

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

ФІЗИКО- ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра інформаційної безпеки

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1

з дисципліни

Криптографія

З теми: « Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту »

Перевірила:

Селюх П.В

Виконали студенти групи ФБ-92

Ханас Максим Любомирович

Гуманков Денис Максимович

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.

Завдання:

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 $H(10)$, $H(20)$, $H(30)$.
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела

1.

Код програми знаходиться у файлах **main.py**

Результати:

H_1 with 4.348237624893995

H_1 without 4.448697082249102

H_2 with 3.935781747373973

H_2 without 4.125580893321075

H_2 not shifted with 3.9356539425698958

H_2 not shifted without 4.124995882061752

Character frequency without whitespaces

о	0.114725160004508
е	0.0871670156415899
а	0.07966000154221213
н	0.06508609695769

и 0.06484764723677108
т 0.06475155555819181
с 0.05293109277592251
в 0.0462616184923097
л 0.04596148028637693
р 0.04183191074150745
к 0.03302706582279983
д 0.032017510039207775
м 0.03143977365071268
у 0.02965199390233052
п 0.027441885295007386
ь 0.023226900924734117
я 0.02136438320412364
ч 0.018103197717526054
б 0.017389034871788788
г 0.016890781723599996
ы 0.016513532911399915
з 0.015397208596053123
ж 0.011408810776503806
й 0.010013701961575193
х 0.008508265663833347
ш 0.00823066748127102
ю 0.005617211087318864
э 0.0035269204989649386
щ 0.00299070520615224
ц 0.00277242287456477
ф 0.0012444465534524791
0.0

Character frequency with whitespaces

0.17087078018969903
о 0.09512198240714967
е 0.07227271967210373
а 0.06604843492878171
н 0.053964784791027114
и 0.053767079159957626
т 0.053687406741466936
с 0.04388671565700729
в 0.03835685964769053
л 0.038108006291170234
р 0.03468405951628022
к 0.027383705318281475
д 0.02654665311907682
м 0.02606763499802786
у 0.024585334570059104
п 0.022752868944773245
ь 0.019258102242335956
я 0.01771383437776333
ч 0.015009890199603998
б 0.014417756916500355
г 0.014004640672474556
ы 0.013691852659140738
з 0.012766275550501985
ж 0.009459378378085954
й 0.008302652894813719
х 0.0070544516717929145
ш 0.006824286907264256
ю 0.004657393846338462
э 0.002924272841639757
щ 0.002479681074259612

ц 0.0022986968149721195
φ 0.001031806999959672
0.17087078018969903

Bigram frequency without whitespaces (bigram_freq_without_whitespace.xls)

