Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Фізико-технічний інститут

КРИПТОГРАФІЯ

КОМП’ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1

Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

Виконав:

Студент групи ФБ-35

Кохта Андрій

Київ – 2025

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

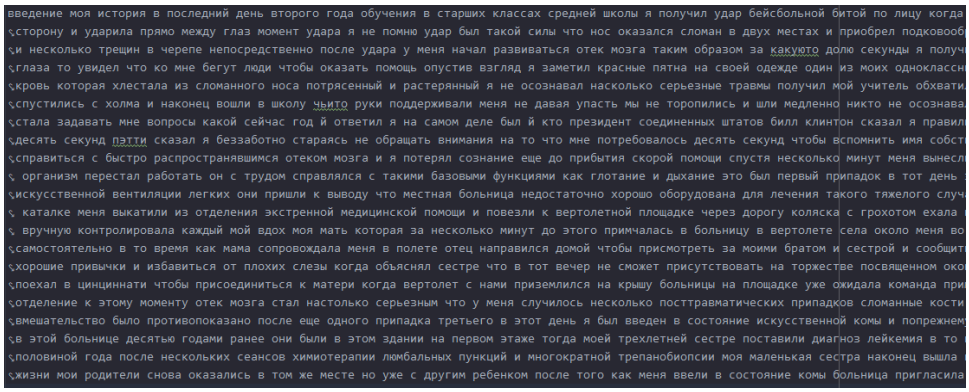
Постановка задачі: Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку H1 та H2 за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H1 та H2 на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення H1 та H2 на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли. 2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення (10) H , (20) H , (30) H . 3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

Хід роботи

1) Знаходимо текст, не менше 1мб.

2) Очищуємо його та розділяємо на текст з/без пробілів.

З пробілами:



Без пробілів:

3) Підрахунок кількості та частоти елементів у тексті для монограм:

Монограми з пробілом Монограми без пробіла

N-грама	Кількість	Частота
-	139657	0,1452438029
о	89901	0,09349737659
е	74096	0,07706011742
и	66295	0,06894704821
а	57906	0,0602224568
т	56689	0,05895677224
н	53870	0,05602500169
с	41635	0,04330055588
в	37698	0,03920606114
р	37163	0,03864965914
л	33919	0,03527588699
м	26733	0,02780242009
к	25908	0,026944417
п	23917	0,02487376955
д	23850	0,02480408929
у	19036	0,01979751127
ы	18098	0,01882198776
я	16887	0,01756254323
ь	16227	0,01706646144
ч	13843	0,01439677183
б	13665	0,01421165116
з	13004	0,01352420869
г	11982	0,01246132486
ж	10007	0,01040731747
й	8305	0,008637231094
х	7622	0,007926908537
ю	5873	0,006107941989
ш	5019	0,005219778791
ц	4233	0,004402335848
э	3472	0,003610892999
щ	2869	0,002983770742
ф	1973	0,002051927387
ъ	183	0,0001903206852

N-грама	Кількість	Частота
о	89901	0,1093848479
е	74096	0,09015449982
и	66295	0,08066282344
а	57906	0,07045571241
т	56689	0,06897495735
н	53870	0,0655450079
с	41635	0,05065837022
в	37698	0,04586812155
р	37163	0,04521717335
л	33919	0,04127011552
м	26733	0,03252672538
к	25908	0,03152292676
п	23917	0,0291004261
д	23850	0,02901890548
у	19036	0,02316158846
ы	18098	0,02202029985
я	16887	0,02054684515
ь	16227	0,01996646704
ч	13843	0,01684313244
б	13665	0,01662655528
з	13004	0,01582229966
г	11982	0,0145788061
ж	10007	0,01217577305
й	8305	0,01010490608
х	7622	0,009273882498
ю	5873	0,00714582943
ш	5019	0,00610674577
ц	4233	0,005150399451
э	3472	0,004224471272
щ	2869	0,003490785737
ф	1973	0,002400599602
ъ	183	0,0002226607842

4) Підрахунок частоти біграм:

Біграми з пробілом та кроком 1(перетинаються)

