

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-33
Тимощенко Олександр
Назаренко Іван

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 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

Для аналізу було обрано текст «Братья Карамазовы» розміром 3мб.

Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм у 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 ймовірність замінити відповідними частотами. Також отримати значення H^1 та H^2 на тому ж тексті, у якому вилучено всі пробіли.

Частоти літер без пробілів:

```
Без пробілів
о: 0.113880
е: 0.089160
а: 0.077071
и: 0.067688
т: 0.065880
н: 0.061514
с: 0.052980
в: 0.046582
л: 0.045104
р: 0.040642
м: 0.033314
к: 0.032646
д: 0.031757
у: 0.028987
п: 0.026589
ь: 0.020924
я: 0.020714
г: 0.019284
б: 0.018120
ч: 0.017968
ы: 0.016799
з: 0.015369
ж: 0.011146
й: 0.010877
```

ш: 0.009687
х: 0.007695
ю: 0.006834
э: 0.003633
ц: 0.003391
щ: 0.002859
ф: 0.001708

Частоти літер з пробілами:

З пробілами
: 0.172656
о: 0.094218
е: 0.073766
а: 0.063764
и: 0.056001
т: 0.054505
н: 0.050893
с: 0.043833
в: 0.038539
л: 0.037316
р: 0.033625
м: 0.027562
к: 0.027009
д: 0.026274
у: 0.023982
п: 0.021998
ь: 0.017311
я: 0.017137
г: 0.015954
б: 0.014991
ч: 0.014866
ы: 0.013898
з: 0.012716
ж: 0.009222
й: 0.008337
ш: 0.008014
х: 0.006366
ю: 0.005654
э: 0.003006
ц: 0.002806
щ: 0.002365
ф: 0.001413

Таблиця користувачів бізнес-баз проєбції в порожньому

А	В	С	Д	Е	F	G	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р
Перший са	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	
а	0.000399	0.001259	0.005464	0.001249	0.002928	0.001867	0.002012	0.004029	0.001705	0.000932	0.007767	0.009271	0.004999	0.005732	0.001146
б	0.000725	6,00E-06	0.000184	3,00E-06	3.5e-05	0.002586	3,00E-06	1.3e-05	0.001313	0.0	9.6e-05	0.000976	5.1e-05	0.000392	0.002775
в	0.006397	0.000215	0.000379	0.000302	0.001464	0.006322	6.7e-05	0.000588	0.004385	0.0	0.000608	0.00101	0.000434	0.001907	0.008496
г	0.001106	5.4e-05	0.000162	3.1e-05	0.001583	0.000321	6,00E-06	7.9e-05	0.000835	0.0	0.00016	0.001383	7.7e-05	0.000428	0.010654
д	0.006276	5.3e-05	0.000873	4.5e-05	6.2e-05	0.005138	1.8e-05	5.3e-05	0.002886	0.0	0.000321	0.000821	0.000339	0.002183	0.004835
е	0.000367	0.002683	0.003632	0.005052	0.005163	0.002107	0.00131	0.002351	0.001743	0.002532	0.002318	0.006531	0.006336	0.010202	0.001649
ж	0.001385	3.3e-05	4.1e-05	2.1e-05	0.000937	0.005261	8,00E-06	1.8e-05	0.001574	0.0	0.000162	2.9e-05	1.8e-05	0.000896	8.3e-05
з	0.005295	0.000226	0.001143	0.000362	0.000923	0.00037	9,00E-05	9.3e-05	0.000486	0.0	0.000205	0.000361	0.000391	0.002402	0.000908
и	0.000439	0.00176	0.005369	0.001088	0.00286	0.002689	0.000527	0.002899	0.001797	0.00141	0.003583	0.006445	0.00415	0.005484	0.001498
й	0.000185	0.000247	0.000624	0.000235	0.000677	0.000128	0.00014	0.000172	0.000655	0.0	0.000498	0.000124	0.000487	0.000921	0.000378
к	0.008214	0.000572	0.000744	0.000117	0.000233	0.00069	0.000139	0.000106	0.003224	0.0	0.00026	0.000814	0.000218	0.001242	0.009395
л	0.005805	0.000352	0.000824	0.000368	0.000314	0.005652	0.000371	0.000176	0.007591	0.0	0.000697	0.00017	0.000341	0.000986	0.006793
м	0.002997	0.000341	0.000893	0.000316	0.000477	0.005059	0.000146	0.000202	0.004579	0.0	0.000487	0.000387	0.000377	0.002788	0.005339
н	0.010981	0.00029	0.000616	0.00015	0.000393	0.01249	3.8e-05	0.000165	0.007903	0.0	0.000477	6.2e-05	0.000233	0.003293	0.011808
о	0.000374	0.005484	0.01207	0.006317	0.006556	0.003333	0.002879	0.002045	0.002884	0.003336	0.003361	0.006439	0.007127	0.009091	0.002219
п	0.001612	2,00E-06	3,00E-06	1,00E-06	2,00E-06	0.0025	0.0	1,00E-06	0.001022	0.0	7.3e-05	0.000702	0.0	0.000162	0.010299
р	0.007719	0.000106	0.000534	0.000233	0.000898	0.006334	0.000314	8.6e-05	0.006336	0.0	0.000272	4.7e-05	0.000226	0.000748	0.008244
с	0.002403	0.000196	0.002188	0.00013	0.000392	0.00573	0.000217	0.000108	0.001898	0.0	0.003741	0.003462	0.001683	0.001462	0.00331
т	0.006746	0.000503	0.003437	0.00016	0.000502	0.007101	0.000109	0.000186	0.005102	0.0	0.000881	0.00036	0.000364	0.001789	0.018059
у	0.000208	0.001306	0.001562	0.001905	0.002558	0.000413	0.002054	0.000481	0.000764	0.000183	0.001121	0.001391	0.001782	0.001358	0.000437
ф	0.000183	2,00E-06	3,00E-06	0.0	2,00E-06	0.001022	0.0	1,00E-06	0.000144	0.0	0.0	2,00E-05	3,00E-06	2,00E-06	0.000129
х	0.000575	0.000127	0.000515	8.4e-05	0.000194	0.000139	4.2e-05	7.4e-05	0.000488	0.0	0.000164	0.000289	0.000191	0.000427	0.002648
ц	0.000911	1.6e-05	9.1e-05	1.2e-05	2.5e-05	0.000977	6,00E-06	2.8e-05	0.000245	0.0	4.7e-05	6,00E-06	2.2e-05	5.6e-05	0.000308
ч	0.002879	2.2e-05	0.00012	1.3e-05	3.5e-05	0.004188	2,00E-06	1.8e-05	0.002251	0.0	0.000585	2.9e-05	3,00E-05	0.000868	0.000143
ш	0.001635	9,00E-06	2.4e-05	9,00E-06	8,00E-06	0.002635	1,00E-06	2,00E-06	0.001882	0.0	0.000536	0.000425	2.5e-05	0.000579	0.000215
щ	0.000415	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.001571	1,00E-06	0.0	0.000683	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5e-05	0.0
ы	8.6e-05	0.000367	0.00142	0.000209	0.000486	0.000986	7.8e-05	0.000252	0.000489	0.001638	0.000335	0.002145	0.001459	0.000876	0.000268
ь	0.00034	0.000481	0.001387	0.000442	0.00053	0.000991	0.000101	0.000456	0.001273	0.0	0.002443	0.000278	0.000866	0.002805	0.000856
э	0.0	0.0	6,00E-06	6,00E-06	3,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	6,00E-06	4.4e-05	1.6e-05	1.9e-05	9,00E-06	0.0
ю	0.000112	0.000868	0.00036	9.5e-05	0.00053	9,00E-05	0.000176	0.000108	0.000328	0.0	0.000247	9.2e-05	0.000233	0.000447	0.000203
я	0.000301	0.000536	0.001915	0.000328	0.000989	0.000472	0.000291	0.000579	0.001222	4.1e-05	0.001156	0.001019	0.000835	0.00194	0.000785
за															

