

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

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

Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела  
відкритого текст

Виконали:  
студенти групи ФБ-22  
Шафранський Даніїл  
Перевузнник Ілля

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

### Постановка задачі

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.
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

1. Нами був обраний текст Корану.

Частоти букв (з пробілами):

| Symvol | Chastota |
|--------|----------|
| —      | 0,177595 |
| о      | 0,088295 |
| и      | 0,074782 |
| е      | 0,073122 |
| а      | 0,066284 |
| т      | 0,054849 |
| н      | 0,051194 |
| л      | 0,042626 |
| с      | 0,038669 |
| в      | 0,037083 |
| р      | 0,030332 |
| м      | 0,028001 |
| д      | 0,026265 |
| к      | 0,022185 |
| п      | 0,020983 |
| у      | 0,020596 |
| ы      | 0,018981 |
| б      | 0,014969 |
| я      | 0,01456  |
| г      | 0,014543 |
| з      | 0,014478 |
| х      | 0,012905 |
| ь      | 0,012089 |
| ч      | 0,009154 |
| й      | 0,007623 |
| ж      | 0,007361 |
| ю      | 0,006018 |
| ш      | 0,005957 |
| щ      | 0,004799 |
| э      | 0,001919 |
| ц      | 0,001367 |
| ф      | 0,000233 |
| ъ      | 0,000184 |

Частоти букв (без пробілів):

| Symvol | Chastota |
|--------|----------|
| о      | 0,107361 |
| и      | 0,090931 |
| е      | 0,088913 |
| а      | 0,080598 |
| т      | 0,066694 |
| н      | 0,062249 |
| л      | 0,051831 |
| с      | 0,047019 |
| в      | 0,04509  |
| р      | 0,036882 |
| м      | 0,034047 |
| д      | 0,031937 |
| к      | 0,026976 |
| п      | 0,025514 |
| у      | 0,025044 |
| ы      | 0,02308  |
| б      | 0,018201 |
| я      | 0,017704 |
| г      | 0,017684 |
| з      | 0,017604 |
| х      | 0,015691 |
| ь      | 0,0147   |
| ч      | 0,01113  |
| й      | 0,009269 |
| ж      | 0,008951 |
| ю      | 0,007318 |
| ш      | 0,007244 |
| щ      | 0,005836 |
| э      | 0,002334 |
| ц      | 0,001662 |
| ф      | 0,000283 |
| ъ      | 0,000223 |

