# Криптографія

Комп'ютерний практикум № 1

Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

Виконали Студенти 3-го курсу Групи ФБ-02 Замрій Денис та Гнатюк Максим

#### 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:

- 1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку Н 1 та Н 2 за безпосереднім означенням.
- 2. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H\_1 та H\_2 на добровільно вибраному тексті російською мового, достатньої довжини, де імовірності замінити відповідними частотам.

Також одержати значення Н\_1 та Н\_2 на тому ж тексті у якому вилучені всі пробіли.

- 3. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення H<sup>1</sup>0, H<sup>2</sup>0, H<sup>3</sup>0
- 4. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

Формули, які використовували в лабораторній роботі:

Надлишковість:

$$R = 1 - \frac{H_{\infty}}{H_0}$$

Ентроппія:

$$\sum_{i=1}^{m-1} i(q_i^{(n)} - q_{i+1}^{(n)}) \log_2 i + m q_m^{(n)} \log_2 m \le H^{(n)} \le -\sum_{i=1}^m q_i^{(n)} \log_2 q_i^{(n)}$$

### Ентропія символів в тексті з пробілами

```
('o', 0.11299019607843137)

('e', 0.08412990196078432)

('u', 0.07549019607843137)

('a', 0.0739583333333333333)

('h', 0.06752450980392156)

('T', 0.0616421568627451)

('c', 0.050490196078431374)

('n', 0.04356617647058823)

('B', 0.04344362745098039)

('p', 0.04295343137254902)
```



