

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

**Моделирование переливов волатильности на рынке
криптовалют**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 247 группы

направление **09.04.03 – Прикладная информатика**

механико-математического факультета

Куренковой Валерии Сергеевны

Научный руководитель

профессор, д.э.н., профессор

В.А.Балаш

Заведующий кафедрой

зав.кафедрой, д.ф.-м.н., профессор _____

С.И.Дудов

Саратов 2024

Введение. Глобализация мировой экономики и развитие IT-технологий в финансовой сфере сделали возможным возникновение нового вида денег — криптовалют и их последующее стремительное распространение по всему миру. Так, первая криптовалюта (BTC, биткоин) была сгенерирована лишь двенадцать лет назад 3 января 2009 г. Но уже сегодня операции с криптовалютами проводятся на биржах, в обменных пунктах и на многих ресурсах в Интернете. Однако национальное законодательство и само общество не успевают за активным развитием информационных технологий. Как следствие, проблема слишком быстрого роста криптоиндустрии выходит на первый план экономической повестки дня многих стран мира.

В работе дается сравнительный анализ волатильности ведущих национальных фиатных валют и их транснациональных анонимных аналогов, получивших сленговое название «криптовалюта». Волатильность — важнейший финансовый показатель в процессах управления финансовыми потоками как мера риска использования финансового инструмента на заданном промежутке времени. Технология добычи криптовалюты доступна широким слоям населения и стала инновационным феноменом. Новейшие финансовые явления необходимо исследовать, поэтому требуется проведение многостороннего научного анализа, идентификации и сопоставления криптовалюты с фиатной валютой.

Целями данной работы являются: получение новых оценок криптовалюты на основе применения таких инструментов, как статистический анализ переливов волатильности, GARCH-модель, простая историческая волатильность (SHV), изучение возможных рисков при использовании метода хеджирования, изучение языка программирования R и использование его для разработки авторского инструментария.

Методической основой исследования являются логические, эконометрические, экономико-статистические методы анализа, технического и фундаментального анализа и методы научной визуализации. Расчетные оценки волатильности проведены на основе данных Центробанка по курсам валют.

Основное содержание работы. Данная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения.

В первом разделе рассмотрены современные тенденции развития рынка криптовалют.

Во втором разделе разбирается волатильность криптовалют и обсуждаются главные моменты данной темы.

В третьем разделе проведено исследование направления переливов волатильности на рынке криптовалют.

В Заключении подводятся итоги всей работы и делаются выводы.

В Приложении представлен полный код программы на языке R.

Современные тенденции развития рынка криптовалют. Появление криптовалют обусловлено созданием технологии блокчейн, которая обладает значительными преимуществами, позволяющими криптовалюте претендовать на роль мировой валюты в среднесрочной перспективе. К числу наиболее значимых достоинств технологии блокчейн следует отнести, во-первых, защищенность от неправомерного воздействия со стороны третьих лиц или участников сети. Во-вторых, низкие издержки при использовании в качестве платежной системы. В-третьих, снижение стоимости хранения информации.

Определение «криптовалюта» произошло от двух слов: криптография и валюта, то есть это валюта, основанная на принципах криптографии. Соответственно, сущность криптовалюты — это код, зашифрованный таким образом, чтобы каждая монета была уникальной. Для того чтобы совершить финансовую операцию, нужно передать этот хешированный код монеты получателю. Хранятся такие деньги либо в виртуальных кошельках, либо в программах-кошельках, установленных на компьютере.

Волатильность криптовалют. Волатильность — это степень колебания стоимости финансового инструмента.

Рынок криптовалют отличается повышенной волатильностью. Динамика цен может варьироваться до нескольких десятков процентов. Для классических финансовых инструментов такие изменения колоссальны, в то время как для крипторынка это обычное явление.

К примеру, на период февраля 2022 минимальный уровень цены составил 39 212 рублей за монету (обратите внимание, что рыночный уровень цены на разных площадках может отличаться), а максимальный — 62 108 рубля.

