



Pécsi Tudományegyetem
Pollack Mihály Műszaki és Informatikai kar
Gépészmérnök Tanszék

Egészségügyi termék fejlesztése a kiterjesztett
valóságban

Készítette: Fehér Luca, Mérges Janka
Évfolyam: harmadik

Belső konzulens: Dr. Gasz Balázs
Beosztása: Vendégelőadó

Külső konzulens: Huszák Marcell
Beosztása: Terméktervező

Pécs
2022

Tartalom

Prológus	2
Bevezetés	3
Cég és termék.....	4
1.Kutatás	5
2.Módszertan, tervezés.....	16
3. Értékelés.....	25
Összefoglalás	30
Köszönetnyilvánítás	31
Irodalomjegyzék	32
Ábragyűjtemény.....	34
Nyilatkozat.....	35

Prológus

A gyakorlatias képzések számára az elmúlt két év távoktatása hatalmas nehézség volt. Megtapasztaltuk, hogy a hagyományos eszközök elvesztésével mennyi készségünket nem fejleszthettük a megfelelő módon, valamint, hogy milyen nehéz volt kézzel fogható eredményeket és azokra valós visszajelzést kapnunk. A személyes, kézzel fogható tapasztalat számos szakmának követelménye, így az ezekhez való hozzáférhetőség egy izgalmas, fejlődő témakör.

Huszák Marcell, ipari termék- és formatervező mérnök alumni vezette fel számunkra ezt a témát, mely ötvözi az képességeinket, érdeklődési körünket és a tapasztalatainkat. Mivel mindketten nagyon szívesen foglalkoznánk egészségügyi mérnöki feladatokkal, ezért rögtön felkeltette a figyelmünket és örömmel birkóztunk meg a feladat nyújtotta nehézségekkel.

A munkák kapcsán olyan tapasztalatokat, készségeket és tudást sajátíthattunk el, mely a későbbi életünk folyamán is hasznos lesz. Mivel alapvetően olyan programmal ismerkedhetünk meg, amit a tanulmányaink során nem közelítettünk, ezért jelentős fejlődésen mentünk keresztül. Emellett olyan elemeivel foglalkoztunk mélységben a modellezésnek és a vizualizációs eszközöknek, melyre korábban nem volt lehetőségünk ehhez mérhető keretek között.

Ez az alkalom egy tökéletes lehetőséget adott számunkra, hogy betekintést nyerhessünk egy interdiszciplináris munkafolyamatba és részesei lehessünk egy dinamikusan fejlődő ág előre törekvésének.

Bevezetés

A feladat, amit kaptunk az volt, hogy sebészeti helyzetekről készült 3D szkennelt fájl, képek és egyéb hozzátartozó információk alapján készítsünk egy replikát, melyet egy okos telefonon elérhető applikáción keresztül is meg lehet tekinteni egy QR kód segítségével. Ezt egy már létező gyakorló modellhez csatolva jobban el lehet mélyedni a sebészeti helyzetben. Mindketten kaptunk 1-1 esetet, ezekhez fotogrammetrikus modellt, a nyomtatással elkészített modellt digitálisan, nagy felbontású 3D szkennelt modellt, illetve képeket. Így párhuzamosan haladva, közösen végig mehettünk a lépésein.

A feladat elvégzéséhez Blender-t használtunk, ami egy ingyenes, nyílt forráskódú modellező program, ami képes a 3D-s térben történő vizualizáció legtöbb lépésére. A program, a textúrák kezelésére több lehetőséget is nyújt. Mi megkapott anyagokból képalapú textúrákat kellett készítettünk, úgy nevezett Physically Based Rendering (fizikai alapon renderelt) alapelvein készülve, hiszen a céljainkat ez a módszer elégíti ki. A Blender eszköz tárában szerencsére erre is lehetőségünk volt a programon belül, a modellhez illesztve, integrált képszerkesztőn keresztül elvégezni ezt. Emellett arra kellett figyelniünk, hogy a poligonok számát összesen 500.000 alatt tartsuk a teljes jelenetben, hogy gyengébb okos eszközökön keresztül is megfelelően működjön az AR okos telefonokon.

Mivel egyikünk se rendelkezik orvosi, vagy informatikai kompetenciákkal, ezért elsősorban úgy fogtuk fel a feladat kidolgozását, mint vizuális kommunikációs és oktatási jellegű termékfejlesztése. Ennek megfelelően a hiányosságainkban segítségünkre voltak a szakmabeli konzulenseink.

Cég és termék

A YourAnastomosis-t 2018-ban hozta létre a Me3d-Graft Kft, a szolgáltatásai és termékei sebészeti beavatkozások oktatásában segítik az orvosokat a világ körül a készségeik fejlesztésében. Fizikai gyakorló eszközöket, online kurzust és objektív visszajelzést ajánlanak, mérhető tényezők alapján. A kutatás és fejlesztésük a digitális ikrek érsebészetben való alkalmazására és felhasználására terjed ki. Egyedi érrendszeri esetekkel foglalkoznak, melyek során erek összevarráásra szorulnak. Korszerű és folyamatosan fejlődő technológiát használnak az elkészült varratok elemzésére, hogy a lehető legpontosabb és valósabb visszajelzéssel szolgálhassanak. Céljuk, hogy a sebészeti oktatást adatvezéreltté tegyék és a folyamatos fejlődését elősegítsék. A csapatukat számos hivatás szakértői alkotják, hogy a tudásukat közösen innovációt és előrelépést hozhassanak létre.

Eset specifikus termékeket gyártanak, így a beavatkozások széles skálája gyakorolható és ez alapján átfogó visszajelzést kaphat a morfológiai klasszifikációról, illetve az áramlástan jellemzőiről az elkészült varratnak. Így a lehető legtöbb információ alapján tudnak tovább fejlődni, illetve az adatok feldolgozásával lehetővé teszi az összehasonlítást és az orvosi eszközök, robottal végzett beavatkozások és új, korszerű technikák fejlesztését. A szolgáltatásaik és termékeik egészségügyi dolgozóknak, oktatóknak és egyetemnek célozzák, hogy a készségeiket a lehető legmodernebb módon fejleszthessék.

A Data Magazine Magyarország legjobb big data vállalatai közé sorolta a YourAnastomosis-t innováció, növekedés, menedzsment és társadalmi hatást figyelembe véve.¹

¹ M. Smith (2021): 17 Best Hungary Big Data Startups & Companies

1. Kutatás

A következőkben a megelőző kutatásunkat fogjuk ismertetni a felhasznált technológiákról, azok alkalmazásáról és módszereiről.

1.1. Fizikai és virtuális termék kapcsolata

A feladat során virtuális replikákat készítettünk a seb helyzetekről, melyek hasonlóak a digitális ikrekhez. Ez a kifejezés tárgyak, terek, folyamatok vagy rendszerek digitális másait takarja, melyeket valós időben figyelhetünk meg². A digitális ikrek mérnöki és hétköznapi alkalmazása egyre inkább elterjed, többek közt prototipizálás, gyártás, fejlesztés és különböző szolgáltatások során is. A technológia egy egyszerű digitális modelltől abban tér el, hogy a valós és a virtuális alany között kapcsolat van és információ áramlik.

Az egészségügyben már különböző módokon jelen a fizikai kezelések és termékek kapcsolata, azoknak a digitális másával, elsősorban a személyre szabott kezelések terén³. Mi viszont ezt az egyenes fizikai termék-virtuális alany kapcsolatot nem alakítottuk ki. A valós sebhelyzet, mely megtekinthető AR-ban egy példaként statuál, melynek egy modelljén gyakorolhat egy sebész és a visszajelzés egy alapos analízis után, utólag érkezik meg hozzá. A vizuális információ bősége azt a célt szolgálja, hogy a várható helyzetbe elmélyedhessen és felkészülhessen. A visszacsatolás az eredményét illetően időben eltolva érkezik meg, miután az elemzésen átesett a varrat.

Ahhoz, hogy a termék különböző elemei összeállhassanak, különböző technológiákat kell alkalmazni, köztük 3D szkennelés, - nyomtatás, fotogrammetria modellezés és öntészet.

1.1.1. 3D szkennelés

A 3D-s szkennelés technológiája kamera és azt kiegészítő technológia (például lézer) által érzékelt mintavételezéssel gyűjt adatokat egy objektum fizikai tulajdonságairól információt, melynek eredményeként egy térbeli modellt tud alkotni róla⁴. Reverse Engineering (fordított mérnöki tevékenység) során gyakori használata ennek, hogy egy olyan objektumotról készüljön egy digitális modell, melyből csak a fizikai objektum,

² M. Grieves, J. Vickers (2017): Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex System (Publisher: Springer International Publishing)

³ H. Elayabm M. Aloqaily, M. Guizeni (2021): Digital Twin for Intelligent Context-Aware IoT Healthcare Systems (Publisher IEEE)

⁴ Kovács T. (2011): 3D szkennelés kódolt fénnnyel

prototípus áll rendelkezésre. Az elkészült ponthálót a legtöbb CAD/CAM (számítógép által segített dizájn, gyártás) rendszer alkalmas olvasni, de megvannak a fájl méretbeli korlátaik, így szükséges az adatokat átalakítani a célnak megfelelő térhálóra.

Az egyik alapvető művelete a pontfelhők feldolgozásának a háromszögelés, mely egy háromszög hálót képez a szomszédosnak vélt pontok között, úgy, hogy a keletkezett háromszögek legfeljebb egy élben vagy egy csúcsban találkozzanak, önmetszés nélkül⁵. Ebben a gráfelmélet játszik fontos szerepet, ugyanis a térháló elemei megfeleltethetők egy gráf csúcsainak és éleinek⁶. Abban az esetben, ha irányításra utaló információt is tartalmaznak az élek, irányított gráfról beszélhetünk. Ideális esetben a térhálónk egy összefüggő gráf, azaz bármely csúcsból bármely más csúcsba el lehet jutni élek mentén. Egy háromszögeléssel elkészült térháló már alapvetően megfelel olyan feladatokra, mint a rapid prototyping (gyors prototipizálás), VEM (végelelemes módszer) vizsgálat és vizualizáció.

