Міністерство освіти і науки України Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського” Фізико-технічний інститут

КРИПТОГРАФІЯ
КОМП’ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1
Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

Виконали студенти:
ФБ-23 Лишиленко Ангеліна
ФБ-23 Тіщенко Олександр

Київ-2024

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 H1 та H2 за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H1 та H2 на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення H1 та H2 на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.

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

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

Хід роботи:

1. Для того, аби виконати підрахунки, ми беремо російській текст. У нашому випадку це "Вечера на хуторе близ Диканьки", Гоголь Н. та починаємо писати код:

Функція для підрахунку частот букв, в якій ми вибираємо у тексті лише букви російської мови

```
def let_freq(text):
    letter_counts = collections.Counter(text)
    total_letters = sum(letter_counts.values())
    letter_frequencies = {char: count / total_letters for char, count in letter_counts.items()}
    return letter_counts, letter_frequencies
```

Функція обчислює кількість і частоту біграм у тексті, з можливістю обрати варіант із перетином або без нього

```
def bi_freq(text, overlap=False):
    if overlap:
        bigrams = [text[i:i+2] for i in range(len(text)-1)]
    else:
        bigrams = [text[i:i+2] for i in range(0, len(text)-1, 2)]
    bigram_counts = collections.Counter(bigrams)
    total_bigrams = sum(bigram_counts.values())
    bigram_frequencies = {bigram: count / total_bigrams for bigram, count in bigram_counts.items()}
    return bigram_counts, bigram_frequencies
```

Функція обчислює ентропію H1 на основі частот букв, використовуючи формулу

$$H_1 = -\sum_{i=1}^{n} p(i) \log_2 p(i)$$

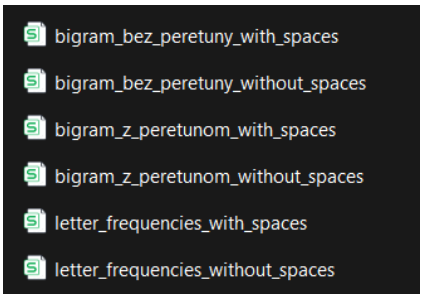
```
def calculate_H1(letter_frequencies):
    return -sum(frequency * math.log2(frequency) for frequency in letter_frequencies.values())
```

Функція обчислює ентропію H2 на основі частот біграм, формула якої

$$H_2 = -\frac{1}{2}\sum_{i,j} p(i,j) \log_2 p(i,j)$$

```
def calculate_H2(bigram_frequencies):
    return -sum(frequency * math.log2(frequency) for frequency in bigram_frequencies.values()) / 2
```

Далі в нас присутні функції для зберігання результату у cvs форматі, функція для обробки тексту, що повертає всі підрахунки, завантаження тексту та обробка з і без пробілів та виведення значень ентропії
В результаті ми отримуємо 6 таблиць та ось такий текст у консолі




```
Обробка тексту з пробілами...
Обробка тексту без пробілів...
Результат записано у CSV файли
Ентропія H1 з пробілами: 4.376771855603328
Ентропія H2 без перетину з пробілами: 3.9738468135581932
Ентропія H2 з перетином з пробілами: 3.975113332378612
Ентропія H1 без пробілів: 4.480412919199987
Ентропія H2 без перетину без пробілів: 4.155916668456753
Ентропія H2 з перетином без пробілів: 4.1557080546217025
Press any key to continue . . .
```

letter_frequencies_with_spaces

Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані Інструменти

	Symbol	Count	Frequency
		4377	0.011002186863735766
	В	574	0.0014428273383103336
	е	25693	0.06458286202649373
	ч	4692	0.011793982354271926
	р	12791	0.03215192418872383
	а	25897	0.06509564386798382
		63445	0.15947766633989394
	н	17576	0.04417967473543976
	х	2944	0.007400145790915718
	у	10333	0.025973405726063898
	т	18162	0.045652665711484804
	о	33618	0.08450343111379233
	б	5482	0.013779755171807054
	л	14706	0.036965538043888094
	и	19306	0.0485282658421939
	з	5316	0.013362491516476888
	Д	376	0.0009451273156876052
	к	12532	0.03150089234094965
	ь	6305	0.015848477993112637
	П	627	0.0015760500716386395
	в	13389	0.03365507880250358

letter_frequencies_without_spaces

Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані

	Symbol	Count	Frequency
		4377	0.013089701990220854
	В	574	0.0017165841769218118
	е	25693	0.0768365805882441
	ч	4692	0.014031729892190141
	р	12791	0.03825231394948936
	а	25897	0.077446655800948
	н	17576	0.052562166365118054
	х	2944	0.008804222677452636
	у	10333	0.030901505749360767
	т	18162	0.054314637319257744
	о	33618	0.10053680637588408
	б	5482	0.01639427605903375
	л	14706	0.043979245480508994
	и	19306	0.05773584341402874
	з	5316	0.015897842307519776
	Д	376	0.0011244523528268313
	к	12532	0.03747775767453684
	ь	6305	0.01885551086322652
	П	627	0.0018750841096341045
	в	13389	0.04004067168084693

