

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Elektryczny

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
„INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA”
UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZEGO
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH W BYDGOSZCZY**

*opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny
„Informatyka Techniczna i Telekomunikacja” Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy dr. inż. Tomasza Marciniaka z dnia 4.04.2020 r.*

Tytuł rozprawy: Rozpoznawanie osób na podstawie analizy obrazów dłoni za pomocą urządzeń mobilnych

Autor rozprawy: mgr inż. Agata Gielczyk

Promotor: dr hab. inż. Michał Choraś, prof. UTP

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Rafał Kozik, prof. UTP

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy zagadnień związanych z zastosowaniem metod analizy obrazów cyfrowych do rozpoznawania i weryfikacji tożsamości osób na podstawie wybranych cech biometrycznych. Autorka skupia się w swoich rozważaniach i badaniach eksperymentalnych na analizie obrazów dłoni pozyskanych za pomocą aparatów cyfrowych wbudowanych we współczesne urządzenia mobilne – w badaniach eksperymentalnych były to cztery modele smartfonów, a także częściowo platforma testowa zbudowana w ramach pracy w oparciu o prostą kamerę internetową Logitech C130 oraz moduł Raspberry Pi 2.

Doktorantka postawiła tezę, iż *wykorzystując informacje zawarte w obrazie wewnętrznej części dłoni, można przeprowadzić skuteczne rozpoznawanie osób za pomocą urządzenia mobilnego*. Teza ta została sformułowana w sposób jasny i zwięzły, co uzasadnia skupienie się przez Autorkę rozprawy na analizie obrazów wewnętrznej części dłoni, bez użycia metod analizy daktyloskopijnej, czy też w ogólności analizy odcisków palców, układu naczyń krwionośnych i innych metod biometrycznych. Tym niemniej tak ogólne sformułowanie tezy rozprawy – choć trafne – budzi w naturalny sposób pytanie, czy dzięki wykorzystaniu analizy obrazów wewnętrznej części dłoni możliwa jest poprawa skuteczności rozpoznawania osób w porównaniu z innymi stosowanymi metodami biometrycznymi, niekoniecznie dzięki zastosowaniu wyłącznie analizy obrazu dłoni. Poprawa taka mogłaby zostać uzyskana zarówno dzięki zastosowaniu fuzji danych (różnych cech biometrycznych), jak również przy założeniu określonych warunków ich akwizycji np. wykluczających użycie niektórych metod

ze względów sprzętowych lub związanych z długim czasem przetwarzania i analizy danych. Pomimo iż kwestie te nie zostały w sposób jawny określone w tezie pracy, są one jednakże rozpatrywane w rozprawie, m.in. ze względu na założenie używania urządzeń mobilnych do akwizycji obrazów dłoni, a także częściowo rozwiązane. Nakreślone zostały także ramy dalszych badań w tym zakresie.

2. Jaka jest przydatność rozprawy z punktu widzenia nauk technicznych, czy założenia przyjęte przez autora są uzasadnione?

Przyjęcie założenia użycia powszechnie dostępnych urządzeń mobilnych do akwizycji obrazów poddawanych dalszej analizie jest bez wątpienia słuszne. Autorka zwraca uwagę na konieczność właściwej segmentacji obrazu na potrzeby wyznaczenia obszaru (rejonu) zainteresowania (ang. *Region of Interest* – ROI) zawierającego wewnętrzną część dłoni, zwłaszcza przy założeniu nieznanego tła. Jest to zagadnienie bardzo istotne z punktu widzenia analizy obrazów naturalnych, często pozyskiwanych w różnych warunkach oświetleniowych, nie zawsze równomiernie oświetlonych obiektów. W przypadku rozpatrywanym w pracy przyjęto „milcząco” założenie, iż obraz pozyskany jest oświetlony w sposób dość równomierny, co jest możliwe do uzyskania w przypadku współczesnych urządzeń mobilnych. Z naukowego punktu widzenia, opracowanie skutecznej metody analizy, odpornej na zmienne warunki oświetleniowe, wydaje się jednak ciekawym kierunkiem dalszych badań.

