



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA DOLGOZAT

KÉZFEJ EREZET SZKENNER

Szerző:

Vasi András

Sapientia Erdélyi Magyar
Tudományegyetem, Marosvásárhelyi
Kar, Számítástechnika BSc. szak, IV.
évfolyam

E-mail: vasi.a.andras@gmail.com

Konzulens:

Dr. Lefkovits László

egyetemi docens, Sapientia Erdélyi
Magyar Tudományegyetem,
Marosvásárhelyi Kar,
Villamosmérnöki Tanszék,

E-mail: lefkolaci@ms.sapientia.ro

SAPIENTIA ERDÉLYI MAGYAR TUDOMÁNYEGYETEM

**KÉZFEJ EREZET
SZKENNER**

Hand vascular data collection system

Szerző/Author:

Vasi András

Konzulens/ Consultant:

Dr. Lefkovits László

Dolgozat lezárva: 2024. 07. 20.

Kivonat

Testünket átszövik a különböző vénák és artériák, amelyek fontos szerepet töltenek be a keringési rendszerünkben. A vénák szén-dioxid dús vér szállításáért felelősek a tüdőbe, hogy azt oxigénnel telített vérrel töltsék fel. Azok a vénák, amelyek közel vannak a bőrfelszínhez, képesek az infravörös sugarak egy részét elnyelni, míg a körülöttük lévő bőr visszaveri azokat. Ez az egyedi jelenség lehetővé teszi, hogy megfelelő körülmények között a vénák jól látható hálózatként jelenjenek meg a képeken.

Az emberi kézfej vénás erezete egyedi, vagyis biometrikus azonosításra alkalmazható. Megfelelő berendezéssel könnyen hozzáférhető és biztonságosan leolvasható.

A tervezett eszközünk első prototípusa egy speciális fényképezőgép szerepét tölti be. Ez a gép infravörös fényforrásokkal és speciális kamerával rendelkezik, melyek segítségével olyan képeket készít, ahol jól láthatóak az egyes vénák erezetei.

A rendszert több konferencián is bemutattattuk, több díjat is kapott.

A rendszer teljes értékű terméké vált azáltal, hogy készült hozzá saját tervezésű felhasználói felület is.

Az eszközünk alkalmas gyors és magas minőségű képi adatbázisok létrehozására, melyek további kutatásokhoz felhasználhatóak. Az elkövetkező kutatások során tervezünk mesterséges intelligenciát is alkalmazni. Célunk, hogy a kép adatbázist a lehető legnagyobb méretűre bővítsük, hogy az későbbi kutatások számára minél hasznosabb legyen.

Kulcsszavak: vénák, fénykép, szkennер, infravörös, adatbázis, biometrikus azonosító, felhasználói felület, szoftver, hardver

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	1
2. Elméleti háttér	3
2.1. Infravörös elektromágneses sugárzás	3
2.2. Vénák anatómiája	5
3. Szakirodalom áttekintése	6
3.1. Történelem	6
3.2. Vénák, mint biometriaai azonosítók	6
4. Célkitűzések	10
5. Rendszer specifikációi	12
5.1. Funkcionális és nem követelmények	12
5.1.1. Funkcionális követelmények	12
5.1.2. Nem funkcionális követelmények	13
5.2. Felhasználói követelmények	13
6. Gyakorlati megvalósítás	14
6.1. Rendszer architektúra	14
6.1.1. Központi vezérlőegység	16
6.1.2. 3D nyomtatott vázszerkezet	16
6.1.3. Képernyő és tartószerkezete	18

6.1.4.	Kamera és megvilágítás rendszer	18
6.1.5.	Interaktív kapcsoló fénykép készítéséhez	21
6.1.6.	Akkumulátor	22
6.2.	Szoftver architektúra	22
6.2.1.	A Raspberry PI operációs rendszere	23
6.2.2.	A Raspberry PI –hoz tartozó kamera modul	24
6.2.3.	A Raspberry PI –hoz tartozó LED vezérlő modul	24
6.2.4.	A Raspberry PI –hoz tartozó interaktív kapcsoló vezérlő modul	24
6.3.	A szoftveres megvalósítás	25
6.3.1.	UI - Grafikus felület	26
7.	Eredmények	38
7.1.	Kísérletek a Raspberry Pi IR-CUT Camera Module használatával	39
7.2.	Kísérletek a Raspberry Pi Infrared Camera Module (RB Pi NoIR) használatával . .	42
8.	Tárgyalás	47
8.1.	Figyelmet felkeltő észrevételek	47
9.	Összefoglalás	50
9.1.	Következő fejlesztési irányok	50
9.1.1.	Kutatási lehetőségek a szkennertől készített fényképek felhasználásával .	51

Ábrák jegyzéke

2.1. Az elektromágneses sugárzás spektruma [14]	4
2.2. Kézhát vénáinak anatómiai megnevezése (bal oldalt) és egy minta a valóságból . .	4
3.1. Manjiree S. Waikar ¹ és Dr. S. R. Gengaje eredményei	7
3.2. Naoto, Akio és Takafumi kísérlete az ujjak érzetének vizsgálatára	7
3.3. Chih-Lung Lin és Kuo-Chin Fan eredményei	7
3.4. Dipti Verma és Dr. Sipi Dubey eredményei	8
3.5. Yiding W és társai által készített szkennerek	8
3.6. Fu Liu és társai által készített szkennerek	9
4.1. ROI alkalmazása Yiding képeire [18]	11
4.2. Képfeldolgozási folyamatok végrehajtása után bináris maszk létrehozása a képből [19]	11
6.1. A rendszer hardveres architektúrája	14
6.2. A rendszer hardvere	15
6.3. A hardvere dimensionális adatai	17
6.4. Raspberry Pi IR-CUT Camera Module	18
6.5. Raspberry Pi NoIR (No infrared) Camera Module	18
6.6. A kamera, megvilágítással együtt a 3D nyomtatott dobozban	20
6.7. Az interaktív kapcsoló	22
6.8. A rendszer use-case diagramja	25
6.9. Első verziójú grafikus felület	27

6.10. PyQt5 Designer használatával tervezett felhasználói felület	28
6.11. A végleges felhasználói felület fő oldala	30
6.12. Új fénykép alany beviteli folyamat - szekvencia diagram	30
6.13. Insert New User oldal	31
6.14. GDPR nyomtatvány előnézet	32
6.15. Aláírási képernyő	32
6.16. Új fénykép készítés folyamat - szekvencia diagram	34
6.17. Insert item to databse oldal	35
6.18. Alanyok keresése oldal	35
6.19. Adatbázis vizsgálat folyamat - szekvencia diagram	37
6.20. Keresési eredmények oldal	37
7.1. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználása nélkül	39
7.2. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználása nélkül	40
7.3. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek . .	40
7.4. Fényerő tesztelés	41
7.5. Fényerő tesztelés	41
7.6. Fényerő tesztelés	42
7.7. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek . .	43
7.8. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek . .	43
7.9. Fényerő tesztelés	44
7.10. Fényerő tesztelés	44
7.11. Fényerő tesztelés	45
7.12. Fényerő tesztelés	45
7.13. A szkennер végső beállításai alkalmazásával készült képek	46
8.1. Különbségek a nem hidratált (bal oldali kép) és a hidratált (jobb oldali kép) között .	48
8.2. Erezet összehasonlítása – unoka (bal) és nagypapa (jobb)	48
8.3. Erezet összehasonlítása – anya (bal) és fia (jobb)	49
8.4. Erezet összehasonlítása – rokoni kapcsolatban nem álló emberek között	49

1. fejezet

Bevezető

Egyre inkább jellemzővé válik napjainkban az elektronikai berendezéseink személyre szabhatósága, saját, előre elmentett profil kialakításával. A felső kategóriás autóktól a mobiltelefonokig egyre több eszközbe integrálnak a gyártók személyi azonosítására dedikált rendszert, mind biztonsági, mind kényelmi szempontból. Ahogy az autóba beülve ujjlenyomattal azonosítjuk magunk, az autó képes beállítani az előre elmentett ülés és kormány pozíciónkat, egyúttal egyértelmű módon azonosít is. Napjainkban majdnem minden személy saját okostelefonnal rendelkezik. Természetesnek vesszük, hogy a beléptető rendszere pillanatok alatt azonosít és megnyitja előttünk a rendszert, mindezt úgy, hogy csakis a megadott személyek jogosultak a használatra. Az azonosítás modern módszerek szerint biometrikus azonosítással történik. A testünk számos pontja alkalmas lehet arra, hogy egyedi azonosítóként szolgáljon. Leggyakrabban a ujjlenyomat, az arc és az írisz szolgál egyedi azonosítóként. A fokozott biztonság érdekében gyakran kombinálják is ezen alkalmazásokat. Van azonban sok olyan élethelyzet, amikor a rendszerek nem engedik meg az ujjlenyomat használatát. Ennek oka lehet biztonsági, mind veszélyes környezet (például magas feszültség jelenléte, ahol tilos megérinteni bármit), mind gyakorlati (például vizes vagy poros környezet), akár mind egészségügyi (közösségi tereken sokak által használt beléptető rendszerek vírusok, baktériumok és egyéb fertőzések hordozói). Habár a 2D-s (csak kép alapú) arcfelismerés az elmúlt időben nagy fejlődést mutat egyszerű kamera rendszerek alkalmazásával, könnyen átverhető olyan fényképekkel, amik az adott személyről készültek. Ezért lehet szükséges egy másodlagos biometrikus azonosító alkalmazása. A dolgozatomban egy olyan termék prototípus szeretnék bemutatni, amely

megoldás és/vagy alternatíva lehet ezekre a kihívásokra. Egy lehetséges módja az emberek egyedi azonosítására a test bizonyos pontjain történő vénáknak az egymáshoz viszonyított pozícióinak a vizsgálata. A vénák egyedi módon, 2 dimenzióban ábrázolható hálózatot, térképet alkotnak. A kézhat jól hozzáférhető részén található a testnek. Az ökölbe szorított kézhaton infravörös fényforrásos környezetben, megfelelő kamerát használva látható válik a felvételeken ez a hálózat. Ez az erezet nem elegendő teljes és egyértelmű 100 százalékos megbízhatóságú azonosításra, azonban kiegészítő rendszerként elegendő lehet. A fent említett élethelyzetekben, amikor nem opció az ujjlenyomat olvasóhasználat, a kézhati vénás erezet alternatíva lehet kiváltani ezt a biztonsági lépést. A kézfej erezet adatgyűjtő berendezés prototípusa azért került megtervezésre és megépítésre, mert a megfelelő biometria azonosítást biztosító algoritmusok kifejlesztésére és tesztelésére szükséges nagy méretű adathalmazra van szükség, amelyen mérések végezhetőek a további algoritmusok fejlesztése végett. Mivel környezetünkben nem tudunk hasonló adatbegyűjtő berendezés létéről, az alaptól kezdve saját fejlesztésű rendszert kellett tervezni a feladat elvégzésére. Az adatgyűjtő berendezés bemutatásra került 2023 -ban és 2024 -ben is a Sapientia EMTE kari Tudományos Diákköri Konferenciáján [15], illetve a Temesváron 2023 -ban a Műszaki Tudományos Diákköri Konferencián. Ezen dolgozat célja, hogy bemutassam a teljes rendszert, mint egy kész termék prototípus, amely anyagi és időbeli befektetést követően piacképes termék lehet. Az eszköz által készített adatbázis fontos kutatási területeken lehet kutatás alapja. Napjainkban a mesterséges intelligencia fénykorát éli, így evidens, hogy ezen technológia is potenciális alkalmazhatóvá válhat. A dolgozatban bemutatom a prototípust szoftver és hardver oldalról egyaránt megközelítve, kiemelve az általunk meghatározott rendszer specifikációkat, a tervezés és fejlesztés során tapasztalt kihívásokat.

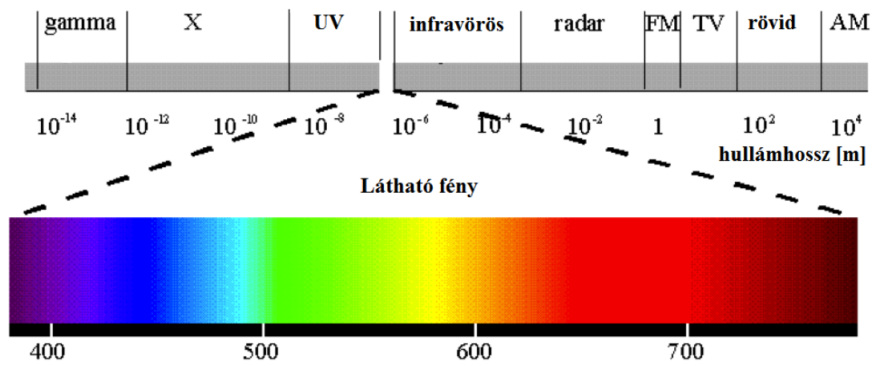
2. fejezet

Elméleti háttér

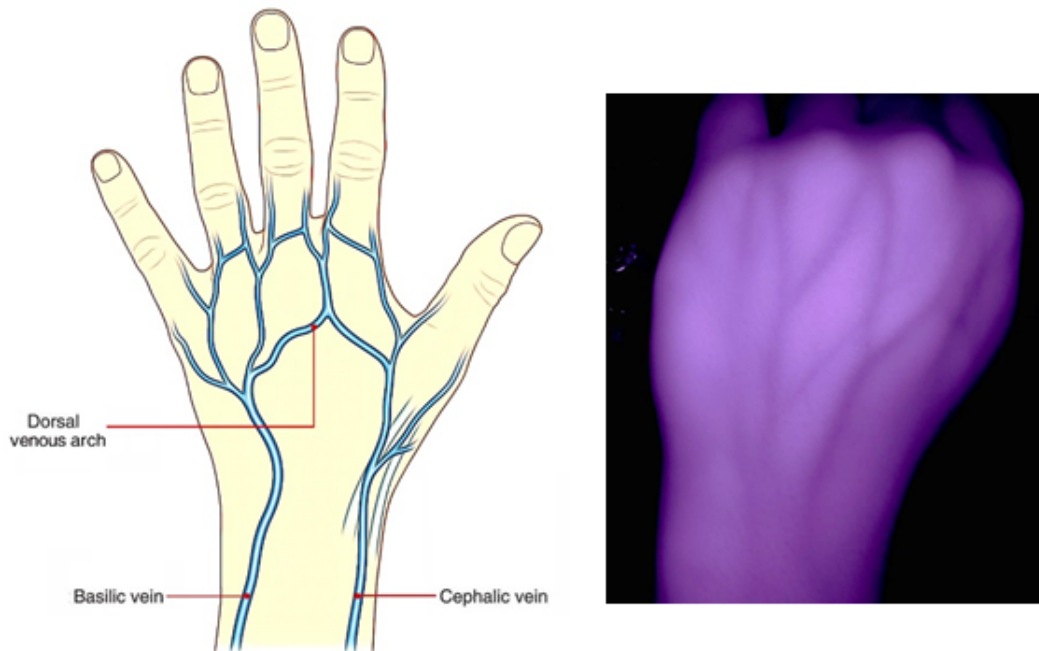
2.1. Infravörös elektromágneses sugárzás

Az infravörös fény elektromágneses sugárzás. Az elektromágneses sugarak hullámhossza a 2.1 ábrán látható. Hullámhossza a látható fény hullámhossza alatt, de a rádióhullámok hullámhossza felett van, gyakorlatilag 700 nanométer és 1 milliméter között. Frekvenciatartományban 300 gigahertztől 430 terrahertzig tejed. Mivel ez a spektrum igen széles (viszonyításképpen a látható fény spektruma körülbelül 400 és 700 nanométer között van), ezért további csoportra szokás osztani a hullámhossz függvényében:

1. Közeli infravörös sugárzás (NIR, IR-A): 0,75-1,4 μm hullámhosszú
2. Rövid hullámhosszú infravörös sugárzás (SWIR, IR-B): 1,4-3 μm hullámhossz
3. Közepes hullámhosszú infravörös sugárzás (MWIR, IR-C): 3-8 μm hullámhossz
4. Hosszú hullámhosszú infravörös sugárzás (LWIR, IR-C): 8-15 μm hullámhossz
5. Távoli infravörös sugárzás (FIR): a 15-1000 μm -es hullámhosszok közé eső tartományok.



