

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) [www. economy.nauka.com.ua](http://www.economy.nauka.com.ua) | № 1, 2021 | 28.01.2021 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2021.1.106](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.106)

УДК 336.76: 336.74

В. В. Кулаженко,

*к. е. н., доцент кафедри цифрової економіки та системного аналізу,
Київський національний торговельно-економічний університет
ORCID ID: 0000-0002-3535-3442*

В. В. Лазоренко,

*к. е. н., старший викладач кафедри цифрової економіки та системного аналізу,
Київський національний торговельно-економічний університет
ORCID ID: 0000-0003-4492-3977*

О. Ф. Кузнецов,

*старший викладач кафедри цифрової економіки та системного аналізу,
Київський національний торговельно-економічний університет
ORCID ID: 0000-0002-6811-9345*

Є. В. Коколова,

*студентка, Київський національний торговельно-економічний університет
ORCID ID: 0000-0001-7479-1595*

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕБАЛАНСОВАНОГО ПОРТФЕЛЯ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ

V. Kulazhenko

PhD in Economics,

*Associate Professor of the Department of Digital Economy and System Analysis,
Kyiv National University Of Trade And Economics*

V. Lazorenko

PhD in Economics,

*Senior Lecturer of the Department of Digital Economy and System Analysis,
Kyiv National University Of Trade And Economics*

O. Kuznetsov

*Senior Lecturer of the Department of Digital Economy and System Analysis,
Kyiv National University Of Trade And Economics*

E. Kokolova

Student, Kyiv National University Of Trade And Economics

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING OF THE EFFICIENCY OF A REBALANCED PORTFOLIO OF DIGITAL ASSETS

У статті розроблено алгоритм розрахунку ефективного ребалансованого інвестиційного портфеля цифрових активів, а саме – криптовалюта, як сучасного платіжного та накопичувального засобу із значним потенціалом зростання вартості.

Розглянуто сутність інвестиційного портфелю та основні проблеми, що виникають при роботі з ним.

Запропоновано використання стратегії ребалансування інвестиційного портфеля з метою зменшення впливу або повної ліквідації основних ризиків інвестора.

Описано сутність ребалансування, його основні види, принципи та необхідні умови для використання.

Розглянуто сутність криптовалют, їх види та переваги над традиційними платіжними засобами, які забезпечують їх подальший розвиток та інтеграцію у світову економіку.

Проаналізовано сучасний стан ринку криптовалют та обрано 8 криптовалютних торговельних інструментів, серед тих, що мають найбільшу капіталізацію (BTC, BCH, BNB, EOS, ETH, LINK, LTC, UNI та USDT у якості активу, вартість якого прив'язана до вартості долара США).

Запропоновано стратегію ребалансування, яка базується на роботі з наступними умовами: завершення обраного часового інтервалу між проведенням ребалансування; досягнення обраної різниці вартості цифрових активів інвестиційного портфелю.

Розроблено алгоритм роботи стратегії ребалансування з інвестиційними портфелями криптоактивів для визначення та порівняння їх прибутковості.

Проведено програмну реалізацію зазначеного алгоритму на базі мови програмування Python та його модулів, яка функціонально розділена на методи завантаження актуальних історичних торговельних даних з криптобіржі, обробки даних, моделювання роботи ребалансованого інвестиційного портфеля за заданими параметрами, збір та збереження статистичної інформації.

Проведено моделювання роботи даного алгоритму починаючи з 2018 року, з використанням історичних даних криптовалютної біржі «Binance».

Проаналізовано отримані результати і зроблено висновки, щодо оптимального поєднання криптовалютних активів та умов ребалансування для максимізації прибутку.

An algorithm for calculating an effective rebalanced investment portfolio of digital assets has been developed in the article, namely cryptocurrencies, as a modern means of payment and savings with significant potential for the growth of value.

The essence of the investment portfolio and the main problems that arise when working with it have been considered.

Using the strategy of rebalancing the investment portfolio in order to reduce the impact or complete elimination of the main risks of the investor has been proposed.

The essence of rebalancing, its main types, principles and necessary conditions for using has been described.

The essence of cryptocurrencies, their types and advantages of traditional means of payment, which ensure their further development and integration into the world economy, has been considered.

The current state of the cryptocurrency market has been analyzed and 8 cryptocurrencies trading instruments have been selected, among those with the largest capitalization (BTC, BCH, BNB, EOS, ETH, LINK, LTC, UNI and USDT as an asset whose value is pegged to the value of the US dollar).

A rebalancing strategy has been proposed, which is based on working with next conditions: finishing of the electing time interval between rebalancing; achievement of the selected difference in the value of digital assets of the investment portfolio.

An algorithm for the rebalancing strategy with investment portfolios of cryptocurrencies for determining and comparing their profitability has been developed.

The software implementation of this algorithm is based on the Python programming language and its modules. It is functionally divided into methods of downloading current historical trading data from the cryptocurrency exchange, data processing, modeling of working of the rebalanced investment portfolio according to the specified parameters, collecting and storing of statistical information.

The modeling of this algorithm has been carried out since 2018, with using of historical data from the cryptocurrency exchange "Binance".

The results of modeling have been analyzed and corresponding conclusions have been made about the optimal combination of cryptocurrency assets and rebalancing conditions for profit maximization.

Ключові слова: криптовалюта; біткоїн; Python; балансування портфеля; ребалансований криптопортфель; активи; віртуальна біржа; аналіз даних.

Key words: cryptocurrency; bitcoin; Python; portfolio balance; cryptocurrency portfolio rebalancing; assets; virtual exchange; data analysis.

Постановка проблеми. Останні кризові явища світової економіки, спричинені розвитком пандемії COVID-19, призвели до багатьох змін не тільки у соціальному, а й у економічному житті. Особливо яскраво дані зміни проявляються в економіці розвинених країн, уряди яких спроможні фінансово підтримувати своїх громадян.

