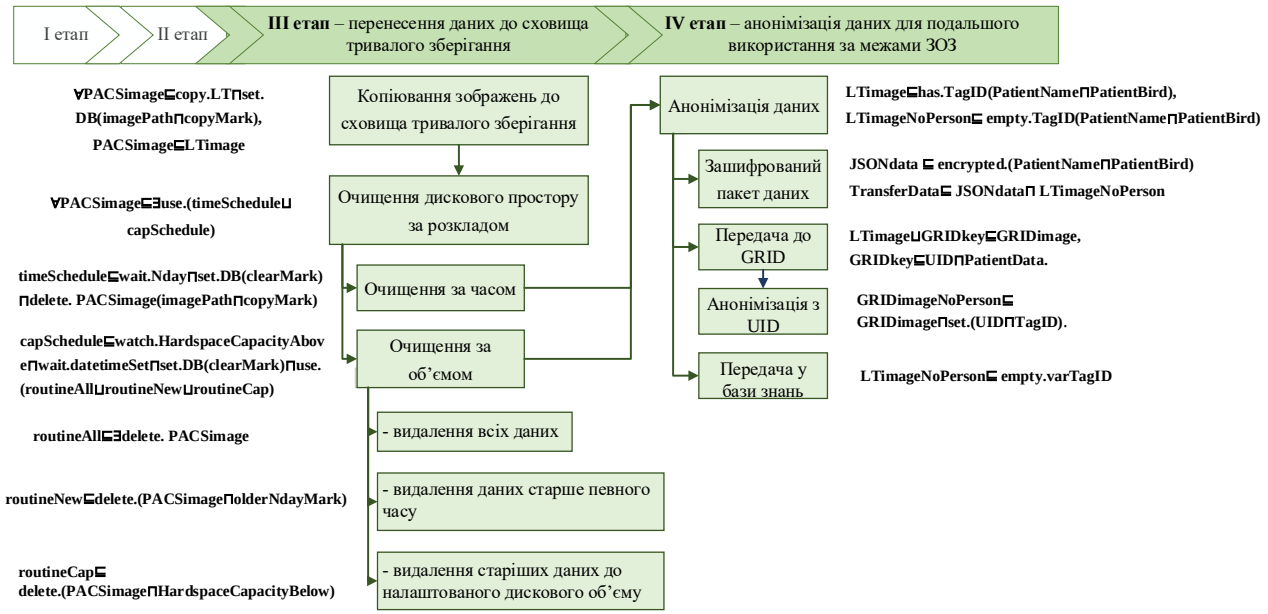

Рис. 2 – Метод збереження цифрових медичних зображень: III та IV етапи

IV етап – анонімізація даних для подальшого використання за межами ЗОЗ здійснюється у випадку, коли необхідний обмін ЦМЗ здійснюється за межами ЗОЗ та МІС цих закладів. Оскільки DICOM-зображення має вбудовані теги для ідентифікації атрибутів, то запит про пацієнта та результати його досліджень проводиться, використовуючи тег (0010;0020) PatientID, який є унікальним ідентифікаційним номер в системі. Теги, які несуть в собі інформацію про прізвище та ім'я пацієнта PatientNam (0010;0010) та його дату народження PatientBird (0010;0030), проходять процес анонімізації – видаляються персональні дані пацієнта шляхом затирання даних, з попереднім записом в БД унікального ідентифікатора PatientID в поєднанні з PatientNam та PatientBird для можливого відновлення даних.

Для безпечної передачі даних між МІС різних ЗОЗ через незахищене середовище, DICOM-зображення проходить процес анонімізації, відповідні теги (TagID(PatientName⊓PatientBird)) замінюються нулями або зірочками (*) і створюється зашифрований JSON-файл (JSONdata), в якому записана потрібна інформація:

LTimage⊑has.TagID(PatientName⊓PatientBird),
LTimageNoPerson⊑ empty. TagID(PatientName⊓PatientBird),
JSONdata ⊑ encrypted.(PatientName⊓PatientBird).

