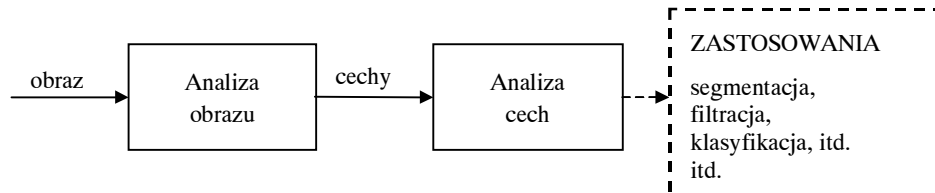


Włodzimierz Mosorow^{*}, Tomasz Marek Kowalski^{*}

Zastosowanie zredukowanego drzewa komponentów do klasyfikacji informacji zawartej w obrazie

1. Wprowadzenie

Kwestia znalezienia rozkładu informacji wizyjnej (obrazu) na składowe podobnego do rozkładu informacji tekstowej na osobne wyrazy jest nadal otwarta. Człowiek dokonuje rozkładu obrazu na znane jemu obiekty, jednak liczba takich obiektów jest ogromna i co gorsze – istnieje niewyobrażalna liczba ich odmian. Stąd trudno znaleźć odpowiedni matematyczny model reprezentujący dowolny obraz. Standardowe podejście analizy obrazów przewiduje wybór przestrzeni cech i dokonanie pomiarów w wybranej przestrzeni (rys. 1). Przy takim podejściu pr. klasyfikacja obrazów polega na znalezieniu obrazów o podobnych cechach.



Rys. 1. Schemat typowego systemu przetwarzania obrazów

Informacje o cechach obrazu powinny zawierać opis kształtów i parametry niezbędne do analizy obrazu. Obecnie powszechnie stosowana jest analiza obrazu za pomocą kilku charakterystyk, między innymi histogramu, widma, szkieletu obrazu itd. [7]. Podczas kilku ostatnich lat nastąpił rozwój schematów opisu kształtów. Jeden z nich to opis morfologiczny szkieletu dostarczający użytecznych informacji odnośnie do kształtu, rozmiaru, struktury, spójności i orientacji obrazu [1, 2] i stosowany jest powszechnie do kompresji obrazów.

W pracy zaproponowano próbę podziału informacji zawartej w obrazie na trzy typy:

- 1) najmniej znacząca informacja,
- 2) podstawowa informacja,
- 3) najbardziej znacząca informacja.

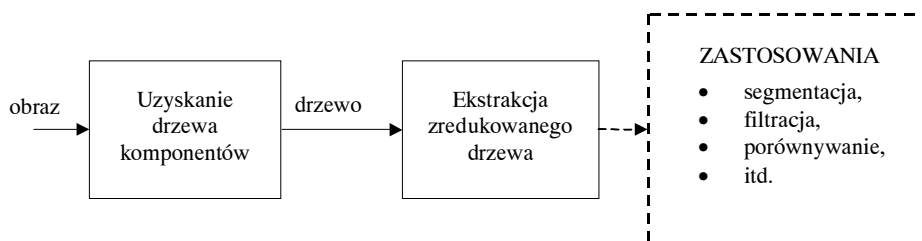
^{*} Katedra Informatyki Stosowanej, Politechnika Łódzka

Dla dokonywania takiego podziału zaproponowano wykorzystanie analizy zredukowanego drzewa komponentów. Schemat przetwarzania obrazów na podstawie zredukowanego drzewa komponentów jest przedstawiony na rysunku 2.

Definiowanie takich typów informacji pozwoli na opracowanie nowego podejścia do podstawowych operacji analizy i przetwarzania obrazów.

2. Drzewo komponentów

Drzewo komponentów jest stosunkowo nową globalną charakterystyką obrazu wykorzystywaną w analizie i przetwarzaniu np. filtracji, segmentacji itp. [1, 2, 6]. Sformułowano ją stosując podejście do obrazu I , jako do mapy topograficznej, gdzie poziomy w skali szarości oznaczają wysokość powierzchni w danym punkcie. Charakterystyka ta ma strukturę drzewa $T(I)$ i pokazuje zależności topologiczne obiektów znajdujących się na obrazie. Elementami drzewa są komponenty, tzn. obszary uzyskane w wyniku przekrojów obrazu na wszystkich poziomach szarości. Drzewo komponentów, które jest niezmiennie ze względu na topologiczne transformacje, zawiera „znaczące” informacje w postaci funkcji numerycznej [4, 5] i jest zwykle wykorzystywane w filtracji i segmentacji obrazu [3]. Nowo zaproponowane podejście może być potężnym narzędziem nie tylko do opisu obrazu, ale także do wykorzystania w innych operacjach przetwarzania (rys. 2).



