



MŰTŐASZTALTÓL A KÉPERNYŐIG, AVAGY DIGITALIZÁCIÓ AZ ÉRSEBÉSZETBEN

Fehér Luca

Ipari termék- és formatervező mérnök BSc. szak

IV. évfolyam

2022.



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KAR
GÉPÉSZETI TANSZÉK

MŰTŐASZTALTÓL A KÉPERNYŐIG, AVAGY DIGITALIZÁCIÓ AZ ÉRSEBÉSZETBEN

Készítette: **Fehér Luca**

Évfolyam: IV.

Belső konzulens: **Dr. Gasz Balázs**

Beosztása: Vendégoktató

Külső konzulens: **Huszák Marcell**

Beosztása: Terméktervező mérnök

Absztrakt

Az információ alapú megoldások napjaink alappillérvé váltak számos területen. Nem képez kivételt ez alól a sebészeti oktatás rendszere sem. Ennek a haladásnak a következménye az, hogy sok fiatal sebész felkészületlenül lép a műtőbe.

Leendő mérnökként látom, hogy jelentősen csökkenthető lehet ez az arány azzal, ha az innovációs technológiák lehetőségeit oly módon vezetjük be, hogy a gyakorlás eredménye egy objektív, mérhető adat legyen.

Az elmúlt évben részese lettem egy olyan PhD hallgatókból álló csapatnak, ahol ezt a kérdéskört céges háttérrel vizsgálják. Elsőként, a Your Anastomosis által készített fizikai terméket bővítettük vizuális információval a kiterjesztett valóságban. A folyamat kihívásai ott voltak, hogy a kapott forrásanyag feldolgozásával a meglévő információtartalom nagyban csökkent, illetve az alkotási módszertan kiforratlan volt.

Jelen tanulmányban, és a Kriszbacher Ildikó Tehetséggondozó Program során, arra fogok törekedni, hogy ezt az információ csökkenést minimalizáljam, és a módszertant kidolgozva az alkotást hatékonyra tegyem. A kifejlett munkám produktumát sebészeti oktatóanyagként szeretném hasznosítani.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések:	4
2. Irodalmi áttekintés:.....	7
3.1. Nyersanyaggyűjtés.....	7
3.2. Adatfeldolgozás	8
3.3. Megjelenítés.....	10
3. Módszerek (kivitelezés, folyamat):	13
3.1. Nyersanyaggyűjtés:	13
3.2. Képjavítás:	13
3.3. Fotogrammetria:	14
3.3.1. Meshroom.....	15
3.3.2. RealityCapture.....	16
3.3.3. 3DF Zephyr	17
3.3.4. Teszt	18
3.4. Modellezés.....	20
3.5. UV térkép készítés.....	22
3.6. Textúrázás.....	23
3.6.1. Képalapú textúra	24
3.6.2. Photoshop alkalmazása	25

3.6.3.	Roughness	27
3.6.4.	Normal-, bump map	28
3.7.	Exportálás	29
3.8.	Megjelenítés.....	30
3.9.	Oktatás	33
4.	Eredmények:	38
5.	Értékelés és következtetések.....	40
6.	Összefoglalás:	44
7.	Köszönetnyilvánítás:.....	45
8.	Irodalomjegyzék:	46
9.	Függelék, mellékletek (ábragyűjtemény):.....	48
10.	Nyilatkozat:	49

1. Bevezetés és célkitűzések:

Az kiterjesztett valóság lehetőségei az elmúlt években számos ajtót nyitottak az innovációt befogadók számára. Habár sokan a szórakoztató funkcióit ismerik, napjainkra elérte azt a szintet, hogy megjelenítési előnyeit kihasználva beiktassuk a tanulási folyamat aktív részeként. Ez azonban felettébb összetett folyamat.

Mint számos terület, a sebészet is jelentős változásokon ment keresztül az új technológiák okozta fellendüléseknek köszönhetően. A gyarapodó felfedezésekkel arányosan nő az elsajátítandó tudás és gyakorlat szükségessége. Ennek következménye az, hogy a fiatal sebészek nagyrésze mögött nem áll megfelelő felkészültség.

Leendő mérnökként látom, hogy jelentősen csökkenthető lehet ez az arány azzal, ha az innovációs technológiák lehetőségeit oly módon vezetjük be az oktatásba, hogy a gyakorlás eredménye egy objektív és mérhető adat legyen. Ehhez azonban elengedhetetlen a tananyag informatív digitalizációja és prezentálása.

Ennek a kivitelezését vizsgálja és fejleszti az a PhD hallgatókból álló csapat, amelyet orvosok, mérnökök és közgazdászok alkotnak. A kutatáshoz szükséges forrásokat az ME3D-Graft Kft. (későbbiekben: YourAnastomosis) cég biztosítja.

A csapat tagja Huszák Marcell, témavezetőm, ki többek között Ipari termék- és formatervező mérnök végzettséggel munkálkodik. Neki köszönhetően már közel egy éve lehetőségem nyílt a kutatócsoport részeseként aktívan részt venni a folyamatokban.

Ebben az időintervallumban szaktársammal, Mérges Jankával közösen a cég által készített érsebészeti oktató eszköz fejlesztésén dolgoztunk, mely eredményről be is számoltunk a 2022. tavaszán rendezett Tudományos és Művészeti Diákköri Konferencia gépészeti szekciójában.

A közös munka alkalmával fizikai terméket bővítettük vizuális információval. Utóbbit jelenítettük meg a kiterjesztett valóságban (AR, Augmented Reality). A folyamat kidolgozása majd a kívánt eredmény elérése szempontjából számos kihívásba ütköztünk. Lézer szkennelvel készült felületekből és képi információkból dolgoztunk. A munka menete úgy indult, hogy műtői jelenetekről készült képekből alkottunk fotogrammetriát, majd ezt hoztuk összhangba a szkennelt felülettel. Már akkor észrevehető volt, hogy a képek, mint forrásanyagok nem

tartalmaztak kellő információt, illetve a fotogrammetria alkotás során lényeges információ veszteség lépett fel.

A Pécsi Tudományegyetem a 2022/2023-as tanévre pályázatot írt ki a Kriszbacher Ildikó Tehetséggondozó Programba való felvételre, melyre írt munkatervemet pozitív elbírálásban részesítettek. A program nyújtotta lehetőségeket megragadva folytatom a témakörben végzett munkámat, törekedve arra, hogy kiküszöböljem a korábbi munkáim kihívásait, új szintre emelve így a sebészeti helyzetek digitalizációját.

Jelen tanulmány alkalmával mindenekelőtt arra fogok megoldást találni, hogyan növelhető a forrásanyagok minősége és információ tartalma, illetve, hogy hogyan lehet minimalizálni az információ veszteséget.

Szükségeselem látom ehhez megvizsgálni a képalkotásnak a technikáit, folyamatait, megtalálni a megfelelő adatátviteli és kiértékelési lehetőségeket. A kivitelezés során választ fogok arra keresni, hogy a szkennelt felületnek mekkora jelentősége van az eredményesség szempontjából abban az esetben, ha a létrehozott fotogrammetria megfelelő minőségű. Megoldást fogok találni a sebészeti oktatás virtuális valósággal történő bővítésére, a digitalizált anyagok hatékony és precíz prezentálására. Elengedhetetlennek tartom kidolgozni azt a módszertant, amellyel a munkafolyamat produktív lesz.

Az érsebészeti információgyűjtést szempontjából jelentős hátráltató tényező, hogy sebészeti műtőbe bejutni rendkívül időigényes, illetve a mozgástér is kifejezetten korlátozott. Szerencsémre a YourAnastomosis cég - mely az említett forrásanyagok hozzáférhetőségével segíti kutatásomat – egyéb orvosi területeket is érint. Ezek közül számomra a sebekkel foglalkozó projekt releváns.

Sebek alatt elsősorban lábon kialakuló, illetve felfekvések (nyomási) fekélyeket értek. A fekély egy hosszan tartó krónikus sebesedés, egyfajta szövethiány, gennyes kelés, mely számos ok miatt kialakulhat.

Kutatásom szempontjából alkalmasabb ez a terület, ugyanis rövidebb idő alatt több nyersanyaghoz lehet hozzájutni, jobb minőségben. A kidolgozott folyamat végeredmény tekintetében ugyanúgy felhasználható lesz sebészeti helyzeteknél is, precíz és hatékony módszertan kidolgozásával egyéb orvosi területekre is kiterjedve könnyítheti meg a további munkafolyamatokat.

A seb alapú forrásanyag váltás nem befolyásolja a dolgozatom és az ösztöndíjas kutatásom végeredményét, így a továbbiakban ezzel a sebészeti területtel foglalkozva folytatom munkámat.

A területen való munka eredményességének érdekében elengedhetetlennek tartom megvizsgálni a sebek, fekélyek kialakulási okát, vizsgálati szempontjait, kezelhetőségi lehetőségeit.

Tanulmányom fejleményeként létrejövő digitális modelleket szeretném beiktatni a sebészeti oktatás rendszerébe.

2. Irodalmi áttekintés:

3.1. Nyersanyaggyűjtés

A feldolgozási folyamat elsődleges nyersanyaga a sebekről készült képek. A mai technikának köszönhetően már akár egy okostelefon is tud olyan minőségű digitális képeket készíteni, amely teljesen megfelel az elvárásoknak.

Kutatásomban kulcsfontosságúnak tartom utána járni annak, hogy a képalkotás és feldolgozás folyamata alapvetően hogyan zajlik, milyen információkat tárol egy analóg vagy digitális kép és milyen technikákkal lehet elérni a minimális vagy akár zéró információ veszteséget

A 21. század kínálta lehetőségekkel közel bárki tud képek készíteni. Ez önmagában egy nagyszerű dolog, azonban azzal jár, hogy a kattintások, sőt általában már csak érintések mögött minimálisan sincs szakmai háttér. Magamból kiindulva is tudom, hogy egy gyors fotózás előtt nem mérem fel a képalkotás paramétereit.

Ahhoz, hogy magasabb szinten végezhessük a képalkotást, szükséges ismerünk az elméleti háttérrel is. A képalkotás paramétereit lehetnek geometriai paraméterek (vetítés típusa, kamera helyzete), optikai paraméterek (optika típusa, fókusz távolság, látótér, rekesznyílás), szenzoros (mintavételezés), és fotometriai paraméterek (felületek fényvisszaverő tulajdonsága, szenzorra vetített fény típusa, iránya, intenzitása), stb. [1]

Egy digitális kép önmagában sok adatot rejt a rajtuk ábrázolt objektumokról, felületekről, részletekről. Különböző típusú kiértékelésekkel lehet eljutni a képen tárolt információkhoz. Az információk lehetnek alaki-, fizikai- és geometriai típusúak.

Az alaki információk olyan tartalmi egységei a képeknek, amelyek nem változnak a képek nagyítása-kicsinyítése, kontrasztja módosítása esetén. Ez a fotogrammetria előkészítése szempontjából lényeges, ugyanis egyes képek módosításra szorultak a legjobb minőségű felület alkotása érdekében.

