

# Zastosowania obliczeń inteligentnych do wyszukiwania w obrazowych bazach danych

*Tatiana Jaworska*

[Jaworska@ibspan.waw.pl](mailto:Jaworska@ibspan.waw.pl)

[www.ibspan.waw.pl/~jaworska](http://www.ibspan.waw.pl/~jaworska)



# Istniejące systemy - Google

The image shows a Windows desktop environment with three windows open:

- Szukaj w Google - Mozilla Firefox:** A search for 'ja\_07\_2011.jpg' is displayed. The search results show a small thumbnail of a woman with short dark hair and glasses. The search parameters are: 'Rozmiar obrazu: 1152 x 1596' and 'Nie znaleziono innych rozmiarów tego obrazu.' Below the thumbnail, there are sections for 'Obrazy podobne wizualnie' and 'Zgłoś grafiki'. The left sidebar contains filters like 'Wszystko', 'Grafika', 'Mapy', 'Filmy', 'Wiadomości', 'Zakupy', and 'Więcej'. There are also sections for 'Wyszukiwanie obrazem' and 'Kiedykolwiek' with various time filters.
- ja\_07\_2011 - Przeglądarka fotografii systemu Windows:** A window displaying a large portrait of the same woman with short dark hair, wearing a black top and a necklace.
- Tati1204 - Przeglądarka fotografii systemu Windows:** A window displaying a large portrait of the same woman with short dark hair, wearing a light-colored top and a pearl necklace.

# Istniejące systemy - Google

The image shows a desktop environment with three windows. The leftmost window is a Mozilla Firefox browser displaying a Google search for 'Tati1204.jpg'. The search results show a single image of a woman with short dark hair and glasses, identified as Tatiana Jaworska. Below the main result is a section for 'Strony zawierające podobne obrazy' and a 'Wyszukiwanie obrazem' section with a grid of similar faces. The middle window is titled 'ja\_07\_2011 - Przeglądarka fotografii systemu Windows' and shows a large portrait of the same woman in a black top. The bottom window is titled 'Tati1204 - Przeglądarka fotografii systemu Windows' and shows a larger version of the same woman's portrait, but in a white top.

Szukaj w Google - Mozilla Firefox

Plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc

Garou - Firs... GONGO - e... Définition : ... Szukaj w G... Tatiana Jaw... +

images.google.com/search?tbs=sbi:AMhZZitFwHZ ☆ CBIR

+Ty Wyszukiwarka **Grafika** Wideo Mapy Wiadomości Gmail Więcej Zaloguj

Google Tati1204.jpg

Wyszukiwarka 1 wynik (0.97 s)

Wszystko

**Grafika**

Mapy

Filmy

Wiadomości

Zakupy

Więcej

**Wyszukiwanie obrazem**


Podobne wizualnie

Więcej rozmiarów

**Kiedykolwiek**


Ostatnia godzina

Strony zawierające podobne obrazy

 [Tatiana Jaworska](#)  
[www.ibspan.waw.pl/~jaworska/](http://www.ibspan.waw.pl/~jaworska/)  
Dr inż. Tatiana Jaworska Adiunkt. | Informacje ogólne | L Doświadczenie zawodowe | In English | | Materiały dyda strona WWW ...

145 × 193

[Obrazy podobne wizualnie](#) - Zgłoś grafiki



ja\_07\_2011 - Przeglądarka fotografii systemu Windows

Plik Drukuj Poczta e-mail Nagraj Otwórz

Tati1204 - Przeglądarka fotografii systemu Windows

Plik Drukuj Poczta e-mail Nagraj Otwórz

# Istniejące systemy - Google

Szukaj w Google - Mozilla Firefox

plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc

Garou Je vais t'aimer - ... GONGO - encyclopedi... L Définition : hype - Dict... Szukaj w Google

www.google.com/search?hl=pl&safe=active&sa=G&gbv=2&tbs=simg:CAESVhpUCxCo1NgEGgQIAA...

Ty Wyszukiwarka **Grafika** Wideo Mapy Wiadomości Gmail Więcej ▾

**Google**

**Wyszukiwarka** Około 199,000 wyników (0.32 s)

Wszystko **Podobne wizualnie**

**Grafika**

Mapy

Filmy

Wiadomości

Zakupy

Więcej

**Podobne wizualnie**

Więcej rozmiarów

**Wszystkie wyniki**

Według tematyki

**Dowolny rozmiar**

Duże

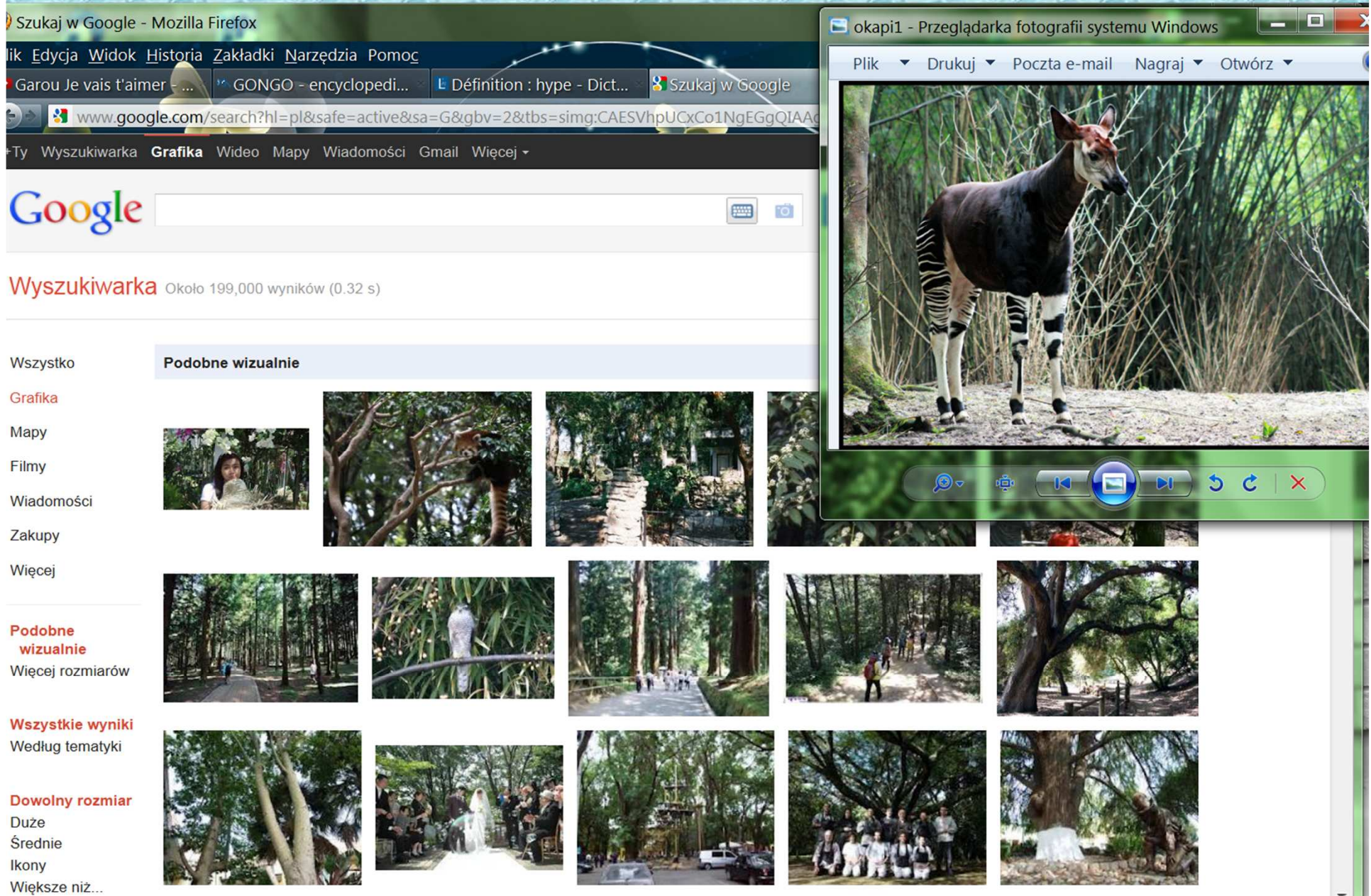
Średnie

Ikony

Większe niż...

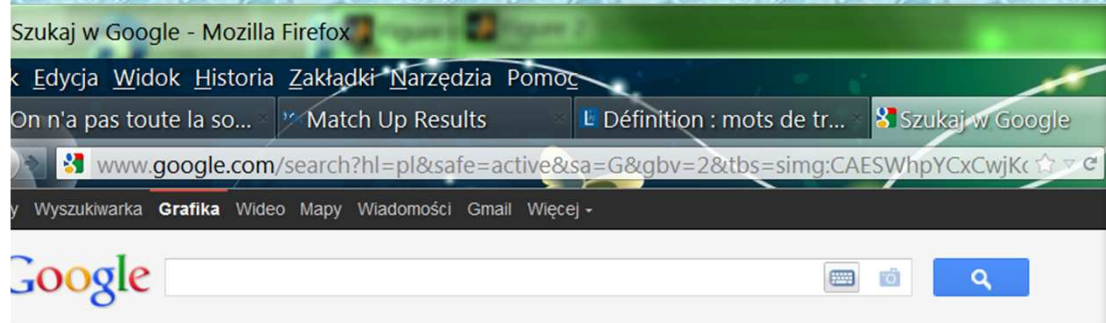
okapi1 - Przeglądarka fotografii systemu Windows

Plik ▾ Drukuj ▾ Poczta e-mail Nagraj ▾ Otwórz ▾



The image shows a screenshot of a Google search for 'okapi' in Polish. The search results page is displayed in a Mozilla Firefox browser window. The search results show approximately 199,000 results in 0.32 seconds. The 'Podobne wizualnie' (Visually similar) section is active, displaying a grid of images related to okapis. A photo viewer window titled 'okapi1 - Przeglądarka fotografii systemu Windows' is open, showing a close-up of an okapi standing in a forest. The photo viewer includes standard navigation controls like back, forward, and refresh buttons.

# Istniejące systemy - Google



Vyszukiwarka Około 816,000 wyników (0.51 s)

- /szystko
- rafika
- apy
- ilmy
- wiadomości
- akupy
- ięcej

## Podobne wizualnie

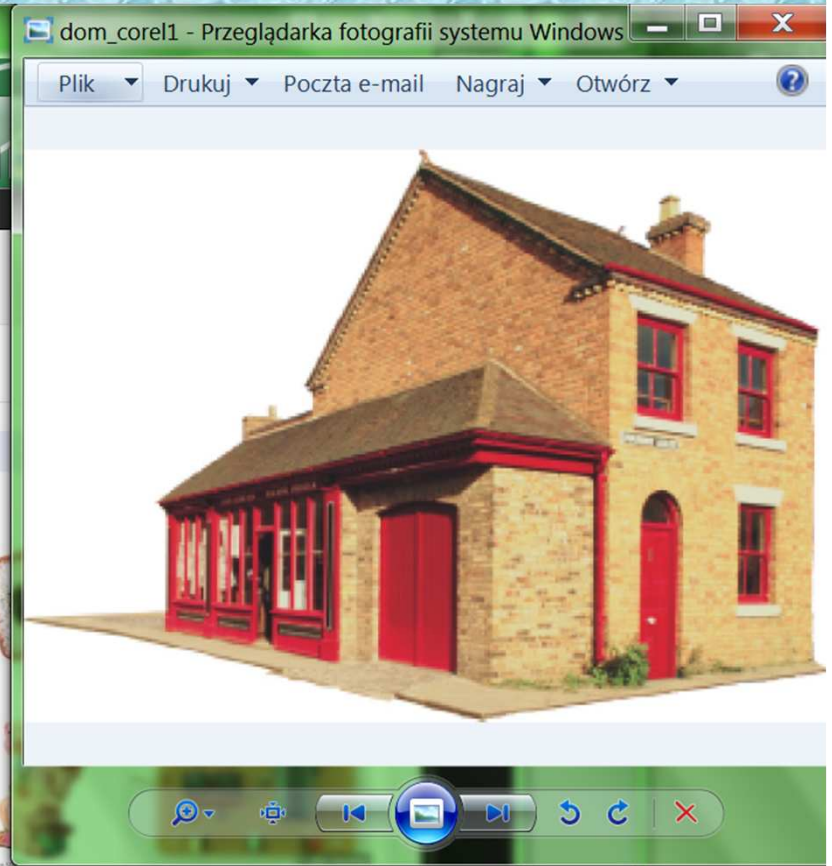


odobne wizualnie  
ięcej rozmiarów

/szystkie wyniki  
edług tematyki

owolny rozmiar  
uże  
rednie  
ony  
iększe niż...  
okładnie...

owolne kolory  
olorowe  
zarno-białe



rametry tekstury  
rawdź teksturę

azy wybranej warstwy

# Istniejące systemy – CIRES i FIDS


CIRES: Results - Mozilla Firefox

Plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc


extrait d'un c... Match Up Re... Définition : e... CIRES: Results shapiro, lind...

amazon.ece.utexas.edu/~qasim/cgi/process.cgi Malibu KIA dealer

### Query Image


















Feedback Image Set



Relevance feedback type: Cluster. Weights: Perceptual Grouping = 0.33, Color = 0.33, Texture = 0.33, L, A, B channels.  
For relevance feedback, please select the check boxes below each image, and then select the feedback type. Note that NS = "Not Sure".

