

**RADA NAUKOWA DYSCYPLINY  
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

zaprasza na  
PUBLICZNĄ OBRONĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
**mgr. inż. Mohammadreza Azimi**

która odbędzie się w dniu **25 kwietnia 2022 roku o godzinie 15:00** w trybie zdalnym

Temat rozprawy doktorskiej:

*„Investigation into the reliability of contactless biometric systems”*

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Pacut - Politechnika Warszawska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Adam Czajka – University of Notre Dame, USA

prof. dr hab. inż. Khalid Saeed – Politechnika Białostocka

prof. dr hab. inż. Krzysztof Ślot – Politechnika Łódzka

Obrona odbędzie się z wykorzystaniem platformy MS Teams. Osoby zainteresowane uczestnictwem w obronie proszone są o zgłoszenie chęci uczestnictwa w formie elektronicznej na adres sekretarza komisji: dr hab. inż. Jacek Misiurewicz, prof. uczelni – email: Jacek.Misiurewicz.pw.edu.pl do dnia 22 kwietnia 2022 do godz. 12:00.

Z rozprawą doktorską i recenzjami można zapoznać się w Czytelni Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej, Warszawa, Plac Politechniki 1.

Streszczenie rozprawy doktorskiej i recenzje są zamieszczone na stronie internetowej: <https://bip.pw.edu.pl/Postepowania-w-sprawie-nadania-stopnia-naukowego/Doktoraty/Wszczete-po-30-kwietnia-2019-r/Dyscyplina-informatyka-techniczna-i-telekomunikacja-dziedzina-nauk-inzynieryjno-technicznych/mgr-inz.-Mohammadreza-Azimi>.

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny  
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja  
Politechniki Warszawskiej  
**dr hab. inż. Jarosław Arabas**

## Abstract

Biometrics are popular nowadays, as we cannot lose them and they are secure. A very significant problem with biometric solutions is their lack of performance, as the matching accuracy of biometric recognition systems can be affected by various social factors. This thesis reports on our new findings regarding the influences of certain social factors on biometric recognition. Three methods were chosen and related questions were answered: a- Iris: this part looks at the reliability test of the iris recognition system under the influence of diabetes. A new database has been collected. We have used various matchers in order to obtain similarity scores between the captured samples. We found that, while there is no obvious impairment on non-healthy irides, the accuracy of the recognition system is higher when dealing with healthy people. In other words, it is harder to recognize people who suffer from diabetes due to certain non-obvious disorders in their iris textures. Gender and age dependency studies are also available. b- Voice: this part looks at the effect of "Morning Voice" on text-independent speaker recognition. It presents an investigation on the effect of the time of day on the matching accuracy of the voice recognition system. A new database has been collected and offered. The database contains a dataset of thirty people. We have collected 1780 voice samples. There were two different data collection sessions: a. participants were asked to record their voice after getting up, using their own smartphone devices (nine hundred and sixteen morning voice samples were recorded), and b. participants were asked to record their voice samples during the day (more than eight hundred and eighty-four samples were collected from the same users). Each sample lasts for six seconds, at a bit rate of 705 kbps. All the participants are native Persian speakers. In order to conduct numerical experiments, a pre-trained VGG-Speaker is used. An All-versus-All comparison scenario is carried out. The intrasession comparison scores are better than the intersession comparisons. For the evening versus evening comparison scenario, an equal error rate (EER) of 1.46% was achieved. For the morning versus evening comparison scenario, the EER is increased to 10.2%. c- Face: this part explores the joint influence of makeup and facial expressions on the matching accuracy of the facial recognition system. We consider the question of whether or not the effect of makeup and facial expression are correlated. In fact, while a single effect of each is not significant, the joint effect is. We implemented three state of the art approaches, namely python face recognition dlib, Verilook and VGGFace. While the application of "light makeup" on angry faces showed no statistically significant differences, for fearful or happy faces the comparison score differs significantly. For each of the mentioned cases, we have built a classifier to make the system more reliable. For instance, building a makeup detection algorithm can improve facial recognition. c Therefore, the central aim of this thesis is testing the performance of a biometric recognition system under the influence of social problems that have the potential to degrade a system's matching accuracy (the effects of diabetes on the iris, the morning effect on the voice and a combination of mood variation and makeup influences on facial appearance were considered). The next goal was to make mobile contactless biometric systems robust against the impacts of the predetermined influential parameters. The final goal of this work was to achieve an EER in all the mentioned cases. In this thesis: a- From a database of more than 1900 iris images from 509 eyes (723 diabetic iris images from 161 eyes and 1183 healthy iris images from 348 ones), we used three different matchers (open source) and found that accuracy was consistently higher in those images of eyes from people who do not have diabetes. b- We present an investigation on the effect of time of day on the matching accuracy of a speaker recognition system. We have collected 1780 voice samples donated by 30 people. The intrasession comparison scores are better in than the intersession comparisons. For the evening versus evening comparison scenario an EER of 1.46% was achieved. For the morning versus evening comparison scenario, the EER increases to 10.2%. c- An EER of 4.68% was achieved

when identifying faces under the joint influences of full makeup and mood variation, while the EER under the effect of each of these factors separately is less than 1%. In a nutshell, the study highlights the limits of unimodal biometrics and cautions against the widespread use of methods that only perform well under optimal circumstances, without taking into account certain relatively common conditions. Improving the robustness of biometric systems can enhance the popularity of contactless mobile biometric systems. Robustness, which is defined as survivability under failure or attack, is one of the most important properties of a system. A biometric system should perform well under any circumstances. In this thesis, we have detected several issues and fixed them by using the same methodology. To tackle the detected problems in all three cases, we have tried to build sophisticated diabetes, makeup and morning voice detection algorithms that can improve iris, face and speaker recognition. While the accuracy of the makeup detector and morning voice detector was up to 95%, it was not possible for us to diagnose diabetes using the iris texture.

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

14 lutego 2022

### **Kandydat:**

mgr inż. Mohammadreza Azimi  
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska  
ul. Nowowiejska 15/19  
00-665 Warszawa

### **Tytuł rozprawy:**

Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems

### **Recenzent:**

dr hab. inż. Adam Czajka  
Department of Computer Science and Engineering  
University of Notre Dame  
384 Fitzpatrick Hall of Engineering  
Notre Dame, IN 46556, USA  
[aczajka@nd.edu](mailto:aczajka@nd.edu)

Niniejsza recenzja została sporządzona wg zaleceń przekazanych przez Politechnikę Warszawską. W szczególności ocenia ona spełnienie przez rozprawę doktorską warunków określonych w art. 187 ust. 1-2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Wg mojej wiedzy kandydat nie posługuje się językiem polskim w stopniu pozwalającym na swobodną dyskusję rozprawy, więc recenzja sporządzona została w języku angielskim.

**What scientific/research issue is considered in this dissertation (the aim and thesis of the dissertation) and was it formulated by the author in a comprehensible way?** (PL: Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrywane w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?)

The main goal of this thesis is to investigate the impact of selected social factors on biometric recognition reliability. The main thesis states that “the reliability of biometrics can be significantly affected by social factors, but that this can be mitigated by proper data analysis techniques.” To support this claim, the author selected three biometric modalities (iris, speaker, and face recognition), formulated, and then verified four supporting theses: (S1) iris recognition is less effective for subjects suffering from type II diabetes; (S2) time of day when the voice is recorded affects text-independent speaker recognition systems; and (S3) face makeup impacts face recognition reliability. The main and supporting theses are formulated in a comprehensible way.

An immediate remark is that not all factors deteriorating biometric performance, especially those having their roots in biology, “can be mitigated by proper data analysis techniques.” I would rather agree that such mitigation is possible for selected situations and only to some degree. And this is what this thesis actually verifies.

Also, I am not sure if diseases should be considered as “social factors”. Instead, social factors, such as education, income, working and life conditions, diet habits, etc. may facilitate evoking certain diseases, which in consequence may impact biometric recognition. Thus, this thesis rather investigates the impact

of selected nonideal, or adverse conditions (having various sources, not necessarily being social factors), in which biometric systems are placed, on recognition reliability.

**Does the dissertation include appropriate analyzes of past work, including world literature, state of the art, and industrial applications?** (PL: Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle?)

The list of cited literature has 188 entries, and the selection of sources in a satisfactory way represents the state of the art. The author could perhaps look at the most recent works related to correlations between iris recognition and gender. He says that *very little work has been focused on using iris texture patterns to determine ethnicity or gender* (p. 21), but there is a series of papers from the University of Notre Dame on possible use of iris texture and ocular regions for gender prediction [1,2]. These newer works would probably help in avoiding incorrect statements, such as *the iris can be used to indicate gender* (p. 61). This is incorrect if the “iris” means the non-occluded iris texture within the iris annulus, and the reason why it may be incorrect was explained in [3]. Namely, the iris texture has little to no correlation with genotypic features, including gender. What was found is that properties of ocular regions, mainly due presence of cosmetics used by women, may indicate a gender of the subject whose iris was photographed.

The author did not make connections between his work and applications in industry.

**Has the author solved the research issues defined in the dissertation, did he use an appropriate method and are the assumptions justified?** (PL: Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?)

The author designed and carried out a series of experiments to verify the formulated hypotheses. The experiments related to face recognition in presence of cosmetics and under different face expressions are correct.

