



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра інформаційної безпеки

КРИПТОГРАФІЯ

Комп'ютерний практикум №1

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

Перевірив:

Чорний О.М.

Савчук М.М.

Завадська Л.О.

Виконали:

Студентки групи ФБ-71

Нацвін К.А.

Гресь В.В.

Київ 2019

Мета роботи

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

Порядок виконання роботи

0. Уважно прочитати методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму.
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 $(10)H$, $(20)H$, $(30)H$.
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

Результати:

Монограми:

Без пробілу:

$$H1 = 4.45619$$

$$R1 = 0.100523$$

З пробілом:

$$H2 = 4.36725$$

$$R2 = 0.12655$$

Біграми:

Біграми, що не перетинаються

Без пробілу

$$H1 = 4.092382$$

$$R1 = 0.180786$$

З пробілом

$$H2 = 3.956165$$

$$R2 = 0.200598$$

Біграми, що перетинаються

Без пробілу

$$H1 = 4.092746$$

$$R1 = 0.181451$$

З пробілом

$$H2 = 3.956546$$

$$R2 = 0.201375$$

Монограми:

Без пробілу:

а: 0.0813788
б: 0.0167684
в: 0.0486265
г: 0.020526
д: 0.0305593
е: 0.0811917
ж: 0.0102352
з: 0.0177814
и: 0.067801
й: 0.0106205
к: 0.0345022
л: 0.0487586
м: 0.0298752
н: 0.0635659
о: 0.114008
п: 0.0258992
р: 0.0469898
с: 0.0562076
т: 0.0600729
у: 0.0263599
ф: 0.00215929
х: 0.00839884
ц: 0.00365041
ч: 0.0140615
ш: 0.00889439
щ: 0.00287979
ы: 0.0185097
ь: 0.0189714
э: 0.00294364
ю: 0.00645411
я: 0.0213486

З пробілом:

а: 0.0679589
б: 0.0140031
в: 0.0406077
г: 0.0171412
д: 0.0255199
е: 0.0678027
ж: 0.00854733
з: 0.0148491
и: 0.0566201
й: 0.0088691
к: 0.0288126
л: 0.040718
м: 0.0249485
н: 0.0530835
о: 0.0952076
п: 0.0216283
р: 0.0392409
с: 0.0469386
т: 0.0501665
у: 0.022013
ф: 0.00180321
х: 0.00701382
ц: 0.00304843
ч: 0.0117427
ш: 0.00742765
щ: 0.0024049
ы: 0.0154573
ь: 0.0158429
э: 0.00245821
ю: 0.00538978
я: 0.0178281
: 0.164906

Дані з Інтернету:

Буква	Частота
А	0,063
Б	0,014
В	0,038
Г	0,013
Д	0,025
Е	0,072
Ж	0,007
З	0,016
И	0,062
Й	0,010
К	0,028
Л	0,035
М	0,026
Н	0,052
О	0,090
П	0,023
Р	0,040
С	0,045
Т	0,053
У	0,021
Ф	0,001
Х	0,009
Ц	0,004
Ч	0,012
Ш	0,005
Щ	0,003
Ы	0,017
Ь	0,015
Э	0,002
Ю	0,006
Я	0,018

Біграми:

Біграми, що не перетинаються

Без пробілу

к	й	и	з	ж	е	д	г	в	б	а
0.011705	0.000000	0.000124	0.007216	0.001906	0.000045	0.006076	0.001304	0.008068	0.001391	0.000007
0.000000	0.000004	0.000621	0.000240	0.000088	0.001540	0.000045	0.000000	0.000019	0.000015	0.000863
0.000510	0.000000	0.003482	0.001118	0.000000	0.002166	0.001325	0.000056	0.000045	0.000120	0.004887
0.000003	0.000000	0.000718	0.000584	0.000017	0.004752	0.000009	0.000059	0.000048	0.000012	0.001155
0.000011	0.000210	0.002109	0.002344	0.001049	0.003714	0.000041	0.001409	0.000406	0.000030	0.002584
0.000778	0.000005	0.004040	0.000356	0.005217	0.002268	0.006299	0.000836	0.006225	0.002997	0.001403
0.000029	0.000000	0.000549	0.000221	0.000026	0.001447	0.000020	0.000000	0.000001	0.000009	0.001675
0.000013	0.000000	0.004127	0.000037	0.000000	0.001762	0.000004	0.000000	0.000696	0.000010	0.005529
0.003702	0.000000	0.001306	0.000504	0.001904	0.000256	0.003509	0.001034	0.004493	0.001035	0.000171
0.000000	0.000000	0.001957	0.000000	0.000000	0.003374	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000920
0.000021	0.000079	0.002749	0.000175	0.000116	0.001548	0.000265	0.000108	0.000203	0.000301	0.005729
0.000545	0.000111	0.006481	0.000296	0.000006	0.008445	0.001114	0.002408	0.001517	0.001091	0.012259
0.000007	0.000053	0.004169	0.000370	0.000010	0.005579	0.000178	0.000005	0.001505	0.000055	0.003861
0.002159	0.000575	0.004471	0.002294	0.001645	0.010913	0.002328	0.000344	0.001630	0.000389	0.007070
0.011826	0.000016	0.000274	0.000932	0.000073	0.000751	0.005211	0.012591	0.010738	0.003140	0.000007
0.000000	0.000000	0.000268	0.000000	0.000000	0.001248	0.000138	0.000000	0.000334	0.000000	0.001304
0.002133	0.000024	0.000781	0.000293	0.000004	0.009485	0.002704	0.001686	0.000901	0.001600	0.004242
0.000264	0.001007	0.004150	0.000318	0.000033	0.006540	0.000556	0.000118	0.004296	0.000109	0.005036
0.000648	0.000289	0.004546	0.000020	0.000000	0.005278	0.000290	0.000003	0.000302	0.000010	0.006772
0.002075	0.000000	0.000008	0.000388	0.000216	0.000102	0.002305	0.000904	0.001155	0.001456	0.000193
0.000000	0.000001	0.000047	0.000000	0.000000	0.000021	0.000008	0.000000	0.000000	0.000000	0.000724
0.000001	0.000002	0.002525	0.000000	0.000000	0.001303	0.000059	0.000000	0.000056	0.000136	0.001362
0.000016	0.000040	0.001665	0.000005	0.000000	0.000332	0.000167	0.000004	0.000017	0.000004	0.000107
0.000025	0.000080	0.001809	0.000020	0.000052	0.001369	0.000045	0.000034	0.000054	0.000027	0.001067
0.000012	0.000150	0.000482	0.000014	0.000000	0.000953	0.000175	0.000011	0.001652	0.000005	0.001800
0.000000	0.000000	0.000195	0.000000	0.000000	0.000837	0.000000	0.000000	0.000006	0.000286	0.000344
0.000000	0.000000	0.000000	0.000798	0.000000	0.000000	0.000854	0.000000	0.003601	0.005397	0.000000
0.000001	0.000000	0.000000	0.000909	0.000059	0.000000	0.000789	0.000001	0.000242	0.000203	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000003
0.000008	0.000000	0.000521	0.000095	0.000054	0.000540	0.000060	0.000002	0.000003	0.000006	0.001050
0.000000	0.000000	0.002726	0.000703	0.000000	0.000547	0.000586	0.000000	0.000293	0.000598	0.003453

