

Jerzy KOROSTIL

Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki

## LOGICZNA METODA ROZDZIELENIA BLOKÓW PIKSELI NA KATEGORIE W ALGORYTMIE FORMOWANIA CYFROWEGO WODNEGO ZNAKU

**Streszczenie.** W pracy zaproponowano sposób rozwiązania problemu rozmieszczenia cyfrowego znaku wodnego w cyfrowym środowisku obrazu na podstawie wyboru bloków w gradientowych polach obrazu.

**Słowa kluczowe:** cyfrowe znaki wodne, blok, piksel, jasność, gradient.

## THE CATEGORIES IN THE ALGORITHM OF FORMING THE DIGITAL WATERMARK

**Summary.** In the work the author proposed the way of resolving the problem of distributing a digital watermark in the digital environment of the picture basing on the choice of the blocks in the gradient fields of the picture.

**Keywords:** digital watermarks, block, pixel, brightness, gradient.

### 1. Wstęp

Wykorzystanie cyfrowych wodnych znaków do zabezpieczenia praw autorskich prac odwzorowanych w środowisku cyfrowym jest dzisiaj intensywnie rozwijającą się dziedziną. Zazwyczaj cyfrowy wodny znak zawiera w sobie kolejkę liczb. identyfikującą oryginalność egzemplarza, w który został wprowadzony. Oczywiście, tak wprowadzony znak można szyfrować wybranym algorytmem kryptograficznym. Wykorzystanie cyfrowych wodnych znaków pozwala identyfikować oryginalny egzemplarz tworu.

W chwili obecnej znane są metody wprowadzania w obraz cyfrowych znaków wodnych, będących modulacją amplitudy jasności pikseli w jednej z podstawowych barw, przy wykorzystaniu modelu koloru, na przykład w postaci:

$$L = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B \quad (1)$$

w której w celu wprowadzenia w obraz cyfrowego znaku, najczęściej wybiera się składnik B [1]. Innym podejściem do wprowadzenia znaków wodnych jest spożytkowanie metody polegającej na modyfikacji współczynników przekształcania obrazów, które realizuje się w standardzie JPEG lub MPEG. Głównym niedostatkim znanych metod jest ich podatność na różne ataki, takie jak na przykład atak przekształcania geometrycznego. Zaproponowana w referacie metoda zawiera nowe rozwiązanie polegające na wydzieleniu bloków, które wykorzystuje się do wprowadzenia do obrazu cyfrowych znaków wodnych. W referacie zaproponowano logiczną interpretację i odpowiedni opis rozwiązywania zadania bezpośredniego wprowadzenia w obraz kodu cyfrowego znaku wodnego.

## 2. Istniejące metody przekształcania obrazu cyfrowego

Głównym wymaganiem przy cyfrowym znaku wodnym jest odporność na przekształcenia obrazu i wprowadzenia zmian niewidocznych dla ludzkiego oka. Osiągane to jest za pomocą różnych metod. Jedną z nich polega na wielokrotnym osadzeniu znaku wodnego w różnych miejscach obrazu. Aby znak wodny był niezauważalny przez ludzkie oko, wykorzystuje się niebieski kanał (ang. "blue channel") do wprowadzenia ukrytego bitu znaku wodnego. Najpierw zostaną opisane sposoby wydzielenia bloków, które są przeznaczone do rozmieszczenia ukrytych bitów.

### 2.1. Formowanie pola gradientu obrazu

Pole gradientu obrazu można określić opierając się na wyliczeniu różnicy jasności każdego piksela lub średniej jasności grupy pikseli, które wzrokowo są odbierane jako jeden punkt obrazu. Dalej będziemy mówić o bloku  $B_{i,j}$  jak o określonej ilości pikseli. Formowanie pola gradientu realizuje się za pomocą obliczenia różnic jasności pomiędzy bieżącym blokiem a następnym blokiem, do którego przechodzimy zgodnie z regułami skanowania obrazu. Takie obliczenie realizuje się za pomocą następującej formuły:

$$grad(P) = \{ \left( |B_{1,1} - B_{1,2}| \right) \vee \left( |B_{1,1} - B_{2,1}| \right), \dots, \left( |B_{i,j} - B_{i,j+1}| \right) \vee \left( |B_{i,j} - B_{i+1,j}| \right), \dots \} \quad (2)$$

gdzie:

$$\left( |B_{i,j} - B_{i,j+1}| \right) \vee \left( |B_{i,j} - B_{i+1,j}| \right) = \delta_i \text{ lub } grad(P) = \{ \delta_1, \dots, \delta_n \} \quad (3)$$

