

УДК 336.06

## **ОПЫТ ПРОГНОЗНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ АКТИВОВ (НА ПРИМЕРЕ БИТКОИНОВ)**

**СИГОВА Мария Викторовна, д.э.н., профессор<sup>1</sup>**

**КЛЮЧНИКОВ Олег Игоревич, к.э.н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Автономная некоммерческая организация «Международный банковский институт»,  
Санкт-Петербург. Россия

<sup>2</sup>Кафедра Банковского бизнеса и инновационных финансовых технологий,  
АНО «Международный банковский институт», Санкт-Петербург, Россия

Адрес для корреспонденции:

О. И. Ключников, 191023, Невский пр., 60

Т.: +79219549889; e-mail: okey003@mail.ru

### **Аннотация**

В статье проводится разбор некоторых перспективных направлений прогнозного анализа финансов. Авторы предлагают читателям достаточно оригинальную таксономию ценообразования финансовых активов на примере биткоинов. Таксономия состоит из аналитической оценки различных подходов к ценообразованию с пониманием того, что ценовые перспективы зависят от различных шоковых воздействий и выбранных стартовых условий. Предложенный вариант прогноза основывается на приложении методов Монте-Карло к расчету цен и выбору среди сценариев их развития лучших. В статье ставится задача прогнозирования цен на финансовые активы на примере биткоинов и предлагается пошаговое ее решение.

### **Ключевые слова**

Теория вероятностей, броуновское движение, прогнозирование, ценообразование, финансовые активы, биткоины

## **EXPERIENCE IN FORECASTING FINANCIAL ASSETS' PRICING (EXAMPLE OF BITCOINS)**

**SIGOVA Mariia V., Doctor of Economics, Professor,<sup>1</sup>**

**KLYUTCHNIKOV Oleg I., PhD in Economic<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> International Banking Institute, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Department of banking business and innovative financial technologies,  
International Banking Institute, Saint-Petersburg, Russia

Address for correspondence:

O.I. Kliuchnikov, 191023, Saint-Petersburg, Nevsky pr., 60

T.: +79219549889; e-mail: okey003@mail.ru

### **Abstract**

The article analyzes some prospective directions of the forecasted analysis of finances. The authors offer readers an original enough taxonomy of pricing financial assets using the example of bitcoins, which consists of an analytical evaluation of various approaches to pricing, with the understanding that price perspectives depend on various shocks and selected starting

conditions. The proposed version of the forecast is based on the application of Monte Carlo methods to the calculation of future prices and the selection among the best development scenarios. The article raises the problem of forecasting of the prices of financial assets on the example of Bitcoin and offers a step-by-step solution.

**Keywords**

Probability theory, Brownian motion, forecasting, pricing, financial assets, bitcoins.

**Введение: варианты прогнозного ценообразования финансовых активов**

Статья предполагает вместе с читателями разобраться с некоторыми перспективными направлениями прогнозного анализа финансов. Разрабатывается достаточно подробная карта ценообразования финансовых активов на примере биткоинов. Предлагается вариант прогноза с использованием методов Монте-Карло.

Прогнозный анализ цен на финансовые активы чрезвычайно важен для трейдеров. Он также необходим для более эффективного управления активами и бюджетирования на различных уровнях и формах собственности, полезен для политиков и широких слоев населения. Возможны различные варианты прогнозирования. В краткосрочной торговой перспективе брокеры часто проводят расчеты с помощью волн Эллиотта (Ральф Нельсон Эллиотт, 1871–1948). Они широко применяются при техническом анализе. При более обстоятельных обследованиях в качестве основы берут гипотезу рыночной эффективности и гипотезу ценообразования финансовых активов. В последнее время пытаются ориентироваться в будущих ценах также с помощью гипотезы пузырей и иррационального поведения, а также поведенческих финансов. После финансового кризиса 2008 г. в качестве концептуальной основы прогнозирования цен стали выбирать гипотезу финансовой нестабильности Мински (Хаймон Мински, 1919–1996). Однако во всех случаях все чаще рассматривают различные сценарии и варианты цен с учетом не столько прошлых, сколько будущих рисков – внутренних и внешних шоков. Простая экстраполяция прошлых результатов и приложение к будущему исторических временных рядов уходит в прошлое. При таком подходе в качестве методологической основы выбирают теорию вероятностей и различные методы и приемы определения сценариев развития с учетом внутренних и внешних факторов ценообразования.

В последние два десятилетия гипотеза ценообразования опциона стала одним из основных направлений прогнозного ценообразования финансовых активов [1]. Она также стала не только ключевым понятием теории, но и ру-

ководством к биржевой торговле. С ее помощью проводятся расчеты будущих цен. Благодаря своей компактной форме и относительной вычислительной простоте, формула, построенная на базе гипотезы ценообразования, пользуется большой популярностью. С помощью формулы трейдеры стали лучше понимать и оценивать финансовые активы в соответствии с двумя компонентами стоимости: внутренней стоимостью и временем.

Применение модели вызвало интерес каналу различным сценариям развития финансовых рынков, поскольку появилась возможность рассчитывать разнообразные варианты цен, а в дальнейшем и потенциальных рисков [2]. Со временем трейдеры перешли на различные модифицированные версии модели, что позволило им принимать собственные решения о том, что покупать и что продавать в каждый конкретный момент времени. В настоящее время при определении цен в прогнозной практике происходит своеобразный переход от опоры на гипотезу ценообразования к различным вероятностным оценкам предстоящих изменений как цен, так и рисков.

При поиске возможных вариантов будущих цен необходимо предварительно решить три задачи: определить вид модели ценообразования, наиболее подходящий для данного случая, выбрать предпочтительный вариант вероятностной оценки решений и оценить возможные риски. Причем при определении будущих цен важным является не столько математическая четкость решения задачи, сколько точность описания реального рыночного процесса ценообразования, оценка возможной дисперсии цен и выбор правильного подхода к «лучшей» цене. Все эти условия и их правильное применение во многом определяют результаты прогнозного ценообразования. При возросшей рыночной нестабильности и неопределенности все чаще прибегают к различным нестандартным методам прогнозирования, в основе которых находятся различные методики и положения из теории вероятностей.