И	Х	Ф	У	Т	С	Р	П	О	Н	М	Л
0.000785	0.001166	0.000206	0.000029	0.007788	0.002079	0.012148	0.001699	0.000007	0.014966	0.003945	0.009496
0.000000	0.000000	0.000000	0.000813	0.000038	0.000074	0.000230	0.000001	0.004674	0.000016	0.000036	0.000031
0.000030	0.000168	0.000000	0.001167	0.003671	0.002565	0.000426	0.000000	0.011469	0.000031	0.000001	0.000009
0.000009	0.000001	0.000000	0.001686	0.000013	0.000028	0.000455	0.000006	0.006699	0.000171	0.000067	0.000168
0.000000	0.000001	0.000000	0.002381	0.000221	0.000423	0.000477	0.000000	0.006632	0.001326	0.000000	0.000350
0.001278	0.000044	0.000200	0.000289	0.006253	0.003988	0.008603	0.003609	0.003373	0.012588	0.005311	0.006112
0.000000	0.000000	0.000000	0.001787	0.000000	0.000030	0.000457	0.000000	0.002419	0.000019	0.000000	0.000508
0.000000	0.000000	0.000000	0.001269	0.000009	0.000040	0.000048	0.000000	0.001343	0.000019	0.000008	0.000006
0.000348	0.000217	0.000806	0.000025	0.004945	0.002060	0.007292	0.001110	0.001146	0.011441	0.004652	0.008808
0.000000	0.000000	0.000000	0.000096	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.004802	0.000000	0.000000	0.000000
0.000178	0.000000	0.000006	0.001096	0.000580	0.007174	0.000332	0.000095	0.003839	0.000295	0.000091	0.000797
0.000004	0.000123	0.000097	0.001703	0.000346	0.003953	0.000128	0.001027	0.009632	0.000006	0.000154	0.000142
0.000002	0.000073	0.000002	0.001338	0.000036	0.001348	0.000438	0.000000	0.007066	0.000002	0.000032	0.000006
0.000008	0.000146	0.000000	0.000381	0.001352	0.001270	0.000899	0.000095	0.009178	0.003876	0.001492	0.000395
0.000518	0.003022	0.000108	0.000012	0.021249	0.004136	0.011104	0.012422	0.000267	0.012330	0.004884	0.008797
0.000000	0.000000	0.000000	0.000934	0.000085	0.002402	0.000091	0.000069	0.001774	0.000006	0.000294	0.000238
0.000000	0.000145	0.000822	0.000889	0.007053	0.000445	0.000025	0.008881	0.008928	0.000091	0.000063	0.000000
0.000000	0.000086	0.000018	0.001912	0.001297	0.001303	0.000356	0.000008	0.010118	0.000816	0.000165	0.001686
0.000000	0.000043	0.000018	0.001884	0.000163	0.020671	0.000838	0.000057	0.009313	0.000637	0.000012	0.000058
0.000821	0.000162	0.000112	0.000004	0.002073	0.001115	0.004028	0.000932	0.000083	0.003114	0.003290	0.001668
0.000000	0.000000	0.000004	0.000016	0.000012	0.000019	0.000022	0.000027	0.000429	0.000012	0.000009	0.000006
0.000000	0.000002	0.000000	0.000460	0.000017	0.000235	0.000139	0.000000	0.000777	0.000010	0.000000	0.000008
0.000000	0.000000	0.000000	0.000011	0.000154	0.000037	0.000116	0.000019	0.000100	0.001004	0.000034	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.001092	0.000238	0.000466	0.000099	0.000119	0.001855	0.000303	0.000032	0.000268
0.000000	0.000012	0.000000	0.000998	0.000001	0.000120	0.000397	0.000006	0.001534	0.000032	0.000009	0.000010
0.000000	0.000000	0.000000	0.000377	0.000019	0.000000	0.000069	0.000002	0.000195	0.000160	0.000007	0.000003
0.000209	0.000000	0.000015	0.000000	0.001962	0.000511	0.002186	0.000358	0.000000	0.004612	0.001138	0.001419
0.000000	0.000004	0.000005	0.000000	0.007574	0.004029	0.001319	0.001227	0.000000	0.001413	0.000046	0.005177
0.000000	0.000000	0.000000	0.000028	0.000003	0.000000	0.000001	0.000001	0.000032	0.000001	0.000001	0.000000
0.000000	0.000000	0.000003	0.001373	0.000068	0.000161	0.000191	0.000000	0.001167	0.000196	0.000044	0.001506
0.000005	0.000000	0.000000	0.000097	0.000736	0.004279	0.001418	0.000433	0.000901	0.003666	0.000620	0.002564

я	ю	э	ь	ы	ш	щ	ч
0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000535	0.002038	0.003044
0.000060	0.000573	0.000000	0.000136	0.000518	0.000000	0.000000	0.000000
0.000403	0.000000	0.000000	0.000011	0.001524	0.000000	0.000025	0.000007
0.000195	0.000003	0.000007	0.000044	0.000116	0.000000	0.000000	0.000000
0.000858	0.000605	0.000006	0.000063	0.000145	0.000000	0.000000	0.000000
0.000158	0.000001	0.000000	0.002071	0.001549	0.001800	0.003195	0.004440
0.000709	0.000009	0.000000	0.000000	0.000028	0.000000	0.000000	0.000000
0.001461	0.000032	0.000005	0.000188	0.000078	0.000000	0.000000	0.000000
0.000020	0.000000	0.000000	0.000197	0.000023	0.001042	0.002625	0.002020
0.000055	0.000000	0.000016	0.000000	0.001993	0.000000	0.000000	0.000000
0.000180	0.000016	0.000074	0.001512	0.000251	0.000000	0.000553	0.000327
0.001204	0.000078	0.000133	0.000000	0.003312	0.000000	0.000591	0.000052
0.000524	0.000027	0.000007	0.000418	0.002099	0.000000	0.000020	0.000006
0.000827	0.000048	0.000041	0.001519	0.000358	0.000042	0.000520	0.000739
0.000000	0.000000	0.000000	0.000047	0.000000	0.000000	0.000383	0.000099
0.000031	0.000004	0.000041	0.000001	0.000151	0.000000	0.000053	0.000000
0.000075	0.000078	0.000025	0.000000	0.000412	0.000004	0.000003	0.000030
0.001044	0.000159	0.000058	0.001162	0.001098	0.000000	0.000001	0.000000
0.001930	0.000619	0.003223	0.000093	0.000946	0.000000	0.000148	0.005037
0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000006	0.000128	0.000423	0.000851
0.000000	0.000000	0.000002	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000284	0.000010	0.000010	0.000001	0.001489	0.000000	0.000000	0.000000
0.000054	0.000033	0.000001	0.000122	0.000009	0.000000	0.000002	0.000000
0.000186	0.000107	0.000000	0.000075	0.000241	0.000000	0.000000	0.000001
0.000020	0.000116	0.000000	0.000649	0.000680	0.000000	0.000001	0.000129
0.000305	0.000679	0.000000	0.000012	0.000004	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	0.000021	0.000368	0.000249
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000167	0.000048	0.000000	0.000719	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000
0.000223	0.000000	0.000000	0.000821	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000