## Частоти біграм (з перетинами, з пробілами):

|   | —        | а        | б        | в        | г        | д        | е        | ж        | з        | и        | й        | к        | л        | м        | н        | о        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| — | 0        | 0,006348 | 0,006574 | 0,017747 | 0,003337 | 0,006806 | 0,004084 | 0,002037 | 0,005049 | 0,018491 | 9,41E-05 | 0,009787 | 0,002315 | 0,007239 | 0,017453 | 0,013753 |
| а | 0,013309 | 1,49E-06 | 0,000684 | 0,001866 | 0,001108 | 0,001909 | 0,002418 | 0,001279 | 0,003655 | 0,000211 | 0,00117  | 0,002492 | 0,009792 | 0,003972 | 0,003938 | 0        |
| б | 0,000127 | 0,000426 | 1,34E-05 | 5,83E-05 | 1,49E-06 | 5,98E-06 | 0,001908 | 1,49E-06 | 1,49E-06 | 0,000884 | 0        | 5,98E-06 | 0,001648 | 3,44E-05 | 0,000194 | 0,002048 |
| в | 0,004923 | 0,007417 | 0        | 0,00012  | 0        | 0,000169 | 0,00811  | 0        | 0,000264 | 0,00187  | 0        | 0,000118 | 0,000672 | 0,000139 | 0,000479 | 0,006543 |
| г | 0,000273 | 0,000603 | 0        | 1,49E-06 | 0        | 0,001428 | 0,000347 | 0        | 0        | 0,000569 | 0        | 5,83E-05 | 0,000439 | 0        | 0,000406 | 0,009239 |
| д | 0,001158 | 0,005073 | 2,99E-06 | 0,000326 | 1,49E-06 | 1,49E-05 | 0,005431 | 9,56E-05 | 5,98E-06 | 0,002408 | 1,49E-05 | 4,93E-05 | 0,001736 | 1,49E-06 | 0,001232 | 0,002348 |
| е | 0,021306 | 1,49E-06 | 0,002048 | 0,000949 | 0,003431 | 0,004    | 0,00094  | 0,000615 | 0,000384 | 5,98E-05 | 0,001651 | 0,000624 | 0,005433 | 0,004998 | 0,005945 | 2,99E-05 |
| ж | 7,17E-05 | 0,000515 | 1,49E-06 | 0        | 1,05E-05 | 0,000834 | 0,003182 | 1,2E-05  | 0        | 0,00183  | 0        | 1,79E-05 | 0        | 4,48E-06 | 0,000306 | 1,49E-06 |
| з | 0,001833 | 0,004348 | 0,000163 | 0,001486 | 0,000117 | 0,000623 | 0,000753 | 5,98E-06 | 7,62E-05 | 8,51E-05 | 0        | 0,000128 | 0,000385 | 0,000249 | 0,002607 | 0,000478 |
| и | 0,031312 | 2,69E-05 | 0,00052  | 0,001791 | 0,000583 | 0,001306 | 0,002946 | 0,000385 | 0,003083 | 0,000441 | 0,001014 | 0,001981 | 0,004661 | 0,003824 | 0,00321  | 0,000109 |
| й | 0,005512 | 0,000125 | 1,64E-05 | 0        | 0        | 0,000258 | 1,49E-06 | 0        | 0        | 2,99E-06 | 5,98E-06 | 2,99E-05 | 0        | 3,44E-05 | 0,000166 | 0        |
| к | 0,003358 | 0,0056   | 0        | 8,51E-05 | 0        | 0        | 0,000134 | 4,48E-06 | 0        | 0,001016 | 0        | 7,47E-06 | 0,000772 | 4,48E-06 | 0,000197 | 0,007714 |
| л | 0,003908 | 0,008958 | 1,49E-06 | 0        | 4,18E-05 | 6,87E-05 | 0,002989 | 0,000206 | 1,49E-06 | 0,0113   | 7,47E-06 | 5,98E-05 | 0,004029 | 1,05E-05 | 0,000212 | 0,003557 |
| м | 0,009747 | 0,000816 | 0        | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0,002988 | 0        | 0        | 0,004118 | 0        | 2,09E-05 | 0,000814 | 7,47E-06 | 0,00095  | 0,002438 |
| н | 0,003359 | 0,009228 | 1,49E-06 | 0        | 0,000151 | 2,99E-06 | 0,011134 | 0        | 1,49E-06 | 0,01417  | 0        | 4,78E-05 | 0        | 1,64E-05 | 0,001628 | 0,004499 |
| о | 0,019541 | 0        | 0,003997 | 0,005452 | 0,004962 | 0,004402 | 0,002082 | 0,001643 | 0,001289 | 0,002136 | 0,002117 | 0,00177  | 0,002583 | 0,004553 | 0,007651 | 9,71E-05 |