Przydatność rozprawy z punktu widzenia nauk technicznych nie budzi wątpliwości. Dzięki przeprowadzonym badaniom zaproponowanych metod analizy obrazów dłoni możliwy będzie dalszy rozwój technik weryfikacji tożsamości, zwłaszcza opartych na wykorzystaniu różnych cech w biometrii multimodalnej. Uzasadnienie podjęcia badań w tej tematyce, przedstawione w podrozdziale 3.6, także w odniesieniu do prac innych badaczy, podkreślające celowość użycia urządzeń o mniejszej mocy obliczeniowej, jest przekonujące.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienie i czy użył właściwej do tego metody?

Zagadnienie weryfikacji tożsamości osób na podstawie analizy obrazów wewnętrznej części dłoni zostało przez Doktorantkę rozwiązane z użyciem kilku różnych sposobów. Bazując na analizie technik przedstawionych w literaturze, Autorka skupiła się na zaproponowaniu oraz weryfikacji skuteczności działania różnych podejść do trzech zasadniczych etapów procesu rozpoznawania obrazu dłoni. W procesie przetwarzania wstępnego obrazu w celu poprawnej detekcji obszaru zainteresowania (ROI) zaproponowana została metoda bazująca na ekstrakcji konturu dłoni oraz punktów charakterystycznych, co pozwoliło na dokonanie odpowiedniego obrotu oraz określenie ROI. Dyskusyjnym jest fakt przyjęcia stałego progu binaryzacji (równego 90 dla 256 poziomów jasności, jak podano na str. 38), co znacząco ogranicza stosowalność przyjętego algorytmu, jednakże w metodzie przedstawionej w rozdziale 5.3.2 (str. 66) problem ten został zauważony i zaproponowane zostało inne rozwiązanie wraz z dodatkową walidacją. Zastosowanie deskryptora HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) w połączeniu z czterema różnymi metodami dodatkowej filtracji obrazu jest również podejściem właściwym, często spotykanym w podobnych zagadnieniach związanych z klasyfikacją obrazów.

Podejścia hybrydowe, stanowiące połączenie analizy cech koloru i tekstury, a także cech geometrycznych i tekstury, zapewniają w wielu zastosowaniach uzyskiwanie lepszych efektów, niż w przypadku użycia wyłącznie cech jednego rodzaju. Taki efekt swoistej synergii, dzięki wykorzystywaniu informacji „różnej natury”, uzyskiwany jest m.in. przy automatycznej ocenie jakości obrazów cyfrowych. Z tego względu weryfikacja możliwości

zastosowania podobnego podejścia w systemach biometrycznych bazujących na analizie dłoni jest celowa i właściwa, choć – jak przedstawiono w rozprawie – nie we wszystkich przypadkach prowadzi do zwiększenia skuteczności rozpoznawania osób. Pewien niedosyt pozostawia jednakże brak próby dalszego połączenia zaproponowanych w rozprawie metod (np. cech koloru, tekstur oraz geometrycznych), która potencjalnie mogłaby zapewnić poprawę uzyskiwanych wyników.

4. Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny), jaka jest jej pozycja w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny, co jest typowe dla reprezentowanej przez Doktorantkę dyscypliny naukowej oraz tematyki pracy. Przedstawiony w niej element o charakterze konstrukcyjnym (urządzenie testowe bazujące na module Raspberry Pi 2) ma jedynie aspekt uzupełniający, nie stanowiący o charakterze całej rozprawy. Istotnym elementem pracy jest przede wszystkim weryfikacja eksperymentalna działania zaproponowanych metod, która została dokonana z użyciem znanej z literatury światowej, powszechnie akceptowanej bazy testowej PolyU. Niedosyt budzi jednakże brak wyników uzyskiwanych dla bazy IITD, czy też CASIA, dla niektórych spośród testowanych metod.

Cennym elementem pracy jest zaproponowanie koncepcji autorskiej bazy testowej do eksperymentów, pozyskiwanej za pomocą urządzeń mobilnych, a także stworzone do jej pozyskania oprogramowanie. Szkoda, iż baza ta nie stanowi elementu rozprawy doktorskiej, gdyż podniosłaby niewątpliwie jej przydatność. Z tego względu brak również w rozprawie wyników weryfikacji zaproponowanych metod z użyciem własnej bazy testowej pozyskiwanej za pomocą różnych urządzeń.

Praca dotyczy zagadnień aktualnych, obecnych w literaturze światowej przez stosunkowo krótki czas, a dokonany przez Doktorantkę przegląd literaturowy można uznać za adekwatny i reprezentatywny dla obecnego stanu wiedzy. Rozprawa bardzo dobrze wpisuje się w trendy rozwojowe technik biometrycznych, co bez wątpienia stanowi jedną z jej mocnych stron.