A háromszögelés eredményeként azonban rendezetlenül jelennek meg az objektum felületét reprezentáló pontok és élek, illetve a mintavételezésnek megfelelő pontossággal és sűrűséggel. Ezeknek a felhasználása és kezelése egy eszköz számára nagy erőforrást igényel, így fontos, hogy átessen egy feldolgozási folyamaton mielőtt egyéb módon alkalmazzák (például CAD modell előállításaa). Ennek során egy rendezett topológiájú térhálót kell létrehoznunk, mely elsősorban négyszögekből áll és lehetőleg lyuk mentes. A háromszöges, esetleg n-gonos elrendezés megváltoztatása azért fontos, hogy a későbbiekben olyan lépéseket, mint a kép textúra elkészítése és az esetleges lyukak, pontatlanságok feloldása könnyebb legyen a programon belül. Illetve felmerül, hogy a háromszög csúcsok megközelítése mennyire feleltethető meg a valóságnak - ezeket szükséges-e, hogy tartalmazza modell, avagy az alakját csak megközelíteni szükséges.

A zajok csökkentése érdekében érdemes egy simítási folyamatot is alkalmazni a háromszögelt térhálón. Ezzel a pontosságot növelhetjük felületi normálisok, valamint görbületek esetén, ezzel a további módosításokat (például felület illesztés) megkönnyítve.

Azt követheti az újrahálózás (retopologizing). A szkennelt térháló csúcsainak száma pontosságtól függően nagyon magas lehet, mivel ez a számításokat és módosításokat

⁵ Dr. Tomán H., Dr. Kunkli R. (2015): 3D szkenneléssel előállított pontfelhő és annak feldolgozási lehetőségei

⁶ Dr. Tomán H., Dr. Kunkli R. (2015)

megnehezíti ezért csökkenteni szükséges, illetve a háromszögeket és n-gonokat ilyenkor alakítjuk négyzetekké. Fontos a folyamaton belül odafigyelni, hogy a redukálással ne veszítsünk el nagy mennyiségű, fontos információt, illetve amennyiben ez elkerülhetetlen, a későbbiekben a célnak megfelelően pótolni lehessen.

Attól függően, hogy az újrachálózást milyen módon végezzük el, már közben is lehetséges a lyukak betöltése és szegmensek kialakítása, de ez később is lehetséges. A lyukakat elsősorban információ hiány okozza szkennelés során, amely következhet árnyékoltabb avagy túlságosan fényes, visszaverődő elemek által⁷.

A szegmentálás célja, hogy a térháló szorosan összefüggő részeit meghatározzuk és vizuálisan elkülönítsük, a későbbi céloknak megfelelő módon. Például, ha egy arcnak a térhálójáról beszélünk, melyen később animációt szeretnénk végezni, akkor érdemes az együtt mozgó területeket egyként kezelni.

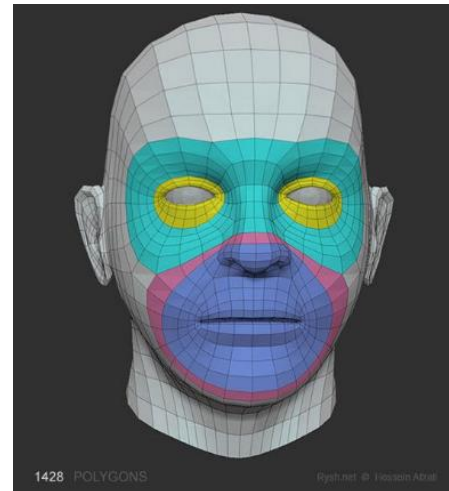
Azután már lehet a modell esztétikai elemeivel foglalkozni, javítani a térháló elemeinek folytonosságán és kiegészíteni esetlegesen elvesztett információkkal.

A szkennelést a YourAnastomosis számára Creaform 3D Go!Scan Spark szkennerral Varga Júlia végzi el. Ez a szkennerek képes a giroszkóp segítségével összefűzni az elkészült térhálókat.⁸

1.1.2. Fotogrammetria

Annak érdekében, hogy a lehető legtöbb információval rendelkezünk fotogrammetriát is alkalmaztunk.

A fotogrammetria tudománya azzal foglalkozik, hogy fizikai objektumokról (tárgyokról, akár terepekről is), hogyan lehet kétdimenziós állóképek halmaza segítségével meghatározni azoknak dimenzióit számításokkal és mérésekkel⁹. Ezeknek



1. ábra Tisztított topológiával rendelkező, szegmentált modell példája, Hossein Afzali által

⁷ D. D. Lichti, B.R. Harvey (2002): The effects of reflecting surface material properties on time-of-light laser scanner measurements

⁸ Creaform 3D hivatalos honlapja

⁹ K. Kraus, P. Waldhausl (1998): Fotogrammetria (Kiadó: Tartia Kiadó, Budapest)

az adatoknak az értelmezése és feldolgozása sztereoszkópián alapul. Ez alapvetően azt foglalja magában, hogy a szemünk két különböző kép vetületéből egy háromdimenziós képet képes alkotni a tudatunkban¹⁰. Ezt többek közt robotikában is alkalmazzák tér és mélység meghatározásra a következő módon: a számítógép 2 (vagy több) kamera forrásból kap képet, ezeket egymásra helyezi és összeveti¹¹. Ez alapján megállapítja az illeszkedéseket és eltéréseket (diszparitás) képdetektálással, az így nyert információ segítségével kiszámolja a távolságot.

Különböző eszközökkel és módokkal készíthetünk fotogrammetrikus modelleket, mára már egy okos telefon által készített megfelelő minőségű kép halmaz is elegendő és mobil applikációk is el tudják végezni a számításokat. Emellett léteznek tömbösített fényképezőgépek, légi fotogrammetriára képes műholdak, repülőgépek és drónok, valamint DSLR fényképezőgépek, rögzített fókusz távolsággal rendelkező lencsével¹². A kapott adatokat 3D-s pontfelhő vagy háló alakjában jeleníti meg.

A Meshroom egy ingyenesen, nyílt forráskódú fotogrammetria program, amely kétdimenziós képek halmaza segítségével 3D-s leképezést készít. A kamera pozíciójának meghatározásával. Annak érdekében, hogy megfelelő eredményt alakítson ki minimum 10-20 kép szükséges, de az 50-100, esetleg még több ideális, céltól és erőforrástól függően. Képeknek ugyanolyan lencse beállítással kell készülnie. Kerülendők az erős árnyékok, transzparens és csillogó felületek. Arra is figyelni kell, hogy a felismerendő tárgy és annak környezetében ne történjen változás lehetőleg, valamint érdemes átfedő képeket készíteni. A kép minősége is fontos, így nem ajánlott videó felvételtől kizsedett képeket alkalmazni. Ezt az alkalmazást alkalmazzuk mi is.

A program node alapú, a folyamat különböző lépéseit, amelyeknél beállításokat lehet végezni csomópontok reprezentálják, amelyeket a felhasználó a saját céljára igazíthat, illetve az egyes lépések közötti állapotát is meg lehet figyelni a folyamatnak. A képek feldolgozásának végeredménye egy háromszögelt pontfelhő lesz, azonban ez a program ennek a megmunkálásra nem ad eszközöket. Erre alkalmas lehet a MeshLab vagy akár a Blender is.

¹⁰ dr. Dékány Sándor (1973): Műszaki fényképezés és filmezés. (Műszaki könyv kiadó Budapest)

¹¹ Introrobotics (2013): Stereo Vision Cameras for Robots

¹² Matula Gy. (2008): A fotogrammetria alapjai (kiadó: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet)

1.2. Digitalizálás az egészségügyben

Ahogy fejlődik a világ, a digitalizáció egyre fontosabb lesz minden tudományterület számára. Az orvoslás terén is nagy fellendülést hozott mind a kiegészítő tevékenységek (például a beszerzési lánc) és a különböző szakmai ágakban, mint a diagnosztika és kezelés. A folyamatok gördülékenységét és a tevékenységek hatékonyságát jelentősen növelik a különböző digitális technológiák. Az egyik legígéretesebb területei ennek az oktatás, diagnosztika, amelyek jelentős mértékben növelhetik az egészségügyi ellátás minőségét.

A megfelelő oktatás érdekében nagyon fontos, hogy az elmélethez a gyakorlatot a lehető legszélesebb körben elérhetővé lehessen tenni. A sebészeti oktatás jelenleg nagyon eltérő a világ különböző pontjain, míg egyes helyeken már modern és biztonságos módon gyakorolhatnak a hallgatók, addig számos helyen a mai napig állatokon fejlesztik a képességeiket, amelynek a megoldása körülményes lehet. Emellett jelentős mennyiségben empirikus tudásra épülnek fel a visszajelzések¹³. A digitalizáció és nagy mennyiségű adatfeldolgozás azonban lehetővé teszi, hogy adatalapú, objektív értékelés alapján képezzék magukat tovább a szakemberek.

Az egészségügyi diagnosztikában a képelemzések és vizuális megjelenítésének fontos szerepe van, ehhez szegmentáló szoftvereket használnak, mint például a 3D Slicer nevű számítógép program. Széles skálán képes elősegíteni a pontos kórmegállapítást, a különböző rákos elváltozásoktól az idegrendszeri problémákig. Megfelel a DICOM-nak (Digital Imaging and Communications in Medicine) is, amely egy nemzetközi irányadó protokoll az egészségügyi képek és azokat támogató adatok kezelésére. Ez biztosítja, hogy különböző eszközök, programok, rendszerek és termékek között a felhasználó számára ne okozzon gondot az átvitel és a fájlok feldolgozása¹⁴. A képalkotó egészségügyi eszköz gyártással foglalkozó termékeket ennek megfelelően szokás tervezni. Ennek köszönhetően már nem szükséges olyan nagy mértékben a képek fizikai eltárolására hagyatkozni és az információ átadás folyamata is felgyorsult a digitális rendszereknek köszönhetően.