Л	К	Й	И	З	Ж	Е	Д	Г	В	Б	А
0.006364	0.007844	0.000000	0.000083	0.004836	0.001277	0.000030	0.004072	0.000874	0.005407	0.000932	0.000005
0.000021	0.000000	0.000003	0.000416	0.000161	0.000057	0.001032	0.000030	0.000000	0.000012	0.000010	0.000058
0.000006	0.000342	0.000000	0.002333	0.000750	0.000000	0.001452	0.000888	0.000038	0.000030	0.000080	0.003274
0.000113	0.000002	0.000000	0.000481	0.000391	0.000011	0.003185	0.000006	0.000039	0.000032	0.000008	0.000774
0.000235	0.000007	0.000141	0.001414	0.001571	0.000703	0.002489	0.000027	0.000944	0.000272	0.000020	0.001732
0.004097	0.000521	0.000003	0.002708	0.000238	0.003496	0.001520	0.004221	0.000560	0.004172	0.002008	0.000940
0.000341	0.000020	0.000000	0.000368	0.000149	0.000018	0.000970	0.000014	0.000000	0.000001	0.000006	0.001122
0.000004	0.000009	0.000000	0.002766	0.000025	0.000000	0.001181	0.000003	0.000000	0.000466	0.000007	0.003705
0.005903	0.002481	0.000000	0.000875	0.000338	0.001276	0.000172	0.002352	0.000691	0.003011	0.000692	0.000115
0.000000	0.000000	0.000000	0.001312	0.000000	0.000000	0.002261	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000617
0.000534	0.000014	0.000053	0.001842	0.000116	0.000077	0.001037	0.000178	0.000072	0.000136	0.000201	0.003838
0.000095	0.000365	0.000074	0.004344	0.000198	0.000004	0.005660	0.000747	0.001614	0.001016	0.000731	0.008216
0.000004	0.000005	0.000036	0.002794	0.000248	0.000007	0.003739	0.000119	0.000003	0.001008	0.000037	0.002582
0.000264	0.001447	0.000386	0.002996	0.001538	0.001102	0.007314	0.001560	0.000231	0.001093	0.000260	0.004738
0.005896	0.007926	0.000011	0.000184	0.000625	0.000049	0.000504	0.003492	0.008439	0.007196	0.002105	0.000005
0.000159	0.000000	0.000000	0.000179	0.000000	0.000000	0.000837	0.000093	0.000000	0.000224	0.000000	0.000874
0.000000	0.001430	0.000016	0.000523	0.000196	0.000003	0.006357	0.001812	0.001130	0.000604	0.001072	0.002843
0.001130	0.000177	0.000675	0.002782	0.000213	0.000022	0.004383	0.000373	0.000079	0.002879	0.000070	0.003372
0.000039	0.000434	0.000198	0.003047	0.000014	0.000000	0.003537	0.000194	0.000002	0.000202	0.000007	0.004539
0.001118	0.001391	0.000000	0.000005	0.000260	0.000145	0.000068	0.001545	0.000606	0.000774	0.000976	0.000129
0.000004	0.000000	0.000001	0.000032	0.000000	0.000000	0.000014	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000485
0.000005	0.000001	0.000001	0.001693	0.000000	0.000000	0.000873	0.000039	0.000000	0.000037	0.000090	0.000913
0.000000	0.000011	0.000027	0.001116	0.000003	0.000000	0.000222	0.000112	0.000002	0.000011	0.000003	0.000072
0.000179	0.000017	0.000053	0.001212	0.000014	0.000035	0.000917	0.000030	0.000023	0.000036	0.000018	0.000716
0.000007	0.000008	0.000100	0.000323	0.000010	0.000000	0.000637	0.000117	0.000007	0.001107	0.000003	0.001206
0.000002	0.000000	0.000000	0.000131	0.000000	0.000000	0.000562	0.000000	0.000000	0.000004	0.000192	0.000231
0.000951	0.000000	0.000000	0.000000	0.000536	0.000000	0.000000	0.000573	0.000000	0.002414	0.003618	0.000000
0.003470	0.000001	0.000000	0.000000	0.000609	0.000039	0.000000	0.000529	0.000001	0.000162	0.000136	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001
0.001009	0.000006	0.000000	0.000349	0.000064	0.000036	0.000362	0.000040	0.000002	0.000002	0.000004	0.000704
0.001719	0.000000	0.000000	0.001827	0.000471	0.000000	0.000367	0.000393	0.000000	0.000197	0.000402	0.002314
0.007048	0.004355	0.007089	0.018485	0.001276	0.000190	0.016122	0.001955	0.001784	0.008100	0.000315	0.017319

Ч	П	Х	Ф	У	Т	С	Р	П	О	Н	М
0.002040	0.000526	0.000781	0.000138	0.000019	0.005219	0.001393	0.008141	0.001139	0.000005	0.010030	0.002644
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000545	0.000026	0.000050	0.000154	0.000001	0.003132	0.000011	0.000024
0.000005	0.000020	0.000113	0.000000	0.000782	0.002460	0.001719	0.000285	0.000000	0.007687	0.000021	0.000001
0.000000	0.000006	0.000001	0.000000	0.001130	0.000009	0.000019	0.000305	0.000004	0.004489	0.000114	0.000045
0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.001596	0.000148	0.000284	0.000320	0.000000	0.004445	0.000889	0.000000
0.002976	0.000857	0.000029	0.000134	0.000194	0.004191	0.002672	0.005765	0.002419	0.002260	0.008436	0.003559
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001198	0.000000	0.000020	0.000306	0.000000	0.001621	0.000013	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000851	0.000006	0.000027	0.000032	0.000000	0.000900	0.000013	0.000006
0.001354	0.000233	0.000145	0.000540	0.000017	0.003314	0.001381	0.004887	0.000744	0.000768	0.007667	0.003118
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000064	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.003218	0.000000	0.000000
0.000219	0.000119	0.000000	0.000004	0.000735	0.000389	0.004808	0.000223	0.000064	0.002573	0.000198	0.000061
0.000035	0.000002	0.000083	0.000065	0.001141	0.000232	0.002650	0.000086	0.000688	0.006455	0.000004	0.000103
0.000004	0.000002	0.000049	0.000002	0.000896	0.000024	0.000904	0.000293	0.000000	0.004735	0.000001	0.000021
0.000495	0.000005	0.000098	0.000000	0.000255	0.000906	0.000851	0.000603	0.000064	0.006151	0.002597	0.001000
0.000066	0.000347	0.002025	0.000073	0.000008	0.014241	0.002772	0.007442	0.008325	0.000179	0.008263	0.003273
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000626	0.000057	0.001610	0.000061	0.000046	0.001189	0.000004	0.000197
0.000020	0.000000	0.000097	0.000551	0.000596	0.004727	0.000299	0.000017	0.005952	0.005984	0.000061	0.000042
0.000000	0.000000	0.000058	0.000012	0.001281	0.000870	0.000873	0.000238	0.000006	0.006781	0.000547	0.000110
0.003376	0.000000	0.000026	0.000012	0.001263	0.000109	0.013853	0.000561	0.000040	0.006241	0.000427	0.000008
0.000570	0.000550	0.000109	0.000075	0.000003	0.001389	0.000747	0.002700	0.000625	0.000055	0.002087	0.002205
0.000000	0.000000	0.000000	0.000003	0.000011	0.000008	0.000012	0.000015	0.000018	0.000287	0.000008	0.000006
0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000308	0.000011	0.000157	0.000093	0.000000	0.000521	0.000007	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000007	0.000103	0.000025	0.000078	0.000012	0.000067	0.000673	0.000023
0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000732	0.000160	0.000312	0.000066	0.000080	0.001243	0.000203	0.000021
0.000086	0.000000	0.000008	0.000000	0.000669	0.000001	0.000081	0.000266	0.000004	0.001028	0.000021	0.000006
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000252	0.000013	0.000000	0.000046	0.000002	0.000131	0.000107	0.000005
0.000000	0.000140	0.000000	0.000010	0.000000	0.001315	0.000343	0.001465	0.000240	0.000000	0.003091	0.000763
0.000167	0.000000	0.000002	0.000003	0.000000	0.005076	0.002700	0.000884	0.000822	0.000000	0.000947	0.000031
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000019	0.000002	0.000000	0.000001	0.000001	0.000022	0.000001	0.000001
0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000921	0.000046	0.000108	0.000128	0.000000	0.000782	0.000131	0.000029
0.000000	0.000003	0.000000	0.000000	0.000065	0.000493	0.002867	0.000950	0.000290	0.000604	0.002457	0.000416
0.000328	0.000237	0.003386	0.000178	0.005830	0.004624	0.003402	0.002830	0.000044	0.021654	0.004053	0.007232

	я	ю	э	ь	Ы	Щ	Ш
0.002432	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000358	0.001366
0.006878	0.000040	0.000384	0.000000	0.000091	0.000347	0.000000	0.000000
0.017008	0.000270	0.000000	0.000000	0.000007	0.001021	0.000000	0.000016
0.005733	0.000131	0.000002	0.000005	0.000030	0.000077	0.000000	0.000000
0.007161	0.000575	0.000405	0.000004	0.000042	0.000097	0.000000	0.000000
0.003941	0.000106	0.000001	0.000000	0.001389	0.001038	0.001206	0.002141
0.001882	0.000475	0.000006	0.000000	0.000000	0.000019	0.000000	0.000000
0.003666	0.000979	0.000021	0.000003	0.000126	0.000052	0.000000	0.000000
0.011929	0.000013	0.000000	0.000000	0.000132	0.000015	0.000698	0.001759
0.000014	0.000037	0.000000	0.000011	0.000000	0.001335	0.000000	0.000000
0.009589	0.000121	0.000011	0.000050	0.001013	0.000168	0.000000	0.000371
0.002544	0.000807	0.000052	0.000089	0.000000	0.002220	0.000000	0.000396
0.005361	0.000351	0.000018	0.000005	0.000280	0.001407	0.000000	0.000014
0.014880	0.000554	0.000033	0.000027	0.001018	0.000240	0.000028	0.000349
0.011476	0.000000	0.000000	0.000000	0.000031	0.000000	0.000000	0.000257
0.015284	0.000021	0.000002	0.000028	0.000001	0.000101	0.000000	0.000035
0.004508	0.000051	0.000052	0.000017	0.000000	0.000276	0.000002	0.000002
0.017646	0.000700	0.000107	0.000039	0.000779	0.000736	0.000000	0.000001
0.007374	0.001294	0.000415	0.002160	0.000062	0.000634	0.000000	0.000099
0.003505	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000004	0.000086	0.000283
0.000888	0.000000	0.000000	0.000002	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000
0.001061	0.000190	0.000007	0.000007	0.000001	0.000998	0.000000	0.000000
0.000333	0.000036	0.000022	0.000001	0.000082	0.000006	0.000000	0.000002
0.005265	0.000125	0.000072	0.000000	0.000050	0.000161	0.000000	0.000000
0.000748	0.000014	0.000078	0.000000	0.000435	0.000456	0.000000	0.000001
0.000057	0.000204	0.000455	0.000000	0.000008	0.000003	0.000000	0.000000
0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000014	0.000247
0.002408	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000040	0.000112	0.000032	0.000000	0.000482	0.000000	0.000000	0.000001
0.001293	0.000150	0.000000	0.000000	0.000550	0.000002	0.000000	0.000000
0.000000	0.010473	0.003213	0.000013	0.009230	0.004043	0.000010	0.000088

