

Biometrický snímač geometrie lidské ruky

A Human Hand Biometric Geometry Scanner

Radek Harašta

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek Harašta**
Osobní číslo: **A14308**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Biometrický snímač geometrie lidské ruky**

Téma anglicky: **A Human Hand Biometric Geometry Scanner**

Zásady pro vypracování:

1. Vysvětlete funkci lidského ruky a popište její vlastnosti z hlediska biometrie.
2. Porovnejte různé typy biometrických snímačů ruky.
3. Analyzujte princip biometrického snímače geometrie ruky.
4. Pomocí skutečných snímků geometrie ruky vytvořte laboratorní úlohu.
5. Odhadněte další vývoj těchto systémů a jejich využití.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. JAIN, A. K., ROSS, A., and PAKANTI, S. A prototype hand geometry based verification system. 2nd Int. Conference on Audio- and Video- Based Biometric Person Authentication (AVBPA), Washington D. C. USA, March 1999, s. 166171.
2. RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 631 s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-247-2365-5.
3. DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. Biometrie. 1. vyd. [Brno: M. Drahanský], 2011, 294 s. ISBN 978-80-254-8979-6.
4. SEMERA, Lukáš. Daktylokopie – historie, současnost a budoucnost. Praha, 2015. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Vedoucí práce JUDr. Jiří Krupička, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Rudolf Drga, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

29. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznáme s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá biometrií lidské ruky. V teoretické části práce je uveden obecný přehled o biometrii, o nejběžněji zkoumaných biometrických charakteristikách a důležitých biometrických pojmech. Popsána je zde také skladba ruky a do větší hloubky probrána biometrická charakteristika její geometrie. Praktická část se zabývá analýzou současných biometrických zařízení a porovnáním jejich výhod a nevýhod. Laboratorní práce se zaměřuje na návrh postupu při měření geometrie ruky, následnou verifikaci a budoucí odhad biometrických systémů.

Klíčová slova: biometrie, biometrické metody, geometrie ruky, snímače geometrie ruky

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with the biometry of a human hand. In the theoretical part there is described the basic knowledge of biometry, most commonly explored biometric characteristics and main biometric terms. There is also described the hand composition and biometric characteristics of its geometry. The practical part is dealing with an analysis of current biometric devices and with a comparison of its advantages and disadvantages. The laboratory part is focused on the suggestion of procedure at hand measuring, verification and future estimation of biometric systems.

Keywords: biometry, biometric methods, hand geometry, hand geometry sensors

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Rudolfovi Drgovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky, náměty a poskytnuté konzultace při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost po celou dobu mého studia

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 BIOMETRIE	11
1.1 HISTORIE BIOMETRIE	11
1.2 POČÍTAČOVÉ VYUŽITÍ BIOMETRICKÝCH METOD	12
1.3 ZÁKLADNÍ POJMY V BIOMETRII	12
1.3.1 Identita.....	12
1.3.2 Identifikace.....	12
1.3.3 Verifikace	13
1.3.4 Autentizace.....	13
1.4 ELEKTRONICKÉ BIOMETRICKÉ SYSTÉMY	14
1.4.1 Normy a standardizace elektronických biometrických systémů	14
1.4.2 Přesnost elektronických biometrických systémů	14
1.4.2.1 Pravděpodobnost chybného odmítnutí – FRR (False Rejection Rate)	15
1.4.2.2 Pravděpodobnost chybného přijetí – FAR (False Acceptance Rate)	15
1.4.2.3 Stejná míra chyb – EER (Equal Error Rate).....	15
1.4.2.4 Provozní křivka přijetí – ROC (Receiver Operating Characteristics)	16
2 DRUHY BIOMETRICKÝCH IDENTIFIKACÍ	17
2.1 BIOMETRIE RUKY	18
2.2 BIOMETRIE HLAVY	19
2.3 BEHAVIORÁLNÍ A DALŠÍ BIOMETRIE	20
3 ANATOMIE LIDSKÉ RUKY	21
3.1 LIDSKÁ RUKA	21
3.1.1 Kostí lidské ruky a klouby	21
3.1.2 Šlachy	22
3.1.3 Svaly.....	22
3.1.4 Nervy.....	23
3.1.5 Kůže	23
4 BIOMETRICKÝ SNÍMAČ GEOMETRIE RUKY	24
4.1 PRINCIP BIOMETRICKÉHO SNÍMAČE GEOMETRIE RUKY	24
4.1.1 Kamera snímající ruku	24
4.1.2 Skenovaná podložka.....	25
4.2 HLAVNÍ VÝHODY A NEVÝHODY	26
4.3 POROVNÁNÍ GEOMETRICKÉHO SNÍMAČE RUKY S JINÝMI BIOMETRICKÝMI METODAMI SNÍMÁNÍ RUKY	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
5 POROVNÁNÍ RŮZNÝCH BIOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ RUKY	29
5.1 iEvo ULTIMATE	29
5.2 SAFRAN MORPHO MA VP-DUAL.....	31
5.3 SCHLAGE HP-1000	33
5.4 VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ VÝHOD A NEVÝHOD ZAŘÍZENÍ	35
6 LABORATORNÍ ÚLOHA ZAMĚŘENÁ NA MĚŘENÍ GEOMETRIE	

RUKY	37
6.1 NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY	37
6.2 VYPRACOVÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY	37
6.2.1 Vysvětlení princip vytváření hladin pro měření.....	37
6.2.2 Návrh algoritmu pro zjištění geometrických dat.....	42
6.2.3 Návrh algoritmu pro verifikaci dat v databázi a naměřených	43
6.2.4 Manuální měření geometrie ruky z fotografie.....	55
6.2.5 Verifikace naměřených údajů	61
6.3 PŘÍNOS LABORATORNÍ ÚLOHY	62
7 VÝVOJ BIOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ LIDSKÉ RUKY	63
7.1 ODHAD BUDOUCÍHO VÝVOJE SNÍMÁNÍ GEOMETRIE RUKY	63
ZÁVĚR	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
SEZNAM OBRÁZKŮ	69
SEZNAM TABULEK.....	70

ÚVOD

Zařízení na zkoumání biometrických vlastností nejsou žádnou novinkou. První zařízení byla komerčně využívána v 70. letech minulého století v investičních společnostech na Wall Street.

V dnešní době poptávka po biometrických systémech roste raketovým tempem. Tyto technologie se dnes neinstalují pouze ke kontrole vstupu do střežených prostor nebo docházky. Biometrie se pomalu stává běžnou součástí života. V moderních mobilních telefonech je jako standardní výbava biometrická čtečka otisku prstů. Dokonce nejnovější model od společnosti Samsung využívá pro zabezpečení oční duhovku. Největší přínos pro naši bezpečnost má rychlá a spolehlivá identifikace osob nebo osob, které se chovají podezřele. Belgická policie po teroristickém útoku na bruselské letiště v roce 2016 plošně zavedla na veřejných kamerových systémech rozpoznání obličejů a podezřelého chování. Belgické bezpečnostní složky jsou i přes nedostatek personálu schopné účinně bojovat proti potenciálním hrozbám. Po zavedení tohoto opatření zadržují a prověřují desítky podezřelých nebo hledaných osob týdně.

Tato bakalářská práce poskytuje přehled nejběžnějších biometrických systémů, které jsou dnes často využívány. Jsou zde popsány jejich výhody a nevýhody, ale pozornost je zaměřena především na problematiku biometrie lidské ruky, konkrétně na geometrii lidské ruky. Při zkoumání geometrie lidské ruky měříme šířku, délku, někdy i výšku jak prstů, tak i dlaně. Těchto měření se na celé ruce provedou desítky a poté se porovnávají s údaji v databázi zařízení. Každý člověk má jedinečný tvar a velikost ruky.

Teoretická část práce nejprve čtenáře seznamuje s biometrií jako takovou a podstatnými pojmy. Popisuje nejběžnější biometrické systémy a lidskou ruku a její skladbu. Následně je analyzováno několik nejběžnějších zařízení zkoumajících biometrii ruky a vyhodnocení jejich výhod a nevýhod.

Největší přínos této práce je v její praktické části, kde je ukázáno, jak postupovat při zjišťování geometrických dat ze skutečného snímku ruky pro následnou verifikaci.

Poslední kapitola je zaměřena na možný budoucí vývoj biometrických systémů a jejich využití.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BIOMETRIE

Slovo biometrie je odvozeno ze spojení dvou řeckých slov. Slovo „bios“ znamená život a slovo „metron“ je měření. Spojením významu těchto dvou slov lze odvodit, že biometrie je vědní obor, který se zabývá měřením jedinečných charakteristických vlastností lidského těla. I když si to asi neuvědomujeme, lidé rozpoznávají každého jedince od ostatních na základě biometrických znaků, které si zapamatovali. Každý člověk má své jedinečné rysy. Lidský mozek pracuje s biometrickými údaji, jako jsou výška a typ postavy, vlasy, odstín kůže, chůze a pohyby, tvar a výraz obličeje. [1]

Každé etnikum má své výrazné znaky, kterými se velká část jeho jedinců odlišuje od jiných, a proto jsme schopni snadno rozpoznat a zapamatovat si spoustu obličejů ze svého etnika. Jsme tak schopni rozeznat tvář člověka i s rozdílem desítek let, se změnou účesu, s vousy, brýlemi nebo i známou tvář v obrovském, nepřehledném davu. Každé etnikum se zaměřuje na jiné části obličeje, které mezi sebou vzájemně porovnává, a mozek je schopen zapamatovat si zjištěné rozdíly. Pro Evropany představuje výrazně nejmenší rozdíl v biometrických znacích etnikum z východoasijské oblasti, konkrétně oblast okolo Číny. Vzhledem k tomu máme daleko větší problém rozpoznat u členů východoasijského etnika rozdíl mezi dvěma jedinci, věk jedinců, ale třeba i pohlaví. Stejnou nejistotu při rozpoznávání známé tváře nebo rozdílného člověka evropského etnika mají lidé z východní Asie. [2]

1.1 Historie biometrie

Nejznámější, nejrozšířenější a také nejstarší biometrické technologie existují na otisk prstu. Jedinečnosti otisku prstů nebo celé ruky si byly vědomy civilizace ve starověku už několik století před našim letopočtem. Z dochovaných hliněných destiček z asyřanské civilizace můžeme jednoznačně usoudit, že otisky prstů byly používány záměrně. Hned vedle podpisu jsou umístěny i otisky prstů. Pravděpodobně sloužily k ověření podepisujícího, aby se jednoznačně prokázala jeho totožnost a vyloučilo se, že se za někoho vydává. [1] Základy vědy zabývající se biometrií člověka můžeme datovat do poloviny devatenáctého století. Jako první využil biometrických vlastností člověka k rozpoznání a ověření identity úředník na indických drahách William James Herschel. Herschel využil otisky prstů k identifikaci zaměstnanců a jako jednoznačné potvrzení při převzetí výplatní pásky. Herschel svými postupy a metodami dal základy vědnímu oboru daktyloskopie, která se zabývá otisky prstů. Dodnes je daktyloskopie jednou ze základních kriminalistických metod pro identifikaci pachatele. [3]

1.2 Počítačové využití biometrických metod

Protože bylo manuální porovnávání otisků z místa činu s otisky v databázi velmi náročný a zdoluhavý proces, byla daktyloskopie díky své důležitosti v kriminalistice jako první z biometrických metod počítačově zpracovaná. V 60. letech minulého století byly v souvislosti se změnou dostupnosti a narůstajícím výkonem výpočetní techniky vytvořeny programy, které prohledáváním databáze odvedly za lidi časově nejnáročnější část hledání a kriminalistovi vybraly pouze malou skupinu podobných vzorků ke konečnému ručnímu porovnání. V 80. letech byly mimo kriminalistiku první technologie rozpoznání biometrických znaků zaměřeny na geometrii ruky a otisky prstů. Díky vynálezu CCD snímačů do kamer, které zaznamenávají obraz přímo digitálně, bez nutnosti převodu z analogového obrazu, vývoj biometrických technologií pro ostatní biometrické vlastnosti nabral rychlé obrátky. Dnes pracují prakticky veškerá zařízení na měření biometrických charakteristik na základě snímání určité části lidského těla kamerou s CCD snímačem. [1]

1.3 Základní pojmy v biometrii

Od biometrických technologií požadujeme, aby fungovaly v jednom z režimů nebo v jejich kombinaci: požadavky na identifikaci, verifikaci, autentizaci a porovnání s identitou.

1.3.1 Identita

Identita je soubor vlastností, které jednoznačně určují každého z nás. Fyzická identita je nepřenositelná, na světě je jen jedna. Jsou to naše jedinečné anatomické a behaviorální charakteristiky, které nás odlišují od ostatních. Výhoda fyzické identity je v tom, že tuto identitu nemůžeme nikde ztratit, zapomenout, ale také se jí nemůžeme zbavit nebo ji předat jiné osobě.

Elektronická identita je přesným opakem, co se přenositelnosti a jedinečnosti týče. Můžeme mít několik různých identit nebo předat naši identitu další osobě, ztratit nebo zapomenout identitu a lze i vytvořit identickou kopii naší elektronické identity. [4]

1.3.2 Identifikace

Identifikace je proces porovnávání rozmanitých objektů na základě shod nebo rozdílů ve vlastnostech, formách, umístění, složení (struktúře), funkcích, projevech, významu nebo v čase, s cílem zjistit, zda se jedná, či nejedná o shodné (identické) objekty. [4]

Při identifikaci se systém snaží rozpoznat sám identitu osoby pouze na základě naskenovaných biometrických dat. Proces nalezení odpovídajícího vzorku v databázi s naskenovaným vzorkem může představovat u velkých databází velmi zdoluhavý proces. V těchto případech jsou vzorky v databázi rozčleněny podle určitých společných rysů, aby systém mohl prohledat menší počet vzorků a snáze našel shodu. Příkladem identifikace je srovnání otisků, které byly nalezeny na místě činu, s otisky, které už jsou v databázi nalezeny, a určení tak identity pachatele. [5]

1.3.3 Verifikace

Verifikace nebo ověření se označuje proces, při kterém se biometrický systém pokouší potvrdit totožnost jedince, který se s ní prokazuje, srovnáním sejmutého vzorku s již dříve zapsaným (tzn. šablonou neboli template). [6]

Od osoby, která má být ověřená, musíme nejdříve ověřovacímu systému předat její identitu, tzn. že například zadá svoje jméno, své heslo nebo se prokáže elektronickou identitou v podobě přístupové karty, čipu nebo také certifikátu. Verifikační systém porovná naskenovaná data s uloženými biometrickými daty u identity, kterou uživatel zadal před ověřením. Systém tedy porovnává pouze jeden vzorek naskenovaných dat s jedním vzorkem v databázi. Výhoda tohoto způsobu je v rychlosti nalezení shody. Tyto systémy bývají často využívány pro kontrolu vstupu a přihlášení do systému. Identita osoby při verifikaci je vždy známá. Jako příklad použití v kriminalistice můžeme uvést ověřování otisků nalezených na místě činu s otisky podezřelého. [5]

1.3.4 Autentizace

Autentizace je proces, při kterém se buď za pomoci verifikační nebo identifikační metody zjistí identita osoby. Při pozitivním ověření identity je autorizované osobě umožněn vstup nebo zpřístupněna nějaká služba.

Při biometrické autentizaci si osoba nemusí pamatovat žádné složité kombinace hesel, které by mohla někomu prozradit nebo zapomenout. Biometrická data, která systémem vyžaduje pro umožnění přístupu, si osoba nosí stále s sebou a nemůže o ně přijít nebo je zapomenout. [6]

1.4 Elektronické biometrické systémy

Stejně jako je tomu u rozpoznávání dvou osob podle určitých rysů, které mozek dokáže dobře rozlišit a zapamatovat si je, také elektronický systém hledá na nasnímaném vzorku určité společné rysy, díky kterým je schopen rozlišit rozdílnost mezi vzorky. Rozdíly, podle nichž je systém schopen rychle identifikovat nebo verifikovat, se nazývají biometrické markanty. Na každém biometrickém vzorku můžeme najít nespočet těchto markantů a každý biometrický identifikátor je má rozdílné. [4]

1.4.1 Normy a standardizace elektronických biometrických systémů

Normy v biometrii jako v každém jiném oboru jsou souborem charakteristických vlastností výrobků nebo systému, které biometrická technologie splňuje. Normy mohou být mezinárodní, národní a podnikové. V biometrii nám určují míru spolehlivosti správné identifikace osoby, bezpečnost systému proti zneužití, ochranu bezpečnosti biometrických dat, ochranu zdraví, a to zejména u snímání oka, formáty biometrických dat a postupy při jejich snímání. [7]

Standard je soubor norem, aby biometrický systém nebyl závislý pouze na zařízení od jednoho výrobce a zajistila se tím větší kompatibilita. Standardizace biometrických technologií i přes existenci mezinárodních standardů v praxi úplně dobře nefunguje. Nemůžeme s jistotou předem vědět, jestli když vyměníme biometrickou technologii, technologie od jiného výrobce bude stoprocentně stejná, systémy budou navzájem kompatibilní a nebude nutný zásah k zajištění kompatibility. Je tomu hlavně proto, že výrobci si stále chrání způsoby ukládání biometrických dat a srovnávací algoritmy jako svoje obchodní tajemství. [4]

1.4.2 Přesnost elektronických biometrických systémů

Teoretický model biometrického systému vždy správně identifikuje nebo verifikuje osobu, které naskenuje biometrická data a správně přiřadí identitu. Bohužel ani elektronické systémy nejsou neomylné. Faktorů ovlivňujících špatné rozpoznání identity je mnoho a mají za následek odmítnutí na základě nerozpoznání oprávněné osoby nebo přijetí osoby a přiřazení jiné identity, kterou osoba ve skutečnosti není. Tyto chyby jsou způsobeny následujícími nejčastějšími příčinami: špatné prvotní vytvoření identity v systému, šum z okolního prostředí, nedostatečná vzdálenost od snímače, nedodržení předepsaných požadavků na snímání, nepřesnost snímače, špatné nastavení celého systému a další faktory. [4]

1.4.2.1 *Pravděpodobnost chybného odmítnutí – FRR (False Rejection Rate)*

Pravděpodobnost chybného odmítnutí je parametr biometrického systému, který udává, kolik procent z celkového počtu pokusů o identifikaci nebo verifikaci bude nesprávně odmítnuto, přestože jde o osobu oprávněnou. Osoba se musí znovu pokusit o prokázání své identity. V rámci komerční bezpečnosti není žádoucí, aby docházelo často k chybnému odmítnutí. Následek toho je, že ze strany oprávněných osob klesá důvěra v biometrický systém. Pokud dojde k chybnému odmítnutí ve státních složkách a kriminalistice, jedná se o velmi závažnou chybu systému. Nevinné osobě biometrický systém způsobí zbytečné potíže se státními bezpečnostními složkami a pachatel na základě chybného odmítnutí může uniknout stíhání nebo zadržení. Chybné odmítnutí nejčastěji nastává vlivem selhání techniky, chybou ve vyhodnocovacím algoritmu a podobně. [4]

$$FRR [\%] = \frac{\text{Počet chybných odmítnutí}}{\text{Počet pokusů oprávněných osob o iden. nebo veri.}} * 100 \quad (1)$$

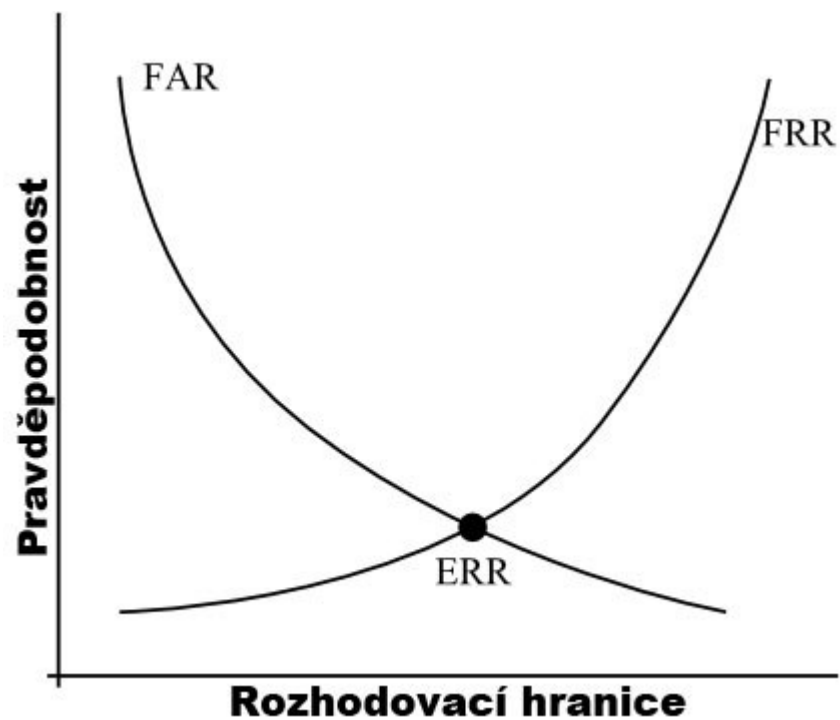
1.4.2.2 *Pravděpodobnost chybného přijetí – FAR (False Acceptance Rate)*