Зокрема, інфляції провідних валют світу та накопичення коштів у приватних осіб призвело до незвичної ситуації. На ряду зі зниженням показників світової економіки, фондові ринки показали значне зростання. Причиною цього є бажання людей зберегти та примножити отримані кошти, які в даний момент не витрачаються. Даний розвиток отримали не тільки фондові ринки, але й інші інвестиційні цифрові активи. До цифрових активів відноситься і сектор криптовалют. Дуже часто, криптовалютами називають будь-яку цифрову валюту, однак реальною криптовалютою є лише та цифрова валюта, яка має власний блокчейн. Альткоїнами називають всі криптовалюти, крім Bitcoin (тобто, вони є альтернативою до нього). Також розрізняють токени (цифровий актив, який має відношення до певного бізнес-проекту та функціонує на базі існуючого блокчейну) та стейблкоїни (токени, вартість яких жорстко прив'язана до вартості іншого реального або цифрового активу). Зараз триває активна легалізація цифрових активів, а також токенизація фондових активів.

В зв'язку з цим, швидкими темпами підвищується інтерес пересічних громадян до інвестицій у цифрові активи. Однак, постає інше питання, яку інвестиційну стратегію обрати недосвідченому інвестору, щоб мінімізувати можливі ризики і отримати значний прибуток, що буде перевищувати як відсотки за депозитами у банках, так і рівень інфляції.

Однією з можливих стратегій інвестиційної діяльності є використання ребалансованого парного інвестиційного портфелю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених присвячених темі формування портфеля цінних паперів можна виділити праці Пономаренка В. С., Уманцевої Ю., Г. Марковіца, Р. Мертона, Фр. Модільяні, М. Міллера, М. Скоулза [1-6].

Серед кола вітчизняних дослідників, які приділили увагу вивченню механізму використання криптовалюти на території України та світу, можна виділити таких: Н. Архірейську, Р. Бачо, С. Васильчак, М. Дученко, В. Корнеєва, А. Колдовського, К. Штепенко та інших [7-13]. Однак проблематика дослідження розвитку криптовалют в Україні залишається недостатньо вивченою вітчизняними вченими, що й зумовлює актуальність подальших наукових пошуків.

Над принципами функціонування криптовалют, а також роботи методичного та практичного характеру, що описують різні сторони досліджуваної теми про криптовалюти працювали зарубіжні вчені такі як Поппер Н., Тапскотт Д. і Тапскотт А. та інші [14-15].

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є розробка алгоритму роботи ребалансованого портфеля цифрових активів, його програмна реалізація за допомогою інструментів мови програмування Python та дослідження прибутковості даної стратегії відносно основних видів цифрових активів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інвестиційний портфель - це конкретна структура обраної інвестиційної діяльності, з приводу спеціально підбраного набору конкретних інвестиційних інструментів (активів), прийнятих до реалізації в межах окресленої стратегії розвитку підприємства та дотримання пропорцій розподілу інвестованого капіталу між ними. У спрощеному розумінні інвестиційний портфель становить визначену сукупність об'єктів фінансового та реального інвестування, що формується відповідно до попередньо розробленої інвестиційної стратегії, залежно від інвестиційних цілей розвитку фірми [16, стор. 97].

Головною метою формування інвестиційного портфеля є забезпечення реалізації основних напрямів стратегії фінансового інвестування підприємства шляхом підбору найбільш прибуткових і безпечних фінансових інструментів. З урахуванням сформульованої головної мети будується система конкретних локальних цілей формування інвестиційного портфеля, основними з яких є:

- 1) забезпечення високого рівня формування інвестиційного доходу в поточному періоді;
- 2) забезпечення високих темпів приросту інвестованого капіталу в майбутній довгостроковій перспективі;
- 3) забезпечення мінімізації рівня інвестиційних ризиків, пов'язаних з фінансовою інвестицією;
- 4) забезпечення необхідної ліквідності інвестиційного портфеля;
- 5) забезпечення максимального ефекту "податкового щита" у процесі фінансового інвестування [16, стор. 97].

Основними проблемами, які виникають під час роботи над інвестиційним портфелем цінних паперів (або цифрових активів) є:

- Вибір відповідних цінних паперів для портфеля, який матиме відповідний потенціал для зростання його вартості;
- Підбір активів, які будуть одночасно задовольняти амбіції інвестора у прибутковості та надійності інвестицій;

- Необхідно чітко визначати час для купівлі активів у портфель та продажу. Окремо слід підкреслити, що інвестору потрібно буде не тільки якісно аналізувати стан конкретної компанії, світові економічні тренди, тощо, але й дотримуватись суворої дисципліни;

- Боротьба із власним відчуттям втраченого прибутку від спекуляції на короткострокових рухах цін.

Всі ці недоліки ліквідуються при роботі з ребаланосованим портфелем інвестиційних активів. Існує декілька підходів до балансування портфеля інвестицій:

- Балансування за ризиком. Суть балансування полягає в розподілі ризикових і менш ризикових інструменти у портфелі. Інвестор обирає між акціями і облігаціями (або між активами з різним відношенням ризику та прибутковості), так як перші приносять потенційно високу прибутковість, але і високий ризик. А інші приносять стабільно невеликий прибуток при незначному ризику.

- Балансування по валюті. Якщо прийняти рішення тримати активи в валюті споживання, тоді весь портфель стає абсолютно не захищеним від валютного ризику. Але, якщо розділити інвестиції по різних валютах, наприклад, 60% капіталу зберігати у доларах США, 30% – в євро і 10% – в гривнях, це значно зменшить рівень ризику інвестиційного портфелю. Однак, і прибутковість такого портфелю буде коливатись на рівні інфляції національної валюти;

- Балансування по галузях економіки. Такий розподіл є особливо актуальним у 2020 році, адже пандемія здійснює значний вплив на світову економіку, в залежності від галузі (наприклад, туристичний бізнес отримав значні втрати, натомість, компанії сфери інформаційних технологій збільшують прибутки);

- Балансування по країнах і регіонах. Таке балансування дозволяє уникнути втрати на одній країні та заробити більше на найперспективніших економіках світу[17].