Следовательно, волатильность криптовалюты за февраль составила примерно 37%.

На основании месячного анализа можно уже делать некие выводы, но чаще всего анализ проводится за несколько месяцев или год.

Все опасения участников крипторынка заключаются в том, что они не знают чего ожидать от него. Именно поэтому котировки этих активов настолько изменчивы.

Модели GARCH. ARCH — AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity (модель авторегрессионной условной гетероскедастичности) применяется в эконометрике для анализа финансовых временных рядов. Модели ARCH впервые были предложены Энглом в 1982 году.

В главную мысль этой модели заложено положение о том, что оценки, получаемые в рамках дисперсионного анализа волатильности, не являются в достаточной степени эффективными, так как не учитывают явление гетероскедастичности. Гетероскедастичность означает однородность остатков полученных параметров модели, это выражается в переменной дисперсии случайной ошибки регрессии. Статистический анализ с использованием моделей ARCH предполагает, что искомое значение цены в некоторой степени зависит от предыдущих изменений цен, таким образом, их влияние тоже необходимо учитывать для оценки текущего уровня. К тому же ARCH модели предполагают, что степень влияния предыдущих значений цен снижается по мере удаления от текущего момента времени.

GARCH(p,q) модель (где p – порядок GARCH-членов σ^2 и q –порядок ARCH-членов u^2) описывается следующим образом:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Необходимое условие стационарности:

$$\sum_{i=1}^p \beta_i + \sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$$

Безусловная дисперсия стационарного GARCH(p,q) – процесса будет постоянна и равна

$$\sigma^2 = \frac{\omega}{1 - \sum_{i=1}^p \beta_i - \sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

Если сумма коэффициентов равна единице, то имеем интегрированный GARCH – IGARCH, безусловная дисперсия которого бесконечна.

Исходные данные. Для дальнейшего анализа будем использовать язык программирования R. Для импорта данных будем использовать библиотеки `quantmod` и `crypto2`.

Импортируем данные изменения стоимости по криптовалютам которые потребуются нам для анализа с помощью библиотеки `crypto2`. Код представлен на рисунке 1

```
coins <- crypto_list(only_active=TRUE)
my_coins <- coins %>% filter(symbol %in% c("BTC", "ETH", "BNB", "AVAX", "XPR"))

coin_info <- crypto_info(my_coins, finalWait=FALSE)
```

Рисунок 1 — Программный код скачивания данных по криптовалютам

В анализе будут участвовать пять криптовалют:

1. BTC — Bitcoin;
2. ETH — Ethereum;
3. BNB — Binance Coin;
4. AVAX — Avalanche;
5. XPR — XPR Network.

А также импортируем данные о индексе SP500 — американский ценовой индекс и WTI — нефтяной индекс с помощью библиотеки `quantmod`.

Отразим данные в графическом виде, ценовой график рисунок 2, график доходностей временных рядов представлены на рисунке 3 и график квадратов доходностей 4.

