

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jabotinsky E. Analytic iteration / E. Jabotinsky. — Text : direct // Trans. Amer. Math. Soc. — 1963. — № 108. — P. 457-477.
2. Понтрягин Л. С. Непрерывные группы / Л. С. Понтрягин. — 4-е изд. — Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. — 520 с. — Текст : непосредственный.
3. Постников М. М. Лекции по геометрии. Семестр III. Гладкие многообразия / М. М. Постников. — Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1987. — 480 с. — Текст : непосредственный.

Д. А. Гринь, А. В. Усвицкий

Тюменский государственный университет, г. Тюмень

УДК 33

ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ МАЙНИНГА КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ВОЛАТИЛЬНОСТИ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИПТОВАЛЮТНЫХ РЫНКОВ

***Аннотация.** В этом исследовании мы анализируем влияние централизации в виде майнеров на рынок криптовалют. Мы проводим экономический эксперимент с моделированием рынка криптовалют с максимальной реалистичностью. Результаты нашего исследования не показали существенного влияния форм централизации на волатильность цен на криптовалютке.*

***Ключевые слова:** криптовалюты, моделирование рынка, волатильность, экономический эксперимент, эксперимент на финансовом рынке.*

Введение. Значительная популярность криптовалют и блокчейна как децентрализованной системы за последние несколько лет привела к появлению целой индустрии со множеством сервисов и бирж для покупки и продажи «монет», доступных всем слоям населения [4]. Большой интерес к децентрализованным активам, а также такие особенности блокчейн-системы, как анонимность и прозрачность данных транзакций, способствовали развитию исследований и анализа криптовалют [2, 5].

Блокчейн — это публичный цифровой реестр, который отображает данные об анонимных транзакциях. Существует огромное количество блокчейнов. Биткойн, благодаря своей популярности, является наиболее распространенным блокчейном с точки зрения активных пользователей и количества транзакций [11]. Блокчейн Биткойна имеет технологию Proof-of-Work (POW), математические задачи, которые компьютер решает с помощью своих вычислительных мощностей. За успешное решение такой задачи майнер получает вознаграждение в виде определенного количества криптовалюты, которую добыл пользователь. Таким образом, майнинг — это система денежного предложения криптовалют [3]. Майнеры таким образом это субъекты рынка, которые осуществляют майнинг и реализуют криптовалюты на рынке.

В связи с тем, что криптовалюты не защищены и не регулируются ни компаниями, ни государством, их ценовая волатильность (в том числе и завышение цен) может иметь разные множественные источники, а цены практически непредсказуемы. Недавние исследования утверждают, что основными факторами цены биткойна являются используемые в торговле, денежная масса и существующий уровень цен [9]. Также были проведены исследования, которые рассматривают влияние майнинга на формирование рыночных пузырей. Согласно результатам, система майнинга может привести к высокой волатильности на крипторынке [1]. Кроме того, завышение цен характерно для групп майнеров (так называемых майнинг-пулов¹), что является частью формирующейся тенденции централизации майнинга [7].

Поскольку недавние экспериментальные исследования указывают на влияние майнинга на процесс образования пузырей на рынке криптовалют, а майнинг имеет тенденцию к централизации,

¹ Майнинг-пул — это форма объединения независимых майнеров в группы. В пулах майнинга участники объединяют свои вычислительные мощности и тем самым повышают шансы на получение вознаграждения. Как правило, полученные токены впоследствии делятся между майнерами в соответствии с их вкладом в производство криптовалют.

совместное влияние этих явлений на волатильность представляет исследовательский интерес для научного сообщества и инвестиционных компаний. Знания о влиянии глобальных тенденций на изменения цены поможет в составлении инвестиционных стратегий, например, некоммерческих фондов (в последние годы криптовалюты стали полноправным способом диверсификации).

Проблема исследования. В исследовании преследуется попытка внести вклад в эту интригующую тему. Исследовательский вопрос заключается в следующем: приводит ли централизация майнинга к волатильности цен на рынок криптовалют? Основной методологией исследования является экономический эксперимент. Задачей данной работы является моделирование криптовалютного рынка как можно ближе к реальным системам, а также с помощью полученных данных, ответить на исследовательский вопрос.