Біграми, що перетинаються

Без пробілу

	к	й	и	з	ж	е	д	г	в	б	а
	0.011705	0.000000	0.000124	0.007216	0.001906	0.000045	0.006076	0.001304	0.008068	0.001391	0.000007
	0.000000	0.000004	0.000621	0.000240	0.000086	0.001540	0.000045	0.000000	0.000019	0.000014	0.000863
	0.000510	0.000000	0.003482	0.001118	0.000000	0.002166	0.001325	0.000056	0.000045	0.000120	0.004886
	0.000003	0.000000	0.000718	0.000584	0.000017	0.004752	0.000009	0.000059	0.000048	0.000012	0.001155
	0.000011	0.000210	0.002109	0.002344	0.001049	0.003714	0.000040	0.001409	0.000406	0.000030	0.002584
	0.000778	0.000005	0.004040	0.000356	0.005217	0.002268	0.006299	0.000836	0.006225	0.002997	0.001403
	0.000029	0.000000	0.000549	0.000222	0.000026	0.001447	0.000020	0.000000	0.000001	0.000009	0.001675
	0.000013	0.000000	0.004127	0.000037	0.000000	0.001762	0.000004	0.000000	0.000696	0.000010	0.005529
	0.003702	0.000000	0.001306	0.000504	0.001904	0.000256	0.003509	0.001031	0.004493	0.001033	0.000171
	0.000000	0.000000	0.001957	0.000000	0.000000	0.003374	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000920
	0.000021	0.000079	0.002749	0.000173	0.000115	0.001548	0.000265	0.000108	0.000203	0.000301	0.005727
	0.000545	0.000111	0.006481	0.000296	0.000006	0.008445	0.001115	0.002408	0.001517	0.001091	0.012259
	0.000007	0.000053	0.004169	0.000370	0.000010	0.005579	0.000178	0.000005	0.001505	0.000055	0.003853
	0.002159	0.000575	0.004471	0.002294	0.001645	0.010913	0.002328	0.000344	0.001630	0.000389	0.007070
	0.011826	0.000016	0.000274	0.000932	0.000073	0.000752	0.005211	0.012591	0.010738	0.003140	0.000007
	0.000000	0.000000	0.000268	0.000000	0.000000	0.001248	0.000138	0.000000	0.000334	0.000000	0.001304
	0.002133	0.000024	0.000781	0.000293	0.000004	0.009485	0.002704	0.001686	0.000901	0.001600	0.004242
	0.000264	0.001007	0.004150	0.000318	0.000033	0.006540	0.000556	0.000118	0.004296	0.000104	0.005032
	0.000648	0.000296	0.004546	0.000020	0.000000	0.005278	0.000290	0.000003	0.000302	0.000010	0.006772
	0.002075	0.000000	0.000008	0.000388	0.000216	0.000102	0.002305	0.000904	0.001155	0.001456	0.000193
	0.000000	0.000001	0.000047	0.000000	0.000000	0.000021	0.000008	0.000000	0.000000	0.000000	0.000724
	0.000001	0.000002	0.002525	0.000000	0.000000	0.001303	0.000059	0.000000	0.000056	0.000134	0.001362
	0.000016	0.000040	0.001665	0.000005	0.000000	0.000332	0.000167	0.000003	0.000017	0.000004	0.000107
	0.000025	0.000080	0.001809	0.000020	0.000052	0.001369	0.000045	0.000034	0.000054	0.000027	0.001069
	0.000012	0.000150	0.000482	0.000014	0.000000	0.000951	0.000175	0.000011	0.001652	0.000005	0.001800
	0.000000	0.000000	0.000195	0.000000	0.000000	0.000839	0.000000	0.000000	0.000006	0.000286	0.000344
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000799	0.000000	0.000000	0.000854	0.000000	0.003601	0.005398	0.000000
	0.000001	0.000000	0.000000	0.000909	0.000059	0.000000	0.000789	0.000001	0.000242	0.000203	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002
	0.000008	0.000000	0.000521	0.000095	0.000054	0.000540	0.000060	0.000002	0.000003	0.000006	0.001050
	0.000000	0.000000	0.002726	0.000703	0.000000	0.000547	0.000586	0.000000	0.000293	0.000599	0.003453

П	Х	Ф	У	Т	С	Р	П	О	Н	М	Л
0.000785	0.001166	0.000206	0.000029	0.007788	0.002079	0.012148	0.001699	0.000007	0.014966	0.003945	0.009496
0.000000	0.000000	0.000000	0.000813	0.000038	0.000074	0.000230	0.000001	0.004674	0.000016	0.000036	0.000031
0.000030	0.000168	0.000000	0.001167	0.003671	0.002565	0.000426	0.000000	0.011469	0.000031	0.000001	0.000009
0.000009	0.000001	0.000000	0.001686	0.000013	0.000028	0.000455	0.000006	0.006699	0.000171	0.000067	0.000168
0.000000	0.000001	0.000000	0.002381	0.000221	0.000423	0.000477	0.000000	0.006632	0.001326	0.000000	0.000350
0.001278	0.000044	0.000200	0.000289	0.006253	0.003988	0.008603	0.003609	0.003373	0.012588	0.005311	0.006112
0.000000	0.000000	0.000000	0.001787	0.000000	0.000030	0.000457	0.000000	0.002419	0.000019	0.000000	0.000508
0.000000	0.000000	0.000000	0.001269	0.000009	0.000040	0.000048	0.000000	0.001343	0.000019	0.000008	0.000006
0.000348	0.000217	0.000806	0.000025	0.004945	0.002060	0.007292	0.001110	0.001146	0.011441	0.004652	0.008808
0.000000	0.000000	0.000000	0.000096	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.004802	0.000000	0.000000	0.000000
0.000178	0.000000	0.000006	0.001096	0.000580	0.007174	0.000332	0.000095	0.003839	0.000295	0.000091	0.000797
0.000004	0.000123	0.000097	0.001703	0.000346	0.003954	0.000128	0.001027	0.009632	0.000006	0.000154	0.000142
0.000002	0.000073	0.000002	0.001338	0.000036	0.001348	0.000438	0.000000	0.007066	0.000002	0.000032	0.000006
0.000008	0.000146	0.000000	0.000381	0.001352	0.001270	0.000899	0.000095	0.009178	0.003876	0.001492	0.000395
0.000519	0.003022	0.000108	0.000012	0.021249	0.004136	0.011104	0.012422	0.000267	0.012330	0.004884	0.008797
0.000000	0.000000	0.000000	0.000934	0.000085	0.002402	0.000091	0.000069	0.001774	0.000006	0.000294	0.000238
0.000000	0.000145	0.000823	0.000889	0.007053	0.000445	0.000025	0.008881	0.008928	0.000091	0.000063	0.000000
0.000000	0.000086	0.000018	0.001912	0.001297	0.001303	0.000356	0.000008	0.010118	0.000816	0.000165	0.001686
0.000000	0.000039	0.000018	0.001884	0.000163	0.020671	0.000838	0.000059	0.009313	0.000637	0.000012	0.000058
0.000821	0.000162	0.000112	0.000004	0.002073	0.001115	0.004028	0.000932	0.000083	0.003114	0.003290	0.001668
0.000000	0.000000	0.000004	0.000016	0.000012	0.000019	0.000022	0.000027	0.000429	0.000012	0.000009	0.000006
0.000000	0.000002	0.000000	0.000460	0.000017	0.000235	0.000138	0.000000	0.000777	0.000010	0.000000	0.000008
0.000000	0.000000	0.000000	0.000011	0.000154	0.000037	0.000116	0.000019	0.000100	0.001004	0.000034	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.001092	0.000238	0.000466	0.000099	0.000119	0.001855	0.000303	0.000032	0.000268
0.000000	0.000012	0.000000	0.000998	0.000001	0.000120	0.000397	0.000006	0.001534	0.000032	0.000009	0.000010
0.000000	0.000000	0.000000	0.000377	0.000019	0.000000	0.000069	0.000002	0.000195	0.000160	0.000007	0.000003
0.000209	0.000000	0.000015	0.000000	0.001962	0.000511	0.002186	0.000358	0.000000	0.004612	0.001138	0.001419
0.000000	0.000004	0.000005	0.000000	0.007574	0.004029	0.001319	0.001227	0.000000	0.001413	0.000046	0.005177
0.000000	0.000000	0.000000	0.000028	0.000003	0.000000	0.000001	0.000001	0.000032	0.000001	0.000001	0.000000
0.000000	0.000000	0.000003	0.001374	0.000068	0.000161	0.000191	0.000000	0.001167	0.000196	0.000044	0.001506
0.000005	0.000000	0.000000	0.000097	0.000736	0.004279	0.001418	0.000433	0.000901	0.003666	0.000620	0.002564