Створюється зашифрований пакет даних (TransferData), в якому знаходиться анонімізоване ЦМЗ та JSON-файл:

TransferData⊑ JSONdata⊓ LTimageNoPerson.

Це створено для того, щоб у випадку пошкодження чи компрометування одного з файлів персональні дані пацієнта залишаться в безпеці.

Передача ЦМЗ до GRID відбувається шляхом запису поруч з початковим файлом спеціального ключа (GRIDkey), в якому прописаний унікальний ідентифікатор (UID) та дані пацієнта:

LTimage⊔GRIDkey⊑GRIDimage,
GRIDkey⊑UID⊓PatientData.

Під час анонімізації замість персональних даних в ЦМЗ записується UID:

GRIDimageNoPerson⊑ GRIDimage⊓set.(UID⊓TagID).

Запит щодо отримання ЦМЗ здійснюється за механізмом отримання зображення, відповідого GRIDkey.

Передача ЦМЗ у бази знань для наукових потреб полягає в тому, щоб деперсоніфікувати ЦМЗ за спеціально вибраними параметрами (empty.varTagID):

LTimageNoPerson⊑ empty.varTagID

Відповідно до Закону про захист персональних даних, медичні дані, що зберігаються поза медичними закладами, мають бути деперсоніфіковані. Завдяки тегові структурі DICOM файлів, є можливість вибірково видалити особисті дані про пацієнта, такі як прізвище,

ім'я, дата народження, і вже анонімними зберігати поза межами закладу охорони здоров'я, де створено файли з персональними медичними даними.

Отже, розроблений метод збереження цифрових медичних зображень містить покроковий опис дій з використанням дескриптивної логіки, що дає змогу формалізувати весь процес зберігання медичної інформації.

Алгоритм забезпечення доступу до медичних даних. Для підтримки використання запропонованого методу розроблено алгоритм забезпечення доступу до медичних даних, який реалізує порядок доступу та передавання цифрових медичних даних між учасниками екосистеми цифрової медицини: пацієнта, сімейного лікаря, лікаря консультанта та фахівця відділення функціональної діагностики та клінічної лабораторії (рис. 3).

Зазначимо основні функції та дії цих користувачів цифрових медичних даних.

1. Пацієнт – знімає свої показники та передає їх лікарю, зв'язується за допомогою мобільного телефону з лікарем і повідомляє свої скарги.

2. Сімейний лікар:

а) отримує від пацієнта дані про його здоров'я (показники);

б) посилає пацієнтові свої рекомендації з лікування або реабілітації;

в) направляє пацієнта (за потреби) на дослідження в клінічну лабораторію та відділення функціональної діагностики за допомогою електронного направлення, після цього корегує свої призначення;

д) посилає дані пацієнта (цифрові зображення, витяг з електронної картки пацієнта) лікарю-консультанту, якщо є необхідність поглибленого дослідження;

ж) за кожним актом взаємодії записує всі отримані дані в електронний медичний документ.

3. Лікар-консультант:

а) аналізує отримані медичні дані (виписка з електронного медичного документу, цифрові зображення);

б) надсилає результати консультації сімейному лікарю.

4. Фахівець відділення функціональної діагностики та клінічної лабораторії :

а) отримує електронне направлення від сімейного лікаря;

б) здійснює відповідне обстеження пацієнта;

в) відсилає результати обстеження сімейному лікарю (як записи у електронний медичний документ).

