## EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

# 3D SZIKLAMÁSZÓ TÉRKÉP

### SZAKDOLGOZAT FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

*Készítette:* Süle Benjámin

*Témavezető:* Dr. Gede Mátyás adjunktus ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2018

# Tartalomjegyzék

artalomjegyzék	
Bevezetés	3
3D Sziklamászó térképek készítése	5
Jelenleg használt mászókalauzok	5
A sziklafal felmérése	7
3D felület modellezése	11
Előkészítő munkálatok	14
A Róka-hegyi bánya sziklafalának felmérése	18
Mászóutak megismerése, felvétele az alapfelületre	23
A térkép webes megjelenítése	25
Összefoglalás	29
Hivatkozások	31
Köszönetnyilvánítás	33
Nyilatkozat	34

### Bevezetés

Jelen **3D sziklamászó térkép** tárgyú dolgozat elkészülte korántsem mondható zökkenőmentesnek. Hosszabb előkészületek előzték meg és alapozták meg a végül rendszerezett munkát.

A vállalt feladat szerinti feltérképezendő helyszínt - a Rókahegyi kőfejtő fő katlanának egyik falrészlete - Katona László (SOTE testnevelőtanár, magashegyi túravezető) segítségével kiválasztottam és közösen bejártuk a terepet. Ennek során a sziklafal olyan részeit határoltuk körül, amelyek változatosságuk miatt a 3D feldolgozás szempontjából érdekes, a sziklamászás szempontjából pedig hasznosnak ítéltem meg.

A 3D pontfelhő, és felületmodell létrehozását az Agisoft PhotoScan alkalmazással céloztam meg. A drónos felmérés részleteinek megbeszélésénél tartottunk a tanszéki szakértővel, ami az eszköz meghibásodása miatt hosszabb időre elhalasztásra került. Mivel a terepi munka halasztódott, otthoni környezetben végeztem modell kísérleteket a szoftver működésének megismerésére. Ez a későbbiekben nagy előnynek bizonyult, mert ennek során a fotózás olyan módját kísérleteztem ki, amihez kevesebb és minőségben is gyengébb képek esetén is kielégítő minőségű felületet tudtam kiszámítani az e feladathoz mérten kis kapacitású saját számítógépemmel. Továbblépve a lakóhelyemhez közeli kisebb mészkőbányában végeztem további gyakorló feladatokat. Ez a felkészülési munkabefektetés a későbbiekben a tényleges sziklamászó terep felmérését nagymértékben hatékonnyá tette, mivel a szoftver feldolgozó algoritmusának figyelembevételével tervezhettem meg a drónfelvétel helyszínét és geometriai jellemzőit. Természetesen a megfelelő fényviszonyok, azaz az időjárás és a napszak megválasztása is szükségesek voltak az eredményességhez. A dolgozatomban külön fejezetben mutatom be ezeket az előkészítő tevékenységeket.

A feladatot köszönöm témavezetőmnek, mert testhezállónak bizonyult nekem. A hegyekhez időben közel kerültem, tizenöt évesen jutottam fel a Pamír egyik 6200 m magas csúcsára Katona László vezetésével. A nagy mennyiségű fényképek

feldolgozásával és térképre vitelének kihívásával a 2013-as Dunai árvízkor szembesülhettem, amikor mintegy tízezer fényképet helyeztem el a vízügy dokumentációs céllal készült térképén.

A felvételek feldolgozása során megtapasztalhattam, hogy az alkalmazás jelentős számítógépes erőforrásigénye milyen korlátozásokat jelent, és ezek milyen módon kezelhetők előzetes tervezéssel, a jó minőségű fotózással, illetve a fotóknak a felület képzéséhez a modellezés alapján kialakított kritériumok szerinti megfelelő előválogatásával.

Munkám során a 3D pontfelhő és a felületmodell jó minőségben létrehozása és a további alkalmazásra előkészítése közben fontos tapasztalatokra tettem szert, melyekre a munka egyes fázisainak bemutatásánál, illetve az eredmények összefoglalásában kitérek.

# 3D Sziklamászó térképek készítése

A sziklamászással mint sporttal egyidejűleg megjelent az igény a mászók útvonalainak dokumentálásáról, egymás közt megosztásáról az adott időszak technikai lehetőségei szerint.