Rys. 2. Schemat systemu przetwarzania obrazów z użyciem zredukowanego drzewa komponentów

W drzewie wyróżniamy trzy rodzaje komponentów [1, 4]:

- 1) komponent **liść**,
- 2) komponent **węzeł**,
- 3) komponent **łączący**.

Węzły i liście drzewa $T(I)$ reprezentują główne topologiczne szczegóły obrazu I takie jak liczba jednorodnych obszarów i relacje pomiędzy nimi. Natomiast komponenty łączące nie są konieczne do charakteryzowania topologii obrazu. Na ogół drzewo zawiera bardzo dużą liczbę komponentów różnych typów.

Usunięcie komponentów zawartych w drzewie i pozostawienie tych, które odpowiadają najbardziej istotnym obszarom obrazu, stosowane jest to definiowanie pojęcia „najbardziej znaczącej” informacji obrazu. Otrzymane drzewo powinno zawierać niewielką liczbę komponentów i nie powinno posiadać komponentów szumowych. Komponenty zredukowanego drzewa zawierają informacje o wzajemnych relacjach między najważniejszymi obszarami.

Niech $C(I)$ jest zbiorem wszystkich komponentów $T(I)$.

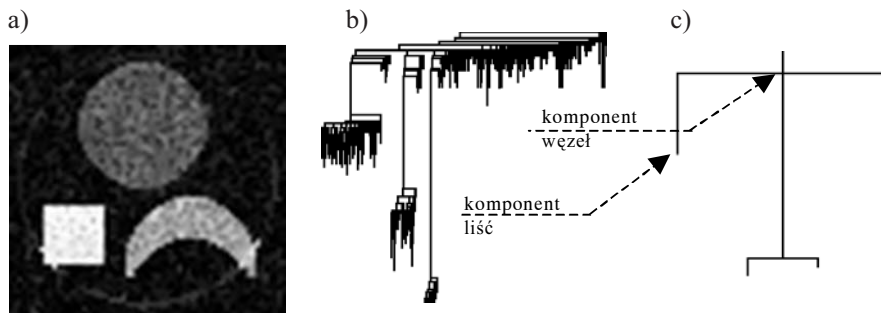
Definicja 1. Pole $s(c)$ komponentu c , $c \in C(I)$ jest zdefiniowane jako liczba pikseli c .

Definicja 2. Wysokość $h(c)$ komponentu $c \in C(I)$ jest długością od danego komponentu do najbardziej odległego w dół liścia. W szczególnym przypadku, gdy cn jest liściem wysokość wynosi 0.

Definicja 3. Zredukowane drzewo komponentu $T_R(I, s_{min}, h_{min})$ jest drzewem komponentów, z którego usunięto każdy komponent $c_i \in C(I)$, którego pole $s(c_i)$ i wysokość $h(c_i)$ są odpowiednio mniejsze od s_{min} i h_{min} , gdzie s_{min} , h_{min} są predefiniowanymi wartościami progów.

Na rysunku 3 przedstawiono obraz (rys. 3a) oraz graficzne reprezentacje jego drzewa komponentów (rys. 3b) i przykładowe zredukowane drzewo komponentów obrazu (rys. 3c).

Więcej informacji na temat zredukowanego drzewa znajdują się w [3, 5].