Після того, як був складений ефективний інвестиційний портфель, потрібно слідкувати за його станом, постійно замінюючи одні активи на інші або на грошові кошти, в залежності від поточної ринкової ситуації.

Тут на допомогу приходить ребалансування інвестиційного портфеля. Можна сказати, що ребалансування - це захист для інвестора від емоційно неправильного інвестиційного рішення. Інвестор, особливо початківців, часто припускаються помилки, а саме - "пливуть за течією". Тобто купують, коли всі купують, і продають, коли всі продають. Як правило, таке слідкування за «натовпом» спричинює великі збитки.

Ребалансування - це зміна побудови активів всередині інвестиційного портфеля під час періоду інвестування. Дана модель означає, що трейдер спочатку повинен визначити, яку частину свого портфеля він хоче виділити для кожного активу. Цей розподіл представляє собою відсоток кожного актива, який потрібно представити в загальній вартості об'єднаного портфеля. Коли приходить час, слід перебалансувати портфель. Активи торгуються таким чином, що вартість кожного активу знову дорівнює відсоткам, які були спочатку вказані.[17]

Наприклад, спочатку інвестиційний портфель складався з 70% активу А та 30% активу В. Актив А виріс і став складати 80% портфеля, а актив В впав і став складати 20% портфеля. В такому разі, інвестор повинен продати частину активу А та купити актив В так, щоб між ними знову було співвідношення 70% / 30%. Переваги очевидні, оскільки ребалансування дає можливість потенційно збільшити утримування прибутку в умовах швидких коливань цін.

Швидке реагування на дисбаланс в портфелі і досконале ребалансування дозволяє інвесторові одержувати прибуток. Актив закупається в тому випадку, якщо його ціна знизилася, і продається, коли на ринку ціна зросла. Портфель інвестора завжди буде диверсифікованим при своєчасному ребалануванні, що не менш важливо.[18]

Ребалансування проводиться з певною періодичністю: 1 раз на місяць, 1 раз на два тижні, або 1 раз на тиждень. Але, слід зазначити, чим більше активів у портфелі, тим частіше вони потребують у перегляді. Також, коли частка активу в портфелі збільшується в два і більше рази, варто скористатися позачерговим ребалансуванням.

Ребалансування варто проводити регулярно, як під час зростаючого, так і під час спадаючого тренду. Отже, слід пам'ятати, що будь-який інвестиційний портфель, яким би він перевіреном не був, потребує періодичного перегляду[9].

На даний момент, тренд на збільшення цін на фондові цінні папери закінчився. Однак, зростання цін на біткоїн та альткоїни продовжується, і, скоріше за все, триватиме значно довше. Причиною цього є не тільки бажання широкої публіки інвестувати у більш прибуткові активи, але й зміна політики розвинених країн, зокрема, США щодо можливостей використання цифрових активів інституційними інвесторами.

Крім того, такі цифрові активи мають ряд переваг, у порівнянні з традиційними валютами або фондовими активами. По-перше, вони не можуть падати у ціні внаслідок надлишку. Кількість емітованих одиниць криптовалюти або токенів заздалегідь відомо і обмежено. По-друге, більшість криптоактивів, не мають єдиного центру, з якого здійснюється розпорядження системою (т.з. децентралізація). Наступна перевага - анонімність. Визначити, хто саме є володарем гаманця складно, а інколи – практично не можливо (наприклад, Monero (XMR)). Все, що можна зробити - це простежити транзакції і побачити, скільки монет перейшли з одного гаманця в інший. Також, транзакції відбуваються без посередників, що значно знижує комісії та ризики втрати через некоректну роботу сторонніх ресурсів або шахрайських дій. [20]

У даному дослідженні розглянуто 8 найпоширеніших криптовалют, які обиралися за їхньою капіталізацією на ринку. Наразі, найпоширенішою та валютою залишається Bitcoin, близько 70-75% користувачів обирають її (рівень домінації). Зараз, Bitcoin стають все більш популярними, досить швидко зростає курс по відношенню до долара США та в багатьох країнах світу може використовуватись як засіб купівлі товарів чи послугу. На рис. 1 зображений графік зміни цін на Bitcoin.



Рис. 1. Динаміка коливання цін на Bitcoin в період з 2012 по 17.01.2021 роки
Джерело: [21]

Як можна помітити, вартість Bitcoin не фіксована. Інвесторів приваблює інтенсивний курс валюти, які віддають належне активам з великою волатильністю. Великою перевагою Bitcoin є те, що на його курс не впливають політичні умови або діяльність банків конкретної країни. Зараз його називають «цифровим золотом», оскільки вважається, що він замінить золото, як засіб для збереження коштів. Його капіталізація вже зараз він входить у список найбільших активів за цим показником (див. рис. 2).

Rank	Name	Market Cap	Price	Today	Price (30 days)	Country
1	Gold GOLD	\$11.610 T	\$1,828	-1.28%		
2	Apple AAPL	\$2.139 T	\$127.14	-1.37%		us USA
3	Saudi Aramco 2222.SR	\$2.052 T	\$9.33	-0.43%		sa S. Arabia
4	Microsoft MSFT	\$1.608 T	\$212.65	-0.17%		us USA
5	Amazon AMZN	\$1.558 T	\$3,104	-0.74%		us USA
6	Silver SILVER	\$1.357 T	\$24.83	-3.77%		
7	Alphabet (Google) GOOG	\$1.171 T	\$1,736	-0.23%		us USA
8	Tencent TCEHY	\$797.35 B	\$82.25	1.79%		cn China
9	Tesla TSLA	\$783.11 B	\$826.16	-2.23%		us USA
10	Facebook FB	\$715.94 B	\$251.36	2.33%		us USA
11	Alibaba BABA	\$672.80 B	\$243.46	0.20%		cn China
12	Bitcoin BTC	\$648.87 B	\$34,845	-6.79%		

Рис. 2. Список найбільших за капіталізацією біржових активів
Джерело: [22].

