

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
Фізико-технічний інститут

# **КРИПТОГРАФІЯ КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1**

**Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела  
відкритого тексту**

Виконав:  
Андреев Д.Ю.  
Група: ФБ-06

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.

## Порядок виконання роботи

1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також 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 (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення  $H_1$  та  $H_2$  на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.
2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення  $H(10)$ ,  $H(20)$ ,  $H(30)$ .
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

## Хід роботи

В роботі було використано випадково згенерований текст. Його версії з пробілами та без можна знайти відповідно у файлах `sample_text.txt` та `sample_text_no_spaces.txt`.

Було реалізовано програму підрахунку частот символів та біграм у заданому тексті мовою Python 3. Вихідний код програми знаходиться у файлі `main.py`.

У програмі реалізовано функції `char_count` та `calc_h1` для підрахунку частот символів та визначення ентропії відповідно.

Виникли деякі труднощі з написанням функцій `count_bigrams` та `calc_h2`, отримані значення не співпадали з очікуваними. Тому довелося частково переписати дані функції з використанням вбудованої функції `count` та попереднім розбиттям тексту на біграми. В результаті були отримані коректні значення  $h_2$ .

Нижче наведено таблиці, що містять значення частот для символів, підрахованих програмою для заданого тексту:

## Текст з пробілами

| character | frequency |
|-----------|-----------|
|           | 0.143     |
| о         | 0.093     |
| а         | 0.074     |
| е         | 0.074     |
| и         | 0.063     |
| н         | 0.059     |
| т         | 0.048     |
| с         | 0.045     |
| в         | 0.043     |
| р         | 0.041     |
| л         | 0.037     |
| к         | 0.028     |
| м         | 0.026     |
| п         | 0.023     |
| у         | 0.021     |
| я         | 0.02      |
| д         | 0.02      |
| з         | 0.017     |
| ы         | 0.016     |
| б         | 0.015     |
| г         | 0.015     |
| ь         | 0.014     |
| й         | 0.012     |
| ч         | 0.011     |
| ш         | 0.01      |
| х         | 0.008     |
| ж         | 0.008     |
| ю         | 0.004     |
| ц         | 0.003     |
| щ         | 0.003     |
| э         | 0.002     |
| ф         | 0.002     |

## Текст без пробілів

| character | frequency |
|-----------|-----------|
| о         | 0.109     |
| а         | 0.086     |
| е         | 0.086     |
| и         | 0.074     |
| н         | 0.069     |
| т         | 0.056     |
| с         | 0.052     |
| в         | 0.05      |
| р         | 0.048     |
| л         | 0.043     |
| к         | 0.033     |
| м         | 0.03      |
| п         | 0.027     |
| у         | 0.025     |
| я         | 0.024     |
| д         | 0.023     |
| з         | 0.019     |
| ы         | 0.019     |
| б         | 0.018     |
| г         | 0.017     |
| ь         | 0.017     |
| й         | 0.014     |
| ч         | 0.013     |
| ш         | 0.011     |
| х         | 0.01      |
| ж         | 0.009     |
| ю         | 0.005     |
| ц         | 0.004     |
| щ         | 0.003     |
| э         | 0.003     |
| ф         | 0.003     |

Найчастіші букви - о, а, е, и, н, т, с, в, р, л.

Нижче наведено таблицю найчастіших біграм у тексті для різних моделей джерела. Повні таблиці частот біграм розташовані у відповідних файлах (slide\_bigrams\_with\_spaces.csv, block\_bigrams\_with\_spaces.csv...).

