

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий фізико-технічний інститут  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

«Криптографія»

Комп'ютерний практикум №1

Студенти: Маврикін Едуард

Слобода Ірина

Група: ФБ-25

Варіант 2

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.

При написанні коду особливих проблем не виникло, єдине - вивести таблицю частот біграм повністю неможливо через її розмір, тому вона додатково зберігається у CSV файл. Також після виконання основного коду можна вводити букви, щоб отримати найімовірнішу наступну літеру; для цього використовуються частоти біграм, які перетинаються, та алфавіт із пробілом.

Таблиця з отриманими значеннями ентропії:

	З пробілами	Без пробілів
$H_1$ (ентропія одиночних букв)	4.340	4.451
$H_2$ (біграми без перекриття)	3.970	4.127
$H_2$ (біграми з перекриттям)	3.970	4.127

Таблиці з оцінками надлишковості російської мови (R):

	З пробілами	Без пробілів
$R_1$ (на основі $H_1$ )	13.95%	10.99%
$R_2$ (біграми без перекриття)	21.29%	17.45%
$R_2$ (біграми з перекриттям)	21.30%	17.45%

З пробілами ( $H_0 = 5.044$ ):

$$R_1 = 1 - 4.3401/5.044 = 0.1395 = 13.95\%$$

$$R_2 \text{ (без перекриття)} = 1 - 3.9701/5.044 = 0.2129 = 21.29\%$$

$$R_2 \text{ (з перекриттям)} = 1 - 3.9697/5.044 = 0.2130 = 21.30\%$$

Без пробілів ( $H_0 = 5.000$ ):

$$R_1 = 1 - 4.4507/5.000 = 0.1099 = 10.99\%$$

$$R_2 \text{ (без перекриття)} = 1 - 4.1275/5.000 = 0.1745 = 17.45\%$$

$$R_2 \text{ (з перекриттям)} = 1 - 4.1274/5.000 = 0.1745 = 17.45\%$$

#### Приклад роботи програми

Sorted letter frequency with spaces:

(letter, count, frequency)

	179144	0.1753391406479397
о	96681	0.09462758148184398
е	73380	0.0718214740138984
а	67115	0.06568953704609964
н	54835	0.053670353332680824
и	54644	0.053483410002936285
т	54553	0.05339434276206323
с	44600	0.04365273563668396
в	38984	0.03815601448566115
л	38734	0.037911324263482434
р	35246	0.03449740628364491
к	27833	0.02724185181560145
д	26983	0.026409905060193795
м	26495	0.02593226974650093
у	24993	0.024462170891651168
п	23121	0.0226299305079769
ь	19362	0.01895076832729764
я	18000	0.017617695996867966
ч	15249	0.01492512479201331
б	14655	0.014343740824116668
г	14232	0.013929724968190272
ы	13912	0.013616521483801507
э	12975	0.012699422531075658
ж	9615	0.009410785944993639
й	8437	0.008257805618087501
х	7171	0.007018694332974454
ш	6937	0.006789664285015171
ю	4733	0.00463247528628756
э	2971	0.002907898600371929
щ	2521	0.00246745620045023
ц	2336	0.002286385436037976
ф	1049	0.0010267201722619164
ъ	204	0.00019966722129783693

H1 (entropy of single letters): 4.340109159286999  
H2 (entropy of bigrams without overlapping): 3.9700541960289835  
H3 (entropy of bigrams with overlapping): 3.9697042983305573

