

## MODEL TEKSTOWY DANYCH GRAFICZNYCH I MOŻLIWOŚCI JEGO ZASTOSOWANIA W FOTOGRAMETRII CYFROWEJ

Aleksander Żarnowski  
Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Proszczyńskiego, 1, p. 104 10-719, Olsztyn  
Aleksander.Zarnowski@uwm.edu.pl

### 1. Wprowadzenie

Grafika rastrowa, według „Słownika Encyklopedycznego — Informatyka”, jest rodzajem grafiki komputerowej, a obraz jest złożony z wielu małych, jednokolorowych punktów (pikseli), ułożonych w wierszach i kolumnach. W fotogrametrii cyfrowej wykorzystuje się obrazy rastrowe, które nazywamy obrazami cyfrowymi. Wykorzystanie obrazów cyfrowych w nowoczesnych technologiach informatycznych jest jednym z głównych kierunków udoskonalania procesów opracowywania geoinformacji w aplikacjach geodezyjnych, fotogrametrycznych oraz kartograficznych. Konieczność dalszego zwiększenia możliwości zastosowania geoinformacji obrazowej i opracowania nowych technologii z jej wykorzystywaniem uzasadnia opracowanie nowego modelu geoinformacji obrazowej, który może być efektywnie wykorzystywany podobnie jak wcześniejsze modele wektorowy i rastrowy.

Przy opracowywaniu modelu tekstowego wykorzystywano obrazy cyfrowe, które mają cechy, opisane przez Rozenfelda (Rozenfeld 1969). Teoria języków formalnych jest ściśle związana z pracami Noama Homskiego (Horn, Minsky i in. 1975) dotyczącymi opracowania modeli matematycznych gramatyk języków naturalnych. Autor wykorzystał elementy teorii języków formalnych (Tou, Gonzalez 1974) do opracowania metodyki konwersji obrazów cyfrowych do postaci tekstowej.

### 2. Model tekstowy geoinformacji obrazowej

Do konwersji obrazu cyfrowego na obraz tekstowy wykorzystano gramatykę bezkontekstową (context-free grammar) (Płowski 1999). Gramatykę dla celów konwersji obrazu cyfrowego do postaci obrazu tekstowego określimy jako:

$$G = ((V), V', P, S_0) \quad (1)$$

gdzie:

$(V)$  — alfabet podstawowy;

$V'$  — alfabet pomocniczy: obraz cyfrowy oraz symbole specjalne;

$P$  — lista produkcji (reguła podstawiana);

$S_0$  — symbol początkowy.

Język, określony gramatyką  $G$ , oznacza się jako  $L(G)$ . Niech  $(V)$  będzie alfabetem, który można wygenerować np. z symboli dowolnej tablicy kodowej. Można przyjąć wymiar tablicy  $K$  równy 8, 16, 28, 32, 64, 128, 256 symboli i na jej podstawie określić zestaw symboli alfabetu i jego wymiar  $k$ . W przypadku ogólnym  $k \neq K$ .

W konwersji obrazów i przy analizach obiektów na obrazach tekstowych literą  $(a)$  jest dowolny symbol alfabetu  $(V)$ :

$$(a) \in (V) \quad (2)$$



Wprowadzimy sześć dodatkowych symboli specjalnych  $s^*$ :

- $\emptyset$  — oznaczenie słowa pustego,
- $\&$  — koniec słowa,
- $\Xi$  — koniec zdania,
- $\square$  — identyfikator obrazu czarno-białego z dwoma poziomami jasności spektralnej,
- $\Upsilon$  — identyfikator obrazu czarno-białego panchromatycznego z 256 poziomami jasności spektralnej,
- $\otimes$  — identyfikator obrazu barwnego panchromatycznego w standardzie RGB.

Na podstawie reguł podstawiania, z symboli alfabetu mogą być stworzone słowa:

$$S = \{s_l \mid l \in U\} \quad (3)$$

gdzie:

- $S$  — słowo,
- $S_l$  —  $l$ -ty symbol alfabetu,
- $U$  — zbiór indeksowy:  $U = \{l \mid l = 1, 2, 3, \dots, k\}$ ;
- $k$  — wymiar alfabetu.