### Частота біграм у тексті без пробілів

								1 4		1 2		- 100					-						200	- 11	-	-	-	2 1 2		1 4	1	1 .
	-	0.00000	0.005535	0.001225	0.003481	0.009922	-	0.000963	0.00404	0.000346	0.000345	0.00578	0.008211		0.007955	0.000795	0.009921	0.003064	0.008147	0.006175	0.000813	0.000025	n necessar	0.000345	0.005718	0.00049	0.00048		0	0 0.000123	5 0.00025	0.0038
6	0.000225		0.000745	D		0.003819		0 0.000129		0.000225		0.000368			II.ODDSAR			0.001471			0.000348			0			D.000245	0.000	Dea DONNE			0.0000
			0.000368	a annese				0 6		0.002819		5.00094									0.000858	- 0	0.000245	. 0	0.000068	0.000858				23 0.000245		A STATE OF
	0.000100		0.000123		0.002083			0 0		0.000715	. 0		0.001471			0.000049		0.001716			0.000715				4	0		0	d	6 1	0 /	
	0.00527		0.001961			0.00576		0 0		0.000186		0.000755				0.004412			0.000811					0.000025	0.000125	0.000025		0.000	858 0.0006	11	0	0 0.000
			0.008481	0.00521				0.0009473				0.002206									0.000785	0.000125					0.000858	D	0	0 0.000345		
			4	. 0	0			0 6			0		0		0	0		0	0.000123	. 0				0		0	0	.0	0	8	3	8
	0.000595				0.001593	0.004412		0 0.000123		0.000186	0		0.000125		0.000613	. 0			- 4	- 0	0.000245			. 0	0.000123	. D		0	0 0.0000	45	3 /	0
3	0.00527	0.000368	0.001981	0.00049	0.001346	0.000968		0 0.000123	0.00012	0.000368		0.00049	. 0	0.000368	0.003309	0.000345		0.000125	0.000568	0	0.00049	0.000125				0.000023	. 0	0.0000	343	0 1	4	0.00
	0.000245	0.000858	0.005515	0.001961	0.003064	0.008554		0 0.001109	0.00282	0.002328	0.001308	0.004902	0.004534	0.008485	0.006005	0.001716	0.004567	0.001736	0.004779	0.008456	0.00049		0.002088	0.000658	0.005509	0.000658	0.000615		0	0.000045	5 0.00024	5 0.00
		0,000123	0,00049	0,000045	0.000795	0,000129		0 0,000128	0.00036	0.00098	0	0.001235	0		0,001103	0.000795	0,000858	0.000613	0.003451	0.000123	0,000068	0,000345	0,000245	0,000125	0,000245	0,000068		0	0	8	3	6
	0.009436	0.00049	0.000858	0,000025		0.001225		0 0		0.003554	.0	0,000368	0.00098	. 0	0.001471	0.009069	0.000125	0.002574	0.000613	0.001225	0.002528	0.000125	0.000245	. 0	0.00049		0	0	0	0.0.000123	5 7	0
	0,004412	0,000568	0,00049	0.00048	0.000613	0,004902		0.0000248		0,010662	0	0,000125	0,000023	0,000125	0,000858	0.005147	0,00048	0,000125	0,003961	0,000125	0,002206		0,000368	0	0,00049		0	0 0,000	795 0,0050	17 1	0 0,000960	1 0,00
	0.002941	0,000615	0,000795	0,000615	0,00049	0.002941		0 0,000245		0,005637	0	0.000245	0,000245	0.000245	0.001716	5,004044	0,000856	0.000368	0.001108	0.000586	0.009922	0	0,000125	0,000023	0,000619	- 0		0 0.001	109 0,0001	25 0.000125	3 1	0.00
	0.009314	0,000968	0,000858	0,000045	0,001961	0,009681		0 1	0,00012	0,011275	. 0	0,00049	0,000123	0,000123	0,004289	0,002132	0,000735	0,00049	0,0000858	0,001225	0,002451	0,000123	0,000123	0,000245	0,000245		ů.	0 0,000	882 0,0020	23 (	3	0.00
	0	0,005393	0,009559	0,004903	0.007553	0,003064		0 0,000453	0.00233	0,000064	0,004412	0,004289	0,007966	0,008948	0,010172	0,002574	0,009064	0,006824	0,008948	0,00674	0,000599	0,000345	0.005225	0,000125	0,005676	0,001471	0.000245	0	0	0 0,0004	9 0,000735	5 0,0
	0.000838					0,003186		0 0		0,000838	0		0.000755		0,000243	0.003805	t	0,006638	0,000123		0,000615				0.000125		0	0 0,000	125 0,0000	15 (	3 1	0,00
	0,008701		0,000795	0,00049	0,00049	0,005025		0.000245		0.005147	.0	0,000245	. 0	0,000795	0,000858	0,008088	0.000345	0	0,000613	0,000368	0.002574	. 0	0,000245	. 0		0	0	0 0.001	471 0,0001	10 (	9 1	0 0,00
	0,00096		0,001961	0,00049	0,000045	0,005147	0,00085	8 0	0,00012	0,002206	0	0,002453	0,003819	0,001225	0,000735	0,003431	0,002941	0,000368	0,000066	0,013948	0,000696		0,000133	0	0,000066	0,000735	. 0	0.0,000	725 0,0038	19 (	3 /	0.00
	0,006127	0,00046	0,002574	0,000245	0,00049	0,007108		0 0,000245	0,00012	0,009576	0	0,000755	0,000345	0,00049	0,003451	0,005725	0,000613	0,005392	0,002528	0,000755	0,003188			0,000045	0,000366	0,000245	. 0	0 0,000	635 0,0069	63 0,000123	5 0,0004	9. 0,0
		0,001595	0,001471	0,001225	0.003431	0.0000008		0 0,002574	0,0004	0.00098	.0	0.000473	0,001548	0,000960	0,001103	0,000388	0,001225	0,00008	0.005473	0.002839	0,000245	0,000125	0,0000615		0.001856	0,001225	0,00049	0	0	0 1	0 0,00047	1
17	896000,0	- (		. 0	0			0 0		0,000128	0		0,00049		. 0	0.000245		. 0		- 0		- 0	- 1	- 0		. 0		0	0	0 1	3 1	0
	0,000613	0,000045		0,0000.23	0,000123	0,000123		0 0,000133	0,00012	0,000,096	.0	0,000133	0,00049	- 0	0,000068	0,000554	0,00049	0,000368	0,000368	0	0.00048	0,000121		.0	0,000123			. 0	0	0 0,000040	5 7	0
	0,000735		0,000133	. 10		0,001548		0 0		0,000123	.0		. 0		D	0,000858		0	. 0		0,000735							0 0,000	145	0 7	3 19	0
	0,002574		0,000245			0.004657		0 0	( )	0,002574	. 0	0,000368	. 0	. 0	0,001225	0,000345		0,000123		0.004289	0,000366			0,000125		0,000128	. 0	. 0	0 0,0009	58 7	3 1	0
	0,000858		0.000123			0,001471		0 0		0,002574	. 0	0.00049	0,000785	- 1	0,000858	0,000123	0,000129	0		. 0	0,00096#	- 0	- 4	. 0	- 0	0		0	0	0 1	3	6
77	0,000054			. 0		0,000858		0 0	0.00	0,000103	. 0		0	- 0	0	- 0		. 0	. 0	. 0	0,000245	. 0	- 4		- 0	0		. 0	0	0 (	3 3	0
								0 0			. 0		0					0	. 0			. 0				D	. 0	.0	0	0 7	3 9	0,0,0
	0.000129	8,900125	0,002328	0,000045	0,000368	0,001598		0 0	0,0004	0.00098	0,003386	0,00045	0,001716	0,002338	0,000615	0.000345	0,00045	0.000735	0.00096	0,000345	0,000123		0,001838	0,000123	0,000368	0,000028	0,000123	D	0	0 1	3 1	0
	0,000245	0,000968	0,00098	0,000128	0.000345	0,00094		0 4	0,00006	0,001348	0	0,002206	0,000129	0,000613	0,004289	0.001109	0,00049	0,000045	0,001103	0,000345	0,000368	0		0,000129	0,000795	0,000613		0	0	0 (	0 0,000241	6.00
				. 0	. 0	. 0		0 0	1		: 0		. 0		D	. 0		. 0		0,002083				. 0		D	. 0	.0	0	0 (	3 /	0
0	0,000123	0,000048	0.000125	0,000025	0,000245	. 0		0 0,000125		0,000368	0	0,00040	0,000066	0,000245	0,000248	. 0	0,000568	0,000815	0,000568	0,00008	0,000125			. 0	0,000125	D	0,000858	. 0	0	0 0	2 1	0
	0.000123	0.000125	0.001471	0.000245	0.001103	0.001348		0:0.000245	0.00024	0.000888	0.000368	0,000615	0,0000868	0.001225	0.001348	0.001103	0.000858	0.000123	0.000735	0.002986	0.000345		0.000123	0.000245	0.000745	0.0			a	6 0.000129	4 7	0.0.00