Így non-invazív módon kaphatnak a szakemberek arról információt, hogy a beteg milyen potenciális fizikai elváltozásokkal rendelkezik. Tehát seb ejtése nélkül figyelhetik

¹³ C.R. Davis, E., C. Toll, A., S. Bates, M. D. Cole, F. C. T. Smith (2014): Surgical and procedural skills training at medical school - a national review (Published by Elsevier Ltd.)

¹⁴ DICOM hivatalos honlapja: dicomstandard.org

meg a különben rejtett szerveiket, azoknak esetleges abnormális jellegét, a javulás előremenetelét¹⁵.

Az ilyen módon elkészült két és háromdimenziós képek azonban nem mindig tökéletes állapotúak, illetve különböző további felhasználások céljára átalakítandóak. Az egészségügyi mérnökök számára ezeknek az adatoknak a feldolgozása is egy fontos feladat. Például egyedi gyártású protézisek tervezésekor is gyakran hasonló formában kapják meg a páciens adatait, így annak érdekében, hogy egy CAD szoftverben dolgozhassanak a koncepció kidolgozásán fontos átalakítani a nyers információt, hogy könnyen dolgozhassanak vele¹⁶.

A YourAnastomosis az egyedi seb helyzetek felmérését és a nyers információ bételezését a műtétek rutinszerű elvégzése közben végzi, mint a normál műtéti folyamat fotózása. Nem jár komplikációval sem a beteg, sem a műtői személyzet számára.

A műtéti helyzet rögzítésekor először 30-40 fénykép készül a területről, amellyel a fotogrammetriát elkészítő szoftver fel tudja térképezni a környezetet, majd egy professzionális 3D szkennel segítségével készítik el a pontos modell előállításához szükséges pontfelhőt. Ez legfeljebb egy 15 perces folyamat, amely plusz kockázattal nem jár. Ez alapján készül el az eset specifikus 3D modell, amellyel meg lehet teremteni a műtőn kívüli imitációját a valós helyzetnek.

Adatvédelmi szempontból is problémamentes, a szkennelést követően a képek, a szkennelés és a modell egy titkosítási folyamaton megy keresztül és a végére nem lesz a pácienshez köthető.

Az elkészült modellt kinyomtatják és az információkkal gyakorlati oktatásra alkalmazzák. A beilleszthető gyakorló erek segítségével repetitív gyakorlat segítségével fejleszthetik a képességeiket az adott műtét típuson. Az így elkészült ereken morfológiai, áramlástan vizsgálatokat végeznek, amelynek az adatait egyéni és műtéti típus szintjén is kiértékelik.

¹⁵ K. Suzuki (2014): Computational Intelligence in Biomedical Imaging (Springer Science+Business Media, New York)

¹⁶ Siemens Automation Company hivatalos honlapja (plm.automation.siemens.com) 3D Scan to CAD

1.3. A kiterjesztett valóság

A kiterjesztett valóság koncepciója az, hogy a valós térhez, illetve annak elemeit “kibővítsük” egyéb információval vizuálisan.¹⁷ Lehet konstruktív, amikor valóban hozzáad új komponenseket a látott képhez, azonban léteznek “destruktív” módszerek is, amikor maszkolási technikákkal elrejt a képernyő a valós világból. Más módon feloszthatjuk a szerint is, hogy a kiterjesztés, mint mediátor van jelen a világ és a befogadó között (például hegesztő felszereléseknél), vagy egy olyan eredményt alkot, amely a kiterjesztés komponenseivel együtt alkot egy egészet a cél szempontjából. A vizuális észlelésen túl még kiegészülhet egyéb érzékszervekre ható impulzusokkal, mint a tapintás, szaglás és hallás.

A kiterjesztett valóság megfigyelése történhet kifejezetten a célra kifejlesztett eszközökön keresztül, például szemüvegek, azonban a legtöbb okostelefon is képes támogatni olyan applikációkat, amelyek ezt a célt szolgálják.

Annak érdekében, hogy a kiterjesztett valósággal meg tudjuk teremteni a műtői helyzetet az applikáción belül, az elkészült modelleket és textúrákat felhasználva a jelenetet össze kell állítani egy köztes szoftverben. Erre a YourAnastomosis-nál a Unity játékmotort használják, mely ingyenes és nyílt forráskódú program, két és háromdimenziós játékok, illetve egyéb interaktív tartalmak készítésére.

Két egységből áll alapvetően a Unity: a tartalmak elkészítésére, szerkesztésére alkalmas szerkesztő és maga a videojáték-motor, amelyben már 3D-s elemeket nem lehet létrehozni, más programból szükséges importálni.

Az FBX egy 3D-s fájl formátum a FilmBox szó mozaikja, mely arra szolgál, hogy különböző mozgókép és interaktív tartalom készítő programok között a digitális munkaelemeket egységesen lehessen kezelni és átvinni. Képes térbeli kiterjedés, megjelenés és animációs információt is tárolni, de a fény és textúra exportálás környékén azonban bizonyos textúra problémás lehet. Annak érdekében, hogy ez ne okozzon problémát a fizikai alapon renderelt textúrák alapelvét követtük, amikor a seb helyzetnek és a környezetének az anyagaival foglalkoztunk. Ez röviden azt takarja, hogy az anyag különböző fizikai tulajdonságait egy kép fájl formátumban tároljuk el.

¹⁷ Kajos A., Dr. Bányai E. Az augmented reality jelene és jövője, mint a marketing kommunikáció eszköze

Az applikáció több funkciót is ellát. A regisztrált felhasználók ebben kapnak információt a teljesítményükről, haladásukról és visszajelzést az elkészült varrat jellemzőiről, miután feldolgozásra került. Így a pontos adatok alapján figyelhetik meg a fejlődésüket, illetve elemezhetik a korábbi hibáikat. Az eredményeket rendezett formában figyelhetik meg, így

Ezek mellett rendelkezik egy olyan funkcióval is, hogy kiterjesztett valóság segítségével figyelhetik meg a teret maguk és a sebhelyzet körül. Ilyenkor a valóságos térben elhelyezi a virtuálisan létező eszközöket és tárgyakat, így kiegészítve a helyiséget. Ez értékes információ többlettel láthatja el őket és segít elmélyedni a szituációban, hogy a lehető legjobban felkészülhessenek egy valós műtéti helyzetre.

A kiterjesztett valóság megjelenítéséhez szükséges, hogy az eszköz el tudja magát helyezni térben, illetve a környezetének elemeinek helyzetét felmérje, így be tudja pozícionálni a jelenetet¹⁸. Ennek a támogatására a MEMS giroszkóp szolgál a telefonokban, ezek olyan mikroelektromechanikus rendszerek, amelyek a térbeli érzékelést biztosítják.¹⁹

Amikor először megnyitja egy felhasználó ezt a lehetőséget a telefonján, egy HDRI jelenik meg. A térben körbeforgatva a telefont egy berendezett műtő képét látható, ez alatt a telefon a térben biztos pontokat keres, hogy el tudja magát helyezni. Miután ez megtörtént, az alkalmazás megkéri a felhasználót, hogy olvassa be a QR kódot, amely hozzá van rendelve a megfelelő jelenethez.

Ez a QR kód a 3D nyomtatással készült fizikai modellhez csatlakozik, így a beolvasás után a seb helyzetet pontosan felette tudja megjeleníteni. Ez minden egyes seb helyzethez egyedi és csak az adott eset információra mutat. Annak érdekében, hogy a háromdimenziós térben könnyen kiolvasható legyen, legalább 16 karakteresnek kell lennie, így a megfelelő jelenet nevéhez esetenként hozzá kell adni plusz információt, például "youranastomosis_". Mivel ezeket bármilyen szögből képesek olvasni a programok, ezért ügyelni kell arra, hogy a modellhez ne elfordítva csatlakozzon, ugyanis a megjelenő képet nem igazítja az eltéréshez.

¹⁸ Szűts Z., Y. Jinil (2013): A kiterjesztett valóság térhódítása

¹⁹ Nyíri K. (2002): Mobilközösség – mobilmegismerés. Tanulmányok, Bp.: MTA Filozófiai Kutatóintézete

Miután ez megtörtént a gyakorló személy a telefon mozgatásával körbe tud nézni, így térben “körbesétálhatja” és különböző szemszögekből is megfigyelheti az adott sebet. Az elindításával azt is mérheti a felhasználó, hogy milyen gyorsan képes elvégezni a varrást.

1.4. A fizikai produktum

A seb helyzet fizikai mása 3D nyomtatással készül a jó minőségű szkennelt térháló alapján. Minden esethez egyedileg készítenek egyet, amelyben el lehet helyezni a szilikon öntéssel készült ér imitációt a gyakorlás céljára, illetve ki van alakítva rajta a QR kód illesztésének a helye.

Előnyös a műtét típusokból több esettel is foglalkozni és gyártani terméket, így egyedi gyártással foglalkoznak. A betegek fizikai jellemzői (például testsúly) széles skálán mozognak, ami befolyásolja a szituációt számottevő mértékben. Amennyiben az adott beavatkozást több variációban is kipróbálhat egy sebész, magabiztosabb lehet váratlan esetekre és a képességeit mélyebben fel tudja térképezni, fejleszteni.

Az additív gyártásra előkészítés szintén Blender-ben történik és hasonló elvek mentén, mint a kiterjesztett valósághoz tartozó elemmé alakítás.

