МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ 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

Виконали:

студенти гр. ФБ-33

Ольшевський Б.

Степура Н.

Перевірила

Селюх П. В.

Київ 2025

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.

1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку H1 та H2 за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H1 та H2 на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення H1 та H2 на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.

Обраний текст - Лев Товстий «Війна і Мир» Том 1 (1.23Мб)
Букви:

З пробілами

```
=== Літери з пробілами  ===
Символ Кількість  % від загального
       113782         17.438%
о      61239           9.385%
а      45188           6.925%
е      42479           6.510%
и      35801           5.487%
н      35106           5.380%
т      30595           4.689%
с      28107           4.308%
л      27267           4.179%
в      24799           3.801%
р      24551           3.763%
к      19322           2.961%
д      16381           2.511%
м      15922           2.440%
у      15443           2.367%
п      13839           2.121%
я      12471           1.911%
г      11170           1.712%
ь      10491           1.608%
ы      10224           1.567%
з      9594            1.470%
б      9304            1.426%
ч      7342            1.125%
й      6205            0.951%
ж      5457            0.836%
ш      5087            0.780%
х      4595            0.704%
ю      3494            0.535%
ц      2179            0.334%
э      1629            0.250%
щ      1511            0.232%
ф      1206            0.185%
ё      431             0.066%
ъ      283             0.043%
```

Без пробілів

Буква, частота

```
=== Літери без пробілів  ===
Символ Кількість  % від загального
о      61239          11.368%
а      45188           8.388%
е      42479           7.885%
и      35801           6.646%
н      35106           6.517%
т      30595           5.679%
с      28107           5.217%
л      27267           5.062%
в      24799           4.603%
р      24551           4.557%
к      19322           3.587%
д      16381           3.041%
м      15922           2.956%
у      15443           2.867%
п      13839           2.569%
я      12471           2.315%
г      11170           2.073%
ь      10491           1.947%
ы      10224           1.898%
з      9594            1.781%
б      9304            1.727%
ч      7342            1.363%
й      6205            1.152%
ж      5457            1.013%
ш      5087            0.944%
х      4595            0.853%
ю      3494            0.649%
ц      2179            0.404%
э      1629            0.302%
щ      1511            0.280%
ф      1206            0.224%
ё      431             0.080%
ъ      283             0.053%
```

Біграми, що перетинаються:

З пробілами

```
=== Біграми з пробілами  ===
Символ Кількість  % від загального
о     13307           2.039%
и     11383           1.745%
а     10591           1.623%
      10425           1.598%
е     10028           1.537%
 с    9856            1.511%
 п    9761            1.496%
 в    9602            1.472%
 н    9346            1.432%
то    8486            1.301%
 о    7673            1.176%
я     7092            1.087%
 к    7046            1.080%
 и    6823            1.046%
ст    6661            1.021%
ь     6600            1.012%
на    6546            1.003%
го    5753            0.882%
ал    5671            0.869%
не    5541            0.849%
по    5451            0.835%
но    5336            0.818%
ра    5328            0.817%
ко    5257            0.806%
ов    5129            0.786%
л     5031            0.771%
й     4884            0.749%
ка    4809            0.737%
 б    4698            0.720%
м     4669            0.716%
во    4471            0.685%
 д    4392            0.673%
ро    4381            0.671%
 т    4331            0.664%
ер    4330            0.664%
ол    4313            0.661%
```