I have identified the following weaknesses in the research methods related to the impact of diabetes on iris recognition and time of day on speaker recognition, and I would be happy to discuss them with the author during his defense:

1. Investigation whether the diabetes impacts iris recognition is based on comparison of iris matching results in two groups, which are heterogenous in terms of age of subjects. Table 3-1 suggests that the average age in the diabetic group is significantly higher than the average age in the healthy group. Iris recognition may perform worse for older subjects due to various factors not related to diabetes (e.g., *arcus senilis*, a grayish arc near the limbic iris boundary decreasing the contrast between the iris and the sclera, is one of known factors). Is it possible that the reason for the observed lower accuracy within the “diabetes” group is caused by age and not by the diabetes? If so, why did the author not make an attempt to reduce correlations between accidental factors (not related to diabetes) and the class-specific iris recognition accuracy?
2. (Related with (1)) The author was not able to find a method to detect diabetes from an iris image (p. 67). At the same time the author claims that diabetes has in impact on iris recognition. Aren't these two statements contradictory? If it is not possible to detect diabetes from an eye image, could the observed differences for diabetic and healthy subjects be caused by data imbalanced in terms of the subjects' age?
3. Having data collected only in a single morning session and in a single evening session does not allow to disentangle the effects originating from between-session measurements and daytime-

related variability in human voice. Fig. 6-6 demonstrates between-session vs within-session score distributions, which can't be used to conclude whether morning-vs-morning comparisons are different from morning-vs-evening comparisons. This experiment can only demonstrate whether morning-vs-morning comparison scores are different from evening-vs-evening comparison scores, and Fig. 6-6 suggests that they are not significantly different.

Additional question relates to the iris recognition methodology:

4. According to the equation (3-2) on p. 37, the selected iris recognition method does not incorporate occlusion masks into calculating the Hamming distance. Occluded parts of the iris should not contribute to the matching score. Is it only a mistake in the thesis writing and the author did incorporate the mask into calculating the comparison score in his programs? A minor remark is that USIT was proposed by Rathgeb et al. (<https://www.wavelab.at/sources/USIT>), not Monro et al. (p. 39).

**What are novel elements of the dissertation, what are the author's independent and original accomplishments, what is the position of the dissertation in relation to the state of the art and the level of technology represented in the world literature?** (PL: Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?)

The accomplishments presented in Chapters 3, 4, 5 and 7 have been previously published as peer-reviewed papers, coauthored by Mr. Azimi. Upon my request, Mr. Azimi delivered a written statement on his individual contributions to these papers. According to the statement, Mr. Azimi was a leading author responsible for all aspects of the research, except for new data collections. Such contributions are sufficient and justify having these works included in the dissertation. The most important and original element of the thesis, triggering interest among other biometric researchers, relates to the impact of diabetes on iris recognition. Once the doubts related to experimental design are clarified, it may serve as valuable contribution to the community. Especially availability of the database makes this research reproducible.

**Has the author demonstrated capabilities to present the obtained result in a correct and convincing way (brevity, clarity, editorial correctness)?** (PL: Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?)

The thesis is written in a clear way. There are several statements that would require a better justification or more precise formulations:

-- *Using a biometric identifier is more reliable than traditional methods such as passwords or identity cards* (p. 1). This may be not true if put into a concrete authentication context. For instance, a weak face recognition system (with high FAR and lacking liveness detection) may be less reliable and more harmful than password-based authentication.

-- *Retinal detachment can permanently change the trait of the iris* (p. 2). Retina and iris are two different parts of the eye. Appropriate citation should be provided to support the above claim.

-- I would consider sensors (their "aging" and technological changes) as one of the factors of degradation of biometric performance over time (p. 2).

-- *Pupil dilation cannot directly influence the unique iris features themselves* (p. 45). Although the meaning of "influence" is unknown here, pupil dilation does have an impact on iris recognition accuracy,

mainly due to a nonlinear nature of iris deformation, which is not compensated by linear methods, such as Daugman's "rubber sheet" model.

Chapter 2.1.2.2 seems to be a bit chaotic: iris and speaker recognition systems are intertwined into a single narrative. I also noticed a few minor language errors: text repetitions "such as such as" (p. 7), typos "Daughman" instead of Daugman (p. 21), paragraph repetitions (e.g., approval of Ethics Committee of the Warsaw University of Technology, usage of the IriShield MK 2120U sensor, or USIT method), or unclear statements (e.g., what do "truncated Chebyshev series processing minimax properties" or "peaks of pixel paths" mean?). These, however, do not preclude from understanding the main research efforts and obtained results described in the thesis.

**What is the value of the dissertation for engineering and technical sciences?** (PL: Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych?)

This thesis tackles an important problem of biometric reliability under adverse circumstances and makes an attempt to assess how selected biological and behavioral factors impact three popular biometric modalities. The thesis in its present form rises the awareness of the community to a potential relation between diabetes and iris recognition and offers first experiments to demonstrate causality, and thus has a positive value. I have two main concerns related to the experimental design, that should be addressed before the next publications coming out of this research: (a) class labels are correlated with average age in diabetes-related research, and (b) assessment of how time of day impacts the speaker recognition can't be done with single acquisition sessions. Once these doubts are clarified, the value of the conducted research will be significantly higher.

In summary, **I classify this dissertation to category:**

**(c) meeting requirements** (PL: (c) spełniająca wymagania)

References

- [1] S. Lagree and K. Bowyer, "Predicting ethnicity and gender from iris texture," IEEE HST, 2011
- [2] A. Kuehlkamp and K. Bowyer, "Predicting Gender From Iris Texture May Be Harder Than It Seems," CVF/IEEE WACV, 2019
- [3] A. Kuehlkamp *et al.*, "Gender-from-Iris or Gender-from-Mascara?", CVF/IEEE WACV 2017



Prof. dr hab. inż. **Krzysztof Ślot**  
Instytut Informatyki Stosowanej  
Politechnika Łódzka

Recenzja rozprawy doktorskiej

**Mohammadreza Azimi**

### **Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems**

#### **1. Tematyka i cele rozprawy**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska jest poświęcona zagadnieniom analizy wpływu wybranych czynników fizjologicznych i behawioralnych, stanowiących kontekst procedury rozpoznawania biometrycznego, na wiarygodność wyników tej procedury. Przedmiotem zainteresowania Doktoranta są procesy i zachowania, które mogą według Niego zniekształcać specyficzną dla każdej osoby postać danych biometrycznych uzyskiwanych na podstawie obrazów tęczówki, głosu i obrazów twarzy, a które nie były dotychczas uznawane za istotne. Ponieważ wymienione modalności są najpowszechniej stosowanymi źródłami informacji dla przeprowadzania weryfikacji lub identyfikacji biometrycznej, uwzględnienie aspektów analizy mogących skutkować dodatkowymi błędami ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia praktyki stosowania technologii biometrycznych. Wyjaśnienie problemu istnienia negatywnego wpływu rozważonych przez Doktoranta czynników:

- zmian struktury tęczówki, które mogą być indukowane przez stany chorobowe (konkretnie – cukrzycę typu II) lub wynikają z długotrwałego wpływu palenia papierosów
- występowania zmian brzmienia głosu powiązanego z dobowym cyklem fizjologii układu oddechowego
- wzajemnego wzmacniania efektów emocjonalnej ekspresji twarzy i użycia makijażu

ma istotne znaczenie dla dziedziny biometrycznej analizy danych, dlatego zakres tematyczny rozprawy uważam za **aktualny i ważny**.

Drugim celem prac Doktoranta, stanowiącym naturalną konsekwencję pozytywnej weryfikacji postawionych hipotez, jest próba sformułowania metod redukujących negatywny wpływ wymienionych czynników. Opracowanie sposobów przeciwdziałania pogorszeniu właściwości powszechnie dzisiaj stosowanych algorytmów chroniących przed nieuprawnionym dostępem do zasobów lub pozwalających na niezawodną identyfikację osób, ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa i efektywności funkcjonowania społeczeństwa. Dlatego też uzyskanie znaczących efektów prac z pewnością stanowiłoby osiągnięcie o randze spełniającej kryteria merytoryczne stawiane przed rozprawą doktorską, będące zauważalnym wkładem do dyscypliny naukowej **informatyka techniczna i telekomunikacja**, w której bez wątpienia lokuje się obszar badań podjętych przez Doktoranta.

## 2. Charakter i struktura rozprawy

Przedstawiona rozprawa ma charakter eksperymentalny: Doktorant formułuje kolejne hipotezy badawcze, które następnie weryfikuje w serii przeprowadzanych doświadczeń. Z uwagi na specyficzny, unikatowy charakter stawianych tez, w większości przypadków nie istnieją repozytoria danych, mogących służyć jako podstawa testów, dlatego też istotnym i cennym elementem prac Doktoranta jest zgromadzenie i odpowiednie przygotowanie materiału doświadczalnego. Opracowane przez Doktoranta bazy danych zawierające:

- obrazy tęczy osób dotkniętych cukrzycą (723 obrazy 163 oczu), uzupełniona 1183 obrazami 360 zdrowych oczu, pozyskanych z użyciem identycznego sprzętu, stanowiącymi materiał odniesienia
- nagrania głosu osób dokonane w dwóch różnych okresach: po odpoczynku nocnym (916 próbek pobranych od 30 osób) i w okresie normalnej dziennej aktywności (864 próbki pobrane od tych samych 30 osób)
- obrazy tęczy osób palących (284 obrazy pobrane od 41 osób) i niepalących (390 obrazów, 87 osób)

stanowią niezwykle wartościowe efekty przeprowadzonych przez Niego prac, stanowiąc publicznie dostępny materiał dla badań w rozważanych kierunkach.

