

Długość fali w zakresie widma bliskiej podczerwieni a skuteczność identyfikacji biometrycznej wzorców układu naczyniowego palców dłoni

Streszczenie. W pracy przedstawiono zagadnienie wykorzystania różnych długości fal do akwizycji wzorców układu naczyniowego palców dłoni. Autor wykazuje, iż przy akwizycji obrazów tej biometryki dla widma bliskiej podczerwieni istnieje zależność między długością fali a skutecznością działania systemu biometrycznego. W kolejnych częściach pracy przedstawiono opis podstaw biologicznych zjawiska oraz wyniki przeprowadzonych badań, które potwierdzają istnienie omawianej korelacji.

Abstract. In this paper study of NIR wavelengths usability for purpose of finger vein acquisition is given. Author demonstrate correlation between used wavelengths in NIR spectra and effectiveness of identification in biometric system. The biological basis of this phenomenon are described. Finally the result of conducted experiments are given which proof that some NIR wavelengths better suit for vein patterns acquisition than others. (NIR wavelengths and biometric identification effectiveness in finger vein biometric system).

Słowa kluczowe: układ naczyniowy palca, widmo bliskiej podczerwieni, akwizycja obrazów, biometria

Keywords: finger vein, NIR, biometric data acquisition, biometric

Wstęp

Podstawą działania każdego systemu identyfikacji biometrycznej jest analiza wzorców biometrycznych. Ich akwizycja polega na zebraniu danych o atrybutach biologicznych, które wykorzystywane są do identyfikacji bądź weryfikacji tożsamości. By możliwe było uwidocznienie oraz akwizycja układu naczyniowego palców dłoni stosuje się oświetlenie w zakresie widma bliskiej podczerwieni. W tym świetle, ze względu na różnice absorpcji promieniowania przez poszczególne tkanki organizmu, układ naczyniowy widoczny jest jako obszar mniej prześwietlony. Taki obraz możliwy jest do zarejestrowania i przetwarzania w systemach identyfikacji biometrycznych.

W pracy przedstawiono opis podstaw fizjologicznych, które odpowiadają za widoczność układu naczyniowego palca podczas oświetlania go światłem w zakresie widma bliskiej podczerwieni. Autor prezentuje wyniki przeprowadzonych badań oraz przedstawia tezę, iż ze względu na nieregularność absorpcji promieniowania przez hemoglobinę znajdującą się wewnątrz naczyń krwionośnych oraz pozostałe tkanki palca część z długości fal w zakresie widma bliskiej podczerwieni lepiej nadają się do akwizycji próbek biometrycznych od pozostałych. Próbkami dla tych długości cechują się lepszą widocznością układu naczyniowego co bezpośrednio przekłada się na wzrost skuteczności identyfikacji osobniczej w systemach biometrycznych.

Fizjologia

W zakresie widma światła bliskiej podczerwieni od 700nm do 1000 nm możliwa jest na tyle głęboka penetracja tkanek, że światło dociera do powierzchniowego układu naczyniowego. Poszczególne tkanki organizmu ludzkiego w różnym stopniu absorbują widmo promieniowania w zakresie bliskiej podczerwieni. Efektywna głębokość penetracji dla fal widma bliskiej podczerwieni jest praktycznie o rząd wielkości większa niż dla długości spoza tego zakresu (w zakresie światła widzialnego). Ze względu na większą absorpcję promieniowania przez hemoglobinę odtlenioną i natlenioną w porównaniu z innymi tkankami palca, układ naczyniowy obserwowany jest na matrycy kamery rejestrującej jako obszar mniej prześwietlony.