В условиях продолжительно действующих неопределенностей, которые влияют на события в будущем, для прогнозирования начинают использовать метод Монте-Карло (1949 г.) [3]. Для анализа финансовых процессов его применили впервые в 1964 г. [4]. Сначала метод привлекли для повышения точности расчета уровня финансового риска (и вероятности его наступления), а в дальнейшем и для определения уровней вероятностей наступления различных событий на финансовом рынке вне зависимости от предшествующих событий. Оказалось, что данный метод хорошо подходит для оценки будущего в условиях продолжительно действующих неопределенностей [5], что соответствует духу неопределенности финансового рынка по

Мински. Концептуально гипотезу Монте-Карло в финансах можно отнести к общему направлению применения методов теории вероятностей с использованием броуновского движения к расчету различных вариантов вероятностей событий [6].

В работе рассматривается механизм использования методов Монте-Карло с геометрическим броуновским движением к оценке будущих цен на биткойны с учетом будущих рисков. Концептуально такой подход позволяет определить основные этапы прогнозного ценообразования на любые финансовые активы, что является достаточно новым для финансовой науки.

### **Биткойны: причины выбора, масштабы развития и методологические предпочтения**

Выбор биткойнов в качестве примера прогнозных вычислений не случаен. Он продиктован как значительным интересом к новой валюте и большим недоверием к ней, так и повышенным риском и волатильностью, с которыми сталкиваются инвесторы и пользователи цифровой валюты.

В настоящее время в обращении находятся 17 миллионов биткойнов; их количество может быть увеличено только до 22 миллионов. Биткойны постоянно расширяют свое присутствие в мире. Так, в Японии биткойны объявили законным платежным средством, что сказалось на широком их употреблении в стране. Вьетнамский университет уже второй год принимает плату за обучение в биткойнах. В Англии за биткойны можно купить недвижимость и другие активы, принадлежащие государству. В США установлен порядок налогообложения дохода, полученного от операций с биткойнами. Целый ряд стран полагаются на биткойны как на законное платежное средство. А в Зимбабве, где наблюдается чрезвычайно быстрое обесценение национальной валюты, биткойны стали чуть ли не основным платежным средством. Тем не менее криптовалюта вообще и биткойны в частности пока еще не завоевали всеобщего признания. Во многом это объясняется осторожным отношением к новой негосударственной валюте. К тому же владеют биткойнами все еще небольшое число людей. Теоретически одним биткойном может владеть только 22 миллиона человек [7].

В целом отношение к биткойнам меняется по мере расширения их применения и подключения к обороту новых слоев населения, а также товаров и услуг. Пользователи биткойнов понимают, что новые деньги не мошенничество и не являются очередной пирамидой. Расширение числа пользователей новой валютой повышает доверие к ней и способствует росту ее цены. На этом фоне ускоренными темпами развивается прогнозирование

криптовалют. Большинство аналитиков предсказывают их быстрое развитие. Так, многие полагают, что цена биткоинов к концу 2018 г. вырастет до 20 000–25 000 долл., а 2019 г. – выше 50 000 долл. Технический анализ, проведенный специалистами инвестиционного банка Goldman Sachs, свидетельствует, что цена биткоинов в ходе текущего ралли пробьет уровень 8 тыс. долл.[8]. Причем вице-президент банка Шеба Джафари считает, что после некоторой консолидации рост продолжится. Расчет был сделан на базе волновой теории Эллиотта (1930-е гг.) [9]. Один из ведущих апологетов-аналитиков биткоинов Моас Ромни в своем блоге прогнозирует цену биткоинов в 2020 г. в интервале между 15 и 20 тыс. долл., а общую рыночную капитализацию через десять лет в 2 трлн долл., против современной – 150 млрд долл.[10]. Тем не менее исторические графики биткоинов с 2013 г. показывали также периодические значительные падения цены, которые, правда, были кратковременными – быстро наступало восстановление и происходил новый рост.

Волновая теория Эллиотта была разработана и популяризирована в 1978 г. в книге «Волновой принцип Эллиотта» техническим аналитиком инвестиционного банка Merrill Lynch Робертом Претчером (р. 1949)<sup>1</sup>. Теория утверждает, что поведение толпы имеет четкие тенденции к отливам и приливам тех или иных действий. Основываясь на этом принципе (приливы и отливы типичного поведения) Эллиотт определил структуру движения цен на финансовых рынках. Несмотря на очевидную простоту расчетов – графическое приложение последовательных импульсных и корректирующих волн к определенной точке текущего графика движения цен – результаты во многом зависят от выбранной точки. Для описания прошлых трендов данная теория вполне пригодна, поскольку длительные временные ряды достаточно точно соответствуют данным принципам и аналитики вправе приложить выбранный тип волны к любому отрезку, что позволяет достичь достаточной точности выполнения волновых правил. Однако прогноз развития неоднозначен. Все дело в выбранной аналитиком точке отсчета, которая принципиально может менять результаты; при изменении точки отсчета и прогнозного горизонта возможны различные варианты будущего. Поэтому при поиске длительных, а не текущих изменений данный принцип не используют. В таких случаях следует выбирать другие способы расчетов.

---

<sup>1</sup> Об использовании волн Эллиотта для технического анализа биржевой торговли см.[1].

В данной статье предлагается вариант анализа будущих цен, основанный на использовании броуновского движения. По мнению авторов, он позволяет достаточно точно выбрать правильный вектор движения цен с учетом возможных шоковых воздействий и установить диапазон их вариантов. Однако в данном случае определяется только векторное значение, которое соответствует идеальным условиям рынка. Для расчета реальных рыночных значений необходим более широкий спектр данных, которые далеко не всегда обозрваемы. Тем не менее предложенный вариант расчетов позволяет определить вероятный сценарий развития и общий вектор движения цен.