	-	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м
-	0	0,001860	0,004455	0,013403	0,002246	0,006663	0,002895	0,001311	0,002970	0,011038	0,000011	0,007428	0,004073	0,005639
а	0,011343	0,000001	0,000991	0,003095	0,000575	0,001087	0,002678	0,001635	0,002847	0,000216	0,000489	0,004773	0,004241	0,002479
б	0,000230	0,000544	0,000007	0,000090	0	0,000013	0,001360	0,000005	0,000009	0,000520	0	0,000325	0,001028	0,000901
в	0,005832	0,006770	0,000002	0,000063	0,000004	0,000448	0,004912	0	0,000174	0,003248	0	0,000291	0,001414	0,000079
г	0,000460	0,000911	0,000001	0,000001	0,000014	0,001182	0,000256	0,000001	0,000001	0,001166	0	0,000142	0,000770	0,000010
д	0,000843	0,004082	0,000019	0,000601	0,000042	0,000059	0,005960	0,000245	0,000005	0,002325	0	0,000166	0,000964	0,000044
е	0,018288	0,000214	0,000741	0,001432	0,002101	0,004115	0,001368	0,000638	0,001159	0,000139	0,002175	0,002055	0,004847	0,004196
ж	0,000083	0,000628	0,000027	0,000003	0	0,001288	0,004662	0,000002	0	0,001630	0	0,000029	0,000014	0,000005
з	0,001038	0,003530	0,000406	0,000643	0,000223	0,000526	0,000168	0,000024	0,000094	0,000426	0	0,000056	0,000222	0,000916
и	0,018747	0,000289	0,000657	0,003390	0,000557	0,001159	0,004227	0,000302	0,003148	0,001698	0,001550	0,002121	0,003139	0,003634
й	0,006778	0,000006	0,000005	0,000001	0,000013	0,000075	0,000005	0	0	0	0	0,000069	0,000044	0,000067
к	0,003550	0,005893	0,000001	0,000057	0,000005	0,000012	0,000491	0,000206	0,000004	0,003360	0	0,000036	0,000707	0,000169
л	0,002283	0,003185	0,000012	0,000001	0,000310	0,000026	0,004798	0,001386	0,000002	0,007068	0	0,000187	0,000362	0,000005
м	0,007214	0,003409	0,000154	0,000003	0,000018	0,000001	0,004264	0	0,000001	0,002652	0	0,000029	0,000087	0,000101

Біграми **без** пробіла та кроком 1(перетинаються)

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н
а	0,000193	0,001554	0,004834	0,000866	0,001943	0,003391	0,001994	0,003647	0,001286	0,000574	0,006345	0,005415	0,003395	0,007984
б	0,000642	0,000010	0,000121	0,000006	0,000025	0,001591	0,000006	0,000015	0,000646	0	0,000386	0,001204	0,001058	0,000654
в	0,008017	0,000200	0,000442	0,000225	0,000827	0,005841	0,000037	0,000332	0,004167	0	0,000891	0,001782	0,000284	0,002067
г	0,001070	0,000045	0,000041	0,000034	0,001421	0,000301	0,000001	0,000021	0,001411	0	0,000189	0,000906	0,000027	0,000340
д	0,004782	0,000040	0,000770	0,000064	0,000104	0,006980	0,000288	0,000037	0,002776	0,000001	0,000445	0,001166	0,000079	0,001896
е	0,000425	0,001531	0,003729	0,002794	0,005801	0,002039	0,000959	0,001902	0,001738	0,002546	0,003260	0,006238	0,005787	0,014642
ж	0,000738	0,000037	0,000006	0,000004	0,001509	0,005454	0,000002	0	0,001916	0	0,000041	0,000018	0,000014	0,001819
з	0,004135	0,000501	0,000859	0,000287	0,000680	0,000206	0,000043	0,000135	0,000547	0	0,000161	0,000287	0,001107	0,002892
и	0,000598	0,001491	0,006083	0,001006	0,002325	0,005309	0,000519	0,004061	0,003966	0,001814	0,003603	0,004146	0,005242	0,005690
й	0,000164	0,000231	0,000745	0,000169	0,000479	0,000087	0,000152	0,000164	0,000650	0	0,000573	0,000278	0,000485	0,000837
к	0,006942	0,000097	0,000385	0,000087	0,000189	0,000632	0,000324	0,000062	0,004314	0	0,000236	0,000908	0,000408	0,000605
л	0,003765	0,000128	0,000227	0,000410	0,000122	0,005695	0,001645	0,000059	0,008410	0,000002	0,000335	0,000469	0,000094	0,000605
м	0,004112	0,000425	0,000681	0,000169	0,000445	0,005126	0,000071	0,000150	0,003804	0	0,000492	0,000293	0,000447	0,001951
н	0,011163	0,000169	0,000225	0,000191	0,000574	0,009401	0,000032	0,000074	0,013393	0,000001	0,000429	0,000058	0,000097	0,003633