Pravděpodobnost chybného přijetí je přesným opakem chybného odmítnutí. Chybné přijetí je jak v komerční, tak státní sféře velmi závažnou chybou. Do střežené oblasti se dostane osoba, která nemá mít vstup povolen. Může se jednat jak o úmyslné, tak také i o neúmyslné chybné přijetí. V takovém případě se musí zpřísnit parametry biometrického systému. Pachatelé se snaží nedokonalosti systému proti chybnému přijetí využít a získat takto přístup do chráněné oblasti. Systém by měl být dostatečně odolný vůči tomuto chování a patřičně reagovat na pokus o úmyslný neoprávněný vstup. Špatně nalezená identity v kriminalistice znamená velmi závažnou chybu. Na základě chybné identifikace se bude pátrat po nesprávné osobě. [4]

$$FAR [\%] = \frac{\text{Počet chybných přijetí}}{\text{Počet pokusů neoprávněných osob o iden. nebo veri.}} * 100 \quad (2)$$

1.4.2.3 *Stejná míra chyb – EER (Equal Error Rate)*

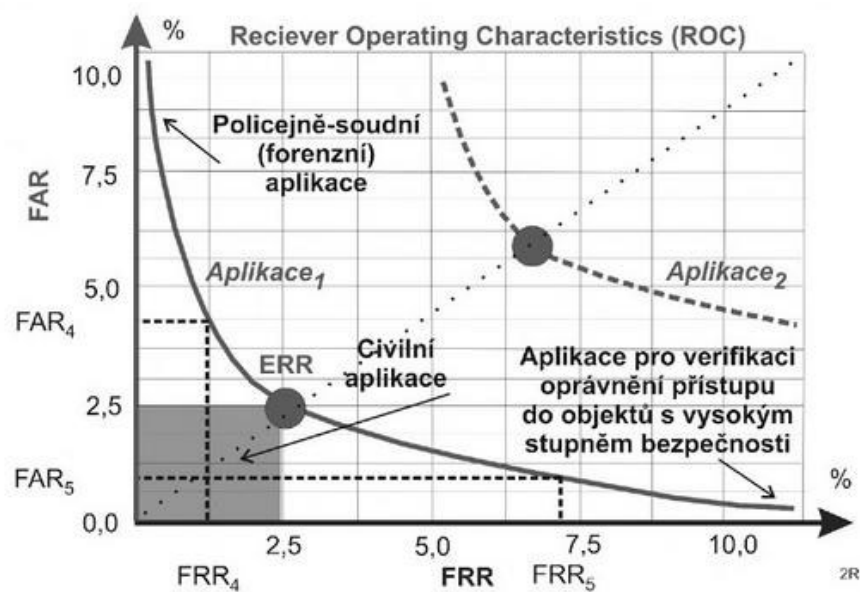
Míru vyrovnání chyby nelze přesně určit. Je to stav, kdy míra FRR a FAR mají stejný počet chybných přijetí a odmítnutí. Reálný průběh křivek je mnohem dynamičtější. Během nastavování systému musí být rozhodnuto o požadavcích na chybné odmítnutí nebo chybné přijetí. Záleží na prostředí a způsobu aplikace, ve kterém se biometrický systém nachází, a co má chránit. Čím blíže je bod EER k ose „Rozhodovací hranice“, o to je systém přesnější. [4]



Obr. 1: Reálná biometrická aplikace [8]

1.4.2.4 Provozní křivka přijetí – ROC (Receiver Operating Characteristics)

Provozní křivka přijetí je výslednice křivek FAR a FRR. Křivka ROC nám objektivně ukazuje kvalitu biometrické technologie a z ROC křivky můžeme odhadnout chování systému při změně konfigurace. [4]



Obr. 2: ROC křivka [4]

2 DRUHY BIOMETRICKÝCH IDENTIFIKACÍ

Nejběžnější rozdělení typů biometrické identifikace je na anatomické a behaviorální rysy.

Identifikace podle anatomických rysů:

- Oční duhovka;
- Oční sítnice;
- DNA;
- Pach lidského těla;
- Krevní řečiště v ruce a obličeji;
- Daktyloskopie;
- Termogram obličeje;
- Dentální obraz;
- Obsah soli v lidském těle;
- Rozpoznání obličeje;
- Tvar ušních boltců;
- Tělesné proporce a váha;
- Geometrie lidské ruky.

Identifikace podle behaviorálních rysů

- Hlas a řeč;
- Dynamika ručního podpisu;
- Dynamika psaní na klávesnici;
- Mimika obličeje a pohyb rtů;
- Chůze. [5]

Výpis behaviorálních a anatomických rysů je zde uvedený proto, abych ukázal, o jak široké téma se jedná. Některé z biometrických systémů, které se běžně používají v komerční bezpečnosti jak při identifikaci za účelem vstupu, tak i při hledání podezřelých osob, jsou popsány níže.

Tab. 1: Výskyt nejčastěji používaných biometrických systémů [9]

Zkoumaný biometrický údaj	Výskyt
Dynamické snímání podpisu	5%
Rozpoznávání hlasu	6%
Rozpoznávání obličeje	11%
Rozpoznávání duhovky	15%
Geometrie ruky	27%
Snímání otisků prstů	36%

2.1 Biometrie ruky

Na ruce máme hned několik biometrických identifikátorů, které můžeme zkoumat. Je to také jedna z prvních částí lidského těla, která byla zkoumána pro identifikaci člověka.

Nejznámější a nejstarší je otisk prstů nebo dlaně. Obor zabývající se otisky prstů a dlaní se nazývá daktyloskopie. Už více jak sto let se využívá v kriminalistice při identifikaci pachatele. Aniž bychom chtěli, zanecháváme otisky prakticky na každém povrchu, kterého se dotkneme holou rukou. Otisk je vlastně negativní obrazec struktury naší kůže na dlani, případně šlapky na noze. Struktura otisku kůže je vytvořena papilárními liniemi, jimiž jsou vyvýšené reliéfy a prohlubně kůže. Každý člověk na světě má tyto papilární linie jedinečné. Ani jednovaječná dvojčata nemají stejné otisky prstů. Každý prst má jiný otisk. Papilární struktury zůstávají během celého života stejné, a to i posmrtně, dokud nedojde k rozkladu kůže. Otisk prstů je jeden z biometrických údajů elektronického pasu. [3]

Nejnovější technologie biometrie ruky je založena na rozpoznání žil ruky. Krevní řečiště se zkoumá jak na celém hřbetu ruky nebo dlaně, tak i jen na prstech. Protože za běžného světla nejsme schopni vidět skrz pokožku řečiště žil, musí se pokožka dostatečně prosvítit infračerveným světlem. To projde skrz pokožku bez jejího poškození a díky červenému barvivu v krvi (hemoglobinu), které reaguje jinak na vlnovou délku infračerveného světla než okolní tkáň, je skener schopný rozpoznat, kudy vedou žíly. Na rozdíl od všech ostatních technologií, které zkoumají biometrii ruky, má krevní řečiště výhodu v tom, že pomocí této technologie

lze rozpoznat, zda zkoumaná ruka je stále živá. Tato vlastnost velmi znesnadňuje zfalšování identity. [5]

Na každém zdravém prstu máme nehtové lůžko, ze kterého roste nehet. Podobně jako papírní linie na kůži prstu se také při růstu nehtu vytváří struktury vyvýšenin a prohlubní kopírující tvar lůžka. Pokud bychom se podívali na nehet dostatečně z blízka, viděli bychom strukturu, která má různé velké mezery, podobně jak je tomu u čárového kódu. Při správném úhlu nasvícení jsme schopni na základě fázových změn při odrazu od nehtu rozpoznat jeho strukturu. Tato technologie je náchylná na podvrhy. Jakýkoliv kosmetický zásah na nehtu naruší strukturu vytvořenou nehtovým lůžkem. [9]

Geometrií ruky se budu podrobně zabývat v samostatné části této práce.

2.2 Biometrie hlavy

Na hlavě máme hned několik biometrických identifikátorů, stejně jako je tomu na ruce.

Oko má hned dvě zkoumané biometrické charakteristiky, oční sítnici a oční duhovku. Skenování sítnice je na stejném principu jako skenování řečiště ruky. Sleduje se struktura žil v oku. Pro uživatele není skenování moc příjemný proces. Oko musí být pár centimetrů od snímače, musí se dívat na jeden bod a musí se do oka svítit světlem, aby se mohl vytvořit snímek struktury žil v oku. Skenování oční duhovky je na rozdíl od sítnice velmi komfortní metodou s velmi vysokou spolehlivostí. Běžně stačí k identifikaci pohled do kamery z několika metrů bez žádného svícení do oka a dalších nepříjemností. Duhovka je také jako jeden z biometrických údajů v elektronickém pasu. [5]

Pro člověka je rozpoznávání obličeje nejpřirozenější způsob identifikace osob. Nepotřebujeme k identifikaci žádnou technologii, ani nemusíme znát žádnou z metod a analytických postupů, jak identifikovat osobu. Identifikování podle obličeje děláme naprosto přirozeně. S modernizováním městské infrastruktury jsou velmi často instalovány kamerové systémy. Ty můžeme najít na všech veřejně významných místech, kde potřebujeme kontrolovat pohyb osob, případně jejich identifikaci pro zajištění bezpečnosti. S masivním rozšířením všudypřítomných kamer se elektronické rozpoznání obličeje stalo jedním z nejdůležitějších a nejrychleji se rozvíjejících odvětví biometrické identifikace. [5] Specializované softwary spolu s kamerami dokáží automaticky porovnávat obličeje s databází hledaných osob a přispívají k jejich dopadení. Počítačové systémy jsou v dnešní době spolehlivější a dokáží porovnávat obrovské množství dat, které by nebylo v lidských silách zpracovat. [9]

Méně rozšířené je rozpoznávání podle pohybu rtů a tvaru ušního boltce ucha. [5]

2.3 Behaviorální a další biometrie

Na rozdíl od anatomických rysů můžeme behaviorální rysy úmyslně nebo neúmyslně ovlivňovat. Nejsou tak časově stálé, velmi záleží na naší náladě, zdravotních potížích, ale také třeba i běžné únavě. Chůze může být velmi ovlivněna oblečením, zraněním a také změnou naší vlastní hmotnosti nebo hmotnosti přenášeného břemene. Nejedná se tedy o příliš spolehlivou metodu ověření identity, jak bychom se mohli na základě poznatků z filmů domnívat.

Chemické složení našeho potu, které vytváří náš specifický pach, se v kriminalistice využívá za pomoci speciálně vycvičených zvířat pro stopování podezřelých nebo jako nepřímé důkazy při identifikaci.

Naše DNA neboli kyselina deoxyribonukleová je obsažena v jádře každé buňky. Například v kůži, vlasech, krvi, orgánech, a dokonce i tekutinách, kterých se tělo zbavuje, jako jsou moč, pot a další. Celých 99,7 procenta DNA mají všichni lidé stejné a pouze 0,3 procenta se u každého jedince liší. Identifikace pomocí DNA je v oblasti komerční bezpečnosti obtížně využitelná. Jednak lidé nejsou ochotni odevzdávat část ze svého těla, i když se jedná třeba o kousek vlasu, šupinky kůže nebo slin, ale stále je značně náročná procedura vyhodnocení DNA. [5]

3 ANATOMIE LIDSKÉ RUKY

Hmat je jeden z pěti lidských smyslů. Hmatové vjemy na rozdíl od ostatních smyslů vnímáme celým povrchem těla. Hmat zahrnuje vnímání chladu, tepla, vpichu, vibrací, polohy těla a tlaku. Hmatové receptory jsou nerovnoměrně rozmístěny v kůži. Největší hustotu hmatových receptorů máme na konečcích prstů ruky a na jazyku. Nejméně na zádech. Při větší hustotě receptorů v kůži rozeznáme více detailů na povrchu předmětu, kterého se dotýkáme. [11]

3.1 Lidská ruka

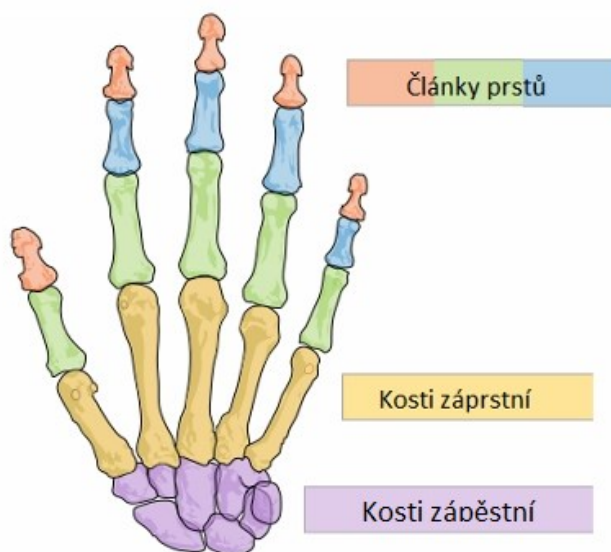
Před čtyřmi miliony let, kdy australopitéci, předchůdci nás, homo sapiens, začali chodit po zemi vzpřímeně pouze na dvou končetinách a přední končetiny ztratily svůj původní význam, započal evoluční vývoj lidské ruky. Lidská ruka je v přírodě unikátní. Oproti primátům máme výrazně menší poměr mezi délkou palce a ostatními prsty a také jinou polohu kloubu palce. Palec kvůli změně polohy má větší flexibilitu. Díky těmto rozdílům můžeme lépe uchopit předměty a jemněji s nimi manipulovat. [12]

3.1.1 Kostí lidské ruky a klouby

Kosti jsou v lidském těle druhým nejtvrdějším materiálem hned po zubní sklovině na zubech. Stehenní kost je dokonce tvrdší než běžný beton. Z kostí je sestavena nosná konstrukce, na které jsou upnuty šlachy a svaly. Lidská ruka je sestavena celkem z 29 kostí a stejného počtu kloubů. [12]

Kosti v lidské ruce můžeme rozdělit do tří skupin:

- Články prstů – skupina čtrnácti kostí;
- Kosti záprstní – skupina pěti kostí;
- Kosti zápěstní – skupina osmi kostí.



Obr. 3: Kosti v lidské ruce [13]

I kdyby se mohlo na první pohled zdát, že v zápěstí jsme schopni rotovat se zbytkem ruky ve všech směrech, jeho flexibilita to nedovoluje. Pohyb je možný pouze nahoru/dolů a zleva/doprava. Zbytek rotace ruky je díky mírné rotaci kostí v předloktí. Jedinou ze záprstních kostí, kterou dokážeme hýbat, je záprstní kost palce. S články prstů dokážeme hýbat pouze ve směru směrem k sevření do dlaně. Mohutnost a délka kostí ruky nám z velké části určuje celkovou podobu ruky. Toto nám může sloužit při identifikaci pomocí geometrie ruky. [14]

3.1.2 Šlachy

V ruce máme 123 šlach. Šlacha je druh vaziva, pomocí kterého je sval napojený na kost nebo na kloubní pouzdro. Šlachy nejsou tak intenzivně prokrvované jako svaly, proto je můžeme na některých místech na ruce vidět přes kůži, protože mají světlou barvu. Šlacha má velkou pevnost. Šlacha o průřezu 1mm^2 unese 6 až 10 kg. [14]

3.1.3 Svaly

Za pomoci svalů, které svojí vůlí dokážeme ovládat, můžeme pohybovat s celou rukou nebo jen s některým z prstů. Na kostře ruky máme celkem 35 velmi silných svalů. [14]

3.1.4 Nervy

Nervy slouží k obousměrné komunikaci organismu s mozkem. V ruce máme celkem 48 nervů. Právě přes nerv mozek předá informaci, které svaly se mají smrštit, aby byl vykonaný pohyb, který naší vůlí chceme vykonat. Na konečcích prstů máme největší hustotu hmatových receptorů a vzruchy z těchto receptorů se přenášejí za pomoci nervů.

Ovládání ruky není pro mozek vůbec jednoduchá úloha. Celých 25 procent z celkové motorické schopnosti mozku je vynakládáno na pohyb ruky. [14]

3.1.5 Kůže

Kůže slouží jako ochrana všech kostí, šlach, nervů a svalů. V kůži jsou zakončeny receptory na hmat. Kůže obsahuje hned dva biometrické identifikátory, a to jednak nehtové lůžko, jednak také papilární linie na polštářcích prstů a dlaně. [14]

4 BIOMETRICKÝ SNÍMAČ GEOMETRIE RUKY

Biometrické snímače geometrie ruky byly jako první technologie na snímání biometrických vlastností člověka použity pro komerční účely. Na počátku 70. let minulého století byl snímač geometrie ruky instalovaný jako součást docházkového systému ve firmě Wall Street Investments. První snímač byl založený na principu mechanického měření. Snímače byly hojně instalovány pro kontrolu vstupu v energetických podnicích a národních agenturách v USA. Snímače geometrie ruky jsou využívány ve všech fungujících jaderných elektrárnách v USA a také i v našich jaderných elektrárnách v Dukovanech a Temelíně. Uživatelé jsou snímače geometrie ruky daleko lépe přijímány, než je tomu u jiných biometrických metod, jako jsou oční duhovka, sítnice nebo otisky prstů. Tato metoda je založená na rozměrech dlaně a prstů. Rozměry ruky se u zdravého člověka s časem nemění. Každý má trochu jiný tvar ruky, délku, šířku a také výšku. Podle typu snímání můžeme přístroje rozdělit na snímání pouze nad přiloženou rukou nebo se ke snímané ruce z vrchu zkoumá ještě boční pohled na ruku. Při zkoumání ze strany se zjišťuje výška prstů a dlaně. [4]

4.1 Princip biometrického snímače geometrie ruky

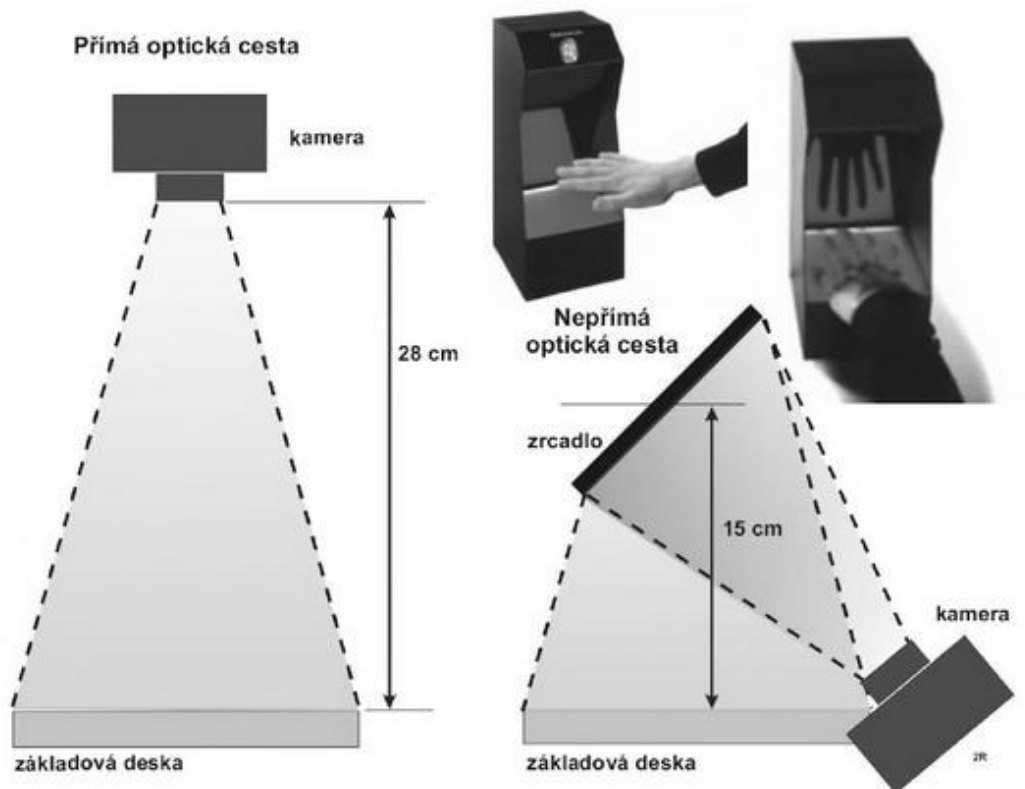
V polovině 70. let minulého století byly první CCD snímače schopny zaznamenávat v televizní kvalitě 640 x 480 obrazových bodů. Pro skenování obrysu ruky to byla dostatečná kvalita, a proto si našly CCD snímače velmi rychle cestu i ke geometrii ruky. Velmi rychle se přešlo od mechanického měření k měření za pomoci digitální fotografie ruky. Měření rozměrů z digitálních snímků není vlastně nic složitějšího. Protože se přesně ví, jak je kamera vzdálená od podložky, hledá se pouze změna barvy obrazových bodů na nasnímané fotografii.