2.1. ábra. Az elektromágneses sugárzás spektruma [14]



2.2. ábra. Kézhát vénáinak anatómiai megnevezése (bal oldalt) és egy minta a valóságból

1

¹<https://www.earthslab.com/anatomy/dorsal-venous-arch-hand-foot/>

2.2. Vénák anatómiája

A vénák a keringési rendszer fontos elemei. Nevezik őket visszereknek vagy gyűjtőereknek is. Feladatuk az oxigén szegény, szén-dioxid dús vér szállítása a szív irányába. Általában színük kékes, átmérőjük nagyobb, mint az artériáké. Behálózzák a test egészét, a test minden részén megtalálhatóak. Mivel a vénák tanulmányozása egész anatómiai tudomány ág, ezen dolgozatban nem célunk bemutatni és magyarázni részletekbe menően a test vénáinak rendszereit. Azonban a dolgozat szempontjából fontos lehet a kézfejen levő vénák szerkezetének és anatómiájának ismerete. A kézfej vénái habár egyedi geometriát alkotnak mindenkinél, anatómiailag ismert felépítésük van. A 2.2 ábrán láthatóak a vénák főbb típusai. Összehasonlítás és az eredmények előzetes demonstrálása céljából mellé tettük az általunk készített fényképek egyikét. Egyértelműen megfigyelhető a hasonlóság.

3. fejezet

Szakirodalom áttekintése

3.1. Történelem

A történelem első feljegyzése biometrikus azonosítókról Egyiptomból származik, Khufu fáraó piramisának építési korszakából. Feltehetően egy adminisztrátor jegyezhette fel az építő munkások adatait (név, kor, pozíció, végzett munka stb.) a személyek saját lábnyomával együtt agyagtáblákra. A piramisok építésekor hatalmas logisztikai kihívást jelentett a építő munkások étkeztetése. Minden építő munkás havi egyszer vehette át élelem adagját az erre a célra kijelölt helyről. A munkások az agyag táblával érkeztek a élelem átvételére, ahol ellenőrizték a „személyazonosságukat” ennek segítségével [2, 12].

A modern, digitális biometriai azonosító rendszereket az 1960 -as, '70 -es években kezdték el kifejleszteni, a tudományos és mérnöki szférában már módszeresen ismert katonaság és biztonság-technika tudomány területeken [3]. Kezdetben az ujjlenyomatot használták erre a célra.

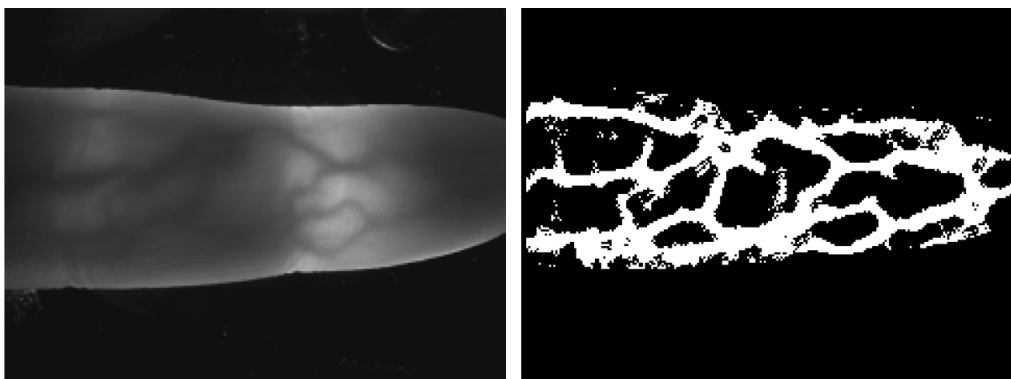
3.2. Vénák, mint biometriai azonosítók

A vénás erezet vizsgálatot több kutatócsoport folytatott. 2017 –ben Manjiree S. Waikar és Dr. S. R. Gengaje infravörös fényben készült képeken detektálták a kéz hát vénáit és alkalmazták MATLAB –os program környezetben biometriai azonosítás céljával [17]. A 3.1 ábrán láthatjuk az általuk készített képeket. Ezen képekhez hasonló próbáltunk reprodukálni saját berendezéssel.



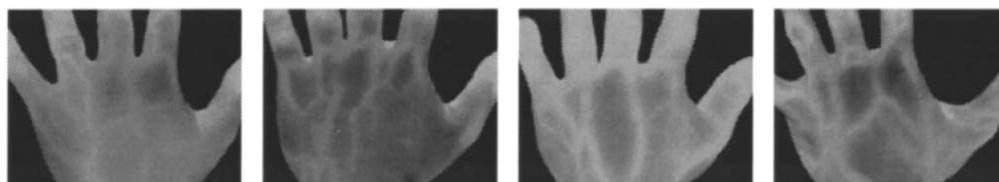
3.1. ábra. Manjiree S. Waikar¹ és Dr. S. R. Gengaje eredményei

Naoto, Akio és Takafumi az ujjak vénás erezetét vizsgálta [11]. Saját tervezésű szkennert építettek és használtak. Kísérleteik sikeresnek bizonyultak. A 3.2 ábrán látható az általuk készített kép az ujj felszínéről a kép készítésekor és feldolgozás után.



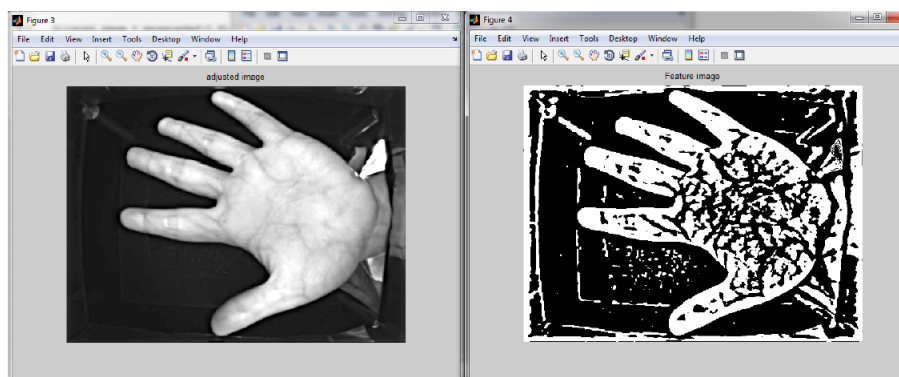
3.2. ábra. Naoto, Akio és Takafumi kísérlete az ujjak erezetének vizsgálatára

Több tanulmány készült olyan berendezésekről is, melyek a tenyér vénáit kívánták detektálni. Ilyen Chih-Lung Lin és Kuo-Chin Fan publikációja [9], melyben több egyén tenyeréről készültek képek, melyek a 3.3 ábrán láthatóak.



3.3. ábra. Chih-Lung Lin és Kuo-Chin Fan eredményei

Egy másik, kutatást végzett Dipti Verma és Dr. Sipi Dubey ugyanezen témakörben, mondhatni sikeresebb eredményekkel [16]. A 3.4 ábrán látható egy, az általuk készített szkennelvel vételezett kép és a feldolgozás utáni kép.



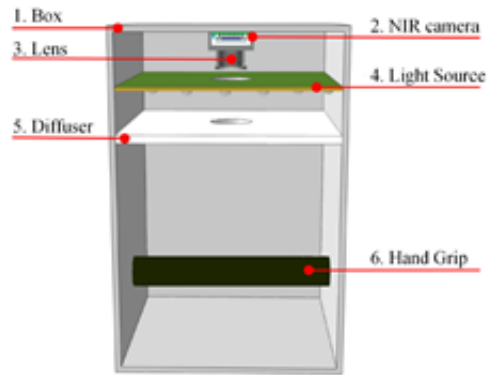
3.4. ábra. Dipti Verma és Dr. Sipi Dubey eredményei

A szkennel fizikai megvalósítása előtt tanulmányoztam Yiding W és társai által dokumentált infravörös szkennert [18]. Az általuk alkotott berendezés által készült képek a 3.5 ábrán láthatóak. Fu Liu és társai szintén publikáltak egy erre a célra fejlesztett szerkezet [10]. A szerkezetük vázlata a 3.6 ábrán látható.



3.5. ábra. Yiding W és társai által készített szkennel

Az évek során több tucat további dolgozat megjelent, melyekben vénák által meghatározott hálózatokra készítenek algoritmusokat azonosítási céllal [8, 7, 13, 5]. A megfelelő adatok előállítására azonban nem igazán létezik jól dokumentált adatbegyűjtő rendszer. Motiváció volt emiatt az, hogy reprodukálható, jól dokumentált rendszert készítsék, amelyet később akár célközönségnek el is lehessen adni, mint speciális termék, adatbegyűjtő rendszer.

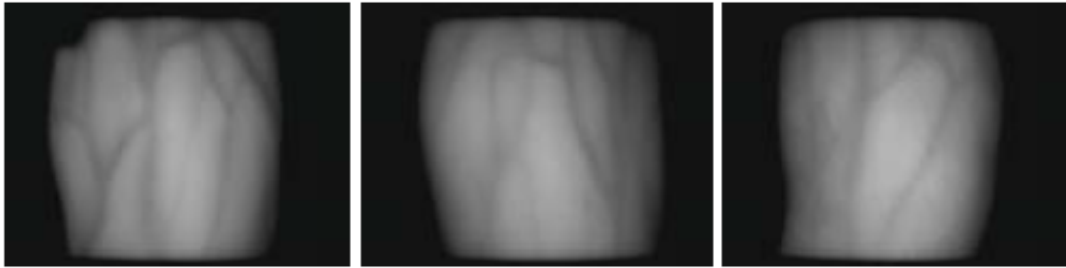


3.6. ábra. Fu Liu és társai által készített szkennert

4. fejezet

Célkitűzések

Elsődleges célkitűzésünk az volt, hogy létrehozzunk egy olyan kézzel fogható hardver eszközt, amely képes nagy mennyiségben és gyorsan fényképeket készíteni emberi kézfejekről, hogy ezt követően a megfelelően elkészített képekből adatbázist lehessen készíteni. Ezen adatbázis felhasználható lehet későbbi kutatásokhoz, előre láthatóan több területen, mint például az orvostudomány, biometrikus azonosítás és biztonságtechnikai rendszerek stb. A hardver tervezéskor figyelembe vettük, hogy olyan alkatrészeket válasszunk, amelyek reprodukálhatók vagy újra megvásárolhatók, ezzel biztosítva, hogy valamilyen sérülés vagy hiba esetén rövid időn belül újra összeállítható legyen az eszköz. Az eszköznek a lehető legkisebbnek kell lennie, hogy könnyen hordozható legyen, és a lehető legjobb képminőséget adja. Cél egy olyan prototípus elkészítése, amely alkalmas lehet a későbbi kutatásokhoz, és akár tömegtermelésre is alkalmas. Mivel környezetünkben (Erdély vagy akár Románia, Magyarország szintjén) nem tudunk olyan eszköz létezéséről, amely alkalmas lehet kézfej erezet adatbázist létrehozni, célunk volt, hogy jól dokumentáljuk az eszköz szerkezeti megvalósítását és összetételét. A fényképeken nagyságrendileg kézfejek ugyanabban tartományban kell elhelyezkedjenek, ezzel segítve a későbbiekben azt, hogy a képek egy bizonyos részét kivágjuk és ezt használjuk a további feldolgozási folyamatok során (ROI = region of interest). Egy példa erre a 4.1 ábrán látható. Az elkészülő képeken utólagos képfeldolgozási folyamatok végrehajtása után különböző bináris (fekete – fehér) maszkokat nyerhetünk ki a vénák helyzetéről, ahogyan látható a 4.2 ábrán.



4.1. ábra. ROI alkalmazása Yiding képeire [18]



4.2. ábra. Képfeldolgozási folyamatok végrehajtása után bináris maszk létrehozása a képből [19]

5. fejezet

Rendszer specifikációi

Az adatbegyűjtő berendezés egy összetett rendszer, több komponensből épül fel. A zökkenőmentes működéshez nélkülözhetetlen mind hardver, mind szoftver oldalról a hibátlan állapot. A rendszer komplexitása és funkcionalitása alapján fontos megérteni és megfelelően kezelni minden egyes komponensét, hogy biztosítsuk az egész berendezés optimális teljesítményét és megbízhatóságát.

5.1. Funkcionális és nem követelmények

5.1.1. Funkcionális követelmények

A rendszer feladata az adatgyűjtés. Mivel ez egy potenciális kis darab számban előállított termék, ezért a rendszernek a következő funkciókat kell biztosítania:

- A rendszer működtethető kell legyen az erre a célra kifejlesztett szoftveren keresztül erre kiképezett embereknek.
- A rendszernek képesnek kell lennie a kézfejek erezetének tárolására, megjelenítésére fényképes formában, illetve az adatok kezelésére.

5.1.2. Nem funkcionális követelmények

A rendszernek a következő nem funkcionális követelményeknek kell megfelelnie:

- A rendszer működését a felhasználók számára egyszerűvé kell tenni, rendszer megtanulása nem lehet túl bonyolult, mivel a rendszer használói nem feltétlenül rendelkeznek informatikai ismeretekkel.
- Egy új alany adatainak felvétele nem lehet túl bonyolult, mivel az adatgyűjtésnek gyorsnak kell lennie, meglévő alany adatainak betöltése nem lehet túl bonyolult, legfeljebb 5 másodpercet vehet igénybe.

5.2. Felhasználói követelmények

A kézfej erezet szkennel felhasználói követelményei több fontos területet ölelnek fel, beleértve a rendszerhasználati, működési, karbantartási, támogatási, adatvédelmi és biztonsági követelményeket, valamint a felhasználói képzést.

A rendszernek rendelkeznie kell egy egyszerű és intuitív felhasználói felülettel, amely lehetővé teszi a kiképzett személy számára, hogy könnyedén és hatékonyan vezérelje a folyamatokat. Az adatbevitel során fontos az automatikus hiba ellenőrzés, mely képes kiszűrni a szándékosan és a nem szándékosan beírt hibás adatokat, mint a név és a születési dátum, esetleg a felhasználó azonosító.

Az adatok és képek tárolása biztonságos és hatékony kell legyen. A szinkronizáció valós időben kell biztosítsa, hogy a legfrissebb információk mindig elérhetők legyenek. A felhasználói adatok tárolás kényes folyamat, ezért figyelni kell a megfelelő körülményekre a rendszer használata közben, nehogy a fizikai vagy a virtuális térben ellopják a felhasználói adatokat.

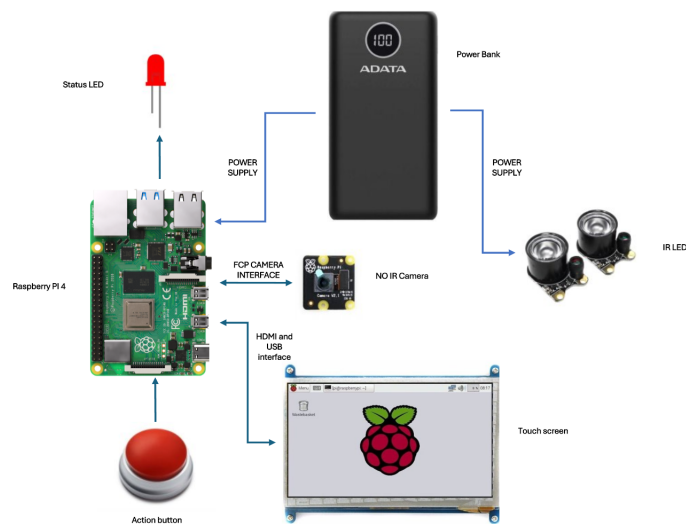
A felhasználói képzés kiemelt fontosságú, biztosítva, hogy a rendszer használatára kiképzett személyek alapos képzésben részesüljenek, amely magában foglalja a rendszer használatát, az adatbevitel módját és az esetleges hibák elhárításának lépéseit. Nem utolsósorban, a kiképzett személyeknek válaszolniuk kell az alanyok kérdéseire, akár az adataik kezelését, akár a képek felhasználására vonatkozik a kérdés.