Біграми з пробілом та кроком 2(не перетинаються)

	-	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м
-	0	0,001867	0,004422	0,013409	0,002208	0,006676	0,002930	0,001306	0,002970	0,010994	0,000010	0,007554	0,004218	0,005582
а	0,011446	0	0,000994	0,003101	0,000599	0,001119	0,002666	0,001574	0,002847	0,000216	0,000480	0,004844	0,004322	0,002402
б	0,000214	0,000499	0,000012	0,000101	0	0,000014	0,001343	0	0,000010	0,000517	0	0,000312	0,001006	0,000890
в	0,005788	0,006730	0,000002	0,000081	0,000006	0,000470	0,004923	0	0,000170	0,003280	0	0,000282	0,001418	0,000070
г	0,000472	0,000817	0	0,000002	0,000014	0,001206	0,000270	0	0,000002	0,001133	0	0,000135	0,000777	0,000012
д	0,000879	0,004093	0,000010	0,000557	0,000029	0,000072	0,005830	0,000224	0,000004	0,002350	0	0,000153	0,000967	0,000039
е	0,018071	0,000187	0,000769	0,001439	0,002169	0,004189	0,001360	0,000624	0,001225	0,000153	0,002179	0,002025	0,004944	0,004139
ж	0,000095	0,000682	0,000024	0,000006	0	0,001295	0,004694	0,000002	0	0,001591	0	0,000035	0,000022	0,000006
з	0,001031	0,003546	0,000384	0,000613	0,000241	0,000509	0,000168	0,000016	0,000091	0,000405	0	0,000066	0,000224	0,000888
и	0,018636	0,000289	0,000673	0,003513	0,000580	0,001166	0,004309	0,000284	0,003144	0,001718	0,001535	0,002167	0,003167	0,003588
й	0,006770	0,000004	0,000002	0,000002	0,000012	0,000074	0,000004	0	0	0	0	0,000060	0,000052	0,000064
к	0,003506	0,005915	0	0,000047	0,000006	0,000010	0,000501	0,000222	0,000004	0,003323	0	0,000035	0,000682	0,000176
л	0,002217	0,003147	0,000016	0	0,000341	0,000020	0,004638	0,001395	0	0,007063	0	0,000168	0,000372	0,000004
м	0,007338	0,003419	0,000128	0,000006	0,000016	0	0,004261	0	0,000002	0,002697	0	0,000033	0,000101	0,000091