A képelemek vagy képpontok színei és feketedési értékei hordozzák a kép fizikai információit. Ezekből lehet következtetni a tárgyak bizonyos tulajdonságaira.

A fotogrammetria alkotása szempontjából azonban a legfontosabb a geometriai információ. Ez a kép és a tárgy közötti matematikai összefüggésből határozható meg. Ilyenek a metrikus információk, mint a hely és a méret. [2]

3.2. Adatfeldolgozás

A fotogrammetria a képek feldolgozása során elsődlegesen a geometriai adatnyerésre törekszik. Célja a képen megjelenő objektumok helyének és méretének meghatározása. Fotogrammetriában általában centrálisan leképzett, analóg vagy digitális módon rögzített képeket dolgozunk fel.

Centrális vetítés esetén a térbeli tárgy minden egyes pontjára és a tér egy kitüntetett pontjára egy-egy egyenes illeszkedik. Az így előállt vetítő sugarak úgynevezett sugárnyalábot alkotnak, melyet képalkotó sugárnyalábnak nevezünk. Ha a sugárnyalábot elmetsszük, akkor a síkon kialakul az objektum centrális vetülete. [3] A centrális vetület kiértékelésével meghatározhatóvá válik a tárgy alakja, mérete és környezethez viszonyított helye. A térbeli elhelyezkedéshez és a viszonyított méretezéshez nem elegendő csupán egyetlen kép, hiszen több térbeli pontnak is lehet azonos síkvetületi leképződése. [4]

Munkám során egy-egy seb felületről 30-40 db kép állt rendelkezésre, ezekből kellett kihoznom a legtöbbet.

A leghatékonyabb információ megőrzés szempontjából egyes képek javításra szorultak. Főbb javítási kitételek a színinformáció összehangolása, a kontúrok megerősítése, a felesleges háttérinformáció szelektálása, fókuszpont egységesítés, élesítés.

A modellek elkészítésére a Blender nevű szoftvert használtam. A Blender egy nyílt, ingyenes forráskódú szoftver, amely többek között egyaránt alkalmas modellezésre, textúrázásra és renderelésre. [5] A fotogrammetriával készült felület és textúra felhasználásával jelentős információ veszteség nélkül lehet teljes, zárt modelleket alkotni.

A modellezési folyamat a program segítségével probléma mentesen történhet, ugyanis vannak olyan beépített funkciói, amelyekkel ellenőrizni lehet például a feleslegesen bent maradt felületeket, a túlzott nyúlásokat és egyenletlenségeket. Számon lehet tartani vele a modell poligonszámát is. Ez azért fontos, mert egyes megjelenítőknél követelmény, hogy egy bizonyos poligonszámot ne lépjen túl a kész alkotás.

A szoftver alkalmas az UV kiterítésre is, amelynek segítségével a textúrázást kép alapú textúrákkal lehet megvalósítani, illetve ezeket utána egyéb kétdimenziós képfeldolgozó szoftverrel tovább lehet alakítani. [6]

A Blender segítségével az elkészült és textúrázott modelleket ki lehet exportálni különböző formátumokba, így a további megjelenítés egyéb programokkal is sikeres lesz.

A textúrázás során figyelni kellett a színhűségekre. A sebek állapotának vizsgálatára egy speciális színskálát használnak. Annak megfelelően, hogy a skálán szereplő színeket mekkora területen és milyen arányban lehet felfedezni az adott seben, úgy lehet megállapítani közvetetten a megfelelő kezelési eljárást.



1. ábra Színskála

A fekete szín a nekrotikus részt jellemzei, itt már elhalt sejtek láthatóak. A sárga rész lepedékes, a vörös a granulációs, újonnan képződő sebalap színe, míg a rózsaszín az epithelizációs fázist jellemzei. [7]

Annak érdekében, hogy a készült textúrák színe biztosan megfelelő árnyalatú legyen, konzultáció alkalmával bemutattam Dr. Varga Júliának és Dr. Gasz Balázsnak a készült modelleket és javaslatuk alapján alakítottam megfelelőre.

3.3.Megjelenítés

Az elkészült modellek megjelenítésére a kiterjesztett valóság (AR, augmentes reality) lehetőségeit használtam.

A kiterjesztett valóság legegyszerűbb jellemzése az, hogy a számítógéppel generált virtuális elemeket a valós, fizikai környezet kibővítéseként alkalmazzuk. Ez a virtuális elem alatt tanulmányomban 3 dimenziós modelleket értek, azonban ez lehet animáció vagy videó is. [8]

A kiterjesztett valóság megjelenítése különféle módon és eszközökkel lehetséges. Legelérhetőbb módja egy monitoron vagy telefon kijelzőjén történő megjelenítés, azonban lehetséges fejben hordható eszközt, speciális szemüveget használva is.[9]

A megjelenítendő elemek fizikai térben való pozicionálása szintén több módon lehetséges. Az egyik ilyen típus a pozíció és irány alapú AR. Ezekhez a kellő információt a POI-k (Point of Interest) adják meg. A POI különböző helymeghatározó programok által használt kifejezés, amely olyan pontos helyét adja meg, amely hasznos lehet a pozicionáláshoz. Ilyen például az utca, házszám, telefonszám és akár földrajzi koordináták is. A pontos helymeghatározás a GPS pozíció valamint a gyorsulásérzékelő segítségével történik. [10]

A másik, és tanulmányomban is használatos mód a marker alapú AR. Ilyenkor egy speciális képrészlet, akár szimbólum keresésével történik a térben való elhelyezés. Erre legalkalmasabb egy QR kód, amely fehér alapon bizonyos vastagságú szegéllyel keretezett részen fekete négyzetekből tevődik össze, egyedi és változatos elrendeződésben. Esetünkben ez a marker, melynek pozíciója és helye meghatározható a kamerához képest. Így megfelelő tervezést követően a QR kód elhelyezése után a digitális 3 dimenziós modell a valós környezetben megfelelő helyen és pozícióban jelenik meg. [11]

Tanulmányomban kifejtett módszertan eredményeképpen létrejött háromdimenziós modellek többek között a Your Anastomos applikációját használva lettek bemutatva. Ehhez arra volt szükség, hogy az elkészült textúrázott modelleket beállítsuk a QR kódhoz kívánt pozícióba. Ehhez a Unity szoftvert használtuk. A Unity egy nyílt forráskódú játékmotor, amely két és háromdimenziós tartalmak készítésére alkalmas. [12]

Ahhoz, hogy az elkészült modelleket be tudjuk importálni a Unity szoftverbe, először a Blenderből kellett kinyerni úgy, hogy információ veszteség ne történjen. Ezt úgy sikerült megoldani, hogy FBX exportálási formátumot használtam. Az FBX kiterjesztés a háromdimenziós objektumokkal dolgozó szoftverek közötti információ átvitelre használatos. Az exportálás során az .fbx kiterjesztés tartalmazza magát a háromdimenziós modellt, és egy .fbm kiterjesztésű mappába tárolja a képalapú textúrákat. [13]

A Unity szoftverben készült, QR kódhoz illesztett jelenetet az applikáció az eszköz saját kameráját használva illeszti be a valós környezetbe. Fontos ehhez, hogy a QR kód beolvasása előtt a felhasználó forgassa körbe a telefont, így felmérve a környezet jellegzetes pontjait.

Mivel az elkészült jelenet, tehát a háromdimenziós modellek a QR kód elhelyezkedéséhez kötött pozícióban jelennek meg, így fontos hogy az applikációt használókhoz viszonyítva megfelelő helyzetben látható. A sebet ábrázoló digitális modellekről fizikai produktum nem készült, így a QR kódokat A4-es lapra nyomtatva lett helyezve az asztalra, így a megfelelő helyen jelent meg a látnivaló.

Az applikáció mellett fejre helyezhető speciális szemüvegen is megtekinthetők voltak a modellek. Ehhez Microsoft Hololens 2-t használtunk. A Hololensnek köszönhetően a felhasználók olyan realisztikus élmény keretein belül sajátíthatják el a tudást, amely az emberi mozgást követve olyan élményt nyújt, mintha a digitális modell egy valós fizikai objektum lenne. [14]



2. ábra_Hololens

forrás: <https://www.bechtle.com/hu/shop/microsoft-hololens-2-mr-szemueveg--4342628--p>

A Hololens felméri a környezetét és 4 db fény kamerával képes a fejkövetésre, 2 infravörös (IR) kamerával a szemkövetésre, 1 MP-es repülési időmérővel mélységérzékelésre, 5 csatornás mikrofontömbbel a hangfelismerésre, speciális érzékelőkkel kézkövetésre és sok egyéb izgalmas

funkció használatára alkalmas. A megjelenítés az eszköz használatával egy teljesen új élményt nyújt. [15]

A kiterjesztett valóság alkalmazásának számos lehetősége van. különböző eszközök és módok használatával lehet megjeleníteni az elkészített modelleket. Az összes mód közös jellemzője, hogy a prezentálást egyaránt teszik az oktatónak és tanulónak egy izgalmas és élményekkel teli folyamattá.

3. Módszerek (kivitelezés, folyamat):

3.1. Nyersanyaggyűjtés:

Elsődleges nyersanyagalmaznak a sebekről készült fényképeket tekintem. Ahogy fentebb említettem, a YourAnastomosis cégnél dolgozó phd kutató, Dr. Varga Júlia által készített képeket használhattam. A képeken kívül készített lézer szkennelt forrásanyagokat is, melyeket a fotogrammetria pontosságának ellenőrzéséhez használtam a későbbiekben. Minden felhasznált sebről készített 30-50 db képet, különböző szögekből.

12 eltérő seb forrásanyagából dolgozhattam. Ezek nagy részét különböző fázisban lévő, alsó lábszáron elhelyezkedő fekély alkotta, de volt közöttük sebszétválás és felfekvéses fekély (decubitus) is.

Utóbbi abból a szempontból volt nagyon érdekes, hogy készült forrásanyag necrotomia (sebalap feltisztítása) előtt és utána is, így közvetlen összehasonlítást tett lehetővé.

3.2. Képjavítás:

A képalkotás lehetőségei az orvosi környezet szabályai betartása miatt szűköseknek tekinthető, így egyes fizikai paraméterek nem voltak a legjobbak.

Több technikával is próbálkoztam. Adobe Photoshop programban dolgoztam, mely egy képszerkesztő és fényképfeldolgozó szoftver. Rasztergrafikus (pixelekből álló) képek szerkesztésére alkalmas. [16] A rasztergrafika előnye, hogy a képek minden egyes képpontjai akár külön szerkeszthetőek, így fényképek feldolgozására, retusálására kiválóan alkalmas.

A javítás során kifejezetten kellett figyelnem arra, hogy a képek megőrizzék a valós tartalmat, és amennyire lehetséges a valós színárnyalatokat. Utóbbi azért is igényel fokozott figyelmet, mert a sebek állapotát – ebből adódóan a további kezelési eljárásokat – a seb színének elemzésével mérik fel.

A képek megfelelő színárnyalataiból készül a továbbiakban a fotogrammetriával létrehozott textúra. A feldolgozás során a képeket halmazban kellett tekinteni, ügyelve arra, hogy ne legyen szemmel is látható mértékű eltérés minőségben és árnyalatokban.

