

КРИПТОГРАФІЯ КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1

Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

Виконав студент групи ФБ-14 Шовкун Богдан

Київ - 2023

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.

1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку H_1 та H_2 за безпосереднім означенням. Підраховувати 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.

Частота, ентропія та надлишковість для монограм з пробілами.

```
Monograms analysis with spaces:
Monogram - Frequency
о 0.08694145253728071
г 0.016180171067732143
н 0.05425220200634121
ь 0.01900418562458113
  0.15459048252276275
п 0.023241091622208037
л 0.044326595426758646
ы 0.01673896167509863
х 0.007670992578341205
а 0.07274711011534782
е 0.06964546857952245
т 0.04985791510980412
д 0.026383404626291098
р 0.04082354418247696
з 0.014484347673857265
м 0.026305598339189436
и 0.05803288022959928
в 0.03641511068828503
й 0.009230654969788173
я 0.01748873135080556
ж 0.008312894446929923
ц 0.003513661192522816
с 0.04127093033331152
к 0.030804216393431026
у 0.023879456841383043
э 0.0031688378746859013
б 0.013937935339438769
ч 0.01160197840168203
щ 0.003174142848806469
ю 0.00616791657751363
ф 0.0026436454367496777
ш 0.007163483387473541
Entropy for Monograms: 4.413782287387668
Redundancy for Monograms: 0.11724354252246649
```

Частота, ентропія та надлишковість для монограм без пробілів.

```
Monograms analysys without spaces:
Monogram - Frequency
о      0.10283945323530334
г      0.019138856061160673
н      0.06417268895698464
ь      0.022479266239267076
п      0.027490927345555707
л      0.05243209889454804
ы      0.019799826390704583
х      0.009073700283422404
а      0.08604955185793321
е      0.08238074819331291
т      0.058974868485729526
д      0.03120783961011117
р      0.048288484265350304
з      0.01713293661169039
м      0.031115805766756956
и      0.06864469707269628
в      0.04307393036803079
й      0.01091856050702281
я      0.020686697972117928
ж      0.00983297949109468
ц      0.004156164698746039
с      0.04881767886463704
к      0.03643703525523704
у      0.02824602319671188
э      0.0037482874384262214
б      0.01648660802995283
ч      0.013723501051068324
щ      0.0037545624732003725
ю      0.00729577376407961
ф      0.0031270589957852683
ш      0.008473388623361954
Entropy for Monograms: 4.4860774036486735
Redundancy for Monograms: 0.09448937373691713
```

Ентропія та надлишковість для біграм з пробілами та з перетинаннями:

```
bigrams analysys with spaces and overlapping:
Entropy for Bigrams: 4.032896331818758
Redundancy for Bigrams: 0.5835827557449615
```

Ентропія та надлишковість для біграм без пробілів та з перетинаннями:

```
Bigrams analysys with no spaces and overlapping:
Entropy for Bigrams: 4.184397396898306
Redundancy for Bigrams: 0.5716299715716243
```

Ентропія та надлишковість для біграм з пробілами та без перетинань:

```
Bigrams analysys with spaces and no overlapping:  
Entropy for Bigrams: 2.265897815345144  
Redundancy for Bigrams: 0.7645099134923218
```

Ентропія та надлишковість для біграм без пробілів та без перетинань:

```
Bigrams analysys with no spaces and no overlapping:  
Entropy for Bigrams: 2.342612720067481  
Redundancy for Bigrams: 0.7589328335210945
```

Частоти для біграм з пробілами та перетинаннями:

