

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»  
Фізико-технічний інститут

Криптографія  
Комп'ютерний практикум №1

Виконали:  
Студенти групи ФБ-05  
Сапожник М.В.  
Карась Б.І.

Київ - 2022

## **Мета роботи**

Засвоєння понять ентропії на символ джерела та його надлишковості, вивчення та порівняння різних моделей джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набуття практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела.

## **Постановка задачі:**

Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, також для підрахунку  $H_1$  та  $H_2$  за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення  $H_1$  та  $H_2$  на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини, де імовірності замінити відповідними частотами. Одержати значення  $H_1$  та  $H_2$  на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.

## **Хід роботи:**

Спершу для знайденого тексту російською мовою провели обробку (перевели усі символи в нижній регістр, видалили повторні пробіли та усі символи крім зазначених), отримали два очищених файли (один з пробілами інший без) та дві відповідні змінні. Також реалізували функції показування частоти біграм та частоти перехресних біграм.

Далі написали функції для підрахунку ентропії та надлишковості, використовуючи функції наведені у методичці до комп'ютерного практикуму

Після цього реалізували функцію, яка заносить дані у .xlsx таблицю. На цьому етапі виникли невеличкі проблеми: коли ми реалізували вивід у .xlsx таблицю, треба було завантажити певні модулі для того, щоб сам код працював без помилок, та виводив данні у найменовані для них таблиці (код виконувався і виводив у командній строчці результати, проте після них виводилися помилки)