A javításnál alkalmaztam olykor vágásokat, hogy ne maradjon túlzott háttérinformáció, így a fotogrammetria készítésénél a számunkra fontos kép információkat lehet kiemelni. Gazdagítottam az esetleg rosszabb fényhatásoknál készült képek színtartományát, igyekeztem kiegyenlíteni a világosság eltéréseket.

Alkalmaztam szelektív színekorekciót, ugyanis a sebek gennyesebb, esetleg véresebb részein a nedvesség csillogása fehér foltokként jelenik meg a képeken és ez jelentősen rontja a fotogrammetria minőségét. Utóbbi eljárás úgy alkalmazható, hogy a kép említett részeinek pontos árnyalatát ki lehet választani, majd ennek színhatását változtatni. Figyelni kell azokra az esetekre, amikor ez a bizonyos árnyalat fellelhető a kép egyéb részein is. Ilyenkor a kijelölés szabályozható. Fényerő és kontraszt arányainak javítása is fontos lépés volt. A cél itt is a valódi színtartomány megerősítése és kiemelése volt. A képek előkorekciójának utolsó lépése az élesség állítása volt. Ennek segítségével kiemeltebbé váltak a fontos részletek. [17]

3.3. Fotogrammetria:

Ahhoz, hogy sikerüljön megtalálni a legtöbb információt megőrző és előállító szoftvert, több tesztelésre volt szükség.

A teszt első lépéseként az eredeti (javítatlan) képekkel dolgoztam, alapbeállításokkal.

Második lépésben a feldolgozott képeket alkalmaztam a háttér információk megtartásával. Harmadik lépésként a fotókon szereplő, a seb elhelyezkedés

szempontjából fontos testrészeket hagytam meg, a többi háttérinformációt (rendelő részletei, szék, ágy, lepedő, ruhadarab stb.) levágtam és egy egyéges, az emberi testen és seben fel nem lelhető, zöld színnel helyettesítettem.

Negyedik, és egyben utolsó teszt fázisban a program esetleg sajátos funkcióit alkalmazva igyekeztem javítani az eredményen. Utóbbinál már csak a legjobbnak bizonyult programmal dolgoztam.

A végső fotogrammetria elkészítéséhez a teszten legjobbnak bizonyult szoftverrel dolgozva a legeredményesebb képforrással a program egyedi beállításait alkalmaztam.

A tesztek első értékelési szempontja a kapott textúra minősége volt, ami alatt a felbontást, részletességet, kontúrok meglétét értem. Második szempont a kép alapú textúra színhatása volt. Itt az élénkséget, fény és kontraszt arányokat és azt vettem alapul, hogy a képekhez viszonyítva mennyire tartotta meg az eredeti árnyalatokat.

Ezután a felületháló minőségét figyeltem. Fontos szempont volt, hogy egy összefüggő, arányos felületet kapjak, könnyen átdolgozható poligonszámmal. Utolsó szempont a program időlefutása volt. Ezt azért találtam fontosnak, mert már a tesztek elején kiderült, hogy nagy eltérések vannak a szoftverek között ebben az értelemben is, és mivel a leghatékonyabb módszertant kidolgozása a cél, az időbeli hatékonyság sem elkerülhető.

3.3.1. Meshroom

Korábbi munkáim során a Meshroom nevű szoftvert használtam, így tesztjeimet ezzel kezdtem.

A programot az ALICEVISION association fejleszti. Céljuk a 3D-s digitalizációs technológia közös érdekekben történő felhasználása, ennek köszönhetően a szoftver ingyenes, nyílt forráskódú. [18]

A program előnye, hogy rendelkezik grafikus és konzolos felülettel is. A grafikus felület kialakításának egyedisége, hogy feldolgozási blokkokból áll. Ezeknek vannak

bemenő és kimenő ágai. A blokkok külön-külön paramétereztethetők, ugyanis minden blokk a feldolgozási folyamat más-más részéért felelős. A leginkább felhasználóbarát funkciónak azt tartom benne, hogy a külön futtathatóak egy esetleges paraméterváltozás után, és ezek eredményét a program eltárolja, így amennyiben az eredmény nem felel meg, pár kattintással visszaállítható az előtte lévő verzió.

A szoftver jelentős hátrányának tekintem, hogy jelenleg még nincs lehetőség az elkészült modell érdemleges szerkesztésére. [19]

3.3.2. RealityCapture

Második tesztalany a RealityCapture. A szoftvert a capturing Reality nevű cég fejleszti. [20]

A program előnye és egyben különlegessége, hogy kombinálni tudja a fotogrammetriával készült felületet a lézerszkennelrel előállított pontfelhővel.

A program egy teljes modellalkotási folyamatot tesz lehetővé és minden lépésben rendelkezik állítható paraméterekkel. Előny még, hogy lehetőség van a kész modell tisztítására is. Utóbbi fontossága a harmadik tesztlépéshez (háttér nélküli képekkel való dolgozás) közelít, ugyanis a felesleges háttérinformációk eltávolítása még textúrázás előtt megtehető, így a textúrázási fázisban már koncentrálódva hajtható végre a folyamat.

Érdekesség még, hogy többek között szabályozható a végleges felület poligonszáma is, illetve az exportálás során nyerhető ki többek között normal-, bump map, és UV-térkép is.

Hátránynak mondható, hogy ingyenesen használható minden funkciója, azonban bármi fajta exportálásért fizetni kell, a felhasznált képek pixelszámával egyenes arányos összegben. [21]

3.3.3. 3DF Zephyr

Harmadik tesztelt szoftver a 3DF Zephyr. Az ingyenes verzió 50 képre van limitálva, ami a teszthez és a további munkafolyamatokhoz bőven elég. [22]

Előnyei közé sorolom a felhasználó barát megoldásait. A folyamatot több szakaszra bontva lehet végrehajtani. Első fázisban a képfeldolgozás és elemzés történik. Itt a program kimutatja, ha egyes képek nem megfelelőek. Képeket eltávolítani és hozzáadni is lehet ebben a fázisban. A folyamat végén megszületik a kamerák (képek) térbeli elhelyezése és egy ritka pontháló. A második fázisban a modellalkotás történik. Itt is számos beállítási lehetőség van. A szakasz végére kialakul egy háromszögekből álló felületi modell kezdetleges textúrával ellátva. A következő fázisban már egy kidolgozott hálót alkot a szoftver részletes, magas felbontású textúrával együtt.

A szakaszok feldolgozásának 3 különböző előbeállítási lehetősége van: Fast (gyors), Default (alapértelmezett) és Deep (mély). A Fast funkció csökkentett felbontást eredményez, azonban gyorsabb, mint az alapértelmezett. Az alapértelmezett mód gyors, és minőségi munkát felületet hoz létre, azonban a Deep beállítás használatával lehetett a legjobb végeredményt kapni azzal az egy hátránnyal, hogy a folyamat időigénye hosszabb lett. Az első három teszt során minden folyamat szakaszában az utóbbi, Deep előbeállításokat alkalmaztam. A negyedik teszt fázisnál a program egyedi beállításait használtam, ami kiter több összetett dologra is.

A program lehetővé teszi, hogy visszalépünk bármelyik szakaszra, és onnan más beállításokkal folytassuk a munkát, információ veszteség nélkül. Szintén a szoftver előnyének tartom, hogy bármelyik szakaszban lehet manuális módosításokat is végrehajtani.

Hátrányának tekintem, hogy egyes beépített beállítások használata során a kiexportált modell textúráját több kép alkotja, ezt egyedi beállításokkal lehet csak szabályozni.

3.3.4. Teszt

Első tesztként az eredeti képeket dolgoztam fel a szoftverekkel. 36 képpel dolgoztam. Egy fekélyes lábat ábrázoltak más-más irányból és fényhatásból.

Meshroom programmal kezdtem. A feldolgozási ideje több, mint 20 perc volt, a végeredmény minősége kifogásolható, ugyanis a felület hálójá rendezetlen, zavarosnak mondható, a láb formája felismerhető, de nem alkot közel zárt egységet. A kapott textúra nagyrésze homályos lett, viszont a seb bizonyos részei és egyes háttérelemek élességükkel kiemelkednek.



3. ábra_Meshroom szoftverrel alkotott felület



4. ábra_RealityCapture szoftverrel alkotott felület

Utána a RealityCapture szoftverrel futtattam le a fotogrammetriát. A feldolgozási ideje 5 perc volt. A végeredmény egy összetett modell, a rendelő egy része látható. A textúra a lábsebre fókuszál, azonban a részletgazdagsága nem az igazi. A háttér kifejezetten homályos, kidolgozatlan.

Végül a Zephyr programmal dolgoztam. Ennek lefutási ideje 4 perc 30 másodperc volt. A végeredmény egy nagyon összetett felület, túl sok feleslegesnek mondható háttérinformációval, magaspoligonszámmal. A rendelő szoba egy részét teljesen megalkotta. Utóbbiak ellenére viszont kifejezetten éles színekkel és kontúrokkal rendelkező textúrát alkotott, de elcsúszások voltak megfigyelhetők.



5. ábra_Zephyr szoftverrel alkotott felület

A második tesztfázisban a javított képeket alkalmaztam. Ezek eredménye programonként közel megegyezik az első fázisban elértekkel, azzal a különbséggel, hogy a textúra fény- és színhatásai jelentős javulást mutatott. A felület minőségben azonban kimagasló javulás nem volt észrevehető.

A harmadik szakaszban a fényképeket átszerkesztettem úgy, hogy mind a 36 képről levágтам a háttérinformációkat, csak a lábat és a lábon szereplő sebet tartottam meg. A háttérrel kitöltöttem egy zöld árnyalattal, ami nem található egyik lábon és seben sem.

Mindegyik programra értendő, hogy a kapott felületek itt nem alkottak kifejezetten egyöntetű térhálót, a levágott háttér tartalmazott olyan információkat amik segítségével könnyebben alkottak felületet.



