

МОСКАЛЕНКО А. О.

Міжнародний науково-технічний університет ім. академіка Ю. Бугая

<https://orcid.org/0000-0001-7433-3105>e-mail: a.moskalenko@istu.edu.ua

ОСЯДЛИЙ В. В.

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7861-4684>vitalik9865@gmail.com

МОДЕЛЬ ТА МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОСТАТНОСТІ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Метою даного дослідження є підвищення ефективності керування медичними даними шляхом розроблення методу оцінювання достатності медичних даних перед розміщенням їх у блокчейн. Розроблено моделі блоку блокчейну, фрагменту блокчейну та вузла блокчейну, представлені у формалізованому вигляді, а також моделі процесу керування медичними даними (оцінювання достатності даних), які є теоретичним підґрунтям для розроблення методу оцінювання достатності медичних даних. Розроблено правила для визначення достатності медичних даних, які забезпечують аналіз медичних даних на предмет відшукання всіх наперед визначених необхідних елементів медичних даних; прийняття рішення про достатність або недостатність інформації; виведення візуалізованих підказок, яких елементів даних не вистачає, для забезпечення можливості швидкого доповнення даних; кількісну оцінку достатності медичних даних. Розроблено метод оцінювання достатності медичних даних, який забезпечує: можливість аналізу множини медичних даних на предмет їх достатності; можливість кількісного оцінювання достатності медичних даних; в разі недостатності медичних даних у множині, формування рекомендацій щодо доповнення множини медичних даних – як керівництво, яку інформацію слід додати у множини медичних даних для можливості їх завантаження в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну.

Ключові слова: блокчейн-технологія, блок блокчейну, розділ блоку блокчейну, медичні дані, достатність медичних даних.

Artem MOSKALENKO

Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University

Vitaliy OSYADLYI

Khmelnitskyi National University

MODEL AND METHOD OF ASSESSING THE MEDICAL DATA SUFFICIENCY

The conducted state-of-the-art on known decisions on the use of blockchain technologies in the construction of information technology for medical data management showed that, despite a large number of different solutions, effective methods and solutions for medical data management based on blockchain technologies are currently lacking. Thus, improving the efficiency of medical data management by developing methods of medical data management based on blockchain technologies is currently an urgent problem. The aim of this study is to improve the efficiency of medical data management by developing a method for assessing the sufficiency of medical data before placing them in the blockchain.

Models of blockchain block, blockchain fragment and blockchain node, presented in formalized form, as well as models of medical data management process (data sufficiency assessment) are developed, which are the theoretical basis for developing a method of assessing the medical data sufficiency.

Rules for determining the sufficiency of medical data have been developed, which provide analysis of medical data in order to find all the predetermined necessary elements of medical data; to decide on the sufficiency or insufficiency of information; output of visualized hints, which data elements are missing, to ensure the ability to quickly add data; quantitative assessment of the sufficiency of medical data.

The paper developed a method for assessing the sufficiency of medical data, which provides: the ability to analyze a variety of medical data for their sufficiency; the ability to quantify the sufficiency of medical data; in case of insufficiency of medical data in the set, formation of recommendations on supplementing the set of medical data – as a guide, what information should be added to the set of medical data to be able to download them to the section "Block data" of blockchain.

Keywords: blockchain technology, blockchain block, blockchain block section, medical data, medical data sufficiency.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сьогодні медичні інформаційні технології повинні відповідати 4 вимогам: ефективність, безпека, новизна та економічна вигода [1].

Інформаційні системи є ключовим фактором успіху медичних досліджень та охорони здоров'я. В даний час більшість цих систем використовують гетерогенні та власні моделі даних, які перешкоджають обміну даними та комплексному аналізу даних у наукових цілях. Через складність медичної термінології загальна кількість моделей медичних даних дуже велика. Наразі переважна більшість цих моделей недоступні науковому співтовариству [2].