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я	
а	0.000300138	0.001282408	0.005178273	0.001110392	0.003169839	0.002004875	0.002132998	0.004573252	0.001684576	0.001065312	0.007683775	0.008832130	0.004842546	0.005757196	0.001376127	0.002800894	0.002593289	0.007482101	0.006349168	0.000629934	0.000100836	0.001258682	8.185587434	0.001860145	0.001132932	0.000302510	0.0	0.0	0.000346404	0.001028536	0.002684635	0.0
б	0.000741448	4.745268077	8.422850838	0	2.609897442	0.002563631	4.745268077	1.423580423	0.000991761	0.0	0.0007175574	0.0008399125	4.570582893	0.000329796	0.002410596	1.304948721	0.000397481	0.0002598032	7.28529144	0.001588105	0	5.694321693	1.186317019	4.863899778	1.304948721	0.000196926	0.004441570	0.000221841	0.000102023	9.490536155	0.000772292	0.0
в	0.006886570	0.000215909	0.000476899	0.000271666	0.001336979	0.006149867	4.863899779	0.000790087	0.004040595	3.558951058	0.000647729	0.000726026	0.000250508	0.002481775	0.0007840369	0.001105647	0.000831608	0.005123703	0.000763988	0.000906346	1.067685317	0.000113886	3.321687654	0.000402161	0.000784155	4.745268077	0.003226782	0.000189810	0.000320305	4.745268077	0.000264548	0.0
г	0.001208857	8.471160846	0.000144730	2.135370635	0.001383245	0.000237263	9.490536155	6.406111905	0.000677387	0.0	0.000113886	0.001539839	7.592428924	0.000435378	0.009228360	0.000177947	0.000682132	0.000412358	4.745268077	0.000576550	3.558951058	5.931585097	0	6.287480203	1.186317019	0.0	0.0	0.0	9.490536155	1.186317019	1.186317019	0.0
д	0.006204438	6.643375309	0.001176826	2.254002337	9.965062963	0.005114212	2.847160846	6.050216799	0.002844788	0.0	0.000346404	0.000717721	0.000107954	0.002327553	0.004395304	0.000180320	0.002261120	0.000419956	0.000357081	0.002378565	2.372634038	5.694321693	0.000320305	9.490536155	8.541482540	2.372634038	0.000512488	0.001276477	1.898107231	1.304948721	0.000524352	0.0
е	0.000284716	0.002611083	0.000374502	0.004369205	0.004353783	0.002444999	0.00183944	0.002237393	0.001748813	0.002543463	0.002211294	0.007065704	0.006073943	0.009621031	0.001704737	0.003900810	0.007645813	0.007515318	0.007949510	0.000806695	6.050216799	0.000943122	0.000423515	0.002055887	0.001300203	0.001138864	0.0	0.0	0.000462663	0.000282343	0.000527911	0.0
ж	0.001486287	6.524743607	5.931585097	1.067685317	0.000807086	0.005299278	1.542212125	1.860843827	0.001582546	0.0	0.000214723	3.321687654	2.254002337	0.000540985	0.000106768	5.931585097	1.898107231	6.643375309	4.570582893	0.000327423	0.0	1.186317019	1.186317019	2.609897442	0.0	0.0	0.0	5.931585097	4.626636376	0.0	2.965792548	0.0
з	0.005400115	0.000164898	0.00183944	0.000460550	0.000926513	0.000238444	6.643375309	6.168848501	0.000462663	0.0	0.000245567	0.000302510	0.000309626	0.000661964	0.000180320	0.000309628	0.000148289	0.000123376	0.000772292	3.558951058	8.304219136	9.490536155	6.524743607	1.542212125	3.558951058	0.000309628	0.000170829	2.609897442	2.372634038	0.000516047	0.0	0.0