W odniesieniu do części eksperymentów, Doktorant skorzystał z dostępnych, adekwatnych zasobów: dla potrzeb oceny wpływu ekspresji emocji na poprawność rozpoznawania twarzy użył baz RaFD, PICS i RAVDESS, a w eksperymentach oceny możliwości rozpoznawania twarzy w obliczu zmian wywołanych starzeniem użył fragmentu bazy CelebA.

Metodyka przeprowadzania eksperymentów jest poprawna i dobrze udokumentowana, co daje możliwość powtórzenia przeprowadzonych doświadczeń. Doktorant szczegółowo informuje o warunkach procesu akwizycji danych oraz o strukturze rejestrowanego materiału. Do realizacji zadań przygotowania 'surowych' danych do analizy biometrycznej Doktorant stosuje właściwe metody przetwarzania obrazów lub sygnałów i korzysta ze sprawdzonych implementacji odpowiednich algorytmów. Wreszcie, wykorzystane metody analizy danych i opracowania wyników – algorytmy klasyfikacji oraz narzędzia statystycznej obróbki, wraz z ich implementacjami programowymi, są rozwiązaniami uznawanymi za najskuteczniejsze z punktu widzenia osiągnięcia postawionych celów.

Ogólna struktura pracy jest zgodna z oczekiwaniami – po wprowadzeniu, identyfikującym kontekst prac, definiuje tezy pracy, a następnie, w kolejnych rozdziałach, szczegółowo omawia badania przeprowadzone w celu ich wykazania. Ponieważ Autor zajmuje się trzema wyraźnie różniącymi się obszarami tematycznymi, wydaje się, że bardziej naturalną formą uporządkowania pracy byłby podział na trzy części, każda z nich dotycząca innej rozważanej modalności biometrycznej, ale zdają sobie sprawę, że jest to uwaga o charakterze raczej polemicznym (Autor poświęca trzy osobne rozdziały na omówienie różnych wątków związanych z dokonywanymi przez siebie analizami tęczy).

Dla prezentacji wyników prac dotyczących kolejnych wątków podejmowanych w rozprawie, Doktorant przyjmując formułę cyklu omówień treści, jakie zawarł w różnych opublikowanych przez siebie artykułach, którą uważam za niezbyt fortuną. Moje główne zastrzeżenie do takiego, dopuszczalnego w ogólności układu, dotyczy braku niezbędnego dla takiego zamysłu uporządkowania materiału, skutkującego wielokrotnym powielaniem tych samych treści w różnych miejscach pracy. Pojawiające się w każdym z rozdziałów poświęconych kolejnym wątkom rozprawy podrozdziały wprowadzające konkurują zawartością, zarówno ze sobą, jak i z zawartością Rozdziału 2, zawierającego przegląd kontekstu prac Doktoranta.

Oprócz omówienia trzech wątków badawczych, odpowiadających sformułowanym przez Doktoranta tezom, zdecydował się on dodatkowo na umieszczenie w pracy również podsumowania przeprowadzonych przez siebie badań w trzech innych obszarach, niepowiązanych z tezami rozprawy lub zakończonych brakiem konstruktywnych wniosków. Materiał ten został umieszczony w trzech załącznikach do pracy, po rozdziale zawierającym podsumowanie.

### 3. Tezy rozprawy

Doktorant formułuje w rozprawie trzy tezy, które w ostrożny sposób identyfikuje jako ‘sub-statements’, i które odpowiadają trzem wymienionym wcześniej obszarom badań:

**S1. “Iris recognition is less effective for people with diabetes type II, regardless of their gender and age. By classifying the illness-affected samples, the performance of the system will improve.”**

**S2. “Morning voice can challenge the reliability of text independent speaker recognition systems. We can reduce this effect by detecting morning voice.”**

**S3. “The simultaneous effects of makeup and facial expressions can affect the matching accuracy of a facial recognition system. Reliability can be enhanced using makeup detectors”**

Sens przedstawionych tez jest jasny w odniesieniu do ich pierwszych części, gdzie Doktorant orzeka kolejno o negatywnym wpływie cukrzycy na poprawność analizy biometrycznej tęczówki, upośledzenia poprawności rozpoznawania głosu dla próbek pobieranych rano (po okresie snu) i pogorszeniu poprawności wyniku rozpoznawania w wyniku jednoczesnego wystąpienia ekspresji twarzy i makijażu. Drugie części tez w odniesieniu do S2 i S3 są raczej skrótem myślowym: poprawa skuteczności rozpoznawania może nastąpić w wyniku odpowiedniej akcji następującej po detekcji wystąpienia wskazanego przez Doktoranta czynnika, a nie w wyniku samej detekcji. Niestety, druga część pierwszej tezy jest niejasna i nie do końca rozumiem co Doktorant na myśli pisząc, że „klasyfikując próbki dotknięte chorobą poprawimy jakość działania systemu” (tutaj skrót myślowy jest chyba bardziej skomplikowany).

Pomijając sformułowane powyżej zastrzeżenie, chcę podkreślić **oryginalność** podjętych problemów oraz **zasadność** podjęcia przedstawionych w tezach tematów, bowiem stanowią one prawdopodobne konteksty przeprowadzania analizy biometrycznej, których ewentualny wpływ na jej wyniki był do tej pory całkowicie pomijany. Wykazanie istnienia takiego wpływu i propozycja metod redukcji wynikających z tego negatywnych konsekwencji może mieć istotne znaczenie dla praktyki stosowania istniejących systemów biometrii.

Oprócz przedstawionych tez rozprawy, Autor identyfikuje również trzy dodatkowe, inne cele swoich prac: sprawdzenie hipotezy o wpływie palenia papierosów na poprawność rozpoznawania tęczówki, identyfikację emocjonalnych wyrazów twarzy o najsilniejszym negatywnym wpływie na poprawność rozpoznawania oraz hipotezy o możliwości poprawy identyfikacji twarzy osób zmienionych w wyniku starzenia z pomocą zastosowania metod sztucznego ‘postarzenia’ wzorców biometrycznych

### 4. Merytoryczna ocena pracy

We wstępie oceny, chciałbym przez chwilę odnieść się do formy przekazu treści. Ponieważ praca napisana jest w języku angielskim, który nie jest językiem ojczystym Doktoranta, treści rozprawy nie zawsze są przekazywane w sposób dostatecznie jasny, a używana nomenklatura budzi czasami wątpliwości. Przykładowo, Doktorant identyfikuje rozważane przez siebie czynniki jako należące do ogólniejszej kategorii ‘społecznych’ (social factors), co w mojej opinii nie ma uzasadnienia.

Kwalifikacja rozważanych w pracach Doktoranta aspektów analizy biometrycznej: schorzeń, fizjologicznych powodów zmienności brzmienia głosu, czy też starzenia do kategorii czynników ‘społecznych’ wynika prawdopodobnie z innego sposobu rozumienia przez Niego tego terminu, a podjęta próba ‘systematyzacji’ obszaru podjętych badań jest w mojej opinii zupełnie niepotrzebna.

Wspólnym mianownikiem przeprowadzonych przez Doktoranta prac jest przyjęcie jednakowego schematu postępowania w analizie kolejnych podejmowanych problemów: najpierw dokonuje przeglądu stanu wiedzy, następnie stawia hipotezę odnośnie negatywnego wpływu pewnego czynnika na poprawność rozpoznawania biometrycznego i dokonuje jej eksperymentalnej weryfikacji, wreszcie, próbuje przedstawić pomysły na zredukowanie stwierdzonych, negatywnych skutków.

Stanowiący punkt wyjścia dla prezentacji prac Doktoranta przegląd stanu wiedzy w rozważanej tematyce jest bardzo obszerny, aktualny i kompetentny (choć, jak wcześniej wspomniałem, rozproszony na przestrzeni całej pracy). Niewątpliwą zaletą przeglądu jest przytoczenie szeregu mniej znanych, a bardzo zasadnych dla rozprawy wątków, takich jak występujące u osób starszych problemy z obsługą nowoczesnych rozwiązań technologicznych, skutkujące na przykład niewłaściwą prezentacją biometryk (linii papilarnych, tęczyówek) systemom akwizycji lub problem zanikającej kompatybilności stosowanych powszechnie metod wstępnego przetwarzania danych wywołany rozwojem technologicznym i pojawianiem się sensorów o innych właściwościach (tzw. ‘sensor aging’). Obydwa te zagadnienia są ściśle powiązane ze specyfiką rozpoznawania biometrycznego z użyciem urządzeń mobilnych, której dotyczy przeważająca część rozważań rozprawy. Jedyną pułapką, w którą w mojej ocenie wpada Doktorant dokonując przeglądu stanu wiedzy, jest wprowadzenie sztucznego rozróżnienia między pojęciami ‘starzenia się cech’ (‘physiological aging’) i ‘starzenia się wzorców biometrycznych’ (‘template aging’), które nie ma żadnego uzasadnienia. Źródłem zamieszania jest używanie w literaturze różnych terminów, sugerujące istnienie dwóch niezależnych procesów związanych z upływem czasu i negatywnie wpływających na rozpoznawanie. Tymczasem termin ‘starzenie się wzorca biometrycznego’ stanowi w istocie skrót myślowy, wyrażający obniżenie reprezentatywności wzorca biometrycznego pobranego w pewnej chwili czasu, wynikające ze zmian następujących w odniesieniu do danej cechy biometrycznej w czasie (długo- lub krótkoterminowych), np. powodowanych starzeniem się tkanek i narządów zmieniających ich strukturę, lub wynikającym z tego zmianom behawioralnym i zmianom stylu wykonywania czynności (np. pisma).