Rys. 3. Obraz oryginalny (a); drzewo komponentów obrazu (b); przykładowe zredukowane drzewo komponentów obrazu (c)

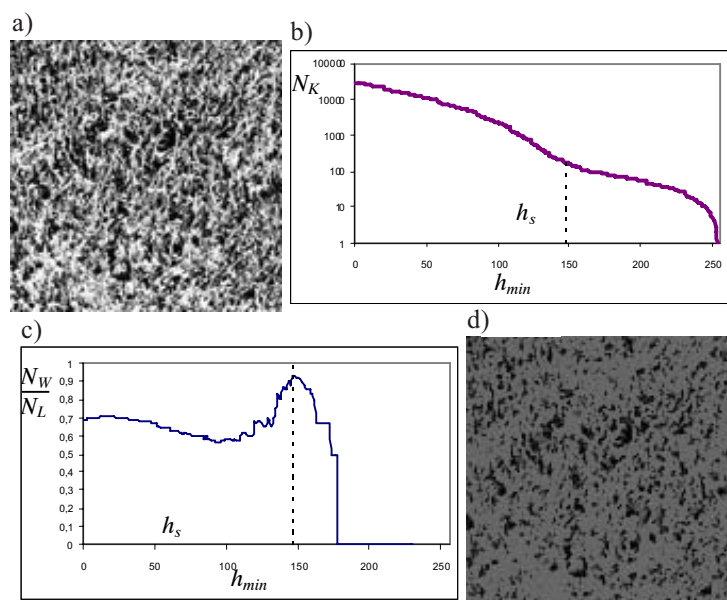
3. Klasyfikacja informacji zawartej w obrazie

Dla definiowania pojęć najbardziej i najmniej znaczącej informacji zawartej w obrazie potrzebne było zbadanie zależności liczby komponentów zredukowanego drzewa jako funkcji minimalnej wysokości gałęzi komponentów h_{min} . Autorzy uważają, że może ona być również jedną z cech do podziału informacji zawartej w obrazie.

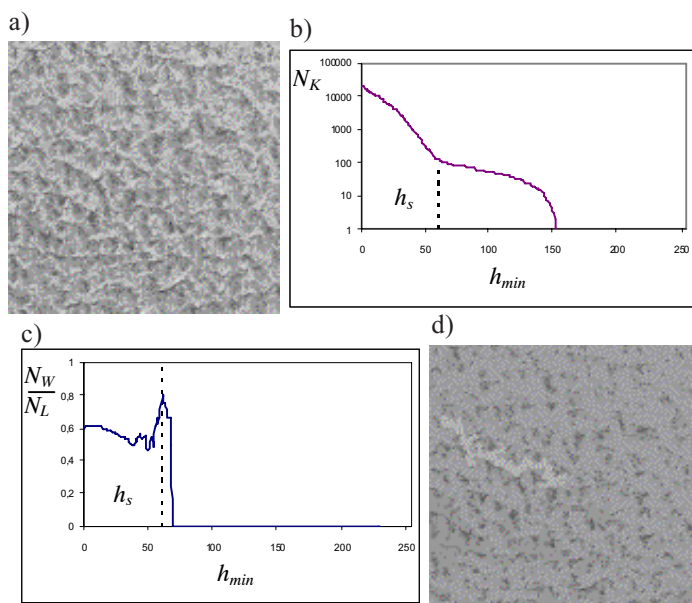
Na rysunkach 4b i 5b pokazano zależności liczby komponentów od parametru h_{min} w skali logarytmicznej dla dwóch obrazów typu tekstura, a na rysunkach 6b i 7b dla obrazów typu ludzie.

Jak widać z wykresu przedstawionego na rysunkach 4b i 5b, przy małych wartościach h_{min} mamy do czynienia z progresywnym spadkiem liczby komponentów w skali logarytmicznej, natomiast dla wykresów z rysunków 6b i 7b ten spadek jest początkowo degresywny.