### Retrieved Images

				
<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No
				
<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> NS <input checked="" type="radio"/> No
				

demo: Fids - Mozilla Firefox

Plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc

extrait d'... Match U... Définitio... demo: ... shapiro, l...

www.cs.washington.edu/research Malibu KIA dealer

### Fids demo



Put In Cart

Check Out


demo: Fids - Mozilla Firefox

Plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc

extrait d'... Match U... Définitio... demo: ... shapiro, l...

www.cs.washington.edu/research Malibu KIA dealer

### Fids demo



Put In Cart

Check Out

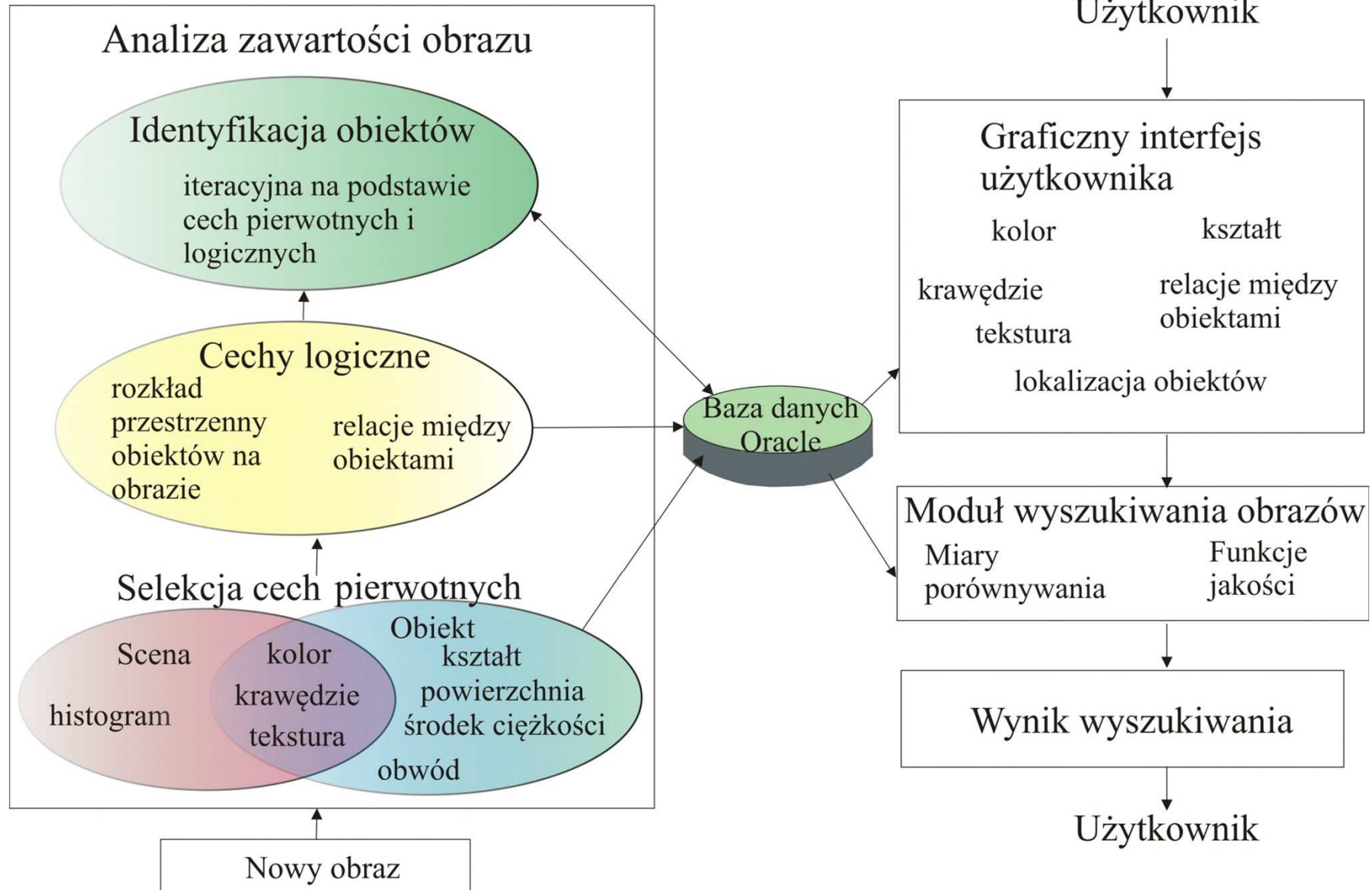
## Podstawowe pojęcia

- Content-Based Image Retrieval (CBIR) – obrazowa baza danych
  - moduł odpowiedzialny za przetwarzanie obrazu
  - baza danych
  - interfejs użytkownika GUI
  - silnik wyszukiwania

# Schemat ogólny obrazowej bazy danych

Przetwarzanie wsadowe

Przetwarzanie bezpośrednie



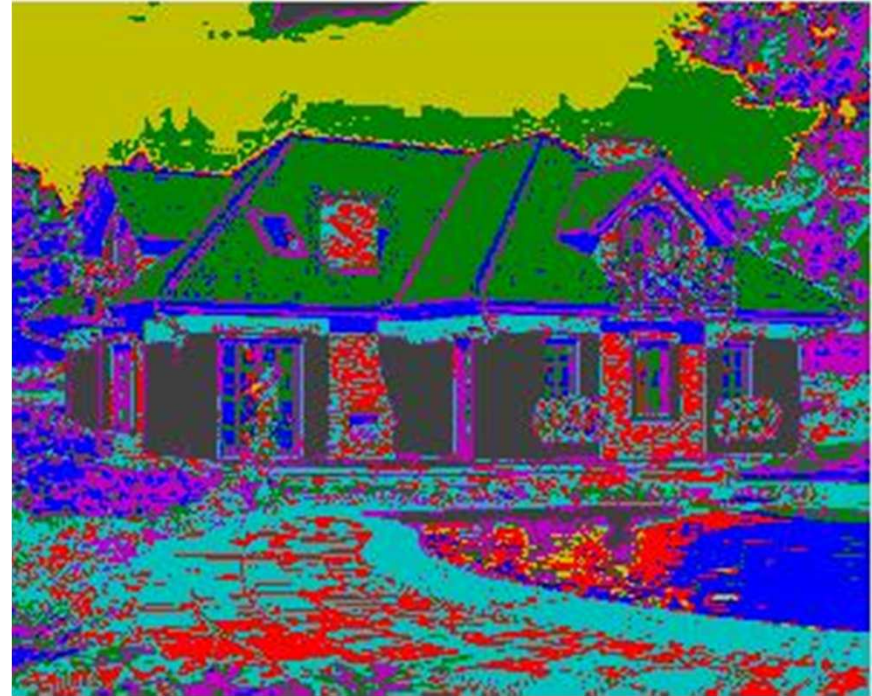


# Segmentacja obrazu metodą c-środków

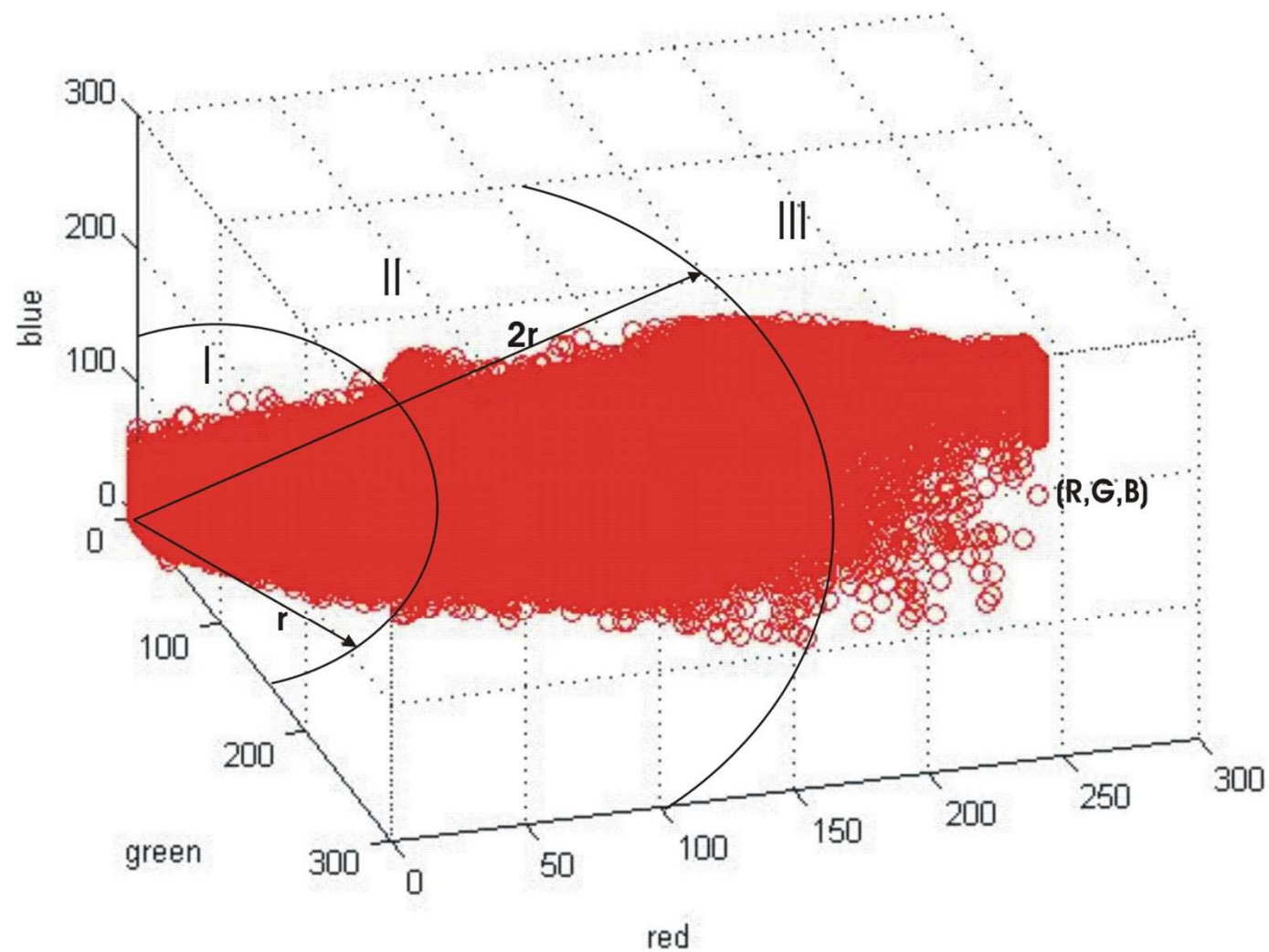


$C = 5$

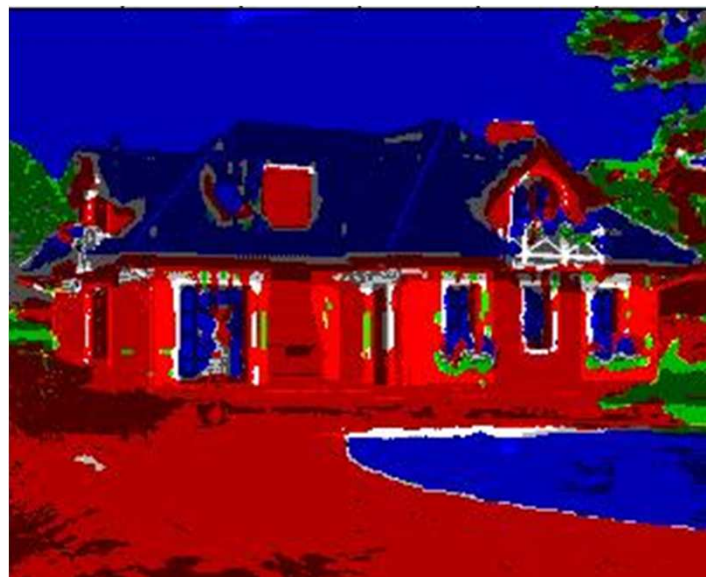
$C = 12$



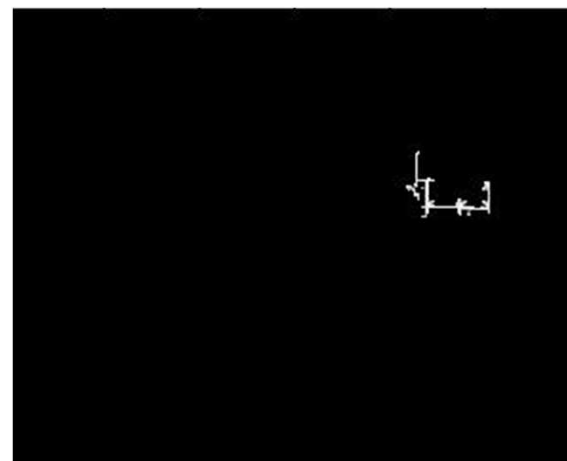
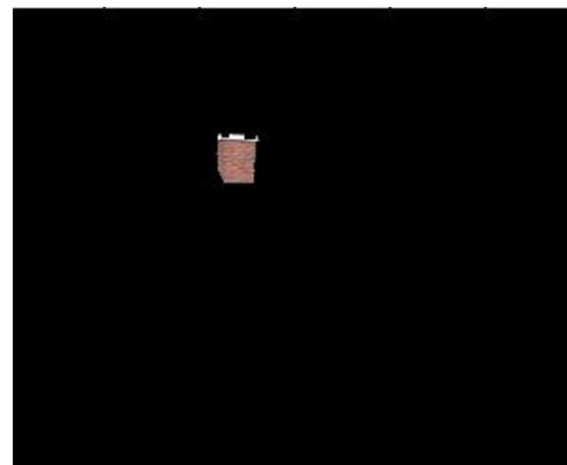
# Idea algorytmu opartego na kolorach