letter1		а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	
	0	0,00249	0,005798	0,014288	0,004087	0,00678	0,00258	0,001519	0,005116	0,00914	0,000159	0,009759	0,003503	0,006576	0,015657	0,009107	0,015393	0,004481	0
а	0,018688	0,000509	0,000787	0,00243	0,001243	0,001966	0,00154	0,001026	0,003178	0,000186	0,000815	0,004479	0,008391	0,003374	0,004097	0,000115	0,00076	0,003376	0
б	0,000419	0,001043	3,537E-06	3,713E-05	1,238E-05	3,183E-05	0,001998	1,415E-05	0	0,000736	0	0,00014	0,00079	5,659E-05	0,000322	0,002152	0	0,001335	0
в	0,005501	0,006667	3,537E-06	1,061E-05	1,238E-05	0,000262	0,004921	3,537E-06	0,000493	0,002831	0	0,000299	0,000638	0,000115	0,00101	0,005825	0,00021	0,000667	0
г	0,000587	0,001749	0	3,537E-05	9,018E-05	0,000875	0,001326	0	3,537E-06	0,001358	0	0,000129	0,001455	5,305E-06	0,0005	0,006026	0	0,000916	2,3
д	0,001316	0,004313	6,189E-05	0,000698	3,183E-05	0,000228	0,004631	2,652E-05	1,945E-05	0,002458	0	0,000329	0,000633	7,427E-05	0,001593	0,003694	0,000104	0,001125	0
е	0,01649	0,000253	0,001424	0,001926	0,002796	0,003385	0,001298	0,000865	0,001303	8,665E-05	0,002037	0,001252	0,004838	0,003443	0,006647	0,000297	0,000858	0,007165	0
ж	0,000343	0,001213	2,476E-05	1,768E-06	7,073E-06	0,0007	0,003245	3,183E-05	0	0,001335	0	8,665E-05	3,537E-06	7,073E-06	0,000831	5,835E-05	0	8,134E-05	1,2
з	0,001567	0,004921	0,000202	0,000826	0,000352	0,000762	0,000391	8,134E-05	7,957E-05	0,000334	0	0,000166	0,000292	0,000306	0,001701	0,000921	3,713E-05	0,000246	0
и	0,016723	0,000272	0,000566	0,002599	0,000559	0,0016	0,002034	0,00032	0,002025	0,000626	0,001003	0,002766	0,00638	0,002384	0,003187	0,000278	0,000463	0,001609	0
й	0,00673	3,537E-06	8,842E-06	1,768E-05	8,842E-06	0,000193	0,000177	0	3,537E-06	1,945E-05	0	0,000313	8,311E-05	7,25E-05	0,000495	1,945E-05	5,305E-06	3,537E-05	0
к	0,004416	0,007041	1,768E-06	0,000101	1,768E-06	5,305E-06	0,000651	5,835E-05	1,061E-05	0,003162	0	2,299E-05	0,000776	0,000157	0,000575	0,008649	5,305E-06	0,002419	0
л	0,005576	0,006831	6,189E-05	2,299E-05	0,000172	0,00012	0,004582	0,000311	3,006E-05	0,006431	0	0,000281	0,000368	4,067E-05	0,000354	0,00505	5,128E-05	1,768E-06	0
м	0,006661	0,003165	5,128E-05	1,061E-05	0,000161	1,238E-05	0,003866	0	3,537E-06	0,003584	1,768E-06	0,000108	0,000225	9,726E-05	0,001314	0,002856	0,000543	6,366E-05	0
н	0,002645	0,010265	6,189E-05	4,067E-05	0,000269	0,000412	0,009245	1,238E-05	5,835E-05	0,007418	0	0,000451	1,768E-06	1,768E-06	0,003033	0,008875	1,768E-06	4,951E-05	0
о	0,017586	4,244E-05	0,003303	0,006539	0,003927	0,004615	0,001385	0,002053	0,001151	0,000584	0,003648	0,00214	0,006555	0,004794	0,00505	0,000283	0,00145	0,005671	0
п	0,000168	0,001827	0	5,305E-06	0	0	0,002324	0	0	0,000874	0	5,659E-05	0,001015	0	0,000173	0,009183	0,00023	0,005823	3
р	0,001252	0,008028	0,000106	0,000481	0,000271	0,000872	0,0065	0,000396	4,421E-05	0,005199	0	0,000357	0,000163	0,000249	0,001128	0,00713	0,000108	0,000193	0
с	0,002921	0,001411	0,000127	0,00096	8,488E-05	0,000242	0,002729	2,652E-05	8,842E-06	0,001558	1,768E-06	0,003645	0,002394	0,000654	0,001273	0,002569	0,001744	0,000271	0
т	0,006492	0,00571	5,835E-05	0,002235	3,537E-06	8,665E-05	0,00467	1,768E-06	1,061E-05	0,004032	1,768E-06	0,000619	0,000297	8,134E-05	0,001003	0,011209	8,311E-05	0,002969	0
у	0,005866	4,244E-05	0,000729	0,000562	0,001123	0,001669	0,000311	0,001282	0,00024	4,774E-05	0,000152	0,000912	0,002101	0,000909	0,000387	1,591E-05	0,000819	0,000727	0
ф	0,000127	0,000295	0	0	0,000479	1,768E-06	0,000143	0	0	0,000419	0	6,012E-05	3,89E-05	7,073E-06	0	0,000308	0	0,000274	3,5
х	0,00348	0,000653	0	0,000354	5,305E-06	7,073E-06	0,00011	0	3,537E-06	0,000371	0	1,768E-06	0,000106	6,72E-05	0,000302	0,001765	1,768E-06	0,000163	0
ц	0,000483	0,000649	0	7,073E-05	0	0	0,000838	0	0	0,000898	0	7,073E-06	0	1,768E-06	0	0,000177	0	0	0
ч	0,000136	0,001933	0	1,061E-05	0	0	0,003091	0	0	0,0015	0	0,000465	3,006E-05	7,073E-06	0,000821	9,372E-05	0	1,238E-05	0
ш	6,896E-05	0,000962	0	7,073E-06	1,768E-06	0	0,001811	0	0	0,001524	0	0,000525	0,000449	3,183E-05	0,000228	0,00023	6,543E-05	7,073E-06	0
щ	3,537E-05	0,00043	0	0	0	0	0,001284	0	0	0,001139	0	0	0	0	4,421E-05	3,537E-06	0	5,305E-06	0
ы	0,005284	3,537E-06	0,00023	0,000992	0,000166	0,000172	0,001233	8,488E-05	0,000127	1,945E-05	0,001271	0,000256	0,001567	0,001202	0,000168	3,537E-06	0,000195	0,000725	0
ь	0,009698	0	0,000103	0,00075	8,665E-05	0,000122	0,000562	1,768E-06	0,000191	0,000124	1,768E-06	0,000888	1,061E-05	0,000854	0,001356	3,537E-05	1,768E-05	7,073E-06	0
э	0,000145	0	3,537E-06	1,768E-05	0	5,305E-05	0	0	1,061E-05	1,768E-05	8,842E-05	6,189E-05	0,000412	0,000202	0,000154	0	4,421E-05	0,000187	2,8
ю	0,002667	0	0,000173	7,073E-06	9,726E-05	0,00063	7,073E-06	1,061E-05	3,537E-05	0	1,415E-05	4,421E-05	8,842E-05	3,713E-05	0,000101	1,768E-06	3,537E-06	4,244E-05	0
я	0,010522	2,476E-05	4,951E-05	0,000378	0,000133	0,00058	0,000164	0,000187	0,000338	2,122E-05	3,537E-05	0,000184	0,000721	0,000497	0,000748	8,842E-06	4,774E-05	0,000177	0