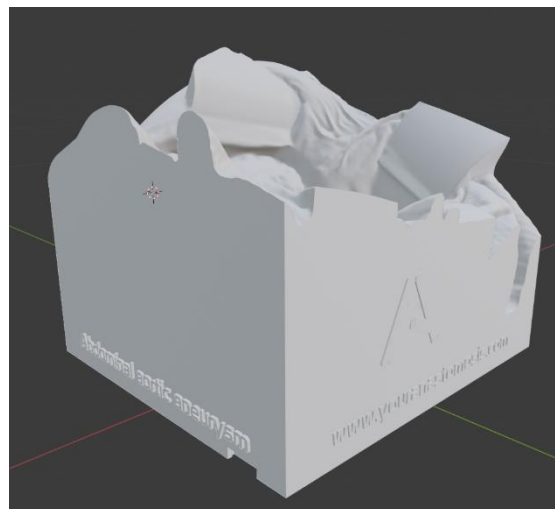
A cél ilyenkor azonban a lehető legnagyobb felületi pontosság elérése, így nagy hangsúlyt kell fektetni a simítási lépés megfelelő elvégzésére. A különböző textúrájú felületek alapvetően szintén nyomtatással készülnek, azonban a YourAnastomosis munkatársai aktívan dolgoznak azon, hogy ezek a valódi szerveknek és anyagoknak a tulajdonságai imitálják.

A valódi seb megközelítésének érdekében elhanyagolható a négyszögekben való gondolkodás, hiszen fényvisszaverési tulajdonságokkal nem szükséges foglalkozni. A legfontosabb cél, hogy a valós esetet a lehető legjobban megközelítse, illetve, hogy a modell 3D nyomtatásra alkalmas legyen. Ennek a legfontosabb feltétele, hogy “watertight” /szolid legyen, tehát ne legyenek olyan lapjai, melyeknek a térbeli kiterjedése értelmezhetetlenül kicsi, illetve olyan rések, amelyeket vastagság nélküli területek okoznak²⁰. Emellett a poligon számot sem szükséges korlátozni, az eredmény pontosságának azonban a 3D nyomtató korlátokat szabhat. A nyomtató fizikai

²⁰ Huszár I. (2021): Tárgyasult ötletek – 3D nyomtatás és tervezés (BBS-INFO KÖNYVKIADÓ ÉS INFORMATIKAI KFT.)

kiterjedéséből adódó korlátokat is figyelembe kell venni a nyomtatandó részlet elkészítésekor, hogy megvalósulhasson a valós méretarány megtartása.

A nyomtatáshoz STL fájlformátumot szokás alkalmazni, a neve a stereolithography-ből ered, de szokták a Standard Tessellation Language és Standard Triangle Language kifejezéseket is alkalmazni rá. Mint ahogy az utóbbi elnevezés is utal rá, ez a formátum összekapcsolt háromszögek segítségével tárolja el a modell térbeli kiterjedésére vonatkozó adatokat, azonban szín, textúra tulajdonságok és metaadatok tárolására nem képes. Gyors prototipizálásra és 3D nyomtatásra ideális, mivel rendkívül elterjedt, közel minden nyomtató képes kezelni²¹.



2. ábra Egy 3D nyomtatásra alkalmas seb helyzet modellje

A 3MF formátum kifejezetten 3D nyomtatáshoz kifejlesztett, nyílt forráskódú alternatíva, amelyet a 3MF Consortium készített. A leglényegesebb eltérés az STL-hez képest, hogy anyag tulajdonságokat, színeket és textúrákat is képes tárolni.²² Ez is ipari minőségű technikának felel meg, azonban a hagyományos CAD kiterjesztésekkel ez sem tudja felvenni a versenyt egyéb célokban.

A YourAnastomosis SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering) és FDM (Fused Deposition Modelling) nyomtatást alkalmaz a leggyakrabban additív technológiás folyamatokhoz. Az első kettő működési elve szerint nagyon hasonló, a megalkotandó formát lézer segítségével hozzák létre az alapanyag szelektív kezelésével. A SLA esetén folyékony gyanta szolgál nyersanyagként²³, általában elmondható, hogy kisebb tűréssel lehet vele dolgozni és a felülete miatt előnyösebb például öntőforma kialakításához. Emellett képes megtartani a kis részleteit is a formának. Az SLS-nél por állagú anyagot olvasztanak meg²⁴, ez olcsóbb és szívósabb eredmény ad. Az FDM nyomtatók szintén a legnépszerűbb nyomtatók közé tartoznak, ezek hőre lágyuló

²¹ T. Grimm (2004): User's Guide to Rapid Prototyping (society of Manufacturing Engineers)

²² BusinessWire (2015): 3MF Consortium Launches to Advance 3D Printing Technology

²³ Balogh B., Kovács P. Z., Szávai Sz. (2019): Szimulációs eljárással támogatott 3D nyomtatás

²⁴ Balogh B., Kovács P. Z., Szávai Sz. (2019)

műanyag szálakat extrudálnak (például ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene) egy melegített nyomató fejen keresztül, az így megolvadt anyaggal rétegről-rétegre tudják felépíteni a formát²⁵. Ez azzal is jár, hogy az eredmény pontossága nagyban függ a nyomtató fejtől és az apró részleteket limitáltan tudja csak megjeleníteni. A nyomtatandó modell céljától függően kell megfelelő módszert választani.

A QR kódznak egy fontos elvárt jellemzője, hogy 16 karakterből álljon, annak érdekében, hogy könnyen olvasható legyen²⁶. Ez teremti meg a kapcsolatot a virtuális jelenet és a valós látvány között. Ez kinyomtatva, a sebet ábrázoló modell egyik oldalához van rögzítve a célnak megfelelően tervezett egységgel. Így biztosítva van, hogy a jelenet és a fizikai replika egymáshoz képest nem mozdulnak el a kiterjesztett valóságban. Ennek eredményeképp a virtuálisan elkészült mását pontosan a nyomtatott felett láthatja a felhasználó és az átláthatóságát igényei szerint állíthatja.

²⁵ Balogh B., Kovács P. Z., Szávai Sz. (2019)

²⁶ Weiser I. (2013): QR nagy könyv (Ez Design Grafikai, Szeged)

2. Módszertan, tervezés

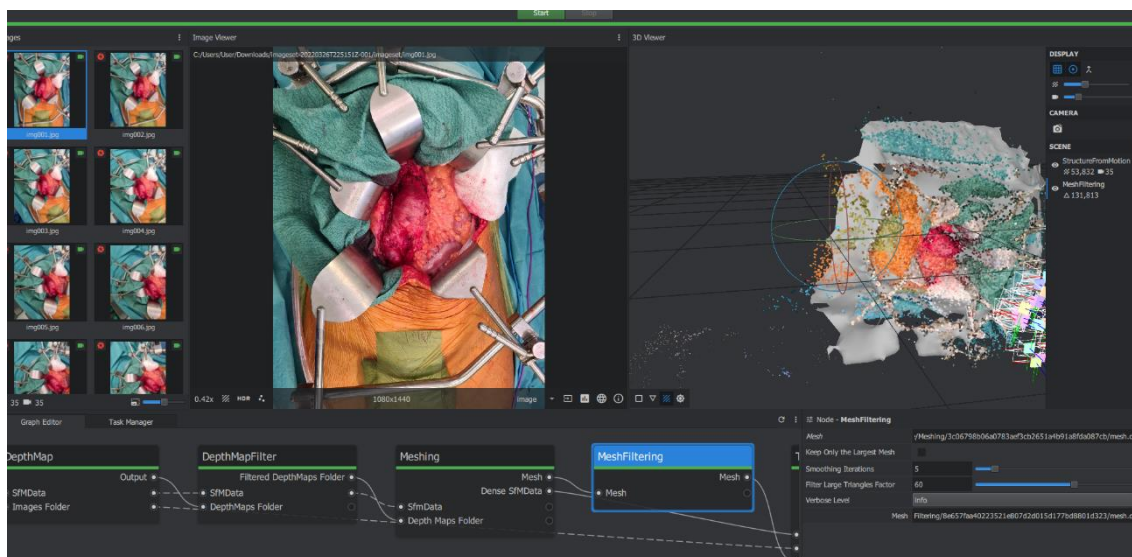
A következő fejezetben ismertetjük a munkánk folyamatát és az együttműködés menetét.

2.1. Célkitűzések

A megbeszélések során összeállítottunk egy haladási sorrendet. A kitűzött cél egy olyan jelenet elkészítése volt, amelyet több, különböző eszközön is meg kell tudni jeleníteni.

Kiindulásként hozzáférést kaptunk egy meghajtóhoz. Ez tartalmazott többek között képeket a műtői jelenetekről, melyekből a már említett technológiával fotogrammetriai modelleket tudtunk készíteni. Ezen felül szkennelt felületek álltak még a rendelkezésünkre, illetve sebészeti eszközök modelljei.

A műtői helyzetről készült képek magas minőségben álltak rendelkezésünkre, alkalmasak voltak akár saját fotogrammetriai modell készítésére is. Ebben segítségünkre volt a teljesen ingyenesen elérhető Meshroom nevű alkalmazás. Az ezzel készített modellek hiányosságai abban nyilvánultak meg, hogy a magas zsírtartalmú helyek túl sok fényt nyeltek el, így azokat a program nem tudta megfelelően feldolgozni, különböző módszerekkel, manuálisan kellett helyrehozni a foltokat.



3. ábra Meshroom-ban elkészült térháló

A modell geometriájának ellenőrzéséhez nagy segítséget nyújtottak a szkennelt felületek. Ezek pontossága a rendkívül magas poligonszámban és összetettségben rejlik. Közvetett felhasználásra a végleges jelenet készítéséhez a kapott állapotban nem voltak

alkalmasak, mert a magas részletesség nagyobb számítási igénynel jár, ami korlátozott mértékben áll rendelkezésre.

A megbeszélések során meghatároztuk a megfelelő eredmény eléréséhez szükséges elkerülhetetlen követelményeket. A legfontosabb az volt, hogy igyekezzünk a végleges modelleket minél alacsonyabb poligon számmal kivitelezni a jobb megjelenítés érdekében. Ez számszerűen maximum ötvenezer poligont jelentett a műtőasztal, az ember, a seb és használt sebészeti eszközökre nézve, illetve 50 ezer poligont a teljes jelenetet, műtői környezetet tekintve. Figyelnünk kellett, hogy a kapott modellek méretarányaihoz hűek maradjunk a megvalósítás teljes fázisában, ellenben a teljes megjelenítés elcsúszott volna. Ez okozott némi gondot, sokszor tűnt úgy, hogy alakítva jobb illesztést tudtunk volna kialakítani, de végül sikerült megtalálni a megfelelő elhelyezést. Fontos követelmény volt még, hogy node alapú procedurális textúrák alkalmazását próbáljuk meg elkerülni, ellenkező esetben dolgozzuk át, ugyanis használatuk gondot okozhat a jelenet Unity-ben való összeállításakor. Ebből adódóan igyekeztünk forrás alapú textúrákat, illetve normal- és bump map-eket használni.

