

doc. Ing. Ján Jadlovský, CSc., Katedra kybernetiky a umelej inteligencie,
Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Z poverenia Dr.h.c. prof. Ing. Pavla Zemčíka, PhD., dekana Fakulty informačných technológií Vysokého učení technického v Brne, v súlade s § 47 Zákona MŠ ČR č. 111/1998 Z.z. o vysokých školách, textu sprievodnej správy dizertačnej práce, autoreferátu dizertačnej práce, zoznamu publikačnej činnosti doktoranda a zoznamu patentov a projektov, na ktorých sa doktorand Ing. Michal Dvořák zúčastňoval, predkladám

Oponentský posudok

dizertačnej práce **Ing. Michala Dvořáka** pod názvom

Nové technológie pro biometrické rozpoznávaní na základe charakteristik ruky

vypracovanej na Ústave inteligentných systémov Fakulty informačných technológií Vysokého učení technického v Brne v odbore Informační technologie.

1. Aktuálnosť zvolenej témy

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej prezenčnej forme doktorandského štúdia na Ústave inteligentných systémov Fakulty informačných technológií Vysokého učení technického v Brne s podporou projektov:

1. Sada forenzních analytických nástrojů ke zpracování obrazu a videa pro službu kriminální policie a vyšetřování, MV ČR - Strategická podpora rozvoje bezpečnostního výzkumu ČR 20192025 (IMPAKT 1) PODPROGRAMU 1 SPOLEČNÉ VÝZKUMNÉ PROJEKTY (BV IMP1/2VS), VJ02010041, 2022-2025, řešení, zahájení: 2022-01-01, ukončení: 2025-12-31
2. Mezinárodní spolupráce ve forenzní analýze otisků prstů a obrázků obličeje pro službu kriminální policie, MV ČR - Strategická podpora rozvoje bezpečnostního výzkumu ČR 20192025 (IMPAKT 1) podprogramu 3 Rozvoj iniciativy v bezpečnostním výzkumu, VJ01030006, 2021-2023, řešení, zahájení: 2021-01-01, ukončení: 2023-06-30
3. Spolehlivé, bezpečné a efektivní počítačové systémy, VUT v Brně - Vnitřní projekty VUT, FIT-S-20-6427, 2020-2022, řešení, zahájení: 2020-03-01, ukončení: 2022-12-31
4. Průzkum a edukace občanů České republiky v oblasti biometrie, TAČR - Program na podporu aplikovaného společenskovedního a humanitního výzkumu, experimentálního vývoje a inovací ÉTA., TL02000134, 2019-2021, ukončen, zahájení: 2019-01-01, ukončení: 2021-12-31
5. TEchnology TRAnsfer via Multinational Application eXperiments (TETRAMAX), EK EU - Horizon 2020, 2018-2021, ukončen, zahájení: 2018-04-01, ukončení: 2021-12-31
6. Bezpečné a spolehlivé počítačové systémy, VUT v Brně - Vnitřní projekty VUT, FIT-S-17-4014, FIT-S-17-4014, 2017-2019, ukončen, zahájení: 2017-03-01, ukončení: 2019-12-31

7. Nástroje a metody zpracování videa a obrazu pro zvýšení efektivity operací bezpečnostních a záchranných složek, MV ČR - Bezpečnostní výzkum České republiky 2015-2020, VI20172020068, 2017-2020, ukončen, zahájení: 2017-01-01, ukončení: 2020-12-31
8. IT4Innovations excellence in science, MŠMT ČR - Národní program udržitelnosti II, LQ1602, 2016-2020, ukončen, zahájení: 2016-01-01, ukončení: 2020-12-31

Dizertačná práca rieši mimoriadne aktuálnu a modernú problematiku v oblasti umelej inteligencie zameranú na biometrickú identifikáciu osôb na základe identifikačných charakteristík rúk. Zaoberá sa celým procesom smerujúcim k návrhu a následnej realizácii skenera pre bezdotykové snímanie biometrických parametrov ruky zahrňujúcich geometriu ruky, meranie otláčkov s následným vyhodnocovaním charakteristík smerujúcich k identifikácii príslušnej osoby.