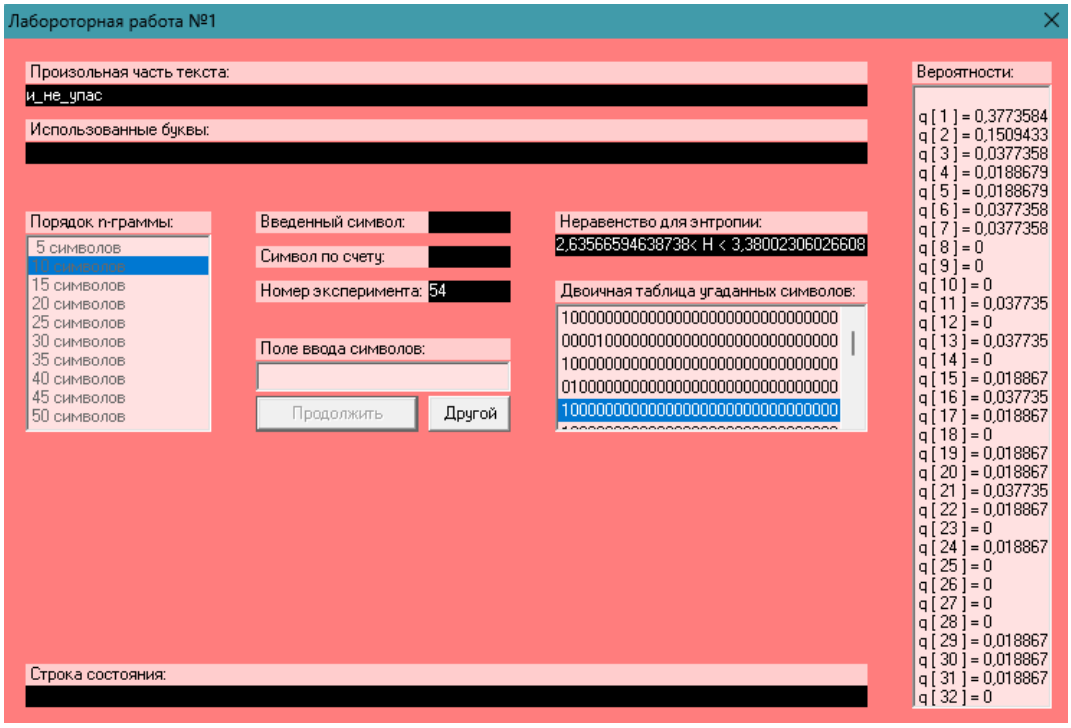
Біграми **без** пробіла та кроком 2(не перетинаються)

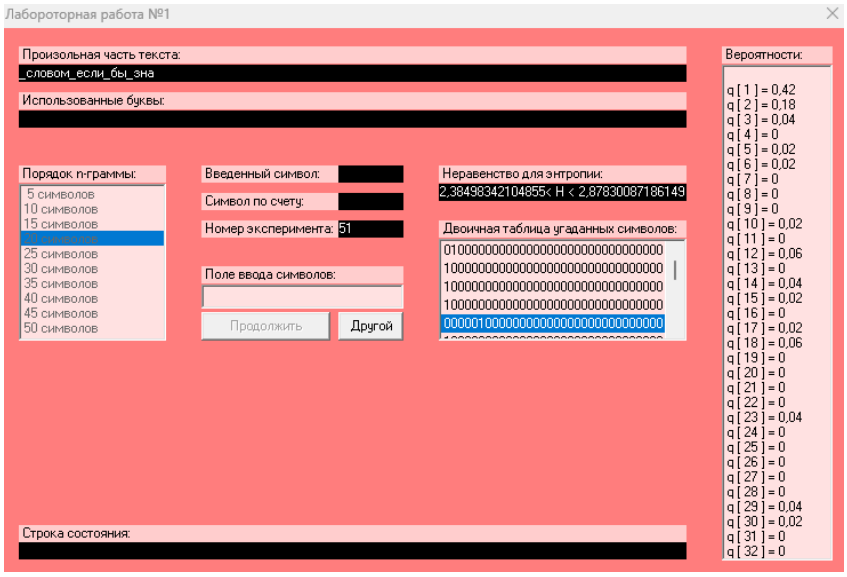
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н
а	0,000184	0,001613	0,004869	0,000895	0,002007	0,003462	0,001961	0,003543	0,001323	0,000584	0,006341	0,005453	0,003387	0,007828
б	0,000584	0,000007	0,000141	0,000009	0,000021	0,001574	0,000004	0,000021	0,000654	0	0,000442	0,001258	0,001043	0,000605
в	0,008149	0,000167	0,000450	0,000216	0,000798	0,005825	0,000046	0,000340	0,004063	0	0,000910	0,001759	0,000262	0,002024
г	0,001095	0,000048	0,000048	0,000036	0,001416	0,000294	0	0,000026	0,001389	0	0,000199	0,000941	0,000036	0,000316
д	0,004752	0,000036	0,000722	0,000073	0,000090	0,007037	0,000313	0,000036	0,002776	0,000002	0,000433	0,001158	0,000090	0,001939
е	0,000403	0,001496	0,003623	0,002886	0,005626	0,002078	0,000978	0,001937	0,001671	0,002530	0,003275	0,006368	0,005684	0,014469
ж	0,000805	0,000041	0,000002	0,000007	0,001445	0,005533	0,000002	0	0,001895	0	0,000041	0,000019	0,000012	0,001805
з	0,004090	0,000540	0,000837	0,000277	0,000681	0,000206	0,000048	0,000138	0,000537	0	0,000141	0,000292	0,001121	0,002937
и	0,000647	0,001440	0,006081	0,001075	0,002404	0,005358	0,000474	0,004144	0,003934	0,001881	0,003628	0,004078	0,005280	0,005742
й	0,000163	0,000214	0,000749	0,000189	0,000450	0,000082	0,000136	0,000146	0,000586	0	0,000591	0,000267	0,000511	0,000868
к	0,006974	0,000087	0,000379	0,000094	0,000175	0,000605	0,000304	0,000063	0,004212	0	0,000206	0,000905	0,000420	0,000610
л	0,003591	0,000128	0,000238	0,000396	0,000111	0,005716	0,001610	0,000070	0,008317	0	0,000326	0,000498	0,000102	0,000603
м	0,004129	0,000450	0,000678	0,000160	0,000455	0,005051	0,000077	0,000131	0,003805	0	0,000489	0,000284	0,000440	0,001997
н	0,011116	0,000114	0,000250	0,000201	0,000596	0,009436	0,000036	0,000085	0,013551	0,000002	0,000440	0,000068	0,000124	0,003562