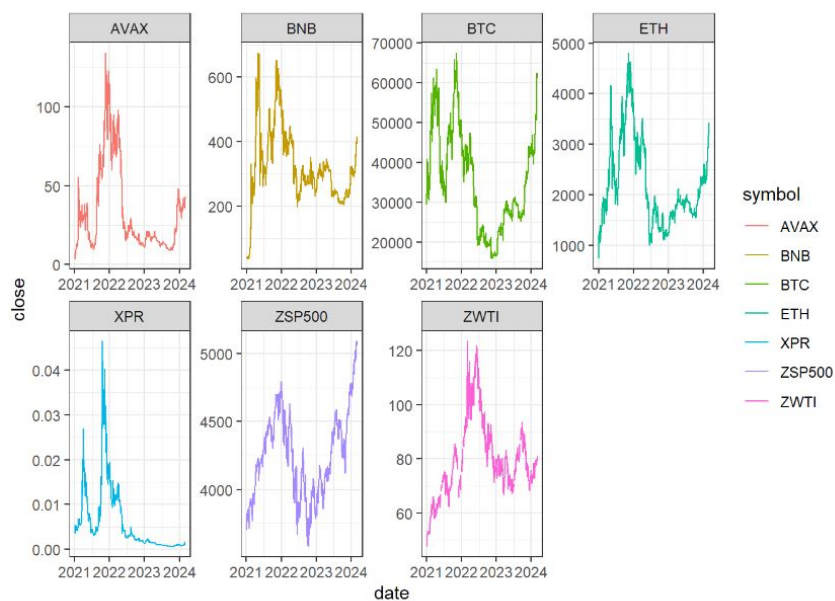


Рисунок 2 — График изменения цен за определенный промежуток времени

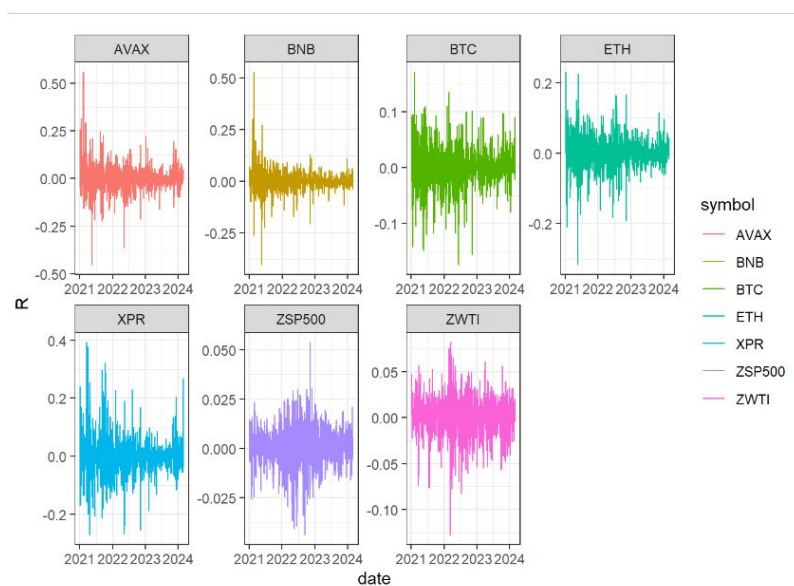


Рисунок 3 — График доходностей временных рядов

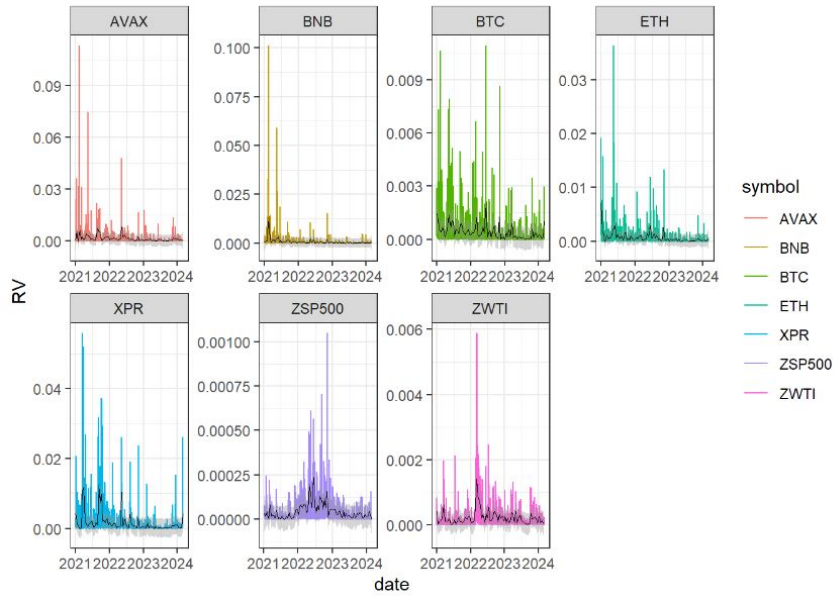


Рисунок 4 — График квадратов доходностей

На рисунке 4 можно заметить черную линию на всех графиках — она соответствует сглаженным данным метода скользящего среднего за 10-и дневный интервал.