| п | 1,94E-05 | 0,000636 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,000774 | 0        | 0        | 0,000859 | 0        | 8,96E-06 | 0,00029  | 0        | 0,0001   | 0,01055  |
| р | 0,000248 | 0,00691  | 3,44E-05 | 0,000145 | 0,00012  | 0,000623 | 0,004486 | 0,000312 | 7,62E-05 | 0,00357  | 5,08E-05 | 1,05E-05 | 2,39E-05 | 6,27E-05 | 0,000926 | 0,005902 |
| с | 0,003155 | 0,001433 | 0,000151 | 0,001654 | 1,64E-05 | 0,000367 | 0,001984 | 1,05E-05 | 1,05E-05 | 0,00081  | 0        | 0,002932 | 0,004293 | 0,000373 | 0,00065  | 0,001861 |
| т | 0,010795 | 0,002904 | 1,49E-05 | 0,002852 | 8,96E-06 | 5,08E-05 | 0,008186 | 0        | 0        | 0,004438 | 0        | 0,000344 | 9,26E-05 | 2,39E-05 | 0,000518 | 0,015804 |
| у | 0,005518 | 1,94E-05 | 0,00056  | 0,001084 | 0,000587 | 0,002565 | 0,000391 | 0,000668 | 0,000184 | 1,2E-05  | 0,000278 | 0,000433 | 0,000193 | 0,000447 | 0,000332 | 0        |
| ф | 3,73E-05 | 3,14E-05 | 0        | 0        | 0        | 0        | 4,48E-06 | 0        | 0        | 0,000121 | 0        | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0        | 2,09E-05 |
| х | 0,008615 | 0,001848 | 0        | 0,00026  | 0        | 0        | 5,53E-05 | 0        | 0        | 0,000276 | 7,47E-06 | 1,49E-06 | 1,49E-05 | 5,98E-06 | 4,48E-06 | 0,001143 |
| ц | 0,000226 | 0,000491 | 0        | 1,64E-05 | 0        | 0        | 0,000266 | 0        | 0        | 8,96E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,00013  |
| ч | 1,64E-05 | 0,000813 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,001899 | 0        | 0        | 0,001518 | 0        | 4,48E-05 | 5,38E-05 | 0        | 0,000435 | 2,99E-06 |
| ш | 0,000284 | 0,000704 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,001809 | 0        | 0        | 0,001666 | 0        | 2,24E-05 | 0,000539 | 0        | 0,000166 | 2,69E-05 |
| щ | 0,0002   | 0,001007 | 0        | 1,64E-05 | 0        | 0        | 0,001298 | 0        | 0        | 0,001873 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,000121 | 0        |
| ъ | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 7,17E-05 | 0        | 1,49E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| ы | 0,009759 | 0        | 2,54E-05 | 0,000956 | 1,49E-06 | 1,64E-05 | 0,001982 | 3,14E-05 | 5,98E-06 | 2,99E-06 | 0,001029 | 0,000106 | 0,001424 | 0,001047 | 0,000276 | 0        |
| ь | 0,008619 | 0        | 7,47E-06 | 0        | 2,99E-06 | 7,47E-06 | 0,000117 | 0        | 9,71E-05 | 3,59E-05 | 0        | 0,000707 | 0        | 0,000167 | 0,000521 | 0        |
| э | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1,49E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1,49E-06 | 0        | 0        | 0        |
| ю | 0,001834 | 0        | 0,000152 | 0        | 0        | 0,000716 | 0        | 0        | 1,64E-05 | 0        | 2,99E-06 | 1,49E-06 | 4,48E-06 | 0        | 2,39E-05 | 0        |
| я | 0,008531 | 0        | 0        | 0,000218 | 5,98E-05 | 9,11E-05 | 0,000354 | 5,38E-05 | 0,000275 | 0        | 0,000181 | 0,000376 | 0,000415 | 0,000786 | 0,000545 | 0        |