Metodyka przeprowadzania eksperymentów w zakresie fazy przetworzenia pozyskiwanych danych do postaci wzorców biometrycznych, podlegających klasyfikacji, jest opisana w sposób zdawkowy. Wynika to z faktu używania przez Doktoranta gotowych implementacji różnych algorytmów, co sprawia, że zamieszczane we wszystkich rozdziałach wyjaśnienia używanych metod są powierzchowne (zwykle są to wycinkowe cytaty ze źródeł) i nie mają waloru poznawczego.

#### **4.1 Ocena wkładu w zakresie wpływu cukrzycy na poprawność rozpoznawania tęczyówki**

Rozważania dotyczące pierwszej z tez rozprawy: „Iris recognition is less effective for people with diabetes type II, regardless of their gender and age”, zostały umieszczone w trzech kolejnych rozdziałach pracy (3,4 i 5), przy czym rozdział 3 jest poświęcony eksperymentom porównania wyników analizy biometrycznej osób zdrowych i osób dotkniętych schorzeniem, rozdział 4 rozszerza badania o analizę wpływu wieku na wyniki rozpoznawania, zaś rozdział 5 podejmuje dodatkową analizę wpływu płci.

Przeprowadzone przez Doktoranta eksperymenty, opisane w Rozdziale 3, polegały na przeprowadzeniu analizy porównawczej wyników rozpoznawania tęczyówki w obrębie dwóch różnych grup: dla osób zdrowych i dla osób dotkniętych chorobą. Uzyskane wyniki Doktorant poddał poprawnej metodyce statystycznej oceny, sprawdzając zasadność dwóch hipotez

‘zerowych’: o tym, że w obrębie obydwu rozważanych grup średnia dokładność rozpoznawania jest taka sama, a następnie o tym, że wyniki dla obydwu grup pochodzą z tego samego rozkładu. W pierwszym przypadku zastosował do weryfikacji test t-studenta, w drugim – test Kołmogorowa-Smirnowa. Uzyskane wyniki wskazują na prawdziwość hipotezy alternatywnej, o występowaniu różnic między poprawnością analiz w odniesieniu do rozważanych grup, co nie znaczy, że potwierdzają hipotezę o przyczynie tego stanu, jakim jest występowanie schorzenia. Doktorant ma świadomość możliwej rozbieżności i bardzo trafnie wskazuje potencjalny alternatywny powód uzyskiwanej różnicy - różną strukturę wiekową osób należących do rozważanych grup: w grupie osób ze schorzeniem znajduje się więcej osób starszych niż w grupie osób młodych. Decydując się na wyjaśnienie wpływu wieku na rozpoznawanie, przeprowadził kolejne eksperymenty, które wykazały słuszność innej hipotezy, o statystycznie istotnej wrażliwości wyników rozpoznawania tęczy w odniesieniu do wieku osób. Wykazana przez Doktoranta wnikliwość badawcza – nie zaakceptował pozornie rozstrzygających wyników eksperymentów, jest godna uznania.

Paradoksalnie, wnikliwość ta, stanowiąca największą w mojej opinii wartość treści przedstawionych w rozdziałach dotyczących biometrycznej analizy tęczy, ujawnia też największą słabość rozważań – brak eksperymentów, konfrontujących wyniki analizy właściwie dobranego materiału eksperymentalnego. Aby uzasadnić brak dostatecznej podstawy do potwierdzenia postawionej tezy, trzeba usystematyzować zakres przeprowadzonych przez Doktoranta eksperymentów. Otóż, dzieli On zbiór posiadanych przykładów na cztery części: pierwsza dychotomia dokonana jest według kryterium zdrowia, skutkując dwoma rozłącznymi podzbiorami obrazów oczu osób zdrowych (Z) i chorych (C), które następnie są dalej dzielone na dwie kategorie wiekowe – zdrowi młodzi (ZM), zdrowi starzy (ZS) oraz analogicznie, chorzy młodzi (CM) i chorzy starzy (CS). Korzystając z utworzonych podzbiorów przeprowadza następnie eksperymenty rozpoznawania biometrycznego, przy czym w rozdziałach 3 i 4 przedstawia:

1. Porównanie wyników weryfikacji biometrycznej przeprowadzonej dla dwóch doświadczeń: w pierwszym dziedzinę stanowi zbiór Zdrowi (suma zbiorów ZM i ZS), w drugim – Chorzy (suma zbiorów CM i CS).
2. Porównanie wyników dla innych dwóch przypadków: dziedzina pierwszego to ZM, dziedzina drugiego to ZS
3. Porównanie wyników dla dwóch kolejnych przypadków: dziedzina pierwszego to CM, dziedzina drugiego to CS

Na podstawie przedstawionych analiz, Doktorant wysnuwa wniosek, że poprawność analizy biometrycznej tęczy jest zależna od występowania schorzenia – cukrzyca. W mojej opinii ten wniosek byłby uzasadniony tylko wtedy, gdyby została przeprowadzona analiza porównawcza wyników dwóch eksperymentów: rozpoznawania w obrębie grupy ZM i CM (czyli – czy istnieje statystycznie istotna różnica w rozpoznawaniu ‘młodych’ tęczy osób zdrowych i chorych) oraz dla analogicznej pary zbiorów ZS i CS. Brak takich analiz nie daje podstaw do potwierdzenia tezy o pogorszeniu wyników weryfikacji biometrycznej dla osób u których stwierdzono cukrzycę, bowiem zaobserwowany wynik może być efektem zarówno istnienia bliżej nieokreślonych i trudnych do powtarzalnej rejestracji struktur pojawiających się w tęczy osób chorych, ale może być efektem nadreprezentacji osób starszych w klasie ‘chorzy’, lub wreszcie, może być wypadkową obydwu przyczyn. Ta nadreprezentacja osób starszych ma, jak zresztą wcześniej zauważa Doktorant, negatywne implikacje dla procesu rozpoznawania, wynikające np. z trudności w poprawnej prezentacji wzorców lub problemów z akomodacją źrenicy.

Chcę podkreślić, że nie twierdzę, że sformułowana teza S1 rozprawy jest nieprawdziwa, a jedynie, że Doktorant nie wykorzystał okazji do przeprowadzenia eksperymentów rozstrzygających rozważaną kwestię.

Zagadnienia przedstawione w Rozdziale 5 koncentrują się wokół analizy wpływu płci na wyniki analizy biometrycznej tęczy. Doktorant przedstawia w niej wyniki analiz, przeprowadzanych

dla osób zdrowych i dotkniętych schorzeniem z podziałem na płeć. Przykładowo, pierwszy zbiór wyników to ocena podobieństw rozkładów uzyskanych w eksperymencie „Women genuine”, gdzie w Tabeli 5.1 Doktorant podaje parametry statystyczne (wartości średnie i odchylenia) dla rozkładów uzyskanych dla porównań tęczywek zgodnych (genuine) u kobiet zdrowych i kobiet chorych. Parametry statystyczne wskazują faktycznie na ‘lepsze’ wartości uzyskane dla kobiet zdrowych (mniejsza wartość średnia i mniejsza wariancja), a ich statystyczna istotność jest potwierdzona przeprowadzeniem odpowiednich testów (t-Studenta i Kołmogorowa-Smirnowa). Takie same wnioski dotyczą porównania poprawności rozpoznawania zgodnych tęczywek w obrębie grupy mężczyźni oraz porównań niezgodnych tęczywek w obrębie płci dla grup ‘zdrowi’ i ‘chorzy’ (tym razem ‘lepsze’ są większe wartości średnie). Przedstawione wyniki uprawniają do stwierdzenia o niezależnym od płci pogorszeniu wyników rozpoznawania, uzyskiwanym dla osób z cukrzycą typu II. Niestety, podobnie jak poprzednio, nie można udzielić odpowiedzi, czy powodem pogorszenia poprawności rozpoznawania jest występowanie schorzenia, czy np. różna struktura wiekowa w obrębie grup ‘zdrowi’ i ‘chorzy’. Sposób podsumowania wyników eksperymentów Rozdziału 5 budzi nieco zamieszania w obliczu brzmienia tytułu („Gender-dependency of the Diabetes Effects ...”), który sugeruje poszukiwanie różnic w poprawności rozpoznawania tęczywek osób chorych w funkcji płci. Aby udzielić odpowiedzi na tak zadane pytanie, należałoby porównać odległości między rozkładami wyników dopasowań tęczywek zgodnych i różnych (genuine vs. Impostor) dla chorych kobiet i mężczyzn. Takiego wyniku Doktorant nie przedstawia, a jego konkluzje odnoszą się do tezy sformułowanej w inny sposób w tekście rozdziału.

W drugiej części pierwszej tezy rozprawy Doktorant sugeruje możliwość zwiększenia poprawności rozpoznawania poprzez zastosowanie (jak można podejrzewać) dwuetapowej procedury analizy, w której faza rozpoznawania jest poprzedzona fazą detekcji występowania schorzenia. Niestety, próba opracowania algorytmu detekcji kończy się fiaskiem, zaś Doktorant nie próbuje udzielić żadnej odpowiedzi na pytanie o ewentualne pomysły na sposób, w jaki wykorzystalby uzyskaną wiedzę dla poprawy rozpoznawania. W efekcie, stwierdzenie „By classifying the illness-affected samples, the performance of the system will improve.” pozostaje gołosłowne.

