Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Лабораторная работа №1.01**

**«Исследование распределения случайной величины»**

по дисциплине «Физика»

Выполнил: Тахватулин М. В., группа Р3207

Преподаватель: Хвастунов Н.Н.

г. Санкт-Петербург

~ 2023 ~

Цели работы

1. Исследование распределения случайной величины на примере многократных измерений определённого интервала времени.

Задачи

1. Провести многократные измерения определенного интервала времени.

2. Построить гистограмму распределения результатов измерения.

3. Вычислить среднее значение и дисперсию полученной выборки.

4. Сравнить гистограмму с графиком функции Гаусса с такими же, как и у экспериментального распределения средним значением и дисперсией.

Экспериментальная установка

В работе используются устройство или прибор, в котором происходит периодический процесс с частотой порядка нескольких десятых долей герца (часы с секундной стрелкой, стрелочный секундомер, математический или физический маятник) и цифровой секундомер, с ценой деления не более 0,01 с. Первый прибор задает интервал времени, который многократно измеряется цифровым секундомером.

Проведение измерений

1. Выберите устанавливаемый по часам или секундомеру промежуток времени: рекомендуется целое число секунд от 5 до 10. Многократно устанавливая этот промежуток времени, проведите не менее 50 измерений. Результат каждого измерения (показания цифрового хронометра) заносите во второй столбец Табл. 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | *ti, с* | *ti − ⟨t⟩N*, с | (*ti − ⟨t⟩N*)2, с2 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 16 |  |  |  |
| 17 |  |  |  |
| 18 |  |  |  |
| 19 |  |  |  |
| 20 |  |  |  |
| 21 |  |  |  |
| 22 |  |  |  |
| 23 |  |  |  |
| 24 |  |  |  |
| 25 |  |  |  |
| 26 |  |  |  |
| 27 |  |  |  |
| 28 |  |  |  |
| 29 |  |  |  |
| 30 |  |  |  |
| 31 |  |  |  |
| 32 |  |  |  |
| 33 |  |  |  |
| 34 |  |  |  |
| 35 |  |  |  |
| 36 |  |  |  |
| 37 |  |  |  |
| 38 |  |  |  |
| 39 |  |  |  |
| 40 |  |  |  |
| 41 |  |  |  |
| 42 |  |  |  |
| 43 |  |  |  |
| 44 |  |  |  |
| 45 |  |  |  |
| 46 |  |  |  |
| 47 |  |  |  |
| 48 |  |  |  |
| 49 |  |  |  |
| 50 |  |  |  |
|  |  |  |  |

Обработка результатов

1. Постройте гистограмму, выполнив для этого следующие операции: – отыщите в Табл. 1 наименьший 𝑡𝑚𝑖𝑛 и наибольший 𝑡𝑚𝑎𝑥 из результатов измерений; – промежуток [𝑡𝑚𝑖𝑛; 𝑡𝑚𝑎𝑥] разбейте на 𝑚 равных интервалов ∆𝑡, соблюдая следующие условия; 𝑚 должно быть целым, близким к √ 𝑁 (напомним, 𝑁 - полное число измерений). Измеренные значения 𝑡𝑚𝑖𝑛 и 𝑡𝑚𝑎𝑥 должны попадать внутрь «крайних» интервалов; граничные значения, разделяющие соседние интервалы, должны быть по возможности «круглыми» числами — это облегчит построение гистограммы. Границы выбранных интервалов заносите в первый столбец Табл. 2 (см. Приложение). – подсчитайте число результатов измерений ∆𝑁𝑖 , из Табл. 1, попавших в каждый из интервалов ∆𝑡, заполнив таким образом второй столбец Табл. 2; – вычислите опытное значение плотности вероятности (третий столбец Табл. 2); – постройте на миллиметровой бумаге гистограмму.

2. По данным Табл. 1 с помощью формул (3) и (4) вычислите выборочное значение среднего ⟨𝑡⟩𝑁 и выборочное среднеквадратичное отклонение 𝜎𝑁 .

3. Запишите результаты в «подвал» Табл. 1. Вычисление ∑︀ 𝑁 𝑖=1 (𝑡𝑖 − ⟨𝑡⟩𝑁 ) хороший способ контроля правильности нахождения ⟨𝑡⟩𝑁 .

4. По формуле (5) вычислите максимальное значение плотности распределения 𝜌𝑚𝑎𝑥, соответствующее 𝑡 = ⟨𝑡⟩, занесите его в «подвал» Табл. 1. 11

5. Найдите значения 𝑡, соответствующие серединам выбранных ранее интервалов, занесите их в четвертый столбец Табл. 2. Для этих значений, используя параметры ⟨𝑡⟩𝑁 и 𝜎𝑁 в качестве ⟨𝑡⟩ и 𝜎, вычислите по формуле (2) значения плотности распределения 𝜌 (𝑡), занесите их в пятый столбец Табл. 2. Нанесите все расчетные точки на график, на котором изображена гистограмма, и проводите через них плавную кривую.

6. Проверьте, насколько точно выполняется в ваших опытах соотношение между вероятностями (7) и долями Δ𝑁𝜎 𝑁 , Δ𝑁2𝜎 𝑁 , Δ𝑁3𝜎 𝑁 . Для этого вычислите границы интервалов (8) для найденных вами значений ⟨𝑡⟩𝑁 и 𝜎𝑁 , занесите их во второй и третий столбцы Табл. 3 (см. Приложение).

7. По данным Табл. 1 подсчитайте и занесите в Табл. 3 количество ∆𝑁 измерений, попадающих в каждый из этих интервалов, и отношение Δ𝑁 𝑁 этого количества к общему числу измерений. Сравните их с соответствующими нормальному распределению значениями 𝑃 вероятности (7).

8. Рассчитайте среднеквадратичное отклонение среднего значения по формуле: 𝜎⟨𝑡⟩ = ⎯⎸⎸⎷ 1 𝑁 (𝑁 − 1) ∑︁ 𝑁 𝑖=1 (𝑡𝑖 − ⟨𝑡⟩𝑁 ) 2 (9)

9. Найдите табличное значение коэффициента Стьюдента 𝑡𝛼,𝑁 для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95. Запишите доверительный интервал для измеряемого в работе промежутка времени. ∆𝑡 = 𝑡𝛼,𝑁 · 𝜎⟨𝑡⟩ ,

(10) где 𝑡𝛼,𝑁 — коэффициент Стьюдента, зависящий от числа измерений 𝑁 и доверительной вероятности 𝛼: 𝛼 = 𝑃 (𝑡 ∈ [⟨𝑡⟩ − ∆𝑡,⟨𝑡⟩ + ∆𝑡]).

(11) В отчет по лабораторной работе должны входить:

• Среднее арифметическое всех результатов измерений, выборочное среднеквадратичное отклонение и максимальное значение плотности распределения

• График, на котором изображены гистограмма и функция плотности распределения

• Среднеквадратичное отклонение среднего значения и доверительный интервал