

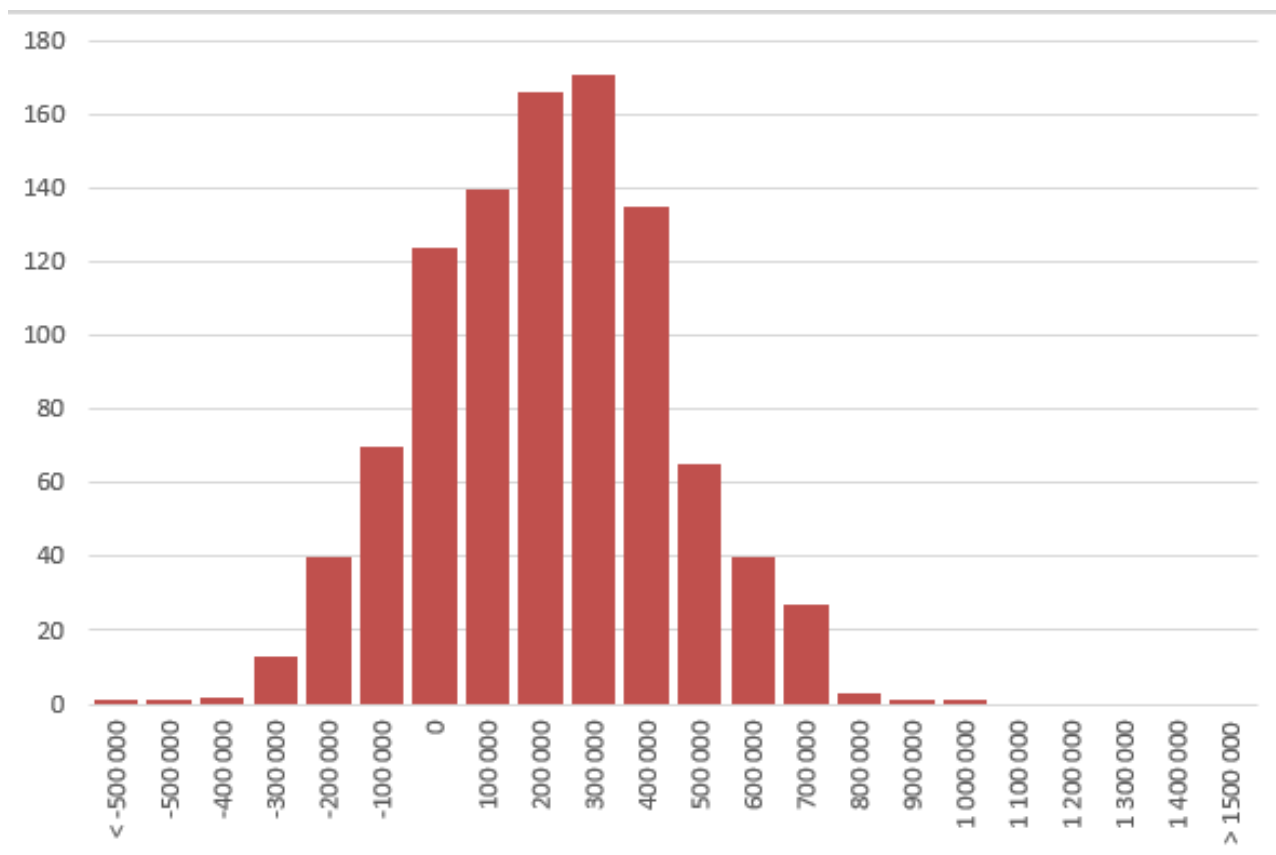
## Анализ методом Монте-Карло

Монте-Карло — метод анализа, применяемый в случаях, когда параметры известны приблизительно, и есть информация о статистическом распределении этих параметров. Для проведения анализа генерируют большое число случайных значений параметров, для каждого такого значения выполняют расчет и формируют статистическое распределение для результата.

Примерами задач, для которых применяют анализ Монте-Карло, могут служить следующие ситуации:

- Оценка опционов на акции на основе статистических данных о колебаниях цены акции.
- Определение Value-at-Risk в инвестиционных решениях с известными данными о статистическом распределении доходности ценной бумаги.
- Оценка инвестиционных проектов, связанных с добычей полезных ископаемых или другой деятельностью, в которой данные о параметрах проекта (дебит нефтяной скважины и т. п.) выражены статистически.

Пример графика распределения значений NPV инвестиционного проекта методом Монте-Карло:



На этом графике по горизонтальной оси показан интервал значений NPV, полученных в расчетах (результаты сгруппированы с шагом 100 000), а по вертикальной оси — число случаев, когда NPV попадала в этот интервал (из 1 000 попыток).

## Алгоритм метода Монте-Карло

В сфере финансов для анализа методом Монте-Карло необходимо выполнить следующие шаги:

### Шаг 1. Параметры

Выбираем результат, который будем анализировать методом Монте-Карло — цена опциона, NPV инвестиционного проекта и т. п.