### **Постановка задачи**

Анализ риска является частью каждого решения. На рынке постоянно сталкиваются с неопределенностью, двусмысленностью и изменчивостью. По уровню неустойчивости биткойны значительно опережают любой другой финансовый актив. Несмотря на появление возможностей для беспрецедентного доступа к информации, предсказание будущих цен значительно усложняется, поскольку растет рыночная неопределенность. Однако появляются новые методы, которые позволят рассмотреть возможные варианты и перспективы, а также оценить влияние риска на их результативность и тем самым определять вероятность наступления того или иного ценового сценария.

Существуют различные руководства для расчета цен биткойнов и ряда других цифровых финансовых активов, которые позволяют чисто математически рассчитать диапазон изменений на определенную дату. Примером могут служить следующие сайты: How to Simulate Bitcoin Price [11], Spreadstreet [12], Me [9], StockChart [13]. Биткойны, как и любая другая цифровая валюта, не имеют денежного потока, поэтому невозможно использовать традиционные методы прогнозирования активов. Однако в последнее время появились альтернативные методы для оценки потенциалов развития как криптовалютной технологии в целом, так и цен биткойнов в частности. Они основаны на учете рисков, причем обладают возможностью проводить оценку исходов с высокой достоверностью. В альтернативных методах представляет интерес не только сам вычислительный механизм, но и оценка вероятности правдоподобия результатов. Учет механизма расчетов и оценка вероятности необходимы для более точной оценки рыночных перспектив и выбора вектора движения; в ходе принятия соответствующих решений такой подход позволяет лучше ориентироваться в возможных и ожидаемых ценовых диапазонах и сценариях.

Моделирование посредством метода Монте-Карло открывает новые возможности и представляет варианты, рассмотрение которых позволяет более эффективно принимать решения. Для того чтобы рассчитать стоимость риска (VaR) портфеля, целесообразно запустить симуляцию посредством вычислительных алгоритмов, которые основаны на многократной случайной выборке для получения необходимых численных результатов. Такой подход позволяет предсказать худший вариант – возможную потерю инвестиционного портфеля с учетом определенного временного горизонта. Для этого обычно указывают два условия для VaR: доверие и время. Причем эти два условия действуют в противоположных направлениях – увеличение предсказуемого периода понижает уровень доверия и наоборот.

Получают распространение различные предсказательные методики для ведущих криптовалют, которые позволяют производить следующие вычислительные процедуры:

1) оптимизацию. Дано: целевая функция  $f : X \rightarrow R$  из некоторого множества  $A$  с вещественными числами; необходимо определить:  $x_0$  в  $A$  так, что  $f(x_0) \leq f(x)$  для всех случаев  $x$  в значении  $A$  (минимизация) или  $f(x_0) \geq f(x)$  для все  $x$  в значении  $A$  (максимизация) – минимизация и максимизация путем выбора входных значений внутри допустимого множества. Цены на активы моделируются с помощью теории оптимизации, хотя основные математические зависимости находятся в рамках скорее оптимизации стохастических процессов, чем статической оптимизации. Оптимизация инвестиционных портфелей является примером многоцелевой оптимизации. В конце прошлого века финансовые аналитики при моделировании перешли от линейных к преимущественно динамическим решениям. Существующие наработки позволяют применять данный метод при прогнозировании цен биткоинов. При этом возможны как детерминистские, так и стохастические решения. Стохастические решения позволяют моделировать условия рыночного (ценового) равновесия как результат динамичной взаимозависимой оптимизации цен, инвестиций и пользователей (населения) криптовалютой. Поскольку случайные величины могут учитываться в ходе постановки самой задачи оптимизации, то данный прогнозный подход достаточно авторитетен. Особым случаем является оптимизация сценариев и выбор наиболее правдоподобных. Данная техника существовала давно. Однако в финансах ее стали применять лишь в текущем десятилетии. Так, программа оптимизации сценариев может выглядеть

следующим образом:  $\max_{x \ i=1, \dots, n} \min R_{\sigma_i}(x)$ , то есть выбирается портфель векторов  $x$  с тем, чтобы дать лучшую возможную цену или доход от инвестиций при худших рассмотренных случаях.

2) численное интегрирование. Основная проблема заключается в вычислении приближенного решения определенного интеграла:  $\int_a^b f(x) dx$  в интервалах  $[a; b]$  с определенной точностью. Если  $P(x)$  является функцией интегрированной посредством небольшого числа измерений, к тому же с ограниченной областью интегрирования, то существует множество методов приближения интеграла к требуемой точности. Существует несколько причин для проведения численного интегрирования:

а) подынтегральная функция  $f(x)$  может быть известна только в определенных точках, например, выбранных из текущего статистического ряда, то есть не задана аналитически;

б) подынтегральная функция может быть известна, но трудно или невозможно найти первообразную, то есть элементарную функцию. Пример такого интеграла:  $f(x) = \exp(-x^2)$ , первообразная не может быть записана в элементарной форме, через аналитические функции;

с) найти первообразную можно лишь символически и поэтому проще вычислить значение путем приближения, численным методом. Такой вариант возможен, если первообразная выражена в виде бесконечного ряда или когда функция недоступна.