Z nasnímaného vzorku se u moderních snímačů zkoumají rozměry na stovkách míst, nejpodrobněji však délka a šířka všech prstů ruky. Na každém prstu může jít až o desítky naměřených rozměrů. Rozměry dlaně se do takové podrobnosti jako prsty nezkoumají. Na dlani se může jednat o jednotky měření. Měří se šířka a délka dlaně. [15]

4.1.1 Kamera snímající ruku

U snímání ruky nepotřebujeme mít moc podrobnou fotografii, jako je tomu například u otisku prstu nebo oční duhovky. Sleduje se pouze obrys ruky dlaně a prstů na podložce. Bohatě postačí míra detailů snímku od 120 DPI. Jeden obrazový bod při rozlišení 120DPI reprezentuje na podložce 0,2 milimetry. Biometrická data proto mají v průměru pouze 9

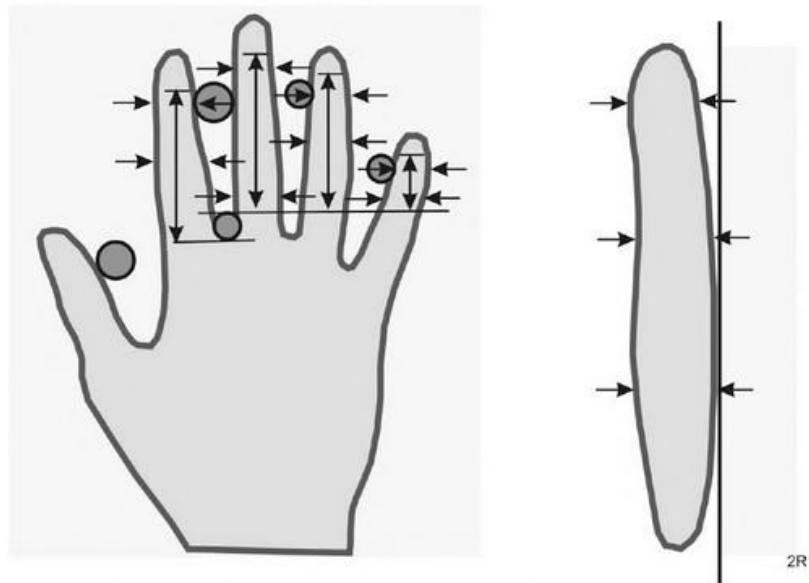
bytů, což je velká výhoda při porovnávání naskenovaného vzorku se vzorky, které má zařízení ve své databázi. Barevná kamera snímající ruku nepřináší žádné výhody. Odstín pokožky nehraje při vyhodnocování žádnou roli. Protože kamery mají určitou minimální vzdálenost, aby snímáný objekt byl ostrý, je nutné, aby objektiv kamery byl od ruky vzdálen 28 centimetrů. Na obrázku číslo čtyři je toto znázorněno jako „přímá optická cesta“. Minimální vzdálenost je hlavním důvodem toho, proč jsou zařízení poměrně velká. Ke zmenšení zařízení se využívá bočního umístění kamery a zrcadel. Na obrázku číslo čtyři je toto znázorněno jako „nepřímá optická cesta“. Zrcadla se také využívají pro skenování ruky z boku. Naskenování ruky i z boční strany přinese více údajů, které se mohou zkoumat, a také větší míru přesnosti. [4]



Obr. 4: Pozice kamery a podložky [4]

4.1.2 Skenovaná podložka

Na podložce, kam přikládáme ruku k naskenování, se nacházejí kolíčky (Obr. 5), které nám slouží k tomu, abychom ruku přikládali ve stejné pozici, tedy ke zpřesnění při měření.



Obr. 5: Podložka s polohovacími kuličky [4]

4.2 Hlavní výhody a nevýhody

Biometrické snímače ruky se spíše doporučují pro verifikaci

- Velmi dobrá akceptovatelnost uživateli;
- V jednom zařízení může být kombinace několika různých technologií (geometrie ruky, otisk prstů i krevní řečiště);
- Jednoduchost zařízení;
- V kombinaci se skenováním krevního řečiště dokáže rozpoznat, jestli je tkáň na rozdíl od otisku prstů stále živá;
- Okolní prostředí (prašnost, vlhkost, teplota) neovlivní měření;
- Lidé, kteří hodně pracují rukama, mají méně výrazné papilární linie, a jsou tak hůře rozpoznatelné pro snímače otisku prstů;
- Kvůli akceptování změn rozměrů ruky, kterým ruce přirozeně podléhají, musí zařízení naměřené hodnoty průměrovat a tím se snižuje přesnost. [4]

4.3 Porovnání geometrického snímače ruky s jinými biometrickými metodami snímání ruky

V následující tabulce můžeme přehledně vidět rozdíly mezi jednotlivými biometrickým technologiemi ruky.

- FAR – pravděpodobnost chybného přijetí;
- FRR – pravděpodobnost chybného odmítnutí;
- Náklady na zařízení – náklady spojené s pořízením zařízení;
- Rozměry zařízení – obvyklé rozměry zařízení;
- Velikost dat – velikost uložených vzorků v systému;
- Přesnost – přesnost systému, zejména správného přijetí a odmítnutí;
- Přijatelnost – ochota uživatelů využívat biometrický systém;
- Odolnost – odolnost zařízení proti podvržení identity.

Tab. 2: Porovnání biometrických systémů ruky [16]

Zkoumané vlastnosti	Geometrie ruky	Otisk prstu	Krevní řečiště ruky
FAR [%]	2	2	0,00008
FRR [%]	0,1	2	0,01
Náklady na zařízení	střední	nízká	střední
Rozměry [cm] (ŠxVxH)	30 x 30 x 50	5 x 5 x 1	20 x 20 x 10
Velikost dat [byte]	9	250-1000	515
Přesnost	střední	střední	vysoká
Přijatelnost	vysoká	střední	střední
Odolnost	střední až vysoká	nízká	vysoká

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POROVNÁNÍ RŮZNÝCH BIOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ RUKY

Tato kapitola bakalářské práce je zaměřena na aktuální situaci biometrických snímačů ruky. Budu se zabývat třemi různými biometriemi: otiskem prstu, krevním řečištěm a geometrií ruky.

5.1 iEvo Ultimate



Obr. 6: iEvo Ultimate [17]

iEvo Ultimate je zařízení od anglické společnosti, která se zaměřuje pouze na rozpoznávání otisků prstů. Jedná se o velmi kvalitní čtečku, jež si poradí i s velmi znečištěnými prsty mastnotou, vodou, dokonce i s prstem v tenké igelitové rukavici. Zařízení využívá ke snímání otisků multispektrální snímač. Při snímání otisků tímto snímačem jsou prosvíceny vrchní vrstvy kůže, a zařízení tak může rozpoznat více detailů, podle kterých se uskuteční identifikace. S multispektrálním senzorem jsou správně přijati i lidé, kteří mají přirozeně nevýrazné papilární linie, a proto bývali často odmítáni běžnou technologií čtečky otisku prstů. Protože tento sensor používá různé vlnové délky světla, díky čemuž prosvítí částečně kůži, dokáže rozpoznat živost tkáně. Kromě otisku prstů podporuje také Wiegand, který slouží ke zvýšení zabezpečení, protože uživatel se musí prokázat vlastnictvím Wiegand a následně ještě otiskem prstů. Samozřejmě lze využít i pouze Wiegand bez nutnosti biometrických dat.

Zařízení je spravované přes software od výrobce a s počítačem, na kterém je software na správu iEvo Ultimate nainstalovaný, je propojené přes klasické UTP. Jedná se o velmi jednoduchý program, který má pouze několik parametrů k nastavení: ID, jméno, příjmení, skupina, číslo karty, platnost od/do, Wiegand. [18]

Tab. 3: Technické specifikace iEvo Ultimate [17]

Parametr	Popis
Napájecí napětí	Z řídicí jednotky
Proudový odběr [mA]	600
Výstup	RJ-45 systémové rozhraní pro připojení k řídicí jednotce (vyžadována kabeláž cat. 6)
FAR [%] (False Acceptance Rate)	<0,00001
FRR [%] (False Reject Rate)	<0,1
Provozní teplota [°C]	-20 až +70
Max. počet uživatelů	10000
Senzor otisku prstu	Multispektrální
Maximální počet otisků prstů	10000
Stupeň krytí	IP65
Rozměry [mm] (ŠxVxH)	76 * 137 * 93
Cena software [Kč]	Zdarma v ceně zařízení
Cena licence na 1000 identit [Kč]	Zdarma v ceně zařízení
Cena [Kč]	54 000

Nevýhody iEvo Ultimate:

- vysoká významnost biometrických dat, mají využití i mimo biometrický systém organizace;
- možné zdravotní riziko, možné zhoršení průběhu nemoci při lupence, ekzémech a dalších druhů onemocnění kůže;
- některé náboženství nebo státy, zakazují snímání a manipulaci s otisky prstů.

Výhody iEvo Ultimate:

- Vhodné pro verifikaci i identifikaci;
- vysoká přesnost;
- uživatelsky dobře přijímána. [18]

5.2 SAFRAN MORPHO MA VP-DUAL



Obr. 7: MA VP-DUAL [19]

Zařízení MA VP-DUAL je od francouzského výrobce SAFRAN Morpho. Tato firma je světovým lídrem v oblasti biometrie. Byli první, kteří spojili dvě biometrické technologie do jednoho zařízení. Technologie na snímání otisku prstu a na krevní řečiště. Ověření oběma druhy snímání probíhá ve stejnou dobu. Jak už bylo řečeno v zařízení jsou dvě biometrické technologie. Obě dvě využívají optoelektronického senzoru. Na přesně vymezené místo se do zařízení při měření vloží prostředníček. Je to mu tak proto, že tento prst je dostatečně dlouhý a silný, a proto má dobře detekovatelné žíly. MA VP-DUAL je díky spojení otisku prstu a krevního řečiště mnohem přesnější než kterýkoliv biometrický systém, který je založený pouze na jedné biometrické charakteristice.

Ke čtečce se musí dokoupit software pro správu: MorphoManager. Pomocí softwaru se editují identity uživatelů a přidávají jejich otisky a obrazy krevního řečiště. Dále můžeme přiřazovat práva uživatelům, přiřazovat je jednotlivým čtečkám MA VP-DUAL a kontrolovat, tak pohyb osob po organizaci. [19]

Tab. 4: Technické specifikace MA VP-DUAL [19]

Parametr	Popis
Napájecí napětí	10-14V DC
Proudový odběr [mA]	1000
Výstup	Wiegand, Clock&Data, USB, RS-485, Ethernet, Relé
FAR [%] (False Acceptance Rate)	<0,000001
FRR [%] (False Reject Rate)	< 0,001
Provozní teplota [°C]	-10 až +50
Max. počet uživatelů	10000
Senzor otisku prstu a krevního řeč.	Optoelektronický
Maximální počet otisků prstů	10000
Stupeň krytí	IP65
Rozměry [mm] (ŠxVxH)	90 * 160 *125
Cena software [Kč]	5500
Cena licence na 1000 identit [Kč]	2 500
Cena [Kč]	51 300

Nevýhody MA VP-DUAL:

- vysoká významnost biometrických dat, mají využití i mimo biometrický systém organizace;
- možné zdravotní riziko, možné zhoršení průběhu nemoci při lupence, ekzémeh a dalších druhů onemocnění kůže;
- některé náboženství nebo státy, zakazují snímání a manipulaci s otisky prstů;
- identita osoby se zakrváceným nebo zraněným prstem nebude ověřena.

Výhody MA VP-DUAL:

- Vhodné pro verifikaci i identifikaci;
- Velmi vysoká přesnost, z důvodu měření dvou biometrických charakteristik;
- uživatelsky dobře přijímána;
- obrovská množství rozšiřující modulů. [19]

5.3 SCHLAGE HP-1000

Biometrická charakteristika zařízení HP-1000, je jako jediné z těchto tří porovnávaných zařízení v této kapitole, založena na geometrii ruky. Představuje, tak zástupce nejstaršího biometrického systému. Zařízení na měření geometrie ruky jsou nejrozšířenějším biometrickým systémem v průmyslových podmínkách. Ještě před pár lety, ostatní biometrické systémy, nedokázaly spolehlivě ověřit identitu osoby ve stejných podmínkách, jako zařízení verifikující podle geometrie ruky. Geometrie ruky, tak měla dominantní postavení na trhu trvající přes čtyřicet let. Tyto zařízení dokázaly spolehlivě ověřit identitu v prostředích s vysokou prašností, vlhkostí i dokonce při vysokém znečištění ruky kapalinou nebo špínou.



Obr. 8: SCHLAGE HP-1000 [20]

Princip snímání byl popsán ve čtvrté kapitole. HP-1000 dokáže fungovat samostatně bez žádného centrálního řízení ale také i ve skupině s centrálním řízením identit. Uživatele můžeme zadávat přímo prostřednictvím zařízení nebo centralizovaně a přiřazovat uživatelům potřebná oprávnění. [21]

Tab. 5: Technické specifikace HP-1000 [21]

Parametr	Popis
Napájení	12-24 V, 50–60 Hz, 7 W
FAR [%] (False Acceptance Rate)	<2
FRR [%] (False Reject Rate)	<0,1
Provozní teplota [°C]	-10 až +60
Obrazovka [palec]	8, kapacitní IPS displej s HD (1280 * 800) rozlišení
Externí porty	RS-232, modem
Sensor geometrie ruky	Optický
Stupeň krytí	IP65
Rychlost ověření	1 sekunda nebo méně
Počet vzorků	50–512
Externí porty	RS-232, modem
Rozměry [mm] (ŠxVxH)	223 * 296 * 217
Cena software [Kč]	Zdarma v ceně zařízení
Cena licence na 1000 identit [Kč]	19 700
Cena [Kč]	19 700

Nevýhody HP-1000:

- Vhodné pouze pro verifikaci,
- Velmi výrazná nižší přesnost v porovnání s MA VP-DUAL a iEvo Ultimate.

Výhody HP-1000:

- Nehrozí žádná zdravotní rizika,
- Nízká významnost biometrických dat, nemají prakticky žádné využití mimo biometrický systém v organizaci,
- uživatelsky velmi dobře přijímána,
- velká šance na pozitivní verifikaci při velmi znečištěných nebo pořezaných rukách. [21]

5.4 Vzájemné porovnání výhod a nevýhod zařízení

Aby mělo porovnání nějaký smysl, určil jsem si společné požadavky, které musí splňovat všechna tři zařízení. Musí zkoumat některou z biometrických vlastností ruky a musí být schopna rozpoznat biometrické vlastnosti i mírně zašpiněných rukou, aby bylo zařízení použitelné i v běžných podmínkách průmyslového provozu.

Tab. 6: Vyhodnocení porovnání různých bio. snímačů ruky

Popis	iEvo Ultimate	MA VP-DUAL	HP-1000
FAR [%]	<0,00001	<0,000001	<2
FRR [%]	<0,1	<0,001	<0,1
Rychlost verifikace[s]	<2	<3	<1
Max. počet uživatelů	Až 10 000	Až 10 000	520 až 32 000
Cena pro 1000 uživatelů [Kč]	54 000	53 800	39 400
Uživatelská přijatelnost	Střední	Střední	Vysoká
Přesnost	Vysoká	Velmi vysoká	Střední
Identifikace	Ano	Ano	Ne
Verifikace	Ano	Ano	Ano
Zdravotní rizika	Ano	Ano	Ne
Význ. bio. dat	Vysoká	Vysoká	Nízká
Verifikace při poraněné, zakrvácené ruce/prstu?	NE	Ne	Ano

Všechna tři zařízení mají svoje specifické a nenahraditelné možnosti. Každé se hodí pro použití v jiných pracovních režimech. Záleží na okolním pracovním prostředí, ale také účelu zařízení, jestli slouží jen pro docházkový systém nebo i pro kontrolu vstupu. Velmi významnou roli celkové ceny biometrického systému určuje počet instalovaných zařízení, externích modulů a počet uživatelů. Z těchto důvodů nelze přesně určit, které zařízení je lepší než ostatní. Všechna zařízení mají velké možnosti rozšiřujících modulů, tak aby byla zajištěna co největší míra kompatibility a vedla k zjednodušení správy a řízení organizace.

6 LABORATORNÍ ÚLOHA ZAMĚŘENÁ NA MĚŘENÍ GEOMETRIE RUKY

Laboratorní práce má ověřit možnost ruční verifikace identity podle geometrie ruky z fotografie bez speciálního zařízení na snímání geometrie ruky.

6.1 Návrh laboratorní úlohy

Teoretická část:

- 1) Vysvětlíte princip vytváření hladin pro měření, která budou sloužit pro měření hodnot z fotografie.

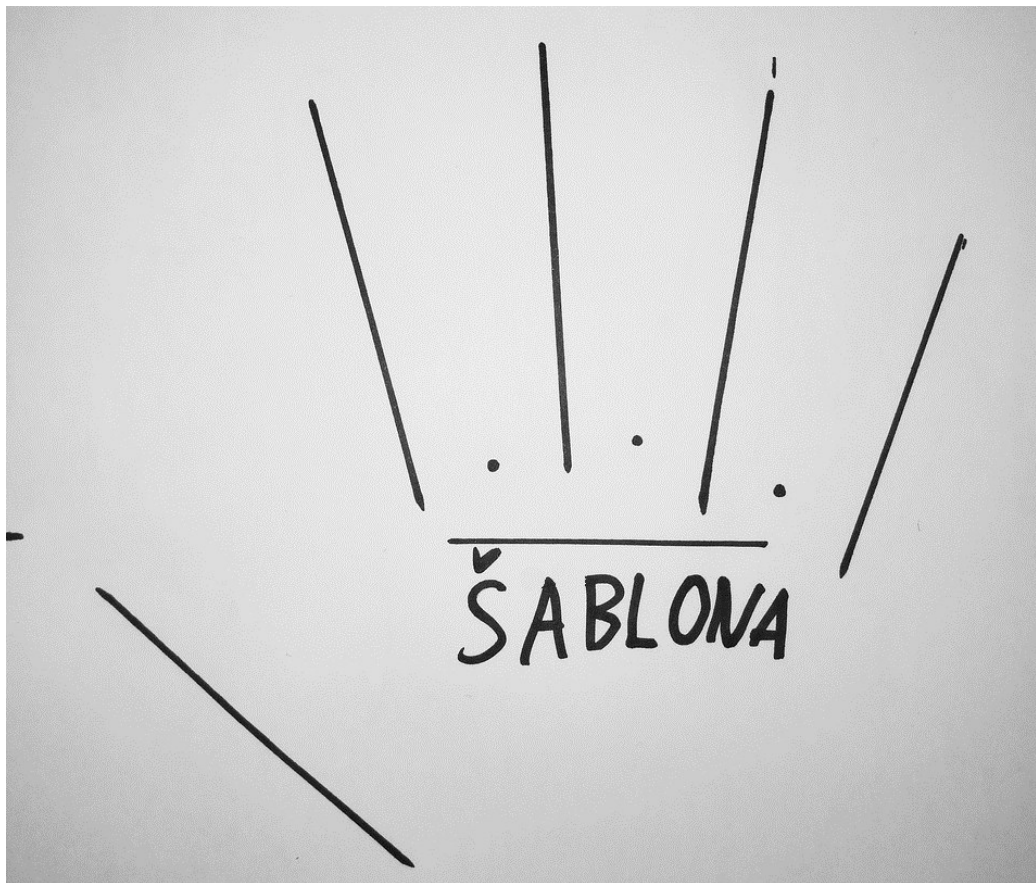
Praktická část:

- 1) Navrhněte algoritmus pro zjištění geometrických dat.
- 2) Navrhněte algoritmus pro verifikaci dat v databázi a naměřených.
- 3) Změřte geometrické rozměry ruky z fotografie lidské ruky.
- 4) V tabulce porovnejte naměřená data s daty z databáze a verifikujte identitu

6.2 Vypracování laboratorní úlohy

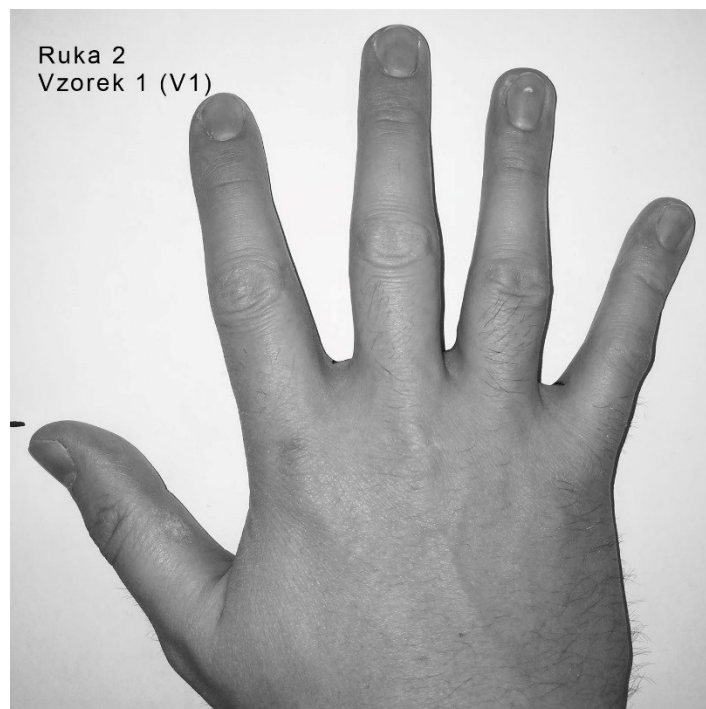
6.2.1 Vysvětlení princip vytváření hladin pro měření

K tomu, abychom měli naměřené údaje o rozměrech ruky stále stejné, je potřeba stanovit určitá pravidla pro umístování ruky a určení míst měření. Ruka je pořád snímána ze stejné pozice a přikládá se na podložku, která vymezuje prostor pro měření a pozici prstů na podložce.