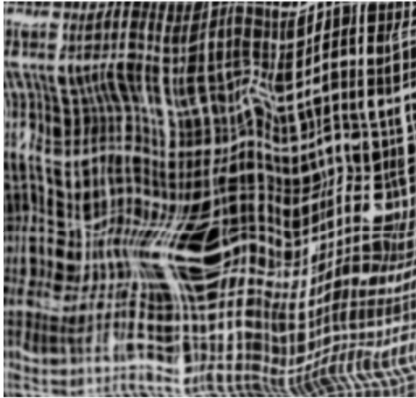
# Segmentacja obrazu oparta na kolorach



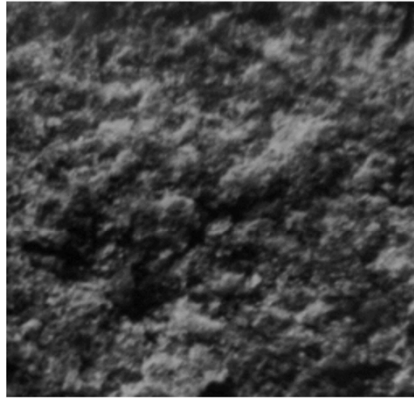
# Wydzielenie obiektów



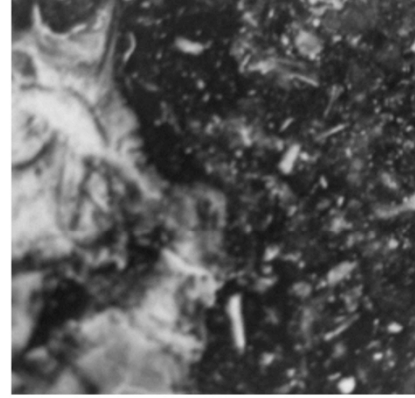
# Tekstury



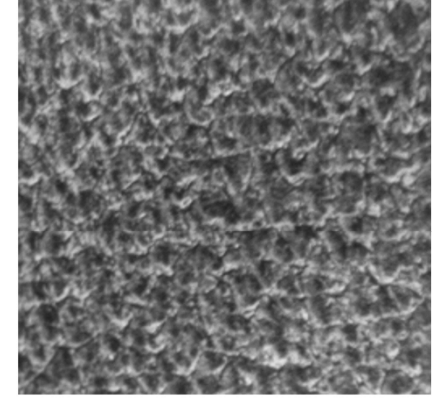
a)



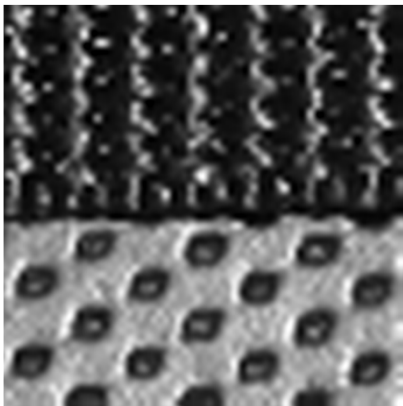
b)



c)



d)



- a) tkanina
- b) kamień
- c) marmur
- d) korek

Tekstura może być opisywana jako:

- Dwuwymiarowy proces Markowa
- Dwuwymiarowy histogram
- Korelacja transformacji Fouriera tekstur z wcześniej przygotowanymi maskami

# Falki dwuwymiarowe

Dwuwymiarowe transformacje falkowe obrazu sprowadzają się do rzutowania obrazu na ustalony ortonormalny układ falek. Ze względu na dyskretny charakter obrazów, będziemy się posługiwać falkami dyskretnymi.

Dwuwymiarowy separowany układ falek ortonormalnych utworzony konwencjonalnie na podstawie układu jednowymiarowego ma postać:

$$\{\psi_{j,k}(x), \psi_{l,m}(y)\}_{(j,k,l,m) \in \mathbb{Z}^4}$$

gdzie  $\psi_{j,k}(x)$  jest  $k$ -tą falką jednowymiarową na poziomie  $j$ -tym analizy wielorozdzielczej.

Wykorzystując założenia analizy wielorozdzielczej można pokazać, że wyżej zaproponowany układ jest nadmiarowy i można go zredukować do następującego układu:

$$\{\psi_{j,k,m}^1(x, y), \psi_{j,k,m}^2(x, y), \psi_{j,k,m}^3(x, y)\}_{(j,k,m) \in \mathbb{Z}^3}$$

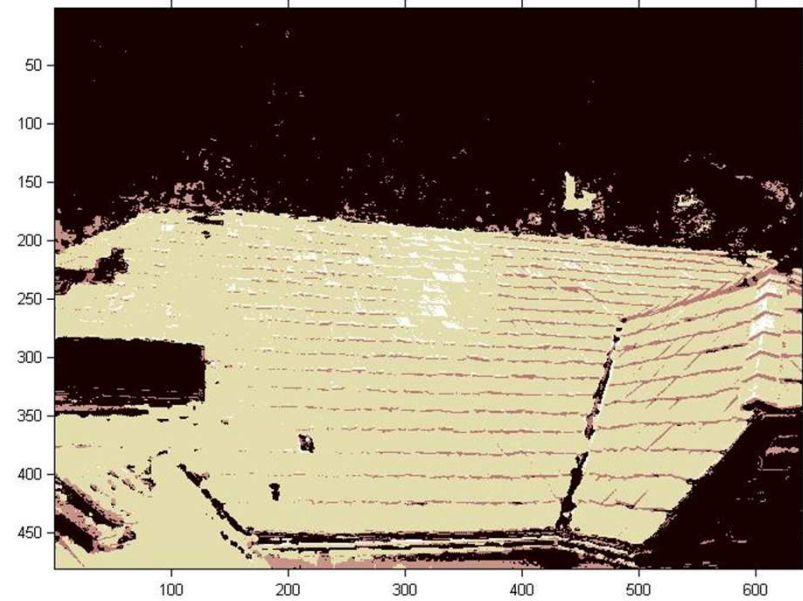
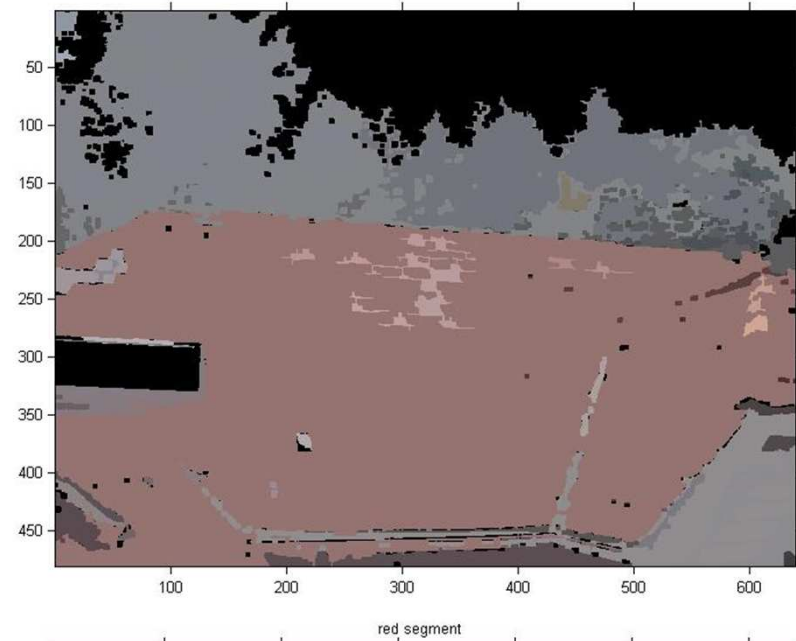
gdzie:

