

## Реализация алгоритма анализа эффективности сжатия данных

*Д. Л. Петрянин, Н.В. Горячев, И.И. Кочегаров, В.А. Трусов, Н.К. Юрков*

*Пензенский государственный университет, Пенза*

**Аннотация:** в работе приводится теоретическое представление об алгоритмах сжатия информации и архиваторах, созданных на их основе. Детально описываются расчеты избыточности информации, коэффициента сжатия, количества информации, энтропии текста в выбранном пользователе файле. На основе алгоритма Хаффмана и расчетных формул разработана программа в среде разработки DELPHI «Анализ эффективности сжатия данных и архивирование», которая позволяет сжимать выбранные пользователем файлы выбранными архиваторами с выводом таблиц исходных и сжатых размеров файлов, а также проводить анализ эффективности сжатия не проводя само сжатие файлов, что позволяет экономить время пользователя.

На случайно выбранных файлах проводится анализ эффективности сжатия, результаты анализа представлены в виде скриншотов из программы. Построена диаграмма коэффициентов сжатия для одного из файлов.

**Ключевые слова:** файл, тип, сжатие, архиватор, данные, избыточность, энтропия, алгоритм, анализ, архив, Хаффман.

Для выбора того или иного архиватора необходимо провести анализ типа данных, которые подлежат сжатию. Характерной особенностью большинства «классических» типов данных, с которыми традиционно работают люди, является определенная избыточность. Степень избыточности зависит от типа данных. Например, у видеоданных степень избыточности, как правило, в несколько раз больше, чем у графических данных, а степень избыточности графических данных в несколько раз больше, чем у текстовых. Кроме того, степень избыточности данных зависит от принятой системы кодирования. Так, например, можно сказать, что кодирование текстовой информации средствами русского языка дает в среднем избыточность на 20-30% больше, чем кодирование адекватной информации средствами английского языка [1].

Разумеется, определение избыточности информации [2-4] необходимо проводить программным способом, для этого нужно разработать алгоритм, по которому будет разрабатываться программное средство.

При обработке информации избыточность также играет важную роль, например, при преобразовании или селекции информации избыточность используют для повышения ее качества (репрезентативности, актуальности, адекватности и т.п.). Однако, когда речь заходит не об обработке, а о хранении готовых документов или их передаче, то избыточность можно уменьшить, что дает эффект сжатия данных.

Часто встречающиеся символы содержат малое количество информации, а редко встречающиеся – большее. Если  $i$ -й символ определяется в результате  $k_i$  альтернативных выборов, то вероятность его появления равна  $\left(\frac{1}{2}\right)^{k_i}$ . Соответственно для выбора символа, который встречается с вероятностью  $p_i$ , нужно  $k_i = \log_2\left(\frac{1}{p_i}\right)$  выборов.

Количество информации, содержащееся в символе, которое определяется частотой его появления, равно:

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_i}\right), \text{ бит.} \quad (1)$$

Отсюда среднее количество информации на один произвольный символ равно:

$$E = -\sum_i p_i \log_2\left(\frac{1}{p_i}\right), \text{ бит.} \quad (2)$$

$E$  называют средним количеством информации на символ или энтропией источника информации. Результатом отдельного альтернативного выбора может быть «0» или «1». Тогда всякому символу соответствует некоторая последовательность «0» и «1». Такая последовательность является кодировкой символа. Энтропия одной буквы русского языка равна примерно  $E_1 \approx 4,35$  бит.

Если при некотором кодировании символов  $i$ -ый символ имеет длину  $N_i$ , то средняя длина слов равна:

$$L = \sum_i p_i N_i, \text{ бит.} \quad (3)$$

Если предположить, что набор символов можно поделить на равновероятные подмножества, то  $L = E$ . Следует иметь в виду, что на самом деле всегда  $L \leq E$  (следствие теоремы кодирования Шеннона)[5].

Абсолютная избыточность кода определяется как разность двух величин:  $L$  и  $E$  (4), а относительная избыточность кода – по формуле (5).

$$D = L - E, \text{ бит.} \quad (4)$$

$$D_0 = 1 - \left( \frac{E}{L} \right). \quad (5)$$

Избыточность связана с мерой неопределённости информации, т.е. информационной энтропией [6]. Чем больше энтропия, тем большее количество информации содержит в среднем каждый элемент сообщения. Энтропия рассчитывается по формуле (6):

$$H = \frac{I}{n}, \text{ бит,} \quad (6)$$

где  $n$  – длина сообщения (текста).