Сфера охорони здоров'я в Україні давно потребує змін, і безліч можливостей блокчейн-технології (blockchain) можуть допомогти їй очолити трансформацію цієї сфери та забезпечити відповідність зазначеним 4-м вимогам. Доказом зростання затребуваності блокчейн-технології може служити результат дослідження, проведеного в жовтні 2017 року командою «Black Book» [3]. В ході цього дослідження було опитано 88 споживачів системи охорони здоров'я (серед них – представники страхових компаній, споживачі медичних послуг) та 276 постачальників медичних послуг (відповідальних за технологічний процес

фахівців, менеджерів і IT-фахівців). «Black Book» виявив, що 19% керівників медичними організаціями та 76% представників, які оплачують медичні послуги, розглядали або вже застосовували рішення на основі блокчейн-технології. Таким чином, підвищена увага до технології розподілених реєстрів привела до розуміння потенціалу застосування блокчейн-технології в системі охорони здоров'я. Блокчейн вже довів свою ефективність у галузі охорони здоров'я та природничих наук, допомагаючи зміцнити довіру та оптимізувати співпрацю.

Блокчейн – це один із способів розподіленого зберігання даних. Цю технологію можна використовувати для запису та відстеження будь-якого виду інформації: від медичних показників до проведення виборів [4]. Блокчейн (від англійської blockchain) дослівно перекладається як ланцюг із блоків. У кожному з таких блоків у цифровому вигляді записана та чи інша інформація. Будь-який користувач може переглянути цю інформацію, але не може її змінити [5].

Кожен блок пов'язаний з попереднім та наступним блоком. Блоки утворюють ланцюжок даних по мірі того, як ресурс переміщується з одного місця до іншого або змінює власників. Блоки підтверджують точний час та порядок виконання транзакцій. Крім того, блоки нерозривно зчеплені один з одним, що виключає можливість зміни блоку або вставки між двома іншими блоками [6].

Блокчейн перетворить медичні підприємства та підвищить якість обслуговування, дозволяючи розвиватися новим екосистемам та новим бізнес-моделям. Інформація про охорону здоров'я, що зберігається в блокчейні, може змінити спосіб зберігання клінічної інформації, а також те, як відбувається обмін інформацією в організації, з партнерами з охорони здоров'я, платниками і, головне, з пацієнтами. Блокчейн децентралізує медичну інформацію, підвищуючи доступність, ефективність, прозорість даних та довіру до них, але також вимагає ретельного планування, щоб максимально використати переваги, які він приносить [7].

За допомогою блокчейну користувачі можуть зберігати важливі медичні дані, оригінальність яких можна перевірити, якщо є підозра на підробку. Крім того, можуть бути використані криптографічні алгоритми для забезпечення конфіденційності медичних даних (наприклад, зловмисник не зможе прочитати текст, якщо він вкрав дані) [8].

Як правило, більшість даних в електронних медичних картках залишаються незмінними після їх завантаження в систему. Таким чином, блокчейн потенційно може використовуватися для полегшення обміну медичними даними. Різні медичні організації та окремі особи (наприклад, лікарі, лікарні, медичні лабораторії та страхові компанії) можуть отримати доступ до електронних медичних карток, що зберігаються в блокчейні, з більш високим рівнем довіри. Блокчейн-рішення пропонують ефективні підходи до надійного управління медичними даними, коли зберігаються та обробляються конфіденційні дані пацієнтів. Звісно, для успішного впровадження технології блокчейн в управління медичними даними важливо отримати згоду лікарів і пацієнтів. Наразі багато інституційних та промислових закладів вже визнали важливість технології для сектора охорони здоров'я, а також сформулювали основні ідеї, концепції та основні варіанти використання [9].

Відтак, наразі актуальною задачею для України є потреба у керуванні медичними даними на основі блокчейн-технологій.

Моделювання процесу керування медичними даними: оцінювання достатності

В процесі керування медичними даними з використанням блокчейн-технологій медичні дані будуть розташовуватись в блоках блокчейну. Тому для початку розглянемо структуру блоку блокчейну. Враховуючи, що заголовок блоку блокчейну містить дату та час, версію, метадані, цифрові підписи сторін, власний зашифрований код, хеш попереднього блоку, представимо такий блок у наступному формалізованому вигляді – у вигляді кортежу його елементів:

$$B = \langle H, D \rangle \times \langle (d, t, v, md, ec, ds, hb), D \rangle \quad (1)$$

де H – заголовок блоку, D – дані блоку, d – дата, t – час, v – версія, md – метадані, ec – власний зашифрований код, ds – цифрові підписи сторін, hb – хеш попереднього блоку.

