



Е. В. Синельникова-Мурылева
М. Н. Кузнецова
К. Д. Шилов

ФАКТОРНЫЕ МОДЕЛИ ДОХОДНОСТИ КРИПТОВАЛЮТ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская Академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации
(РАНХиГС)

Факторные модели доходности криптовалют

Синельникова-Мурылева Е.В., Центр изучения проблем центральных банков Института прикладных экономических исследований (ИПЭИ) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), с н. с., к. э. н., ORCID ID: 0000-0001-7494-2728, e.sinelnikova@ranepa.ru



Кузнецова Мария Николаевна, Центр изучения проблем центральных банков Института прикладных экономических исследований (ИПЭИ) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), н. с., ORCID ID: 0000-0002-3660-6587, kuznetsova-mn@ranepa.ru



Шилов Кирилл Дмитриевич, Лаборатория математического моделирования экономических процессов Института прикладных экономических исследований (ИПЭИ) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), н. с., ORCID ID: 0000-0002-2149-3946, shilov-kd@ranepa.ru



The Russian Presidential Academy of national economy and public administration
(RANEPA)

Factor models of cryptocurrency profitability

Elena V. Sinelnikova-Muryleva, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), senior researcher, Cand. Sci. (Econ.), ORCID ID: 0000-0001-7494-2728, e.sinelnikova@ranepa.ru



Maria N. Kuznetsova, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), researcher, ORCID ID: 0000-0002-3660-6587, kuznetsova-mn@ranepa.ru



Kirill D. Shilov, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), researcher, ORCID ID: 0000-0002-2149-3946, shilov-kd@ranepa.ru



Moscow, 2021

Аннотация

Актуальность проводимого исследования обусловлена тем, что с момента появления первой криптовалюты Bitcoin прошло более 12 лет, однако до сих пор отсутствует четкое понимание сущности криптовалют. В то же время в последние годы интерес к криптовалютам продолжает нарастать, и данный финансовый инструмент становится все более привлекательным для индивидов. Основной **предмет** исследования – доходность криптовалют. **Цель** данной работы – выявление детерминант доходностей криптовалют. Для достижения данной цели были выполнены такие **задачи**, как создание факторов, отражающих особенности рынка криптовалют, и применение многофакторных моделей по типу Фамы-Френча для анализа доходностей криптовалют. На основе собранных дневных данных о капитализации, объемах торговли и цене более 5000 криптовалют за период с 01.04.2014 по 21.06.2021 для криптовалют были построены стандартные факторы на основании показателей капитализации, объемов торгов и третьего момента. Основной **метод** оценивания регрессий – эконометрическое моделирование с использованием метода наименьших квадратов. Полученные **результаты** эмпирического исследования свидетельствуют в пользу положительной взаимосвязи между доходностью групп криптовалют и разностью доходностей верхних и нижних 30% криптовалют по третьему моменту. Разность доходностей нижних и верхних 30% криптовалют по рыночной капитализации оказывает отрицательное влияние на доходность групп криптовалют. Основной **вывод** исследования заключается в том, что до начала периода высокой волатильности криптовалюты можно было рассматривать как актив для диверсификации рыночного риска, однако впоследствии рынок криптовалют стал двигаться сонаправленно фондовому рынку. **Научная новизна** работы заключается в представлении оценки влияния смоделированных факторов на различные группы (портфели) криптовалют в отдельные периоды времени. **Рекомендация** исследования состоит в необходимости дальнейшего анализа факторов доходности криптовалют на более однородных выборках.

Ключевые слова: криптовалюты, факторы доходности, модели ценообразования, временные ряды, доходность, рыночная капитализация, финансовые модели, CAPM, Фама-Френч.

JEL: G11, G12, G17, C01, C32, C51.

Abstract

More than 12 years have passed since the debut of Bitcoin, the first cryptocurrency, but there is still no clear understanding of the essence of cryptocurrencies. At the same time, in recent years, interest in cryptocurrencies has continued to grow, and this financial instrument is becoming more and more attractive to individuals. Therefore, an issue of essence of cryptocurrencies is **relevant**. The main **subject** of the study is the profitability of cryptocurrencies. The main **aim** of this work is to identify the determinants of cryptocurrency returns. To achieve this goal, such **tasks** as the creation of factors reflecting the characteristics of the cryptocurrency market and the use of multifactor Fama-French models for the analysis of cryptocurrency returns were performed. Based on the collected daily data on capitalization, trading volumes and the price of more than 5,000 cryptocurrencies for the period from 01.04.2014 to 21.06.2021, standard factors based on capitalization indicators, trading volumes and the third momentum were built. The main estimation **method** is econometric modeling using the least squares method. The obtained **results** of an empirical study indicate a positive relationship between the profitability of groups of cryptocurrencies and the difference in the yields of the upper and lower 30% of cryptocurrencies according to the third moment. The difference in the yields of the lower and upper 30% of cryptocurrencies by market capitalization has a negative impact on the profitability of groups of cryptocurrencies. The main **conclusion** of the study is that before the beginning of high volatility period, cryptocurrencies could be considered as an asset for the diversification of market risk, but subsequently the cryptocurrency market began to move co-directionally to the stock market. The **scientific novelty** of the work stems from presenting an assessment of the impact of modeled factors on various groups (portfolios) of cryptocurrencies over certain periods of time. The study **recommends** to conduct further analysis of the profitability factors of cryptocurrencies on more homogeneous samples.

Keywords: cryptocurrencies, profitability factors, pricing models, time series, profitability, market capitalization, financial models, CAPM, Fama-French.

JEL: G11, G12, G17, C01, C32, C51.

Содержание

Введение	6
1. Финансовые модели доходностей криптовалют	9
1.1. Используемая методология и данные	10
2. Эмпирическое исследование	14
2.1. Результаты построения регрессий на дневных данных	14
2.2. Результаты построения регрессий на недельных данных	24
Заключение	26
Благодарности	28
Список использованных источников	29

Введение

За последние годы на рынке появилось большое число цифровых валют и активов, выполняющих различные функции. В первые годы развития рынка криптовалют его масштаб оставался на низком уровне, однако с течением времени прослеживается тенденция к его росту (рис. 1).