Проблема масштабованості Bitcoin призвела до утворення нових валют. А саме, Bitcoin Cash - форк Bitcoin, що відокремився від нього. Відгалуження від основної гілки сталося 1 серпня 2017 року. Litecoin - теж форк Bitcoin, пірінгова віддалена платіжна система, яка використовує однойменну криптовалюту. Binance Coin (BNB) - це токен криптовалюти біржі Binance. На даний момент випущено 200 млн токенів, додаткових партій не планується. Біржа купує і знищує («зжигает») частину монет раз на три місяці. Власники Binance Coin мають привілеї, оскільки можуть зменшити на 25% комісійні відрахування біржі за транзакції, а також, брати участь у численних розіграшах та лотереях.

Ethereum - криптовалюта та платформа на базі блокчейна, що працює на базі розумних контрактів. Втілена як єдина децентралізована віртуальна машина. ChainLink - віртуальна валюта, яка спрощує процес взаємодії споживачів і постачальників товару або послуги. Uniswap (UNI) – токен децентралізованої валютної біржі, один з флагманів сучасних децентралізованих фінансів. Eos Coin (EOS) підтримує власну криптовалюту та децентралізовані додатки на своїй платформі і є децентралізованою системою.

Інвестиційні портфелі, обрані для дослідження, будуть складатися з 2 цифрових активів. Одним з них буде волатильна криптовалюта, іншим – стейблкоін USDT. Даний стейблкоін був обраний, як такий, що за своєю цінністю прирівнюється до долара США у відношенні 1 до 1, а також, як найбільш популярний з переліку цифрових активів цього типу.

На рис. 3 схематично зображено алгоритм для проведення досліджень прибутковості ребалансованих інвестиційних портфелів цифрових активів.

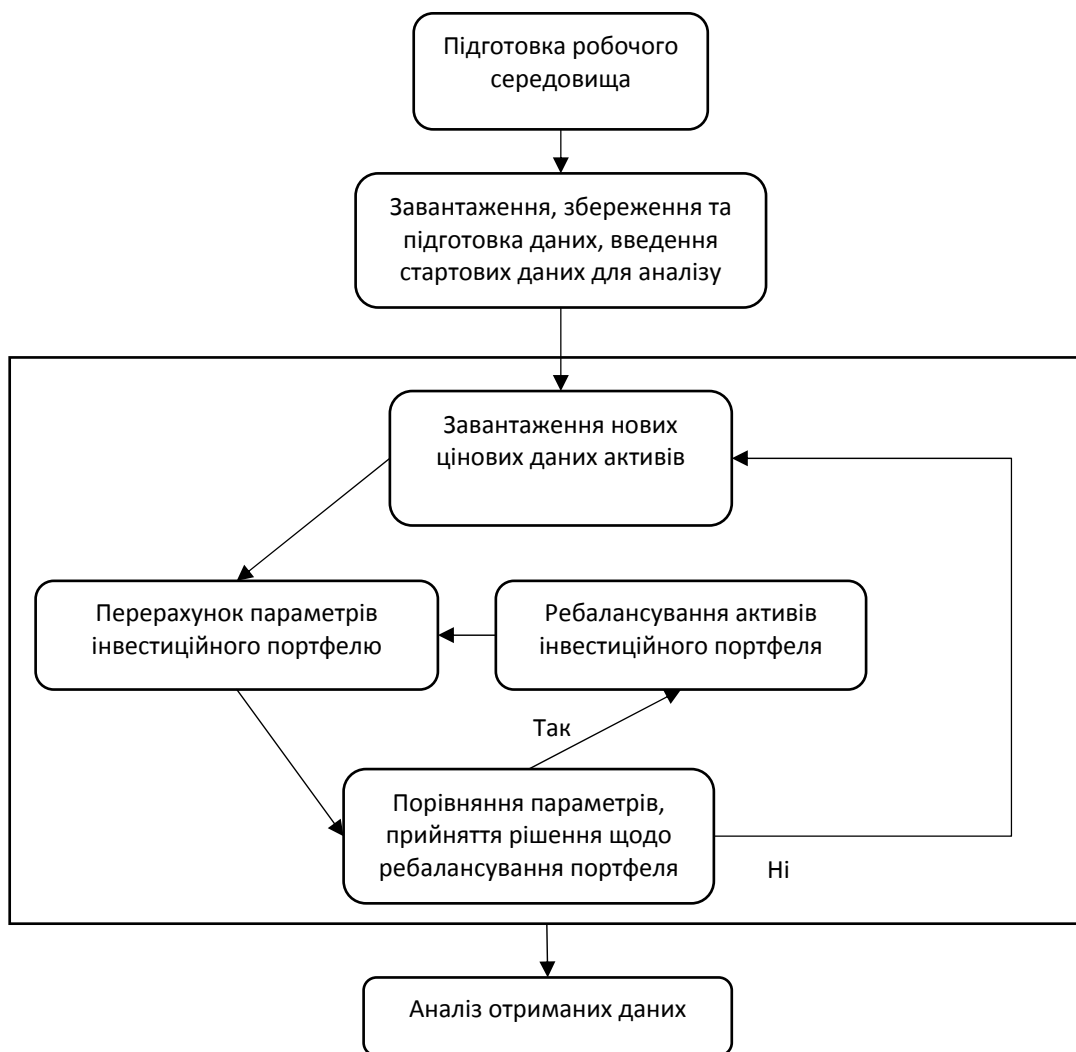


Рис. 3. Алгоритм розрахунку ребалансованого криптопортфелю засобами Python

Джерело: розроблено авторами

У якості робочого середовища для розробки було обрано Jupyter Notebook - неймовірно потужний інструмент для інтерактивної розробки та подання проєктів в області наук про дані[23].