Na rysunku 1 przedstawiono poziom absorpcji promieniowania podczerwonego przez hemoglobinę

odtlenioną (Hb) i natlenioną (HbO₂) [2]. Dla długości fali ok. 810 nm absorpcja promieniowania dla obu typów hemoglobiny jest równa. Dla długości poniżej tej wartości hemoglobina odtleniona absorbuje większe spektrum promieniowania, natomiast dla długości większych natleniona. Absorpcja przez inne tkanki ma pomijalnie mały wpływ i w zakresie widma bliskiej podczerwieni (poniżej 1000nm) jest niezauważalna. W badanym zakresie długości fal układ kostny palca nie jest widoczny.



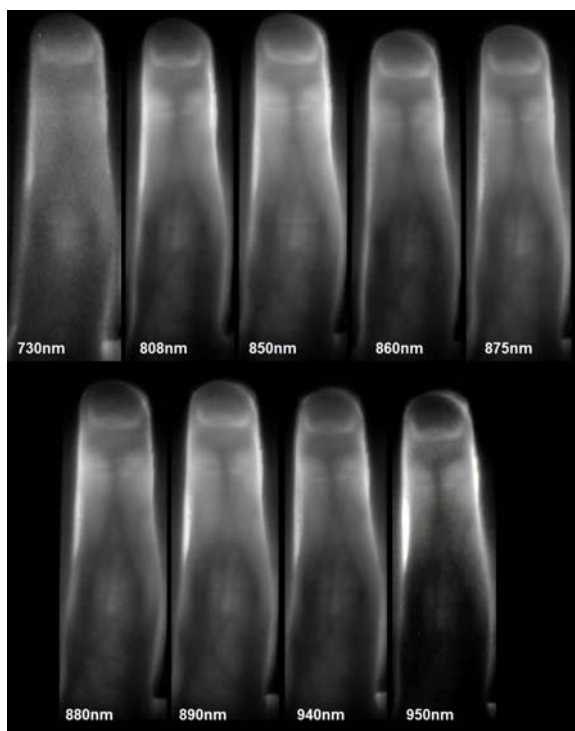
Rys.1. Zdolność absorpcji promieniowania w funkcji długości fali dla hemoglobiny (Hb) i hemoglobiny natlenionej (HbO₂) wyrażona w molowych współczynnikach ekstynkcji (na podstawie [1]).

Na rysunku 2 przedstawiono obraz wzorca naczyniowego dla różnych długości fal w zakresie widma bliskiej podczerwieni. Badania fizjologii człowieka [3] wskazują, że układ żylny na palcach dłoni znajduje się bliżej powierzchni skóry. Przekrój poprzeczny naczyń żylnych ma większą średnicę i więcej krwi jest przez niego pompowane w porównaniu do tętnic.

Akwizycja obrazów

Dostępne w literaturze rozwiązania akwizycji obrazów układu naczyniowego wykorzystują oświetlenie w zakresie całego spektrum widma bliskiej podczerwieni - od 700nm do 1000 nm. W Tabeli 1 przedstawiono zestawienie literatury dostępnych opisów urządzeń do pozyskiwania

próbek biometrycznych, w których wykorzystano fale bliskiej podczerwieni oraz informacje o autorach danego rozwiązania.



Rys.2. Obrazy wzorca naczyniowego dla promieniowania o różnych długościach fali w zakresie widma bliskiej podczerwieni.

Tabela. 1. Zestawienie literatury dostępnych opisów urządzeń do pozyskiwania próbek biometrycznych układu naczyniowego, w których wykorzystano fale bliskiej podczerwieni.