## Jelenleg használt mászókalauzok

Jelenleg használatban lévő, különböző minőségben megrajzolt mászókalauzokból részletek:



2. ábra: "Csóka- és Báránykő Mini Mászókalauza" [1.]



2. ábra: Köpüs-kő [2.]





A leggyakrabban használtak még mindig a kézi vázlatok, illetve a megrajzolt mászótérképek. Az interneten létrehozott ismertetőkben pedig egyre gyakoribbak a fényképek kiegészítésével számítógépen megrajzolt útmutatók.



4. ábra: Rókahegy, középső fal, jobb [5.]

A sziklamászók a falfelület és egyben a mászás módjainak bemutatására mostanában szemléletes videókat készítenek, amelyekből két példát tettem a "<u>Hivatkozások</u>" fejezetbe [6.].

### A sziklafal felmérése

Egy térkép készítéséhez szükségem volt egy olyan területre - felületre, aminek sziklamászó térkép esetén jellemzően mászásra alkalmas sziklafalnak kellett lennie. Ennek behatárolására több szempontot is próbáltam figyelembe venni: lehetőleg Budapesten, vagy minél közelebb, könnyen megközelíthető, bejárható, és fényképezhető legyen. Illetve rendszeresen mászott falról legyen szó, hiszen egy gyakorlatban is alkalmazható célt terveztem elérni. Mindezeket átgondolva felhívtam Katona Lacit, a <u>Hegymászósuli</u> [7.] vezetőjét, akitől megtudtam: azon a hétvégén a Rókahegyen másznak, és szívesen látnak engem is. Akkor aztán meg is született a döntés, a kőfejtő felső (legnagyobb) udvarának keleti oldalfala lesz a kiválasztott.



5. ábra: E kép középső részén látható a munka tárgyául választott falfelület [8.]

A Róka-hegy bemutatására a Magyar Természetvédők Szövetségének kiadványából idézem:

"A tszf. 254 méter magas Róka-hegy a Pilis-hegység legkeletibb röge. A Róka-hegy Természetvédelmi Terület Budapest III. kerületének határán, Csillaghegyen, az Ibolya utca – Rózsa utca – Ürömi út által határolt, 9 hektáros területen helyezkedik el. A bánya a csillaghegyi HÉV és a 160-as busz megállóhelytől másfél kilométer

távolságra, felfelé található. Az oda vezető Ürömi út meredeken emelkedik, amelyiken eleinte a piros sáv turistajelzést kell követni. A hegytetőre a piros sáv turistajelzésből kiágazó piros háromszög jelzés visz fel. Autóval is jól megközelíthető. A kicsike parkoló mögött egy tanösvény tábla (Ürömi-tanösvény D 8.), és egy sorompó jelzi a bejáratot. A "tájsebként" is emlegetett kőfejtő a pesti oldal nagy részéről látható." [9.]

A 3D felszín szoftveres előállításához szükséges fényképanyag elkészítését drónos repüléssel terveztem, bár többször is úgy tűnt, kénytelen leszek egyszerű kézi fényképezőgéppel, és bejárással operálni. Végül egy ismerős, gyakorlott és elkötelezett amatőr UAV pilóta, Zömbik Orsolya és DJI Phantom 4 Advanced gépének támogatásával oldottam meg a feladatot. A felvételek készítésének helyszínére Orsolya két drón eszköz készletet hozott, amelyek közül a professzionális eszközzel készültek a fénykép felvételek. A másikkal a terep előzetes felméréseként videó felvételeket készítettünk. Majd a fényképezés befejezését követően részletesebben és nagyobb magasságból is készített felvételt a környékről, dokumentálva a kőbánya környezetében elhelyezkedését.