Для програмної реалізації використовувався модуль rpython-binance 0.2.0, який надає доступ до REST API біржі через клас-обгортку на мові програмування Python [24].

Також, потрібно підключити наступні модулі Python: sqlite3 - вбудована крос платформна СУБД [25]; python-docx - це бібліотека Python для створення та оновлення файлів Microsoft Word (.docx)[26]; модулі datetime і time для роботи з датою та часом.

На даний момент, провідною за своїми показниками є криптовалютна біржа «Binance», яка торгує більш ніж 100 цифровими активами. Механізм зіставлення «Binance» здатний підтримувати 1400000 замовлень в секунду, що робить біржу однією з найшвидших на ринку сьогодні. Найбільш популярна біржа має простий безкоштовний API, який частково доступний без реєстрації та без верифікації. Отже, для дослідження були використані дані з криптобіржі «Binance»[27].

Окремим функціональним блоком програмної реалізації алгоритму є метод, який «звертається» до біржі та надає запит на «повернення» історичних даних. Біржа надає відповідь у форматі JSON, де описується параметри заданих торговельних інтервалів, таких як час початку та кінця інтервалу; ціни на момент його початку та кінця; об'єми, що торгувались у цей період, тощо.

Для аналізу та обробки даних потрібно встановити модуль pandas [28]. Це інструмент, який дає можливість завантажити дані, виводити на їх основі зведені таблиці, виконувати групування та фільтрацію, також, надає зручний доступ до табличних даних та звернення до окремих значень.

Наступним кроком є створення DataFrame з поточними характеристиками про стан цифрових активів та параметрами інвестиційного портфелю. Запропоновано використання декількох умов для проведення ребалансування. Сутність першого варіанту полягає у періодичному ребалансуванні портфелю через визначений інтервал та якщо один з активів портфеля більший за інший на визначену величину. Другий варіант відрізняється тим, що при досягненні визначеної різниці між вартістю активів інвестиційного портфеля, проводиться ребалансування не залежно від того, чи пройшов визначений інтервал. Після ребалансування лічильник інтервалу обнуляється.

Вважається, що портфель акції потрібно переглядати раз на півроку / рік, а так як криптовалюта більш мінлива і не так передбачувана, то їх потрібно балансувати набагато частіше. Для портфелів цінних паперів використовуються інтервали для ребалансування від 6 до 12 місяців. Однак, криптовалюти є більш волатильними, тож для них потрібно обирати менші інтервали. Так, в даному дослідженні використовуються наступні часові інтервали: 1, 7, 14, 21, 30, 45, 60, 90 днів. Вартість активів у інвестиційному портфелі може відрізнятися на 20 USDT (оскільки, мінімальний розмір транзакції на «Binance» за участю USDT складає 10 USDT), 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

Далі з бази даних вивантажуються дані про торгівлю по обраному інструменту за наступний період. Ці дані додаються у новий рядок DataFrame і вартість цифрових активів перераховується із врахуванням нових цін. Якщо при цьому досягнуто умов проведення ребалансування, воно проводиться. У подальшому, цей процес повторюється, доки не будуть оброблені всі завантажені дані.

Візуальне відображення DataFrame наведено на рис. 4. Такий об'єкт, фактично, має характеристики звичайної таблиці. У якості стовпчиків тут використовуються:

- date – дата початку часового інтервалу;
- old_BNB – кількість монет першого цифрового активу на початок часового інтервалу;
- new_price – ціна першого цифрового активу на початок часового інтервалу;
- USDT – вартість другого цифрового активу у USDT на початок часового інтервалу;
- new_BNB_u – перерахована вартість першого цифрового активу у USDT;
- diff – різниця між вартістю першого та другого цифрових активів;
- change_BNB – кількість монет першого цифрового активу після ребалансування. Якщо ребалансування не проводилось, має значення “None”;
- change_BNB_u – вартість першого цифрового активу у USDT після ребалансування. Якщо ребалансування не проводилось, має значення “None”;
- change_USDT – вартість другого цифрового активу у USDT після ребалансування. Якщо ребалансування не проводилось, має значення “None”;
- Coms – комісії, нараховані за проведення транзакцій. Якщо ребалансування не проводилось, має значення “0”;
- Sum – сукупна вартість криптопортфеля у USDT;

	date	old BNB	new price	USDT	new BNB u	diff	change BNB	change BNB u	change USDT	Coms	Sum
19	27.11.2017	592.264402	1.8388	947.623043	1089.055782	141.432739	553.807	1018.34	1018.34	0	2036.678824
20	28.11.2017	553.806511	1.9532	1018.339412	1081.694877	63.355465	None	None	None	0	2100.034289
21	29.11.2017	553.806511	1.9249	1018.339412	1066.022153	47.682741	None	None	None	0	2084.361565
22	30.11.2017	553.806511	1.7565	1018.339412	972.761136	45.578276	None	None	None	0	1991.100548
23	01.12.2017	553.806511	1.9500	1018.339412	1079.922696	61.583284	None	None	None	0	2098.262108
24	02.12.2017	553.806511	2.0527	1018.339412	1136.798625	118.459213	None	None	None	0	2155.138037
25	03.12.2017	553.806511	2.0797	1018.339412	1151.751401	133.411988	None	None	None	0	2170.090813
26	04.12.2017	553.806511	2.2617	1018.339412	1252.544185	234.204773	502.03	1135.44	1135.44	0	2270.883598
27	05.12.2017	502.030242	2.5500	1135.441799	1280.177118	144.735319	None	None	None	0	2415.618916
28	06.12.2017	502.030242	2.6120	1135.441799	1311.302993	175.861194	None	None	None	0	2446.744791
29	07.12.2017	502.030242	2.5134	1135.441799	1261.802811	126.361012	None	None	None	0	2397.244609
30	08.12.2017	502.030242	2.6625	1135.441799	1336.655520	201.213721	None	None	None	0	2472.097319

Рис. 4. Фрагмент DataFrame, на прикладі BNB

Джерело: розроблено авторами

Наступний етап - створення об'єкту DataFrame з результатами. У якості назв рядків та стовпчиків використовуються також інтервали та різниця у вартості цифрових активів.