Вычисления обычно производятся с применением либо метода Гаусса, либо методов Монте-Карло с использованием цепи Маркова, а также случайного блуждания, байесовских принципов;

3) генерирование результатов из распределения вероятностей. посредством функции распределения вероятностей рассматриваются различные возможные исходы в эксперименте, то есть описание случайного явления в терминах вероятностей событий (тех или иных цен). Интегральная функция распределения:  $F(x) = P[X \leq x]$ , для всех  $x \in \mathbf{R}$ . Условия реализации различных возможных исходов – преимущественно в виде непрерывного или нормального распределения вероятностей, что предполагает рассмотрение сценариев с множеством возможных исходов. В данном случае интересно рассмотреть случайности в состоянии непрерывности, а не дискретности. При таком подходе вероятность в определенных интервалах  $[a, b]$  принимает

следующую форму:  $P\{f \leq X \leq b\} = \int_a^b f(x)dx$ . В частности, вероятность  $X$ , чтобы принимать какое-либо одно значения  $a$  равно нулю (то есть  $a \leq X \leq a$ ), так как интеграл с совпадающими верхними и нижними ограничениями всегда равен нулю.

Авторы проводят стохастический анализ движения цен биткоинов с элементами оптимизации сценариев, интегрирования и генерирования результатов из выбранного распределения вероятностей. Для прогнозирования можно предложить своеобразную дорожную карту (основная идея моделирования и пошагового решения задачи частично заимствована у Джона Янга, криптовалютного аналитика и блогера, основателя и автора Spreadstreet blog [14]):

1. Модель на основе геометрического броуновского движения.
2. Ежедневные цены на биткоины.
3. Расчет ежедневных доходов от инвестиций в биткоины.
4. Предполагаемый диапазон возврата.
5. Сводные статистические данные.
6. Имитированный год.
7. Мультипликационное имитирование года.
8. Многолетние сводные статистические данные.
9. Анализ результатов.

Весь процесс состоит из моделирования, генерации случайных испытаний, ранжирования сценариев и обработки данных. Он включает девять этапов-шагов.

### **Пошаговое решение задачи**

Первоначальное определение цены криптовалюты было основано на цене ее производства – добыче (mining). Данный подход перестал быть популярным, поскольку в дело вмешались другие обстоятельства – различные шоки, которые действовали как в сторону роста, так и падения цены [15]. Предложенный пошаговый анализ цены биткоинов демонстрирует некоторые особенности ценообразования и ориентирует направление их движения. Такой подход не только характеризует основные технические аспекты и вычислительные процедуры, но и раскрывает некоторые как ограничения, так и возможности моделирования финансовых активов.

#### ***Первый шаг:*** моделирование

В качестве основы моделирования выбрано геометрическое броуновское движение (ГБД). Его можно отнести к статистическим методам, которые

часто используются в прогнозировании цен на акции. Выделяются следующие три основные причины привлекательности данного метода:

- изменение цены за один период времени рассматривается не в связи с изменением цен непересекающихся отрезков времени;
- изменение цены в течение любого периода времени обычно распределяется с распределением, зависящим только от продолжительности периода;
- образцы распределения являются непрерывными и полностью достоверными.

Технически ГБД является процессом Маркова – оригинальный способ определения случайного события независимо от прошлого состояния событий и их системы, то есть информация о прошлых ценах уже включена в текущие цены и следующее ценовое движение условно «независимо» от прошлого движения цены. Математики нередко чрезвычайно усложняют процессы. В данном разделе сделана попытка по возможности максимально упростить выбранный метод, но при этом соблюсти его дух и общую направленность.

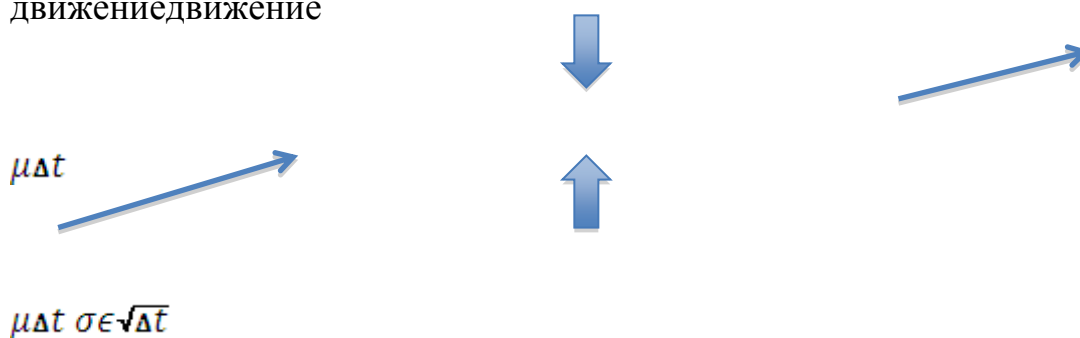
Формула прироста цены биткоинов на основе ГБД выглядит следующим образом:

$\Delta B = B(\mu \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t})$ , где  $B$  – цена биткоинов,  $\mu$  – ожидаемый доход,  $\sigma$  – стандартная девиация доходности,  $t$  – время,  $\epsilon$  или «эпсилон» – случайная величина.

Формула может быть разбита на два очень важных процесса, которые условно характеризуются следующими терминами: «дрейф» и «шок». Для каждого периода времени модель предполагает, что цена будет «дрейфовать» в сторону ожидаемой доходности. Но на данное перемещение будут воздействовать случайные шоки (со знаком плюс или минус). Случайный шок – стандартное отклонение  $\sigma$ , умноженное на случайное число  $\epsilon$ . Это просто способ масштабирования стандартного отклонения.

В ходе ежедневных шоковых воздействий цена биткоинов постоянно скачет – вверх и вниз. Однако в целом за период 2013–2017 гг. она росла (правда, в начале 2018 г. резко упала, но за период 2013–2018 гг. все равно наблюдался значительный рост), что является основой оптимизма для рынка и трейдеров и условием для приложения вектора роста к вычислительным процедурам.

движение движение



$$\Delta B = B(\mu\Delta t + \sigma\epsilon\sqrt{\Delta t})$$

Рис. 1. Геометрическое описание модели.

Таким образом, представлена суть геометрического броуновского движения (см. рис. 1): серия шагов с ожидаемым восходящим дрейфом, где на каждом шагу возможен шоковый удар как с плюсом, так и минусом, что выражается функцией от стандартного отклонения цены финансового актива.