На графиках видно, что волатильность выбранных активов была непостоянна и данное явление носит название колебание волатильности.

Методы оценивания коэффициентов переливов волатильности. Соответственно, для расчета применяются следующие производные. Доходность рассчитывается как:

$$r_{i,t} = 100 \times [\ln(P_{i,t}) - \ln(P_{i,t-1})]$$

где P обозначает цену закрытия. Волатильность, с другой стороны, рассчитывается в два этапа. Сначала рассчитывается междневная дисперсия для серии i в день t :

$$\sigma_{i,t}^2 = 0,361 \times [\ln(P_{i,t}) - \ln(P_{i,t-1})]^2$$

Затем волатильность дневной доходности преобразуется в годовую волатильность. Поскольку волатильность имеет тенденцию к перекосу, обычно предпочитают использовать логарифмическую волатильность, поскольку она приближается к нормальному распределению. Однако для контроля наблю-

дений, в которых волатильность равна нулю, используется обратная гиперболическая функция синуса, а именно:

$$\tilde{\sigma}_{i,t} = \sinh^{-1}(\sqrt{252 \times \sigma_{1,t}^2})$$

Мы используем методологию связанности на основе VAR, первоначально представленную в (Diebold and Yilmaz, 2012), которая опирается на разложения дисперсии ошибки прогноза, полученные из векторных авторегрессий (VAR), для построения мер перелива и оценки степени взаимосвязи между активами. Для реализации этой методологии мы моделируем доходность и волатильность криптоактивов как VAR.

Разложив дисперсию ошибки прогноза по каждой переменной, мы можем определить долю дисперсии, обусловленную шоками в каждой отдельной переменной. Такой подход позволяет нам проанализировать влияние каждой переменной на передачу и восприятие шоков различными переменными в системе, на основе чего можно получить различные метрики переливов (альтернативно называемые связностью).

Использование библиотек ConnectednessApproach, crypto2. При выполнении выпускной квалификационной работы использовались библиотеки:

1. `library(crypto2)` - для импорта исходных данных о биржевых ценах криптовалют;
2. `library(quantmod)` - для импорта исходных данных о значениях фондовых индексов и биржевых цен на товарных рынках;
3. `library(xts)` , `library(zoo)`, `library(dplyr)`, `library(tidyr)` - для подготовки исходных данных и преобразования представления данных многомерных временных рядов;
4. `library(ggplot2)` , `library(ggpubr)` - для построения графиков;
5. `library(forecast)`, `library(rugarch)` - для оценивания моделей условной гетероскедастичности;
6. `library(ConnectednessApproach)` - для расчета индексов переливов волатильности, а также анализа динамики изменения индексов переливов во времени.

С помощью языка программирования R, подключив библиотеки ConnectednessApproach, crypto2 выведем таблицу коэффициентов связности, данные приведены на рисунке 5

```
## $TABLE
##      AVAX      BNB      BTC      ETH      XPR      ZSP500      ZWTI
## AVAX  "67.39"   " 9.31"   " 8.30"  "12.49"   " 1.80"   " 0.50"   " 0.23"
## BNB   " 7.26"   "68.38"  "10.10"  "13.14"   " 0.78"   " 0.21"   " 0.15"
## BTC   " 7.85"   " 7.72"  "53.59"  "23.81"   " 2.70"   " 3.85"   " 0.47"
## ETH   " 9.85"   "10.61"  "22.92"  "52.46"   " 2.00"   " 1.99"   " 0.18"
## XPR   " 2.03"   " 0.74"   " 3.72"   " 2.95"  "89.68"   " 0.45"   " 0.43"
## ZSP500 " 0.63"   " 0.24"   " 6.81"   " 3.78"   " 0.53"  "85.13"   " 2.88"
## ZWTI  " 0.33"   " 0.21"   " 1.15"   " 0.35"   " 0.47"   " 2.96"  "94.54"
## TO    " 27.94"   "28.83"   "52.99"  "56.51"   " 8.27"   " 9.95"   " 4.33"
## Inc.Own " 95.33"   "97.21"  "106.58" "108.97"  "97.96"  "95.08"  "98.87"
## NET   "-4.67"   "-2.79"   " 6.58"   " 8.97"  "-2.04"  "-4.92"  "-1.13"
## NPT   "3.00"   "3.00"   "5.00"   "6.00"   "3.00"   "1.00"   "0.00"
##      FROM
## AVAX  "32.61"
## BNB   "31.62"
## BTC   "46.41"
## ETH   "47.54"
## XPR   "10.32"
## ZSP500 "14.87"
## ZWTI  " 5.46"
## TO    "188.83"
```