Материалы и методы. Чтобы провести свое исследование, использована Automated Market Makers (AMM) в качестве основной основы для эксперимента. AMM — это существующая система обмена, альтернатива традиционным рыночным системам, которая используется многими биржами, такими как Uniswap, Curve, Balancer и другими.

В традиционной системе финансового или фондового рынка принимали участие две основные группы участников: покупатели (иногда их можно назвать участниками торгов) и продавцы. Вместе с тем выделена третья группа — маркет-мейкеры. Маркет-мейкеры — это крупные физические или юридические лица, которые всегда готовы продать или купить определенный актив. Они обеспечивают ликвидность актива, и именно поэтому нам обычно не нужно ждать кого-то на рынке, кто готов обменяться с нами.

Однако эта система неприменима для крипторынков. Биржевые платформы обязаны обеспечивать ликвидность для тех пар активов, которые не могут быть спонсированы маркет-мейкерами. Наборы фиатных валютных пар ограничены, их вид обычно определяется регионом. Если самые популярные пары, такие как USDT / BTC или BTC / ETH, могут поддерживаться маркет-мейкерами и торговаться

на традиционном типе биржи, то менее популярные пары токенов обречены быть неликвидными.

Чтобы решить эту проблему, были изобретены различные системы. Одно из рабочих решений — АММ. АММ создает пулы ликвидности, которые поддерживаются поставщиками ликвидности. Мы можем представить себе эту систему как пул с шарами двух цветов (как два актива): например, синим и красным. Есть две группы людей, которые готовы обменять их шарики другого цвета. Если пула нет, каждый человек должен дождаться, пока придет другой участник рынка, который захочет обменять свои шары противоположного цвета в требуемом объеме, а затем также договориться о курсе обмена. Для таких ситуаций АММ использует пулы ликвидности. В рамках нашего примера человеку не нужно будет ждать тех, кто хочет обменять цветные шары, он просто сможет взять нужный цвет из бассейна с шариками (пула ликвидности) и обменять свои собственные по автоматически рассчитанному курсу в любой момент.

Цена рассчитывается из следующего равенства (1).

$$k = x \cdot y, \quad (1)$$

где k поддерживается постоянным, а x и y — это количества каждого актива пары.

Цена, в этом случае, будет сформирована следующим образом, например, если мы хотим купить один x , то рассчитанное уравнение цены покупки x будет равна (2), а цена продажи x будет рассчитываться по формуле (3).

$$price(buy) = \frac{k}{x - 1} - y \quad (2)$$

$$price(sell) = y - \frac{k}{x + 1} \quad (3)$$

Поскольку традиционный тип рынка используется для покупки криптовалют через фиат, цена на аналогичный актив на бирже и его цена на АММ могут отличаться, в реальной жизни это создает широкий простор для арбитража.

В своем эксперименте использована эта система в качестве основы для моделирования крипторынка по нескольким причинам. Во-первых, как уже упоминалось ранее, это реально работающая система. Во-вторых, АММ предоставляет четкую систему с четкими ценами, которые гарантируют, что мы получаем четкую картину и результаты обработки данных.

Как упоминалось в предыдущем разделе, лабораторные эксперименты, связанные с моделированием крипторынка, используют двойной аукцион. Этот подход первоначально появился в исследованиях по образованию пузырей на рынках фиатных валют [10]. Однако, как упоминалось ранее, согласно корпоративной оценке, криптовалюты не являются альтернативой фиатным деньгам — они, скорее всего, относятся к отдельным финансовым активам с высоким риском [8]. Не говоря уже о том, что устройство традиционного рынка отличается от криптовалютных бирж. В то время как использование двойного аукциона, как и в предыдущих исследованиях майнинга, теряет специфику крипторынка и его отличия от традиционного фондового рынка.