Konštatujem, že dizertačná práca Ing. Michala Dvořáka svojim obsahom a zameraním plne zapadá do oblasti, ktorú sleduje študijný odbor Informační technológie.

2. Úroveň spracovania a použité metódy riešenia.

Dizertačná práca Ing. Michala Dvořáka predstavuje teoreticko-aplikačný príspevok, predovšetkým v oblasti metodiky návrhu a praktickej realizácie zariadení s podporou biometrie.

V predloženej práci sú riešené dva základné ciele (formulované na str. 5), ktoré predpokladajú jednak vývoj biometrických zariadení pre optické skenovanie ako aj ich následnú aplikáciu pre bezdotykové skenovanie biometrických parametrov človeka v režime, ktorý by neobmedzil jeho prirodzenú činnosť. Tieto ciele v podstate zahŕňajú:

1. Vývoj biometrických zariadení v rozsahu návrhu komplexného hardvéru a softvéru pre sledovanie biometrických údajov z informácií na ruke.
2. Vytvoriť databázu parametrov súvisiacich so sledovaním otláčkov prstov a geometriou ruky, ktoré budú jednoznačne identifikovať príslušnú osobu.
3. Vytvoriť systém klasifikácie biometrických funkcií za účelom identifikácie príslušnej ruky.
4. Využitie vyvinutých biometrických zariadení na báze kamerových systémov pre biometrické aplikácie.
5. Experimentálne overenie a posúdenie účelu a účinnosti využitia vyvinutých biometrických zariadení.

Po formálnej stránke dizertačná práca okrem úvodu a záveru obsahuje 3 základné kapitoly a dve prílohy bez vážnejších chýb a preklepov. Jednotlivé kapitoly na seba plynule a logicky nadväzujú, takže čitateľ má možnosť postupne vnikáť do danej problematiky. Práca obsahuje 7 tabuliek a 78 obrázkov vrátane schém, grafov a fotografií vybraných častí zariadení experimentálneho pracoviska.

V prvej kapitole sú popísané teoretické východiská a základné princípy biometrie zameraných na ručnú biometriu, ako je otláčok prsta, dlane, ruky, identifikáciu a overenie geometrie. Sú popísané hodnotiace metriky a aktuálny stav jednotlivých biometrických prvkov. Vzhľadom na praktické výstupy tejto práce, časť tejto kapitoly je venovaná senzorike, teórii optiky a ďalším oblastiam potrebných pre návrh optického systému.

V súvislosti s rozpoznávaním geometrie ruky je analyzovaný aktuálny stav 2D geometrie ruky a 3D geometrie ruky. Prítom pri vyhodnocovaní sa používajú metódy založené na priamom meraní a metódy založené na porovnávaní tvarov.

Postupne sú rozoberané techniky rozpoznávania otláčkov prstov, rozpoznávanie otláčkov dlane, rozpoznávanie kĺbu, technológie hraničnej kontroly, vychádzajúce z nakumulovaného objemu dát s biometrickými údajmi realizované pomocou dynamických baysovských sietí, hlbokého učenia na báze neurónových sietí a pod. Postupne sú uvádzané metódy získavania geometrie ruky 2D a 3D akvizíciou. Sú uvádzané spôsoby snímania otláčkov prstov pomocou kapacitných skenerov, optických skenerov, ultrazvukových a tepelných skenerov. Po stručnom popise jednotlivých typov snímačov otláčkov prsta sú uvedené princípy optických systémov snímania na báze kamery, resp. fotoaparátu.

V rámci analýzy súčasného stavu danej problematiky vo svete, ktorej sa doktorand venuje hlavne v kapitole 1 sa doktorand sústredil na „učebnicový/výkladový“ popis jednotlivých pojmov. Myslím si, že pri prehľade súčasného stavu v práci sa doktorand mal viac sústrediť na kritické zhodnotenie súčasného stavu v súvislosti s riešenou problematikou tak, aby pri vyhodnotení a prezentácii dosiahnutých výsledkov dizertačnej práce vedel uviesť, z čoho vychádzal a čo dosiahol v oblasti teoretického prínosu k vednému odboru a prínosu pre prax.