6. fejezet

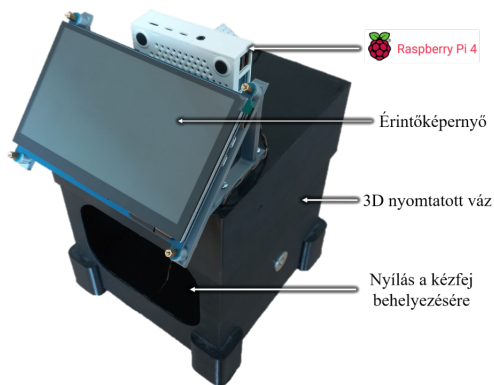
Gyakorlati megvalósítás

6.1. Rendszer architektúra

A teljes fizikai hardver architektúra a 6.1 ábrán látható. Az összeszerelt hardver a 6.2 ábrán látható.



6.1. ábra. A rendszer hardveres architektúrája



6.2. ábra. A rendszer hardvere

A hardver egyedi tervezésű eszköz. Váz szerkezetét egy egyedi tervezésű 3D nyomtatott alkatrész alkotja. Ez az alkatrész lényegében egy olyan doboz, amely el van látva egy tetővel és az egyik oldala nyitott. Ezen a nyíláson kell az egyén behelyezze a kezét fénykép készítés céljából. A 3D nyomtatott doboz kivételével a hardver többi része, így a központi vezérlőegység az érintőképernyő, a kamerák, a fényforrások és a kapcsolók is ezen kutatás alkalmával kerültek beszerzésre és implementálásra. A 3D nyomtatott doboz egy előző kutatáshoz lett tervezve.

Szerkezeti szempontból a következők szerint bontható fel a hardver:

1. Központi vezérlőegység
2. 3D nyomtatott vázszerkezet
3. Képernyő és tartószerkezete
4. Kamera és megvilágítás rendszer
5. Interaktív kapcsoló fénykép készítéséhez
6. Akkumulátor

6.1.1. Központi vezérlőegység

Az eszközünk központi vezérlőegysége egy alacsony költségű számítógép, a Raspberry PI 4 Model B¹, 2018-as kiadásban, 4 gigabájt RAM –mal szerelve. A Raspberry Pi alapvetően egy számítógép, amely rendelkezik számítógépek hagyományos értelemben vett jellemzőivel. Támogat Bluetooth és WiFi kommunikációt egyaránt. Megtalálhatóak rajta a fontosabb szabvány csatlakozók, mint USB, HDMI, Ethernet stb.

A számítógép a következő típusú processzorral van szerelve: Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz². Az általunk használt modellben integrálva van továbbá 4 GB LPDDR4-3200 SDRAM típusú memória. A Raspberry PI 4 sajátossága a többi számítógéphez képest abban rejlik, hogy megtalálható rajta továbbá 40 darab GPIO (általános célú bemenet/kimenet) port. A GPIO lehetővé teszi a számítógép perifériáival történő kommunikációt. Például érzékelők, LED-ek, motorok, kapcsolókkal és egyéb külső eszközök olvashatóak és vezérelhetők innen. A számítógép alaplajára integrálva van egy 2 sávós MIPI DSI kijelző csatlakozó. Ezt felhasználva speciális kijelzőket csatolhatunk hozzá, akár éritőképernyőket is. A Raspberry PI 4 Model B típusnak van továbbá 2 sávós MIPI CSI interfésze kamerákhoz. A megvalósított eszköz használja az fenti interfészek nagy részét a tervben meghatározott célokra. Fizikai méreteit tekintve egy eléggé kicsi eszköz: 85 x 56 milliméter. Áramellátása megoldható az USB-C porton keresztül, illetve a GPIO megfelelő lábait használva. Célszerű legalább 3 amper leadására képes táp forrást használni. A gyártó által megadott üzemi hőmérséklete 0 és 50 °C között található. Az adatok a Raspberry PI hivatalos weboldalaról származnak³.

6.1.2. 3D nyomtatott vázszerkezet

A 3D nyomtatás technológiája egy viszonylag új találmány, azonban évről évre elterjedtebb és elérhetőbb lesz egyre szélesebb körökben. A 3D nyomtatás lehetővé teszi, hogy egy számítógépes felületen megtervezett, szinte bármilyen formájú tárgyat létrehozzunk a valóságban, háromdimenziós térben, különböző anyagok (általában műanyagok) felhasználásával, amelyeket korábban

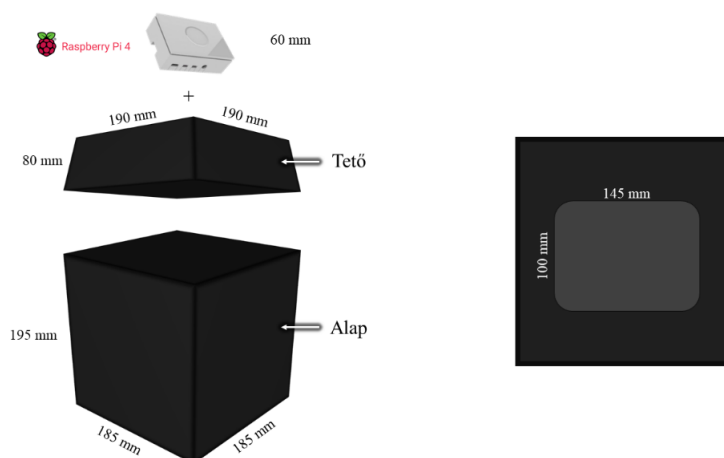
¹<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>

²<https://datasheets.raspberrypi.com/bcm2711/bcm2711-peripherals.pdf>

³<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>

nehéz vagy lehetetlen lett volna elkészíteni hagyományos módszerekkel. Több szoftver is a rendelkezésünkre áll számítógépes 3D modellek tervezésére, de akár arra is van lehetőségünk, hogy egy 3 dimenziós szkennert használva, bevigyünk a számítógépbe egy modellt, amit később kinyomtat-hatunk.

A hardverünk vázszerkezetének anyaga a PLA. A további szükséges 3D nyomtatott alkatrészek szintén PLA –ból készültek. A szkennert berendezés fizikai dimenziói a 6.3 ábrán láthatóak.



6.3. ábra. A hardvere dimensionális adatai

A berendezés kompakt méretű, körülbelül 30 centiméter magas összeállított állapotában, szélessége és hosszúsága nem egészen 20 centiméter. Kompakt mérete lehetővé teszi, hogy egyszerűen hordozható legyen. A berendezés képes mobilisan működni. A szkennert tömege (külső akkumulátor nélkül) körülbelül 1500 gramm. Mobilis jellege lehetővé teszi, hogy különböző helyszíneken tudjunk fényképeket készíteni, így nem szükséges egy adott helyre hívni a kísérletben résztvevő egyéneket. A 3D nyomtatott doboz egyik oldalán található egy nyílás, amelyen keresztül a kísérletben résztvevő egyének behelyezik a kezüket a doboz belsejébe.

6.1.3. Képernyő és tartószerkezete

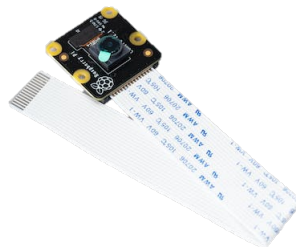
A berendezéshez a csatlakoztatva lett egy LCD érintőképernyő, melyet 3D nyomtatott tartó szerkezettel rögzítettünk. A kijelző segítségével az adatgyűjtést vezető személy vezérelni tudja az eszközt, illetve az elkészült képeket ellenőrizni is tudja, szükség esetén pedig akár szerkesztheti az adatbázist. A számítógép és a kijelző közötti adatátvitelt és a működéséhez szükséges feszültséget HDMI és USB interfészekon keresztül oldjuk meg.

6.1.4. Kamera és megvilágítás rendszer

A szkenner egyik legfontosabb alkotóeleme a speciális kamera és a hozzátartozó infravörös fényforrások. Az általunk használt kamerák érzékelői CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) típusúak. A Raspberry PI –nak napjainkban létezik számos saját kamera modulja. Ezek felbontása 5, 8 illetve 12 megapixel (MP), gyártási év függvényében. A kísérleteink során két kamerával próbálkoztunk. A felhasznált kamerák a 6.4 és a 6.5 ábrákon láthatóak.



6.4. ábra. Raspberry Pi IR-CUT Camera Module



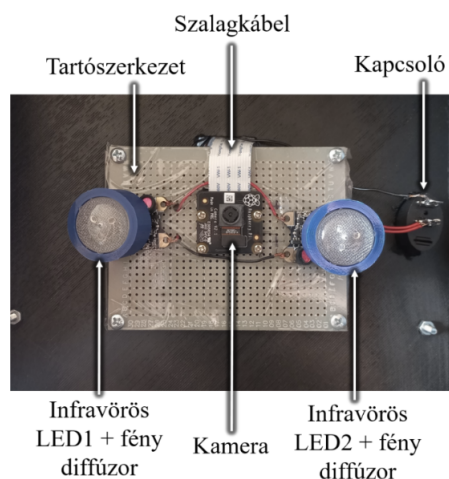
6.5. ábra. Raspberry Pi NoIR (No infrared) Camera Module

A Raspberry Pi IR-CUT Camera Module mely a 6.4 számú ábrán látható, egy speciális verziója a hagyományos Raspberry Pi Camera Module-nak. Célja, hogy képes legyen nappali és éjszakai üzemmódban egyaránt működni illetve, hogy ezek között automatikusan váltani tudjon. A kamera egy speciális áramkörre van ráépítve. Ezen áramkörhöz tartozik két darab eltávolítható infravörös LED fényforrás, integrált áramkörre szerelve. Ha a kamera környezetében elegendő természetes fény van, az áramkör lekapcsolja a megvilágítást. Mikor a természetes fény mennyisége csökken (például éjszaka, vagy fénytől elzárt tér) a LED felkapcsol, hogy az infravörös fénynek is bejuthassanak a kamera érzékelőhöz. Elsősorban ezen kameratípust megfigyelési célból szokták telepíteni. A kamera a Raspberry PI 4 saját 2 sávós MIPI CSI interfészén keresztül csatlakoztattuk egy szabványosított szalagkábelt használva. A kamera (és a LED-ek) tápellátása ezen szalagkábelén keresztül történik, akár csak a teljes adatátvitel, szinkron órajel átvitel stb. A kamera szerkezetileg 3 különálló fő egységből áll, ahogyan a 6.4 ábrán látható: a kamera test és két darab csatlakozható infra-LED. A kameramodul egy integrált áramkörre lett kiépítve. Ennek közepén található a tulajdonképpeni érzékelő és a lencsék. A kamera egy 5 megapixeles szenzorral van ellátva (felbontása: 2592x1944 pixel). Képes akár 1920 x 1080 pixel felbontású, 30 FPS (Frames Per Second) képkocka számú videóanyag rögzítésére. A kamera szenzor egy OV5647⁴ típusú CMOS érzékelő.

A kísérletek során kipróbáltunk egy másik kamerát is, a Raspberry Pi IR-CUT Camera Module-t (RB Pi NoIR). A kamera a 6.5 ábrán látható. A modul egy 5 megapixeles OV5647 érzékelőt használ. Ezen kamerához nem tartozik gyári infravörös LED –del ellátott integrált áramkör. A kamerát ugyanazon módszerrel lehet csatlakoztatni a Raspberry PI –hez, mint az előző típusú kamerát, 15 szálal szalagkábelrel. A kamera gyárilag beállított fix fókuszú rendszer. Az egyetemi szakértők segítségét kérve, azonban sikerült a kamera lencséit olyan pozícióba állítani, hogy az éles kép pont a kézfej fénykép készítés közbeni magasságába legyen alkotva. A kamera ugyanazon tartószerkezetre lett felszerelve, mint az előző. Mivel szükségünk van ezen kamera esetében is az infravörös megvilágításra, így az előző kamerával használt infravörös fényű LED –ek itt is fel lettek használva. A LED –ek tápellátása direkt módon a Raspberry PI egyik 3,3 voltos lábán keresztül történt. Azért, hogy a hordozható eszköz minél tovább tudjon egyetlen feltöltött külső akkumulátor segítségével működni, beépítésre került egy kapcsoló is, amivel a LED –eket be és

⁴https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/RaspberryPi/ov5647_full.pdf

ki lehet kapcsolni. A LED –ekre fel lettek szerelve a LCD televíziókból kiszerelt fény szét szóró diffúzorok annak érdekében, hogy a fényt hatékonyabban szét lehessen szórni, ne jelenjenek meg fényes felületek a vételezett képeken. Az összeszerelt szerkezet a 6.6 ábrán látható. A Raspberry Pi NoIR (No Infrared) Camera Module különlegessége, hogy képes érzékelni az infravörös hullámhosszú fényt, illetve hogy lencséje nem tartalmaz olyan szűrőt, ami kiszűrné a 700 nanométer feletti elektromágneses sugarakat. A LED –ek energia ellátása időközben a Raspberry PI –tól a direktben bekötésre került az akkumulátorról. Ennek oka, hogy az LDR érzékelők kiiktatásra kerültek, mivel nem tudtak állandó fényerőt biztosítani, így színárnyalati különbségek voltak az elszűrt képeken. Változtatható értékű ellenállással, állandó áram mellett kimértük egy megfelelő fényerősséget biztosító ellenállás értéket, majd egy ekkora értéket megközelítő, passzív áramköri elemet be is iktattam a rendszerbe.

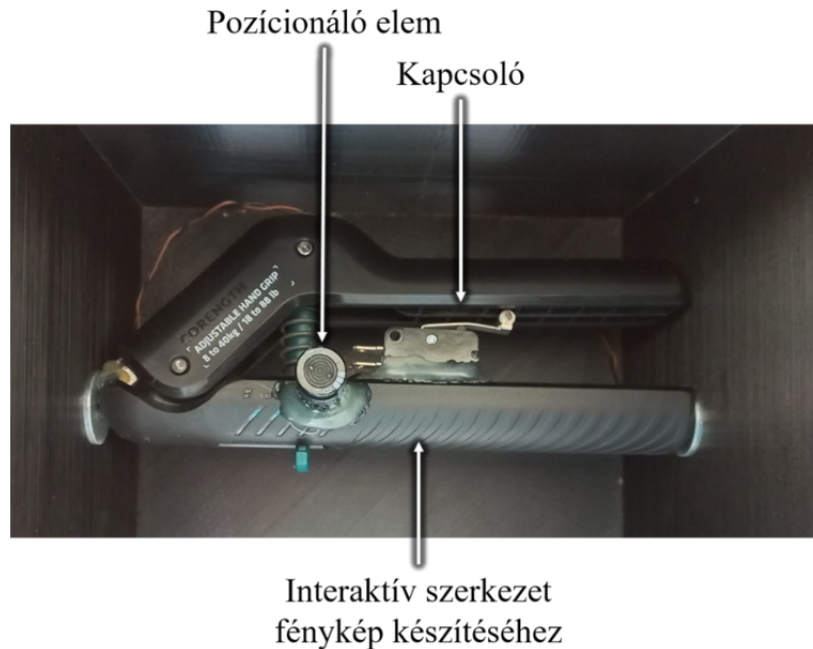


6.6. ábra. A kamera, megvilágítással együtt a 3D nyomtatott dobozban

A fejlesztés során több típusú kamerával dolgoztunk. A jelen pillanatban is használatban levő kamera fix fókuszú. A finom hangolás érdekében a kamera pozíciója állítható a szkennerteljes tetejével együtt. Erre a célra a szkennert 4 sarkában csavarokat építettünk be, melyekkel kellő magasság milliméter pontossággal elérhető.