Do wydzielenia dyskretnych bloków z różnymi wielkościami gradientów trzeba wprowadzić granicę określonych zmian dla każdego  $\delta_i$  w postaci  $\alpha_i \leq \delta_i \leq \beta_i$ , gdzie  $\alpha_i$  i  $\beta_i$  określają przedział  $[\alpha_i, \beta_i]$ . Ten przedział określa ilość zmian jasności  $\delta_i$ , które łączą się w jedną oddzielną kategorię  $\varepsilon_i$ . Tak powstanie mnóstwo kategorii  $E = \{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n\}$ , gdzie wielokrotność kategorii  $\varepsilon_i$  odpowiada ilości  $\delta_i$  z jednego przedziału  $[\alpha_i, \beta_i]$ , który będziemy oznaczać jako:  $\lambda_i = \frac{(\beta_i - \alpha_i)}{2}$ , wtedy  $\varepsilon_i = (k_i, \lambda_i)$ , gdzie  $k_i$  równa się ilości odpowiednich  $\delta_i$ . Zbiór  $E$  jest uporządkowany według wartości  $\lambda_i$ , dzięki czemu otrzymujemy rząd  $E(\lambda) = \{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n\}$ .

## 2.2. Wprowadzenie znaków cyfrowych

Każdy  $\varepsilon_i$  z  $E(\lambda)$  ma własną długość  $l_i$ , która jest równa ilości elementów  $\delta_i \in \varepsilon_i$ . Ze zbioru  $E(\lambda)$  wybieramy  $\varepsilon_i$  począwszy od  $\varepsilon_1$  tworząc kolejkę  $\{l_1, \dots, l_m\}$  długości  $L(l_1, \dots, l_m)$ , która będzie równa długości znaku cyfrowego  $L$  (ZC). Tę kolejkę oznaczymy jako  $D_i(\varepsilon_i)$  i będziemy wykorzystywać do rozmieszczenia cyfrowego znaku w obrazie  $P_i$ . Dlatego wykonujemy skanowania tego obrazu poprzez wybór odpowiedniej strategii, która określa się systemem produkcji  $R$ . System  $R$  określa sposób przejścia od jednego elementu  $\delta_i$  do następnego elementu  $\delta_{i+1}$ . Każdą produkcję  $r_i \in R$  interpretuje się jako wybór kolejnego kierunku przejścia (w prawo, w lewo, w dół, w górę). Obraz  $P$  podzielono na elementy  $\delta_i$ , gdzie  $\delta_i$  ( $i=1, \dots, N$ ) określone są kolejnym czytaniem od lewej do prawej po wszystkich wierszach. Zbiór elementów  $\delta_i$  podzielono na kategorie  $\varepsilon_{i,j}$ , gdzie indeks  $i$  jest numerem kolejnej kategorii  $\varepsilon_i$  ( $i=1, \dots, K$ ;  $K < N$ ), a  $j$  numerem ostatniego  $\delta_i$  w kategorii  $\varepsilon_i$ . W celu określenia kategorii  $\varepsilon_{i,j}$ , w której będzie rozlokowany kolejny bit znaku cyfrowego, oblicza się zmianę  $\Delta \varepsilon^*$  odpowiednio do wzoru:

$$\Delta \varepsilon^* = \max \Delta \varepsilon_{i,e}; (e = 1, \dots, H; H < K); H = K / m; \Delta \varepsilon_i = |\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}| \quad (4)$$

gdzie:  $m$  – ilość bitów w znaku,

$g$  – ilość znaków w obrazie.

Skanowanie można prowadzić po kategoriach  $\varepsilon_i$  z  $E(\lambda)$ . Kiedy podczas skanowania trafimy na pozycję, dla której  $\Delta \varepsilon_{i,j} \geq \Delta \varepsilon^*$ , to w pozycji  $\delta_i$  będziemy rozlokowywać kolejny bit znaku cyfrowego. Dokładne miejsce wprowadzenia bitu wybiera się w elemencie  $\delta_i$ , a piksel, w którym wprowadzamy zmianę, określa się według wzoru:

$$b_g = B_{i,j} / 2$$

gdzie:  $B_{i,j}$  – zawiera określoną liczbę pikseli.

Modyfikacja średnich wartości jasności w każdej z grup sprowadza się odpowiednio do algorytmu modyfikacji zaproponowanego w pracy [2].