V rámci obhajoby dizertačnej práce by doktorand mal konkrétnejšie špecifikovať teoretické a praktické zdroje, z ktorých vychádzal a následne, ako ich rozvíjal. Teda do akej miery tieto zdroje ovplyvnili teoretické a praktické výsledky dizertačnej práce doktoranda.

Na druhej strane je potrebné uviesť, že prehľad súčasného stavu riešenej problematiky s popisom jednotlivých prístupov autor spracoval a publikoval najskôr ako kapitolu v Sprigerovskej monografii s názvom *Biometric-Based Physical and Cybersecurity Systems*, a následne ako kapitoly (3) v monografii vydavateľstva IET s názvom *Hand-Based Biometrics: Methods and Technology*.

Metodika návrhu a vývoja biometrických prístrojov (biometrických skenerov) je popísaná v kapitolách 2 a 3.

Druhá kapitola je zameraná na návrh a realizáciu hardvérových častí prístrojov ako aj popis logických a fyzických väzieb medzi jednotlivými časťami. Sú popísané spôsoby návrhu a realizácie biometrických zariadení ako je riadkový skener a 3D skener objektov založený na princípe stereovízie. Pre uvedené skenery je popísaný návrh ich optických častí, mechanických častí, ako aj ich elektrických a elektronických podsystémov. V kapitole 2.3. je popísaný biometrický systém pracujúci v reálnom čase. Pre potreby experimentálneho výskumu bol skonštruovaný laboratórny prototyp, ktorý je popísaný v uvedenej kapitole.

V tretej kapitole sú popísané jednak základné algoritmy riadenia jednotlivých častí skenera t.j. mechanickej časti vrátane riadenia vozíka pohonu po koľajnici, algoritmy zberu údajov z kamery vrátane skladania obrazu a jeho vyhodnocovania, ako aj algoritmy výpočtu, resp. určenia biometrických parametrov ako je geometria ruky, otláčky prstov a pod. Následne sú popísané podmienky, za akých boli vykonané jednotlivé experimenty, systém zberu dát a spôsob ukladania dát do databázy. Na základe informácií o jednotlivých bodoch na ruke a ich vzájomnej vzdialenosti sa odvádzajú jednotlivé príznaky, ktoré napr. charakterizuje príslušnú osobu na základe geometrie ruky.

Algoritmy riadenia jednotlivých častí prototypového pracoviska ako aj riadenia skenera ako celku sú uvedené v kapitole 3. Je popísaný spôsob zberu dát zo skenera a ich ukladanie do databázy a následné spracovanie. Vo forme vývojového diagramu je uvedený algoritmus

rozpoznania geometrie ruky a následne aj algoritmus optimalizácie parametrov kvalifikátora. Následne sa posudzovala úspešnosť klasifikácie, resp. identifikácie ako reálny výkon klasifikátora. Súčasťou tejto kapitoly je aj systém multimodálnej biometrie, t.j. prezentovanie zariadenia, ktoré umožňuje súčasne rozpoznanie geometrie ruky a otláčkov prstov za chodu.

Svojím rozsahom a charakterom dizertačná práca zapadá do odboru Informačné technológie a zasahuje do odborov mechaniky, optiky, riadenia elektrických pohonov s dôrazom na systémy rozpoznávanie obrazov.

Vlastnosti navrhovaných riešení boli verifikované na prototypovom experimentálnom pracovisku, ktoré bolo pre tento účel vytvorené.

Súčasťou dizertačnej práce sú dve prílohy. V prvej prílohe je schematický náčrt optických elementov a elektrické schémy zapojenia niektorých elektronických častí snímacieho zariadenia. V druhej prílohe je súbor snímok dlane zosnímanej lineárnym skenerom, ktoré sú uložené v databáze.

Doktorand, okrem popisu jednotlivých komponentov a komerčne dostupných prostriedkov však posudzuje len výsledky meraní na prototypu laboratórneho modelu na vybranom počte osôb pri určitom opakovaní snímania.