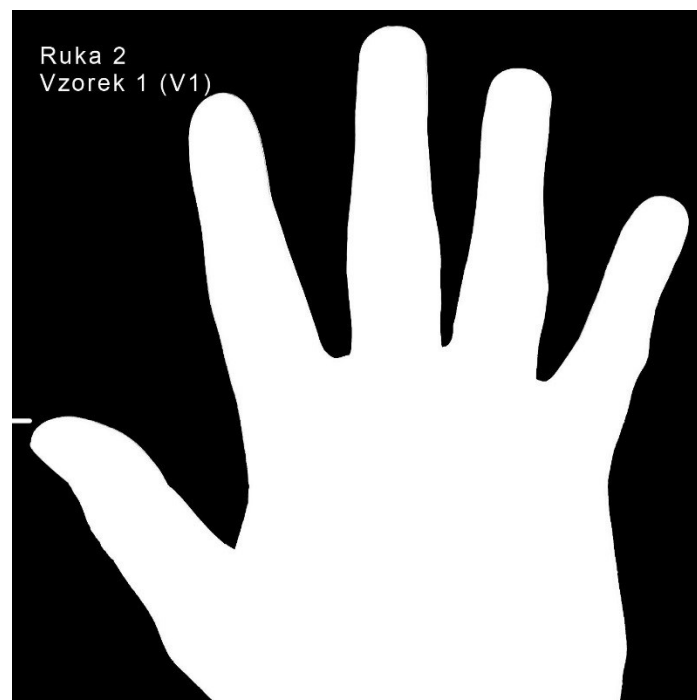
Obr. 9: Šablona pro umístění ruky na podložce při focení ruky (vlastní tvorba)

Ze snímku potřebujeme získat obrys ruky. K tomu nám dobře poslouží grafický editor GIMP. Pro extrahování obrysu použijeme automatický výřez. Program automaticky vyřízne z fotografie objekty, které mají stejnou nebo podobnou barvu. Protože je ruka v kontrastu s bílou podložkou, program nám ve většině případů bezchybně vytvoří obrys ruky.



Obr. 10: Fotografie ruky (vlastní tvorba)

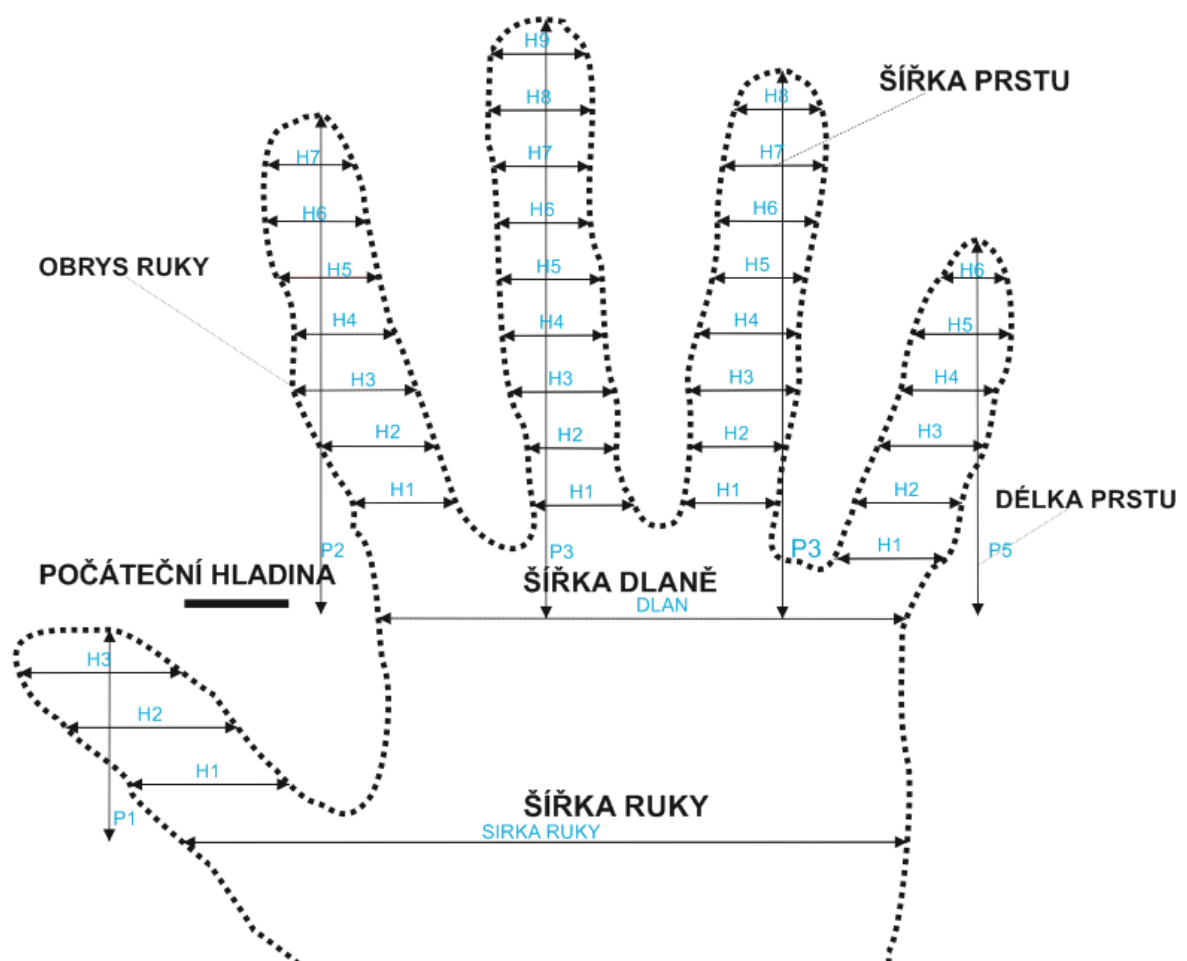
Po tomto kroku vytvoříme z obrysu negativ. Tato operace zajistí stabilní výsledek v dalších krocích.



Obr. 11: negativ (Obr. 10) (vlastní tvorba)

Negativ nasnímané ruky naimportujeme do vektorového programu CorelDRAW, ve kterém tento obrázek (Obr. 11) převedeme do vektorového formátu. Po tomto kroku budeme dále pokračovat v programu CorelDRAW.

Hladiny na snímku vytváříme z toho důvodu, abychom věděli, na jakých místech máme zjišťovat naměřenou vzdálenost. Vytváření hladin začíná pokaždé ze stejného bodu, a to z „Počáteční hladina“. Hladiny jsou vodorovné přes celý snímek, vzdálenost mezi nimi je jeden centimetr. Pro přehlednost je zde uveden vzorový obrys ruky, se znázorněnými hladinami. Každá vymezená část z hladiny začíná a končí obrysem ruky, a to opakovaně.



Obr. 12: Vzorové umístění hladin pro měření rozměrů ruky (vlastní tvorba)

Význam hladiny, způsob vytváření hladin a měření hladin:

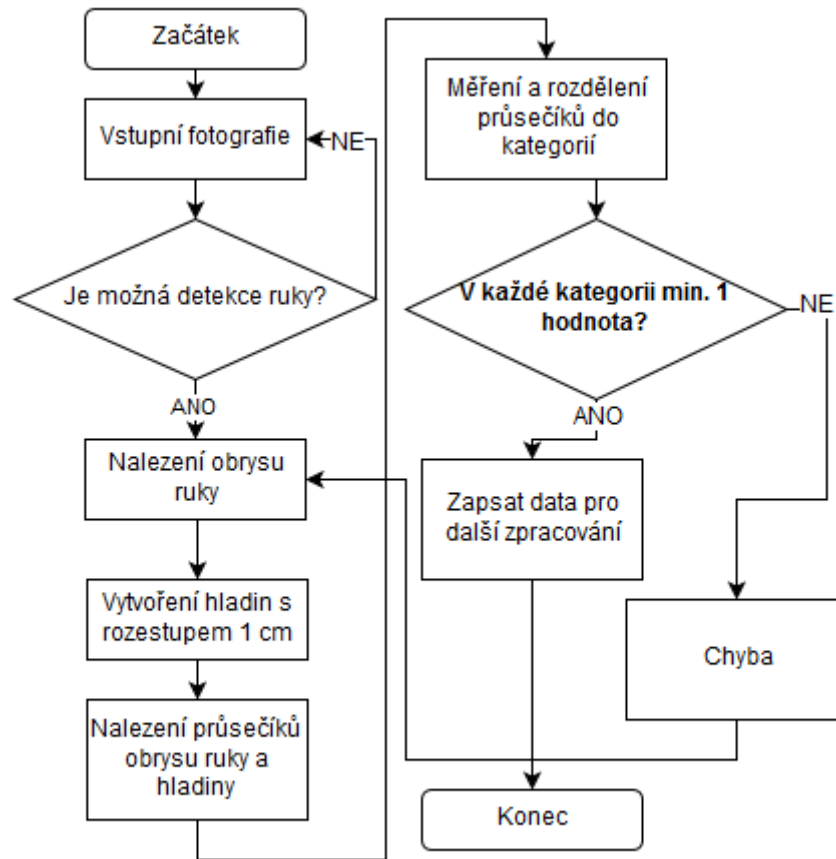
- Rozestup mezi hladinami je jeden centimetr
- ŠÍŘKA RUKY – tato hladina se vyhodnotí podle délky. Je nejdelší ze všech a tak se určí šířka celé ruky.

- ŠÍŘKA DLANĚ – je nejvrchnější hladina, která není přerušena žádným z vrchních prstů. Často bývá na úrovni počáteční hladiny.
- ŠÍŘKA PRSTU – díky těmto hladinám se dozvíme o rozměrech ruky nejvíce parametrů. Nejvýznamnější údaje pro verifikaci jsou z vrchních prstů. Je tomu tak proto, že na těchto prstech máme nejvíce hladin. Každá ruka může mít jiný počet hladin, záleží na délce prstů.
- DÉLKA PRSTU – délka prstů se měří pomocí kolmice z hladiny „ŠÍŘKA DLANĚ“ pro vrchní prsty a pro palec na hladině „ŠÍŘKA RUKY“. Kolmice je vedena k nejvzdálenějšímu bodu z prstu od hladiny. Pro každý prst je přiřazena jedna kolmice.

Údaje zjištěné z měření ruky si můžeme rozdělit do sedmi kategorií:

- 5 kategorií pro šířku každého prstu,
- 1 kategorie pro délku prstů,
- 1 kategorie šířky dlaně,
- 1 kategorie šířky ruky.

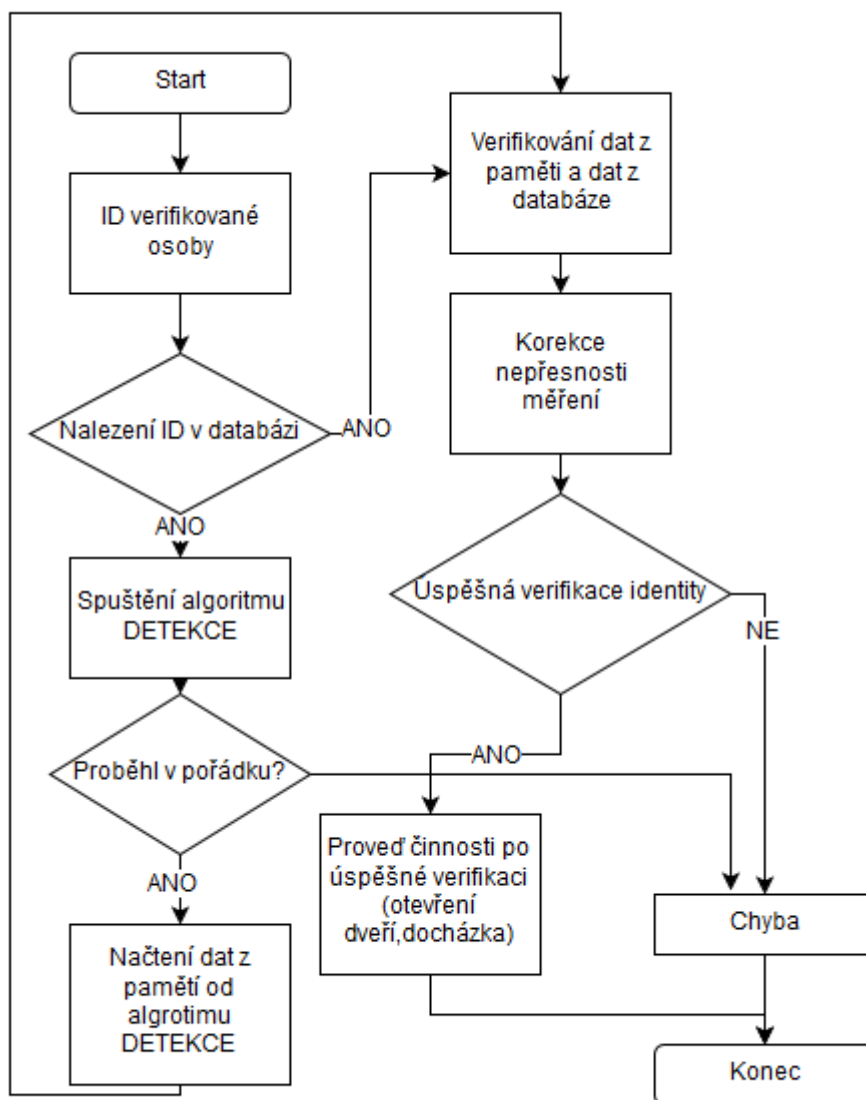
6.2.2 Návrh algoritmu pro zjištění geometrických dat



Obr. 13: Vývojový diagram manuální měření, DETEKCE (vlastní tvorba)

Tento diagram znázorňuje postup při manuálním měření rozměrů ruky. S pouze nepatrnou obměnou by mohl také posloužit při tvorbě programu na detekci ruky a měření jejích rozměrů. Vývojový diagram vychází z teoretické části laboratorní úlohy.

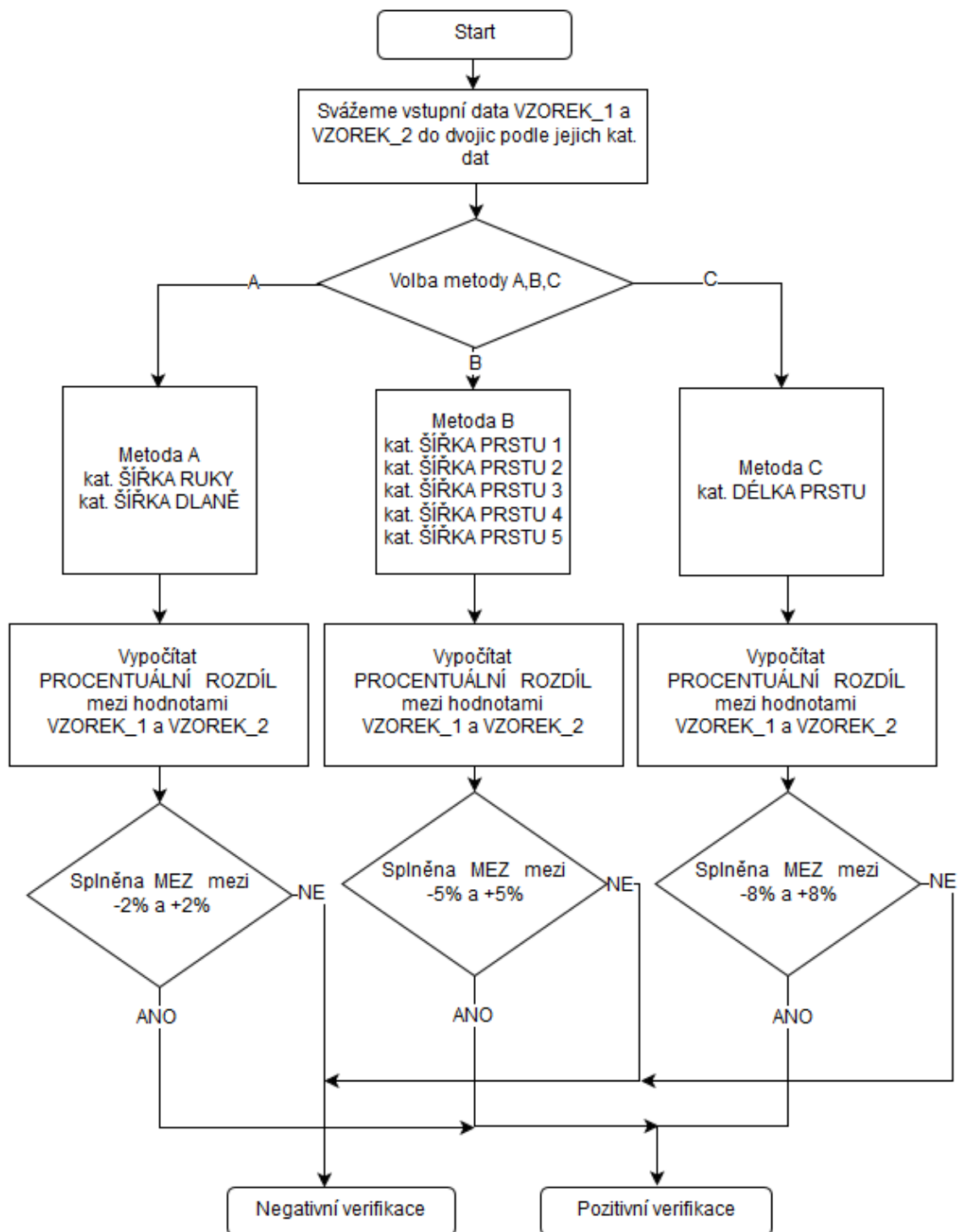
6.2.3 Návrh algoritmu pro verifikaci dat v databázi a naměřených



Obr. 14: Vývojový diagram verifikace (vlastní tvorba)

Navržený diagram je zde uveden jako možný návrh při tvorbě programu na verifikaci geometrických dat. Pro manuální řešení se musí značně zjednodušit. Při manuální verifikaci se

nebudeme vůbec zabývat identitou a hledáním dat v databázi. Budeme mít k dispozici pouze vzorová a naměřená data, která chceme verifikovat.