я	ю	э	ь	ы	ш	щ	ч
0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000535	0.002038	0.003044
0.000060	0.000573	0.000000	0.000136	0.000518	0.000000	0.000000	0.000000
0.000403	0.000000	0.000000	0.000011	0.001524	0.000000	0.000025	0.000007
0.000195	0.000003	0.000007	0.000044	0.000116	0.000000	0.000000	0.000000
0.000858	0.000605	0.000006	0.000063	0.000145	0.000000	0.000000	0.000000
0.000158	0.000001	0.000000	0.002073	0.001549	0.001800	0.003195	0.004440
0.000709	0.000009	0.000000	0.000000	0.000028	0.000000	0.000000	0.000000
0.001461	0.000032	0.000005	0.000188	0.000078	0.000000	0.000000	0.000000
0.000020	0.000000	0.000000	0.000197	0.000023	0.001042	0.002625	0.002020
0.000055	0.000000	0.000016	0.000000	0.001993	0.000000	0.000000	0.000000
0.000180	0.000016	0.000074	0.001512	0.000251	0.000000	0.000553	0.000327
0.001204	0.000078	0.000133	0.000000	0.003312	0.000000	0.000591	0.000052
0.000524	0.000027	0.000007	0.000418	0.002099	0.000000	0.000020	0.000006
0.000827	0.000049	0.000041	0.001519	0.000358	0.000042	0.000520	0.000739
0.000000	0.000000	0.000000	0.000047	0.000000	0.000000	0.000383	0.000099
0.000031	0.000004	0.000041	0.000001	0.000151	0.000000	0.000053	0.000000
0.000075	0.000078	0.000025	0.000000	0.000412	0.000004	0.000003	0.000030
0.001044	0.000159	0.000058	0.001162	0.001098	0.000000	0.000001	0.000000
0.001930	0.000619	0.003223	0.000093	0.000946	0.000000	0.000148	0.005037
0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000006	0.000128	0.000423	0.000850
0.000000	0.000000	0.000002	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000284	0.000010	0.000010	0.000001	0.001489	0.000000	0.000000	0.000000
0.000054	0.000033	0.000001	0.000122	0.000009	0.000000	0.000002	0.000000
0.000186	0.000107	0.000000	0.000075	0.000241	0.000000	0.000000	0.000001
0.000020	0.000116	0.000000	0.000649	0.000680	0.000000	0.000001	0.000129
0.000305	0.000679	0.000000	0.000012	0.000004	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	0.000021	0.000368	0.000249
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000167	0.000048	0.000000	0.000719	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000
0.000223	0.000000	0.000000	0.000821	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000

к	й	и	з	ж	е	д	г	в	б	а	
0.007844	0.000000	0.000083	0.004836	0.001277	0.000030	0.004072	0.000874	0.005407	0.000932	0.000005	а
0.000000	0.000003	0.000416	0.000161	0.000057	0.001032	0.000030	0.000000	0.000012	0.000010	0.000578	б
0.000342	0.000000	0.002333	0.000750	0.000000	0.001452	0.000888	0.000038	0.000030	0.000080	0.003274	в
0.000002	0.000000	0.000481	0.000391	0.000011	0.003185	0.000006	0.000039	0.000032	0.000008	0.000774	г
0.000007	0.000141	0.001414	0.001571	0.000703	0.002489	0.000027	0.000944	0.000272	0.000020	0.001732	д
0.000521	0.000003	0.002708	0.000238	0.003496	0.001520	0.004221	0.000560	0.004172	0.002008	0.000940	е
0.000020	0.000000	0.000368	0.000149	0.000018	0.000970	0.000014	0.000000	0.000001	0.000006	0.001122	ж
0.000009	0.000000	0.002766	0.000025	0.000000	0.001181	0.000003	0.000000	0.000466	0.000007	0.003705	з
0.002481	0.000000	0.000875	0.000338	0.001276	0.000172	0.002352	0.000691	0.003011	0.000692	0.000115	и
0.000000	0.000000	0.001312	0.000000	0.000000	0.002261	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000617	й
0.000014	0.000053	0.001842	0.000116	0.000077	0.001037	0.000178	0.000072	0.000136	0.000201	0.003838	к
0.000365	0.000074	0.004344	0.000198	0.000004	0.005660	0.000747	0.001614	0.001016	0.000731	0.008216	л
0.000005	0.000036	0.002794	0.000248	0.000007	0.003739	0.000119	0.000003	0.001008	0.000037	0.002582	м
0.001447	0.000386	0.002996	0.001538	0.001102	0.007314	0.001560	0.000231	0.001093	0.000260	0.004738	н
0.007926	0.000011	0.000184	0.000625	0.000049	0.000504	0.003492	0.008439	0.007196	0.002105	0.000005	о
0.000000	0.000000	0.000179	0.000000	0.000000	0.000837	0.000093	0.000000	0.000224	0.000000	0.000874	п
0.001430	0.000016	0.000523	0.000196	0.000003	0.006357	0.001812	0.001130	0.000604	0.001072	0.002843	р
0.000177	0.000675	0.002782	0.000213	0.000022	0.004383	0.000373	0.000079	0.002879	0.000070	0.003372	с
0.000434	0.000198	0.003047	0.000014	0.000000	0.003537	0.000194	0.000002	0.000202	0.000007	0.004539	т
0.001391	0.000000	0.000005	0.000260	0.000145	0.000068	0.001545	0.000606	0.000774	0.000976	0.000129	у
0.000000	0.000001	0.000032	0.000000	0.000000	0.000014	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000485	ф
0.000001	0.000001	0.001693	0.000000	0.000000	0.000873	0.000039	0.000000	0.000037	0.000090	0.000913	х
0.000011	0.000027	0.001116	0.000003	0.000000	0.000222	0.000112	0.000002	0.000011	0.000003	0.000072	ц
0.000017	0.000053	0.001212	0.000014	0.000035	0.000917	0.000030	0.000023	0.000036	0.000018	0.000716	ч
0.000008	0.000100	0.000323	0.000010	0.000000	0.000637	0.000117	0.000007	0.001107	0.000003	0.001206	ш
0.000000	0.000000	0.000131	0.000000	0.000000	0.000562	0.000000	0.000000	0.000004	0.000192	0.000231	щ
0.000000	0.000000	0.000000	0.000536	0.000000	0.000000	0.000573	0.000000	0.002414	0.003618	0.000000	ы
0.000001	0.000000	0.000000	0.000609	0.000039	0.000000	0.000529	0.000001	0.000162	0.000136	0.000000	ь
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	э
0.000006	0.000000	0.000349	0.000064	0.000036	0.000362	0.000040	0.000002	0.000002	0.000004	0.000704	ю
0.000000	0.000000	0.001827	0.000471	0.000000	0.000367	0.000393	0.000000	0.000197	0.000402	0.002314	я
0.004355	0.007089	0.018485	0.001276	0.000190	0.016122	0.001955	0.001784	0.008100	0.000315	0.017319	