#### **4.2 Ocena wkładu w zakresie wpływu dobowych zmian brzmienia głosu na rozpoznawanie mówcy**

Rozważania dotyczące zagadnień odnoszących się do drugiej ze sformułowanych tez rozprawy (S2. “Morning voice can challenge the reliability of text independent speaker recognition systems. We can reduce this effect by detecting morning voice.”) są przeprowadzone w podobnym schemacie jak to miało miejsce w odniesieniu do tezy dotyczącej rozpoznawania tęczywek. Doktorant prezentuje kontekst, materiał eksperymentalny, narzędzia programowe używane w przetwarzaniu danych i klasyfikacji, przebieg eksperymentów i sposób analizy wyników. Tym razem jednak, metodyka zastosowana do rozstrzygnięcia zasadności postawionej tezy nie budzi żadnych zastrzeżeń, a wyniki analiz są przekonujące. Wpływ zasugerowanego przez Doktoranta czynnika na poprawność weryfikacji mówcy jest, dla rozważanego materiału eksperymentalnego ewidentny. Zachowując ostrożność wynikającą z braku reprezentatywności próbki wobec populacji, można stwierdzić, że uzyskane wyniki uprawdopodobniają słuszność hipotezy S2. Ta konkluzja dowodzi doskonałej intuicji, a jednocześnie ma istotne implikacje z punktu widzenia możliwości optymalizacji pracy systemów uwierzytelniania bazującego na głosie.

W przeciwieństwie do nieudanej próby zbudowania detektora stanu chorobowego tęczywek, Doktorant z powodzeniem realizuje zasygnalizowane w drugiej części rozważanej tezy zadanie detekcji ‘porannego’ głosu. Niestety, nie wiadomo nic o szczegółach tajemniczego algorytmu, który został przez Niego wykorzystany (jedyna informacja to skromne stwierdzenie, że jest on wyrafinowany). Możliwość określenia kategorii, do której należy próbka daje oczywiście możliwość odpowiedniej reakcji i użycia dla celów weryfikacji odpowiedniego modelu mówcy (jeśli wcześniej zadbane o stworzenie odpowiednich dla pory dnia wariantów wzorców). Szkoda że

taka konkluzja nie została wyrażona przez Autora w sposób jawny, chociaż być może uznał ją za trywialną i dlatego nie rozwinął wątku sposobu wykorzystania wyników opracowanego przez siebie algorytmu detekcji.

Podobnie jak w poprzednich częściach, wprowadzenie do zasadniczych treści rozdziału jest dość pobieżne. Dodatkowo, w części 6.6 rozdziału Doktorant wskazuje cztery właściwości sygnału mowy, które według Niego istotnie wpływają na zróżnicowanie mowy 'porannej' i 'popołudniowej'. Jednakże pomimo uznania, że właściwości te są 'kamieniem węgielnym' (cornerstone) oceny głosu, nie widzę ich bezpośredniego wykorzystania w budowie reprezentacji głosu (argumentem analizy jest 'surowy' sygnał mowy), więc trudno powiedzieć, jaki w zamyśle Doktoranta był powód ich uwypuklenia.

#### 4.3 Ocena wkładu w zakresie analizy łącznego wpływu makijażu i ekspresji na rozpoznawanie twarzy

W ostatnim wątku swoich badań, Doktorant weryfikuje kolejną ciekawą i nieoczywistą hipotezę o wzajemnym 'wzmacnianiu' się negatywnego wpływu na poprawność analizy biometrycznej twarzy dwóch czynników, rozważanych wcześniej niezależnie od siebie – zmian wyglądu wywołanych emocjami mimiką twarzy i makijażem (Doktorant dla stanów emocjonalnych używa niezbyt zręcznego terminu 'mood', czyli nastrój).

Dla weryfikacji zaprezentowanej tezy Doktorant, tak jak poprzednio, korzysta z gotowych narzędzi programowych. W obliczu braku odpowiedniego materiału eksperymentalnego, w celu uzyskania baz danych zawierających przykłady zawierające obydwie czynniki zaburzające wygląd, Doktorant stosuje dwie pomysłowe strategie dodawania makijażu do obrazów twarzy emocjonalnych, przy czym pierwsza wymaga manualnego nanoszenia makijażu, zaś druga realizuje to zadanie automatycznie. Jako główne narzędzie analizy Doktorant wykorzystuje wytrenowany, głęboki klasyfikator neuronowy dostępny w bibliotece dlib, przy czym jako wynik przetwarzania w sieci wykorzystywana jest wygenerowana przez którąś z warstw sieci (nie znalazłem dokładnej informacji która to warstwa) reprezentacja obrazu wejściowego. Dodatkowo, dla celów weryfikacji wyników, używa również dwóch innych gotowych klasyfikatorów. Uzyskiwane rozkłady deskryptorów stawały się następnie argumentem analiz i testów statystycznych. W ramach weryfikacji postawionej hipotezy, Doktorant poszukiwał odpowiedzi na trzy szczegółowe pytania:

- Czy jednoczesne występowanie ekspresji emocjonalnej i silnego makijażu może w statystycznie istotny sposób zaburzyć wyniki rozpoznawania twarzy?
- Która kategoria emocji w powiązaniu z obecnością silnego makijażu powoduje największe różnice względem twarzy o neutralnym wyglądzie?
- Która kategoria emocji (bez obecności makijażu) wywołuje największe odstępstwa od reprezentacji wyznaczonych dla twarzy o neutralnym wyglądzie?

Wyniki analiz uzyskane dla pierwszego wątku zobrazowane w postaci krzywych ROC na rys. 7.3 i 7.4, udzielają przekonującej odpowiedzi twierdzącej na pierwsze pytanie. Podsumowanie rezultatów eksperymentów odnoszących się do drugiego wątku szczegółowego, przedstawione na rys. 7.5 i 7.6, bazuje na analizie rozkładów wyników porównań i, jak poprzednio, jest przeprowadzone rzetelnie, z użyciem testów: Kołmogorowa-Smirnowa oraz t-Studenta. Uzyskane statystyki uprawniają Doktoranta do wysnucia poprawnego wniosku **potwierdzającego hipotezę** o statystycznie istotnym wpływie obecności makijażu na twarzy o konkretnej emocji ('radość') na wiarygodność rozpoznawania biometrycznego i braku takiego potwierdzenia w odniesieniu do innych rozważanych emocji. Lekkim zgrzytem w relacji dotyczącej omawianego wątku pracy jest poplątanie przez Doktoranta w podrozdziale 7.6 testów Kołmogorowa-Smirnowa i t-Studenta podczas identyfikacji hipotezy alternatywnej („F\_withoutmakeup (Neutral vs expressive) <

F\_withmakeup(Neutral vs expressive)” - ta postać hipotezy może dotyczyć testu t-Studenta, natomiast jest odniesiona do testu KS, co nie ma sensu.

Identyfikacja emocji najbardziej utrudniającej rozpoznawanie biometryczne twarzy została również przeprowadzona w sposób metodycznie poprawny i dający podstawę do sformułowania uzasadnionych wniosków. Dla każdej pary rozkładów wyników porównań deskryptorów twarzy neutralnych i deskryptorów twarzy emocjonalnych zostały wyznaczone odległości Bhattacharyya, jednoznacznie wskazując na ‘Obrzydzenie’, jako emocjonalną kategorię o reprezentacji najbardziej odległej od reprezentacji twarzy neutralnych. Interesujące jest, że ta kategoria emocjonalna nie została uznana za istotne źródło pogorszenia klasyfikacji twarzy z nałożonym makijażem.

Ostatnia część rozdziału poświęconego analizie wpływu ekspresji i makijażu na rozpoznawanie biometryczne (szkoda, że nie została wydzielona jako osobny podrozdział) dotyczy prac Doktoranta nad próbą redukcji negatywnych skutków występowania rozważanych czynników. Do rozpoznawania twarzy z makijażem Doktorant proponuje używać klasyfikatorów trenowanych na obrazach twarzy z automatycznie nałożonym makijażem. Ponieważ wybór klasyfikatora (albo trenowany na twarzach bez, albo trenowany na twarzach z makijażem) wymaga detekcji obecności makijażu, Doktorant z powodzeniem opracowuje odpowiedni detektor, tym samym spełniając obietnicę sformułowaną w drugiej części trzeciej tezy.

Podsumowanie całości pracy jest bardzo płytkie. Zamiast syntetycznej prezentacji istoty swoich dokonań i przemyśleń dotyczących np. ograniczeń zaproponowanych rozwiązań, Doktorant kopiuje w nim akapity z wcześniejszych rozdziałów pracy oraz chwali się wyrefinowaniem jednego, absolutnie szablonowego algorytmu klasyfikacji. Co więcej, treść podpunktu o nazwie „Future works”, zaczynająca się pomyłką numeracją rozdziałów, opowiada o tym co zrobił w zakresie detekcji różnic głosu i wskazuje, że gdyby dostępna była obszerniejsza baza danych, to wyniki może byłyby lepsze.