Bigram frequency matrix without overlapping:																			
	а	б	в	г	д	е	ж	з	...	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	
а	0.021742	0.002435	0.006370	0.015537	0.002688	0.007278	0.003745	0.002044	0.003978	...	0.005724	0.000499	0.000051	0.000002	0.000000	0.000000	0.002664	0.000045	0.002582
б	0.015572	0.000037	0.000050	0.002649	0.000685	0.001779	0.001149	0.001609	0.003414	...	0.000953	0.000859	0.000260	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000014	0.000873
в	0.000413	0.000640	0.000002	0.000045	0.000000	0.000020	0.002136	0.000006	0.000002	...	0.000018	0.000010	0.000143	0.000149	0.003602	0.000057	0.000012	0.000008	0.000617
г	0.005168	0.005540	0.000025	0.000059	0.000045	0.000844	0.005090	0.000008	0.000507	...	0.000192	0.000574	0.000000	0.000004	0.002703	0.000147	0.000020	0.000000	0.000166
д	0.000912	0.000959	0.000002	0.000020	0.000000	0.001088	0.000190	0.000002	0.000004	...	0.000025	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
е	0.000787	0.005129	0.000035	0.000910	0.000004	0.000039	0.004269	0.000022	0.000016	...	0.000053	0.000069	0.000000	0.000000	0.000000	0.000427	0.001092	0.000000	0.000014
ж	0.016915	0.000016	0.001298	0.001247	0.003351	0.002672	0.001846	0.000799	0.001221	...	0.001186	0.000969	0.000949	0.000000	0.000000	0.000000	0.000016	0.000211	0.000217
з	0.000671	0.001198	0.000029	0.000006	0.000002	0.000673	0.004436	0.000018	0.000000	...	0.000008	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000047	0.000002	0.000000
...	0.001071	0.004444	0.000123	0.000005	0.000139	0.000738	0.000164	0.000051	0.000041	...	0.000031	0.000006	0.000000	0.000000	0.000041	0.000227	0.000114	0.000000	0.000000
ч	0.015864	0.000078	0.000668	0.002584	0.000548	0.001734	0.001683	0.000215	0.001682	...	0.001482	0.000015	0.000135	0.000000	0.000000	0.000000	0.000020	0.000301	0.001861
ш	0.005458	0.000004	0.000003	0.000037	0.000031	0.000268	0.000000	0.000010	0.000010	...	0.000286	0.000178	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000006	0.000000	0.000004
щ	0.004406	0.006734	0.000027	0.000258	0.000006	0.000012	0.000362	0.000010	0.000014	...	0.000012	0.000014	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ъ	0.006503	0.005311	0.000031	0.000049	0.000145	0.000033	0.003565	0.000319	0.000018	...	0.000254	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000009	0.004659	0.000002	0.000581
ы	0.006763	0.002834	0.000043	0.000045	0.000096	0.000043	0.003923	0.000006	0.000025	...	0.000051	0.000008	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000783	0.000005	0.000006
ь	0.003999	0.009991	0.000018	0.000041	0.000031	0.000298	0.009976	0.000002	0.000025	...	0.000186	0.000006	0.000098	0.000000	0.000000	0.000000	0.002463	0.001214	0.000000
э	0.021676	0.000012	0.003447	0.007818	0.004099	0.005041	0.001824	0.002089	0.000914	...	0.002296	0.000985	0.000245	0.000000	0.000000	0.000000	0.000018	0.000587	0.000617
ю	0.000031	0.000744	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002805	0.000000	0.000000	...	0.000018	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000192	0.000143	0.000000	0.000000
я	0.000681	0.007225	0.000106	0.000380	0.000149	0.000315	0.005095	0.000258	0.000053	...	0.000072	0.000207	0.000008	0.000000	0.000006	0.000902	0.000000	0.000184	0.000975
а	0.003338	0.001715	0.000112	0.001368	0.000037	0.000198	0.004414	0.000043	0.000022	...	0.000352	0.000072	0.000000	0.000010	0.000219	0.002968	0.000002	0.000225	0.003416
б	0.005379	0.005599	0.000035	0.002036	0.000018	0.000088	0.005763	0.000006	0.000016	...	0.000341	0.000012	0.000022	0.000012	0.001357	0.006509	0.000016	0.000084	0.000376
в	0.006325	0.000033	0.000791	0.000666	0.001482	0.002022	0.000184	0.001676	0.000251	...	0.000012	0.000562	0.000321	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000053
г	0.000016	0.000198	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000057	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000020	0.000012	0.000000	0.000000
д	0.002449	0.000374	0.000012	0.000206	0.000004	0.000016	0.000319	0.000008	0.000016	...	0.000002	0.000012	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000010	0.000000	0.000000
е	0.000325	0.000491	0.000000	0.000039	0.000002	0.000004	0.000738	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000002	0.000000	0.000000	0.000133	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002
ж	0.000431	0.002460	0.000002	0.000002	0.000000	0.000004	0.003702	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000151	0.000000	0.000000	0.000000	0.000239	0.000000	0.000000	0.000000
з	0.000059	0.000006	0.000000	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.002151	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000038	0.000000	0.000000
...	0.000006	0.000325	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001366	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ч	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000037	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000045
ш	0.004048	0.000006	0.000159	0.000016	0.000104	0.000200	0.000575	0.000018	0.000063	...	0.000170	0.000417	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000006
щ	0.011117	0.000008	0.000090	0.000108	0.000129	0.000055	0.000450	0.000004	0.000168	...	0.000008	0.000278	0.000029	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	0.000364	0.000485
ъ	0.000010	0.000000	0.000000	0.000000	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	0.000000	0.000000
ы	0.002602	0.000000	0.000335	0.000022	0.000002	0.000327	0.000002	0.000016	0.000016	...	0.000110	0.000063	0.000162	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000045	0.000000
ь	0.010490	0.000025	0.000051	0.000333	0.000084	0.000527	0.000100	0.000117	0.000227	...	0.000168	0.000016	0.000125	0.000000	0.000000	0.000000	0.000006	0.000125	0.000080