### Частота біграм в тексті з пробілами

				1 /	-1	A						H			M		. 0								14.			44					100		-
3		0,0004	45 0,0028		662 0	159300,	0,002518		0,00456			0.00018	6 0,004193	0,006121	0,000431	0,001289		0,001087	0,003135	0,003054	0,00074			0,000532	9,885-05	0,000988	0,000094	0,000086					g 0,0007es		
	0,000693		0 9,555-	35	0		0,002174		0 4,948-0	5	0 0,0007	41	0,000047	0,000693	- 0	0,000296	0,002349	- 0	0,001136	4,945-05	9 0	0,00094	10	4,946-65	. 0	. 0	- 0	0,000648	4,94545	0,002767	0,000296		3 6	0,000047	7: 0,0003
	0,008436		0	0	0.0	,000247	0,004101		œ ·	0,0004	419 0,001E	76 .1	0,000048	0,000643		D/GOOGET	0,006226	0,000247	0,00084	0,008113	9,886-01	0,000844	2 1	0,000188		8,880-09	0.000741	0,000048		0,002174	8,888-09		4 9	0 4,848-05	8 0,00M
1	0,000791		0: 9,5054	35	0.0	001580	0,000889		0	0	0 0,0000	95	4,945-05	0,001000	- 0	0,000296	0,000303	- 0	0,001584	. 0	1	0,000593		0 0	0	- 0	- 4	. 0	. 0		0.		0 0	0 1	0 0,000:
A	0,004498	4,3464	1,000,0 80	4,549	149	0	0,004151		0.4,948-0	9, 4,948	09 0,0025	22 (	0,000449	0,00084	0.000999	0,002322	0,003250	4,946-08	0,000858	0,000296	0,000141	0,001827		4,948-09	0,000048	4,940-05	0,000156	. 0		0,000692	0,000599		0 1	0,000743	4 0,0000
	4,942-05	0,0010	87 0,0011	0,0	062 (	0,00252	0,000988		0.00079	5,00015	81 4,865	0,0018	0,000886	0,005188	0,004248	0,007264	0,000186	0,00084	0,001496	0,000447	0,005921	0,000098	9,885-0	0,00045	0,000296	0,001628	0,000642	0,000494			0		0,000146	6 9,980-01	6 0,008
	0		0	0	0	. 0	0		0	9	0	0 (	1 0			0			. 0		1		0	0 0	0	0		. 0	0		0		0 0	6 T	0 0,000
	0,001334	4,941	08		0.0	001100	0,000213		0.915-0		0 0,0018	22 (	0,000048	0,000348	- 0	0,000693	9,335-01			- 6		0,000048	C 1			4,845-09		. 0			0,000548		6 5	p 1	D 0,000
2	0,003607	0,0001	98 0,0000	8 0,000	195 0	.006433	0,000546		0.555.0	5 4,945	05 0,00002	95	0,000247	. 0	0,000346	0,001576	0,000346	. 0	0,000198			0,000595		0 0		0	4		0	0,000247	0		0 1	0 0,000494	4 9,000
16	4,948-09	0,0003	48 0,0000	0,00	084 0	001482	0,002572		0.00014	7 0,0021	72 0,0003	48 0,000,081	0,002868	0,003212	0.000718	0,002618	9,100-01		0.00084	0,002004	0,000121		4,848-0	0.000488	0,001584	0,002006	0,000944	0,000449					0,000188	6 0,000mm	8 0,000
A	. 0		6	6	0 4	945-05	. 0		0	8	0	0 (	0,000544		4,945-05	0,000494		. 0	0	0,000093	9,880-01			0 0	4,945-05	- 6	4,945-05	. 0	ò		0		0 /	0 0	0 0,007
	0,007412		0.0001	18	0		0,000692		0	0	0.0,0026	LP (		0.000544		0,000642	0,007145		0.00168		0.000494	0.001186	0.00	0	4,948-03	0		. 0	0		0		0 9	6	0 0,004
	0,003759	4,945-	08	0. 9,880	-db 0	000296	0,6042		0,00034	9	0 0,0068	19 (	9,888-05	9,885-01		0,000048	0,000680	8,885-00	. 0	0,000000		0,003433		9 6	6	4,880-05			0	0,000988	0,004299		0,000481	£ 0,001437	3 0,004
*	0,002555		0	0	0		0,000316		0	0	0 0,0036	87	0,000148	4,945-05	4,945-05	0,00084	0,002224		9,885-05	4,945-05	4,945-05	0,002965		0	. 0	. 0		. 0	0	0,00084	4,945-05	- 1	0 0	0,000443	5 0,008
	0,007969		0: 4,848+	28	0.0	0000148	0,008188		0		0.0,0000	ar c	0,000041			0,002866	0,01008		0,000098	4,948-09	0,000490	0,001818	4,846-0		0,000047	0,000348		4,848-08		0.002989	0,001728		0 7	0,000889	9 0,009
	. 0	0,0002	12 0,0054	65 0,003	706 0	005732	0,000075		0.00148	2 0,0011	34 0,0006	42 0,00570	0,002224	0,006226	0,00588	0,005929	0,000346	0,001285	0,006226	0,005534	0,004	4,945-05		0,000395	4,945-05	0,002075	0,00084	0,000048	. 0	. 0	0		0 0,000494	4 0,000897	6 0.021