Obr. 15: Vývojový diagram manuální verifikace (vlastní tvorba)

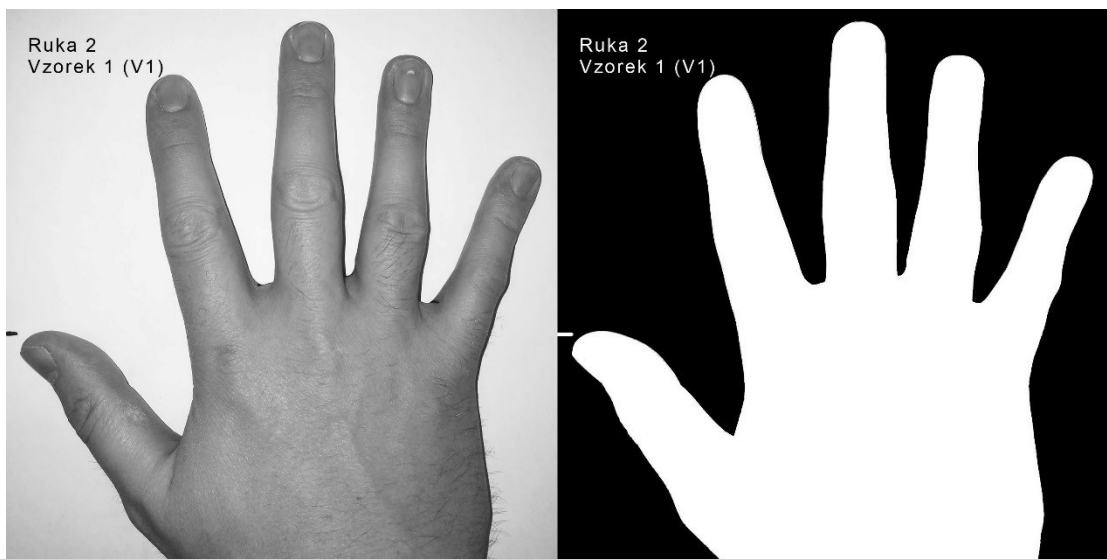
Upřesnění k vývojovému diagramu manuální verifikace:

- Svazování dat z VZOREK_1 a VZOREK_2 do dvojce podle kategorie, je ochrana proti tomu, aby se neporovnávala data z jiných než ze stejných kategorií. Například VZOREK_1(kat. Prst 1) a VZOREK_2(kat. Prst 2)
- Výpočet PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL je operace nad jednotlivými hodnotami ze VZOREK_1 a VZOREK 2 stejné kategorie. Vyjadřuje v procentech o kolik se liší rozměr VZOREK_1 od VZOREK_2. Příklad v tabulce níže

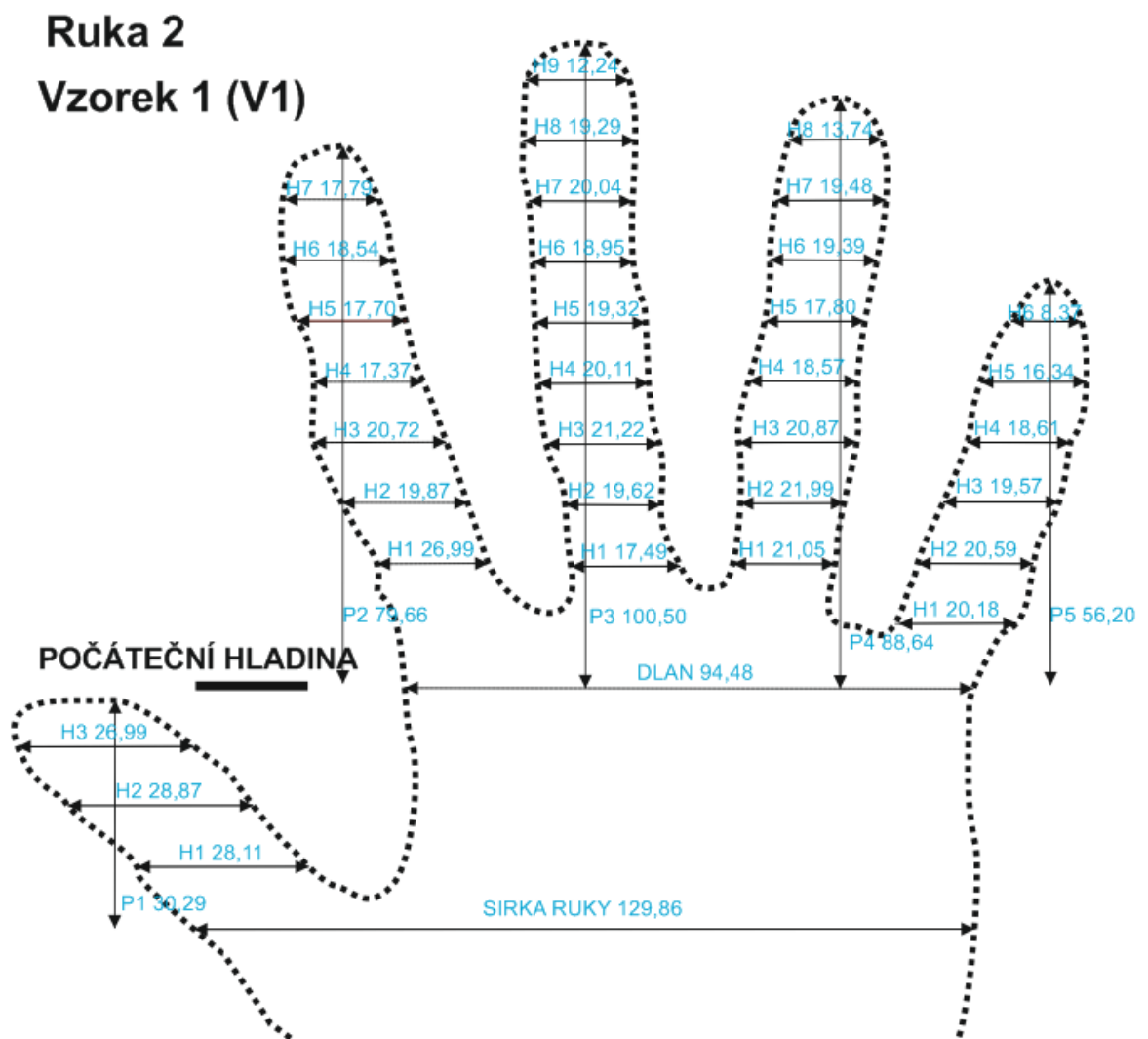
Tab. 7: Příklady výpočtu PROCENTURÁLNÍ ROZDÍL (vlastní tvorba)

Vstupní hodnoty	Kategorie	Místo měření (hodnota)	Výsledek operace
VZOREK_1	Prst 1	Hladina 1	Korektní
VZOREK_2	Prst 1	Hladina 1	
VZOREK_1	Prst 2	Hladina 1	Korektní
VZOREK_2	Prst 2	Hladina 1	
VZOREK_1	Prst 2	Hladina 2	Nekorektní
VZOREK_2	Prst 2	Hladina 1	

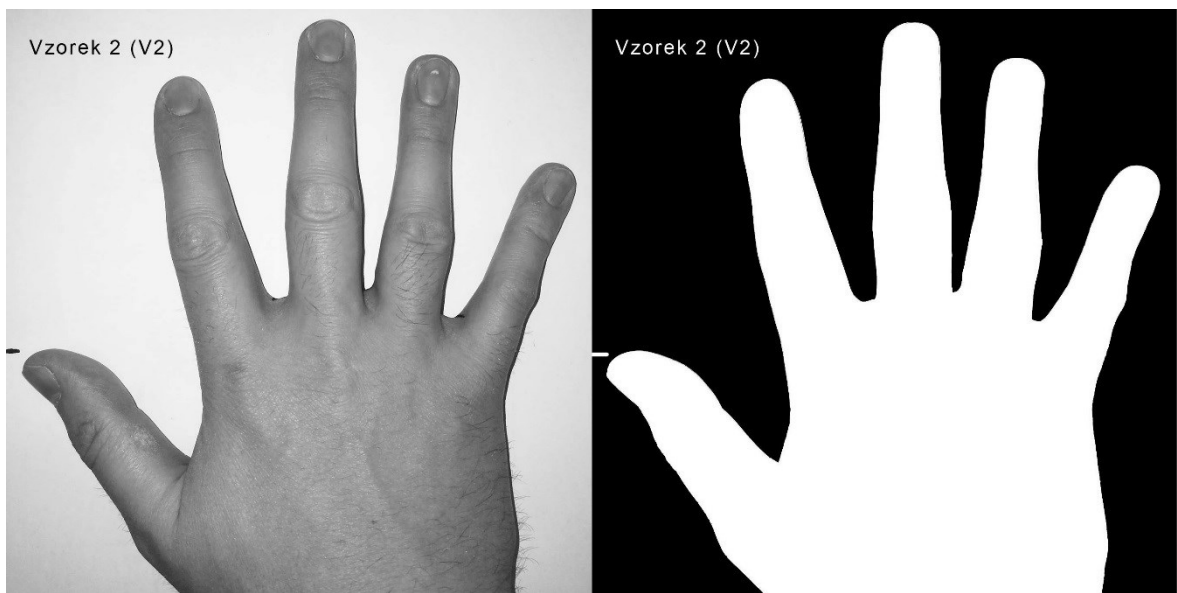
Pro určení mezí, kdy je verifikace považována za správnou, jsem provedl měření na sedmi různých snímcích stejné ruky. Naměřené hodnoty zapsal do tabulek a za pomoci operace PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL stanovil meze pro kladnou a zápornou verifikaci.



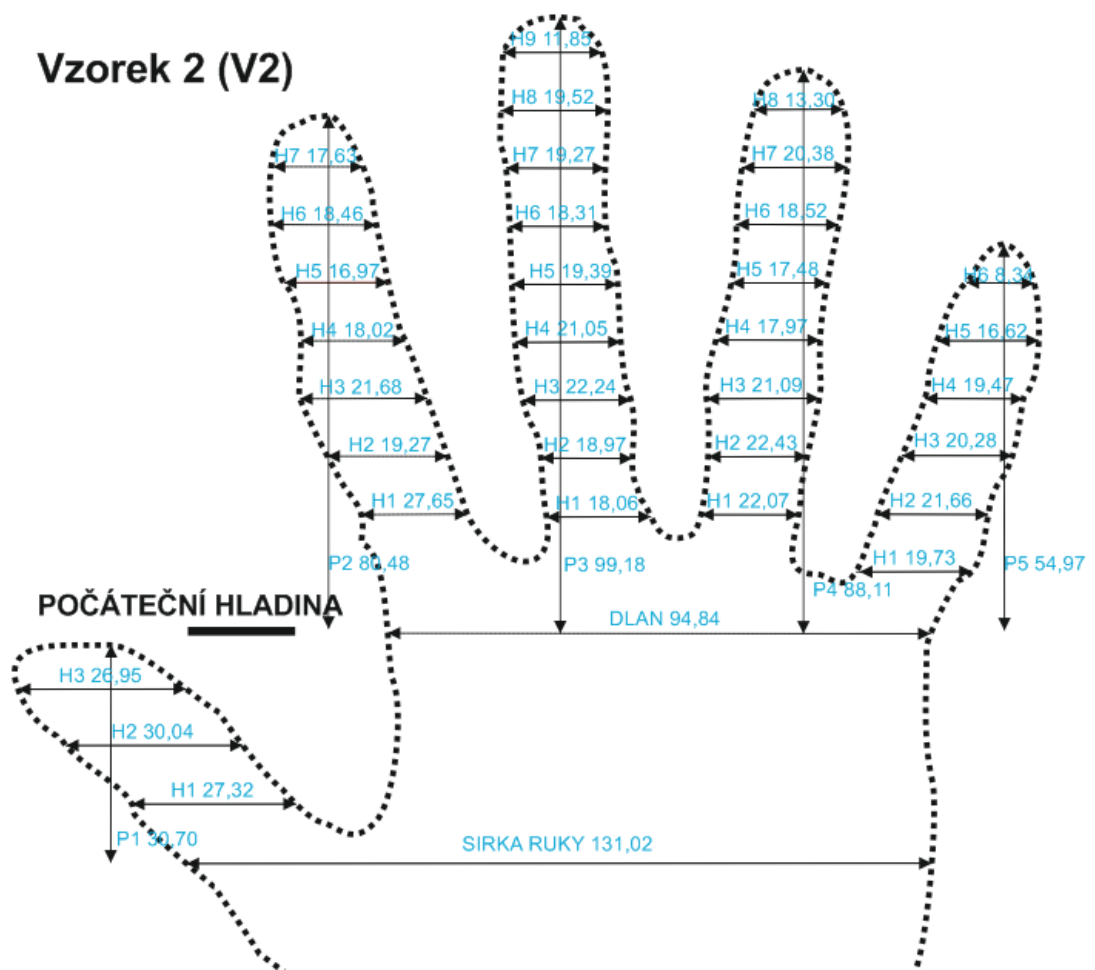
Obr. 16: Vzorek 1 (V1), Ruka 2, fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



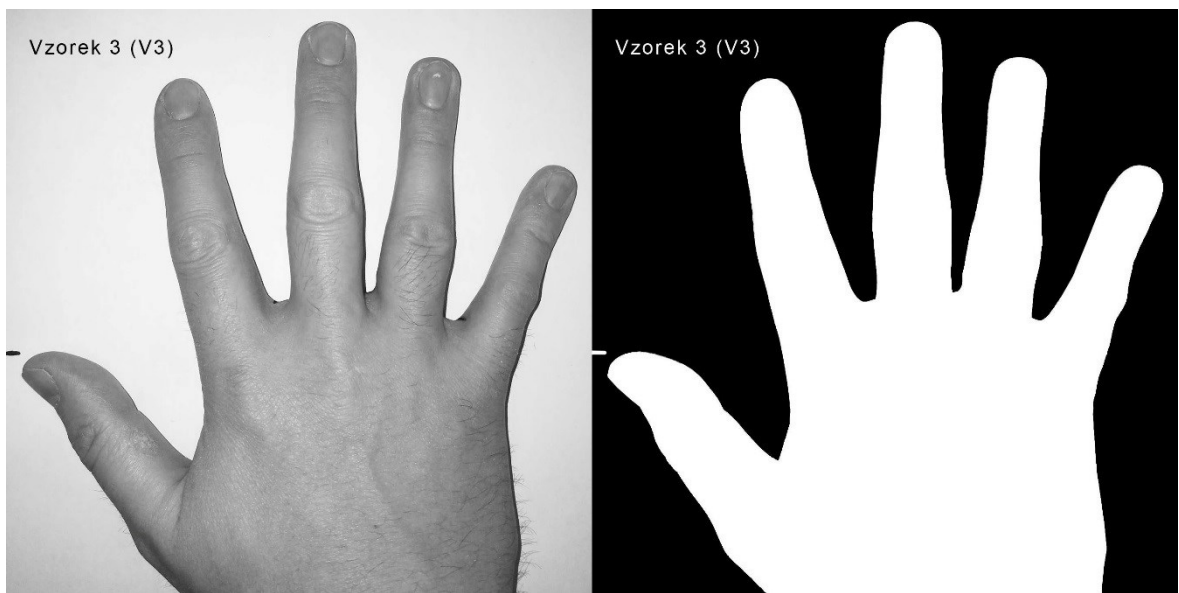
Obr. 17: Vzorek 1 (V1), Ruka 2 (vlastní tvorba)



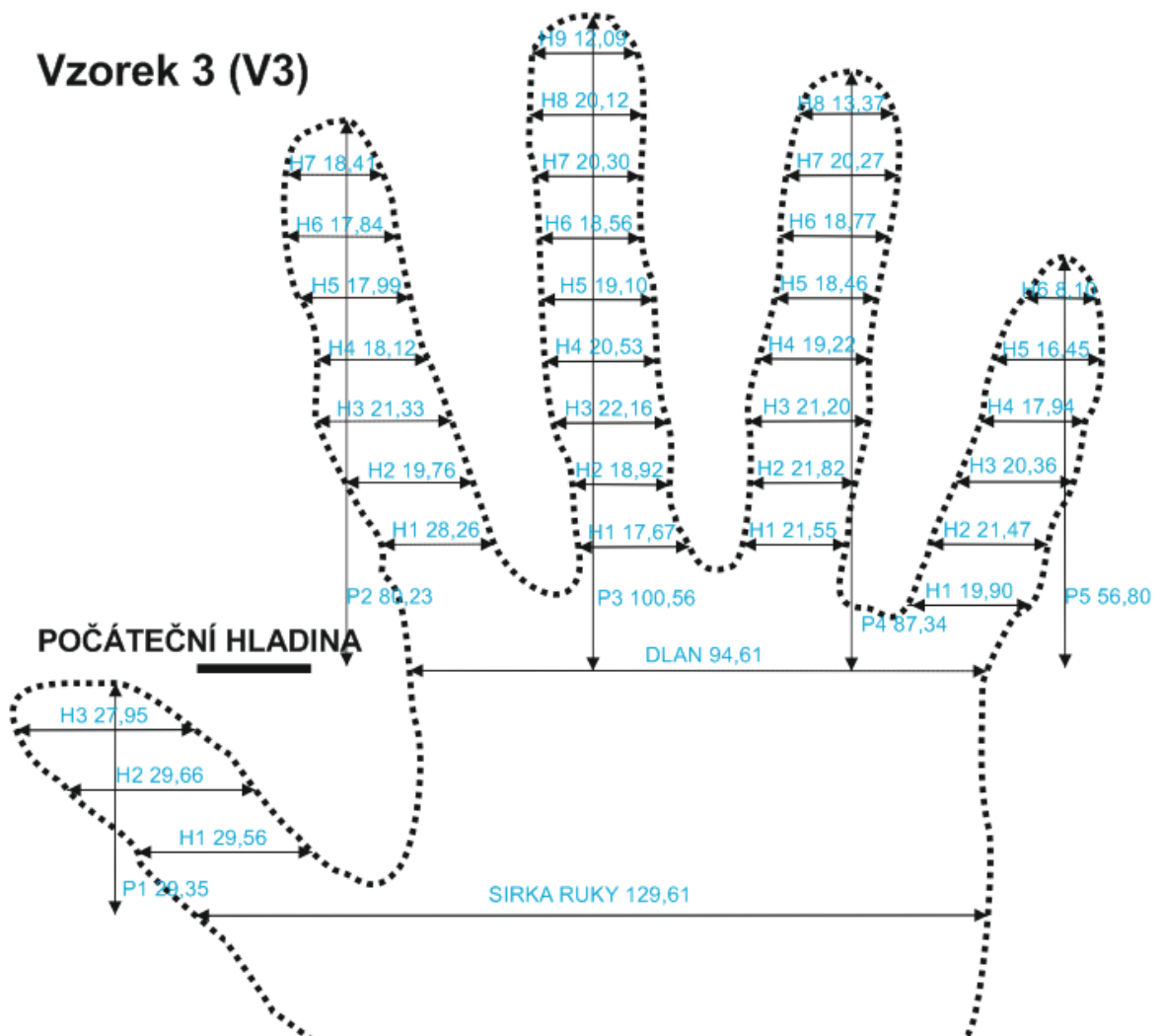
Obr. 18: Vzorek 2 (V2), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



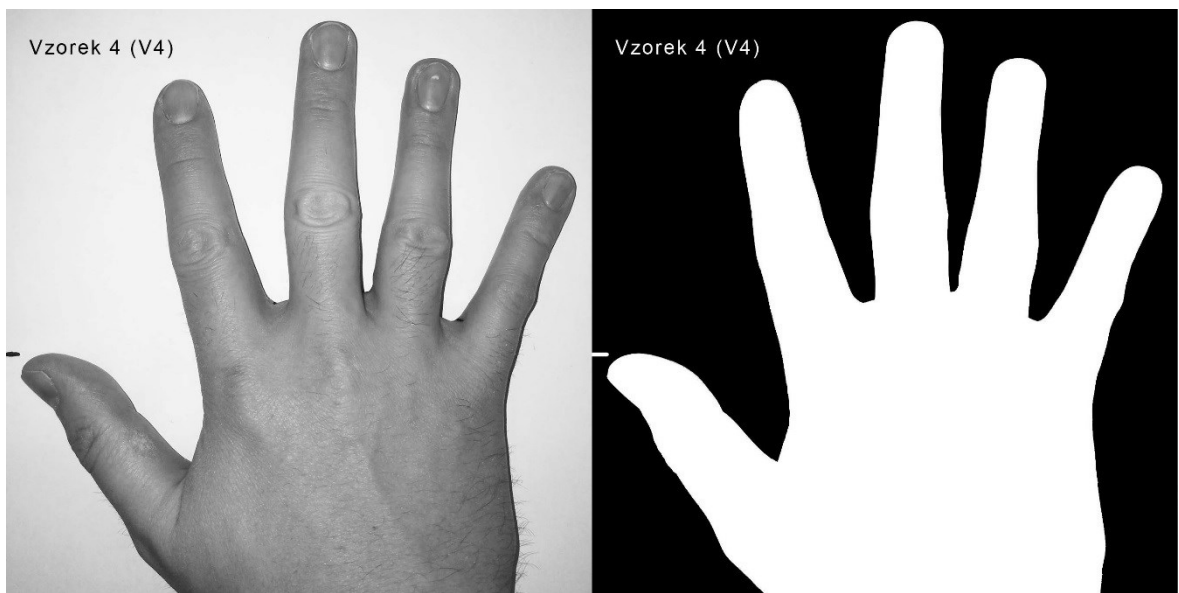
Obr. 19: Vzorek 2 (V2), měření hodnot (vlastní tvorba)