Pri popise výsledkov vo vedeckej a aplikačnej oblasti mohol doktorand uviesť ich priamu využiteľnosť na úrovni školiaceho pracoviska, na celoštátnej úrovni, prípadne na medzinárodnej úrovni. Preto k obhajobe by bolo potrebné predložiť sumár dosiahnutých výsledkov/prínosov s dôrazom na ich rozdelenie pre vedný odbor Informačné technológie a pre prax.

Súčasťou práce sú 2 prílohy, ktoré zahŕňajú usporiadanie optickej časti, schémy zapojenia niektorých elektrických častí, obrázky ruky naskenované na prototypovom pracovisku, zoznamu literatúry, ktorý zahŕňa 117 literárnych prameňov z toho 10 vlastných výstupov.

Keďže jedným z výstupov dizertačnej práce bolo laboratórne modelové pracovisko pre skenovanie ruky na realizácii ktorého sa doktorand podieľal a do istej miery je v dizertačnej práci popísané s odvolaním sa na podaný patent, úrovni práce by pomohlo, ak by v prílohe práce doktorand uviedol technickú dokumentáciu na úrovni konštrukčnej časti zariadenia, realizačný projekt elektrickej časti zariadenia, ako aj „popis programového vybavenia na úrovni prototypu experimentálneho zariadenia“ v súlade s platnými normami v tejto oblasti a obmedzeniami vyplývajúcimi z obmedzení v súvislosti so schvaľovacím procesom patentovej prihlášky.

V prílohe A je uvedená principiálna schéma optickej časti, ako aj elektrické schémy vybraných elektronických častí, ale z hľadiska ďalšieho rozvoja danej problematiky na školiacom pracovisku by pomohlo vypracovanie serióznej technickej dokumentácie. Uvedená dokumentácia k vytvoreného prototypovému pracovisku mohla byť uvedená v prílohe práce.

V súlade s riešením úloh tohto charakteru, pre možnosti ďalšieho využívania vytvorených programových nástrojov v rámci školiaceho pracoviska, v prílohe práce mohol doktorand uviesť návod na používanie vytvorených programových modulov a simulačných prostriedkov, vrátane popisu experimentálnych výsledkov a systémovej dokumentácie popisujúcej jednotlivé programové moduly z hľadiska ich inštalácie a prepojenia s inými prostriedkami, ktoré autor v práci uvádza.

3. Pôvodné vedecké prínosy a splnenie stanovených cieľov

Na základe definovaných cieľov je možné koštatovať prínos doktoranda v dvoch kľúčových oblastiach:

A. Prínos v oblasti vývoja optických skenovacích zariadení s biometriou.

V rámci projektu č. VI20172020068 (Nástroje a metody zpracování videa a obrazu pro zvýšení efektivity operací bezpečnostních a záchranných složek) bolo vytvorené zariadenie/3D skener založené na princípe stereo videnia pre získanie 3D biometrických príznakov. Zariadenie sa skladá z pohyblivého vozíka, ktorý posúva kameru po zaguľatenej koľajnici, čo umožnilo získavať dáta snímaného objektu z rôznych uhlov. Bolo konštatované, že tento typ zariadenia nie je vhodný pre realizáciu hlavného cieľu tejto práce - biometrickej identifikácie ruky.

DVOŘÁK Michal, GOLDMANN Tomáš and DRAHANSKÝ Martin. Zařízení pro snímání zbraní. Report of Project No. VI20172020068 - 2017 - Brno, 2017.

Za prínos doktoranda priamo súvisiaceho s témou dizertačnej práce je možné považovať dva optické systémy využiteľné pre aplikácie v biometrii ruky:

1. Bolo vyvinuté zariadenie riadkového skenera s podporou biometrie. Zariadenie charakteristické snímaním s nastaviteľným zorným polom umožnilo snímanie heterogénnych príznakov pri zachovaní plošného rozlíšenia. Tento koncept bol prezentovaný na konferencii BIODEVICES v r. 2021 a publikovaný v príslušnom zborníku:

DVOŘÁK Michal, KANICH Ondřej and DRAHANSKÝ Martin. Scalable Imaging Device Using Line Scan Camera for use in Biometric Recognition and Medical Imaging. In: Proceedings of the 14th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies. Lisboa: Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication, 2021, pp. 160-168. ISBN 978-989-758-490-9.