	0,001729		0	0.	0		0,000224		g .	0	0 0,0008	59 (	1,555-05	0,000989		0,000048	0,000179		0,005139	4,548-05		0,000844		9 0	. 0	4,540-05		D		0,000148	0,000048		0 0	0,000089	8
	0,007461	4,945	0,0000	6 0,000	206 0	000247	0,004941		0,00018	8 4,945	es 0,000	36 .0	0,000087	9,888-01	0,000346	0,000593	0,000918	0,000148	6,946-05	0,000247	0,00016	0,002075		0.986-06	. 0		0,000148	. 0		0,000136	0,000791		0 0,000247	7 0,001480	0,00
	0,000791		6 0,0004	55 0,000	148 9	.88E-05	0,003508	6,00039	5	0	0 0,0017	29	0,002224	0,000224	0.000542	0,000494	0,002787	0.001779	0.000648	0,000294	0.000960	0.001433		0.000148	. 0	0.000198	0.000395	. 0	0	0.000445	0,002174		0 9,886-05	5 0,003701	6 0,000
1	0,001881	4,848-	0,0012	ni.	0.0	000148	0,005088		a	0 4,948	05. 0,0034	71 4	0,000046	0,000188	- 4	0,001581	0,010136	4,945-66	0,004407	0,001180	4,945-01	0,001716			4,945-03	4,800-01				0,000438	0,004595		0,000184	6 0,000086	6 0,008
¥	0	0,0000	87 0,0005	3 0,000	959 0	002125	0,000298		0.00232	2 0,0000	98	0 (	0,000494	0,001285	0.001334	0,000646		0,000642	0,000642	0,000959	0,0018		4,945-0	0,000346	0	0,001196	0,000889	0,000247	. 0		0		0 0,000083	1 4,945-01	6 0,0070
	0,000198			0	0				0		0 0,0001	28 1		0,000484			0,000348		. 0		1	4,848-09									0		0 7	B 9	D
	0,000741		0 4,945	35	0		. 0		0	0	0 0,0004	45		0,000347	- 0	4,945-05	0,002475		4,946-03	. 0	4	0,000046		0 0		. 0	- 4	. 0	0		.0		6 /	6 7	0 0,00
14.	0,000484		0	0	0	0	0,000136		0	0	0. 5,880	95 (	4,948-05			0	0,000191	- 0	. 0			0,000546		0			- 4	. 0		0,000096	. 0		0 0	6 F	0 0,000
4	0,002273		0	0	0		0,003508		0.	0	0.0,0002	73 (	0,000048		- 4	0,001186	0,000247	. 0	6,945-05	- 0	0,000004	0,000090		0 0	. 0	. 0	4,942-01	. 0			0,00048		4 7	6 7	0,0000
21	0,000741		0 4,9454	78	0	0	0,001729		0	0	0 0,0016	51.	0.000546	0,000544	- 0	0.000642	0,000296	4,945-05	0		4,945-05	0,000698		9 0	0	. 0		. 0	. 0		4,945-05		0 1	5 7	0
44	0,000819		0	0	0		0,0000318		0	0	0. 0,0007	22 (				4,848-09					1 1	0,000548		0 0							D		0 7	5 F	0
2	0		0	0	0	. 0	. 0		0	0	0	0 (			- 4	0	- 6		. 0		1	1 6		0 0	. 0		4	. 0	0		0	- 1	0 7	0 4,945-05	6
bi		0,0003	47 0,0013	54.	0.0	.000148	0,000334		0.888-0	9,880	Ot .	0 0,00012	0,000000	0,001255	0.001435	0,000648		4,948-09	0,000944	0,000993	0.00014		. 1	0.000483	. 0	0,000347	0.000347	4,948-03	. 0		. 0		0	0 1	0 0,000
	0	4.945	06	0 4,945	-05		0,000445		0	0 9,300	4,845	05	0,000988		0,000198	0,00053	- 6		. 0	0,000741	9,005-00			0 0	9,886-05	0,000148	0.000195		ò		0	- 1	0.00009	6 0,000s9	0,009
9			0	0	0	0	. 0		0	0	0	0 (				0			. 0		0,00160			0 0	. 0			0	. 0		0		0 /	5 1	0
80		0.00031	10	0	0.0	000045			0	0	0	0 0		0,000128	6,882-05				0,000099	9,885-01	0,00004			0 0		4,845-05		0,000094			0		0	a 7	0 0,000
	. 0	4.9454	05 0,0005	25	0 0	.000595	0,000595		0.00024	7 0,0000	98	0 0.00034	0.000595	0.000195	0.000346	0,000642			4,945-05	0.000494	0.00163			0.000346	9,585-05	0.000198		9,585-05			0		0 9,555-01	6 4,945-05	5 0,007
	3.001136	0.0061	76 0.0188	14 0.002	988 C	DOMETE	0.005208		0.000012	9 p.cons	93 G.0647	14 6	0.008800	0.003040	in process	0.014817	0.001881	TO STREET	0.003845	of the area	I DOMEST	0.006127	0.000118	n necons	n monare	0.000100	n nones	n monage				0.00348	4	0 0.0000044	e 7.79

