

УДК 004.4

Т. А. Вакалюк, Р. В. Павлов, О. В. Чижмотря, О. Г. Чижмотря, Ю. І. Лисогор

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКУ ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир

Анотація. У статті розглянуто види криптовалют, наведено методи їх прогнозування. Проведено огляд програмних засобів прогнозування криптовалют. Обрано метод прогнозування криптовалют для поставленої задачі. Запропоновано та описано концептуальну модель веб-додатку, проведено декомпозицію концептуальної моделі веб-додатку в нотації IDEF0, а також декомпозиція концептуальної моделі веб-додатку в нотації IDEF3 та декомпозицію концептуальної моделі у нотації DFD. Наведена структурна схема вибору параметрів для прогнозування курсу криптовалюти (варіанти вибору користувача), та запропонована діаграма роботи веб-додатку прогнозування курсу криптовалют.

Ключові слова: криптовалюта, прогнозування, розробка, теоретичні аспекти.

Abstract. The article considers the types of cryptocurrencies, methods of their forecasting. A review of cryptocurrency forecasting software was conducted. The method of cryptocurrency forecasting for the task is chosen. The diagram of user choice is given, the structural, logical and physical models are described. The concentrative model of the web application is proposed and described, the conceptual model of the web application in IDEF0 notation is decomposed, as well as the decomposition of the conceptual model of the web application in IDEF3 notation and the decomposition of the conceptual model in DFD notation. The block diagram of the choice of parameters for forecasting the cryptocurrency rate (user choice options) is presented, and the diagram of the cryptocurrency forecasting web application is proposed.

Key words: cryptocurrency, forecasting, development, theoretical aspects.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2022-53-1-19-27>.

Вступ

ІТ-технології дуже стрімко розвиваються та все частіше набувають широкого вжитку та удосконалюють сфери нашого життя. Це не обходить і різні фінансові інститути. Чудовим поєднанням технологій та фінансів в сучасному світі є поняття криптовалют, які з кожним роком розвиваються все швидше. В деяких країнах, ті чи інші види криптовалют вже починають замінювати паперові гроші. Їх визнають на загальнодержавному рівні, встановлюють спеціальні термінали для роботи з даними валютами.

В сучасному світі фінансові установи прогресують за допомогою ІТ-технологій. Це дає відповідний фундамент до розвитку нових фінансових та економічних можливостей, інструментів та форм взаємодії людей між собою. Так, «з'явився аналог традиційних валют – криптовалюта та її найпоширеніша грошова одиниця біткоїн» [1].

Криптовалюта – «вид цифрових грошей, в якому використовуються розподілені мережі і публічно доступні журнали реєстрації угод, а ключові ідеї криптографії поєднані в них з грошовою системою заради можливості створити безпечно, анонімну та потенційно стабільну віртуальну валюту» [2].

Виділяють такі основні криптовалюти:

Bitcoin (BTC) – найвідоміша криптовалюта. Ринкова капіталізація становить понад 1.1 трлн. доларів, крім того, біткоїн є найдорожчою валютою з усіх існуючих на даний час. Біткоїн визнають на державному рівні в багатьох розвинених країнах, «встановлюються спеціальні термінали для роботи з валютою, які використовують для проведення набору операцій» [3].

Ethereum (ETH) – «криптовалюта, яка заснована розробником Віталіком Бутериним, на початку 2015 року. Ethereum використовує свій власний підхід та вихідний код, який став основою для інших, менш розповсюджених, криптовалют. На даний час Ethereum має капіталізацію близько 348 млрд. доларів. Головна відмінність від біткоїна полягає у тому, що Ethereum використовує спеціальні смарт-контракти» [4].

Litecoin (LTC) – криптовалюта, яка запущена в 2011 році, її головною перевагою є швидке підтвердження всіх видів транзакцій.

Актуальність

За останні роки науковці та ІТ-фахівці приділяють велику увагу дослідженням з прогнозування курсу криптовалют. Основною задачею дослідників є визначення системи критеріїв та показників, які чинять вплив на курсі, а також визначити та окреслити методи такого прогнозування.

Сословський В. Г., пропонує використовувати системний підхід у прогнозуванні криптовалюти. Він визначає, що ринок криптовалюти – «це система, яка впливає на розвиток інших суб'єктів економіки, як частина фінансової системи. Учений також зазначає те, що ринок криптовалют є відкритою, складною, стохастичною, динамічною та керованою системою, яка знаходиться наразі активно формується та розвивається. У цієї системи є суб'єкт і об'єкт керування, а розвиток системи на умовах децентралізації здійснюється сукупністю елементів, що утворюють суб'єкт керування у вигляді саморегульованої організації (СРО). Сукупність елементів, що забезпечують випуск та обіг криптовалют й користування ними, утворює об'єкт керування – власне і ринок криптовалют» [5].