bigram_z_peretunom_with_spaces

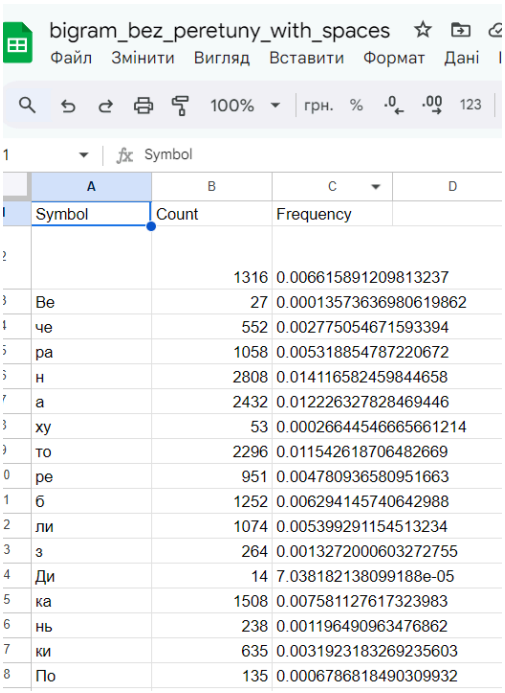
Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані Інс

Symbol	Count	Frequency
	2643	0.006643557910559562
В	76	0.00019103685251703622
Ве	52	0.0001307094254063932
еч	396	0.0009954025473256098
че	1145	0.002878121001736927
ер	2127	0.005346518227680737
ра	2118	0.005323895442514246
а	4866	0.01223138584668287
н	5641	0.014179459013797385
на	3626	0.00911446877929965
х	796	0.002000859665836327
ху	103	0.0002589052080165096
ут	574	0.0014428309650628788
то	4455	0.011198278657413109
ор	2245	0.005643128077641398
ре	1854	0.004660293744297173
е	5282	0.013277061249934018
б	2426	0.006098097423767498
бл	290	0.0007289564109202697
ли	2152	0.005409359297587657
из	569	0.0014302627510814948

bigram_z_peretunom_without_spaces

Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані

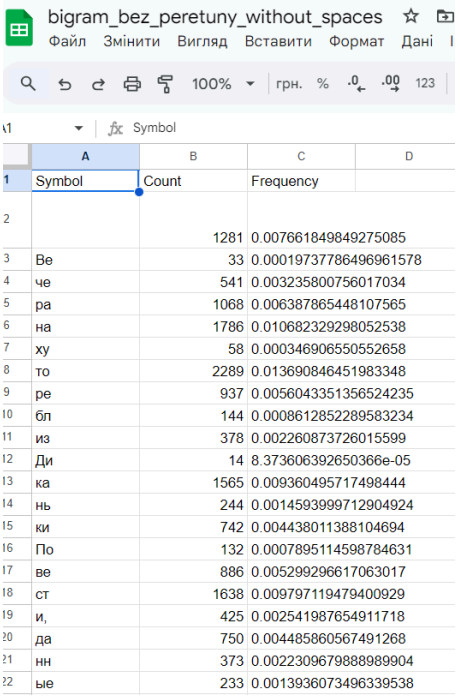
Symbol	Count	Frequency
	2643	0.007904086319919613
В	76	0.0002272836020862242
Ве	52	0.0001555098330063639
еч	497	0.001486315134695
че	1146	0.003427197473563328
ер	2254	0.006740753146083545
ра	2118	0.00633403512129767
ан	1931	0.005774797837217092
на	3628	0.010849801425905546
ах	376	0.0011244557155844776
ху	123	0.0003678405665342839
ут	665	0.001988731518254462
то	4580	0.013696827599406667
ор	2395	0.007162424039427724
ре	1856	0.005550504808842528
еб	931	0.002784224125556247
бл	291	0.0008702569500933059
ли	2264	0.006770658883200153
из	763	0.002281807741997225
зД	7	2.0934015981625914e-05



bigram_bez_peretuny_with_spaces

Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані

	A	B	C	D
1	Symbol	Count	Frequency	
2		1316	0.006615891209813237	
3	Ве	27	0.00013573636980619862	
4	че	552	0.002775054671593394	
5	ра	1058	0.005318854787220672	
6	н	2808	0.014116582459844658	
7	а	2432	0.012226327828469446	
8	ху	53	0.0002664454666566121 4	
9	то	2296	0.011542618706482669	
10	ре	951	0.004780936580951663	
11	б	1252	0.006294145740642988	
12	ли	1074	0.005399291154513234	
13	з	264	0.0013272000603272755	
14	Ди	14	7.038182138099188e-05	
15	ка	1508	0.007581127617323983	
16	нь	238	0.001196490963476862	
17	ки	635	0.0031923183269235603	
18	По	135	0.0006786818490309932	