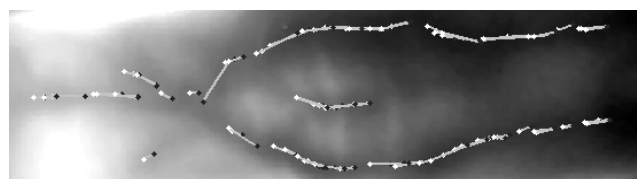
Ref.	Autorzy	Rok publikacji	Długość fali [nm]
[4]	Hashimoto	2006	700 - 1000
[5]	Paquit	2006	740 - 950
[6]	Kandani	2008	940
[7]	Kim	2008	830 + 850
[8]	Mulyono	2008	780
[9]	Qin	2009	940
[10]	Hejtmánková	2009	~ 900
[11]	Hartung	2009	700 - 1000
[12]	Yang J.	2009	760 (760 - 850)
[13]	Lee	2009	850
[14]	Chen	2009	850
[15]	Yu	2009	890
[16]	Yang W.	2009	890
[17]	Mahri	2010	880
[18]	Shimawaki	2010	850
[19]	Hoshyar	2011	700 - 1000
[20]	Liukui	2011	850 ± 60
[21]	Rosdi	2011	880
[22]	Damavandinejadmonfared	2012	880
[23]	Hong	2012	850
[24]	Miura	2013	870
[25]	Yang L.	2013	850
[26]	Prasanth	2013	808

Transformacja Hougha

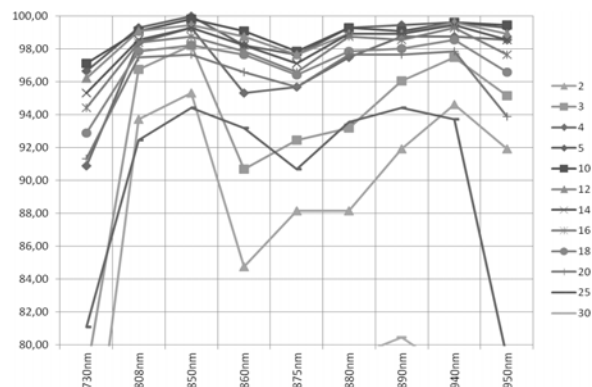
Obrazem prostej w transformacji Hougha jest pojedynczy punkt. Przez każdy punkt obrazu można poprowadzić pęk prostych, któremu w przestrzeni Hougha odpowiada krzywa sinusoidalna. Jeśli punkty obrazu układają się wzdłuż linii prostych, to odpowiadające im krzywe sinusoidalne przecinają się. Przestrzeń Hougha ma charakter akumulacyjny, tzn. wartości przypisane punktom

krzywych sinusoidalnych dodają się dla współrzędnych, w których krzywe te przecinają się. Rezultatem działania transformacji jest macierz w przestrzeni parametrycznej, której wartości maksymalne odpowiadają najdłuższym odcinkom występującym w obrazie źródłowym.

W badaniach eksperymentalnych posłużono się autorskim systemem biometrycznym, którego opis znajduje się w pracy [27]. Transformacji Hougha poddaje się wyekstrahowany i zeszkieletyzowany obraz wzorca naczyniowego. Na podstawie macierzy Hougha tworzony jest wektor cech. Do wektora tego wybrane są największe wartości występujące w macierzy. Odpowiadają one najdłuższym odcinkom znalezionym w obrazie wzorca naczyniowego. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy rezultat wyodrębnienia najdłuższych odcinków występujących w zeszkieletyzowanym obrazie próbki biometrycznej.



Rys.3. Wynik wyodrębnienia najdłuższych odcinków prostych występujących w obrazie wzorca naczyniowego. Punktami pogrubionymi zaznaczono początki i końce poszczególnych odcinków.



Rys.4. Skuteczność identyfikacji osobniczej w zależności od długości fali dla różnych długości wektora cech.

Badania

Ocena przydatności poszczególnych diod LED w procesie akwizycji próbek biometrycznych może być wyrażona w oparciu o skuteczność identyfikacji osobniczej systemu biometrycznego.

W badaniach wykorzystano autorską bazę obrazów składającą się ze zdjęć palców pobranych w 3 seriach od 31 osób w wieku od 20 do 80 lat. Akwizycji poddawano 6 palców: wskazujący, środkowy oraz serdeczny z lewej oraz prawej dłoni (łącznie 558 obrazów / 186 unikatowych wzorców). Skonstruowane prototypy urządzeń wykorzystują metodę prześwietlenia, gdzie elementy oświetlające (diody LED) oraz matryca kamery znajdują się z różnych stron palca. Akwizycję obrazów przeprowadzono dla dziewięciu różnych długości fal: 730nm, 808nm, 850nm, 860nm, 875nm, 880nm, 890nm, 940nm, 950nm.

W przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych wektor cech posiadał informację od odpowiednio dwóch do trzydziestu najdłuższych odcinków występujących w obrazie. Jako klasyfikator wykorzystano algorytm kNN. Przyjęto założenie, że jeżeli w trakcie analizy danego wzorca nie wykryto zadanej liczby odcinków to próbka

traktowana jest jako błędna (brak możliwości przypisania do właściwej klasy na bazie mniejszej liczby odcinków). Przedstawione w pracy wyniki uzyskano za pomocą funkcji zaimplementowanych przez autora w środowisku Java. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 4.

Wnioski

Przeprowadzenie badań pozwoliło wykazać słuszność tezy, iż w zakresie widma od 730nm do 950nm ze względu na nieregularność absorpcji promieniowania przez hemoglobinę znajdującą się wewnątrz naczyń krwionośnych oraz inne tkanki palca część z długości fal lepiej nadaje się do akwizycji próbek biometrycznych od pozostałych. Najlepsze rezultaty identyfikacji osobniczej otrzymano dla długości fal 850nm oraz 940nm.

Spadek skuteczności prawidłowej klasyfikacji dla większej liczby odcinków branych do budowy wektora cech spowodowany jest w dużej mierze przyjętym założeniem, że jeżeli w trakcie analizy danego wzorca nie wykryto zadanej liczby odcinków to próbka traktowana jest jako błędna (brak możliwości przypisania do właściwej klasy na bazie mniejszej liczby odcinków). Maksymalną skuteczność identyfikacji osobniczej uzyskano dla długości fali 850nm dla 5 najdłuższych odcinków branych do budowy wektora cech. Mimo tego, dla długości fali 940nm obserwowana jest większa stabilność – zarówno dla 5, 10 jak i 12 odcinków branych do budowy wektora cech uzyskano skuteczność na poziomie 99,6%.

Otrzymane rezultaty wskazują na występowanie korelacji między skutecznością klasyfikacji próbek biometrycznych a długością fali stosowanej do oświetlenia palca w procesie akwizycji.

Autor otrzymał stypendium w ramach projektu DoktoRIS – Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

LITERATURA

- [1] Prael S., Tabulated molar extinction coefficient for hemoglobin in water, *Oregon Medical Laser Center*, (1998)
- [2] Finger Vein Authentication White Paper (29.11.2013): http://www.hitachi.co.jp/products/it/veinid/global/introduction/pdf/finger_vein_authentication_white_paper.pdf
- [3] Bochenek A., Reicher A., *Anatomia człowieka*. Państw. Zakł. wyd. lekarskich, 1952.
- [4] Hashimoto J., Finger Vein Authentication Technology and its Future, *Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Paper*, (2006)
- [5] Paquit V., Price J.R., Seulin R., Meriaudeau F., Farahi R.H., Tobin K.W., Ferrell T.L., Near-infrared imaging and structured light ranging for automatic catheter insertion, *Medical Imaging* (2006): 61411T-1.
- [6] Kandani H., Uenoya T., Uetsuji Y., Nakamachi E., Development of blood vessel searching system for HMS, *Infrared Systems and Photoelectronic Technology, Proc. of SPIE*, 7055 (2008), 70550O-1 - 70550O-10
- [7] Kim J., Kong H.-J., Park S., Noh S., Lee S.-R., Kim T., Kim H.C., Non-contact finger vein acquisition system using NIR laser, *Sensors, Cameras, and Systems for Industrial/Scientific Applications X, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging*, 7249, (2009), 72490Y-1 - 72490Y-8
- [8] Mulyono D., Jinn H.S., A Study of Finger Vein Biometric for Personal Identification, *IEEE*, (2008)