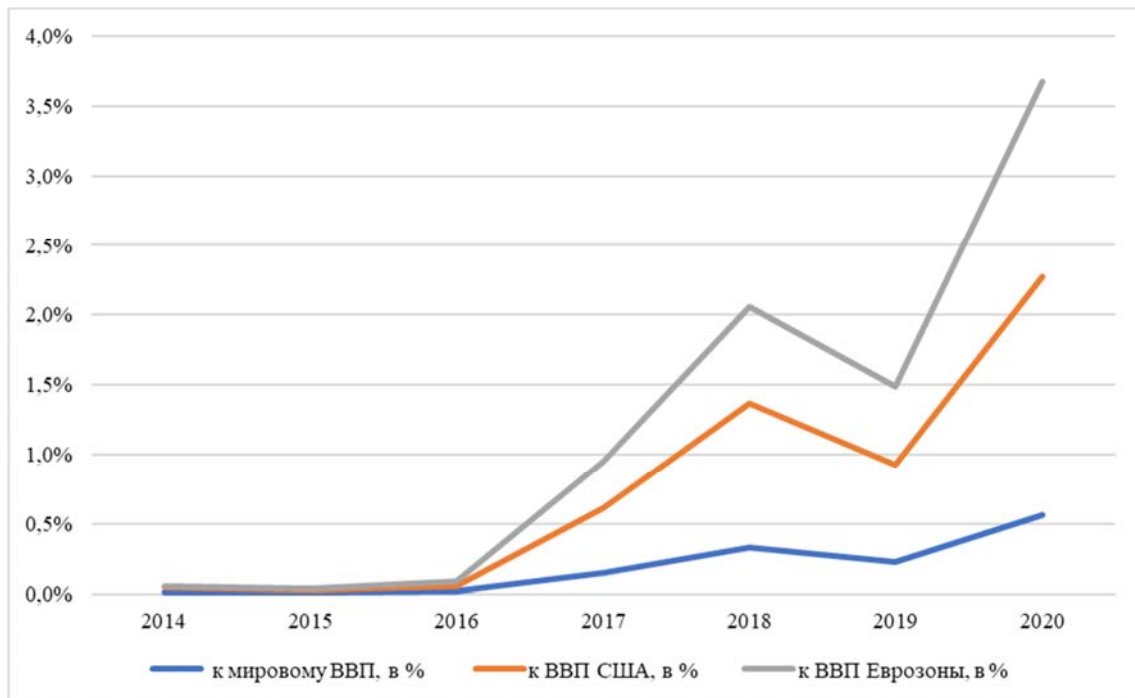


Рис. 1. Отношение капитализации рынка криптовалют к показателям ВВП

Источник: составлено авторами на основе данных Мирового банка и агрегатора <https://coinmarketcap.com/>.

Отметим также, что в последнее время ввиду пандемии происходило сокращение потребления и инвестиций. Резкое сокращение совокупного спроса, сопровождающееся прочими шоками экономики, привело к тому, что экономические агенты частично начали выводить свои средства с фондовых рынков и направлять их либо в облигации, либо в наличные. Для поддержания равновесия центральные банки снизили процентные ставки, что с учетом роста спроса на облигации привело к сокращению реальной ставки процентной ставки [1]. В России в последние годы возникла проблема фальсификация балансов банков, что привело к снижению доверия к банкам со стороны населения и, как следствие, снижению интереса к финансовым активам,

предлагаемым банками [2]. Все это приводит к росту интереса со стороны экономических агентов к рынку криптовалют.

В то же время до сих пор как в экономической литературе, так и в рамках законодательного регулирования на мировом уровне и уровне отдельных стран отсутствует четкое понимание экономической природы и сущности криптовалют.

Выяснением ответа на данный вопрос занимались и продолжают заниматься многие ученые. Так, например, в одной работе [3] авторы сравнивают доходность криптовалют и ее волатильность с доходностью прочих активов. Для этих целей авторы прибегают к исследованию криптовалют с рыночной стоимостью более 1 миллиарда долларов за период с 2013 по конец июля 2017 года. На основе корреляционных матриц и анализа спилловер-эффектов авторы установили, что такие факторы, как цены и волатильность криптовалют не обуславливают цены на прочие активы и значения индексов. В то же время, цены и волатильность активов и индексов не обуславливают цены и волатильность криптовалют. Важным заключением автором является то, что криптовалюты – уникальный класс инвестиционных активов.

Некоторые показатели биткоина и их изменение во времени могут коррелировать с показателями золота, обусловлено тем, что оба данные актива могут приносить высокие доходности за короткий период. Именно поэтому, другие ученые в своей работе [4] исследовали вопрос о том, насколько похожи криптовалюты и золото и насколько первые могут выступать в качестве безопасной гавани (safe haven) для средств покупателей. Для этих целей был проведен сравнительный анализ изменений в доходностях золота, биткоина и нефти в зависимости от таких факторов, как: состояние рынка золота и рынка криптовалют, уровень цен на нефтяном рынке, а также прочие факторы, создающие неопределенность (например, экономическая и политическая ситуации). Помимо этого, авторы также провели корреляционный анализ. Данные, используемые авторами, включали в себя цену на нефть, золото и Bitcoin за время с 13 сентября 2011 года по 29 августа 2019 года. Было показано, что доходности криптовалюты и золота связаны отрицательно, но данная связь не является статистически значимой. Основной вывод авторов заключается в том, что цены на биткоин и золото, а также их волатильность ведут себя одинаково во времена финансовых неурядиц, кризисов, и разрозненно во времена экономической стабильности.

Таким образом, развитие криптовалют и рост интереса к ним в условиях отсутствия единого понимания их сущности обозначает новую исследовательскую цель, а

именно выявление того, в какой степени движение цен криптовалют подчиняется тем же законам и логике, что и цены финансовых активов (акций). Под криптовалютами мы будем понимать только частные проекты, то есть из рассмотрения исключаются ЦВЦБ и государственные криптовалюты. Для достижения поставленной цели был выполнен ряд задач:

- анализ теоретических моделей влияния определенных факторов на доходность криптовалют;
- сбор и систематизация данных о цене, рыночной капитализации и объемах торговли криптовалют;
- формирование объясняющих факторов, влияние которых на доходность представляет интерес;
- оценка регрессий на различных временных периодах и обобщение полученных результатов.

Проводимое эмпирическое исследование опирается на методы эконометрического моделирования, а в частности построение регрессий на основе метода наименьших квадратов. Основная гипотеза исследования состоит в том, что со временем наблюдается конвергенция криптовалют и финансовых активов в плане приобретения схожих свойств, паттернов поведения.

Научная новизна проведенного исследования заключается в рассмотрении факторов доходности различных групп криптовалют, отражающих особенности рынка данных активов, на различных временных промежутках, что позволяет учесть неоднородность выборки во времени.

Результаты работы могут быть использованы как потребителями на рынке криптовалют при принятии решения об инвестировании в данный класс финансовых активов, так и государством при разработке и осуществлении экономической политики.

1. Финансовые модели доходностей криптовалют

Анализ детерминант доходностей криптовалют сегодня вызывает интерес у исследователей и практиков. Используемые для проведения расчетов подходы разнообразны, но в большинстве случаев ограничены применением стандартных моделей CAPM [5] и многофакторных моделей по типу Фамы-Френча [6], [7], [8], что по умолчанию предполагает, что мы воспринимаем криптовалюты как финансовый актив. Сразу необходимо оговориться, что это предположение является сильным и, вообще говоря, не вполне справедливо, поскольку у криптовалют отсутствует фундаментальная стоимость в традиционном понимании этого термина, то есть отсутствует фундаментальная стоимость как дисконтированная сумма потока платежей (дивидендов) по данному активу. Подробнее проблема существования фундаментальной стоимости у криптовалют исследуется в работах [9], [10]. Использование моделей Фамы-Френча в данном случае возможно и позволит установить, схожи ли детерминанты доходностей криптовалют с детерминантами доходностей прочих финансовых активов, а также выявить эмпирические закономерности, которые впоследствии могут быть использованы для разработки и совершенствования моделей доходности криптовалют.