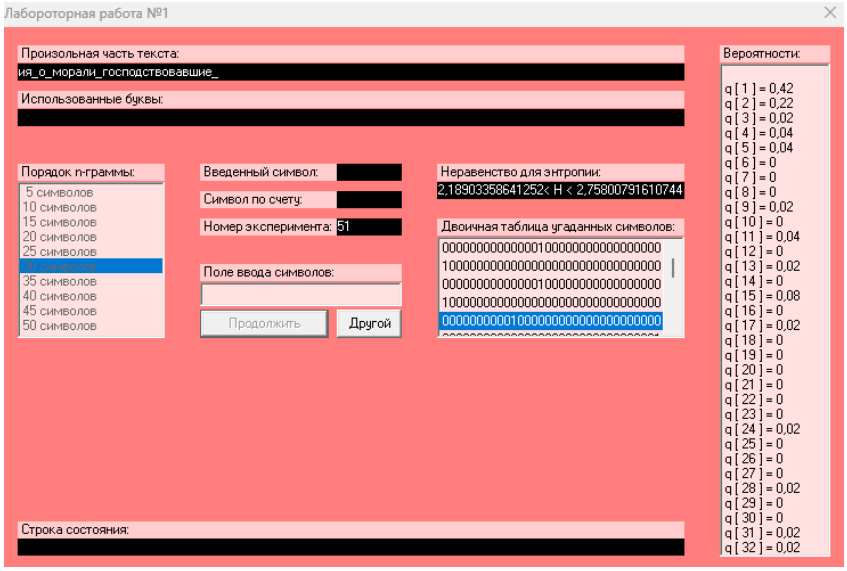
5) Розраховуємо значення ентропії та надлишковості:

	Ентропія	Надлишковість
H1 (з пробілами)	4.409565017603595	0.12584843426857306
H1 (без пробілів)	4.459466017127637	0.10810679657447264
H2 (з пробілами, крок 1)	3.9825658466810308	0.21049669148620487
H2 (без пробілів, крок 1)	4.115838492726308	0.17683230145473838
H2 (з пробілами, крок 2)	3.982495255190539	0.21051068553362096
H2 (без пробілів, крок 2)	4.114714480773677	0.17705710384526463

6) CoolPinkProgram







2.635665949637383<H10<3.380023060260608

0.4728668100725234>R10>0.3239953879478784

2.38493342104855<H20<2.87830087186149

0.52301331579029>R20>0.424339825627702

2.18903568412524<H30<2.75800791610744

0.562192863174952>R30>0.448398416778512

Висновки: Виконуючи лабораторну роботу, я навчився аналізувати частоти символів та пар символів, визначати ентропію та надлишковість мови. Видно, що при вгадуванні наступної букви в програмі coolpinkprogram.exe, чим більше символів, ентропія спадає а надлишковість зростає, через, що передбачити наступний символ стає легше.