#### **4.4 Ocena dodatkowych prac Autora opisanych w załącznikach**

Po zakończeniu głównej części rozprawy, obejmującej treści które Doktorant uznał za istotę swojego osiągnięcia naukowego, w trzech kolejnych załącznikach przedstawione zostały dodatkowo zwięzłe raporty z realizacji trzech innych zadań biometrycznej analizy danych. Pierwszy z nich to próba stwierdzenia, czy palenie papierosów jest czynnikiem obniżającym poprawność rozpoznawania tęczy. Problem jest na pewno ciekawy – regularne ‘zatrucie’ organizmu być może powoduje uszkodzenia tęczy (tak jak i innych tkanek). Doktorant poprzedza prezentację swoich eksperymentów przeglądem literatury, z której wynika, że zidentyfikowanym obszarem możliwego wpływu palenia na oko są zaburzenia akomodacji (przekładające się na proces ekstrakcji obszaru tęczy). Jak to miało miejsce we wcześniejszych pracach, na uznanie zasługuje wysiłek Doktoranta włożony w opracowanie unikatowego zbioru danych eksperymentalnych. Uzyskane przez Doktoranta wyniki wskazują na brak korelacji między wiarygodnością analizy tęczy a kategorią testowanych osób (palący – niepalący).

Kolejne podjęte przez Doktoranta zadanie to próba oszacowania wpływu emocji na rozpoznawanie mówcy. Wykorzystując bazę danych nagrań odgrywanej mowy emocjonalnej, Doktorant kolejno dokonuje analiz rozkładów reprezentacji głosu, wyznaczonych przez sieć neuronową. Cele szczegółowe przeprowadzonych eksperymentów to identyfikacja emocji dających najlepsze i najgorsze ‘wewnątrzklasowe’ wyniki analizy biometrycznej (ta sama emocja jest używana do treningu i testowania), identyfikacja emocji dających najlepsze i najgorsze wyniki analizy ‘międzyklasowej’. oraz wpływu intensywności ekspresji emocji na rozpoznawanie. Dla używanej w eksperymentach bazy danych Doktorant wskazuje odpowiednie pary i potwierdza oczekiwaną zależność wiarygodności rozpoznawania od stopnia intensywności emocji. Interesującym dodatkowym wątkiem prac jest przeprowadzenie analizy sprawdzającej, czy wyznaczone reprezentacje mówców grupują się w funkcji emocji w wyraźne klastry. Potwierdzenie tego faktu

jest wartościowym wynikiem prac Doktoranta, wskazującym na pogorszenie wyników analizy biometrycznej (czynnik zróżnicowanej emocji powinien być marginalizowany przez poprawnie wytrenowany klasyfikator).

Ostatni wątek dodatkowych prac Doktoranta dotyczył weryfikacji hipotezy o możliwości poprawy rozpoznawania biometrycznego twarzy w odniesieniu do zdjęć wykonanych na przestrzeni długiego przedziału czasu, poprzez wykorzystanie oprogramowania do 'postarzania' wzorca biometrycznego. Koncepcja jest bardzo ciekawa i na pewno jej pozytywne potwierdzenie ma niebagatelne znaczenie dla dziedziny. Prezentacja wyników wprowadza niestety zamieszanie – w tekście Doktorant twierdzi, że Tabela C-1 przedstawia wyniki porównań par kategorii: młody-stary i młody-postarzony, zaś w tabeli używa par: młody-stary i postarzony-stary. W efekcie, trudno odnieść się do przeprowadzonej przez Doktoranta dyskusji wyników, natomiast bez zastrzeżeń można przychylić się do sformułowanego na końcu wniosku o zafałszowaniu biometrycznej informacji przez narzędzie do postarzania, opracowane wyłącznie pod kątem zapewnienia subiektywnie atrakcyjnego rezultatu.

## 5. Ocena formalnej strony rozprawy

Strona formalna przedstawionej rozprawy jest, w mojej ocenie, słaba. Doktorant ma wyraźne problemy z uporządkowaniem treści, które chce przekazać. Przyjęty sposób prezentacji zagadnień odnoszących się do tez rozprawy – wzorowanie się na tekstach opublikowanych w artykułach, powoduje wielokrotne powtórzenia oraz umieszczanie materiału dotyczącego przeglądu stanu wiedzy w różnych miejscach, nie tylko w służącym do tego celu rozdziale 'Related work'. Przykładowo, fragmenty podpunktów 3.4.1 4.4.1 są identyczne, podobnie jak 3.4.2c i 4.4.4, powtórzone są akapity dotyczące zmian głosu w p.6.2 i w Podsumowaniu, podobnie ten sam tekst zawarto w rozdziale 7.2 i Podsumowaniu. Identyczne fragmenty o rozszerzonym zbiorze danych tęczówek są podawane w części 5.1 i 5.4. Tym, którzy jeszcze nie zapamiętali, Doktorant kilkakrotnie przypomina szczegółowo identyczne informacje o sprzęcie do akwizycji obrazów tęczówki, identyczne informacje o bazie próbek mowy znajdują się na stronach 71 i 74 oraz w Podsumowaniu itp.. Testem na spostrzegawczość Czytelnika jest zapewne trzykrotne powtórzenie tej samej, równie doniosłej co niezrozumiałej myśli „Today's smartphones are equipped with biometric tech such as voice.” Powtórzenia tych samych treści zdarzają się również w obrębie jednego podrozdziału (np. 6.2). Irytuje powtarzanie we wstępie do kolejnych rozdziałów dokładnie tych samych ogólnych rozważań dotyczących wrażliwości jakości analiz biometrycznych na rozmaite czynniki i procesy środowiskowe, fizjologiczne i behawioralne (3.1, 4.1, 5.1).

Tekst bywa często chaotyczny – w niektórych miejscach pojawiają się zdania, które prawdopodobnie są pozostałością wcześniejszych wersji, bo nie mają związku z poprzednikiem i następnikiem – taki chaos mamy np. w akapicie (str. 22): „The performance of online-signature and offline handwriting recognition systems are highly dependent on the age of the user” - (zdanie dotyczy podpisu) - „This is because the physiological age can affect the face.” (następne zdanie - dotyczy twarzy). „According to a previously published paper [27], older users displayed a diminished magnitude of pen dynamics ...” (kolejne - znowu jest o podpisie). Wreszcie, w pracy znajdują się 'osobliwości' - akapity zupełnie nie powiązane z wcześniejszą ani późniejszą narracją (np. akapit o szumie i planie jego redukcji na stronie 97), a zupełnym nieporozumieniem jest ponowne wyjaśnianie Czytelnikowi szeregu wcześniej przedstawianych kwestii: czym jest tęczówka, jakie narzędzia były użyte ..... w Podsumowaniu pracy.

W pracy jest również bardzo wiele błędów edytorskich, niezrozumiałych stwierdzeń lub tez niczym nie popartych – poniżej przedstawiam listę wrywkowych uwag do konkretnych stwierdzeń pracy.

p.11 - The only problem with biometric solutions is their lack of performance. - ? o co chodzi Autorowi?

p.12 - Age has a strong psychological basis ... - nie rozumiem

p.26: „However, due to the different photonic structure, ... ” phonemic?

p.37: „... four samples from each group have been presented and as it can be illustrated the samples captured using near infra-red camera.” - nie rozumiem

38: „Due to Differences of Discrete Cosine Transform’s much lower complexity, it can be considered as a computationally intensive replacement for the Karhunen Loeve Transform”  
Wygląda to na błąd logiczny - ‘z uwagi na dużą mniejszą złożoność jest złożonym obliczeniowo zamiennikiem ...’

38: „it calculates the truncated Chebyshev series processing minimax properties.” - nie rozumiem tego wyjaśnienia, poświęconego wynikowi analizy DCT.

39: Kolmogorov Simonov – powinno być Kolmogorov-Smirnov

48: Wyjaśnienie treści rys.4.1 w tekście jest sprzeczne z informacją w podpisie rysunku

73: Today’s smartphones are equipped with biometric tech such as voice. - nie rozumiem co Autor ma na myśli (to samo zdanie występuje również we wcześniejszej części pracy).

73. The only problem with this biometric solution is its lack of performance. - identyczne jak na str.11, niezrozumiałe

75: „ ... which is a powerful speaker recognition deep network, using ‘thinResNet’ trunk architecture and a dictionary-based NetVLAD or GhostVLAD layer to aggregate features across time, which can be trained end-to-end. - całe zdanie jest skopiowane z Abstraktu artykułu [169] (odwołanie do tego artykułu znajduje się w innym, niezbyt właściwym miejscu).

76: Brak wyjaśnienia znaczenia symboli w równaniu 6.3 – wydaje się, że dla oznaczenia funkcji autokorelacji użyto symbolu  $AC_v$ . Nie jest również jasne, jaki okres T ma na myśli Doktorant – czy jest to wartość średnia okresów częstotliwości podstawowej? Czy może jakiś inny parametr?

77: Nie rozumiem opisów:

- „In order to obtain the mean pitch (the fundamental frequency) of each sample, 10 seconds was split;” - Autor wspominał o 6-sekundowych nagraniach, więc skąd się biorą fragmenty 10-sekundowe, które są ‘dzielone’?

- „ ... the speech activity was detected first – by determining the pitch range between 75 to 500 hertz and using autocorrelation analysis method – then for each 10 ms of sample the F0 was obtained.” Jak można wykryć mowę ‘ustalając zakres częstotliwości tonu podstawowego na 75-500Hz’? To jest chyba jakiś skrót myślowy. Co więcej, jeżeli analizowany odcinek trwa 10 ms, to minimalna częstotliwość jaką w nim można wykryć to 100 Hz, więc co się dzieje z częstotliwościami od 75Hz do 100Hz?