На основе формул (2), (3) и (4) получаем общую формулу расчета избыточности информации (7):

$$D = \sum_i p_i \left( N_i + \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right) \right), \text{ бит.} \quad (7)$$

Для того, чтобы определить предварительно коэффициент сжатия кода того или иного файла, т.е. не используя какой-либо архиватор, необходимо его вычислить по формуле (8):

$$\mu = \frac{\log_2 I_C}{L_C \cdot \log_2 k}, \quad (8)$$

где  $I_c$  – количество кодируемых символов алфавита;  $L_c$  – средняя длина кода;  $k$  – количество символов алфавита, подлежащих кодированию.

Для проведения анализа была разработана программа «Анализ эффективности сжатия данных и архивирование» по алгоритму Хаффмана [5, 7] и по основным формулам (1)-(8). Данная программа позволяет сжимать выбранные пользователем файлы выбранными архиваторами с выводом таблиц исходных и сжатых размеров файлов, а также выводит результаты расчета абсолютных погрешностей коэффициентов сжатия [8, 9].

Программа работает по следующему алгоритму, который представлен на рис. 1: пользователь вводит следующие параметры (входные данные):  $\{F_1...F_n; A_1...A_n; \Delta X_0; Mode\}$ , где  $F_1...F_n$  – выбираемые файлы для архивации или анализа;  $A_1...A_n$  – выбираемые архиваторы для сжатия;  $\Delta X_0$  – допустимая погрешность расчетов, для получения требуемого результата;  $Mode$  – режим 1 – анализ эффективности сжатия, 2 – сжатие файлов с последующими расчетами и анализами. Далее для каждого выбранного файла рассчитываются все параметры, такие как коэффициент сжатия по алгоритму Хаффмана, избыточность информации, длина текста, и др. Если был выбран 1 режим, то на экран выводятся результаты всех расчетов и анализируется, будет ли эффективным сжатие того или иного файла. Если выбран – 2, то происходит сжатие всех файлов ( $F_1...F_n$ ) всеми выбранными архиваторами ( $A_1...A_n$ ). Затем рассчитываются: коэффициент сжатия как отношение сжатого размера файла к исходному; погрешности коэффициента сжатия относительно экспериментальных и расчетных данных, проверяется условие допустимой погрешности:  $\Delta X_{F_1...F_n} \leq \Delta X_0$ . После этого на экран выводятся все результаты расчетов и экспериментальных данных.