6. ábra *Zephyr szoftverrel alkotott felület, egységes zöld háttérű képekből*

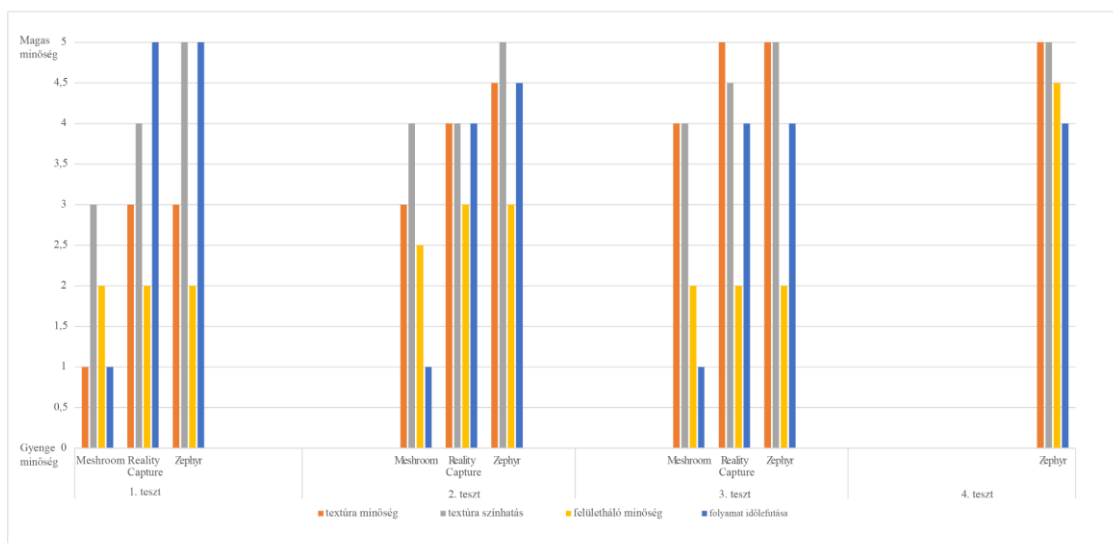
A textúra minősége és színhatása azonban magasan jobbnak bizonyult. A sebek élesen, jól behatárolva, erős kontúrokkal jelentek meg, a színek élénkek, fényhatások megfelelőek.

A negyedik tesztnél már mivel a további munkafolyamatok szempontjából a textúra minősége a legfontosabb, így a Zephyr szoftverrel dolgoztam tovább, ugyanis a Reality Capture közel azonos szintű munkát eredményez, viszont a 3DF Zephyr textúrára alkotott színhatása megfelelőbb.

A tesztek tapasztalataként leszűrve igyekeztem arra fókuszálni, hogy az eredeti képen átdolgozott verzióit használjam oly módon, hogy a háttér információkat megtartva indítsam a folyamatot. Ez azért szükséges, mert a harmadik tesztfázisban, amikor kiindulási fájlként alkalmaztam a háttér nélküli képeket, akkor a topológia nem lett megfelelő. Ügyelnem kellett arra, hogy még a textúrázás előtt azonban töröljem a feleslegesnek vélt adatokat. Ezt a program sajátos rendszerének köszönhetően a térháló megalkotása után tudtam megtenni. Így textúra minősége olyan magas maradt, mint a harmadik tesztfázis végén, a felület minősége pedig még jobb eredményeket produkált, mint a második teszt fázisban.

Az objektív értékelés érdekében megkértem Mérges Jankát, kivel korábbi kutatási munkánkban már alkalmaztunk fotogrammetriával készült felületeket, hogy a tesztek lefutását és eredményeit megvizsgálva értékelje 1-5-ig terjedő skálán a textúra minőségét, a textúra színhatását, kapott felület minőségét és a program időlefutását.

A kapott értékeket átlagoltam az általam adottakkal. Az eredményt az alábbi táblázatban összefoglaltam:



1. táblázat_Fotogrammetria tesztek értékelése

3.4. Modellezés

További munkafolyamatokra a Blender nevű, ingyenes forráskódú programot használtam.

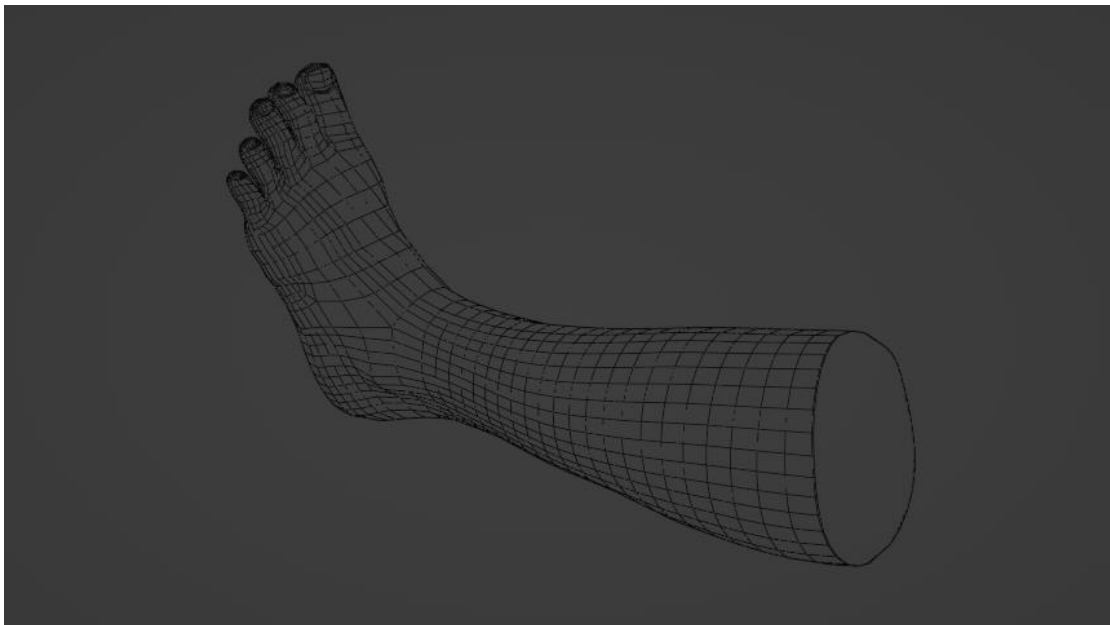
A fotogrammetriával készült modellek topológiailag megfelelőek, azonban mivel a kapott nyersanyag képek a sebre fókuszáltak, így nem minden esetben látható rajtuk a láb teljes bőrfelülete, szóval teljes testrészeket nem tudott alkotni.

A sebek prezentációjához szükségesnek találtam ábrázolni azt a teljes testrészt - legtöbb esetben lábszár és lábfej - így a fotogrammetriával készült modelleket újra kellett alkotnom.

A modellezés első fázisában egy összetett alap lábmodellt alkottam, amit a kapott fotogrammetriához viszonyítottam.

Minden seb eltérő helyzetben és méretben jelent meg a lábakon, így ennél a kiinduló modellnél figyelniem kellett arra, hogy részletesen alakítható legyen. Ennek a legegyszerűbb módja az, hogy magas poligonszámmal dolgoztam, viszont szabályos, négyszögletű térhálóval. Utóbbiak azért voltak szükségesek, hogy a sebek kialakítása során könnyen lehessen tisztítani a modellt anélkül, hogy a modell formailag jelentősen változzon.

Az összkép érdekében különösen a lábujjak és lábkörmök modellezésénél kellett figyelniem arra, hogy könnyen variálható legyen, ugyanis voltak olyan forrásanyagok, ahol például csak 3 lábujjjal rendelkező láb volt, illetve olyan is, ahol a körmök jelentősen deformálódtak.



7. ábra_Kezdetleges lábmodell

A munkafázis későbbi szakaszában, amikor a megjelenítésen kellett dolgozni, akkor derült ki, hogy a prezentáláshoz 3D megjelenítő használata is szükséges lesz, így minden egyes modellt 10 000 poligon alatt kellett kivitelezni. Egyes megjelenítő

használatánál a poligonszámot lehet úgy csökkenteni, ha a felületrácsot négyszögletes elrendezésben valósítjuk azonban ebben az esetben a megfelelő megjelenítés érdekében a háromszögek számának kellett megfelelni az elvárásnak.

Mivel a magas poligonszámú modell azon felülete, ahol a seb elhelyezkedik közel megegyezett a fotogrammetriával készült felülettel, így a kezdetleges textúrát erre elkészítettem. Utóbbi műveletet kifejttem a Textúrázás pontban.

A modell topológiájának csökkentésére van bevált - korábbi munka során használatos - program, az Instant Meshes. Ez egy ingyenes forráskódú szoftver, amely úgy működik, hogy a Blenderből kiexportált obj kiterjesztésű fájlt dolgozza fel. [23]

Az obj kiterjesztésű fájl tartalmazza és leírja a használt anyagbeállításokat, többek között a textúrák 3D elhelyezkedését. Azonban nem tartalmaz konkrét képi és színinformációkat. Utóbbiakat az obj exportálással együtt alkotott mtl kiterjesztésű fájl tartalmazza.

Az Instant Meshes azonban nem használ mtl kiterjesztést, így a modell textúrája a feldolgozás után már nem használható.

Utóbbiak miatt a topológiaszám csökkentését manuálisan csináltam. Mivel a készített magas poligonszámú modellezést igyekeztem szabályosra csinálni, így a munkafolyamat viszonylag gyorsan és hatékonyan működött.

Az eredmény egy alacsony poligonszámú modell lett, ami teljesen megfelel a további műveletek szempontjainak.

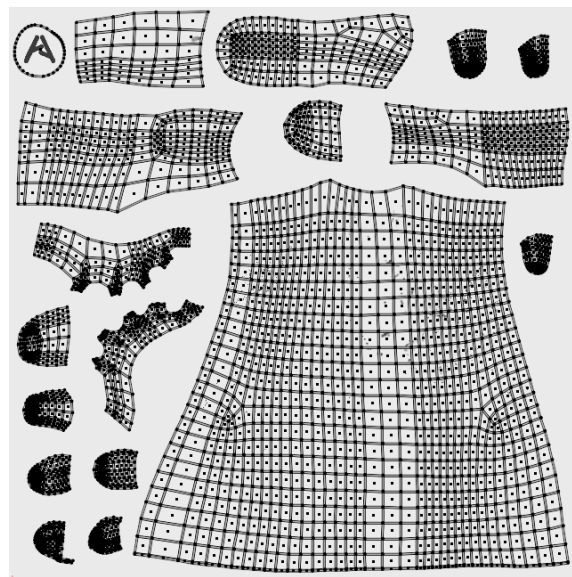
3.5. UV térkép készítés

A textúrázás előkészítő folyamata a modell UV térképének elkészítése. Ez lényegében a felület egyfajta kiterítése. A modell kiterítése lényegesen meggyorsítja a további munkafolyamatokat, ugyanis aprólékos munkával egy könnyen értelmezhető 2D-s felületet lehet alkotni, amit különböző képszerkesztő szoftverekkel lehet tovább fejleszteni.

Az UV-zés első lépése, hogy a modell felületén ki kell jelölni a kiterítés határvonalait. A határvonalak után egy összefüggő területeket zárnak be, ezeket a teríték “szigeteinek” nevezzük. [24]

A lábmodellek kiterítése során figyelni kellett arra, hogy egy seb lehetőleg egy, összefüggő szigeten helyezkedjen el. Ez nem minden esetben volt megoldható, ugyanis voltak olyan összefüggő sebek is, amik a lábszárat közel teljes területében kitöltötték, egyesek a bokán, talpon is fellelhetők voltak. Utóbbiaknál nem oldhattam meg egy egységes terítéssel, mert túl nagy feszültségek és nyúlások keletkeztek volna és ezáltal a végleges textúra is aránytalanná vált volna.

Azt a megoldást találtam erre, hogy kerestem a sebeken erősebb határoló kontúrvonalakat és ezek mentén jelöltem ki a sziget határvonalát. Ezt azonban csak úgy tudtam megtenni, ha már látom hol fog elhelyezkedni a seb. Alkotnom kellett egy ideiglenes UV térképet, ezt kezdetlegesen textúráztam és utána újabb határvonalak kijelölésével javítottam a szigetek elhelyezkedésén és alakján. Végül a javított kiterítéssel dolgoztam tovább.