**Второй шаг:** исторический ряд цен на биткоины: апрель 28, 2013 – ноябрь 11, 2017 [16]

Полученные данные из исторических рядов можно вставить в обычные торговые электронные таблицы (например, Spreadstreet Google Sheets Add-in [17]). Здесь важны следующие столбцы: время, цена открытия и закрытия, наивысшая и низшая цена дневной торговли, объем (см. табл. 1).

Таблица 1. Образец дневных ценовых рядов биткоинов из coinmarketcap

	A	B	C	D	E	F	G
1	MTS	Open	Close	High	Low	Volume	Return
2	1509494400000	6455	6383.4	6455	6350.4	8311.317386	
3	1509408000000	6127.9	6455.1	6481.5	6082.5	38821.10919	
4	1509321600000	6150	6130	6239	6006.2	33217.40464	
5	1509235200000	5719.7	6150	6345	5660	61967.82683	
6	1509148800000	5759.8	5720.3	5864	5632	26663.07159	
7	1509062400000	5889.9	5759.7	6020	5681	39712.73376	
8	1508976000000	5724.2	5890	5966.6	5667.5	42724.28101	
9	1508889600000	5510	5724.1	5746.9	5365.3	44825.3491	
10	1508803200000	5907.3	5510	5907.3	5457.4	64024.86703	
11	1508716800000	5982.4	5907.3	6055	5621	67056.95351	
12	1508630400000	6005.9	5981.3	6075	5705	50572.76526	
13	1508544000000	5983.7	6005.1	6199.9	5862.8	53487.98776	
14	1508457600000	5694.1	5983.8	6088.4	5603.3	61777.29593	
15	1508371200000	5568.1	5694.2	5744	5505.5	38038.5693	

**Третий шаг:** расчет дневной доходности

Расчет дневной доходности по данным цены закрытия. Все цифры следует переместить (перетащить мышкой) из таблицы о торговле биткоинами в торговую вычислительную таблицу и заполнить все колонки по доходности (табл. 2).

Перенос данных из табл. 1 в табл. 2 – дневная доходность.

**Таблица 2. Расчет дневной доходности**

	F	G	H	I	J
1	Volume	Date	Returns		Close
2	34889.6668	11/1/2017	3.95%		Volatility (Daily)
3	33217.40464	10/31/2017	-0.33%		Volatility (Annual)
4	61967.82683	10/30/2017	7.25%		Drift (Daily)
5	26663.07159	10/29/2017	-0.69%		Drift (Annual)
6	39712.73376	10/28/2017	-2.24%		Drift (Mean)
7	42724.28101	10/27/2017	2.86%		
8	44825.3491	10/26/2017	3.81%		
9	64024.86703	10/25/2017	-6.96%		
10	67056.95351	10/24/2017	-1.26%		

**Четвертый шаг:** диапазон ежедневных изменений доходности (спреды)

**Таблица 3. Расчет изменений доходности**

	F	G	H
1	Volume	Date	Returns
2	34889.6668	11/1/2017	3.95%
3	33217.40464	10/31/2017	-0.33%
4	61967.82683	10/30/2017	7.25%
5	26663.07159	10/29/2017	-0.69%
6	39712.73376	10/28/2017	-2.24%
7	42724.28101	10/27/2017	2.86%
8	44825.3491	10/26/2017	3.81%
9	64024.86703	10/25/2017	-6.96%
10	67056.95351	10/24/2017	-1.26%

**Named ranges** X

+ Add a range

returns

Candles!H2:H121 ⌵

Done Cancel

Drift (Mean)

Создание указанного диапазон из столбца «Доходности (H)». Выделенные данные перетаскиваются из табл. 2 в табл. 3.

**Пятый шаг:** сводные статистические данные

Необходима сводная таблица с закрытой как ежедневной, так и годовой волатильностью, суточными и годовыми подвижками и средним изменением числа пользователей криптовалютой. Формулы, по которым рассчитываются основные подвижки – дневные и годовые (цены, доходность, население) (см. табл. 4). Данная таблица позволяет провести общую оценку состояния рынка и возможные его изменения и тем самым подготовиться к моделированию цен.

**Таблица 4. Волатильность и подвижки дневные, годовые и средние**

fx   =STDEV(returns)					
	I	J	K	L	
1		Close	\$6,374.90		
2		Volatility (Daily)	5.29%		
3		Volatility (Annual)	101.05%		
4		Drift (Daily)	0.77%		
5		Drift (Annual)	280.83%		
6		Drift (Mean)	0.63%		
7					
8					

**Шаг шестой:** моделируемый год

В основе моделирования достаточно ограниченный набор данных. Так, годичная таблица симуляции настраивается на следующие показатели: 1) Time (время); 2) Normdist (функция нормального распределения); 3) Log Return (логарифмическая доходность); 4) Simulated Price (имитированная цена); 5) Forecasted price for one year (предсказательные цена на год). Выбранный круг показателей позволяет сконцентрироваться на основных процессах и элиминировать второстепенные. Однако в целом ряде случаев «второстепенное» способно оказать существенное воздействие на весь ход ценообразования.

*1) Время*

Для выбора времени необходимо в колонку J12 включить 0, а в J13 – значение из J12 +1. Для этого следует перетащить мышкой необходимые значения до нужного прогнозируемого временного интервала.