и	0.000334541	0.001670334	0.005135566	0.000996506	0.003130690	0.002449744	0.000462663	0.002542277	0.001658471	0.001136491	0.0003843667	0.006090551	0.003608776	0.005763128	0.001677452	0.002380938	0.001565938	0.0004503259	0.006162916	0.000629934	6.880638713	0.002229089	0.001021418	0.002456862	0.000819745	0.000158966	0.0	0.0	0.000244381	0.000366571	0.001634744	0.0
й	9.727799559	0.000239636	6.000574177	0.000240822	0.000730771	9.846431261	0.000107954	0.000157780	0.000616884	0.0	0.000538587	0.000347590	0.000386739	0.000987015	0.000374876	0.000746193	0.000353522	0.001256309	0.000823304	0.000162525	2.965792548	6.643375309	5.931585097	0.000563500	0.000275223	3.558951058	0.0	0.0	9.016099348	8.304219136	7.711060626	0.0
к	0.008287610	0.000621630	0.000800763	9.253272752	0.000266921	0.000539774	0.000143544	0.000109141	0.002783098	1.186317019	0.0002621760	0.00071790	0.000208791	0.001210043	0.010672107	0.000393857	0.001921853	0.000778223	0.001072430	0.001558820	9.490536155	8.222805038	1.067685317	0.000225400	2.965792548	3.558951058	0.0	0.0	0.000106768	1.186317019	0.000119818	0.0
л	0.006686474	0.000285902	0.000768733	0.000301324	0.000334541	0.004817633	0.000398602	0.000204046	0.007032487	0.0	0.000695181	0.000156593	0.000167270	0.001039213	0.0007486846	0.000723853	0.00041309	0.0002386869	0.0004602910	0.001896920	2.372634038	3.677582760	4.745268077	0.000657219	2.609897442	3.558951058	0.000718908	0.005502298	0.000111513	0.000887365	0.001632372	0.0
м	0.003582677	0.000295392	0.000843471	0.000281157	0.000473340	0.004843732	0.000161339	0.000238448	0.003838921	1.186317019	0.000472154	0.000220654	0.000275225	0.000759888	0.0005073877	0.000971593	0.000342845	0.001071244	0.000527911	0.002849533	4.982531481	8.066955732	1.898107231	0.000399788	4.863899778	3.558951058	0.000966848	9.490536155	0.000130494	8.304219136	0.000567059	0.0
н	0.012100433	0.000275225	0.000634679	0.000109141	0.000523165	0.012236860	2.609897442	0.000154221	0.009360041	1.186317019	0.000539774	6.287480203	0.000132867	0.003339482	0.011899946	0.000572991	0.000301324	0.000863638	0.000701113	0.003530478	4.626636376	5.575689991	0.000182692	0.000374876	3.084424250	0.000104395	0.002980028	0.001439002	5.812953395	0.000251499	0.0002197059	0.0
о	0.000257430	0.006504427	0.012588009	0.005398928	0.007144001	0.002837670	0.003078492	0.001812692	0.002332299	0.003381003	0.003086796	0.007356351	0.007186708	0.010376714	0.002297896	0.004252946	0.006540165	0.009345805	0.009746780	0.000975152	0.000271666	0.00012627	0.000150662	0.003830617	0.001263427	0.000279970	0.0	1.186317019	0.000441309	0.000698740	0.001326302	0.0
п	0.000951426	4.745268077	2.372634038	1.186317019	2.372634038	0.003403543	0	3.558951058	0.000956171	0.0	9.253272752	0.000749752	1.186317019	0.000115072	0.010890390	4.152109568	0.000808826	3.914846164	8.541482540	0.000906346	0.0	2.372634038	1.067685317	2.609897442	8.304219136	0.0	0.000260989	0.000183879	0.0	0.0	0.000690436	0.0
