



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Фізико-технічний інститут

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

з дисципліни

«Криптографія»

на тему: «Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту»

Виконали:

студенти 3 курсу ФТІ

групи ФБ-74

Пудім Єлизавета та Горобець Ангеліна

Перевірили:

Чорний О.

Савчук М. М.

Завадська Л. О.

Мета роботи :

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

Порядок виконання роботи

0. Уважно прочитати методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму.
1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку H_1 та H_2 за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H_1 та H_2 на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення H_1 та H_2 на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.
2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення H^{10} , H^{20} , H^{30} .
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

Результати виконання програми:

Space:

' ': 0.1672034781394746, 'о': 0.09603150069552818,
'е': 0.07314077091445752, 'а': 0.06929292954474066,
'н': 0.05774691250305384, 'и': 0.05498225032034183,
'т': 0.04991661140666211, 'с': 0.04395787941186736,
'л': 0.042096905273549486, 'в': 0.03919887120014758,
'р': 0.03280948510971396, 'к': 0.028577108896279048,
'д': 0.024793460539370885, 'м': 0.02389974422512178,
'у': 0.0227230800680072, 'п': 0.020107370604336705,
'я': 0.018093081115038864, 'ь': 0.016695169195331237,
'ы': 0.0154430938289948, 'г': 0.015148304556582089,
'б': 0.014661559478877383, 'ч': 0.014224049818763804,
'з': 0.013658777366166917, 'ж': 0.009569121540432872,
'й': 0.00857070205966086, 'ш': 0.007248824582309153,
'х': 0.006379414360288582, 'ю': 0.0052457532894244815,
'э': 0.0029697058838193723, 'щ': 0.002367039443178589,
'ц': 0.002161995742071228, 'ф': 0.0008388717984513903,

'b': 0.00024617708795564574}})