6.1.5. Interaktív kapcsoló fénykép készítéséhez

A szkennert belsejében található egy egyedi tervezésű kapcsoló, ami egy orvosi felhasználású cél-eszközből lett átalakítva. Ez az eszköz rehabilitációs célokra volt tervezve olyan betegek számára, akiknek kézfeje sérülés vagy egyéb behatás következtében legyengült vagy visszafejlődött. Ezen eszközzel rendeltetésszerűen erősíteni lehet a kéz izmait szorító erőt kifejtve. Az eszköz állítható annak függvényében, hogy mekkora erőt képes kifejteni a beteg szorítással. A keménységét (azaz az összeszorításához szükséges erő mértékét) egy rugó szabályozza. Ezen rugó túl keménynek bizonyult a mi felhasználásukra, mivel esetenként akár több másodpercig is szorítani kell a kapcsolót fénykép készítéséhez. A rugó egy kisebbre lett cserélve, ezáltal könnyebbé válik az eszköz összenyomása. A céleszköz (továbbiakban interaktív kapcsoló) szerkezetébe be lett építve egy végállapot kapcsoló is. Ennek a szerepe, hogy mikor az alany összenyomja az interaktív kapcsolót jelet küldjön a számítógépnek, ami aztán adott esetben fényképet tud készíteni a kézfejről. A jelet egy vezetéken továbbítjuk a számítógéphez. Az interaktív kapcsoló felső részére építettünk egy pozícionáló elem szerepe az, hogy az alany kezét a megfelelő pozícióba állítsa, korlátozva a kézfej térbeli forgását. Ilyen módon a különböző kézfejek felületi síkjainak különözete elhanyagolható. A kapcsoló a 6.7 ábrán látható. Az interaktív kapcsoló a 3D nyomtatott doboz belsejébe lett felszerelve. Két csavarral lett rögzítve a doboz két oldalára. A kapcsoló pozícióját tekintve úgy lett elhelyezve, hogy a fénykép készítésére a lehető legalkalmasabb legyen. Azzal, hogy rögzítve van két tengelyen az következik, hogy a kép mélysége állandó lesz (ezáltal a fix fókuszu kamerák is jól használhatóvá válnak). Mikor a felhasználó összeszorítja a kapcsolót a kézfejen található bőrfelület megfeszül, ezzel alkalmassá téve azt a kép elkészítésre. Az eszköz végső fázisában kapott egy piros színű jelző LED –et, aminek a szerepe, hogy a számítógép által küldött jelzéseket egyszerűen és egyértelműen megjelenítse. Ennek működése szoftverből szabályozható, be programozható különböző esemény utáni/közbeni villogásra vagy akár világításra is.



6.7. ábra. Az interaktív kapcsoló

6.1.6. Akkumulátor

Az akkumulátor látja el elektromos energiával a rendszert szigetüzemű, azaz olyan állapotban, amikor nem hálózati feszültség működteti. Az akkumulátor egy Adata márkájú 20000 mAh kapacitású, 5 voltos Li-ion akkumulátor. Az akkumulátor a rendszer egyik legfontosabb eleme, hiszen a rendszer hordozhatóságát és mobilis működését biztosítja. Az akkumulátor a rendszer belsejében található, a 3D nyomtatott doboz aljában. Az akkumulátor a rendszer többi részéhez hasonlóan egyedi tervezésű tartószerkezetbe van beépítve. Azért választottam ezt a modellt, mert a zökkenőmentes működtetéséhez szükség van 3 amper leadására képes akkumulátorra. Két áramkör alkotja a rendszert, az egyik a Raspberry PI –t, a másik a kamerát és a LED –eket látja el energiával.

6.2. Szoftver architektúra

Mint minden hardvereszköz, a szkennер is szoftveres támogatást igényel. A szoftvert több szempont szerint tárgyalhatjuk, mint operációs rendszer, kamera modul vezérlő szoftver rész, LED ve-

zérő modul vagy interaktív kapcsoló vezérő modul.

6.2.1. A Raspberry PI operációs rendszere

A központi vezérő egység egy kisméretű, de teljes értékű számítógép, a Raspberry PI 4 Model B. Ezen a számítógépen egy speciálisan a Raspberry Pi –hez kifejlesztett operációs rendszer fut. Az alapértelmezett operációs rendszer a számítógépen a Raspberry Pi OS⁵ (ez korábban Raspbian néven futott), ezt a Raspberry Pi hardverre optimalizálták. A Raspberry Pi OS egy Linux alapú disztribúció. Telepíthető továbbá más Linux alapú általános felhasználású operációs rendszer is rá, mint például Ubuntu, Debian, Fedora stb., de akár egy speciális Windows 10 is elérhető illetve Chrome OS is. Egyszerűsége, Linuxos vonatkozása és a kis energia fogyasztási (ezáltal gyorsaság) szempontjából a mi felhasználási célunkra a legmegfelelőbb választás a Raspberry Pi OS. A rendszer boot –olása egy nagy sebességű SD kártyáról történik. A Linux egy nyílt forráskódú operációs rendszer. A Linux lehetőséget biztosít arra, hogy a felhasználók számára egyedi szoftvereket fejlesszenek, amelyek a rendszer működését segítik. A Linux alapú operációs rendszerek a számítógép teljesítményét és a rendszer működését is optimalizálják. A Raspberry Pi OS egy könnyen kezelhető grafikus felülettel rendelkezik, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy a rendszer működését egyszerűen és gyorsan kezeljék, akár érintőképernyős felületen is. A rendszer a Raspberry Pi OS egyedi tulajdonságait is kihasználja, mint például a GPIO portokat, a HDMI kimenetet, a WiFi és Bluetooth kommunikációt, a kamera és érintőképernyő interfészeket.

Lehetőségünk van arra, hogy képernyő és billentyűzet nélkül használjuk a Raspberry PI 4 –et. Engedélyezve az SSH elérést VNC szerveren keresztül irányíthatjuk a számítógépet a grafikus felület használatával. Lehetőség van továbbá arra is, hogy a Visual Studio Code segítségével, szintén SSH használatával direkt módon a Raspberry –n programozzunk, és futtassunk kódokat. A fejlesztés során mindkét variánst használtuk. Az SSH kliens használatához szükségünk van lokális hálózatra. A számítógépnek van saját Ethernet csatlakozója, de akár WIFI hálózaton is kapcsolódhatunk hozzá. Esetünkben célszerűbb a vezeték nélküli hálózat használata, mivel egy mobilis eszközről van szó. Mobilis használat során egy mobiltelefon segítségével oldhatjuk meg

⁵<https://www.raspberrypi.com/software/>

az internetelérést és a lokális hálózat létesítését az internetmegosztás funkció használatával.

6.2.2. A Raspberry PI –hoz tartozó kamera modul

A Raspberry Pi kameramodulok a Raspberry Pi saját kamerái. A kameramodulok a Raspberry Pi saját 2 sávú MIPI CSI interfészén keresztül csatlakoznak a számítógéphez. A kameramodulok a Raspberry Pi OS operációs rendszerrel együttműködve működnek. A rendszer fejlesztése során több típusú kamera modult és kamera konfigurációt próbáltunk ki. A jelenlegi fázisban lévő képek minőségét nagyrészt a kamera szoftveres hangolása biztosítja.

A kamera felhasználása jelenleg egy parancssorból meghívott programmal van megoldva inkompatibilitási problémák miatt, ebben a sorban van paraméterezve a kamera beállítás.

Kamera előnézet és fénykép készítés paraméterezve

```
sudo libcamera-still --encoding png -o <file_name> --awbgains 0.9,0.75 --brightness -0.4  
--width 2000 --height 2000 --saturation 0.1 --denoise cdn_hq -t 10000
```

6.2.3. A Raspberry PI –hoz tartozó LED vezérlő modul

A LED vezérlő modul a Raspberry PI GPIO portjain keresztül vezérli a LED –eket. A LED –eket a GPIO portokon keresztül tudjuk be és kikapcsolni. A LED szerepe, hogy jelezzen a kép alany számára, hogy sikeres volt-e a kép elkészítése. A LED vezérlő modul a következőképpen működik:

LED modul vezérlő kódrészlet

```
GPIO.setup(4,GPIO.OUT)    #LED kimenet beallitasa  
GPIO.output(4,GPIO.HIGH)  #LED bekapcsolasa  
GPIO.output(4,GPIO.LOW)   #LED kikapcsolasa
```

6.2.4. A Raspberry PI –hoz tartozó interaktív kapcsoló vezérlő modul

Az interaktív kapcsoló vezérlő modul a Raspberry PI GPIO portjain keresztül kommunikál a számítógéppel. Az interaktív kapcsoló szerepe, hogy jelezzen a rendszernek, mikor a kép alany kész a kép elkészítésére. Az interaktív kapcsoló vezérlő modul a következőképpen működik:

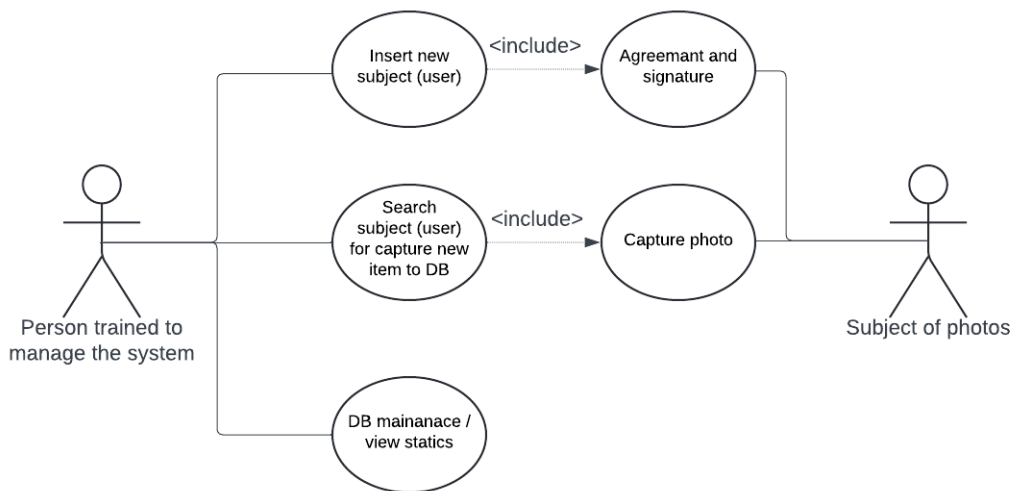
Az interaktív kapcsoló vezérlő kódrészlet

```
GPIO.setup(2, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP) #a kapcsoló konfigurálására egy adott GPIO
        labra es felhuzo ellenallas bekapcsolasa egyben)
state = GPIO.input(2) #a state változoba beolvasása a kapcsoló állapotáról, ha False akkor
        be van húzva, maskepp True
```

6.3. A szoftveres megvalósítás

A szoftveres megvalósítás során a Raspberry Pi OS operációs rendszeren futó Python programozási nyelvet használtuk. A Python egy könnyen tanulható, de erős programozási nyelv, amely lehetővé teszi a programozók számára, hogy gyorsan és hatékonyan fejlesszenek szoftvereket. A Python programozási nyelv a Raspberry Pi OS operációs rendszerrel előtelepítve érkezik és szorosan együtt működik azzal.

A 6.8 számú ábrán látható a rendszer use-case diagramja. Az implementálást megelőzően a rendszer működése ezen diagram segítségével került megtervezésre.



6.8. ábra. A rendszer use-case diagramja

6.3.1. UI - Grafikus felület

UI rövidítése a "User Interface"-nek, amelyet magyarul "felhasználói felület"-ként fordítunk. A felhasználói felület egy olyan része a programnak vagy berendezésnek, melynek szerepe a felhasználóval való kommunikáció és interakció biztosítása. A felhasználói felület az elsődleges kapcsolódási pont a felhasználó és a számítógép között. Fontos, hogy megfelelő színvonalon legyen kidolgozva. A rendszerhez több, összesen három felhasználói felület is készült. Azért volt szükség folyamatos újításra, mert az egyes részeredményekként elkészült felhasználói felületek nem feleltek meg a követelményeknek. A szkenner sajátossága, hogy érintőképernyővel van felszerelve, ezért a felületen található gomboknak és egyéb komponenseknek a mérete megfelelő kell, hogy legyen. A felhasználói felület összes verziója Python könyvtárak segítségével implementáltuk.

A UI - Grafikus felület első verziója

Első próbálkozásként a felhasználói felületet teljesen önállóan, felhasználói felület generátorok nélkül készítettük kézi debuggolással. A grafikus felület működéséért az egyszerű Python könyvtár, a Tkinter⁶ volt a felelős. Tkinter használatával lehetőségünk van egyszerű űrlapok létrehozására szöveg beviteli elemek, legördülő listák, rádiógombok és gombok használatával. A Tkinter alkalmasnak tűnt az általunk alkotott grafikus vezérlő szoftver megalkotásához, mivel egyszerű módszert biztosít a felhasználói felületek írására Python nyelvben. Annak okán, hogy az alkalmazás többi része is Python nyelvben íródott, a rendszer szintjén egyszerű integrációt biztosított az egyes szoftveres komponensek közé. A Tkinter nem támogatja a reszponzivitást (nem érzékeny az egyes ablak átméretezésére) - legalább is beépített függvények nem támogatják. Az egyes gombok különböző függvény hívásokat képesek végezni. Ilyen függvényekben történt a megfelelő karakterláncok kiértékelése, mint például a név és dátum mező ellenőrzése, vagy az azonosító generálás. A felhasználó felület egyetlen ablakon helyezkedett el összesűrítve a funkcionalitásokat, ahogyan az 6.9. A program használata a következő volt:

1. Név (vezeték + család) megadás

⁶<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

2. Születési dátum megadása, ami történhet karakterláncként vagy a dátum kiválasztó ablak használatával, ez utóbbi esetében miután megtörtént a kiválasztás a Dátum beállítása gomb segítségével vihetjük be az adatot a megfelelő mezőbe.
3. A JSON fájl kiválasztása az adatok mentéséhez
4. Az elkészíteni kívánt fényképek számának beállítása
5. Felhasználói (kísérleti alany) egyéni azonosítójának generálása a Kód generálás gombra kattintással történik.
6. Fénykép készítés és adat mentés

A program bal felső sarkában szerepel az aktuális dátum. A törlés gomb lenyomásával törlésre került az összes mező tartalma, beleértve az egyedi azonosítót. Miután generálva lett az egyedi azonosító a névből és születési dátumból, a program ki listázta a felhasználóról előzetesen készített képek számát.

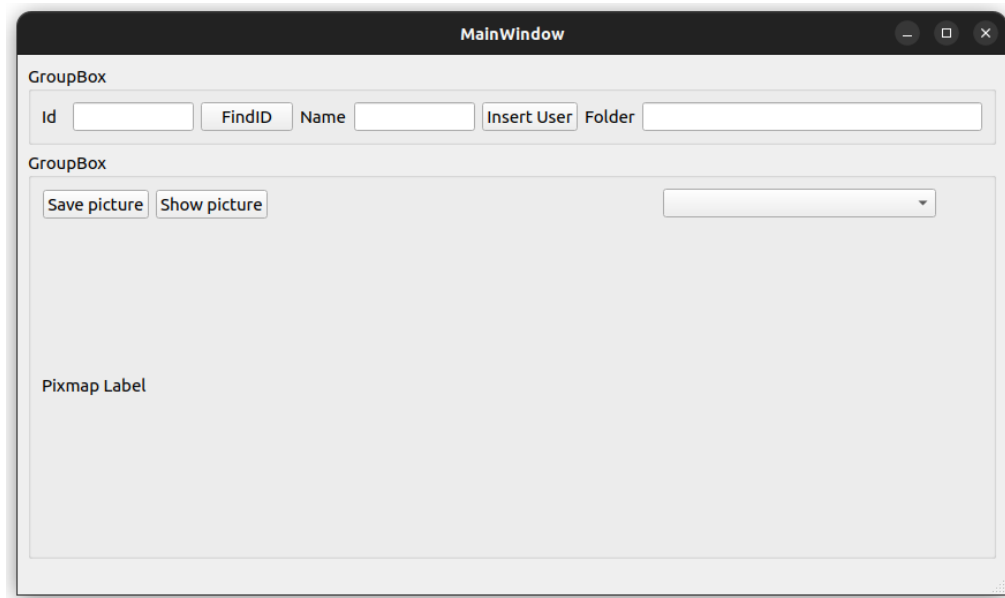
The screenshot shows a software window titled "Infravörös kézfej szkennelő irányítópult". It contains several input fields and buttons. At the top left, it shows the current date "2023.04.10. Hétfő". The main form has a "Név:" field with "Vasi András", a "Születési idő:" field with "2001.12.08.", and a "Paciens azonosító:" field with "2001VA1208". There is a "Töröl" (Delete) button and a "Dátum beállítás" (Date setting) button. A date picker is open, showing a calendar for December 2001. Below the date picker, it says "Adattároló (JSON) fájl: D:/Studies/VeinSegmentation/hand_data.json". At the bottom, there is a "Mentés" (Save) button, a "Készítendő képek:" field with a value of 3, and a "Kép készítés" (Image creation) button. The number of images created is displayed as 9.