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
o	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
0.001146	0.002641	0.002758	0.00612	0.006028	0.000532	0.000224	0.001158	6.7e-05	0.001501	0.001318	0.000254	0.0	0.0	0.000387	0.001075	0.002248
0.002775	1.8e-05	0.001304	0.000229	3,00E-05	0.001333	0.0	5.1e-05	6,00E-06	4.9e-05	1.5e-05	0.000207	0.004553	0.00024	9,00E-05	1,00E-06	0.000835
0.008496	0.000978	0.000788	0.005366	0.000888	0.000788	1.3e-05	9.6e-05	6,00E-05	0.000314	0.000859	2.5e-05	0.002915	0.000286	0.000299	6,00E-06	0.000326
0.010654	0.000198	0.001181	0.000184	6.9e-05	0.000668	5,00E-06	7,00E-06	0.0	5.4e-05	1.1e-05	0.0	0.0	0.0	1.1e-05	1,00E-06	1.8e-05
0.004835	0.000179	0.001945	0.000647	0.000272	0.002067	1,00E-06	5.6e-05	0.000392	0.000134	7.2e-05	0.0	0.000497	0.00097	1.8e-05	7,00E-06	0.000598
0.001649	0.003847	0.00712	0.007619	0.007459	0.000878	7.3e-05	0.001022	0.000722	0.001959	0.002126	0.001017	0.0	0.0	0.000413	0.000336	0.000592
8.3e-05	3.4e-05	9,00E-06	3.6e-05	8.4e-05	0.000402	1,00E-06	2,00E-06	1,00E-06	1.7e-05	0.0	0.0	0.0	4.8e-05	1.2e-05	1,00E-06	3.4e-05
0.000908	0.000193	0.000322	0.000188	0.000114	0.000328	3,00E-06	1,00E-05	1,00E-05	5.3e-05	1.6e-05	0.0	0.000378	0.000156	1.8e-05	2,00E-06	0.000326
0.001498	0.002376	0.001217	0.00466	0.007586	0.000733	0.00012	0.002049	0.000773	0.002774	0.001127	0.000147	0.0	0.0	0.000264	0.000361	0.001503
0.000378	0.000764	0.000291	0.001205	0.000806	0.000175	0.00024	6.5e-05	7.4e-05	0.000563	0.000254	4,00E-06	0.0	0.0	8.4e-05	1.3e-05	6.9e-05
0.009395	0.000359	0.001889	0.000847	0.001115	0.001874	3.1e-05	4.9e-05	2.6e-05	0.000215	2.1e-05	3,00E-06	0.0	1,00E-06	0.000127	1,00E-06	0.000119
0.006793	0.000619	0.000122	0.00233	0.000475	0.001766	4.3e-05	4.9e-05	5,00E-06	0.000621	2.6e-05	1,00E-06	0.00069	0.004492	0.000122	0.001591	0.001712
0.005339	0.001014	0.000263	0.001206	0.000528	0.003385	5.8e-05	8.4e-05	1.5e-05	0.000463	4.1e-05	3.2e-05	0.001106	7.9e-05	0.000128	6,00E-06	0.000517
0.011808	0.000439	0.000169	0.000738	0.000627	0.002996	0.000208	3.7e-05	0.000206	0.00035	3.8e-05	0.000116	0.002869	0.001659	6.3e-05	0.000221	0.001879
0.002219	0.004098	0.007027	0.009588	0.009956	0.001103	0.000193	0.000635	0.000161	0.0037	0.00097	0.000221	0.0	0.0	0.000522	0.000887	0.001305
0.010299	6.4e-05	0.008393	3.8e-05	7.5e-05	0.000698	2,00E-06	0.0	1.6e-05	3.6e-05	1.8e-05	8,00E-06	0.000201	0.000124	1,00E-06	0.0	0.000536
0.008244	0.000293	2.5e-05	0.000248	0.000583	0.003159	0.000128	0.000128	0.000172	8.7e-05	0.00024	1.4e-05	0.000997	0.001084	1.6e-05	0.000272	0.001098
0.00331	0.002329	0.00021	0.001195	0.012024	0.001124	3,00E-05	0.000258	6.7e-05	0.000532	0.000122	2,00E-06	0.000344	0.002945	7.6e-05	0.00034	0.004462
0.018059	0.00069	0.003397	0.001902	0.000557	0.00192	2.7e-05	7.7e-05	0.000337	0.000634	1.8e-05	1.1e-05	0.002107	0.007414	0.000168	0.000176	0.001147
0.000437	0.00164	0.000623	0.00196	0.002227	0.000159	6.3e-05	0.000446	1.7e-05	0.001584	0.001136	0.000307	0.0	0.0	0.000123	0.000972	0.000207
0.000129	0.0	6.4e-05	1,00E-05	4,00E-06	5.1e-05	2.5e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1e-05	2.1e-05	0.0	0.0	1.2e-05
0.002648	0.000372	0.000238	0.000441	0.000238	0.000207	1.4e-05	2.7e-05	1.1e-05	7.7e-05	3.2e-05	2,00E-06	0.0	0.0	4.3e-05	1,00E-06	3.5e-05
0.000308	0.000117	1.2e-05	4.1e-05	4.1e-05	0.000224	2.1e-05	5,00E-06	1,00E-06	1.9e-05	1,00E-06	0.0	0.000132	4,00E-06	1.1e-05	1,00E-06	8,00E-06
0.000143	9.6e-05	0.000169	7.9e-05	0.005079	0.000866	1,00E-06	1.2e-05	0.0	2.2e-05	0.000131	0.0	0.0	0.000289	1.3e-05	0.0	2.8e-05
0.000215	3.6e-05	7,00E-06	6,00E-06	0.000119	0.000436	1,00E-06	1,00E-06	0.0	4,00E-06	1,00E-06	0.0	0.0	0.001086	0.0	4,00E-06	2,00E-06
0.0	4,00E-06	1,00E-06	0.0	0.0	0.00012	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	2.5e-05	0.0	0.0	0.0
0.000268	0.000567	0.000437	0.001468	0.001219	0.000153	1.2e-05	0.000882	1.6e-05	0.000328	0.000435	1.5e-05	0.0	0.0	0.000105	2,00E-06	6.3e-05
0.000856	0.001115	0.000224	0.002159	0.001034	0.000337	3.8e-05	0.000139	9.7e-05	0.000771	0.0004	2.5e-05	0.0	0.0	0.000259	0.000372	0.000702
0.0	2.9e-05	1,00E-06	8,00E-06	0.003439	0.0	1.1e-05	1.7e-05	0.0	9,00E-06	6,00E-06	0.0	0.0	0.0	4,00E-06	0.0	0.0
0.000203	0.000368	0.000165	0.000614	0.000634	0.000103	3.9e-05	3.6e-05	2.4e-05	0.000322	0.000199	0.000246	0.0	0.0	6.3e-05	4.4e-05	8.8e-05
0.000785	0.001113	0.00027	0.001848	0.002572	0.000403	8.2e-05	0.000286	0.000114	0.000774	5.2e-05	0.000202	0.0	0.0	0.000185	0.000141	0.000242