## Частоти біграм(з перетинами, без пробілів):

|   | а        | б        | в        | г        | д        | е        | ж        | з        | и        | й        | к        | л        | м        | н        | о        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| а | 0,000672 | 0,001199 | 0,003602 | 0,001535 | 0,00271  | 0,00368  | 0,001684 | 0,005013 | 0,002309 | 0,001431 | 0,004437 | 0,012088 | 0,005458 | 0,006146 | 0,001288 |
| б | 0,000547 | 1,63E-05 | 7,45E-05 | 1,82E-06 | 7,27E-06 | 0,002319 | 1,82E-06 | 5,45E-06 | 0,001113 | 3,63E-06 | 1,09E-05 | 0,002005 | 4,18E-05 | 0,00024  | 0,002501 |
| в | 0,009247 | 0,000229 | 0,000367 | 0,000156 | 0,000552 | 0,009921 | 7,08E-05 | 0,000465 | 0,002803 | 1,82E-06 | 0,000423 | 0,000843 | 0,000336 | 0,001411 | 0,008166 |
| г | 0,000739 | 7,27E-06 | 5,27E-05 | 1,82E-06 | 0,001791 | 0,000447 | 0        | 3,63E-06 | 0,000739 | 0        | 9,44E-05 | 0,000536 | 5,45E-06 | 0,000518 | 0,011249 |
| д | 0,006246 | 1,63E-05 | 0,000559 | 1,63E-05 | 5,99E-05 | 0,006631 | 0,000134 | 2,18E-05 | 0,003026 | 1,82E-05 | 0,000138 | 0,002141 | 0,000124 | 0,001876 | 0,002888 |
| е | 0,001084 | 0,00376  | 0,003983 | 0,004563 | 0,005885 | 0,001582 | 0,001204 | 0,001324 | 0,00265  | 0,002014 | 0,002416 | 0,006922 | 0,006971 | 0,009227 | 0,001862 |
| ж | 0,000632 | 5,45E-06 | 9,08E-06 | 1,63E-05 | 0,001015 | 0,003871 | 1,45E-05 | 1,82E-06 | 0,002238 | 0        | 2,36E-05 | 0        | 1,27E-05 | 0,000374 | 1,45E-05 |
| з | 0,005306 | 0,000282 | 0,002132 | 0,000176 | 0,000834 | 0,000984 | 3,63E-05 | 0,000169 | 0,000196 | 0        | 0,000265 | 0,000501 | 0,000405 | 0,003591 | 0,000676 |
| и | 0,000988 | 0,002537 | 0,005992 | 0,001371 | 0,003015 | 0,004677 | 0,000881 | 0,004979 | 0,0036   | 0,001273 | 0,004099 | 0,006172 | 0,006334 | 0,007807 | 0,00334  |
| й | 0,000381 | 0,00014  | 0,000619 | 0,000249 | 0,000605 | 0,000122 | 0,000227 | 0,000209 | 0,000859 | 7,27E-06 | 0,000394 | 4,72E-05 | 0,000545 | 0,000696 | 0,000356 |
| к | 0,00698  | 0,000134 | 0,000503 | 8,54E-05 | 0,000109 | 0,000194 | 4,9E-05  | 5,63E-05 | 0,001473 | 5,45E-06 | 0,000162 | 0,00099  | 0,000232 | 0,001077 | 0,009652 |
| л | 0,011149 | 0,000149 | 0,000536 | 0,00014  | 0,000262 | 0,003856 | 0,000258 | 8,17E-05 | 0,014318 | 1,09E-05 | 0,000305 | 0,004977 | 0,000222 | 0,000583 | 0,004853 |
| м | 0,001393 | 0,000312 | 0,001073 | 0,000194 | 0,000456 | 0,003834 | 8,9E-05  | 0,0004   | 0,006802 | 5,45E-06 | 0,000654 | 0,00107  | 0,000621 | 0,002065 | 0,003916 |
| н | 0,011301 | 0,000105 | 0,000434 | 0,000262 | 0,000162 | 0,013621 | 2,91E-05 | 0,000118 | 0,017564 | 1,82E-06 | 0,000225 | 6,18E-05 | 0,000138 | 0,002309 | 0,005767 |
| о | 0,000641 | 0,005845 | 0,009067 | 0,006604 | 0,006288 | 0,002846 | 0,002298 | 0,002319 | 0,004379 | 0,002586 | 0,003042 | 0,000352 | 0,006532 | 0,011566 | 0,002281 |
