Janusz KOWALSKI, Jakub PĘKSIŃSKI, Grzegorz MIKOŁAJCZAK

IDENTYFIKACJA UŻYTKOWNIKA NA PODSTAWIE ANALIZY CYFROWEJ REPREZENTACJI ODCISKU PALCA

Streszczenie

W pracy zaprezentowano miarę jakości przetwarzanych obrazów cyfrowych jaką jest Universal Quality Image Index Q. Wskaźnik ten wykorzystano w procesie identyfikacji odcisków palców. Jednocześnie wskazano na możliwość jego zastosowania w procesie dopasowania danych. Ma to istotne znaczenie, gdyż pozyskanie bieżącego odcisku palca w celu identyfikacji, jeżeli nie zostanie zeskanowany w taki sam sposób jak w przypadku pozyskiwania bazy danych, może prowadzić do błędów w procesie identyfikacji. Przedstawione wyniki testów potwierdziły, że zastosowanie wskaźnika Q do znajdowania przesunięcia i kąta obrotu, w celu dopasowania danych daje pozytywne rezultaty

WSTĘP

Od niepamiętnych czasów ludzie starali się stworzyć metody, które pozwolą w sposób jednoznaczny i nie budzący żadnych wątpliwości, na podstawie pewnych cech charakterystycznych, zidentyfikować daną osobę. Identyfikację taką można dokonać stosując wiele różnych technik. Stosowane obecnie techniki identyfikacji możemy podzielić na trzy podstawowe grupy [1,2]: Techniki identyfikacyjne wykorzystujące od swojego działania wiedzę danej osoby np., hasła; Metody oparte na elektronicznych identyfikatorach, np. karty magnetyczne; Techniki identyfikacyjne wykorzystujące do swojego działania porównanie pewnych niepowtarzalnych cech jakie posiada każda osoba np. odcisk palca. Do pierwszej grupy zalicza się wszystkie techniki identyfikacyjne, które wykorzystują ciąg znaków alfa numerycznych takich jak: hasła, kody PIN itp. Do grupy drugiej zalicza się metody wykorzystujące urządzenia elektroniczne typu karty magnetyczne itp. Do trzeciej grupy zalicza się techniki identyfikacyjne, które wykorzystują analizę cech biologicznych danego osobnika, tzw. parametrów biometrycznych. Techniki biometryczne opierają swoje działanie, na analizie unikatowych cech posiadanych przez każdą osobę. Do podstawowych technik biometrycznych zalicza się badanie [3]: odcisków palców; geometrii dłoni; geometrii twarzy; siatkówki oka; tęczówki oka; DNA. Obecnie popularną i bardzo często stosowaną metodą analizy biometrycznej jest porównywanie odcisków palców. Każdy człowiek posiada unikalny wzór linii papilarnej. Wzór ten składa się z określonych niepowtarzalnych elementów takich jak [4]: miniuncję; układ linii papilarnych; rozmieszczenie porów; kształt porów; kształt krawędzi linii.

Głównym zadaniem jakie stawia się systemowi identyfikacji jest poprawne odczytanie tych charakterystycznych cech danego człowieka - przetworzenie ich na postać cyfrową, a następnie porównanie otrzymanej reprezentacji cyfrowej z przechowywanym biometrycznym wzorcem danej osoby. Tworząc system biometryczny należy podjąć decyzję jaką cechę będzie się wykorzystywać jako identyfikator biometryczny. Wybrana cecha musi spełniać następujące warunki [5, 6]: Uniwersalność – którą posiada każdy człowiek; niepowtarzalność - dowolnych dwoje ludzi daje się rozróżnić jednoznacznie za pomocą wybranej; niezmienność – cecha ta nie zmienia się wraz z upływem czasu; łatwość pozyskiwania – cechę tą daje się łatwo zmierzyć i przekształcić na postać cyfrową. Za cel artykułu autorzy postawili sobie opracowanie metody poprawnej identyfikacji użytkownika na podstawie analizy jego odcisku palców. Do osiągnięcia tego celu autorzy artykułu wykorzystali popularne metody i algorytmy stosowane powszechnie w cyfrowej analizie i przetwarzaniu obrazu.

Dziedzina nauki zajmująca się zagadnieniami cyfrowego przetwarzania obrazów obejmuje swoim zakresem szereg zagadnień począwszy od procesu rejestracji obrazu cyfrowego, poprzez jego obróbkę, analizę i archiwizowanie a skończywszy na wyświetleniu go na ekranie monitora, telefonu itp. [7, 8].

W skład bardzo szerokiej grupy zagadnień, które swoim zakresem obejmują cyfrowe przetwarzanie obrazu, wchodzą zagadnienia związane z: oceną jakości obrazu cyfrowego, przekształceniami geometrycznymi na obrazie, które zalicza się do grupy tzw. przekształceń punktowych.

Autorzy artykułu zwrócili uwagę na dwa w/w typy zagadnień, z tego względu, że do osiągnięcia zamierzonego celu, jakim jest identyfikacja osoby na podstawie jej odcisku palców, została wykorzystana, popularna miara służąca do oceny jakości obrazów cyfrowych jaką jest Universal Quality Image Index Q [9] opisana zależnością:

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)} \tag{1}$$

Wartość wskazania miary **Q** jest zależna od trzech współczynników: Korelacji; luminacji; kontrastu;

Oprócz tego w celu uniezależnienia się od błędów dopasowania danych wykorzystano, znane i szeroko stosowane operacje wykonywane na obrazach cyfrowych do jakich zalicza się:

- Przesunięcia (translację) – opisane zależnością:

$$x_n = x_0 + 1;\ y_n = y_0 + 1 \tag{2}$$

gdzie: x_0, y_0 - stara współrzędna obrazu; x_n, y_n - nowa współrzędna obrazu.

- Obroty obrazu o pewien kąt – opisane są zależnością:

$$\begin{aligned} x_n &= A + (x_1 - A)\cdot\cos(\alpha) - (y_1 - B) \\ &\quad \cdot \sin(\alpha) \\ y_n &= B + (x_1 - A)\cdot\sin(\alpha) - (y_1 - B) \\ &\quad \cdot \cos(\alpha) \end{aligned} \tag{3}$$

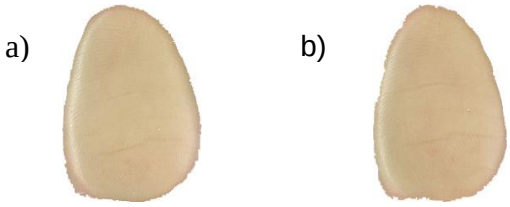
gdzie: x_0, y_0 - stara współrzędna obrazu; x_n, y_n - nowa współrzędna obrazu; A,B – oś obrotu; α - kąt obrotu.

1. ZASTOSOWANIE WSKAZANIA Q W ANLIZIE ODCISKU PALCA

W celu wykazania możliwość zastosowania wskazania miary **Q** w procesie identyfikacji odcisków palców użytkowników przedstawiono poniższe przykłady, który ilustruje skuteczność wskazania miary **Q** w procesie identyfikacji użytkownika na podstawie jego odcisku palca.

Wszystkie zdjęcia odcisków palca wykonano popularnym urządzeniem wielofunkcyjnym HP DeskJet Ink Advantage z rozdzielczością 200 dpi.

Przykład 1. Na rysunku 1. Przedstawiono cyfrową reprezentację odcisku palca tej samej osoby uzyskaną urządzeniem wielofunkcyjnym HP DeskJet Ink Advantage z rozdzielczością 200 dpi. Odcisk przedstawiony na rysunku 1a stanowi wzorzec odniesienia zapisany w bazie.



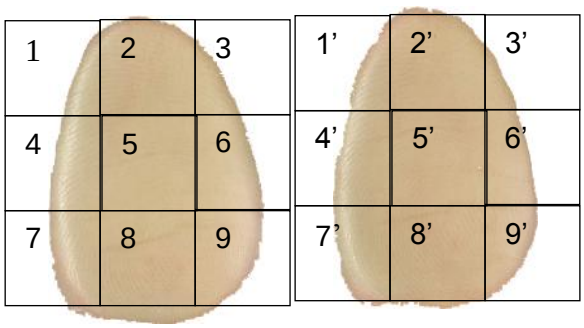
***Rys. 1** Cyfrowy obraz odcisku palca uzyskany za pomocą skanera z rozdzielczością 200 dpi*

Pierwszy sposób porównania cyfrowych reprezentacji odcisków palców za pomocą miary jakości Q polega na porywaniu całościowym dwóch reprezentacji odcisku palca 1a i 1b. W tabel 1 przedstawiono przykładowe wyniki wskazania miary **Q** wykonane dla różnych użytkowników.

***Tab. 1.** Wyniki wskazania miary Q dla porównania całościowego, a – wzorce odniesienia zapisane w bazie b - obrazy pobierane;*

Odciski	Odciski tej samej osoby	Wskazanie Q
Para 1a i 1b	Tak	0.971
Para 2a i 2b	Tak	0.863
Para 3a i 3b	Tak	0.875
Para 3a i 3b	Tak	0.952
Para 4a i 4b	Tak	0.958
Para 5a i 5b	Tak	0.878
Para 6a i 6b	Nie	0.221
Para 7a i 7b	Nie	0.275
Para 8a i 8b	Nie	0.197
Para 9a i 9b	Nie	0.211
Para 10 a i 10b	Nie	0.131

Jak widać z wyników przedstawionych w tabeli nr 1 wskazanie miary **Q** potwierdza swoją skuteczność identyfikacji użytkownika na podstawie cyfrowego zdjęcia jego odcisku palca.



***Rys. 2** Cyfrowy obraz odcisku palca uzyskany za pomocą skanera z rozdzielczością 200 dpi – podzielone na segmenty*

Przykładowe wyniki badań przedstawiono w tabelach 2 i 3. Wskazanie miary **Q** dla przypadków gdzie odciski należą do tej samej osoby jest wyraźnie duże i mieści się w granicach od 0.863 – 0.981. Dla przypadków gdzie odciski należały do dwóch różnych osób wskazanie miary jest wyraźnie małe i mieści się w granicach od 0.131 do 0.397.

Tab. 2. Wyniki wskazania miary Q dla porównia poszczególnych segmentów dla tej samej osoby

Odciski	Odciski tej samej osoby	Wskazanie Q
Para 1a i 1b	Segment 1-1'	0.931
	Segment 2-2'	0.946
	Segment 3-3'	0.924
	Segment 4-4'	0.948
	Segment 5-5'	0.981
	Segment 6-6'	0.979
	Segment 7-7'	0.958
	Segment 8 – 8'	0.965
	Segment 9-9'	0.957
	Średnia wskazania	0,954

Drugi sposób tzw. cząstkowy polega na porównaniu za pomocą wskazania miary **Q** poszczególnych par segmentów. Obie reprezentacje 1a i 1b zostały podzielone na segmenty 1 - 9 i 1' - 9' w taki sposób, że każdemu segmentowi z obrazu 1a przypisany jest dokładnie taki sam i położony dokładnie w tym samym miejscu na płaszczyźnie X i Y segment na obrazie 1b. W ten sposób otrzymujemy 9 par segmentów 1-1', 2-2',..., 9-9'.

***Tab. 3.** Wyniki wskazania miary Q dla porównania poszczególnych segmentów dla dwóch różnych osób*

Odciski	Odciski tej samej osoby	Wskazanie Q
Para 10a i 10b	Segment 1-1'	0.138
	Segment 2-2'	0.159
	Segment 3-3'	0.111
	Segment 4-4'	0.176
	Segment 5-5'	0.211
	Segment 6-6'	0.172
	Segment 7-7'	0.132
	Segment 8 – 8'	0.104
	Segment 9-9'	0.091
	Średnia wskazania	0,143

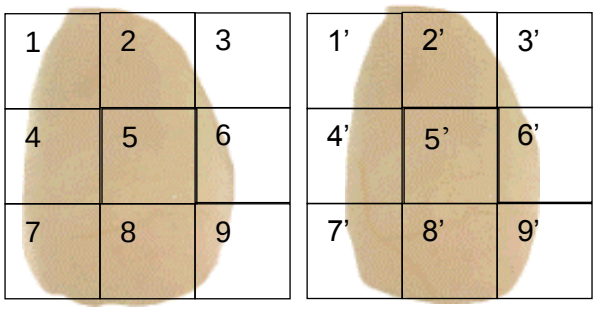
Jak można zaobserwować z analizy wyników przedstawiony w tabelach 2 i 3 wskazanie miary Q dla tzw. metody cząstkowej skorelowało się z wynikami uzyskanymi przy wskazaniem całościowym przedstawionym w tabeli 1. Widać tutaj, że poszczególne wskazania uzyskane dla segmentów były różne w zależności od segmentu w którym je wykonywano, jednak wartość średniego wskazanie nie odbiega znacząco od wskazania całościowego.

- Para obrazów 1a i 1b wskazanie Q=0.971 – sposób całościowy
- Para obrazów 1a i 1b wskazanie średnie Q=0954 – sposób cząstkowy

W metodzie tzw. cząstkowej można zauważyć, że środkowe segmenty mają tj. 5-5' mają zawsze najwyższą wartość wskazania.

Oba sposoby przedstawione w przykładzie 1 potwierdziły skuteczność i możliwość zastosowania wskazania miary Q w systemach identyfikacji użytkownika na podstawie porównania cyfrowego zdjęcia jego odcisku palca. Jednak autorzy artykuły sugerują stosowania sposobu drugiego tzw. cząstkowego. Zaletę tego rozwiązania przedstawia przykład 2.

Przykład 2. Na rysunku numer 3, przedstawiono tak samo jak w przykładzie pierwszym cyfrową reprezentację odcisku palca. Różnicą jest tutaj, że odcisk przedstawiony na rysunku 2b posiada skazę a wzorzec zapisany w bazie jej nie posiada.



***Rys. 3** Cyfrowy obraz odcisku palca uzyskany za pomocą skanera z rozdzielczością 200 dpi z blizną*

Dokonując porównania całościowego otrzymaliśmy wskazanie miary wynoszące: **Q=0.493**

Wskazanie takie świadczyło by, że odciski palca należą do dwóch różnych osób. Co jest nie prawdą. Dokonując porównania cząstkowego otrzymujemy następujące wskazania miary dla poszczególnych segmentów przedstawione w tabeli 4.

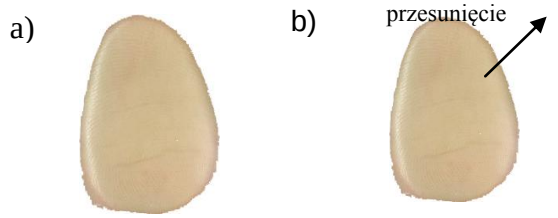
***Tab. 4**. Wyniki wskazania miary Q dla porównania poszczególnych segmentów odcisk z blizną*

Odciski	Odciski tej samej osoby	Wskazanie Q
	Segment 1-1'	0.902
	Segment 2-2'	0.915
	Segment 3-3'	0.888
	Segment 4-4'	0.332
	Segment 5-5'	0.971
	Segment 6-6'	0.872
	Segment 7-7'	0.132
	Segment 8 – 8'	0.104
	Segment 9-9'	0.891
	Średnia wskazania	**0,667**

Jak widać ze wskazań przedstawiony w tabeli 4, w segmentach obejmujących swoim obszarem bliznę (4,7,8) wskazanie miary **Q** było wyraźnie małe (co mogłoby by świadczyć o różnych osobach), w pozostałych segmentach było duże. Dzięki takiemu rozwiązaniu i zastosowaniu się odpowiedniej ilość segmentów, można z dużą dokładnością zidentyfikować daną osobę nawet jeżeli będzie ona miała bliznę na palcu, która powstała znacznie później niż wzorzec umieszczony w bazie.

Powyższe przykłady potwierdził skuteczność miary **Q**, której właściwości porównawczą z powodzeniem można zastosować w systemach identyfikacji odcisków palca. Jednak zastosowana miara **Q** ma jedną zasadniczą wadę, która ma istotny wpływ na wartość jej wskazania - mianowicie wskazanie miary **Q** jest silnie zależne od przesunięcia. Zależność tę przedstawiono w przykładzie 3.

Przykład 3. Na rysunku numer 4 przedstawiono tak samo jak w przykładzie 1 i 2 cyfrową reprezentację odcisku palca. Z tą różnicą, że odcisk z rysunku 3b jest przesunięty na płaszczyźnie skanującej względem odcisku 4a.



***Rys. 4** Cyfrowy obraz odcisku palca uzyskany za pomocą skanera z rozdzielczością 200 dpi - 4b przesunięty na płaszczyźnie skanującej*

To niewielkie przesunięcie ma istotny wpływ na wynik wskazanie miary **Q**. W tabeli 5 przedstawiono wyniki wpływu przesunięcie między reprezentacjami odcisku palca na wskazanie miary **Q** zarówno dla porównania całościowego i cząstkowego. Badania przeprowadzono dla odcisków należących do tej samej osoby. Dla zilustrowania problemu przesunięcie zostało wymuszono sztucznie.

Analizując wyniki przedstawione w tabeli 5, w można stwierdzić, że niewielkie przesuniecie między obrazami ma istotny wpływ na wartość wskazanie miary **Q** wpływający bardzo na końcowy wyniki oceny prowadząc do błędnej identyfikacji. Dlatego aby wskazanie miary **Q** było skuteczne i nie obarczone błędem wynikającym z braku synchronizacji, konieczne jest odpowiednie przygotowanie obrazów reprezentujących odcisk palca. W tym celu należy zastosować skuteczną metodę synchronizacji obrazów zarówno uwzględniającą przesunięcie w płaszczyźnie X i Y oraz uwzględniającą obrót między obrazami. W tym celu autorzy artykułu zastosowali typowe operacje stosowane na obrazach cyfrowych opisane wzorami 2 i 3 oraz wykorzystali negatywną zależność wskazania miary **Q** od przesunięcia, o którym pisano w przykładzie 3, a która tutaj zostanie wykorzystana do znalezienie wartości tego przesunięcia.

***Tab. 5**. Wyniki wskazania miary Q dla porównania poszczególnych segmentów i całościowym przy przesunięciu*

Odciski	Przesunięcie		Segmenty	Q w segmentach	Q całościowe
	X	Y			
Para 1a i 1b	-1	0	Segment 1-1'	0.632	0.697
			Segment 2-2'	0.656	
			Segment 3-3'	0.643	
			Segment 4-4'	0.656	
			Segment 5-5'	0.702	
			Segment 6-6'	0.629	
			Segment 7-7'	0.655	
			Segment 8-8'	0.597	
			Segment 9-9'	0.501	
Para 1a i 1b	-3	0	Segment 1-1'	0.392	0.431
			Segment 2-2'	0.428	
			Segment 3-3'	0.411	
			Segment 4-4'	0.456	
			Segment 5-5'	0.489	
			Segment 6-6'	0.401	
			Segment 7-7'	0.387	
			Segment 8-8'	0.425	
			Segment 9-9'	0.376	

2. ZNAJDOWANIE PRZESUNIĘCIA MIĘDZY OBRAZAMI Z WYKORZYSTANIEM MIARY Q

Aby metoda znajdywania przesunięć między badanymi obrazami była skuteczna konieczne jest przyjęcie następujących założeń do metody:

- Odciski palca pobierana są na tym samym urządzeniu skanującym z tą samą rozdzielczością;
- Odciski palca pobierane są zawsze w tym samym ściśle określonym obszarze na płaszczyźnie skanującej;
- Odciski palca pobierane są zawsze w tej samej pozycji, tz. nie nastąpi np. przyłożenie kciuka obróconego o np. 90 stopni w stosunku do płaszczyzny skanującej;

Dzięki takim założeniom można przyjąć, że:

- obrazy reprezentujące odcisk palca będą miały ten sam rozmiar i rozdzielczość;
- przesunięcie między zdjęciami będzie wynosiło najwyżej kilka pikseli;
- kąt obrotu będzie wynosił najwyżej tylko kilka stopni,

W pierwszej kolejności konieczne jest sprawdzenie czy porównywane zdjęcia reprezentujące odcisk palca wymagają synchronizacji. W tym celu dokonujemy operacji odejmowania dwóch obrazów od siebie. Jeżeli różnica między nimi będzie wynosiła 0 ozna-

czać to będzie, że obrazy są z sobą zsynchronizowane, w przeciwnym wypadku konieczne jest dokonanie procesu synchronizacji między nimi. Aby proces synchronizacji obrazów był skuteczny, konieczne jest znalezienie przesunięcia jakie występuję między obrazami reprezentującymi odciski palca. Z tym, że przesunięcie może występować zarówno w płaszczyźnie X i Y oraz w wyniku obrotu między obrazami.

Znajdywanie przesunięcie w płaszczyźnie X i Y - W tym celu wybieramy segment obrazu, w którym wskazanie **Q** jest najwyższe (prawie zawsze będą to segmenty środkowe). Następnie przesuwamy je względem siebie w płaszczyźnie X i Y co jeden piksel - w każdym nowym położeniu segmentu liczymy wskazanie **Q**. Tam gdzie wartość wskazania **Q** będzie największa, tam obrazy będą najlepiej z sobą zsynchronizowane. Proces ten obrazowo przedstawiono na rysunku 5.W tabeli 6, przedstawiono przykładowe wyniki badań doświadczalnych pokazujących skuteczność metody znajdywania przesunięcia między obrazami. Dla wykonania poprawnego doświadczenia, wszystkie przesunięcia zostały wymuszone sztucznie.

***Tab. 6**. Wyniki znajdywania przesunięcia między obrazami z wykorzystaniem miary Q*

Pary Obrazów	Przesunięcie zadane		Wskazanie Q początkowe	Przesunięcie znalezione		Wskazanie Q końcowe
	X	Y		X	Y	
Para 1a-1b	0	1	0.876	0	1	0.973
Para2a-2b	0	-2	0.764	0	-2	0.982
Para 3a-3b	-1	1	0.721	-1	1	0.979
Para 4a-4b	-2	2	0.699	-2	2	0.978
Para 5a-5b	-1	-3	0.775	-1	-3	0.987

Analizując wyniki przedstawione w tabeli 6 można stwierdzić, że metoda znajdywania przesunięcia w kierunku X i Y oparta na analizie wskazania miary **Q** zaproponowana przez autorów artykułu jest skuteczna. W każdym przypadku zadane przesunięcie zostało znalezione w 100 %.

Mając znalezione przesunięcie można zsynchronizować obrazy w płaszczyźnie X i Y. Kolejnym krokiem jest znalezienie osi i kąta obrotu między badanymi odciskami palca. Dzięki przyjętym założeniom można przyjąć, że znalezione przesunięcie między obrazami umieszczone w segmencie gdzie wskazanie miary **Q** jest najwyższe jest szukaną osią obrotu.

***Tab. 7.** Przykładowe wyniki badań doświadczalnych znajdywania osi i kąta obrotu*

Pary obrazów	Oś znaleziona		Kąt obrotu zadany	Kąt obrotu znaleziony
	X	Y		
Para 1a-1b	1421	1519	3	3
Para 2a-2b	1024	1201	2	2
Para 3a-3b	2221	2457	4	4
Para 4a-4b	1339	1567	3	3
Para 5a-5b	1400	1500	4	4

Mając określoną oś obrotu kolejnym krokiem jest znalezienie kąta obrotu między badanymi obrazami. W tym celu, bierzemy krawędź badanego segmentu, która jest najdalej oddalona od znalezionej osi obrotu (O). Otrzymujemy w ten sposób odcinek o długości (a), który ma początek w osi obrotu a koniec w punkcie X. Następnie wybieramy maskę o rozmiarach N x N pikseli (dobieraną doświadczalnie dla danego typu skanera). Maskę tą przesuwamy wzdłuż krawędzi poziomej co jeden piksel począwszy od punkt X. W każdym położeniu maski liczymy wartość wskazania **Q**. Tam gdzie wskazanie **Q** osiągnie wartość maksymalną oznaczamy punkt Y. W ten sposób otrzymamy odcinek o długość (b) mający swój początek w punkcie X a koniec w punkcie Y.

W ten sposób otrzymujemy trójkąt prostokątny o długościach krawędzi równym długością znalezionych odcinków a i b. Korzystając z zależności trygonometrycznej obliczamy kąt α.

O skuteczności metod znajdywania kąta obrotu świadczą wyniki przykładowych badań doświadczalnych przedstawionych w tabeli 7.

Mając znalezioną oś obrotu i kąt obrotu przechodzimy do procesu dopasowania dwóch obrazów korzystając z zależności opisanej wzorem 3.

3. WYNIKI BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH IDENTYFIKACJI UŻYTKOWNIKA NA PODSTAWIE ANALIZY ODCISKU PALCA

W celu stwierdzenia skuteczności identyfikacji użytkownika na podstawie analizy jego odcisku palca z wykorzystaniem wskazania miary **Q** i metod synchronizacji przedstawionych w artykule wykonano szereg badań doświadczalnych. Metoda zaproponowane przez autorów została porównana z popularną metodą identyfikacji odcisku palca tzw. „metoda badania minuncji" [1, 4].