Таблиця частот біграм без пробілів без перетинів:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Перший са	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	
2	а	0.000427	0.00124	0.005466	0.001236	0.002898	0.001865	0.002046	0.004044	0.001707	0.000955	0.007774	0.009223	0.004925	0.005761	0.001159
3	б	0.000724	7,00E-06	0.00018	1,00E-06	3.8e-05	0.002597	6,00E-06	1.3e-05	0.001335	0.0	8.9e-05	0.00096	4.2e-05	0.000402	0.002765
4	в	0.006462	0.000214	0.000375	0.000312	0.001454	0.006407	5.2e-05	0.000595	0.004364	0.0	0.000631	0.001018	0.000429	0.001852	0.008423
5	г	0.001136	4.9e-05	0.000152	3.1e-05	0.001595	0.000307	7,00E-06	7,00E-05	0.000863	0.0	0.000138	0.001413	6.6e-05	0.000437	0.010618
6	д	0.006303	4.9e-05	0.000858	4.4e-05	5.8e-05	0.005116	1.8e-05	5.3e-05	0.002915	0.0	0.000316	0.000841	0.000349	0.002201	0.004835
7	е	0.000345	0.002708	0.003552	0.005015	0.005033	0.002107	0.001356	0.002357	0.001737	0.002578	0.002327	0.006543	0.006214	0.010244	0.00168
8	ж	0.001374	3.4e-05	3.8e-05	1.8e-05	0.000889	0.005206	7,00E-06	2.2e-05	0.001626	0.0	0.000167	2.7e-05	1.7e-05	0.000955	7.3e-05
9	з	0.005327	0.000229	0.0011	0.000346	0.000937	0.000385	8.9e-05	8.9e-05	0.000465	0.0	0.000214	0.000366	0.000394	0.00241	0.000915
10	и	0.00045	0.001747	0.005296	0.001074	0.002953	0.002684	0.000519	0.00288	0.001793	0.00138	0.003624	0.006491	0.004058	0.005341	0.001484
11	й	0.000195	0.000246	0.000624	0.00024	0.000713	0.000122	0.000135	0.000181	0.000626	0.0	0.000526	0.00011	0.000478	0.000946	0.000353
12	к	0.008167	0.000565	0.000735	0.000114	0.000231	0.000667	0.000118	0.000105	0.003265	0.0	0.000266	0.000849	0.000229	0.001284	0.009229
13	л	0.005754	0.000326	0.000825	0.000357	0.000325	0.005654	0.00037	0.000156	0.007647	0.0	0.000674	0.000146	0.000335	0.000989	0.006899
14	м	0.003004	0.000329	0.00089	0.000339	0.000503	0.005116	0.000145	0.000204	0.004603	0.0	0.000487	0.000384	0.000395	0.002789	0.005328
15	н	0.011049	0.000264	0.000647	0.000143	0.000371	0.012528	4.4e-05	0.000153	0.007902	0.0	0.000454	5.8e-05	0.000217	0.003289	0.011748
16	о	0.00036	0.005503	0.012184	0.006293	0.006505	0.003375	0.002872	0.001986	0.002922	0.003329	0.003385	0.00647	0.007177	0.009201	0.002189
17	п	0.001609	3,00E-06	3,00E-06	0.0	1,00E-06	0.002551	0.0	1,00E-06	0.001014	0.0	7.2e-05	0.00071	0.0	0.000163	0.010351
18	р	0.007665	0.000105	0.000557	0.000235	0.000934	0.006252	0.000325	9.3e-05	0.00636	0.0	0.000262	4.5e-05	0.000215	0.000735	0.008207
19	с	0.002409	0.000181	0.002144	0.000129	0.000385	0.005771	0.000226	0.000115	0.001835	0.0	0.00371	0.003487	0.00169	0.001461	0.003247
20	т	0.006757	0.000472	0.003475	0.000173	0.000505	0.007096	0.000112	0.000169	0.005079	0.0	0.000865	0.000364	0.000326	0.001787	0.017928
21	у	0.000219	0.001332	0.00155	0.001901	0.002542	0.000375	0.002081	0.000454	0.000754	0.000156	0.001093	0.001365	0.001732	0.001333	0.000439
22	ф	0.000183	1,00E-06	4,00E-06	0.0	3,00E-06	0.001057	0.0	1,00E-06	0.00016	0.0	0.0	2.2e-05	3,00E-06	1,00E-06	0.000121
23	х	0.00055	0.000135	0.00052	6.5e-05	0.000207	0.000155	4.4e-05	8,00E-05	0.00048	0.0	0.000166	0.000311	0.000212	0.000425	0.002668
24	ц	0.000903	2.1e-05	0.000108	1.3e-05	2.8e-05	0.001022	4,00E-06	3.5e-05	0.000249	0.0	4.1e-05	6,00E-06	2.1e-05	5.8e-05	0.000308
25	ч	0.002843	2.4e-05	0.000138	2,00E-05	4.1e-05	0.004319	3,00E-06	1.5e-05	0.002271	0.0	0.000567	3,00E-05	3.8e-05	0.000886	0.000141
26	ш	0.00159	1.1e-05	2.4e-05	6,00E-06	7,00E-06	0.002578	0.0	1,00E-06	0.001897	0.0	0.000561	0.000412	2.2e-05	0.000567	0.000218
27	щ	0.00042	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.001522	1,00E-06	0.0	0.000689	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1e-05	0.0
28	ы	7.9e-05	0.000394	0.001415	0.000222	0.000465	0.00102	7,00E-05	0.000256	0.000498	0.001624	0.000337	0.002136	0.001496	0.000834	0.000255
29	ь	0.000366	0.000494	0.00142	0.000453	0.000536	0.001018	8.9e-05	0.000463	0.001257	0.0	0.002497	0.000295	0.000855	0.002872	0.000866
30	э	0.0	0.0	6,00E-06	1,00E-05	3,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	6,00E-06	3.9e-05	1.1e-05	2.5e-05	7,00E-06	0.0
31	ю	0.000134	0.000863	0.000368	0.000101	0.000537	8.7e-05	0.000165	0.000112	0.000339	0.0	0.000257	8.9e-05	0.000246	0.000432	0.000218
32	я	0.0003	0.000544	0.001945	0.000316	0.000984	0.000453	0.000277	0.000606	0.001201	3.9e-05	0.001185	0.001018	0.000834	0.001877	0.000754
33																