| п | 0,000776 | 0        | 5,45E-06 | 0        | 0        | 0,000941 | 0        | 0        | 0,001048 | 0        | 1,09E-05 | 0,000352 | 1,82E-06 | 0,000124 | 0,012831 |
| р | 0,008419 | 4,36E-05 | 0,000229 | 0,000149 | 0,000776 | 0,005465 | 0,000381 | 9,63E-05 | 0,004403 | 6,18E-05 | 2,36E-05 | 3,09E-05 | 8,9E-05  | 0,001139 | 0,007182 |
| с | 0,001882 | 0,000276 | 0,002412 | 5,81E-05 | 0,000565 | 0,002532 | 2,54E-05 | 0,000122 | 0,001417 | 3,63E-06 | 0,003733 | 0,005275 | 0,000561 | 0,001495 | 0,002467 |
| т | 0,004178 | 0,000539 | 0,00491  | 0,000287 | 0,00075  | 0,010299 | 5,81E-05 | 0,000296 | 0,006668 | 0        | 0,001261 | 0,000287 | 0,000429 | 0,001649 | 0,020352 |
| у | 0,000329 | 0,000817 | 0,002005 | 0,000925 | 0,003304 | 0,000594 | 0,000848 | 0,000307 | 0,001043 | 0,000343 | 0,00087  | 0,000287 | 0,000837 | 0,001233 | 0,000349 |
| ф | 4,18E-05 | 0        | 1,82E-06 | 0        | 0        | 5,45E-06 | 0        | 0        | 0,000149 | 0        | 5,45E-06 | 2,36E-05 | 0        | 0        | 3,09E-05 |
| х | 0,002501 | 0,000283 | 0,001153 | 0,000236 | 0,000472 | 0,000263 | 0,000147 | 0,000412 | 0,001629 | 1,09E-05 | 0,001048 | 0,00018  | 0,000307 | 0,000917 | 0,002043 |
| ц | 0,000605 | 3,63E-06 | 4,18E-05 | 1,09E-05 | 5,45E-06 | 0,000325 | 1,82E-06 | 7,27E-06 | 6,18E-05 | 0        | 9,08E-06 | 0        | 2E-05    | 3,27E-05 | 0,000174 |
| ч | 0,000988 | 0        | 1,82E-06 | 0        | 0        | 0,002309 | 0        | 0        | 0,001851 | 0        | 5,45E-05 | 6,72E-05 | 1,82E-06 | 0,000532 | 3,63E-06 |
| ш | 0,000866 | 1,63E-05 | 1,82E-05 | 6,18E-05 | 1,82E-05 | 0,002205 | 0        | 7,27E-06 | 0,002045 | 0        | 4E-05    | 0,000659 | 2,18E-05 | 0,000229 | 4,9E-05  |
| щ | 0,00123  | 5,45E-06 | 7,08E-05 | 5,45E-06 | 0        | 0,00158  | 0        | 1,09E-05 | 0,002318 | 0        | 3,63E-06 | 0        | 5,81E-05 | 0,000149 | 2E-05    |
| ъ | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 8,72E-05 | 0        | 1,82E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| ы | 0,000229 | 0,000701 | 0,002459 | 0,000203 | 0,000569 | 0,002674 | 9,81E-05 | 0,000278 | 0,001217 | 0,001255 | 0,000587 | 0,001844 | 0,001606 | 0,001744 | 0,001077 |
| ь | 0,000656 | 0,000243 | 0,001064 | 0,000134 | 0,00032  | 0,000414 | 0,000227 | 0,000291 | 0,001375 | 3,63E-06 | 0,001506 | 0,000167 | 0,000714 | 0,001408 | 0,001037 |
| э | 0        | 0        | 0        | 0        | 1,82E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1,82E-06 | 0        | 0        | 0        |
| ю | 0,000127 | 0,000218 | 0,000243 | 1,82E-05 | 0,000939 | 3,27E-05 | 4,18E-05 | 7,27E-05 | 0,000396 | 3,63E-06 | 0,000133 | 2,54E-05 | 0,000145 | 0,000191 | 0,000138 |
| я | 0,000465 | 0,000316 | 0,001469 | 0,000223 | 0,000467 | 0,000601 | 0,000145 | 0,000536 | 0,001242 | 0,000227 | 0,001003 | 0,00075  | 0,001279 | 0,001922 | 0,000799 |