Результат зберігається у вигляді таблиці у MS Word. Таблиця створюється, заповнюється і зберігається за ім'ям криптовалюти у назві.

Ознайомитись з повним лістингом проекту можна за посиланням: https://drive.google.com/drive/folders/1-u-3uKw_5Picj5qneRvXCh5RwwXxL00c?usp=sharing.

Результати розрахунку прибутковості обраних інвестиційних портфелів цифрових активів наведені у таблиці 1. Дана таблиця має у якості заголовків стовпчиків умови проведення ребалансування, описані раніше, а у якості заголовків рядків – інтервали його проведення. При цьому, у клітині таблиці вписується середня прибутковість стратегії ребалансування інвестиційного портфеля у відсотках за день. Період розрахунків становив з 01.01.2018 по 01.12.2020. Кольором у таблиці виділені умови ребалансування, використання яких призвели б до отримання найбільших прибутків.

Проаналізувавши отримані результати, можна підсумувати, що оптимальними за прибутковістю умовами для зазначених інвестиційних портфелів були ребалансування з інтервалом до 30 днів та різницею вартості активів від 80% до 100%, а також, з інтервалом від 30 до 60 днів з різною різницею вартості активів.

Найбільш прибутковими за заданий часовий інтервал є інвестиційні портфелі з використанням криптовалют BNB, LTC і LINK. Порівнюючи отримані дані, можна зробити висновок, що оптимальні параметри ребалансування для всіх інвестиційних інструментів є ребалансування, при різниці вартості цифрових активів у 60% з інтервалом раз на два місяця.

Найкращий прибуток зафіксував інвестиційний портфель LINKUSDT на рівні 1,81% на день з умовами ребалансування: часовий інтервал – 45 днів, різниця між вартістю активів – 70%.

14	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
21	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.1	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
30	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
45	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08
60	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
90	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09
ETHUSDT																					
1	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.2	0.19	0.2	0.24	0.25	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
7	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.2	0.19	0.2	0.24	0.25	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17
14	0.2	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	0.2	0.19	0.2	0.24	0.25	0.18	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.2	0.21	0.2	0.2
21	0.19	0.18	0.18	0.2	0.18	0.19	0.2	0.19	0.2	0.24	0.25	0.18	0.19	0.19	0.2	0.19	0.19	0.19	0.2	0.19	0.19
30	0.19	0.18	0.18	0.21	0.19	0.2	0.18	0.23	0.2	0.23	0.23	0.18	0.19	0.18	0.19	0.21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
45	0.2	0.17	0.17	0.2	0.19	0.18	0.19	0.2	0.18	0.22	0.23	0.18	0.19	0.19	0.19	0.21	0.17	0.2	0.21	0.2	0.19
60	0.17	0.2	0.19	0.19	0.2	0.19	0.19	0.18	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.2	0.21	0.2	0.22	0.22	0.23	0.19
90	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.15	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.2	0.19	0.18	0.18	0.19	0.22	0.21
LINKUSDT																					
1	1.25	1.28	1.24	1.24	1.28	1.45	1.34	1.35	1.37	1.65	1.53	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
7	1.25	1.31	1.23	1.22	1.29	1.45	1.34	1.35	1.37	1.65	1.53	1.26	1.24	1.28	1.34	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27	1.27
14	1.31	1.2	1.32	1.27	1.44	1.24	1.48	1.35	1.37	1.65	1.53	1.28	1.27	1.24	1.36	1.34	1.34	1.32	1.36	1.43	1.43
21	1.36	1.36	1.33	1.21	1.27	1.28	1.33	1.31	1.34	1.64	1.53	1.28	1.21	1.23	1.32	1.44	1.31	1.49	1.35	1.27	1.28
30	1.3	1.53	1.66	1.45	1.28	1.21	1.48	1.2	1.22	1.44	1.31	1.28	1.24	1.28	1.31	1.4	1.36	1.44	1.42	1.37	1.39
45	1.23	1.2	1.76	1.25	1.4	1.61	1.66	1.81	1.51	1.4	1.4	1.28	1.22	1.26	1.28	1.43	1.32	1.44	1.45	1.64	1.43
60	1.26	1.09	1.13	1.53	1.45	1.28	1.28	1.34	1.19	1.19	1.18	1.28	1.24	1.23	1.26	1.52	1.43	1.57	1.55	1.61	1.57
90	1.23	1.24	1.21	1.24	1.15	1.12	1.12	1.14	1.14	1.14	1.15	1.28	1.24	1.26	1.19	1.44	1.33	1.37	1.54	1.66	1.53
LTCUSDT																					
1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
7	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
14	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
21	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
30	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08
45	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08
60	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
90	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09
UNIUSDT																					
1	1.22	1.23	1.23	1.27	1.27	1.23	1.25	1.28	1.35	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
7	1.22	1.2	1.2	1.23	1.25	1.23	1.25	1.28	1.35	1.23	1.23	1.23	1.25	1.28	1.28	1.28	1.28	1.29	1.22	1.22	1.22
14	1.25	1.25	1.25	1.27	1.23	1.25	1.26	1.28	1.34	1.23	1.23	1.23	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.28	1.25	1.25	1.25
21	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.29	1.35	1.35	1.22	1.22	1.22	1.23	1.23	1.25	1.27	1.23	1.26	1.28	1.23	1.24	1.24
30	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.27	1.27	1.27	1.21	1.21	1.3	1.35	1.35
45	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.23	1.23	1.27	1.27	1.23	1.25	1.28	1.35	1.23	1.23
60	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.22	1.2	1.23	1.23	1.27	1.27	1.23	1.25	1.28	1.35	1.23	1.23
90	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.23	1.23	1.27	1.27	1.23	1.25	1.28	1.35	1.23	1.23

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Динамізм світового економічного життя провокує зміни у підходах до керування інвестиційним портфелем, адже забезпечення стабільного рівня прибутковості вимагає від інвестора, врахування варіативності підходів до формування цього портфеля, врахування численних ризиків, тощо.