$$\psi^1(x, y) = \phi(x) \psi(y)$$

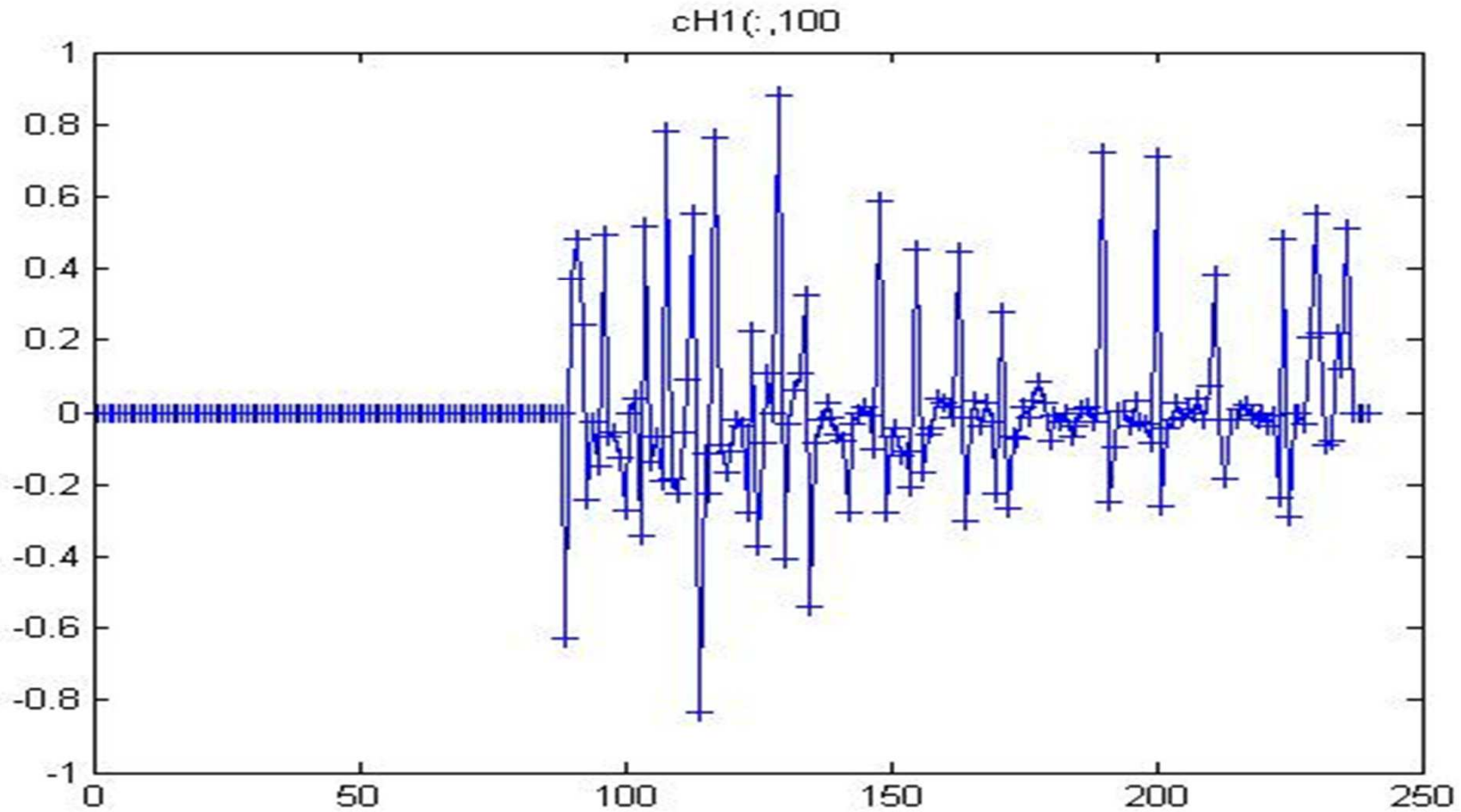
$$\psi^2(x, y) = \psi(x) \phi(y)$$

$$\psi^3(x, y) = \psi(x) \psi(y)$$

# Obiekt z fakturą



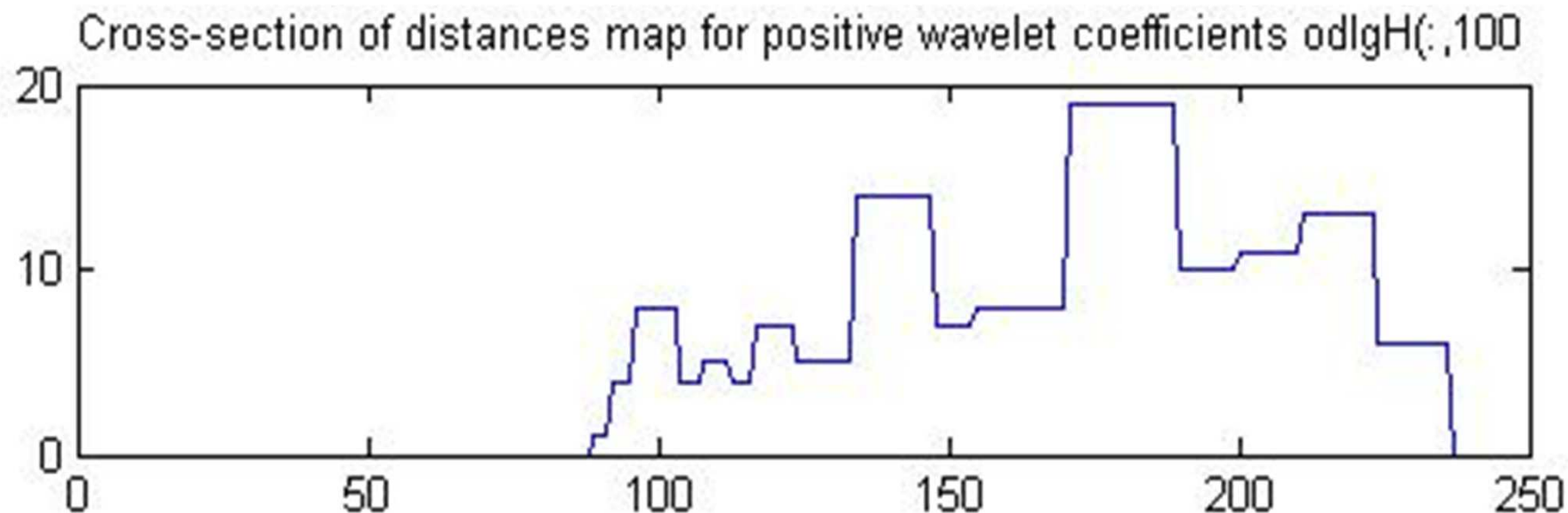
# Mapa odległości oparta na transformacji falkowej



Przekrój przez detale horyzontalne  
dla 100-tej kolumny (falka Haara,  $j=1$ )

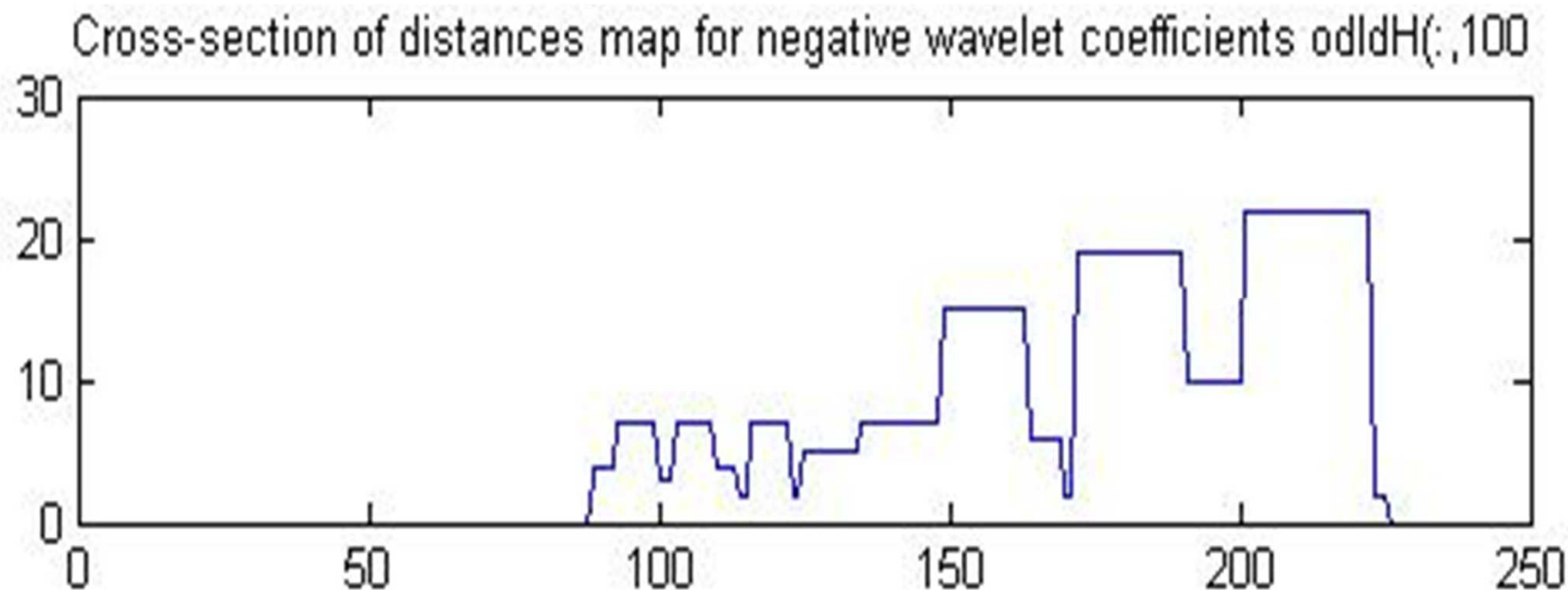


# Odległości liczone na podstawie dodatnich współczynników falkowych



Odległości wyznaczone dla progu odcięcia 1% wartości maksymalnej dla całej macierzy detali horyzontalnych dodatnich.  
Przekrój przez 100-ną kolumnę

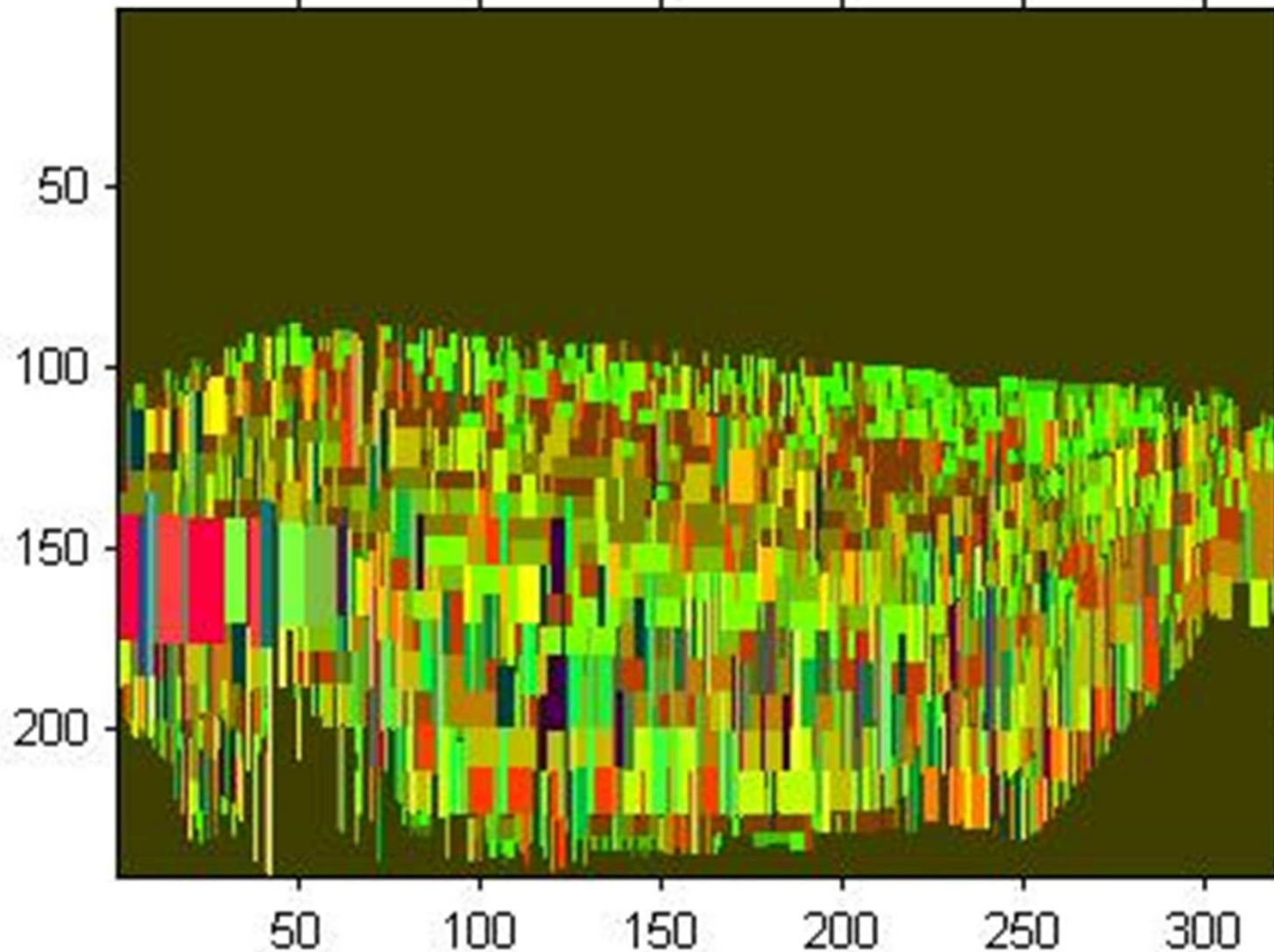
# Odległości liczone na podstawie ujemnych współczynników falkowych



Odległości wyznaczone dla progu odcięcia 1% wartości minimalnej dla całej macierzy detali horyzontalnych ujemnych. Przekrój przez 100-ną kolumnę

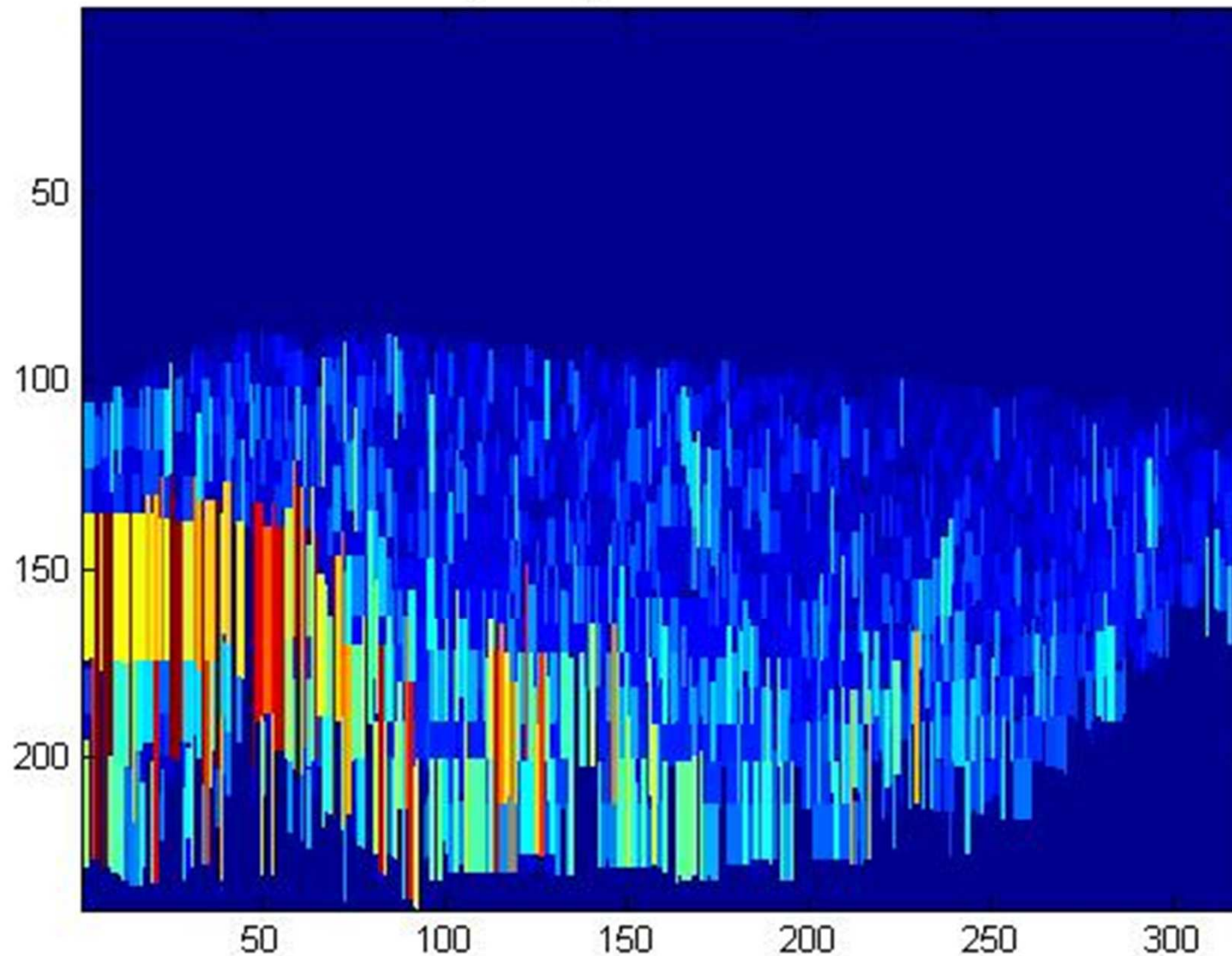
# Mapa odległości wyznaczonych na podstawie horyzontalnych współczynników dodatnich