Потапенко Б. П. ж пропонує прогнозування криптовалют за допомогою нейронних мереж. Штучні нейронні мережі (ШНМ) – «це математичні моделі, а також їх програмні або апаратні реалізації, які побудовані за принципом біологічних нейронних мереж – нервових кліток живого організму. Після розробки алгоритмів навчання, моделі використовуються в практичних цілях: прогнозування, розпізнавання образів, та ін» [6].

Американський науковець та фінансист Метт Кранц виділяє фундаментальний аналіз як один із методів прогнозування курсу криптовалют. Він зазначає, що це оцінка ризику інвестиції, спроба виміряти її цінність, вивчаючи економічні, фінансові та інші показники. Кінцевою метою фундаментального аналізу є висвітлення кількісного значення, що вказує на недооцінені чи переоцінені вартості ресурсу [7].

Також, IT-фахівці та вчені застосовують інші методи прогнозування курсу криптовалют. Ось, деякі з них:

- Методика аналізу і прогнозування валютного ринку [8], [9] включає в себе генерацію сигналів торгової системи (купити, продати, утримувати, закрити позицію). Для генерації та ідентифікації такого роду сигналів використовується аналіз перетину декількох експоненційних ковзних середніх з різними періодами усереднення. Критерієм відкриття позицій на купівлю чи продаж є емпірично знайдені порогові значення величини середньої кількості всіх поданих сигналів. Критерієм закриття позиції – рівень прибутку чи збитку, що вводиться експертом. Перевагою цієї методики є простота використання, а недоліком – деяка неточність сигналів опису ситуації на ринку, а також низька ефективність при бічному тренді.

- Марковські випадкові процеси та Ланцюги Маркова – частковий випадок випадкових процесів, що широко та ефективно застосовуються для створення імовірних за своїм родом моделей, які описують процеси функціонування певних систем технічного, екологічного та економічного характеру.

Випадковий процес $X(t)$ називають марковським [10], якщо за будь-якого можливого значення часу $t = t_1$ значення випадкової величини $x(t_1)$ не залежить від того, яких значень ця величина набувала для $t < t_1$, а це, в свою чергу, значить, що процес у момент часу $t = t_1$ не залежить від його поведінки в більш ранні моменти часу $t < t_1$. Основною властивістю ланцюгів Маркова є пам'ять про минулі переходи, тобто розподіл ймовірностей (i, j) характеризує ймовірність того, що котирування валюти прийме значення j , за умови, що після t кроків (наприклад, t годин) котирування рівна i [10].

Методика експоненціального згладжування – метод, який обчислює значення згладженого ряду шляхом оновлення значень, визначених на попередньому кроці на основі інформації з поточного кроку [11]. Інформація попереднього і поточного кроків береться з різними вагами, якими можна керувати. Простий, ефективний метод, але неточний при короткотривалому прогнозуванні і зовсім не підходить для використання на довготривалому проміжку часу. Переваги методу експоненційного згладжування: досить точні прогнози на середньострокові терміни; висока ефективність надходження нових даних для обробки; простота використання; проміжні результати доступні для користувача [11].

До недоліків цього методу можна віднести малу точність прогнозів для невеликих та довготривалих часових проміжків. Вартість віртуальних монет встановлюється ринком, тому чим більше попит на певну криптовалюту, тим вище буде її курс [11]. Попит же, в свою чергу, залежить від переваг, які пропонує відповідна криптовалюта. Попит формується на основі новин про нові розробки та досягнення в цій сфері. Популярність криптовалют, реклама та сприятливі новини також є ознакою швидкого зростання курсу певної криптовалюти. Так як курс криптовалют залежить виключно від попиту, то одним із методів прогнозування курсу є кількісна оцінка такого попиту та аналіз впливу попиту на курс криптовалют.

В підсумку зрозумілим є те що, дана тема є достатньо новою, тому тут є ще, що досліджувати. Зробивши аналіз усіх складових було зазначено, що вплив соціуму на курс криптовалют є суттєвим, але слабо проаналізованим математично.

Мета

Метою статті є описати теоретичні аспекти розробки веб-додатку прогнозування крипто-валют.