[33 rows x 33 columns]

Sorted letter frequency without spaces:

(letter, count, frequency)

о	96681	0.11474726902425476
е	73380	0.08709213393531112
а	67115	0.0796564263977706
н	54835	0.06508172750535277
и	54644	0.06485503634179805
т	54553	0.06474703165130864
с	44600	0.05293416698712015
в	38984	0.04626873465977335
л	38734	0.045972018477110126
р	35246	0.041832234296592746
к	27833	0.03303400604826267
д	26983	0.032025171027207686
м	26495	0.03144598103864906
у	24993	0.02966331021320838
п	23121	0.027441499437426117
ь	19362	0.0229800749149018
я	18000	0.021363565151752525
ч	15249	0.018098500277726345
б	14655	0.017393502627718514
г	14232	0.01689145884665233
ы	13912	0.016511662132843396
з	12975	0.015399569880221611
ж	9615	0.011411704385227806
й	8437	0.01001357773251867
х	7171	0.008511006983512075
ш	6937	0.008233280636539293
ю	4733	0.005617430770180261
э	2971	0.0035261751147698194
щ	2521	0.0029920859859760064
ц	2336	0.0027725160108052166
ф	1049	0.0012450211024549111
ъ	204	0.00024212040505319527

H1 (entropy of single letters without spaces): 4.450720785464344  
H2 (entropy of bigrams without overlapping without spaces): 4.127474285221844  
H2 (entropy of bigrams with overlapping without spaces): 4.127369564159534