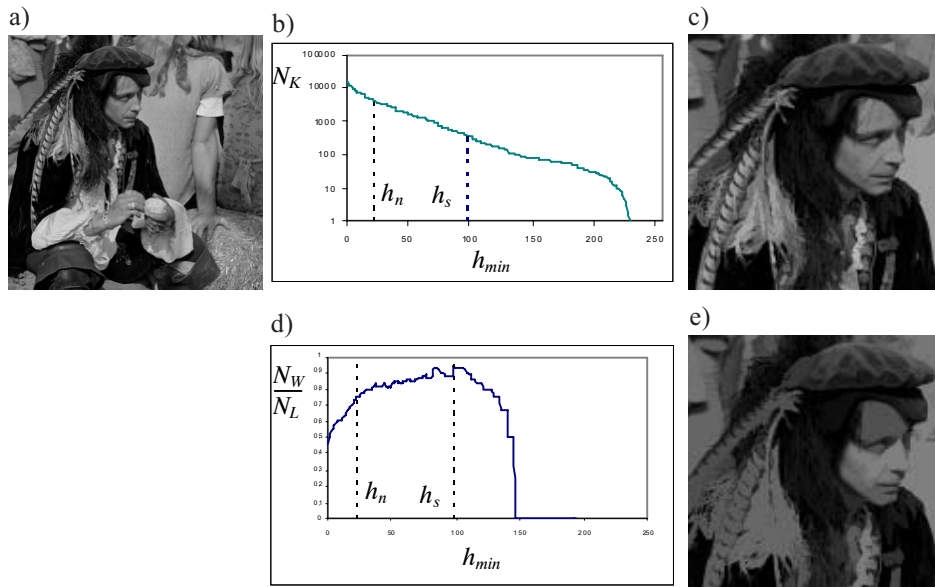
Jak widać, wykresy zależności liczby komponentów od parametru h_{min} posiadają jeden lub kilka punktów charakterystycznych. Jednym z takich punktów jest wartość h_S , powyżej której to spadek liczby komponentów ma progresywny charakter. Ten punkt jest nazwany przez autorów **punktem szkieletu**, ponieważ on wyznacza obszary „najbardziej znaczącej” informacji zawartej w obrazie.



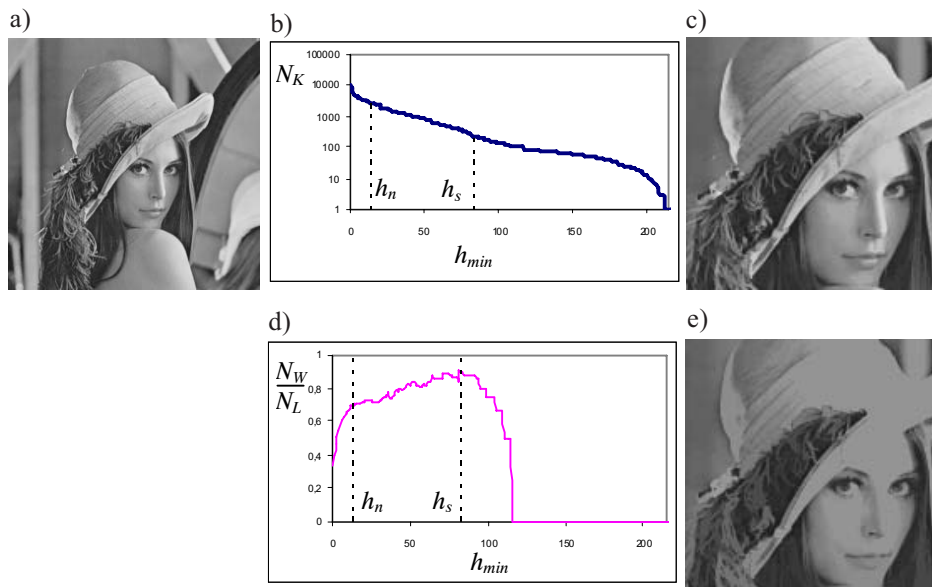
Rys. 4. Obraz oryginalny(a); zależność liczby komponentów w skali logarytmicznej (b); stosunek N_W/N_L (c); obraz odpowiadający „najbardziej znaczącej” informacji (d)



Rys. 5. Obraz oryginalny(a); zależność liczby komponentów w skali logarytmicznej (b); stosunek N_W/N_L (c); obraz odpowiadający „najbardziej znaczącej” informacji (d)



Rys. 6. Obraz oryginalny(a); zależność logarytmiczna liczby komponentów (b); obraz po usunięciu „najmniej znaczącej” informacji (c); stosunek N_W/N_L (d); „najbardziej znacząca” informacja (e)



Rys. 7. Obraz oryginalny(a); zależność logarytmiczna liczby komponentów(b); obraz po usunięciu „najmniej znaczącej” informacji (c); stosunek N_W/N_L (d); „najbardziej znacząca” informacja (e)

W celu detekcji położenia punktu szkieletu i jednocześnie wyjaśnienia zachowania zależności dla wartości $h_{\min} > h_S$, zbadano zmiany stosunku liczby komponentów węzłów drzewa N_W do liczby jego liści N_L (rys. 4c, 5c, 6d, 7d). Wartość takiego współczynnika N_W/N_L jest zależna od struktury i uporządkowania drzewa komponentów. Przy dużych wartościach h_{\min} drzewo zawiera mniej komponentów, a liczba węzłów maleje do zera.