Задачі

1. Проаналізувати наявні програмні засоби прогнозування курсу криптовалют.
2. Проаналізувати існуючі методи та практики прогнозування курсів криптовалют.
3. Провести аналіз обраних методів прогнозування та вибрати декілька для побудови моделі.
4. На основі обраних методу розробити прогнозну модель.

Розв'язання задач

На сьогоднішній день існує чимало програмних засобів прогнозування курсу криптовалют, кожен з яких використовує різні методи прогнозування. Розглянемо деякі з них:

Walletinvestor – веб-додаток, який дає можливість вибору однієї конкретної криптовалюти, або ж спостерігати дані про всі наявні з них у вигляді зручної таблиці. Програму можна переглянути за посиланням <https://walletinvestor.com>.

Веб-додаток пропонує користувачу, окрім прогнозів на деякий період часу, поточний курс найпопулярніших криптовалют і усі попередні дані. Методи, які використовуються для прогнозів не розголошуються з причини комерційної таємниці.

NeuroShell – це повноцінний набір нейронних мереж, які створені та спеціально навчені для передбачення курсу котирувань валют. За допомогою зручного інтерфейсу людина з будь-яким досвідом у фінансовій сфері зможе використовувати цю програму. Також сильною стороною цієї програми є використання методів на основі генетичних алгоритмів. Сама ж торгова система може використовувати в своїх методах як індикатори, так і спрогнозовані дані, отримані за допомогою нейронних мереж. Процес побудови нейронних мереж досить простий, однак ключові етапи побудови залишається в таємниці. Основна архітектура, яка використовується – це багатосаровий перцептрон.

Belinvestor [12] – веб-орієнтована система, яка можна знайти за адресою <https://belinvestor.com/cryptocurrencies/>. Тут є прогнози на найближчі дати у форматі стрічки новин. Основним мінусом є те, що на сайті пости, які побули на сайті більше 3 місяців – видаляються, що не дає змоги подивитися більш старі прогнози, та оцінити їх точність. По новим прогнозам можна сказати, що вони складаються людьми зі значним досвідом та знанням цієї сфери.

Ainet – програма для прогнозування курсів криптовалют на основі нейронних мереж. В якості вихідних даних виступає прямокутна матриця з повністю заповненими даними і матриця з тим же кількістю стовпців, але в якій відсутні певні дані. Програма намагається передбачити значення цих пропущених даних. Серед мінусів сервісу визначають те, що вона працює за методом «чорної скриньки», Це призводить до складнощів розуміння звичайним користувачем нейронних мереж, що використовуються для побудови прогнозів.

Для реалізації моделі, на основі якої будемо розроблювати веб-додаток для прогнозування курсу криптовалют необхідно описати вимоги до моделі та вхідні змінні, які використовуються для її побудови. Цілісна модель прогнозування криптовалют повинна відповідати таким вимогам: своєчасність, актуальність, адекватність, точність. В якості вхідних змінних будуть використовуватись дані про певну криптовалюту, а саме: найменування, поточний курс та часовий ряд курсу у минулому, часовий ряд кількості та типу (продаж / купівля) укладених угод, часовий ряд загальної суми угод в одиницях криптовалюти, часовий ряд максимумів та мінімумів об'єму угод. Вихідними змінними моделі є: курс певної криптовалюти у майбутньому (прогноз). Вхідними даними будуть слугувати курс певної криптовалюти в минулому за заданий період часу.

Згідно із зазначеними вище вимогами до моделі та вхідних даних, джерелом самих даних було обрано платформу Yahoo Finance, яка надає своєчасні, актуальні та точні дані не тільки щодо курсу криптовалют, а також щодо курсу акцій різних компаній.

Можна виділити 2 основні проблеми наявних методів:

1. Більшість із них не дають достатньо точний прогноз (такий, що більше 50%)

2. Наявні методики не досить добре оптимізовані саме під ринок криптовалют.

3. Огляду на зазначені вище проблеми доцільно було б обрати метод із застосуванням нейронних мереж, так як він є найбільш точним. Але є чимало видів нейронних мереж, які застосовуються для різних потреб. У випадку прогнозування курсів криптовалют найбільш вдалим варіантом буде застосування рекурентної нейронної мережі (англ. RNN).