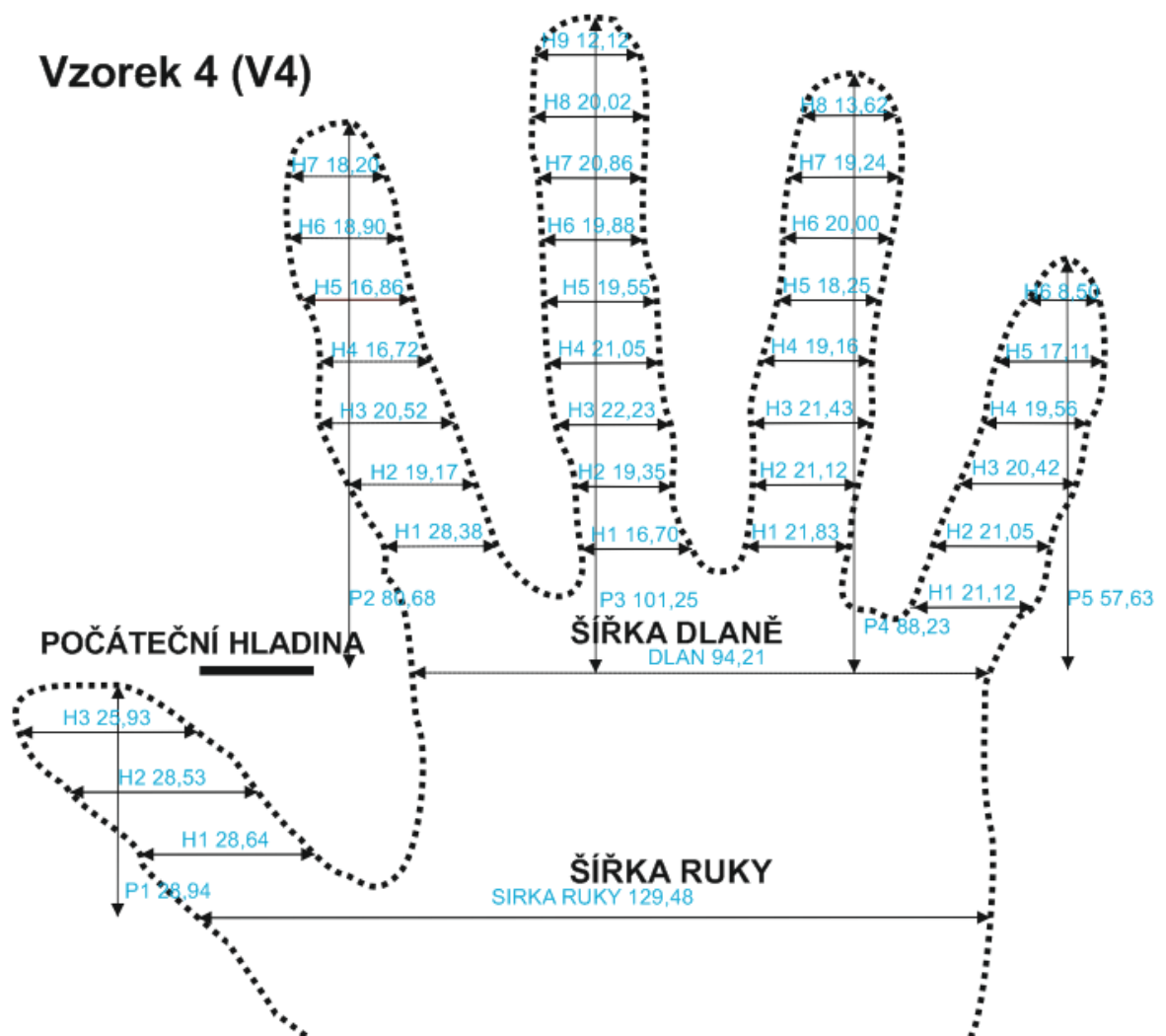
Obr. 20: Vzorek 3 (V3), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



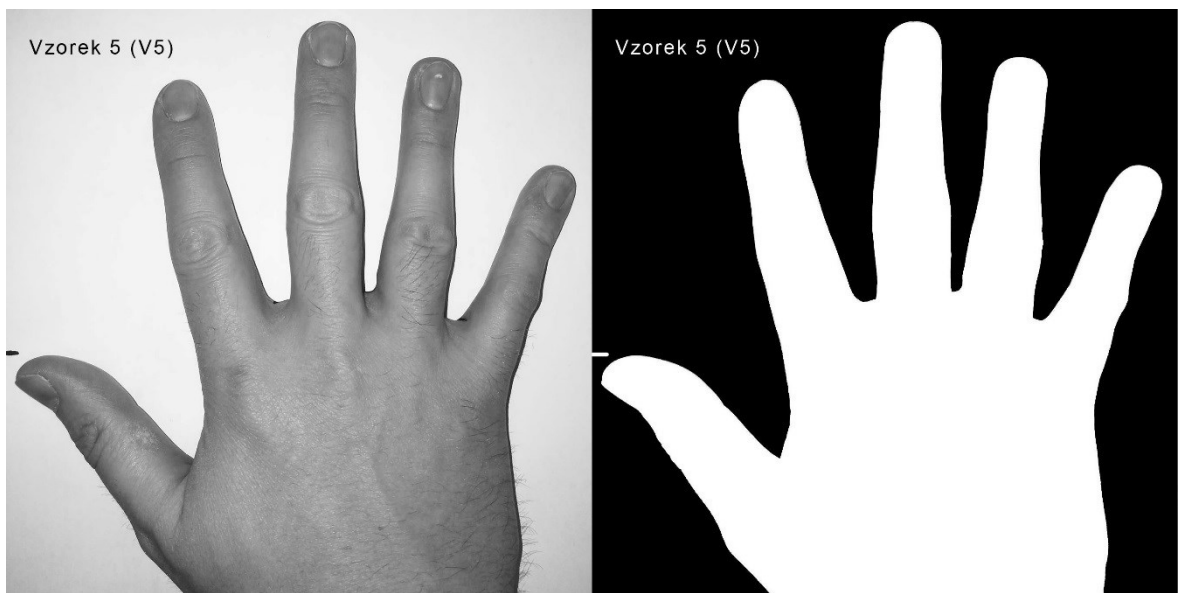
Obr. 21: Vzorek 3 (V3), měření hodnot (vlastní tvorba)



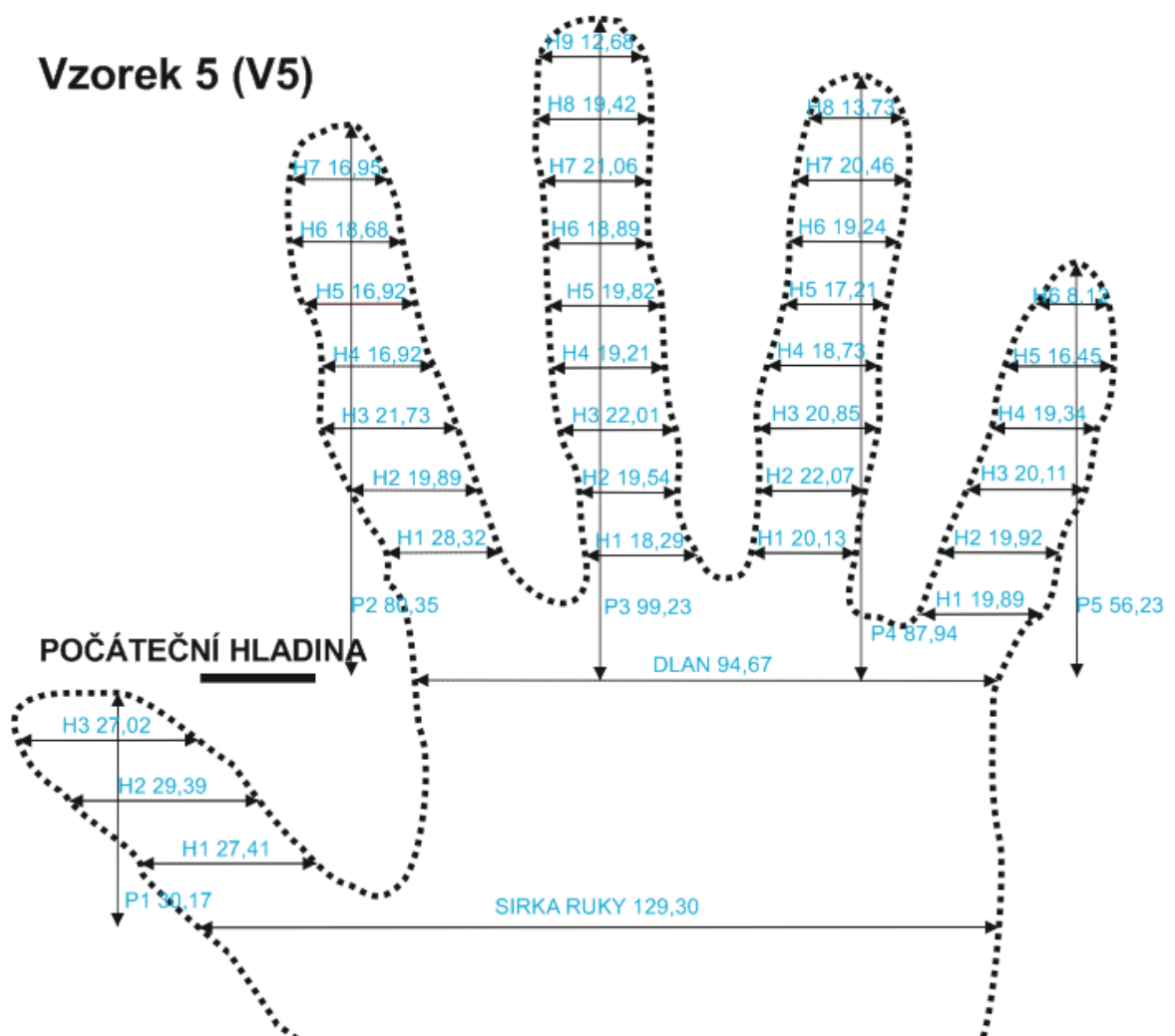
Obr. 22: Vzorek 4 (V4), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



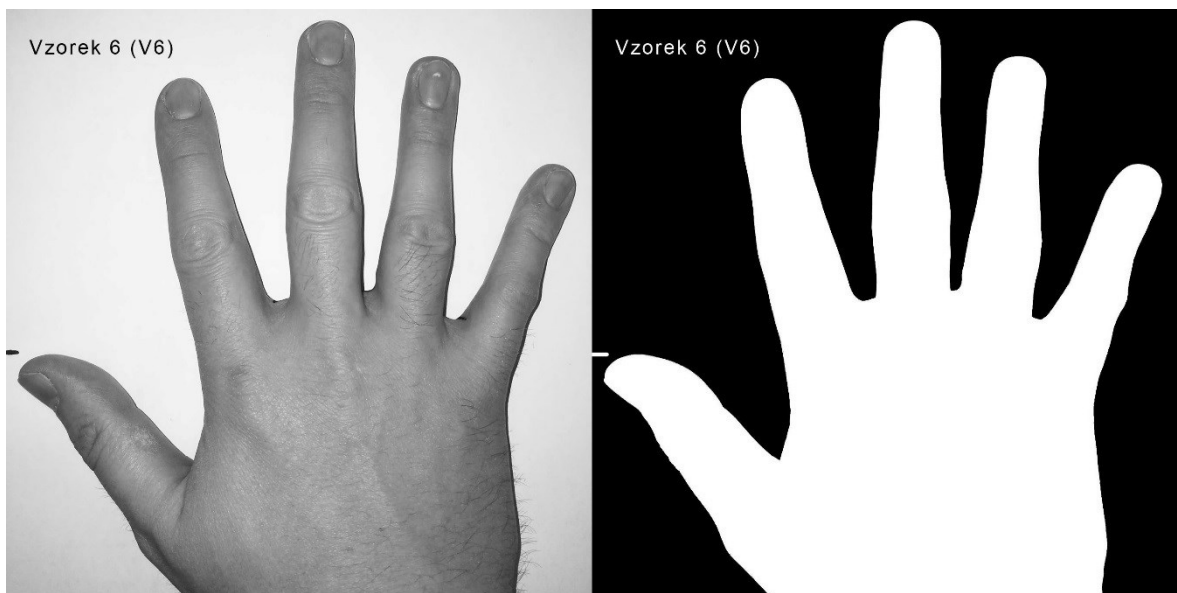
Obr. 23: Vzorek 4 (V4), měření hodnot (vlastní tvorba)



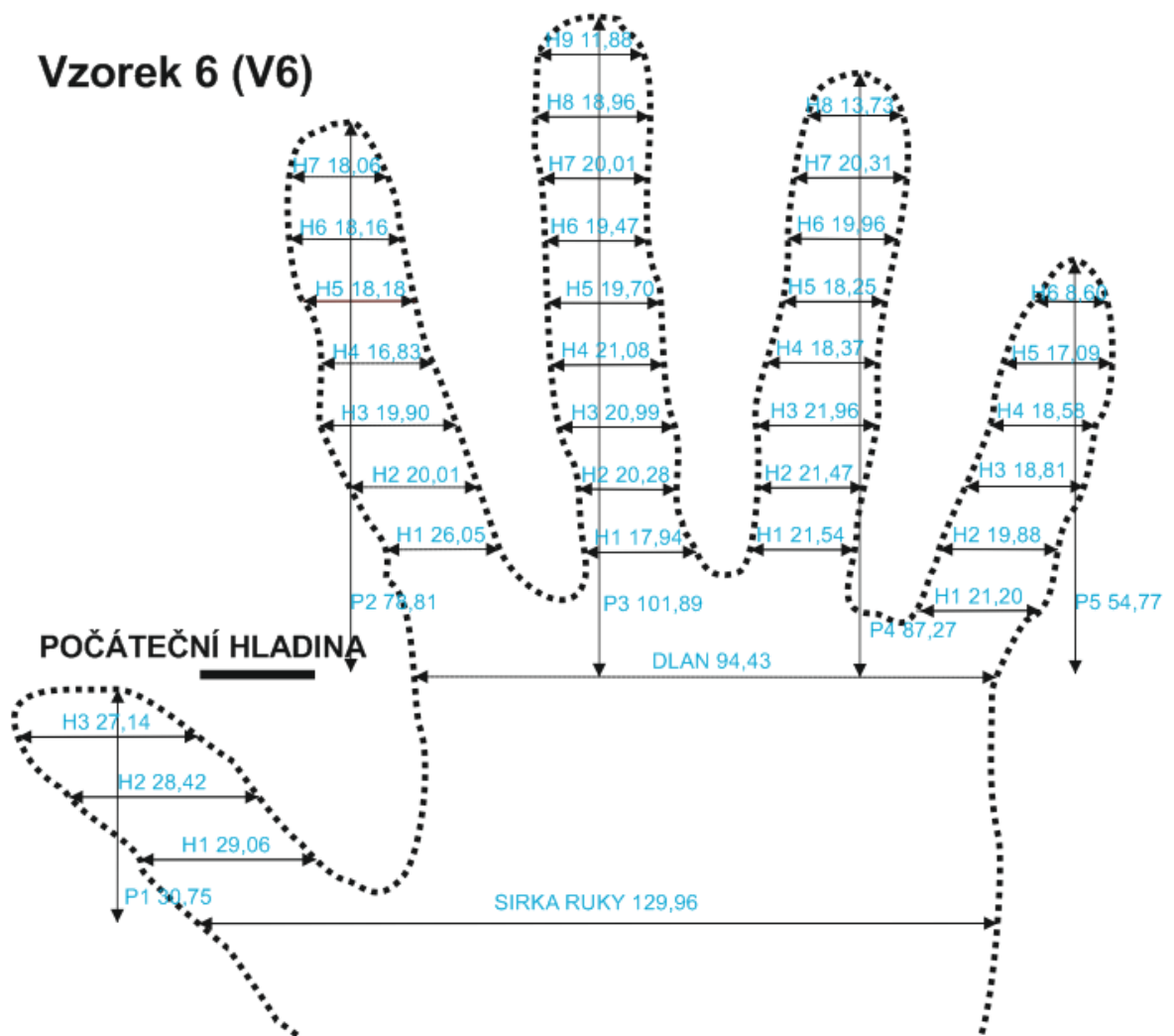
Obr. 24: Vzorek 5(V5), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



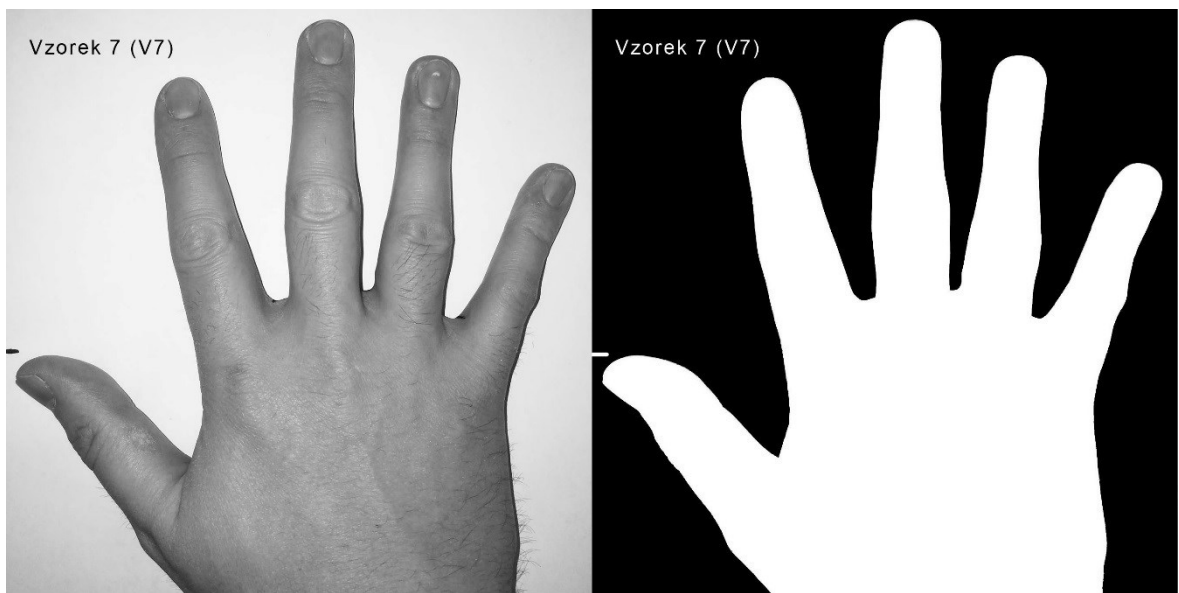
Obr. 25: Vzorek 5 (V5), měření hodnot (vlastní tvorba)



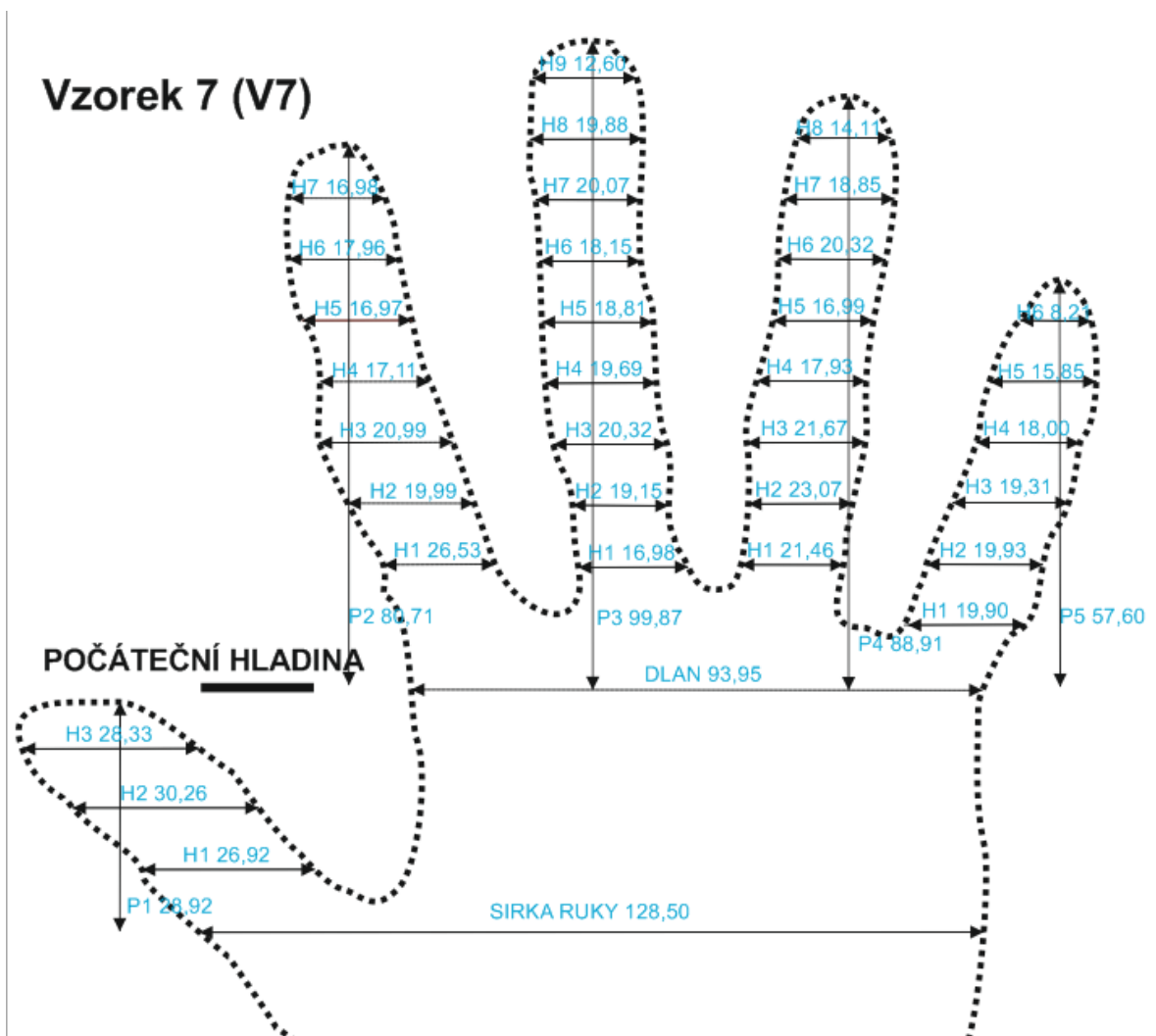
Obr. 26: Vzorek 6 (V6), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



Obr. 27: Vzorek 6 (V6), měření hodnot (vlastní tvorba)



Obr. 28: Vzorek 7 (V7), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)