## Частоти біграм (без перетинів, з пробілами):

|   | —        | а        | б        | в        | г        | д        | е        | ж        | з        | и        | й        | к        | л        | м        | н        | о        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| — | 0        | 0,006411 | 0,006477 | 0,017728 | 0,003388 | 0,006791 | 0,003973 | 0,001939 | 0,005043 | 0,018472 | 8,37E-05 | 0,009584 | 0,00236  | 0,007233 | 0,017408 | 0,01371  |
| а | 0,013262 | 2,99E-06 | 0,000648 | 0,001843 | 0,001117 | 0,001999 | 0,002393 | 0,0013   | 0,003705 | 0,000257 | 0,001138 | 0,002513 | 0,009674 | 0,003938 | 0,003961 | 0        |
| б | 9,86E-05 | 0,000445 | 1,49E-05 | 6,27E-05 | 0        | 8,96E-06 | 0,001975 | 0        | 0        | 0,000839 | 0        | 8,96E-06 | 0,001718 | 2,99E-05 | 0,000227 | 0,002097 |
| в | 0,004867 | 0,007457 | 0        | 0,000125 | 0        | 0,000161 | 0,008048 | 0        | 0,000233 | 0,00187  | 0        | 9,56E-05 | 0,000705 | 0,000158 | 0,000454 | 0,006582 |
| г | 0,000275 | 0,000589 | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0,00135  | 0,000341 | 0        | 0        | 0,000577 | 0        | 5,38E-05 | 0,000457 | 0        | 0,000373 | 0,009196 |
| д | 0,001177 | 0,005204 | 0        | 0,000326 | 0        | 2,09E-05 | 0,005452 | 0,000102 | 2,99E-06 | 0,002384 | 1,2E-05  | 5,98E-05 | 0,001727 | 2,99E-06 | 0,001282 | 0,002336 |
| е | 0,021313 | 0        | 0,001972 | 0,000974 | 0,003579 | 0,00403  | 0,00095  | 0,000592 | 0,000388 | 5,98E-05 | 0,001637 | 0,000639 | 0,005395 | 0,00513  | 0,005787 | 2,69E-05 |
| ж | 5,98E-05 | 0,000502 | 2,99E-06 | 0        | 1,79E-05 | 0,000831 | 0,003209 | 5,98E-06 | 0        | 0,001861 | 0        | 2,09E-05 | 0        | 5,98E-06 | 0,000287 | 0        |
| з | 0,001912 | 0,004341 | 0,000161 | 0,001497 | 9,86E-05 | 0,000621 | 0,000771 | 5,98E-06 | 8,96E-05 | 8,07E-05 | 0        | 0,000131 | 0,0004   | 0,000251 | 0,002554 | 0,000511 |
| и | 0,03156  | 3,29E-05 | 0,000499 | 0,001795 | 0,000595 | 0,001374 | 0,002898 | 0,000394 | 0,002955 | 0,000463 | 0,001046 | 0,001957 | 0,004625 | 0,00389  | 0,003256 | 0,000111 |
| й | 0,005572 | 0,000128 | 1,2E-05  | 0        | 0        | 0,000251 | 0        | 0        | 0        | 5,98E-06 | 8,96E-06 | 4,18E-05 | 0        | 3,59E-05 | 0,000167 | 0        |
| к | 0,00343  | 0,00556  | 0        | 9,86E-05 | 0        | 0        | 0,000131 | 5,98E-06 | 0        | 0,001016 | 0        | 0        | 0,000723 | 2,99E-06 | 0,000227 | 0,007836 |
| л | 0,003955 | 0,008861 | 0        | 0        | 4,78E-05 | 6,57E-05 | 0,00294  | 0,000182 | 0        | 0,011287 | 1,2E-05  | 6,27E-05 | 0,004096 | 5,98E-06 | 0,000203 | 0,003516 |
| м | 0,009671 | 0,000819 | 0        | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0,002979 | 0        | 0        | 0,004063 | 0        | 2,09E-05 | 0,000825 | 1,2E-05  | 0,000935 | 0,00242  |
| н | 0,003385 | 0,009151 | 0        | 0        | 0,000152 | 5,98E-06 | 0,011293 | 0        | 0        | 0,014373 | 0        | 4,48E-05 | 0        | 1,49E-05 | 0,00158  | 0,004559 |
| о | 0,019281 | 0        | 0,004048 | 0,005413 | 0,004935 | 0,004212 | 0,002178 | 0,001688 | 0,001317 | 0,002106 | 0,002061 | 0,001876 | 0,002563 | 0,004529 | 0,007535 | 9,26E-05 |
| п | 2,09E-05 | 0,000666 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,000837 | 0        | 0        | 0,000896 | 0        | 1,2E-05  | 0,000314 | 0        | 9,86E-05 | 0,010483 |
| р | 0,000272 | 0,006865 | 4,18E-05 | 0,000158 | 0,000134 | 0,000562 | 0,004425 | 0,000299 | 8,37E-05 | 0,003597 | 5,38E-05 | 8,96E-06 | 1,79E-05 | 6,87E-05 | 0,000911 | 0,005841 |
| с | 0,003194 | 0,001431 | 0,000158 | 0,001682 | 2,09E-05 | 0,000353 | 0,001918 | 5,98E-06 | 8,96E-06 | 0,00081  | 0        | 0,002862 | 0,004401 | 0,000421 | 0,000732 | 0,001793 |
| т | 0,010976 | 0,002991 | 1,49E-05 | 0,002823 | 1,49E-05 | 5,98E-05 | 0,008186 | 0        | 0        | 0,004428 | 0        | 0,000329 | 9,56E-05 | 1,79E-05 | 0,000502 | 0,016192 |
| у | 0,005625 | 1,79E-05 | 0,000526 | 0,001123 | 0,00058  | 0,002501 | 0,000418 | 0,000702 | 0,000167 | 1,2E-05  | 0,000254 | 0,000382 | 0,000218 | 0,000442 | 0,000311 | 0        |
| ф | 4,78E-05 | 3,59E-05 | 0        | 0        | 0        | 0        | 5,98E-06 | 0        | 0        | 0,000108 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2,99E-05 |
| х | 0,008523 | 0,001804 | 0        | 0,000245 | 0        | 0        | 5,08E-05 | 0        | 0        | 0,000239 | 5,98E-06 | 0        | 5,98E-06 | 5,98E-06 | 8,96E-06 | 0,001186 |
| ц | 0,000233 | 0,00046  | 0        | 1,49E-05 | 0        | 0        | 0,000263 | 0        | 0        | 1,2E-05  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,000131 |
| ч | 1,79E-05 | 0,000807 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,001831 | 0        | 0        | 0,001485 | 0        | 3,59E-05 | 6,57E-05 | 0        | 0,000427 | 0        |
| ш | 0,000314 | 0,000696 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,001751 | 0        | 0        | 0,001571 | 0        | 2,09E-05 | 0,000556 | 0        | 0,000161 | 2,39E-05 |
| щ | 0,000191 | 0,000983 | 0        | 1,2E-05  | 0        | 0        | 0,001315 | 0        | 0        | 0,001751 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,00012  | 0        |
| ъ | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 6,57E-05 | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| ы | 0,00991  | 0        | 2,99E-05 | 0,000959 | 2,99E-06 | 2,39E-05 | 0,001939 | 4,78E-05 | 8,96E-06 | 2,99E-06 | 0,00104  | 0,000105 | 0,001392 | 0,00109  | 0,000296 | 0        |
| ь | 0,008691 | 0        | 1,2E-05  | 0        | 2,99E-06 | 5,98E-06 | 0,000111 | 0        | 8,37E-05 | 3,59E-05 | 0        | 0,000684 | 0        | 0,00014  | 0,000511 | 0        |
| э | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2,99E-06 | 0        | 0        | 0        |
| ю | 0,00176  | 0        | 0,000131 | 0        | 0        | 0,000753 | 0        | 0        | 2,39E-05 | 0        | 2,99E-06 | 2,99E-06 | 2,99E-06 | 0        | 1,79E-05 | 0        |
| я | 0,008604 | 0        | 0        | 0,000233 | 5,38E-05 | 7,47E-05 | 0,000356 | 5,98E-05 | 0,000299 | 0        | 0,000179 | 0,000388 | 0,000382 | 0,000798 | 0,000565 | 0        |