П	х	φ	у	т	с	р	п	о	н	м	л
0.000526	0.000781	0.000138	0.000019	0.005219	0.001393	0.008141	0.001139	0.000005	0.010030	0.002644	0.006364
0.000000	0.000000	0.000000	0.000545	0.000026	0.000050	0.000154	0.000001	0.003132	0.000011	0.000024	0.000021
0.000020	0.000113	0.000000	0.000782	0.002460	0.001719	0.000285	0.000000	0.007687	0.000021	0.000001	0.000006
0.000006	0.000001	0.000000	0.001130	0.000009	0.000019	0.000305	0.000004	0.004489	0.000114	0.000045	0.000113
0.000000	0.000001	0.000000	0.001596	0.000148	0.000284	0.000320	0.000000	0.004445	0.000889	0.000000	0.000235
0.000857	0.000029	0.000134	0.000194	0.004191	0.002672	0.005765	0.002419	0.002260	0.008436	0.003559	0.004097
0.000000	0.000000	0.000000	0.001198	0.000000	0.000020	0.000306	0.000000	0.001621	0.000013	0.000000	0.000341
0.000000	0.000000	0.000000	0.000851	0.000006	0.000027	0.000032	0.000000	0.000900	0.000013	0.000006	0.000004
0.000233	0.000145	0.000540	0.000017	0.003314	0.001381	0.004887	0.000744	0.000768	0.007667	0.003118	0.005903
0.000000	0.000000	0.000000	0.000064	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.003218	0.000000	0.000000	0.000000
0.000119	0.000000	0.000004	0.000735	0.000389	0.004808	0.000223	0.000064	0.002573	0.000198	0.000061	0.000534
0.000002	0.000083	0.000065	0.001141	0.000232	0.002650	0.000086	0.000688	0.006455	0.000004	0.000103	0.000095
0.000002	0.000049	0.000002	0.000896	0.000024	0.000904	0.000293	0.000000	0.004735	0.000001	0.000021	0.000004
0.000005	0.000098	0.000000	0.000255	0.000906	0.000851	0.000603	0.000064	0.006151	0.002597	0.001000	0.000264
0.000347	0.002025	0.000073	0.000008	0.014241	0.002772	0.007442	0.008325	0.000179	0.008263	0.003273	0.005896
0.000000	0.000000	0.000000	0.000626	0.000057	0.001610	0.000061	0.000046	0.001189	0.000004	0.000197	0.000159
0.000000	0.000097	0.000551	0.000596	0.004727	0.000299	0.000017	0.005952	0.005984	0.000061	0.000042	0.000000
0.000000	0.000058	0.000012	0.001281	0.000870	0.000873	0.000238	0.000006	0.006781	0.000547	0.000110	0.001130
0.000000	0.000026	0.000012	0.001263	0.000109	0.013853	0.000561	0.000040	0.006241	0.000427	0.000008	0.000039
0.000350	0.000109	0.000075	0.000003	0.001389	0.000747	0.002700	0.000625	0.000055	0.002087	0.002205	0.001118
0.000000	0.000000	0.000003	0.000011	0.000008	0.000012	0.000015	0.000018	0.000287	0.000008	0.000006	0.000004
0.000000	0.000001	0.000000	0.000308	0.000011	0.000157	0.000093	0.000000	0.000521	0.000007	0.000000	0.000005
0.000000	0.000000	0.000000	0.000007	0.000103	0.000025	0.000078	0.000012	0.000067	0.000673	0.000023	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000732	0.000160	0.000312	0.000066	0.000080	0.001243	0.000203	0.000021	0.000179
0.000000	0.000008	0.000000	0.000669	0.000001	0.000081	0.000266	0.000004	0.001028	0.000021	0.000006	0.000007
0.000000	0.000000	0.000000	0.000252	0.000013	0.000000	0.000046	0.000002	0.000131	0.000107	0.000005	0.000002
0.000140	0.000000	0.000010	0.000000	0.001315	0.000343	0.001465	0.000240	0.000000	0.003091	0.000763	0.000951
0.000000	0.000002	0.000003	0.000000	0.005076	0.002700	0.000884	0.000822	0.000000	0.000947	0.000031	0.003470
0.000000	0.000000	0.000000	0.000019	0.000002	0.000000	0.000001	0.000001	0.000022	0.000001	0.000001	0.000000
0.000000	0.000000	0.000002	0.000921	0.000046	0.000108	0.000128	0.000000	0.000782	0.000131	0.000029	0.001009
0.000003	0.000000	0.000000	0.000065	0.000493	0.002867	0.000950	0.000290	0.000604	0.002457	0.000416	0.001719
0.000237	0.003386	0.000178	0.005830	0.004624	0.003402	0.002830	0.000044	0.021654	0.004053	0.007232	0.007048

	я	ю	э	б	ы	ш	ш	ч
0.002432	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000358	0.001366	0.002040
0.006878	0.000040	0.000384	0.000000	0.000091	0.000347	0.000000	0.000000	0.000000
0.017008	0.000270	0.000000	0.000000	0.000007	0.001021	0.000000	0.000016	0.000005
0.005733	0.000131	0.000002	0.000005	0.000030	0.000077	0.000000	0.000000	0.000000
0.007161	0.000575	0.000405	0.000004	0.000042	0.000097	0.000000	0.000000	0.000000
0.003941	0.000106	0.000001	0.000000	0.001389	0.001038	0.001206	0.002141	0.002976
0.001882	0.000475	0.000006	0.000000	0.000000	0.000019	0.000000	0.000000	0.000000
0.003666	0.000979	0.000021	0.000003	0.000126	0.000052	0.000000	0.000000	0.000000
0.011929	0.000013	0.000000	0.000000	0.000132	0.000015	0.000698	0.001759	0.001354
0.000014	0.000037	0.000000	0.000011	0.000000	0.001335	0.000000	0.000000	0.000000
0.009589	0.000121	0.000011	0.000050	0.001013	0.000168	0.000000	0.000371	0.000219
0.002544	0.000807	0.000052	0.000089	0.000000	0.002220	0.000000	0.000396	0.000035
0.005361	0.000351	0.000018	0.000005	0.000280	0.001407	0.000000	0.000014	0.000004
0.014880	0.000554	0.000033	0.000027	0.001018	0.000240	0.000028	0.000349	0.000495
0.011476	0.000000	0.000000	0.000000	0.000031	0.000000	0.000000	0.000257	0.000066
0.015284	0.000021	0.000002	0.000028	0.000001	0.000101	0.000000	0.000035	0.000000
0.004508	0.000051	0.000052	0.000017	0.000000	0.000276	0.000002	0.000002	0.000020
0.017646	0.000700	0.000107	0.000039	0.000779	0.000736	0.000000	0.000001	0.000000
0.007374	0.001294	0.000415	0.002160	0.000062	0.000634	0.000000	0.000099	0.003376
0.003505	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000004	0.000086	0.000283	0.000570
0.000888	0.000000	0.000000	0.000002	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.001061	0.000190	0.000007	0.000007	0.000001	0.000998	0.000000	0.000000	0.000000
0.000333	0.000036	0.000022	0.000001	0.000082	0.000006	0.000000	0.000002	0.000000
0.005265	0.000125	0.000072	0.000000	0.000050	0.000161	0.000000	0.000000	0.000001
0.000748	0.000014	0.000078	0.000000	0.000435	0.000456	0.000000	0.000001	0.000086
0.000057	0.000204	0.000455	0.000000	0.000008	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000
0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000014	0.000247	0.000167
0.002408	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000040	0.000112	0.000032	0.000000	0.000482	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000
0.001293	0.000150	0.000000	0.000000	0.000550	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.010473	0.003213	0.000013	0.009230	0.004043	0.000010	0.000088	0.000328

Скріни рожевої програми:

10 символів

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:
юдать_ест

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: 54

Поле ввода символов:

Продолжить

Другой

Неравенство для энтропии:
1.94666387829663 < H < 2.51110744827761

Двоичная таблица угаданных символов:
00100000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
00001000000000000000000000000000
0000000000000000000010000000000000
00000000000000000000000000000100