Блокчейн – це ланцюг із блоків. Кожен блок пов'язаний з попереднім та наступним блоком. Блоки нерозривно зчеплені один з одним, що виключає можливість зміни блоку або вставки між двома блоками. Тому представимо фрагмент блокчейну у формалізованому вигляді – у вигляді множини кортежів, які представляють блоки блокчейну:

$$\begin{aligned}
BCH &= \{B_1, B_2, \dots, B_{n-1}, B_n, B_{n+1}, \dots\} = \\
&= \{ \langle (d_1, t_1, v_1, md_1, ec_1, ds_1), D_1 \rangle \\
&\langle (d_2, t_2, v_2, md_2, ec_2, ds_2, hb_1), D_2 \rangle \dots, \\
&\langle (d_{n-1}, t_{n-1}, v_{n-1}, md_{n-1}, ec_{n-1}, ds_{n-1}, hb_{n-2}), D_{n-1} \rangle, \\
&\langle (d_n, t_n, v_n, md_n, ec_n, ds_n, hb_{n-1}), D_n \rangle \\
&\langle (d_{n+1}, t_{n+1}, v_{n+1}, md_{n+1}, ec_{n+1}, ds_{n+1}, hb_n), D_{n+1} \rangle, \\
&\dots \}
\end{aligned} \tag{2}$$

де номер елемента hb вказує, що це хеш саме попереднього блоку.

Блоки блокчейну зберігаються у вузлах, які допомагають синхронізувати та своєчасно оновлювати дані для всіх учасників. Крім блоків, у вузлах зберігаються комплекси математичних завдань для зміни блоку – так звані Proof-of-Work tasks, призначені для ускладнення процесу доказу і забезпечення безпеки блокчейну.

В мережі блокчейну зберігається також смарт-контракт – набір правил для прискорення транзакцій, які виконуються в автоматичному режимі.

Враховуючи вищевикладене, представимо вузол блокчейну у наступному формалізованому вигляді:

$$\begin{aligned}
BCH &= \{ \langle (d_1, t_1, v_1, md_1, ec_1, ds_1), D_1 \rangle \\
&\langle (d_2, t_2, v_2, md_2, ec_2, ds_2, hb_1), D_2 \rangle \dots, \\
&\langle (d_{n-1}, t_{n-1}, v_{n-1}, md_{n-1}, ec_{n-1}, ds_{n-1}, hb_{n-2}), D_{n-1} \rangle, \\
&\langle (d_n, t_n, v_n, md_n, ec_n, ds_n, hb_{n-1}), D_n \rangle \\
&\langle (d_{n+1}, t_{n+1}, v_{n+1}, md_{n+1}, ec_{n+1}, ds_{n+1}, hb_n), D_{n+1} \rangle, \dots \} T
\end{aligned} \tag{3}$$

де T – множина Proof-of-Work tasks.

В процесі керування медичними даними слід поєднати наявні в медичних установах медичні дані, якими слід обмінюватись з іншими медичними (і не тільки) установами, із мережею блокчейну з метою організації захисту медичних даних/

Зазвичай, медичними даними вважають тільки ті дані, що отримують при вимірюванні характеристик пацієнта. Кількість характеристик пацієнта чимала (і не залежить, чи йде мова про хвору або здорову людину).

Для більшості медичних даних характерні наступні особливості: нечіткість; неузгодженість термінології; велика кількість якісних ознак, які суб'єктивно оцінюють стан хворого; відсутність єдиних алгоритмів опису стану пацієнта; відсутність єдиних алгоритмів опису діагностичного і лікувального процесів; недостатній рівень стандартизації медичної документації; значна різноманітність медичних даних.

Тому слід оцінити достатність медичних даних, перш ніж заносити їх в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну. Достатність – змістовна повнота набору показників для прийняття рішення. Достатність (повнота) інформації означає, що містить мінімальний, але достатній для прийняття правильного рішення склад (набір показників). Поняття повноти інформації пов'язане з її змістом (семантикою) та прагматикою. Як неповна, тобто недостатня для прийняття правильного рішення, так і надмірна інформація знижує ефективність прийнятих користувачем рішень. Повнота інформації багато в чому характеризує якість інформації та визначає достатність даних для прийняття рішень або для створення нових даних з урахуванням наявних. Чим повніші дані, тим ширший діапазон методів, які можна використовувати, тим простіше підібрати метод, що вносить мінімум похибок у хід інформаційного процесу. Відтак головною умовою для цього є розуміння того, що саме (які саме обов'язкові елементи) має бути представлено у медичних даних, які слід занести в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну.