Megszabtunk az eredményes haladás érdekében mérföldköveket és határidőket. Ez sokat segített a helyes haladási sorrend betartásában.

2.2. Követelményjegyzék

A meghatározott követelményeket kategorizáltuk fontosság, kritikusság szerint a MoSCoW módszerrel, így egyben láthattuk a képet arról, hogy milyen végeredményt várunk el. Ez az eszköz egy több dimenziós képet ad a projekt egyes elemeinek a státuszáról²⁷. Négy csoportba osztja fel az elemeket:

Must Have - ezek nélkülözhetetlenek a projekt működéséhez

- a műtői környezetet tartalmazó teljes jelenet ne haladja meg az 500.000 poligont;
- a Blender jelenet ne haladja meg 50.000 poligont;
- a valós seb helyzetnek élethű imitációja legyen a kapott modell;
- a műtői eszközök a reálisan jelenjenek meg, helyesen alkalmazva;
- lepedő, líra a műtői helyzetnek megfelelő elhelyezése;
- a jelenet tartalmának exportálhatósága a megfelelő formátumba (FBX és PNG)

²⁷ Kosztyán Zs. T., Kiss J. (2011.): Mátrixalapú projekttervezési módszerek

Should Have - azok, amik teljesülése hozzáad az eredményhez, de ezek nélkül is életképes

- a környező műtői eszközök pontosságának a megvalósítása;

Could Have - olyan lehetséges projekt elemek, amik szintén javítanak az eredmény minőségén és a felhasználó elégedettségén, azonban a kivitelezésük a projekt korlátai miatt nem teszi őket elegendően indokolttá, hogy nagyon prioritást kapjanak

- HDRI, amely jellemző az adott műtői helyzetre,
- a műtő berendezése a jellemző egyéb elemekkel;
- a világítás beállítása a valós helyzetnek megfelelő módon.

Won't Have - amelyekre már csak a jövőben lesz idő, így a projekt keretein túl érdemes foglalkozni velük

- műtő megtekintése,
- jelenet tesztelése egyéb kiterjesztett valóságot támogató eszközökön (például Hololens).

Így rugalmasan tudunk gondolkodni az egyes lépések és mérföldkövek teljesítéséről.

2.3. Orvosi konzultáció:

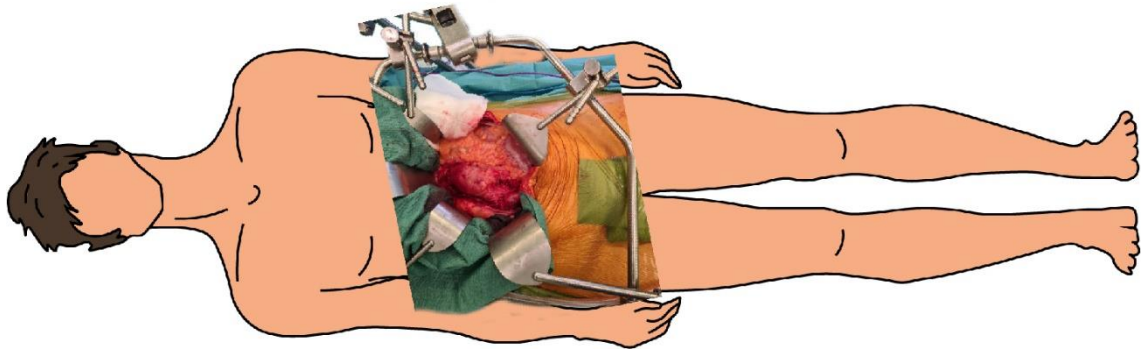
Mivel kellő orvosi képzettséggel nem rendelkezünk a cég biztosította nekünk a háttértudást.

Két műtői jelenettel foglalkoztunk, egy aorta és egy carotis műtéttel, melyekről Gaál Csaba Sebészet című könyvéből ismertünk meg még jobban.

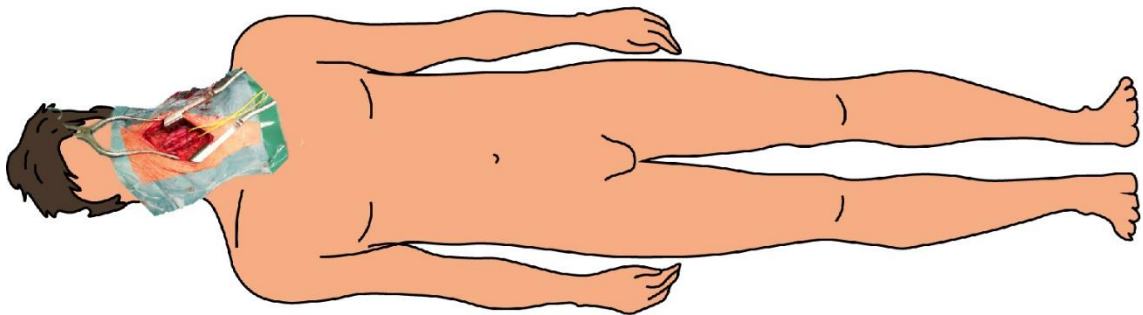
Az aneurizmák verőér kóros tágulatai, amikor az értágulat átmérője 50%-kal meghaladja a normális átmérőt. Általában az érfal gyengesége miatt alakul ki. Veszélyét az adja, hogy ha kireped, belső vérzés alakul ki. Aorta aneurizmájának megrepedése életveszélyes állapotot okozhat. A fiataloknál jellemzően agyban jelentkeznek genetikai okok miatt, míg idősebb korban már inkább az érlemezés okán kialakuló esetek a gyakoriak. Amennyiben az aneurizmat műteni kell az érintett eret vagy pótolják, vagy úgynevezett sztentet tesznek bele. A modern érsebészeti osztály tevékenységének közel 10%-át teszik ki az aneurizma sebészeti esetek.

A carotis interna kezdeti szakaszán kialakult kóros elváltozás cerebrovascularis insufficiencia-hoz vezethetnek, más néven stroke-hoz. A betegség súlyos

következményekkel jár és számos halál oka. A kialakulásában a leggyakoribb rizikó faktorok a dohányzás, diabetes mellitus, hipertónia, dyslipidaemia, adipositas. Indokolt esetben műtéttel kezelendő, amelynek két típusát különböztetjük meg: hagyományos



4. ábra AAA seb helyzet elhelyezése az emberi alakon



5. ábra Carotis seb helyzet elhelyezése az emberi alakon

endarteriectomia és averziós emdarteriectoma.

Mivel ezek előfordulása számtalan helyzetben és formában lehetséges, így Varga Júlia volt a segítségünkre a műtéti jelenet hiteles elrendezéséhez. Készített a jelenetekhez kapcsoló ábrákat egyrészt a seb emberen való elhelyezkedésével, másrészt a műtői környezetről és berendezéseiről.

A seb pontos elhelyezése során abba a problémába ütköztünk, hogy a beteg fizikai paramétereit nem tudtuk, a kapott emberi modell nem tükrözte teljes mértékben az eredeti műtői helyzetet. Különböző technikák és számos konzultáció segítségével azonban sikerült kiküszöbölni ezt, és a szkennelt modellt a megfelelő pozícióba helyeztük.

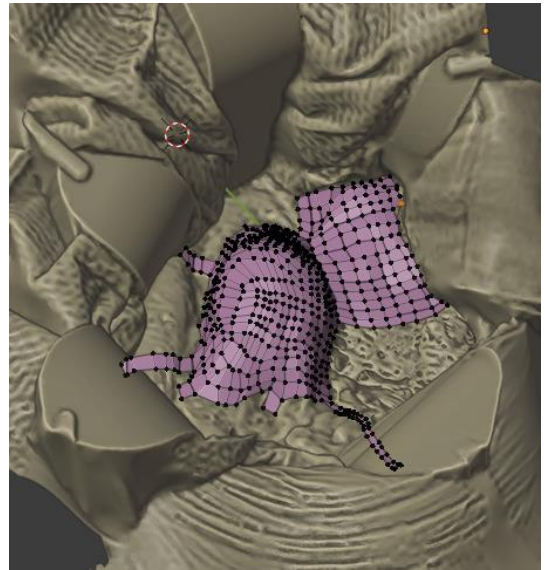
A műtői környezet és berendezése a hosszabb távú céljaink érdekében fontosok. A különböző beavatkozásokhoz más-más eszközökre van szükség, így részletes tájékoztatást és segítségeket kaptunk ezt illetően is.

2.4. Blender workflow

Kezdetben a kapott műtői jelenet képeiből készült fotogrammetrikus modell átdolgozására feküdtünk rá. Elsőre ez egy egyszerűbb folyamatnak tűnt, azonban később jóval összetettebbnek bizonyult.

Az előbb említett modell számos hiányos felülettel rendelkezett. Ezek javítása manuálisan közel lehetetlennek tűnt, így különböző technikák után kellett néznünk.

A Blender-ben több opció is rendelkezésünkre áll a topológia újra alkotásához. Először a Poly Build alkalmazásával, illetve különböző modifier-ek segítségével álltunk neki a felület újra alkotásának. Ez is többnyire manuális kivitelezésnek mondható, rendkívül időigényes és közel sem sikerült vele a kitűzött célt elérni sem minőségben, sem poligonszámban.



6. ábra Manuális újratopologizálás

Találtunk egy Bsurfaces nevű bővítést, melynek köszönhetően jelentősen felgyorsult a folyamat. Vonalak rajzolásával tudtunk kialakítani felületeket úgy, hogy az új topológia kövesse a kiindulási modell domborzatait. A kapott topológia azonban ezzel sem lett megfelelő.