8. ábra UV térkép

3.6. Textúrázás

A fotogrammetriával készített textúra minősége magas lett a teszteknek köszönhetően, így arra kellett törekednem a további munkák során, hogy ezt a textúra információt megtartsam, sőt szükségszerűen bővítsen.

Ahogy fentebb említettem a magasabb poligonszámú modell nagy felülete megegyezik a fotogrammetriával készült felülettel.

A későbbi prezentálás érdekében a készített textúrára különböző követelmények vonatkoznak. A legfontosabb az, hogy ne node alapú procedurális textúra elemekkel hozzam létre a kívánt hatást, hanem egy kép formátum formájában, képalapú textúraként. Erre vonatkozik még az a követelmény is, hogy a kép felbontása ne haladja meg a 4096x4096 pixelt, ugyanis egyes programok az ennél magasabb felbontást már nem tudják megjeleníteni.

Fontos, hogy a fotogrammetriával létrehozott textúra információ tartalma ne csökkenjen. Ebből kifolyólag egy olyan eljárást kell kidolgoznom, hogy a fotogrammetriával készült felületről közel 100%-os hatékonysággal nyerjem át a textúrát a kész modellre. Mivel a meglévő textúra nem tartalmaz a teljes modellt lefedő anyag információt, így a hiányzó részeket ki kell töltenem. Ehhez be kell vezetnem azt, hogyan tudom átnyerni más modellekről is a hiányzó foltokat lefedő információt célravezetően.

Mivel minden modell más-más páciensről készült, figyelnem kell arra is, hogy a hiányzó részeket illetően nem lehet teljesen azonos az információ forrás és ezáltal a végeredmény sem.

3.6.1. Képalapú textúra

A kihívás az volt, hogy átnyerjem a fotogrammetriás felületről a textúrát az általam készített modellre.

Ezt úgy tudtam megtenni, hogy a készített modellemnek a fent írtak alapján elkészítettem az UV térképét, majd egy kép alapú textúrát rendeltem hozzá.

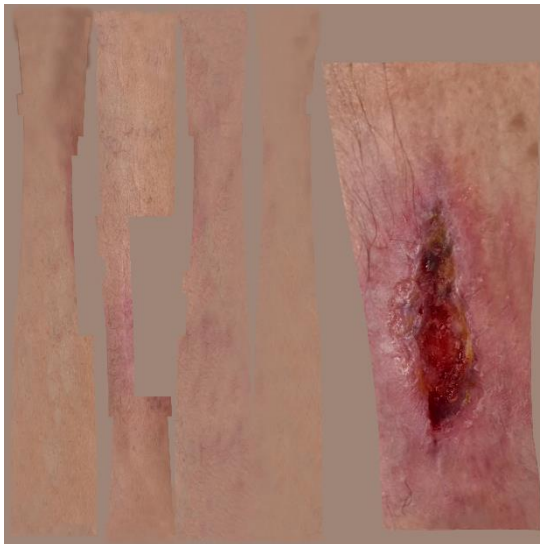
A hozzárendelt kép egy egységes bézs árnyalatú (bőrszín) háttérrel volt ellátva. Felbontását 4096x4096 pixelre állítottam. A követelmények tartalmazták, hogy nem

dolgozhattam magasabb felbontású textúrával a későbbi prezentálás érdekében, ugyanis sok megjelenítő nem tudná alkalmazni.

A Blenderben található beépített lehetőséget, a Bake-elést alkalmaztam arra, hogy a fotogrammetriával kapott felület textúráját átnyerjem az általam készített és javított modellre. Ezt a funkciót lehet használni másra is, akár UV kinyerésére vagy egyéb felületi hatások átvitelére is, azonban ebben a fázisban erre nem volt szükségem.

A folyamat azokon a részeken tudta megfelelő minőségében és pozíciójában átnyerni a kíván textúrát, ahol a két felület teljes mértékben illeszkedett.

A fotogrammetriával készült modell azonban tartalmazott hibákat, míg az általam magas poligonszámmal készített már javított volt, egységes felülettel. Így nem minden



pont illeszkedett és a Bake-elés eredménye is ennek megfelelően foltokban hiányos textúrát alkotott.

A kapott eredmény alkalmas volt a sebek lábon való pozicionálásához, így ki tudtam használni a Blender textúra festési funkcióját, azon belül is a klónozást. Ennek segítségével teljes információ tartalommal sikeresen be tudtam tölteni a hiányzó részeket.

9. ábra_Textúra

3.6.2. Photoshop alkalmazása

A felület kiterítésének nagy előnye, hogy ha megfelelő az UV térkép, akkor a képalapú textúra könnyen használható különböző kétdimenziós képszerkesztő programokban. Ezt kihasználva alkalmaztam az Adobe Photoshop nevű szoftvert.

Az Adobe Photoshop az egyik legfejlettebb képalkotási szoftver. [25] Az alkalmazás lehetőséget nyújt a képek módosításához és kompozitálásához. A választásom azért esett erre a program használatára, mert az alkalmazási lehetőségei bőven lefedik a kívántakat, illetve kezelhetősége könnyen begyakorolható.

Használatára azért volt szükség, mert a kiterített textúra még a Bake-elés és textúra festés után is hiányosnak bizonyultak azokon a részeken, amiket nem tartalmazott a kiindulási forráshalmaz. Illetve számos utólagos textúra javításra is lehetőséget teremtett.

A hiányzó részek - amik legtöbb esetben a lábfej, talp, lábujjak és lábkörmök voltak – textúrázását úgy kellett megoldani, hogy ne térjen el a nyersanyagon szereplőktől. Ez alatt értendő az, hogy a különböző sebhelyezések más-más pácienshez tartoztak, akik egyedi tulajdonságokkal rendelkeztek. Egyedi tulajdonság például a láb alakja, lábujjak száma és formája, bőr felülete, színe és egyéb a textúrázást illetően elkerülhetetlen tulajdonság. Utóbbiak pótlására használtam más forráshalmazokat, amiket a szoftver lehetőségeit kihasználva úgy alakítottam, hogy ne legyen szabad szemmel is érzékelhető eltérés.

Utólagos textúra javításra is alkalmaztam a szoftvert, ugyanis a készített textúrán még fellelhető volt több apróbb hiba. Egyes sebek szélének a kontúrozása egyenetlen volt. Ezt úgy oldottam meg, hogy kiválasztva az ideális szögből fotózott forrásképet átnyertem belőle azt a részletet, ami javításra szorult. Az átnyerésre több lehetőség is volt, azonban a legjobbnak a Folt eszköz bizonyult, ami kicseréli a kijelölt területet a kiválasztott foltra, és az cserélendő terület fényviszonyaihoz igazítja a szín- és fényhatásokat egyenletes végeredményt biztosítva.

Előfordult olyan is, hogy bizonyos részek enyhén torzultak, illetve az is, hogy a textúra élessége eltérő mértékben jelent meg más-más részeken. Ezek kiküszöbölésére is jól működött a Folt eszköz, de a Klónozó bélyegző eszköz is hasonlóan jó minőséget eredményezett.

A hangsúly azon volt, hogy lehetőleg olyan forrásképet használjak az információk átvitelére, ami teljesen szemből van fotózva. Ellenkező esetben akár nagymértékű torzulások is kialakultak volna a textúrán.

A kétdimenziós kiterített textúra javítása alkalmas volt arra is, hogy az esetlegesen megmaradt fényvisszaverődésből kialakult fehér foltokat eltávolítsam. Ehhez egy szintartomány kijelölést alkalmaztam, amivel minden maradék fényfoltot ki tudtam jelölni, majd ezeket egy tartalomérzékeny automatikus kitöltéssel el is tüntette.

Számos további funkció is elérhető még a szoftverrel, azonban a színhatások javítása, illetve élesség fokozáson kívül nem volt kifejezett szükség másra.

3.6.3. Roughness

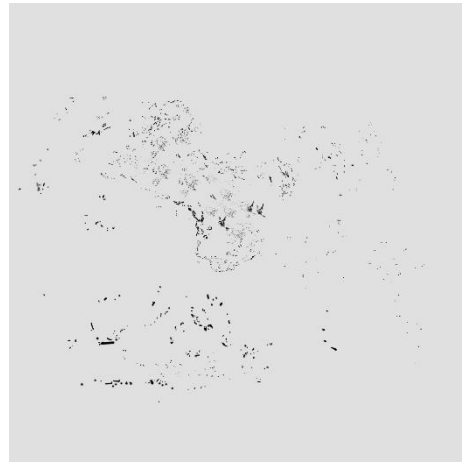
Azok a sebek, amelyeket a nyersanyaghalmoz tartalmazott még a gyógyulási fázis előtt vagy a kezdetén találhatóak, így ezek nagy részén véres és gennyes felületek is láthatóak. A seb körüli és a láb ép részein látható bőr viszont sok esetben kiszáradt, berepedezett volt, csillogás tekintetében egy teljesen matt felületet létrehozva.

Megoldást kellett találnom arra, hogy a komplett modell egyes részei verjék vissza a fényt, míg más részek egyáltalán ne. A képalapú textúra egy csillogás tekintetében egyöntetű megjelenítést ad a modelleknek, így az önmagában nem elegendő az élethű prezentáláshoz.

A kivitelezést az jelentette, hogy egy újabb képalapú textúrát ráhúztam a modellre. Ez a kép tartalmazza azokat az információkat, hogy melyik folt milyen mértékben csillogjon.

A képen a fehér szín a matt felülettel egyezik meg, míg a fekete a maximális csillogást eredményezi. Azonban nem volt elég ezt a két végletet használnom, ugyanis a teljesen fekete foltfestés eredménye egy túlzottan kontúrozott csillogást hozott létre.

A sebek teljes részét lefedő festés sem adta a szemnek kellemes élethű csillogást. Úgy kellett megalkotni ezt a textúrát, hogy a seb csillogó részein sok apró foltot kellett festeni a sötétszürke árnyalataiban. Fontos volt, hogy az apró foltok lehetőleg eltérő méretűek legyenek, ellenkező esetben természetellenes hatást keltettek volna.



10. ábra_Roughness textúra

3.6.4. Normal-, bump map

A modellezés követelménye volt, hogy a poligonszám nem haladhatja meg a 10 000 háromszöget, így a kisebb felületi egyenetlenségeket modellezés szinten nem tudtam megjeleníteni.

Erre szolgál megoldást a normal- és bump map. A felületi egyenetlenség leképezés (bump mapping) egy olyan eljárás, amellyel egy sima felületre optikailag létre lehet hozni kisebb bemélyedéseket vagy kitüremkedéseket.

Ezzel a megoldással a felület geometriai normálja változatlan marad, csupán a megvilágítási használt normálvektorokat változtatjuk meg pixelenként.

Alapjában véve a normal map egy színes textúra formájában valósítható meg, míg a bump map egy szürkeárnyaltos textúrával leképezhető. A normal map manuálisan nehezen generálható, így a további folyamatoknál a bump mapping technikával foglalkozom.