6.9. ábra. Első verziójú grafikus felület

A fejlesztés során sok akadályba ütköztünk, mivel nagyobb komplexitású alkalmazások fejlesztésére nem alkalmas a Tkinter, továbbá lévén hogy egy régebben fejlesztett könyvtár csomag, nem igazán támogatja és használja ki a modern python lehetőségeit.

A UI - Grafikus felület második verziója

Az adatbegyűjtő berendezés a fejlesztés későbbi fázisában új felhasználói felületet kapott. Mivel a hardver teljesen egyedi fejlesztésű, saját és teljesen egyedi felhasználói felület kellett fejleszteni hozzá. A kezdetektől fogva a teljes vezérlésért felelős kód, melyet a Raspberry PI -on futtatunk Pythonban volt fejlesztve. Az inkompatibilitási problémáktól még a tervezés fázisában célunk volt megővni a rendszert. Ezért a felhasználói felület is Python nyelven került implementálásra újra. Ezúttal a PyQt5⁷ Python könyvtárat alkalmaztuk. Azért esett erre a választásom, mert egyszerűen, modern módszerekkel lehet a használatával felhasználói felületet futtatni Python környezetben. Másik érvem a használata mellett az volt, saját felhasználói felülete van felhasználói felület tervezésére, a Qt5 Designer. Az elkészült felhasználói felület a 6.10 ábrán látható.



6.10. ábra. PyQt5 Designer használatával tervezett felhasználói felület

Ahogy látható egyszerűbbé vált az adatbegyűjtő rendszer használata. A rendszer ezen verziója nem kért születési dátumot, mivel felhívták a figyelmemet, hogy adott esetben személyi jogokat sérthet.

Megemlíteném, hogy a felhasználói felület egy másik Raspberry Pi operációs rendszerén lett

⁷<https://pypi.org/project/PyQt5/>

kifejlesztve, ami a Python 2. verzióját használja. Emiatt a PyQt5 saját kamera előnézet alkalmazása nem futtatható a mi rendszerünkön. Elő kameraképet biztosító komponens kivételével a többi komponens támogatott Python 3 -as környezetben, így a komponens cserélve lett.

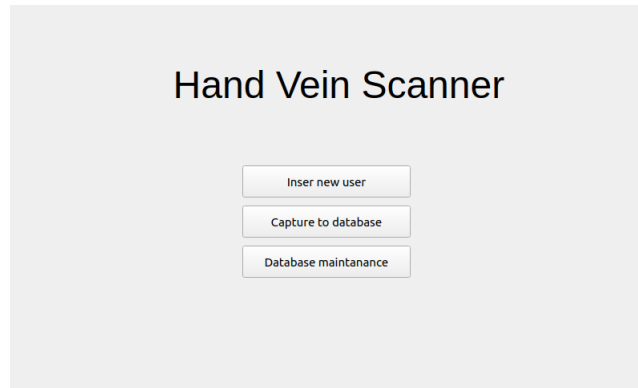
Az rendszer szoftverének 2. verziója sem bizonyult alkalmasnak a gyakorlati tesztek folyamán. Azon túl, hogy nem sikerült a kamerát a megfelelő képpen konfigurálni, a szoftver nem bizonyult alkalmasnak az érintő képernyővel támogatott rendszeren történő használata közben. A gombok mére nem volt megfelelő, használata pedig nem volt egyértelmű mindenki számára.

A UI - Grafikus felület harmadik - végső verziója

A fejlesztés következő lépcsőfokaként terveztünk és implementáltunk egy teljesen új felhasználói felületet. A harmadik verzió létrehozására több tapasztalatot összegyűjtöttünk, amelyektől tanulva és ezeket alkalmazva megszülethet egy új és felhasználó barát program. A rendszer vezérlése gombokkal és szöveg beviteli mezőkkel történik, így alkalmas lesz arra, hogy egyetlen érintőképernyőn és egy billentyűzeten keresztül vezéreljük. Az új felhasználói felületen nem egyetlen ablakon lett összesűrítve az összes funkcionalitás, tanulva az előző verziók hibájából és ezáltal sikerült egyszerűen használhatóvá tenni a rendszert. Vezérlő felület tervezése során wireframe-t készítettem Figma⁸ webes tervező felületen.

A rendszert strukturáltuk a felhasználó által végzett műveletekre csoportosítva. A tervezés során UML (Unified Modeling Language) diagramokat [1] [6] készítettünk. A szekvencia (sequence) diagramok [4] fontos szerepet játszanak a szoftverfejlesztésben. Ezek a diagramok a rendszerben zajló interakciókat és folyamatokat jelenítik meg időrendi sorrendben, kiemelve az objektumok közötti kommunikációt. A felhasználói interakció az általunk tervezett rendszerben 3 folyamatággal írható le. Az ezek közötti választási/váltási lehetőség a rendszer felhasználó felületének fő oldalán található ahogyan az 6.11 ábrán is látható, melyeket gombok segítségével választhatjuk ki.

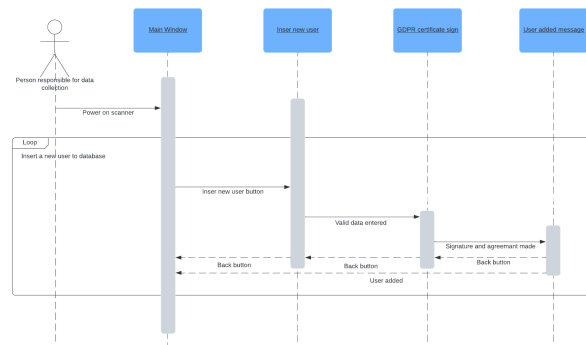
⁸<https://figma.com>



6.11. ábra. A végleges felhasználói felület fő oldala

A rendszer szoftverének használata

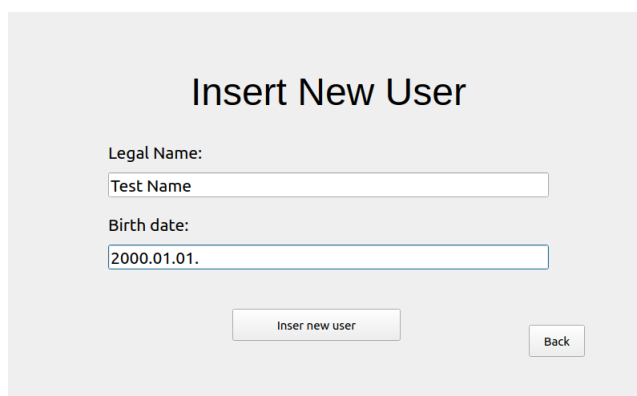
A rendszer megfelelő beállítások után automatikusan elindul a számítógép indítása után. A programot bezárni a billentyűzet segítségével lehetséges Alt + F4 gyorsbillentyű kombinációval. Az indulást követően az alkalmazás kezdő (menü) képernyője nyílik meg. Ha a rendszert kezelő felelős személy egy új alanyt akar bevenni a rendszerbe, akkor az első (Insert New User) gombot kell megnyomnia. A program ezen ágának a használata a 6.12 szekvencia diagramon követhető.



6.12. ábra. Új fénykép alany beviteli folyamat - szekvencia diagram

A Gomb lenyomás után megnyílik az (Insert New User) ablak, amit a 6.13 ábra mutat, ahová új képek alanyainak adatait kell, hogy bevezessük. A szkennerek ezen verziója ismét kér felhasználói adatokat, mivel időközben készítettünk a rendszerhez egy saját Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozatot vagy röviden GDPR -t, amit elfogadva lehet csak egy új személy ada-

taik begyűjteni. A megadott beírt adatok ellenőrzésre kerülnek. Abban az esetben, ha nem helyes legalább egyik adat, nem léphetünk tovább a következő ablakra. Ebben az esetben egy hibaüzenet figyelmeztet. Csakis az ÉÉÉÉ.HH.NN. formátum az elfogadott a születési dátum mezőben. Ezen adatokra azért van szüksége a rendszernek, mert a későbbi kutatásokban különböző statisztikai mutatók meghatározására is lehetőségünk lehet, amit az alanyok korával hozhatunk összefüggésbe. Továbbá a képek alanyainak egyedi azonosítóit is ezután a lépés után tudjuk kigenerálni, felhasználva a nevet és a születési dátumot. Így például a képen megadott Test Name és a 2000.01.01. mezőkből a fiktív felhasználó egyedi azonosítója TN000101 lesz.



Insert New User

Legal Name:
Test Name

Birth date:
2000.01.01.

Insert new user Back

6.13. ábra. Insert New User oldal

Helyesen bevitt adatok után az új alany személyes adatai még nem kerülnek elmentésre. Azért, hogy jogilag megfeleljen a szabványoknak a berendezésünk, az alanyok mindegyike Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozatot kap, melyet a képernyőre kiírva tud elolvasni, ahogyan a 6.14 ábrán látható. Ha elfogadja a feltételeket az Agreement and Signature gomb segítségével egy új oldalra navigál a rendszer, ahol az alany saját kézírásával kell a igazolja, hogy elfogadja az előbbieket. Ezen ablak az 6.15 ábrán látható. Ebben a lépésben még lehetősége van meggondolni magát és nem aláírni, visszalépni a felhasználó hozzáadásának folyamatából. Ha azonban elfogadja, aláírja saját kézírásával az érintőképernyőn. Abban az esetben, ha nem elégedett az aláírásával a Reset gomb segítségével újra próbálhatja az aláírást. Az OK gomb lenyomásával a rendszer egy egyedi Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozatot készít, amely tartalmazza a felhasználó személyes adatait, a pontos dátumot, illetve a megfelelő helyen az alany kézzel írt aláírását.

The screenshot shows a web form titled "Insert New User". Inside the form, there is a section titled "Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozat". This section contains two parts: "1. Az adatkezelő adatai:" and "2. Az adatkezelés célja:". The first part lists the organization as "Sapientia Erdélyi Magyar Tudomány Egyetem - Marosvásárhelyi kar - Villamosmérnöki tanszék", the data controller as "Vasi András - Számítástechnika 4. év", and the project leader as "Dr. Lefkovits László, Sapientia Erdélyi Magyar Tudomány Egyetem - Marosvásárhelyi kar - Villamosmérnöki tanszék". The second part is currently empty. At the bottom of the form, there are two buttons: "Agreement and Signature" and "Back".

6.14. ábra. GDPR nyomtatvány előnézet

The screenshot shows a digital signature interface. It features a large white rectangular area where a handwritten signature "Test Sigr" is displayed in black ink. Below this area, there are three buttons: "OK", "Reset", and "Back".

6.15. ábra. Aláírási képernyő

A nyilatkozat .pdf dokumentum formátumban lesz kigenerálva, melyet később akár fizikai formában kinyomtatva a felhasználónak oda is adhatunk. A dokumentumok a GDPRcertificates könyvtárba kerülnek mentésre. Sikeres aláírás és az Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozat generálása után meghatározásra kerül az egyedi azonosító, melyet a képernyőre egy üzenet ablakon jelenítünk meg.

A rendszerbe épített automatikus pdf generátor egy általunk tervezett python szkript. Ebben egy előre felépített HTML fájlt használ alapul, melyben a benne található személyes adatok behelyettesítésre kerülnek. A szkript használata parancsból történik. Az egyes parancssori argumentumok használatával kerülnek beállításra az Adatkezelési Tájékoztató és Beleegyező Nyilatkozatban levő személyes adatok. A parancssorból történő hívás argumentumai a következők:

Argumentum lista - GDPR nyomtatvány

```
{
    parser = argparse.ArgumentParser(description='GDPR certificate generator script.')
    parser.add_argument('-uc', '--usercode', type=str, default='UC000000', help='USER CODE')
    parser.add_argument('-ln', '--legalname', type=str, default='LEGAL NAME', help='LEGAL NAME OF USER')
    parser.add_argument('-bd', '--birthday', type=str, default='2000.01.01.', help='BIRTH DATE OF USER')
    args = parser.parse_args()
}
```

A pdf generálásért felelős kódrészlet a következő:

GDPR nyomtatvány generálása

```
{
    def create_certificate(name, birth_date, current_date, signature_path, output_path):
        signature_path = os.path.abspath(signature_path)
        template_dir = os.path.abspath('.')

        env = Environment(loader=FileSystemLoader(template_dir))
        template = env.get_template('certificate_template.html')

        html_content = template.render(name=name, birth_date=birth_date, current_date=current_date, signature_path=signature_path)

        options = {
            'enable-local-file-access': True
        }
        pdfkit.from_string(html_content, output_path, options=options)
}
```

Példa egy parancssorból történő hívásra a következő:

GDPR nyomtatvány generálása

```
{
    python3 generate_gdpr_pdf.py -uc TN000101 -ln "Test Name" -bd "2000.01.01."
}
```

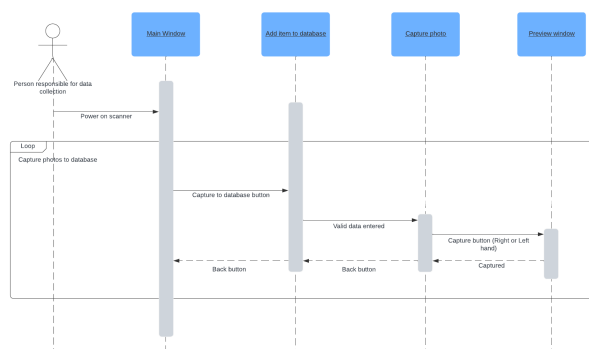
A pdf generálásért a pdfkit python könyvtár a felelős, melyet utólagosan kell telepítenünk rendszerünkhöz pip parancs segítségével, a következőképpen:

pdfkit python könyvtár telepítése

```
{
    pip install pdfkit
    apt-get install wkhtmltopdf
}
```

A pdf generáláshoz hasonlóan az aláírás rögzítése is parancsorból történő osztályhíváson keresztül történik. A Sign.py osztály biztosítja a megfelelő .png állomány mentését az aláírással. Az aláírások a Signatures könyvtárba kerülnek mentésre, melyet felhasználva a készülnek el ezt követően a pdf állományok.

Ezek után a rendszer újra a kezdő lapra navigál, ahol folytathatjuk új alanyok hozzáadásával, vagy egyéb műveletekkel. Abban az esetben, ha az adatbázist akarjuk képekkel bővíteni, a második gombot (Capture to database) kell kiválasztanunk. A folyamat követhető a 6.16 ábrán levő szekvencia diagramon. Ezután megnyílik egy ablak, ahol meg kell adjuk az alany azonosítóját. Az ablak a 6.17 ábrán látható. Abban az esetben ha nem emlékszünk az egyedi azonosítóra, vissza kell navigálnunk a megfelelő gombbal a fő oldalra és az utolsó menü gombot (Database maintenance) kell kiválasszuk, látható a 6.18 ábrán. Erre az alábbiakban kitérünk. Az adatbázisba történő kép rögzítés akkor lehetséges, ha helyes azonosítót adtunk meg. A hibás azonosítót egy üzenet ablak jelzi. Helyes kód beírását követően a rendszer megnyit egy ablakot, ahol kiválasztjuk, hogy melyik kézzől szeretnénk képet készíteni. A jobb vagy bal opció választás után (Capture LEFT/-RIGHT HAND) egy előnézet jelenik meg, ahol élőképen láthatjuk a szkennert által vételezett képet. Az alany behelyezi a kezét a berendezésbe, és ráfog a kapcsolóra. Lehetőségünk van a rendszert konfigurálni, hogy az interaktív kapcsoló meghúzása hogyan vagy egyáltalán befolyásolja-e a kép elkészítését, esetleg késleltetéssel történjen ez. A képek elkészülte után megfelelő elnevezéssel került mentésre előre meghatározott helyre a képfájlok.



