

## Metoda zwiększania poziomu bezpieczeństwa zapewnianego przez system biometrycznej kontroli dostępu

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono koncepcję zwiększenia poziomu bezpieczeństwa obiektu dzięki zastosowaniu identyfikacji biometrycznej. Opracowana metoda to autorska implementacja liniowej analizy dyskryminacyjnej (ang. LDA) na potrzeby identyfikacji tożsamości w oparciu o obraz twarzy. Zaprezentowane w referacie badania zastosowania metody, zostały przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych zbliżonych do warunków rzeczywistych.

**Abstract.** This paper presents a method for increasing the level of technical object security through biometric identification. The developed method is an original implementation of Linear Discriminant Analysis (LDA) for identity identification based on facial image. Presented in the pages of the article method has been tested in laboratory conditions similar to those real ones. (The security increasing level method provided by biometric access control system).

**Słowa kluczowe:** stan bezpieczeństwa, diagnozowanie stanu bezpieczeństwa, biometria twarzy, wiarygodność identyfikacji.

**Keywords:** safety condition, safety condition diagnosing, face recognition, identification reliability, linear discriminant analysis.

### Wstęp

Zasób bezpieczeństwa [1] obiektu zależy w głównej mierze od jakości, funkcjonalności i niezawodności systemów ochronnych. Do systemów tych należą różnego rodzaju układy i urządzenia zabezpieczające – w tym specjalistyczne systemy elektroniczne. O bezpieczeństwie obiektu decyduje nie tylko rodzaj zastosowanego systemu ochronnego, ale także własne właściwości obiektu np. jego podatność na określoną grupę zagrożeń [13,16].

Jednym z powszechniejszych zagrożeń wielu obiektów jest ich podatność na dostęp ze strony osób nieuprawnionych. Przykładem takiego obiektu może być np. kancelaria tajna, zaplecze banku, czy wydzielona strefa bezpieczeństwa w obiekcie ogólnego dostępu.

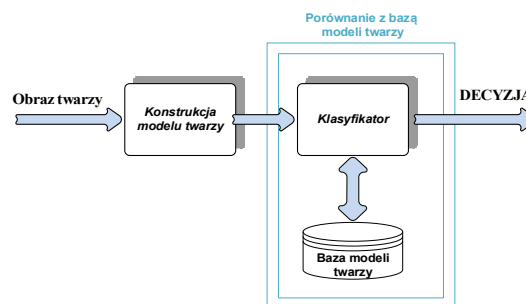
Powszechnie stosowanym sposobem kontroli dostępu do takich miejsc są zabezpieczenia mechaniczne (m.in. zamki, zapory, śluzy itp.). Jednak obecnie dominuje trend, aby dostęp do takich miejsc był udzielany na podstawie uwierzytelnienia elektronicznego. Najczęściej wykorzystywanymi sposobami autentykacji są, w tym przypadku, karty zbliżeniowe lub ręcznie wprowadzany do systemu kod. Rozwiązania te są jednak podatne na ataki, m.in. na nieuprawnione skanowanie kodów kart zbliżeniowych oraz na próby podglądu wprowadzanego na klawiaturze kodu.

Rozwiązaniem zwiększającym bezpieczeństwo takiego systemu jest dodatkowo prowadzona weryfikacja biometryczna. W niniejszym artykule przedstawiono metodę zwiększania poziomu bezpieczeństwa obiektu wykorzystującą identyfikację biometryczną. Opracowana metoda opiera się na autorskiej implementacji liniowej analizy dyskryminacyjnej (ang. Linear Discriminant Analysis LDA) na potrzeby identyfikacji tożsamości w oparciu o obraz twarzy.