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
0.001159	0.002624	0.002787	0.006171	0.005995	0.000517	0.000219	0.001188	6.3e-05	0.001486	0.001332	0.000262	0.0	0.0	0.000363	0.001055	0.00225
0.002765	1.5e-05	0.001273	0.000243	2.7e-05	0.00135	0.0	4.8e-05	4.00E-06	4.4e-05	1.8e-05	0.000204	0.004614	0.000253	0.000104	1.00E-06	0.00079
0.008423	0.000979	0.000828	0.005301	0.000872	0.000809	1.1e-05	9.3e-05	4.9e-05	0.00029	0.000877	2.7e-05	0.002921	0.000291	0.000295	3.00E-06	0.000329
0.010618	0.0002	0.001215	0.00021	6.3e-05	0.000688	1.00E-06	8.00E-06	0.0	4.4e-05	1.4e-05	0.0	0.0	0.0	1.3e-05	1.00E-06	2.00E-05
0.004835	0.000193	0.00197	0.00066	0.000283	0.00207	0.0	6.00E-05	0.000375	0.000124	5.9e-05	0.0	0.000515	0.000962	1.8e-05	1.00E-05	0.000579
0.00168	0.003892	0.007014	0.007523	0.007522	0.000877	8.7e-05	0.001036	0.000686	0.001983	0.002132	0.001045	0.0	0.0	0.000399	0.000311	0.000605
7.3e-05	2.7e-05	3.00E-06	3.9e-05	7.7e-05	0.000401	0.0	3.00E-06	1.00E-06	1.3e-05	0.0	0.0	0.0	4.9e-05	1.3e-05	1.00E-06	3.4e-05
0.000915	0.000201	0.000308	0.00021	0.00011	0.000342	3.00E-06	1.00E-05	1.3e-05	5.2e-05	1.8e-05	0.0	0.000388	0.000181	1.7e-05	3.00E-06	0.000305
0.001484	0.002334	0.001271	0.004695	0.007599	0.000782	0.000117	0.002015	0.000779	0.002697	0.00115	0.000145	0.0	0.0	0.000256	0.000336	0.001574
0.000353	0.000747	0.000298	0.001178	0.000831	0.000167	0.000231	7.00E-05	7.2e-05	0.000568	0.000256	1.00E-06	0.0	0.0	8.00E-05	1.00E-05	8.2e-05
0.009229	0.00037	0.001908	0.000863	0.001143	0.001863	2.2e-05	4.9e-05	2.5e-05	0.000208	2.4e-05	0.0	0.0	1.00E-06	0.000138	1.00E-06	0.000125
0.006899	0.000593	0.000115	0.002315	0.000468	0.001782	4.5e-05	4.1e-05	3.00E-06	0.000613	2.7e-05	0.0	0.000658	0.004416	0.000122	0.001595	0.001756
0.005328	0.001003	0.000229	0.00129	0.000499	0.003468	5.5e-05	8.4e-05	2.00E-05	0.000481	4.8e-05	3.1e-05	0.00114	8.2e-05	0.000134	3.00E-06	0.000506
0.011748	0.000425	0.000169	0.000745	0.000617	0.002995	0.000202	3.7e-05	0.000215	0.000368	4.5e-05	0.000112	0.002864	0.001616	6.00E-05	0.000221	0.001898
0.002189	0.004084	0.007059	0.009686	0.010087	0.00114	0.000183	0.000629	0.000152	0.003739	0.000987	0.000204	0.0	0.0	0.000534	0.000865	0.001245
0.010351	4.8e-05	0.008408	3.7e-05	7.00E-05	0.000727	0.0	0.0	1.8e-05	2.8e-05	1.8e-05	7.00E-06	0.000218	0.000111	0.0	0.0	0.000515
0.008207	0.000304	2.5e-05	0.000238	0.000617	0.00317	0.000134	0.000128	0.000163	9.3e-05	0.000242	1.3e-05	0.000998	0.00107	1.8e-05	0.000266	0.001081
0.003247	0.00235	0.000208	0.001221	0.012036	0.001093	3.00E-05	0.000246	7.3e-05	0.00047	0.000129	0.0	0.000346	0.002922	6.9e-05	0.000337	0.004548
0.017928	0.000669	0.003374	0.001908	0.000551	0.001993	2.4e-05	7.5e-05	0.000356	0.00062	1.4e-05	8.00E-06	0.002069	0.007373	0.000148	0.000184	0.001132
0.000439	0.001651	0.000667	0.001917	0.00223	0.00015	4.4e-05	0.000449	1.7e-05	0.001543	0.001117	0.000325	0.0	0.0	0.000134	0.000979	0.000193
0.000121	0.0	7.2e-05	1.3e-05	3.00E-06	5.6e-05	2.2e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.00E-06	2.5e-05	0.0	0.0	8.00E-06
0.002668	0.000329	0.000239	0.000442	0.000236	0.0002	1.1e-05	2.8e-05	1.00E-05	7.9e-05	3.00E-05	1.00E-06	0.0	0.0	4.5e-05	3.00E-06	3.5e-05
0.000308	0.000111	1.4e-05	4.6e-05	3.1e-05	0.000236	2.1e-05	6.00E-06	0.0	2.7e-05	3.00E-06	0.0	0.000121	6.00E-06	8.00E-06	3.00E-06	6.00E-06
0.000141	9.7e-05	0.00017	7.6e-05	0.005086	0.000858	1.00E-06	1.1e-05	0.0	2.8e-05	0.000141	0.0	0.0	0.000291	1.3e-05	0.0	3.4e-05
0.000218	3.1e-05	6.00E-06	1.00E-05	0.000125	0.000411	1.00E-06	3.00E-06	0.0	6.00E-06	1.00E-06	0.0	0.0	0.001057	0.0	4.00E-06	0.0
0.0	3.00E-06	1.00E-06	0.0	0.0	0.000122	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7e-05	0.0	0.0	0.0
0.000255	0.000567	0.000446	0.001409	0.001194	0.000136	1.3e-05	0.000894	1.7e-05	0.000323	0.000446	1.8e-05	0.0	0.0	0.000114	1.00E-06	5.8e-05
0.000866	0.001118	0.000226	0.002126	0.001052	0.000336	3.7e-05	0.000145	8.4e-05	0.00074	0.000435	2.5e-05	0.0	0.0	0.000267	0.000346	0.000697
0.0	2.7e-05	0.0	8.00E-06	0.003466	0.0	1.5e-05	2.00E-05	0.0	1.1e-05	6.00E-06	0.0	0.0	0.0	3.00E-06	0.0	0.0
0.000218	0.000381	0.000177	0.000622	0.000651	0.000103	4.6e-05	3.4e-05	2.8e-05	0.000332	0.000204	0.000252	0.0	0.0	5.8e-05	4.5e-05	7.2e-05
0.000754	0.001124	0.000253	0.00189	0.00261	0.000392	7.3e-05	0.000277	0.000103	0.000787	5.2e-05	0.000219	0.0	0.0	0.000179	0.000132	0.000263

Таблиця частот біграм з пробілами з перетинами:

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Перший с		а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о
2		0.0	0.003298	0.006897	0.016875	0.003672	0.007394	0.004336	0.002372	0.004571	0.012532	1,00E-06	0.007953	0.002621	0.007368	0.016119	0.010636
3	а	0.016134	8,00E-06	0.000522	0.0002849	0.000663	0.001775	0.001067	0.001484	0.002909	0.000181	0.00077	0.00558	0.007445	0.003412	0.003174	9,00E-06
4	б	0.000431	0.000592	2,00E-06	0.000137	1,00E-06	2.4e-05	0.002119	1,00E-06	1,00E-06	0.001036	0.0	7.4e-05	0.000806	3.6e-05	0.000307	0.002211
5	в	0.005537	0.005224	1.3e-05	4.9e-05	1.1e-05	0.000931	0.005093	0.0	0.000382	0.003404	0.0	0.000137	0.000724	0.000109	0.001147	0.006726
6	г	0.001299	0.000896	1,00E-06	5,00E-06	0.0	0.001262	0.000237	0.0	1,00E-06	0.000597	0.0	6,00E-05	0.001138	1,00E-05	0.000266	0.008696
7	д	0.000928	0.005171	1.7e-05	0.000647	1.1e-05	2.3e-05	0.004229	1.3e-05	1.3e-05	0.002326	0.0	0.000207	0.00067	0.000255	0.001636	0.003956
8	е	0.019521	3.6e-05	0.001442	0.001068	0.003786	0.003345	0.001342	0.000811	0.001248	0.000101	0.002095	0.001219	0.005038	0.004274	0.006893	0.000207
9	ж	0.000444	0.001143	1.4e-05	0.0	1.3e-05	0.000764	0.004334	4,00E-06	0.0	0.001273	0.0	9.3e-05	1.6e-05	2,00E-06	0.000683	3.1e-05
10	з	0.001284	0.00437	0.000148	0.00085	0.000255	0.000701	0.000288	6.6e-05	1.2e-05	0.000357	0.0	8,00E-05	0.000284	0.000248	0.001856	0.000681
11	и	0.018207	8.5e-05	0.000659	0.002426	0.000546	0.001497	0.001768	0.000276	0.001841	0.000487	0.001166	0.002138	0.005085	0.002765	0.002703	0.00012
12	й	0.006523	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000242	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	8,00E-05	6,00E-06	4.6e-05	0.000314	2,00E-06
13	к	0.005069	0.006726	0.0	0.000163	0.0	1.5e-05	0.000497	2,00E-06	1,00E-06	0.002273	0.0	6,00E-06	0.000589	3,00E-06	0.000487	0.007447
14	л	0.007111	0.004504	3.3e-05	2.5e-05	0.000184	2.2e-05	0.004343	0.000271	8,00E-06	0.005665	0.0	0.000207	7.3e-05	6,00E-06	0.000226	0.004833
15	м	0.007904	0.00234	1.2e-05	0.0	6.1e-05	0.0	0.004043	0.0	2,00E-06	0.003167	0.0	5.2e-05	0.000206	3.5e-05	0.001598	0.003913
16	н	0.004001	0.00902	2,00E-06	1.7e-05	5.7e-05	0.000176	0.010253	4,00E-06	1.9e-05	0.006236	0.0	0.000244	1,00E-06	3,00E-06	0.00239	0.009548
17	о	0.024911	2,00E-06	0.003372	0.007383	0.004745	0.004411	0.00209	0.001952	0.001041	0.00083	0.00276	0.001805	0.004932	0.004813	0.005328	0.000178
18	п	3.8e-05	0.001332	0.0	0.0	0.0	0.002069	0.0	0.0	0.000839	0.0	0.0	5.9e-05	0.000581	0.0	0.000129	0.008519
19	р	0.000781	0.006344	7.3e-05	0.000393	0.000173	0.00072	0.005226	0.000251	5.4e-05	0.005132	0.0	0.000188	3.1e-05	0.00017	0.000556	0.006783
20	с	0.003484	0.001896	5.6e-05	0.001532	1.9e-05	0.000178	0.004688	1.3e-05	1,00E-05	0.001396	0.0	0.002844	0.002816	0.001252	0.000796	0.00257
21	т	0.006669	0.005416	1.3e-05	0.00228	8,00E-06	0.000119	0.005672	1,00E-06	7,00E-06	0.003685	0.0	0.000409	0.000203	2.7e-05	0.000867	0.014546
22	у	0.007365	5,00E-06	0.000891	0.000622	0.001442	0.001819	0.000201	0.001573	0.000246	1.2e-05	0.000151	0.000594	0.001051	0.001074	0.000201	1,00E-06
23	ф	1.8e-05	0.000151	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000845	0.0	0.0	0.000117	0.0	0.0	1.6e-05	2,00E-06	0.0	0.000104
24	х	0.002921	0.000418	0.0	0.000197	0.0	0.0	5.3e-05	0.0	0.0	0.000155	0.0	1,00E-06	0.000152	3.8e-05	0.000131	0.002019
25	ц	0.000583	0.000736	0.0	2.5e-05	0.0	0.0	0.000792	0.0	0.0	0.000144	0.0	1.7e-05	0.0	1,00E-06	0.0	0.000225
26	ч	0.000746	0.002358	0.0	3,00E-06	0.0	0.0	0.003456	0.0	0.0	0.001797	0.0	0.000442	1.9e-05	2,00E-06	0.000635	7.5e-05
27	ш	0.000112	0.00135	0.0	1,00E-05	0.0	0.0	0.002179	0.0	0.0	0.00155	0.0	0.000439	0.000351	1,00E-05	0.000472	0.000177
28	щ	6,00E-06	0.000343	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.000565	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9e-05	0.0
29	ы	0.004598	0.0	0.000129	0.000674	7.4e-05	0.000184	0.000682	2.2e-05	7.6e-05	7,00E-06	0.001355	0.000109	0.001735	0.000944	0.000244	0.0
30	ь	0.011193	0.0	6.1e-05	6,00E-06	0.000167	1.7e-05	0.000443	1,00E-06	0.000102	0.000112	0.0	0.001487	0.0	0.000299	0.001179	5,00E-06
31	э	1.5e-05	0.0	0.0	5,00E-06	5,00E-06	1,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	5,00E-06	3.5e-05	1.3e-05	1.5e-05	7,00E-06	0.0
32	ю	0.003561	0.0	0.00062	0.0	2,00E-06	0.000288	1,00E-06	8,00E-06	1,00E-05	0.0	0.0	3.1e-05	9,00E-06	2.4e-05	6.9e-05	0.0
33	я	0.01126	0.0	1.2e-05	0.000296	6,00E-05	0.000365	0.000119	9.8e-05	0.000162	2.3e-05	3.4e-05	0.000415	0.000703	0.000319	0.000451	0.0