Частоти для біграм без пробілів та з перетинаннями:

letter1	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
а	0,00094	0,00163	0,00487	0,00206	0,00323	0,00224	0,00136	0,00443	0,00146	0,00101	0,00662	0,01042	0,00514	0,00716	0,0015	0,00306	0,00452	0,00661	0,00635	0,00094	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021
б	0,00124	1,46E-05	7,53E-05	2,09E-05	5E-05	0,00237	2,09E-05	1E-05	0,00089	4,18E-06	0,00018	0,00094	8,79E-05	0,00043	0,00259	3,35E-05	0,00159	0,00024	5,23E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
в	0,00797	0,00029	0,00044	0,00027	0,00062	0,0059	8,16E-05	0,00079	0,00363	2,09E-06	0,00095	0,001	0,00033	0,00179	0,00724	0,00087	0,00107	0,00281	0,00073	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
г	0,00209	2,72E-05	0,00012	0,00013	0,0011	0,00157	6,28E-06	3,77E-05	0,00167	2,09E-06	0,00018	0,00173	1,88E-05	0,00066	0,00716	6,69E-05	0,0011	7,95E-05	5,65E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
д	0,00516	0,00013	0,00095	7,74E-05	0,00036	0,00549	3,56E-05	8,16E-05	0,00299	0	0,00052	0,00079	0,00015	0,0021	0,00443	0,00023	0,00135	0,0007	0,00029	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
е	0,0005	0,00249	0,00404	0,00378	0,00501	0,0019	0,00121	0,0024	0,00117	0,00243	0,00252	0,00608	0,00492	0,00962	0,00159	0,00317	0,0091	0,00645	0,00705	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ж	0,00144	4,6E-05	3,56E-05	2,72E-05	0,00084	0,00384	4E-05	1E-05	0,0016	0	0,00012	1E-05	2,72E-05	0,00105	9,62E-05	4,39E-05	0,0001	4E-05	4,81E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
з	0,00585	0,00031	0,00109	0,00046	0,00101	0,00047	0,00011	0,00014	0,00044	2,09E-06	0,00041	0,00044	0,00046	0,00216	0,00118	0,00022	0,00038	0,00016	0,00017	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
и	0,00064	0,0015	0,00489	0,00119	0,00279	0,00279	0,00055	0,00298	0,00196	0,0012	0,00451	0,00796	0,00357	0,00574	0,00161	0,00263	0,00254	0,00526	0,00516	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
й	0,00015	0,00031	0,00067	0,00027	0,00062	0,00032	8,37E-05	0,00021	0,00056	1,26E-05	0,001	0,00028	0,00051	0,0012	0,0004	0,00083	0,00037	0,00138	0,00066	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
к	0,00839	0,00017	0,00061	0,00014	0,00017	0,00084	0,00015	0,00016	0,00411	4,18E-06	0,0003	0,00104	0,00043	0,00117	0,01055	0,0005	0,00299	0,00071	0,0013	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
л	0,00816	0,00031	0,00069	0,00055	0,00035	0,00562	0,00041	0,00034	0,00795	0	0,00081	0,00069	0,00022	0,00103	0,00648	0,00058	0,00025	0,00198	0,00076	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
м	0,00392	0,0004	0,00072	0,00041	0,00035	0,00467	7,95E-05	0,00024	0,0048	1E-05	0,00061	0,00044	0,00043	0,00226	0,00385	0,00147	0,00031	0,001	0,00039	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
н	0,01224	0,00022	0,00031	0,00042	0,00059	0,01098	3,77E-05	0,00018	0,00901	2,09E-06	0,0007	5,65E-05	0,00013	0,00394	0,01066	0,00033	0,00012	0,00071	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022	0,00023
о	0,00023	0,00487	0,00975	0,00509	0,00635	0,00203	0,0027	0,00207	0,00169	0,00434	0,00365	0,00817	0,00655	0,00799	0,00163	0,00382	0,00728	0,0085	0,00816	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
п	0,00216	2,09E-06	2,72E-05	8,37E-06	1E-05	0,00275	2,09E-06	4,18E-06	0,00104	0	9,41E-05	0,0012	4,18E-06	0,00022	0,01088	0,00029	0,00689	6,07E-05	9,2E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
р	0,00958	0,00017	0,00072	0,00036	0,00109	0,00772	0,00048	0,00011	0,00627	0	0,0005	0,00023	0,00037	0,00147	0,0085	0,00028	0,00027	0,00066	0,00084	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
с	0,00171	0,00025	0,00143	0,00019	0,00045	0,00327	5,86E-05	0,0001	0,00197	1,46E-05	0,00048	0,00294	0,00093	0,00195	0,00319	0,00238	0,00042	0,00126	0,01128	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
т	0,00695	0,00035	0,00336	0,00018	0,0004	0,00563	0,00014	0,00023	0,00523	1E-05	0,00121	0,00048	0,00044	0,00208	0,01366	0,00085	0,00372	0,00201	0,00068	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
у	0,00019	0,00108	0,00128	0,00145	0,00226	0,00043	0,0016	0,00047	0,00053	0,00019	0,00163	0,00264	0,00143	0,00132	0,00036	0,00161	0,00101	0,00184	0,00211	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ф	0,00035	0	1,88E-05	0,00057	2,09E-06	0,00017	0	4,18E-06	0,00051	0	8,16E-05	4,6E-05	8,37E-06	2,09E-05	0,00037	1,67E-05	0,00033	1,46E-05	3,56E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
х	0,00084	0,00017	0,00076	0,00014	0,00025	0,00016	3,77E-05	0,00011	0,00066	0	0,00035	0,00027	0,00025	0,00075	0,00227	0,00046	0,00032	0,00053	0,00019	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ц	0,00078	1,88E-05	0,00012	1,46E-05	2,09E-05	0,001	2,09E-06	2,72E-05	0,00109	0	5E-05	8,37E-06	1,26E-05	4,81E-05	0,00023	6,28E-05	2,72E-05	8,58E-05	4,18E-05	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ч	0,00229	4,18E-06	4E-05	2,09E-06	6,28E-06	0,00366	2,09E-06	1E-05	0,00179	0	0,00056	3,77E-05	1E-05	0,00099	0,00012	1,26E-05	1,46E-05	2,93E-05	0,003	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ш	0,00114	2,09E-06	8,37E-06	2,09E-06	1E-05	0,00214	0	2,09E-06	0,00181	0	0,00063	0,00054	3,77E-05	0,00027	0,00027	8,58E-05	1,46E-05	1E-05	0,00014	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
щ	0,00051	2,09E-06	4,18E-06	2,09E-06	0	0,00152	0	0	0,00135	0	4,18E-06	0	6,28E-06	5,65E-05	6,28E-06	6,28E-06	8,37E-06	0	2,09E-06	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ы	9,62E-05	0,00044	0,00177	0,00033	0,00048	0,00158	0,00015	0,00039	0,00053	0,00151	0,00061	0,00196	0,00168	0,0009	0,00036	0,0009	0,00099	0,00135	0,00108	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ь	0,00024	0,00054	0,00204	0,00037	0,00062	0,00088	9,41E-05	0,00057	0,00091	6,28E-06	0,00169	0,00024	0,00147	0,00287	0,00077	0,00105	0,00027	0,00206	0,0016	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
э	4,18E-06	6,28E-06	7,95E-05	0	6,69E-05	0	2,09E-06	1,46E-05	3,35E-05	0,0001	8,79E-05	0,00049	0,00024	0,0002	6,28E-06	6,48E-05	0,00022	4,39E-05	0,00198	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
ю	6,69E-05	0,00027	0,00031	0,00018	0,00091	4E-05	4,18E-05	0,00013	0,0002	2,09E-05	0,00027	0,00017	0,00018	0,0004	0,00017	0,00032	0,00014	0,00055	0,00151	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022
я	0,00022	0,00048	0,00188	0,00044	0,00119	0,00039	0,00033	0,00086	0,00078	4,81E-05	0,001	0,00112	0,00106	0,00236	0,0007	0,00125	0,00058	0,00169	0,00195	0,00012	0,00013	0,00014	0,00015	0,00016	0,00017	0,00018	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022