Distance map for positive wavelet coefficients cH1

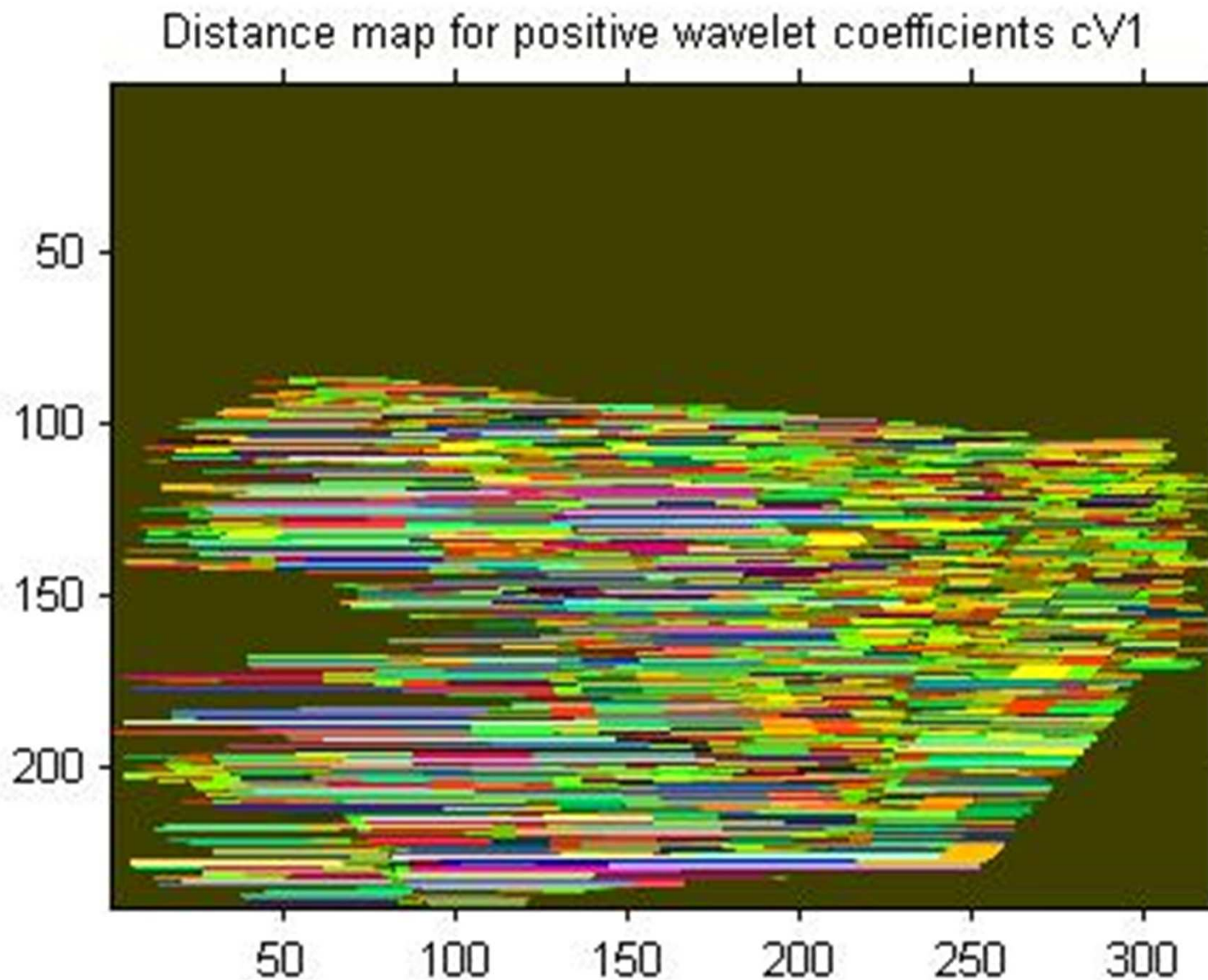


# Mapa odległości wyznaczonych na podstawie horyzontalnych współczynników ujemnych

Distance map for negative wavelet coefficients cH1

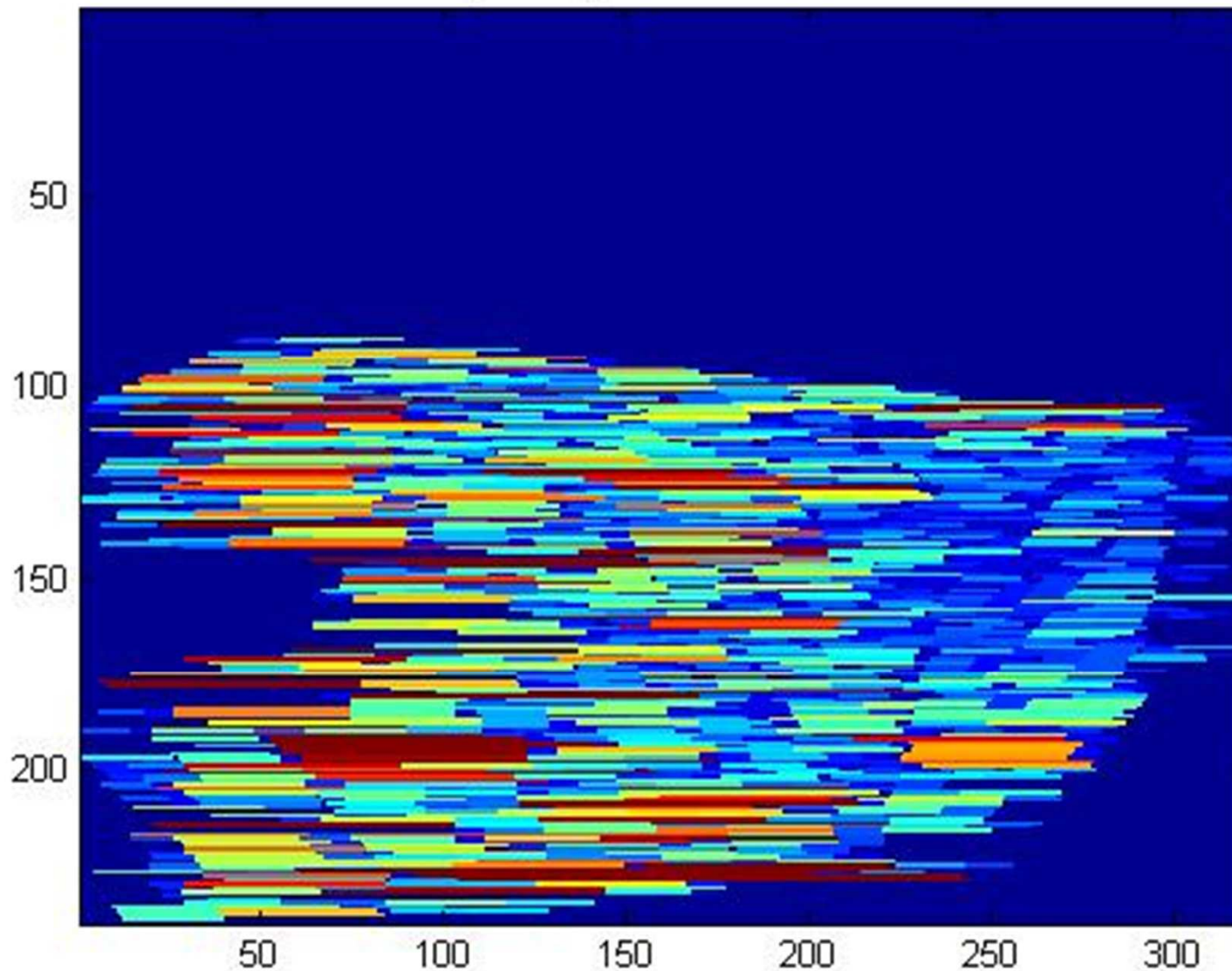


# Mapa odległości wyznaczonych na podstawie wertykalnych współczynników dodatnich



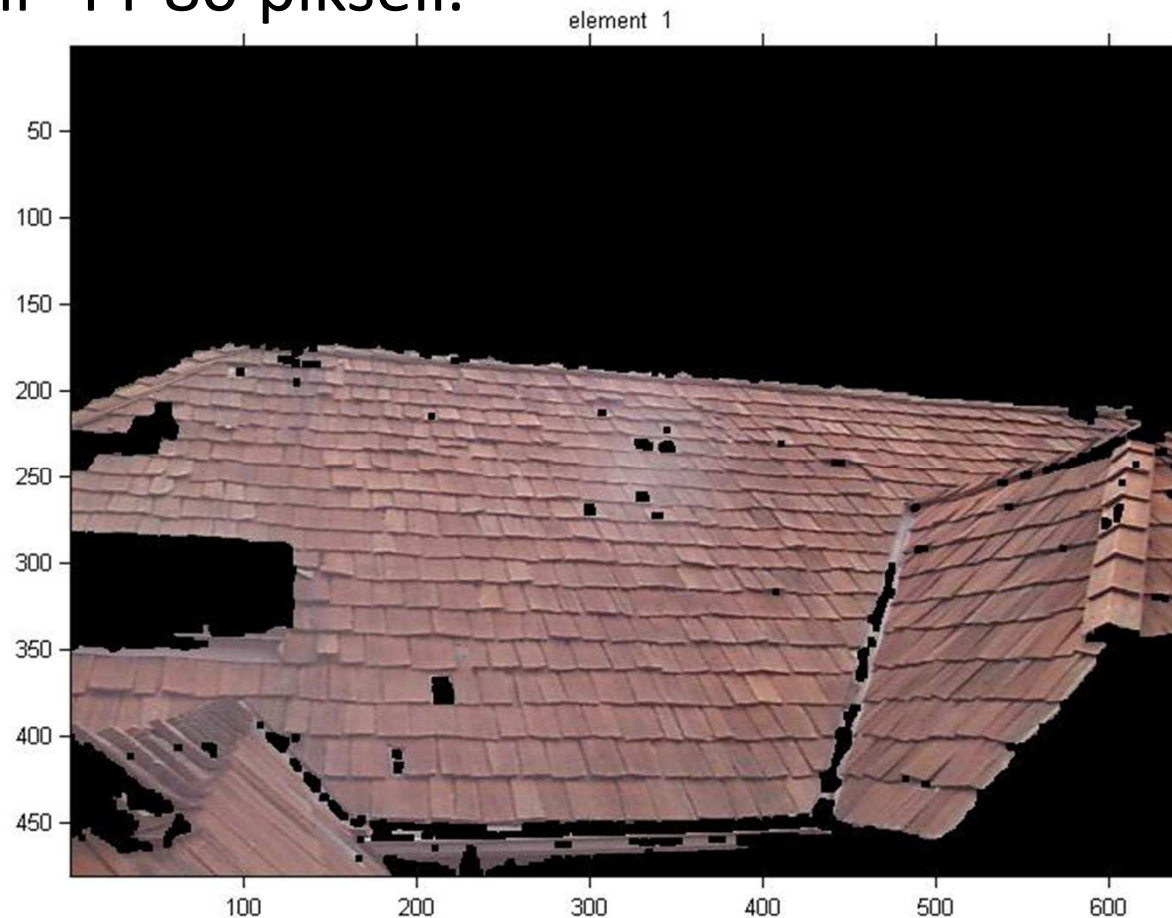
# Mapa odległości wyznaczonych na podstawie wertykalnych współczynników ujemnych

Distance map for negative wavelet coefficients cV1

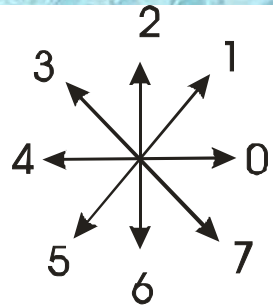


## Parametry tekstury

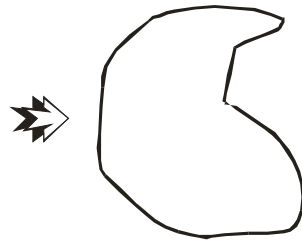
Na podstawie wykonanych map odległości można oszacować rozmiar pionowy dachówki na 15-20 falek czyli 30-40 pikseli, natomiast rozmiar pionowy na and 22-40 falek czyli 44-80 pikseli.