A bump map alkotása során észrevehető volt, hogy a modell körvonalai körül a mélyítő vagy kiemelő hatás eltűnik. Így szembetűnővé vált az, hogy nincsenek valódi felületi

egyenetlenségek. Mivel nincs konkrét értelemben vett felületmódosítás, így az alakított részek nem vetnek árnyékot, ezzel is csökkentve a valódi hatást.

A bump map generálása egy igen hosszú folyamat és a sebek prezentálása szempontjából nem szükségszerű az ilyen magas fokú felületi hatások megjelenítése.

A módszertan a gyors és hatékony feldolgozást helyezi előtérbe, így a normal és bump mapping technikáját nem építem bele a folyamatba.

3.7. Exportálás

A textúrázott modellek Blenderben készültek, de a bemutatásukhoz elengedhetetlen más programokat használni. Olyan információ kinyerési lehetőséget kellett keresnem, aminek a formátuma feldolgozható lesz a más programok számára információ veszteség vagy hátrányos átalakítás nélkül.

Mivel az egyik prezentálásra használatos eszköz a YourAnastomosis cég applikációja, .fbx fájlkiterjesztést mindenképpen kellett generálni. Az FBX fejlesztője az Autodesk. Háromdimenziós alkalmazások közötti információ átvitelre nyújt megoldást. [26]

Az exportálás során ez a formátum megtartja az eredeti fájl tulajdonságait és egy külön .fbm kiterjesztésű mappába tárolja kép formátumban a textúrákat. Az exportált adatok a Unity szoftverbe lettek importálva és tovább dolgozva. Ebben a folyamatban Büki Tamás, a YourAnastomosis cég technológiai vezetője volt segítségemre.

Egy egyszerű megnyitási módja a háromdimenziós modelleknek a 3D Viewer program használata. Ez a Microsoft Corporation által közzétett, ingyenesen elérhető alkalmazás. Egyaránt használható számítógépeken és Hololensen. A gyakori 3D fájlformátumok megnyitására kiváló minőségben alkalmas. [27]

A 3D Viewer alkalmazás használatához számos exportálási formátumot választhattam. Képes használni FBX, STL, OBJ, GLB, PLY, 3MF fájlformátumokat is.

Az kiexportált kiterjesztéseket Blenderbe való visszaimportálással ellenőriztem. Ez arra volt jó, hogy összehasonlítsam a fájltypusok textúrázási megoldásait.

Az FBX kiterjesztéssel kezdtem, ugyanis ez már az applikációba való beépítés miatt ki volt exportálva. A visszaimportált modell megtartotta a képalapú textúrát, és a roughness képet, azonban létrehozott egy jelen esetben feleslegesnek mondható normal map lehetőséget is, illetve egy Alpha csatornába is behúzta a színes textúrát. A mérete több, mint 19 MB.

A következő formátum az OBJ volt. Ez egy külön MTL fájlban tartalmazza a megjelenítési információkat. A visszaimportálás után nem tartottam meg a roughness információkat. A mérete 350 KB volt.

Ezután a GLB kiterjesztést vizsgáltam. A fájl mérete 18 MB és egy kiterjesztésben tárol minden információt. Szintén tökéletesen kép formátumban megtartotta a képi textúrát és a roughness tulajdonságokat ugyanolyan minőségben, erősségben és pozícióban ráillesztette a modellekre, ahogy én is csináltam a Blenderben.

A GLB kiterjesztést választottam a 3D megjelenítő használatához.

3.8. Megjelenítés

Ahhoz, hogy a munkám produktuma felhasználható legyen sebészeti oktatóanyagként, a prezentálási lehetőségeket két csoportra osztottam.

Az első csoportba azok a lehetőségek tartoznak, amik egy átlagember számára is elérhetőek. Ilyen megoldás az, amit akár egy okostelefon is meg tud jeleníteni. A Your Anastomosis cég applikációja erre tökéletesen alkalmas.

Az applikáció a regisztrációt követően lehető teszi azt, hogy az eszköz a saját kameráját használva a valós térbe pozícionálva megjelenítse az elkészült modellt. A

térben való elhelyezéshez és a jelenet beolvasásához nélkülözhetetlen az a QR kód, ami ezért felelős.

A modellekről külön-külön vagy akár több modellt is tartalmazva a Unity játékmotorban készül egy jelenet. Ezeket a jeleneteket lehet beépíteni az alkalmazásba. Minden jelenetről készül egy QR kód, amit a felhasználók be tudnak olvasni a telefonjaikkal.

A beolvasást követően megjelenik a valós környezetbe vetített modell. Ezt a telefon forgatásával és mozgatásával körbe lehet nézni minden szögből, közelről és távolabbról egyaránt.



11. ábra _Kiállítás megtekintése az applikáción keresztül

Ebbe a megjelenítési csoportba tartozik a már említett 3D Viewer is. Amennyiben a felhasználó rendelkezik egy számítógéppel, úgy ingyenesen telepítheti a szoftvert és a megfelelő kiterjesztésben lévő modellt könnyen megnyithatja és megtekintheti bármely irányból.

Szintén ebbe a csoportba sorolom a render videó megtekintését. Ez egy kevésbé interaktív folyamat, azonban egyaránt lehet lejátszani akár egy telefonon vagy előadás közben kivetíteni.

A render videók elkészítésére szintén a Blender szoftvert használtam. A cél az volt, hogy az elkészült modell minden irányból látható legyen a videó lejátszása során, kifejezetten fókuszálva a seb részeire. Több megoldás közül választhattam az elkészítését illetően. Az egyik opció az volt, hogy egy fix kameraállást használok, és a modellt forgatom. A másik lehetőség az, hogy a modell marad azonos pozícióban és a kamera látószögét állítom annak megfelelően, hogy éppen melyik területet honnan szeretném megmutatni.

Természetesen lehet használni mindkét opciót egy időben is, azonban mivel a fényforrás irányát egy fix beesési szögre határoztam meg, a modellt mozgatva változnak az árnyékok is, és ez eltereli a figyelmet a fontos részekről. Ebből kifolyólag a fix modellállást és a kamera mozgatását használtam.

A kamera irányításához létrehoztam a modell körül bizonyos vezető vonalakat, amik követésével ki tudtam azt küszöbölni, hogy egy szimpla körbefordulásnál a kamera eltérő távolságból mutassa a látványt.

A videók elején ezen vonalak segítségével egy teljes 360°-os fordulást imitáltam, megmutatva egyben a modellt, majd ezután ráközelítve a sebészeti szempontból fontos részekre haladtam tovább.

Az elkészült render videók megfelelően bemutatták a modellek és sebek részeit, így a prezentáláshoz alkalmasnak bizonyultak.



12. ábra_Rendervideo

A másik prezentálási csoportba az olyan megjelenítéseket sorolom, amelyek nem feltétlenül elérhetőek egy mindennapi ember számára. Ez jóval izgalmasabbá teszi a megtekintést, így biztosan maradandó élményt okozva.

A Hololens alkalmazása egy teljesen új kaput nyit meg az elkészült munka bemutatására. Nem csupán izgalmas látványt nyújt, hanem lehetőséget teremt arra, hogy a kiterjesztett valóság lehetőségeit használva, mint egy valódi tárgyat úgy kezeljük a környezetünkbe vetített modellt. A felhasználóknak lehetőségük nyílik saját akaratuk alapján forgatni, mozgatni, kicsinyíteni-nagyítani a sebet ábrázoló modelleket.

Ennek az interaktív tanítási módszernek a segítségével a tanulás úgy tehető hatékonyá, hogy az eszköz szórakoztató funkcióit kihasználva egy maradandó élményt alkotva ragadjon meg az információ.

3.9. Oktatás

A célkitűzéseim között volt, hogy a kialakított módszertan segítségével létrehozott modelleket szeretném oktatóanyagként hasznosítani. Erre szintén a Your Anastomosis

biztosította a lehetőséget. Egy kötszerek forgalmazásával foglalkozó céggel kötött megállapodásukkal egy akkreditált képzés alkalmával teremtetek módot arra, hogy ez valóra váljon.

Ez a cég a világ vezető, orvosi termékeket és megoldásokat gyártó vállalata. Tevékenységi köre két részre osztható. Az egyik rész az egyszer használatos műtéti termékek gyártása, a másik a kötszer divízió, mely a gyengéd és hatékony sebkezelésért felelős. A sebkezelés magába foglalja az olyan sebgyógyító megoldásokat, mint a kötszerek, kompressziós termékek, bőrápoló és bőrpuhító szereket.

Az általuk indított akkreditált képzés célja az volt, hogy a sebkezelést korszerűsítsék oly módon, hogy a már egészségügyben dolgozó szakemberek tudását bővítsék. A képzést három alkalomra bontva valósították meg. Ezek közül az elsőként megtartottba volt lehetőség a modellek alkalmazására.

A program egy teljes napot lefedett. 60 résztvevő volt jelen. Reggel 8 után érkeztek, majd a regisztrációt követően kaptak segítséget a Your Anastomosis cég applikációjának telepítéséhez és az ebbe való belépéshez, mindenki a saját telefonját használva. Erre azért volt szükség, hogy a későbbi feladatoknál már ne legyen probléma senkinél sem.

Délelőtt a kötszerforgalmazó cég neves munkatársa tartott előadásokat. A téma a krónikus, nehezen gyógyuló sebek holisztikus szemléletű sebmenedzsmentje volt. A prezentálás színesítése érdekében előre megbeszélt részeknél a 3D Viewer program segítségével megnyitott modelleket kivetítését bonyolítottam le. A feladatom az volt, hogy ráforgatva és közelítve mutassam be a lábmodelleken ábrázolt sebek azon részeit, amiről éppen az előadó beszélt. Szintén az előadás részeként a hallgatók kaptak olyan feladatlapokat, melyeket szerepelt egy QR kód. Amikor a prezentációban a megfelelő részhez érkeztek, akkor a saját telefonjukat és az asztalukra helyezett tableteket használva az applikációval beolvastatták a QR kódokat. Így megjelent az a lábmodell, amelyen ábrázolva volt a feladathoz tartozó seb. A telefont mozgatva körbe tudták tekinteni minden részét, mintha csak maguk előtt lenne a valós sebes láb. Miután sikeresen megvizsgálta mindenki, közösen megválaszolták a feltett kérdéseket. Az előadás menete ezekkel a vizuális segédletekkel aktívan zajlott a résztvevők szemszögéből is, így nem csupán a nyers információ áradat zúdult a fülükbe.

Az előadások a délelőtt alatt lezajlottak, így az egész délután az interaktív feladatoknak maradt. A résztvevők négy darab 15 fős csoportra lettek osztva. Erre azért volt szükség, mert a terem is szintén négy részre lett osztva, és minden részen más-más feladatra alkalmas hely lett kialakítva. Így egyszerre lehetett minden csoporttal foglalkozni. A feladatok elvégzése után forgó mozgásban cserélődve ment minden csapat a következő játék helyszínére, így senki sem maradt ki semmiből. Fontos volt, hogy az esemény tervezése során figyelni kellett arra, hogy az összes helyszín feladata nagyjából azonos idő alatt teljesíthető legyen.