Рисунок 5 — Таблица коэффициентов связности

При анализе получившейся таблицы, видим, что например, для криптоактива AVAX собственные риски объясняют 67% колебаний волатильности. Аналогично для BNB 68% и т. д., следовательно связность присутствует. Двигаемся по строке возьмем к примеру BTC, количество процентов перелива в другую криптовалюту, например в ETH получаем 23%. Получаем вывод о том что 23% колебаний ETH может быть объяснено переливом BTC. А 2% колебаний XPR переливом ETH и т. д.

Кроме того можем заметить, что колебания индексов SP500 и WTI больше всего проявляются в курсе BTC, но значения достаточно низкие.

Рассмотрим еще одну таблицу представленную на рисунке 6

\$TCI								
	TCI							
2024-03-01	31.47179							
\$TO		AVAX	BNB	BTC	ETH	XPR	ZSP500	ZWTI
2024-03-01	27.94245	28.83132	52.99028	56.51125	8.272218	9.948769	4.334441	
\$FROM		AVAX	BNB	BTC	ETH	XPR	ZSP500	ZWTI
2024-03-01	32.61476	31.6244	46.40602	47.54166	10.31542	14.86841	5.460047	

Рисунок 6 — Таблица TCI, FROM, TO

Таблица TCI — общий уровень связности нашей выборки 31%.

Таблица TO — это то, что вытекает из криптоактива. Например 52% и 56% колебаний обусловлено колебанием BTC.

Таблица FROM — это то, что втекает из криптоактива. Например колебания курса AVAX может быть объяснено 32% колебаниями прочих активов.

