

XV Seminarium
ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2005
Oddział Gdański PTETiS

**ZASTOSOWANIE LOGIKI ROZMYTEJ DO IDENTYFIKACJI
OSÓB NA PODSTAWIE CECH TWARZY**

Dominika GUTOWSKA¹, Longin STOLC²

Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk

1. e-mail: gutowska@ely.pg.gda.pl

2. e-mail: lstoc@ely.pg.gda.pl

W artykule zostaną krótko przedstawione metody identyfikacji osób na podstawie zdjęcia twarzy oraz scharakteryzowane założenia do metody pozwalającej na opracowanie algorytmów przetwarzających obraz. Przedstawiony zostanie także algorytm przeszukiwania bazy danych oparty o logikę rozmytą, w którym zaznaczane są punkty charakterystyczne określające położenie cech niezmiennych u osób dorosłych jak środki oczu, środek ust czy też cechy mało zmienne jak np. wysokość czoła.

1. WPROWADZENIE

Wśród wielu metod autoryzacji osób najbezpieczniejsze i najbardziej niezawodne są metody biometryczne. Wybrane cechy fizyczne człowieka są niepowtarzalne i niemożliwe do podrobienia na czas nieokreślony. Zanim jednak przejdziemy do omówienia najbardziej naturalnego biometryka, jakim jest twarz ludzka należy przedstawić dokładne znaczenie słowa *biometria*. Według słownika PWN [1] *biometria* to słowo pochodzenia greckiego oznaczające „dziedzinę nauki zajmującą się zastosowaniem metod statystyki matematycznej w biologii, przede wszystkim do analizy danych liczbowych oraz do testowania modeli matematycznych jak również hipotez dotyczących zmienności organizmów”. W interesującym nas podejściu, *biometria* jest najbezpieczniejszym i najwygodniejszym narzędziem służącym do autoryzacji osób, a metody biometryczne to zautomatyzowane metody identyfikacji osoby w oparciu o jego specyficzne właściwości.

2. PROCES IDENTYFIKACJI NA PODSTAWIE TWARZY

Pomimo wielu dostępnych biometryków najbardziej naturalnym sposobem identyfikacji drugiej osoby jest rozpoznanie jego twarzy. Potrafimy pamiętać, a przede wszystkim

rozpoznawać setki, a nawet tysiące twarzy pomimo upływu czasu, oświetlenia czy kąta patrzenia na daną osobę.

Istnieje wiele metod identyfikacji twarzy na podstawie zdjęcia, a wśród nich [2,3]:

- metoda graficzno opisowa – ekspert indywidualnie zaznacza charakterystyczne elementy na zdjęciu (np. znaki szczególne),
- metoda konturowa – w metodzie tej na zdjęcie porównawcze nakładana jest folia celulozowa z zaznaczonymi konturami pewnych elementów twarzy. Bada się zgodność tych konturów,
- metoda antropometryczna – czyli analiza punktów ściśle określonych. Bada się odległość między punktami (w jednakowej skali) oraz proporcje odcinków łączących punkty,
- metoda pomiaru kątów – polega na mierzeniu kątów pomiędzy poszczególnymi punktami na zdjęciach,
- metoda pomiarowo-porównawcza – polega na porównaniu pomiarów (w milimetrach) poszczególnych elementów twarzy na analizowanych zdjęciach. Porównywane zdjęcia muszą być wykonane w tych samych warunkach,
- metoda montażowa – polega na zestawieniu fragmentów elementów twarzy ze zdjęć „dowodowych” ze zdjęciem porównawczym.

Wymienione wyżej metody pomimo swoich licznych zalet charakteryzują się tym, że prawidłowa identyfikacja zależy od podobnego (w stosunku do zdjęcia znajdującego się w bazie danych) oświetlenia, pozycji czy miny identyfikowanej osoby.