Прежде чем перейти к описанию самого эксперимента, необходимо описать роли игроков и их функции. В игре есть два типа участников — трейдеры и майнеры. Трейдеры — это игроки, которые в начале игры получают фиксированный депозит в фиатной валюте, который они могут использовать для спекуляций на покупке и продаже криптовалюты. Их основная функция — оживить рынок и обеспечить спрос на криптовалюту. Таким образом, смоделированная биржа ближе к реальной, поскольку это не только рынок сбыта для майнеров, но и пространство для финансовых спекуляций (которым является крипторынок). Другими словами, торговля в меньшей степени зависит от предложения криптовалют.

Майнеры, в свою очередь, работают как инструмент денежного предложения для биржи. Каждые несколько секунд у них есть шанс получить определенное количество криптовалюты (размер вознаграждения и вероятность его получения специфичны для каждого

типа игры и уточняются дополнительно). С помощью криптовалюты, которую они получают, они могут спекулировать на рынке так же, как и трейдеры.

Первый тип игры (Individual) — это индивидуальные майнеры. В этом случае майнеры работают по принципу, описанному выше, и являются совершенно разными сущностями, независимыми друг от друга. Второй тип игры — объединенные майнеры (Pool). Майнеры здесь не отделены друг от друга — все они являются частью одного пула майнеров. Их вероятности добычи криптовалюты суммируются, но каждое вознаграждение распределяется между ними поровну. Эта обработка показывает централизованный майнинг. В третьем типе (Endogenous) майнеры могут выбрать индивидуальную игру или присоединиться к пулу, когда захотят.

В игре есть три фиксированные группы по 6 игроков в каждой за сессию — 3 майнера и 3 трейдера. Каждая сессия состоит из 14 игр. Они участвуют в одном из двух сеансов со следующим порядком проведения (табл. 1):

Таблица 1

Распорядок проведения сессий

1 сессия	2 сессия
Практика (Individual)	Практика (Individual)
Individual	Individual
Pool	Pool
Endogenous	Endogenous

Процесс майнинга происходит в рамках дискретного времени. При индивидуальном обращении каждые 10 секунд каждый майнер имеет вероятность 25% получить 6 единиц криптовалюты. При типе игры с централизацией каждые 10 секунд 2 единицы криптовалюты (6 штук для группы из 3 майнеров) с вероятностью 75%.

В конце игры все непроданные жетоны обмениваются на случайные значения завершения: 0, 1, 5, 3 или 6, 7. Эти значения были взяты из эксперимента Ламбрехта и др. Однако, в отличие от упомянутого исследования, в этом эксперименте вероятности распреде-

лены неодинаково. В первоначальной версии каждое из значений завершения имело вероятность 25%. В моем эксперименте распределение вероятностей стало 70% для одного из значений и 10% для остальных (распределение не является фиксированным, оно варьируется между участниками и случайным образом меняется перед каждой игрой).

Эксперимент (рис. 1) технически реализован с помощью программы z-Tree [6]. Эта программа позволяет моделировать эксперименты с помощью системы алгоритмов. Программа основана на языке C#.

```

zTree - [mining_h4]
File Edit Insertion Run Tools View ?
-ef logfile
- % globals.do (// DEBUG ...)
- % globals.do (// group globals ...)
- % globals.do (// KEY globals ...)
- % globals.do (// session DESIGN ...)
- % subjects.do (// the last subjects ...)
- % subjects.do (// old / irrelevant ...)
- % subjects.do (// Matching 1) Random draws for group assignment ...)
- % subjects.do (// Matching 2) Matching groups ...)
- % subjects.do (// Matching 3) Assigning subjects id within a group ...)
- % subjects.do (// Matching 4) Role distribution ...)
- % globals.do (// time related globals ...)
- % subjects.do (// time related locals ...)
- % globals.do (// time-related prep ...)
- % globals.do (// timers ...)
- % globals.do (// exchange ...)
- % logfiles/AS3.do (// top variables ...)
- % globals.do (// mining draws ...)
- % globals.do (// TIME ...)
- Active screen
- WaitingScreen
- Main game | /COIN
- % subjects.do (// Initial subject variables ...)
- % subjects.do (// Termination [1] ...)
- % subjects.do (// Termination [2] ...)
- % globals.do (// MAIN TIMER ...)
- % subjects.do (// time for subjects ...)
- Active screen
- WaitingScreen
- Results | /100%
- % globals.do (// MAIN TIMER ...)
- % subjects.do (// Pass ...)
- Active screen
- WaitingScreen
  