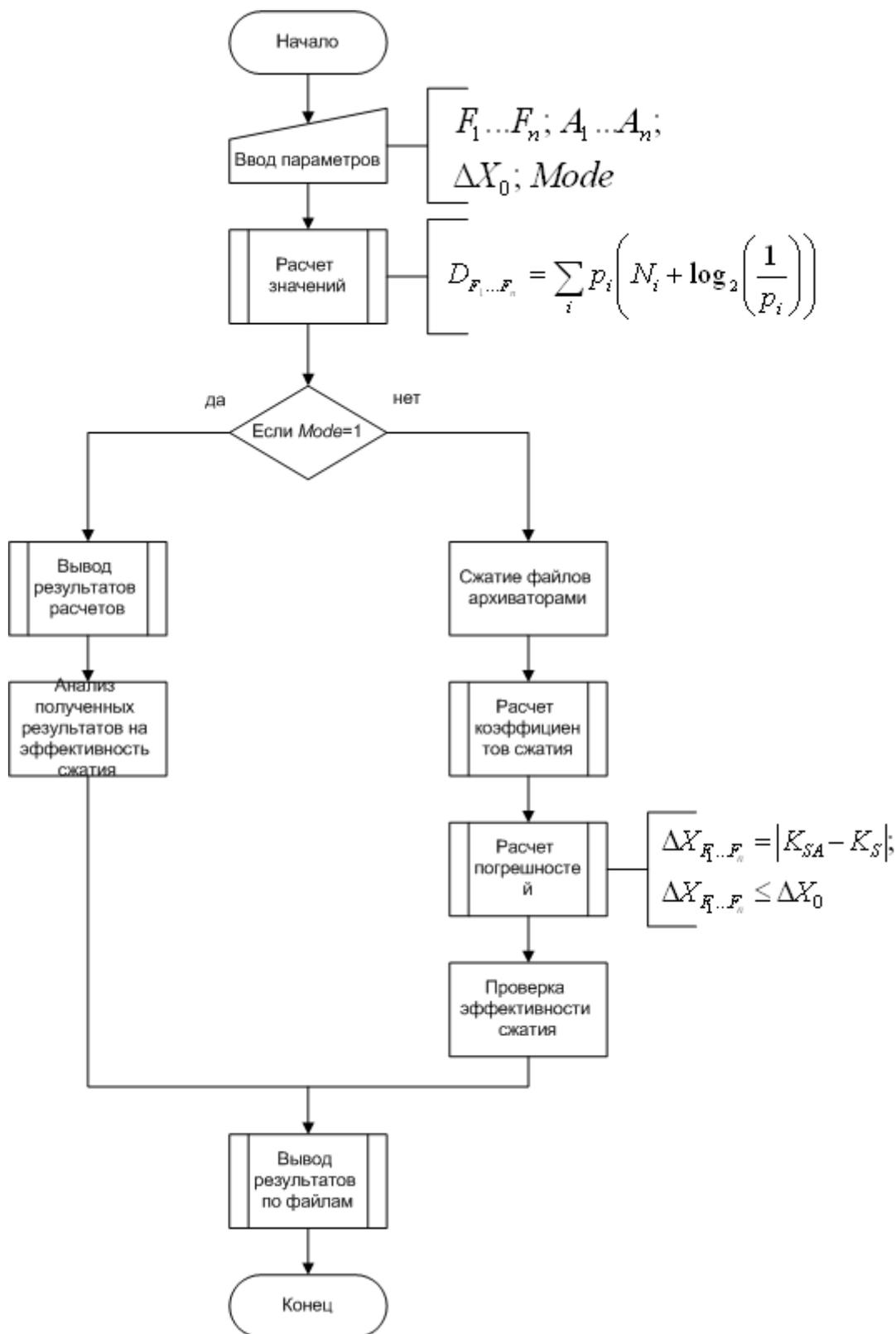


Рис. 1. - Алгоритм работы программы «Анализ эффективности сжатия данных и архивирование»

Главное окно программы представлено на рис. 2. Пользователь выбирает файлы, которые необходимо проанализировать/заархивировать. Для примера выбираем 20 случайных файлов текстового типа [10] (показаны на рис. 2).

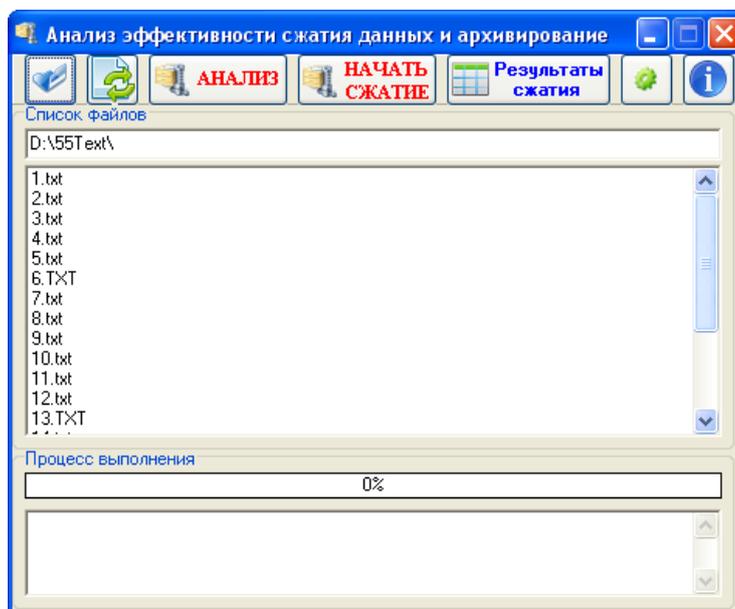


Рис. 2. - Главное окно программы «Анализ эффективности сжатия данных и архивирование»

Производим сжатие (кнопка «Начать сжатие») всеми архиваторами. Результаты сжатия (кнопка «Результаты сжатия») представлены на рис. 3. В последних двух столбцах представлена выборка из всех архиваторов по файлу: минимальный размер архива и наименование архиватора соответственно.