Określmy ZA-gramatykę  $(G^1)$  nad  $V^*$  i  $(V)$  w celu konwersji czarno-białych obrazów cyfrowych do postaci tekstowej. Niech będzie zadany obraz cyfrowy  $C$  o rozmiarach:

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, \dots, n \\ j &= 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

gdzie:

- $n$  — liczba wierszy w rastrze,
- $m$  — liczba pikseli w wierszu rastra.

Wymiar alfabetu podstawowego  $k$  ustalimy jako równy lub mniejszy od  $m$ :  $k \leq m$ .

**Definicja 1.** Jeżeli jest spełniony warunek 2 oraz  $S \neq S_\emptyset$ , to  $S$  jest słowem w  $L(G^1)$ , w przeciwnym razie  $S = \emptyset$  i język będzie pusty.

**Definicja 2.** Dla pierwszego wiersza rastra jako znaczenie początkowe słowa  $S$  przyjmujemy identyfikator transformowanego obrazu cyfrowego i słowo puste. Na przykład, dla obrazu cyfrowego pokazanego na rys. 1a:

$$S = \square \emptyset \quad (4)$$

**Definicja 3.** Określmy regułę podstawiania  $P$  (regułę formatowania słowa) jako funkcję, która dla każdej części wiersza rastra, długości równej długości wymiaru alfabetu, konsekwentnie formatuje słowo z symboli alfabetu. Numery bieżące symboli są równe indeksom pikseli o kolorze różniącym się od koloru tła:

$$S \Rightarrow S + s_j = \begin{cases} s_j \Leftarrow (C^* \neq C_F) \\ \text{Null} \Leftarrow (C^* = C_F) \end{cases} \quad (5)$$

gdzie:

- $S$  — słowo wygenerowane z  $i$ -ego wierszu obrazu cyfrowego;
- $C^* = \{C_{i,j} \mid j \in U\}$ ;
- $\text{Null}$  — operacja pusta;
- $i = 1, 2, \dots, n$ ;
- $j = 1, 2, \dots, k$ .

Gdy  $k = m$ , zdanie będzie się składać tylko z jednego słowa, a liczba zdań w tekście będzie równa liczbie wierszy obrazu cyfrowego  $n$ . Jeżeli wymiar alfabetu  $k \leq m$ , to z jednego wiersza rastra może być zbudowane zdanie z  $t$  słów, gdzie:

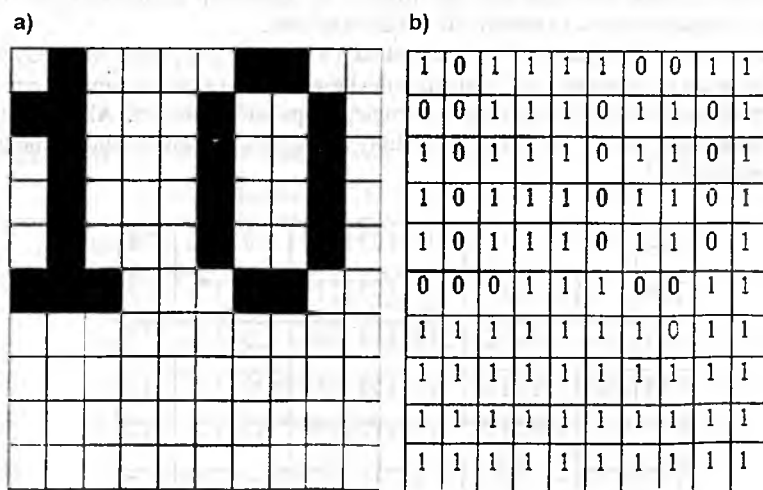
$$t = \text{int}((m-k)/k) + 1 \quad (6)$$

Można udowodnić, że język zbudowany na podstawie ZA-gramatyki zalicza się do klasy języków obrazów określonych przez Rozenfelda (Rozenfeld 1969). Opracowany język charakteryzuje się:

- wykorzystywaniem obrazu rastrowego jako alfabetu pomocniczego do formatowania słów i zdań,
- sformułowaniem pewnego jednoznacznego opisu obrazu,
- możliwością wizualizacji z określoną dokładnością obrazu cyfrowego na podstawie modelu tekstowego,
- różnorodnością przedstawienia sposobu budowy obrazu z części,
- ściśle określoną metodą przetworzenia obrazu tekstowego na cele wizualizacji.