85: Autor kopiuje fragmenty tekstu z artykułu bez korekt dostosowujących treść do nowej formy przekazu (np. This paper powinno być zamienione na This part/chapter, The main contributions of this manuscript ...)

90: „The software works manually (the samples must be processed individually and it is possible for the user to change the style of full makeup), but everything can be automatically done using the dlib code.” - zdanie wydaje się być logicznie sprzeczne: po pierwsze, do końca nie rozumiem, co znaczy, że program ‘działa ręcznie’ - czy oznacza to, że wirtualny makijaż jest nakładany ręcznie? Jeżeli tak, to jak się ma do tego stwierdzenia ciąg dalszy, czyli - ‘ale wszystko może być zrobione automatycznie’? Czy Autorowi chodziło o przeciwstawienie możliwości dwóch różnych programów, które używał? To już przecież wcześniej napisał, więc nie wiem, po co jeszcze raz przedstawiać tą samą treść (i to jeszcze w średnio zrozumiałym sposób).

90: „The maximum possible number of comparison scores will be achieved between neutral facial images, and expressive facial images (the number of neutral facial images times the number of expressive facial images)” - zdanie jest zbudowane nieudolnie – Autor chyba chce powiedzieć to, co zapisał w nawiasie, czyli, określić liczbę porównań, których będzie dokonywać.

92: „In order to validate the results to more matches ...” - ‘... using other matchers ..’ ?

94: „Which emotions can make the genuine scores from the application of lipstick makeup on facial images statistically significant? - to jest skrót myślowy: na czym polega statystyczna istotność wyników porównań obrazów z makijażem dla danej emocji? Pewnie Doktorant ma na myśli ocenę, czy różnice między wynikami rozpoznawania dla twarzy bez makijażu i twarzy z makijażem są statystycznie istotne, ale to nie wynika z przytoczonego zdania.

92: Co dokładnie Autor ma na myśli pisząc o ‘Frobenius normalization of vector spaces’?

...

## 6. Wniosek końcowy

Podsumowując przedstawioną recenzję, chcę stwierdzić, że w pracy znajdują się elementy wartościowe, mające istotne znaczenie z punktu widzenia dziedziny biometrycznej analizy danych, jak również elementy o znaczeniu drugorzędym. Doktorant w metodycznie poprawny sposób dowodzi słuszności dwóch z trzech postawionych przez siebie tez, przy czym w odniesieniu do trzeciej tezy, brak wyjaśnienia jej słuszności wynika z pogubienia się Doktoranta w mnogości przeprowadzonych przez Niego eksperymentów. Tezy stawiane przez Doktoranta są oryginalne i dotyczą bardzo powszechnych, choć dotychczas ignorowanych aspektów analiz, a wykorzystanie wniosków płynących z przedstawionych prac daje szansę na zwiększenie poprawności działania powszechnie stosowanych systemów rozpoznawania biometrycznego. Efektem prac Doktoranta jest również opracowany przez Niego unikatowy materiał eksperymentalny dla dalszych badań w dziedzinie (siłą rzeczy jest on dość ograniczony, co sprawia, że w formułowaniu wniosków końcowych czasami wskazana byłaby większa wstrzeźliwość).

Konkludując recenzję, chciałbym stwierdzić, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana Mohammadreza Azimiego pt. „Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems” **spełnia** w moim przekonaniu wymagania określone w odnośnej ustawie o stopniach i tytule naukowym i tym samym **wnioskuje o dopuszczenie Autora rozprawy do publicznej obrony**.



Signed by /  
Podpisano przez:

Krzysztof Maciej  
Słot  
Politechnika Łódzka

Date / Data: 2022-  
01-29 14:13

Krzysztof Słot



Prof. dr hab. inż. Khalid Saeed  
Wydział Informatyki  
Politechnika Białostocka  
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok  
Tel. (+48-85) 746 9196  
Fax: (+48-85) 746 9057  
[k.saeed@pb.edu.pl](mailto:k.saeed@pb.edu.pl)

PW WEiTI Kancelaria  
wysłano dnia 7.02.22r.  
numer .....

Białystok, 25.01.2022 r.

RECENZJA rozprawy doktorskiej  
**mgr. inż. Mohammadrezy Azimiego**

z Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechniki Warszawskiej

*zatytułowanej*

"Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems"

Promotor:

Profesor dr hab. inż. Andrzej Pacut  
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

*Niniejszą recenzję przygotowałem na zlecenie zawarte w piśmie z dnia 3.12.2021, które otrzymałem od Profesora Jarosława Arabasa Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej na podstawie uchwały Rady, podjętej dnia 19 października 2021 r.*

## I. Omówienie zawartości rozprawy

Praca doktorska mgr. inż. Mohammadrezy Azimiego miała na celu udowodnienie tezy, że *na wiarygodność danych biometrycznych mogą mieć istotny wpływ czynniki społeczne, które można złagodzić dzięki odpowiednim technikom analizy danych.* Jako przykłady biometryczne zostały wybrane: tęczówka, twarz i głos w biometrii mobilnej. Wyniki badań autora pozwoliły udowodnić tezę heurystycznie i uzasadniły, że przy takich warunkach wiarygodność mobilnych systemów biometrycznych może być złagodzona przez odpowiednie techniki analizy danych. To zagadnienie i inne cele rozprawy zostały przeanalizowane i przedstawione wraz z eksperymentami.

Rozprawa napisana w języku angielskim. Zawiera 136 stron tekstu, rysunków i ilustracji. Składa się z ośmiu rozdziałów oraz bibliografii. Rozdział 1. to „*Introduction*”, gdzie autor przedstawia wprowadzenie do tematyki rozprawy – biometrię mobilną, główne cele swoich badań oraz trzy twierdzenia jako tezy pracy, które usiłuje udowodnić w swojej rozprawie. Rozdział kończy się informacją o publikacjach doktoranta.

W rozdziale 2. „*The Effects of Social Issues on the Reliability of Biometric Systems: A Review*” doktorant umieścił przegląd przestudiowanej literatury. Analizowano stan wiedzy w zakresie niezawodności systemów biometrycznych pod wpływem problemów społecznych. Rozdział zawiera informacje zebranych z ponad 120 pozycji bibliograficznych, wszystkie są przeanalizowane szczegółowo.

W rozdziale 3. „*Iris Recognition under the Influence of Diabetes*” opisano wpływ choroby cukrzycy na dokładność wyników działania systemów rozpoznawania tęczówki. Autor podał dokładny opis swojej nowej bazy danych oraz stosowanej metodologii systemu, poczynając od segmentacji obrazu tęczówki do ekstrakcji cech oraz klasyfikacji w celu jej rozpoznawania. Materiał tego rozdziału został opublikowany w czasopiśmie recenzowanym w 2019 roku.

Rozdział 4. „*Age-dependency of the Diabetes Effects on the Iris Recognition Systems Performance Evaluation Results*” skupia się na wpływie cukrzycy na ewaluację wydajności systemu biometrycznego względem wieku przy rozpoznawaniu tęczówki. Wykorzystano tą samą bazę cukrzycową po jej rozszerzeniu i modyfikacji. Autor wnioskuję, iż rozpoznawanie tęczówki jest mniej skuteczne wobec użytkowników z cukrzycą bez względu na ich wiek. Materiał tego rozdziału również był opublikowany w czasopiśmie recenzowanym w roku 2020.

Rozdział 5. „*Gender-dependency of the Diabetes Effects on the Iris Recognition Systems Performance Evaluation Results*” jest poświęcony badaniom zależności wyników ewaluacji systemu rozpoznawania tęczówki osoby z cukrzycą względem rodzaju płci biologicznej (ang. *sex*), chociaż autor nazywa to płcią kulturową (ang. *gender*). Tu uważam, że określenie *gender* w tytule rozdziału nie jest właściwe.

Rozdział 6. „*Morning Voice*” przedstawia analizę wpływu pory dnia na rozpoznawanie mówcy. Autor opisuje swoją utworzoną bazę próbek głosów zebranych za pomocą telefonu komórkowego w różnych porach dnia. Do badania skuteczności rozpoznawania mówcy użył metodologii VGG. Wszystkie aspekty zostały umieszczone w tym rozdziale wraz z wynikami eksperymentów.

Rozdział 7. „*Joint Influences of Make-up and Mood Variation on the Reliability of the Facial Recognition System*” skupia się na wpływie makijażu i zmienności nastroju na dokładność systemu rozpoznawania twarzy. Podano analizę stanu wiedzy badań obu elementów, a autor poza tym badał wpływ kombinacji ich razem w tym samym czasie. Spróbował odpowiadać na pytanie, czy istnieją znaczne zmiany w wynikach rozpoznawalności w obecności obu czynników na twarzy.

Rozdział 8. „*Conclusions*” zamyka część merytoryczną i podsumowuje wszystkie aspekty rozpatrywane w pracy.

Dodatkowo zostały opracowane trzy załączniki: *Appendix A - Iris recognition for smokers and non-smokers*; *Appendix B - The Influence of Acted Mood Variation on Text Independent Speaker Recognition System's Reliability* oraz *Appendix C - Can we solve facial aging problem through the use of age-progression software?* Zawartość każdego z nich posiada taką samą strukturę rozdziałową – stan wiedzy, bazę danych, metodologię oraz odpowiednie ilustracje rysunkowe.