Рекурентна нейронна мережа – це мережа, яка побудована за принципом багатосарового перцептрона, але кожен «нейрон» (блок, цикл) якої зберігає інформацію (запам'ятовує її) [13]. Можна виділити декілька факторів, чому саме ця нейронна мережа найбільш підходить для прогнозування курсів криптовалют, а саме:

1. Цей вид нейронних мереж дуже добре справляється з послідовностями різної довжини;
2. Підтримує потрібний порядок послідовності;
3. Слідкує за довгостроковими залежностями, а не просто скорочує вхідні дані;
4. Обмінюється параметрами по всій послідовності (аби повторно не вивчати речі)

На рис.1 та 2 зображена схема RNN. Що робить RNN, так це те, що вона переводить надані вхідні функції в машинозчитувані вектори. Потім система обробляє кожну з цієї послідовності векторів один за іншим, переходячи від самого першого вектора до наступного в послідовному порядку. Під час обробки система передає інформацію через приховане стан (стан пам'яті) на наступний крок цієї послідовності.

Як тільки прихований стан зібрав всю наявну інформацію в системі з попередніх кроків, він готовий перейти до наступного кроку і об'єднати цю інформацію з вхідними даними поточного кроку (X_t), щоб сформувані новий інформаційний вектор.

Існує декілька видів архітектур RNN, та для прогнозування курсу криптовалют найбільш підходить архітектура LSTM (архітектура з довгою короткочасною пам'ятю), тому що такого роду побудова RNN добре підходить для обробки або передбачення часових рядів в умовах, коли між подіями існують часові затримки невідомої тривалості. Блоки LSTM містять три або чотири «вентилі», які використовуються для керування плином інформації. Такі вентилі реалізують із застосуванням логістичної функції для обчис-

лення значень між 0 та 1. Для часткового дозволу або заборони плинину інформації до або з цієї пам'яті застосовується множення на це значення. Наприклад, «вхідний клапан» керує мірою, до якої нове значення входить до пам'яті. «Забувальний клапан» керує мірою, до якої значення залишається в пам'яті. А «вихідний клапан» керує мірою, до якої значення в пам'яті використовується для обчислення активування виходу блоку.

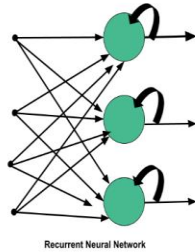


Рисунок 1 – Рекурентна нейронна мережа

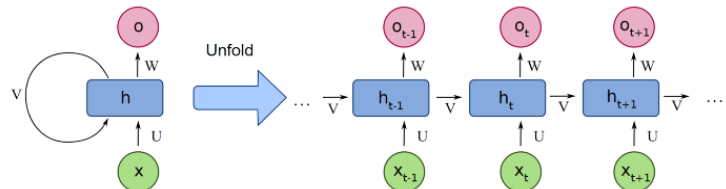


Рисунок 2 – Схема послідовності RNN

На рис. 3 зображена архітектура LSTM із вхідним, забувальним та вихідним клапанами

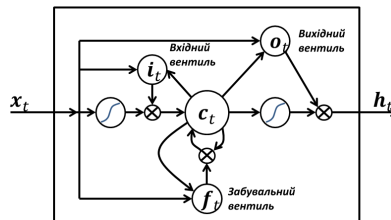


Рисунок 3 – Архітектура LSTM із трьома основними клапанами

В підсумку загальний алгоритм буде розділений на такі етапи:

1. Збір даних про певну криптовалюту з платформи Yahoo Finance, який включає в себе найменування криптовалюти, поточні та ціни криптовалюти за певний період в минулому.
2. Очищення даних від фонового шуму, порожніх даних та надання їм належного вигляду та форми для подальшої обробки нейроною мережою.
3. Подача очищеного та підготовленого набору даних на вхідний шар нейронної мережі типу RNN (LSTM).
4. Видача фінального прогнозу на заданий період часу в майбутньому.

Для забезпечення вищезазначених вимог та опису створеного методу було вирішено обрати моделі, показані на рис.4, як опис основних механізмів роботи програмного засобу.

Концептуальна модель, описана вище, має такі дані:

Вхідні дані: назва криптовалюти та період прогнозу на майбутнє

Механізми роботи поділений на дві основні частини:

1. API Yahoo Finance – надає запитані данні відносно обраної криптовалюти у заданому часовому діапазоні, на кшталт значення курсу [14].
2. Алгоритм прогнозування – є нейромережею типу RNN(LSTM) і є не просто програмною частиною, але самостійним модулем, так як перед реальним використанням її порібно навчити на відповідних фінансових даних [15], [16], після чого вони підключаються до програми в якості засобу обробки біржових даних для видачі прогнозу.