п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
0.015483	0.003468	0.016306	0.010891	0.004788	0.000974	0.001511	0.000329	0.005921	0.000521	5.1e-05	0.0	0.0	0.002977	8.3e-05	0.002709
0.000774	0.001985	0.003658	0.003964	4.8e-05	0.000101	0.00082	3.1e-05	0.000776	0.001027	0.000205	0.0	0.0	1,00E-06	0.000884	0.001507
0.0	0.001078	0.000178	7,00E-06	0.001064	0.0	4.2e-05	3,00E-06	3,00E-05	1.3e-05	0.000172	0.003767	0.000198	0.0	1,00E-06	0.00066
0.000311	0.000499	0.003731	0.000229	0.000517	0.0	4.8e-05	2.2e-05	0.00011	0.000681	1.4e-05	0.002412	0.000237	0.0	1,00E-06	0.000241
0.0	0.000946	1,00E-05	2,00E-06	0.000496	0.0	0.0	0.0	2.2e-05	6,00E-06	0.0	0.0	0.0	0.0	1,00E-06	0.0
7.3e-05	0.001592	0.000439	0.00016	0.001699	0.0	4.3e-05	0.000322	7.8e-05	5.8e-05	0.0	0.000411	0.000803	0.0	6,00E-06	0.000487
0.001158	0.005445	0.004263	0.005033	0.000134	1.3e-05	0.000593	0.000551	0.001084	0.001709	0.000834	0.0	0.0	0.0	0.000267	0.000255
0.0	2,00E-06	5,00E-06	2.4e-05	0.000327	0.0	0.0	0.0	9,00E-06	0.0	0.0	0.0	4,00E-05	0.0	0.0	0.0
2,00E-06	0.00025	8,00E-06	1.2e-05	0.000237	0.0	0.0	2,00E-06	1.2e-05	7,00E-06	0.0	0.000312	0.000129	0.0	1,00E-06	0.000263
0.000183	0.000611	0.002075	0.005176	5,00E-05	4.5e-05	0.00151	0.0006	0.001722	0.000866	0.000118	0.0	0.0	0.0	0.00029	0.000988
0.0	1,00E-06	0.000337	0.000342	0.0	1,00E-06	0.0	4.4e-05	0.000221	0.000178	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.001452	0.00027	0.000539	0.001448	0.0	0.0	1.1e-05	0.0	9,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.0
2.4e-05	1,00E-06	0.001322	5.6e-05	0.001316	3,00E-06	1,00E-06	0.0	0.000188	1,00E-06	0.0	0.000571	0.003717	1,00E-06	0.001316	0.001289
5.5e-05	7.7e-05	0.000152	7,00E-06	0.002557	1,00E-06	0.0	4,00E-06	2.9e-05	8,00E-06	2.6e-05	0.000915	6.6e-05	0.0	0.0	0.00033
2,00E-06	6.6e-05	0.000277	0.000292	0.002325	3.1e-05	1,00E-06	0.000165	0.000201	2.3e-05	9.6e-05	0.002373	0.001373	0.0	0.000183	0.001515
0.001224	0.005342	0.005635	0.006567	7.2e-05	8.8e-05	0.000332	9.9e-05	0.002114	0.000749	0.000176	0.0	0.0	1.7e-05	0.000718	0.000532
4.9e-05	0.006944	2.8e-05	5.8e-05	0.000577	1,00E-06	0.0	1.3e-05	2.9e-05	1.5e-05	6,00E-06	0.000166	0.000102	0.0	0.0	0.000444
7.7e-05	8,00E-06	0.000153	0.000449	0.0002599	0.000104	9.9e-05	0.000143	6.3e-05	0.000197	1.2e-05	0.000825	0.000897	0.0	0.000225	0.000898
0.001623	0.000118	0.000714	0.009654	0.000828	3,00E-06	0.00019	4.6e-05	0.000353	9.4e-05	2,00E-06	0.000284	0.002436	0.0	0.000279	0.003661
7.5e-05	0.002656	0.000954	4.7e-05	0.001422	1,00E-06	2.1e-05	0.000269	0.00026	5,00E-06	8,00E-06	0.001743	0.006134	1,00E-06	0.000141	0.000846
0.000721	0.000397	0.001017	0.001376	1,00E-06	5,00E-06	0.000316	5,00E-06	0.000871	0.000914	0.000252	0.0	0.0	8,00E-06	0.000801	5,00E-05
0.0	5.3e-05	5,00E-06	3,00E-06	4.2e-05	2,00E-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9,00E-06	1.7e-05	0.0	0.0	9,00E-06
0.0	0.000133	2.3e-05	3,00E-06	0.000108	0.0	0.0	1,00E-06	1,00E-06	1.1e-05	0.0	0.0	0.0	2,00E-06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.00017	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000109	3,00E-06	0.0	1,00E-06	0.0
0.0	0.000128	0.0	0.004165	0.000695	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000105	0.0	0.0	0.000239	0.0	0.0	0.0
9,00E-06	0.0	0.0	9.4e-05	0.000361	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000898	0.0	2,00E-06	0.0
0.0	1,00E-06	0.0	0.0	9.9e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	2.1e-05	0.0	0.0	0.0
0.000104	0.000288	0.000781	0.000671	1,00E-06	0.0	0.000686	9,00E-06	0.000159	0.00035	1.1e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	3,00E-06
1,00E-06	0.0	0.000816	0.00015	0.0	5,00E-06	0.0	5.6e-05	0.000196	0.000306	1.7e-05	0.0	0.0	0.0	0.000305	0.000386
2.3e-05	1,00E-06	7,00E-06	0.002845	0.0	9,00E-06	1.4e-05	0.0	0.0	5,00E-06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2,00E-06	5.2e-05	0.000167	0.000305	0.0	9,00E-06	5,00E-06	6,00E-06	0.000103	0.000146	0.000202	0.0	0.0	0.0	3.5e-05	0.0
2.6e-05	3.1e-05	0.000501	0.001382	0.0	0.0	0.000134	7.4e-05	0.000315	1.2e-05	0.000165	0.0	0.0	0.0	0.000114	6.5e-05