Bigram frequency matrix without overlapping (no spaces):																																
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	...	ч	ш	щ	ь	ы	ь	э	ю	я													
а	0.000329	0.001306	0.005215	0.001016	0.003136	0.001961	0.002191	0.004524	0.001619	...	0.001823	0.001125	0.000313	0.000000	0.000000	0.000000	0.000351	0.001037	0.002799													
б	0.000769	0.000005	0.000076	0.000000	0.000026	0.002535	0.000000	0.000021	0.000064	...	0.000045	0.000017	0.000204	0.000157	0.004527	0.000062	0.000007	0.000014	0.000021													
в	0.006627	0.000216	0.000468	0.000247	0.001291	0.006115	0.000045	0.000793	0.003962	...	0.000406	0.000845	0.000000	0.000007	0.003169	0.000199	0.000316	0.000009	0.000268													
г	0.001222	0.000031	0.000150	0.000014	0.001401	0.000261	0.000007	0.000078	0.000098	...	0.000055	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000007	0.000002	0.000017													
д	0.006276	0.000059	0.001232	0.000026	0.000116	0.005120	0.000031	0.000059	0.002810	...	0.000088	0.000074	0.000002	0.000000	0.000532	0.001289	0.000019	0.000017	0.000513													
е	0.000287	0.002578	0.003715	0.004415	0.004299	0.002580	0.001170	0.002250	0.001588	...	0.001992	0.001268	0.001104	0.000000	0.000000	0.000000	0.000479	0.000275	0.000541													
ж	0.001552	0.000055	0.000052	0.000014	0.000869	0.005407	0.000009	0.000024	0.001536	...	0.000028	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000057	0.000043	0.000000	0.000038													
з	0.005388	0.000176	0.001199	0.000411	0.000900	0.000249	0.000062	0.000059	0.000444	...	0.000052	0.000014	0.000000	0.000052	0.000320	0.000026	0.000005	0.000529														
и	0.000358	0.001707	0.005348	0.001021	0.003178	0.002431	0.000401	0.002554	0.001723	...	0.002471	0.000076	0.000154	0.000000	0.000000	0.000000	0.000233	0.000389	0.001683													
й	0.000081	0.000221	0.000555	0.000242	0.000722	0.000114	0.000090	0.000157	0.000563	...	0.000577	0.000244	0.000007	0.000000	0.000000	0.000000	0.000102	0.000012	0.000090													
к	0.008249	0.000610	0.000824	0.000085	0.000247	0.000563	0.000140	0.000116	0.002651	...	0.000263	0.000028	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000097	0.000000	0.000126													
л	0.006851	0.000304	0.000781	0.000294	0.000316	0.004814	0.000382	0.000199	0.007223	...	0.000636	0.000026	0.000005	0.000000	0.000098	0.005481	0.000107	0.000514	0.001647													
м	0.003542	0.000287	0.000819	0.000266	0.000472	0.004968	0.000176	0.000259	0.003836	...	0.000387	0.000055	0.000005	0.000000	0.000047	0.000095	0.000119	0.000007	0.000565													
н	0.012189	0.000247	0.000015	0.000000	0.000496	0.012021	0.000024	0.000157	0.000243	...	0.000373	0.000033	0.000126	0.000000	0.002941	0.001384	0.000064	0.000214	0.002224													
о	0.000152	0.005664	0.012690	0.005398	0.007100	0.002058	0.003074	0.001856	0.002138	...	0.003022	0.001137	0.000194	0.000002	0.000000	0.000000	0.000477	0.000091	0.001306													
п	0.000092	0.000005	0.000005	0.000000	0.000002	0.003307	0.000000	0.000000	0.000095	...	0.000021	0.000014	0.000000	0.000000	0.000261	0.000169	0.000000	0.000000	0.000750													
р	0.000830	0.000169	0.000541	0.000211	0.000408	0.006112	0.000282	0.000069	0.006499	...	0.000083	0.000249	0.000021	0.000000	0.000095	0.001078	0.000005	0.000242	0.001132													
с	0.002011	0.000247	0.002001	0.000114	0.000498	0.005369	0.000249	0.000107	0.001859	...	0.000582	0.000104	0.000002	0.000024	0.000263	0.003826	0.000083	0.000275	0.004194													
т	0.007045	0.000451	0.003197	0.000090	0.000472	0.007238	0.000104	0.000190	0.004493	...	0.000700	0.000024	0.000028	0.000012	0.001652	0.007883	0.000126	0.000097	0.000574													
у	0.000223	0.001097	0.001536	0.001840	0.002673	0.000344	0.002234	0.000508	0.000733	...	0.001424	0.000650	0.000313	0.000000	0.000000	0.000000	0.000121	0.000038	0.000237													
ф	0.000266	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000000	0.000351	...	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000033	0.000109	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000													
х	0.000484	0.000116	0.000527	0.000059	0.000226	0.000475	0.000040	0.000066	0.000066	...	0.000085	0.000045	0.000000	0.000000	0.000000	0.000062	0.000000	0.000038	0.000038													
ц	0.000653	0.000002	0.000078	0.000005	0.000009	0.000049	0.000002	0.000009	0.000150	...	0.000017	0.000000	0.000000	0.000000	0.000185	0.000000	0.000012	0.000002	0.000009													
ч	0.002355	0.000019	0.000078	0.000009	0.000026	0.004555	0.000000	0.000007	0.001901	...	0.000007	0.000197	0.000000	0.000000	0.000000	0.000275	0.000007	0.000000	0.000012													
ш	0.001085	0.000005	0.000017	0.000002	0.000005	0.002540	0.000000	0.000002	0.001609	...	0.000002	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000													
щ	0.000451	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001595	0.000000	0.000000	0.000629	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000055	0.000000	0.000000	0.000000													
ь	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000													
ы	0.000009	0.000453	0.001469	0.000178	0.000408	0.000971	0.000085	0.000237	0.000501	...	0.000358	0.000551	0.000012	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000131	0.000000	0.000057												
ю	0.000304	0.000513	0.001460	0.000316	0.000560	0.000970	0.000095	0.000553	0.001422	...	0.000769	0.000199	0.000033	0.000000	0.000000	0.000000	0.000221	0.000351	0.000081													
я	0.000000	0.000000	0.000007	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000													
э	0.000088	0.000446	0.000347	0.000062	0.000532	0.000055	0.000085	0.000095	0.000313	...	0.000252	0.000093	0.000109	0.000000	0.000000	0.000000	0.000057	0.000045	0.000066													
ю	0.000342	0.000461	0.001830	0.000292	0.001258	0.000463	0.000299	0.000558	0.001137	...	0.000608	0.000045	0.000142	0.000000	0.000000	0.000000	0.000202	0.000116	0.000244													

[32 rows x 32 columns]

[32 rows x 32 columns]