Az UAV (Pilóta nélküli repülőgép) tulajdonságai a DJI hivatalos oldal (<u>dji.com</u>) és a <u>220volt.hu</u> alapján [<u>10.]</u>:

Gyártó

DJI



6. ábra: DJI Phantom 4 Advanced

Távirányító:	Átviteli távolság: FCC: 7 km CE: 3.5 km SRRC: 4 km Működési frekvencia: 2.400-2.483 GHz 2.400-2.483 GHz (interferencia és árnyékolás mentes területen) Működési feszültség: 1.2 A@7.4 V Videó kimeneti port: GL300E: HDMI GL300C: USB
Sebesség	
Max. sebesség	S-mód: 72km/h A-mód: 58km/h P-mód: 50km/h
Max. emelkedési sebessége	S-mód: 6m/s P-mód: 5m/s
Max. süllyedési sebessége	S-mód: 4m/s P-mód: 3m/s
Stabilizátor	3 tengelyes
Kamera	
Érzékelő	1" CMOS
Effektív pixelek száma	20 Megapixel
Objektív	f/2.8-11 24mm
ISO	Videó: 100 - 3200 (Auto) 100 - 6400 (Manuális) Fotó: 100 - 3200 (Auto) 100 - 12800 (Manuális)
Záridő	Mechanikus: 8 - 1/2000 second Elektronikus: 8 - 1/8000 second
Max. képméret	5472 x 3648
Képfelvételi módok	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto-Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV bias Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 second 3:2 - 5472 x 3648 4:3 - 4864 x 3648 16:9 - 5472 x 3078

Támogatott formátumok	Fotó: JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG Videó: MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Látószög	84°
Csatlakozás	
GPS	GPS/GLONASS
Memória bővíthetőség	microSDHC/SDXC 128 GB-ig
Egyéb csatlakozások	1 x USB
Egyéb adatok	
Akkumulátor kapacitás	5870 mAh
Üzemidő	30 perc
Súly	1368 g

llyen erős támogatással kiváló minőségű, a fotogrammetriához, és a 3D modell generálásához is megfelelő képeket készítettünk már az első alkalommal, amikor hozzáfogtunk. Szerencsére az őszi időjárás kedvezett a tevékenységünknek; a még erős napfény megléte, és a lombozat hiánya éppen optimális viszonyokat teremtettek. Az akkumulátorok üzemideje miatt kellett kétszer fél órában teljesíteni a munkának ezen fázisát. Természetesen az ilyen célú fotózásnak megvannak a maga szempontjai, ezek számomra a korábbi modellezés alapján egyértelműek voltak; több szögből, nagy átfedéssel, - és átgondolva, hogy a felület minden oldala látszódjon - kell dolgozni.

### 3D felület modellezése

Feladatomnak ehhez a lépéséhez egy digitális képekből fotogrammetrikus számításokkal 3D pontfelhő, és felületmodell létrehozására alkalmas programot használtam, az AgiSoft PhotoScan alkalmazást, a témavezetőm javaslatára.

A fotogrammetriáról: "A fotogrammetria görög eredetű szó, jelentése fényképmérés. Az ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság) szerinti definíciója: "a tárgyak helyének és alakjának fényképek alapján történő meghatározására szolgáló művészet és tudomány". A teljes folyamat magába foglalja a fénykép különböző technológiákkal történő rögzítését, mérését és értelmezését. A fotogrammetria alkalmazásával tárgyak fizikai tulajdonságaira is következtetni tudunk, valamint a természeti környezetünkben lejátszódó jelenségeket figyelhetünk meg, végezhetünk velük kapcsolatos méréseket. Elsősorban metrikus információszerzésre használjuk."

A légi fotogrammetriáról: "A légi fotogrammetria kialakulása természetesen a repülés fejlődéséhez kapcsolódik. Az első légi járműről készített felvételek katonai célú felderítés eredményeként születtek, így erőteljes fejlődésük a világháborúk alatti és közötti időszakokra esik. Ekkor a topográfiai térképészeti felméréseknél teljes egészében légi fotogrammetriai eljárást alkalmaztak kiszorítva az egyéb módszereket."

A fotogrammetriai eljárások: a felvétel helye szerint két fő csoportot különböztetünk meg, a földi és a légi fotogrammetriát. A földi felvételek csoportján belül a felvevő és a fényképezett objektum távolsága szerint mikro-, makro-, közel- és távol-fotogrammetria. A felvételek száma és a kiértékeléssel nyert adatok dimenziója alapján beszélünk síkfotogrammetriáról és térfotogrammetriáról. Síkfotogrammetria esetén sík terepről, objektum sík felületéről készült egyetlen felvétel feldolgozását végezzük el, melyet képátalakításnak nevezünk. Annak, hogy a kiértékeléssel térbeli adatot nyerjünk, feltétele, hogy legalább két különböző helyről készítsünk felvételt az objektumról. [11.]