|    | A  | B       | C       | D       | E       | F        | G       | H       | I       | J       | K       | L       | M       | N       | O        | P       | Q       | R       | S       | T       | U        | V        | W       | X        | Y       | Z       | AA      | AB      | AC      | AD      | AE      | AF      | AG      | AH      |        |
|----|----|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 1  | A  | 0.0003  | 0.00165 | 0.00405 | 0.0024  | 0.0039   | 0.00225 | 0       | 0.0003  | 0.0013  | 0.00541 | 0.0018  | 0       | 0.0003  | 0.00721  | 0.01021 | 0.00111 | 0.00451 | 0.00135 | 0.0027  | 0.00446  | 0.0011   | 0.00571 | 0        | 0.0006  | 0.0015  | 0.00015 | 0.00135 | 0.00045 | 0.0003  | 0       | 0       | 0.00135 | 0.00225 |        |
| 2  | B  | 0.0012  | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.0012  | 0.00486 | 0       | 0.0006   | 0.00335 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00436 | 0       | 0.0021   | 0.00015  | 0       | 0.0009   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.0003  |        |
| 3  | C  | 0.00031 | 0.00145 | 0.00045 | 0.0009  | 0.00105  | 0.00736 | 0       | 0.0003  | 0.00015 | 0.00094 | 0.0024  | 0.0024  | 0.0004  | 0        | 0.0012  | 0.00045 | 0.0006  | 0.00105 | 0.00031 | 0.00205  | 0.0012   | 0.00285 | 0.0003   | 0.0003  | 0       | 0.00045 | 0.00015 | 0.0012  | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 |        |
| 4  | D  | 0.0012  | 0.00015 | 0       | 0       | 0        | 0.0015  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00165 | 0       | 0       | 0.0003   | 0.00135 | 0       | 0.00045 | 0.01066 | 0.0006  | 0.00165  | 0        | 0.00015 | 0.0015   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |        |
| 5  | E  | 0.00126 | 0.00015 | 0.00225 | 0       | 0        | 0.0003  | 0.00046 | 0       | 0       | 0.0015  | 0       | 0.00345 | 0.0003  | 0        | 0.00045 | 0.00195 | 0.00015 | 0.0021  | 0.0036  | 0.0015   | 0.0012   | 0.00075 | 0.000195 | 0       | 0       | 0.0003  | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0.00075 |        |
| 6  | F  | 0       | 0.0018  | 0.00436 | 0.00436 | 0.00436  | 0.00075 | 0       | 0.00015 | 0.00075 | 0       | 0.00195 | 0.00135 | 0       | 0.0024   | 0.00025 | 0.00446 | 0.00771 | 0.01201 | 0.00135 | 0.0036   | 0.01066  | 0.00016 | 0.00886  | 0.00075 | 0       | 0.0006  | 0.0006  | 0.00205 | 0.0009  | 0.00075 | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 7  | G  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |        |
| 8  | H  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00015 | 0       | 0.00045 | 0       | 0       | 0        | 0.00225  | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      |
| 9  | I  | 0.0009  | 0.00015 | 0       | 0       | 0        | 0.00105 | 0.00436 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.0021  | 0       | 0        | 0.0003  | 0       | 0.00077 | 0.00075 | 0.00015 | 0        | 0        | 0       | 0.0003   | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      |
| 10 | J  | 0.00126 | 0       | 0.00105 | 0.00075 | 0.00015  | 0.0009  | 0       | 0       | 0.0003  | 0       | 0.0003  | 0.0009  | 0       | 0.00015  | 0       | 0.0006  | 0.0024  | 0.0009  | 0       | 0        | 0        | 0.00075 | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 |        |
| 11 | K  | 0.00045 | 0.00195 | 0.00451 | 0.00135 | 0.00481  | 0.0024  | 0       | 0.00015 | 0.0003  | 0.0003  | 0.0015  | 0       | 0.0021  | 0.00436  | 0.00481 | 0.0036  | 0.00706 | 0.00135 | 0.0036  | 0.00135  | 0.00526  | 0.00436 | 0.00105  | 0.00015 | 0.00015 | 0.00135 | 0.00135 | 0.00105 | 0.00015 | 0       | 0       | 0.00045 | 0.0006  |        |
| 12 | L  | 0.00015 | 0.00045 | 0.0018  | 0.0006  | 0.0006   | 0.00102 | 0       | 0       | 0.00015 | 0.0003  | 0.00045 | 0.0013  | 0       | 0.00165  | 0       | 0.00045 | 0.00015 | 0.00045 | 0.00045 | 0.0003   | 0.00045  | 0       | 0.0018   | 0       | 0.00015 | 0.0006  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |        |
| 13 | M  | 0       | 0.00045 | 0.00045 | 0.0009  | 0.00075  | 0.0009  | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.0002  | 0       | 0       | 0.00105  | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00111 | 0.0003   | 0.000195 | 0.0009  | 0.00015  | 0.00015 | 0       | 0.0003  | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 14 | N  | 0.01111 | 0.0003  | 0.00075 | 0       | 0.0003   | 0.00075 | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0.00031 | 0       | 0       | 0.00015  | 0.00112 | 0.00015 | 0.00015 | 0.01111 | 0.0003  | 0.000195 | 0.0009   | 0.00015 | 0.00015  | 0       | 0       | 0.0003  | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 15 | O  | 0.00016 | 0.00015 | 0.00105 | 0.00045 | 0.000771 | 0       | 0       | 0.0003  | 0.0006  | 0.00781 | 0.0009  | 0       | 0.0009  | 0.000105 | 0.0003  | 0.0012  | 0.00086 | 0.0006  | 0.00015 | 0.0027   | 0.0003   | 0.00165 | 0        | 0.00015 | 0       | 0.0009  | 0.00015 | 0       | 0       | 0.00046 | 0.00045 | 0.00285 | 0       |        |