р	0.008778745	0.000168457	0.000504184	0.000199301	0.000398602	0.006114277	0.000284716	7.592428924	0.006349168	1.186317019	0.000275225	8.185587434	0.000349963	0.000849402	0.00859612	0.000316746	3.796214462	0.000206419	0.000787714	0.003060697	0.000348777	7.948324030	2.016738933	0.00010327	0.000265735	1.542212125	0.000973966	0.0001148354	9.490536155	0.000240822	0.001172081	0.0
с	0.002097408	0.000262176	0.001975217	9.846431261	0.000470967	0.005397742	0.000264548	9.727799559	0.001861331	0.0	0.004424962	0.003290843	0.001517299	0.001569497	0.000349848	0.002467539	0.000266921	0.001093784	0.011629465	0.001023791	1.186317019	0.000262176	6.880638713	0.000540960	0.000105582	3.558951058	0.000238449	0.003695377	7.236533818	0.000302510	0.004319380	0.0
т	0.007025369	0.000427401	0.003136622	0.000109141	0.000455545	0.002718739	0.000131681	0.000167270	0.004438011	0.0	0.000748566	0.000320305	0.000269293	0.001943187	0.018080657	0.000650101	0.0003785537	0.001855399	0.000476896	0.002156724	2.491265740	5.931585097	8.778745944	0.000695181	2.965792548	3.203055952	0.001667961	0.007941206	0.000142358	9.727799559	0.000580109	0.0
у	0.000237263	0.001070057	0.001589664	0.001843536	0.002753441	0.000358995	0.002245698	0.000446222	0.000679750	0.000265735	0.001155472	0.001845909	0.002262306	0.001557634	0.000470967	0.000149132	0.000697554	0.001875587	0.002329926	0.000161339	3.914846164	0.000550451	1.304948721	0.001433070	0.000705858	0.000334541	0.0	0.0	0.000112700	0.000867197	0.000234890	0.0
ф	0.000266921	1.186317019	1.186317019	0.0	5.694321693	0.0	1.186317019	0.000350781	0.0	0.0	3.558951058	1.067685317	4.745268077	0.0	0.000124563	7.117902116	9.253272752	2.372634038	1.660843827	0.000128122	1.304948721	0.0	0.0	2.372634038	1.186317019	0.0	2.609897442	0.000126935	0.0	0.0	0.0	0.0
х	0.000530283	0.000134053	0.000511302	6.524743607	0.000217096	0.000450800	4.152109568	8.066955732	0.000894483	0.0	0.000162525	0.000242008	0.000186251	0.000438879	0.000336914	0.000200487	0.000269293	7.117902116	1.067685317	9.490536155	6.609167857	4.152109568	2.372634038	0.0	0.0	6.168848501	0.0	0.0	6.168848501	4.033477866	0.0	0.0
ц	0.000622816	7.117902116	6.999270415	5.931585097	1.304948721	0.000906346	2.372634038	9.490536155	0.00017488	0.0	4.033477866	4.745268077	1.304948721	3.677582760	0.000266921	6.168848501	1.304948721	3.084424250	3.321687654	0.000230145	3.558951058	1.186317019	0.0	1.779475528	1.186317019	0.0	0.000189810	0.0	7.117902116	1.186317019	8.304219136	0.0
ч	0.000322735	2.135370635	6.762007011	8.304219136	2.728529144	0.004601723	1.186317019	9.490536155	0.001733730	0.0	0.000651288	2.491265740	4.23580423	0.001057008	0.000129308	6.524743607	0.000131681	3.914846164	0.005027611	0.000817372	0.0	8.304219136	0.0	1.304948721	0.000168457	0.0	0.0	0.000209647	5.931585097	0.0	1.186317019	0.0
ш	0.001074803	4.745268077	1.423580423	2.372634038	4.745268077	0.002550581	1.186317019	2.372634038	0.001624067	0.0	0.000543330	0.000629934	1.542212125	0.000481644	0.0002215909	7.117902116	4.745268077	5.931585097	5.219794885	0.000239												