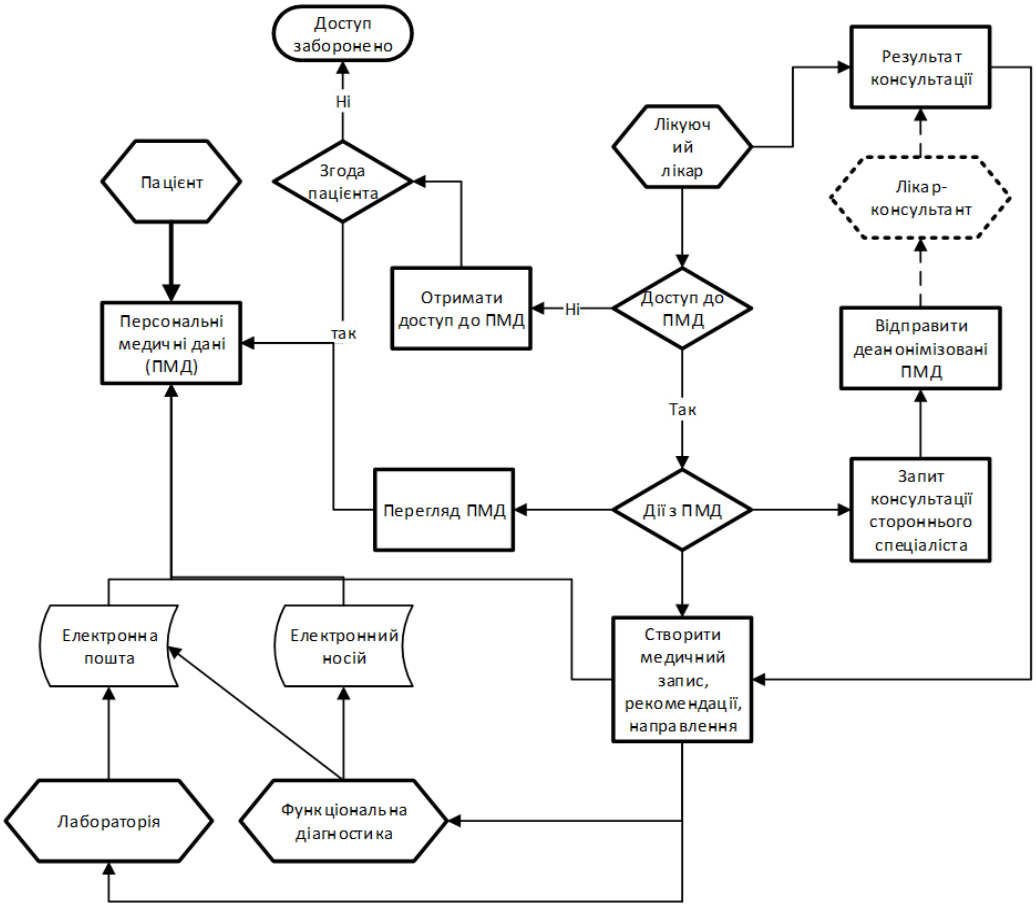

Рис. 3 – Алгоритм забезпечення доступу до медичних даних

Розширення можливостей використання збережених ЦМЗ для подальшого їхнього аналізу. Зазначимо, що більшість ІДС підтримують стандарт DICOM 3.0, але бувають випадки, коли виробник медичного обладнання з різних причин нехтує вимогами до формату зображення, кодування формату метаданих або не підтримує функцію додаткового збереження на DICOM-сервер. Для забезпечення збору файлів зображень від БД діагностичної системи, імпорту метаданих з БД у файли *.dcm, впорядкування тегів відповідно до DICOM 3.0 та узгодження даних цифрових медичних зображень з БД пацієнтів МІС треба додатково здійснювати такі операції: формування внутрішнього списку актуальних файлів ЦМЗ, проведення під час запуску програми перевірки наявності нових файлів з внутрішнім списком (для виключення повторної конвертації оброблених файлів), зміну формату ЦМЗ на стандарт DICOM (за необхідності) і запит до БД пацієнтів для заповнення порожніх тегів.

Якщо в діагностичній системі передбачено формування текстової інформації за допомогою кирилиці, виконується процедура транслітерації метаданих, проводиться необхідна корекція і зміна назви файлу, після чого виконується експорт ЦМЗ в PACS.

Для забезпечення якісного лікування, кращого розуміння стану в динаміці, необхідні анамнези, результати лабораторного та інструментального дослідження (зокрема ЦМЗ), тобто повні медичні дані пацієнта за тривалий період часу. Оскільки ємність необхідного дискового простору в закладах охорони здоров'я обмежена, цифрові медичні зображення на III стадії переносяться на довгострокове зберігання.