Monograms

4.348869152023138

Entropy bigrams with step1

3.939835313253219

Entropy bigrams with step2

3.9398911732225845

Redundancy

Monograms – 0.132

Entropy bigrams with step1 – 0.214

Entropy bigrams with step2 – 0.213

А	Б	В	Г	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
0.0000 0.0006 0.0030 0.0006 0.0021 0.0010 0.0000 0.0011 0.0041 0.0001 0.0005 0.0042 0.0056 0.0023 0.0044 0.0000 0.0006 0.0023 0.0034 0.0042 0.0000 0.0002 0.0008 0.0001 0.0008 0.0005 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0024 0.0188	0.0005 0.0000 0.0001 0.0000 0.0020 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0007 0.0000 0.0002 0.0007 0.0000 0.0003 0.0020 0.0000 0.0011 0.0001 0.0000 0.0010 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0004	0.0055 0.0000 0.0000 0.0000 0.0003 0.0041 0.0000 0.0000 0.0005 0.0046 0.0000 0.0001 0.0008 0.0001 0.0012 0.0070 0.0002 0.0011 0.0034 0.0002 0.0007 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0002 0.0052	0.0008 0.0000 0.0000 0.0000 0.0012 0.0003 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0014 0.0000 0.0002 0.0083 0.0000 0.0006 0.0000 0.0000 0.0000 0.0006 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0006	0.0042 0.0000 0.0000 0.0000 0.0045 0.0000 0.0000 0.0000 0.0021 0.0000 0.0003 0.0008 0.0001 0.0015 0.0037 0.0001 0.0015 0.0003 0.0002 0.0012 0.0000 0.0001 0.0002 0.0000 0.0001 0.0000 0.0005 0.0008 0.0000 0.0004 0.0010	0.0000 0.0013 0.0024 0.0027 0.0024 0.0000 0.0008 0.0012 0.0001 0.0025 0.0018 0.0057 0.0040 0.0071 0.0002 0.0014 0.0051 0.0037 0.0045 0.0001 0.0000 0.0008 0.0001 0.0005 0.0010 0.0006 0.0000 0.0000 0.0004 0.0003 0.0189	0.0000 0.0000	0.0014 0.0000 0.0000 0.0000 0.0040 0.0000 0.0000 0.0000 0.0014 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	0.0055 0.0002 0.0008 0.0005 0.0007 0.0002 0.0000 0.0001 0.0001 0.0003 0.0000 0.0001 0.0002 0.0003 0.0019 0.0003 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0003 0.0002 0.0000 0.0000 0.0005 0.0010	0.0001 0.0004 0.0026 0.0004 0.0016 0.0024 0.0000 0.0003 0.0017 0.0006 0.0013 0.0015 0.0044 0.0027 0.0039 0.0001 0.0001 0.0005 0.0020 0.0038 0.0000 0.0000 0.0013 0.0008 0.0019 0.0004 0.0002 0.0000 0.0000 0.0002 0.0016 0.0183	0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0001 0.0003 0.0000 0.0000 0.0000 0.0005 0.0003 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	0.0078 0.0000 0.0000 0.0000 0.0005 0.0000 0.0000 0.0000 0.0028 0.0000 0.0000 0.0003 0.0002 0.0000 0.0006 0.0076 0.0000 0.0014 0.0010 0.0004 0.0014 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0047	0.0077 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0052 0.0000 0.0004 0.0000 0.0000 0.0052 0.0000 0.0003 0.0002 0.0000 0.0003 0.0058 0.0000 0.0000 0.0011 0.0000 0.0012 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0009 0.0034 0.0000 0.0010 0.0074	0.0024 0.0000 0.0000 0.0000 0.0028 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0026 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0013 0.0022 0.0000 0.0001 0.0001 0.0001 0.0028 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0005 0.0001 0.0000 0.0000 0.0004 0.0070	0.0109 0.0000 0.0000 0.0001 0.0006 0.0100 0.0000 0.0000 0.0000 0.0074 0.0000 0.0003 0.0000 0.0000 0.0000 0.0028 0.0000 0.0000 0.0001 0.0010 0.0004 0.0024 0.0000 0.0002 0.0003 0.0000 0.0002 0.0012 0.0000 0.0002 0.0017 0.0056	0.0000 0.0024 0.0073 0.0045 0.0041 0.0024 0.0000 0.0019 0.0010 0.0007 0.0029 0.0015 0.0054 0.0046 0.0085 0.0002 0.0011 0.0054 0.0059 0.0064 0.0001 0.0001 0.0003 0.0001 0.0015 0.0013 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0008 0.0005 0.0028	0.0012 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0020 0.0000 0.0000 0.0000 0.0008 