5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora?

Za oryginalne elementy rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Giełczyk uznać należy przede wszystkim propozycje autorskich metod przetwarzania wstępnego i analizy obrazów wewnętrznej części dłoni. Należą do nich:

- metoda oparta na deskrypcji HOG,
- metoda hybrydowa bazująca na cechach koloru i tekstury,
- metoda hybrydowa bazująca na cechach geometrycznych i tekstury,
- metoda wykorzystująca 3-wartościową maskę,
- metoda z użyciem kodu binarnego,
- metoda bazująca na energii tekstury,
- algorytm wyznaczania obszaru zainteresowania (ROI) na potrzeby pozyskiwania bazy danych obrazów za pomocą urządzeń mobilnych.

Ponadto do oryginalnych osiągnięć zaliczyć można koncepcję utworzenia dedykowanej bazy obrazów testowych pozyskiwanych za pomocą urządzeń mobilnych oraz utworzenie aplikacji

do zbierania próbek. Samodzielnym dorobkiem Doktorantki są również przeprowadzone badania eksperymentalne oraz wyniki weryfikacji działania zaproponowanych metod z uwzględnieniem czasu przetwarzania wstępnego obrazu oraz ekstrakcji cech wraz z klasyfikacją.

Ze względu na przeglądowy charakter rozdziału drugiego (dotyczącego biometrii) oraz trzeciego, który zawiera przegląd literatury z zakresu analizy obrazów dłoni, zasadniczą część rozprawy stanowią rozdziały 4 – 6. Zaproponowana metoda przetwarzania wstępnego obszaru ROI za pomocą metody HOG została połączona z czterema algorytmami filtracji obrazu, co pozwoliło również na dobranie odpowiednich parametrów dla metody HOG. Zaproponowane metody hybrydowe stanowią istotny oryginalny element rozprawy, pozwalający na efektywne połączenie cech tekstur z cechami geometrycznymi lub cechami koloru. Pomimo iż w pracy podejście to nie zostało wyczerpane, uznać je należy za wartościowy element rozprawy.

Na uwagę zasługują dwie autorskie metody przedstawione w rozdziałach 4.6 oraz 4.7 – w pierwszym przypadku bazująca na macierzy GLCM, prowadząc do uzyskania kodu binarnego w zależności od wartości wybranych cech Haralicka, natomiast w drugim – stanowiącym modyfikację metody zaproponowanej w pozycji [48] – opartej na energii tekstury uzupełnionej o cechy opisujące długości przebiegów (pasm).

Pomimo, przedstawionych w dalszej części recenzji, dość licznych uwag natury dyskusyjnej, dotyczących głównie sposobu weryfikacji działania zaproponowanych metod, a także doboru parametrów i cech, autorskie metody zaproponowane w pracy są wartościowe i potwierdzają bardzo dobrą znajomość tematyki badawczej oraz opanowanie przez Doktorantkę zagadnień z nią związanych.

Wartość merytoryczna rozprawy została także potwierdzona poprzez wskazane w rozdziale 1.4 publikacje, głównie współautorskie, w których zaprezentowane zostały częściowe wyniki badań. Wśród nich warto wymienić artykuł w czasopiśmie *Mobile Information Systems*, oraz 3 publikacje w materiałach konferencji CAIP oraz HPCS (ujętych w bazie CORE – poziom B), uzupełnione m.in referatami na konferencjach CORES oraz IP&C.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Pomimo przedstawienia adekwatnego do tematyki i zakresu pracy przeglądu literatury, dokładnego przedstawienia proponowanych rozwiązań oraz wyników przeprowadzonych eksperymentów, w rozprawie można zauważyć pewne braki, zarówno natury merytorycznej, wymagające wyjaśnienia i doprecyzowania, jak również mniej znaczące usterki, najczęściej natury językowej.