Az egyik helyszínen az applikációt használva az összes seb kiállítása volt látható. Több asztal lett egymás mellett elhelyezve, melyeken a QR kódok rögzített állapotban voltak. Erre azért volt szükség, hogy amikor a résztvevő beolvassa az applikációval a kódot, akkor biztosan a megfelelő helyzetben, azaz az asztalokon felsorakoztatva, - mint egy valós kiállításon - jelenjenek meg a modellek.

Ennek a feladatnak a megvalósítása egy rendkívül összetett folyamat eredménye a lábmodellek megalkotásán kívül is. Előre fel kellett mérni a helyszínt, pontos méreteket és arányokat feljegyezve. A kapott adatokból létre lett hozva a terem digitális másolata, amibe méretarányosan be lett húzva minden modell, amit szerepeltetni akartunk a kiállításon. Ezek a folyamatok Büki Tamás és Schmidt Olivér segítségével valósultak meg.

Két másik helyszín a Hololens játéknak volt kialakítva. Itt a feladat az volt, hogy a seb gyógyulási fázisának megállapítására használatos színskálán a megfelelő helyre helyezték a lábmodelleket, annak megfelelően, hogy milyen színű szövetek találhatóak rajtuk.



13. ábra_Feladat a Hololenssel

Minden csapatból ki lett választva 1-1 fő, aki reggel korábban érkezett. Őket oktatásban részesítettünk, hogy a Hololens alapvető kezelése ne jelentsen problémát a játékok során. A feladatnál a csapat irányítására a kiválasztott résztvevő elhelyezte a lábakat a megvitattott helyre a kinyomtatott és falra ragasztott színskálán. A csapat többi tagja egy képernyőn követhette azt, hogy mit lát az aktív játékos, így a közös csapatmunka nem jelentett kihívást. Minden csapat eredményét egy képen rögzítettünk.

Előre felkészültünk arra az esetre, ha valamilyen technikai vagy egyéb okokból a feladat kihívásba ütközik. Erre az eshetőségre azt a játékot találtuk ki, hogy mi - a feladat levezényelői – vesszük fel a Hololens szemüveget, és szintén kivetítjük amit látunk. A résztvevők feladata pedig az, hogy egy lapra felírják az összes olyan színt, amit a seben megfigyeltek.

Azonban, hogy az élmény teljes legyen, a konkrét feladatok után minden egyes résztvevő felpróbálhatta a szemüveget és körbenézhetett, forgathatta a lábakat. Ebben a kihívás ott nyilvánult meg, hogy a Hololens akkumulátora nem bírta ekkora terhelést, hamar lemerült, ezért folyamatosan egy külső akkumulátorra kellett csatlakoztatni, és szüneteket tartani, hogy elkerüljük a túlmelegedést.

A negyedik feladat helyszínen a résztvevők a kötszerforgalmazó cég és a Your Anastomosis sebész orvosaival tudtak feladatlapokat egy kártyajáték formájában megoldani, majd ezekről konzultálni.

Miután minden csapat teljesítette az összes feladatot, egy kérdőívet töltöttek ki azzal kapcsolatban, hogy mennyire voltak elégedettek a programmal. Ezután személyes konzultációra volt lehetőségük, majd a záró beszédek után délután 5 körül véget ért a kurzus első napja.

4. Eredmények:

A módszertan kidolgozása alkalmával számos területen bővítettem a tudásomat. Megoldást találtam arra az esetre, ha a képkalkotás, mint forrásanyag gyártás összetett folyamata révén nem sikerül kellő minőségű nyersanyag halmazhoz jutni. Az utólagos képjavítás lehetőségei egy jóval magasabb szintre emeli a végeredményt. Segítségével nem csupán az információ veszteség küszöbölhető ki, hanem az adatok minőségének javítása is megvalósul.

A különböző szoftverekkel lefutott fotogrammetria tesztek eredményei kimutatták azt, hogy ezen forrásanyagok feldolgozásának melyek a megfelelő eljárásai. Segítségükkel megoldást találtam arra, hogy olyan színvonalú felületeket és textúrákat eredményezzenek a folyamatok, amikkel a további munka során többek között jelentős időt lehet megspórolni, ugyanis remek alapot teremt a végleges modell és textúra összeállításához, anélkül, hogy orvosi szempontból is fontos adatvesztés lépne fel, melyet manuálisan pótolni kell.

A gyártott felületekből a modellalkotás olyannyira gördülékenyen tud történni, hogy egy alap modell gyártása után számos másik megvalósítása csupán kisebb részletek formálásával történik. Ezzel nem csupán idő nyereség történik, hanem a befektetett munka eredményességének javulása is.

Ahogy a Bevezetésben említettem, az előző évben volt már lehetőségem a témában dolgozni Mérges Jankával közös projektben. Ez ideális kiindulási és nem utolsósorban összehasonlítási alapot nyújt, ugyanis a folyamat közel azonos leginkább a forrásanyagokat értve, azonban a kivitelezés nagymértékben fejlődött. Az abban használatos kiforratlan módszerrel egy-egy jelenet alkotása akár 80-100 órát is igénybe vett.

Jelen tanulmány kidolgozásával egy olyan módszertant sikerült alkotni, amellyel a nyersanyag feldolgozási és a végleges, textúrázott modell gyártási ideje akár az említett időtartam kevesebb, mint felére csökkent. A módszertan követésével a tudásátadás hatékonyan tud történni, a folyamat könnyen értelmezhetővé és kivitelezhetővé válhat. Utóbbiak elengedhetetlenek ahhoz, hogy a gyártási folyamat gördülékenyen történjen, megfelelő mennyiségű oktatási anyag létrejöttével.

Az akkreditált képzés során megfigyelhető volt, hogy az oktatásba való beépítés olyan alternatívákat teremtett, amelyekkel tanítás és tanulás egyaránt izgalmasabbá vált.

5. Értékelés és következtetések

Kutatásom elsődleges célja az volt, hogy megoldást találjak arra, hogyan növelhető a forrásanyagok minősége és információ tartalma, illetve, hogy hogyan lehet minimalizálni az adat veszteséget. Fontos volt, hogy megvizsgáljam a képalkotás technikáit, a nyersanyag feldolgozás lehetőségeit és a szerzett tudással kialakítsak egy hatékony munkafolyamatot. Cél volt, hogy a kidolgozott módszertan használatával olyan végeredmény jöjjön létre, amely orvosi, mérnöki és laikus szemmel is egyaránt értelmezhető és értékelhető legyen, megőrizve a valós szituáció tulajdonságait.

Utóbbiak segítségével létrejött digitális modelleket igyekeztem a kiterjesztett valóság alternatíváival oly módon és minőségben prezentálni, hogy a sebészeti oktatásba való beépülést lehetővé tegye.

A nyersanyagok információ tartalmának és minőségének javítása a képalkotási technikák és eszközök fejlesztésével kivitelezhető lehet, azonban ebben nehezítő tényező az, hogy a műtőben fényképezésre nem áll rendelkezésre kellő idő és hely.

Így a forrásanyagok minőségének javítása a képjavítási lehetőségekkel lett megvalósítható. Segítségével többek között a fény és színhatások, valamint fényesség, kontraszt és élesség arányok úgy alakíthatóak, hogy a nyersanyag halmazt alkotó képek azonos tulajdonságokkal jelenjenek meg.

A jelentős adatvesztés leginkább a fotogrammetriával létrehozott felületeknél jelentkezett. Számos teszt elvégzése után ez az információ csökkenés minimalizálhatóvá vált. Sikertelenül megtalálni az ideálisnak mondható szoftvert és beállítási lehetőségeit. Arra azonban figyelni kell, hogy ezek a programok állandó fejlesztés alatt állnak, így a teszt eredmény változhat. Ebből adódóan időről-időre fontos lesz a tesztelés végrehajtása, akár új szoftverek és technikák bevezetésével.

A módszertan kialakítása során figyelni kellett azokra a követelményekre, amiket a prezentálási lehetőségek megkívántak. Ezek közé tartozott az, hogy a kész modell poligonszáma legyen kevesebb, mint 10 000 háromszög, a textúra képalapú legyen és hogy a kép felbontása ne haladja meg a 4096x4096 pixelt.

Ezek mellett az elvárás az volt, hogy szakmai és amatőr szemmel egyaránt értelmezhető, valós adatokat tartalmazva jelenjen meg a sebet ábrázoló modell. Mivel ipari termék- és formatervező hallgatóként nem rendelkezem ennek a felméréséhez kellő tudással, így felkértem konzulenseim, Dr. Gasz Balázs és Huszák Marcell mellett Dr. Varga Júliát arra, hogy sebész orvosi szemszögből megvizsgálva értékelje a végeredmény valósághűségét, minden egyes sebnél.

A sebészeti oktatásba való beépülés első lépéseként egy akkreditált képzés keretein belül mutathattam be a megalkotott modelleket. Ennek eredményességéről a Your Anastomosis munkatársainak köszönhetően létrejött egy kérdőív, amely a résztvevők hiteles véleményét tartalmazza.

A kérdőív tartalma 10 kérdést tartalmazott. Az első 8 kérdés egy értékelést tartalmazott egytől ötig terjedő skálán, az utolsó két kérdésnél, pedig a legjobban és legkevésbé tetsző feladatot kellett ismertetni.

Kérjük, értékelje 1 - 5 skálán! (1 – legkevésbé, 5 – legjobban)

1. Mennyire segítette a 3D technológia a self-felismeredőben?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☒
2. Mennyire találta átláthatónak a 3D technológiával támogatott tanulmányt?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☒
3. Mennyire befolyásolták a kiterjesztett valóságban láttak a kezelőre vonatkozó döntéshozatalát?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☒	☐
4. Mennyire volt könnyű használni a holoLens kiegészítőt?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☒	☐
5. Mennyire volt könnyű használni a telefonos applikációt?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☒	☐
6. Mennyire volt gördülékeny a regisztráció folyamata?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☒	☐
7. Szívesen részt venne-e kiterjesztett valósággal támogatott, hasonló nehézségű képzésen a jövőben?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☒
8. Mennyire ajánlaná kollégájának/ismerősének egy hasonló, kiterjesztett valósággal támogatott kurzusnak az elvégzését?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☒
9. Melyik játékos feladat tetszett Önnek a legjobban? (Használja az útlevele megnevezéseit!)