### Частота біграм в тексті без пробілів, з кроком 2

				r	A			*	3				A	M.				p	6		y		- 8	- 4	- 4	-	9.1	<b>3</b>	M				
	0	0,00098	0,005515	0,001225	0,002453	0,003922	0	0,001961	0,004044	0,001348	0,000245	0,00576	0,008211	0,003186	0,007353	0,000735	0,003922	0,003064	0,005147	0,006373	0,000613	0,000123	0,001838	0,000245	0,001716	0,00049	0,00049	0	0	0	0,000123	0,000735	0,003676
6	0,001225	0	0,000245	0		0,002839	0	0,000128	0	0,001225	0	0,000368	0,00098	0	896000,0	0,003676	0	0,001471	0,000128	0	0,001348	0	0	0		0	0,000245	0	0,009064	0,000613	0	0	0,000968
			0,000968				0	0		0,002819	0	0,00098					0,001225		0,004167	0,000368	0,000858	0	0,000245	0	0,000368	0,000858	0,000245	0	0,002819	0,000125	0,000245	0	0
r	0,001100	0	0,000123	0	0,002083	0,001100	0	0	0	0,000735	0	0	0,001471	0	0,000368	0,010049	0	0,001716	0		0,000735	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
A	0,00527		0,001961	0		0,00576	0		0,000125	0,005188	0	0,000735	0,001225	0,00098	0,005451	0,004412	0,000125	0,001595	0,000615	0,000125	0,001838	0	0	0,000123	0,000123	0,000125	0	0	0,000858	0,000613	0	0	0,000755
e	0,000125	0,002065	0,003431	0,00527	0,005309	0,001471	0	0,001471	0,002696	0,001838	0,001961	0,002206	0,00674	0,005882	0,000907	0,002206	0,003064	0,006373	0,008824	0,007475	0,000735	0,000123	0,00098	0,000613	0,005064	0,000613	0,000858	0	0	0	0,000245	0,000245	0,000125
ě	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,000123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	0,001595	0	0	0	0,000595	0,004412		0,000123		0,005188	0	0	0,000123	0	0,000613	0	0	0			0,000245	0	0	0	0,000125	0	0	0	0	0,000245	0	0	0
,	0,00527	0,000368	0,001961	0,00049	0,001348	0,000368		0,000123			0	0,00049		0,000068				0,000123			0,00049	0,000123	0	0		0,000123	0	0	0,000245		0		0,00049
	0,000245	0,000858	0,005515	0,001961	0,005064	0,003554		0,001103			0,001103	0,004902	0,004534	0,008481	0,006005	0,001736	0,004367	0,001716	0,004779	0,008456	0,00049	0	0,002083	0,000858	0,005309	0,000858	0,000613	0	0	0	0,000245	0,000245	0,001225
ě			0,00049				0	0,000123				0,001225	0											0,000123	0,000245	0,000368	0	0	0	0	0	0	0
K	0,009436	0,00049	0,000858	0,000129	0	0,001225	0	0	0	0,009554	0	0,000368	0,00098	0	0,001471	0,009069	0,000128	0,002574	0,000613	0,001225	0,002328	0,000123	0,000245	0	0,00049	0	0	0	0	0	0,000123	0	0
A		0,000368			0,000613	0,004902		0,000245		0,030662		0,000125											0,000968		0,00049	0	0		0,000755			0,001961	
M	0,002941	0,000613	0,000735	0,000613	0,00049	0,002941	0	0,000245		0,005637	0	0,000345	0,000245	0,000245	0,001716	0,004044	0,000858	0,000068	0,000103	0,000368	0,000922	0	0,000123	0,000123	0,000613	0	0			0,000123	0,000123		0,000068
H			0,000858				0		0,000123			0,00049														0	0	0	0,005882	0,002083	0		0,000858
0		0,005392	0,009559	0,004902			0	0,002451			0,004412	0,004289	0,007966	0,008946	0,000172	0,002574				0,00674	0,001595	0,000245	0,001225			0,001471	0,000345	0	0	0	0,00049	0,000735	
	0,001838	0	0	0		0,003186	0	0		0,000858	0		0,000735		0,000245			0,006618			0,000613	0	0	0	0,000123	0	0		0,000123		0		0,000245
ρ	0,008701		0,000755			0,005025		0,000243		0,005147		0,000245				0,008088				0,000368			0,000245	0		0	0		0,000471		0		0,002083
e	0,00098	0	0,001961	0,00049	0,000245	0,005147	0,000858	0	0,000123	0,002206	0	0,002451	0,002819	0,001225	0,000735	0,003431	0,002941	0,000968	0,000368	0,013948	0,002696	0	0,000123		0,000368		0	0	0,000735		0		0,004779
	0,006127		0,002574			0,007108		0,000245				0,000785										0			0,000368		0	0	868200,0	0,006863	0,000123		0,000245
Y		0,001595	0,001471	0,001225	0,005431	0,000368	0	0,002574			0	0,001471		0,000961			0,001225	0,00098	0,000471	0,002819	0,000245	0,000125	0,000613	0	0,001838	0,001225	0,00049	0	0	0	0	0,001471	0
	0,000368	0	0	0		0	0	0		0,000123	0		0,00049	0		0,000245	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
	0,000615			0,000125	0,000123		0	0,000125			0	0,000125	0,00049	0	0,000368		0,00049	0,000988	0,000968			0,000123	0	0	0,000123	0	0	0	0		0,000245		
	0,000735		0,000125			0,001348	0			0,000123		0	0	0		0,000858	0	0			0,000735	0		0		0	0	0	0,000245		0		
- 4	0,002574		0,000245	p		0,004657	ġ.	0		0,002574		0,000368	D		0,001225			0,000128	P	0,004289		Û	0	0,000128	0	0,000123	0	D	0	896000,0	Ģ	. 0	D
La	0,000858	0	0,000125	0		0,001471	0	0		0,002574	0	0,00049	0,000735	0	0,000858	0,000125	0,000123	0			0,000368	0	0	0		0	0	0	0		0	0	
	0,000858	0	0			0,000858	0			0,001103	0	0	0	0		0	0	0	0		0,000245	0				0	0	0	0		0	0	0
- N	0	0	0	0		9	0		0		9	0	0	0		0	0		0		9	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0,000128
			0,002528				0	0	0,00049		0,005186			0,002528						0,000245		0			0,000368		0,000125	0	0	0	0	0	0
	0,000245	0,000368	0,00098	0,000128	0,000245	0,00098	0	0	0,000368	0,001348	0	0,002206	0,000128	0,000613	0,004289	0,001108	0,00049	0,000245		0,000245	0,000368	0		0,000129	0,000735	0,000613	0	0	0	0	0	0,000245	0,000245
_	0	0	0			0	0	0				0	0	0		0	0			0,002083	0	0				0	0	0			0		
			0,000123					0,000123		0,000368	0			0,000245			0,000368					0	0		0,000123	0	0,000858	0	0		0	0	0
	0,000125	0,000123	0,001471	0,000245	0,001108	0,001348	0	0,000245	0,000245	0,001838	0,000368	0,000813	0,000968	0,000225	0,001348	0,001108	0,000858	0,000028	0,000755	0,002696	0,000245	0	0,000128	0,000245	0,000735	0	0	0	0	0	0,000123	0	0,000128