Przyjęto, że punkt szkieletu h_S odpowiada ostatniemu lokalnemu maksimum funkcji współczynnika N_W/N_L od minimalnej wysokości h_{\min} (rys. 4c, 5c, 6d, 7d). Dla wartości $h_{\min} > h_S$ stosunek liczby węzłów do liczby liści jest coraz mniejszy i nierosnąco spada do zera. Wynika to z faktu, że dla wartości h_S drzewo komponentów jest ograniczone tylko do „najbardziej znaczących” obiektów obrazu. Stąd została wybrana nazwa – **punkt szkieletu**.

Dalsza redukcja powoduje usunięcie najistotniejszych komponentów z drzewa. Jego struktura staje się prostsza, co powoduje spadek współczynnika liczby węzłów do liczby liści.

W przypadku kategorii obrazów nieteksturowych analiza tych zależności jest bardziej złożona ze względu na istnienie dodatkowych punktów charakterystycznych w zależności liczby komponentów od parametru h_{\min} . Jednak i tu widać możliwość wykorzystania stosunku komponentów węzłów do liści drzewa – N_W/N_L (rys. 6d i 7d). Dla przykładu degeneracyjny spadek liczby komponentów dla małych wartości h_{\min} związany jest z początkowym gwałtownym wzrostem współczynnika N_W/N_L . Ma to związek z usuwaniem mniej znaczących komponentów obrazu w szczególności komponentów o naturze szumu oraz wskazuje na możliwość zastosowania tej własności redukcji do kompresji i filtracji obrazu.

Na rysunkach 4d, 5d, 6c, e i 7c, e są pokazane fragmenty lub całe obrazy odpowiednio po usunięciu „najmniej znaczącej” informacji (punkt h_n) i zawierające „najbardziej znaczącą” informację w obrazie wyjściowym.

4. Wnioski

Sformułowano i zdefiniowano pojęcie podziału informacji zawartej w obrazie na następujące typy:

- „najmniej znacząca” informacja,
- „najbardziej znacząca” informacja.

Definiowanie takich typów informacji pozwoli na opracowanie nowego podejścia do podstawowych operacji analizy i przetwarzania obrazów. Dla dokonywania takiego podziału zaproponowano wykorzystanie analizy zredukowanego drzewa komponentów.

Automatyczna detekcja punktu szkieletu w procesie redukcji drzewa może być zastosowana do analizy i przetwarzania obrazów, np. do segmentacji oraz do wyszukiwania obrazów w bazie danych, gdyż pozwala ona skoncentrować się na „najbardziej znaczącej” informacji w ujęciu drzewa komponentów obrazu.

Literatura

- [1] Bertrand G., Everat J.C., Couprie M.: *Topological grayscale watershed transformation*. SPIE Vision Geometry VI, 1997, 136–146

-
- [2] Jones R.: *Component tree for image filtering and segmentation*. In: NSIP 1997, Michigan USA
 - [3] Kowalski T., 2004, *Algorytmy przetwarzania obrazów na podstawie analizy drzewa komponentów*. Praca dyplomowa, Politechnika Łódzka 2004
 - [4] Mosorov V., Kowalski T.M.: *The development of Component Tree Structure for Grayscale Image Segmentation*. IEEE: Proceedings of the International Conference TCSET'2002, 2002, Lviv-Slavsk, Ukraine, 252–253
 - [5] Mosorov V., Kowalski T.M.: *Reduced component tree structure for grey-scale images searching*. IEEE: The Seventh International Conference: “The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics”, 2003, Lviv-Slavsk, Ukraine
 - [6] Najman L., Couprie M.: *Quasi-linear component tree*. SPIE Vision Geometry XII, 2004
 - [7] Pratt W.K.: *Digital Image Processing*. New York, Wiley 1978