В рамках пятифакторной модели Фамы-Френча (среднемесячная) премия за риск по активу или портфелю активов объясняется следующим набором из пяти переменных:

- 1) премия за рыночный риск;
- 2) разница доходностей портфелей «маленьких акций» и «больших акций» (small minus big = SMB);
- 3) разница доходностей портфелей с большим отношением В/М (balance to market, балансовой стоимости к рыночной стоимости) и малым В/М;
- 4) разница доходностей портфелей с устойчивой (robust) и слабой (weak) доходностью;
- 5) разница доходностей портфелей мало инвестирующих фирм и много/агрессивно инвестирующих фирм.

Кроме того Фама и Френч отмечают, что если модель действительно хорошо описывает данные и объясняет избыточные доходности портфелей предложенными факторами, то константа в соответствующем уравнении должна быть равна (статистическому) нулю.

1.1. Используемая методология и данные

Учитывая отличительные особенности криптовалют, в частности, отсутствие у них балансовой стоимости, стратегий инвестирования в рамках фирмы, мы будем следовать опыту Лю и Цивинского [11], расширяя их методологию, для построения факторов доходности криптовалют с опорой на специфические для этого рынка характеристики. Отличия в используемой методологии состоят в том, что в данной работе используется более широкий временной период, вся выборка разбивается еще на определенные подпериоды, создается новая переменная, отражающая разницу в доходности определенных отбираемых по объемам торговли групп криптовалют, используются не только недельные, но и дневные данные, а также в качестве зависимой переменной используется средневзвешенная доходность группы криптовалют, что предполагает использование не панельных данных, а временных рядов.

Для анализа факторов доходностей криптовалют нами была сформирована выборка, состоящая из 5386 криптовалют, которые на момент сбора данных были представлены на рынке¹. Анализируемый период составляет 1 апреля 2014 г. – 21 июня 2021 г. Ежедневные данные содержат информацию о трех характеристиках: цене, объемах торговли, рыночной капитализации.

Для целей сокращения степени разнородности анализируемой группы и исключения из нее так называемых токенов-«мертвых душ» было решено ограничить первоначальную выборку на основе следующих критериев:

- выборка содержит только криптовалюты, рыночная капитализация которых отлична от нуля в течение 30 дней (возможно, не идущих подряд);
- далее из выборки исключаются криптовалюты, средняя капитализация которых за весь период их существования была ниже 1 млн долларов.

Таким образом была сформирована выборка, состоящая из 1037 криптовалют². Помимо этого, была собрана информация за аналогичный период времени о безрисковой доходности, то есть доходности трехмесячных казначейских векселей (T-bill), а также сформирована рыночная доходность на основе индекса S&P 500.

¹ В рамках исследования были использованы данные, представленные на сайте-агрегаторе <https://coinmarketcap.com/>

² Заметим, что Лю и Цивински использовали в качестве критерия отбора капитализацию криптовалюты не менее 1 млн долларов на момент сбора данных.

Заметим, что в работе Фамы и Френча [6] использовались месячные данные за период с июля 1963 г. по декабрь 2013 г., т.е. 606 точек. Ввиду исторически короткого временного ряда доходностей криптовалют далее в работе будут представлены результаты анализа дневных и недельных данных.

Основной принцип, лежащий в основе построения факторных моделей по типу Фамы-Френча состоит в разделении выборки на определенные портфели криптовалют по тому или иному признаку. Разбиение всей совокупности криптовалют на различные группы позволяет учесть и впоследствии отразить особенности и различия в детерминантах формирования доходности различных криптовалют. В данной работе в качестве показателя для сортировки криптовалют по размеру мы используем показатель рыночной капитализации. Таким образом, в рамках каждого отдельно взятого дня или недели формируются квантильные (20%-ные) портфели криптовалют, где далее «группа 1» соответствует портфелю наиболее крупных по капитализации криптовалют, а «группа 5» – портфелю наиболее мелких криптовалют.

В качестве зависимой переменной Y_t использована средневзвешенная доходность портфеля криптовалют в определенный день или за определенную неделю (формула (1)). В качестве веса используется относительная капитализация криптовалюты, что позволяет учесть ее значимость на рынке.

$$Y_t = \left(\sum_i R_{it} * \frac{MarketCap_{it}}{SumMarketCap_t} \right) - R_t^f, \quad (1)$$

где R_{it} – доходность i -ой криптовалюты в момент времени t ;

$MarketCap_{it}$ – рыночная капитализация i -ой криптовалюты в момент времени t ;

$SumMarketCap_t$ – суммарная рыночная капитализация всех криптовалют в момент времени t ;

R_t^f – безрисковая ставка процента в момент времени t .

Для каждой из пяти групп впоследствии было смоделировано три объясняющих фактора, отражающих особенности рынка криптовалют. В качестве показателей для их формирования использовались рыночная капитализация, объем торгов, а также

третий моментум³. Механизм построения факторов одинаков и может быть описан следующим набором из четырех шагов:

1) сортировка выборки (внутри группы) в рамках каждого дня или недели по убыванию выбранного показателя;

2) разделение выборки в рамках каждого дня или недели на портфели и выделение «верхнего портфеля», 30% от общего количества криптовалют в группе с наиболее высокими значениями определенного показателя, и «нижнего портфеля», 30% криптовалют с наиболее низкими значениями показателя;

3) расчет средневзвешенных доходностей для верхних 30% и нижних 30% криптовалют на основе выбранного показателя;

4) формирование фактора как разности между средневзвешенными доходностями верхних и нижних тридцатипроцентных групп.

Последующие расчеты предполагают построение набора моделей, позволяющих проанализировать степень и значимость влияния определенных факторов на доходность криптовалют. Наиболее полная модель, включающая все наши факторы, представлена ниже (формула (2)):

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_t + \beta_2 CBS_t + \beta_3 CVOL_t + \beta_4 CMOM_t + \varepsilon_t. \quad (2)$$

где X_t – разность между рыночной доходностью в момент времени t (R_t^m) и безрисковой доходностью (R_t);

CBS_t – разность средневзвешенных доходностей между последними 30% и первыми 30% криптовалют по показателю рыночной капитализации (аналог показателя “small minus big” для рынка акций);

$CVOL_t$ – разность средневзвешенных доходностей между первыми 30% и последними 30% криптовалют по показателю объема торговли;

$CMOM_t$ – разность средневзвешенных доходностей между первыми 30% и последними 30% криптовалют по показателю третьего моментума;

ε_t – случайные ошибки.