2. Druhé zariadenie/laboratórny prototyp bol vyvíjaný pre snímanie ruky v pohybe ("on the fly"), s určitou vedomou asistenciou snímanej osoby. Boli formulované nároky na plošné rozlíšenie snímky (aspoň 500DPI) pri danej rýchlosti (aspoň 500mm/s) a hĺbke ostrosti (aspoň 35mm). V spolupráci s priemyselným partnerom autor vytvoril prototyp pre biometrickú indentifikáciu charakteristík ruky spĺňajúci uvedené požiadavky. Princíp rozpoznania na základe geometrie ruky v pohybe s využitím navrhnutého optického systému bol publikovaný v článku v časopise IET Biometrics:

Dvořák, M., Drahanický M. and Abdulla, W. H. On the fly biometric identification system using hand-geometry. IET Biometrics. Wiley Online Library. 2021, vol. 10, no. 3, p. 315–325.

Princíp rozpoznania na základe otláčku prsta v pohybe s využitím navrhnutého zariadenia bol v spolupráci s priemyslovým partnerom Touchless Biometric System patentovaný medzinárodným patentom

Device for biometric identification with the use of fingerprints and/or hand characteristics and methods for biometric identification with the use of these characteristics, registration: 2020, approval: 2021

Authors: Dvořák Michal, Goldmann Tomáš, Dražanský Martin, Sakin Martin, Dvořák

Radim, Nezhyba Ondřej, Meister Torsten, Zarrabi Alex

Type: patent

Owner: Touchless Biometric Systems AG + Brno University of Technology

a úspešne prezentovaný na bezpečnostnom veľtrhu INTERSEC.

B. Prínos v oblasti riadenia a následného spracovania dát získaných pomocou vyvinutých zariadení + výsledky dosiahnuté pri riešení súvisiacich úloh v oblasti biometrie.

Pre vyvinuté zariadenia z časti A boli navrhnuté ovládacie a biometrické algoritmy.

1. V súvislosti s vývojom zariadenia - 3D skenera pre snímanie zbraní boli navrhnuté jednak riadiace algoritmy na úrovni komunikačnej platformy pre riadenie vozíka + algoritmy pre spracovanie dát zo senzorov. Postup snímania a následného spracovania údajov je popísaný v

DVOŘÁK Michal, GOLDMANN Tomáš and DRAŽANSKÝ Martin. Zařízení pro snímání zbraní. Report of Project No. VI20172020068 - 2017 - Brno, 2017.

2. V súvislosti s vývojom zariadenia - riadkového skenera s podporou biometrie – boli vyvinuté riadiace algoritmy pre ovládanie kamerového systému a systému osvetlenia. Využitie navrhnutých algoritmov pre rozpoznávanie otláčkov prstov v oblasti biometrie bolo prezentované na konferencii BIODEVICES

Dvorák, M., Kanich, O. and Dražanský, M. Scalable Imaging Device using Line Scan Camera for Use in Biometric Recognition and Medical Imaging. In: BIODEVICES. 2021, p. 160–168.

3. V súvislosti s vývojom zariadenia pre snímanie ruky v pohybe boli navrhnuté riadiace algoritmy pre ovládanie kamerového systému a systému osvetlenia, ako aj algoritmy pre zaznamenávanie a spracovanie snímok.

Laboratórny prototyp zariadenia bol využitý v procese získavania a vyhodnocovania otláčkov prstov, výsledky čoho boli prezentované na zahraničnej konferencii International Conference on Mechatronics and Electrical Systems

Dvorak Michal, D. M. and Waleed, A. B. On-the-fly fingerprint acquisition method. In: 2019 4th International Conference on Mechatronics and Electrical Systems, Praha, CZ. Asia Society of Researchers, 2019, p. 1–6.