Процес оцінювання достатності медичних даних полягає у:

1) аналізі медичних даних на предмет відшукування всіх наперед визначених необхідних елементів медичних даних;

2) прийнятті рішення про достатність або недостатність інформації – якщо всі наперед визначені необхідні елементи медичних даних наявні, то приймається рішення про достатність інформації і можливість занесення їх в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну; якщо не всі наперед визначені необхідні елементи медичних даних наявні, то приймається рішення про недостатність інформації і доповнення даних перед занесенням їх в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну;

3) для можливості швидкого доповнення даних виводяться підказки стосовно того, які саме необхідні елементи медичних даних відсутні, як керівництво, які елементи даних слід додати для можливості їх завантаження в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну.

Додатково може бути обчислена кількісна оцінка достатності медичних даних за формулою:

$$smd = \frac{amd}{md}, \tag{4}$$

де amd – кількість доступних елементів медичних даних, md – необхідна кількість елементів медичних даних.

Метод оцінювання достатності медичних даних

Дані блоку D є множиною записів: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$. Індивідуальний запис в множині медичних даних сприймається як система із трьох елементів (тріада) – тип, час і якість, що представлено в наступному формалізованому вигляді у вигляді трійок:

$$d_i = \langle dtp_i, dtm_i, dq_i \rangle, \tag{5}$$

де dtp_i – тип даних (тип даних може бути динамічним – наприклад, аналіз крові, або статичним – геном, відбитки пальців); dtm_i – час даних, дата, коли ці дані було отримано; dq_i – якість даних, де враховується «термін придатності» інформації чи аналізів – чим вона вища, тим цінніша інформація; наприклад, результат перевірки на холестерин діє півроку, а генетичний тест – все життя; $i = 1..k$, k – кількість записів в множині медичних даних, які готуються до занесення у блок блокчейну.

Враховуючи, що дані блоку D є множиною записів: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$, а індивідуальний запис в множині медичних даних сприймається як система із трьох елементів, що представлено формулою (5), тоді еталонні медичні дані представимо у вигляді множини:

$$D_{st} = \{ \langle dtp_1, dtm_1, dq_1 \rangle, \dots, \langle dtp_i, dtm_i, dq_i \rangle, \dots, \langle dtp_k, dtm_k, dq_k \rangle \}, \tag{6}$$

Наявна ж множина медичних даних, які плануються до занесення у блок блокчейну, може бути представлена у вигляді матриці:

$$D_{av} = \begin{pmatrix} dtp_{1av} & dtm_{1av} & dq_{1av} \\ dtp_{2av} & dtm_{2av} & dq_{2av} \\ \dots & \dots & \dots \\ dtp_{iav} & dtm_{iav} & dq_{iav} \\ \dots & \dots & \dots \\ dtp_{kav} & dtm_{kav} & dq_{kav} \end{pmatrix}, \tag{7}$$

де елементи dtp_{iav} , dtm_{iav} , dq_{iav} ($i = 1..k$; k – кількість записів в множині медичних даних, які готуються до занесення у блок блокчейну) можуть бути відсутні, якщо медичні дані у множині є недостатніми.

Враховуючи, що всі наведені у формулі (6) елементи медичних даних є обов’язковими з точки зору достатності медичних даних, то *правила для визначення достатності медичних даних* мають вигляд:

- 1) якщо в i -му записі даних множини D_{av} ($i = 1..k$) наявна інформація про тип даних (наявний елемент dtp_{iav}), то: $sctp = sctp + 1$ та $b[i,1]=1$, інакше $b[i,1]=0$;
- 2) якщо в i -му записі даних множини D_{av} ($i = 1..k$) наявна інформація про час даних (наявний елемент dtm_{iav}), то: $sdtm = sdtm + 1$ та $b[i,2]=1$, інакше $b[i,2]=0$;
- 3) якщо в i -му записі даних множини D_{av} ($i = 1..k$) наявна інформація про якість даних (наявний елемент dq_{iav}), то: $sdq = sdq + 1$ та $b[i,3]=1$, інакше $b[i,3]=0$.