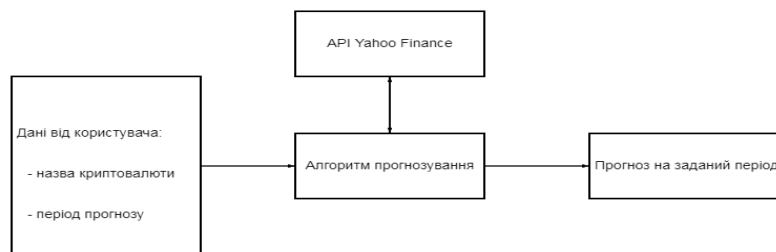


Рисунок 4 – Концептуальна модель веб-додатку

Вихідні дані: прогноз курсу вибраної криптовалюти, який надається у вигляді часового ряду на заданий вхідними даними інтервал, а графічним інтерфейсом програми відображається у вигляді графіку. Головні процеси, які виконуються при роботі програмного засобу можна побачити на рис. 5.

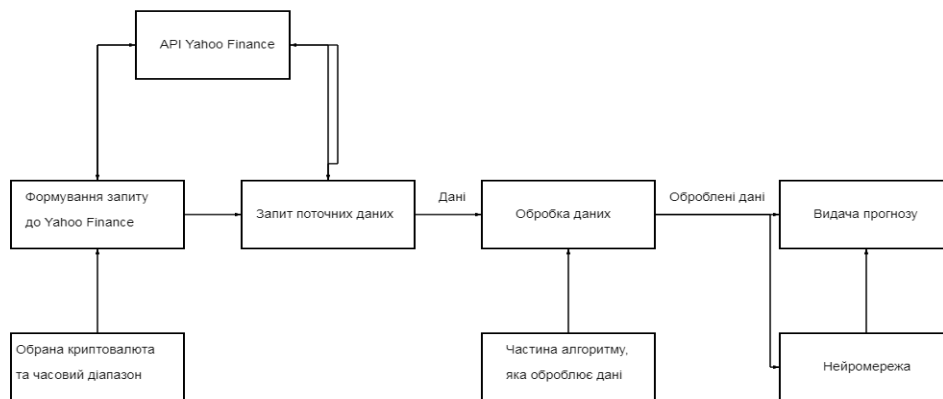


Рисунок 5 – Декомпозиція концептуальної моделі веб-додатку в нотації IDEF0

Концептуальна модель, представлена на рис. 5, має наступні структурні елементи:

Запит до Yahoo Finance – у цьому процесі створюється запит на основі наданих даних про назву криптовалюти та часовий діапазон прогнозу, після чого відправляється до API біржі.

Запит поточних даних – запит, який є початком основного циклу програми для підтримки видачі прогнозу в режимі реального часу – тобто режим програми, в якому дані автоматично оновлюються з певним інтервалом та виведенням інформації користувачу.

Обробка даних – процес очищення, підготовки та приведення, отриманих від платформи Yahoo Finance, фінансових даних до належного, для обробки їх нейромережою, вигляду.

Видача фінального прогнозу – оброблені попереднім етапом дані надходять до нейромережі типу RNN(LSTM) та видається фінальний прогноз.

Основні етапи роботи моделі: Формування запиту, Отримання даних, Обробка даних, Видача результату. Всі ці етапи відбуваються з даними, тому потрібно розглянути декомпозицію у нотації IDEF3, яку можна побачити на рис. 6.



Рисунок 6 – Декомпозиція концептуальної моделі веб-додатку в нотації IDEF3

Чітке визначення рамок, процесів і потоків даних в системі можна побачити на рис. 7 у декомпозиції концептуальної моделі в нотації DFD. Центральним процесом є «Прогнозування курсу криптовалюти». На вхід поступають обраний діапазон прогнозу та обрана криптовалюта. Виходом буде часовий ряд з прогнозом курсу криптовалюти, який буде виведений користувачу у вигляді графіку, на якому по осі X будуть дати, а по осі Y ціни вибраної криптовалюти. Якщо користувач обере прогноз на 1 день, то буде показано минулі ціни в тижневому діапазоні, якщо обере на 7 днів, то буде показано минулі ціни за 2 тижні, якщо обере прогноз на 1 місяць, то буде показано минулі ціни за 2 місяці.

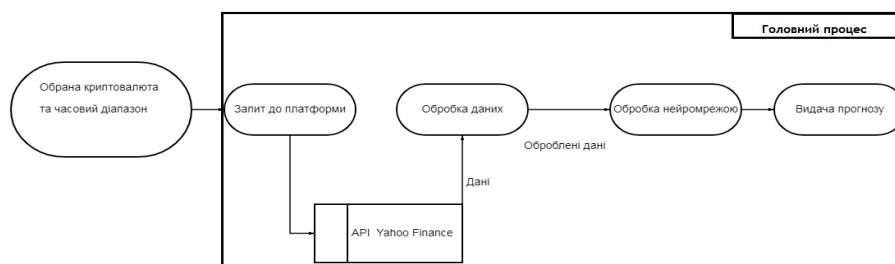


Рисунок 7 – Декомпозиція концептуальної моделі у нотації DFD.