```

Рис. 1. Программа с готовым кодом эксперимента

Результаты. Давайте рассмотрим регрессионный анализ зависимости криптовалюты от биржи по некоторым независимым переменным (рис. 2). В таблице ниже приведены результаты линейной регрессии. Дисперсия криптовалюты на бирже представлена как зависимая переменная. Независимые переменные, здесь следующие: Pool — это фиктивная переменная, которая показывает дополнительное влияние обработки централизации майнинга на зависимую переменную. Переменная Session показывает дополнительный эффект второго сеанса по сравнению с первым. Pool*Session — это

произведение вышеуказанных переменных. Это служит для демонстрации дополнительного эффекта централизации во второй сессии. И, наконец, переменная Experience демонстрирует опыт, влияние количества сыгранных игроками игр на дисперсию актива. По сути, Pool*Session также означает роль опыта в игре, но по-другому.

	<i>Dependent variable:</i>		
	Variance of cryptocurrency in the market		
	(1)	(2)	(3)
Pool	71.133 (47.607)	71.133 (45.911)	285.087** (105.289)
Session		-92.055* (46.858)	108.260 (101.368)
Pool*Session			-400.628** (181.654)
Experience			-33.029 (19.723)
Constant	70.077** (33.664)	125.310*** (42.946)	233.019** (101.528)
Observations	40	40	40
R ²	0.055	0.145	0.253
Adjusted R ²	0.031	0.098	0.168
Residual Std. Error	150.548 (df = 38)	145.185 (df = 37)	139.459 (df = 35)
F Statistic	2.232 (df = 1; 38)	3.130* (df = 2; 37)	2.971** (df = 4; 35)
<i>Note:</i>		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Рис. 2. Регрессия дисперсии криптовалюты на рынке

Сравнивая три модели, мы можем заметить необычное изменение степени важности влияния независимых переменных. Первая модель, которая учитывает только влияние пула, не показывает значимости вплоть до 3 модели. Анализируя вторую и третью модели, мы можем заметить, что с добавлением новых переменных Session теряет свою значимость по сравнению с третьей моделью. По-видимому, во второй модели мы видим значительное влияние, поскольку Session содержит данные Pool*Session и, следовательно, показывает

эффект в отсутствие более точной переменной. Анализируя третью модель, мы видим, что значение имеют только переменные Pool и Pool*Session. Суммируя коэффициенты первых трех переменных (285.087 + 108.260 – 400.628) мы получаем коэффициент в -7,281 что очень мало, а значит Pool не имеет дополнительного влияния. Переменная опыта никак не влияет на дисперсию криптовалюты на рынке. Из этого мы можем сделать вывод, что для этой зависимой переменной не важен опыт игроков и централизация.

	<i>Dependent variable:</i>		
	Variance of transaction price		
	(1)	(2)	(3)
Pool	-0.448 (0.468)	-0.448 (0.456)	-0.620 (0.878)
Session		-0.822* (0.465)	-0.695 (0.846)
Pool*Session			-0.253 (1.515)
Experience			-0.404** (0.165)
Constant	1.612*** (0.331)	2.105*** (0.426)	4.816*** (0.847)
Observations	40	40	40
R ²	0.024	0.100	0.445
Adjusted R ²	-0.002	0.051	0.381
Residual Std. Error	1.481 (df = 38)	1.441 (df = 37)	1.163 (df = 35)
F Statistic	0.917 (df = 1; 38)	2.045 (df = 2; 37)	7.008*** (df = 4; 35)
Note:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Рис. 3. Регрессия дисперсии цены транзакции

Давайте рассмотрим результаты аналогичной регрессии, как и раньше, только с использованием дисперсии цены актива в качестве зависимой переменной (рис. 3). С анализом цен ситуация совершенно иная. На дисперсию цены, то есть на ее волатильность, как оказалось, в основном влияет опыт игры, независимо от порядка типов игры. Стоит отметить, что константа означает ситуацию, когда первым типом игры является без централизации, то есть нет пула и

нет опыта. Как мы видим, при этих условиях дисперсия цены увеличивается на 4,816 пункта по сравнению с другими условиями, а игровой опыт уменьшает ее на -0,404 для каждой игры.