Do głównych wad rozprawy, aczkolwiek mających w większości charakter dyskusyjny oraz nie umniejszających wartości pracy w znaczący sposób, zaliczyć należy kwestie wymienione poniżej (stanowią one zagadnienia polemiczne do wyjaśnienia lub dyskusji podczas obrony):

- brak umieszczenia w rozprawie wyników eksperymentalnych uzyskanych dla innych baz testowych (poza PolyU) oraz ograniczenie do zaprezentowania koncepcji pozyskania autorskiej bazy danych testowych; brak jej zamieszczenia w pracy, a także wyników eksperymentalnych dla niej uzyskanych,
- brak omówienia możliwości zastosowania momentów wyższych rzędów lub ew. niezmienników momentowych w metodzie opisywanej na str. 44 (czy podejście takie było rozważane w toku badań?),

- celowe byłoby przeanalizowanie, która z trzech definicji korelacji przedstawionych na str. 48 jest najistotniejsza z punktu widzenia jakości uzyskiwanych wyników klasyfikacji próbek,
- wyjaśnienia wymaga stwierdzenie na str. 52 dotyczące użycia zaledwie 12 próbek uczących w przypadku metody 3-wartościowej maski,
- w rozprawie brakuje również dyskusji, na jakiej podstawie wybrane zostały dwie spośród cech Haralicka w metodzie kodu binarnego,
- wyjaśnienia wymaga wybór wektorów i wynikających z nich macierzy w metodzie bazującej na energii tekstury, gdyż zaprezentowane macierze są bardzo zbliżone do masek innych często stosowanych filtrów kierunkowych np. Sobela, czy Scharra,
- jak słusznie zauważono na str. 76, wyniki przedstawione w Tabeli 7 nie potwierdzają celowości zastosowania cech koloru, ponieważ wyższą skuteczność uzyskano dla 6 cech tekstury – w tym kontekście wyjaśnienia i uzasadnienia wymagają stwierdzenia dotyczące większej uniwersalności systemu opartego na dwóch rodzajach cech, a także motywacja dokonanego wyboru fuzji cech do implementacji na urządzeniach mobilnych.

Powyższe uwagi wynikają przede wszystkim z braku prezentacji wyników eksperymentów, które były zapewne przeprowadzane podczas opracowywania poszczególnych metod. Ich prezentacja potwierdziłaby słuszność przyjętych rozwiązań, a być może pozwoliłaby na dalsze udoskonalenie, zwłaszcza metod wykorzystujących fuzję cech.

Wśród pozostałych uchybień zauważyć należy następujące:

- pojęcie szumu użyte na str. 18 w odniesieniu do zakłóceń np. z postaci blizny obecnej w analizowanym obszarze dłoni (a także na str. 20), wydaje się mało adekwatne, gdyż szum jest traktowany w przetwarzaniu i analizie obrazów jako pojęcie węższe aniżeli „zniekształcenie” lub „zakłócenie”, które byłyby bardziej adekwatne w tym kontekście,
- wątpliwości budzi określenie definicji próbek fałszywie pozytywnych (*False Positives*) oraz fałszywie negatywnych (*False Negatives*) przy definicjach wskaźników FAR i FRR (str. 20, 21) – zwykle przyjmuje się, iż próbka fałszywie pozytywna to taka, która w rzeczywistości jest negatywna i tak powinna być sklasyfikowana, jednak została nieprawidłowo rozpoznana jako pozytywna – celowe jest sprecyzowanie, co Autorka rozumie pod pojęciem próbki pozytywnej oraz negatywnej w kontekście weryfikacji tożsamości w systemach biometrycznych,
- celowe jest wyjaśnienie znaczenia pojęcia „czasu rzeczywistego” użytego na str. 22 w kontekście czasu działania systemu weryfikacji,
- brak wyraźnego odniesienia do tematu rozprawy w rozdziale 2 – w tym miejscu zasadne wydaje się uwypuklenie znaczenia analizy obrazu dłoni i motywacji podjęcia tematyki badawczej,
- nieprawidłowe rozwinięcie skrótu PCA (str. 31) – powinno być: *Principal Component Analysis* (zamiast: *Principal Line Analysis*), choć faktycznie prawidłowe rozwinięcie znajduje się na kolejnej stronie pracy (wystarczające byłoby jego zastosowanie przy pierwszym wystąpieniu skrótu),
- mylące tłumaczenie nazwy macierzy GLCM na str. 34 jako „macierz zbieżności poziomów szarości), zwłaszcza iż stosowane polskie odpowiedniki zostały prawidłowo wymienione w dalszej części rozprawy (str. 52),
- nie jest jasne, czego dotyczy histogram przedstawiony na rysunku 15 i jaki jest jego związek z widmem uzyskiwanym za pomocą DFT (pomijając już dyskusyjne użycie sformułowania „produkt Dyskretnej Transformaty Fouriera”), podobnie nie został

podany sposób ustalenia progu decyzyjnego dla metody hybrydowej Color-Texture (na str. 46 znajduje się jedynie informacja, iż jest on ustalany empirycznie),