Висновки

Використання запропонованого методу збереження цифрових медичних зображень, який ґрунтується на моделях деталізованого подання кожного його етапу, уможливлює підтримку процесу створення та збереження файлу дослідження у різних типах цифрових сховищ, а також забезпечує деперсоніфікацію даних для подальшого використання за межами закладу охорони здоров’я.

Узагальнений алгоритм забезпечення доступу до медичних даних регулює порядок доступу до збережених цифрових медичних даних та реалізує шляхи взаємодії між учасниками екосистеми цифрової медицини: пацієнта, сімейного лікаря, лікаря консультанта та фахівця відділення функціональної діагностики та клінічної лабораторії.

Перелік використаних джерел

[1] Романюк О., Козак Л., Коваленко О. Формування інтероперабельного інформаційного середовища цифрової медицини: персональні медичні дані. *Science and innovation*. 2021. Т. 17, № 5. С. 50-62. DOI: https://doi.org/10.15407/scine17.05.050.

[2] Berglund M. E., Duvall J., Dunne L. E. A survey of the historical scope and current trends of wearable technology applications. *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers*, Heidelberg, Germany, 12-16 September 2016. DOI: https://doi.org/10.1145/2971763.297179.

[3] Marques I.C.P., Ferreira J.J.M. Digital transformation in the area of health: systematic review of 45 years of evolution. *Health and Technology*. 2019. Vol. 10, no. 3. Pp. 575-586. DOI: https://doi.org/10.1007/s12553-019-00402-8.

[4] Cline G. B., Luiz J. M. Information technology systems in public sector health facilities in developing countries: the case of South Africa. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2013. Vol. 13. Article 13. DOI: https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-13.

[5] Boonstra A., Broekhuis M. Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions. *BMC Health Services Research*. 2010. Vol. 10. Article 231. DOI: https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-231.

[6] Ben-Assuli O., Leshno M., Shabtai I. Using Electronic Medical Record Systems for Admission Decisions in Emergency Departments: Examining the Crowdedness Effect. *Journal of Medical Systems*. 2012. Vol. 36, no. 6. Pp. 3795-3803. DOI: https://doi.org/10.1007/s10916-012-9852-0.

[7] Lupton D. Critical perspectives on digital health technologies. *Sociology compass*. 2014. Vol. 8, no. 12. Pp. 1344-1359. DOI: https://doi.org/10.1111/soc4.12226.

[8] Electronic health records. Centers for Medicare & Medicaid Services. URL: https://www.cms.gov/priorities/key-initiatives/e-health/records (дата звернення: 15.08.2025).

[9] Caine K., Hanania R. Patients want granular privacy control over health information in electronic medical records. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2013. Vol. 20, no. 1. Pp. 7-15. DOI: https://doi.org/10.1136/amiajnl-2012-001023.

[10] Kozak L.M., Kovalenko O.S., Surovtsev I.V. Basic Components of the Software Modules Construction for Obtaining, Storing and Exchanging Medical and Environmental Information. *Cybernetics and Computer Engineering*. 2023. Vol. 3(213). Pp. 53-68. DOI: https://doi.org/10.15407/kvt213.03.053.

[11] An overview of the impact of PACS as health informatics and technology e-health in healthcare management / França R.P., Monteiro F.C.B, Arthur R., Iano Yu. *Cognitive Systems and Signal Processing in Image Processing*. Academic Press, 2022. Pp. 101-128. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824410-4.00007-6.

[12] Досвід та перспективи створення медичних інформаційних систем та інформаційних технологій підтримки надання медичної допомоги / Коваленко О.С., Козак Л.М., Наджифіан Туманджані М.,

Романюк О.О. *Cybernetics and Computer Engineering.* 2022. Vol. 1(207). Pp. 59-73. DOI: https://doi.org/10.15407/kvt207.01.059.

[13] Зміни, що вносяться до Концепції розвитку електронної охорони здоров'я: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 вересня 2024 р. № 857-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/857-2024-%D1%80#Text (дата звернення: 25.09.2025).