Заключение. Подводя итоги анализа результатов игры на разных уровнях, мы видим, что в рамках данного исследования централизация майнинга не оказала существенного влияния на волатильность крипторынка. В зависимости от того, как оценивается рынок, мы наблюдаем различные эффекты. Если рассматривать дисперсию криптовалюты на бирже как оценку волатильности, то основным фактором является порядок вводимых процедур. Другими словами, важно, какой опыт получают игроки до того, как появятся новые условия игры. Что касается разницы в цене транзакции, мы видим, что здесь имеет значение опыт в количестве ранее сыгранных игр. С каждой новой сыгранной игрой волатильность цен уменьшается. Таким образом, в ходе исследования мы видим, что инновационные методы моделирования крипторынка могут быть использованы для получения данных и проведения исследований в этой зарождающейся области финансов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lambrecht M. Does mining fuel bubbles? An experimental study on cryptocurrency markets / M. Lambrecht, A. Sofianos, Y. Xu. — Text : electronic // EconStor. — 2021. — № 703. — P. 10-40.
2. Nakamoto, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System / S. Nakamoto. — Text : electronic // Decentralized Business Review. — 2008. — P. 21260.
3. Gervais A. On the security and performance of proof of work blockchains / A. Gervais [et al.]. — Text : electronic // Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security. — 2016. — P. 3-16.
4. Böhme R. Bitcoin: Economics, technology, and governance / R. Böhme [et al.]. — Text : electronic // Journal of Economic Perspectives. — 2015. — № 29. — P. 213-238.
5. Cong L. W. Decentralized mining in centralized pools / L. W. Cong, Z. He, J. Li. — Text : electronic // The Review of Financial Studies. — 2021. — № 3. — P. 1191-1235.
6. Fischbacher U. z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments / U. Fischbacher. — Text : electronic // Experimental Economics. — 2007. — № 10. — P. 1191-1235.

7. Frankenfield J. Mining Pool / J. Frankenfield. — URL: <https://www.investopedia.com/terms/m/mining-pool.asp> (date of the application: 30.05.2022). — Text : electronic.
8. Hong K. H. Bitcoin as an alternative investment vehicle / K. H. Hong. — Text : electronic // Information Technology and Management. — 2017. — № 18. — P. 265-275.
9. Kristoufek L. What are the main drivers of the Bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis / L. Kristoufek. — Text : electronic // PloS one. — 2015. — № 10. — P. 1-15.
10. Smith V. L. An experimental study of competitive market behavior / V. L. Smith. — Text : electronic // Journal of political economy. — 1962. — № 70. — P. 11-137.
11. Irresberger F. The public blockchain ecosystem: An empirical analysis / F. Irresberger [et al.]. — Text : electronic // NYU Stern School of Business. — 2021.

О. Ю. ПОПОВА

Тюменский государственный университет, г. Тюмень

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ РЕЧИ

***Аннотация.** В публикации представлен анализ методов и практических разработок в области распознавания эмоций по аудио- и видеоданным. Предложена параметрическая математическая модель для автоматизации распознавания эмоций человеческой речи в качестве альтернативного варианта используемым искусственным нейронным сетям.*

***Ключевые слова:** распознавание эмоций, методы ИАД, математическое моделирование, распознавание образов.*

Введение. В настоящее время распознавание эмоций широко используется в различных областях: в медицине, криминалистике, разработке компьютерных игр и приложений, маркетинге, HR и образовании. Над проблемой распознавания эмоций работают ученые разных областей знаний — психологии, биологии, информатики.