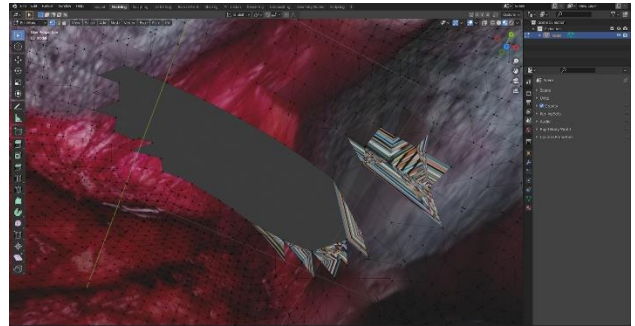
Több Blenderben található módszer tesztelése után úgy döntöttünk, hogy tágabb körben keresünk technikákat. Így találtunk rá az Instant Meshes-re. Ez egy ingyenes és nyílt forráskódú program, mely segítségével könnyen és meglepően gyorsan lehetséges teljesen új topológiát alkotni.

A seb környezetét, az ember modellt és a lírát közel tökéletesnek mondhatóan produkálta le, azonban bonyolultabb alakzatokat - mint a műtőágy és a seb kifeszítésére szolgáló eszközök - már kevésbé. Ennek vélhető oka az, hogy a program nem tudja elkülöníteni és külön feldolgozni a bevitt modell ritkább és sűrűbb részeit, ezért a készített új topológia egységes méretű poligonokból áll, függetlenül az adott méretektől.

A program segítségével sikerült a seb környezetét alacsony poligonszámmal és megfelelő minőségben újra alkotni, így következő lépésként a seb textúrájának kidolgozására törekedhettünk.

Ehhez szükség volt a felület UV-jének elkészítésére, az esetlegesen kialakuló feszültségek, nyúlások elkerülése érdekében. Az UV térképek (UV-map) jelentősége a geometria bonyolultságával arányos.

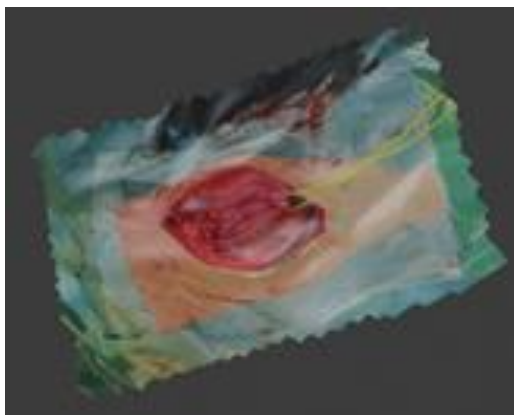
Többek között azért is van rá nagy szükség, hogy a 2D képszerkesztő programokban fel tudjuk használni a kapott terítéket. Az automatikus kiterítési eljárások használatával, mint a Smart UV Project a Blender-ben, szoftveresen legenerált UV térképeket tudtunk



7 ábra Előforduló textúra hiba, javítás előtt

készíteni, azonban ezek közel használhatatlannak bizonyultak. Ebből adódóan kézi úton elkészített terítékeket hoztunk létre, melyeknél szintén előfordultak olyakor hibák, azonban ezek könnyebben javíthatóak UV-élek és UV-pontok (UV-edge, UV-vertex) korrigálásával.

A fotogrammetriával kapott textúra a fentebb már említett zsírfoltok fényelnyelése miatt foltokban hiányos volt, azonban kiindulásnak megfelelt. A gondot csak az jelentette, hogy az alacsony poligonszámú felületre kellett illeszteni. Szerencsénkre a Blenderben erre is található egy mód, a bake-elés. Így egy kép alapú textúrát tudunk alkotni az eredeti magas poligonszámú felület textúrájából és ezt tökéletes illesztéssel rá tudjuk helyezni az alacsony poligonszámúra. Ez nem csupán textúrákkal működik, hanem többek között normal- és bump mapak átvitelével is, elérve így alacsony poligonszámmal is a kívánt felületi hatást.



8. ábra Elkészült textúra és a hozzá tartozó szín információs térkép

A következő lépésben a jelenetet a seb kifeszítésére szolgáló eszközökkel bővítettük. Ehhez szintén kaptunk kiindulási modelleket, azonban ezek minősége és poligonszáma sem felelt meg a kitűzött céljainknak.

Az eszközök poligonszámát közel huszadára kellett csökkentenünk, majd a megfelelő pozícióba kellett állítanunk. Az eszközök topológiájának újra alkotásánál lépett fel a fentebb már említett Instant Meshes probléma, így más módszerek segítségével, - egyes esetekben újra modellezéssel – sikerült megoldani a problémát. A sebhez viszonyított pozicionáláshoz „csontozatokat” használtunk, melyek segítségével az eszközök rendeltetésszerű használatát tudtuk imitálni.

Ezután az ember modell és a műtőasztal elrendezésével foglalkoztunk. Az asztal egyes részeit, az ember kezeit és lábait közelebb kellett helyeznünk egymáshoz, mindezt úgy, hogy a lehető legvalósághűbb pozíciót kapjuk.

A nyílt seb emberen való elhelyezése következett. Kifejezetten ügyelnünk kellett a méretarányok megtartására, ugyanis egy kisebb jellegű elcsúszás is okozhat gondokat a jelenet végleges állapotában.



9. ábra A seb felület elhelyezve az ember modellen

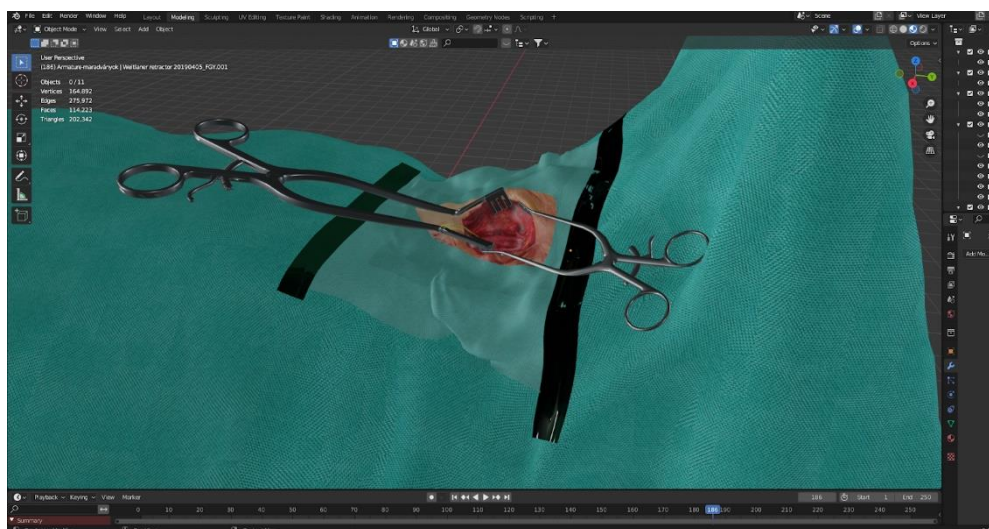
Az ember letakarásához egy kellő nagyságú téglalapot használtunk. Ezt osztottuk több részre, majd egy ruhadarabnak megfelelő paramétereket rendeltünk hozzá. Ennek köszönhetően rá tudtuk „ejteni” a már beállított műteti helyzetre, így a felület felvette az ember és a műtőágy körvonalát.

Ezt egy a Blender-ben megtalálható fizikai szimulációval (cloth simulation) tudtuk megvalósítani. Ez a funkció a tárgyak ruhaként való viselkedését imitálja. A kódnak a legnagyobb része már létezik egy másfajta alakban is, az aktuális Softbody implementációban. A szimuláció két fő részből áll, a feloldó-rendszerből és az ütközés-rendszerből. A feloldó-rendszer az a rész, ami szimulálja a fizikai többséget, mint a gravitáció és a súrlódás. Az ütközés-rendszer az ütközés érzékelését és az arra adott választ adja meg.

A szimulálás idő alapú. Lehetetlen lenne lemodellezni minden atomot és molekulát a ruhában és azokban a tárgyakban melyekkel ütközik, ezért a szimuláció alapvetően úgy működik, hogy a ponttömegek csatlakoznak egyfajta rugózáshoz. A ruha az az anyag, amire hatnak a külső erők. A rugózás adja meg annak számításait, hogy az anyag hogyan válaszol ezekre az erőkre, ezáltal magát a ruha viselkedését is meghatározza.

Háromféle rugózás közül választhattunk vagy akár együttesen is állíthattuk ezeket. A Structural Springs-nél a rugózást a háló élein építi fel a rendszer, nyújtja a ruha fő szerkezeti integritását. A Shear Springs a rugózást egy négy pontból álló háló átlóin építi fel és ezen átlóval szemben fejt ki az ellenállást. A Flexion Springs a párhuzamos élekre helyezi a rugózást. Utóbbinál a rugózás a hajtogatásnak is ellenáll, merevebb, a ruha megpróbálja tartani eredeti alakját.

Fontos volt, hogy az ütközésben részt vevő - ruhán kívüli - közreműködőknek is beállítsuk a megfelelő értékeket. Collision (ütközés) kódot használtunk. Ez egy kapcsoló, amellyel a kijelölt paraméter lesz az ütközéstárgy. Ezek a ruhatárgyaknak adnak információt amikor egymásra érkeznek.



10. ábra A letakarás után a seb környék modellje

A fenti szimulációval sikerült a realiztikus ábrázoláshoz közel kerülni, azonban a tökéletes ábrázolás érdekében különböző szobrászati eszközökkel formáltuk a lírát mindaddig, amíg a kívánt megjelenést kaptuk.