[14] Устінов О.В. Як здійснюється захист персональних і медичних даних у системі eHealth. *Український медичний часопис*. 2022. URL: http://www.umj.com.ua/uk/novyna-233223-yak-zdijsnyuyetsya-zaxist-personalnih-i-medichnih-danih-u-sistemi-ehealth (дата звернення: 10.08.2025).

[15] Hewitt C. ORGs for scalable, robust, privacy-friendly client cloud computing. *IEEE internet computing*. 2008. Vol. 12, no. 5. Pp. 96-99. DOI: https://doi.org/10.1109/mic.2008.107.

METHOD OF SAVING DIGITAL MEDICAL IMAGES FOR FURTHER USE IN THE TREATMENT AND DIAGNOSTIC PROCESS

Kozak L.M. *D.Sc. (Biology), senior researcher, Institute of information technologies and systems of the National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7412-3041, e-mail: lmkozak52@gmail.com;*

Romanyuk O.O. *PhD (Engineering), Institute of information technologies and systems of the National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6865-1403, e-mail: ksnksn7@gmail.com;*

Kovalenko O.S. *D.Sc. (Medical Sciences), professor, Institute of information technologies and systems of the National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7412-3041, e-mail: lmkozak52@gmail.com;*

Pezentsali H.O. *PhD (Engineering), senior researcher, Institute of information technologies and systems of the National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6319-6993, e-mail: annp.irtc@gmail.com;*

Azarhov O.Yu. *D.Sc. (Medical Sciences), professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2085-4786, e-mail: alexazarhov@gmail.com*

Information technologies for processing, analysing, storing and exchanging digital medical data are the basis of digital transformation in the healthcare sector. Currently, the integration of medical information systems (MIS), various electronic resources and multi-level software tools into an integrated ecosystem of digital medicine is relevant. To ensure the effective use of digital medical data, cloud technologies are widely used, which provide access to programs and data with minimal use of infrastructure within a healthcare institution. The aim of the work is to develop a method for storing digital medical images for further use in the medical and diagnostic process, taking into account the peculiarities of internal information exchange processes in a healthcare institution (HCI) and to ensure the need for information interaction between two or more such institutions. Picture Archiving and Communication Systems (PACS) are at the forefront of use in the medical sector as a system focused on reducing costs, increasing productivity and speed of archiving and presenting medical images in electronic format. The proposed method consists of four stages of storing the formed image at different levels of further storage according to the DICOM standard: I stage – in the database of the information and diagnostic system, II stage – in PACS, in a long-term storage repository. To provide quality treatment, to better understand the state in dynamics, historical medical data of the patient over a long period of time is necessary. Since the capacity of the required disk space in healthcare institutions is limited, digital medical images at the III stage are transferred to long-term storage. The last stage ensures data anonymization for further use outside the HCI. The developed method for storing digital medical images contains a step-by-step description of actions using descriptive logic, which allows formalizing the entire process of storing medical information.

Keywords: *information technology, digital medicine, storage, digital medical images, cloud technologies, method, model, digital medical data.*

References

[1] O. Romanyuk, L. Kozak, and O. Kovalenko, "Formuvannya interoperabel'noho informatsiynoho seredovyshcha tsyfrovoyi medytsyny: personal'ni medychni dani" ["Formation of an interoperable information environment of digital medicine: personal medical data"], *Science and innovation*, vol. 17, no. 5, pp. 50-62, 2021. **doi: 10.15407/scine17.05.050**. (Ukr.)

[2] M.E. Berglund, J. Duvall, and L.E. Dunne, "A survey of the historical scope and current trends of wearable technology applications," in *Proc. of the 2016 ACM Int. Symposium on Wearable Computers*, Heidelberg, Germany, Sept. 12-16, 2016. **doi: 10.1145/2971763.297179**.

[3] I.C.P. Marques, and J.J.M. Ferreira, "Digital transformation in the area of health: systematic review of 45 years of evolution," *Health and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 575-586, 2019. **doi: 10.1007/s12553-019-00402-8**.