Сховищами даних виступають:

– API Yahoo Finance – основні джерела даних, які надають доступ по запиту до статистики поточних та минулих значень курсу вибраної криптовалюти.

– Пам'ять програми – зберігає лише одну порцію конвертованих даних отриманих від етапу їх обробки.

Також на діаграмі зображено дочірні процеси, які відображають потоки даних між ними, а саме:

– Складання запиту – відповідно до заданих користувачем параметрів складається запит за допомогою відповідної бібліотеки.

– Обробка даних – отримані дані проходять процедуру очистки, форматування та підготовлюються для подальшої обробки нейромережою.

– Обробка нейронною мережою – оброблені дані подаються на входи нейромережі, після чого видається прогноз (часовий ряд) на заданий користувачем період часу.

Основні функціональні вимоги, що ставляться до серверної та клієнтської частин веб-додатку, наведено в табл. 1 та 2. Для визначення коректності вимог необхідно встановити чи не суперечать вони одна одній та чи не перекриваються між собою. Матриці залежності вимог до програмного засобу прогнозування курсу криптовалют наведені в табл. 3 та 4.

Таблиця 1 – Функціональні вимоги серверної частини, що ставляться до системи

Кодовий номер	Вимога
A1	Можливість отримання форми з назвою криптовалюти та часовим діапазоном
A2	Можливість створення запиту для API до певної криптовалютної біржі
A3	Можливість прийому відповіді на запит у форматі CSV
A4	Можливість парсингу даних з CSV формату в об'єкти
A5	Можливість обробки даних, їх очищення та підготовки їх для обробки нейромережою
A6	Можливість видачі нейромережою вихідних даних прогнозів у єдиному вигляді, по екземпляру з кожного обробника
A7	Можливість обробки екземплярів прогнозів ШНМ для генерації єдиного прогнозу

Таблиця 2 – Функціональні вимоги клієнтської частини, що ставляться до системи

Кодовий номер	Вимога
A8	Можливість задання назви криптовалюти та часового проміжку для отримання прогнозу
A9	Можливість задання бажаного вигляду прогнозу: стовпчиковою діаграмою, таблицею чи графіком

Таблиця 3 – Матриця залежності до серверної частини веб-додатку

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	X	X	X	X	X	X	X
A2		X	X	X	X	X	X
A3			X	X	X	X	X
A4				X	X	X	X
A5					X	X	X
A6						X	X
A7							X

Таблиця 4 – Таблиця залежності клієнтської частини веб-додатку

	A8	A9
A8	X	X
A9	X	X

Як видно з матриць залежності, які наведені у табл. 3 та 4 вимог жодних протиріч або накладань

вимог немає. Для демонстрації структури та можливостей моделі використано універсальну мову моделювання (Unified Modeling Language, UML).

Таким чином, можливості відображаються діаграмою можливих варіантів вибору користувачем вхідних параметрів для веб-додатку, яку можна побачити на рис. 7. Нею визначаються загальні межі і контекст веб-додатку прогнозування курсу криптовалют, формулюються загальні вимоги до функціональної поведінки програмного засобу. В підсумку створюються потрібні передумови для подальшого його представлення логічною і фізичною моделями.

Оскільки веб-додаток прогнозування курсу криптовалют ставить на меті дати можливість користувачеві вибирати назву криптовалюти та часовий діапазон прогнозу, а також отримувати результат у одній з трьох можливих форм відображення: графіку, стовпчиковій діаграмі чи таблиці – у програмному засобі єдиним учасником системи є користувач (див. рис. 7).

