
Spis treści

1. Wprowadzenie	17
1.1. Potrzeba kompresji	19
1.1.1. Świat informacji cyfrowej	19
1.1.2. Rola kompresji	20
1.2. Ogólna charakterystyka danych	20
1.2.1. Ciągi danych (jednowymiarowe)	20
1.2.2. Obrazy	21
1.2.3. Dane złożone	27
1.3. Podstawowe pojęcia	28
1.3.1. Kompresja danych	28
1.3.2. Efektywność kompresji	29
1.4. Paradygmaty kompresji	30
1.4.1. Kompresja bezstratna	30
1.4.2. Kompresja stratna	34
1.5. Krótka historia rozwoju metod kompresji	35
1.6. Kilka uwag dotyczących praktycznej realizacji algorytmów kompresji	37
1.6.1. Własny koder od początku	38
1.6.2. Wykorzystanie użytecznych narzędzi i bibliotek	41
2. Teoretyczne podstawy kodowania	43
2.1. Podstawy teorii informacji	44
2.1.1. Modelowanie źródeł informacji	46
2.1.2. Miary ilości informacji	50
2.1.3. Podstawowe twierdzenia i zasady kodowania	52
2.1.4. Pojęcie nadmiarowości	61
2.2. Wybrane przykłady metod kodowania	64
2.2.1. Kod dwójkowy stałej długości	64
2.2.2. Kodowanie długości sekwencji (serii)	65
2.2.3. Kod Shannona	67
2.2.4. Transformacja Burrows-Wheelera	68
2.2.5. Kodery na bazie FSM	71
3. Kodowanie Huffmana	75
3.1. Efektywny kod symboli	76
3.1.1. Metoda Shannona-Fano	76
3.1.2. Rozwiązanie optymalne: metoda Huffmana	80
3.2. Realizacja kodu Huffmana	84
3.2.1. Koder adaptacyjny – koncepcja	84

3.2.2.	Koder adaptacyjny – wybrane problemy implementacji	88
3.2.3.	Znormalizowany koder statyczny	93
3.3.	Kod Golomba	97
3.3.1.	Kod dwójkowy prawie stałej długości	97
3.3.2.	Kod unarny	99
3.3.3.	Elementarny kod Golomba	101
3.3.4.	Charakterystyka kodu Golomba	103
3.3.5.	Kody przedziałowe	111
3.4.	Podsumowanie	112
4.	Kodowanie arytmetyczne	113
4.1.	Pomysł metody	114
4.1.1.	Ograniczenia optymalnego kodu symboli	114
4.1.2.	Prawdopodobieństwo wystąpienia całej kodowanej sekwencji danych	115
4.1.3.	Koncepcja kodu arytmetycznego	116
4.1.4.	Kodowanie	117
4.1.5.	Dekodowanie	118
4.1.6.	Efektywność	118
4.1.7.	Wykorzystanie modelu źródła z pamięcią	119
4.1.8.	Historia pomysłu	119
4.2.	Algorytmy kodera i dekodera	119
4.3.	Praktyczna realizacja w arytmetyce całkowitoliczbowej	123
4.3.1.	Granice przedziału kodowego	123
4.3.2.	Niedomiar	124
4.3.3.	Algorytmy	124
4.3.4.	Przykładowe procedury	128
4.4.	Modelowanie statystyczne	131
4.4.1.	Algorytm statyczny	131
4.4.2.	Algorytm adaptacyjny (dynamiczny)	131
4.4.3.	Modele Markowa	132
4.4.4.	Dynamiczne konteksty i alfabety	136
4.4.5.	PPM	136
4.4.6.	CTW	138
4.5.	Koder binarny	142
4.5.1.	Algorytm podstawowy	143
4.5.2.	Implementacja	144
4.5.3.	Szybki BAC	150
4.5.4.	Wybrane realizacje	151
5.	Kodowanie słownikowe	155
5.1.	Istota metody	156
5.2.	Koncepcje słownika	157
5.2.1.	Styczna	157
5.2.2.	Dynamiczna	157
5.3.	Metoda LZ77 (słownik jako okno przesuwne)	158
5.3.1.	Ograniczenia efektywności	160
5.3.2.	Modyfikacja LZSS	161
5.4.	Metoda LZ78 (nieograniczony słownik zewnętrzny)	162
5.4.1.	Ograniczenia efektywności	164
5.4.2.	Modyfikacja LZW	166
5.5.	Efektywne implementacje metod słownikowych	170