Таблиця частот біграм з пробілами без перетинів:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Перший с	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	
2		0.0	0.003332	0.006877	0.016888	0.00366	0.007402	0.00435	0.002382	0.004541	0.012464	0.0	0.007899	0.002648	0.007298	0.016057	0.010634
3	а	0.016133	9.00E-06	0.00052	0.002842	0.000672	0.001774	0.001072	0.001553	0.002938	0.000169	0.000749	0.005571	0.007319	0.003376	0.003195	7.00E-06
4	б	0.000414	0.000575	2.00E-06	0.000134	1.00E-06	2.00E-05	0.002105	0.0	0.0	0.001031	0.0	8.4e-05	0.000804	4.3e-05	0.000325	0.002199
5	в	0.005629	0.005225	1.5e-05	5.00E-05	1.00E-05	0.00091	0.005013	0.0	0.000376	0.003401	0.0	0.000147	0.000731	0.000118	0.001203	0.006729
6	г	0.001296	0.000888	2.00E-06	5.00E-06	0.0	0.00131	0.000245	0.0	1.00E-06	0.000586	0.0	6.3e-05	0.001139	9.00E-06	0.000239	0.00874
7	д	0.000955	0.005104	2.00E-05	0.000608	9.00E-06	1.4e-05	0.004259	1.5e-05	1.2e-05	0.002357	0.0	0.000216	0.000664	0.000248	0.001635	0.003939
8	е	0.019551	3.6e-05	0.001472	0.001065	0.003765	0.003332	0.001382	0.000793	0.001261	0.000102	0.002171	0.001199	0.005007	0.004355	0.006843	0.0002
9	ж	0.000457	0.001182	1.00E-05	0.0	9.00E-06	0.000767	0.004226	6.00E-06	0.0	0.001267	0.0	8.1e-05	1.5e-05	2.00E-06	0.000686	3.5e-05
10	з	0.001298	0.004402	0.00014	0.000873	0.000257	0.000674	0.000318	7.00E-05	1.2e-05	0.000357	0.0	8.5e-05	0.000278	0.00023	0.001903	0.000642
11	и	0.018366	9.7e-05	0.00067	0.002437	0.000582	0.001481	0.00177	0.000263	0.00181	0.000458	0.00117	0.002128	0.005034	0.002761	0.00265	0.000137
12	й	0.006458	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000257	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4e-05	8.00E-06	4.8e-05	0.000327	2.00E-06
13	к	0.005067	0.006812	0.0	0.000171	0.0	1.4e-05	0.000501	0.0	2.00E-06	0.002314	0.0	6.00E-06	0.000554	1.00E-06	0.000494	0.007434
14	л	0.007107	0.00458	3.3e-05	2.9e-05	0.000173	2.6e-05	0.004365	0.00027	8.00E-06	0.005616	0.0	0.000211	8.00E-05	9.00E-06	0.000252	0.004856
15	м	0.007809	0.002313	1.4e-05	0.0	5.7e-05	0.0	0.004037	0.0	1.00E-06	0.003205	0.0	4.7e-05	0.000199	3.3e-05	0.001586	0.003968
16	н	0.004023	0.009017	2.00E-06	2.1e-05	5.5e-05	0.000163	0.010277	3.00E-06	2.00E-05	0.006279	0.0	0.000247	0.0	3.00E-06	0.002354	0.009626
17	о	0.024776	2.00E-06	0.003402	0.007325	0.004684	0.004476	0.002046	0.00195	0.001031	0.000823	0.002753	0.001785	0.004905	0.004848	0.005322	0.000178
18	п	4.3e-05	0.001348	0.0	0.0	0.0	0.0	0.002076	0.0	0.0	0.00085	0.0	6.5e-05	0.000598	0.0	0.000122	0.008536
19	р	0.000781	0.006276	7.4e-05	0.000365	0.00017	0.000684	0.005213	0.000254	5.8e-05	0.005175	0.0	0.000177	3.6e-05	0.000164	0.000548	0.006761
20	с	0.003507	0.001913	5.6e-05	0.001559	2.3e-05	0.000163	0.004651	1.6e-05	8.00E-06	0.001386	0.0	0.002859	0.002861	0.001307	0.000804	0.002589
21	т	0.006694	0.005422	1.6e-05	0.002294	5.00E-06	0.000115	0.005652	0.0	6.00E-06	0.003643	0.0	0.000441	0.000191	2.4e-05	0.000862	0.014578
22	у	0.007403	5.00E-06	0.000951	0.000649	0.001483	0.001774	0.000195	0.001583	0.000259	1.2e-05	0.000135	0.000604	0.001052	0.001079	0.000186	1.00E-06
23	ф	1.7e-05	0.000147	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000825	0.0	0.0	0.000116	0.0	0.0	1.6e-05	1.00E-06	0.0	0.000115
24	х	0.002966	0.000401	0.0	0.000202	0.0	0.0	5.7e-05	0.0	0.0	0.000157	0.0	0.0	0.000165	3.6e-05	0.000123	0.002031
25	ц	0.000572	0.000716	0.0	2.7e-05	0.0	0.0	0.000797	0.0	0.0	0.000155	0.0	1.2e-05	0.0	1.00E-06	0.0	0.000225
26	ч	0.000725	0.002372	0.0	6.00E-06	0.0	0.0	0.003493	0.0	0.0	0.001774	0.0	0.000448	2.00E-05	2.00E-06	0.000601	8.4e-05
27	ш	0.000101	0.001358	0.0	1.6e-05	0.0	0.0	0.002242	0.0	0.0	0.001554	0.0	0.000465	0.000339	1.3e-05	0.000463	0.000184
28	щ	7.00E-06	0.000384	0.0	0.0	0.0	0.0	0.001334	0.0	0.0	0.000565	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4e-05	0.0
29	ы	0.004706	0.0	0.000119	0.000679	7.00E-05	0.000186	0.000655	1.9e-05	8.4e-05	5.00E-06	0.00134	0.000115	0.001708	0.000992	0.000249	0.0
30	ь	0.011133	0.0	6.00E-05	7.00E-06	0.000168	1.7e-05	0.00045	1.00E-06	9.9e-05	0.000109	0.0	0.001436	0.0	0.000302	0.001189	3.00E-06
31	э	1.6e-05	0.0	0.0	5.00E-06	8.00E-06	0.0	0.0	0.0	1.00E-06	0.0	3.00E-06	3.4e-05	1.2e-05	2.00E-05	7.00E-06	0.0
32	ю	0.003615	0.0	0.000604	0.0	2.00E-06	0.000314	1.00E-06	8.00E-06	2.00E-06	0.0	0.0	3.1e-05	7.00E-06	2.1e-05	7.6e-05	0.0
33	я	0.011409	0.0	1.00E-05	0.000278	5.7e-05	0.000356	0.000101	0.000116	0.000169	1.2e-05	3.7e-05	0.000413	0.000676	0.000306	0.000441	0.0

R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
0.015486	0.003474	0.016159	0.010841	0.004789	0.000997	0.001504	0.000318	0.005936	0.000508	5.9e-05	0.0	0.0	0.002968	8.4e-05	0.002722
0.000769	0.002048	0.003596	0.003953	4.3e-05	0.000101	0.000831	2.3e-05	0.000811	0.001026	0.00019	0.0	0.0	0.0	0.000883	0.00144
0.0	0.001084	0.000183	8,00E-06	0.00108	0.0	4.7e-05	1,00E-06	3,00E-05	1.4e-05	0.000171	0.003726	0.000179	0.0	2,00E-06	0.000652
0.000323	0.000503	0.003757	0.000227	0.000513	0.0	4.4e-05	1.7e-05	0.000108	0.000645	1.3e-05	0.002372	0.000237	0.0	0.0	0.000227
0.0	0.000928	1.2e-05	2,00E-06	0.000489	0.0	0.0	0.0	2.6e-05	6,00E-06	0.0	0.0	0.0	0.0	1,00E-06	0.0
7.8e-05	0.001615	0.000413	0.000168	0.001707	0.0	3.1e-05	0.000353	8.4e-05	6.3e-05	0.0	0.000414	0.000841	0.0	6,00E-06	0.000491
0.001129	0.005465	0.004286	0.005025	0.000128	1.3e-05	0.000591	0.000557	0.001111	0.001692	0.000768	0.0	0.0	0.0	0.000257	0.000265
0.0	0.0	5,00E-06	2.2e-05	0.00032	0.0	0.0	0.0	8,00E-06	0.0	0.0	0.0	4.2e-05	0.0	0.0	0.0
2,00E-06	0.000245	6,00E-06	1.2e-05	0.000223	0.0	0.0	2,00E-06	1.3e-05	7,00E-06	0.0	0.000306	0.000116	0.0	0.0	0.000261
0.000173	0.000607	0.002114	0.005171	5.4e-05	4,00E-05	0.001464	0.0006	0.001735	0.000896	0.000116	0.0	0.0	0.0	0.000285	0.00098
0.0	0.0	0.000357	0.000349	0.0	1,00E-06	0.0	4.4e-05	0.000208	0.00018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.001488	0.000273	0.000522	0.001407	0.0	0.0	9,00E-06	0.0	6,00E-06	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.0
2.6e-05	1,00E-06	0.001387	5.7e-05	0.001304	6,00E-06	1,00E-06	0.0	0.00019	1,00E-06	0.0	0.000574	0.003778	0.0	0.001325	0.001302
6.3e-05	8.1e-05	0.000142	6,00E-06	0.002535	2,00E-06	0.0	5,00E-06	2.8e-05	7,00E-06	2.4e-05	0.000917	6.2e-05	0.0	0.0	0.000333
1,00E-06	5.9e-05	0.000262	0.000299	0.002326	3.1e-05	0.0	0.00015	0.000187	2.2e-05	9.1e-05	0.002349	0.001435	0.0	0.000183	0.001536
0.001246	0.005316	0.00564	0.006545	7.4e-05	9.4e-05	0.000309	0.000106	0.002165	0.000753	0.000172	0.0	0.0	1.4e-05	0.000731	0.000531
5.6e-05	0.00692	2.7e-05	5.6e-05	0.000564	0.0	0.0	1.4e-05	2.8e-05	2.2e-05	5,00E-06	0.000155	0.000106	0.0	0.0	0.000443
7.1e-05	6,00E-06	0.00015	0.000457	0.002601	0.000107	9.7e-05	0.000151	6.7e-05	0.000204	1.4e-05	0.000806	0.000914	0.0	0.000221	0.000934
0.001617	0.00013	0.000691	0.009686	0.000831	1,00E-06	0.000204	4.2e-05	0.000325	9.4e-05	2,00E-06	0.000304	0.002406	0.0	0.000258	0.003548
6.9e-05	0.002655	0.000961	5.5e-05	0.001472	0.0	2.4e-05	0.000276	0.000264	5,00E-06	9,00E-06	0.001708	0.006186	1,00E-06	0.00015	0.000846
0.000688	0.000413	0.001042	0.001341	1,00E-06	3,00E-06	0.00029	5,00E-06	0.000877	0.000894	0.000257	0.0	0.0	8,00E-06	0.000809	4.8e-05
0.0	5.5e-05	5,00E-06	2,00E-06	3.5e-05	1.9e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6,00E-06	2,00E-05	0.0	0.0	8,00E-06
0.0	0.000129	2.7e-05	5,00E-06	0.000119	0.0	0.0	2,00E-06	0.0	1.4e-05	0.0	0.0	0.0	2,00E-06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.000169	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000102	5,00E-06	0.0	1,00E-06	0.0
0.0	0.000121	0.0	0.004123	0.00066	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000108	0.0	0.0	0.000226	0.0	0.0	0.0
9,00E-06	0.0	0.0	9.5e-05	0.00037	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000882	0.0	2,00E-06	0.0
0.0	2,00E-06	0.0	0.0	0.000106	0.0	0.0	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	1.6e-05	0.0	0.0	0.0
0.000102	0.000292	0.000827	0.000699	0.0	0.0	0.000693	9,00E-06	0.000161	0.000334	1.2e-05	0.0	0.0	0.0	0.0	1,00E-06
1,00E-06	0.0	0.000814	0.000144	0.0	3,00E-06	0.0	5.8e-05	0.000184	0.00029	1.6e-05	0.0	0.0	0.0	0.000285	0.000399
2.6e-05	0.0	1.2e-05	0.002847	0.0	9,00E-06	1.7e-05	0.0	0.0	1,00E-06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1,00E-06	4.2e-05	0.000169	0.000287	0.0	1,00E-05	5,00E-06	8,00E-06	9.2e-05	0.000134	0.000206	0.0	0.0	0.0	3.8e-05	0.0
2.6e-05	3.3e-05	0.000511	0.00138	0.0	0.0	0.000143	7.9e-05	0.000332	9,00E-06	0.000164	0.0	0.0	0.0	0.000113	6.4e-05