Результаты работы

Результаты сжатия | Детальный анализ сжатия (по файлам) | Детальный анализ по времени сжатия (по файлам)

Файл	Размер	RAR	7z	zip	ARJ	UC2	GZ	LZH	TGZ	RK	CAB		
1.txt	756631	190929	234943	284280	290364	286305	272608	284598	289863	254748	238331	190929	RAR
2.txt	1002422	240714	286712	348801	355064	351069	335574	349752	353582	311820	294031	240714	RAR
3.txt	252885	52640	59226	71433	72539	71459	68340	71229	72620	61856	61909	52640	RAR
4.txt	25563844	7654555	8212899	11366640	11551390	11351673	10944474	11376986	11511234	9835768	8862377	7654555	RAR
5.txt	3904728	1099247	1181574	1609103	1635599	1609831	1549029	1609234	1628109	1410088	1301123	1099247	RAR
6.TXT	7184945	1660426	1932040	2683718	2742270	2688717	2583776	2691370	2725273	2345116	2032453	1660426	RAR
7.txt	1077855	279831	325638	391362	397900	394245	377535	392528	396776	339756	335569	279831	RAR
8.txt	2791203	658234	791929	1034612	1061603	1036207	998276	1036768	1054405	920364	809045	658234	RAR
9.txt	1666784	488915	561236	713449	729076	711375	689127	714529	721597	610420	571775	488915	RAR
10.txt	868410	242928	294710	350422	358527	354153	338251	351522	358307	312996	297302	242928	RAR
11.txt	5232330	1436804	1632836	2304063	2356730	2280601	2224018	2303421	2334220	1939848	1701076	1436804	RAR
12.txt	872273	199166	248171	302579	309672	304295	290785	302955	308666	270812	251278	199166	RAR
13.TXT	850723	240001	289563	349015	355957	352097	335434	349627	355697	314912	293462	240001	RAR
14.txt	18976180	5343055	5623318	8638288	8817541	8520047	8339010	8631741	8745539	7113884	6184886	5343055	RAR
15.txt	737846	221659	262845	313463	319256	314575	302787	314011	317693	276032	268356	221659	RAR
16.TXT	4064879	1109878	1322192	1713574	1754851	1716743	1650931	1719367	1746824	1517288	1344626	1109878	RAR
17.TXT	2852616	719176	869814	1144388	1172528	1149801	1102420	1147964	1169074	1013120	880608	719176	RAR
18.txt	2551869	700241	842363	1063883	1089190	1072187	1024558	1067409	1086497	944500	850124	700241	RAR
19.txt	8399374	2195539	2537881	3400553	3484898	3401121	3275067	3411577	3470832	3022304	2626374	2195539	RAR
20.doc	10914304	2564260	2458861	3690443	3706159	3743959	3438239	3705206	3752486	2788348	2581886	2458861	7z

Скопировать всё в буфер обмена

Рис. 3. - Результаты сжатия файлов

Далее производится расчет данных по основным формулам (1)-(8) (кнопка «Анализ»). Результаты показаны на рис. 4.

Анализ эффективности сжатия данных

Сводная таблица Кодирование Хаффмана

Расчет Эксперимент: расчет коэффициентов сжатия Эксперимент: погрешность коэф. сжатия