Bigram frequency matrix with overlapping (no spaces):																														
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	...	ч	ш	щ	ь	ы	э	ю	я												
а	0.000315	0.001283	0.005178	0.001111	0.003171	0.002003	0.002134	0.004572	0.001684	...	0.001861	0.001133	0.000303	0.000000	0.000000	0.000000	0.000347	0.001029	0.002679											
б	0.000742	0.000005	0.000084	0.000000	0.000026	0.002565	0.000005	0.000014	0.000092	...	0.000049	0.000013	0.000197	0.000158	0.004444	0.000064	0.000102	0.000009	0.000773											
в	0.001209	0.000028	0.000445	0.000021	0.001384	0.000236	0.000009	0.000064	0.000678	...	0.000062	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000009	0.000001	0.000012											
г	0.006206	0.000066	0.001177	0.000023	0.000100	0.005112	0.000028	0.000061	0.002846	...	0.000095	0.000005	0.000002	0.000000	0.000512	0.001277	0.000019	0.000013	0.000525											
д	0.000285	0.002611	0.003741	0.004369	0.004349	0.002516	0.001183	0.002232	0.001627	...	0.002056	0.001301	0.001139	0.000000	0.000000	0.000000	0.000463	0.000282	0.000528											
е	0.001467	0.000065	0.000059	0.000011	0.000871	0.005299	0.000011	0.000017	0.001583	...	0.000026	0.000000	0.000000	0.000000	0.000059	0.000046	0.000000	0.000030												
ж	0.005400	0.000165	0.001184	0.000446	0.000927	0.000239	0.000066	0.000062	0.000462	...	0.000065	0.000015	0.000004	0.000046	0.000318	0.000125	0.000026	0.000002	0.000016											
з	0.000334	0.001671	0.005137	0.000996	0.003131	0.002446	0.000463	0.002542	0.001761	...	0.002457	0.000828	0.000159	0.000000	0.000000	0.000000	0.000244	0.000367	0.001636											
и	0.000907	0.002400	0.005574	0.002401	0.007030	0.000099	0.000108	0.000158	0.000016	...	0.000564	0.000275	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000090	0.000008	0.000077											
й	0.000288	0.006222	0.000801	0.000093	0.000267	0.000540	0.000444	0.000109	0.002784	...	0.000226	0.000038	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000107	0.000001	0.000120											
л	0.006571	0.000286	0.000769	0.000301	0.000335	0.004815	0.000399	0.000204	0.007036	...	0.000658	0.000026	0.000004	0.000000	0.000719	0.005594	0.000112	0.000887	0.001633											
м	0.003583	0.000296	0.000844	0.000281	0.000472	0.004846	0.000161	0.000239	0.003841	...	0.000400	0.000049	0.000004	0.000000	0.000966	0.000095	0.000131	0.000067	0.000567											
н	0.012101	0.000275	0.000635	0.000523	0.012238	0.000026	0.000154	0.000935	0.000375	...	0.000375	0.000031	0.000104	0.000000	0.002974	0.001438	0.000058	0.000252	0.002198											
о	0.000258	0.005651	0.012590	0.000598	0.000715	0.002839	0.000380	0.001814	0.002333	...	0.003831	0.001264	0.000280	0.000001	0.000000	0.000000	0.000440	0.000699	0.001327											
п	0.000952	0.000000	0.000002	0.000001	0.000002	0.000340	0.000000	0.000004	0.000055	...	0.000026	0.000008	0.000000	0.000000	0.000261	0.000184	0.000000	0.000000	0.000690											
р	0.000777	0.000169	0.000502	0.000000	0.000098	0.000398	0.000000	0.000076	0.000352	...	0.000144	0.000266	0.000015	0.000000	0.000974	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000											
с	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000											
т	0.000923	0.000425	0.000136	0.000100	0.000456	0.000720	0.000152	0.000167	0.000438	...	0.000096	0.000030	0.000032	0.000015	0.001669	0.000718	0.000142	0.000097	0.000500											
у	0.000237	0.001071	0.001590	0.001844	0.000755	0.000356	0.002147	0.000466	0.000680	...	0.001434	0.000706	0.000035	0.000000	0.000000	0.000000	0.000113	0.000088	0.000735											
ф	0.000267	0.000001	0.000001	0.000000	0.000000	0.000057	0.000000	0.000001	0.000357	...	0.000002	0.000001	0.000000	0.000000	0.000026	0.000127	0.000000	0.000000	0.000000											
х	0.000529	0.000134	0.000512	0.000065	0.000217	0.000451	0.000042	0.000081	0.000095	...	0.000096	0.000042	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000040											
ц	0.000623	0.000007	0.000070	0.000000	0.000013	0.000096	0.000002	0.000009	0.000174	...	0.000018	0.000001	0.000000	0.000000	0.000190	0.000000	0.000007	0.000001	0.000008											
ч	0.003016	0.000021	0.000068	0.000008	0.000027	0.000401	0.000001	0.000009	0.001887	...	0.000013	0.000169	0.000000	0.000000	0.000000	0.000291	0.000006	0.000000	0.000012											
ш	0.001075	0.000005	0.000014	0.000002	0.000005	0.000251	0.000001	0.000002	0.001625	...	0.000001	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000049	0.000000	0.000000	0.000002											
щ	0.000437	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000163	0.000000	0.000000	0.000035	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000046	0.000000	0.000000	0.000000											
ь	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000203											
ы	0.000059	0.000396	0.001450	0.000211	0.000462	0.001001	0.000077	0.000226	0.000474	...	0.000348	0.000552	0.000011	0.000000	0.000000	0.000000	0.000104	0.000001	0.000057											
э	0.000299	0.000519	0.000140	0.000323	0.000649	0.000080	0.000109	0.000526	0.001428	...	0.000764	0.000376	0.000038	0.000000	0.000000	0.000000	0.000237	0.000385	0.000834											
ю	0.000000	0.000000	0.000007	0.000007	0.000009	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000015	0.000000	0.000000											
я	0.000087	0.000446	0.000309	0.000063	0.000520	0.000058	0.000081	0.000094	0.000296	...	0.000293	0.000001	0.000203	0.000000	0.000000	0.000000	0.000053	0.000045	0.000063											
я	0.000334	0.000451	0.001795	0.000281	0.001265	0.000452	0.000299	0.000093	0.001156	...	0.000627	0.000056	0.000405	0.000000	0.000000	0.000000	0.000189	0.000114	0.000261											