## Частоти біграм (без перетинів, без пробілів):

|   | а        | б        | в        | г        | д        | е        | ж        | з        | и        | й        | к        | л        | м        | н        | о        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| а | 0,000661 | 0,001199 | 0,0036   | 0,001569 | 0,00275  | 0,003607 | 0,0017   | 0,00502  | 0,002339 | 0,001464 | 0,004443 | 0,012235 | 0,005289 | 0,006056 | 0,001231 |
| б | 0,000534 | 1,45E-05 | 5,45E-05 | 3,63E-06 | 3,63E-06 | 0,002368 | 3,63E-06 | 7,27E-06 | 0,001064 | 3,63E-06 | 1,82E-05 | 0,001918 | 5,81E-05 | 0,000247 | 0,002612 |
| в | 0,009358 | 0,000251 | 0,000349 | 0,000138 | 0,000541 | 0,009863 | 6,18E-05 | 0,000472 | 0,00279  | 0        | 0,000476 | 0,000843 | 0,000316 | 0,001413 | 0,008609 |
| г | 0,000737 | 7,27E-06 | 6,18E-05 | 3,63E-06 | 0,001707 | 0,000436 | 0        | 3,63E-06 | 0,000727 | 0        | 0,000105 | 0,000487 | 1,09E-05 | 0,00053  | 0,011323 |
| д | 0,006335 | 2,18E-05 | 0,000556 | 1,09E-05 | 5,81E-05 | 0,006437 | 0,000138 | 2,18E-05 | 0,003044 | 2,18E-05 | 0,000131 | 0,002038 | 0,000138 | 0,001914 | 0,002721 |
| е | 0,001083 | 0,003575 | 0,003974 | 0,004606 | 0,006001 | 0,001624 | 0,001188 | 0,001268 | 0,002634 | 0,002096 | 0,00239  | 0,006866 | 0,007029 | 0,009245 | 0,001929 |
| ж | 0,000643 | 3,63E-06 | 1,09E-05 | 2,18E-05 | 0,001075 | 0,003891 | 3,63E-06 | 3,63E-06 | 0,002267 | 0        | 1,82E-05 | 0        | 1,82E-05 | 0,000392 | 1,82E-05 |
| з | 0,005304 | 0,000316 | 0,002147 | 0,000163 | 0,000817 | 0,000966 | 3,27E-05 | 0,000145 | 0,000193 | 0        | 0,000291 | 0,000519 | 0,000396 | 0,00368  | 0,000549 |
| и | 0,001043 | 0,00263  | 0,005885 | 0,001399 | 0,003113 | 0,004661 | 0,000785 | 0,004988 | 0,003571 | 0,001235 | 0,004036 | 0,006067 | 0,006521 | 0,00781  | 0,003328 |
| й | 0,00036  | 0,000142 | 0,00057  | 0,000232 | 0,000643 | 0,000116 | 0,000207 | 0,000243 | 0,000861 | 3,63E-06 | 0,000414 | 2,91E-05 | 0,000509 | 0,000752 | 0,00036  |
| к | 0,006964 | 0,000116 | 0,000516 | 7,99E-05 | 0,000102 | 0,000189 | 4E-05    | 6,18E-05 | 0,001475 | 0        | 0,00016  | 0,00105  | 0,000229 | 0,001057 | 0,009685 |
| л | 0,011265 | 0,000149 | 0,000559 | 0,000149 | 0,000283 | 0,003974 | 0,000287 | 7,99E-05 | 0,014516 | 1,09E-05 | 0,000316 | 0,004908 | 0,000222 | 0,000599 | 0,004824 |
| м | 0,001337 | 0,00032  | 0,001006 | 0,000185 | 0,000494 | 0,003796 | 8,72E-05 | 0,000436 | 0,006826 | 3,63E-06 | 0,000672 | 0,001003 | 0,000654 | 0,002082 | 0,003967 |
| н | 0,011229 | 7,63E-05 | 0,000367 | 0,000262 | 0,000167 | 0,013412 | 2,91E-05 | 0,000131 | 0,017473 | 3,63E-06 | 0,000236 | 6,9E-05  | 0,000156 | 0,002307 | 0,00578  |
| о | 0,00065  | 0,005863 | 0,0091   | 0,00667  | 0,00631  | 0,002823 | 0,00231  | 0,002252 | 0,004352 | 0,002536 | 0,003026 | 0,003469 | 0,00655  | 0,011436 | 0,002365 |
| п | 0,000683 | 0        | 3,63E-06 | 0        | 0        | 0,000937 | 0        | 0        | 0,001093 | 0        | 1,09E-05 | 0,000389 | 3,63E-06 | 9,81E-05 | 0,012678 |
| р | 0,008515 | 5,81E-05 | 0,000229 | 0,000149 | 0,000766 | 0,005424 | 0,000385 | 0,000105 | 0,004595 | 5,45E-05 | 2,91E-05 | 2,18E-05 | 8,36E-05 | 0,001115 | 0,007127 |
| с | 0,0019   | 0,000269 | 0,002347 | 4,72E-05 | 0,000552 | 0,002546 | 2,91E-05 | 0,000131 | 0,00138  | 7,27E-06 | 0,003669 | 0,005155 | 0,000618 | 0,001515 | 0,002401 |
| т | 0,004112 | 0,000519 | 0,004686 | 0,000265 | 0,000741 | 0,010389 | 6,9E-05  | 0,000302 | 0,006659 | 0        | 0,001177 | 0,000291 | 0,000418 | 0,001715 | 0,020219 |
| у | 0,000316 | 0,000814 | 0,002002 | 0,000937 | 0,003309 | 0,000599 | 0,000825 | 0,000291 | 0,000974 | 0,000389 | 0,000879 | 0,000298 | 0,000825 | 0,001253 | 0,000349 |
| ф | 5,81E-05 | 0        | 3,63E-06 | 0        | 0        | 7,27E-06 | 0        | 0        | 0,000134 | 0        | 7,27E-06 | 1,82E-05 | 0        | 0        | 2,91E-05 |
| х | 0,002525 | 0,000265 | 0,001112 | 0,000222 | 0,000498 | 0,000225 | 0,000134 | 0,000458 | 0,001704 | 3,63E-06 | 0,000984 | 0,000222 | 0,000316 | 0,00093  | 0,002114 |
| ц | 0,000578 | 7,27E-06 | 3,63E-05 | 1,45E-05 | 1,09E-05 | 0,000349 | 0        | 1,09E-05 | 6,9E-05  | 0        | 7,27E-06 | 0        | 1,09E-05 | 2,18E-05 | 0,000185 |
| ч | 0,001039 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,002238 | 0        | 0        | 0,001904 | 0        | 4,72E-05 | 6,54E-05 | 3,63E-06 | 0,000559 | 3,63E-06 |
| ш | 0,000825 | 1,45E-05 | 1,45E-05 | 5,81E-05 | 2,54E-05 | 0,002281 | 0        | 1,09E-05 | 0,001969 | 0        | 3,27E-05 | 0,000679 | 1,45E-05 | 0,000211 | 4,36E-05 |
| щ | 0,001293 | 7,27E-06 | 6,9E-05  | 7,27E-06 | 0        | 0,001598 | 0        | 1,45E-05 | 0,002405 | 0        | 0        | 0        | 6,18E-05 | 0,000131 | 1,82E-05 |
| ъ | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 6,9E-05  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| ы | 0,000174 | 0,000748 | 0,00243  | 0,000214 | 0,000621 | 0,002568 | 9,81E-05 | 0,000262 | 0,001271 | 0,001228 | 0,000592 | 0,001762 | 0,001522 | 0,001776 | 0,001086 |
| ь | 0,000639 | 0,000232 | 0,001064 | 0,00012  | 0,000331 | 0,000392 | 0,000229 | 0,000305 | 0,001377 | 3,63E-06 | 0,001529 | 0,000178 | 0,000679 | 0,0015   | 0,001101 |
| э | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 3,63E-06 | 0        | 0        | 0        |
| ю | 9,81E-05 | 0,000251 | 0,000243 | 2,54E-05 | 0,000905 | 4,36E-05 | 4E-05    | 0,000102 | 0,000425 | 0        | 0,000142 | 2,18E-05 | 0,000142 | 0,000182 | 0,000127 |
| я | 0,000509 | 0,000334 | 0,001464 | 0,000251 | 0,00045  | 0,000607 | 0,000142 | 0,000556 | 0,001275 | 0,000243 | 0,000988 | 0,000708 | 0,001286 | 0,002034 | 0,00085  |