Opracowanie ZA-gramatyki jest teoretyczną podstawą dla opracowania specjalnego języka zapisywania informacji graficznej w postaci tekstu.

Niech będzie zadany czarno-biały obraz cyfrowy (rys. 1a), gdzie: białemu kolorowi odpowiada poziom szarości — jedynka, a czarnemu, odpowiednio, zero (rys. 1b). Kolor tła może być wybrany dowolnie. Jako kolor tła wybierzemy biały:  $c_T = 1$ .

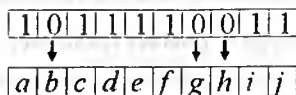


Rys. 1. Cyfrowy obraz czarno-biały w postaci: a — obrazu, b — macierzy

Dla obrazu cyfrowego pokazanego na rys. 1 określimy alfabet:

$$(V) = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j\} \quad (7)$$

i zbudujemy zdanie dla pierwszego wiersza rastra, zgodne z definicjami 1-3, które będzie łączyć, oczywiście, tylko jedno słowo.



$S \Rightarrow \square \emptyset$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \square b$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \square bg$   
 $\Rightarrow \square bgh$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \text{Null}$   
 $\Rightarrow \square bgh\&$   
 $\Rightarrow \square bgh\&\Xi$

Rys. 2. Schemat formatowania zdania

Odpowiednio, obraz cyfrowy pokazany na rys. 1 będzie zapisany w postaci tekstowej jako

$\square bgh\&\Xi abfi\&\Xi bfi\&\Xi bfi\&\Xi bfi\&\Xi abcgh\&\Xi \emptyset\&\Xi \emptyset\&\Xi \emptyset\&\Xi \emptyset\&\Xi$  (8)

ZA-gramatyka może być wykorzystana również do konwersji czarno-białych i barwnych panchromatycznych obrazów cyfrowych w obrazy tekstowe.

Wykorzystywanie ZA-gramatyki do czarno-białych obrazów jest przydatne, kiedy wykonuje się analizę geometryczną obiektów. Do analizy obiektów w celu rozpoznawania interpretacyjnego lub obrazowego potrzebna jest gramatyka drugiego typu, którą nazwano AZ-gramatyką ( $G^2$ ). Dla pokazanego niżej obrazu cyfrowego określimy alfabet, na podstawie tablicy kodowej Windows z numerem 1052.

102	108	114	121	108	108	109	110	112	108
106	101	114	97	99	109	110	108	121	122
108	104	110	98	100	119	104	120	121	121
110	106	102	122	121	108	119	120	117	115
112	107	109	122	116	110	120	119	115	114
111	110	110	115	116	116	120	120	118	117

Rys. 3. Czarno-biały obraz panchromatyczny

Obraz cyfrowy pokazany na rysunku 3 będzie zapisany z wykorzystaniem AZ-gramatyki ( $G^2$ ), w postaci obrazu tekstowego jako:

$Y\emptyset f\text{ryllmnp}\&\Xi \text{jeracmnyz}\&\Xi \text{lnbdwhxy}\&\Xi \text{njfzylwxus}\&\Xi \text{pkmztnxwqr}\&\Xi \text{onnstxxvu}\&\Xi$  (9)

### 3. Format .bmt pliku graficznego w postaci tekstowej

W tabeli 1 opisano strukturę formatu graficznego pliku rastrowego (BMP-format).