### Istota biometrycznej identyfikacji i weryfikacji osób na podstawie obrazu

Opracowany przez zespół autorski system umożliwia identyfikację oraz weryfikację tożsamości osoby na podstawie obrazu twarzy. Automatyczne rozpoznawanie osób obejmuje, w tym przypadku, dwie zasadniczo różniące się procedury: identyfikację oraz weryfikację. Identyfikacja twarzy jest procesem decyzyjnym, polegającym na określeniu tożsamości osoby i wykorzystującym do tego wyłącznie właściwości obrazu twarzy (bez deklarowania przez osobę swojej tożsamości). Osoba identyfikowana staje przed urządzeniem akwizycji obrazu [14], a uzyskany obraz twarzy porównywany jest ze wszystkimi obrazami (wzorcami), które wcześniej zostały zapamiętane w bazie danych systemu. Ostatecznie osoba jest utożsamiana z tym wzorcem z biometrycznej bazy danych, do którego obraz

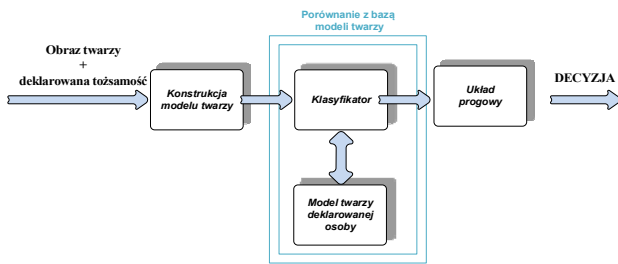
twarzy jest najbardziej podobny (najlepiej dopasowany). Bardzo często identyfikację porównuje się z procesem klasyfikacji nieoznaczonego obrazu twarzy jako należącego do jednego ze zbioru  $N$  osób („1 z  $N$ ”) [4,6]. Mowa tutaj o identyfikacji w tzw. zamkniętym zbiorze osób, czyli zbiorze osób znanych systemowi. Na rysunku 1 przedstawiony jest przykładowy schemat takiego procesu identyfikacji.



Rys.1. Przebieg procesu identyfikacji w zamkniętym zbiorze obrazów

Weryfikacja osób to proces decyzyjny wykorzystujący cechy obrazu twarzy do określenia, czy osoba znajdująca się przed kamerą jest rzeczywiście osobą o zadeklarowanej tożsamości. Wynikiem weryfikacji jest potwierdzenie lub odmowa potwierdzenia deklarowanej przez użytkownika tożsamości. System podejmuje decyzję, że weryfikowana osoba jest tym, za kogo się podaje, gdy istnieje zgodność autentycznego obrazu twarzy (tj. modelu wcześniej zarejestrowanego) i obrazu deklarowanego. Weryfikowana osoba uznawana jest za nieuprawnioną do dostępu i system podejmuje decyzję o negatywnym wyniku weryfikacji, jeśli obrazy twarzy różnią się istotnie. Przebieg procesu weryfikacji pokazano na rysunku 2.

Identyfikacja osób jest zadaniem niewątpliwie bardziej uniwersalnym, ale jednocześnie o wiele trudniejszym niż weryfikacja, ponieważ system musi wybrać tożsamość wyłącznie jednej osoby z bazy, bardzo często zawierającej setki a nawet tysiące modeli twarzy osób. Problem identyfikacji staje się coraz trudniejszy w miarę wzrostu liczby zarejestrowanych osób, gdyż wzrasta liczba modeli obrazów twarzy, a ich rozdzielenie na klasy odpowiadające poszczególnym osobom staje się coraz trudniejsze, ponieważ zbliżone modele mogą się wzajemnie przenikać. Procedura weryfikacji może być w szczególności postrzegana jako specyficzny przypadek procedury identyfikacji (wyłącznie jeden model twarzy w bazie systemu).



Rys.2. Przebieg procesu weryfikacji osób na podstawie obrazu twarzy

### Metoda identyfikacji osób na podstawie obrazu twarzy bazująca na liniowej analizie dyskryminacyjnej

Istnieje szereg metod identyfikacji osób na podstawie obrazu twarzy [2]. Jedną z kategorii tych metod są metody holistycznej analizy obrazu. W odróżnieniu od metod antropometrycznych oraz metod bazujących na rozmieszczeniu punktów charakterystycznych na obrazie twarzy, metody holistyczne zasadę swojego działania opierają na analizie całego obrazu twarzy. Można mówić w tym przypadku również o ekstrakcji cech charakterystycznych na podstawie całościowego obrazu twarzy.

Zasada działania omawianej holistycznej metody została oparta o autorską implementację transformacji PCA (ang. Principal Components Analysis) oraz FLD (ang. Fisher's Linear Discriminant) – liniowy dyskryminator Fisher'a [9]. Idea tego podejścia polega, w uproszczeniu, na takiej transformacji danych, by przestrzenie między sąsiednimi klasami były możliwie jak największe, natomiast odległości między obrazami w obrębie danej klasy – jak najmniejsze.

W pozycji [8] zaprezentowane jest podejście do identyfikacji osób z wykorzystaniem wyłącznie analizy składowych głównych. Rozwiązaniem to ma pewną zaletę: w procesie uczenia algorytmu nie jest wymagana deklaracja klas, do których należą poszczególne rekordy-zdjęcia z bazy. Jednak rozwiązanie to ma podstawowe ograniczenie. W przypadku występowania w bazie danych np. wartości odstających (ang. outliers), proces generacji algorytmu oparty na wzajemnej korelacji danych jest zaburzony. Rozwiązaniem tego problemu jest możliwość sprężenia tej metody z liniową dyskryminacją Fisher'a. Rozwiązanie tego typu często w literaturze nazywane jest metodą Fisher-faces [2, 9], jednak autorzy nie podają jawnie sposobu jej implementacji a prezentowane przez nich wyniki końcowe różnią się w poszczególnych publikacjach, np. [2, 3, 9, 10]. Pierwszym etapem działania opracowanego systemu jest transformacja PCA danych wejściowych. Uogólniając, transformację PCA można wyrazić jako przekształcenie typu:

$$(1) \quad y = Wx$$

Oryginalne deskryptory-wektory  $x$  są transformowane na wektory  $y$ , w taki sposób, że najważniejsza informacja jest skumulowana w kilku pierwszych składnikach wektora  $y$  (potencjalne cechy diagnostyczne). Natomiast macierz  $W$  określana jest na podstawie analizy wartości własnych, zdefiniowanej poniżej macierzy kowariancji  $L$  (3).

Obraz ze zbioru uczącego  $o^{(i)}$  można traktować jako macierz, która po przekształceniu, zamieniana jest na wielowymiarowy wektor (wynik eksperymentu) zapisywany do macierzy danych wejściowych  $X$  (2) [5,11].

$$(2) \quad X = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_1^{(M)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_p^{(1)} & \dots & x_p^{(M)} \end{bmatrix}$$

W tym przypadku  $M$  oznacza numer eksperymentu (liczbę obrazów uczących), natomiast  $p$  długość wektora twarzy, który w przypadku obrazu  $o$  wymiarach

$m \times m$  pikseli ma długość  $m^2$ . Następnym krokiem jest wyznaczenie macierzy kowariancji  $L$  (3):

$$(3) \quad L = \frac{1}{N-1} A \cdot A^T$$

gdzie:  $A$  - macierz uzyskana po odjęciu od każdego wektora kolumnowego  $x^{(i)}$  macierzy  $\bar{x}$  wartości średniej wektora (obrazu średniego) dla całej macierzy danych wejściowych  $X$  (2),

$A^T$  - transponowana macierz  $A$ .

Zjawiskiem niepożądanym przy wyznaczaniu takim sposobem macierzy kowariancji jest znaczna jej objętość (wymiar  $m^2 \times m^2$ ), co pociąga za sobą duże obciążenie sprzętowe oraz znacznie wydłuża czas działania programu. Rozwiązaniem tego problemu jest wyznaczenie pomocniczej macierzy  $C$  (4):

$$(4) \quad C = \frac{1}{N-1} A^T \cdot A$$

Z wyrażenia (4) jednoznacznie wynika, że otrzymana nowa macierz ma wymiary  $N \times N$ , czyli dla 50-elementowego zbioru uczącego jest to wymiar  $50 \times 50$ . Dla tej macierzy wyznacza się wektory oraz wartości własne i szereguje się je w kolejności malejącej (można przy tym pominąć ostatnie, najmniej znaczące wartości ze względu na małą wartość przenoszonej informacji). Można wykazać, że:

$$(5) \quad u_i = A \cdot v_i = \sum_{k=1}^N v_i(k) \cdot (x^{(k)} - \bar{x})$$

gdzie:  $u_i$  -  $i$ -ty wektor własny macierzy kowariancji  $L$ ,  $v_i$  -  $i$ -ty wektor własny pomocniczej macierzy  $C$ .