A végére a finomításokat és a textúrázást hagytuk. Utóbbinál, ahogy már fentebb említettük, igyekeztünk a node alapú procedurális textúrák használatát kerülni, helyettük forrás alapú textúrákat használni. Az AR megjelenítésére a Unity játékmotort alkalmazzuk, melybe való importálás során fontos, hogy a textúra tulajdonságait egy kép

formájában álljon rendelkezésre. Ez okozott némi gondot, ugyanis egyes részek valós megjelenítéshez kevésnek tűnt a fizikai alapon renderelt materiál, de végül a bake-elésnek köszönhetően erre is találtunk megoldást.

3. Értékelés

3.1. Tartalom beépítése az applikációba:

A következő részben az elkészült modellek Unity-be beépítését és a végleges jelenet kialakítását fejtjük ki. Ehhez a YourAnastomosis-nál a program 2020.3.XX LTS-t és az azt követő verziókat alkalmazzák. Ebben segítségünkre Büki Tamás volt, a YourAnastomosis technológiai vezetője. Részletes leírást kaptunk tőle a munkafolyamatról, amelyet alkalmaznak a cégnél.

A projekt hozzáadása a könyvtárból történik, amelyhez hozzá lehet rendelni a megfelelő Unity verziót. Ebben néhány almappa található, melyek tartalmazzák a konfigurációs fájlokat, jeleneteket, a kódokat C#-ban, illetve a virtuális térbe beépített vizuális elemeket, úgy nevezett “asset”-eket. Ez utóbbi a modelleken túl mindent tartalmaz, amelyet a Unity kezel a téren belül, így például a hozzájuk tartozó textúrákat és a fényeket. A jelenet alatt található az az adott műtéti eset, melyet a QR kódhoz lehet kötni, ennek a neve olyan kell, hogy legyen, hogy ez a kapcsolat könnyen kialakítható és felismerhető legyen. Ez a jelenet tartalmazhat teljesen egyedi tartalmakat is, azonban előnyös, ha különböző jelenetekben ugyanarra a célra ugyanazon asset-eket használjuk fel, hogy minimalizálni tudjuk ezek számát összességében.

Ahhoz, hogy kiterjesztett valósághoz alkalmas jelenetet tudjunk létrehozni, muszáj, hogy tartalmazza a megfelelő asset-eken túl a TrackerPose-t és a TransparencyBall-t. Az előbbi a QR kód elhelyezkedésére vonatkozó információt tartalmazza a virtuális teren belül, ez elmozdítható, de elforgatni nem szabad, a “világ” középpontja ként érdemes kezelni. Az utóbbi azt a célt szolgálja, hogy az asset-eken szándék szerint át lehessen látni. Ennek a pozíciójába kell, hogy kerüljön minden olyan elem, amelyet használat során szükséges lehet elrejteni, esetünkben ilyen maga a sebhelyzet. Így a felhasználó, ha úgy kívánja megnézheti a vizuális kiegészítő elemeket és a seb virtuális replikáját, de egyéb esetben elrejtheti, hogy a digitális környezet maradvékát megtartva, a nyomtatott modellen gyakorolhassa az erek varrását.

A megfelelő világítását az elemeknek is Unity-ben szükséges felépíteni, ajánlott legalább egy irányított fényforrást használni. Fontos azonban figyelembe venni, hogy a fények mennyisége és fajtája befolyásolja az elkészült jelenet feldolgozási igényeit a felhasználó eszközén.

A jelenet összetételekor lehet alkalmazni úgy nevezett prefab-okat. Mint korábban írtuk, olyan elemeket, amelyek több jelenetben is visszatérhetnek nem szükséges minden alkalommal újként kezelni, ezeknek a beállításai elmenthetjük és a komponenseiket (például a színük) megváltoztathatjuk az adott jelenet igényeinek megfelelően. Ilyen például egy műtőasztal lehet, de a szoba egyéb elemeivel együtt is el lehet menteni későbbi használatra.

A modelleknek FBX formátumban kell, hogy importálva legyenek, a textúráknak pedig -PNG-ben, valamint fontos, hogy kitűzött 500.000 poligont ne lépje túl a jelenet, hiszen a céleszköz (átlagos okostelefon) korlátozott GPU erőforrással rendelkezik. Ezt még a Unity-ben lehet optimalizálni, amely során nem a sokszögeken változtat, hanem a méretét a fájlnak csökkenti.

Miután a megfelelő asset-eket elhelyeztük a projekt fájlban érdemes foglalkozni a vizuális megjelenítésnek a finomabb elemeivel. Az alacsony poligonszám olyan problémákhoz vezethet, mint például egy lepedő “töredezettsége”, mivel a lapok nagyon éles szögben találkoznak. A fizikai alapon renderelt, kép kiterjesztésű textúrák erre kifejezetten előnyösek. A vizuális információkon túl, az adott anyagnak a fizikai tulajdonságait is képesek kétdimenziós kiterjesztésben tárolni. A különböző tulajdonságokat, amik befolyásolják a fénnel való kapcsolatát a felületnek, úgy nevezett “térképeken” helyezik el, így befolyásolják a kiadott vizuális kép eredményét, anélkül, hogy a modell alapvető tulajdonságai változtatna bármit. Ezzel elérhető, hogy magas minőségű képi információt alakítsunk ki, miközben a poligonszámot alacsonyan tartjuk. Ezeknek a tulajdonságait a Unity szerkesztő felületén belül még lehetséges befolyásolni, majd ráhúzni a megfelelő modellre.

Amennyiben a jelenet megfelelő módon összeállt a “building” folyamat következhet. Ilyenkor a “csomagokat” a programban összekötjük, hogy a szerverre telepíthető legyenek a virtuális elemek. A csoportokat a mappa nevük köti össze, az asset-ek manuális és automatikusan is elhelyezhetőek bennük. A jelenet bonyolultságától, támogatott platformoktól és a végrehajtó számítógép tulajdonságaitól függően ez 15 perc, vagy akár 1 óra is lehet. Miután befejeződött a building folyamat felketülhet az eredménye a megfelelő szerverre.

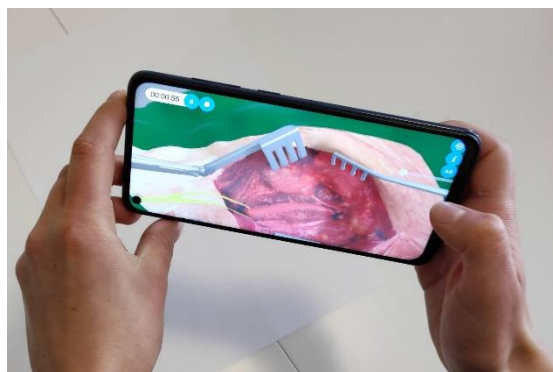
3.2. Szakmai vélemény

A dolgozat zárása képpen összeültünk Dr. Gasz Balázssal és átbeszéltük az elkészült sebek textúráján végzett módosításokat, és a műtéti helyzet felépítését. Elégedetten adta tudomásunkra, hogy elvárásokon felül teljesítettünk és az elkészült munka sebészi értelemben kevés kivetni valót hagy maga után. A műtét környezetében elhelyezett eszközökkel kapcsolatos megjegyzéseit a fejlesztési lehetőségek bejegyzésben tovább taglaljuk. A közös munka zárása így formálódik gyakorlatilag egy kezdetté, ugyanis felvetette a közös munka lehetőségét, és amint végleges formában elkészülnek a jelenlegi jelenetek, további három feladat vár ránk megvalósításra.



11. ábra A feladat kiértékelése Dr. Gasz Balázssal

3.3. Éles teszt



12. ábra A papír felett elvégzett tesztelés képei

A tesztelést egyelőre papírral végeztük el, mivel a fizikai modellek még nyomtatás alatt voltak ekkor. A QR kód beolvasása gyors volt és a kép nem akadozott, amikor a jelenetet körbe forgattuk. Viszont így megtapasztalhattunk olyan fejlesztésre szoruló részeket is, amelyeket a tervező programokon belül nem láthattunk.

Ennek köszönhetően tovább tisztultak azok az elemek és lépések, amelyeknek a pontosítása fontos szempont lesz számunkra a jövőben. Mivel egyelőre csak papíron tudtuk kipróbálni a kiterjesztett valóság nyújtotta látványt, ezért izgatottan várjuk, hogy mit tanulhatunk abból, amikor ehhez a fizikai modellt is hozzáköthetjük.

3.4. Fejlesztési lehetőségek

Az elért eredményeink legfontosabb értéke a tapasztalat volt, amelyre építve reméljük, hogy még jobb minőségű munkát tudunk alkotni. Mivel a YourAnastomosis munkatársai megelégedtek az előre lépésünkkel, ezért a közös munkát folytathatjuk,

A feladat kezdetétől a jelenlegi állapotig többször újrakezdtük az egyes lépések elvégzését a pontosítás és kísérletezés céljából, így már elég jól ismerjük az eljárást ahhoz, hogy felépíthessünk egy általánosított workflow menetet, amelyet más eseteknél is könnyen követhetően tudunk alkalmazni. Ennek segítségével fel tudjuk osztani és optimalizálni a teljesítést, felírva egy sztenderd eljárási módot. Így új seb helyzetek esetén már effektívebben dolgozhatunk a jelenetek kialakításán.

A közös munka során szeretnénk a minőségben és a hatékony időkihasználásban is fejlődni. Célunk, hogy a fizikai alapú rendereléssel készült anyagok tulajdonságaiban és felhasználásában még jobban elmélyedhessünk, mind a Unity-n és a Blender-en belül. Ez előreláthatólag jelentős poligonszám csökkenéssel járhat amellet, hogy a felületek minőségét is javítja. A kiterjesztett valóság élményéhez így még többet hozzá adhatunk, olyan tartalmakkal, amelyek a jelenlegi keretek között nem férhettek be a jelenetbe.

A Unity használatával megismerkedés is célunk, hogy a folyamat egészével képesek legyünk foglalkozni, ami további lehetőségeket nyújt a jelenetekkel való játékban, illetve a közös munka terén is. A YourAnastomosis-nál lehetőség van arra is, hogy egyéb eszközökre, például Hololensre is tervezhessünk jeleneteket. Mivel ez egy céleszköz, így a tervezés során nagyobb szabadságot ad a jelenet bonyolultságában.