Отразим данные TCI, FROM, TO на графиках рисунки 7 — 9

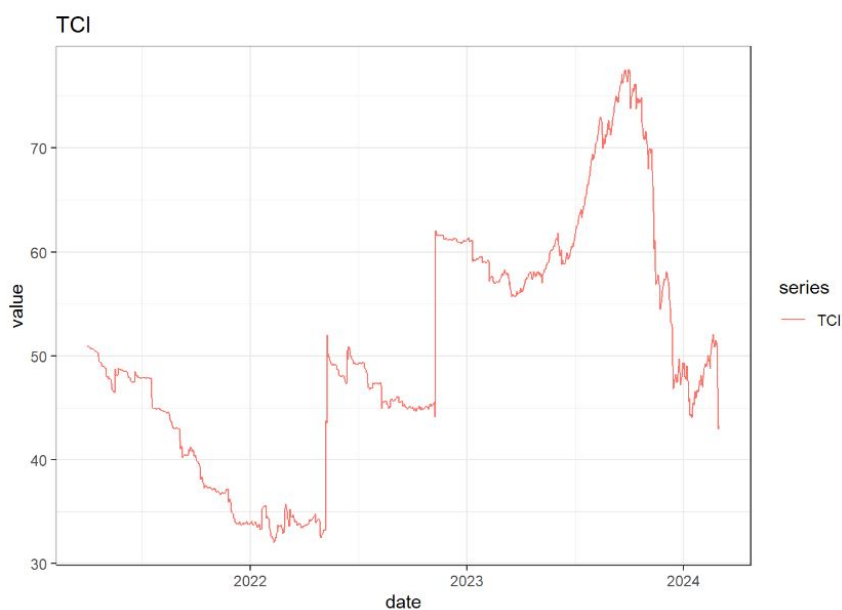


Рисунок 7 — График общего уровня связности TCI

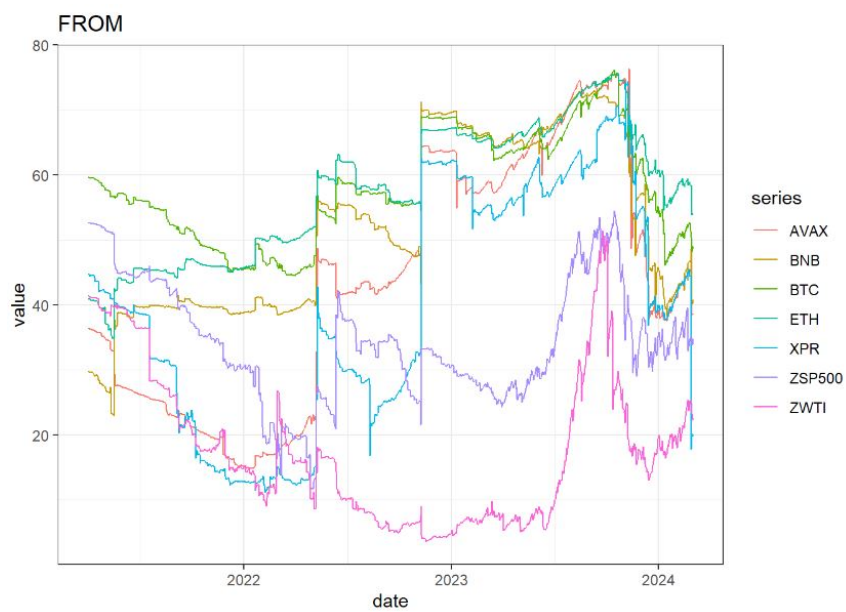


Рисунок 8 — Динамика от графика общей направленной связности FROM



Рисунок 9 — График динамической и общей направленной связности TO

Данный анализ, мы проводили, для изучения связаны ли волатильности криптовалют между собой, после чего, для анализа возможных воздействий на колебания курсов криптовалют глобальных мировых и товарных рынков, дополнительно расширили перечень исходных данных временными рядами значений фондовых индексов и цен на мировых товарных рынках.

Какой вывод можно сделать, исходя из получившихся графиков, что волатильность криптовалют связана между собой, подключив сторонние индексы WTI и SP500 можно отметить, что они между собой минимально связаны.

Подводя итог нашего анализа, при торговле криптовалютами следует учитывать ценовую динамику не только выбранного криптоактива, но и волатильность прочих криптовалют, перетоки волатильности с других сегментов финансовых и товарных рынков не велики, и они минимально влияют на колебания курсовой стоимости криптоактивов.

Заключение. При выполнении дипломной работы были изучены тенденции развития рынка криптовалют, получены оценка криптовалюты на основе применения таких инструментов, как статистический анализ переливов волатильности, GARCH-модель, простая историческая волатильность (SHV), рассмотрены возможные риски при использовании метода хеджирования, изучен язык программирования R и использован для разработки авторского инструментария.

Подводя итог можно сделать следующий вывод:

Криптовалюта — это новое слово в денежном обращении. Она обладает рядом преимуществ перед фиатными деньгами, что делает возможным ее стремительное распространение по всему миру. Однако до сих пор не выработано определение криптовалюты, а соответственно, нет и единой позиции стран по вопросам ее регулирования.

Рассмотрены и изучены Garch модели, а также применен язык программирования R для изучения криптовалют, на предмет изменения их на фондовом рынке.

Тенденции развития криптовалют за текущее десятилетие свидетельствуют о том, что в среднесрочной и долгосрочной перспективе (несколько десятилетий) криптовалюта имеет огромные шансы стать мировой валютой.