Вероятности:
q[1] = 0.5471698
q[2] = 0.0754716
q[3] = 0.0943396
q[4] = 0
q[5] = 0.0377358
q[6] = 0
q[7] = 0
q[8] = 0
q[9] = 0
q[10] = 0
q[11] = 0.018867
q[12] = 0
q[13] = 0.018867
q[14] = 0
q[15] = 0.018867
q[16] = 0.018867
q[17] = 0
q[18] = 0.018867
q[19] = 0.018867
q[20] = 0
q[21] = 0.018867
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0.075471
q[25] = 0
q[26] = 0
q[27] = 0
q[28] = 0.018867
q[29] = 0
q[30] = 0.018867
q[31] = 0
q[32] = 0

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

Нерівність для значення надлишковості: $0.4978 < R < 0.6106$

20 символів

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:
ми_свое_хорошее_поведение_мы_не_поясняем_внешними_причинами_мы_ставим_его_и

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: e
Символ по счету: 1
Номер эксперимента: 53

Поле ввода символов:
e

Продолжить

Другой

Неравенство для энтропии:
1.233023571113 < H < 1.9001433090119

Двоичная таблица угаданных символов:
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000100
00000000000010000000000000000000

Вероятности:
q[1] = 0.6792452
q[2] = 0.0754716
q[3] = 0.0566037
q[4] = 0.0377358
q[5] = 0
q[6] = 0
q[7] = 0.0188679
q[8] = 0
q[9] = 0.0188679
q[10] = 0
q[11] = 0
q[12] = 0.018867
q[13] = 0
q[14] = 0
q[15] = 0
q[16] = 0
q[17] = 0.037735
q[18] = 0
q[19] = 0.018867
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0
q[25] = 0.018867
q[26] = 0
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0.018867
q[30] = 0
q[31] = 0
q[32] = 0

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

Нерівність для значення надлишковості: $0.6200 < R < 0.7534$

30 символів

[illegible]

Нерівність для значення надлишковості: $0.5206 < R < 0.6734$

Код:

```
#include <Windows.h>
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <string>
#include <cmath>
#include <fstream>

// Russian alphabet
wchar_t walpha[32]
{

L'a',L'б',L'в',L'г',L'д',L'е',L'ж',L'з',L'и',L'
й',L'к',L'л',L'м',L'н',L'о',L'п',L'р',L'с',L'т',
L'у',L'ф',L'х',L'ц',L'ч',L'ш',L'щ',L'ы',L'ь',
L'э',L'ю',L'я',L' ',
};
wchar_t wbigAlpha[32]
{

L'A',L'Б',L'В',L'Г',L'Д',L'Е',L'Ж',L'З',L'И
',L'Й',L'К',L'Л',L'М',L'Н',L'О',L'П',L'Р',L
'C',L'T',L'У',L'Ф',L'Х',L'Ц',L'Ч',L'Ш',L'
Щ',L'Ы',L'Ь',L'Э',L'Ю',L'Я',L' ',
};

const char alpha [] =
u8"абвгдежзийклмнопрстуфхцшщъ
эюя ";
double biSpaceAmount[32][32] = {0};
double biAmount[31][31] = {0};

std::string sAlpha[32]
{

u8"a",u8"б",u8"в",u8"г",u8"д",u8"е",u8"
ж",u8"з",u8"и",u8"й",u8"к",u8"л",u8"м"
,u8"н",u8"о",u8"п",u8"р",u8"с",u8"т",u8
"у",u8"ф",u8"х",u8"ц",u8"ч",u8"ш",u8"
щ",u8"ы",u8"ь",u8"э",u8"ю",u8"я",u8"
",
};

std::string readText();
std::string cleanText(std::string &text);

std::wstring toUnicode(const char* text,
int textSize);
```

```
std::wstring
leaveRussianText(std::wstring wtext);
std::wstring
replaceUnnecessary(std::wstring
wbuffer);
std::string toUTF8(int textSize,
std::wstring wbuffer);

void mono(std::string &text);
void biCrossed(std::string &text);
void bi(std::string &text);

int main()
{
std::ofstream out("cleanText.txt");
std::string text;

text = readText();
text = cleanText(text);

out << text;
out.close();

mono(text);
biCrossed(text);
bi(text);

return 0;
}

void bi(std::string &text)
{
std::ofstream output("biStatistics.txt");

std::wstring wtext =
toUnicode(text.c_str(), text.length());

double sum, spaceSum = 0;
std::wstring bigram, mono1, mono2,
wstrChar;
int m, n = -1;
double biSpaceAmount[32][32] =
{0};
double biAmount[31][31] = {0};

for (int i = 0; wtext[i] != '\0'; i += 3)
{
```

```

mono1 = wtext.substr(i, 1);
if (i + 2 > wtext.length())
{
    break;
}
mono2 = wtext.substr(i + 2, 1);

for (int j = 0; j < 32; j++)
{
    wstrChar = walpha[j];

    if (wstrChar.compare(mono1) ==
0)
    {
        m = j;
    }

    if (wstrChar.compare(mono2) ==
0)
    {
        m = j;
    }

    if (m != -1 && n != -1)
    {
        break;
    }
}
biSpaceAmount[m][n]++;
m = n = -1;
}

for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    for (int j = 0; j < 32; j++)
    {
        spaceSum +=
biSpaceAmount[i][j];
    }
}

std::cout << "Amount of uncrossed
bigrams with spaces counted" <<
std::endl;

text.erase(std::remove_if(text.begin(),
text.end(), &isspace), text.end());

```

```

wtext = toUnicode(text.c_str(),
text.length());

for (int i = 0; wtext[i] != '\0'; i += 3)
{
    mono1 = wtext.substr(i, 1);
    if (i + 2 > wtext.length())
    {
        break;
    }
    mono2 = wtext.substr(i + 2, 1);

    for (int j = 0; j < 31; j++)
    {
        wstrChar = walpha[j];

        if (wstrChar.compare(mono1) ==
0)
        {
            m = j;
        }

        if (wstrChar.compare(mono2) ==
0)
        {
            m = j;
        }

        if (m != -1 && n != -1)
        {
            break;
        }
    }
    biAmount[m][n]++;
    m = n = -1;
}

for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    for (int j = 0; j < 31; j++)
    {
        sum += biAmount[i][j];
    }
}

std::cout << "Amount of uncrossed
bigrams without spaces counted" <<
std::endl;

```

```

double prob[31][31],
spaceProb[32][32]; //probability
spaceSum /= 1.04;
double entr, spaceEntr = 0; //entropy

output << "probability:\n\t\t";
for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    output << sAlpha[i] << "\t\t\t";
}

for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    output << "\n'<< sAlpha[i];

    for (int j = 0; j <= 30; j++)
    {
        prob[i][j] = biAmount[i][j] / sum;
        if (prob[i][j] != 0)
        {
            entr += prob[i][j] *
log(prob[i][j])/log(2);
        }
        output << "\t\t" << std::fixed <<
prob[i][j];
    }
    output << std::endl;
}

output << "\n\nspace
probability:\n\t\t";
for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    output << sAlpha[i] << "\t\t\t";
}

for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    output << "\n'<< sAlpha[i];

    for (int j = 0; j < 32; j++)
    {
        spaceProb[i][j] =
biSpaceAmount[i][j] / spaceSum;
        if (spaceProb[i][j] != 0)
        {

```

```

            spaceEntr += spaceProb[i][j] *
log(spaceProb[i][j])/log(2);
        }
        output << "\t\t" << std::fixed <<
spaceProb[i][j];
    }
    output << std::endl;
}

std::cout << "Probability of uncrossed
bigrams estimated" << std::endl;

entr *= -1;
entr /= 2;
spaceEntr *= -1;
spaceEntr /= 2;

double excess = 1 - entr / log2(31);
double spaceExcess = 1 - spaceEntr /
log2(32);

output << std::endl << "\nentropy of
uncrossed bigrams without spaces: " <<
entr;
output << std::endl << "entropy of
uncrossed bigrams with spaces:\t" <<
spaceEntr;
output << std::endl << "\nexcess of
uncrossed bigrams without spaces: " <<
excess;
output << std::endl << "excess of
uncrossed bigrams with spaces:\t" <<
spaceExcess;

std::cout << "Entropy and excess of
uncrossed bigrams estimated" <<
std::endl;

std::cout << "Uncrossed bigram
statistics recorded" << std::endl;

output.close();
}

void biCrossed(std::string &text)
{
    std::ofstream
output("biCrossedStatistics.txt");