Файл	Размер файла	Длина текста	Кол-во	Энтропия текста	Средн.	Длин	Длина текста	Абсолютная избыточность	Средняя аб.	Средняя дл.	Расчет	Расчетный коэффициент сжатия код	Расчет
1.txt	756631	759375	137	3567708,50	4,70	8	6075000	2507291,50	3,30	4,72	0,14	0,24	358586
2.txt	1002422	1002422	173	4984159,50	4,97	8	8019376	3035216,50	3,03	5,00	0,13	0,22	501205
3.txt	252885	252888	168	1322217,50	5,23	8	2023104	700886,50	2,77	5,25	0,13	0,21	132785
4.txt	25563844	25563844	172	134264624,00	5,25	8	204510752	70246128,00	2,75	4,96	0,14	0,22	126886
5.txt	3904728	3904728	182	19688918,00	5,04	8	31237824	11548906,00	2,96	5,08	0,13	0,21	198262
6.TXT	7184945	7185135	157	33952216,00	4,73	8	57481080	23528864,00	3,27	4,81	0,13	0,23	345895
7.txt	1077855	1077855	150	5583423,00	5,18	8	8622840	3039417,00	2,82	5,20	0,14	0,21	560427
8.txt	2791203	2791203	114	13381104,00	4,79	7	19538421	6157317,00	2,21	4,80	0,15	0,21	133875
9.txt	1666784	1666784	171	8394178,00	5,04	8	13334272	4940094,00	2,96	5,08	0,13	0,21	846825
10.txt	868410	868410	88	3907669,50	4,50	7	6078870	2171200,50	2,50	4,53	0,15	0,24	393494
11.txt	5232330	5232330	161	26133268,00	4,99	8	41858640	15725372,00	3,01	5,08	0,13	0,21	265821
12.txt	872273	872273	133	4126718,75	4,73	8	6978184	2851465,25	3,27	4,75	0,14	0,24	414464
13.TXT	850723	850723	119	3908097,00	4,59	7	5955061	2046964,00	2,41	4,64	0,14	0,22	394661
14.txt	18976180	18976180	151	107591216,00	5,67	8	151809440	44218224,00	2,33	5,24	0,15	0,21	994062
15.txt	737846	737846	166	3630828,00	5,00	8	5902768	2211940,00	3,00	5,03	0,13	0,22	371294
16.TXT	4064879	4064879	141	18743800,00	4,61	8	32519032	13775232,00	3,39	4,72	0,14	0,24	191765
17.TXT	2852616	2852616	133	13173728,00	4,62	8	22820928	9647200,00	3,38	4,70	0,14	0,24	134022
18.txt	2551869	2551869	102	11892925,00	4,66	7	17863083	5970158,00	2,34	4,70	0,15	0,22	119860
19.txt	8399374	8399374	134	38587564,00	4,59	8	67194992	28607428,00	3,41	4,68	0,14	0,24	393244
20.doc	10914304	10	10	33,22	3,32	4	40	6,78	0,68	3,40	0,29	0,35	34

Рис. 4. - Результаты расчета

Из рис. 4 видно, что абсолютная избыточность в выбранных файлах велика – более миллиона, кроме последнего (файл «20.doc») всего – 6,78. Это означает, что оригинальный метод Хаффмана здесь не эффективен (здесь его необходимо доработать в плане обработки разных типов данных (рис. 5)). Архиватор RAR показал наилучший результат сжатия (рис. 3).

Анализ эффективности сжатия данных

Сводная таблица Кодирование Хаффмана

Символ	Вероятность	Энтропия	Избыток	Код	1.txt	2.txt	3.txt	4.txt	5.txt	6.TXT	7.txt	8.txt	9.txt	10.txt	11.txt	12.txt	13.TXT	14.txt	15.txt	16.TXT	17.TXT	18.txt	19.txt	20.doc	
"□"	0,10000	3,32193	-0,11	101																					
"□"	0,10000	3,32193	-0,11	001																					
"□"	0,10000	3,32193	-0,11	110																					
"□"	0,10000	3,32193	-0,11	010																					
"у"	0,10000	3,32193	-0,11	100																					
"±"	0,10000	3,32193	-0,11	000																					
"П"	0,10000	3,32193	0,17	1111																					
"P"	0,10000	3,32193	0,17	0111																					
"a"	0,10000	3,32193	0,17	1011																					
"б"	0,10000	3,32193	0,17	0011																					

Рис. 5. - Код Хаффмана для файла «20.doc»

Сжатие всех файлов, в том числе и «20.doc», является эффективным, что доказывает необходимость использования избыточности информации при сжатии информации (рис. 6).