Частоты для біграм з пробілами та без перетинань:

letter1	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
а	0,00937	0,00027	0,0004	0,00115	0,00062	0,00102	0,00079	0,00053	0,00151	0,0001	0,0004	0,00229	0,00414	0,00166	0,00213	5,66E-05	0,0004	0,00166	0,00199	0,0021	4,77E-05	0,00012	0,00013	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
б	0,00023	0,0005	1,77E-06	1,41E-05	5,3E-06	1,59E-05	0,0009	8,84E-06	0	0,00036	0	7,25E-05	0,0004	2,12E-05	0,00017	0,00113	0	0,00066	8,66E-05	0	0,00048	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
в	0,00028	0,00337	3,54E-06	5,3E-06	3,54E-06	0,00011	0,00251	1,77E-06	0,00027	0,00141	0	0,00016	0,00031	4,24E-05	0,0005	0,00301	0,00012	0,00032	0,00094	0,00013	0,00043	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
г	0,00028	0,00086	0	2,3E-05	4,42E-05	0,00041	0,00066	0	1,77E-06	0,00065	0	7,25E-05	0,00071	3,54E-06	0,00023	0,00294	0	0,00041	8,84E-06	5,3E-06	0,00034	1,77E-06	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
д	0,00065	0,00223	3E-05	0,00036	1,59E-05	0,00013	0,00229	1,24E-05	1,41E-05	0,00126	0	0,00016	0,00032	3,89E-05	0,00031	0,00192	6E-05	0,00059	0,0002	8,84E-05	0,00079	5,3E-06	2,3E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
е	0,00036	0,00014	0,00072	0,00093	0,0014	0,00168	0,00064	0,00044	0,0006	4,77E-05	0,001	0,00058	0,00245	0,00172	0,00038	0,00013	0,00044	0,00032	0,00195	0,00254	5,3E-05	7,25E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ж	0,00019	0,00058	1,41E-05	0	5,3E-06	0,00033	0,00156	2,12E-05	0	0,00069	0	4,42E-05	1,77E-06	3,54E-06	0,00043	3E-05	0	4,07E-05	7,07E-06	5,3E-06	0,00013	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
з	0,00081	0,00253	0,0001	0,00041	0,00018	0,00037	0,0002	4,77E-05	5E-05	0,00016	0	8E-05	0,00016	0,00015	0,00008	0,00048	1,06E-05	0,00014	0	1,59E-05	0,00027	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
и	0,00028	0,00012	0,00028	0,00013	0,00003	0,00082	0,00107	0,00015	0,00101	0,00032	0,00049	0,00144	0,00322	0,00116	0,00158	0,00013	0,00022	0,00075	0,00015	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
й	0,00346	1,77E-06	1,77E-06	1,06E-05	8,84E-06	8,84E-05	0,0001	0	1,77E-06	8,84E-06	0	0,00017	3,89E-05	2,65E-05	0,00027	7,07E-06	1,77E-06	1,95E-05	0,00029	0,00011	3,54E-06	3,54E-06	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
к	0,0022	0,00354	1,77E-06	5E-05	0	0	0,00033	3E-05	3,54E-06	0,00163	0	1,06E-05	0,00038	5,84E-05	0,00027	0,00246	0	0,00126	0,00011	0,0004	0,00082	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
л	0,0028	0,00337	2,48E-05	1,41E-05	8,66E-05	4,77E-05	0,00231	0,00018	1,59E-05	0,00324	0	0,00013	0,00018	1,41E-05	0,00018	0,00253	1,95E-05	0	0,00063	0,00022	0,00068	5,3E-06	5,3E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
м	0,00332	0,00156	2,83E-05	7,07E-06	8,49E-05	7,07E-06	0,00196	0	1,77E-06	0,0018	0	4,77E-05	0,00012	4,77E-05	0,00067	0,00147	0,00026	4,07E-05	0,00011	2,3E-05	0,00079	7,07E-06	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
н	0,00133	0,00517	3,36E-05	2,65E-05	0,00015	0,0002	0,00462	7,07E-06	2,83E-05	0,00372	0	0,00019	1,77E-06	0	0,00154	0,00445	1,77E-06	3E-05	0,00019	0,00045	0,00167	2,12E-05	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
о	0,00086	2,65E-05	0,00163	0,00318	0,00206	0,00223	0,00068	0,00104	0,00057	0,0003	0,00178	0,00105	0,0033	0,00241	0,00246	0,00014	0,00069	0,00287	0,00274	0,00302	1,77E-05	3,89E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