| Перехресні з пробілами                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Не перехресні з пробілами | Перехресні без пробілів | Не перехресні без пробілів |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|----|--------|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| <table><tr><th>bigram</th><th>frequency</th></tr><tr><td>е""</td><td>0.0181</td></tr><tr><td>""п</td><td>0.0170</td></tr><tr><td>и""</td><td>0.0157</td></tr><tr><td>а""</td><td>0.0147</td></tr><tr><td>""с</td><td>0.0143</td></tr><tr><td>ст</td><td>0.0139</td></tr><tr><td>""в</td><td>0.0131</td></tr><tr><td>о""</td><td>0.0127</td></tr><tr><td>""о</td><td>0.0121</td></tr><tr><td>ра</td><td>0.0121</td></tr></table> | bigram                    | frequency               | е""                        | 0.0181 | ""п | 0.0170 | и"" | 0.0157 | а"" | 0.0147 | ""с | 0.0143 | ст | 0.0139 | ""в | 0.0131 | о"" | 0.0127 | ""о | 0.0121 | ра | 0.0121 | <table><tr><th>bigram</th><th>frequency</th></tr><tr><td>е""</td><td>0.0182</td></tr><tr><td>""п</td><td>0.0170</td></tr><tr><td>и""</td><td>0.0158</td></tr><tr><td>а""</td><td>0.0147</td></tr><tr><td>""с</td><td>0.0142</td></tr><tr><td>ст</td><td>0.0139</td></tr><tr><td>""в</td><td>0.0133</td></tr><tr><td>о""</td><td>0.0126</td></tr><tr><td>ра</td><td>0.0123</td></tr><tr><td>я""</td><td>0.0121</td></tr></table> | bigram | frequency | е"" | 0.0182 | ""п | 0.0170 | и"" | 0.0158 | а"" | 0.0147 | ""с | 0.0142 | ст | 0.0139 | ""в | 0.0133 | о"" | 0.0126 | ра | 0.0123 | я"" | 0.0121 | <table><tr><th>bigram</th><th>frequency</th></tr><tr><td>ст</td><td>0.0164</td></tr><tr><td>ра</td><td>0.0142</td></tr><tr><td>ов</td><td>0.0138</td></tr><tr><td>ен</td><td>0.0133</td></tr><tr><td>но</td><td>0.0120</td></tr><tr><td>на</td><td>0.0117</td></tr><tr><td>то</td><td>0.0112</td></tr><tr><td>ни</td><td>0.0110</td></tr><tr><td>по</td><td>0.0102</td></tr><tr><td>ал</td><td>0.0099</td></tr></table> | bigram | frequency | ст | 0.0164 | ра | 0.0142 | ов | 0.0138 | ен | 0.0133 | но | 0.0120 | на | 0.0117 | то | 0.0112 | ни | 0.0110 | по | 0.0102 | ал | 0.0099 | <table><tr><th>bigram</th><th>frequency</th></tr><tr><td>ст</td><td>0.0163</td></tr><tr><td>ра</td><td>0.0142</td></tr><tr><td>ов</td><td>0.0138</td></tr><tr><td>ен</td><td>0.0136</td></tr><tr><td>но</td><td>0.0118</td></tr><tr><td>на</td><td>0.0116</td></tr><tr><td>то</td><td>0.0113</td></tr><tr><td>ни</td><td>0.0108</td></tr><tr><td>по</td><td>0.0101</td></tr><tr><td>ал</td><td>0.0100</td></tr></table> | bigram | frequency | ст | 0.0163 | ра | 0.0142 | ов | 0.0138 | ен | 0.0136 | но | 0.0118 | на | 0.0116 | то | 0.0113 | ни | 0.0108 | по | 0.0101 | ал | 0.0100 |
| bigram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | frequency                 |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| е""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0181                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""п                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0170                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| и""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0157                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| а""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0147                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0143                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ст                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0139                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""в                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0131                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| о""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0127                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""о                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0121                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0121                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| bigram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | frequency                 |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| е""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0182                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""п                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0170                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| и""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0158                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| а""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0147                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0142                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ст                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0139                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ""в                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0133                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| о""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0126                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0123                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| я""                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.0121                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| bigram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | frequency                 |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ст                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0164                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0142                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0138                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ен                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0133                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| но                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0120                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| на                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0117                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| то                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0112                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0110                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| по                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0102                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ал                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0099                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| bigram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | frequency                 |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ст                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0163                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0142                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0138                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ен                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0136                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| но                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0118                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| на                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0116                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| то                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0113                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0108                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| по                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0101                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |
| ал                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0100                    |                         |                            |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |     |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |    |        |     |        |     |        |    |        |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |           |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |

Тепер можемо обрахувати значення надлишковості R для кожного випадку.

|   | N1 для тексту з пробілами | N1 для тексту без пробілів | N2 для тексту з пробілами (перехресно) | N2 для тексту з пробілами (НЕ перехресно) | N2 для тексту без пробілів (перехресно) | N2 для тексту без пробілів (НЕ перехресно) |
|---|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| H | 4.395                     | 4.452                      | 3.952                                  | 3.951                                     | 4.078                                   | 4.079                                      |
| R | 0.121                     | 0.1096                     | 0.2096                                 | 0.2098                                    | 0.1844                                  | 0.1842                                     |

## CoolPinkProgram

Далі починаємо працювати з програмою CoolPinkProgram. При використанні виникла низка труднощів. По перше, програма не запускалась на macOS, з під якої йшла робота, навіть за допомогою сторонніх утиліт. Шлях вирішення - встановлення Windows 11 на віртуальну машину. Далі в програмі замість тексту з'являлися ієрогліфи. Шлях вирішення - зміна мови системи. Далі Windows не дозволяла запуск програми, бо ідентифікувала її як шкідливе ПО. Шлях вирішення - вимкнення перевірки файлів у налаштуваннях. З точки зору безпеки це не найкращий хід, але після закінчення роботи перевірку було увімкнено назад.

Тепер, коли всі труднощі подолано, починаємо працювати. Визначаємо значення  $H(10)$ ,  $H(20)$ ,  $H(30)$ .

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
да\_были\_согласны\_в\_том\_что\_не\_следует\_ставить\_на\_первое\_место\_самого\_себя\_э

Использованные буквы:  
с,

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: o

Символ по счету: 2

Номер эксперимента: 51

Неравенство для энтропии:  
 $1.83645016563374 < H < 2.52768097808103$

Двоичная таблица угаданных символов:

|                                  |
|----------------------------------|
| 00000100000000000000000000000000 |
| 00000000000000000000000000000000 |
| 00000000000000000000000000000000 |
| 10000000000000000000000000000000 |
| 01000000000000000000000000000000 |
| 10000000000000000000000000000000 |

Поле ввода символов:  
o

Продолжить Другой

Вероятности:

|                    |
|--------------------|
| $q[1] = 0.5294117$ |
| $q[2] = 0.1568627$ |
| $q[3] = 0.0392156$ |
| $q[4] = 0.0392156$ |
| $q[5] = 0.0196078$ |
| $q[6] = 0.0196078$ |
| $q[7] = 0$         |
| $q[8] = 0$         |
| $q[9] = 0$         |
| $q[10] = 0.019607$ |
| $q[11] = 0$        |
| $q[12] = 0$        |
| $q[13] = 0$        |
| $q[14] = 0.019607$ |
| $q[15] = 0$        |
| $q[16] = 0.019607$ |
| $q[17] = 0$        |
| $q[18] = 0$        |
| $q[19] = 0$        |
| $q[20] = 0.039215$ |
| $q[21] = 0$        |
| $q[22] = 0$        |
| $q[23] = 0$        |
| $q[24] = 0$        |
| $q[25] = 0$        |
| $q[26] = 0.019607$ |
| $q[27] = 0$        |
| $q[28] = 0.019607$ |
| $q[29] = 0$        |
| $q[30] = 0.039215$ |
| $q[31] = 0$        |
| $q[32] = 0.019607$ |

Строка состояния:  
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

[Home](#)
[Videos](#)
[About](#)
[Privacy Policy](#)
[Terms of Service](#)
[Contact Us](#)

Downloaded from <http://ajph.org/> on November 10, 2014

Отримані результати:

$$1.8364 < H(10) < 2.5277$$

$$1.8266 < H(20) < 2.5359$$

$$2.1001 < H(30) < 2.8014$$

Оцінка надлишковості російської мови

Використовуючи результати, отримані за допомогою CoolPinkProgram, можемо порахувати значення надлишковості мови:

|       | H     | R      |
|-------|-------|--------|
| H(10) | 2.182 | 0.5636 |
| H(20) | 2.181 | 0.5638 |
| H(30) | 2.451 | 0.5098 |

## Висновки

В ході виконання лабораторної роботи було засвоєно поняття ентропії та надлишковості, написано програму мовою Python 3 для підрахунку частот символів та біграм у тексті перехресно та не перехресно, а також обчислення значень  $H_1$  та  $H_2$  за отриманими частотами для різних моделей джерела. Також за допомогою програми CoolPinkProgram було обраховано значення ентропій надлишковість мови яка становить 0.5636 для  $H(10)$ , 0.5638 для  $H(20)$  та 0.5098 для  $H(30)$ .