Obr. 29: Vzorek 7 (V7), měření hodnot (vlastní tvorba)

Tab. 8: Výpočet mezí ze vzorků V1 a V2-V4 (vlastní tvorba)

Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]		Výsledek (V1,V2)	Rozměr [mm] V3	Výsledek (V1,V3)	Rozměr [mm] V4	Výsledek (V1,V4)
		V1	V2					
Šířka	Dlaň	94,48	94,84	-0,38%	94,61	-0,14%	94,21	0,29%
	Celá ruka	129,86	131,02	-0,89%	129,61	0,19%	129,48	0,29%
Prst 1	Hladina 1	28,11	27,32	2,89%	29,56	-4,91%	28,64	-1,85%
	Hladina 2	28,87	30,04	-3,89%	29,66	-2,66%	28,53	1,19%
	Hladina 3	26,99	26,95	0,15%	27,95	-3,43%	25,93	4,09%
Prst 2	Hladina 1	26,99	27,65	-2,39%	28,26	-4,49%	28,38	-4,90%
	Hladina 2	19,87	19,27	3,11%	19,76	0,56%	19,17	3,65%
	Hladina 3	20,72	21,68	-4,43%	21,33	-2,86%	20,52	0,97%
	Hladina 4	17,37	18,02	-3,61%	18,12	-4,14%	16,72	3,89%
	Hladina 5	17,70	16,97	4,30%	17,99	-1,61%	16,86	4,98%
	Hladina 6	18,54	18,46	0,43%	17,84	3,92%	18,90	-1,90%
	Hladina 7	17,79	17,63	0,91%	18,41	-3,37%	18,20	-2,25%
Prst 3	Hladina 1	17,49	18,06	-3,16%	17,67	-1,02%	16,70	4,73%
	Hladina 2	19,62	18,97	3,43%	18,92	3,70%	19,35	1,40%
	Hladina 3	21,22	22,24	-4,59%	22,16	-4,24%	22,23	-4,54%
	Hladina 4	20,11	21,05	-4,47%	20,53	-2,05%	21,05	-4,47%
	Hladina 5	19,32	19,39	-0,36%	19,10	1,15%	19,55	-1,18%
	Hladina 6	18,95	18,31	3,50%	18,56	2,10%	19,88	-4,68%
	Hladina 7	20,04	19,27	4,00%	20,30	-1,28%	20,86	-3,93%
	Hladina 8	19,29	19,52	-1,18%	20,12	-4,13%	20,02	-3,65%
	Hladina 9	12,24	11,85	3,29%	12,09	1,24%	12,12	0,99%
Prst 4	Hladina 1	21,05	22,07	-4,62%	21,55	-2,32%	21,83	-3,57%
	Hladina 2	21,99	22,43	-1,96%	21,82	0,78%	21,12	4,12%
	Hladina 3	20,87	21,09	-1,04%	21,20	-1,56%	21,43	-2,61%
	Hladina 4	18,57	17,97	3,34%	19,22	-3,38%	19,16	-3,08%
	Hladina 5	17,80	17,48	1,83%	18,46	-3,58%	18,25	-2,47%
	Hladina 6	19,39	18,52	4,70%	18,77	3,30%	20,00	-3,05%
	Hladina 7	19,48	20,38	-4,42%	20,27	-3,90%	19,24	1,25%
	Hladina 8	13,74	13,30	3,31%	13,37	2,77%	13,62	0,88%
Prst 5	Hladina 1	20,18	19,73	2,28%	19,90	1,41%	21,12	-4,45%
	Hladina 2	20,59	21,66	-4,94%	21,47	-4,10%	21,05	-2,19%
	Hladina 3	19,57	20,28	-3,50%	20,36	-3,88%	20,42	-4,16%
	Hladina 4	18,61	19,47	-4,42%	17,94	3,73%	19,56	-4,86%
	Hladina 5	16,34	16,62	-1,68%	16,45	-0,67%	17,11	-4,50%
	Hladina 6	8,37	8,34	0,36%	8,10	3,33%	8,50	-1,53%
Délka	Prst 1	30,29	30,70	-1,34%	29,35	3,20%	28,94	4,66%
	Prst 2	79,66	80,48	-1,02%	80,23	-0,71%	80,68	-1,26%
	Prst 3	100,50	99,18	1,33%	100,56	-0,06%	101,25	-0,74%
	Prst 4	88,64	88,11	0,60%	87,34	1,49%	88,23	0,46%
	Prst 5	56,20	54,97	2,24%	56,80	-1,06%	57,63	-2,48%

Tab. 9: Výpočet mezí ze vzorků V1 a V5-V7 (vlastní tvorba)

Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]		Výsledek (V1,V5)	Rozměr [mm] V6	Výsledek (V1,V6)	Rozměr [mm] V7	Výsledek (V1,V7)
		V1	V5					
Šířka	Dlaň	94,48	94,67	-0,20%	94,43	0,05%	93,95	0,56%
	Celá ruka	129,86	129,30	0,43%	129,96	-0,08%	128,50	1,06%
Prst 1	Hladina 1	28,11	27,41	2,55%	29,06	-3,27%	26,92	4,42%
	Hladina 2	28,87	29,39	-1,77%	28,42	1,58%	30,26	-4,59%
	Hladina 3	26,99	27,02	-0,11%	27,14	-0,55%	28,33	-4,73%
Prst 2	Hladina 1	26,99	28,32	-4,70%	26,05	3,61%	26,53	1,73%
	Hladina 2	19,87	19,89	-0,10%	20,01	-0,70%	19,99	-0,60%
	Hladina 3	20,72	21,73	-4,65%	19,90	4,12%	20,99	-1,29%
	Hladina 4	17,37	16,92	2,66%	16,83	3,21%	17,11	1,52%
	Hladina 5	17,70	16,92	4,61%	18,18	-2,64%	16,97	4,30%
	Hladina 6	18,54	18,68	-0,75%	18,16	2,09%	17,96	3,23%
	Hladina 7	17,79	16,95	4,96%	18,06	-1,50%	16,98	4,77%
Prst 3	Hladina 1	17,49	18,29	-4,37%	17,94	-2,51%	16,98	3,00%
	Hladina 2	19,62	19,54	0,41%	20,28	-3,25%	19,15	2,45%
	Hladina 3	21,22	22,01	-3,59%	20,99	1,10%	20,32	4,43%
	Hladina 4	20,11	19,21	4,69%	21,08	-4,60%	19,69	2,13%
	Hladina 5	19,32	19,82	-2,52%	19,70	-1,93%	18,81	2,71%
	Hladina 6	18,95	18,89	0,32%	19,47	-2,67%	18,15	4,41%
	Hladina 7	20,04	21,06	-4,84%	20,01	0,15%	20,02	0,10%
	Hladina 8	19,29	19,42	-0,67%	18,96	1,74%	19,88	-2,97%
	Hladina 9	12,24	12,68	-3,47%	11,88	3,03%	12,60	-2,86%
Prst 4	Hladina 1	21,05	20,13	4,57%	21,54	-2,27%	21,46	-1,91%
	Hladina 2	21,99	22,07	-0,36%	21,47	2,42%	23,07	-4,68%
	Hladina 3	20,87	20,85	0,10%	21,96	-4,96%	21,67	-3,69%
	Hladina 4	18,57	18,73	-0,85%	18,37	1,09%	17,93	3,57%
	Hladina 5	17,80	17,21	3,43%	18,25	-2,47%	16,99	4,77%
	Hladina 6	19,39	19,24	0,78%	19,96	-2,86%	20,32	-4,58%
	Hladina 7	19,48	20,46	-4,79%	20,31	-4,09%	18,85	3,34%
	Hladina 8	13,74	13,73	0,07%	13,73	0,07%	14,11	-2,62%
Prst 5	Hladina 1	20,18	19,89	1,46%	21,20	-4,81%	19,90	1,41%
	Hladina 2	20,59	19,92	3,36%	19,88	3,57%	19,93	3,31%
	Hladina 3	19,57	20,11	-2,69%	18,81	4,04%	19,31	1,35%
	Hladina 4	18,61	19,34	-3,77%	18,58	0,16%	18,00	3,39%
	Hladina 5	16,34	16,45	-0,67%	17,09	-4,39%	15,85	3,09%
	Hladina 6	8,37	8,12	3,08%	8,60	-2,67%	8,21	1,95%
Délka	Prst 1	30,29	30,17	0,40%	30,75	-1,50%	28,92	4,74%
	Prst 2	79,66	80,35	-0,86%	78,81	1,08%	80,71	-1,30%
	Prst 3	100,50	99,23	1,28%	101,89	-1,36%	99,87	0,63%
	Prst 4	88,64	87,94	0,80%	87,27	1,57%	88,91	-0,30%
	Prst 5	56,20	56,23	-0,05%	54,77	2,61%	57,60	-2,43%

Vzorek V1 reprezentuje prvotní data. Vzorky V2 až V7, reprezentují naměřené údaje z šesti dalších snímků stejné ruky. Výsledný údaj, podle kterého jsem určoval meze, nalezneme ve sloupcích „Výsledek“. Tyto sloupce v obou dvou tabulkách vyjadřují procentuální rozdíl mezi hodnotami vzorku V1 a vzorků V2 až V7.

Tab. 10: Určení mezí verifikace (vlastní tvorba)

Kategorie	Meze	Nejběžnější rozdíl	Příčina
Šířka dlaně	Od -2 % do +2 %	Pod 2 mm	Změna polohy ruky
Šířka ruky	Od -2 % do +2 %	Pod 2,5 mm	Změna polohy ruky
Prst 1 až 5	Od -5 % do +5 %	Pod 1,5 mm	Změna polohy ruky
Délka prstu	Od -8 % do +8 %	Pod 4 mm	Délka nehtu

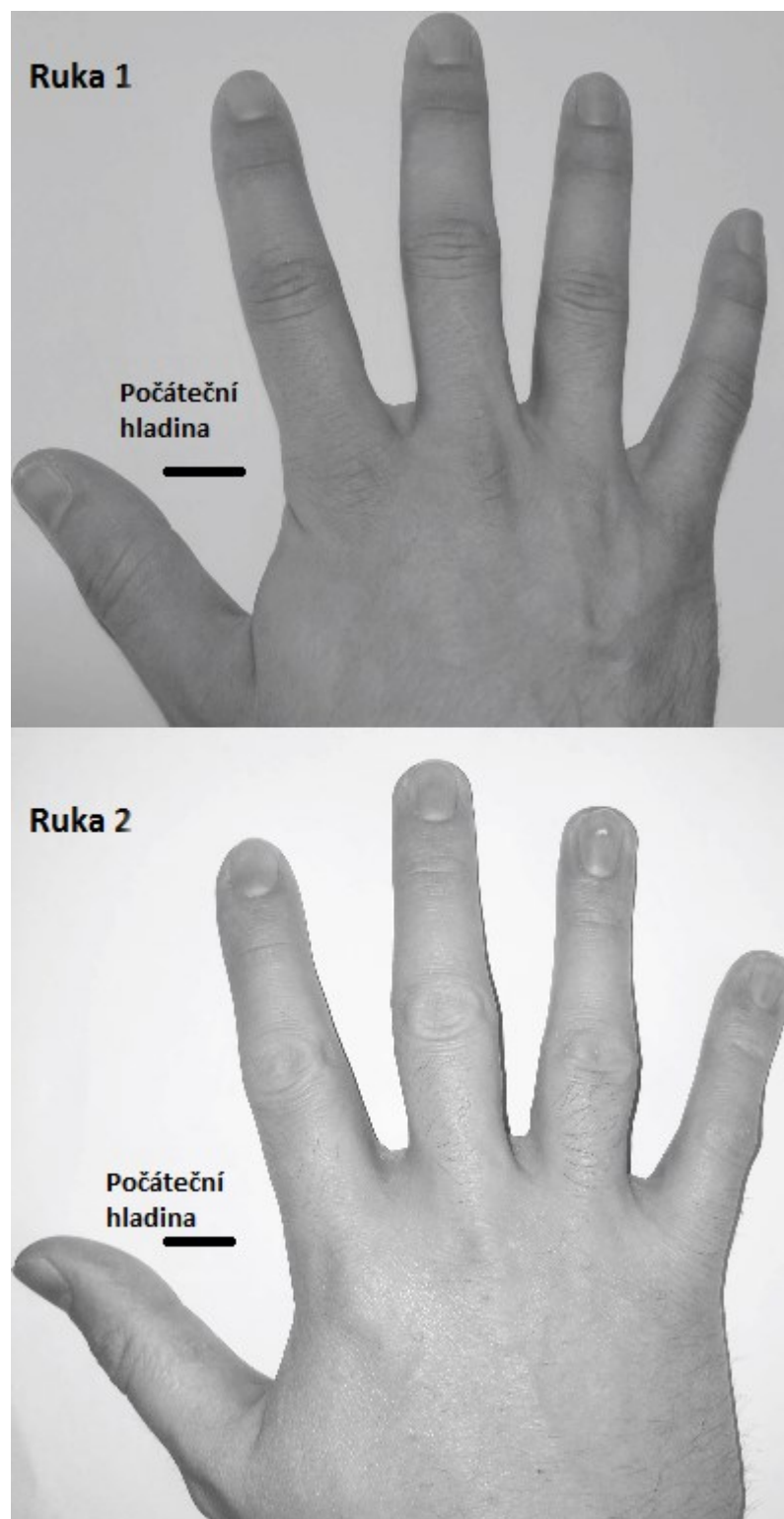
Pro všechny kategorie nemůžou být stejné meze, protože každá kategorie má rozdílný rozsah svých běžných hodnot. Například u vzorku V1 v kategorii „Šířka ruky“, by meze $\pm 5\%$ znamenali toleranci rozdílu rozměrů ruky až 6,5 mm. Pokud bychom použili mez $\pm 2\%$ na kategorii „Šířka prstu“, byla by tolerance pouze 0,5 mm. V této toleranci by verifikace vzorku V1 se vzorky V2 až V7, nebyla nikdy pozitivní. Průměrně přes 60 % naměřených hodnot ze vzorků V1 až V7 má vzájemně rozdílný rozměr, větší než 0,5 mm.

6.2.4 Manuální měření geometrie ruky z fotografie

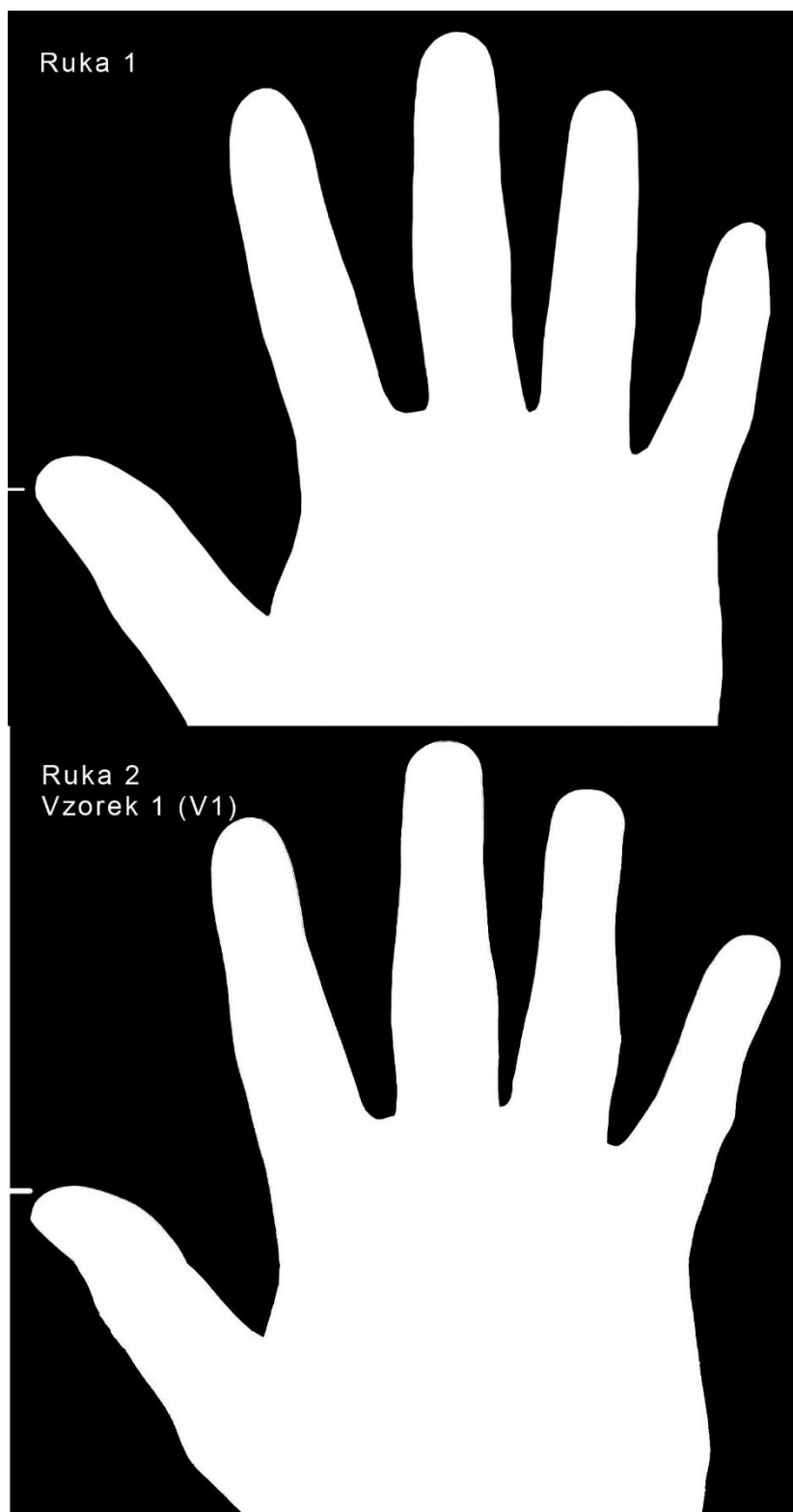
Ruce na obrázku (Obr. 30) jsou na první pohled velmi podobné jak šířkou, tvarem, tak i šířkou a délkou prstů.

Pro potřeby měření využijí postup podle vývojového diagramu pro manuální měření (Obr. 13), který je popsán v jedné z předchozích kapitol, a to v kapitole 6.2.3. Využijeme také poznatků z kapitoly 6.2.1, kde je ukázaný postup, pro vytvoření hladin ze snímků.

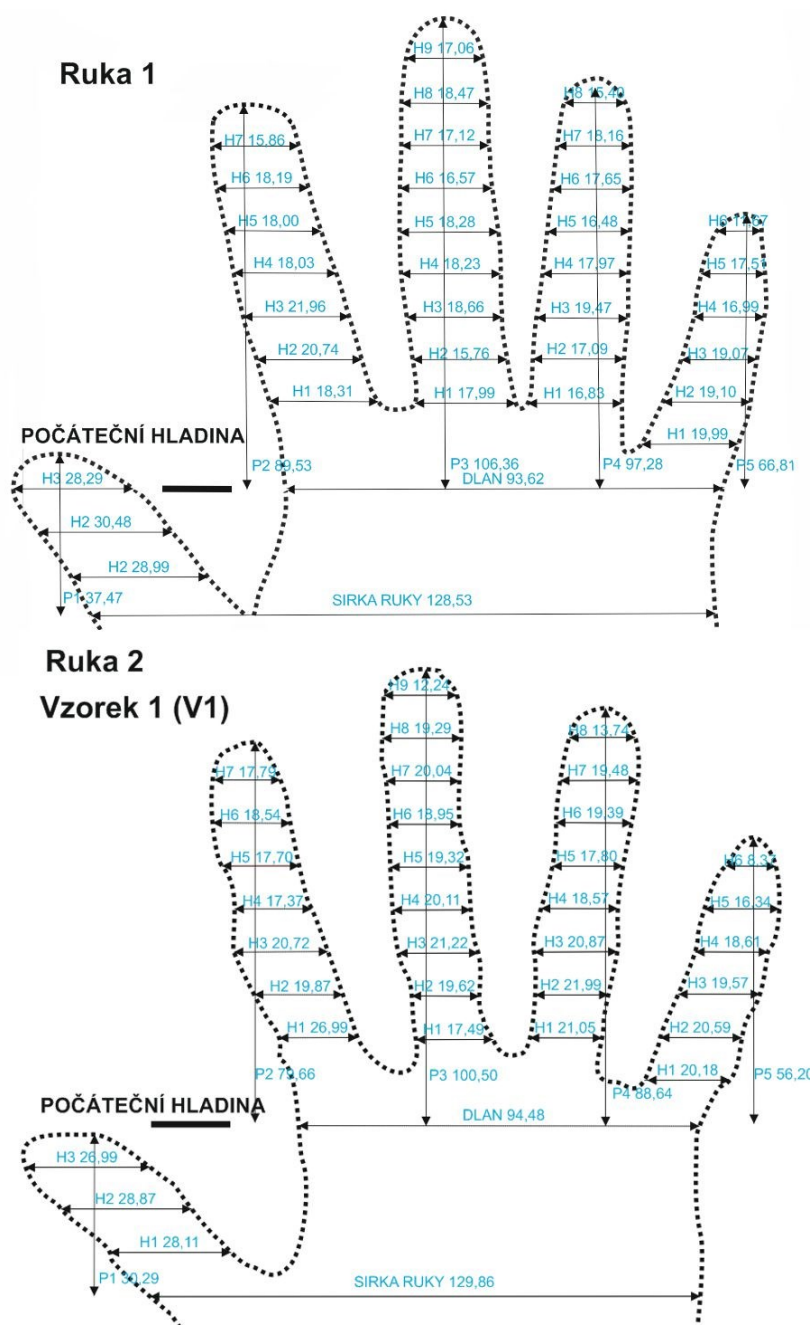
Podle diagramu musíme nejprve z fotografie získat obrys ruky. Následně začneme zakreslovat hladiny, které nám rozdělí snímek na potřebné části. Hladiny zakreslíme stejně, jak je to zobrazené na vzorovém obrysu ruky (Obr. 12). Po zakreslení hladin podle vzoru, využijeme v CorelDRAW nástrojů určených k měření vzdáleností a změříme rozměry hladin. Na následujících třech obrázcích je ukázan postup zpracování snímků.