п	7,25E-05	0,00088	0	0	0	0	0,00121	0	0	0,00048	0	3,36E-05	0,00048	0	8,31E-05	0,00459	0,00012	0,00295	1,95E-05	4,6E-05	0,00037	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
р	0,00062	0,00407	6E-05	0,00024	0,00014	0,00047	0,00323	0,00019	2,3E-05	0,00258	0	0,00016	8,84E-05	0,00012	0,00051	0,00353	4,24E-05	8,84E-05	0,00023	0,00033	0,00015	1,77E-06	4,42E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
с	0,00148	0,00071	7,07E-05	0,00048	5E-05	0,00014	0,00134	1,24E-05	1,77E-06	0,00077	0	0,00181	0,00126	0,00031	0,00061	0,00128	0,00084	0,00015	0,00045	0,00071	0,00038	2,12E-05	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
т	0,00323	0,00277	3E-05	0,00109	3,54E-06	4,07E-05	0,00236	0	5,3E-06	0,00202	0	0,00031	0,00015	4,07E-05	0,0005	0,00568	3,89E-05	0,00149	0,0006	8,66E-05	0,00054	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
у	0,00293	2,12E-05	0,00037	0,00028	0,00059	0,0008	0,00016	0,00061	0,00013	1,59E-05	9E-05	0,00042	0,00101	0,00046	0,0002	5,3E-06	0,00044	0,00036	0,00061	0,00075	8,84E-06	1,24E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ф	6,9E-05	0,00015	0	0	0,00025	0	8,13E-05	0	0	0,00021	0	3E-05	1,77E-05	3,54E-06	0	0,00016	0	0,00014	0	1,41E-05	5,3E-05	2,83E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
х	0,00172	0,00031	0	0,00016	1,77E-06	1,77E-06	5,66E-05	0	1,77E-06	0,00018	0	0	5,48E-05	3,36E-05	0,00016	0,00084	0	7,43E-05	5,48E-05	1,59E-05	5,84E-05	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ц	0,00025	0,00033	0	3,36E-05	0	0	0,00044	0	0	0,00048	0	5,3E-06	0	0	0	9E-05	0	0	0	7,07E-06	5,48E-05	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ч	6,54E-05	0,00095	0	5,3E-06	0	0	0,00158	0	0	0,00073	0	0,00023	1,59E-05	3,54E-06	0,00042	4,42E-05	0	5,3E-06	0	0,00127	0,00024	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ш	3,89E-05	0,00047	0	3,54E-06	0	0	0,00094	0	0	0,00073	0	0,00027	0,00022	1,95E-05	0,00012	0,00012	3,54E-05	5,3E-06	0	6,19E-05	0,00016	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
щ	1,77E-05	0,00022	0	0	0	0	0,00062	0	0	0,00056	0	0	0	0	2,3E-05	0	0,354E-06	0	0	0	0,00012	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ы	0,00261	3,54E-06	0,00012	0,0005	9,73E-05	7,6E-05	0,00059	4,6E-05	5,84E-05	3,54E-06	0,00057	0,00013	0,00077	0,00063	8E-05	1,77E-06	8,84E-05	0,00035	0,00036	0,00034	0	1,06E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ь	0,00481	0	5,3E-05	0,00037	5E-05	6,72E-05	0,00028	0	9,37E-05	7,78E-05	0	0,00044	3,54E-06	0,00043	0,00067	1,41E-05	1,06E-05	5,3E-06	0,00043	1,77E-06	0,00038	3,36E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
э	6,9E-05	0	3,54E-06	1,06E-05	0	3,18E-05	0	0	7,07E-06	7,07E-06	4,24E-05	4,24E-05	0,0002	0,00011	8E-05	0	3E-05	0,00011	1,41E-05	0,00084	0	1,41E-05	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ю	0,00137	0	7,78E-05	5,3E-06	4,42E-05	0,0003	3,54E-06	8,84E-06	2,12E-05	0	7,07E-06	1,59E-05	4,07E-05	1,06E-05	5,48E-05	0	1,77E-06	2,12E-05	2,3E-05	0,00013	0,00052	1,77E-06	0	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
я	0,0053	1,59E-05	2,65E-05	0,00022	7,6E-05	0,0003	8,31E-05	0,0001	0,00018	7,07E-06	1,77E-05	8E-05	0,00036	0,00027	0,00038	3,54E-06	1,77E-05	7,78E-05	0,00029	0,00058	0	1,77E-06	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012