Za významný prínos autora je možné považovať jeho príspevok v probléme zberu dát a následnej implementácie algoritmov pre rozpoznanie s využitím laboratórneho prototypu pre snímanie geometrie ruky v pohybe, založených na klasifikátore náhodných stromov. Bola konštatovaná miera rozpoznania zrovnateľná s klasickými dotykovými zariadeniami.

Dvořák, M., Dražanský, M. and Abdulla, W. H. On the fly biometric identification system using hand-geometry. IET Biometrics. Wiley Online Library. 2021, vol. 10, no. 3, p. 315–325.

4. Autor sa v priebehu doktorandského štúdia podieľal na riešení doplnkových výskumných problémov v oblasti biometrie, ako využitie biometrickej modalít v technológiách využívajúcich zoznam sledovaných položiek (výsledky výskumu boli publikované v medzinárodnej spolupráci v časopise IET Biometrics), vid'.

Lai, K., Kanich, O., Dvořák, M., Dražanský, M., Yanushkevich, S. et al. Biometric-enabled watchlists technology. IET Biometrics. IET. 2017, vol. 7, no. 2, p. 163–172. resp. problém detekcie a prevencie prezentačného útoku (bolo vyvinuté zariadenie na princípe multispektrálnej analýzy, registrované ako premyselný vzor), vid'.

LAI Kenneth K., KANICH Ondřej, DVOŘÁK Michal, DRAŽANSKÝ Martin, YANUSHKEVICH Svetlana and SHMERKO Vlad. P. Biometric-Enabled Watchlists Technology. IET Biometrics, vol. 7, no. 2, 2017, pp. 163-172. ISSN 2047-4938.

Na základe vyššie uvedeného je možné konštatovať, že ciele práce **boli splnené**.

4. Hodnotenie dosiahnutých výsledkov a ich uplatnenie v spoločenskej praxi

Téma dizertačnej práce je zameraná na vypracovanie metodiky biometrického rozpoznavania na základe merania a vyhodnocovania charakteristík ruky.

Za účelom riešenia tohto problému boli zvolené technické, t.j. mechanické, optické, elektrické, sieťové a počítačové riadiace prostriedky vrátane snímačov a akčných členov, ako aj programové prostriedky, zahŕňajúce základné vývojové prostriedky pre vývoj aplikácií na báze jedno čipových mikropočítačov, riadenia osvetlenia, riadenia pohonov, rozpoznavania obrazov a komunikácie medzi uvedenými počítačovými subsystémami, prostriedky pre ukladanie dát do databáz a následne ich spracovanie.

Po teoretickej stránke pre návrh a realizáciu technológie pre biometrické rozpoznavanie na základe charakteristík ruky boli zvolené metódy a prostriedky snímania obrazov 2D a 3D objektov v reálnom čase t.j. pri vysokej rýchlosti a vysokej rozlíšiteľnosti (presnosti merania). To si vyžadovalo špeciálny prístup z hľadiska prepojenia mechaniky, systému osvetlenia objektu, systému snímania objektu kamerou, jeho ukladania do pamäti a následne vytváranie 2D resp. 3D obrazov. Takto získané data boli uložené do databázy s ich následným rozpoznavaním a klasifikáciou biometrických objektov s využitím prostriedkov umelej inteligencie.

Zvolený metodický postup s dielčimi výstupmi v jednotlivých fázach návrhu a realizácie môžeme považovať za teoretický prínos doktoranda.

Úroveň práce by zvýšilo, ak by doktorand, po formálnej stránke, pri popise každej etapy vývoja uviedol odkazy na literatúru, resp. vystúpenia pred odbornou komunitou, kde

dané výsledky boli prezentované. Navrhujem, aby v rámci obhajoby dizertačnej práce dané skutočnosti doktorand uviedol.

Prínosy doktoranda sú jednoznačne podložené už publikovanými výstupmi (články v renomovaných časopisoch (2), kapitoly v zahraničných monografiách (4)), úspešnou prezentáciou na domáciach (1) a zahraničných konferenciách (2) a priemyselných veľtrhoch (1), ako aj úspešnou registráciou technologických návrhov v spoluautorstve vo forme medzinárodného patentu (1) a priemyselného vzoru (1).