W początkowej fazie rozwoju metod identyfikacji osób na podstawie cech twarzy największym problemem był czas potrzebny do wykonania analizy. Wszystko odbywało się za pomocą kartki papieru oraz pisaka. Wraz z rozwojem techniki czas potrzebny do przeprowadzenia analizy zdjęcia bądź portretu pamięciowego uległ znacznemu zmniejszeniu. Powstało wiele programów komputerowych wykorzystywanych do analizy zdjęcia twarzy, a w rezultacie do jej identyfikacji. Jednym z takich programów jest profesjonalny program komputerowy Mug Match – Phantomas, który umożliwia na podstawie zdjęcia osoby wyszukanie w bazie danych zdjęcia osoby poszukiwanej (oczywiście pod warunkiem, że jej zdjęcie jest zapisane w bazie). Pomimo przynoszących efektów działań opartych na programie Mug Match – Phantomas jest on obciążony wieloma ograniczeniami, do których należą: twarz jest fotografowana en face, fotografie badana i porównywane wykonane muszą być w zbliżonych warunkach (porównywalne aparaty, określona odległość oraz zbliżone oświetlenie obiektów). Opisany program nie pozwala również porównać i szeregować podobieństw w przypadku dużej różnicy w kontraście zdjęć (kolor: czarno-biały, kopia kserograficzna itp.), fotografii wykonanych pod różnymi kątami oraz znacznych różnic w odległości wykonywanych zdjęć.

Do usunięcia przedstawionych powyżej ograniczeń opracowywana jest metoda wzbogacająca omawiany wyżej program identyfikacyjny.

Poniżej zostaną krótko scharakteryzowane założenia do metody pozwalającej na opracowanie algorytmów przetwarzających obraz 2D-3D-2D.

3. PRZETWARZANIE OBRAZU 2D-3D-2D

Zanim przystąpimy do identyfikacji osoby na podstawie zdjęcia jej twarzy należy odpowiednio przygotować posiadane zdjęcie. Pierwszym etapem przygotowań jest prze-

kształcenie obrazu twarzy do postaci fotografii en-face. Na fotografii występować mogą przekształcenia wynikające z (rys. 1):

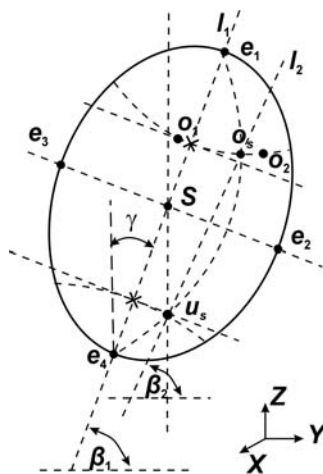
- obrót względem osi poziomej głowy (kątem α),
- obrót obrazu w płaszczyźnie pionowej (kątem γ),
- zmiana kąta nachylenia głowy (kątem β).

Za początkowe przybliżenie przyjęty został model w postaci elipsoidy obrotowej o średnicach określonych przez punkty charakterystyczne e_1 - e_4 . Dodatkowe punkty o_1 , o_2 , o_s , u_s oraz ich przeniesienie na elipsoidę pozwalają na oszacowanie kątów obrotów (rys. 1). Obrótu elipsoidy dokonujemy o kąt β względem punktu podparcia e_4 :

$$\beta = \beta_1 - \beta_2 \quad (1)$$

Następnie dokonuje się kompensacji obrazu w płaszczyźnie poziomej, czyli obrotu elipsoidy względem jej środka o kąt γ , gdzie γ :

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \beta_1 \quad (2)$$

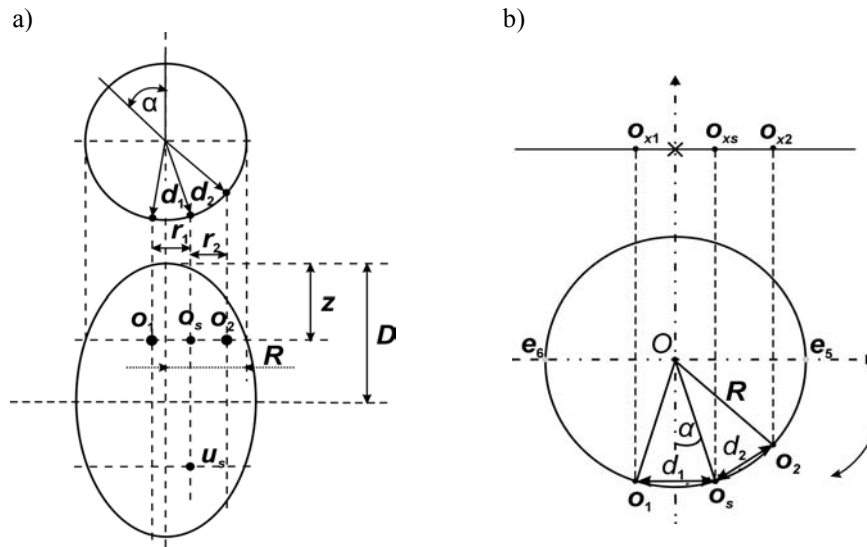


Rys.1. Oznaczenie podstawowych punktów i kątów obrotu twarzy.