Warto zauważyć, że przy znacznie zredukowanych obliczeniach istnieje możliwość nieskomplikowanego wyznaczenia wektorów własnych macierzy kowariancji  $L$ .

Uzyskane wektory własne są liniowymi kombinacjami wektorów twarzy po odjęciu wektora obrazu średniego. Po odpowiednich transformacjach możliwe jest uzyskanie z wektora własnego twarzy własnej (tzw. eigenface).

Sens fizyczny twarzy własnych zawiera się w tym, że przy ich pomocy, po uprzednim nałożeniu na obraz średni i przypisaniu im odpowiednich wag, możliwa jest stosunkowo dokładna rekonstrukcja danych wejściowych:

$$(6) \quad o^{(i)} = \sum_{k=1}^{N-1} \omega_k^{(i)} \cdot u_k + \bar{o}$$

gdzie:  $o^{(i)}$  -  $i$ -ta rekonstrukcja danej wejściowej  $\omega_k^{(i)}$  - wynik przekształcenia PCA dla  $k$ -tej oryginalnej danej wejściowej,  $u_k$  -  $k$ -ta wartość własna,  $\bar{o}$  - wektor obrazu twarzy średniej dla danych uczących

Zbiór wektorów  $\omega^{(i)}$  może być interpretowany jako wektor wag, z którymi brane są twarze przy rekonstrukcji obrazu [3,12].

Po przeprowadzeniu transformacji PCA realizowane jest przekształcenie FLD. W tym momencie istotne stają się dane mówiące o przynależności klasowej poszczególnych rekordów w bazie danych. Na tej podstawie wyznaczana jest optymalna macierz  $W$  na podstawie zależności:

$$(7) \quad W_{opt} = \arg \max \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_m]$$

gdzie:  $[w_1 \ w_2 \ \dots \ w_m]$  - zestaw wektorów własnych macierzy,  $S_B$  - macierz międzyklasowa - wyrażenie (9);  $S_W$  - macierz wewnątrzklasowa - wyrażenie (10).

Zależność pomiędzy macierzami  $S_B$  i  $S_W$  prezentuje wyrażenie (8):

$$(8) \quad S_B w_i = \lambda_i S_W w_i$$

gdzie:  $w_i$  -  $i$ -ty wektor własny macierzy  $C$ ,  $\lambda_i$  -  $i$ -ty wartości własne macierzy  $C$ .

Następnie wyznaczone są macierze  $S_B$  oraz  $S_W$ , które wskutek przekształcenia PCA mają zdecydowanie mniejsze wymiary, niż wyznaczone dla przypadku oryginalnych danych wejściowych.

$$(9) \quad S_B = \sum_{i=1}^C N_i \cdot (\mu_i - \bar{X})(\mu_i - \bar{X})^T$$

gdzie: C - ogólna liczba badanych klas,  $N_i$  - liczba próbek w danej klasie,  $\mu_i$  - oznacza obraz średni dla danej klasy;

$$(10) \quad S_W = \sum_{i=1}^C \sum_{x_k \in X} N_i \cdot (x_k - \mu_i)(x_k - \mu_i)^T$$

Dzięki redukcji wymiarów macierzy wejściowej (M x N wymiarów, gdzie M - liczba obrazów zbioru uczącego, N - liczba klas w tymże zbiorze), zapobiega się pojawieniu osobliwej macierzy  $S_W$ .

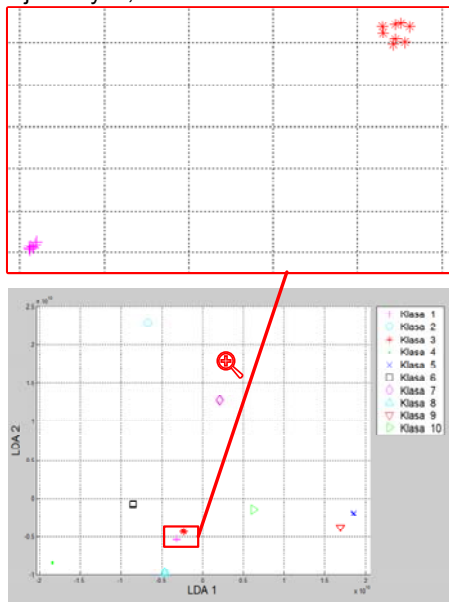
Następnym krokiem jest wyznaczenie C-1 największych wektorów własnych dla macierzy z równań (9) i (10) zgodnie z równaniem (7). Zbiór ten po odpowiednim przekształceniu stanowi zbiór modeli twarzy Fishera, które odpowiadają kierunkom największej separacji obrazów różnych klas, uwzględniając przy tym zmienność obrazów w obrębie pojedynczej klasy.

Reasumując, identyfikowany obraz oraz obrazy ze zbioru uczącego są rzutowane początkowo w M-N wymiarową przestrzeń cech transformacji PCA i następnie w C-1 wymiarową podprzestrzeń, dzięki zastosowaniu transformacji FLD.

Ostatnim krokiem procedury identyfikacji jest rzutowanie analizowanej twarzy na przestrzeń cech. Operacja ta przebiega analogicznie jak dla obrazów z bazy uczącej, w oparciu o zależność:

$$(11) \quad \omega_i = u_i^T (\Gamma - \bar{X})$$

gdzie:  $u_i^T$  - transponowany i-ty wektor własny macierzy kowariancji,  $\Gamma$  - identyfikowany obraz,  $\bar{X}$  - obraz średni dla danych wejściowych,



Rys.3. Wynik rzutowania LDA wektorów twarzy na pierwsze trzy składowe LDA

Ocena zgodności identyfikowanego obrazu z danymi uczącymi może opierać się na porównaniu odległości euklidesowych pomiędzy wektorami wag umieszczonymi w wielowymiarowej przestrzeni cech zobrazowanej na rysunku 3. Obiekty (w przestrzeni twarzy), których obrazy znajdują się najbliżej obrazu wodzącego w określonej klasie można, z dużym prawdopodobieństwem, przypisać do tej klasy.

## Wyniki badań

Istnieje szereg zakłóceń/zaburzeń procesu identyfikacji osób na podstawie obrazu twarzy. Największe komplikacje w przebiegu tego procesu powodują zmienne warunki oświetleniowe oraz obrót twarzy[15]. W tabeli 1 zaprezentowane zostały uproszczone (pominięto czynnik  $1 \times 10^9$ ) wyniki badań, w postaci odległości euklidesowych, wpływu kąta obrotu na poprawność działania metody. Badania przeprowadzono na grupie 20 osób.

Na podstawie zaprezentowanych wyników można stwierdzić, iż zakres kątowy bezbłędnej identyfikacji zawiera się w przedziale +/- 15°, jednak dla zakresu identyfikacji +/- 20° błąd wzrasta jedynie o 2,5 %. Warto nadmienić, iż na 180 przeprowadzonych prób, prezentowany algorytm mylił się tylko 6 razy, co stanowi w przybliżeniu 3,3%.

Na potrzeby badania wpływu zmian poziomów oświetlenia na poprawność procesu identyfikacji przygotowano stanowisko badawcze umożliwiające skokową zmianę natężenia oświetlenia (Tabela 2).

Tabela 1. Wyniki badania wpływu kąta obrotu twarzy na działanie algorytmu (kolorem czerwonym zaznaczono przypadki błędnych wyników identyfikacji)

Numer klasy	Kąt obrotu twarzy [°]								
	-25	-20	-15	-10	0	+10	+15	+20	+25
1	8,4	4,7	1,6	1,7	0,9	1,9	2,6	2,9	6,9
2	6,1	5,2	4,2	2,9	2,9	2,9	5,3	6,0	6,3
3	8,6	6,6	4,5	3,8	2,4	4,7	5,8	5,7	7,5
4	5,8	3,9	2,5	2,2	2,3	4,1	3,3	7,5	7,9
5	8,1	9,6	4,4	4,5	2,1	3,0	7,4	8,0	6,7
6	6,7	7,7	5,1	3,0	2,5	2,9	3,3	6,1	9,2
7	7,6	6,6	6,5	4,9	2,3	2,5	5,1	6,5	7,5
8	4,4	2,9	1,9	2,7	2,5	1,5	3,4	7,4	6,7
9	7,5	9,1	4,5	4,8	3,0	4,8	5,4	5,1	6,3
10	9,5	8,5	6,9	4,3	2,9	5,8	8,1	9,3	9,9
11	7,3	6,3	3,5	3,3	2,0	2,1	3,1	5,7	8,9
12	8,1	7,2	3,8	2,4	2,5	2,6	7,3	6,2	11,0
13	5,9	6,3	4,2	5,1	3,3	4,1	3,6	6,8	9,0
14	7,6	5,9	6,2	3,3	3,5	4,0	4,3	4,9	4,9
15	7,1	5,4	4,4	4,4	3,1	4,2	5,3	6,3	7,5
16	7,1	6,5	5,0	3,6	5,7	3,4	4,6	8,1	4,3
17	7,9	5,8	3,5	3,0	3,0	3,1	4,2	9,4	10,0
18	9,8	8,8	6,4	4,0	2,9	3,0	6,2	8,5	9,7
19	6,2	3,7	2,6	1,9	1,8	1,4	4,3	5,1	5,5
20	6,0	4,7	3,0	2,2	1,4	2,4	4,2	8,4	7,9
Srednia odległość euklidesowa	7,3	6,3	4,3	3,4	2,7	3,3	4,9	6,7	7,7
Błąd [%]	15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	10,0

Tabela 2. Rozkład natężenia oświetlenia w komorze bezcieniowej

Kierunek padania światła	Poziom oświetlenia [lx]			
	1	2	3	4 - oświetlenie biurowe
90° prawo	650	440	200	105
En face	1080	700	350	105
90° lewo	680	450	210	95

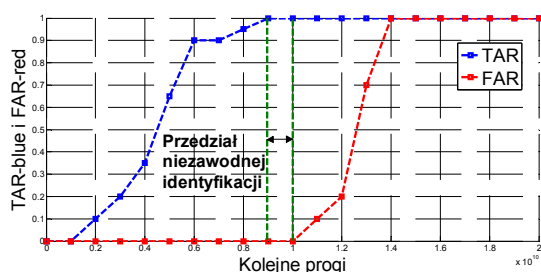
W procesie uczenia algorytmu identyfikacji przy zmiennym oświetleniu, wykorzystano te same obrazy twarzy, które wykorzystano do badania ww. wpływu kąta obrotu na poprawność procesu identyfikacji. Wykonano po dwa zdjęcia dla każdej klasy. Aby wyeliminować błąd związany z obrotem twarzy, obrazy tworzone w warunkach bezbłędnej identyfikacji kątowej. Dodatkowo drugie ze zdjęć dla każdej osoby zostało wykonane w zmienionej mimice twarzy (uśmiejch). Umożliwiło to dodatkową ocenę poprawności działania opracowanej metody w przypadku naturalnych zmian emocjonalnych. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawia Tabela 3.

Tabela 3. Wyniki badania poprawności identyfikacji dla zmiennego oświetlenia (kolorem czerwonym zaznaczono przypadki błędnych wyników identyfikacji)

Numer osoby	Poziom oświetlenia											
	1			2 (odniesienia)			3			4 (oświetlenie biurowe)		
	1	2	Średnia	1	2	Średnia	1	2	Średnia	1	2	Średnia
1	1,2	4,4	2,8	0,7	4,0	2,3	0,8	4,0	2,4	2,4	3,9	3,1
2	1,8	3,3	2,6	1,4	3,9	2,6	1,4	3,9	2,7	6,6	8,7	7,7
3	2,2	2,2	2,2	2,4	2,7	2,6	2,4	2,4	2,4	6,4	6,9	6,7
4	2,3	3,7	3,0	2,0	4,8	3,4	1,8	4,8	3,3	6,2	7,8	7,0
5	2,6	4,5	3,6	4,1	3,5	3,8	2,1	3,1	2,6	4,5	5,7	5,1
6	2,6	5,4	4,0	2,4	5,9	4,1	2,6	6,0	4,3	5,6	7,3	6,5
7	2,2	2,2	2,2	2,0	2,1	2,1	1,5	3,5	2,5	4,8	4,9	4,9
8	1,6	1,5	1,6	1,2	1,1	1,2	1,4	1,8	1,6	3,3	3,2	3,3
9	2,0	4,3	3,2	1,1	4,2	2,7	1,8	3,4	2,6	3,8	5,6	4,7
10	2,4	3,6	3,0	2,4	3,1	2,8	2,1	3,7	2,9	5,4	7,2	6,3
11	1,9	1,8	1,8	1,9	3,8	2,8	2,5	3,0	2,7	3,5	4,7	4,1
12	2,1	3,4	2,7	1,9	3,9	2,9	2,0	4,0	3,0	3,6	5,5	4,6
13	1,7	6,2	3,9	1,9	5,1	3,5	2,1	4,7	3,4	8,0	8,9	8,5
14	2,3	2,5	2,4	2,5	2,2	2,3	2,5	1,8	2,1	2,9	3,1	3,0
15	1,8	3,7	2,7	1,7	2,6	2,2	1,7	2,9	2,3	5,7	6,1	5,9
16	2,9	4,8	3,9	2,1	2,6	2,4	2,6	4,3	3,5	5,7	5,6	5,7
17	3,0	5,3	4,1	2,4	5,4	3,9	3,0	4,4	3,7	6,0	8,8	7,4
18	2,2	2,8	2,5	2,1	3,2	2,7	1,4	3,6	2,5	7,8	7,8	7,8
19	1,4	2,6	2,0	1,4	2,2	1,8	0,9	4,0	2,5	2,5	3,8	3,1
20	4,9	3,2	4,0	2,7	2,7	2,7	2,3	3,7	3,0	4,8	5,9	5,4
Średnia odległość euklidesowa	2,9			2,7			2,8			5,5		

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż dla przypadku zgodności mimiki identyfikowanej osoby z szablonem znajdującym się w bazie danych identyfikacja jest bezbłędna. Przy braku zgodności mimiki oraz istotnej różnicy w oświetleniu, błąd zawiera się w przedziale 5-10%. Natomiast średnia wartość błędu identyfikacji dla przeprowadzonych 160 prób wynosi 2,5%.

Dodatkowo, na rysunku 4 zaprezentowane są wyniki badania systemu dla przypadku poszerzonej testowej bazy danych o 10 rekordów spoza bazy uczącej. Wyniki zostały zaprezentowane w postaci charakterystyk TAR (True Accept Rate) oraz FAR (False Accept Rate). Na rysunku zaznaczony został przedział niezawodnej identyfikacji.



Rys.4. Wynik działania metody zaprezentowane w postaci krzywych TAR oraz FAR

### Podsumowanie

Zaprezentowana metoda została przebadana w warunkach laboratoryjnych zbliżonych do warunków rzeczywistych. Poziom błędów popełnianych przez opracowany algorytm identyfikacji w zasadzie ogranicza zastosowanie tej metody do przypadku, gdy dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa systemu dopuszczalna jest dodatkowa weryfikacja tożsamości.

Szczególnie optymistycznie prezentują się wyniki działania metody dla zmiennych warunków oświetleniowych, gdzie w przypadku zgodności mimiki i kąta obrotu nie zanotowano błędnego działania metody. W porównaniu do metody zaprezentowanej w artykule [8] uzyskano rozszerzenie kąтового zakresu bezbłędnej identyfikacji o 5°.