letter1	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т
а	0,00048	0,00082	0,00248	0,00106	0,00159	0,00112	0,00065	0,00226	0,00072	0,0005	0,00332	0,00527	0,0027	0,00359	0,00079	0,00158	0,00231	0,00333	0,0032
б	0,00058	1Е-05	4,18Е-05	1,26Е-05	2,93Е-05	0,00187	1Е-05	6,28Е-06	0,00045	2,09Е-06	8,16Е-05	0,00046	5,44Е-05	0,00023	0,00133	1,88Е-05	0,0008	0,00012	2,93Е-06
в	0,00394	0,00012	0,00021	0,00013	0,00032	0,00287	4,6Е-05	0,00038	0,00187	0	0,00049	0,00053	0,00017	0,00088	0,00368	0,00043	0,00053	0,00141	0,0003
г	0,00101	1,46Е-05	5,65Е-05	5,86Е-05	0,00055	0,00077	4,18Е-06	1Е-05	0,00084	0	8,58Е-05	0,00089	1Е-05	0,00031	0,00358	3,56Е-05	0,00058	3,14Е-05	2,3Е-06
д	0,0025	6,48Е-05	0,00046	4,18Е-05	0,00019	0,00279	1,26Е-05	3,35Е-05	0,00152	0	0,00026	0,00034	9Е-05	0,00107	0,00221	0,00012	0,00067	0,00033	0,0001
е	0,00027	0,00124	0,00207	0,00189	0,00253	0,00094	0,0006	0,00118	0,00059	0,0012	0,00124	0,00308	0,00238	0,00475	0,00076	0,00156	0,00454	0,00322	0,0036
ж	0,00068	2,3Е-05	2,3Е-05	1Е-05	0,00044	0,00192	2,3Е-05	4,18Е-06	0,00078	0	7,32Е-05	4,18Е-06	1,67Е-05	0,00055	4,81Е-05	2,3Е-05	5,65Е-05	1,67Е-05	1,46Е-06
з	0,00283	0,00016	0,00052	0,00027	0,00053	0,00025	6,28Е-05	8,58Е-05	0,00023	0	0,00023	0,00021	0,00023	0,00108	0,00062	0,00013	0,00018	9Е-05	9,2Е-06
и	0,0003	0,00078	0,00245	0,0006	0,00134	0,00144	0,00029	0,00146	0,00095	0,00062	0,00233	0,00398	0,00181	0,00287	0,00081	0,00132	0,00128	0,0027	0,00255
й	7,74Е-05	0,00016	0,00034	0,00015	0,00031	0,00016	4,18Е-05	0,00011	0,00028	2,09Е-06	0,00053	0,00013	0,00027	0,00057	0,00021	0,00041	0,00018	0,00068	0,0003
к	0,00418	9,2Е-05	0,00034	5,23Е-05	8,58Е-05	0,00039	6,48Е-05	6,28Е-05	0,00201	0	0,00016	0,00053	0,00022	0,00059	0,00518	0,0003	0,0015	0,00037	0,0006
л	0,00403	0,00018	0,00034	0,00029	0,00019	0,0029	0,00018	0,00017	0,00395	0	0,00039	0,00035	0,00013	0,00054	0,00322	0,00029	0,00011	0,001	0,000
м	0,00193	0,00019	0,00032	0,00021	0,00018	0,00227	4,81Е-05	0,0001	0,00237	8,37Е-06	0,00028	0,00023	0,00023	0,00107	0,002	0,00073	0,00016	0,00048	0,0001
н	0,00617	9,41Е-05	0,00015	0,00022	0,00029	0,00553	1,67Е-05	0,0001	0,00448	2,09Е-06	0,00034	1,88Е-05	7,32Е-05	0,002	0,00535	0,00016	5,86Е-05	0,00036	0,0006
о	0,00012	0,0025	0,00483	0,00251	0,00322	0,00101	0,00132	0,00101	0,00085	0,00218	0,00188	0,00404	0,00334	0,00391	0,00082	0,00193	0,00355	0,00422	0,00
п	0,00109	0	1,67Е-05	2,09Е-06	4,18Е-06	0,00143	2,09Е-06	2,09Е-06	0,00053	0	3,77Е-05	0,00058	2,09Е-06	0,00012	0,00536	0,00016	0,00342	4,18Е-05	3,14Е-06
р	0,00478	9Е-05	0,00037	0,00017	0,00058	0,00381	0,00025	6,69Е-05	0,00314	0	0,00024	0,00012	0,00018	0,0007	0,00419	0,00014	0,00014	0,00033	0,000
с	0,00087	0,0001	0,00073	8,79Е-05	0,0002	0,00162	4,18Е-05	5Е-05	0,00096	1Е-05	0,00229	0,00152	0,00046	0,00098	0,00159	0,00119	0,00022	0,00061	0,0055
т	0,00342	0,00017	0,00166	9Е-05	0,00023	0,00275	6,9Е-05	0,00014	0,00255	4,18Е-06	0,00059	0,00024	0,00023	0,00109	0,0069	0,00044	0,00195	0,001	0,0003
у	0,00011	0,00053	0,00067	0,00076	0,00109	0,00023	0,00083	0,00027	0,00028	0,00011	0,00082	0,00133	0,00073	0,00063	0,0002	0,00081	0,00055	0,00096	0,0010
ф	0,00019	0	1,26Е-05	0,00028	2,09Е-06	8,16Е-05	0	4,18Е-06	0,00028	0	5Е-05	1,26Е-05	6,28Е-06	6,28Е-06	0,00021	8,37Е-06	0,00017	1Е-05	2,09Е-06
х	0,00037	8,79Е-05	0,00035	7,95Е-05	0,00013	7,32Е-05	1,46Е-05	5,44Е-05	0,00034	0	0,00017	0,00014	0,00012	0,0004	0,00115	0,0002	0,00017	0,00027	0,000
ц	0,00037	6,28Е-06	5,86Е-05	1Е-05	1Е-05	0,00051	2,09Е-06	8,37Е-06	0,00054	0	3,14Е-05	2,09Е-06	1Е-05	2,51Е-05	0,0001	2,51Е-05	1,67Е-05	5,44Е-05	2,51Е-06
ч	0,00117	0	2,72Е-05	0	4,18Е-06	0,00192	2,09Е-06	2,09Е-06	0,00086	0	0,00026	1,67Е-05	2,09Е-06	0,0005	6,69Е-05	4,18Е-06	6,28Е-06	8,37Е-06	0,0014
ш	0,00057	2,09Е-06	8,37Е-06	0	1Е-05	0,00115	0	2,09Е-06	0,00087	0	0,00031	0,00027	1,88Е-05	0,00013	0,00013	5,44Е-05	8,37Е-06	2,09Е-06	6,69Е-06
щ	0,00024	0	0	0	0	0,00073	0	0	0,00067	0	0	0	4,18Е-06	3,14Е-05	4,18Е-06	0	2,09Е-06	0	2,09Е-06
ы	4,18Е-05	0,00021	0,00088	0,00016	0,00024	0,00076	5,88Е-05	0,0002	0,00026	0,00073	0,00027	0,00102	0,00086	0,00046	0,00018	0,00046	0,0005	0,00073	0,0005
ь	0,00011	0,00027	0,00104	0,00017	0,00034	0,00045	5,23Е-05	0,0003	0,00048	0	0,00087	0,00012	0,00073	0,00147	0,00038	0,00048	0,00015	0,00108	0,0007
э	2,09Е-06	4,18Е-06	3,35Е-05	0	3,35Е-05	0	2,09Е-06	8,37Е-06	1Е-05	4,6Е-05	5,44Е-05	0,00022	0,00012	0,00012	2,09Е-06	4Е-05	0,00012	2,09Е-05	0,0009
ю	3,14Е-05	0,00013	0,00016	9,41Е-05	0,00047	2,3Е-05	2,3Е-05	5,86Е-05	0,00011	8,37Е-06	0,00016	7,95Е-05	8,58Е-05	0,0002	8,79Е-05	0,00017	6,69Е-05	0,00029	0,0007
я	0,00011	0,00026	0,00093	0,00024	0,00061	0,00021	0,00017	0,00043	0,00038	2,3Е-05	0,0005	0,00054	0,00051	0,00121	0,00037	0,00062	0,00028	0,00078	0,000