Таблица 5. Моделируемое время – один год

<span>100%</span> <span>\$ % .0 .00 123</span>				
fx   =J12+1				
	I	J	K	L
11		<b>Time</b>	<b>NORMDIST</b>	<b>Log Re</b>
12		0		
13		1	0.00169	0
14		2	-1.05374	-4
15		3	-0.08923	0
16		4	0.07905	11

Для примера можно смоделировать один год (365 дней), поэтому следует скопировать J377 Normdist (см. табл. 5) и установить значение нормальной кривой распределения следующим образом:

2) *Нормальное распределение (NORMDIST)*

Таблица 6. Поиск отклонения

<span>100%</span> <span>\$ % .0 .00 123</span>				
fx   =NORMINV(RAND(),0,1)				
	I	J	K	L
11		<b>Time</b>	<b>NORMDIST</b>	<b>Log Re</b>
12		0		
13		1	0.00169	0
14		2	-1.05374	-4
15		3	-0.08923	0
16		4	0.07905	11

Вычисление значения нормальной функции распределения для заданного значения, среднего и стандартного отклонения. Поскольку применяется теория случайного блуждания, то используется среднее значение 0 и стан-

дартное отклонение 1. В позиции K13 следует поместить формулу: NORMINV (RAND(),0,1), перетащив к K377 (см. табл. 6).

Далее следует перетащить значение в K377, чтобы заполнился весь столбец Normdist и перейти к следующему этапу:

### 3) Уровень доходности

В данном случае необходимо рассчитать норму прибыли на инвестиции в биткоины (табл. 7). Расчет делается в зависимости от принятого времени. В данном случае – один год. Чтобы получить в процентах ежедневные изменения активов, необходимо рассчитывать уровень доходности. Для этого в L13 необходимо провести расчеты по формуле:  $\text{meanDrift} + \text{dailyVolatility} * K13$ .

Таблица 7. Доходность

	J	K	L	M
11	<b>Time</b>	<b>NORMDIST</b>	<b>Log Return</b>	<b>Simulated</b>
12	0			\$
13	1	0.00169	0.64%	\$
14	2	-1.05374	-4.94%	\$
15	3	-0.08923	0.16%	\$
16	4	2.07905	11.62%	\$

Для следующего шага следует скопировать формулу вплоть до L377 (см. табл.7) и перейти к имитированию цены.

### 4) Имитирование цены

На данном этапе происходит переход к реальной имитации. Для этого необходимо вычислить смоделированную цену биткоинов. В таблице следует в M12 поставить цену закрытия (Close price), а в M13 произвести следующий расчет:  $M12 * \text{EXP}(L13)$  (см. табл. 7).

Далее следует скопировать формулу до M377. Последний шаг в годовом расчете:

### 5) Прогнозируемая цена биткоина на один год

Процедура прогнозного ценообразования выглядит следующим образом: из M12 перемещается показатель в M377, затем вводится диаграмма и выбирается линейная диаграмма: годовая симуляции цен биткоинов (см. табл. 8).

Таблица 7. Имитация цены.

	J	K	L	M
11	<b>Time</b>	<b>NORMDIST</b>	<b>Log Return</b>	<b>Simulated Price</b>
12	0			\$6,375
13	1	0.00169	0.64%	\$6,416
14	2	-1.05374	-4.94%	\$6,106
15	3	-0.08923	0.16%	\$6,116
16	4	0.07805	11.62%	\$6,870

Таблица 8. Диаграмма изменения цены биткоина за год до резкого падения



Таким образом, завершается моделирование годового процесса ценообразования и можно переходить на моделирование многолетних процессов.

### **Шаг седьмой:** многократное моделирование годовых процессов

После получения и анализа результатов за год можно переходить к многократной симуляции данных. Для этого следует составить вкладку из

множества сценариев, настроив таблицу для моделирования, например, одной тысячи годовых проб с A3 до A1003 посредством добавления числа 1 в каждую следующую попытку вплоть до завершения выбранного интервала – 1000 (см. табл. 9). Далее в B3 следует ввести результат, рассчитанный по формуле:  $Close * EXP((annualDrift - 0.5 * annualVolatility^2) * norminv(rand(), 0, 1))$ . Затем следует скопировать данную формулу и обозначить ее как «оценки (scores)» вариантов.

**Таблица 9. Моделирование: одна тысяча проб**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Scenarios	Close	Mean		100,077.54		Bins	NormDist
3	1	45,282.32	Median		63,003.08		4,143	0.00000241
4	2	160,427.04	St. Dev		120,660.75		7,864	0.00000247
5	3	58,024.76	Min		4,142.90		11,585	0.00000253
6	4	15,702.61	Max		1,563,250		15,306	0.00000258
7	5	27,633.10	Range		1,559,107		19,027	0.00000264
8	6	80,447.07					22,748	0.00000269
9	7	175,080.69	3sd		\$6,900		26,469	0.00000274
10	8	54,625.24	2sd		\$11,937		30,190	0.00000280
11	9	6,988.08	1sd		\$23,304		33,911	0.00000284
12	10	24,699.85	Current		\$63,003		37,632	0.00000289
13	11	63,061.91	1sd		\$165,990		41,353	0.00000294
14	12	121,748.92	2sd		\$291,705		45,074	0.00000298
15	13	20,559.15	3sd		\$631,385		48,795	0.00000302

**Шаг восьмой:** многолетняя сводная статистика

**Таблица 10. Многолетняя сводная таблица отклонений**

	D	E	F	G
1				
2	Mean	100,077.54		Bins
3	Median	63,003.08		4,143
4	St. Dev	120,660.75		7,864
5	Min	4,142.90		11,585
6	Max	1,563,250		15,306

Для перехода от годового к многолетнему моделированию необходимо построить небольшую сводную таблицу со средним, медианным и стандартным отклонением, а также минимальными и максимальными значениями и диапазоном, связанным с приростом пользователей криптовалюты (E2 – E6) (см. табл. 10).

***Шаг девятый:*** блиц-анализ результатов

Результаты разных расчетов могут отличаться друг от друга. Причины различий могут быть разными, среди них выделяется те, которые вытекают из случайной природы Normdist и времени выборки цен для вычислений. Для нашего расчета результат следующий: среднее значение – 27 147,09 цены биткоинов в долларах, медианное – 16 097,74, статистическая девиация – 37 243,84, текущая цена – 16 098. Таким образом, получены логарифмические результаты моделирования одной тысячи вариантов. В целом на основании анализа, проведенного в статье, можно с 95-процентной вероятностью утверждать, что цена биткойнов к концу текущего десятилетия будет в следующем интервале: 3 500 – 81 998 долларов. Однако, как всегда, в дело вмешиваются разнопорядковые, в том числе в настоящее время ненаблюдаемые неопределенности. Они могут повлиять на движение цены. Авторы осознают, что расчетная цена достаточно идеализирована, но тем не менее она показывает общий тренд в рамках современных знаний. Предложенный сценарий обладает достаточно высокой вероятностью.