Враховуючи особливості формування матриці B , *правила для формування рекомендацій щодо доповнення множини медичних даних* мають вигляд:

- 1) якщо $b[i,1]=0$, то користувачу надається рекомендація щодо доповнення i -го запису даних блоку ($i = 1..k$) інформацією про тип даних;
- 2) якщо $b[i,2]=0$, то користувачу надається рекомендація щодо доповнення i -го запису даних блоку ($i = 1..k$) інформацією про час даних;

3) якщо $b[i,3]=0$, то користувачу надається рекомендація щодо доповнення i -го запису даних блоку ($i = 1..k$) інформацією про якість даних.

Тоді *метод оцінювання достатності медичних даних* складається з наступних кроків:

1) аналіз множини медичних даних D_{av} перед занесенням їх у розділ «Дані блоку» блоку блокчейну з використанням кожного з розроблених правил для визначення достатності медичних даних та підрахунок лічильників $sftp$, $sdtm$, sdq ;

2) обчислення кількісної оцінки достатності медичних даних за формулою:

$$sfmd = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{sftp}{k} + \frac{sdtm}{k} + \frac{sdq}{k} \right) \quad (8)$$

3) якщо $sftp = k$ та $sdtm = k$ та $sdq = k$ та $sfmd = 1$, то приймається рішення про достатність медичних даних в множині D_{av} (оскільки всі елементи множини медичних даних є обов'язковими з точки зору достатності медичних даних і наявні у множині D_{av} медичних даних, які готуються до занесення у блок блокчейну) і занесення даних множини D_{av} в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну;

4) якщо $sftp < k$ або $sdtm < k$ або $sdq < k$ або $sfmd < 1$, то: приймається рішення про недостатність медичних даних у множині D_{av} ; така множина медичних даних потребує доопрацювання перед занесенням цих даних в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну; користувачу надаються рекомендації щодо доповнення множини медичних даних – згідно із правилами для формування рекомендацій щодо доповнення множини медичних даних D_{av} – як керівництво, яку інформацію слід додати у множини медичних даних D_{av} для можливості їх завантаження в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну; відбувається доповнення множини медичних даних D_{av} ; відбувається повернення на крок 1 Методу.

Розроблений метод оцінювання достатності медичних даних забезпечує: можливість аналізу множини медичних даних на предмет їх достатності; можливість кількісного оцінювання достатності медичних даних; в разі недостатності медичних даних у множині, формування рекомендацій щодо доповнення множини медичних даних D_{av} – як керівництво, яку інформацію слід додати у множини медичних даних D_{av} для можливості їх завантаження в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

На сьогодні процеси прийняття рішень у сфері охорони здоров'я є трудомісткими та складними. Продуктивність праці медичних працівників може бути збільшена завдяки використанню інформаційних технологій. Саме інформаційні технології можуть зменшити кількість медичних помилок, надати більш надійні рішення та зменшити витрати на охорону здоров'я. Сьогодні медичні інформаційні технології повинні відповідати 4 вимогам: ефективність, безпека, новизна та економічна вигода. Сфера охорони здоров'я в Україні давно потребує змін, і безліч можливостей блокчейн-технології можуть допомогти їй очолити трансформацію цієї сфери та забезпечити відповідність зазначеним 4-м вимогам. Таким чином, підвищена увага до технології розподілених реєстрів привела до розуміння потенціалу застосування блокчейн-технології в системі охорони здоров'я. Отже, наразі актуальною задачею є потреба у керуванні медичними даними на основі блокчейн-технологій. Метою даного дослідження є підвищення ефективності керування медичними даними шляхом розроблення методу оцінювання достатності медичних даних перед розміщенням їх у блокчейн.

Розроблено моделі блоку блокчейну, фрагменту блокчейну та вузла блокчейну, представлені у формалізованому вигляді, а також моделі процесу керування медичними даними (оцінювання достатності даних), які є теоретичним підґрунтям для розроблення методу оцінювання достатності медичних даних.

Розроблено правила для визначення достатності медичних даних, які забезпечують аналіз медичних даних на предмет відшукання всіх наперед визначених необхідних елементів медичних даних; прийняття рішення про достатність або недостатність інформації; виведення візуалізованих підказок, яких елементів даних не вистачає, для забезпечення можливості швидкого доповнення даних; кількісну оцінку достатності медичних даних.