Bigram frequency with whitespaces not shifted (bigram_freq_with_whitespace_insertion.xls)

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч
а	3.934436549	0.000505575	0.002586892	0.000655083	0.001805906	0.001158691	0.001624922	0.003285254	0.000121967	0.000889182	0.005490506	0.007148871	0.003367877	0.003064926	1.377052792	0.000790821	0.001735086	0.004518700	0.004282634	7.475429443	5.508211169	0.000934428	4.327880204	0.000592132
б	0.000592132	1.967218274	4.131158376	0	1.770496447	0.002144267	3.934436549	0	0.000790821	0	0.000139672	0.000698362	4.327880204	0.000241967	0.001912136	0	0.001107543	0.000204590	1.967218274	0.001227544	0	4.918045686	1.967218274	2.000563608
в	0.000563608	3.934436549	2.360661929	9.836091373	0.000828198	0.004908209	0	0.000523280	0.003051155	0	9.049204063	0.000539017	0.000102295	0.001522626	0.006190835	0.000383607	0.000489837	0.003588206	0.000186885	0.000546886	0	6.491820306	1.377052792	0.000938363
г	0.000938363	0	5.901654824	0	0.001036724	0.000190820	0	0	0.000489837	0	5.311489341	0.000127672	3.934436549	0.000281312	0.007520675	0	0.000495739	1.573774619	3.934436549	0.000442624	0	0	0	2.000506361
д	0.000506361	3.344271066	0.000875412	9.836091373	3.344271066	0.004272798	2.360661929	1.377052792	0.002333120	0	0.000222295	0.000611804	7.081985788	0.001721315	0.003619681	9.049204063	0.001837381	0.000261640	0.000247869	0.001882627	0	4.131158376	0.000251803	3.000506361
е	9.836091373	0.001363282	0.001081970	0.003279352	0.002693121	0.001740988	0.000739674	0.001160658	7.672151271	0.002077382	0.001125248	0.005492473	0.004194109	0.006375754	0.000212459	0.001227544	0.005685260	0.004306240	0.005537719	0.000151475	1.377052792	0.000448525	0.000334427	0.000124328
ж	0.001243281	2.360661929	0	0	0.000708198	0.004290503	9.836091373	0	0.001268855	0	0.000106229	1.967218274	5.901654824	0.000765247	1.180330964	0	5.901654824	7.868873098	0	0.000273443	0	0	0	3.000043200
з	0.004320011	9.836091373	0.000885248	0.000356066	0.000720001	0.000188852	5.311489341	1.180330964	0.000356066	0	0.000120000	0.000247869	0.000186885	0.001798037	0.000515411	0	0.000259672	9.836091373	7.868873098	0.000607870	0	0	0	0.000176887
и	7.868873098	0.000686559	0.002439350	0.000560657	0.001768529	0.001571807	0.000184918	0.001556069	0.000542952	0.000940330	0.002315415	0.004868865	0.002415744	0.003025581	0.000186885	0.000240000	0.000761313	0.001786234	0.004062305	7.868873098	1.573774619	0.001719348	0.000830166	0.000077705
й	0	0	0	0	0.000243935	0	0	3.934436549	0	0	0.000129836	0.000192787	3.147549239	0.000344263	1.967218274	0	0	0.000373771	0.000360000	0	0	2.950827412	0	0.000077705
к	0.006828214	0	0.000234098	0	0	0.000363935	5.901654824	3.934436549	0.001998693	0	5.901654824	0.000487870	0	0.000474099	0.008612481	0	0.001495085	0.000186885	0.000468197	0.001229511	0	4.524602031	7.868873098	0.000535280
л	0.005352800	3.147549239	1.180330964	0.000149508	1.180330964	0.003645255	0.000304918	3.934436549	0.005240669	0	0.000267541	3.344271066	7.868873098	0.000228197	0.005386243	6.098376651	0	0.001396724	0.000104262	0.001465577	3.934436549	0	0	0.000296457
м	0.002964597	1.770496447	0	6.688542133	0	0.003958043	0	0	0.002645908	0	6.491820306	8.065594926	2.163940102	0.001502954	0.003684599	3.344271066	5.508211169	7.868873098	3.540992894	0.002193448	1.770496447	0	1.180330964	5.000100131
н	0.010013141	5.901654824	1.377052792	2.557383757	0.000295082	0.010174452	1.967218274	1.180330964	0.007418380	0	0.000249836	0	0	0.002455088	0.009383631	0	5.114767514	0.000247869	0.000395410	0.002761974	4.918045686	5.901654824	0.000157377	0.000786887
о	7.868873098	0.003458369	0.007723298	0.004127223	0.004825586	0.001703611	0.002073448	0.000857707	0.000600001	0.002848532	0.001540331	0.005612473	0.005059685	0.006275426	0.000190820	0.001365249	0.004693782	0.005533785	0.006458377	0.000100328	0.000180984	0.000450492	8.852482236	0.000077705