### 3. Formowanie systemu R

System reguł R formuje się na podstawie zasady, która polega na tym, że bity znaku cyfrowego będą rozmieszczane w blokach. System R składa się z dwóch części: - części R' i R''. Część R' będzie stosowana w przypadku, kiedy skanowanie będzie prowadzone w granicach kategorii  $\varepsilon_i$ . Część R'' będzie stosowana w przypadku, kiedy skanowanie odbywa się poza kategorią  $\varepsilon_i$ . Przykładową produkcję  $r_i$  dla części R' można zapisać odpowiednio do priorytetu ich wykorzystywania w następującym porządku:

$$r_1 : [(\delta_{i,j} \leq \delta_{i,j+1}) \& (j+1 < \max j)] \rightarrow \delta_{i,j+1} \quad (5)$$

$$r_2 : [(\delta_{i,j} \leq \delta_{i+1,j}) \& (i+1 < \max i)] \rightarrow \delta_{i+1,j} \quad (6)$$

$$r_3 : [(\delta_{i,j} \leq \delta_{i,j-1}) \& -(\delta_{i,j-1} \rightarrow \delta_{i,j}) \& (j-1 > 0)] \rightarrow \delta_{i,j-1} \quad (7)$$

$$r_4 : [(\delta_{i,j} \leq \delta_{i-1,j}) \& -(\delta_{i-1,j} \rightarrow \delta_{i,j}) \& (i-1 > 0)] \rightarrow \delta_{i-1,j} \quad (8)$$

$$r_5 : [(-r_1 \& -r_2 \& -r_3 \& -r_4) \& (j+1 < \max j)] \rightarrow \delta_{i,j+1} \quad (9)$$

$$r_6 : [(-r_1 \& -r_2 \& -r_3 \& -r_4) \& (i+1 < \max i)] \rightarrow \delta_{i+1,j} \quad (10)$$

Produkcje  $r_5$  i  $r_6$  określają wyjściową trajektorię skanowania z podziału kolejnego kategorii  $\varepsilon_i$ . Wtedy do realizacji strategii skanowania można wykorzystać produkcję z części R'', którą na przykład formalnie można zapisać w postaci:

$$r_7 : [(\delta_{i,j} \notin \varepsilon_{k+1}) \& (i+1 < \max i)] \rightarrow (\delta_{i,j} \rightarrow \delta_{i+1,j}) \quad (11)$$

$$r_8 : [(\delta_{i,j} \notin \varepsilon_{k+1}) \& (j+1 < \max j)] \rightarrow (\delta_{i,j} \rightarrow \delta_{i,j+1}) \quad (12)$$

$$r_9 : [(\delta_{i,j} \notin \varepsilon_{k+1}) \& (i = \max i)] \rightarrow [(\delta_{i,j} \rightarrow \delta_{i,j+1}) \& (\delta_{i,j+1} \rightarrow \delta_{i,j+1})] \quad (13)$$

$$r_{10} : [(\delta_{i,j} \notin \varepsilon_{k+1}) \& (i = \max i) \& (j = \max j)] \rightarrow END \quad (14)$$

$$R = \{r_1 \dots r_{10}\} \quad (15)$$

### 4. Opis eksperymentu

Eksperyment polegał na wprowadzeniu znaków cyfrowych różnej długości w identyczny obraz i w odtworzeniu tych znaków z obrazu, który poddano przekształcaniu do standardu

JPEG. Zwiększenie długości znaku cyfrowego doprowadziło do zmniejszenia  $\Delta\varepsilon^*$ . Rozmiar  $B_{ij}$  wynosił 8x8 pikseli. W eksperymentach wykorzystuje się obrazy z różną ilością elementów kontrastowych. Ilość bitów w jednym znaku cyfrowym równa jest 500. Ilość znaków cyfrowych, które były wprowadzone w trakcie eksperymentu, zmienia się od 5 do 20. Przy zwiększeniu ilości znaków cyfrowych zwiększyła się ilość błędnych bitów i przy zwiększeniu ilości elementów kontrastowych w obrazie ilość błędnych bitów ulegała zmniejszeniu.

## 5. Wyniki

Dane eksperymentalne wykazały, że zaproponowany sposób rozmieszczenia znaku cyfrowego zwiększa odporność na atak rozmycia i przekształcenia kodowania JPEG przy przyjętych warunkach takich, jak w pracy [2].

## LITERATURA

1. Dazmstaedt V., Delaigle J.-F., Quisquater J., Macq B.: Low cost spatial watermarking. *Computers and Graphics*, 1998 Vol. 5, pp. 4/7-4/23.
2. Kuttez M., Jordan F., Bassen F.: Digital signature of color images using amplitude modulation. *Proc. of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases V.1997*. Vol. 3022. pp. 518-526.

Recenzent: Dr inż. Halina Kamionka-Mikuła

Wpłynęło do Redakcji 24 marca 2003 r.

## Abstract

The use of digital watermarks to secure the copyrights of the works modeled in the digital environment requires resolving the problem of placing the digital marks in proper pictures. In the work the author proposed the way of resolving this problem basing on the use of the gradient fields of the picture and the collection of logical rules dedicated to realize the layout of the watermark in the digital environment.

Adres

Jerzy KOROSTIL: Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej, ul. Żołnierska 49, 71-210 Szczecin, Polska, [ikorostil@wi.ps.pl](mailto:ikorostil@wi.ps.pl)