```

```

double sum, spaceSum = 0;
int pos = -1;
std::string bigram;
double biCrossedAmount[32][32] =
{0};

for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    for (int j = 0; j < 32; j++)
    {
        bigram = sAlpha[i] + sAlpha[j];

        while ((pos = text.find(bigram,
pos + 1)) != std::string::npos)
        {
            biCrossedAmount[i][j]++;

            if (text[pos + 1] == '\0')
            {
                break;
            }
        }
        spaceSum +=
biCrossedAmount[i][j];
        biSpaceAmount[i][j] =
biCrossedAmount[i][j];
        if (i < 31 && j < 31)
        {
            sum +=
biCrossedAmount[i][j];
            biAmount[i][j] =
biCrossedAmount[i][j];
        }
        pos = -1;
    }
}

std::cout << "\nAmount of crossed
bigrams counted" << std::endl;

double prob[31][31],
spaceProb[32][32]; //probability
spaceSum /= 1.04;
double entr, spaceEntr = 0; //entropy

output << "probability:\n\t\t";

```

```

for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    output << sAlpha[i] << "\t\t\t";
}

for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    output << '\n'<< sAlpha[i];

    for (int j = 0; j <= 30; j++)
    {
        prob[i][j] =
biCrossedAmount[i][j] / sum;
        if (prob[i][j] != 0)
        {
            entr += prob[i][j] *
log(prob[i][j])/log(2);
        }
        output << "\t\t" << std::fixed <<
prob[i][j];
    }
    output << std::endl;
}

output << "\n\nspace
probability:\n\t\t";
for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    output << sAlpha[i] << "\t\t\t";
}

for (int i = 0; i < 32; i++)
{
    output << '\n'<< sAlpha[i];

    for (int j = 0; j < 32; j++)
    {
        spaceProb[i][j] =
biCrossedAmount[i][j] / spaceSum;
        if (spaceProb[i][j] != 0)
        {
            spaceEntr += spaceProb[i][j] *
log(spaceProb[i][j])/log(2);
        }
        output << "\t\t" << std::fixed <<
spaceProb[i][j];
    }
    output << std::endl;
}

```

```

    }

    std::cout << "Probability of crossed
bigrams estimated" << std::endl;

    entr *= -1;
    entr /= 2;
    spaceEntr *= -1;
    spaceEntr /= 2;

    double excess = 1 - entr / log2(31);
    double spaceExcess = 1 - spaceEntr /
log2(32);

    output << std::endl << "\nentropy of
crossed bigrams without spaces: " <<
entr;
    output << std::endl << "entropy of
crossed bigrams with spaces:\t" <<
spaceEntr;
    output << std::endl << "\nexcess of
crossed bigrams without spaces: " <<
excess;
    output << std::endl << "excess of
crossed bigrams with spaces:\t" <<
spaceExcess;

    std::cout << "Entropy and excess of
crossed bigrams estimated" << std::endl;

    std::cout << "Crossed bigram statistics
recorded" << std::endl;

    output.close();
}

void mono(std::string &text)
{
    std::ofstream
output("monoStatistics.txt");

    double monoAmount[32];
    double sum, spaceSum = 0;

    int j = 1;
    for (int i = 0; i < 31; i++)
    {

```

```

        monoAmount[i] = std::count
(text.begin(), text.end(), alpha[j]);
        sum += monoAmount[i];
        j+=2;
    }

    monoAmount[31] = std::count
(text.begin(), text.end(), ' ');
    spaceSum = sum + monoAmount[31];

    std::cout << "Amount of letters
counted" << std::endl;

    double prob[31], spaceProb[32];
    //probability

    for (int i = 0; i < 31; i++)
    {
        prob[i] = monoAmount[i] / sum;
        spaceProb[i] = monoAmount[i] /
spaceSum;
    }
    spaceProb[31] = monoAmount[31] /
spaceSum;

    std::cout << "Probability of letters
estimated" << std::endl;

    double entr, spaceEntr = 0; //entropy

    for (int i = 0; i < 31; i++)
    {
        entr += prob[i] * log2(prob[i]);
        spaceEntr += spaceProb[i] *
log2(spaceProb[i]);
    }
    spaceEntr += spaceProb[31] *
log2(spaceProb[31]);
    entr *= -1;
    spaceEntr *= -1;

    double excess = 1 - entr / log2(31);
    double spaceExcess = 1 - spaceEntr /
log2(32);

```

```

std::cout << "Entropy and excess
estimated" << std::endl;

output << std::endl <<
"char:\tprobability:\tspace probability:";
for (int i = 0; i < 31; i++)
{
    output << std::endl << sAlpha[i] <<
":\t" << prob[i] << "\t" << spaceProb[i];
}
output << std::endl << sAlpha[31] <<
":\t\t" << spaceProb[31];

output << std::endl << "\nentropy of
chars without spaces: " << entr;
output << std::endl << "entropy of
chars with spaces:\t" << spaceEntr;
output << std::endl << "\nexcess of
chars without spaces: " << excess;
output << std::endl << "excess of
chars with spaces:\t" << spaceExcess;

std::cout << "Monogram statistics
recorded" << std::endl;

output.close();
}

std::string cleanText(std::string &text)
{
    std::wstring wtext =
toUnicode(text.c_str(), text.length());
    std::wstring wtextFull =
leaveRussianText(wtext);
    std::wstring wtextClean =
replaceUnnecessary(wtextFull);
    std::string textClean =
toUTF8(text.length(), wtextClean);

    return textClean;
}

std::wstring toUnicode(const char* text,
int textSize)
{

```

```

int wtextSize =
MultiByteToWideChar(CP_UTF8, 0,
text, textSize, 0, 0);
wchar_t* wbuffer =
(wchar_t*)malloc(sizeof(wchar_t) *
wtextSize + 2);
memset(wbuffer, 0, sizeof(wchar_t) *
wtextSize + 2);
MultiByteToWideChar(CP_UTF8, 0,
text, textSize, wbuffer, sizeof(wchar_t) *
wtextSize + 2);

std::wstring wtext(wbuffer);
std::cout << "Converted to Unicode\n"
<< std::endl;

return wtext;
}

std::wstring
leaveRussianText(std::wstring wtext)
{
    wchar_t* wbuffer =
(wchar_t*)malloc(sizeof(wchar_t) *
wtext.length() + 2);
    memset(wbuffer, 0, sizeof(wchar_t) *
wtext.length() + 2);

    for (int i = 0; i < wtext.length(); i++)
    {
        if (wtext[i] >= L'a' && wtext[i] <=
L'я' || wtext[i] >= L'A' && wtext[i] <=
L'Я' || wtext[i] == L' ')
        {
            wbuffer[i] = wtext[i];
        }
        else
        {
            wbuffer[i] = L' ';
        }
    }

    std::wstring wtextFull(wbuffer);
    std::cout << "Everything except russian
letters and spaces removed\n" <<
std::endl;
    return wtextFull;
}

```



```

std::wstring
replaceUnnecessary(std::wstring
wtextFull)
{
    for (int i = 0; i < 32; i++)
    {
        std::replace( wtextFull.begin(),
wtextFull.end(), wbigAlpha[i],
walpha[i]);
    }

    std::cout << "Capital letters removed"
<< std::endl;

    std::replace( wtextFull.begin(),
wtextFull.end(), L'ë', L'e');
    std::replace( wtextFull.begin(),
wtextFull.end(), L'б', L'b');
    std::cout << "Odd letters removed" <<
std::endl;

    wtextFull.erase(std::unique_copy(wtextF
ull.begin(), wtextFull.end(),
wtextFull.begin(), [](char c1, char c2){
return c1 == ' ' && c2 == ' '; }),
wtextFull.end());
    std::cout << "Odd spaces removed\n"
<< std::endl;

    return wtextFull;
}

std::string toUTF8(int textSize,
std::wstring wtextFull)
{
    char* text = (char*)malloc(textSize);

    memset(text, 0, textSize);

    WideCharToMultiByte(CP_UTF8, 0,
wtextFull.c_str(), wtextFull.length(),
text, textSize, 0, 0);

    std::string textFull(text);
    std::cout << "Converted to UTF-8\n"
<< std::endl;

```

```

        return textFull;
    }

std::string readText()
{
    std::ifstream input("input.txt");
    std::string full, part;

    std::getline(input, full);
    while (!input.std::ios::eof())
    {
        std::getline(input, part);
        if (!part.empty())
        {
            full += " " + part;
        }
    }

    input.close();
    std::cout << "Text gathered\n" <<
std::endl;

    return full;
}

```