п	0.000777051	0	0	0	0	0.002870171	0	0	0.000745575	0	7.868873098	0.000655083	0	0.000108197	0.008962646	2.950827412	0.006389524	3.934436549	7.672151271	0.000761313	0	0	9.836091373	1.000074026
р	0.007402642	0.000116065	0.000403279	0.000131803	0.000287213	0.005006570	0.000257705	5.311489341	0.005197390	0	0.000214426	6.491820306	0.000273443	0.000680657	0.007296412	8.852482236	1.377052792	0.000112131	0.000639345	0.002543613	0.000285246	6.098376651	1.573774619	8.000168393
с	0.001683938	8.065594926	0.001321970	2.163940102	0.000238033	0.004292470	2.360661929	5.901654824	0.001438036	0	0.003462304	0.002600662	0.001078035	0.000908854	0.002752138	0.001748857	0.000165246	0.000603936	0.009314778	0.000676723	5.901654824	0.000155410	3.147549239	0.000559476
т	0.005594768	5.901654824	0.002077382	1.377052792	8.065594926	0.005754113	0	1.377052792	0.003241975	0	0.000318689	0.000190820	2.754105584	0.001022953	0.014815120	6.295098478	0.003037385	0.000983609	6.098376651	0.001640660	0	1.770496447	5.704932996	0.000275411
у	2.754105584	0.000739674	0.000657050	0.001436068	0.002012464	0.000194754	0.001701643	0.000240000	3.934436549	0.000240000	0.000664919	0.001443938	0.001548200	0.000527214	5.901654824	0.000621640	0.000397378	0.000891149	0.001473446	1.967218274	1.180330964	0.000419017	3.934436549	0.000001986
ф	0.000198689	0	0	0	4.327880204	0	0	0.000293115	0	0	1.967218274	7.868873098	1.967218274	0	0.000100328	0	6.491820306	1.967218274	1.180330964	7.475429443	9.836091373	0	0	1.000037967
х	0.000379673	0	0.000184918	0	0	0.000310820	0	7.868873098	0.000521312	0	0	0.000139672	6.295098478	0.000163279	0.002283940	0	8.459038581	1.573774619	1.967218274	0.000131803	0	0	0	0.000523280
ц	0.000523280	0	2.754105584	0	0.000723936	0	0.000110164	0	0.000110164	0	1.573774619	0	3.934436549	0	0.000184918	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000258295
ч	0.000258295	0	0	0	0.003820337	0	0	0.001581643	0	0.000503607	1.967218274	0	0.000877379	8.262317653	0	9.836091373	0	0.004125256	0.000653116	0	0	0	0	0.000910822
ш	0.000910822	0	9.836091373	0	0	0.002057710	0	0	0.001298364	0	0.000430820	0.000554755	9.836091373	0.000385574	0.000175082	0	0	0	4.524602031	0.000192787	0	0	0	0.000367869
щ	0.000367869	0	0	0	0.001420331	0	0	0.000495739	0	0	0	0	5.311489341	0	0	0	1.967218274	0	0	0.000171147	0	0	0	0.000049508
ы	0	0.000149508	0.000751477	0.000118033	0.000145574	0.000716067	2.557383757	3.737714721	5.901654824	0.001272790	0.000175082	0.001829512	0.000834100	0.000177049	0	0.000102295	0.000171147	0.000584263	0.000706231	0	0	0.000761313	1.967218274	0.000176887
ь	0	7.278707616	2.163940102	0.000125901	1.377052792	0.000444591	0	0.000141639	0.000110164	0	0.001264921	0	0.000306886	0.002032136	5.901654824	0	0	0.000849838	0.000182951	0	1.770496447	0.000120000	5.508211169	3.000059213
э	0	0	7.868873098	1.967218274	5.901654824	0	0	0	0	1.377052792	3.147549239	3.934436549	1.967218274	2.557383757	0	7.868873098	0	0	3.934436549	0.002756072	0	9.836091373	4.918045686	0.000077705
ю	0	0.000310820	5.901654824	0	0.000291148	0	1.180330964	0	5.901654824	0	1.770496447	9.836091373	4.721323859	2.557383757	0	0	4.918045686	0.000186885	0.000336394	0	0	0	0	0.000077705
я	0	7.868873098	0.000218361	6.885263961	0.000480001	8.852482236	9.639369545	0.000224262	5.901654824	8.852482236	0.000163279	0.000847871	0.000310820	0.000566558	0	5.704932996	7.081985788	0.000633444	0.001552135	0	0.000167213	7.672151271	0.000124328	0.002496399
	0.002496399	0.006826247	0.016778404	0.002984270	0.008173791	0.004259027	0.002276071	0.004518700	0.011571177	7.868873098	0.008030184	0.002443285	0.005822966	0.016268895	0.011535767	0.016091845	0.004941652	0.016520699	0.010302322	0.004544274	0.000434755	0.001611151	0.000297049	0.000077705