³ Разность между ценой в текущем периоде и ценой, установленной тремя временными периодами ранее.

Показатель $CVOL$ можно трактовать как индикатор роста спроса на криптовалюты, приводящего к приросту капитальной стоимости, а значит, доходности. Показатель $CMOM$ отражает инерционность динамики цен криптовалют.

Оговоримся, что представленная в формуле (2) взаимосвязь между $CVOL_t$ и Y_t может послужить причиной наличия эндогенности, поскольку, возможно, отражает взаимосвязь между ценой (доходностью группы криптовалют за вычетом безрисковой доходности) и количеством (то есть объемом торговли). Однако в данной работе мы не ставим перед собой задачу решить данную проблему и избавиться от потенциальной эндогенности. Более того, доходность и объем торгов не эквивалентны цене и объему торгов.

Мы ставим перед собой задачу выявления факторов доходности криптовалют в содержательно различные периоды времени. Разбиение на подпериоды основано на датировке из работы [12] и приводит нас к формированию следующих пяти временных промежутков:

- 1) весь период (01.04.2014 – 21.06.2021);
- 2) период становления рынка криптовалют (01.04.2014 – 01.05.2017);
- 3) период зрелости (высокой волатильности) рынка криптовалют (01.05.2018 – 21.06.2021);
- 4) период зрелости (высокой волатильности) до пандемии COVID-19 (01.05.2018 – 01.03.2020);
- 5) период продолжающейся пандемии COVID-19 (01.03.2020 – 21.06.2021).

Таким образом, полная и усеченные вариации модели (2) были построены для описанных выше пяти выборок. Для упрощения представления основных результатов в рамках каждого временного периода для каждой 20%-ной группы представлена лишь одна, наилучшая по мнению авторов модель. В работе были использованы стандартные НАС ошибки.

2. Эмпирическое исследование

2.1. Результаты построения регрессий на дневных данных

Перед обсуждением результатов построения регрессий приведем примеры графиков переменных. Результаты формальных тестов для рядов свидетельствуют об их стационарности (рис. 2). Начиная с 2020 г. отмечаются сильные колебания показателей, что отражает реакцию рынка криптовалют на пандемию.

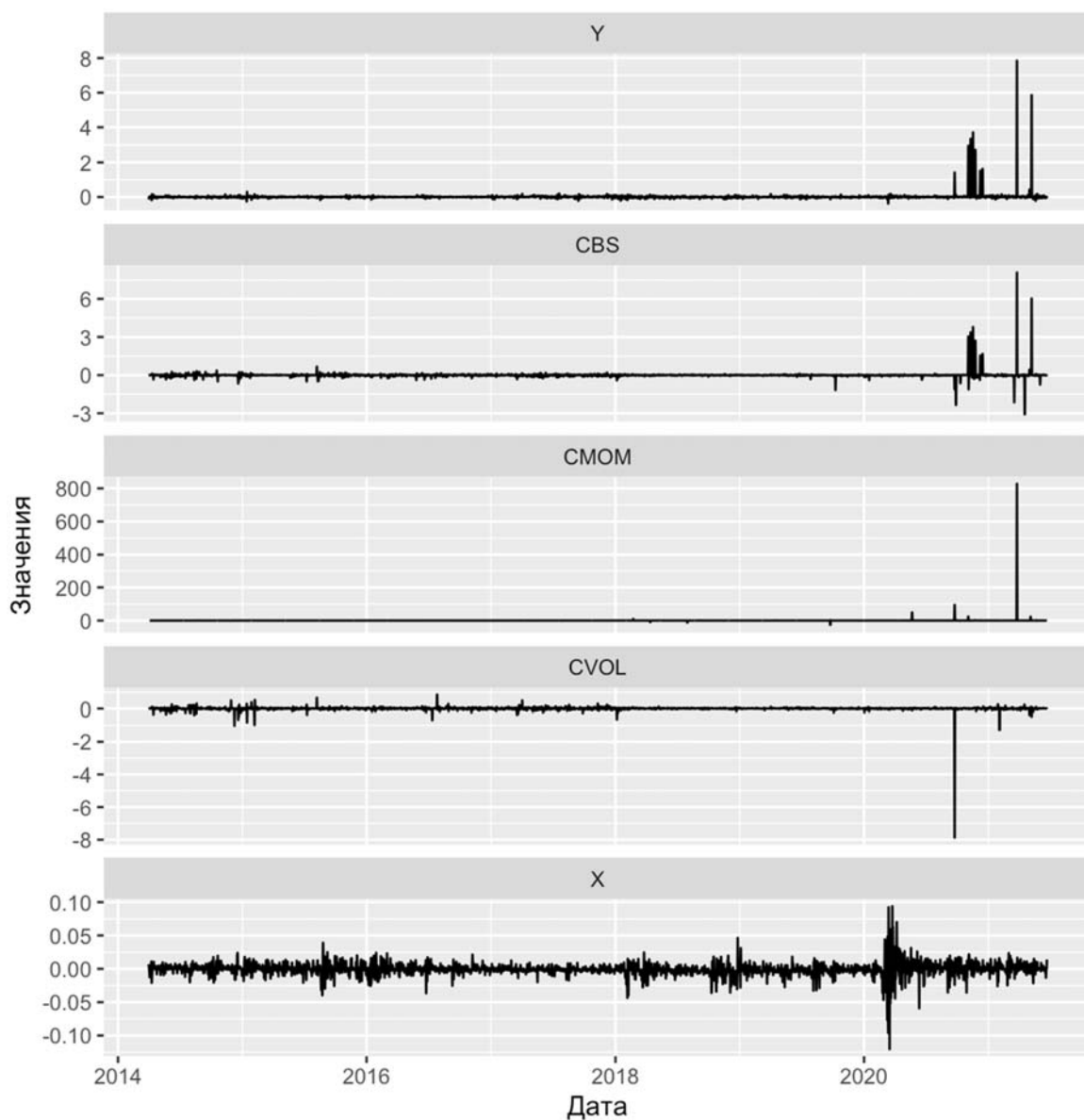


Рис. 2. Графики переменных для первой группы на всем периоде исследования

Источник: расчеты авторов. Примечание: здесь и далее Y – зависимая переменная, отражающая средневзвешенную доходность портфеля криптовалют в определенный день, X – рыночная премия за риск.

Результаты оценивания регрессий для пяти групп на всем временном промежутке (01.04.2014 – 21.06.2021) позволяют сделать выводы о том, что на доходность криптовалют значимое положительное влияние оказывают все факторы кроме CBS. Лишь для первой группы характерна отрицательная взаимосвязь между показателем CVOL и доходностью криптовалют (таблица 1). Таким образом, полученные результаты являются устойчивыми по группам, однако предложенная нами модель обладает высокой объясняющей способностью только для первых 20% наиболее капитализированных криптовалют.