A program magyar hivatalos oldalának bemutató szövege alapján is pont egy ilyen eszközre volt szükségem a munka végrehajtásához.

"Az Agisoft PhotoScan egy stand-alone licenszelésű szoftver, amely a fotogrammetriai fényképfeldolgozást, digitális ortofotó- illetve háromdimenziós modell készítést hivatott elvégezni és a nemzetközi szinten legjobban elfogadott sugárnyaláb kiegyenlítéses légi háromszögelés eljárását alkalmazza.

A térinformatikai, légi fotogrammetriai és térképi alkalmazásokon túl jól bevált a három dimenziós kulturális örökség dokumentációs feladatokhoz, vizuális effektusok előállítására, valamint a tárgyak paramétereinek, téradatainak közvetett méréséhez, így helyszínelési adatrögzítési feladatokhoz is ajánlható. Az intelligens, automata feldolgozó rendszer a fotogrammetria egy új fejezetét nyitotta meg. A szakemberek munkáját gyorsabbá és egyszerűbbé tette szerte a világon, miközben a szakmával ismerkedők kedvét is felkeltette érthető, jól felépített működésével." [12.]

A három dimenziós modellezés témájában néhány éve a tanszéken készült egy szakdolgozat, benne az AgiSoft PhotoScan alkalmazás részletes leírásával:

"A kép alapú háromdimenziós modellezés egy olyan komplex és nagy számításigényű – a mai napig folyamatosan kutatott és fejlesztett technológiát takar, ahol egy objektumról készített képsorozat képei közötti átfedéseket használjuk ki a háromdimenziós modell generálásához a fotogrammetria szabályait alapul véve. Egy modellezni kívánt tárgyról – legyen az egy szobor vagy akár egy geológiai képződmény - meghatározott szabályok alapján (szög, távolság... stb.) képeket készítünk, amik egymással átfedésben vannak. Ezekből a képekből lesz lehetőségünk a számunkra megfelelő programmal háromdimenziós modellt generálni.

Az Agisoft Photoscan egy önállóan futtatható, fizetős asztali fotogrammetriai alkalmazás, mely automatikusan textúrával ellátott modellek, georeferált ortomozaikok és DSM/DTS modellek fotókból való létrehozására szolgál. A feldolgozást korszerű, az átlagnál gyorsabb és pontosabb algoritmusokkal végzi, ezzel biztosítva a magas minőségű eredményt. A program számos olyan előnnyel rendelkezik, ami kiemeli és/vagy csak részben megtalálható a hasonló szoftverek között. Ilyen például a magas

12

pontosságú és részletességű végtermékek, a grafikus kártyákat is kihasználó feldolgozó algoritmusok vagy a megosztási lehetőségek (mind .pdf vagy online formában). Ezen előnyök mellett számos fontos tulajdonsággal rendelkezik a program: légiháromszögelés, pontfelhő sűrítés, valódi DSM/DTM előállítása, georeferálás repülési adatsorból, multispektrális képfeldolgozás vagy a beépülő Python szkriptek támogatása. Ezen előnyök és tulajdonságok mellett kiemelendő még, hogy megbirkózik a hal-szem felvételek feldolgozásával, a legtöbb UAV-val (pilóta nélküli repülőgéppel) kompatibilis, támogatja az EPSG koordinátarendszerek nagy részét, emellett széleskörű exportálási lehetőségeket biztosít a legtöbb formátumba. Modellen kívül lehetőségünk van csak magának a pontfelhőnek vagy a textúrának az exportálására is. " [13.]

### Előkészítő munkálatok

A 3D felület fényképezéséhez és feldolgozásához végeztem néhány tesztet mobiltelefonos fényképezéssel és az Agisoft PhotoScan felületmodellező szoftverrel, otthoni körülmények között. Összetett felületként egy asztalra elhelyezett mexikói sombrero kalapot választottam. Az első körbefotózások és ezek feldolgozása töredezett, hiányzó felületeket adott ki. Az újabb, különböző irányokból készített fotókkal egészítettem ki a feldolgozásba bevont fényképeket.