Tabela 1. Format .bmp graficznego pliku rastrowego

Adres stosunkowy	Struktura	Długość w bajtach
0x00	BITMAPFILEHEADER bmfh	14
0x0E	BITMAPINFOHEADER bmih	40
0x36	RGBQUAD aColors[ ]	zmienna
	BYTE aBitMapBits[ ]	zmienna

Struktura BITMAPINFO łączy w sobie dwa elementy BMP-pliku:

- strukturę nagłówkową (*headline*) — BITMAPINFOHEADER,
- rekord wartości kolorów — RGBQUAD.

Format graficznego pliku rastrowego w postaci tekstowej nazwiemy **.bmt**. Określmy zmiany w formacie .bmp przy dostosowaniu go do formatu .bmt. Struktura RGBQUAD w formacie .bmp nie jest potrzebna i będzie zamieniona na strukturę ABC o zmiennej długości. W strukturze ABC będzie zapisany alfabet wykorzystywany do konwersji obrazu cyfrowego w obraz tekstowy. Zapis format pliku .bmt przedstawia tab. 2.

Tabela 2. Format .bmt graficznego pliku tekstowego

Adres stosunkowy	Struktura	Długość w bajtach
0x00	BITMAPFILEHEADER bmfh	14
0x0E	BITMAPINFOHEADER bmih	40
0x36	ABC aABC[ ]	zmienna
	BYTE aBitMapBits[ ]	zmienna

Strukturę BITMAPFILEHEADER dla formatu .bmp i formatu .bmt pokazano w tabelach 3 i 4.

Tabela 3. Struktura BITMAPFILEHEADER (format .bmp)

Zmienna	Długość w bajtach	Specyfikacja
bftype	2	powinno być dwa ASCII-symbole: "B" i "M"
bfsz	4	rozmiar pliku w bajtach, tak jak pokazano w odpowiednim elemencie katalogu dysku
bfReserved1	2	nie udokumentowano i nie wykorzystuje się; powinno być zero
bfReserved2	2	nie udokumentowano i nie wykorzystuje się; powinno być zero
bfOffBits	4	pokazuje położenie zapisu aBitMapBits w pliku

Tabela 4. Struktura BITMAPFILEHEADER (format .bmt)

Zmienna	Długość w bajtach	Specyfikacja
bftype	2	powinno być dwa ASCII-symbole: "B" i "M"
bfsz	4	rozmiar pliku w bajtach, tak jak pokazano w odpowiednim elemencie katalogu dysku
bfLabelText	2	powinno być dwa ASCII-symbole: "R" i "T", co oznacza plik w postaci tekstowej
bfSzABC	2	rozmiar alfabetu, zapisanego w rekordzie ABC struktury BIT-MAPINFO
bfOffBits	4	pokazuje położenie zapisu aBitMapBits w pliku

Struktura BITMAPINFOHEADER opisuje obraz cyfrowy, zapisany jako plik formatu .bmp. Zwykle stosuje się ją do różnego rodzaju opracowań z wykorzystaniem obrazu, dekompresji i kompresji obrazu. Przy zapisywaniu obrazu tekstowego w formacie .bmt struktura BITMAPINFOHEADER nie wymaga zmian. Zmiany dotyczą interpretacji wykorzystywania niektórych zmiennych tej struktury:

1. Zmienna biSize, która określa rozmiar struktury BITMAPINFOHEADER w bajtach, powinna być wykorzystywana do pozyskiwania pierwszego symbolu alfabetu rekordu ABC struktury BITMAPINFO.
2. Zmienna biCompression jest wskaźnikiem kompresji pliku i jej sposobu. Można przyjąć następujące wartości zmiennej biCompression:
  - BI\_ABC dla nie skompresowanego tekstu,
  - BI\_GSK przy kodowaniu grupowym symboli,
  - BI\_MAB przy kodowaniu z wykorzystaniem metaalfabetu.