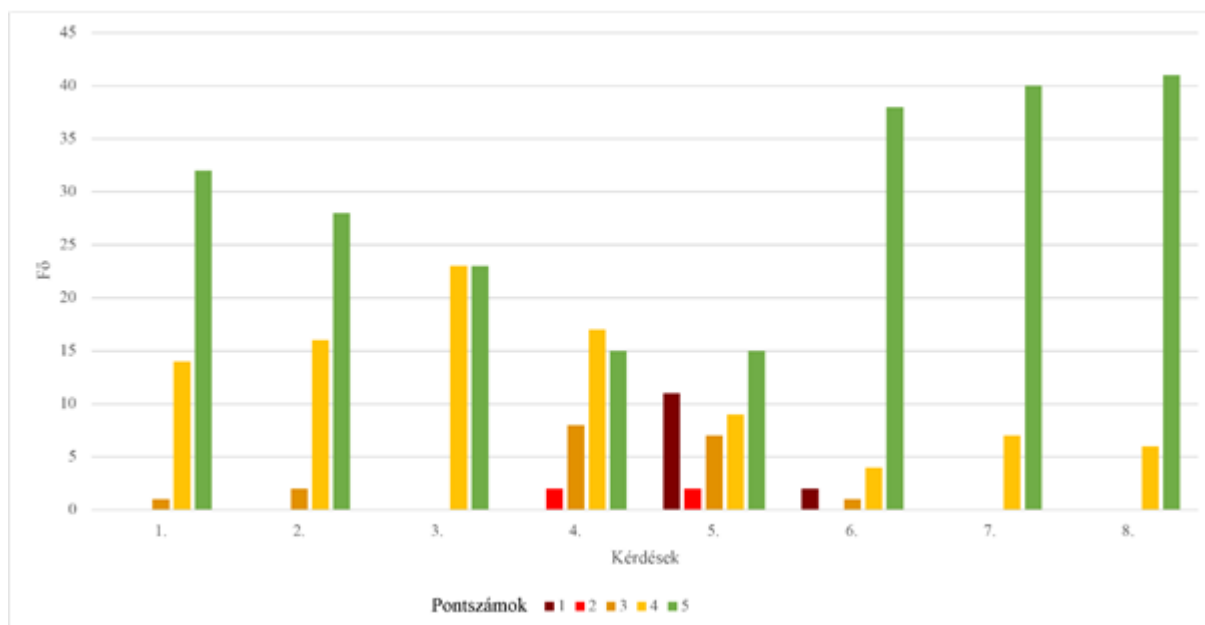
HoloLens
10. Melyik játékos feladat tetszett Önnek a legkevésbé? (Használja az útlevele megnevezéseit!)

nem volt ilyen

14. ábra _Értékelési kérdőív

A kérdések a következők voltak:

1. Mennyire segítette a 3D technológia a seb-felismerésben?
2. Mennyire találta átláthatónak a 3D technológiával támogatott tananyagot?
3. Mennyire befolyásolták a kiterjesztett valóságban látottak a kezelésre vonatkozó döntéshozatalát?
4. Mennyire volt könnyű használni a Hololens készüléket?
5. Mennyire volt könnyű használni a telefonos applikációt?
6. Mennyire volt gördülékeny a regisztráció folyamata?
7. Szívesen részt venne-e kiterjesztett valósággal támogatott, hasonló nehézségű képzésen a jövőben?
8. Mennyire ajánlaná kollégájának/ismerősének egy hasonló, kiterjesztett valósággal támogatott kurzusnak az elvégzését?
9. Melyik játékos feladat tetszett Önnek a legjobban?
10. Melyik játékos feladat tetszett Önnek a legkevésbé?



2. táblázat_A kérdőív első 8 kérdésének eredményei

Az utolsó két kérdés eredménye az lett, hogy a legtöbb embernek a Hololens AR játék tetszett, a kártyajátékkal összekötött konzultáció pedig a legkevésbé nyerte el a résztvevők tetszését.

Az eredményekből látható, hogy az applikáció használata volt a leginkább megosztó. Ez abból adódott, hogy előfordult néhány résztvevőnél az az eset, hogy a telefonja nem volt kompatibilis az applikációval, így azt nem tudja használni. Ennek kiküszöbölése érdekében minden asztalra helyeztünk olyan tableteket, amelyeket tudtak használni, azonban úgy tűnik az kevésbé volt komfortos számukra.

Személyes tapasztalatom szerint, a módszertan kidolgozása és kivitelezése sikeres lett, azonban a folyamatos fejlesztés lehetőségét figyelemben kell tartani. Úgy gondolom és a kapott visszajelzések is azt igazolják, hogy a kurzus elérte azt a célt, hogy az információk egy játékos folyamat részeként maradandó élményként ragadjanak meg.

6. Összefoglalás:

Ipari termék- és formatervező hallgató létemre az, hogy organikus formákat elemezzek és dolgozzak fel, egy rendkívül izgalmas kihívás. Ebből adódóan az a feladat, hogy sebekről készült nyersanyagból dolgozva alkossak digitális modellt már közel sem tűnt kivitelezhetetlen folyamatnak.

Nagy előnyömre szolgált az, hogy már van némi tapasztalatom azon a téren, hogy hol fűződik össze az orvosi és mérnöki pálya, ugyanis már egy éve részese lehetek a Your Anastomosis csapatának, ahol ez idő alatt megismerkedhettem az interdiszciplináris csapat által képviselt nézetekkel.

A sebészeti oktatás korszerűsítése egy olyan cél, aminek megvalósítása egy szerfelett izgalmas, hatalmas kihívásokkal teli feladat. Úgy érzem, hogy tanulmányommal sikeresen részt vettem ebben a folyamatban. Amellett, hogy tudásom és tapasztalataim rohamos mértékben bővültek, elmondhatom, hogy egy versenyképes digitális oktatóanyag létrejöttét segíthettem elő.

Habár munkám eredményét sikeresnek tekinthetem, fontos szem előtt tartom azt a tényt, hogy ez nem egy lezárt folyamat. A folyamatosan fejlődő világnak köszönhetően újabbnál újabb technológiák létrejötte várható, amivel egyenes arányosságban nőhet az információ feldolgozás és az oktatási lehetőségek aránya is.

Erősen remélem, hogy lépést tudok tartani ezzel a folyamatos haladással, és a jövőben is érdemlegesen kivehetem a részem hasonló projektek kivitelezésében.

7. Köszönetnyilvánítás:

Tanulmányom létrejöttét elsősorban a téma felvetőinek és egyben konzulenseimnek, Dr. Gasz Balázsnak és Huszák Marcellnek szeretném megköszönni. Töretlen lelkesedésük és támogatásuk az egész folyamatot végig kísérte.

Továbbá az infrastruktúra biztosításáért, és minden egyéb tanácsért, segítségért és pártfogásért szeretném megköszönni a Your Anastomosis cég munkatársainak a befektetett idejüket és energiájukat.

Szeretném megköszönni a Pécsi Tudományegyetem Hallgatói Szolgáltatási Központjának azt a lehetőséget, hogy a Kriszbacher Ildikó Tehetséggondozó Programba való bekerüléssel megismerkedhettem olyan közel velem egykorú emberekkel, akik más-más motiváció által vezérelve, töretlenül azon dolgoztak, hogy a saját munkájuk eredményes legyen. Mentalitásukat követve én is igyekeztem szüntelen lendülettel törekedni a várt eredmény elérésére.

Valamint hálásan köszönöm a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karának azt a lehetőséget, hogy a Tudományos és Művészeti Diákköri Konferencián részt vehetek, és a keretein belül értékelésükre bocsájthatom dolgozatomat.

8. Irodalomjegyzék:

1. Kató Zoltán: Digitális Képfeldolgozás (Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika tanszék SZTE)
2. Balázsik, Valéria (2010) A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata (Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar)
3. Dr. Dékány Sándor (1973) Műszaki fényképezés és filmezés. (Műszaki könyvkiadó Budapest)
4. Matula Gy. (2008) A fotogrammetria alapjai (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet) 2241-06 SzT012-50
5. www.blender.org
6. <https://docplayer.hu/12981533-016-bonyolultabb-objektumok-kiteritese-es-texturazasra-elokeszítése.html>
7. Dr. Hok Mária előadás A krónikus, nehezen gyógyuló sebek holisztikus szemléletű sebmenedzsmentje I. rész
8. Kajos. A., Dr. Bányai E. 2011. Az augmented reality jelene és jövője, mint a marketingkommunikáció eszköze MTMT 1726105
9. Matuszka T., Jámbori A., Kocsis Á. 2016. Virtuális és kiterjesztett valóság az ELTE Informatikai Karán
10. Matuszka Tamás, Dr Turcsányiné Szabó Márta (2012) Kiterjesztett valóság alkalmazások fejlesztése, elemzése és a fejlesztőeszközök összehasonlítása (Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar)
11. Dobján Tibor, DobjánéAntal Elvira (2018) Okos megoldások és kiterjesztett valóság a tanteremben
12. <https://unity.com>
13. <https://filext.com/file-extension/FBX>
14. <https://www.bechtle.com/hu/shop/microsoft-hololens-2-mr-szemueveg--4342628--p>
15. <https://learn.microsoft.com/hu-hu/hololens/hololens2-hardware>

16. <https://www.adobe.com/hu/products/photoshop.html>
17. Juhász Tibor (2005) Számítógépes grafika (Nemzeti Tankönyvkiadó) Kiegészítés a 9. osztályos informatika tankönyvhöz
18. <https://alicevision.org/#meshroom>
19. Nagy Zoltán (2021) Fotogrammetriai szoftverek összehasonlító vizsgálata (Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar) 17-18; 32-37
20. https://www.capturingreality.com/Entertainment?utm_source=GoogleAds&utm_medium=cpc&utm_campaign=VFX_Sale_CentralEu&gclid=EAIaIQobChMI0JrKx-bG-wIV0_ZRCh1I3gDAEAAYASAAEgKLyvD_BwE
21. Nagy Zoltán (2021) Fotogrammetriai szoftverek összehasonlító vizsgálata (Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar) 15-17; 29-32
22. <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software>
23. <https://www.blendernation.com/2015/11/16/instant-meshes-a-free-quad-based-autoretopology-program/>
24. <https://docplayer.hu/12981533-016-bonyolultabb-objektumok-kiteritese-es-texturazasra-elokeszítése.html>
25. <https://www.adobe.com/hu/products/photoshop.html>
26. <https://filext.com/file-extension/FBX>
27. <https://apps.microsoft.com/store/detail/3d-viewer/9NBLGGH42THS?hl=hu-hu&gl=hu>

9. Függelék, mellékletek (ábragyűjtemény):

1. ábra_Színskála
 2. ábra_Hololens
 3. ábra_Meshroom szoftverrel alkotott felület
 4. ábra_RealityCapture szoftverrel alkotott felület
 5. ábra_Zephyr szoftverrel alkotott felület
 6. ábra_Zephyr szoftverrel alkotott felület, egységes zöld háttérű képekből
 7. ábra_Kezdetleges lábmodell
 8. ábra_UV térkép
 9. ábra_Textúra
 10. ábra_Roughness textúra
 11. ábra_Kiállítás megtekintése az applikáción keresztül
 12. ábra_Rendervideó
 13. ábra_Feladat a Hololenssel
 14. ábra_Értékelési kérdőív
-
1. táblázat_Fotogrammetria tesztek értékelése
 2. táblázat_A kérdőív első 8 kérdésének eredményei

10. Nyilatkozat:

Én, Fehér Luca, aláírással nyilatkozom arról, hogy a dolgozat a saját munkám, a felhasznált irodalmat felelősségteljesen kezeltem és a munkámra vonatkozó jogszabályokat betartottam.

Pécs, 2022.11.24.


Fehér Luca