Большой разброс цен в прогнозе не удивителен – биткоины обладают повышенной волатильностью, которая по своим масштабам на порядки превышает волатильность любых традиционных финансовых активов. Постоянная неопределенность определяют все операции с биткоинами и неизменно ставят под сомнение оценку их курсов в классических валютах. Любой аналитик всегда сталкивается с неопределенностью, двусмысленностью и изменчивостью криптовалют и их рынков. Изменчивость биткоинов беспрецедентная. С момента их появления (2009 г.) они пережили два раздела и выделение новых цифровых валют. Перед каждым почкованием многие ожидали падение цены, но она каждый раз возрастала. Происходили также ликвидации отдельных обменников-бирж, на которых исчезали значительные активы игроков – тогда цена резко падала. К тому же многие теряли коды и, соответственно, доступ к своим цифровым активам. Первоначальная дешевизна расчетов при помощи биткоинов, минуя традиционных посредников, сменилась повышенной затратностью, поскольку возникли новые интернет-посредники,

которые стали взимать с участников транзакций свою дельту и миновать которых обычным интернет-пользователям невозможно.

### **Выводы и заключительные ремарки**

С помощью геометрического анализа броуновского движения предложен вариант прогнозного ценообразования биткоинов. Результаты статистического анализа цены могут существенно отличаться от выбранного в статье метода. В работе рассмотрен оригинальный метод оценки будущих цен биткоинов, который основан на броуновском движении. Данный метод также может применяться к любым криптовалютам и другим финансовым активам. Его применение позволяет учитывать и анализировать риски и наблюдать за возможными результатами решений и оценивать влияние рисков на события, направляющие движение цен.

Авторы придерживаются в целом оптимистических взглядов на судьбу биткоинов. Однако наряду с оптимистическими прогнозами, которые свидетельствуют о росте цен, возможны и другие оценки. Так, инвестор Питер Шифф (один из немногих, кто предсказал ипотечный кризис 2008 года) считает, что криптовалюта не является ни деньгами, ни товаром, но обладает важным для спекулятивных инвестиций достоинством – хорошими торговыми условиями для инвесторов, которые не нацелены на длительную перспективу развития реальных активов, и в перспективе приведет к финансовым пузырям [18]. Тем не менее инвестиционная компания Шиффа продолжает активные операции и инвестиции в биткоины и другие криптовалюты, начало которых датируется 2014 г. [19]. По мнению многих обозревателей, оптимизм цифровых валют больше напоминает надвигающийся пузырь, который во многом схож с тюльпановым пузырем 18-го века [20].

Таким образом, существуют два противоположных прогноза развития биткоинов: в основе рассмотренного в статье прогноза находится рост цен в заданном диапазоне; другие сценарии, не рассмотренные в настоящей статье, предполагают перегрев рынка, пузыри, построение криптовалютных пирамид, крахи. Экономический оптимизм направляет рынок криптовалют к ценовым максимумам. Инвесторы убеждены, что рынок может воспринять сильный рост цифровой валюты. Однако данное убеждение основано на текущем восприятии рынка и современных знаниях о биткоинах и других криптовалютах, а также в целом о финансовых активах.

\*\*\*

Предсказательная теория и практика ценообразования находятся под прицелом не только трейдеров и инвесторов, а также аналитиков, но и достаточно широких слоев населения. Она переживают новый этап развития, который проходит под знаком, с одной стороны, расширения информационных возможностей и временных рядов, анализ которых может дать ответы на многие вопросы, с другой стороны, внедрения в финансы новых вычислительных приемов и методов анализа.

Существует слишком много переменных, которые влияют на цену, и еще никто не смог предсказать, что произойдет в ближайшие годы с любыми финансовыми активами. Тем не менее возможна оценка различных вариантов и установление степени достоверности их исходов. При этом особенно важно учитывать риски, под воздействием которых происходит формирование цен. Моделирование с помощью методов Монте-Карло позволило оценить основные известные риски и неопределенности, которые могут повлиять на исход различных вариантов решений. Для этого в статье была использована таблица рисков и привлечены приемы выборки вероятностей реализации случайных событий. С технической точки зрения прогнозирование цен в рамках теории вероятностей не представляет собой проблем и относится к описанию случайностей тех или иных цен, их распределению и выбору среди различных сценариев лучшего. Но с позиции практики такая задача считается сверхсложной и механизм ее решения нуждается в постоянной переоценке.

#### Список источников

1. **Ключников И.К., Ключников О.И.** Макроэкономика. Кредитные и биржевые циклы. М.: Юрайт, 2017. 286 с.
2. **Ключников И.К.** Сценарии развития денежно-финансового хозяйства // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 5. Экономика. 2013. № 4. С. 110–129.
3. **Metropolis N., Ulam S.** The Monte Carlo Method // Journal of the American Statistical Association, Vol. 44, Issue 44, 1949. P.335–341..
4. **Hertz D.B.** Risk Analysis in Capital Investment // Harvard Business Review. Sept. 1, 1979. P. 12–22.
5. **McCulloch J.H.** The Monte-Carlo cycle in business activity // Econometric Inquiry. 1975. Vol. 13, No. 3 (September). P. 303–321.
6. **Ключников И.К., Молчанова О.А., Ключников О.И.** Вероятность финансовой стабильности и безопасности: концепции и модели // Финансы и Бизнес. 2017. № 1, С. 70–81.