Анализ эффективности сжатия данных

Сводная таблица Кодирование Хаффмана

Расчет Эксперимент: расчет коэффициентов сжатия Эксперимент: погрешность коэф. сжатия

Файл	Размер файл	RAR	7z	zip	ARJ	UC2	GZ	LZH	TGZ	RK	CAB
1.txt	756631	0,25	0,31	0,38	0,38	0,38	0,36	0,38	0,38	0,34	0,31
2.txt	1002422	0,24	0,29	0,35	0,35	0,35	0,33	0,35	0,35	0,31	0,29
3.txt	252885	0,21	0,23	0,28	0,29	0,28	0,27	0,28	0,29	0,24	0,24
4.txt	25563844	0,3	0,32	0,44	0,45	0,44	0,43	0,45	0,45	0,38	0,35
5.txt	3904728	0,28	0,3	0,41	0,42	0,41	0,4	0,41	0,42	0,36	0,33
6.TXT	7184945	0,23	0,27	0,37	0,38	0,37	0,36	0,37	0,38	0,33	0,28
7.txt	1077855	0,26	0,3	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,37	0,32	0,31
8.txt	2791203	0,24	0,28	0,37	0,38	0,37	0,36	0,37	0,38	0,33	0,29
9.txt	1666784	0,29	0,34	0,43	0,44	0,43	0,41	0,43	0,43	0,37	0,34
10.txt	868410	0,28	0,34	0,4	0,41	0,41	0,39	0,4	0,41	0,36	0,34
11.txt	5232330	0,27	0,31	0,44	0,45	0,44	0,43	0,44	0,45	0,37	0,33
12.txt	872273	0,23	0,28	0,35	0,36	0,35	0,33	0,35	0,35	0,31	0,29
13.TXT	850723	0,28	0,34	0,41	0,42	0,41	0,39	0,41	0,42	0,37	0,34
14.txt	18976180	0,28	0,3	0,46	0,46	0,45	0,44	0,45	0,46	0,37	0,33
15.txt	737846	0,3	0,36	0,42	0,43	0,43	0,41	0,43	0,43	0,37	0,36
16.TXT	4064879	0,27	0,33	0,42	0,43	0,42	0,41	0,42	0,43	0,37	0,33
17.TXT	2852616	0,25	0,3	0,4	0,41	0,4	0,39	0,4	0,41	0,36	0,31
18.txt	2551869	0,27	0,33	0,42	0,43	0,42	0,4	0,42	0,43	0,37	0,33
19.txt	8399374	0,26	0,3	0,4	0,41	0,4	0,39	0,41	0,41	0,36	0,31
20.doc	10914304	0,23	0,23	0,34	0,34	0,34	0,32	0,34	0,34	0,26	0,24

Рис. 6. - Результаты расчета коэффициентов сжатия (для эксперимента)

На рис. 7 показаны результаты расчета абсолютных погрешностей коэффициентов сжатия.

Анализ эффективности сжатия данных

Сводная таблица Кодирование Хаффмана

Расчет Эксперимент: расчет коэффициентов сжатия Эксперимент: погрешность коэф. сжатия

Файл	Размер файл	RAR	7z	zip	ARJ	UC2	GZ	LZH	TGZ	RK	SAB
1.txt	756631	0,01	0,07	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14	0,14	0,1	0,07
2.txt	1002422	0,02	0,07	0,13	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,09	0,07
3.txt	252885	0	0,02	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,03	0,03
4.txt	25563844	0,08	0,1	0,22	0,23	0,22	0,21	0,23	0,23	0,16	0,13
5.txt	3904728	0,07	0,09	0,2	0,21	0,2	0,19	0,2	0,21	0,15	0,12
6.TXT	7184945	0	0,04	0,14	0,15	0,14	0,13	0,14	0,15	0,1	0,05
7.txt	1077855	0,05	0,09	0,15	0,16	0,16	0,14	0,15	0,16	0,11	0,1
8.txt	2791203	0,03	0,07	0,16	0,17	0,16	0,15	0,16	0,17	0,12	0,08
9.txt	1666784	0,08	0,13	0,22	0,23	0,22	0,2	0,22	0,22	0,16	0,13
10.txt	868410	0,04	0,1	0,16	0,17	0,17	0,15	0,16	0,17	0,12	0,1
11.txt	5232330	0,06	0,1	0,23	0,24	0,23	0,22	0,23	0,24	0,16	0,12
12.txt	872273	0,01	0,04	0,11	0,12	0,11	0,09	0,11	0,11	0,07	0,05
13.TXT	850723	0,06	0,12	0,19	0,2	0,19	0,17	0,19	0,2	0,15	0,12
14.txt	18976180	0,07	0,09	0,25	0,25	0,24	0,23	0,24	0,25	0,16	0,12
15.txt	737846	0,08	0,14	0,2	0,21	0,21	0,19	0,21	0,21	0,15	0,14
16.TXT	4064879	0,03	0,09	0,18	0,19	0,18	0,17	0,18	0,19	0,13	0,09
17.TXT	2852616	0,01	0,06	0,16	0,17	0,16	0,15	0,16	0,17	0,12	0,07
18.txt	2551869	0,05	0,11	0,2	0,21	0,2	0,18	0,2	0,21	0,15	0,11
19.txt	8399374	0,02	0,06	0,16	0,17	0,16	0,15	0,17	0,17	0,12	0,07
20.doc	10914304	0,12	0,12	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,09	0,11