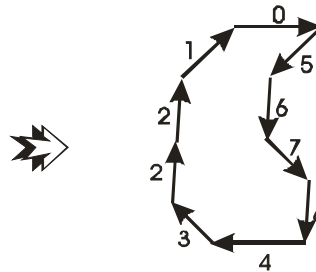
# Różne deskryptory kształtu



Definicja



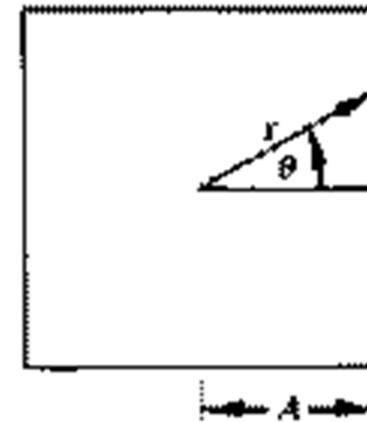
Obiekt



Sposób  
kodowania

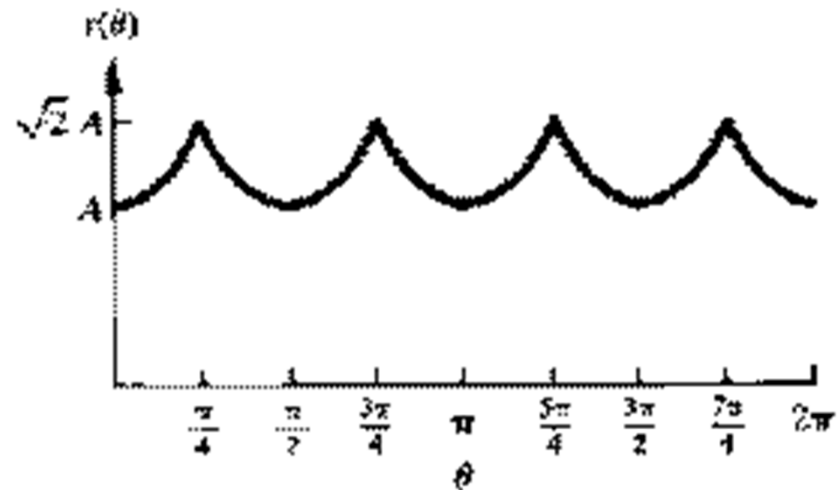
⇒ 21056...

Kod



$$r(\theta) = \sqrt{[x(\theta) - \bar{x}]^2 + [y(\theta) - \bar{y}]^2}$$

$$a_n = \frac{1}{N} \sum_{\theta=0}^{N-1} r(\theta) \exp\left(\frac{-j2\pi n \theta}{N}\right)$$





# Wielomiany Zernike'a

Ciąg wielomianów ortogonalnych nad dyskiem jednostkowym

$$V_{pq}(x, y) = R_{pq}(r)e^{-iq\theta}, \quad r \in [0, 1]$$

$$V_{pq}(r, \theta) = R_{pq}(r) = \sum_{s=0}^{(p-q)/2} (-1)^s \frac{(p-s)!}{s! \left(\frac{p+|q|}{2} - s\right)! \left(\frac{p-|q|}{2} - s\right)!} r^{p-2s}$$

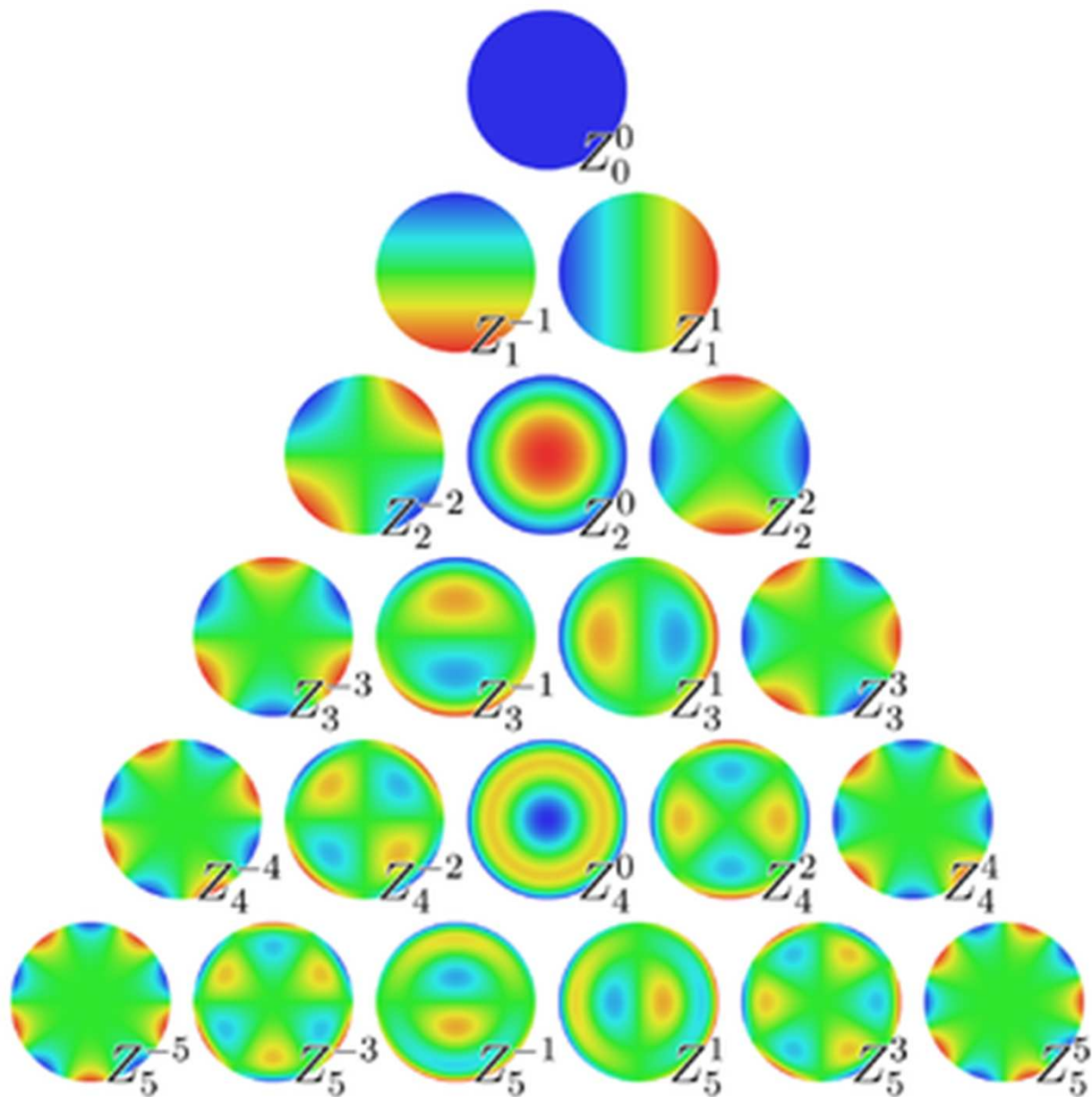
gdzie:  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  jest długością wektora od środka dysku do punktu  $(x, y)$ . Wielomiany o wartościach rzeczywistych

$$V_{pq}(x, y) = \sum_{k=q}^p B_{pqk} r^k e^{iq\theta}$$

gdzie  $p - |q|$  jest parzyste,  $0 \leq |q| \leq p$  i  $p \geq 0$ .

Niech  $s \rightarrow (p - k)/2$ , wtedy wielomiany mogą być reprezentowane jako

# Funkcje bazowe Zernike'a



# Momenty Zernike'a

Wtedy  $B_{pqk}$  są współczynnikami tego wielomianu:

$$B_{pqk} = \frac{(-1)^{\frac{p-k}{2}} \left(\frac{p+k}{2}\right)!}{\left(\frac{p-k}{2}\right)! \left(\frac{k+q}{2}\right)! \left(\frac{k-q}{2}\right)!}$$

Dwuwymiarowe momenty Zernike'a rzędu  $p$  z powtórzeniami  $q$  dla obrazu o funkcji intensywności  $f(x, y)$

$$Z_{pq} = \frac{p+1}{\pi} \int \int_{x^2+y^2 \leq 1} V_{pq}^*(x, y) f(x, y) dx dy$$

gdzie  $V_{pq}^*(x, y) = V_{p,-q}(x, y)$

# Właściwości momentów Zernike'a

1. Tak zdefiniowane momenty Zernike'a są niezmiennicze względem rotacji.
2. Aby uzyskać niezmienniczość względem przesunięcia trzeba centrum obiektu umieścić w środku układu współrzędnych.
3. Natomiast niezmienniczość skali uzyskujemy poprzez skalowanie obiektu.