- określenia zbioru punktów charakterystycznych użyte na str. 46 są nieco mylące – użycie określenia „przestrzeń” stanowi pewnego rodzaju „skrót myślowy” w istocie służące do określenia punktu znajdującego się pomiędzy palcami,
- nieprecyzyjne określenie numerów wierszy i kolumn macierzy GLCM na str. 52 – w istocie rząd (a właściwie wiersz, gdyż użycie pojęcia „rząd” w odniesieniu do macierzy jest w tym kontekście nieprawidłowe) 10. macierzy zawiera liczbę współwystąpień pikseli o jasności 9 oraz kolejnych od 0 do 255 (ze względu na to, iż w 1. wierszu są informacje o koincydencjach pikseli o jasności 0 a nie 1).

Mniej istotne usterki zauważone w pracy obejmują głównie kwestie techniczne i językowe, np:

- nagminne używanie pojęcia „ilość” zamiast „liczba” w odniesieniu do policzalnych elementów np. cech, próbek, haseł, obrazów, czy państw,
- nieszczęśliwe sformułowanie dotyczące prac naukowych Autorki „*zostały one umieszczone w kolejnej sekcji tego rozdziału*” sugerujące zamieszczenie pełnych tekstów, a nie tylko ich spisu,
- brak odniesienia bibliograficznego bezpośrednio w podpisie rysunku 3 (ponadto ciekawe byłoby podanie odpowiednich danych dotyczących lat wcześniejszych), a także do danych źródłowych dla rysunku 5 (w adresie URL zamieszczonym w przypisie ciąg fbclid służący wyłącznie do monitorowania aktywności użytkowników Facebooka jest zresztą całkowicie zbędny),
- nieumieszczanie równań wewnątrz zdań w tekście i traktowanie ich podobnie jak rysunku lub tabelę; odnoszenie się do równań podając ich numery bez nawiasów utrudnia czytanie tekstu i odróżnienie ich od numerów rysunków i tabel,
- odwrotna kolejność odwołań do wzorów 4 oraz 5 na str. 21,
- wyliczenie na str. 23–24 powinno stanowić jedno zdanie (rozpoczynanie elementów listy małymi literami i zakończenie średnikami lub przecinkami),
- nieszczęśliwe sformułowanie „*postrzeganie oka ludzkiego*” (str. 30) odnoszące się do przestrzeni CIELab powinno być zastąpione „*postrzeganiem barw przez oko ludzkie*”,
- użycie anglojęzycznych określeń na rysunkach 17 czy też 19 mogłoby być zastąpione ich polskimi odpowiednikami (np. „*metryka miejska*” lub ew. użytym na str. 52 „*odległość Manhattan*”),
- niekonsekwentne użycie określnika „px” w odniesieniu do pikseli przy podawaniu rozmiarów masek, obszarów lub obrazów,
- nieliczne usterki językowe i typograficzne, np. „*Jej przykładów można wymieniać*” (str. 5), „*raz z rozwojem techniki*” (str. 15), „*system wykorzystujące*” (str. 19), „*Historgam*” (str. 32), „*udało się z sukcesem przenieś*” (str. 89), rozpoczynanie zdań słowem „*natomiast*”, zbędna wielka litera w słowie „*mużulmanek*” (str. 26), brak odmiany nazwiska Hough (str. 32), czy brakujące spacje („*rysunku14*” str. 42) lub przecinki.

Usterki te, podobnie jak poprzednie uwagi, nie umniejszają jednakże ogólnej pozytywnej oceny rozprawy, zwłaszcza iż niektóre z nich mają charakter dyskusyjny, a pozostałe są mniej istotne. Rozprawa jest przygotowana starannie, można też uznać, iż wskazane drobniejsze usterki typograficzne, czy językowe są stosunkowo nieliczne.

7. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora i znajomości współczesnej literatury z zakresu dyscypliny naukowej, jakiej rozprawa dotyczy?