2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення $H(10)$, $H(20)$, $H(30)$.

Проконтрольная часть текста:	
веческим_	
Использованные буквы:	

Порядок и-граммы:	Введенный символ:
5 символов	
15 символов	
20 символов	
25 символов	
30 символов	
35 символов	
40 символов	
45 символов	
50 символов	

Символ по счету:	Номер эксперимента:
	50

Поле ввода символов:	
<input type="button" value="Продолжить"/>	<input type="button" value="Другой"/>

Неравенство для энтропии:
$2,48226933235233 < H < 2,98976754135401$

Двоичная таблица угаданных символов:
<pre> 1000000000000000000000000000000000 1000000000000000000000000000000000 0100000000000000000000000000000000 00000000000000000000000010000000000 00000000000000000000000000000000 </pre>

Вероятности:
q[1] = 0.3673469
q[2] = 0.2244897
q[3] = 0.0612244
q[4] = 0.0408163
q[5] = 0
q[6] = 0
q[7] = 0.0408163
q[8] = 0
q[9] = 0
q[10] = 0
q[11] = 0
q[12] = 0
q[13] = 0.020408
q[14] = 0
q[15] = 0.020408
q[16] = 0
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0.020408
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0.020408
q[23] = 0.040816
q[24] = 0.061224
q[25] = 0.020408
q[26] = 0
q[27] = 0.020408
q[28] = 0.020408
q[29] = 0
q[30] = 0
q[31] = 0.020408
q[32] = 0

Строка состояния:

$$2.48226993235233 < H(10) < 2.98976754135401$$

Произвольная часть текста: чном_поведении_очевидна_для_каждого_и_я_считаю_что_они_были_правы_если_бы_о			Вероятности:	
Используемые буквы:			q[1] = 0.5098039 q[2] = 0.0980392 q[3] = 0.0784313 q[4] = 0.0196078 q[5] = 0 q[6] = 0.0196078 q[7] = 0.0392156 q[8] = 0 q[9] = 0 q[10] = 0 q[11] = 0.058823 q[12] = 0.019607 q[13] = 0.039215 q[14] = 0.019607 q[15] = 0.019607 q[16] = 0 q[17] = 0 q[18] = 0 q[19] = 0 q[20] = 0.019607 q[21] = 0 q[22] = 0.019607 q[23] = 0 q[24] = 0 q[25] = 0.019607 q[26] = 0.019607 q[27] = 0 q[28] = 0 q[29] = 0 q[30] = 0 q[31] = 0 q[32] = 0	
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: и Символ по счету: 1 Номер эксперимента: 51 Поле ввода символов: и	Неравенство для энтропии: $1.96777442136446 < H < 2.71995552533878$	Двоичная таблица угаданных символов: 01000000000000000000000000000000 01000000000000000000000000000000 10000000000000000000000000000000 10000000000000000000000000000000 00000000000000000001000000000000	
Строка состояния: Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка				

$1.96777442136446 < H(20) < 2.71995552533878$

Произвольная часть текста: ава_разного_мнения_держались_			Вероятности:	
Используемые буквы: в, у.			q[1] = 0.4705882 q[2] = 0.1764705 q[3] = 0.0196078 q[4] = 0.0784313 q[5] = 0.0196078 q[6] = 0.0196078 q[7] = 0 q[8] = 0 q[9] = 0.0196078 q[10] = 0 q[11] = 0 q[12] = 0 q[13] = 0.058823 q[14] = 0 q[15] = 0.019607 q[16] = 0 q[17] = 0 q[18] = 0 q[19] = 0.019607 q[20] = 0 q[21] = 0.019607 q[22] = 0.039215 q[23] = 0.019607 q[24] = 0 q[25] = 0.019607 q[26] = 0 q[27] = 0 q[28] = 0 q[29] = 0 q[30] = 0 q[31] = 0 q[32] = 0	
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: у Символ по счету: 2 Номер эксперимента: 52 Поле ввода символов:	Неравенство для энтропии: $1.99048621171445 < H < 2.66608588055087$	Двоичная таблица угаданных символов: 01000000000000000000000000000000 00010000000000000000000000000000 00000000000000000000000001000000 10000000000000000000000000000000 10000000000000000000000000000000	
Строка состояния: Вы не угадали. Введите другую букву				

$1.99048621171445 < H(30) < 2.66608588055087$

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

$H(10)$

$$R = 1 - (2.48226993235233 / 5) = 0,503546014$$

$$R = 1 - (2.98976754135401 / 5) = 0.402046489329198$$

$H(20)$

$$R = 1 - (1.96777442136446 / 5) = 0,606445116$$

$$R = 1 - (2.71995552533878 / 5) = 0,456008895$$

$H(30)$

$$R = 1 - (1.99048621171445 / 5) = 0,601902758$$

$$R = 1 - (2.66608588055087 / 5) = 0,466782824$$

Висновки:

В ході цього вивчення я набув нові знання та розуміння теоретичних концепцій ентропії на рівні символів джерела і їх зв'язку з надлишковістю. Моя практика включала в себе визначення частот монограм і біграм у відкритому тексті, а також розрахунок відповідних значень ентропій (H_1 і H_2).