5.5.1.	Entropijne kodowanie indeksów	171
5.5.2.	Metody wykorzystujące koncepcję LZ77	171
5.5.3.	Metody wykorzystujące koncepcję LZ78	173
5.5.4.	Testy efektywności	173
6.	Metody predykcyjne	175
6.1.	Zagadnienie predykcji danych	176
6.1.1.	Przewidywanie jest cechą modelowania	176
6.1.2.	Predykcja ze statystycznym modelem prawdopodobieństw warunkowych	177
6.1.3.	Predykcja z funkcją zależności danych	178
6.2.	Liniowa predykcja DPCM	181
6.2.1.	Dobieranie modelu predykcji	182
6.3.	Adaptacyjne modele predykcji	188
6.3.1.	Adaptacja w przód	189
6.3.2.	Adaptacja wstecz	190
6.4.	Predykcja w koderach obrazów	192
6.4.1.	Bezstratny JPEG	192
6.4.2.	PNG	193
6.4.3.	Nieliniowy model predykcji MED/MAP	194
6.4.4.	Model predykcji z gradientem GAP	195
6.4.5.	Inne modele predykcji	195
6.4.6.	Doskonalenie modeli adaptacyjnych	196
7.	Wybrane metody bezstratnej kompresji obrazów	197
7.1.	Przeglądanie danych	198
7.1.1.	Przykładowe metody porządkowania pikseli	198
7.1.2.	Krzywa Hilberta	200
7.1.3.	Kodowanie uporządkowanych pikseli	202
7.1.4.	Skanowanie progresywne	204
7.2.	Metody predykcyjne	207
7.2.1.	Uprozczone modele predykcji	208
7.2.2.	Ocena efektywności predykcji	210
7.2.3.	Metody interpolacyjne	212
7.3.	Dwuwymiarowe modele statystyczne źródeł informacji	214
7.3.1.	Modelowanie kontekstu	215
7.3.2.	PPPM	217
7.3.3.	Efektywny koder obrazów	218
7.4.	Charakterystyka standardu JPEG-LS	218
7.4.1.	Kodowanie sekwencji próbek identycznych	219
7.4.2.	Nieliniowa predykcja w JPEG-LS	219
7.4.3.	Modelowanie kontekstu w JPEG-LS	220
7.4.4.	Binarne kodowanie błędu predykcji	221
7.5.	Opis metody CALIC	222
7.5.1.	Predykcja heurystyczna	222
7.5.2.	Optymalizacja kontekstu modelu statystycznego	225
7.5.3.	Algorytm kompresji	228
7.6.	Metody falkowe	229
7.6.1.	Falkowa dekompozycja obrazów	230
7.6.2.	Transformacje całkowitoliczbowe	230
7.6.3.	Realizacje za pomocą <i>liftingu</i>	235
7.6.4.	Algorytm kompresji	237

7.7.	Binarne kodowanie obrazów	239
7.7.1.	Obrazy czarno-białe	239
7.7.2.	Obrazy wielopoziomowe	240
7.7.3.	Standard JBIG	241
7.8.	Testy efektywności bezstratnych metod kompresji obrazów	241
7.9.	Bezstratna kompresja sekwencji obrazów	246
7.10.	Metody hybrydowe (złożone)	249
7.10.1.	Standard JBIG2	249
7.10.2.	CREW	249
7.10.3.	Format DjVu	250
7.11.	Rzecz idzie o szybkość i funkcjonalność, czyli podsumowanie	251