Metody przetwarzania i analizy obrazów, czy też klasyfikacji danych, użyte w rozprawie są adekwatne do postawionego problemu, potwierdzając znajomość narzędzi oraz metod stosowanych w zbliżonych tematycznie zagadnieniach z zakresu informatyki technicznej. Zaprezentowany w rozprawie przegląd literatury, zawierający 90 pozycji związanych bezpośrednio z tematyką pracy, stanowi potwierdzenie znajomości współczesnych osiągnięć z zakresu tematyki pracy, którą Autorka posiadała w trakcie jej realizacji. W zdecydowanej większości są to pozycje z ostatnich kilku lat, w tym także z roku bieżącego.

8. Czy autor wskazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Praca jest napisana na ogół poprawnym językiem, z nielicznymi usterkami językowymi. Napisana jest w sposób jasny i zrozumiały. Sposób przedstawienia uzyskanych wyników nie budzi większych zastrzeżeń, choć zestawienie zaprezentowane w Tabeli 19, podsumowującej wyniki otrzymane dla zaproponowanych metod byłoby czytelniejsze, gdyby dla autorskich metod zaprezentowano również wartości wskaźników FRR, FAR czy EER, co ułatwiłoby ich porównanie z pozostałymi. Nie jest również jasne, dla jakiej bazy obrazów uzyskano te właśnie wyniki. Większość spośród zauważonych usterek językowych oraz redakcyjnych została wskazana w pkt. 6 recenzji, inne mają niewielkie znaczenie, nie wpływając na ogólną staranność edytorską pracy.

Wyniki przedstawione są zasadniczo w poprawny sposób, w szczególności istotne są wyniki pomiaru czasu obliczeń dla poszczególnych metod na różnych urządzeniach – nawet, jeśli traktowane byłyby jako przybliżone. Pewnym mankamentem sposobu prezentacji wyników eksperymentalnych jest ich ograniczenie do bazy PolyU; ciekawym uzupełnieniem byłyby rezultaty uzyskane dla innych baz testowych rozpatrywanych w pracy (IITD, CASIA).

9. Czy i jaka jest przydatność rozprawy dla gospodarki narodowej?

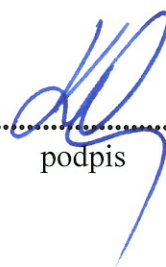
Dzięki powszechności dostępu do urządzeń mobilnych, a także stosunkowo łatwemu pozyskiwaniu obrazów dłoni, praca może przyczynić się do rozwoju nowych i udoskonalenia istniejących technik weryfikacji tożsamości i identyfikacji osób w różnych gałęziach przemysłu i gospodarki. Potencjalne obszary zastosowań mogą dotyczyć wzmocnienia bezpieczeństwa aplikacji bankowości elektronicznej, mikropłatności, czy też usprawnienia systemów kontroli dostępu do pomieszczeń w instytucjach publicznych, czy też w sektorze prywatnym. Pomimo konieczności stosowania skuteczniejszych metod w wielu systemach, proponowane metody mogą być używane jako uzupełniające tam, gdzie ryzyko niepowołanego dostępu do zasobów jest stosunkowo niskie, a także np. do celów statystycznych, czy też np. w kontroli czasu pracy. Potencjalnie cechy obrazu dłoni ludzkiej mogą być także stosowane jako dodatkowe informacje w warstwie elektronicznej dokumentów tożsamości.

Jak słusznie zauważono w podsumowaniu pracy, efektywne zastosowanie obrazu dłoni jako cechy biometrycznej wymagałoby dodatkowo kontroli żywotności próbki, a także kwestie starzenia się próbek oraz aspekty bezpieczeństwa danych biometrycznych, warunkujące ich zastosowanie, zwłaszcza w systemach powszechnego użytku.

10. Czy rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy?

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Gielczyk pt. *Rozpoznawanie osób na podstawie analizy obrazów dłoni za pomocą urządzeń mobilnych*, której promotorem jest dr hab. inż. Michał Choraś, prof. UTP, spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. nr 65 poz. 595, z późn. zm.).

Opiniowana rozprawa doktorska stanowi samodzielne rozwiązanie zadania badawczego mieszczącego się w zakresie dyscypliny naukowej *informatyka techniczna i telekomunikacja* w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, zgodnie z aktualną klasyfikacją, obejmując m.in. zagadnienia wcześniejszej dyscypliny *informatyka* w dziedzinie nauk technicznych, co potwierdza umiejętność rozwiązywania problemów naukowych związanych z jej zakresem przez Autorkę. **Wnioskuje o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**



.....
podpis