Kolejnym etapem transformacji obrazu jest skompensowanie obrotu w płaszczyźnie poziomej o określony kąt α (rys. 2).

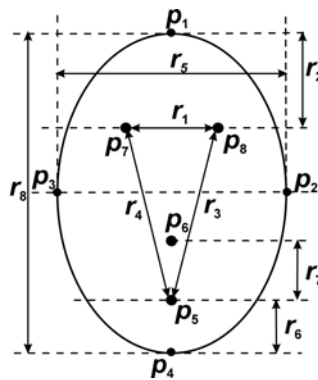
Wykonywany jest rzut obrazu określonego na powierzchni obracanej elipsoidy na płaszczyznę znajdującą się za obracaną bryłą. Rzuty obu środków oczu, oraz środka pomiędzy nimi zaznaczono na rysunku 2b) jako x_1 , x_2 oraz x_s . Z równania na elipsę wyznaczone zostaną punkty e_5 oraz e_6 oznaczające szerokość twarzy na wysokości oczu. Aby uprościć obliczenia przyjmuje się, że połączone punkty o_1O_s oraz o_sO_2 tworzą dwa trójkąty równoramienne o ramionach wyznaczonych przez promień R i podstawach odpowiednio d_1 i d_2 . Jeśli mamy dany punkt o_s , to po dokonaniu obrotu o kąt α $o_s' = 0$ (s' – punkt s w nowym

układzie współrzędnych), zaś w przypadku braku tego punktu, należy obiekt przesunąć o taki kąt α , by w nowym układzie współrzędnych spełnione było $-o'_{x1} = o'_{x2}$.



Rys.2. a) Szacowanie kąta α , b) Rzut obrazu określonego na powierzchni obracanej elipsoidy na wysokości oczu na płaszczyznę znajdującą się za obracaną bryłą.

Po wykonaniu przedstawionych obrotów otrzymujemy postać wynikową (rys.3), która dalej traktowana jest jako obiekt podlegający porównywaniu.



Rys.3. Postać wynikowa twarzy.

4. ALGORYTM PRZESZUKIWANIA BAZY

W etapie identyfikacji rozpatrywany jest obraz powstały po transformacjach podanych w p.3. Obecnie stosowane systemy porównania opierają się głównie na porównaniu cech przypisanych wybranemu obszarowi na twarzy. W przedstawionym w p.2 programie punk-

ty środków oczu i ust wyznaczają zakres siatki rastrowej $N \times M$. Każdemu z poszczególnych podobszarów przypisuje się wartości q_{ij} wynikające z zapisu obrazu. Miarę podobieństwa najczęściej określa się współczynnikiem korelacji (patrz [4, 5]). Metoda ta nie jest jednak odporna na zmiany kontrastów obrazów. Autorzy proponują uzupełnienie istniejących metod w celu maksymalnego uniezależnienia się od kontrastu jak i od wymiarów porównywanych obiektów.

Na nowo powstałym obrazie (rys. 3) zaznaczane są punkty szczególne $p_1 - p_n$. Punkty te określają położenie cech niezmienniczych u osób dorosłych jak środki oczu, środek ust czy też mała zmienne u osób dorosłych jak np. wysokość czoła.

Niech dla obiektu γ w bazie danych porównywanych będą określone punkty charakterystyczne:

$$\forall_{\gamma \in \Gamma} : p_1^\gamma, \dots, p_n^\gamma \quad (3)$$

A na ich podstawie rozmyte odległości pomiędzy punktami r_i, r_j (rys. 3) oraz ich ilorazy (gdzie $r_{ij}^\gamma = r_i^\gamma / r_j^\gamma$) (4).