Obr. 30: Fotografie pro měření (vlastní tvorba)



Obr. 31: *Negativ fotografie pro měření (vlastní tvorba)*



Obr. 32: Měření z fotografie (vlastní tvorba)

Všechny naměřené rozměry hladin zapíšeme do tabulky. Při zápisu je rovnou třídíme do kategorií. Hodnoty v kategorii zapisujeme od nejnižší po nejvyšší hladinu (viz Obr. 12).

Tab. 11: Naměřené hodnoty z fotografie „Ruka 1“ (vlastní tvorba)

Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]	Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]
Prst 1	Hladina 1	28,29	Prst 4	Hladina 2	17,09
	Hladina 2	30,48		Hladina 3	19,47
	Hladina 3	28,99		Hladina 4	17,94
Prst 2	Hladina 1	18,31		Hladina 5	16,48
	Hladina 2	20,74		Hladina 6	17,65
	Hladina 3	21,96		Hladina 7	18,16
	Hladina 4	18,03		Hladina 8	15,40
	Hladina 5	18,00		Prst 5	Hladina 1
	Hladina 6	18,19	Hladina 2		19,10
	Hladina 7	15,86	Hladina 3		19,07
Prst 3	Hladina 1	17,99	Hladina 4		16,99
	Hladina 2	15,76	Hladina 5		17,51
	Hladina 3	18,66	Hladina 6		11,67
	Hladina 4	18,23	Délka	Prst 1	37,48
	Hladina 5	18,28		Prst 2	89,53
	Hladina 6	16,57		Prst 3	106,36
	Hladina 7	17,12		Prst 4	97,28
	Hladina 8	18,47		Prst 5	66,81
	Hladina 9	17,06	Šířka	Dlaň	93,62
Prst 4	Hladina 1	16,83		Celá ruka	128,53

Tab. 12: Naměřené hodnoty z fotografie „Ruka 2“ (vlastní tvorba)

Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]	Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]
Prst 1	Hladina 1	28,11	Prst 4	Hladina 2	21,05
	Hladina 2	28,87		Hladina 3	21,99
	Hladina 3	26,99		Hladina 4	20,87
Prst 2	Hladina 1	26,99		Hladina 5	18,57
	Hladina 2	19,87		Hladina 6	17,8
	Hladina 3	20,72		Hladina 7	19,39
	Hladina 4	17,37		Hladina 8	19,48
	Hladina 5	17,7		Prst 5	Hladina 1
	Hladina 6	18,54	Hladina 2		20,18
	Hladina 7	17,79	Hladina 3		20,59
Prst 3	Hladina 1	17,49	Hladina 4		19,57
	Hladina 2	19,62	Hladina 5		18,61
	Hladina 3	21,22	Hladina 6		16,34
	Hladina 4	20,11	Délka	Prst 1	8,37
	Hladina 5	19,32		Prst 2	30,29
	Hladina 6	18,95		Prst 3	79,66
	Hladina 7	20,04		Prst 4	100,50
	Hladina 8	19,29		Prst 5	88,64
	Hladina 9	12,24	Šířka	Dlaň	94,48
Prst 4	Hladina 1	21,05		Celá ruka	129,86

6.2.5 Verifikace naměřených údajů

Při verifikaci bylo postupováno podle vývojového diagramu pro manuální verifikaci z kapitoly 6.2.3. Meze pro kladnou nebo zápornou verifikaci jsou stanoveny stejně jako v kapitole 6.2.3. Pokud nejsou splněny podmínky mezí, je verifikace negativní.

„Ruka 1“ a její rozměry nám budou v tabulce reprezentovat vzorová data, tzn. ta, která bychom si načetli z databáze po zadání identity uživatelem. V laboratorní úloze nám „Ruka 2“ bude reprezentovat naskenovaný vzorek, kterým se snaží osoba prokázat svoji identitu.

Tab. 13: Verifikace naměřených údajů (vlastní tvorba)

Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]		Výsledek (R1, R2)	Kategorie	Místo měření	Rozměr [mm]		Výsledek (R1, R2)	
		Ruka 1	Ruka 2				Ruka 1	Ruka 2		
Šířka	Dlaň	93,62	94,48	-0,91%	Prst 3	Hladina 9	17,06	12,24	39,38%	
	Celá ruka	128,53	129,86	-1,02%		Prst 4	Hladina 1	16,83	21,05	-20,05%
Prst 1	Hladina 1	28,29	28,11	0,64%	Hladina 2		17,09	21,99	-22,28%	
	Hladina 2	30,48	28,87	5,58%	Hladina 3		19,47	20,87	-6,71%	
	Hladina 3	28,99	26,99	7,41%	Hladina 4		17,94	18,57	-3,39%	
Prst 2	Hladina 1	18,31	26,99	-32,16%	Hladina 5		16,48	17,8	-7,42%	
	Hladina 2	20,74	19,87	4,38%	Hladina 6		17,65	19,39	-8,97%	
	Hladina 3	21,96	20,72	5,98%	Hladina 7		18,16	19,48	-6,78%	
	Hladina 4	18,03	17,37	3,80%	Hladina 8		15,40	13,74	12,08%	
	Hladina 5	18	17,7	1,69%	Prst 5		Hladina 1	19,99	20,18	-0,94%
	Hladina 6	18,19	18,54	-1,89%			Hladina 2	19,10	20,59	-7,24%
	Hladina 7	15,86	17,79	-10,85%		Hladina 3	19,07	19,57	-2,55%	
Prst 3	Hladina 1	17,99	17,49	2,86%	Hladina 4	16,99	18,61	-8,70%		
	Hladina 2	15,76	19,62	-19,67%	Hladina 5	17,51	16,34	7,16%		
	Hladina 3	18,66	21,22	-12,06%	Hladina 6	11,67	8,37	39,43%		
	Hladina 4	18,23	20,11	-9,35%	Délka	Prst 1	37,48	30,29	23,74%	
	Hladina 5	18,28	19,32	-5,38%		Prst 2	89,53	79,66	12,39%	
	Hladina 6	16,57	18,95	-12,56%		Prst 3	106,36	100,50	5,83%	
	Hladina 7	17,12	20,04	-14,57%		Prst 4	97,28	88,64	9,75%	
	Hladina 8	18,47	19,29	-4,25%		Prst 5	66,81	56,20	18,88%	

Výsledné hodnoty tabulky (Tab.13), které nesplnily meze jsou zvýrazněny červenou barvou.

Podle počtu hodnot zvýrazněných červenou barvou je zjevné, že „Ruka 1“ je rozdílná než „Ruka 2“

6.3 Přínos laboratorní úlohy

Laboratorní úloha nabízí řešitelům možnost vyzkoušet si manuální verifikaci bez použití specializovaného zařízení na geometrii ruky. Laboratorní úloha může také pomoci při tvorbě softwaru zaměřeného na zjišťování geometrie ruky.

V teoretické části se řešitelé seznámí s tím, jak zpracovat fotografii ruky, aby se z ní měřením zjistily požadované geometrické údaje ruky, které slouží k verifikaci identity.

V praktické části si řešitelé vyzkouší, jak postupovat při ručním měření geometrie ruky z fotografie. Měření mohou provádět například s využitím počítačového programu GIMP a CorelDRAW. Pomocí naměřených údajů si vyzkouší verifikaci podle geometrie ruky.

7 VÝVOJ BIOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ LIDSKÉ RUKY

Firmy i státní složky investují do zabezpečení svých aktiv velké peníze. Obliba biometrických technologií napomáhá jejich rychlému vývoji. Biometrické systémy se v brzké budoucnosti stanou naprosto běžnou technologií, která nahradí v dnešní době hojně používané identifikační karty, klíče a také neoblíbená hesla. S tak velkým rozšířením využívání biometrických systémů bude muset být kladen obrovský důraz na bezpečnost těchto technologií. Pokud by došlo k úniku biometrických dat a útočník by je dokázal správně využít, přičemž neexistuje možnost tato data změnit, postižená osoba nebude mít kontrolu nad jejich použitím.

7.1 Odhad budoucího vývoje snímání geometrie ruky

V brzké budoucnosti se bude určitě zvyšovat počet měřených údajů. Možný posun také vidím ve vylepšení algoritmů, které musí vyřešit běžné drobné změny rozměrů rukou. Díky těmto dvěma zásadním vlastnostem zařízení dojde ke snížení chybného přijetí a chybného odmítnutí. Geometrické snímače ruky mají také velmi slibnou budoucnost při zkombinování několika technologií na snímání biometrických dat ruky v jednom zařízení. Podle aktuálně požadovaného stupně ověření identity osoby může zařízení po přiložení ruky na podložku zkombinovat snímání otisku prstů, geometrie ruky a krevního řečiště, které nám jako jediné dokáže ověřit živost přikládané ruky.

Budoucí vývoj u snímačů geometrie ruky předpokládám ve zmenšení celého zařízení do kompaktnějších rozměrů, než v jakých existuje doposud. Rovněž lze předpokládat, že bude upuštěno od využívání CCD snímačů, kvůli kterým se musí stále dodržovat určité omezení kvůli minimálním vzdálenostem předmětu od objektivu.

Současná laserová měřidla mají přesnost na desetiny milimetrů, ale jejich cena je ještě poměrně vysoká. V takovém to zařízení by musel být velký počet laserů, aby síť paprsků byla dostatečně hustá k podrobnému zaměření celé ruky. Celý laserový snímač geometrie ruky by mohl být velký právě tak, abychom mohli do zařízení pohodlně vložit ruku.

Ve vzdálenější budoucnosti a zase za pomoci laserových měřidel bychom ruku prostrčili pouze skrz rám a zařízení by si vytvořilo a uložilo do své paměti její trojrozměrný model. Tímto řešením by se odstranila nutnost přikládání ruky do přesně definovaných míst. Hlavní výhoda nevyužívání podložek by byla bezkontaktnost při snímání.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zpracována na téma „Biometrický snímač geometrie lidské ruky“. Na začátku teoretické části je stručný úvod do biometrie, seznámení se základními užívanými pojmy v odvětví biometrických snímačů a vysvětlení metod, na jejichž základě se vyhodnocuje spolehlivost biometrické technologie. Také je zde uveden popis vybraných biometrických systémů, které se nejčastěji používají v praxi.

Předposlední kapitola z teoretické části práce byla věnovaná anatomickým vlastnostem lidské ruky. Kapitola se věnuje podrobně skladbě ruky a významu jejích jednotlivých částí s ohledem na zkoumané biometrické charakteristiky na ruce. V následující kapitole byl vysvětlen princip geometrie lidské ruky a princip fungování zařízení na snímání geometrie lidské ruky.

V první kapitole praktické části byly porovnány různé typy snímačů zaměřené na zkoumání některé z biometrických charakteristik ruky, vyhodnoceny a vzájemně porovnány výhody a nevýhody v současnosti nejpoužívanějších zařízení. V následující kapitole byly aplikovány teoretické poznatky z první části této bakalářské práce. Podle skutečného snímku ruky byl navržen postup pro ruční měření geometrických rozměrů ruky a způsob verifikace naměřených dat, abychom mohli prokázat identitu osoby. Na závěr této kapitoly byla provedena praktická ukázka měření a verifikování podle navržených postupů.

Závěrečná kapitola byla zaměřena nad možným budoucím vývojem biometrických systémů se zaměřením na odhad budoucího vývoje snímačů geometrie ruky.

Čtenáři by tato bakalářská práce měla pomoci při pochopení základní teoretické problematiky biometrických systémů a následně i s návodem postupu, při ručním měření biometrických dat z geometrie ruky a jejich verifikaci. Navrhované řešení lze použít například při návrhu softwaru pro geometrii ruky.

Závěrem bych chtěl říct, že vypracování této práce bylo pro mě velkým přínosem a zajímavou osobní zkušeností. Umožnilo mi blíže se seznámit s jednou částí komerční bezpečnosti. Prohloubil a rozšířil jsem si přehled o biometrických systémech a biometrický systém geometrie ruky jsem si i prakticky vyzkoušel.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Historie biometrik a jejich využití ve výpočetní technice. *FAKULTA INFORMATIKY MASARYKOVY UNIVERZITY* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xvach_biometriky.htm
- [2] *Rozdílnost schémat při analýze tváří svého a cizího etnika*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Fakulta sociálních studií MU
- [3] SEMERA, Lukáš. *Daktyloskopie – historie, současnost a budoucnost*. Praha, 2015. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Vedoucí práce JUDr. Jiří Krupička, Ph.D.
- [4] RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 631 s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [5] DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. *Biometrie*. 1. vyd. [Brno: M. Dražanský], 2011, 294 s. ISBN 978-80-254-8979-6.
- [6] ŠČŮREK, Radomír. *Biometrické metody identifikace osob v bezpečnostní praxi* [online]. VŠB TU Ostrava, 2008 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/sys-cs/resource/PDF/biometricke_metody.pdf
- [7] *Biometrika a normy v IT – ČSN ISO/IEC 19785, 19794 a 19795*. *ITBIZ* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/biometrika-a-norny-csn-iso-iec-19785-19794-a-19795>
- [8] Pavel Vyoral, *Identifikační biometrické systémy*. Bakalářská práce, UTB ve Zlíně, 2011.
- [9] KALOVÁ, Ilona. *Měření biometrických údajů* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.uamtold.feec.vutbr.cz/vision/TEACHING/MAPV/10%20-%20Biometrie%20a%20medicina.pdf>
- [10] Česká firma pomáhá Europolu rozpoznat tváře zločinců a teroristů. *Technet.cz* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/eyedea-europol-rozpoznavani-obrazu-db9-/software.aspx?c=A160704_154924_software_pka
- [11] Hmat. *Lidské smysly* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Hmat.html>
- [12] Lidská ruka. *Internetový časopis Oko* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://oko.yin.cz/9/lidska-ruka/>
- [13] Lekce III / 03 - Anatomie a pohyb ruky. *VĚDA NÁS BAVÍ* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.vedanasbavi.cz/orisek-43-iii-03-anatomie-a-pohyb-ruky?IDp=4>

- [14] ROBERTS, Alice M. *Kompletní lidské tělo: [unikátní obrazový průvodce]*. Praha: Knižní klub, 2012. ISBN 978-80-242-2958-4
- [15] JAIN, A. K., ROSS, A., and PAKANTI, S. *A prototype hand geometry based verification system*. 2nd Int. Conference on Audio- and Video- Based Biometric Person Authentication (AVBPA), Washington D. C. USA, March 1999, s. 166–171.
- [16] Why biometrics. *Virtual case management* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.virtualcasemanagement.com/bio.aspx>
- [17] IEvo Ultimate. *Abbas* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://katalog.abbas.cz/ievo-ultimate-s25601/>
- [18] Biometriky. *Biometric* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.biometricke-ctecky.cz/biometriky/otisk-prstu/>
- [19] MorphoAccess® VP Series. *Abbas* [online]. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://s3.abbas.cz/PRODUKT/Manual/Morpho/MA_VP-Instalacni.pdf
- [20] HandPunch 1000 Biometric Clock Terminal — User Guide. *Icon time* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.icontime.com/images/docs/User_Manual/HP-1000_Biometric_Time_Clock_User_Manual_Rev3.1.pdf
- [21] Schlage HandPunch HP-1000. *Time-Master.com* [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: https://time-masters.com/Schlage-HandPunch-HP-1000_item_101.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Stupeň Celsia
A	Amper
CCD	Charge-Coupled Device (zařízení s vázaným nábojem)
DC	Direct Current (stejnoseměrný elektrický proud)
DNA	Deoxyribonucleic acid (kyselina deoxyribonukleová)
DPI	Dots Per Inch (počet obrazových bodů na palec)
FAR	Ralse Acceptance Rate(pravděpodobnost chybného přijetí)
FRR	False Rejection Rate(pravděpodobnost chybného odmítnutí)
EER	Equal Error Rate (stejná míra chyb)
HD	High-Definition (vysoké rozlišení)
Hz	Hertz
ID	Identification (identifikace)
IP	Ingress Protection (ochrana proti vniknutí)
IPS	In Plane Switching (zobrazovací panel u monitoru)
Kč	Česká koruna
Kg	Kilogram
MA	Miliamper
Mm	Milimetr
ROC	Receiver Operating Characteristics(provozní křivka přijetí)
S	Sekunda
Tzn.	Takzvaný
USB	Universal Seriaal Bus (univerzální sériová sběrnice)
UTP	Unshielded Twisted Pair (nestíněná kroucená dvojlinka)
V	Volt

W Watt

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Reálná biometrická aplikace [8]	16
Obr. 2: ROC křivka [4]	16
Obr. 3: Kostí v lidské ruce [13]	22
Obr. 4: Pozice kamery a podložky [4]	25
Obr. 5: Podložka s polohovacími kuličky [4]	26
Obr. 6: iEvo Ultimace [17]	29
Obr. 7: MA VP-DUAL [19]	31
Obr. 8: SCHLAGE HP-1000 [20].....	33
Obr. 9: Šablona pro umístění ruky na podložce při focení ruky (vlastní tvorba)	38
Obr. 10: Fotografie ruky (vlastní tvorba).....	39
Obr. 11: negativ (Obr. 10) (vlastní tvorba).....	39
Obr. 12: Vzorové umístění hladin pro měření rozměrů ruky (vlastní tvorba).....	40
Obr. 13: Vývojový diagram manuální měření, DETEKCE (vlastní tvorba)	42
Obr. 14: Vývojový diagram verifikace (vlastní tvorba)	43
Obr. 15: Vývojový diagram manuální verifikace (vlastní tvorba).....	44
Obr. 16: Vzorek 1 (V1), Ruka 2, fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba).....	46
Obr. 17: Vzorek 1 (V1), Ruka 2 (vlastní tvorba).....	46
Obr. 18: Vzorek 2 (V2), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)	47
Obr. 19: Vzorek 2 (V2), měření hodnot (vlastní tvorba)	47
Obr. 20: Vzorek 3 (V3), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)	48
Obr. 21: Vzorek 3 (V3), měření hodnot (vlastní tvorba)	48
Obr. 22: Vzorek 4 (V4), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)	49
Obr. 23: Vzorek 4 (V4), měření hodnot (vlastní tvorba)	49
Obr. 24: Vzorek 5(V5), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba).....	50
Obr. 25: Vzorek 5 (V5), měření hodnot (vlastní tvorba)	50
Obr. 26: Vzorek 6 (V6), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)	51
Obr. 27: Vzorek 6 (V6), měření hodnot (vlastní tvorba)	51
Obr. 28: Vzorek 7 (V7), fotografie a negativ obrysu (vlastní tvorba)	52
Obr. 29: Vzorek 7 (V7), měření hodnot (vlastní tvorba)	52
Obr. 30: Fotografie pro měření (vlastní tvorba)	56
Obr. 31: Negativ fotografie pro měření (vlastní tvorba).....	57
Obr. 32: Měření z fotografie (vlastní tvorba)	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Výskyt nejčastěji používaných biometrických systémů [9]	18
Tab. 2: Porovnání biometrických systémů ruky [16]	27
Tab. 3: Technické specifikace iEvo Ultimate [17]	30
Tab. 4: Technické specifikace MA VP-DUAL [19].....	32
Tab. 5: Technické specifikace HP-1000 [21]	34
Tab. 6: Vyhodnocení porovnání různých bio. snímačů ruky.....	35
Tab. 7: Příklady výpočtu PROCENTURÁLNÍ ROZDÍL (vlastní tvorba)	45
Tab. 8: Výpočet mezí ze vzorků V1 a V2-V4 (vlastní tvorba).....	53
Tab. 9: Výpočet mezí ze vzorků V1 a V5-V7 (vlastní tvorba).....	54
Tab. 10: Určení mezí verifikace (vlastní tvorba)	55
Tab. 11: Naměřené hodnoty z fotografie „Ruka 1“ (vlastní tvorba)	59
Tab. 12: Naměřené hodnoty z fotografie „Ruka 2“ (vlastní tvorba)	60
Tab. 13: Verifikace naměřených údajů (vlastní tvorba)	61