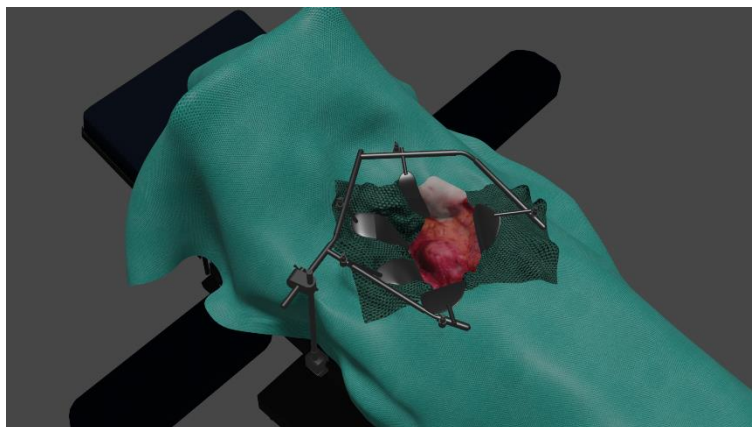
A műtői berendezésekkel eddig nem foglalkoztunk sokat, de hosszú távon szeretnénk időt szánni azoknak is a megmodellezésére, olyan módon, hogy későbbiekben is felhasználható legyen eltérő alkatú eseteknél is. Ennek két útja lehet, vagy hasonló

módon, mint most, Blender-ben csontozattal ellátva alkotjuk meg őket, ennek a nehezése, hogy ez a program nem a legideálisabb precíz és kemény felületű modellezésre. A másik mód, hogy egy külső programban, például Fusion360-ban, dolgozzuk ki a könnyű alakíthatóság kedvéért, majd Blender-ben már csak a térháló tisztítási folyamatot végezzük el rajta. Még ennek az ideális útját azonban ki kell tapasztalnunk.

Amennyiben a műtői berendezések egészével is foglalkozunk a HDRI-k elkészítését is megcélozhatjuk. Ha ezt is elsajátítjuk, akkor a kiterjesztett valósághoz tartozó tartalmak gyártásának jelentős részét lefedhetjük, amely számos kihívást és tanulási lehetőséget kínál számunkra. A további munkák során még számos készséget sajátíthatunk el, így nagyon várjuk az elkövetkezendő együtt működést.

Összefoglalás

A projekt az alapvető céljait elérte és számos tanulsággal járt számunkra. Az egyik legértékesebb tapasztalatunk az volt, hogy a különböző szakmák specialistáival milyen módon tudunk közösen fejleszteni egy projektet úgy, hogy az a célját a lehető legjobban elérje. Az effektív kommunikáció és

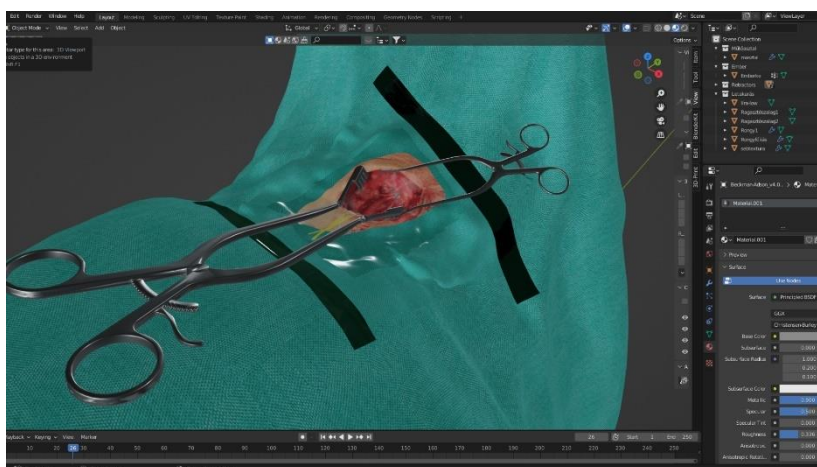


13. ábra Az AAA műtéti helyzet a dolgozat leadásáig elkészült utolsó verziója

visszajelzés rendszer módszereit és azoknak alkalmazását készséggé fejleszthettük. Mivel reményeink szerint hasonló irányban tanulhatunk tovább a jövőben, ezért ennek a jövőnkben kiemelkedő szerepe lesz. Ez a betekintés és a lehetőség a későbbi együttműködésre szignifikáns előrelépést hozott számunkra.

A sebészet oktatásának fejlesztése egy reményekkel teli irányzat, amely a különböző szakmák kompetenciájának alkalmazását igényli. Az ilyen jellegű interdiszciplináris háttérrel rendelkező fejlesztések figyelemre méltó időszakkal néznek szembe. A folyamatos modernizáció és előrehaladás kivirágoztathatja mind a sebészetet és az oktatást is. Azok az oktató eszközök, melyek a valós gyakorlatot kézzel foghatóvá, biztonságossá és elérhetővé teszik nagy szerepet játszhatnak az elkövetkezendő időben.

Mindezek tudatában a ránk váró együttműködést a YourAnastomosis csapatával lelkesen várjuk.



14. ábra Az Carotis műtéti helyzet a dolgozat leadásáig elkészült utolsó verziója

Köszönetnyilvánítás

A témánk körüljárásában a YourAnastomosis munkatársai nagy segítségesünkre szolgáltak, szeretnénk megköszönni a befektetett idejüket és energiájukat. A szakmai tudásukkal kibővítették a projekt értékét és a mi ismereteinket is.

Szeretnénk kiemelni Dr. Gasz Balázst, aki a belső konzulensünkként és mint sebész vett részt a projekt fejlesztésében, értékelésében.

Valamint hálásan köszönjük a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Katának Tudományos és Művészeti Diákköri Tanácsának a lehetőséget, hogy a tevékenységünket ilyen dolgozat formájában prezentálhassuk és értékelésre bocsáthassuk.

És nem utolsósorban szeretnénk megköszönni Huszák Marcellnak a téma felvetését és fáradhatatlan támogatását.

Irodalomjegyzék

M. SMITH (2021): 17 Best Hungary Big Data Startups & Companies

M. GRIEVES - J. VICKERS (2017): Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex System (Publisher: Springer International Publishing)

H. ELAYABM - M. ALOQOAILY - M. GUIZENI (2021): Digital Twin for Intelligent Context-Aware IoT Healthcare Systems (Publisher: IEEE)

KOVÁCS T. (2011): 3D szkennelés kódolt fénnel

DR. TOMÁN H. - DR. KUNKLI R. (2015): 3D szkenneléssel előállított pontfelhő és annak feldolgozási lehetőségei

D. D. LICHTI - B.R. HARVEY (2002): The effects of reflecting surface material properties on time-of-light laser scanner measurements

Creaform 3D hivatalos honlapja

K. KRAUS - P. WALDHAUSL (1998): Fotogrammetria (Kiadó: Tartia Kiadó, Budapest)

dr. Dékány Sándor (1973): Műszaki fényképezés és filmezés. (Műszaki könyv kiadó Budapest)

Introrobotics (2013): Stereo Vision Cameras for Robots

MATULA GY. (2008): A fotogrammetria alapjai (kiadó: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet)

C.R. DAVIS - E. C. TOLL - A. S. BATES - M. D. COLE - F. C. T. SMITH (2014): Surgical and procedural skills training at medical school - a national review (Published by Elsevier Ltd.)

DICOM hivatalos honlapja: dicomstandard.org

K. SUZUKI (2014): Computational Intelligence in Biomedical Imaging (Springer Science+Business Media, New York)

Siemens Automation Company hivatalos honlapja (plm.automation.siemens.com) 3D Scan to CAD

KAJOS A. - DR. BÁNYAI E. Az augmented reality jelene és jövője, mint a marketing kommunikáció eszköze

SZŰTS Z. - Y. JINIL (2013): A kiterjesztett valóság térhódítása

NYÍRI K. (2002): Mobilközösség – mobilmegismerés. Tanulmányok, Bp.: MTA Filozófiai Kutatóintézete

T. GRIMM (2004): User's Guide to Rapid Prototyping (society of Manufacturing Engineers)

BusinessWire (2015): 3MF Consortium Launches to Advance 3D Printing Technology

BALOGH B. - KOVÁCS P. Z. - SZÁVAI SZ. (2019): Szimulációs eljárással támogatott 3D nyomtatás

WEISER I. (2013): QR nagy könyv (Ez Design Grafikai, Szeged)

KOSZTYÁN Zs. T. - KISS J. (2011.): Mátrixalapú projekttervezési módszerek

GAÁL Cs. (2012): Sebészet MEDICINA Könyvkiadó, Budapest

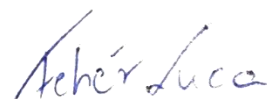
Ábra gyűjtemény

1. ábra Tisztított topológiával rendelkező, szegmentált modell példája, Hossein Afzali által
2. ábra Egy 3D nyomtatásra alkalmas seb helyzet modellje
3. ábra Meshroom-ban elkészült térháló
4. ábra AAA seb helyzet elhelyezése az emberi alakon
5. ábra Carotis seb helyzet elhelyezése az emberi alakon
6. ábra Manuális újratopologizálás
7. ábra Előforduló textúra hiba, javítás előtt
8. ábra Elkészült textúra és a hozzá tartozó szín információ térkép
9. ábra A seb felület elhelyezve az ember modellen
10. ábra A letakarás után a seb környék modellje
11. ábra A feladat kiértékelése Dr. Gasz Balázssal
12. ábra A papír felett elvégzett tesztelés képei
13. ábra Az AAA műtéti helyzet a dolgozat leadásáig elkészült utolsó verziója
14. ábra Az Carotis műtéti helyzet a dolgozat leadásáig elkészült utolsó verziója

Nyilatkozat

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

Kelt, 2022. 04. 05.



Fehér Luca

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

Budapest, 2022. 04. 05.



Mérges Janka