6.16. ábra. Új fénykép készítés folyamat - szekvencia diagram

6.17. ábra. Insert item to databse oldal

6.18. ábra. Alanyok keresése oldal

Jelenlegi állapotában a rendszer sikeres új alanyok bevitele után azonnal létrehoz egy üres könyvtárat az alany azonosítóját és egy utótagot felhasználva. Az előbbi képen szemléltetett Test Name fiktív alany esetében a Database könyvtár 'TN000101-db' alkönyvtárt hozza létre. Ide kerülnek mentésre az egyes képek. A képek elnevezése is algoritmikus, előre meghatározott módon történik. A kép elnevezése elő tagja az alany azonosítója, utána a kéz azonosító (R – mint jobb, L – mint bal), végül pedig egy sorszám, amely jelzi, hogy az adott kézről hányadik kép készül éppen. Ezen adatok a Database könyvtárban található database.json fájlban vannak tárolva.

A harmadik verzióban található .json fájl szerkezete a következő:

Végső adattároló egység .json fájljának szerkezete

```
{
  {
```

```

    "general": {
        "totalImageCount": 7,
        "totalUserCount": 4
    },
    "users": [
        {
            "usercode": "TN000101",
            "legalName": "Test Name",
            "birthDay": "2000.01.01.",
            "pictures": {
                "rightHand": 0,
                "leftHand": 0
            },
            "directory": "Database/TN000101_db",
            "gdprFile": "GDPR_certificate_Test NameTN000101_.pdf"
        }
    ]
}
}

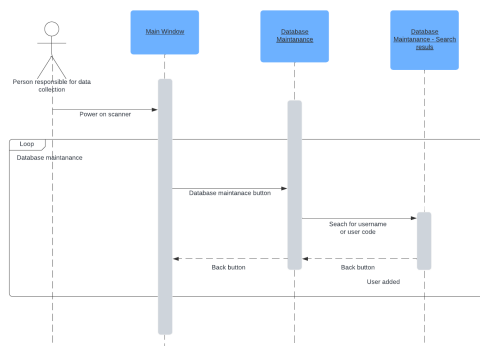
```

A „general” tömbben kerülnek eltárolásra a teljes rendszert érintő adatok. A „totalImageCount” megadja, hogy összesen hány kép található az adatbázisban, a „totalUserCount” megadja a beregisztrált alanyok számát. A „users” tömbben találjuk az egyes alanyokról készített nyilvántartásokat, így a személyes adatokat, a generált Adatkezelési nyilatkozatot, a képi adatbázist tartalmazó könyvtárak relatív elérési útvonalát és a kezekről készült képek számát. A képek számát tároló részek automatikusan frissülnek minden kép készítés esetén.

Az egyes képek elkészülte után a program nem zárja be a kép készítésért felelős ablakot, így egymás után egyszerűen akár több képet és készíthetünk, akár felváltva is.

A harmadik menüpontban találjuk az adatbázis nyilvántartást. A gombot lenyomva egy az előbbihez hasonló ablakot kell, hogy használjunk. Az 6.19 ábrán látható szekvencia diagram leírja a rendszer ezen részének működési elvét. Az ablakon található szöveg beviteli mezőben rákereshetünk akár névre, akár alany azonosítóra is, ahogyan látható a 6.18 ábrán. Abban az esetben, ha van találat az adott keresési szövegre, táblázatos formában kerül megjelenítésre az adat begyűjtés fázisában hasznos információk (azonosító, név, születési dátum és a jobb illetve bal kezekről készült képek száma), ahogyan látható a 6.20 ábrán. Minden sor végén a találatok között található egy gomb, melynek szerepe, hogy megnyomva azt, az adott sorban levő alany azonosítója az operációs rendszer szintű vágólapra másolódjon. Visszalépve „Capture to database” menübe, a rendszert kezelő felhasználó CTRL + V gyorsbillentyű kombinációval beillesztheti az alanyok azonosítóját,

így megkönnyítve a munkát.



6.19. ábra. Adatbázis vizsgálat folyamat - szekvencia diagram

The screenshot shows a web application window titled 'Database maintenance'. Below the title is a search prompt: 'Search for Legal Name or code:'. Below this is a table with the following data:

User Code	Legal Name	Birth Day	Pictures	Copy
TN000101	Test Name	2000.01.01.	RH: 0, LH: 0	

Below the table is a 'Back' button.

6.20. ábra. Keresési eredmények oldal

Mivel a berendezés fő funkciója az adatgyűjtés így a rendszer felhasználói felületébe nem lett implementálva fénykép néző funkció. Erre a programot bezárva van lehetőség, a megfelelő könyvtárakhoz navigálva.

7. fejezet

Eredmények

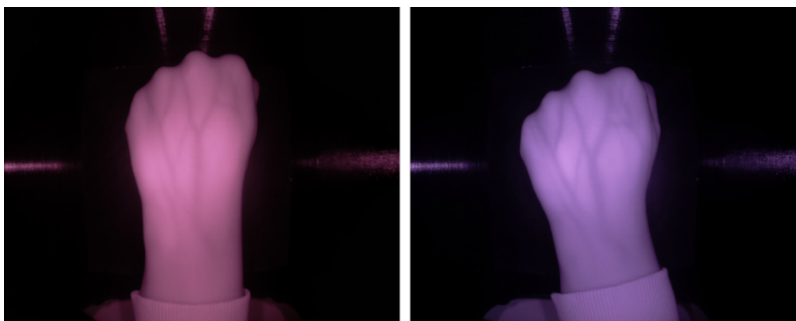
A Célkitűzések fejezetben leírtakhoz viszonyítva sikerült egy olyan eszközt alkotni, ami teljesíti az elvárásokat. Az általunk készített szkennerek alkalmas nagyméretű adatbázist létrehozni kézfej véna ereket fényképekből. Szerkezetileg jól dokumentált, az egyes alkatrészei pótolhatók. Adott esetben akár reprodukálható is. Méreteit tekintve alkalmas a mobilis felhasználásra. A szkennerek által készített képek alkalmasak arra a célra, hogy kinyerhető adatok szülessenek a szegmentált vénák helyzetéről. Mivel több típusú kamerával végeztük a kísérleteket, össze tudjuk hasonlítani az elkészült képeket. A képek, amiket a szkennerek készítenek, néhány feltételnek meg kell, hogy feleljenek. Első és legfontosabb feltétele a képeknek, hogy láthatóak legyenek a kézfej vénái. Az eredmények annál jobbak, minél erőteljesebb a kontraszt azon bőr felületek között, melyek alatt a vénák helyezkednek el vagy sem. A képek továbbá fontos, hogy élesek legyenek. Fontos, hogy a képek alapszíne (a környezet és a bőrfelületek) állandó legyen. Ez azért fontos, mert a képek automata módszerekkel lesznek feldolgozva a további kísérletek során és általánosan lesznek konfigurálva az egyes szűrők. Nagyobb mértékű színelkülönbségek esetén az eredetihez képest nem lesz teljes eredménye a képek feldolgozásának. A képek mérete és felbontása állandó kell, hogy legyen. Nem utolsósorban fontos az is, hogy a kézfejek a képeknek jól meghatározott részén helyezkedjenek el, hogy később automata módszerekkel lehessen ROI –t (Region of interest) alkalmazni a képekre.

7.1. Kísérletek a Raspberry Pi IR-CUT Camera Module használatával

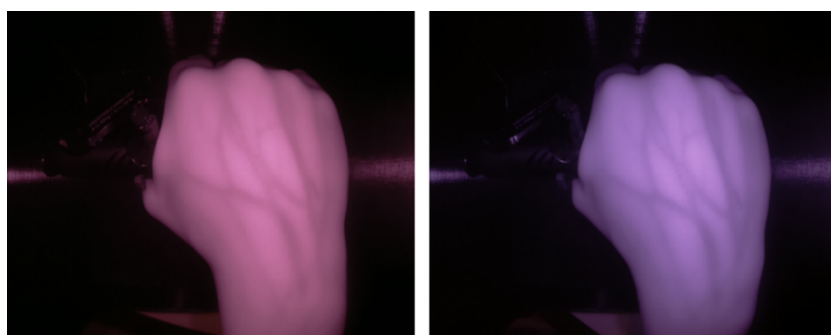
A kísérletek ezzel a kamerával kezdődtek. Kezdetben nem volt még beszerelve a szkennerbe az interaktív kapcsoló, ennek következtében a képek tárgyai (kézfejek) eléggé nagy körben mozoghattak attól függően, hogy a kép alanya hogyan tartotta a kezét. A 7.1 és 7.2 ábrán megfigyelhető, hogy sem a kezek szöge, sem a sem a kamerához viszonyított magassága nem állandó. Emellett attól függően, hogy az egyén mennyire szorította ökölbe a kezét a 7.2 ábrán látható, hogy változott a kézfej szélessége is. A szkennerek kezdeti fázisában még nem megoldott probléma, a képek színhőmérsékletének, és fényerejének a változása az egyes képek között. Ennek oka későbbiekben kiderült, hogy a LED –ek integrált áramkörén lévő LDR érzékelő volt. A későbbi verziókban ez a hiba ki lett küszöbölve. A szkennerek fejlesztve lett azzal is, hogy beépítettük az interaktív kapcsolót, amely biztosítja, hogy a kezek ugyanolyan szögben álljanak minden egyénnél (jobb és bal oldalanként). Lásd 7.3 ábra.



7.1. ábra. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználása nélkül

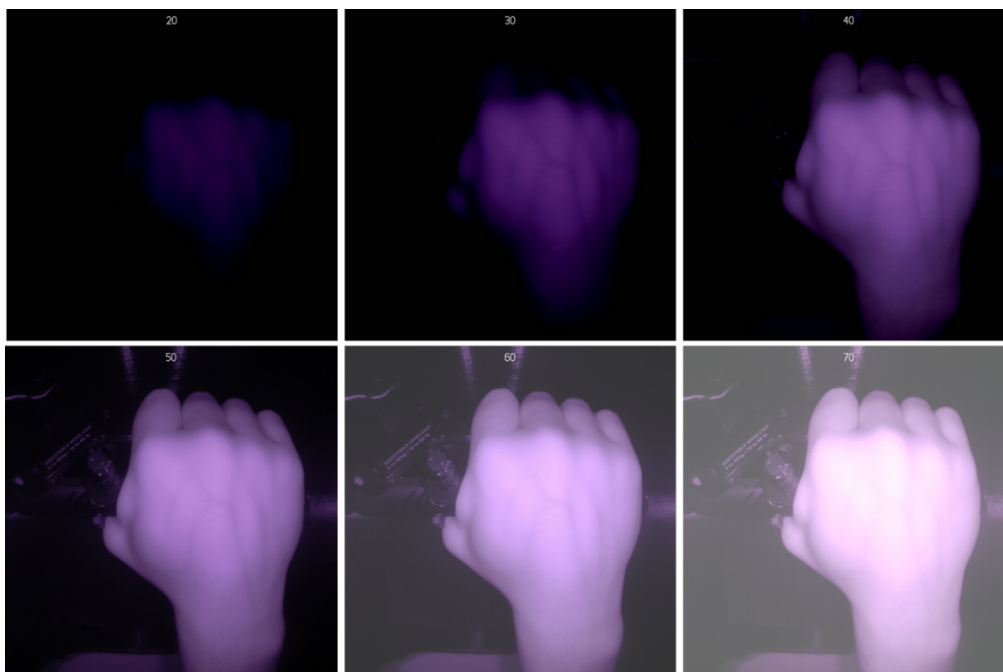


7.2. ábra. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználása nélkül

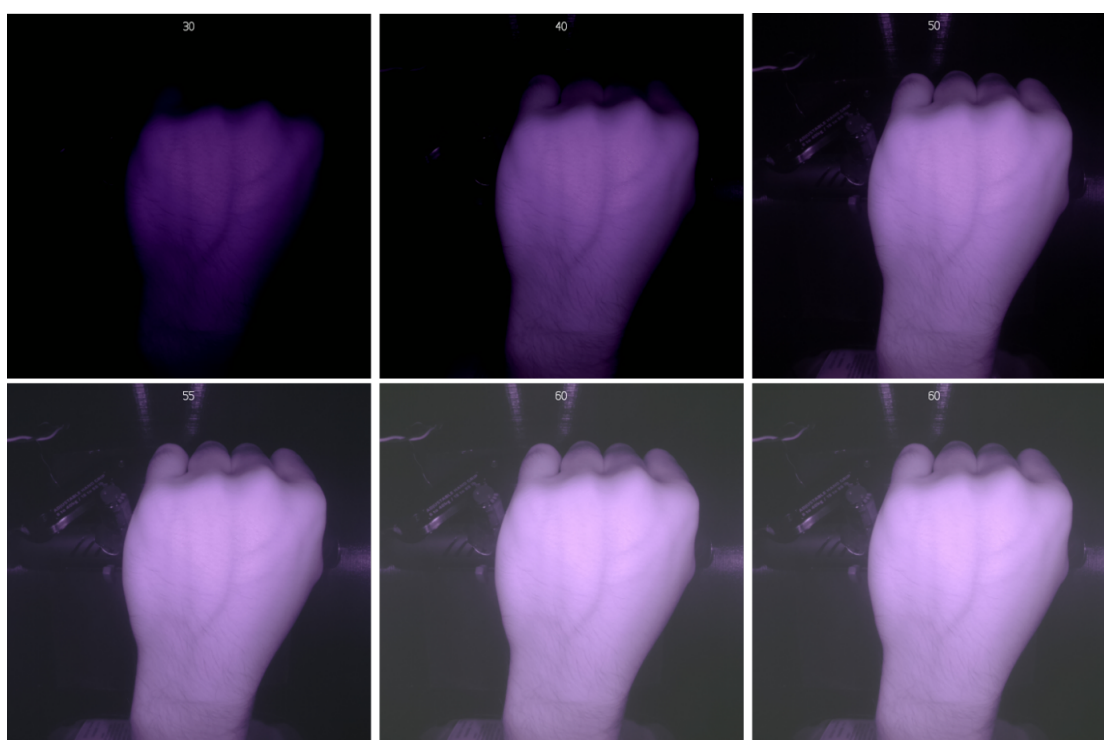


7.3. ábra. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek

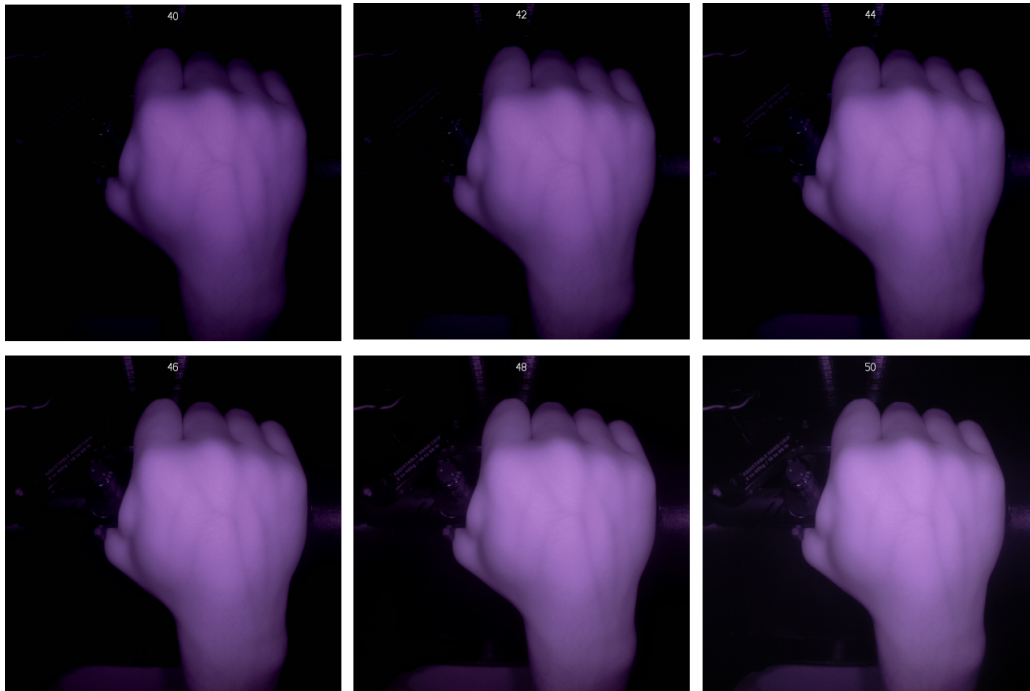
Később próbálkoztunk azzal is, hogy szoftveresen állítsuk a kamera által készített képek fényerejét. Mint kiderült, ugyanazon alany kezéről készített, különböző intenzitású képeken az egyes vénák jobban és kevésbé jobban látszanak. A 7.4, 7.5, 7.6 ábrákon látható, hogy különböző fényintenzitásokon hogyan változik a képek hasznos tartalma. A fényképek fényintenzitás értéke 0 és 100 között mozog. Létrehoztunk egy Python programot, amely az alany kezéről készít 100 képet, képenként más, egyre növekvő intenzitással. Minden fényképre rá lett írva a saját fényintenzitás értéke. Megfigyelhető az ábrán, hogy a mi felhasználási célunkra a 40 és 50 intenzitás értékű képek a legalkalmasabbak, mivel ebben a tartományban a kép hátttere (a doboz és a kapcsoló) még nem igazán látszik, a vénák viszont már ott vannak elkülöníthetően a kézfejen.