### Частота біграм в тексті з пробілами, з кроком 2

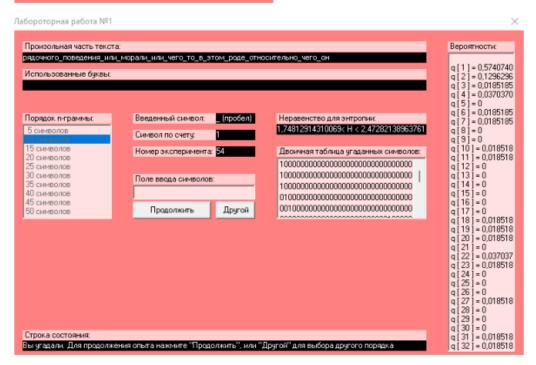
				r	A		e			н	H					0		P	€		Y		N.	4			- 10	ъ	M			10		
2	0	0,00049	0,00516	0,00079	0,00158	0,00227	0	0,00145	0,00227	0	0,0004	0,00425	0,00662	0,00247	0,00435	0	0,00079	0,00195	0,00347	0,00494	0	- 0	0,00138	9,95-05	0,00109	0,0005	0,0005	0	0	0		0,00089	0,00227	0,0133
6	0,00099	0	0,0002			0,00178	g.	a	0	0,00059	0	9,98-09	0,00119	0	0,0004	0,00267	O.	0,00119	0	0	0,00019	0	0	0	0	a	9,98-05	9,98-09	0,00277	0,00049	0		0,0008	0,000
	0,00544	0	0	0	0,0002	0,00474	0	0	0,00049	0,00188	0	9,95-05	0,00059		0,00079	0,00595	0,0004	0,00049	0,00257	9,95-05	0,00059	0	0,0002		9,95-05	0,00079	0,0002	0	0,00188	9,95-05			9,96-05	0,0068
r	0,00009	0	0,0002		0,00188	0,00119	0	0	0	0,0004	0	0	0,00069		0,0004	0,0085	0	0,00158	0	0	0,0003	0		0	0	0	0	0	0	0				9,95-0
A	0,00449	9,96-05	0,00089	9,96-05	0	0,00464	· c	a	0	0,00287	0	0,00089	0,00079	0,00119	0,00188	0,00326	9,96-05	0,00309	0,0002	0	0,00008	0		0,0002	0	0,0004	0	0	0,00069	0,0003	0		0,00069	0,0012
	9,95-05	0,00079	0,00128	0,00566	0,00217	0,00125	0	0,00009	0,00168	0	0,00128	0,00069	0,00464	0,00395	0,00702	9,95-05	0,00099	0,00464	0,00425	0,00721	0,0003	9,95-05	0,00049	0,0004	0,00168	0,00079	0,00059	0	0	0		9,95-05		0,016
ě	0	0	0	0			9	0	0	0	0	0	0		0	9	0	0	0	0	0	0		9	0	0	0	0	0	0	0			0,000
×	0,00128	9,96-05	0		0,00118	0,00247	e e	9,95-05	0	0,00227	0	9,96-05	9,96-05		0,00079	9,95-05	0	0	0	0	0,0002	0		0	9,96-05	a	0	0	0	0,0002	0		0	0,000
3	0,00356	0,0003	0,00109	0,0002	0,00109	0,00049	0	9,95-05	0	0,0003	0	0,0002	0	0,0005	0,00196	0,0004	0	0,0003	0	0	0,00059	0		0	0	0	0	0	0,0002	0			0,00049	0,0013
н	9,98-03	0,0004	0,00516	0,00079	0,00158	0,00208	q	0,0005	0,00247	0,0004	0,00089	0,00257	0,00277	0,00208	0,00287	9,96-09	0	0,00069	0,00208	0,00682	0	9,98-09	0,00109	0,00119	0,00178	0,00009	0,00049	0	0	0		0,0002	0,00109	0,0200
Ĥ	0	0	0				a	0	0	0	0	0,00059		9,95-05	0,0002	0	0	0	0,00089	9,96-05	0	0			0	0	0	0	0	0				0,0075
K	0,00771	0	0,0002	0		0,00069	0	0	0	0,00257	0	0	0,00079		0,00079	0,00768	0	0,00158	0	0,00049	0,00155	0		9,95-05	0	0	0	0	0	0				0,0041
	0,00589	9,98-09	0	9,98-09	0,0004	0,00419	g	0,0005	0	0,00791	0	9,98-09	9,56-09		0,0005	0,00484	9,98-05	0	0,00099	0	0,00138	0	0	0	9,98-05	g	0	0	0,00089	0,00474	0	0,00109	0,00168	0,0048
M	0,00227	0	0			0,00316	0	0	0	0,00316	0	0	9,95-05	9,96-05	0,00099	0,00227	0	0,0002	0	9,96-05	0,00287	0			0	0	0	0	0,00069	9,95-05			0,00069	0,0073
×	0,00662	0	9,95-05	0	9,96-05	0,00731	0	0	0	0,0083	0	0,0004	0		0,00306	0,01067	0	0,0002	9,95-05	0,00089	0,00217	9,96-05		0,0002	9,95-05	0	0	0	0,00595	0,00176			0,00089	0,0059