В качестве параметров для Монте-Карло выбираем один или несколько показателей, влияющих на результат. Предполагается, что значения этих параметров известны не точно, но мы знаем или можем получить характеристики статистического распределения параметров.

### Шаг 2. Основная модель

Создаем модель, которая вычисляет результат с учетом выбранных параметров. Скорее всего, кроме статистических параметров, используемых в Монте-Карло, в ней будут и другие данные, которые заданы в традиционном виде с конкретными значениями. В финансовом анализе модель обычно создают в Excel, но, в принципе, метод Монте-Карло можно реализовать и другими инструментами: на языке Python или еще в каком-то приложении.

### Шаг 3. Закон распределения

Необходимо решить, как именно выглядит статистическое распределение параметров. Простейший вариант — равномерное распределение. В этом случае параметр с одинаковой вероятностью может принимать любое из значений в заданном интервале. К сожалению, такое распределение случайных величин не очень часто соответствует действительности.

Самый распространенный подход — нормальное распределение, предполагающее, что вероятность выпадения значений постепенно падает с удалением от среднего. Хотя в реальных процессах нормальное распределение часто лучше всего описывает поведение параметров, у него есть неудобства в реализации. Во-первых, оно не ограничивает возможные отклонения от среднего. Пусть и с маленькой вероятностью, но значение параметра может оказаться сколь угодно далеким от ожидаемого. Из-за этого нормальное распределение иногда заменяют треугольным. Во-вторых, нормальное распределение с одинаковой вероятностью допускает отклонения параметра вверх и вниз от ожидаемой величины. Но часто вероятности снижения и роста показателя не одинаковы. Тогда может потребоваться более сложный закон распределения.

### Шаг 4. Свойства распределения

Для выбранного закона распределения случайных параметров необходимо получить свойства этого распределения. В наиболее популярном нормальном распределении это среднее значение и стандартное отклонение. Если Монте-Карло будет использовать другое распределение, то и перечень его свойств может меняться.

Самая интересная (и сложная) деталь на этом шаге — корреляция. Если параметров несколько, то может оказаться, что они хотя и являются случайными, но их случайные колебания связаны друг с другом. Например, если при моделировании инвестиционного проекта в качестве случайных параметров выбраны цены готовой продукции и стоимость комплектующих, то жизненный опыт подсказывает, что чаще всего цены на товар и цены на комплектующие к нему меняются похожим образом, то есть эти величины коррелированы. Анализ их случайных колебаний без учета такой связи может заметно исказить картину.

#### **Шаг 5. Многократный расчет**

С помощью средств автоматизации расчетов (Excel, Python и т. п.) запускаем цикл из большого числа повторений, на каждом шагу которого получаем случайные значения параметров в соответствии с их законом распределения, вычисляем результат и накапливаем статистику по полученному результату.

#### **Шаг 6. Анализ результатов**

В первую очередь результаты моделирования представляют графически, отображая на гистограмме частоту попадания результата в разные интервалы значений. Далее можно рассчитать для результата любые статистические характеристики как для реального случайного процесса: среднее, стандартное отклонение и другие показатели.

## **Сложности применения Монте-Карло**

Главная проблема анализа методом Монте-Карло связана с получением данных о статистическом распределении параметров, использованных в анализе. Сложный и насыщенный данными метод моделирования создает у аналитика впечатление о точности и глубине исследования возможных результатов, но в действительности качество сделанных выводов полностью зависит от качества исходных данных.

В ряде случаев для параметров доступны обширные данные наблюдений, и их статистику можно объективно рассчитать. Но часто наблюдения для параметров недоступны, и правила их распределения определяют аналитически. В таких ситуациях можно сделать две ошибки.

**Ошибка 1.** Неверное правило распределения. Закон распределения и его характеристики не стыкуются с тем, как определи базовые значения параметров. Например, продажи уже и так спланированы по наиболее оптимистическому сценарию, а статистическое распределение в равной степени допускает отклонения как вверх, так и вниз.

**Ошибка 2.** Игнорирование корреляции. Многие параметры, хотя и являются случайными, сильно связаны друг с другом. Если мы анализируем их как независимые, то можем получить сильно искаженный результат.

## Организация расчета методом Монте-Карло в Excel

Наиболее распространенная среда, в которой выполняют анализ Монте-Карло — Excel. Сложные инструменты моделирования Монте-Карло, учитывающие все тонкости статистики, встроены в различные надстройки статистического анализа, такие как @RISK. Но они могут быть довольно дорогими, а если доступные данные не позволяют получить детальные параметры, то применение сложных инструментов не будет оправданным.

Простые решения для анализа Монте-Карло можно реализовать своими силами. Ниже приведены два видеоролика о том, как создать модель анализа Монте-Карло средствами таблиц данных или с применением макросов.

1. Вариант с использованием таблиц данных:

<https://youtu.be/UKDF46dW0Ig>

Файл из видео: <https://www.alt-invest.ru/wp-content/uploads/monte-carlo-datatable.zip>

2. Вариант с использованием макросов:

<https://youtu.be/q1x8sVTVYiU>

Файл из видео: <https://www.alt-invest.ru/wp-content/uploads/monte-carlo-macro.zip>