- [9] Bin Q., Jian-fei P., Guang-zhong C., Ge-guo D., The Anti-spoofing Study of Vein Identification System, *International Conference on Computational Intelligence and Security, IEEE computer society*, (2009)
- [10] Hejtmánková D., Dvorák R., Draňanský M., Orság F., A New Method of Finger Veins Detection, *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 1, 1, (2009)
- [11] Hartung D., Busch C., Why Vein Recognition Needs Privacy Protection, *Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 1090-1095, (2009)
- [12] Yang J., Shi Y., Yang J., Jiang L., A Novel Finger-vein Recognition Method with Feature Combination, *ICIP, IEEE*, (2009)
- [13] Lee E.C., Park K.R., Restoration method of skin scattering blurred vein image for finger vein recognition, *Electronics Letters*, 45, 21, (2009)
- [14] Chen L., Zheng H., Personal Identification by Finger Vein Images Based on Tri-value Template Fuzzy Matching, *WSEAS Transactions on Computers*, 7,8, (2009)
- [15] Yu X., Yang W., Liao Q., Zhou F., A Novel Finger Vein Pattern Extraction Approach for Near-Infrared Image, *IEEE*, (2009)
- [16] Yang W., Yu X., Liao Q., Personal Authentication Using Finger Vein Pattern and Finger-Dorsa Texture Fusion, *MM'09*, (2009), 905-908
- [17] Mahri N., Sundi S.A., Rosdi B.A., Finger Vein Recognition Algorithm Using Phase Only Correlation, *IEEE*, (2010)
- [18] Shimawaka S., Sakai N., Change in Blood Vessel Images of the Human Finger Using Near-Infrared Radiation While Compressing the Upper Arm, *WCB 2010, IFMBE Proceedings*, 31, 1262-1265, (2010)
- [19] Hoshyan A.N., Sulaiman R., Houshyar A.N., Smart Access Control with Finger Vein Authentication and Neural Network, *Journal of American Science*, (2011), 7, 9, 192-200
- [20] Liukui C., Zuojin L., Ying W., Yi X., A Design of Infrared Finger Vein Image Acquisition Terminal, *IEEE*, (2011), 626-629
- [21] Rosdi B.A., Shing C.W., Suangi S.A., Finger Vein Recognition Using Local Line Binary Pattern, *Sensors*, 11, 11357-11371, (2011)
- [22] Damavandinejadmonfared S., Mobarakeh A.K., Pashna M., Gou J., Rizi S.M., Nazari S., Khaniabadi S.M., Bagheri M.A., Finger Vein Recognition using PCA-based Methods, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 66, (2012)
- [23] Hong J., Qubo C., The finger vein image acquisition method and vein pattern extraction study based on near infrared. *World Automation Congress (WAC)*, 2012. IEEE, 2012.
- [24] Miura N., Yoichi S. Deblurring vein images and removing skin wrinkle patterns by using tri-band illumination. *Computer Vision-ACCV 2012*. Springer Berlin Heidelberg, 2013, 336-349
- [25] Yang L., Yang G., Yin Y., Xiao R., Sliding Window-Based Region of Interest Extraction for Finger Vein Images, *Sensors*, 13, 3799-3815, (2013)
- [26] Prasanth W., Praveen Chandran R., Vigneshwaran B., Biometric Based Finger-vein recognition For Automatic Teller Machine, *International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, 1, 1, (2013)
- [27] Waluś M., Konopacki J.: Wykorzystanie transformacji Hougha w systemie biometrycznym układu naczyniowego palców dłoni. *Przegląd Elektrotechniczny*, R.89 NR 12/2013, 150-153, (2013)

Autor:

*mgr inż. Michał Waluś,
Politechnika Śląska,
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki,
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice,
E-mail: michal.walus@gmail.com;*