| 16 | P  | 0.0039  | 0.0003  | 0.0003  | 0       | 0.00075  | 0.00015 | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.0042  | 0.0009  | 0       | 0.00075  | 0       | 0.0006  | 0.0027  | 0.00021 | 0.0006  | 0.0003   | 0.0015   | 0       | 0.0027   | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0.00015 | 0       | 0       | 0.0003  | 0.00075 | 0       |        |
| 17 | Q  | 0.01221 | 0.00015 | 0.00045 | 0       | 0.0006   | 0.00871 | 0       | 0       | 0.00105 | 0       | 0.00126 | 0.00436 | 0       | 0.0012   | 0.00015 | 0.0003  | 0.00451 | 0.01201 | 0.00075 | 0        | 0.00105  | 0.0012  | 0.002    | 0.00045 | 0       | 0.0003  | 0.0003  | 0       | 0.00015 | 0       | 0.0003  | 0.00015 | 0.00015 |        |
| 18 | R  | 0       | 0.00075 | 0.01066 | 0.00771 | 0.00046  | 0.0018  | 0       | 0.0009  | 0.00285 | 0.0012  | 0.00165 | 0       | 0.00371 | 0.00036  | 0.00016 | 0.00091 | 0.00796 | 0.012   | 0.0039  | 0.00091  | 0.00746  | 0.00081 | 0.00075  | 0.00195 | 0.00165 | 0.00045 | 0.00015 | 0.00045 | 0.0006  | 0       | 0       | 0       | 0.0015  |        |
| 19 | S  | 0       | 0.0018  | 0       | 0       | 0        | 0       | 0.0033  | 0       | 0       | 0       | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075  | 0.0009  | 0       | 0.00015 | 0.01006 | 0       | 0.00031  | 0        | 0.00015 | 0.0009   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00205 | 0       |        |
| 20 | T  | 0.00781 | 0       | 0.00075 | 0.00015 | 0.00045  | 0.00721 | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0.00165 | 0       | 0       | 0.00105  | 0       | 0.00075 | 0.00041 | 0.00015 | 0.00135 | 0.00271  | 0.00105  | 0.00126 | 0        | 0.0009  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0.0003  | 0.0015  |        |
| 21 | U  | 0       | 0.0018  | 0.0006  | 0.00015 | 0.00015  | 0.00075 | 0.0042  | 0       | 0       | 0       | 0.0027  | 0       | 0       | 0.0003   | 0.00045 | 0.0021  | 0.0012  | 0.0015  | 0.0018  | 0.00045  | 0.00075  | 0.0009  | 0.0003   | 0       | 0.0003  | 0       | 0.0003  | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00046 |         |        |
| 22 | V  | 0.00771 | 0.00105 | 0.0027  | 0.00015 | 0.0006   | 0.00481 | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0.00345 | 0.00018 | 0       | 0.00165  | 0.0003  | 0.00075 | 0.0018  | 0.01222 | 0.0003  | 0.003    | 0.00075  | 0.00045 | 0.0018   | 0.00015 | 0       | 0.00015 | 0.0003  | 0       | 0       | 0.00056 | 0.0006  | 0.00075 | 0       |        |
| 23 | W  | 0.00045 | 0.0024  | 0.00105 | 0.0015  | 0.0015   | 0       | 0       | 0.00045 | 0.0015  | 0       | 0.00045 | 0.0003  | 0       | 0        | 0.0018  | 0.0015  | 0.0027  | 0.00015 | 0.00135 | 0.00135  | 0.00045  | 0.00165 | 0.003    | 0       | 0.0009  | 0       | 0.0006  | 0.00015 | 0.0003  | 0       | 0       | 0.0012  | 0.0003  |        |
| 24 | X  | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0.00045 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00015  | 0.00015 | 0.00015  | 0.00015 | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.0003 |
| 25 | Y  | 0.00015 | 0       | 0.00015 | 0       | 0        | 0.00015 | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0.00015 | 0       | 0       | 0.00015  | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015  | 0.00015  | 0.00015 | 0.00015  | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.0003  |        |
| 26 | Z  | 0.00045 | 0       | 0.0003  | 0       | 0        | 0.00165 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.0009  | 0       | 0       | 0        | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015  | 0.00015  | 0.00015 | 0.00015  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |        |
| 27 | AA | 0.00119 | 0       | 0.00015 | 0       | 0        | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00015 | 0       | 0       | 0        | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015  | 0.00015  | 0.00015 | 0.00015  | 0       | 0       | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0       | 0       | 0       | 0.00015 |        |
| 28 | AB | 0.00075 | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0       | 0.00075  | 0.00105  | 0.00075 | 0.00105  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 29 | AC | 0.00045 | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 30 | AD | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 31 | AE | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 32 | AF | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 33 | AG | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 34 | AH | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00135 | 0       | 0       | 0       | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0.00075 | 0.00105 | 0        | 0.00075  | 0.00105 | 0.00075  | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00045 |        |
| 35 |    |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |          |          |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |

На першій таблиці біграми з пробілами, на другій таблиці, біграми без пробілів

## Таблиця частот перехресних біграм:

|    | A  | B       | C       | D       | E       | F       | G       | H       | I       | J       | K       | L       | M       | N       | O       | P       | Q       | R       | S       | T        | U        | V       | W       | X       | Y       | Z       | AA      | AB      | AC      | AD      | AE      | AF      | AG      | AH      | AI      |         |
|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1  | A  | 0       | 0.00075 | 0.00216 | 0.0015  | 0.00226 | 0.001   | 0       | 0.00088 | 0.00414 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.0045  | 0.0003  | 0.00326 | 0.00326 | 0       | 0.00088 | 0.00326  | 0.00221  | 0.00376 | 0       | 0.00023 | 0.001   | 0       | 0.0011  | 0.00015 | 0.00025 | 0       | 0       | 0.0011  | 0.00201 | 0.01807 |         |         |
| 2  | B  | 0.0021  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00105 | 0       | 0       | 0       | 0.0021  | 0.00414 | 0       | 0.00023 | 0.0045  | 0.0003  | 0.00326 | 0.00326 | 0       | 0.00088  | 0.00326  | 0.00221 | 0.00376 | 0       | 0.00023 | 0.001   | 0       | 0.0011  | 0.00015 | 0.00025 | 0       | 0       | 0.0011  | 0.00201 | 0.01807 |         |
| 3  | C  | 0       | 0.00075 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00088 | 0       | 0       | 0       | 0.001   | 0.00414 | 0       | 0.00023 | 0.0045  | 0.0003  | 0.00326 | 0.00326 | 0        | 0.00088  | 0.00326 | 0.00221 | 0.00376 | 0       | 0.00023 | 0.001   | 0       | 0.0011  | 0.00015 | 0.00025 | 0       | 0       | 0.0011  | 0.00201 | 0.01807 |
| 4  | D  | 0       | 0.00021 | 0       | 0.00023 | 0.00023 | 0.00023 | 0.0009  | 0       | 0       | 0.00023 | 0.0001  | 0.00041 | 0       | 0.00023 | 0.00038 | 0       | 0.0011  | 0.00015 | 0.00025  | 0.000188 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0.00023 | 0.00023 |         |
| 5  | E  | 0       | 0.00023 | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0.00023 | 0.0009  | 0       | 0.00023 | 0.0001  | 0.00041 | 0       | 0.00023 | 0.00038 | 0       | 0.0011  | 0.00015 | 0.00025 | 0.000188 | 0        | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0       | 0.00023 | 0.00023 |         |
| 6  | F  | 0.00439 | 0       | 0.00188 | 0       | 0.00013 | 0.00013 | 0.0054  | 0       | 0.00123 | 0       | 0.00263 | 0.00023 | 0       | 0.00263 | 0.00163 | 0       | 0.0017  | 0.00301 | 0        | 0.001    | 0.00038 | 0.00013 | 0.00163 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00013 | 0.00013 | 0       | 0.00013 | 0       | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 7  | G  | 0       | 0.00063 | 0.00113 | 0.00114 | 0.00263 | 0.00063 | 0.00093 | 0       | 0.00063 | 0.0008  | 0.00013 | 0.00013 | 0       | 0.00261 | 0.00163 | 0.00023 | 0.00164 | 0.00093 | 0        | 0.0011   | 0.00093 | 0.00176 | 0.00021 | 0.00013 | 0       | 0.00023 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 |         |
| 8  | H  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |         |
| 9  | I  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |         |
| 10 | J  | 0.00075 | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0.00088 | 0.00364 | 0       | 0       | 0       | 0.00176 | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.0009  | 0.00063 | 0        | 0        | 0       | 0       | 0.00188 | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00023 |
| 11 | K  | 0.00439 | 0       | 0.00188 | 0       | 0.00013 | 0.00013 | 0.0054  | 0       | 0.00123 | 0       | 0.00263 | 0.00023 | 0       | 0.00263 | 0.00163 | 0       | 0.0017  | 0.00301 | 0        | 0.001    | 0.00038 | 0.00013 | 0.00163 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 | 0.00063 |         |
| 12 | L  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00088 | 0.00078 | 0.00176 | 0.00176 | 0       | 0.00013 | 0.00021 | 0.00013 | 0.00003 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023 | 0.00038 | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013  | 0.00226  | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 13 | M  | 0       | 0       | 0.00113 | 0.00038 | 0.00023 | 0.001   | 0.001   | 0       | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0.0018  | 0       | 0.0014  | 0.0011  | 0.00013 | 0.00023 | 0.00023  | 0        | 0       | 0.00113 | 0.0008  | 0.00023 | 0.00023 | 0       | 0.00123 | 0       | 0.00013 | 0.0009  | 0       | 0       | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |
| 14 | N  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |         |
| 15 | O  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00226 | 0       | 0       | 0       | 0.00426 | 0       | 0       | 0.00067 | 0.00075 | 0       | 0.00098 | 0.00088 | 0.00013 | 0.0009   | 0.0007   | 0       | 0       | 0.00113 | 0.00013 | 0.00123 | 0       | 0       | 0.00013 | 0       | 0       | 0.0044  | 0.00098 | 0.00021 | 0.00098 | 0.00098 |
| 16 | P  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00023 | 0.00013 | 0.00023 | 0.0009  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 17 | Q  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00023 | 0.00013 | 0.00023 | 0.0009  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 18 | R  | 0.00129 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00038 | 0.00728 | 0       | 0.00013 | 0       | 0.00026 | 0.0004  | 0.00054 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00078 | 0.0004  | 0.00047 | 0.00047  | 0.00047  | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 |         |
| 19 | S  | 0       | 0.0014  | 0.00793 | 0.0066  | 0.0042  | 0.001   | 0.00023 | 0.00113 | 0.0009  | 0.00088 | 0       | 0.00047 | 0.00047 | 0.00078 | 0.0004  | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047  | 0.00047  | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 |         |
| 20 | T  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00023 | 0.00013 | 0.00023 | 0.0009  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 21 | U  | 0.00062 | 0       | 0.0003  | 0.00013 | 0.00038 | 0.0009  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 22 | V  | 0.00013 | 0.00023 | 0.00088 | 0       | 0.00038 | 0.00091 | 0       | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |
| 23 | W  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00023 | 0.00013 | 0.00023 | 0.0009  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 24 | X  | 0.00038 | 0.00121 | 0.0005  | 0.00113 | 0.00088 | 0       | 0.00038 | 0.00113 | 0.00023 | 0       | 0.00088 | 0.00113 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013  | 0.00013  | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00013 |         |
| 25 | Y  | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 26 | Z  | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 27 | AA | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 28 | AB | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 29 | AC | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 30 | AD | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 31 | AE | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 32 | AF | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 33 | AG | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 | 0       | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 |
| 34 | AH | 0.00013 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00054 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00023 | 0       | 0       | 0.00023 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00049 | 0.00023  | 0.00038  | 0.00088 | 0.00088 | 0.00013 | 0.00226 | 0       | 0.00011 | 0.00018 | 0.00088 | 0.00077 | 0.00063 | 0.00013 |         |         |         |         |

## Одержані значення H та надлишку:

```
===3 пробілами===  
Частота букв-{'a': 0.0658  
H1=4.391323157430882  
Надл=0.13683435251359344
```

```
Частота біграм-{'aa': 0.0,  
H2=3.9648293485860817  
Надл = 0.2206666717173209
```

```
Частота перехресних біграм  
H2п=2.2199733833541404  
Надл=0.5636384082544885
```

```
===Без пробілів===  
Частота букв-{'a': 0.07883, 'б'  
H1=4.48385554359095  
Надлишков=0.11112109056197073
```

```
Частота біграм-{'aa': 0.0003, 'аб':  
H2=4.1212661150280505  
Надлишковість =0.18300076926737163
```

```
Частота перехресних біграм - {'aa':  
H2-р = 2.2926113969436352  
Надлишковість = 0.5455130303666261
```

Оцінки для  $H^{(10)}$ ,  $H^{(20)}$ ,  $H^{(30)}$ :

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
жем\_в\_дре

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ:

Символ по счету:

Номер эксперимента: 11

Поле ввода символов:

Продолжить

Другой

Неравенство для энтропии:  
4,23476094060431 < H < 3,12192809488736

Двоичная таблица угаданных символов:  
00100000000000000000000000000000  
00001000000000000000000000000000  
10000000000000000000000000000000  
0000000000000000001000000000000000  
0000000000000000000000000100000000

Вероятности:  
q[1]=0,1  
q[2]=0  
q[3]=0,1  
q[4]=0  
q[5]=0,2  
q[6]=0,1  
q[7]=0  
q[8]=0  
q[9]=0  
q[10]=0  
q[11]=0  
q[12]=0  
q[13]=0,1  
q[14]=0  
q[15]=0  
q[16]=0  
q[17]=0,1  
q[18]=0  
q[19]=0  
q[20]=0,1  
q[21]=0  
q[22]=0  
q[23]=0  
q[24]=0  
q[25]=0,1  
q[26]=0,1  
q[27]=0  
q[28]=0  
q[29]=0  
q[30]=0  
q[31]=0  
q[32]=0

Строка состояния:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
может\_пойти\_против\_

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ:

Символ по счету:

Номер эксперимента: 21

Поле ввода символов:

Продолжить

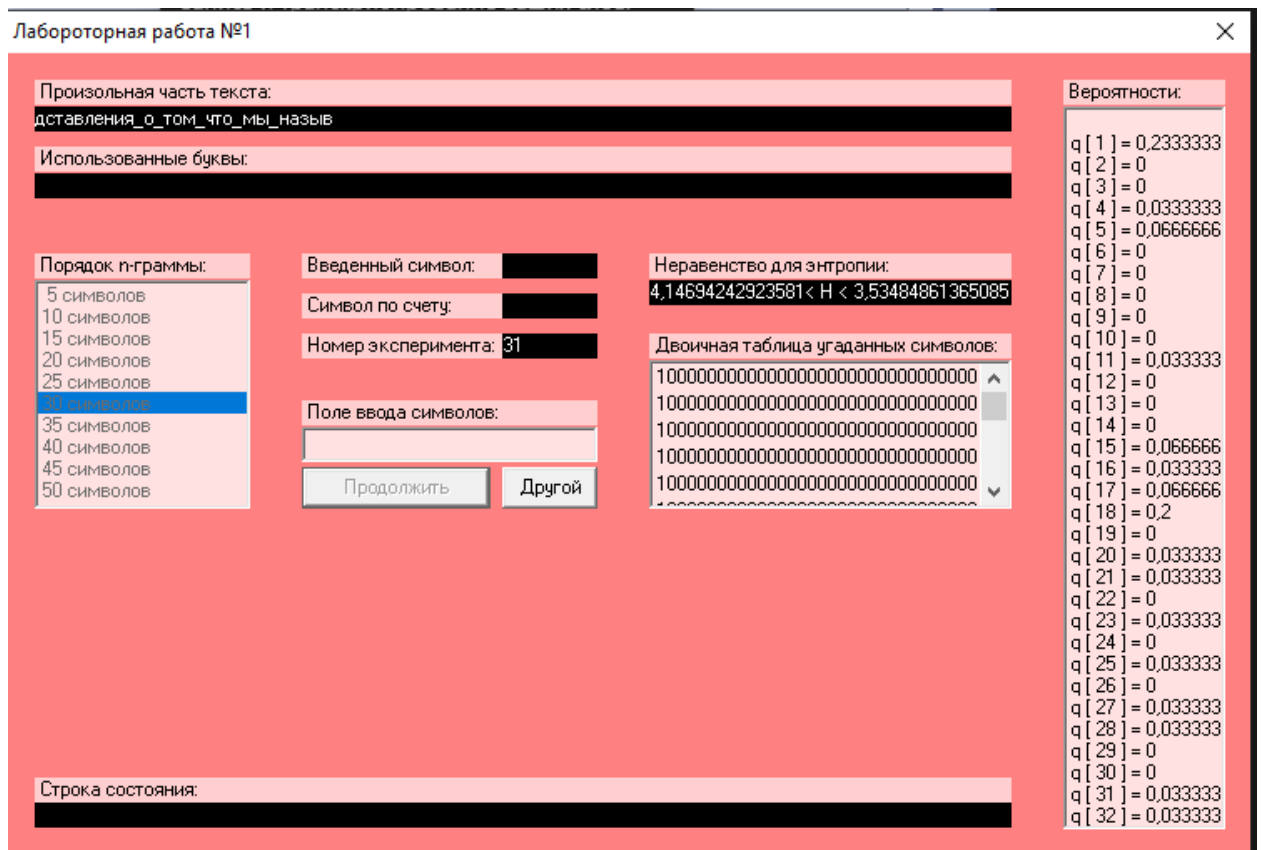
Другой

Неравенство для энтропии:  
3,9472014411988 < H < 3,08418371977919

Двоичная таблица угаданных символов:  
10000000000000000000000000000000  
00000000000000000000000000000001  
00000010000000000000000000000000  
00001000000000000000000000000000  
00010000000000000000000000000000

Вероятности:  
q[1]=0,2  
q[2]=0  
q[3]=0  
q[4]=0,05  
q[5]=0,2  
q[6]=0  
q[7]=0,05  
q[8]=0  
q[9]=0  
q[10]=0  
q[11]=0  
q[12]=0,15  
q[13]=0,05  
q[14]=0  
q[15]=0  
q[16]=0  
q[17]=0  
q[18]=0,05  
q[19]=0  
q[20]=0  
q[21]=0  
q[22]=0  
q[23]=0  
q[24]=0  
q[25]=0  
q[26]=0  
q[27]=0  
q[28]=0,1  
q[29]=0,05  
q[30]=0  
q[31]=0  
q[32]=0,1

Строка состояния:



## Висновки:

Виконавши цей комп'ютерний практикум ми набули практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела, порівняли різні моделі джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії.

Написали програму для підрахунку усіх необхідних для роботи значень, використавши для збереження отриманих результатів модуль, який надає змогу запису даних у .xlsx файл.

Використавши отримані значення ентропії, підраховали надлишковість. За допомогою CoolPinkProgram оцінили значення для  $H(10)$ ,  $H(20)$ ,  $H(30)$ .