$$\forall_{\gamma \in \Gamma} : \begin{matrix} & \tilde{r}_1^\gamma & \tilde{r}_2^\gamma & \tilde{r}_3^\gamma & \dots & \tilde{r}_k^\gamma \\ \tilde{r}_1^\gamma & 1 & \tilde{r}_{1,2}^\gamma & \tilde{r}_{1,3}^\gamma & \dots & \tilde{r}_{1,k}^\gamma \\ \tilde{r}_2^\gamma & & 1 & \tilde{r}_{2,3}^\gamma & \dots & \tilde{r}_{2,k}^\gamma \\ \tilde{r}_3^\gamma & & & 1 & \dots & \tilde{r}_{3,k}^\gamma \\ \vdots & & & & \ddots & \vdots \\ \tilde{r}_k^\gamma & & & & & 1 \end{matrix} \quad (4)$$

Dla odległości oraz ilorazów przyjmuje się trójkątne liczby rozmyte i określa:

$r_{i,j,m}^\gamma, \Delta_{i,j,-}^\gamma, \Delta_{i,j,+}^\gamma$ - wartość modalną, rozszerzenie lewo- i prawostronne,

$\mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}^\gamma)$ - funkcja przynależności ilorazu $\tilde{r}_{i,j,m}^\gamma$.

Niech będą określone zbiory $\Lambda_l, l=1, \dots, L$ zawierające indeksy ilorazów odległości w zależności od ich stałości. Ponadto za zbiór początkowy przyjmuje się całą bazę obiektów, z którego eliminowane będą obiekty odstające:

$$\Gamma_0 = \Gamma \quad (5)$$

Proces eliminacji można przedstawić (6) dla $l=0, \dots, L$

$$\exists_{\substack{i,j \in \Lambda_l \\ \gamma \in \Gamma_l}} \mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}^\gamma) = 0 \Rightarrow \Gamma_{l+1} \leftarrow \Gamma_l - \{\gamma\} \quad (6)$$

gdzie $r_{i,j}$ - ilorazy odległości dla obiektu identyfikowanego.

W wyniku otrzymujemy zbiór zredukowany do podzbioru obiektów „podobnych”. Następnie określa się rozmyta miarę podobieństwa np. miarę multiplikatywną:

$$\forall_{\gamma \in \Gamma_O} \lambda_\gamma = \prod_{l=1}^L \prod_{i,j}^{\Lambda_l} \mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}) \quad (7)$$

Po wyznaczeniu miar podobieństwa zbiór Γ_O jest sortowany według wartości tych miar.

5. PODSUMOWANIE

W pracy przyjęto podobnie jak w [6], że niepewność zapisana jest rozmytych odległościach porównywanych obiektów, natomiast parametry porównywanego obrazu traktuje się jako zdeterminowane.

Redukcja zbioru zgodnie z (6) ma na celu eliminację obiektów znacznie odstających. Zredukowany i uporządkowany zbiór zgodnie z (7) podlega dalszemu porównaniu w miarach łączących dotychczasowe algorytmy z udziałem człowieka.

Pierwsze badanie zachowania się algorytmu wskazują na właściwy kierunek prac. Należy jednak dokładniej zbadać błędy wynikające z przyjmowanego elipsoidalnego modelu trójwymiarowego głowy.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1 http://encyklopedia.pwn.pl/8012_1.html.
- 2 www.kryminalistyka.fr.pl
- 3 Gutowska D., Stolc L. (2005) Adaptation of various persons' identification techniques as a solution for security and safety, *Proceedings of the IEEE International Conference on TEHOSS 2005*, s. 571-576.
- 4 Wildes R.P., Asmuth G.L., Hsu S.C., Kolczynski R.J., Matey J.R., McBride S.E. (1996) A machine-vision system for iris recognition. *Machine Applications*, 9.
- 5 Wildes R.P. (1997) Iris recognition: An emerging biometric technology, *Proceedings of the IEEE*, 85(9).
- 6 Stolc L. (1998) Zastosowanie logiki rozmytej do identyfikacji składu pociągu w ruchu, *Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, Automatyka*, z.125, nr 1391, s.112-122.

PERSON'S IDENTIFICATION BASED ON FACIAL FEATURES USING FUZZY LOGIC

In this paper persons' identification methods based on photo are presented. The assumptions of the method permissive on elaborate of image processing algorithms, thanks which possible is searching the possessed database is also characterized. Database searching algorithm based on fuzzy logic is also introduced, in which the special points are marked describing location of characteristic features.