У статті з'ясовано сутність та основні принципи ребалансування інвестиційного портфеля. Ребалансування інвестиційного портфеля – це процес вирівнювання вартості його активів, шляхом продажу активів, ціна яких збільшилась, і купівлею активів, ціна яких зменшилась.

Розглянуто поточний стан ринку цифрових валют. Для проведення дослідження обрано активів, які мають одну з найбільших капіталізацій на ринку.

Розроблено алгоритм проведення розрахунку роботи ребалансованого інвестиційного портфеля цифрових активів за допомогою Jupyter Notebook та модулів Python.

Було проведено моделювання роботи стратегії ребалансування інвестиційного криптопортфеля на базі 8 криптовалют з великим рівнем капіталізації. З'ясовано, що оптимальними за прибутковістю умовами для зазначених інвестиційних портфельів були ребалансування з інтервалом до 30 днів та різницею вартості активів від 80% до 100%, а також, з інтервалом від 30 до 60 днів з різною різницею вартості активів.

Найбільш прибутковими за заданий часовий інтервал є інвестиційні портфелі з використанням криптовалют BNB, LTC і LINK. Порівнюючи отримані дані, можна зробити висновок, що оптимальні параметри ребалансування для всіх інвестиційних інструментів є ребалансування, при різниці вартості цифрових активів у 60% з інтервалом раз на два місяця.

Найкращий прибуток зафіксував інвестиційний портфель LINKUSDT на рівні 1,81% на день з умовами ребалансування: часовий інтервал – 45 днів, різниця між вартістю активів – 70%.

Список літератури.

1. Пономаренко В. С. Моделювання поведінки інвестора на фондовому ринку / В. С. Пономаренко, О. В. Раєвнева, К. А. Стрижиченко // Харків: ВД «Інжек». – 2004. – 264 с.
2. Уманцев Ю. Міжнародне портфельне інвестування в контексті фінансової глобалізації / Ю. Уманцев, В. Ємець // Вісник НБУ. – 2008. – №9 (149). – С. 26 - 34.
3. Markowitz H. Portfolio Selection / H. Markowitz // The Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7 – No. 1 – pp. 77-91.
4. Merton R. C. Theory of Rational Option Pricing / R. C. Merton // The Bell Journal of Economics and Management Science. – 1973. – Vol. 4 – No. 1 – pp. 141-183.
5. Modigliani F. The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment / F. Modigliani, M. H. Miller // The American Economic Review. – 1959. – Vol. 49 – No. 4 – pp. 655-669.
6. Black F. The Pricing of Options and Corporate Liabilities / F. Black, M. Scholes // The Journal of Political Economy. – 1973. – Vol. 81 – No. 3 – pp. 637-659.
7. Архирейська Н. В. Блокчейн – інноваційна технологія постіндустріальної економіки / Н. В. Архирейська // Бізнес Інформ. 2017. № 7. стор. 125–130.
8. Бачо Р. Й. Державне регулювання ринків фінансових послуг в умовах функціонування віртуальних валют (криптовалют) / Р. Й. Бачо // Бізнес Інформ. 2015. № 11. стор. 294–298.
9. Використання криптовалют в сучасних економічних системах України: перспективи та ризики / С. В. Васильчак, М. В. Куницька-Іляш, М. П. Дубина // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. 2017. № 76. стор. 19–25.
10. Дученко М. М. Особливості формування ринку криптовалют в Україні. [Електронний ресурс] / М. М. Дученко // Ефективна економіка. 2018. № 12. Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/12_2018/111.pdf
11. Корнєєв В. Криптовалюти: ера і сфера фінансових інновацій. / В. Корнєєв // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. 2018, № 1, стор. 40–46.
12. Колдовський А. В. Проблемні аспекти теоретичного осмислення криптовалюти, як явища сучасної інформаційної економіки / А. В. Колдовський, К. В. Чернега // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України. 2015, Вип. 42, стор. 100–110.
13. Штепенко К. П. Стан і перспективи розвитку криптовалюти у світі / П. К. Штепенко // Фінансовий простір. 2018, № 2, стор. 121–126.
14. Тапскот Д., Тапскот А. Блокчейн то, что движет финансовой революцией сегодня / Д. Тапскот, А. Тапскот // Єскимо, 2017. – 448 с.
15. Поппер Н. Цифровое золото: невероятная история биткойна или как идеалисты и бизнесмены изобретают деньги заново / Н. Поппер: Диалектика, 2015. – 358 с.
16. Плаксіна Є. М. Сучасні підходи до формування інвестиційного портфеля [Електронний ресурс] / Є. М. Плаксіна // Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. – 2012. – № 3. – С. 96-103. - Режим доступу: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_3_096.pdf
17. Rebalancing Strategy For Your Crypto Portfolio - [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://medium.com/coinmonks/rebalancing-strategy-for-your-crypto-portfolio-590397f2282b>
18. Portfolio Management and Rebalancing with Crypto Assets - [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://intelligenttrading.org/guides/the-case-for-rebalancing-why-when-and-how/>

19. Portfolio rebalancing in theory and practice // The Vanguard Group, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.retailinvestor.org/pdf/vanguard.pdf>
20. Swan M. Blockchain: Blueprint for a New Economy // Olymp Economics. 2016. P. 230. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gbv.de/dms/zbw/815481209.pdf>
21. BTCUSDT. Chart and quotes TradingView [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tradingview.com/symbols/BTCUSDT/?exchange=BITBAY>
22. Assets ranked by Market Cap [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://companiesmarketcap.com/assets-by-market-cap/>
23. Project Jupyter [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jupyter.org/>
24. BINANCE API – python-binance 0.2.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://python-binance.readthedocs.io/en/latest/binance.html>
25. db-sqlite3 0.0.1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pypi.org/project/db-sqlite3/>
26. python-docx 0.8.10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pypi.org/project/python-docx/>
27. Криптовалютна Біржа Binance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.binance.com/>
28. pandas 1.2.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pypi.org/project/pandas/>

References.