7. **Ключников И.К., Молчанова О.А.** Финансы. Сценарии развития: Учебник. М: Юрайт, 2017. 207 с.
8. <https://cointelegraph.com/news/goldman-sachs-predicts-bitcoin-price-consolidation-around-8000-before-continuing-up>(18.11.2017)
9. [http://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart\\_school:market\\_analysis:elliott\\_wave\\_theory](http://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:market_analysis:elliott_wave_theory)(18.11.2017)
10. **Althaus J. Ronnie Moas** Predicts Bitcoin Will Hit \$20,000 Within Three Years // Bitcoin News, Aug 29, 2017. URL: <https://cointelegraph.com/tags/ronnie-moas>(18.11.2017).
11. [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LRPPLxzRhYiAbTVwltqMLIW\\_3Z2KXfD7SOPXWt3aI5g/edit#gid=443735461](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LRPPLxzRhYiAbTVwltqMLIW_3Z2KXfD7SOPXWt3aI5g/edit#gid=443735461)(18.11.2017)
12. <https://medium.com/spreadstreet/high-flyers-and-shitcoins-what-i-learned-from-analyzing-coinmarketcap-data-in-google-sheets-d581dde5e225> (18.11.2017)
13. <https://themerkle.com>
14. <https://medium.com/@spreadstreet>
15. **Burniske Ch.** Cryptoassets: The Innovative Investor's Guide to Bitcoin and Beyond. McGraw-Hill Education, October 20, 2017. 369 p.
16. <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/historical-data/?start=20130428&end=20171111>(18.11.2017)
17. <https://medium.com/spreadstreet/an-easy-way-to-connect-digital-currency-services-to-google-sheets-21f18301f881> (18.11.2017)
18. **Althaus J.** Investor Who Predicted 2008 Mortgage Crisis Bearish About Bitcoin // Bitcoin News, Aug 18, 2017. URL: <https://cointelegraph.com/news/investor-who-predicted-2008-mortgage-crisis-bearish-about-bitcoin>(18.11.2017).
19. **Young J.** GoldMoney Integrates Bitcoin Despite Peter Schiff's Bubble Comments // Bitcoin News, Sep 28, 2017. URL: <https://cointelegraph.com/news/goldmoney-integrates-bitcoin-despite-peter-schiffs-bubble-comments>(18.11.2017)
20. The bitcoin bubble // The Economist, November 1, 2017, P 37.

#### References

1. **Kliuchnikov I.K., Kliuchnikov O.I.** Macroiconomica. Kreditnii i birjevie tsikli. Moscva: Urait, 2017. 286 s.
2. **Kliuchnikov I.K.** Stsenarii razvitiy denezhno-finsovogo hoyajstva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta . Ser. 5. Ekonomika. 2013. № 4. S. 110-129.
3. **Metropolis N., Ulam S.** The Monte Carlo Method // Journal of the American Statistical Association, Vol. 44, Issue 44, 1949. 335-341 P.
4. **Hertz D.B.** Risk Analysis in Capital Investment // Harvard Business Review. Sept. 1, 1979. P. 12-22.

5. **McCulloch J.H.** The Monte-Carlo cycle in business activity // *Econometric Inquiry*. 1975. Vol. 13, No. 3 (September). P. 303-321.
6. **Kliuchnikov I.K., Molchanova O.A., Kliuchnikov O.I.** Veroytnost finansovoy stabilnosti i bezopatnosti: kontseptsii i modeli//*Finansi i Biznes* , № 1, 2017. S. 70-81.
7. **Kliuchnikov I.K., Molchanova O.A.** *Finansi. Stsenarii razvitiya. ucheb- nic.* M: Urait, 2017. 207 S.
8. <https://cointelegraph.com/news/goldman-sachs-predicts-bitcoin-price-consolidation-around-8000-before-continuing-up>(18.11.2017)
9. [http://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart\\_school:market\\_analysis:elliott\\_wave\\_theory](http://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:market_analysis:elliott_wave_theory)(18.11.2017)
10. **Althaus J. Ronnie Moas Predicts Bitcoin Will Hit \$20,000 Within Three Years** // *Bitcoin News*, Aug 29, 2017 // <https://cointelegraph.com/tags/ronnie-moas>(18.11.2017)
11. [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LRPPLxzRhYiAbTVwltqMLIW\\_3Z2KXfD7SOPXWt3aI5g/edit#gid=443735461](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LRPPLxzRhYiAbTVwltqMLIW_3Z2KXfD7SOPXWt3aI5g/edit#gid=443735461)(18.11.2017)
12. <https://medium.com/spreadstreet/high-flyers-and-shitcoins-what-i-learned-from-analyzing-coinmarketcap-data-in-google-sheets-d581dde5e225> (18.11.2017)
13. <https://themerke.com>
14. <https://medium.com/@spreadstreet>
15. **Burniske Ch.** *Cryptoassets: The Innovative Investor's Guide to Bitcoin and Beyond.* McGraw-Hill Education, October 20, 2017. 369 P.
16. <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/historical-data/?start=20130428&end=20171111>(18.11.2017)
17. <https://medium.com/spreadstreet/an-easy-way-to-connect-digital-currency-services-to-google-sheets-21f18301f881> (18.11.2017)
18. **Althaus J.** *Investor Who Predicted 2008 Mortgage Crisis Bearish About Bitcoin* // *Bitcoin News*, Aug 18, 2017 // <https://cointelegraph.com/news/investor-who-predicted-2008-mortgage-crisis-bearish-about-bitcoin>(18.11.2017)
19. **Young J.** *GoldMoney Integrates Bitcoin Despite Peter Schiff's Bubble Comments* // *Bitcoin News*, Sep 28, 2017 // <https://cointelegraph.com/news/goldmoney-integrates-bitcoin-despite-peter-schiffs-bubble-comments>(18.11.2017)
20. *The bitcoin bubble* // *The Economist*, November 1, 2017, P 37.