Таблица 1

Результаты оценивания на дневных данных для всего периода (01.04.2014 – 21.06.2021)⁴

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
X	1.105*** (0.198)	0.661*** (0.174)	0.992*** (0.265)	0.625*** (0.179)	0.411** (0.151)
CBS	-0.699*** (0.120)	-0.179*** (0.033)	-0.203*** (0.056)	-0.122*** (0.034)	-0.151*** (0.019)
CMOM	0.003** (0.001)	–	0.041*** (0.011)	0.044*** (0.011)	0.023*** (0.004)
CVOL	-0.255*** (0.036)	0.104*** (0.018)	0.040* (0.021)	0.061*** (0.022)	0.065*** (0.013)
const	0.014*** (0.002)	0.010*** (0.001)	0.009*** (0.002)	0.006*** (0.002)	-0.008*** (0.001)
R^2	0.825	0.165	0.126	0.111	0.121
Скорректированный R^2	0.825	0.164	0.125	0.110	0.120
Число наблюдений	2,636	2,639	2,634	2,631	2,636
F-статистика	3,107.145*** (df = 4; 2631)	173.514*** (df = 3; 2635)	94.844*** (df = 4; 2629)	81.944*** (df = 4; 2626)	90.423*** (df = 4; 2631)

Источник: расчеты авторов.

Для сравнения степени влияния показателей на зависимую переменную было решено рассчитать экономические эффекты (произведение стандартного отклонения i -ой объясняющей переменной и соответствующего ей коэффициента, поделенное на

⁴ Здесь и далее в скобках под оценками коэффициентов указаны их стандартные отклонения.

стандартное отклонение зависимой переменной). Наибольшее влияние на доходность той или иной группы криптовалют оказывают такие показатели как CBS и CVOL (таблица 2). Ввиду неоднородности анализируемого временного периода, далее мы приводим результаты оценок для разных временных интервалов.

Таблица 2

Экономические эффекты на дневных данных для всего периода (01.04.2014 – 21.06.2021)

Группа	Модель							
1 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0584	0,0374	0,0535	0,0623	0,0390	0,0432	0,0555	0,0438
CBS		-0,8702			-0,7378	-0,8897		-0,7802
CVOL				-0,1298		-0,2118	-0,0654	-0,1838
2 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,1014	0,1015	0,1024	0,0994	0,1015	0,0996	0,1009	0,1002
CBS		-0,3065			-0,3073	-0,2883		-0,2891
CVOL				0,2683		0,2471	0,2632	0,2413
3 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,1027	0,1058	0,1035	0,1042	0,1065	0,1072	0,1047	0,1076
CBS		-0,3084			-0,2978	-0,3069		-0,2970
CVOL				0,0821		0,0762	0,0676	0,0641
4 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0943	0,0910	0,0972	0,0966	0,0939	0,0933	0,0989	0,0956
CBS		-0,2255			-0,2185	-0,2077		-0,2044
CVOL				0,1945		0,1731	0,1671	0,1470
5 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0783	0,0686	0,0807	0,0769	0,0710	0,0687	0,0796	0,0712
CBS		-0,2716			-0,2914	-0,2411		-0,2596
CVOL				0,1878		0,1320	0,2003	0,1429

Источник: расчеты авторов.

Результаты построения регрессий для периода становления рынка криптовалют приведены ниже (таблица 3). Мы вновь видим, что для всех групп криптовалют, кроме группы наиболее крупных криптовалют, значимое положительное влияние на их доходность оказывают все моделируемые факторы помимо CBS. Для первой группы криптовалют характерно отсутствие статистически значимой взаимосвязи между предлагаемыми факторами и доходностью. При этом представленные модели обладают низкой объясняющей способностью. Заметим также, что в отличие от ранее представленных результатов для полной выборки, между рыночной доходностью и доходностью портфелей криптовалют отсутствует статистически значимая взаимо-

связь на периоде становления рынка криптовалют. Соответствующий результат указывает на возможности использования криптовалют для инструмента для диверсификации рыночного риска на периоде до мая 2017 г.

Таблица 3

Результаты оценивания на дневных данных для периода становления рынка криптовалют (01.04.2014 – 01.05.2017)

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
X	0.013 (0.170)	0.001 (0.245)	0.349 (0.225)	-0.143 (0.336)	-0.306 (0.323)
CBS	-0.043 (0.028)	-0.154*** (0.040)	-0.127*** (0.041)	-0.118*** (0.038)	-0.120*** (0.022)
CMOM	0.010 (0.020)	0.055* (0.032)	0.133*** (0.025)	0.132*** (0.020)	—
CVOL	-0.045 (0.040)	0.132*** (0.047)	—	0.069** (0.031)	0.089*** (0.019)
const	0.002** (0.001)	0.001 (0.002)	-0.001 (0.003)	-0.003 (0.002)	-0.008*** (0.001)
R ²	0.017	0.230	0.228	0.235	0.125
Скорректированный R ²	0.014	0.227	0.226	0.232	0.123
Число наблюдений	1,127	1,122	1,125	1,122	1,127
F-статистика	4.897*** (df = 4; 1122)	83.225*** (df = 4; 1117)	110.598*** (df = 3; 1121)	85.864*** (df = 4; 1117)	53.650*** (df = 3; 1123)

Источник: расчеты авторов.

Согласно экономическим эффектам, рассчитанным для первого периода (таблица 4), можно сделать вывод о том, что на доходность различных групп криптовалют наиболее сильное влияние оказывают переменные CBS и CVOL.

Следующий период (01.05.2018 – 21.06.2021) характеризуется бурным ростом котировок криптовалют, существенными размахами абсолютных ценовых колебаний, а также периодами возникновения и сдутия пузырей [9], [13], [14], [15]. Увеличение числа криптовалют, объемов торгов на рынке и, по-видимому, корректировка инвестиционных стратегий игроков на рынке привели к изменению взаимосвязей между доходностями портфелей криптовалют и факторами (таблица 5). Анализ полученных результатов позволяет сделать аналогичный полученным ранее вывод о том, что все факторы оказывают значимое положительное влияние на доходность криптовалют, а отличие наблюдается лишь для первой группы во влиянии CVOL.

Таблица 4

Экономические эффекты на дневных данных для периода становления рынка криптовалют (01.04.2014 – 01.05.2017)

Группа	Модель							
1 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0002	0,0033	-0,0009	-0,0021	0,0021	0,0033	-0,0028	0,0026
CBS		-0,0471			-0,0481	-0,1010		-0,0997
CMOM			0,0447		0,0457		0,0324	0,0285
CVOL				-0,0891		-0,1306	-0,0844	-0,1259
2 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0205	0,0178	0,0201	0,0002	0,0105	-0,0001	0,0057	0,0001
CBS		-0,3249			-0,3625	-0,2784		-0,3036
CVOL				0,3754		0,3369	0,3613	0,3000
3 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0130	0,0263	0,0237	0,0136	0,0344	0,0271	0,0236	0,0343
CBS		-0,3039			-0,2611	-0,3064		-0,2645
CVOL				0,1552		0,1600	0,0697	0,0811
4 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	-0,0259	-0,0224	-0,0141	-0,0284	-0,0110	-0,0249	-0,0170	-0,0138
CBS		-0,2570			-0,2455	-0,2408		-0,2357
CVOL				0,2684		0,2531	0,1865	0,1724
5 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	-0,0217	-0,0350	-0,0215	-0,0250	-0,0364	-0,0357	-0,0248	-0,0369
CBS		-0,2904			-0,3000	-0,2474		-0,2559
CMOM			0,0127		-0,0478		0,0104	-0,0407
CVOL				0,2578		0,2064	0,2577	0,2049

Источник: расчеты авторов.