7.4. ábra. Fényerő tesztelés



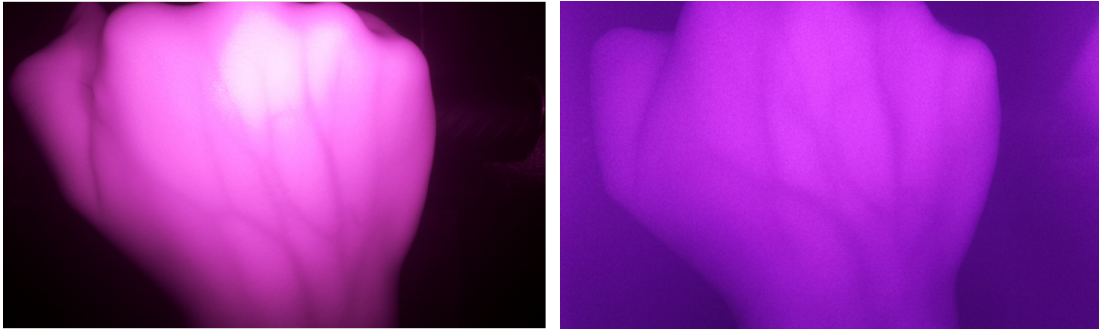
7.5. ábra. Fényerő tesztelés



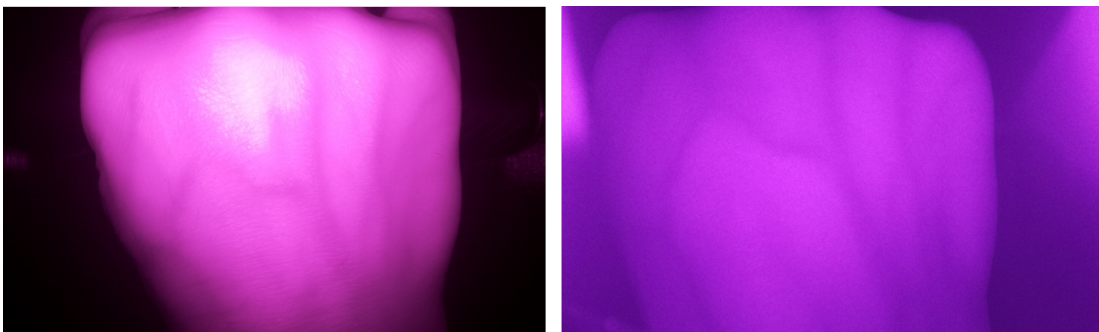
7.6. ábra. Fényerő tesztelés

7.2. Kísérletek a Raspberry Pi Infrared Camera Module (RB Pi NoIR) használatával

A kísérletekben használtunk egy másik kamerát, a RB Pi NoIR –t. Ez a kamera egy másik érzékelőt és technológiai háttérrel használ, ennek következtében az elkészült képek is másképpen néznek ki, másképpen nyerhető ki belőlük az adat. A kamera cseréjével egyidejűleg fel lettek szerelve az infravörös LED –ekre a fény terítő diffúzorok. Az infrafény továbbra is túl intenzív és koncentrált maradt, aminek hatására a kézfejek bizonyos pontjain erősebben verődött vissza a fény, ezzel kiégetve a kép egyes részeit. A probléma megoldása képpen később le lettek takarva a diffúzorok bizonyos anyaggal, mely hatására megoldódott ez a probléma, viszont a vénák láthatóságára is hatott. Az eredmények összehasonlítva a 7.7, 7.8. ábrákon láthatóak.

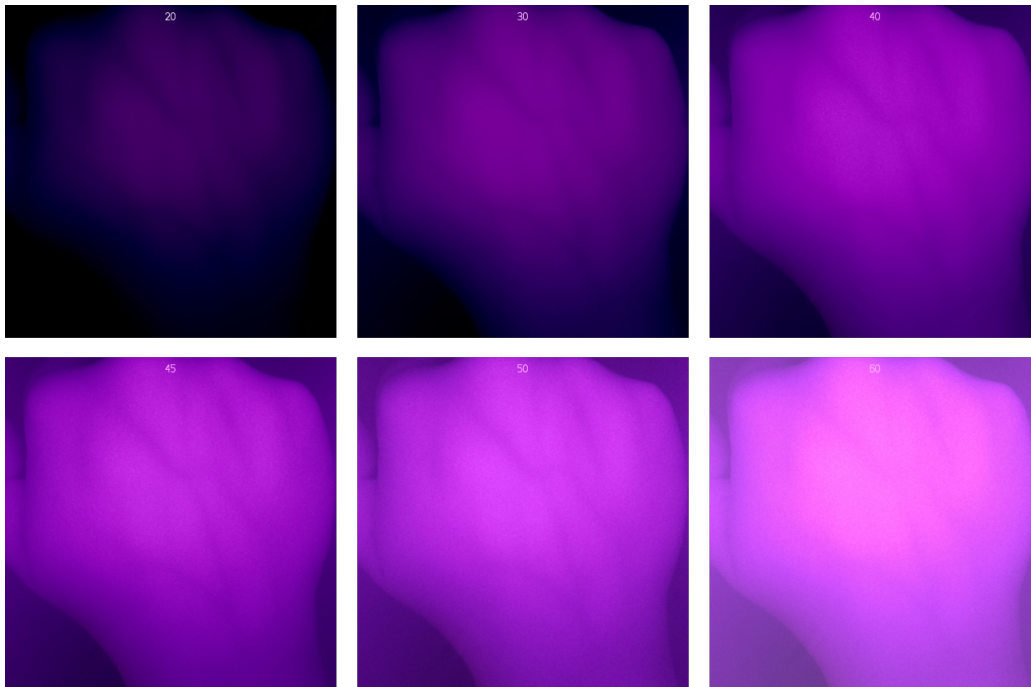


7.7. ábra. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek

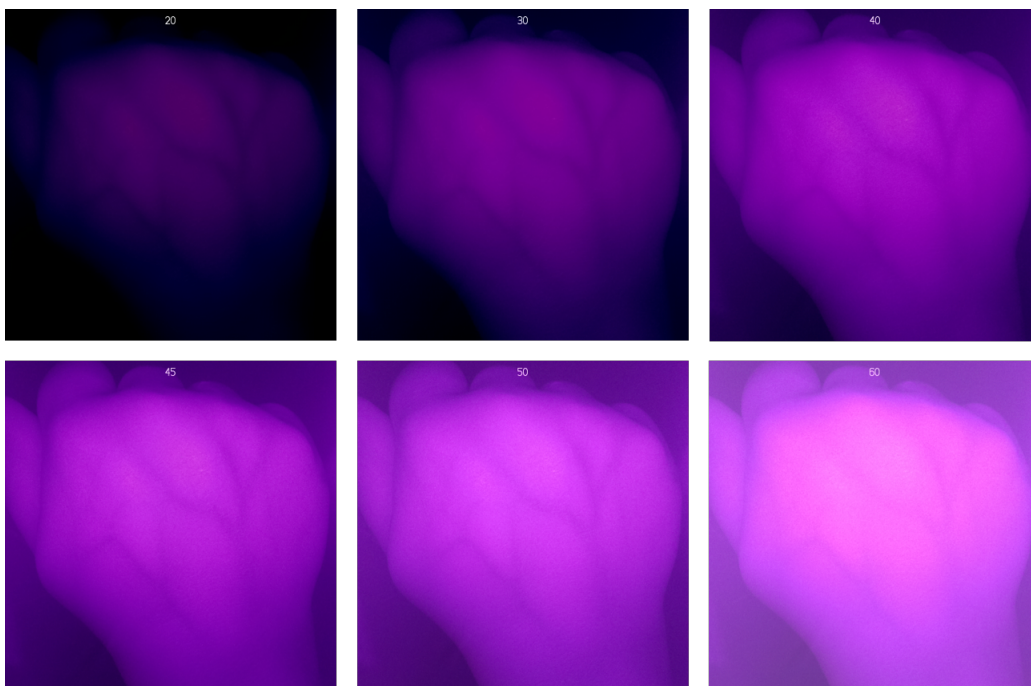


7.8. ábra. IR fényképek interaktív kapcsoló felhasználásával – megvilágítási különbségek

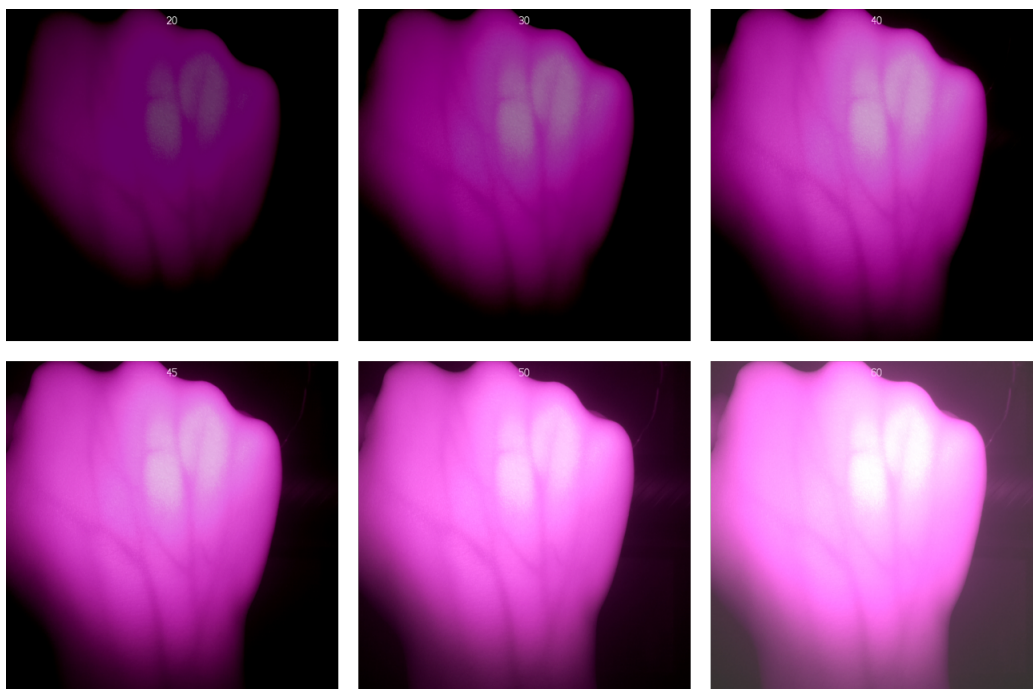
A fény intenzitást vizsgáló kísérletet elvégeztük ezzel a kamerával is. A teszt le lett futtatva a szkenner azon állapotában is, mikor a diffúzorok le voltak takarva. Az eredmények az 7.9, 7.10, 7.11 és 7.12 ábrákon tekinthetők meg.