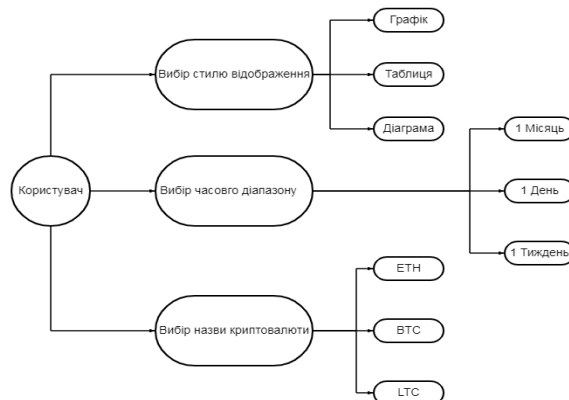


Рисунок 7 – Структурна схема вибору параметрів для прогнозування курсу криптовалюти (варіанти вибору користувача)

Логічна модель даних та веб-додатку виражена незалежно від реалізуючих програмний засіб технологій, для надання відомостей про основні програмні сутності, у нашому випадку об'єктно-орієнтованої моделі – це класи та функції(методи). Для реалізації програмного засобу потрібно було розбити дані, які ми можемо дістати з криптовалютної біржі на самодостатні одиниці, а також видалити зайві дані і в підсумку з них можна скласти відповідний часовий ряд, який буде використаний для прогнозування курсу вибраної криптовалюти.

Також слід було обрати конкретну криптовалютну біржу, оскільки API кожної з них відрізняється. У разі відмови серверу одного з постачальників даних, а також для поєднання отриманих даних для заповнення пробілів інформації, які можливі через утаєння або просто відсутність деяких критеріїв на певній біржі. Тому було обрано 2 криптовалютні біржі для збору фінансових даних обраної криптовалюти.

Створимо діаграму діяльності, яка демонструє конкретну логічну послідовність основного робочого циклу програми (див. рис. 8).



Рисунок 8 – Діаграма роботи веб-додатку прогнозування курсу криптовалюти

Висновки

Було проведено аналіз актуальності задачі прогнозування курсу криптовалют, яка підтвердила високу популярність з боку користувачів криптовалют, та трейдерів. Розглянуто наявні методи для вирішення задач прогнозування курсу валют та криптовалют, які сьогодні використовують трейдери та спеціалізовані програми для аналізу ринку; проведено їх детальний аналіз щодо зручності, часозатрат, типу даних та ефективності прогнозу. Запропонований оптимізований метод прогнозування і розглянуто структурну модель веб-додатку прогнозування курсу криптовалют. Запропоновано модель веб-додатку прогнозування курсу криптовалют з описом діаграми варіантів параметризації веб-додатку.

Список літератури

- [1] Що таке Bitcoin і криптовалюта? // Bitcoin Security. 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bits.media/chto-takoebitcoin>. Дата звернення: 15.12.2021.
- [2] Що таке «криптовалюта»? // Insider.pro. 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://insider.pro/ru/article/112>. Дата звернення: 15.12.2021.
- [3] Доступно про криптовалюту: що таке Bitcoin і як його «майнити». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://m.znaj.ua/techno/dostupno-pro-kryptovalyuty-shotake-bitcoin-i-yak-jogo-majnyty> Дата звернення: 15.12.2021
- [4] Криптовалюта Ethereum ETH. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mining-cryptocurrency.ru/ethereum-eth>. Дата звернення: 15.12.2021
- [5] Сословський В.Г., Косовський І. О. «Криптовалюта як система інвестиційних проєктів», *Вісник Університету банківської справи*, 1, 103-109, 2017.
- [6] Прогнозування мережевого трафіку в системах безпеки з використанням нейронних мереж [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/8D3679F0-B42E-4867-9620-827A7DD7ED1C.pdf>. Дата звернення: 15.12.2021
- [7] RapidApi Alpha-Vantage. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rapidapi.com/alphavantage/api/alpha-vantage/> Дата звернення: 15.12.2021
- [8] Gautam Vora. «Cryptocurrencies: Are Disruptive Financial Innovations Here?», *Modern Economy*, 06, 816-832, 2015. doi: 10.4236/me.2015.67077
- [9] Mak D.K. *Science of Financial Market Trading*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2003. 260p.
- [10] Smith S. «How Cryptocurrencies Are Changing What CPAs Need to Know about Fraud Prevention», *Theoretical Economics Letters*, 8, 3252-3266, 2018. doi: 10.4236/tel.2018.814201.
- [11] Sontakke, K.A. and Ghaisas, A. «Cryptocurrencies: A Developing Asset Class», *International Journal of Business Insights & Transformation*, 10, 10-17, 2017.
- [12] Belinvestor. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://belinvestor.com/cryptocurrencies/>. Дата звернення: 15.12.2021.
- [13] Ivan Nunes da Silva, Danilo Hernane Spatti, Rogerio Andrade Flauzino, Luisa Helena Bartocci Liboni, Silas Franco dos Reis Alves. *Artificial Neural Networks: A Practical Course*, Springer. 2017. 307 p.
- [14] Yahoo Finance. [Електронний ресурс]. Режим доступу: finance.yahoo.com/cryptocurrencies/ Дата звернення: 15.12.2021
- [15] Лубенець І. Огляд цифрових криптовалют / Блог експертів про фінанси, 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.prostoblog.com.ua/lichnye/byudzheth/obzor_tsifrovyyh_kriptovalyut. Дата звернення: 15.12.2021
- [16] Harwick C. «Cryptocurrency and the Problem of Intermediation», *Independent Review*, 20, 569-588, 2016.