Более того, коэффициент «бета» при рыночной премии за риск для рассматриваемого периода статистически равен единицы для всех групп, за исключением пятой. В период высокой волатильности криптовалюты теряют свое свойство активов, которые можно использовать для диверсификации рыночного портфеля. В то же время хорошей объясняющей способностью обладает только модель, оцененная для первой 20%-ной группы наиболее крупных криптовалют.

Таблица 5

Результаты оценивания на дневных данных для периода зрелости (01.05.2018 – 21.06.2021)

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
X	1.307*** (0.267)	0.789*** (0.179)	0.858*** (0.213)	0.818*** (0.176)	0.559*** (0.152)
CBS	-0.741*** (0.118)	-0.259*** (0.048)	-0.336*** (0.047)	-0.107*** (0.028)	-0.151*** (0.056)
CMOM	0.002* (0.001)	0.037*** (0.012)	-	-	0.021*** (0.003)
CVOL	-0.255*** (0.031)	0.046* (0.025)	-0.057* (0.029)	-0.053*** (0.017)	-0.035* (0.020)
const	0.019*** (0.004)	0.011*** (0.002)	0.014*** (0.001)	0.011*** (0.001)	-0.010*** (0.003)
R ²	0.862	0.217	0.441	0.079	0.111
Скорректированный R ²	0.862	0.214	0.439	0.077	0.108
Число наблюдений	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148
F-статистика	1,791.293*** (df = 4; 1143)	79.178*** (df = 4; 1143)	300.377*** (df = 3; 1144)	32.811*** (df = 3; 1144)	35.701*** (df = 4; 1143)

Источник: расчеты авторов.

Результаты расчета экономических эффектов для периода зрелости аналогичны полученным ранее и по-прежнему позволяют установить, что наибольшее влияние на зависимую переменную оказывают показатели, отражающие разность доходностей тридцатипроцентных групп криптовалют по показателю рыночной капитализации и объему торговли (таблица 6).

Пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на финансово-экономическую сферу, поэтому в данной работе было также решено разбить период зрелости (высокой волатильности рынка) на два подпериода и проанализировать, изменилось ли влияние факторов на доходность криптовалют с началом пандемии. Результаты оценивания свидетельствуют о том, что на периоде зрелости до COVID-19 (01.05.2018 – 01.03.2020) все факторы помимо CBS по-прежнему оказывают статистически значимое положительное влияние на доходность криптовалют (таблица 7). Лишь для криптовалют первой группы характерно наличие положительной зависимости между фактором CBS и доходностью криптовалют. В то же время объясняющая способность моделей является низкой для всех пяти 20%-ных групп криптовалют.

Таблица 6

Экономические эффекты на дневных данных для периода зрелости (01.05.2018 – 21.06.2021)

Группа	Модель							
1 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.070	0.0334	0.064	0.0772	0.0364	0.0426	0.0675	0.0439
CBS		-0.8984			-0.7822	-0.9099		-0.8156
CMOM			0.6646		0.1922		0.6572	0.1537
CVOL				-0.1394		- 0.1933	- 0.0688	-0.1712
2 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.1777	0.1764	0.1687	0.1768	0.1678	0.1754	0.1678	0.1668
CBS		-0.3821			-0.3781	-0.3858		-0.3818
CMOM			0.1821		0.1734		0.1822	0.1735
CVOL				0.0822		0.0969	0.0825	0.0971
3 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.1849	0.1708	0.1835	0.1834	0.1703	0.1681	0.1821	0.1678
CBS		-0.6342			-0.6314	-0.6369		-0.6343
CMOM			0.0867		0.0328		0.0848	0.0292
CVOL				-0.0410		-0.0667	-0.0367	-0.0651
4 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.2426	0.2325	0.2418	0.2388	0.2318	0.2285	0.2380	0.2278
CBS		-0.1128			-0.1121	-0.1148		-0.1141
CMOM			0.0448		0.0429		0.0449	0.0429
CVOL				-0.0856		-0.0882	-0.0856	-0.0882
5 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.1873	0.1829	0.1894	0.1895	0.1761	0.1835	0.1902	0.1768
CBS		-0.0654			-0.2151	-0.0959		-0.2201
CMOM			0.1932		0.3000		0.1749	0.2795
CVOL				-0.1133		-0.1348	-0.0537	-0.0675

Источник: расчеты авторов.

Таблица 7

Результаты оценивания для периода зрелости до периода пандемии (01.05.2018 – 01.03.2020)

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
X	0.146 (0.201)	0.298 (0.267)	0.326 (0.236)	0.235 (0.240)	0.196 (0.232)
CBS	0.062*** (0.023)	-0.298*** (0.046)	-0.357*** (0.038)	-0.093*** (0.036)	
CMOM	0.003*** (0.0003)	-	-	0.023*** (0.007)	
CVOL	0.321*** (0.074)	-	-0.095** (0.042)	-	
const	-0.003** (0.001)	0.008*** (0.002)	0.007*** (0.002)	0.0004 (0.002)	-0.005*** (0.001)
R ²	0.076	0.208	0.572	0.027	0.002

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
Скорректированный R^2	0.071	0.205	0.570	0.022	0.0001
Число наблюдений	671	671	671	671	671
F-статистика	13.763*** (df = 4; 666)	87.636*** (df = 2; 668)	297.255*** (df = 3; 667)	6.098*** (df = 3; 667)	1.093 (df = 1; 669)

Источник: расчеты авторов.

Экономические эффекты рассчитаны на периоде зрелости рынка криптовалют и не включают период пандемии (таблица 8). Результаты согласуются с полученными ранее.