Bigram frequency without whitespaces not shifted (bigram_freq_without_whitespace_insertion.xls)

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	
а	0.000296578	0.001229022	0.005122510	0.001100900	0.003224405	0.002028599	0.002180448	0.004439193	0.001677450	0.001029721	0.007613773	0.008852287	0.004861521	0.005803455	0.001345281	0.002813940	0.002666837	0.007544967	0.006247138	0.000602648	8.066946162	0.001226650	7.829683040	0.0	
б	0.000718907	7.117893672	9.015998652	0	1.898104979	0.002531597	4.745262448	9.490524897	0.000960915	0	0.000166084	0.000880246	5.694314938	0.000315559	0.002412965	1.660841857	0.001357145	0.000242008	4.033473081	0.001584917	0	4.270736203	2.372631224	4.0	
в	0.006830805	0.000220654	0.000481644	0.000291833	0.001323928	0.006071563	4.033473081	0.000823303	0.003967039	2.372631224	0.000652473	0.000680945	0.000244381	0.002322805	0.007960177	0.001051075	0.000804321	0.005101157	0.000654846	0.000882618	1.423578734	0.000132867	3.558946836	0.0	
г	0.001257494	2.372631224	0.000123376	2.372631224	0.001369008	0.000223027	4.745262448	6.880630550	0.000657218	0	0.000111513	0.001525601	8.778735529	0.000455545	0.009201063	0.000180319	0.000678572	0.000147103	4.507999326	0.000569431	2.372631224	4.745262448	0.0	6.0	
д	0.006175959	6.643367428	0.001229022	1.660841857	8.541472407	0.005018115	2.372631224	5.219788693	0.002768860	0	0.000348776	0.000761614	0.000118631	0.002363140	0.004306325	0.000170829	0.002180448	0.000424700	0.000372503	0.002417711	2.372631224	6.643367428	0.000329795	8.0	
е	0.000296578	0.002598031	0.003753502	0.004405976	0.004443938	0.002550578	0.001231395	0.002263490	0.001663214	0.002571932	0.002211292	0.007070441	0.006040719	0.009587802	0.001710667	0.003917214	0.007756521	0.007554457	0.008052710	0.000809067	6.168841183	0.000906345	0.000446054	0.0	
ж	0.001466286	5.931578060	6.168841183	1.898104979	0.000828048	0.005260123	1.660841857	7.117893672	0.001544582	0	0.000225399	3.796209958	2.847157469	0.000946679	0.000113886	3.084420591	1.423578734	6.406104305	5.219788693	0.000315559	0	2.372631224	2.0		
з	0.005502131	0.000180319	0.001160216	0.000419955	0.001005995	0.000242008	5.931578060	7.117893672	0.000441309	0	0.000268107	0.000301324	0.000317932	0.002249254	0.000657218	0.000177947	0.000308442	0.000149475	0.000128122	0.000790086	4.745262448	2.372631224	1.660841857	6.0	
и	0.000336913	0.001677450	0.005219788	0.000984641	0.003129500	0.002496008	0.000446054	0.002496008	0.001822180	0.001174452	0.003824681	0.005990893	0.003551828	0.005879380	0.001689313	0.002379749	0.001513738	0.004600531	0.006275609	0.000614511	7.592419917	0.002147231	0.001053448	0.0	
й	0.000113886	0.000242008	0.000586039	0.000227772	0.000730770	0.000109141	9.727788019	0.000170829	0.000638237	0	0.000540959	0.000391484	0.000379620	0.000979896	0.000379620	0.000711789	0.000344031	0.001210041	0.000835166	0.000163711	4.033473081	6.643367428	5.219788693	0.0	
к	0.008306581	0.000659591	0.000839911	0.000104395	0.000249126	0.000507743	0.000139985	0.000147103	0.002759370	2.372631224	0.000244381	0.000768732	0.000211164	0.001214787	0.010740901	0.000391484	0.002007246	0.000792458	0.001060566	0.001490012	1.186315612	8.541472407	1.186315612	0.0	
л	0.006719291	0.000301324	0.000763987	0.000287088	0.000327423	0.004873384	0.000377248	0.000206418	0.006987398	0	0.000718907	0.000175574	0.000182692	0.001046330	0.007497514	0.000702298	0.000429446	0.002424829	0.000419955	0.001824553	3.084420591	3.796209958	7.117893672	0.0	
м	0.003497258	0.000306069	0.000799576	0.000253871	0.000512488	0.004892365	0.000180319	0.000232517	0.003869761	0	0.000424700	0.000204046	0.000249126	0.002735643	0.005037096	0.001015486	0.000344031	0.001153098	0.000495879	0.002870883	6.880630550	9.015998652	1.898104979	0.0	
н	0.012257012	0.000256244	0.000624002	0.000125749	0.000529096	0.012079065	1.423578734	0.000139985	0.009416973	0	0.000552823	7.592419917	0.000125749	0.003371508	0.011844175	0.000588412	0.000298951	0.000837538	0.000699926	0.003504376	4.745262448	5.219788693	0.000177947	0.0	
о	0.000287088	0.005746512	0.012866779	0.005435698	0.007186699	0.002873256	0.003108146	0.001762864	0.002237391	0.003359645	0.003072557	0.007295841	0.007276859	0.010328063	0.002218410	0.004199557	0.006600660	0.009395619	0.009668472	0.000972778	0.000277597	0.000809067	0.000147103	0.0	