Стаття надійшла: 15.01.2022.

References

- [1] Shcho take Bitcoin i kryptovaliuta? [What is Bitcoin and cryptocurrency?] // Bitcoin Security. 2015. [Online]. Available: <http://bits.media/chto-takoebitcoin>. Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [2] Shcho take «kryptovaliuta»? [What is a «cryptocurrency»?] // Insider.pro. 2014. [Online]. Available: <https://insider.pro/ru/article/112>. Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [3] Dostupno pro kryptovaliuty: shcho take Bitcoin i yak yoho «mainyty». [Available about cryptocurrencies: what is Bitcoin and how to «mine» it]. [Online]. Available: <https://m.znaj.ua/techno/dostupno-pro-kryptovalyuty-shotake-bitcoin-i-yak-jogo-majnyty> Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [4] Kryptovaliuta Ethereum ETH. [Online]. Available: <https://mining-cryptocurrency.ru/ethereum-eth> Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [5] Soslovskiy V.H., Kosovskiy I. O. (2017) «Kryptovaliuta yak systema investytsiinykh proektiv» [Cryptocurrency as a system of investment projects], *Visnyk Universytetu bankivskoi spravy [Bulletin of the University of Banking]*, 1, 103-109 [in Ukrainian].

- [6] Prohnozuvannia merezhevoho trafiku v systemakh bezpeky z vykorystanniam neironnykh merezh [Forecasting network traffic in security systems using neural networks]. [Online]. Available: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/8D3679F0-B42E-4867-9620-827A7DD7ED1C.pdf>. Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [7] RapidApi Alpha-Vantage. [Online]. Available: <https://rapidapi.com/alphavantage/api/alpha-vantage/> Accessed on: 15.12.2021.
- [8] Gautam Vora (2015). «Cryptocurrencies: Are Disruptive Financial Innovations Here?», *Modern Economy*, 06, 816-832. doi: 10.4236/me.2015.67077.
- [9] Mak D.K. (2003) *Science of Financial Market Trading*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 260p.
- [10] Smith S. (2018) «How Cryptocurrencies Are Changing What CPAs Need to Know about Fraud Prevention», *Theoretical Economics Letters*, 8, 3252-3266, doi: 10.4236/tel.2018.814201.
- [11] Sontakke, K.A. and Ghaisas, A. (2017) «Cryptocurrencies: A Developing Asset Class», *International Journal of Business Insights & Transformation*, 10, 10-17.
- [12] Belinvestor. [Online]. Available: <https://belinvestor.com/cryptocurrencies/1> Accessed on: 15.12.2021.
- [13] Ivan Nunes da Silva, Danilo Hernane Spatti, Rogerio Andrade Flauzino, Luisa Helena Bartocci Liboni, Silas Franco dos Reis Alves (2017) *Artificial Neural Networks: A Practical Course*, Springer, 307 p.
- [14] Yahoo Finance. [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com/cryptocurrencies/> Accessed on: 15.12.2021.
- [15] Lubenets I. Ohliad tsyfrovyykh kryptovaliut / Bloh ekspertiv pro finansy [Digital Cryptocurrency Review / Finance Experts Blog], 2014. [Online]. Available: http://www.prostoblog.com.ua/lichnye/byudzhet/obzor_tsifrovyyh_k_riptovalyut Accessed on: 15.12.2021 [in Ukrainian].
- [16] Harwick C. (2016) «Cryptocurrency and the Problem of Intermediation», *Independent Review*, 20, 569-588.

Відомості про авторів

Вакалюк Тетяна Анатоліївна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення.

Павлов Роман Володимирович – здобувач Державного університету «Житомирська політехніка».

Чижмотря Олексій Володимирович – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення.

Чижмотря Олена Геннадіївна – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення.

Лисогор Юрій Іванович – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення.

T. A. Vakaliuk, R. V. Pavlov, O. V. Chyzhmotria, O. H. Chyzhmotria,
Yu. I. Lysogor

THEORETICAL ASPECTS OF DEVELOPING A WEB APPLICATION FOR CRYPTOCURRENCY EXCHANGE FORECASTING

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr