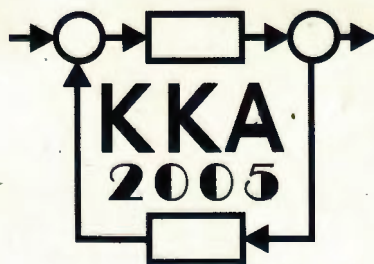


XV Krajowa Konferencja Automatyki

Tom I



**Redaktorzy:
Zdzisław Bubnicki
Roman Kulikowski
Janusz Kacprzyk**

XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom I



Redaktorzy:
Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓŁORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓLORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

KOMITET PROGRAMOWY

Przewodniczący
Zastępca Przewodniczącego

Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI

CZŁONKOWIE

Stanisław BAŃKA
Mikołaj BUSŁOWICZ
Ryszard GESSING
Jakub GUTENBAUM
Stanisław KACZANOWSKI
Janusz KACPRZYK
Józef KORBICZ
Krzysztof KOZŁOWSKI
Krzysztof KUŹMIŃSKI
Krzysztof MALINOWSKI
Antoni NIEDERLIŃSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Stanisław SKOCZOWSKI
Jerzy ŚWIĄTEK
Ryszard TADEUSIEWICZ
Krzysztof TCHOŃ
Jan WĘGLARZ

Michał BIAŁKO
Władysław FINDEISEN
Henryk GÓRECKI
Jerzy JÓZEFczyk
Tadeusz KACZOREK
Jerzy KLAMKA
Zbigniew KOWALSKI
Juliusz L. KULIKOWSKI
Kazimierz MALANOWSKI
Wojciech MITKOWSKI
Władysław PEŁCZEWSKI
Leszek RUTKOWSKI
Roman SŁOWIŃSKI
Andrzej ŚWIERNIAK
Piotr TATJIEWSKI
Leszek TRYBUS
Andrzej P. WIERZBICKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący
Zastępcy Przewodniczącego

Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK
Stanisław KACZANOWSKI
Tadeusz KACZOREK
Krzysztof MALINOWSKI
Roman OSTROWSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Dariusz WAGNER
Jan STUDZIŃSKI
Jan W. OWSIŃSKI

Członkowie

Sekretarze naukowci

ISBN 83-89475-00-6

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

IDENTYFIKACJA I ROZPOZNAWANIE

IDENTYFIKACJA BIOMETRYCZNA REALIZOWANA NA PODSTAWIE RUCHU OKA

Robert BRZESKI¹, Józef OBER^{1,2}

¹ Politechnika Śląska, Instytut Informatyki
ul. Akademicka 16, 44-101 Gliwice, e-mail: rbrzeski@polsl.pl

² Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach
ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: jobert@top.iinf.polsl.gliwice.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących identyfikacji biometrycznej realizowanej na podstawie ruchu oka. Do realizacji tego zadania wykorzystano algorytmy oparte na sztucznych sieciach neuronowych. Proces pomiaru ruchu oka został przeprowadzony systemem 'Ober2'. Do wymuszenia ruchu oka została wykorzystana odpowiednia stymulacja wzrokowa. Przedstawione wyniki dają podstawę do stwierdzenia, że taka identyfikacja jest możliwa, aczkolwiek jej wykorzystanie w systemach komercyjnych, wymaga przeprowadzenia dalszych badań, w celu polepszenia jakości rozpoznawania.

Słowa kluczowe: Ober2, SSN, ruch oka, identyfikacja osobnicza.

1. WSTĘP

Ze względów bezpieczeństwa w ostatnich latach uległy przyspieszeniu badania nad systemami zwiększającymi kontrole osób, w tym także systemów identyfikacji osób, czy też ich autoryzacji. Obecnie stosowane metody identyfikacji (tokenowe, pamięciowe, biometryczne: odcisk palca, obraz tęczówki czy siatkówki oka) mają wiele wad, jest z nimi związanych wiele problemów:

- możliwość podrobienia, przygotowanie modelu ludzkiego palca czy nawet hologramu jest technicznie realizowalne.
- identyfikacja nie uwzględnia czy osoba żyje, czy jest przytomna.
- nie uwzględnia aktualnego stanu emocjonalnego osoby, itp.
- istnieją problemy techniczne z zarejestrowaniem danego obrazu (np. obrazu tęczówki).

Dlatego oprócz udoskonalania tych metod istnieje potrzeba szukania nowych metod rozpoznawania. Jedną z nich może być identyfikacja na podstawie ruchu oka, będącego wynikiem zewnętrznego wymuszenia wizualnego. Zawiera ona w sobie aspekty zarówno fizjologiczne jak i behawioralne, bazujące na pomiarach zachowania ludzkiego, przez pewien określony czas. Podrobienie czyjegoś zachowania jest oczywiście zdecydowanie trudniejsze, jednocześnie jednak analiza takiego

sygnału również może okazać się bardziej skomplikowana w porównaniu do aspektów fizjologicznych – z założenia będących niezmiennymi.

2. POMIAR RUCHU OKA

Ruch oka, jest wynikiem pracy mózgu, wymuszonego pobudzeniem wzrokowym. Tak więc mamy tutaj pomiar pośredni parametrów czynnościowych mózgu. Jako że istnieje milion bezpośrednich połączeń siatkówki oka z mózgiem, mamy szeroko otwarte 'wrota' do mózgu człowieka. Rozważając mózg jako obiekt biometrii możemy przede wszystkim powiedzieć, że jak do tej pory jest on nie do podrobienia. Dodatkowo na jego pracę wpływają takie czynniki jak stan emocjonalny osoby oraz oddziaływania leków, narkotyków, alkoholu itp. Tak więc prawidłowa identyfikacja danej osoby może nastąpić tylko gdy mózg badanej osoby pracuje prawidłowo.

Do rejestracji danych opisujących ruch oka został użyty system Ober2. System ten mierzy ruch oczu z bardzo dużą precyzją, używając do tego, analizy sposobu odbicia od oka wiązki podczerwonej. Ruch oka jest mierzony na podstawie zmian w ilości odbitego światła. Urządzenie składa się ze specjalnych okularów z wbudowanymi ośmioma parami nadajników i odbiorników. Umożliwia to bardzo dokładny pomiar ruchu oka – z częstotliwością do 2 kHz można wyznaczyć położenie oka, z dokładnością ok. 20 sekund kątowych.

W obecnych badaniach zdecydowano się na rejestrację ruchu oczu jako odpowiedź na sygnał wizualny generowany na ekranie monitora. I teraz pojawiają się kolejne możliwości realizowania tego badania. Mianowicie, wymuszenie ruchu oka może być realizowane na wiele sposobów. Badanej osobie można podawać[1]:

- zawsze to samo, lub każdorazowo inny sygnał wymuszający,
- obraz statyczny lub dynamiczny,
- duży obraz lub pojedynczy punkt.

W poszczególnych przypadkach badany jest ruch oka skojarzony:

- z możliwościami zapamiętania danego obrazu,
- z szybkością odnotowania zmiany, która wystąpiła w wymuszeniu,
- z dokładnością skupienia wzroku na danym punkcie,
- z samoczynnym oglądaniem danego obrazu,
- wielu innym cechom psycho-fizycznym, określającym daną osobę.

Aby mieć możliwość jak najlepszej korelacji podawanego wymuszenia, z reakcją gałki ocznej, należy wyeliminować inne czynniki zewnętrzne. Dlatego badania powinny być przeprowadzone w statycznym otoczeniu, najlepiej tym samym dla kolejnych pomiarów.

W obecnych badaniach jako sygnał wizualny zdecydowano się użyć pojedynczego punktu, zmieniającego swoją pozycję w odstępach ok. 0,5 sekundy i wyświetlanego w pozycji wybranej deterministycznie z macierzy 3x3 punkty. Jest to bardzo dobre wymuszenie, w którym mamy zarówno moment gdzie oko jest skupione na danym punkcie oraz sytuacji gdzie jest wymuszony ruch tego oka. Badana osoba powinna śledzić wyświetlany punkt wzrokiem. Rejestracja była prowadzona z częstotliwością 250 Hz, a pojedynczy pomiar trwał 8125 ms, co dało nam wektor 2048 kolejnych pozycji oczu. Wszystkimi badanym osobom była przedstawiana identyczna stymulacja wzrokowa.

W trakcie przeprowadzania kolejnych pomiarów dla tej samej osoby, ruchy jej oczu stają się coraz bardziej automatyczne. Powoduje to, że kolejne pomiary są do siebie coraz bardziej podobne, co w znacznym stopniu może ułatwić stopień identyfikacji. Jednocześnie, z drugiej strony, układ motoryczny oka jest na tyle skomplikowany, że prawdopodobieństwo nauczenia się ruchu oczu w taki sam sposób, przez różne osoby, jest pomijalnie małe.

System 'Ober2' w trakcie badania rejestruje 4 zmienne oznaczone odpowiednio:

- 'xl' rzędna punktu na monitorze, na który patrzy lewe oko badanej osoby,
- 'yl' odcięta punktu na monitorze, na który patrzy lewe oko badanej osoby,
- 'xp' odpowiednio rzędna prawego oka,
- 'yp' odpowiednio odcięta prawego oka.

Do tego dochodzą nam współrzędne 'x' oraz 'y' punktu będącego wymuszeniem. Wyniki dla łatwiejszego dostępu do nich zostały umieszczone w bazie danych. Zostały w niej także umieszczone różnice:

- 'x-xl' różnica wartości rzędnej pomiędzy wymuszeniem a punktem, na który patrzy lewe oko,
- 'y-yl' różnica wartości odciętej pomiędzy wymuszeniem a punktem, na który patrzy lewe oko,
- 'x-xp' odpowiednio rzędna dla wymuszenia i prawego oka,
- 'y-yp' odpowiednio odcięta dla wymuszenia i prawego oka,

- 'xl-xp' różnica wartości rzędnej pomiędzy punktem, na który patrzy lewe i prawe oko,
- 'yl-yp' odpowiednio lewe i prawe oko dla wartości odciętej.

Dane te określane będą jako 'parametry'.

W badaniach do przetworzenia i analizy danych, opisujących ruch oka, użyto specjalnie napisanej aplikacji, z algorytmami opartymi na sztucznych sieciach neuronowych (sieć MLP z algorytmem uczenia metodą wstecznej propagacji).

W dalszej części artykułu, sztuczne sieci neuronowe będą oznaczone jako SSN.

Napisana aplikacja umożliwia zrealizowanie następującej ścieżki badawczej:

- określenie struktury SSN,
- określenie parametrów uczenia SSN,
- wybór wektorów badawczych,
- wybór parametrów wektora, dla których będzie realizowany proces uczenia SSN,
- uczenie SSN,
- sprawdzenie jakości nauczonej sieci.

Cały eksperyment został podzielony na następujące części:

- Rejestrowanie danych opisujących ruch oka dla różnych ludzi.
- Podział danych na 2 części: uczącą i drugą wykorzystywaną w czasie testowania.
- Zbudowanie i nauczenie sztucznej sieci neuronowej rozpoznawania danej ilości osób.
- Etap testowania określający stopień rozpoznania badanych osób.

3. UZYSKANE WYNIKI

Przy sprawdzeniu jakości SSN, tj. próbie autoryzacji danej osoby, zostały użyte trzy współczynniki [3]:

- Współczynnik nieprawidłowej akceptacji (False Acceptance Rate – FAR) – zdefiniowany jako liczba zaakceptowanych próbek nienależących do autoryzowanej osoby, w stosunku do całkowitej liczby próbek testowych nienależących do autoryzowanej osoby.
- Współczynnik nieprawidłowego odrzucenia (False Rejection Rate – FRR) – zdefiniowany jako liczba nie zaakceptowanych próbek należących do autoryzowanej osoby, w stosunku do całkowitej liczby próbek testowych należących do autoryzowanej osoby.
- Uśredniony błąd całkowity (Half Total Error Rate – HTER) – zdefiniowany jako średnia współczynników FAR i FRR.

W badaniu została użyta SSN zaprojektowana do rozpoznawania 11 osób. Proces uczenia został zrealizowany ilością 220-stu wektorów uczących - po 20 dla każdej z osoby. Następnie testowano SSN ilością około 600 wektorów niebiorących udziału w procesie uczenia.

3.1. Badanie stopnia autoryzacji dla różnych parametrów w zależności od różnej ilości kroków uczących.

Tabela 1. FRR w zależności od ilości kroków uczących dla poszczególnych parametrów.

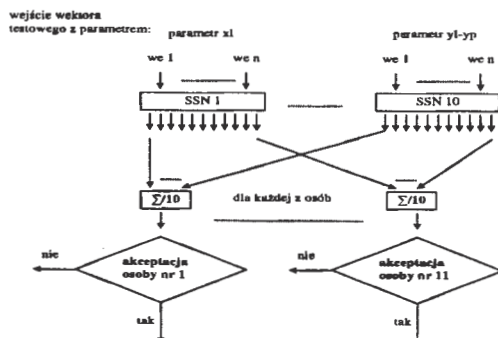
	20	50	100	150	200	250
xl	0,812	0,634	0,452	0,436	0,379	0,399
yl	0,705	0,558	0,486	0,356	0,344	0,349
xp	0,738	0,52	0,362	0,345	0,315	0,326
yp	0,526	0,393	0,404	0,325	0,319	0,335
x-xl	0,782	0,751	0,66	0,542	0,622	0,568
y-yl	0,754	0,635	0,5	0,551	0,451	0,437
x-xp	0,752	0,563	0,494	0,442	0,439	0,441
y-yp	0,538	0,499	0,406	0,395	0,4	0,404
xl-xp	0,788	0,582	0,473	0,421	0,368	0,367
yl-yp	0,557	0,471	0,43	0,41	0,363	0,318
średnia	0,695	0,560	0,466	0,422	0,4	0,394

Tabela 2. FAR w zależności od ilości kroków uczących dla poszczególnych parametrów.

	20	50	100	150	200	250
xl	0,023	0,087	0,062	0,051	0,065	0,052
yl	0,045	0,05	0,044	0,058	0,055	0,053
xp	0,04	0,041	0,059	0,059	0,073	0,056
yp	0,047	0,049	0,047	0,063	0,064	0,056
x-xl	0,027	0,025	0,064	0,069	0,046	0,063
y-yl	0,061	0,078	0,049	0,045	0,043	0,053
x-xp	0,045	0,072	0,053	0,07	0,05	0,065
y-yp	0,043	0,053	0,054	0,054	0,049	0,049
xl-xp	0,005	0,021	0,031	0,05	0,057	0,05
yl-yp	0,057	0,052	0,06	0,063	0,067	0,071
średnia	0,039	0,052	0,052	0,058	0,057	0,057

Z uzyskanych wyników [tabela 1, tabela 2] widać, że różne parametry dają różny stopień autoryzacji. Widać także, że w procesie uczenia, praktyczne polepszenie się uzyskiwanych wyników, następuje do około 200 kroków uczących.

Aby polepszyć jakość autoryzacji, zdecydowano się na wprowadzenie klasyfikacji wieloparametrowej opartej na 10 osobnych klasyfikatorach [Rys 1].



Rys. 1 Schemat klasyfikacji wieloparametrowej

Zbudowano 10 osobnych SSN. Każda z nich była na-

stępnie uczona i testowana innym parametrem. Przy czym dla każdego testu obliczano średnią, dla każdego wyjścia sieci, z wszystkich 10 SSN. Uzyskany w ten sposób uśredniony wynik był podstawą do akceptacji lub odrzucenia badanej próbki jako rozpoznawanej osoby.

Tabela 3. Wyniki dla klasyfikacji wieloparametrowej w zależności od ilości kroków uczących.

ilość kroków uczących	20	50	100	150	200	250
FRR	0,686	0,434	0,333	0,293	0,268	0,271
FAR	0,011	0,024	0,029	0,042	0,042	0,042
HTER	0,348	0,229	0,181	0,167	0,155	0,156

Z uzyskanych wyników [tabela 3] widać, że przetwarzając dane z wykorzystaniem klasyfikacji wieloparametrowej uzyskujemy znacznie lepsze wyniki w porównaniu do pojedynczego parametru [tabela 1, tabela 2]. Ponownie widać, że w procesie uczenia, polepszenie się uzyskiwanych wyników następuje do 200 kroków uczących. Dlatego w dalszych badaniach zdecydowano się na uczenie SSN ilością 200 kroków.

3.2. Badanie stopnia autoryzacji dla różnych parametrów w zależności od postawionej granicy akceptacji.

Tabela 4. FRR w zależności od postawionej granicy akceptacji dla poszczególnych parametrów.

	0,2	0,24	0,27	0,3	0,33	0,4
xl	0,313	0,333	0,366	0,379	0,381	0,401
yl	0,324	0,331	0,341	0,344	0,355	0,393
xp	0,294	0,311	0,311	0,315	0,329	0,361
yp	0,281	0,304	0,31	0,319	0,34	0,356
x-xl	0,574	0,603	0,614	0,622	0,653	0,674
y-yl	0,421	0,435	0,44	0,451	0,456	0,496
x-xp	0,408	0,42	0,433	0,439	0,443	0,488
y-yp	0,348	0,369	0,393	0,4	0,408	0,428
xl-xp	0,329	0,344	0,351	0,368	0,38	0,406
yl-yp	0,312	0,317	0,34	0,363	0,371	0,402
średnia	0,360	0,376	0,389	0,4	0,411	0,440

Tabela 5. FAR w zależności od postawionej granicy akceptacji dla poszczególnych parametrów.

	0,2	0,24	0,27	0,3	0,33	0,4
xl	0,078	0,072	0,068	0,065	0,063	0,056
yl	0,069	0,064	0,059	0,055	0,051	0,046
xp	0,083	0,079	0,077	0,073	0,068	0,061
yp	0,075	0,07	0,066	0,064	0,062	0,056
x-xl	0,061	0,054	0,05	0,046	0,043	0,035
y-yl	0,055	0,05	0,046	0,043	0,041	0,037
x-xp	0,065	0,058	0,053	0,05	0,046	0,041
y-yp	0,059	0,056	0,052	0,049	0,047	0,043
xl-xp	0,069	0,065	0,061	0,057	0,054	0,049
yl-yp	0,08	0,074	0,071	0,067	0,064	0,058
średnia	0,069	0,064	0,060	0,056	0,053	0,048

Z uzyskanych wyników [tabela 4, tabela 5] widać ponownie, że różne parametry dają różny stopień autoryzacji. Widać także wpływ postawionej granicy na badane współczynniki. Przy zwiększaniu się granicy akceptacji rośnie współczynnik nieprawidłowego odrzucenia, natomiast maleje współczynnik nieprawidłowej akceptacji.

Aby polepszyć jakość autoryzacji, ponownie przeprowadzono badania dla klasyfikacji wieloparametrowej.

Tabela 6. Wyniki dla klasyfikacji wieloparametrowej w zależności od postawionej granicy akceptacji.

granica akceptacji	0,2	0,24	0,27	0,3	0,33	0,4
FRR	0,198	0,235	0,253	0,268	0,290	0,352
FAR	0,082	0,064	0,051	0,042	0,034	0,021
HTER	0,14	0,149	0,152	0,155	0,162	0,186

Z uzyskanych wyników [tabela 6] ponownie widać, że przetwarzając dane z wykorzystaniem klasyfikacji wieloparametrowej uzyskujemy znacznie lepsze wyniki w porównaniu do pojedynczego parametru [tabela 4, tabela 5]. Z uzyskanych wyników widać także, że współczynnik nieprawidłowego odrzucenia FRR jest znacząco większy od współczynnika nieprawidłowej akceptacji FAR. W praktyce oczekiwana różnica między tymi współczynnikami zależy od celu, jaki chcemy osiągnąć. Zazwyczaj zależy nam, aby współczynnik FRR był znacznie większy od FAR. Powodowałoby to pewne utrudnienia przy próbie autoryzacji dla osoby mającej dostać akceptację, ale co ważniejsze w większym stopniu utrudniłoby dostęp dla osób nie mających do tego prawa.

4. UWAGI KOŃCOWE

Z uzyskanych wyników można wywnioskować, że w ruchu oka, będącym wynikiem zewnętrznego wymuszenia, są cechy dające możliwość identyfikacji osobniczej poprzez:

- określenie lepszego sygnału wymuszającego ruch oka,
- określenie optymalnej architektury SSN,
- automatyczne odrzucanie błędnych pomiarów – ustalenie odpowiednich progów rozpoznania – granicy w przedziale,
- zwiększenie ilości klasyfikatorów,
- zwiększenie liczby badanych osób – liczby wektorów uczących.

BIOMETRICAL IDENTIFICATION REALIZED ON THE GROUND OF THE MOVEMENT OF EYE.

Abstract: In the article were introduced results of researches, relating to the biometrical identification, realized on the ground of the movement of eye. To realization of this task were used algorithms, leaning on the artificial neural networks. The process of measurement of movement of eye is carried out by the system "Ober 2". To force the movement of eye was used suitable visual stimulation. Introduced results give us right to assertion, that such identification is possible, although to use it in commercial systems it requires the executions of more far investigations, in aim of improvement of quality of diagnostics.

Literatura

- [1] Brzeski R., Ober J. (2004) Możliwości identyfikacji osobniczej na podstawie ruchu oka, przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. *Konferencja: Systemy Czasu Rzeczywistego*, Ustroń.
- [2] Brzeski R., Ober J. (2004) Biometrical identification on the ground of the eye movement, executed by means of the artificial neural network. *Konferencja międzynarodowa: Medical Informatics & Technologies*, Międzybrodzie Żywieckie .
- [3] Mansfield A.J., Wayman J.L. (2002) Best Practices in Testing and Reporting Performance of Biometric Devices. Version 2.1. National Physical Laboratory Report, Middlesex.



**Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk**

ISBN 83-89475-02-2