Повний файл *analysis_results.txt*

Без пробілів

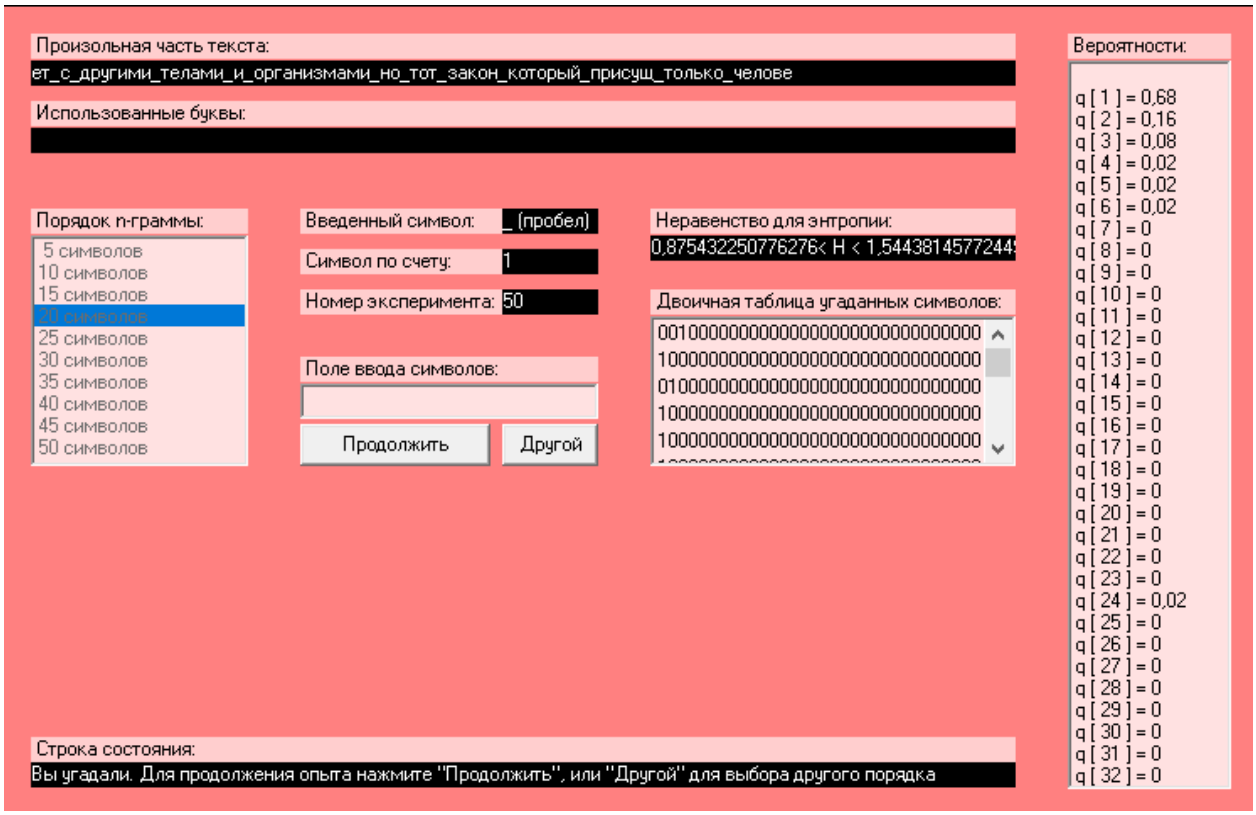
```
=== Біграми без пробілів  ===
Символ Кількість  % від загального
то    8658            1.607%
ст    6836            1.269%
на    6585            1.222%
ов    6482            1.203%
ал    5855            1.087%
го    5799            1.076%
он    5619            1.043%
не    5579            1.036%
но    5541            1.029%
ко    5490            1.019%
по    5454            1.012%
ра    5353            0.994%
ос    5337            0.991%
ен    5072            0.942%
от    4864            0.903%
ка    4861            0.902%
во    4721            0.876%
ло    4599            0.854%
ер    4572            0.849%
ол    4510            0.837%
ро    4435            0.823%
ни    4408            0.818%
ли    4287            0.796%
ан    4252            0.789%
ор    4245            0.788%
ла    4175            0.775%
ел    4012            0.745%
ре    3812            0.708%
пр    3796            0.705%
ва    3764            0.699%
ом    3535            0.656%
ак    3510            0.652%
та    3497            0.649%
за    3481            0.646%
ат    3450            0.640%
```