Ентропія та надлишковість:

```
ентропія та надлишковість

З пробілами:
H1 = 4.3530
H2 (з перекриттям) = 3.9428
H2 (без перекриття) = 3.9428
R1 = 0.1294
R2 (з перекриттям) = 0.2114
R2 (без перекриття) = 0.2114

Без пробілів:
H1 = 4.4592
H2 (з перекриттям) = 4.1403
H2 (без перекриття) = 4.1397
R1 = 0.0999
R2 (з перекриттям) = 0.1719
R2 (без перекриття) = 0.1721
```

За допомогою програми CoolPinkProgram оцінив значення для $H(10)$, $H(20)$, $H(30)$:

Для 10 символів:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:
угодно_пояснений_и_извинений_например_вы_страшно_устали_когда_были_так_нес

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: o

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 51

Поле ввода символов:
o

Продолжить Другой

Неравенство для энтропии:
 $1.5527180535327 < H < 2.35139216294407$

Двоичная таблица угаданных символов:

000001000000000000000000000000
000000010000000000000000000000
100000000000000000000000000000
100000000000000000000000000000
100000000000000000000000000000
000000000000000000000000000000

Вероятности:

q[1] = 0.5098039
q[2] = 0.1372549
q[3] = 0.0588235
q[4] = 0.0784313
q[5] = 0.0784313
q[6] = 0.0588235
q[7] = 0.0196078
q[8] = 0.0392156
q[9] = 0
q[10] = 0
q[11] = 0
q[12] = 0.019607
q[13] = 0
q[14] = 0
q[15] = 0
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
q[25] = 0

Для 20 символов:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:

ие_другого_человека_он_взывает_при_этом_к_какому_то_стандарту_поведения_о_к

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: _ (пробел)

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 51

Поле ввода символов:

Продолжить

Другой

Неравенство для энтропии:

$1,46153356730542 < H < 2,13125601588038$

Двоичная таблица угаданных символов:

00000100000000000000000000000000

10000000000000000000000000000000

10000000000000000000000000000000

00000000010000000000000000000000

10000000000000000000000000000000

Вероятности:

$q[1] = 0,6078431$

$q[2] = 0,0392156$

$q[3] = 0,1176470$

$q[4] = 0,0588235$

$q[5] = 0,0196078$

$q[6] = 0,0588235$

$q[7] = 0$

$q[8] = 0$

$q[9] = 0$

$q[10] = 0$

$q[11] = 0,019607$

$q[12] = 0$

$q[13] = 0$

$q[14] = 0$

$q[15] = 0$

$q[16] = 0$

$q[17] = 0$

$q[18] = 0$

$q[19] = 0$

$q[20] = 0$

$q[21] = 0,019607$

$q[22] = 0$

$q[23] = 0,019607$

$q[24] = 0$

$q[25] = 0$

$q[26] = 0$

$q[27] = 0,019607$

$q[28] = 0,019607$

$q[29] = 0$

$q[30] = 0$

$q[31] = 0$

$q[32] = 0$

Строка состояния:

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

Для 30 символов:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:

чего_плохого_почему_я_должен_

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: 51

Поле ввода символов:

Продолжить

Другой

Неравенство для энтропии:

$1,36086100719762 < H < 2,05366068968819$

Двоичная таблица угаданных символов:

01000000000000000000000000000000

10000000000000000000000000000000

00000000100000000000000000000000

10000000000000000000000000000000

01000000000000000000000000000000

Вероятности:

$q[1] = 0,64$

$q[2] = 0,12$

$q[3] = 0,02$

$q[4] = 0,04$

$q[5] = 0$

$q[6] = 0$

$q[7] = 0$

$q[8] = 0,02$

$q[9] = 0,02$

$q[10] = 0$

$q[11] = 0,02$

$q[12] = 0$

$q[13] = 0,02$

$q[14] = 0$

$q[15] = 0$

$q[16] = 0,02$

$q[17] = 0,04$

$q[18] = 0,02$

$q[19] = 0$

$q[20] = 0$

$q[21] = 0$

$q[22] = 0$

$q[23] = 0$

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

Надлишковість джерела відкритого тексту (мови) дорівнює $R = 1 - \frac{H_{\infty}}{H_0}$ і

характеризує величину можливого ущільнення тексту деякою схемою кодування символів без втрати його змісту.

$$H_0 = \log_2 32 = 5$$

H_{∞} = отримана ентропія

$$1) \quad 1,5527 < H_{10} < 2,3514$$

$$R_1 = 1 - \frac{1,5527}{5} = 0,68946$$

$$R_r = 1 - \frac{2,3514}{5} = 0,52972$$

$$2) \quad 1,46153 < H_{20} < 2,13125$$

$$R_1 = 1 - \frac{1,46153}{5} = 0,70769$$

$$R_r = 1 - \frac{2,13125}{5} = 0,57375$$

$$3) \quad 1,36086 < H_{30} < 2,05366$$

$$R_1 = 1 - \frac{1,36086}{5} = 0,727828$$

$$R_r = 1 - \frac{2,05366}{5} = 0,589268$$

Висновки:

В ході виконання роботи, я практично обчислив частоти літер та біграм, ентропію та надлишковість в тексті російською мовою. При роботі з Pinkprogram я побачив, що зі збільшенням символів, ентропія зменшується, тобто зі збільшенням символів текст стає передбачуваним.