Z hľadiska využitia výsledkov doktorandskej práce vo výskume, pedagogike a v spoločenskej praxi, prínos doktoranda vidím v troch rovinách a to:

1. S využitím experimentálneho pracoviska a teoretických výsledkov na úrovni školiaceho pracoviska s aplikáciou vo výskume a pedagogike.
2. S využitím experimentálneho pracoviska a teoretických výsledkov na úrovni VUT Brno, kde teoretické a praktické výstupy práce je možné aplikovať v príbuzných odboroch s možnosťou experimentálnych meraní, vyhodnocovaní a klasifikácií 2D, resp. 3D objektov aj v pohybe.
3. S aplikáciou vo výskumno-vývojových pracoviskách a vo výrobných podnikoch, kde takéto systémy vyvíjajú a realizujú, s rešpektovaním práv vyplývajúcich z patentovej ochrany.

Jedným z výrazných praktických prínosov dizertačnej práce je vybudovanie experimentálneho pracoviska pre meranie biometrických parametrov, napr. geometrie ruky, otláčkov prstov v dynamickom režime, s vysokou presnosťou ako aj riadkového skenera a ručného skenera s podporou biometrie.

5. Otázky k dizertačnej práci

1. Aký vplyv má uhol nasvietenia, resp. intenzita na svietenia na rýchlosť resp. presnosť snímania obrázkov pri biometrických meraniach napr. snímaní otláčkov prstov, resp. geometrie ruky s využitím Vami navrhnutého skenera?
2. V čom je výhodnejší Vami navrhovaný systém klasifikácie a rozpoznávania založený na vyhodnocovaní geometrie ruky resp. otláčkov prstov oproti známym metódam, ktoré spomínate napr. v kapitole 1.
3. Do akej miery je možné výstupy Vášho meracieho zariadenia (skenera) pre meranie biometrických charakteristík, napr. otláčkov prstov, resp. geometrie ruky použiť v systéme identifikácie hľadaných osôb, v prípade že tieto údaje o osobách sú uložené v centrálnej databáze príznakov a aké metódy klasifikácie by ste navrhoval použiť.
4. Aké kroky pri vývoji Vami vytvoreného 3D skenera na Vašom pracovisku ďalšieho vývoja navrhujete vykonať pri meraní pohybujúcich sa objektov s dôrazom na biometriu.
5. Ako vidíte ďalší postup pri vývoji metód identifikácie osôb na základe vyhodnotenia ich biometrických parametrov (otlačky prstov, biometria ruky) uložených v databáze porovnaním s On-line meranými biometrickými parametrami získanými pomocou Vami vyvinutého skenera?

6. Záver posudku

Na záver konštatujem, že Ing. Michal Dvořák vo svojej dizertačnej práci riešil mimoriadne aktuálnu problematiku z oblasti biometrického rozpoznávania objektov na báze snímania, vyhodnocovania a klasifikácie 3D objektov na báze kamerových systémov.

Riešením preukázal schopnosť vedecky pracovať a stanovené ciele splnil. Dizertačná práca predstavuje ucelené vedecké dielo v oblasti rozpoznávania obrazov a biometrického rozpoznávania, návrhu a realizácie experimentálneho zariadenia a jeho aplikačné prispôsobenie pre potreby biometrického rozpoznávania. Pozitívne hodnotím aktívnu účasť dizertanta pri riešení výskumných úloh Ústavu inteligentných systémov v rámci prihlášky patentu vytvorenej aplikácie a tiež aj jeho publikačnú činnosť.

Doktorandská dizertačná práca Ing. Michala Dvořáka spĺňa požadované náležitosti s vyššie uvedenými pripomienkami, preto odporúčam komisii pre obhajobu doktorandských dizertačných prác v študijnom odbore Inteligentní systémy dizertačnú prácu Ing. Michala Dvořáka prijat' a po úspešnej obhajobe udelit' vedecký titul

Philosophiae doctor – PhD.

V Košiciach 2.1.2023