[4] G.B. Cline, and G.B. Luiz, "Information technology systems in public sector health facilities in developing countries: the case of South Africa," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 13, article 13, 2013. **doi: 10.1186/1472-6947-13-13**.

[5] A. Boonstra, and M. Broekhuis, "Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions," *BMC Health Services Research*, vol. 10, article 231, 2010. **doi: 10.1186/1472-6963-10-231.**

[6] O. Ben-Assuli, M. Leshno, and I. Shabtai, "Using Electronic Medical Record Systems for Admission Decisions in Emergency Departments: Examining the Crowdedness Effect," *Journal of Medical Systems*, vol. 36, no. 6, pp. 3795-3803, 2012. **doi: 10.1007/s10916-012-9852-0**.

[7] D. Lupton, "Critical perspectives on digital health technologies," *Sociology compass*, vol. 8, no. 12, pp. 1344-1359, 2014. **doi: 10.1111/soc4.12226.**

[8] Electronic health records. Centers for Medicare & Medicaid Services. [Online]. Available: https://www.cms.gov/priorities/key-initiatives/e-health/records. Accessed on: August 15, 2025.

[9] K. Caine, and R. Hanania, "Patients want granular privacy control over health information in electronic medical records," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 20, no. 1, pp. 7-15, 2013. **doi: 10.1136/amiajnl-2012-001023**.

[10] L.M. Kozak, O.S. Kovalenko, and I.V. Surovtsev, "Basic Components of the Software Modules Construction for Obtaining, Storing and Exchanging Medical and Environmental Information," *Cybernetics and Computer Engineering*, vol. 3(213), pp. 53-68, 2023. **doi: 10.15407/kvt213.03.053.**

[11] R.P. França, F.C.B. Monteiro, R. Arthur, and Yu. Iano, "An overview of the impact of PACS as health informatics and technology e-health in healthcare managemen," in *Cognitive Systems and Signal Processing in Image Processing*. Academic Press, 2022, pp. 101-128. **doi: 10.1016/B978-0-12-824410-4.00007-6**.

[12] O.S Kovalenko., L.M. Kozak, M. Nadzhyfian Tumandzhani, and O.O. Romanyuk, "Dosvid ta perspektyvy stvorennya medychnykh informatsiynykh system ta informatsiynykh tekhnolohiy pidtrymky nadannya medychnoyi dopomohy" ["Experience and prospects of creating medical information systems and information technologies to support the provision of medical care"], *Cybernetics and Computer Engineering*, vol. 1(207), pp. 59-73, 2022. **doi: 10.15407/kvt207.01.059**. (Ukr.).

[13] *Zminy, shcho vnosiatsia do Kontseptsii rozvytku elektronnoi okhorony zdorovia* [Changes to the Concept for the Development of Electronic Health Care]. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 6, 2024 No. 857-r. [Online]. Available: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/857-2024-%D1%80#Text. Accessed on: September 25, 2025. (Ukr.).

[14] O.V. Ustinov, "Yak zdiysnyuyet′sya zakhyst personal′nykh i medychnykh danykh u systemi eHealth" ["How is personal and medical data protected in the eHealth system"], *Ukrainskyi medychnyi chasopys – Ukrainian Medical Journal*, 2022. [Online]. Available: http://www.umj.com.ua/uk/novyna-233223-yak-zdijsnyuyetsya-zaxist-personalnih-i-medichnih-danih-u-sistemi-ehealth. Accessed on: August 10, 2025. (Ukr.).

[15] C. Hewitt, "ORGs for scalable, robust, privacy-friendly client cloud computing," *IEEE internet computing*, vol. 12, no. 5, pp. 96-99, 2008. **doi: 10.1109/mic.2008.107**.

Стаття надійшла 10.10.2025
Стаття прийнята 21.10.2025
Стаття опублікована 30.10.2025

Цитуйте цю статтю як: Метод збереження цифрових медичних зображень для подальшого використання в лікувально-діагностичному процесі / Л. М. Козак та ін. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 51. С. 208-215. DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6733.51.2025.344911.