H2



Произвольная часть текста:  
тому\_как\_время\_от\_в

Использованные буквы:

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

Введенный символ:

Символ по счету:

Номер эксперимента: 23

Поле ввода символов:

Продолжить Другой

Неравенство для энтропии:  
 $2,24848672538168 < H < 2,64242396177197$

Двоичная таблица угаданных символов:

00010000000000000000000000000000	^
00000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	
00000000000000000000000000000000	
00000100000000000000000000000000	^
00000000000000000000000000000000	

Вероятности:

q[1] = 0,4545454
q[2] = 0,0909090
q[3] = 0
q[4] = 0,0454545
q[5] = 0,0454545
q[6] = 0,1363636
q[7] = 0
q[8] = 0,0454545
q[9] = 0
q[10] = 0
q[11] = 0
q[12] = 0
q[13] = 0
q[14] = 0
q[15] = 0,045454
q[16] = 0,045454
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0,045454
q[23] = 0
q[24] = 0,045454
q[25] = 0
q[26] = 0
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0
q[30] = 0
q[31] = 0
q[32] = 0

Строка состояния:

НЗ

Произвольная часть текста:  
делающий\_их\_не\_просто\_заявляет\_что\_ему\_не\_нравится\_поведение\_другого\_челов

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: е

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 23

Поле ввода символов:

Продолжить Другой

Неравенство для энтропии:  
 $1,54239602903911 < H < 1,9993073294931$

Двоичная таблица угаданных символов:

10000000000000000000000000000000	^
10000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	
00000000000000000000000000000000	^
00000000000000000000000000000000	

Вероятности:

q[1] = 0,6086956
q[2] = 0,1304347
q[3] = 0,0434782
q[4] = 0
q[5] = 0
q[6] = 0,0434782
q[7] = 0
q[8] = 0
q[9] = 0
q[10] = 0
q[11] = 0
q[12] = 0
q[13] = 0
q[14] = 0,043478
q[15] = 0,043478
q[16] = 0
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0,043478
q[25] = 0
q[26] = 0
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0
q[30] = 0,043478
q[31] = 0
q[32] = 0

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



Модель	Ентропія	Надлишковість
H10	2.0689	58.99%
H20	2.4455	51.52%
H30	1.7709	64.89%
H(30) до R = 64.89%		

### Висновки

Під час виконання лабораторної роботи ми навчалися визначати частоту літер і біграм у тексті, а також обчислювати значення його ентропії та надлишковості. На практиці використовували частоту біграм для прогнозування наступної літери.