Рис. 7. - Результаты расчета абсолютных погрешностей коэффициентов сжатия (для эксперимента)

Рассчитанные абсолютные погрешности крайне малы – меньше 0,3, это означает, что рассчитанные до сжатия избыточность и коэффициент сжатия соответствуют экспериментальным значениям.

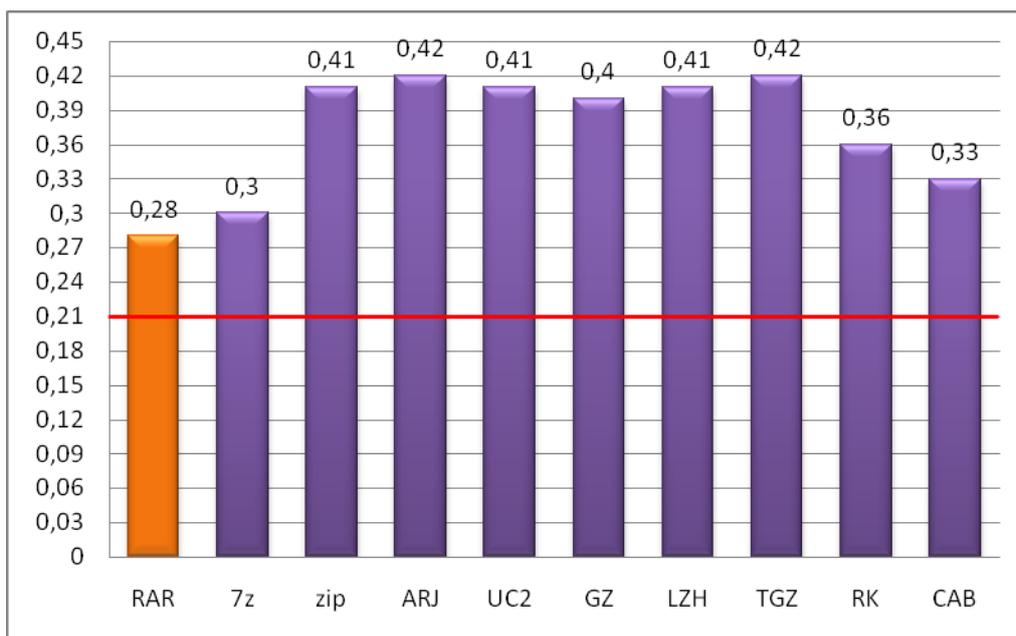


Рис. 8. - Диаграмма коэффициентов сжатия для файла «5.txt»

На примере файла «5.txt» построена диаграмма коэффициентов сжатия по всем архиваторам (рис. 8) для визуального представления. Красной линией показано расчетное значение коэффициента сжатия (из рис. 4).

### Вывод

Таким образом, разработанная программа позволяет сжимать выбранные пользователем файлы выбранными архиваторами с выводом таблиц исходных и сжатых размеров файлов, а также проводить анализ эффективности сжатия.

Из проведенных экспериментов, видно, что расчетное значение коэффициента сжатия по алгоритму Хаффмана незначительно от коэффициента – после сжатия файлов различными архиваторами. На основании этого можно сделать вывод о нецелесообразности сжатия, при условии незначительного отличия размеров начального файла и полученного из него конечного архива.