0.0000 0.0001 0.0005 0.0000 0.0001 0.0081 0.0000 0.0062 0.0000 0.0000 0.0005 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	0.0067 0.0002 0.0003 0.0004 0.0004 0.0050 0.0000 0.0003 0.0000 0.0044 0.0000 0.0005 0.0000 0.0001 0.0006 0.0067 0.0001 0.0000 0.0002 0.0004 0.0023 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0002 0.0000 0.0013 0.0009 0.0000 0.0001 0.0005 0.0006	0.0018 0.0000 0.0018 0.0000 0.0003 0.0045 0.0000 0.0000 0.0000 0.0013 0.0000 0.0049 0.0025 0.0008 0.0009 0.0023 0.0017 0.0001 0.0006 0.0101 0.0005 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0004 0.0001 0.0000 0.0003 0.0029 0.0000 0.0001 0.0020 0.0028														

c 0.0018 0.0000 0.0018 0.0000 0.0002 0.0045 0.0000 0.0000 0.0000 0.0013 0.0000 0.0049 0.0025 0.0008 0.0009 0.0023 0.0017 0.0001 0.0006 0.0101 0.0005 0.0000 0.0001 0.0000 0.0004 0.0001 0.0000 0.0000 0.0002 0.0029 0.0000 0.0001 0.0030 0.0028
т 0.0050 0.0000 0.0026 0.0000 0.0001 0.0050 0.0000 0.0000 0.0000 0.0037 0.0000 0.0005 0.0002 0.0000 0.0011 0.0143 0.0001 0.0024 0.0008 0.0001 0.0012 0.0000 0.0000 0.0001 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0015 0.0063 0.0000 0.0000 0.0005 0.0043
у 0.0000 0.0005 0.0012 0.0010 0.0015 0.0002 0.0000 0.0017 0.0002 0.0000 0.0001 0.0007 0.0011 0.0012 0.0002 0.0000 0.0005 0.0005 0.0009 0.0010 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0008 0.0007 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0010 0.0001 0.0066
ф 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000
х 0.0008 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0023 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0027
ц 0.0004 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0006 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0002
ч 0.0021 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0032 0.0000 0.0000 0.0000 0.0013 0.0000 0.0002 0.0001 0.0000 0.0005 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000 0.0045 0.0009 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0007
ш 0.0009 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0022 0.0000 0.0000 0.0000 0.0016 0.0000 0.0002 0.0005 0.0000 0.0004 0.0002 0.0000 0.0000 0.0001 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0005 0.0000 0.0000 0.0001
щ 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0013 0.0000 0.0000 0.0000 0.0006 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
ъ 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000
ы 0.0000 0.0005 0.0010 0.0001 0.0001 0.0009 0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0012 0.0002 0.0026 0.0012 0.0002 0.0000 0.0001 0.0002 0.0008 0.0007 0.0000 0.0000 0.0008 0.0000 0.0002 0.0004 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0041
я 0.0000 0.0001 0.0000 0.0001 0.0000 0.0005 0.0000 0.0000 0.0002 0.0004 0.0000 0.0012 0.0000 0.0002 0.0011 0.0000 0.0000 0.0000 0.0009 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0001 0.0004 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0004 0.0004 0.0105
э 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0028 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
ю 0.0000 0.0007 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0022
я 0.0000 0.0000 0.0002 0.0002 0.0005 0.0001 0.0000 0.0002 0.0002 0.0000 0.0001 0.0001 0.0008 0.0002 0.0006 0.0000 0.0000 0.0001 0.0009 0.0014 0.0000 0.0000 0.0002 0.0000 0.0001 0.0000 0.0002 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001 0.0001 0.0111
0.0021 0.0068 0.0147 0.0034 0.0074 0.0054 0.0000 0.0026 0.0042 0.0110 0.0000 0.0090 0.0036 0.0055 0.0165 0.0137 0.0140 0.0028 0.0162 0.0077 0.0042 0.0002 0.0015 0.0002 0.0064 0.0007 0.0001 0.0000 0.0000 0.0000 0.0030 0.0000 0.0023 0.0000

Without spaces

'o': 0.11531208185282417, 'e': 0.08782549998054259,
'a': 0.08320511400544209, 'h': 0.06934096263279681,
'и': 0.06602122952856197, 'т': 0.05993854452603251,
'c': 0.05278345701259942, 'л': 0.05054884857047922,
'в': 0.04706896603335299, 'р': 0.03939676049128458,
'к': 0.0343146352634084, 'д': 0.02977133055740983,
'м': 0.028698179684670255, 'у': 0.027285272538413414,
'п': 0.02414439791296851, 'я': 0.021725692459206795,
'ь': 0.02004711686119085, 'ы': 0.018543657932785132,
'г': 0.018189682784384983, 'б': 0.017605212190514963,
'ч': 0.017079862181684294, 'э': 0.016401097996485692,
'ж': 0.011490347629040032, 'й': 0.01029147196786235,
'ш': 0.008704196513831223, 'х': 0.007660231752693355,
'ю': 0.006298961573116448, 'э': 0.00356594414825946,
'щ': 0.0028422782529043925, 'ц': 0.002596067208879762,
'ф': 0.0010072950311767542, 'ъ': 0.0002956029251967443

Entropy in monogram

4.439982265826084

Entropy bigrams with step1

4.11963646406772

Entropy bigrams with step2

4.118897060849513

Redundancy

Monograms – 0.112

Entropy bigrams with step1 – 0.17625

Entropy bigrams with step2 – 0.17623

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z								
4	0.0005	0.0015	0.0057	0.0012	0.0025	0.0020	0.0000	0.0014	0.0056	0.0016	0.0066	0.0063	0.0123	0.0027	0.0075	0.0020	0.0024	0.0031	0.0064	0.0059	0.0006	0.0003	0.0012	0.0002	0.0016	0.0009	0.0002	0.0000	0.0000	0.0004	0.0010	0.0003		
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
6	0.0010	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0003	0.0003	0.0001	0.0004	0.0024	0.0000	0.0013	0.0001	0.0000	0.0012	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0050	0.0000	0.0001	0.0000	0.0006	
7	0.0066	0.0002	0.0003	0.0003	0.0008	0.0052	0.0000	0.0001	0.0008	0.0056	0.0000	0.0007	0.0019	0.0004	0.0020	0.0039	0.0009	0.0014	0.0045	0.0007	0.0009	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0013	0.0000	0.0000	0.0025	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000	0.0002
8	0.0010	0.0000	0.0001	0.0000	0.0015	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0002	0.0018	0.0000	0.0003	0.0100	0.0001	0.0008	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
9	0.0052	0.0001	0.0010	0.0000	0.0001	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0000	0.0003	0.0010	0.0001	0.0020	0.0045	0.0001	0.0018	0.0005	0.0003	0.0023	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0006	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000	0.0005
0	0.0003	0.0028	0.0050	0.0045	0.0040	0.0031	0.0000	0.0012	0.0022	0.0017	0.0031	0.0030	0.0074	0.0062	0.0103	0.0015	0.0038	0.0068	0.0066	0.0064	0.0007	0.0001	0.0012	0.0002	0.0017	0.0012	0.0008	0.0000	0.0000	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
2	0.0017	0.0001	0.0000	0.0000	0.0009	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0012	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0065	0.0002	0.0010	0.0007	0.0010	0.0003	0.0000	0.0001	0.0004	0.0000	0.0002	0.0002	0.0004	0.0023	0.0005	0.0001	0.0003	0.0002	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
4	0.0004	0.0014	0.0054	0.0005	0.0027	0.0034	0.0000	0.0006	0.0026	0.0015	0.0015	0.0025	0.0057	0.0040	0.0070	0.0020	0.0023	0.0011	0.0046	0.0056	0.0006	0.0001	0.0016	0.0010	0.0025	0.0006	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0023	
5	0.0004	0.0003	0.0007	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0008	0.0000	0.0006	0.0003	0.0003	0.0009	0.0005	0.0007	0.0003	0.0013	0.0006	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	
6	0.0055	0.0004	0.0006	0.0001	0.0002	0.0007	0.0000	0.0002	0.0001	0.0026	0.0000	0.0003	0.0005	0.0002	0.0014	0.0057	0.0004	0.0018	0.0017	0.0007	0.0013	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	
7	0.0054	0.0002	0.0005	0.0003	0.0003	0.0069	0.0000	0.0005	0.0002	0.0068	0.0000	0.0005	0.0007	0.0002	0.0010	0.0081	0.0006	0.0001	0.0023	0.0004	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0042	0.0002	0.0012	0.0022
8	0.0029	0.0003	0.0007	0.0003	0.0004	0.0026	0.0000	0.0001	0.0002	0.0038	0.0000	0.0005	0.0003	0.0003	0.0022	0.0045	0.0008	0.0002	0.0009	0.0004	0.0025	0.0000	0.0001	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0010	0.0001	0.0001	0.0000	0.0006	
9	0.0137	0.0003	0.0007	0.0002	0.0010	0.0120	0.0000	0.0001	0.0003	0.0054	0.0000	0.0005	0.0001	0.0001	0.0042	0.0118	0.0007	0.0002	0.0015	0.0008	0.0023	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0000	0.0002	0.0000	0.0033	0.0001	0.0001	0.0002	0.0022	
0	0.0002	0.0055	0.0114	0.0060	0.0062	0.0039	0.0000	0.0029	0.0017	0.0024	0.0035	0.0021	0.0070	0.0065	0.0130	0.0030	0.0036	0.0071	0.0055	0.0055	0.0003	0.0002	0.0006	0.0001	0.0024	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0010	0.0011		
1	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0058	0.0000	0.0073	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0004		
2	0.0031	0.0003	0.0004	0.0004	0.0062	0.0000	0.0004	0.0001	0.0053	0.0000	0.0007	0.0001	0.0001	0.0008	0.0081	0.0008	0.0002	0.0000	0.0003	0.0006	0.0027	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0001	0.0011	
3	0.0021	0.0002	0.0024	0.0001	0.0006	0.0054	0.0000	0.0002	0.0001	0.0016	0.0000	0.0061	0.0020	0.0011	0.0016	0.0030	0.0022	0.0002	0.0009	0.0125	0.0007	0.0000	0.0002	0.0001	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0004	0.0035	0.0001	0.0001	0.0026	
4	0.0060	0.0003	0.0035	0.0001	0.0004	0.0061	0.0000	0.0001	0.0001	0.0048	0.0000	0.0008	0.0004	0.0002	0.0017	0.0175	0.0004	0.0031	0.0015	0.0004	0.0015	0.0000	0.0001	0.0001	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0075	0.0001	0.0000	0.0007
5	0.0002	0.0009	0.0020	0.0012	0.0022	0.0004	0.0000	0.0022	0.0005	0.0008	0.0001	0.0014	0.0015	0.0017	0.0012	0.0005	0.0012	0.0007	0.0019	0.0017	0.0002	0.0000	0.0004	0.0000	0.0015	0.0009	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0011	0.0003	
6	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	
7	0.0010	0.0001	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0000	0.0002	0.0002	0.0004	0.0025	0.0004	0.0001	0.0002	0.0004	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0004	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

20-грамми $0,79 < R < 0,68$

Висновки:

Під час данного комп'ютерного практикуму, ми навчились визначати ентропію на символ джерела та його надлишковості. Порівняли різні моделі джерел відкритого тексту для наближеного визначення ентропії та набули практичних навичок оцінки ентропії на символ джерела.