7. ábra: sombrero az asztalon

Eleinte meglepő tapasztalat volt, hogy a fényképek számának növelése nem eredményezett lényegesen jobb minőséget. A fotók darabszámának növelése során a számításigény lényeges növekedése ellenére alig javult a kritikus felületek pontossága és a minőség sem javult jelentősen.



8. ábra: sombrero az asztalon 2.

A pontosabb feldolgozás érdekében a fényképek mennyiségét a számítógépem kapacitás határáig növeltem, ennek ellenére még mindig nem kaptam kielégítő eredményeket. Azonban a képek számával rohamosan növekedő memóriaigény miatt gyorsan a számítógépem kapacitás korlátaiba ütköztem, és a feldolgozás rendszeresen megszakadt a kevés (8 Gbyte) memória miatt:

📕 Agi	isoft PhotoScan
	Not enough memory
	ОК

#### 9. ábra: hibaüzenet

Ennek figyelembevételével egy feldolgozás alkalmával 25-30 képből álló részegység feldolgozására volt lehetőségem. Ehhez az elkészült fénykép készletből részhalmazokat választottam ki, és ezek variálásával törekedtem az egyre jobb minőség elérésére. Továbbá újabb képeket is készítettem a nehezebben feldolgozható felület részekről, és ezeket kicseréltem a készletben a kevésbé fontosakkal.



#### 10. ábra: képválogatás

A kísérletezés során egyre inkább érzékeltem a képek elrendezése és a feldolgozás minősége közötti összefüggéseket, így egyre inkább képessé váltam a felület megfigyelése alapján a képek helyének és szükséges számának meghatározására jó becslést adni. Így a fotók elkészítésének helyével és irányával

hosszabb kísérletezés után kialakítottam az egyszerű tapasztalati módszert: a feldolgozhatóság szempontjából kritikusabb felület elemeknél, mint pl. a kalap pereménél visszahajló résznél, több irányból és közelebbről, a kevésbé kritikusaknál jóval ritkább és távolabbi fotókat használtam fel. Ezzel elfogadható felület minőséget tudtam elérni a kevesebb, ám jól elhelyezett fotók feldolgozásba bevonásával.



#### 11. ábra: képek helyzete

A fotózás és feldolgozás közbenső állomásainál számomra meglepő mellékhatásokat tapasztaltam. Több esetben, mint pl. e képen látható, hogy a fókuszban levő céltárgytól távolabb eső, nem szándékosan a képmezőbe kerülő felületeket pontosabban dolgozta fel a rendszer. Ez azért lehetséges, mert a szoftver közös pontokat keres a képeken, és a háttér változatosabb mintázatán jobban működött az algoritmus.



12. ábra: háttér alakzat

A tesztelés következő lépéseként a lakhelyemhez közeli mészkőbányát látogattam meg. Az eszközkészletem továbbra is a mobiltelefon fényképezőgépe és egy hordozható számítógép volt. Tervem szerint a fotózást követően azonnal a terepen végeztem a feldolgozást és egészítettem ki szükség szerint a fénykép készletet. A notebook memória korlátai miatt (8 GByte) csak elnagyolt felület számításokat tudtam elvégezni. A sok elégtelen memória hibaüzenettel leállás miatt a helyszínen több óra ráfordítással csak néhány számomra nem kielégítő minőségű felület összeállítását tudtam elvégezni.



13. ábra: Diósd, kőfejtő

Az otthoni számítási környezetemben tovább folytatva a feldolgozást a képek további válogatásával kísérleteztem a korábbi modellezéshez hasonlóan. Így a felület kisebb részleteit feldolgozva már kielégítő minőséget értem el.



14. ábra: képek helyzete

### A Róka-hegyi bánya sziklafalának felmérése

A modell környezetben a teljes folyamaton végigvitt és részleteiben elvégzett begyakorlásokat követően felkészültnek ítéltem magam a hatékony terepi munkára. Egy professzionális drónokkal rendelkező ismerőst kértem meg a felvételek elkészítésében közreműködésre. Az időjárásjelentést figyelembe véve egyeztettünk időpontot, és választottunk délutánra eső napszakot a kiválasztott sziklafal felület tájolása szerint a felvételek készítéséhez optimálishoz közeli fényviszonyok érdekében. A helyszíni felmérésre kitűzött napon az időjárás és a fényviszonyok az ideálishoz közeliek voltak. A helyszínre érkezve összeállítottuk az eszközöket, aztán a felmérendő falat távolabbról és közelebbről is megvizsgáltuk.