1. Ponomarenko, V. S., Raievniva, O. V. and Stryzhychenko, K. A. (2004), Modeliuvannia povedinky investora na fondovomu rynku [Modeling investor behavior in the stock market], Indgek, Charkiv, Ukraine.
2. Umantsev, Yu. and Yemets', V. (2008), “International portfolio investment in the context of financial globalization”, Visnyk NBU, vol. 9 (149), pp. 26 - 34.
3. Markowitz, H. (1952), “Portfolio Selection”, The Journal of Finance, vol. 7, No. 1, pp. 77-91.
4. Merton, R. C. (1973), “Theory of Rational Option Pricing”, The Bell Journal of Economics and Management Science, vol. 4, No. 1, pp. 141-183.
5. Modigliani, F. and Miller, M. (1959), “The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment”, The American Economic Review, vol. 49, No. 4, pp. 655-669.
6. Black, F. and Scholes, M. (1973), “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, The Journal of Political Economy, vol. 81, No. 3, pp. 637-659.
7. Arkhirejs'ka, N. V. (2017), “Blockchain is an innovative technology of the post-industrial economy”, Biznes Inform, vol. 7, pp. 125–130.
8. Bacho, R. J. (2015), “State regulation of financial services markets in the conditions of functioning of virtual currencies (cryptocurrencies)”, Biznes Inform, vol. 11, pp. 294–298.
9. Vasylychak, S. V., Kunyts'ka-Iliash, M. V. and Dubyna, M. P. (2017), “The use of cryptocurrencies in modern economic systems of Ukraine: prospects and risks”, Naukovyj visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhyts'koho, vol. 76, pp. 19–25.
10. Duchenko, M. M. (2018), “Features of cryptocurrency market formation in Ukraine”, Efektyvna ekonomika, vol. 12, available at: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/12_2018/111.pdf (Accessed 19 January 2021).
11. Kornieiev, V. (2018), “Cryptocurrencies: the era and sphere of financial innovations”, Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka, vol. 1, pp. 40–46.
12. Koldovskiy, A. V. and Chernenha, K. V. (2015), “Problematic aspects of theoretical understanding of cryptocurrency as a phenomenon of modern information economy”, Problemy i perspektyvy rozvytku bankivs'koi systemy Ukrainy, vol. 42, pp. 100–110.
13. Shtepenko, K. P. (2018), “Status and prospects of cryptocurrency development in the world”, Finansovij prostir, vol. 2, pp. 121–126.
14. Tapskot, D. and Tapskot, A. (2017) Blokchejn to, chto dvizhet finansovoj revoljuciej segodnja [Blockchain is what drives the financial revolution today], Eskimo, Russian Federation, Moscow.
15. Popper, N. (2015), Cifrovoe zoloto: neverojatnaja istorija bitkojna ili kak idealisty i biznesmeny izobretajut den'gi zanovo [Digital gold: the incredible story of bitcoin or how idealists and businessmen reinvent money], Dialektika, Kyiv, Ukraine.
16. Plaksina, Ye. M. (2012), “Modern approaches to the formation of the investment portfolio”, Ekonomichnyj visnyk Zaporiz'koi derzhavnoi inzhenernoi akademii, vol. 3, pp. 96-103, available at: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_3_096.pdf (Accessed 19 January 2021).
17. Medium (2020), “Rebalancing Strategy For Your Crypto Portfolio”, available at: <https://medium.com/coinmonks/rebalancing-strategy-for-your-crypto-portfolio-590397f2282b> (Accessed 19 January 2021).
18. Intelligent Trading Foundation (2020), “Portfolio Management and Rebalancing with Crypto Assets”, available at: <https://intelligenttrading.org/guides/the-case-for-rebalancing-why-when-and-how/> (Accessed 19 January 2021).
19. The Vanguard Group, Inc. (2020), “Portfolio rebalancing in theory and practice”, available at: <https://www.retailinvestor.org/pdf/vanguard.pdf> (Accessed 19 January 2021).
20. Swan, M. (2016), “Blockchain: Blueprint for a New Economy”, available at: <http://www.gbv.de/dms/zbw/815481209.pdf> (Accessed 19 January 2021).
21. Chart and quotes TradingView (2021), “BTCUSDT”, available at:

<https://www.tradingview.com/symbols/BTCUSDT/?exchange=BITBAY> (Accessed 19 January 2021) .

22. Companies ranked by Market Cap (2021), “Assets ranked by Market Cap”, available at: <https://companiesmarketcap.com/assets-by-market-cap/> (Accessed 19 January 2021).

23. Project Jupyter (2021), “Project Jupyter”, available at: <https://jupyter.org/> (Accessed 19 January 2021).

24. Python-binance (2021), “BINANCE API – python-binance 0.2.0”, available at: <https://python-binance.readthedocs.io/en/latest/binance.html> (Accessed 19 January 2021).

25. The Python Package Index (2021), “db-sqlite3 0.0.1”, available at: <https://pypi.org/project/db-sqlite3/> (Accessed 19 January 2021).

26. The Python Package Index (2021), “python-docx 0.8.10”, available at: <https://pypi.org/project/python-docx/> (Accessed 19 January 2021).

27. Криптовалютна Біржа Binance (2021), available at: <https://www.binance.com/> (Accessed 19 January 2021).

28. 26. The Python Package Index (2021), “pandas 1.2.0” available at: <https://pypi.org/project/pandas/> (Accessed 19 January 2021).

Стаття надійшла до редакції 20.01.2021 р.