Tego typu rozwiązanie z pewnością może być stosowane jako narzędzie uzupełniające kontrolę dostępu do obiektu. Jednym ze sposobów na rozwiązanie ewentualnego problemu błędów fałszywego odrzucenia lub fałszywej akceptacji może być przeprowadzanie wielokrotnej weryfikacji biometrycznej. Przypadek ten został szczegółowiej omówiony w artykułach [1, 7].

### LITERATURA

- [1] Wiśnios M., Dąbrowski T., Bednarek M., Badania weryfikacyjne metody rozpoznawania twarzy, *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, nr 4/2013, 205-218
- [2] Ruud M. Bolle, Jonathan H. Connell, Sharath Panakanti, Nalini K. Ratha, Andrew W. Senior, *Biometria*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2008
- [3] Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu rozwojowego PBR 574/2010 „Multibiometryczny system identyfikacji osób do przeciwdziałania zagrożeniom terrorystycznym”. WAT 2012.
- [4] Jakubowski J.: An assessment of the local descriptors of images for the needs of face recognition system, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 88 no 9a/2012, s. 217-221
- [5] Osowski S., Sikorska-Łukasiewicz K., PCA transformation and Support Vector Machine for recognition of the noisy images, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 88, no 3a/2012, pp.4-6
- [6] Pacan J., Jakubowski J., Wiśnios M., Zastosowanie transformacji SIFT w identyfikacji na podstawie obrazów termalnych twarzy, *Technika Transportu Szynowego*, nr 9/2012, s. 1899-1908
- [7] Wiśnios M., Dąbrowski T., Bednarek M.: Analiza wiarygodności identyfikacji multibiometrycznej typu „odciski palców”. *Problemy Eksploatacji (Credibility analysis of a multi-biometric identification system for fingerprints. Maintenance Problems)*, vol. 2/2013, ss. 105-115
- [8] Dąbrowski T., Wiśnios M.: Koncepcja pokładowego systemu monitoringu kierowcy, *Logistyka* 3/2015
- [9] Hae-Min Moon, Dongjin Choi, Pankoo Kim, Sung Bum Pan, LDA-based Face Recognition using Multiple Distance Training Face Images with Low User Cooperation, *Consumer Electronics ICCE, IEEE Int. Conference on, Las Vegas 2015*
- [10] Verma, T., Sahu, R.K.: PCA-LDA based face recognition system & results comparison by various classification techniques, *Green High Performance Computing (ICGHPC), 2013 IEEE International Conference on, Nagercoil 2013*
- [11] Osowski S., *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006
- [12] Dobrowolski A. P., Jakubowski J., Majda E., Pacan J., Wiśnios M., *Przetwarzanie wybranych danych biometrycznych na potrzeby identyfikacji tożsamości*, w: *Badanie i wnioskowanie diagnostyczne - wybrane zagadnienia*, pod redakcją naukową T. Dąbrowskiego, WAT, 2013, s. 51-98
- [13] Radziejewski R., Siudański S., *Ochrona osób i mienia*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2013
- [14] Wiśnios M., Dąbrowski T., *Review of Selected Techniques and Measures Affecting the Reliability of Face Image Acquisition Systems*, *Journal of KONBiN*. Volume 29, Issue 1, 49-58,
- [15] Wiśnios M., Dąbrowski T., Bednarek M., Wpływ czynników środowiskowych na proces identyfikacji osób w oparciu o obraz twarzy, *Pomiary Automatyka Kontrola (PAK)*, ss. 784-787, vol. 60, 9/2014
- [16] Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A., Evaluation of safety of highway CCTV system's maintenance process, *Communications in Computer and Information Science 2014*, 471, pp. 69-79

**Autorzy:** mgr inż. Michał Wiśnios, dr hab. inż. Tadeusz Dąbrowski, prof. WAT, *Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki*, E-mail: [tdabrowski@wat.edu.pl](mailto:tdabrowski@wat.edu.pl), [michal.wisnios@wat.edu.pl](mailto:michal.wisnios@wat.edu.pl), dr inż. Marcin Bednarek, *Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Informatyki i Automatyki*, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, E-mail: [bednarek@prz.rzeszow.pl](mailto:bednarek@prz.rzeszow.pl)