### Podsumowanie i wnioski

Badania przedstawione w artykule koncentrowały się na poszukiwaniu metod i technologii, które mogłyby zwiększyć ekonomiczno-techniczną efektywność prac i zautomatyzować pracochłonne procesy przy wykonywaniu następujących zadań:

- rozpoznawaniu zmian przebiegu granic obiektów na podstawie istniejących map i obrazów cyfrowych przy aktualizacji map topograficznych, katastralnych oraz tematycznych;
- opracowaniach fotointerpretacyjnych
- analiz geometrycznych cech obiektów i relacji między nimi bez konieczności wykonania wektoryzacji.

Na podstawie wykonanych badań opracowano gramatyki bezkontekstowe umożliwiające powstanie nowego modelu danych przestrzennych i zdefiniowanie specjalnego języka do konwersji obrazów cyfrowych na obrazy tekstowe.

Nowym ujęciem w stosunku do wcześniej opracowanych metod analizy obrazów jest założenie, że uzyskany obraz tekstowy jest siecią semantyczną, podobnie jak dowolny uporządkowany zbiór, wygenerowany na podstawie określonego alfabetu i danej gramatyki. Oznacza to, że do analizy obiektów zarejestrowanych na obrazach cyfrowych mogą być wykorzystane metody lingwistyki matematycznej: analizy semantyczne, leksykograficzne i leksykologiczne.

### Streszczenie

W wyniku badań prowadzonych w latach 60-90 XX wieku opracowano rastrowy i wektorowy model danych graficznych, które najczęściej są wykorzystywane w grafice komputerowej, kartografii, fotogrametrii cyfrowej oraz SIP. Wady i zalety każdego z tych modeli są znane i opisane w wielu publikacjach, również jako możliwości ich wykorzystywania w technologiach cyfrowych zastosowanych w kartografii, SIP i fotogrametrii.

Analizując nowoczesne technologie cyfrowe w geodezji, kartografii, fotogrametrii i SIP można stwierdzić, że procesy pozyskiwania, zapisywania, przechowywania, transferu, analiz i wykorzystania danych graficznych są nadal skomplikowane i pracochłonne.

W artykule opisano wyniki badań prowadzonych przez autora, które dotyczą:

- modelu tekstowego obrazu graficznego,
- formatu zapisywania obrazu tekstowego.

**Słowa kluczowe:** fotogrametria cyfrowa, obraz cyfrowy, model tekstowy, alfabet, gramatyka, format

### Literatura

1. Horn B., Minsky M., Shirai Y, Waltz D., Winston P.H. ( ed.), 1975, *The Psychology of Computer Vision*. McCraw-Hill Book Company, New York
2. Płoski Z., 1999, *Słownik Encyklopedyczny — Informatyka*, Wydawnictwo Europa, ISBN 83-87977-16-0, Warszawa
3. Rozenfeld A., 1969, *Picture Processing by Computer*. Academic Press. New York-Londyn
4. Tou J.T., Gonzalez R.C., 1974, *Pattern Recognition Principles*. Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program Reading, Massachusetts

Recenzował: dr hab. inż. Jerzy Butowtt

## Bibliografia

- Chyba, J. (2014). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2015). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2016). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2017). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2018). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2019). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2020). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2021). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2022). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2023). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2024). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.
- Chyba, J. (2025). *Wprowadzenie do teorii literatury*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie.

Recenzował: dr hab. inż. Jerzy Janusz

Wojciech Chyba, 1990-2025

Wojciech Chyba

W ramach badań prowadzonych w latach 60-90 XX wieku, zrealizowano badania nad językiem literatury, w szczególności nad jego funkcjami w grafice i w dziedzinie publikacji, również jako możliwość ich wykorzystania.

Analizując nowoczesne technologie cyfrowe w dziedzinie kartografii...

W ramach badań prowadzonych w latach 60-90 XX wieku, zrealizowano badania nad językiem literatury, w szczególności nad jego funkcjami w grafice i w dziedzinie publikacji, również jako możliwość ich wykorzystania.

Analizując nowoczesne technologie cyfrowe w dziedzinie kartografii...

W ramach badań prowadzonych w latach 60-90 XX wieku, zrealizowano badania nad językiem literatury, w szczególności nad jego funkcjami w grafice i w dziedzinie publikacji, również jako możliwość ich wykorzystania.