# Przykład dopasowania dwóch obiektów na podstawie pierwszych 10 momentów Zernike'a



elementy1

File

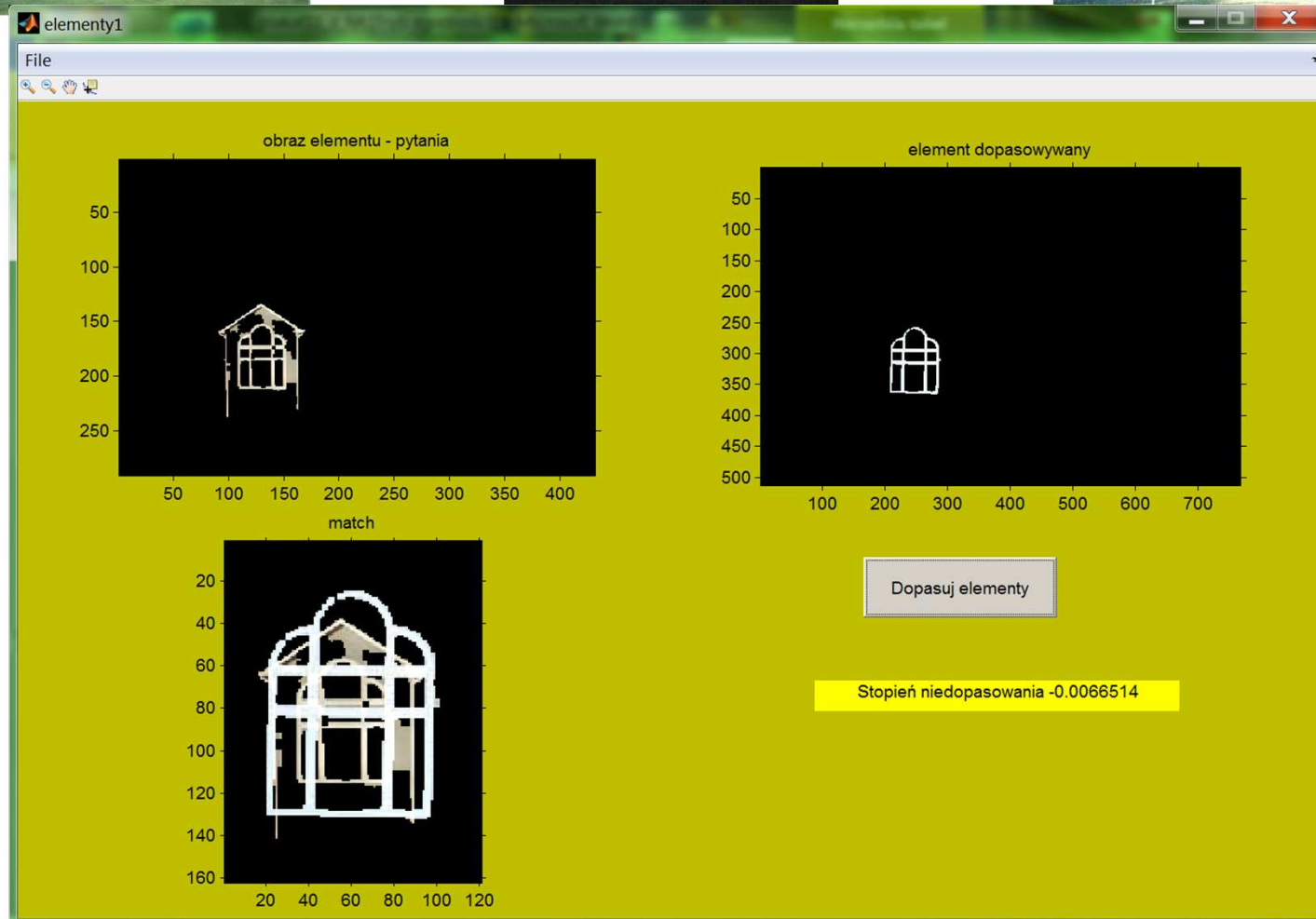
obraz elementu - pytania

element dopasowywany

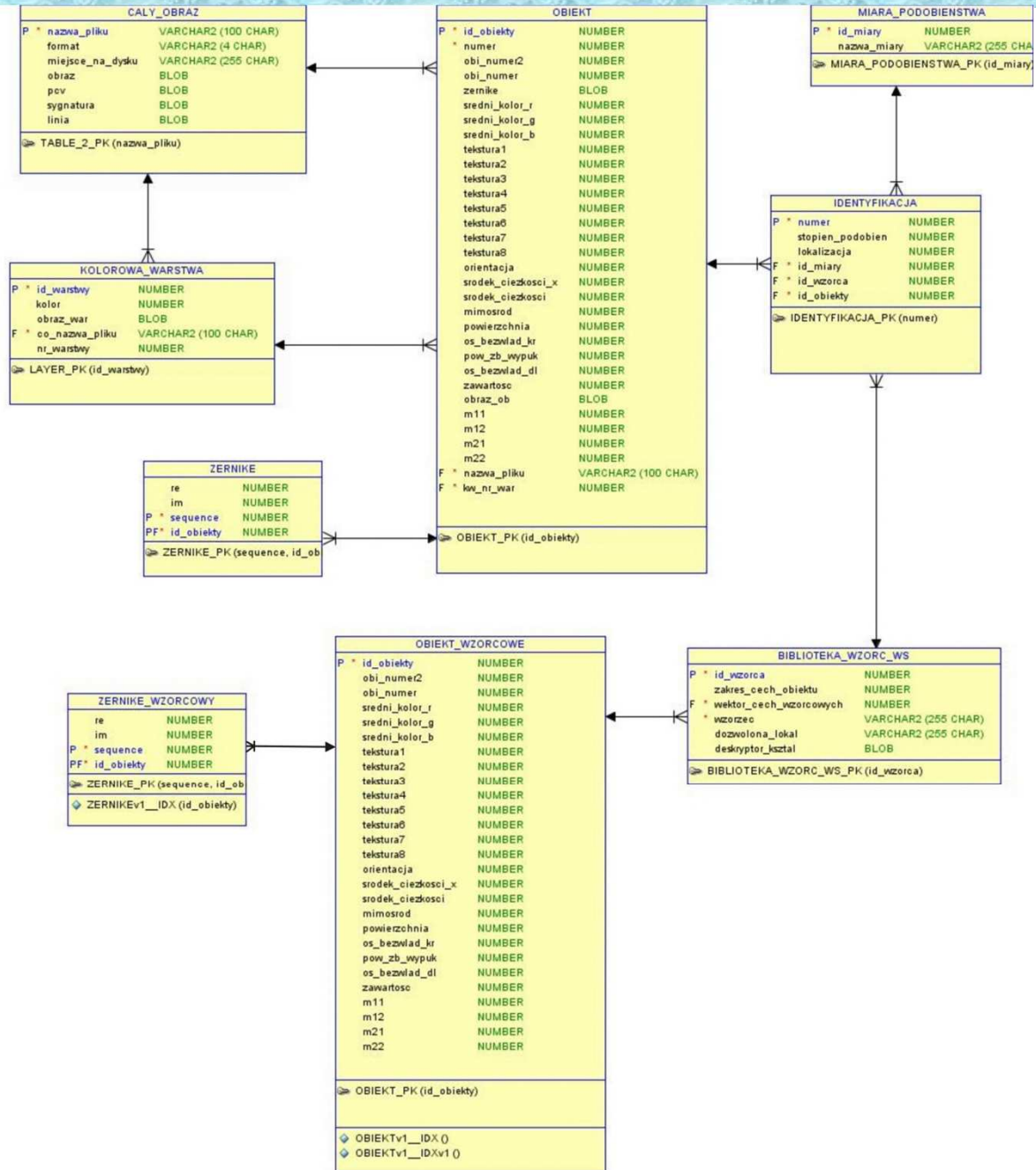
match

Dopasuj elementy

Stopień niedopasowania -0.0066514



# Struktura bazy danych - Oracle



## Biblioteka wzorców

Biblioteka wzorców zawiera informację o wzorcowych wektorach cech obiektu graficznego, zakresie wartości i wagach przypisanych tym wartościom. Dla każdego obiektu mamy więc wzorcowy wektor cech  $P_k$  z wagami

$$\mu_{P_k}(f_i) \in [0,1]$$

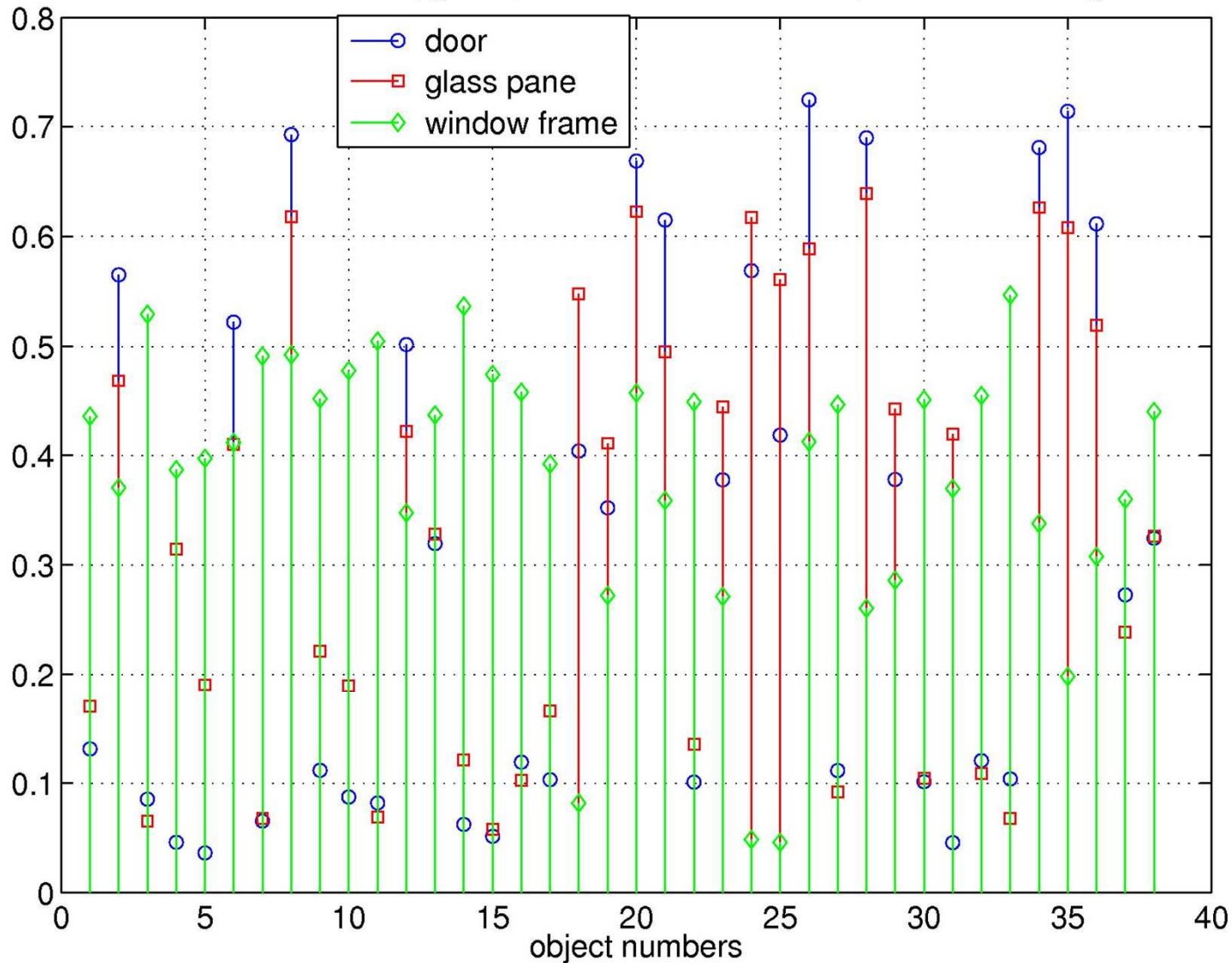
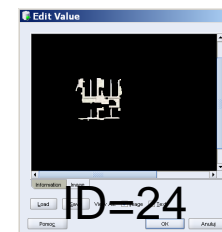
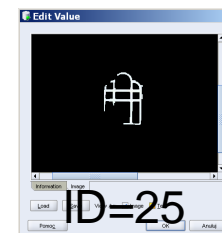
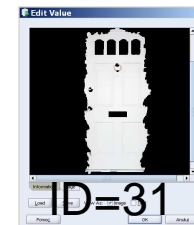
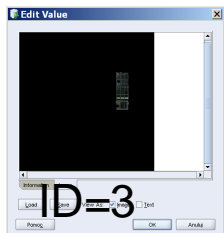
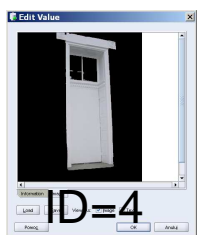
Każdy obiekt jest przyporządkowywany do określonej klasy z biblioteki wzorców poprzez szukanie najmniejszej odległości pomiędzy wektorami  $O$  i  $P_k$

$$d(F_O, P_k) = \left[ \sum_{i=1}^r \mu_{P_k}(f_i) |F_O(f_i) - P_k(f_i)|^m \right]^{1/m}$$

Na tej podstawie każdy obiekt otrzymuje etykietę  $L_k$

# Klasyfikacja obiektów

distances  $d$  for door, glass pane and window frame patterns with weights





# Opis rozkładu przestrzennego obiektów graficznych na obrazie z użyciem analizy składowych głównych 1

W bazie danych mamy  $M$  klas obiektów oznaczonych etykietami  $L_1, L_2, \dots, L_M$ . Możemy zatem określić sygnaturę obrazu  $I_i$  jako następujący wektor:

$$\text{Signature } (I_i) = [\text{nobc}_{i1}, \text{nobc}_{i2}, \dots, \text{nobc}_{iM}]$$

gdzie:  $\text{nobc}_{ik}$  oznacza liczbę obiektów  $o_{ij}$  o klasie  $L_k$  w danym obrazie  $I_i$ .

Poza tą informacją rozpatrujemy też wzajemne położenie obiektów w obrazie w oparciu o analizę składowych głównych (PCA).

## Opis rozkładu przestrzennego obiektów graficznych na obrazie z użyciem analizy składowych głównych 2

Porównujemy dwa obrazy składające się ze zbioru

obiektów  $I_i = \{O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{in}\}$

opisanych przez środki ciężkości  $C_{ij} = (x_{ij}, y_{ij})$  i klasę  $L_{ij}$

Formalnie obraz  $I$  składa się z  $n$  obiektów i  $k$  klas gdzie  $k \leq N$ , ponieważ kilka obiektów może być tej samej klasy.