Таблиця ентропій та надлишковостей:

|                               | Ентропія (H) | Надмірність (R) |
|-------------------------------|--------------|-----------------|
| H1 з пробілами                | 4.309682     | 0.138064        |
| H1 без пробілів               | 4.419834     | 0.116033        |
| H2 з перетинами з пробілами   | 3.846203     | 0.237529        |
| H2 з перетинами без пробілів  | 4.061054     | 0.187789        |
| H2 без перетинів з пробілами  | 3.845883     | 0.237593        |
| H2 без перетинів без пробілів | 4.059723     | 0.188055        |

2.  $1,62088553402718 < H(10) < 2,32014416732061$



The screenshot displays a software interface for a laboratory experiment on entropy. The interface is organized into several sections:

- Top Section:** Contains a text input field with the phrase "обратить ваше внимание на один факт, а именно на то, что в этом году или в э" and a button labeled "Использованные буквы:".
- Order of n-grams:** A list box on the left shows options from "5 символов" to "50 символов", with "10 символов" currently selected.
- Input Fields:** In the center, there are fields for "Введенный символ:" (containing a space character), "Символ по счету:" (containing "1"), and "Номер эксперимента:" (containing "50").
- Entropy Calculation:** A box on the right displays the inequality  $1,62088553402718 < H < 2,32014416732061$ .
- Symbol Table:** Below the inequality is a "Двоичная таблица угаданных символов:" which lists 32 symbols (q[1] through q[32]) and their corresponding probabilities. Most probabilities are 0, while q[1] is 0,52, q[2] is 0,2, q[3] is 0,04, q[4] is 0,04, q[5] is 0,02, q[19] is 0,06, and q[20] is 0,02.
- Bottom Section:** Includes a "Строка состояния:" (Status bar) at the bottom with the text "Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите 'Продолжить', или 'Другой' для выбора другого порядка:".

[illegible]

$$2,01345850178323 < H(30) < 2,68015205143007$$

$$0.46396958971400004 < R(30) < 0.597308299643354$$

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
 что\_всегда\_он\_старается\_показать\_что\_то\_что\_он\_сделал\_на\_самом\_деле\_не\_идет

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:

- 5 символов
- 10 символов
- 15 символов
- 20 символов
- 25 символов
- 30 символов**
- 35 символов
- 40 символов
- 45 символов
- 50 символов

Введенный символ: а

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 51

Неравенство для энтропии:  
 $2,01345850178323 < H < 2,68015205143007$

Двоичная таблица угаданных символов:

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

Поле ввода символов:  
 а

Продолжить Другой

Вероятности:

|                  |
|------------------|
| q[1] = 0,5490196 |
| q[2] = 0,0392156 |
| q[3] = 0,0784313 |
| q[4] = 0,0196078 |
| q[5] = 0,0196078 |
| q[6] = 0,0392156 |
| q[7] = 0,0196078 |
| q[8] = 0         |
| q[9] = 0,0196078 |
| q[10] = 0        |
| q[11] = 0        |
| q[12] = 0        |
| q[13] = 0,019607 |
| q[14] = 0        |
| q[15] = 0        |
| q[16] = 0,039215 |
| q[17] = 0        |
| q[18] = 0,039215 |
| q[19] = 0        |
| q[20] = 0        |
| q[21] = 0        |
| q[22] = 0        |
| q[23] = 0        |
| q[24] = 0        |
| q[25] = 0,019607 |
| q[26] = 0        |
| q[27] = 0,039215 |
| q[28] = 0,019607 |
| q[29] = 0,019607 |
| q[30] = 0        |
| q[31] = 0        |
| q[32] = 0,019607 |

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

Висновок: У ході виконання лабораторної роботи були засвоєні поняття ентропії на символ джерела та його надлишковості; вивчили та порівняли різні моделі джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набули практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела.