

УДК 519.233:330.356

DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2019-5-69>**Жерлицин Д.М.***доктор економічних наук, доцент,
професор кафедри економічної кібернетики
Національного університету біоресурсів і природокористування України***Dmytro Zherlitsyn***Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
Professor of the Economic Cybernetics Department,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

МОДЕЛЮВАННЯ ПОРТФЕЛЯ КРИПТОВАЛЮТ: ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ

CRYPTOCURRENCY PORTFOLIO MODELING: THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACH

АНОТАЦІЯ

Криптовалюти є невід'ємною складовою частиною сучасної цифрової економіки світу та міжнародної фінансової системи. У статті запропоновані напрями розвитку портфельної теорії на базі специфіки світового ринку криптовалют. Використання криптовалют у моделюванні інвестиційного портфеля потребує обґрунтування базових статистичних гіпотез. Відповідними гіпотезами виступають, зокрема, нормальність розподілу прибутковості, залежність між динамікою ринку та базового портфеля тощо. Визначаються статистичні характеристики поведінки ключових активів на світовому ринку криптовалют. Визначено можливі підходи до групування криптовалют, відмінних від біткоїна. Розраховуються показники ризику щодо окремих груп криптовалют. Доводиться доцільність та сфера застосування криптовалютних активів у межах інвестиційного портфеля. Обґрунтовано напрями подальшого розвитку інструментів і методів інвестиційного менеджменту на ринках із високою волатильністю.

Ключові слова: моделювання, цифрова економіка, криптовалюта, інвестиційний актив, інвестиційний портфель, статистична гіпотеза.

АННОТАЦИЯ

Криптовалюты являются неотъемлемой составляющей современной цифровой экономики мира и международной финансовой системы. В работе предложены направления развития портфельной теории на базе специфики мирового рынка криптовалют. Использование криптовалют в моделировании инвестиционного портфеля требует обоснования базовых статистических гипотез. Соответствующими гипотезами выступают, в частности, нормальность распределения доходности, зависимость между динамикой рынка и базового портфеля и тому подобное. В работе определяются статистические характеристики поведения ключевых активов на мировом рынке криптовалют. Определены возможные подходы к группировке криптовалют, отличных от биткойна. Рассчитываются показатели риска отдельных групп криптовалют. Обосновывается целесообразность и сфера применения криптовалютных активов в рамках инвестиционного портфеля. Определены направления дальнейшего развития инструментов и методов инвестиционного менеджмента на рынках с высокой волатильностью.

Ключевые слова: моделирование, цифровая экономика, криптовалюта, инвестиционный актив, инвестиционный портфель, статистическая гипотеза.

ANNOTATION

Cryptocurrencies are an integral part of today's digital economy and the international financial system. The relevant markets value exceeds more than US \$ 200 million per day, which include the demand and supply of key bitcoin cryptocurrency and other alt-

coin related instruments. Using cryptocurrencies as an investment asset requires the possibility of applying modern methods of risk management, portfolio analysis, etc. That is why the hypotheses regarding the investment properties of cryptocurrency, as a financial asset, are formulated in the paper and their statistical profiling is conducted. Therefore, the purpose of the paper is a statistical analysis of price dynamics and returns on financial assets, which are represented on the world cryptocurrency markets (bitcoin and altcoin), and determinate the risk indicators in the formation of relevant investment models. The directions of development of portfolio theory on the basis of specifics of the world market of cryptocurrencies are proposed in the work. The use of cryptocurrencies in modeling the investment portfolio requires substantiation of basic statistical hypotheses. The hypotheses are, in particular, the normality of profitability distribution, the relationship between market dynamics and the underlying portfolio, and so on. The paper determines the statistical characteristics of the behavior of key assets in the global cryptocurrency market. Possible approaches for grouping cryptocurrencies other than Bitcoin are identified. Risk indicators for individual cryptocurrency groups are calculated. The expediency and scope of cryptocurrency assets within the investment portfolio is proved. The directions of further development of investment management tools and methods in the markets with high volatility are substantiated. The managerial conclusions in investment management space are proposed. The paper provides the main directions for further research of the portfolio theory for cryptocurrencies market trends, based on modern methods of economic and mathematical modeling and statistical technology. The study results can be implemented for improving the classical investment portfolio models. These models are used in the control and managerial analysis of the profitably and risk effects, which are related to the cryptocurrencies market development trends.

Key words: modeling, digital economy, cryptocurrency, investment asset, investment portfolio, statistical hypothesis.

Постановка проблеми. Криптовалюти є невід'ємною складовою частиною сучасної світової фінансової системи. Зокрема, попит і пропозиція на першу криптовалюту bitcoin та інші подібні інструменти (altcoin) зараз перевищує 200 млн. дол. США на день, що більше, ніж середньоденні обсяги торгів на фондових біржах України у сукупності. Проте використання криптовалют як інвестиційного активу потребує обґрунтування можливості застосування класичних методів ризик-менеджменту, портфельного аналізу тощо. Саме тому у роботі сформульовані гіпотези щодо інвестиційних властивостей

ключових криптовалют як фінансових активів та проводиться їх статистичне доведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних теоретичних дослідженнях не досить висвітлені питання системного аналізу комплексу показників ринку криптовалют. Значна частина публікацій має практико-орієнтований характер, що заснований на класичних підходах сучасного інвестиційного менеджменту. Наприклад теоретичні дослідження, що наведені у [1; 2], розглядають інвестиційний складник на базі методів теорії портфеля, але без відповідної уваги до специфічних особливостей ринку криптовалют, а саме спекулятивного характеру більшості операцій. Дослідженню підходів щодо прогнозування цін на ринку bitcoin присвячені дуже ґрунтовні праці [3; 4], що з урахуванням технологічного складника технології bitcoin [5] обґрунтовують чинники та моделі ціноутворення відповідного фінансового активу. Однак у цих працях не досить уваги приділено інвестиційному складнику bitcoin та altcoin як базових фінансових активів. Віддаючи належне вказаним наробкам, слід зазначити, що поза увагою залишаються також системні дослідження щодо динаміки показників прибутковості та ризику на ключові активи, що є на сучасному світовому ринку криптовалют.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Актуальність вказаної теми підвищується в умовах сучасної світової фінансової системи, де спостерігається значне переосмислення підходів щодо ризикованості та прибутковості фінансових активів. При цьому чинники впливу на цінові тенденції на ринку криптовалют мають неоднозначний характер, що визначає необхідність удосконалення класичних моделей інвестиційного менеджменту, які орієнтуються на консервативні фінансові ринки. Таким чином, метою цього дослідження є статистичний аналіз динаміки цін та прибутковості на фінансові активи, що є на світових ринках криптовалют (bitcoin та altcoin), та визначення показників ризикованості під час формування відповідних інвестиційних портфелів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Класична портфельна теорія [6] та попередні економетричні дослідження ключових ринкових тенденцій [7] доводять, що для оцінки фінансових властивостей активу різної природи необхідно проаналізувати динаміку його цін, відповідні прибутковості від курсових різниць, а також уточнити горизонти планування (доцільності застосування статистичних методів). Ринок криптовалют відносно новий. Незважаючи на те, що bitcoin було створено ще у 2009 році, інвестиційні властивості цього активу повноцінно проявилися лише з 2017 року [8]. Зокрема, валютні пари BTC-USD, ETH-USD та інші знайшли своє місце на міжнародній фінансовій інформаційній площадці Yahoo! Finance [8], що додатково підтверджує визнання та інвестиційну значущість відповідних активів. Таким

чином, джерелом інформації щодо подальшого аналізу будуть виступати інформаційний ресурс щодо ринку криптовалют CoinmarketCap [9] та інформаційний майданчик Yahoo! Finance [8], які надають відповідні функціональні можливості щодо обробки даних із ринку bitcoin та ключових ринків altcoin.

Відповідно до даних Yahoo! Finance [8] до ключових криптовалют та відповідних криптовалютних пар, що розміщені у порядку зменшення рівня ринкової капіталізації, відносяться ціни (відповідні позначення змінних будуть використовуватися у подальшому): BTC-USD – Bitcoin до дол. США; XRP-USD – Ripple до дол. США; ETH-USD – Ethereum до дол. США; USDT-USD – Tether до дол. США; BCH-USD – BitcoinCash до дол. США; LTC-USD – Litecoin до дол. США; BNB-USD – BinanceCoin до дол. США; LINK-USD – ChainLink до дол. США; EOS-USD – EOS до дол. США; XLM-USD – Stellar до дол. США; IOT-USD – IOTA до дол. США; ADA-USD – Cardano до дол. США; XMR-USD – Monero до дол. США; TRX-USD – Tronix до дол. США; DASH-USD – Dash до дол. США; XRB-USD – Nano до дол. США; NEO-USD – NEO до дол. США; ETC-USD – EthereumClassic до дол. США; XEM-USD – NEM до дол. США; ZEC-USD – ZCash до дол. США; DOGE-USD – Dogecoin до дол. США; BAT-USD – BasicAttentionToken до дол. США; ZRX-USD – 0x до дол. США; VEN-USD – Vechain до дол. США; DCR-USD – Decred до дол. США.

Кожному із наведених інструментів ринку криптовалют притаманні свої особливості створення, функціонування, сфери застосування тощо. Проте у межах світового ринку криптовалют об'єднуючим фактором розвитку altcoin інструментів є динаміка ринку bitcoin або валютної пари BTC-USD.

Твердження 1. Динаміка курсу BTC-USD є загальною ринковою тенденцією і може бути застосована у межах інвестиційного аналізу як індекс ринку криптовалют. Наприклад, показник динаміки прибутковості портфеля у межах одноіндексної моделі Шарпа може бути знаменний на динаміку прибутковості у межах валютної пари BTC-USD.

Доведення Твердження 1 не є предметом цього дослідження, але аналітично воно підтверджується динамікою курсів криптовалют, особливо у період значного підвищення (2017 рік) або падіння (2018 рік) цін [8; 9]. Саме тому виникає необхідність у наступному твердженні.

Твердження 2. Динаміка цін на криптовалюти та прибутковість відповідних інвестиційних активів буде розглядатися з червня 2017 року, а саме з моменту останнього значного корегування на ринку BTC-USD. Так, у 2017 році вартість BTC сягнула 20000 дол. США. Потім з 2018 року ціна стабілізувалася на рівні 3000-10000 дол. США [9]. Більш суттєвих коливань за останні 2 роки не відбувалося, тому можна розглядати статистично достатній

період часу за збереження коливаються на допустимому рівні.

З урахуванням тверджень 1 та 2 сформулюємо ключові гіпотези щодо статистичних властивостей цін та прибутковості інвестиційних активів під час моделювання портфеля криптовалют.

Гіпотеза 1. В інвестиційному аналізі використовуються середньомісячні, а не щоденні данні щодо динаміки цін. Ця гіпотеза є результатом статистичної оцінки динаміки цін на інші активи, зокрема, біо- та енергоресурси [7]. Для доведення доцільності використання щомісячних даних у інвестиційному аналізі активів ринку криптовалют наведемо таблицю коефіцієнтів кореляції між цінами BTC-USD та іншими altcoin – табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти парної кореляції між цінами bitcoin (x) та цінами на ключові altcoin за період з 1 липня 2017 р. по 1 липня 2019 р.

Найменування криптовалютної пари	Коефіцієнт парної кореляції за	
	днями	місяцями
XRP-USD	0,79	0,82
ETH-USD	0,81	0,80
USDT-USD	-0,14	-0,17
BCH-USD	0,69	0,71
LTC-USD	0,92	0,92
BNB-USD	0,36	0,34
LINK-USD	0,45	0,44
EOS-USD	0,51	0,51
XLM-USD	0,61	0,59
IOT-USD	0,91	0,93
ADA-USD	0,60	0,59
XMR-USD	0,88	0,87
TRX-USD	0,43	0,37
DASH-USD	0,81	0,80
XRБ-USD	0,24	0,10
NEO-USD	0,50	0,52
ETC-USD	0,69	0,68
XEM-USD	0,68	0,68
ZEC-USD	0,31	0,47
DOGE-USD	0,72	0,87
BAT-USD	0,58	0,58
ZRX-USD	0,31	0,31
VEN-USD	0,77	0,74
DCR-USD	0,80	0,80

Джерело: тут і у подальшому наведені авторські розрахунки статистичних показників за допомогою пакету *r project* за даними [8; 9]

З табл. 1 видно, що для більшості спостережень значущість кореляції між ціною altcoin та bitcoin у місячному розрізі або збігається, або перевищує значення кореляції за щоденними спостереженнями. Тому у подальшому аналізі будемо використовувати щомісячні данні за останні два роки.

Гіпотеза 2. Нормальний розподіл показників прибутковості активів на ринку криптовалют.

Гіпотеза 2 – це нежорстка вимога до ефективного використання як моделей портфеля, так і подальшого розрахунку середніх значень, відхилень, VAR-значень та проведення регресійного аналізу. Згідно з теорією Марковиця [6] прибутковість інвестиційних активів визначається як натуральний логарифм приросту ціни активу. Відповідний метод будемо застосовувати і до активів, що є на ринку криптовалют. Загальне позначення для показника прибутковості – *rate*. За щомісячними даними з використанням критерію Шапіро-Вілка лише для п'яти значень прибутковості активів із ймовірністю 95% нема підстав відхилити гіпотезу про нормальність розподілу, а саме для криптовалют LINK-USD, BAT-USD, NEO-USD, XMR-USD, BNB-USD. Якщо позбавити ряди даних *rate* найзначніших викидів, то нормальному закону розподілу відповідають 12 активів, включаючи BTC-USD. Тобто прибутковість активів, що представлені на ринку криптовалют, за останні 2 роки у своїй більшості відповідають гіпотезі 2, хоча і з певними обмеженнями (за розглянутий період останніх 2 років на ринку криптовалют не відбулося суттєвих потрясінь). У подальшому, як доводилось у попередніх дослідженнях [7], для прийняття гіпотези 2 за активами зі значною волатильністю можна використовувати метод згладжування або здійснювати групування за визначеними базовими трендами, іншими специфічними ознаками. Відповідні дослідження можна вважати напрямом подальшого розвитку наведених у цій роботі результатів.

Гіпотеза 3. Залежність між рівнем прибутковості активів на ринку altcoin та bitcoin. Незважаючи на спростування гіпотези 2 для деяких активів ринку криптовалют, можна провести класичний регресійний аналіз з урахуванням твердження 1. Останній дасть змогу, по-перше, визначити наявність або відсутність зв'язку прибутковості конкретної altcoin із прибутковістю bitcoin. Тобто коливання прибутковості навколо тренду, що визначає bitcoin як базовий ринковий актив. По-друге, оцінити значення умовних альфа(alpha)- та бета(beta)- коефіцієнтів для криптовалют групи altcoin. По-третє, провести групування ключових активів ринку altcoin за щільністю залежності від динаміки базового активу та ефективності статистичних оцінок.

З урахуванням тверджень 1 та 2, а також гіпотези 1 розрахуємо показники щодо оцінки скорегованої одноіндексної моделі Шарпа для ринку криптовалют – табл. 2.

Як видно з даних табл. 2, лише три криптовалюти: IOT-USD, BCH-USD та LTC-USD значно залежать від динаміки базового активу (Bitcoin). При цьому ще ADA-USD, ETC-USD, XLM-USD, XEM-USD та XMR-USD мають коефіцієнт детермінації більший від 0,3. За незначним винятком, більшість розглянутих криптовалют, що показали значну залежність від bitcoin, демонструють суттєвіші коливання, ніж базовий актив. Зокрема, коефіцієнт beta

для активу IOTA (ION-USD) становить 1,63, але для ETC-USD та XMR-USD beta-коефіцієнт дорівнює приблизно 0,9.

Таблиця 2
Оцінка коефіцієнтів та значущості
одноіндексних моделей
для ринку криптовалют Altcoin
та базового активу Bitcoin

Найменування криптовалютної пари	Alpha-коеф. (вільний член)	Beta-коеф. (кутовий коеф.)	Коеф. детермінації (R-squared)	Результат перевірки Fstat*
IOT-USD	-0,0791	1,6322	0,6564	TRUE
BCH-USD	-0,0685	1,3736	0,5899	TRUE
LTC-USD	-0,0164	1,1086	0,5763	TRUE
ADA-USD	-0,0147	1,7276	0,4850	TRUE
ETC-USD	-0,0357	0,9485	0,4105	TRUE
XLM-USD	-0,0028	1,5115	0,3417	TRUE
XEM-USD	0,0083	1,3816	0,3329	TRUE
XMR-USD	0,0330	0,9322	0,3008	TRUE
BNB-USD	0,0546	0,9335	0,2759	TRUE
TRX-USD	0,0344	1,4070	0,2735	TRUE
EOS-USD	-0,0042	1,0727	0,2667	TRUE
NEO-USD	-0,0803	0,7230	0,2605	TRUE
BAT-USD	-0,0349	0,7186	0,2169	TRUE
LINK-USD	0,0624	0,8041	0,2078	TRUE
ETH-USD	0,0354	0,8816	0,2003	TRUE
XRP-USD	-0,0092	0,9340	0,1834	TRUE
DOGE-USD	-0,0437	0,8690	0,1668	TRUE
ZEC-USD	-0,1759	0,9463	0,1510	TRUE
ZRX-USD	-0,0438	0,6577	0,1198	FALSE
DCR-USD	0,0715	0,7612	0,0930	TRUE
DASH-USD	0,0057	0,4877	0,0345	FALSE
USDT-USD	0,0797	-1,2653	0,0263	FALSE
XRB-USD	0,6385	-0,6644	0,0112	FALSE
VEN-USD	0,0046	0,1241	0,0040	FALSE

* результат перевірки Fstat має значення «TRUE» якщо розрахункове значення F-statistics більше за табличне при імовірності 0,95

Специфічна ситуація виникає з активами BNB-USD, XRB-USD, NEO-USD. Як видно з табл. 2, вони потрапили у групу активів, що не суттєво пов'язані з динамікою прибутковості bitcoin. Проте, якщо за вказаними активами позбавитися найсуттєвіших викидів, то значення R-squared стане перевищувати 0,5. Так, для XRB-USD скорегована одноіндексна модель має такі характеристики: R-squared = 0,79, alpha-коефіцієнт = -0,19 та beta-коефіцієнт = 1,21. Тобто за скорегованою моделлю актив XRB-USD перестає бути захисним для ринку з базовим активом bitcoin.

Таким чином, проведені дослідження загалом підтверджують гіпотезу 3 для ринку криптовалют, хоча і з певними уточненнями.

Гіпотеза 4. Спекулятивний характер портфеля криптовалют. Як уже підтвердили результати доведення гіпотези 3, більшість валют altcoin демонструють більш суттєві коливання прибут-

ковості, ніж базовий ринковий актив (bitcoin). Для підтвердження високого ступеня ризиків за ринком криптовалют загалом розрахуємо показники середньої, середнього відхилення та коефіцієнт варіації за відповідними значеннями прибутковості – табл. 3

Таблиця 3
Оцінка рівня ризиків за прибутковістю
основних видів активів, що наведені
на світовому ринку криптовалют

Найменування криптовалютної пари	Середньомісячна прибутковість	Стандартне відхилення прибутковості	Коефіцієнт варіації
BTC-USD	6,21%	18,98%	3,06
XRB-USD	59,29%	192,02%	3,24
DCR-USD	12,70%	49,63%	3,91
XEM-USD	9,96%	46,10%	4,63
XLM-USD	9,86%	59,61%	6,05
ETH-USD	9,78%	38,89%	3,98
XMR-USD	9,21%	32,20%	3,50
LINK-USD	8,62%	41,31%	4,79
BNB-USD	7,84%	40,69%	5,19
TRX-USD	7,54%	62,96%	8,35
XRP-USD	4,88%	41,40%	8,48
EOS-USD	4,23%	48,30%	11,42
LTC-USD	4,07%	34,51%	8,49
DASH-USD	2,79%	51,59%	18,50
ETC-USD	2,65%	31,69%	11,97
ADA-USD	1,68%	57,63%	34,24
VEN-USD	1,30%	48,70%	37,43
USDT-USD	0,01%	147,85%	11096,61
BAT-USD	-0,54%	35,96%	-66,71
DOGE-USD	-0,77%	40,74%	-52,68
IOT-USD	-1,08%	49,21%	-45,58
ZRX-USD	-2,69%	43,49%	-16,18
BCH-USD	-2,85%	40,86%	-14,32
NEO-USD	-6,03%	32,37%	-5,37
ZEC-USD	-11,09%	53,79%	-4,85

Як видно з даних табл. 3, середньомісячна прибутковість за дев'ятьма криптовалютами (позначені курсивом у таблиці) перевищує прибутковість базового активу (BTC-USD). Усі значення коефіцієнтів варіації є більшими, ніж у bitcoin, та значно перевищують 1 (або 100 відсоткову ризикованість). Тобто, незважаючи на бурхливий розвиток світових ринків криптовалют, відповідні активи залишаються здебільшого об'єктом спекулятивних операцій, а їх застосування у межах інвестиційних портфелів довгострокового характеру обмежується значним рівнем ризику. При цьому цільовий критерій або обмеження за коефіцієнтом варіації для портфеля криптовалют не може бути меншим ніж 3,06, що відповідає варіації за валютною парю BTC-USD.

Висновки. Результати статистичного дослідження динаміки цін та прибутковості активів на ринку криптовалют показали, що класичні

методи портфельної теорії мають у цій сфері обмежене застосування. По-друге, базовим активом на рику криптовалют виступає bitcoin, динаміка прибутковості якого може бути використана як індикатор розвитку ринку загалом (індекс ринку). Відповідний показник можна використовувати під час побудови одноіндексних інвестиційних моделей за аналогією з моделлю Шарпа. По-третє, за результатами аналізу показників динаміки ринків bitcoin та altcoin за період з 2017 по 2019 рр. можна констатувати, що відповідні інвестиційні активи мають значний рівень ризиковості (коефіцієнт варіації більш ніж 3). Тобто на ринку криптовалют зберігається спекулятивна спрямованість операцій.

Ключовим напрямом подальших досліджень цієї тематики є завдання визначення діапазонів стабільної зміни цін на ринку криптовалют та побудови моделей часових рядів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Ryu H., Ko K. Understanding speculative investment behavior in the Bitcoin context from a dual-systems perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 2019, Vol. 119 No. 7, pp. 1431-1456. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2018-0441>.
2. Hrytsiuk P., Babych T., Bachyshyna L. Cryptocurrency portfolio optimization using Value-at-Risk measure: 6th International Conference on Strategies, Models and Technologies of Economic Systems Management (SMTESM 2019). Atlantis Press. Available at: <https://doi.org/10.2991/smtesm-19.2019.75>.
3. Фантаццини Д., Нигматуллин Э.М., Сухановская В.Н., Ивлиев С.В. Все, что вы хотели знать о моделировании биткойна, но боялись спросить. Часть I. *Прикладная эконометрика*, 2016, т. 44, с. 5-24.
4. Фантаццини Д., Нигматуллин Э.М., Сухановская В.Н., Ивлиев С.В. Все, что вы хотели знать о моделировании биткойна, но боялись спросить. Часть II. *Прикладная эконометрика*, 2017, т. 45, с. 5-28.
5. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Cryptography Mailing*. 2019. [electronic resource]. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата звернення 04.10.2019 р.).
6. Markowitz H.M. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. Vol. 7, No. 1. Mar., 1952. pp. 77-91.
7. Zherlitsyn D.M., Kuzheliev M.O., Nechyporenko A.V. Biore-sources Price Trend and GDP Growth Adjustment. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR)*. (electronic journal). Volume 10. Special Issue-1, 2019, pp.379-383. Available at: <https://bipublication.com/files/ijabr2019sp154Mykhailo.pdf> (accessed 04 October 2019).
8. Top 100 Cryptocurrencies by Market Capitalization. (2019, October 04) Available at: <https://coinmarketcap.com/> (accessed 04 October 2019).
9. Markets results (2019, October 04). Yahoo! Finance. Available at: <https://finance.yahoo.com> (accessed 04 October 2019).

REFERENCES:

1. Ryu H., KoK. (2019) Understanding speculative investment behavior in the Bitcoin context from a dual-systems perspective. *Industrial Management & Data Systems*. Vol. 119 No. 7, pp. 1431-1456. Available at: <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2018-0441> (in English) (accessed 04 October 2019).
2. Hrytsiuk P., Babych T., Bachyshyna L. (2019) Cryptocurrency portfolio optimization using Value-at-Risk measure: 6th International Conference on Strategies, Models and Technologies of Economic Systems Management (SMTESM 2019). Atlantis Press. Available at: <https://doi.org/10.2991/smtesm-19.2019.75> (in English) (accessed 04 October 2019).
3. Fantazzini D., Nigmatullin E., Sukhanovskaya V., Ivliev S. (2016) Vse, chto vy khoteli znat' o modelirovanii bitkoina, no boyalis' sprositi' [Everything you always wanted to know about bitcoin modelling but were afraid to ask]. Part I. *Applied Econometrics*. Volume 44. PP. 5-24 (in Russian).
4. Fantazzini D., Nigmatullin E., Sukhanovskaya V., Ivliev S. (2017) Vse, chto vy khoteli znat' o modelirovanii bitkoina, no boyalis' sprositi' [Everything you always wanted to know about bitcoin modelling but were afraid to ask]. Part II. *Applied Econometrics*. Volume 45. PP. 5-28 (in Russian).
5. Nakamoto S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Cryptography Mailing*. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (in English) (accessed 04 October 2019).
6. Markowitz H.M. (Mar., 1952) Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1. pp. 77-91.
7. Zherlitsyn D.M., Kuzheliev M.O., Nechyporenko A.V. (2019) Biore-sources Price Trend and GDP Growth Adjustment. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR)*. (electronic journal). Volume 10. Special Issue-1, 2019, pp.379-383. Available at: <https://bipublication.com/files/ijabr2019sp154Mykhailo.pdf> (accessed 04 October 2019).
8. Top 100 Cryptocurrencies by Market Capitalization. (2019, October 04) Available at: <https://coinmarketcap.com/> (accessed 04 October 2019).
9. Markets results (2019, October 04). Yahoo! Finance. Available at: <https://finance.yahoo.com> (accessed 04 October 2019).