Повний файл *analysis_results.txt*

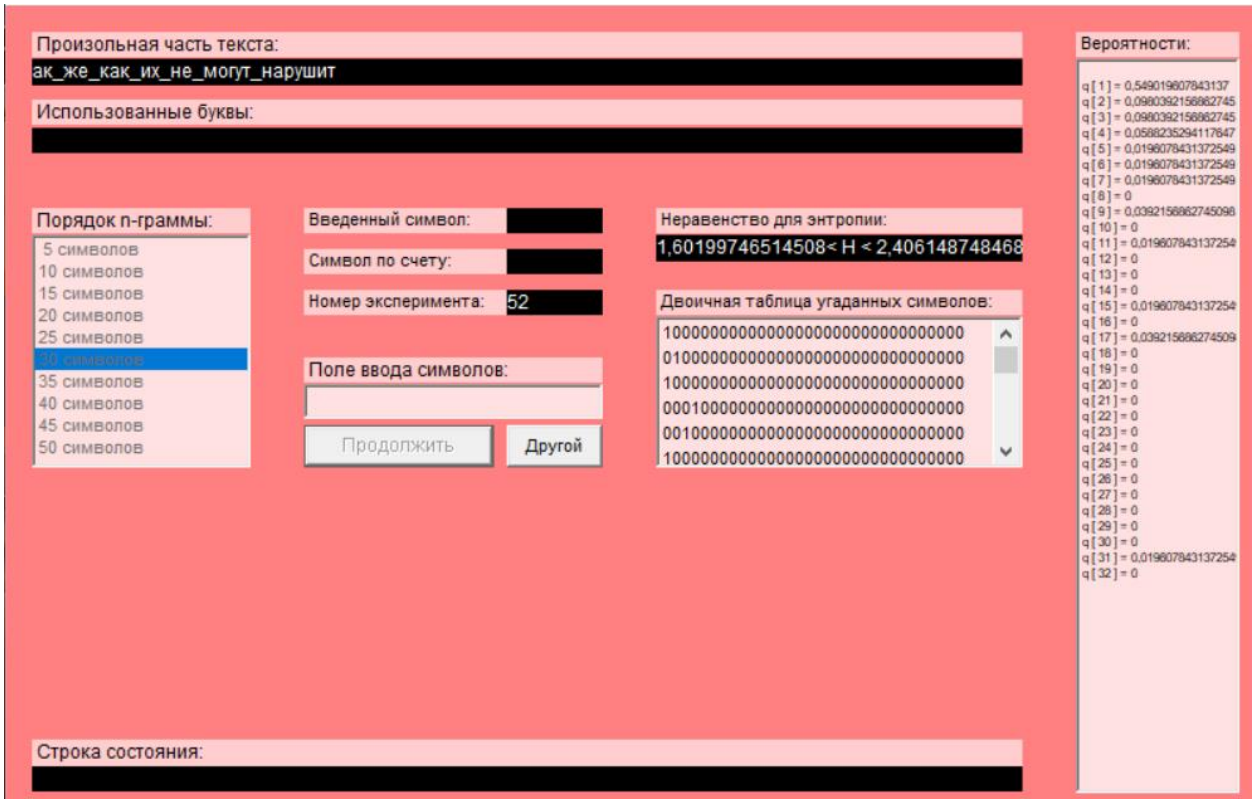
```
Ентропія літер з пробілами: 4.3652
Ентропія літер без пробілів: 4.4785
Ентропія біграм з пробілами: 7.9575
Ентропія біграм без пробілів: 8.3139

Надлишковість літер з пробілами: 0.1420
Надлишковість літер без пробілів: 0.1122
Надлишковість біграм з пробілами: 0.2179
Надлишковість біграм без пробілів: 0.1759
```

2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення H10, H20, H30.

1,63473262855352 < H(10) < 2,35682542858739



0,875432250776276 < H(20) < 1,54438145772445



1,60199746514508 < H(30) < 2,406148748468

Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

H_0-ентропія відкритих текстів. Оскільки відкритий текст в нас рівно вірогідний звідси: $H_0 = \log_2 n$, де $n - 32$ літери

$$R = 1 - \frac{H_\infty}{H_0} = 1 - \frac{H_\infty}{\log_2 32} = \frac{H_\infty}{5}$$

$$\boldsymbol{H^{10}: R_l = 1 - \frac{1,63473262855352}{5} = 0.673053474289296 \approx 0.67}$$

$$\boldsymbol{R_r = 1 - \frac{2,35682542858739}{5} = 0.528634914282522 \approx 0.53}$$

$$\boldsymbol{0.67 < H^{10} < 0.53}$$

$$\boldsymbol{H^{20}: R_l = 1 - \frac{0,875432250776276}{5} = 0.8249135498447448 \approx 0.82}$$

$$\boldsymbol{R_r = 1 - \frac{1,54438145772445}{5} = 0.69112370845511 \approx 0.69}$$

$$\boldsymbol{0.82 < H^{20} < 0.69}$$

$$\boldsymbol{H^{30}: R_l = 1 - \frac{1,60199746514508}{5} = 0,679600506970984 \approx 0.67}$$

$$\boldsymbol{R_r = 1 - \frac{2,406148748468}{5} = 0,51877024503064 \approx 0.52}$$

$$\mathbf{0.67} < \boldsymbol{H^{30}} < \mathbf{0.52}$$

Висновки: під час роботи над даним комп’ютерним практикумом ми мали змогу дослідити поняття ентропії, біграм та надлишковості російської мови за допомогою власноруч написаного скрипту та програми CoolPinkProgram, що дало змогу оцінити різницю вихідних даних на практиці у порівнянні з отриманими внаслідок експериментального «вгадування» наступних літер(людського фактору у тому числі)