Таблица 8

Экономические эффекты на дневных данных для периода зрелости до периода пандемии (01.05.2018 – 01.03.2020)

Группа	Модель							
1 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.0234	0.0210	0.0188	0.0403	0.0175	0.0349	0.0356	0.0306
CBS		0.0193			0.0178	0.0985		0.0939
CMOM			0.1421		0.1419		0.1257	0.1226
CVOL				0.2289		0.2591	0.2196	0.2485
2 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.0390	0.0446	0.0353	0.0390	0.0419	0.0445	0.0354	0.0418
CBS		-0.4543			-0.4492	-0.4575		-0.4523
CMOM			0.1072		0.0779		0.1073	0.0772
CVOL				-0.0076		0.0348	-0.0093	0.0331
3 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.0497	0.0346	0.0464	0.0514	0.0333	0.0371	0.0482	0.0359
CBS		-0.7503			-0.7449	-0.7532		-0.7478
CMOM			0.1282		0.0513		0.1299	0.0535
CVOL				-0.0566		-0.0835	-0.0604	-0.0849
4 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.0509	0.0471	0.0482	0.0532	0.0449	0.0495	0.0508	0.0475
CBS		-0.1132			-0.1046	-0.1145		-0.1057
CMOM			0.1152		0.1067		0.1180	0.1096
CVOL				-0.0452		-0.0481	-0.0517	-0.0539
5 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0.0404	0.0445	0.0431	0.0414	0.0459	0.0459	0.0444	0.0475
CBS		-0.1560			-0.1532	-0.1608		-0.1577
CMOM			0.0417		0.0217		0.0441	0.0242
CVOL				-0.0436		-0.0570	-0.0459	-0.0581

Источник: расчеты авторов.

Результаты построения регрессий для групп криптовалют в период продолжающейся пандемии COVID-19 аналогичны полученным ранее (таблица 9). Мы вновь видим, что все факторы кроме CBS оказывают значимое положительное влияние на доходность криптовалют, за исключением отрицательной связи фактора CVOL и доходности первой группы криптовалют. Коэффициент «бета» при рыночной премии за риск для периода пандемии статистически равен единицы для всех групп, за исключением пятой. Это говорит о том, что на последнем анализируемом периоде криптовалюты также не могли использоваться в качестве защитного актива. В то же время хорошей объясняющей способностью вновь обладает только модель, оцененная для группы наиболее крупных криптовалют.

Таблица 9

Результаты оценивания для периода пандемии COVID-19 (01.03.2020 – 21.06.2021)

Зависимая переменная: Y					
20%-ные группы	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
X	1.304*** (0.322)	0.834*** (0.215)	0.973*** (0.317)	0.893*** (0.229)	0.624*** (0.198)
CBS	-0.753*** (0.116)	-0.228*** (0.081)	-0.207*** (0.051)	-0.101** (0.044)	-0.241*** (0.046)
CMOM	0.002* (0.001)	0.049*** (0.011)	—	—	0.029*** (0.003)
CVOL	-0.256*** (0.031)	—	—	-0.065** (0.029)	—
const	0.038*** (0.009)	0.019*** (0.003)	0.022*** (0.002)	0.018*** (0.002)	-0.015*** (0.003)
R ²	0.877	0.220	0.173	0.137	0.223
Скорректированный R ²	0.876	0.215	0.170	0.131	0.218
Число наблюдений	478	478	478	478	478
F-статистика	840.539*** (df = 4; 473)	44.659*** (df = 3; 474)	49.855*** (df = 2; 475)	25.025*** (df = 3; 474)	45.226*** (df = 3; 474)

Источник: расчеты авторов.

Экономические эффекты переменных, рассчитанные для периода пандемии, отличаются от полученных ранее и разнятся для разных групп криптовалют (таблица 10). Однако можно заметить, что на доходность всех групп криптовалют наиболее значимое влияние оказывают такие факторы, как рыночная премия за риск и разность доходностей тридцатипроцентных групп криптовалют по третьему моменту.

Таблица 10

Экономические эффекты на дневных данных для периода пандемии COVID-19 (01.03.2020 – 21.06.2021)

Группа	Модель							
1 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,0636	0,0232	0,0610	0,0733	0,0275	0,0361	0,0659	0,0381
CBS		-0,9080			-0,7965	-0,9192		-0,8299
CMOM			0,6668		0,1834		0,6594	0,1449
CVOL				-0,1395		-0,1930	-0,0696	-0,1725
2 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,2321	0,2255	0,2212	0,2331	0,2143	0,2264	0,2220	0,2151
CBS		-0,3291			-0,3318	-0,3272		-0,3298
CMOM			0,2379		0,2416		0,2414	0,2450
CVOL				0,1349		0,1302	0,1409	0,1362
3 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,3211	0,3075	0,3214	0,3196	0,3073	0,3046	0,3200	0,3042
CBS		-0,2656			-0,2666	-0,2684		-0,2699
CMOM			0,0170		-0,0095		0,0149	-0,0143
CVOL				-0,0215		-0,0398	-0,0199	-0,0415
4 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,3395	0,3268	0,3397	0,3304	0,3270	0,3169	0,3305	0,3171
CBS		-0,1039			-0,1032	-0,1076		-0,1067
CMOM			-0,0191		-0,0141		-0,0244	-0,0194
CVOL				-0,1009		-0,1047	-0,1022	-0,1057
5 группа	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,2831	0,2877	0,2857	0,2869	0,2560	0,2850	0,2866	0,2569
CBS		0,0529			-0,3783	-0,0246		-0,3764
CMOM			0,2849		0,5694		0,2520	0,5390
CVOL				-0,1946		-0,2038	-0,0631	-0,0555

Источник: расчеты авторов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в большинстве моделей доходности криптовалют положительно связаны с построенными факторами. До начала периода высокой волатильности криптовалюты можно было рассматривать как актив для диверсификации рыночного риска, однако впоследствии рынок криптовалют стал двигаться сонаправленно фондовому рынку. При этом хорошей объясняющей способностью обладали модели только для портфеля наиболее крупных криптовалют.

2.2. Результаты построения регрессий на недельных данных

Ввиду того, что финансовые зависимости между переменными зачастую проявляются по-разному в зависимости от частоты данных, мы также провели оценку моделей на недельных данных, с которыми, в частности, работали Лю и Цивински⁵. Для этого в рамках исследования для каждой собранной переменной были найдены средние за 7 дней (с понедельника по воскресенье) значения.

Существенная проблема, на которую необходимо обратить внимание, – это сокращение числа точек, доступных для анализа на выбранных нами подпериодах при переходе к недельным данным.

Оценка моделей на всем периоде позволяет отметить наличие положительной связи между факторами капитализации, объема и моментума и доходностью квантильных портфелей криптовалют. Помимо этого, на доходность портфелей криптовалют значимое положительное влияние оказывает рыночная премия за риск, что немного отличается от полученного на дневных данных результата.

Результаты построения регрессий для периода становления схожи с результатами, полученными при использовании дневных данных. Аналогичным образом не были получены свидетельства наличия взаимосвязи между премией за рыночный риск и доходностью криптовалют, однако по-прежнему значимое влияние для некоторых групп криптовалют оказывают такие факторы как CMOM и CVOL.

Анализ факторов доходностей криптовалют на периоде зрелости (с мая 2018 г.) позволяет сделать выводы, аналогичные полученным ранее на том же периоде с использованием дневных данных. В период высокого роста рынка криптовалют возникает статистически значимая взаимосвязь между избыточной доходностью групп криптовалют и премией за рыночный риск. Единственное отличие состоит в том, что при использовании недельных данных не удастся детектировать взаимосвязь между показателем CVOL и доходностью групп криптовалют.

