

## Метод Монте-Карло

Этот метод отличается от вероятностных распределений тем, что он не имеет аналитической зависимости, а основан на повторной случайной выборке для получения численных результатов. Он широко используется в численном моделировании, когда трудно или невозможно использовать аналитические выражения. Процедура моделирования методом Монте-Карло заключается в следующем.

### 1. Создание выборки: Генератор случайных чисел

При создании интересующей выборки устанавливается область определения возможных входных данных, и входные данные генерируются случайным образом на основе четко определенного распределения вероятностей.

Необходимо принять во внимание несколько соображений, касающихся случайной генерации входных данных. Компьютер может генерировать только однородные псевдослучайные числа. Даже если сгенерированные числа независимо выводятся в выборке, существует периодичность, связанная со случайной генерацией, таким образом генерируя псевдослучайные числа. Например, в Python, при использовании функцию `numpy.random.RandomState()`, период возврата равен  $2^{19937}$ . Поскольку количество реализаций методом Монте-Карло в большинстве приложений значительно меньше, чем период возврата генерируемой выборки (не более  $10^6$ ), то можно предположить, что цифры действительно генерируются случайным образом.

### 2. Запуск численной модели

В цикле задается детерминированное условие. Например, при оценке устойчивости склона или несущей способности основания фундамента определяется коэффициент безопасности. Если он менее единицы, счетчик, реализованный в коде, увеличивается. Модель запускается столько раз, сколько требуется для выполнения реализаций методом Монте-Карло, начиная с  $N = 10$  до  $N = 1000000$ , если мощность компьютера достаточна.

### 3. Требуемое количество реализаций $N$

Для 95%-ной достоверности значения вероятности отказа  $p_f = 10^{-n} \Rightarrow N = 10^{n+2,3}$ . Это означает, что для вероятности отказа  $10^{-6}$  требуются  $N = 10^{8,9}$  выборки для достижения хорошей точности результатов.

### 4. Анализ данных

С помощью счетчика, реализованного в коде, количество случаев отказа становится известным в конце моделирования. Вероятность отказа получается путем деления на общее количество реализаций  $N$  по методу Монте-Карло.

#### *5. Преимущества и ограничения использования метода Монте-Карло*

Главным преимуществом метода Монте-Карло является его простая численная реализация, особенно для случаев, когда аналитические выражения слишком сложны. Результаты являются надежными и точными. Однако это может занять много времени в зависимости от сложности задачи и количества реализаций.