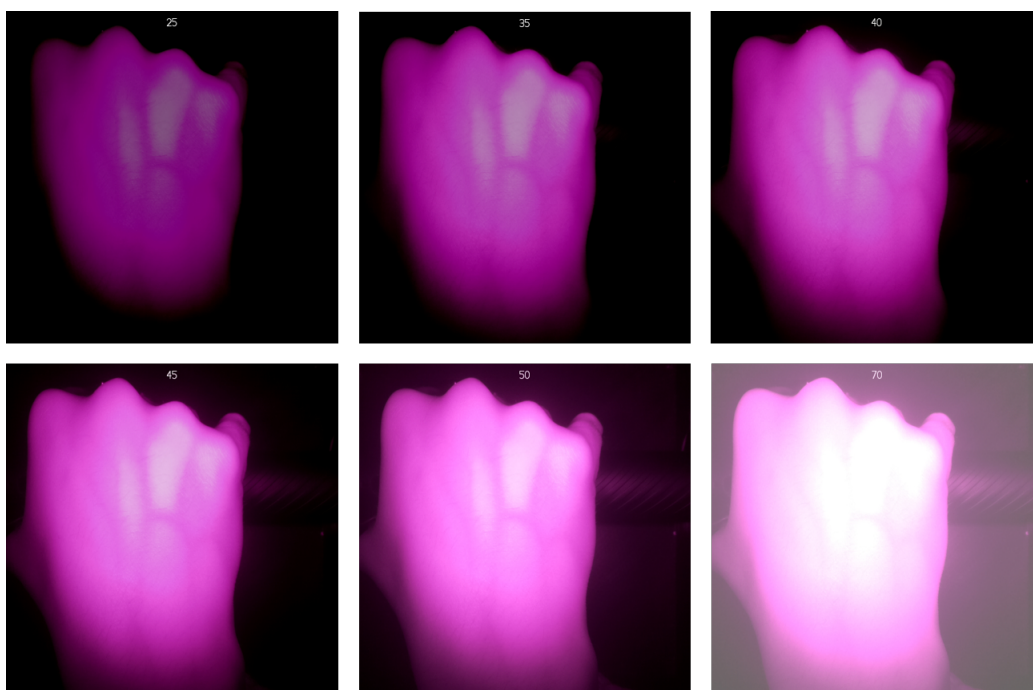
7.9. ábra. Fényerő tesztelés



7.10. ábra. Fényerő tesztelés

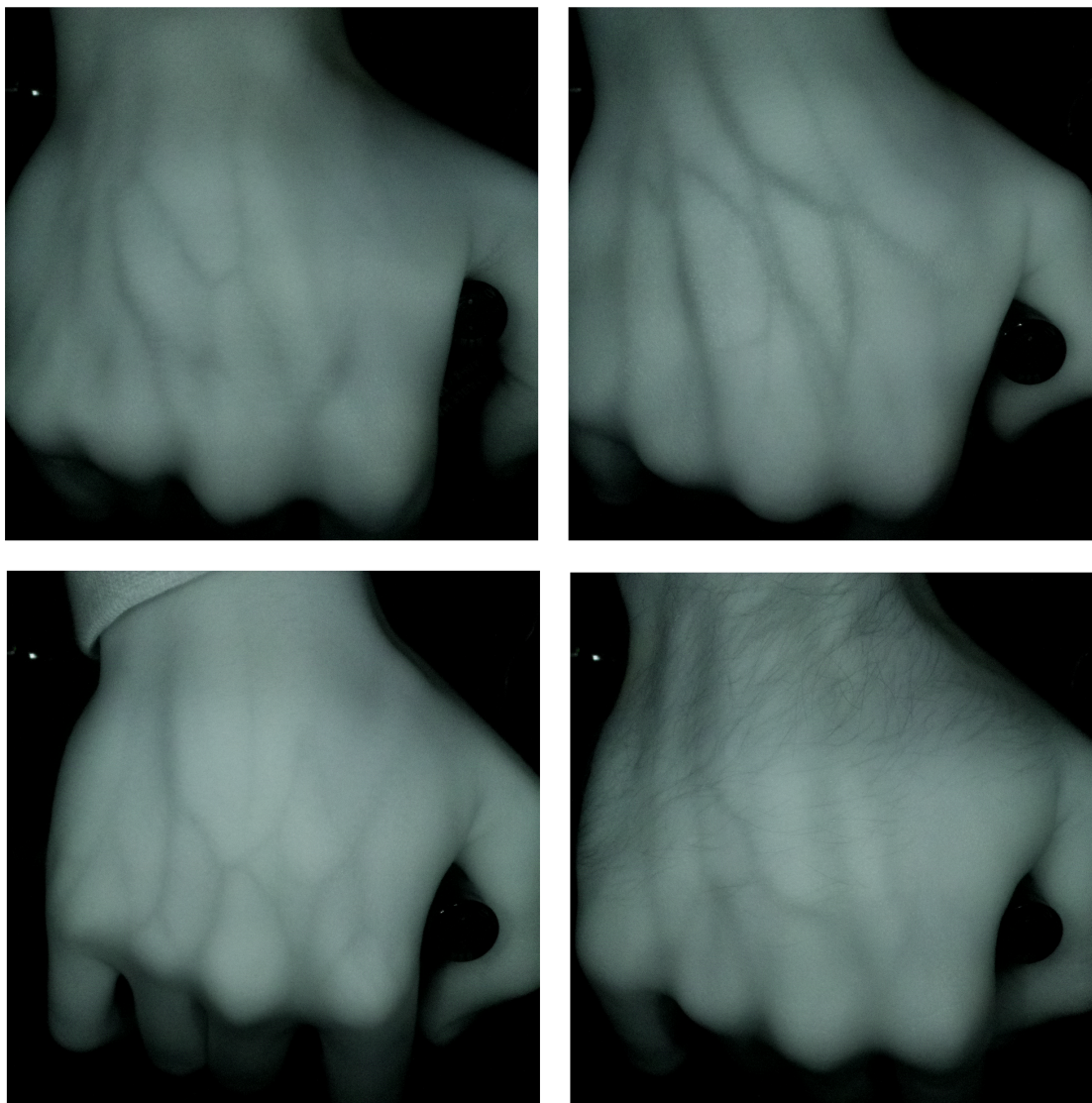


7.11. ábra. Fényerő tesztelés



7.12. ábra. Fényerő tesztelés

A végső verziójú megvilágítási rendszer és a kamera fizikai és szoftveres beállításai jónak bizonyultak. A friss eredmények a 7.13 ábrán láthatóak.



7.13. ábra. A szkennert végső beállításai alkalmazásával készült képek

Látható, hogy mint a képek színhőmérséklete, mint a megfelelő megvilágítás, mint a ROI be lett állítva. A legelőnyösebb a képeket .bmp állományban tárolni, mivel így nyerhető ki belőlük a későbbiekben a legtöbb adat.

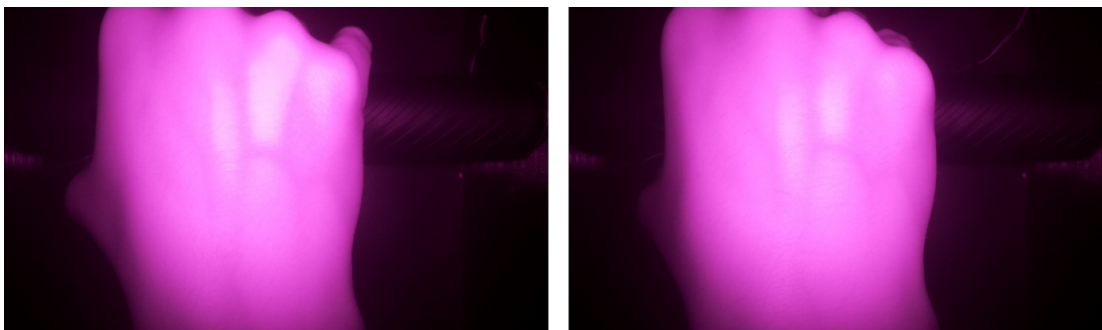
8. fejezet

Tárgyalás

A hardver fejlesztése során a fényképek minőséget (a szó azon értelmében, hogy mennyire különíthető el az erezet a kézfej többi részétől) folyamatosan nyomon követtük. Voltak sikeres és kevésbé sikeres kísérletek is. Megfelelő beállítás mellett a szkennerek igazolták azt a feltevéseket, hogy létre lehet hozni egy olyan szerkezetet, amely képes a kézfej vénáit kiemelni, majd szegmentálni a fényképeken.

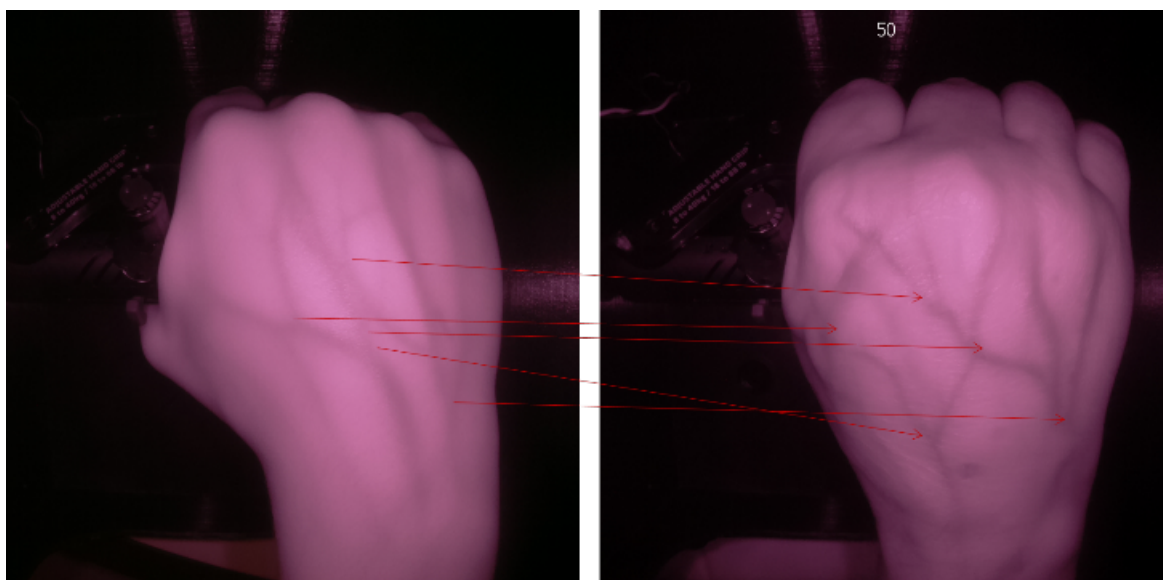
8.1. Figyelmet felkeltő észrevételek

A kísérletek során megfigyeltük, hogy a kézfejek fényvisszaverő tulajdonságát módosítani tudjuk azzal, ha a képek elkészítése előtt hidratáljuk külsőleg az alanyok kezét. Erre a célra testápoló krémeket használtunk. A képeken a fényes foltok ennek alkalmazásával minimalizálódnak. Az eltérés a 8.1 ábrán látható.

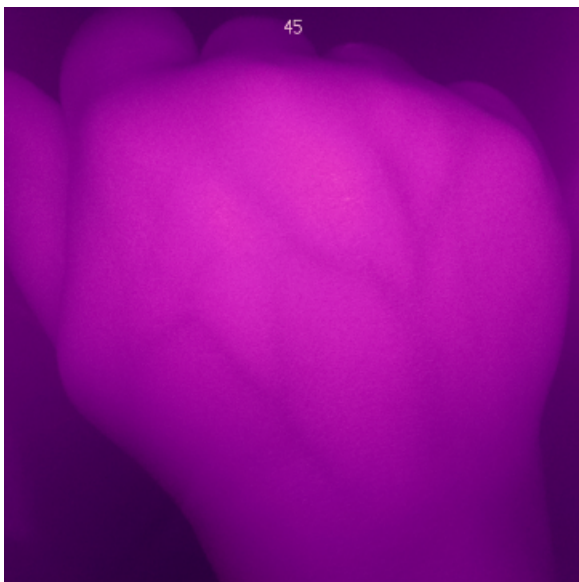


8.1. ábra. Különbségek a nem hidratált (bal oldali kép) és a hidratált (jobb oldali kép) között

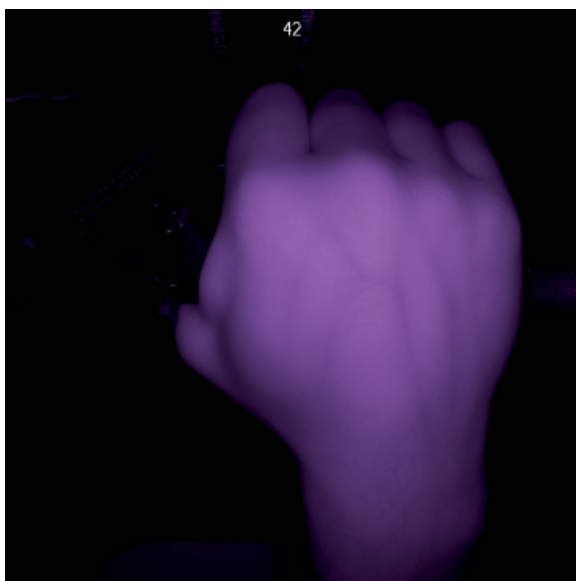
Az elkészült képek tanulmányozása során észrevettük azt, hogy az egyes leszármazottak kézfejeinek vénái hasonló erezzel rendelkeznek. Az alábbi ábrákon leszármazottak kezei láthatóak egymás mellett, unoka – nagyapa 8.2, illetve anya – fia 8.3 ábra. A 8.2 ábrán látható, hogy a kezen fekvő vénák igen nagy hasonlóságot mutatnak, az egyes elágazási pontok, illetve a fő erek elhelyezkedését illetően. Az egyes, hasonlóságot mutató pontok, habár a kézfejek nem pontosan ugyanazon részén találhatóak, az egymáshoz viszonyított helyzete az ereknek nagy hasonlóságot mutat. Egyes vénák hosszabbak egyik kézen mint a másikon, de az elágazási pontot az erek végén azonosíthatóak, és hasonlóak. A 8.4 ábrán látható, hogy a genetikailag függetlenek alanyok erezete között nem fedezhető fel olyan szintű hasonlóság, mint a leszármazotti viszonyban élők között.



8.2. ábra. Erezet összehasonlítása – unoka (bal) és nagyapa (jobb)



8.3. ábra. Erezet összehasonlítása – anya (bal) és fia (jobb)



8.4. ábra. Erezet összehasonlítása – rokoni kapcsolatban nem álló emberek között

9. fejezet

Összefoglalás

A termék első prototípusa már elkészült, és a tervezett hardveres részeket sikerült összeállítani. A szoftveres rész is elkészült, amely lehetővé teszi a képek gyors és egyszerű feldolgozását. A hardveres és szoftveres részek megfelelően működnek együtt, és a rendszerünk egy teljes termék prototípusává vált.

A tervezés során sok új kihívást, problémát kellett megoldani. A berendezés hardvere és szoftvere is működőképes és használható. Az eddigiekben elkészült képek bizonyítják, hogy a szkennertől készített képeken a vénák szegmentálhatóak, és akár bináris maszk is létrehozható a fényképek alapján az erezetről.

9.1. Következő fejlesztési irányok

A továbbiakban, elsődleges célunk egy nagy méretű adatbázis létrehozása (nagyságrendileg több ezer személy jobb és bal kezét beszkenneelve többször). Nagyobb mennyiségű kép adattal sok lehetőségünk nyílik további kutatásokhoz. A szkennertől képeket felhasználva számos kísérletet és kutatást végezhetünk a továbbiakban. Habár a szkennert használható, több részét lehet továbbfejleszteni további funkciók hozzáadásával, esetleg az egyes alkotó elemek továbbfejlesztésével vagy teljes cseréjével.

9.1.1. Kutatási lehetőségek a szkennert által készített fényképek felhasználásával

Abban az esetben, ha a szkennert felhasználva adatbázist készítünk sok alany jobb és bal kezének szkennelésével, lehetőségünk nyílik több, további kutatás elvégzésére. Mivel a kézfej vénái egyedi-ek minden ember, mindkét kézfejen, egyértelműen jellemzik az alanyokat. A vénák e jellemzőinek tükrében a következő kutatási területeket tudjuk meghatározni az eddig megfigyelték alapján:

- Beléptető rendszerek kézháti véna alapú azonosítással
- Egyének kézfej vénáinak nyomon követése és vizsgálata az idő múlásával
- Vénák láthatósága és az egyénekre jellemző tulajdonságok közötti korreláció vizsgálat
- Genetikai, örökletes jellemzők vizsgálata a kézfej vénáinak tükrében rokoni, leszármazotti kapcsolatban álló személyek között
- Erezeti betegségek felismerése és a gyulladás nyomon követése

Irodalomjegyzék

- [1] Scott W Ambler. *The elements of UML (TM) 2.0 style*. Cambridge University Press, 2005.
- [2] Aleksandra Babich. Biometric authentication. types of biometric identifiers. 2012.
- [3] Debnath Bhattacharyya, Rahul Ranjan, Farkhod Alisherov, Minkyu Choi, et al. Biometric authentication: A review. *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, 2(3):13–28, 2009.
- [4] Grady Booch, Ivar Jacobson, James Rumbaugh, et al. The unified modeling language. *Unix Review*, 14(13):5, 1996.
- [5] Nisha Charaya and Priti Singh. Human authentication based on dorsal hand veins: A. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(16):2175–2185, 2018.
- [6] Martin Fowler. *UML distilled: a brief guide to the standard object modeling language*. Addison-Wesley Professional, 2018.
- [7] Shereen S Jumaa and Khamis A Zidan. High accuracy recognition bio metrics based on finger vein screening sensor. *Iraqi Journal of Information and Communication Technology*, 3(2):35–46, 2020.
- [8] Vedrana Krivokuca and Sébastien Marcel. On the recognition performance of biohash-protected finger vein templates. *Handbook of Vascular Biometrics*, pages 465–480, 2020.
- [9] Chih-Lung Lin and Kuo-Chin Fan. Biometric verification using thermal images of palm-dorsa vein patterns. *IEEE Transactions on Circuits and systems for Video Technology*, 14(2):199–213, 2004.

- [10] Fu Liu, Shoukun Jiang, Bing Kang, and Tao Hou. A recognition system for partially occluded dorsal hand vein using improved biometric graph matching. *IEEE Access*, 8:74525–74534, 2020.
- [11] Naoto Miura, Akio Nagasaka, and Takafumi Miyatake. Extraction of finger-vein patterns using maximum curvature points in image profiles. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 90(8):1185–1194, 2007.
- [12] Mohamed Soltane and Mimen Bakhti. Multi-modal biometric authentications: concept issues and applications strategies. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 48, 2012.
- [13] Fotios Tagkalakis and Vassilis Fotopoulos. A low cost finger vein authentication system, using maximum curvature points. In *2015 International Conference on Applied Electronics (AE)*, pages 249–252. IEEE, 2015.
- [14] László-Zsolt Túrós and Gyula Székely. *Érzékelők és mérőhálózatok*. Scientia kiadó, Cluj-Napoca, 2022.
- [15] András Vasi and László Lefkovits. Kézfej erezet szkennel berendezés. *Sapientia EMTE kari TDK*, 2023.
- [16] Dipti Verma and Sipi Dubey. Processing and enhancement of palm vein image in vein pattern recognition system. *Int. J. Comput. Sci. Mob. Comput*, 4(4):137–141, 2015.
- [17] Manjiree S Waikar and SR Gengaje. Infrared vein detection system for person identification.
- [18] Yiding Wang, Kefeng Li, and Jiali Cui. Hand-dorsa vein recognition based on partition local binary pattern. In *IEEE 10th International conference on signal processing proceedings*, pages 1671–1674. IEEE, 2010.
- [19] Renke Zhang, Di Huang, and Yunhong Wang. Textured detailed graph model for dorsal hand vein recognition: a holistic approach. In *2016 International Conference on Biometrics (ICB)*, pages 1–7. IEEE, 2016.