Całość pracy kończy bibliografia, która zawiera 188 pozycji wybranych referatów i artykułów z literatury światowej pokazującej stan wiedzy i odzwierciedlającej dostateczną wiedzę autora. Brakowało jednak pozycji o „*contactless biometrics systems*”.

Interesującym aspektem redakcyjnym pracy jest to, że każdy rozdział merytoryczny rozpoczyna się opinią ogólną oraz przeglądem tematyki i kończy podsumowaniem istotnych osiągnięć wymienionych w danym rozdziale.

## **II. Opinia o rozprawie doktorskiej**

Rozprawę doktorską mgr. inż. Mohammadrezy Azimiego ocenię w dwóch płaszczyznach: technicznej i merytorycznej oraz klarowności i czytelności rozprawy. Nieliczne usterki redakcyjne dotyczące pisowni oraz edycji będą umieszczone poniżej.

### **A. Techniczne brzmienie i merytoryczna kompletność rozprawy**

Praca badawcza doktoranta ma charakter doświadczalno-statystyczny. Autor wykazał w swojej pracy umiejętność przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Cytowana literatura jest interesująca, chociaż nie zawiera bezpośredniego cytatu bezkontaktowych systemów biometrycznych (*contactless biometrics systems*).

Głównym rezultatem pracy badawczej doktoranta jest udowodnienie istnienia wpływu czynników społecznych na rozpoznawanie biometryczne i przedstawienie propozycji rozwiązania tego zagadnienia. Rozpatrywano trzy cechy – tęczęwka, twarz i głos. W celu poprawienia poziomu rozpoznawalności autor najpierw opracował algorytmy do detekcji przyczyn społecznych, a potem zastosował swoje własne podejścia do ich usunięcia. W każdym rozdziale autor podał zastosowaną do tego celu metodologię.

Doktorant twierdzi, chociaż medycyna tego nie potwierdza, że cukrzyca ma wpływ na tęczęwkę, a dokładnie na biometrię tęczęwki w rozpoznawaniu człowieka. Autor przedstawił eksperymentalnie ciekawe wyniki swoich badań, że cukrzyca wpływa na wyniki rozpoznawalności oraz skuteczność systemu biometrycznego.

## B. Klarowność i czytelność rozprawy

Rozprawa napisana w języku angielskim, czyta się ją bardzo dobrze, chociaż nie brakuje błędów gramatycznych i edytorskich. Pewnym usprawiedliwieniem jest to, że nie jest to język ojczysty doktoranta. Algorytmy, twierdzenia, wymagane rysunki i tabele są prawidłowo opracowane, chociaż nie wszędzie są czytelnie zaprezentowane. Aktualny stan wiedzy dotyczącej tematyki wpływu wybranych czynników społecznych na dokładność badań biometrycznych został przedstawiony poprawnie. Istotne dla tematyki pracy zagadnienia omówiono czytelnie.

Pomimo wysiłków autora, aby praca prezentowała jego osiągnięcia w sposób klarowny, praktycznie niemożliwe do uniknięcia są drobne usterki, których przykłady zostały wymienione poniżej.

- Tytuł pracy brzmi "*Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems*", a autor skupił się głównie na biometrii mobilnej. Do badań używał smartfonów. Bardziej pasowałby tytuł „*Investigation into the Reliability of Mobile Biometric Systems*”. Poza tym w zbieraniu danych autor wykorzystywał Iris Shield USB MK 2120U. Jest to precyzyjne urządzenie do zbierania obrazu tęczówki, ale nie jest ono zaliczone do urządzeń bezkontaktowych.
- Dane dotyczące analizy mowy przesłane były przez uczestników badań do doktoranta z wykorzystaniem aplikacji *telegram*. Autor pisze "*.... and then the recorded samples were transferred to the author's telegram account by the participants*". Zdanie to wymagałoby rozwinięcia - czy transmisja z wykorzystaniem zewnętrznego oprogramowania wymusiła dodatkową kompresję danych (jak ma to miejsce np. w transmisji grafiki i aplikacji *meta/facebook messenger*)?
- Doktorant w procesie identyfikacji osób wykorzystuje metodę SVM, natomiast do ekstrakcji cech stosuje głęboką sieć neuronową. Przetwarzanie danych przez sieć ma charakter nie deterministyczny, bazuje na losowo ustawionych wagach początkowych sieci. Nie ma mowy o tym, czy eksperyment był powtarzany, czy zastosowano n-krotną walidację krzyżową. Wprawdzie pewne szczegóły dotyczące eksperymentu znajdują się na dalszych stronach rozprawy, ale dokładniejszy opis przeprowadzonych eksperymentów podwyższyłby jakość pracy.
- Tabela 6-1 prezentująca wyniki klasyfikacji osób nie zawiera adnotacji dotyczących wariancji wyników. Praca zyskałaby na jakości, gdyby w tabeli umieszczone były również wskaźniki skuteczności identyfikacji osób na podstawie nagrań wieczornych, gdy sieć nauczona jest przy pomocy nagrań porannych.
- Wykresy ROC bardzo dobrze ilustrują cechy systemu biometrycznego. Poszczególne wykresy dotyczą wariantów Morning vs Morning, Evening vs Evening, Evening cs Morning oraz All vs All. W wykresach zabrakło

jednak wariantu Morning vs Evening. Taki eksperyment pozwoliłby wnioskować, czy bazy biometryczne głosu powinny być tworzone wieczorem czy raczej rano.

- Do identyfikacji osób doktorant stosuje metodę SVM oraz wektor cech o długości 512. Brakuje jednak w tabeli końcowej (Table 6-1) zaznaczenia, jaki dokładnie klasyfikator SVM został użyty tj. jakie wykorzystano funkcje jądrowe. Czy zastosowano metodę poszukiwania parametrów klasyfikatora typu GridSearch?
- Doktorant stosuje m.in. bardzo ciekawą metodę ekstrakcji cech bazującą na wykorzystaniu pierwszych warstw metody VGG-Face. Liczba końcowa cech jest stosunkowo wysoka (4092). Nie są jednak prezentowane badania wskazujące końcowy wynik identyfikacji z wykorzystaniem tej metody.
- Wyniki identyfikacji osób opisane w tabeli 7-3 wymagają dodatkowego wyjaśnienia. Sposób oceny klasyfikatora jest raczej nietypowy. Autor napisał "*In order to train our model, we have used 130 samples and for testing the model 304 face images were used*". Zazwyczaj stosowane są proporcje 60% trening, 40% testowanie, a przynajmniej trening stanowi większą część zbioru. Jednak wyniki są dobre, więc wymaga to uzasadnienia.
- Nie jest dla mnie klarowne, czy wyniki prezentowane w tabeli 7-3 opracowane zostały z wykorzystaniem bazy danych Radboud Faces Database (RaFD) czy Psychological Image Collection at Stirling (PICS). Powinno być zastosowane odniesienie w opisie tabeli.

Powyżej wymienione uwagi mają charakter dyskusyjny. Nie obniża to wartości rozprawy, jednakże chciałbym, żeby autor ustosunkował się do tych kwestii na obronie.

### III. Merytoryczne osiągnięcia doktoranta

Mgr inż. Mohammadreza Azimi osiągnął wyznaczony mu cel rozprawy doktorskiej, która wnosi nowe aspekty do nauk technicznych w zakresie informatyki.

Temat rozważań autora jest aktualnym kierunkiem badań, w szczególności metod analizy i przetwarzania obrazów tęczówki i twarzy człowieka oraz sygnału mowy pod wpływem wybranych czynników społecznych. Przy badaniach tęczówki autor zbadał wpływ choroby cukrzycy na dokładność rozpoznawania człowieka, a badania charakterystyki głosu dotyczyły wpływu pory dnia na dokładność rozpoznawania mowy i mówcy. Trzeci aspekt natomiast dotyczył badania wiarygodności systemu rozpoznawania twarzy – makijażu, różnych emocji oraz wieku. We wszystkich płaszczyznach doktorant uzyskał dobre wyniki klasyfikacji.

Pan mgr inż. Mohammadreza Azimi jest współautorem trzech artykułów w czasopismach recenzowanych z *impact factorem* oraz czterech recenzowanych referatów opublikowanych w materiałach konferencyjnych.

#### IV. Wnioski końcowe

Wystawiam pozytywną ocenę rozprawie doktorskiej mgr. inż. Mohammadrezy Azimiego pt. "*Investigation into the Reliability of Contactless Biometric Systems*". Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązania postawionych zadań oraz osobisty wkład doktoranta w rozwój metod biometrycznych:

- Rozpoznawanie tęczówki jest mniej skuteczne u osób z cukrzycą typu II, niezależnie od płci i wieku. Dzięki klasyfikacji próbek dotkniętych chorobą poprawi się wydajność systemu.
- Poranny głos może zakwestionować niezawodność systemu rozpoznawania mówcy. Można zredukować ten efekt, wykrywając poranny głos.
- Jednoczesny wpływ makijażu i mimiki twarzy może wpływać na dokładność klasyfikacji w systemie rozpoznawania twarzy. Niezawodność można zwiększyć za pomocą wykrywaczy makijażu.

Stwierdzam, że praca spełnia wymagania i warunki nakładane przez ustawę o stopniach naukowych.

Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie autora rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mohammadrezy Azimiego do jej obrony.



Khalid Saeed