bigram_bez_peretuny_without_spaces

Файл Змінити Вигляд Вставити Формат Дані

	A	B	C	D
1	Symbol	Count	Frequency	
2		1281	0.007661849849275085	
3	Ве	33	0.00019737786496961578	
4	че	541	0.003235800756017034	
5	ра	1068	0.006387865448107565	
6	на	1786	0.010682329298052538	
7	ху	58	0.000346906550552658	
8	то	2289	0.013690846451983348	
9	ре	937	0.005604335135652423 5	
10	бл	144	0.000861285228958323 4	
11	из	378	0.002260873726015599	
12	Ди	14	8.373606392650366e-05	
13	ка	1565	0.009360495717498444	
14	нь	244	0.001459399971290492 4	
15	ки	742	0.004438011388104694	
16	По	132	0.000789511459878463 1	
17	ве	886	0.005299296617063017	
18	ст	1638	0.009797119479400929	
19	и,	425	0.002541987654911718	
20	да	750	0.004485860567491268	
21	нн	373	0.002230967988889890 4	
22	ые	233	0.001393607349633953 8	

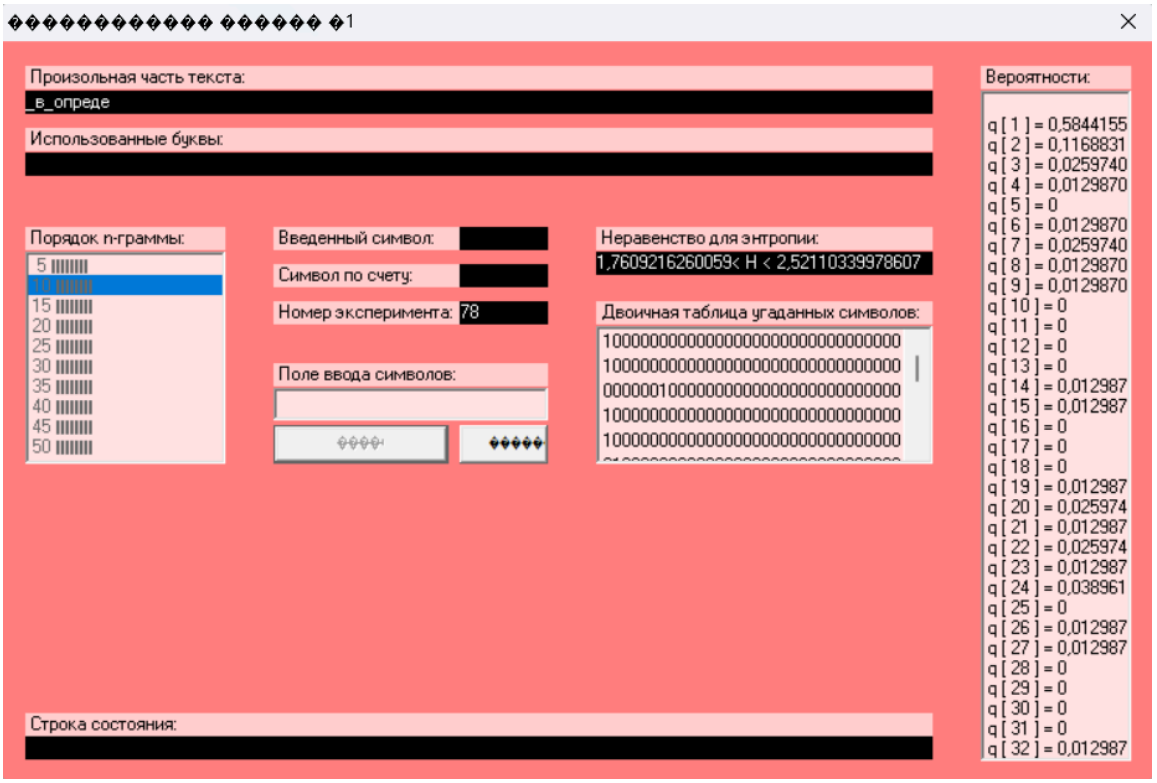
Отже наші значення ентропії

Ентропія	з пробілами	без пробілів
H1	4.376771855603328	4.48041291919998
H2(з перетином)	3.97511333237861	4.15570805462170
H2(без перетину)	3.973846813558193	4.15591666845675

Надлишковість	з пробілами	без пробілів
R(H1)	0.12464562887933428	0.095632744748844
R(H2(з перетином))	0.20497733352427794	0.16117412507273
R(H2(без перетину))	0.20523063728836144	0.16113201656068

2. Оцінка значень (10) H , (20) H , (30) H за допомогою програми CoolPinkProgram:

(10)H:



(20)H:

(30)H:

	Ентропія	Надлишковість
(10)H	1,7609216260059<H<2,521103399 78607	0.4957793200427859<R<0,6478156747 9882
(20)H	1,14153173720053<H<1,82107547 724955	0.63578490455009<R<0.771693652559 894
(30)H	1,39303373156825<H<2,22770755 574721	0.5544584888505579<R<0.7213932536 8635

Висновки:

У ході виконання лабораторної роботи ми закріпили знання з ентропії на символ джерела та надлишковості, також набули практичних навичок в експериментальній оцінці ентропії на символ джерела. Також дізнались про програму CoolPinkProgram яку в подальшому використали для знаходження ентропії.