п	0.000941934	4.745262448	2.372631224	0	4.745262448	0.003399980	0	2.372631224	0.000920580	0	7.355156795	0.000787713	0	0.000118631	0.010956810	4.270736203	0.007936451	4.033473081	8.066946162	0.000975151	0	0	9.490524897	1.0	
р	0.008781108	0.000144730	0.000510115	0.000230145	0.000381993	0.006073935	0.000263362	8.304209285	0.006529481	0	0.000272852	8.541472407	0.000341658	0.000823303	0.008465548	0.000310814	3.558946836	0.000211164	0.000749751	0.003048831	0.000341658	6.643367428	2.372631224	0.0	
с	0.002111641	0.000270479	0.000198589	0.000106768	0.000457917	0.005364519	0.000249126	9.015998652	0.001888614	0	0.004420211	0.003224405	0.001482894	0.001641860	0.003376254	0.002514989	0.000227772	0.001086665	0.011618775	0.000960915	1.186315612	0.000244381	7.355156795	0.0	
т	0.006985026	0.000386738	0.003155599	0.000109141	0.000486389	0.007153483	0.000147103	0.000185065	0.004503254	0	0.000747378	0.000322677	0.000256244	0.001933694	0.018093685	0.000652473	0.003827054	0.001843534	0.000465035	0.002109269	1.898104979	6.406104305	9.727788019	0.0	
у	0.000239635	0.001129372	0.001627625	0.001793709	0.002859020	0.000355894	0.002363140	0.000479271	0.000685690	0.000291833	0.001172079	0.001907595	0.002204174	0.001563563	0.000476898	0.001544582	0.000695180	0.001857770	0.002291961	0.000137612	4.033473081	0.000576549	9.490524897	0.0	
ф	0.000265734	2.372631224	2.372631224	0	0	3.558946836	0	0	0.000339286	0	4.745262448	9.490524897	7.117893672	0	0.000121004	9.490524897	9.490524897	0	2.135368101	0.000125749	1.423578734	0	0	0.0	
х	0.000550450	0.000149475	0.000474526	7.592419917	0.000218282	0.000474526	3.558946836	8.066946162	0.000875500	0	0.000158966	0.000246753	0.000204046	0.000510115	0.002894610	0.000370130	0.000192183	0.000384366	0.000208791	0.000260989	7.117893672	1.423578734	4.745262448	0.0	
ц	0.000619256	1.186315612	5.219788693	7.117893672	9.490524897	0.000908717	2.372631224	1.186315612	0.000180319	0	2.847154690	0	7.117893672	2.372631224	0.000256244	7.355156795	9.490524897	3.084420591	4.033473081	0.000201673	4.745262448	2.372631224	0	2.0	
ч	0.002949180	9.490524897	6.406104305	9.490524897	2.609894346	0.004519862	0	4.745262448	0.001886241	0	0.000628747	2.372631224	2.135368101	0.001003623	0.000109141	7.355156795	0.000142357	2.609894346	0.005046586	0.000820930	0	9.490524897	0	1.0	
ш	0.001093782	2.372631224	1.898104979	2.372631224	7.117893672	0.002503125	0	2.372631224	0.001592035	0	0.000526724	0.000640610	9.490524897	0.000474526	0.000230145	1.186315612	2.372631224	7.117893672	4.507999326	0.000237263	2.372631224	0	2.372631224	2.0	
щ	0.000438936	0	0	0	0	0.001599153	0	0	0.000659591	0	0	0	0	4.982525571	0	0	2.372631224	0	0	0.000177947	0	0	0	0.0	
ы	6.406104305	0.000393856	0.001478149	0.000220654	0.000484016	0.000956170	7.592419917	0.000189810	0.000436564	0.001485267	0.000391484	0.002351277	0.001309692	0.000735515	0.000332168	0.000502997	0.000353522	0.001134117	0.001262239	0.000142357	2.372631224	0.000994132	4.745262448	0.0	
ь	0.000308442	0.000519606	0.001454422	0.000315559	0.000642983	0.001053448	9.727788019	0.000498252	0.001385616	0	0.002339414	4.000211164	0.000828048	0.004173458	0.000958543	0.001304947	0.000334541	0.002175702	0.001034467	0.000303696	4.507999326	0.000287088	0.000113886	0.0	
э	0	0	7.117893672	9.490524897	7.117893672	0	0	0	0	0	0	0	9.490524897	0	0	0	7.117893672	0	1.186315612	0.003343037	0	9.490524897	4.982525571	0	4.0
ю	8.778735529	0.000457917	0.000346404	7.355156795	0.000519606	4.982525571	8.541472407	9.965051142	0.000313187	0	0.000246753	6.880630550	0.000218282	0.000298951	0.000208791	0.000336913	0.000204046	0.000576549	0.000633492	9.490524897	2.372631224	3.084420591	1.186315612	0.0	
я	0.000370130	0.000472153	0.001909968	0.000284715	0.001236140	0.000455545	0.000313187	0.000619256	0.001091410	0.000116258	0.000813812	0.001179197	0.000749751	0.002121132	0.000842284	0.001319182	0.000562313	0.002135368	0.002726153	0.000322677	3.558946836	0.000353522	9.727788019	0.0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

H10

×

H20

[illegible]

H30

[illegible]

Оцінка надлишковості мови:

H	R
H1 with whitespaces	0,12618
H1 without whitespaces	0,114166
H2 with whitespaces	0,21284365052520537
H2 without whitespaces	0,17488382133578495
H10	0,517>R>0,427
H20	0,475>R>0,373
H30	0,638>R>0,492

Висновки:

Під час виконання даної лабораторної роботи ми навчилися вимірювати частоти символів та біграм у тексті, визначати ентропію. Також, ми навчилися визначати надлишковість мови.