	0	0,00816	0,00583	0,00876	0,00642	0,00287	a	0,00148	0,00188	0,00079	0,00419	0,000087	0,00064	0,00682	0,00642	0,0004	0,00079	0,00642	0,00904	0,00494	9,96-09	0	0,00049	0	0,00287	0,000099	0	0	0	0	0	0,0008	0,00049	0,0196
	0,00188	0	0			0,00227	0	0	0	0,00119	0	9,95-05	0,00059		9,95-05	0,01038	0	0,00464	0	0	0,00059	0			9,95-05	0	0	0	9,95-05	0,0002			0,0005	
P	0,00751	0	0,0004	0,0002	9,96-05	0,00544	0	0,0005	9,95-05	0,00504	0	0,0003	0,0002	0,0005	0,00059	0,00682	0,0002	9,95-05	0,0004	0,00049	0,00188	0	9,96-05	0	0	9,95-05	0	0	0,00048	0,00069		9,96-05	0,00178	0,0009
¢	0,000099	0	0,00128	0,0002		0,00406	0,0004	a	0	0,00068	0	0,00148	0,00227	0,00049	0,00068	0,00317	0,00188	0	0,0004	0,01196	0,00158	0	0,0002	0	0,0000	9,95-05	0	0	0,0004	0,00027	0	9,96-05	0,00425	0,0034
T	0,00474	0	0,00109		9,95-05	0,00415	0	0	9,95-05	0,00208	0	0,0003	9,95-05		0,00158	0,00968	0	0,00435	0,00548	0	0,00158	0			9,95-05	0	0	0	0,00128	0,00494		0,0003	0,0004	0,0065
y	0	0,00048	0,00059	0,00119	0,00198	0,0005	9	0,00227	9,95-05	0	0	0,0004	0,00119	0,00128	9,98-08	9	0,00099	0,0004	0,00089	0,00158	0	0	9,96-05	9	0,00119	0,00099	0,00049	0	0	0		0,00119	9	0,0064
•	9,95-05	0	0				a	0	0	0,0002	0	0	0,0004		0	9,95-05	0	0	0	0	0	0		0	0	a	0	0	0	0				
ĸ	0,00079	0	0	0			0	0	0	0,00079	0	0	9,95-05		9,95-05	0,00237	0	0	0	0	0,00049	0			0	0	0	0	0	0				0,0041
ц	0,0004	0	0			0,00138	q	0	0	9,98-03	0	0	0			0,0005	0	0	0	0	0,0004	0		0	0	0	0	0	0,0002	0				0,000
*	0,00247	0	0			0,00356	a	0	0	0,00217	0	0,0004			0,00109	0,0000	0	0	0	0,00076	0,00049				0	9,95-05	0	0	0	0,0003				0,0008
	0,00079	0	0	0		0,00196	0	0	0	0,00055	0	0,0003	0,00069		0,00049	9,95-05	9,95-05	0	0	0	0,0002	0		0	0	0	0	0	0	9,95-05				
-	0,00009	0	0			0,00000	g	a	0	0,00069	0	0	0		0	a	0	0	0	0	0,0002	0		0	0	a	0	0	0	0	0		0	
b	0	0	0				0	0	0	0	0	6	6			0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0				
м	0	0,0003	0,00148	0	9,96-05	0,00148	0	9,95-05	0	0	0,00227	0,0002	0,00128	0,00188	0,0002	0	0	0,00069	0,00059	0,0003	0	0	0,00148	0	0,0002	0,0005	9,95-05	0	0	0				0,0040
	0	9,96-05	0	9,96-05	0	0,0004	a	a	0	9,98-05	0	0,00079	0	0,0002	0,00297	a	a	0	0,00069	9,96-05	0	0		9,96-05	0,0000	0,0008	0	0	0	0	0	0,0004	9,86-05	0,008
	0	0	0	0	- 0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0,00138	0	0			0	0	0	0	0	0	0			
100	0	0,0002		0	0,00048		0	0	0	0	0	0	0,0003	9,96-05		0	0	0,0004	0,0002	0,00059	0				0	0	0,00049	0	0	0				0,0025
	0	9,96-05	0,00049	0	0,0008	9,96-05	a	0,0008	0,0003	0	0,0003	0,0003	0,0002	0,0004	0,00049	a	0	0	0,00059	0,00078	0	0	0,0008	9,96-05	0	a	0	0	0	0	0	9,96-05		0,0074
	0.00548	0.00573	0.05403	0.00464	0.00632	0.00366	0	0.00257	0.00425	0.0054	0	0.0082	0.00257	0.00455	0.01581	0.01127	0.01591	0.00296	0.0054	0.00692	0.00613	0.00099	0.00257	0.00069	0.00464	0.00079	0.0004	0	0	0	0.00198		0.0002	0.0359

	Ентропія
Букви без пробілів	4.467786963954832
Біграми без пробілів	0.00042877213780620667
Біграми без пробілів з кроком 2	0.00079622263706243
Букви з пробілами	4.311678472331937
Біграми з пробілами	0.08660949753713894
Біграми з пробілами з кроком 2	0.08627840422614752

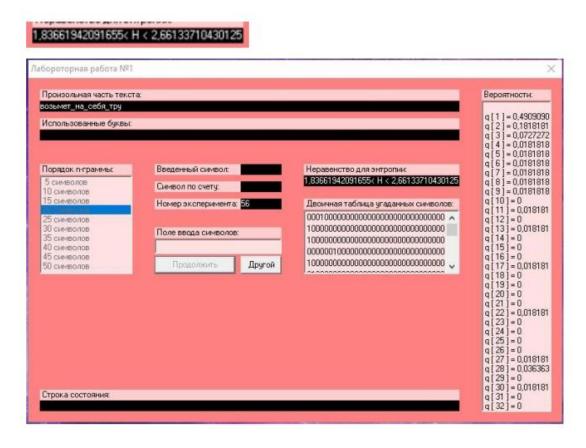
	Надлишковість
Букви без пробілів	0.11430652359038007
Біграми без пробілів	0.99991500027007
Біграми без пробілів з кроком 2	0.9998421569333754
Букви з пробілами	0.15248944181531143
Біграми з пробілами	0.9829758957972353
Біграми з пробілами з кроком 2	0.9830409760388652

#### Для Н^10

# 1,74812914310069< H < 2,47282138963761

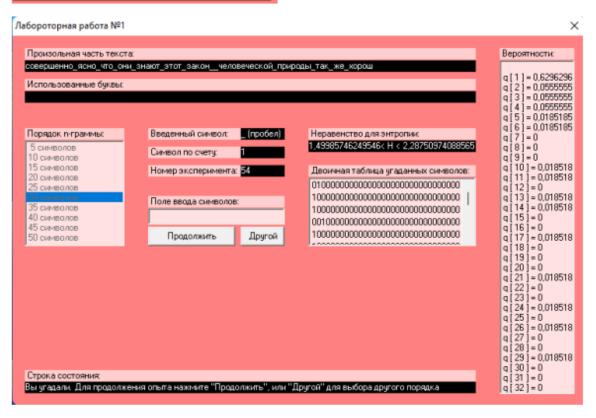


#### Для Н^20



### Для Н^30

## 1,49985746249546< H < 2,28750974088565



**Висновок:** На цій лабораторній роботі ми познайомились з поняттями аентропії та надлишковості. Більш поглиблено навчилися працювати з текстом в Python. Також навчилися обраховувати частоти букв і біграм в тексті. В лабораторній роботі використали програму PyCharm і CoolPinkProgram