Розроблено метод оцінювання достатності медичних даних, який забезпечує: можливість аналізу множини медичних даних на предмет їх достатності; можливість кількісного оцінювання достатності медичних даних; в разі недостатності медичних даних у множині, формування рекомендацій щодо доповнення множини медичних даних – як керівництво, яку інформацію слід додати у множини медичних даних для можливості їх завантаження в розділ «Дані блоку» блоку блокчейну.

Література

1. Денисюк В. І. Доказова внутрішня медицина / В.І.Денисюк, О.В.Денисюк – Вінниця : Інше Видавництво, 2011. – 928 с.
2. Dugas M. Portal of medical data models: information infrastructure for medical research and healthcare / M. Dugas, P. Neuhaus, A. Meidt, J. Doods, M. Storck, P. Bruland, J. Varghese // Database: The Journal of

Biological Databases and Curation. – 2016. – Paper bav121.

3. Healthcare Industry interest in Blockchain is heating up, Black Book Survey, Q3. URL: <https://www.newswire.com/files/16/40/321b6089f1b01dfd80433bffb0df.pdf>.

4. Zeng Y. Review of research on blockchain application development method / Y. Zeng, Y. Zhang // Journal of Physics Conference Series. – 2019. – Vol. 1187. – Article Number 052005.

5. Xu Z. What can blockchain do and Cannot do? / Z. Xu, C. Zou // China Economic Journal. – 2021. – Vol. 14. – Issue 1. – Pp. 4-25.

6. Li W. An Overview of Blockchain Technology: Applications, Challenges and Future Trends / W. Li, M. He, H. Sang // 2021 IEEE 11th International Conference On Electronics Information and Emergency Communication: Proceedings. – Beijing, 2021. – P. 31–39.

7. Transform healthcare outcomes with the simplicity of IBM Blockchain. URL: <https://www.ibm.com/downloads/cas/DQPLDP8N>.

8. Kim T. DynamiChain: Development of Medical Blockchain Ecosystem Based on Dynamic Consent System / T. Kim, S. Lee, D. Chang, J. Koo, T. Kim, K. Yoon, I. Choi // Applied Sciences-Basel. – 2021. – Vol. 11. – Issue 4. – Article number 1612.

9. Zou R. SPChain: Blockchain-based medical data sharing and privacy-preserving eHealth system / R. Zou, X. Lv, J. Zhao // Information Processing & Management. – 2021. – Vol. 58. – Issue 4. – Article number 102604.

References

1. V. Denysyuk, O. Denysyuk. Evidence-Based Internal Medicine. Vinnytsya: Inshe vydavnyctvo, 2011. 928 p.
2. M. Dugas, P. Neuhaus, A. Meidt, J. Doods, M. Storck, P. Bruland, J. Varghese. Portal of medical data models: information infrastructure for medical research and healthcare. Database: The Journal of Biological Databases and Curation. 2016. Paper bav121.
3. Healthcare Industry interest in Blockchain is heating up, Black Book Survey, Q3. URL: <https://www.newswire.com/files/16/40/321b6089f1b01dfd80433bffb0df.pdf>.
4. Y. Zeng, Y. Zhang. Review of research on blockchain application development method. Journal of Physics Conference Series. 2019. Vol. 1187. Article Number 052005.
5. Z. Xu, C. Zou. What can blockchain do and Cannot do? China Economic Journal. 2021. Vol. 14. Issue 1. P. 4-25.
6. W. Li, M. He, H. Sang. An Overview of Blockchain Technology: Applications, Challenges and Future Trends. 2021 IEEE 11th International Conference On Electronics Information and Emergency Communication: Proceedings. Beijing, 2021. P. 31-39.
7. Transform healthcare outcomes with the simplicity of IBM Blockchain. URL: <https://www.ibm.com/downloads/cas/DQPLDP8N>.
8. T. Kim, S. Lee, D. Chang, J. Koo, T. Kim, K. Yoon, I. Choi. DynamiChain: Development of Medical Blockchain Ecosystem Based on Dynamic Consent System. Applied Sciences-Basel. 2021. Vol. 11. Issue 4. Article number 1612.
9. R. Zou, X. Lv, J. Zhao. SPChain: Blockchain-based medical data sharing and privacy-preserving eHealth system. Information Processing & Management. 2021. Vol. 58. Issue 4. Article number 102604.