Autorzy przyjęli, że aby zaliczyć czy obraz reprezentujący odcisk palca danej osoby pasuje do wzorca umieszczonego w bazie, 6 z 9 segmentów musi mieć wskazaniem miary **Q** powyżej 0.901. W przeciwnym wypadku konieczne jest powtórzenie próby a jeżeli ta nie da pozytywnego rezultatu uznanie, że odciski nie pasują do siebie. Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono w tabeli 8

***Tab. 8.** Wyniki badań doświadczalnych dotyczący rozpoznawania odcisków palców*

Odciski palca	Synchronizacja wymagana	Ilość segmentów w których wskazanie Q>0.901	Ocena za pomocą metody badania minuncji	Ocena za pomocą kryterium	Ilość segmentów w ponownym pomiarze w którym Q>0.901	Ponowna Ocena za pomocą kryterium
Para1	Tak	9	Takie same	Takie same		
Para 2	Tak	8	Takie same	Takie same		
Para 3	Tak	7	Takie same	Takie same		
Para 4	Tak	8	Takie same	Takie same		
Para 5	Tak	5	Takie same	Różne	7	Takie same
Para 6	Tak	4	Takie same	Różne	6	Takie same
Para 7	Tak	6	Takie same	Takie same		
Para 8	Tak	7	Takie same	Takie same		
Para 9	Tak	1	Różne	Różne	1	Różne
Para 10	Tak	2	Różne	Różne	2	Różne

PODSUMOWANIE

Analizując wyniki badań doświadczalnych można stwierdzić, że zaproponowany algorytm identyfikacji użytkownika jest skuteczny i może być z powadzeniem stosowany w systemach identyfikacyjnych. Skuteczność algorytmu wzrasta jeżeli zostanie on połączony z tzw. identyfikacją dwupoziomową.

BIBLIOGRAFIA

1. D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, S. Prabhakar, *Handbook of fingerprint recognition Originally published in the series*: Springer Professional Computing 2nd ed. 2009
2. J. Swiatek,*Two-stage Identification and its technical and biomedical applications*, Politechnics Warsaw Editors, Warsaw, Poland, 1997 in polish
3. Dario Maio, Davide Maltoni, *Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints*, 1997
4. Marie Sandstrom, Liveness Detection in Fingerprint Recognition Systems, 2004
5. R. Tadeusiewicz, P. Korohoda, *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów,* Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji 1997
6. E. Kornatowski, J. Kowalski, G. Mikolajczak, J. Peksinski, *Linear and non-linear filtration of discrete images*, Hogben Editor, Szczecin, Poland, 2006 in polish
7. J. Peksinski, G. Mikolajczak, *Using a Neural Network to Generate a FIR Filter to Improves Digital Images Using a Discrete Convolution Operation*, Intelligent information and database systems (ACIIDS 2012), Springer-Verlag, LNAI 7197, pp.294-300, 2012
8. Zhou Wang, Bovik, A.C. "*A Universal Image Quality Index*", IEEE Signal Processing Leters, vol XX, No Y march 2002

USER IDENTIFICATION BASED ON THE ANALYSIS A DIGITAL REPRESENTATION OF A FINGERPRINT

Abstract

In this paper was presented measure of quality of the processed digital images which is a Universal Image Quality Index Q. This indicator is used in the process of fingerprint identification. It also indicated the possibility of its use in the process of matching data. This is important, because the acquisition of the fingerprint for identification, if it is scanned in the same manner as in the case of obtaining the database can lead to errors in the identification process. The test results confirmed that the use of the indicator Q for finding offset and angle of rotation, in order to fit the data gives positive results.

Autorzy:
dr inż. **Janusz Kowalski** – Pomorski Uniwersytet Medyczny, Samodzielna Pracownia Informatyki Medycznej i Badań Jakości Kształcenia, ul. Rybacka 1, 70-204 Szczecin,
E-mail: janus@pum.edu.pl
dr inż. **Jakub Pęksiński** - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Telekomunikacji i Fotoniki, ul. 26 Kwietnia 10, 71-126 Szczecin, E-mail: jpeksinski@zut.edu.pl
dr inż. **Grzegorz Mikołajczak** - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Telekomunikacji i Fotoniki, ul. 26 Kwietnia 10, 71-126 Szczecin, E-mail grzegorz.mikolajczak@zut.edu.pl