## Литература

1. Петрянин Д.Л. Анализ систем защиты информации в базах данных / Петрянин Д.Л., Горячев Н.В., Юрков Н.К. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. С. 115-121.
  2. Diniz P. Adaptive filtering: algorithms and practical implementation / P. Diniz – 3rd ed. – USA, New York City: Springer Publishing, 2008. – 656 p.
  3. Crochiere R.E., Rabiner L.R. Multirate digital signal processing / R.E. Crochiere, L.R. Rabiner. – USA, New Jersey, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1983. – 411 p.
  4. Haykin S. Adaptive filter theory / S. Haykin. – USA, New Jersey, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2001. – 936 p.
  5. Метод Хаффмана и родственные методы // Сайт по методам сжатия данных, изображений и видео URL: [www.compression.ru/arctest/descript/huffmans.htm](http://www.compression.ru/arctest/descript/huffmans.htm) (дата обращения 20.12.2014).
  6. Линович А.Ю. Применение метода максимума энтропии к спектральному оцениванию в системах с многоскоростной обработкой сигналов // 15-я международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение»: труды, Т.1. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2013. С. 96 – 100.
  7. Левитин А.В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ — М.: Вильямс, 2006. С. 392-398.
  8. Линович А.Ю. Динамический выбор порядка в многоскоростном адаптивном фильтре // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4 URL: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2002](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2002) (дата обращения 20.12.2014).
  9. Линович А.Ю. Методы многоскоростной обработки сигналов в сетях распределённых датчиков сбора информации // «Инженерный вестник Дона»,
-



2014, №2 URL: [www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2370](http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2370) (дата обращения 20.12.2014).

10. Описание текстового формат TXT // Электронные книги для чтения URL: [leeet.net/info\\_txt.php](http://leeet.net/info_txt.php) (дата обращения 20.12.2014).

11. Внутренний формат документов MS WORD // Underground Information Center – Компьютерная безопасность URL: [uinc.ru/articles/39/](http://uinc.ru/articles/39/) (дата обращения 20.12.2014).

### References

1. Petrjanin D.L. Analiz sistem zashhity informacii v bazah dannyh. Petrjanin D.L., Gorjachev N.V., Jurkov N.K. Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo. 2013. T. 1. S. 115-121.

2. Diniz P. Adaptive filtering: algorithms and practical implementation. P. Diniz – 3rd ed. USA, New York City: Springer Publishing, 2008. 656 p.

3. Crochiere R.E., Rabiner L.R. Multirate digital signal processing. R.E. Crochiere, L.R. Rabiner. USA, New Jersey, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1983. 411 p.

4. Haykin S. Adaptive filter theory. S. Haykin. USA, New Jersey, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2001. 936 p.

5. Metod Haffmana i rodstvennye metody. Sajt po metodam szhatija dannyh, izobrazhenij i video URL: [www.compression.ru/arctest/descript/huffmans.htm](http://www.compression.ru/arctest/descript/huffmans.htm) (дата обращения 20.12.2014).

6. Linovich A.Ju. Primenenie metoda maksimuma jentropii k spektral'nomu ocenivaniju v sistemah s mnogoskorostnoj obrabotkoj signalov. 15-ja mezhdunarodnaja konferencija «Cifrovaja obrabotka signalov i ejo primenenie»: trudy, T.1. M.: RNTORJeS im. A.S. Popova, 2013. S. 96 – 100.

7. Levitin A.V. Algoritmy: vvedenie v razrabotku i analiz. M.: Vil'jams, 2006. S. 392-398.



8. Linovich A.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2002](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2002) (data obrashhenija 20.12.2014).

9. Linovich A.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2 URL: [www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2370](http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2370) (data obrashhenija 20.12.2014).

10. Opisanie tekstovogo format TXT. Jelektronnye knigi dlja chtenija URL: [leet.net/info\\_txt.php](http://leet.net/info_txt.php) (data obrashhenija 20.12.2014).

11. Vnutrennij format dokumentov MS WORD. Underground Information Center – Komp'juternaja bezopasnost' URL: [uinc.ru/articles/39/](http://uinc.ru/articles/39/) (data obrashhenija 20.12.2014).