Результаты оценивания для периода зрелости до пандемии ковида показывают, что модели хуже ведут себя при работе с недельными данными, по сравнению с дневными данными: несмотря на, в целом, низкую объясняющую способность моделей

⁵ Авторы делили каждый год на 52 недели, последняя из которых включала в себя 8 оставшихся дней.

остается частичная значимость влияния сформированных факторов на доходности портфелей криптовалют. В то же время премия за рыночный риск уже не может восприниматься как устойчивый фактор доходности криптовалют.

Результаты, полученные при построении регрессий для периода пандемии COVID-19, опираются на крайне малое количество точек, а потому не могут считаться в достаточной степени надежными. В то же время знаки коэффициентов при переменных CBS, CMOM и CVOL, а также их значимость для определенных групп криптовалют сохраняются. Однако в регрессиях, оценённых на недельных данных, оказывается незначим коэффициент при переменной, отражающей рыночную премию за риск.

Заключение

В данной работе была предпринята попытка применения многофакторных моделей по типу Фамы-Френча для анализа доходностей криптовалют, что имплицитно предполагает, что криптовалюты воспринимаются как финансовые активы в случае их хорошей подгонки к данным. На основании проведенных расчетов мы можем сделать следующие выводы:

1. На доходность всех групп криптовалют в различные периоды времени значимое отрицательное влияние оказывает такой фактор, как CBS, фактор CMOM оказывает значимое положительное влияние, а знак коэффициента при переменной CVOL преимущественно остается положительным, однако может меняться в зависимости от рассматриваемого периода.

2. На периоде становления рынка криптовалют (до мая 2017 г.) факторные модели по типу Фамы-Френча не обладают хорошей описательной способностью. В то же время на периоде зрелости/высокой волатильности цен факторные модели становятся более успешными с точки зрения объяснения дисперсии в данных – преимущественно для портфеля наиболее крупных по капитализации криптовалют.

Научная ценность полученных результатов состоит в том, что на большой выборке криптовалют было показано, что криптовалюты все же отличаются по своему поведению от прочих финансовых активов, а их возможности служить в качестве актива для диверсификации рыночного риска с течением времени существенно снижаются и на периоде пандемии, по всей видимости, окончательно исчезают. На основе сделанных выводов возможно принятие решений как инвесторами, так и государством в отношении дальнейших принципов взаимодействия с криптовалютами.

Выбор частотной разбивки данных (дневные, недельные, месячные⁶) оказывает значимое влияние на содержательные результаты, что может объясняться, во-первых, высокой зашумленностью как дневных данных, так и недельных данных, во-вторых, вовлечением в процесс ценообразования дополнительных факторов в зависимости от

⁶ В случае с анализом доходностей криптовалют мы все еще не можем опираться на месячные данные ввиду исторически короткого временного промежутка, доступного для анализа.

частоты данных. К примеру, несмотря на тот факт, что торговля криптовалютами ведется без выходных, отдельные эффекты для недели все еще могут иметь место, что нуждается в дополнительном исследовании.

Необходимо отметить высокую неоднородность данных как в разрезе объектов, так и во временном разрезе. Мы учитываем неоднородность данных во времени за счет оценки моделей на содержательно разных временных подпериодах. На наш взгляд, специфика рынка криптовалют, в т.ч. исключительно высокий вес Bitcoin на рынке, требуют продолжения работы с факторами криптовалют не только в рамках анализа общих квантильных портфелей, т.е. более однородных по размеру капитализации криптовалют, но и в рамках однородных по содержательным признакам криптовалют. В частности, мы оставляем на будущее вопрос о выявлении факторов криптовалют внутри группы криптовалют, предполагающих майнинг, группы криптовалют с алгоритмом консенсуса «доказательство работы», группы токенов из области децентрализованных финансов, криптовалют, используемых как средство сбережения, токенов из сферы смарт-контрактов и др. Отдельного анализа также заслуживает анализ криптовалютного рынка с исключением Bitcoin из выборки.

Благодарности

Материал подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

Список использованных источников

1. McKibbin W.J., Fernando R. The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios // CAMA Working Paper. 2020. No. 19.
2. Мамонов М.Е. Спрятанные «дыры» в капитале еще не обанкротившихся российских банков: оценка масштаба возможных потерь // Вопросы экономики. 2017. Vol. 7. pp. 42-61.
3. Corbet S., Meegan A., Larkin C., Lucey B., Yarovaya L. Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets // Economic Letters. 2018. Vol. 165. pp. 28-34.
4. Selmi R., Mensi W., Hammoudeh S., Bouoiyour J. Is Bitcoin a hedge, a safe haven or a diversifier for oil price movements? A comparison with gold // Energy Economics. 2018. Vol. 74. pp. 787-801.
5. Sharpe W.F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk // The Journal of Finance. 1964. Vol. 19. pp. 425-442.
6. Fama E.F., French K.R. A five-factor asset pricing model // Journal of Financial Economics. 2015. Vol. 16. pp. 1-22.
7. Fama E.F., French K.R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds // Journal of Financial Economics. 1993. Vol. 33. pp. 3-56.
8. Fama E.F., French K.R. The cross-section of expected stock returns // The Journal of Finance. 1992. Vol. 47. pp. 427-465.
9. Fry J., Cheah E.T. Negative bubbles and shocks in cryptocurrency markets // International Review of Financial Analysis. 2016. Vol. 47. pp. 343-352.
10. Hayes A.S. Bitcoin price and its marginal cost of production: support for a fundamental value // Applied Economics Letters. 2019. Vol. 26. pp. 554-560.
11. Tsyvinski A., Liu Y., Wu X. Common risk factors in cryptocurrency // NBER. 2019.
12. Зубарев А.В., Шилов К.Д. Эволюция криптовалюты bitcoin как финансового актива // Финансы: теория и практика. 2021.
13. Corbet S., Lucey B., Yarovaya L. Datestamping the Bitcoin and Ethereum bubbles // Finance Research Letters. 2018. Vol. 26. pp. 81-88.

14. Kyriazis N., Papadamou S., Corbet S. A systematic review of the bubble dynamics of cryptocurrency prices // *Research in International Business and Finance*. 2020. Vol. 54. p. 101254.
15. Fry J. Booms, busts and heavy-tails: The story of Bitcoin and cryptocurrency markets? // *Economics Letters*. 2018. Vol. 171. pp. 225-229.

В СЕРИИ ПРЕПРИНТОВ
РАНХиГС РАССМАТРИВАЮТСЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К СОЗДАНИЮ, АКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ИННОВАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ
СФЕРАХ ЭКОНОМИКИ
КАК КЛЮЧЕВОГО УСЛОВИЯ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ



РАНХиГС
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