Jako linię odniesienia do liczenia kąta pomiędzy obiektami wybieramy największą odległość między centroidami obiektów istniejącą na obrazie

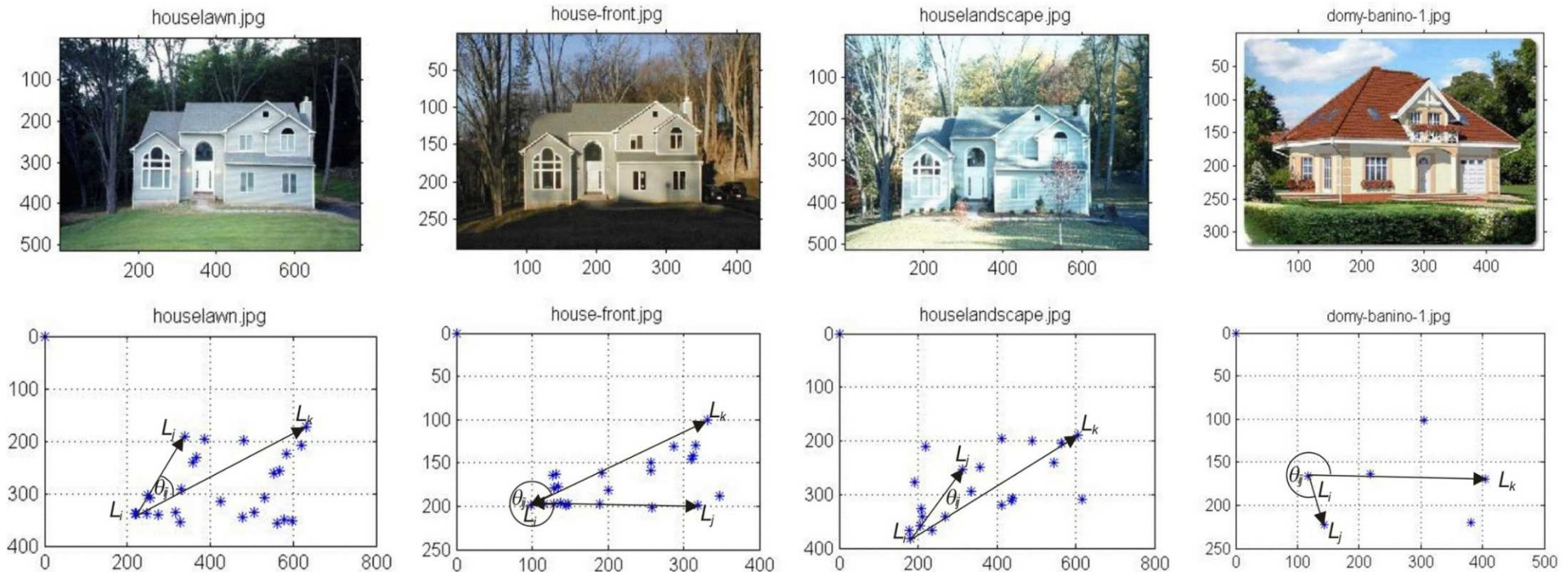
$$\text{dist}(C_p, C_q) = \max \{ \text{dist}(C_i, C_j) \mid \forall i, j \in \{1, 2, \dots, k\} \text{ and } L_i \neq L_j \}$$

Następnie od tej linii liczymy kąty  $\theta_{ij}$  pomiędzy kolejnymi środkami ciężkości. W ten sposób metoda jest niezmiennicza względem obrotu.

# Określenie kąta między obiektami przy wyznaczaniu macierzy do analizy składowych głównych 3

Otrzymujemy więc trójki  $(L_i, L_j, \theta_{ij})$ , gdzie kąt jest liczony względem linii odniesienia. Dostajemy  $T = n(n-1)/2$  takich trójek dla obrazów o  $n$  obiektach.

Następnie poszukujemy wektorów własnych PCV; macierzy kowariancji zgodnie z metodą analizy składowych głównych.



# Graficzne zapytanie do bazy poprzez GUI

The screenshot displays the MATLAB 7.8.0 (R2009a) environment. The main window is titled "Query\_menu" and contains a graphical user interface for querying a database. The interface is divided into several sections:

- Menu:** "Wybór elementu" (Element Selection) and "Kolor elementu" (Element Color).
- Query Menu:** A list of elements to query: "kontur domu" (house contour), "dachy" (roofs), "okna" (windows), "balkony" (balconies), "drzwi" (doors), and "Close".
- Main Plot:** A large image of a house with red bounding boxes overlaid, indicating the detected features. The plot has axes ranging from 0 to 900 on the x-axis and -600 to 0 on the y-axis.
- Left Sidebar:** A yellow sidebar with a "Button Group" containing five small images of different roof types, each with a "wybierz" (select) button and a coordinate grid. Below the images is an "Inne" (Other) button.
- Top Windows:** The MATLAB interface includes a "File Edit Debug Desktop Window Help" menu, a "Workspace" window, a "Command Window" with a "New to MATLAB? Watch this Video" message, and a "zmiana\_kolor" window with a "Zmień kolor obrazu" (Change image color) button and a color palette.
- Taskbar:** The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, a search icon, and several open applications: "Psi", "Odebrane dl...", "tile - definitio...", "Kalendarz - ...", "C:\jawska\...", "C:\Artykuly", "SAMT09t.doc...", "6 MATLAB", and system icons for "PL" and "14:00".

# Graficzne zapytanie do bazy poprzez GUI

The screenshot displays a graphical user interface (GUI) for image processing. The main window, titled "Zmiana\_kolor", features a central image of a house with a green roof. To the right of the image is a "Paleta Kolorów" (Color Palette) with a grid of color swatches. Below the palette, the RGB values for the selected color are displayed: R: 0.10588, G: 0.3098, B: 0.20784. A "Zmień kolor obrazu" (Change image color) button is located above the palette. The main window also includes a "Wybrany obraz" (Selected image) dropdown menu and a "Button Group" with a "wybierz" (select) button. A "Query\_menu" window is open, showing "Wybór elementu" (Select element) and "Kolor elementu" (Element color). A "Color" dialog box is also visible, showing a grid of color swatches and "OK" and "Cancel" buttons. At the bottom of the image, a large view shows the house image with red edge-detection lines overlaid on it, indicating the application's ability to detect and highlight edges in the image.

# Metoda wyszukiwania slajd 1

Obraz z bazy możemy oznaczyć jako  $I^b = \{o_1^b, o_2^b, \dots, o_m^b\}$ .  
Niech zapytaniem będzie obraz  $I^q$  taki, że  $I^q = \{o_1^q, o_2^q, \dots, o_n^q\}$ .  
Aby odpowiedzieć na to zapytanie porównujemy z nim każdy obraz  $I^b$  z bazy w następujący sposób.

Najpierw określamy podobieństwo  $\text{sim}_{\text{sgn}}$  pomiędzy  $I^q$  i  $I^b$  licząc odległość między sygnaturami obrazów:

$$\text{sim}_{\text{sgn}}(I^q, I^b) = d(\text{sgn}^q, \text{sgn}^b)$$

np. analogicznie do liczenia termów w dokumentach tekstowych

$$\text{TF}(o_i^b, \text{nobc}_j^b) = \begin{cases} 0 & , n_{ij} = 0 \\ \frac{n_{ij}}{\sum_{k=0}^m n_{kj}} & , n_{ij} > 0 \end{cases}$$

Wtedy odległość tych wektorów można już policzyć metryką euklidesową.

Jeśli to podobieństwo jest mniejsze od założonego progu wtedy obraz  $I^b$  jest odrzucany z dalszych porównań.

## Metoda wyszukiwania slajd 2

Jeśli to podobieństwo jest większe, to przechodzimy do następnego etapu i znajdujemy podobieństwo  $\text{sim}_{\text{PCV}}$  między rozkładem przestrzennym obiektów w obrazach  $I^a$  i  $I^b$  licząc odległość euklidesową między wektorami PCV:

$$\text{sim}_{\text{PCV}}(I^a, I^b) = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^3 (\text{PCV}_i^b - \text{PCV}_i^a)^2}$$

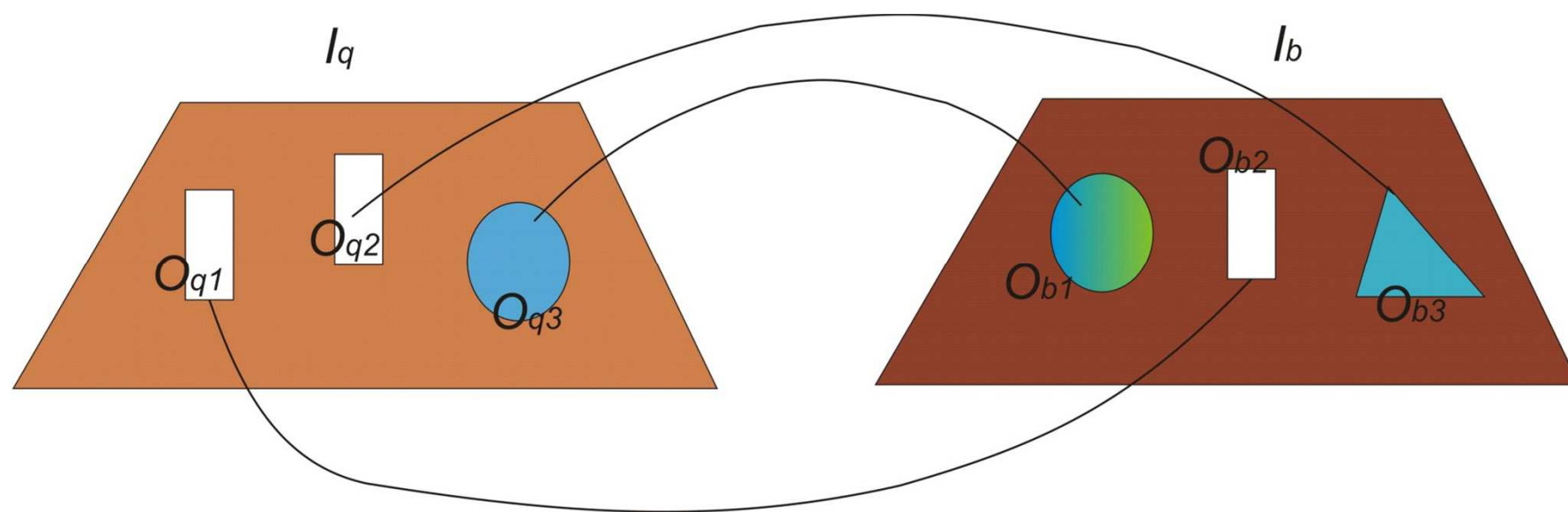
Jeśli z kolei to podobieństwo okaże się mniejsze od wartości progowej obraz  $I_b$  jest odrzucany. W przeciwnym razie, przechodzimy do następnego kroku, w którym liczymy podobieństwo poszczególnych obiektów wchodzących w skład obu obrazów  $I^a$  i  $I^b$ . Dla każdego obiektu  $o_i^a$  wchodzącego w skład obrazu  $I^a$ , znajdujemy najbardziej podobny obiekt w tej samej klasie na obrazie  $I_b$ .

## Dopasowanie parami z eliminacją

Dla każdego obiektu  $o_j^b \in L_i^q$  można obliczyć  $\text{sim}_{\text{ob}}(o_i^q, o_j^b)$  między obiektami:

$$\text{sim}_{\text{ob}}(o_i^q, o_j^b) = 1 - \sqrt{\sum_l (F^q o_{il} - F^b o_{jl})^2}$$

gdzie:  $l$  jest numerem cechy w wektorze cech  $F_O$  poszczególnych obiektów. Może zająć jednak sytuacja przedstawiona na rysunku:





## Koncepcja wyszukiwania slajd 3

Z powyższego algorytmu dostajemy wektor podobieństw pomiędzy zapytaniem  $I^q$  i obrazem  $I^b$ :

$$\text{sim}(I^q, I^b) = \begin{bmatrix} \text{sim}_{\text{ob}}(o_1^q, o_1^b) \\ \vdots \\ \text{sim}_{\text{ob}}(o_n^q, o_n^b) \end{bmatrix}$$

gdzie:  $n$  jest liczbą obiektów reprezentujących obraz  $I^q$ .

Porządkujemy obrazy  $I^b$  względem zapytania  $I^q$ , na podstawie  $\text{sim}_{\text{ob}}(o_i^q, o_j^b)$

# Proponowane zagadnienia

- Identyfikacja obiektów na podstawie klasy wzorców
- Opracowanie reguł ułatwiających klasyfikację obiektów
  - Porównywanie wielowymiarowych wzorców
- Implementacja miękkich metod wyszukiwania
- Przetestowanie różnych miar podobieństwa

# Literatura

- Russ J. C.: *The Image Processing Handbook*, wyd. 2, CRC Press, 1994.
- Wojnar L., Kurzydłowski K., Szala J.: *Praktyka analizy obrazu*, Polskie Towarzystwo Stereologiczne, Kraków, 2002.
- *Artificial intelligence for Maximizing Content Based Image Retrieval*, red. Zongmin Ma, Information Science Reference, NY, 2009.
- Deb S.: *Multimedia Systems and Content-Based Image retrieval*, Idea Group Publishing, Melbourne, 2004.
- Jaworska T., *Object extraction as a basic process for content-based image retrieval (CBIR) system*, Opto-Electronics Review, Vol. 15, Nr. 4, str. 184-195, 2007.
- Jaworska T., *A Search-Engine Concept Based on Multi-Feature Vectors and Spatial Relationship*, LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE nr 7022, str. 137–148, 2011.