15-18. ábra: Rókahegyi kőfejtő felső (legnagyobb) udvar, keleti oldalfal: részletek több nézőpontból

Ezután a modellezések során szerzett korábbi tapasztalataimat figyelembe véve a drónnal végzett fotózáshoz bejárási útvonal vázlatot készítettem:



19. ábra: repülési útvonal vázlat

A terep áttekintése és a drón berendezés és tartozékai összeszerelése és repülésre előkészítése után néhány próbarepülést végeztünk, és elvégeztük a tervezett bejárási útvonal behatárolását. A konkrét felmérés két szakaszban elvégezhető volt, a megszakításra akkumulátor csere miatt volt szükség. Maga a fényképezés összesen mintegy egy órát vett igénybe. A drón felvételeit a távirányítóba illesztett mobiltelefonon ellenőriztük, és ezek alapján úgy ítéltük meg, hogy a felvételek megfelelőek és elégségesek a feldolgozáshoz. A fotók készítési pontjainak elhelyezkedése:



20. ábra: képek helyzete

A jó előkészítés és a szerencsés fényviszonyok azt eredményezték, hogy egyetlen felmérési kör elegendő volt a felvételek jó minőségben elkészítéséhez. A felmérést követően hazatérve az első feldolgozási ütemben készült ritka pontfelhő:



#### 21. ábra: point cloud

A rendelkezésemre álló számítógépen a feldolgozás során ismét hamar beleütköztem az ismert kapacitás korlátokba. Ezért részfelületekre bontottam a felmérés anyagát és így végeztem el a feldolgozást. Következő lépésként érdemes pontfelhő sűrítést végrehajtani. Erre a Build Dense Cloud – 'sűrű felhő építése' – funkció alkalmas, hasonlóan, mint a párosításnál itt is megadhatjuk a minőséget. Sűrű pontfelhő a felület egy részletére:



22. ábra: dense cloud

Következő feldolgozási fázisként a pontok összekötésével a pontfelhő pontjait összekötő sokszögekből álló mesh felület szintén részletenként készült el:



23. ábra: mesh

Végül a mesh felület textúrával borítása, a képfájlok rávetítése a mesh-re zárta a feldolgozási fázist. A korábbiakkal megegyező részletekben készültek el, amelyek összeillesztésével volt elkészíthető, összeállítható a teljes felület:



24. ábra: mesh+texture

A mászótérképemhez készült adatokat egyben feldolgozva az előzőekben leírt folyamat rendkívül erős gépigénye miatt végül Mészáros János munkahelyi gépén, a Talajtani és Agrokémiai Intézetben futtattuk le. A többórás futtatás eredményeképpen létrejött mesh felület abban a VRML formátumú fájl formájában, amivel tovább folytathattam a munkát, a felületre a mászóútvonalak felvitelét.



#### 25. ábra: az elkészült teljes domborzat

A mesh felület elfogadható részletességgel és minőségben állt elő. Az egyes helyeken az általam megismert felületeknél a részletekbe belenagyítva ellenőriztem a valósághoz hűen visszaadott domborzatot. A felületet alkalmasnak találtam a mászóútvonalak felrajzolására. Ezzel létrejött az az alapfelület, amire a mászóutak felvétele megtörténhet.

### Mászóutak megismerése, felvétele az alapfelületre

A 3D sziklamászó térkép létrehozásának következő fázisaként az elkészült felületre a mászóutak felvitelére a <u>Rókahegyi SE falrajzai</u> alapján fogtam hozzá. Az elkészült alapfelület létrehozására a <u>Meshlab</u> 3D mesh optimalizáló és a <u>CloudCompare</u> 3D cloud és mesh feldolgozó nyílt forráskódú alkalmazásokat használtam.



26. ábra: felmérésre kiválasztott falrész [14.]

A MeshLab struktúrálatlan 3D-s háromszög rácsok készítésére és szerkesztésére szolgál, óriás méretű rácsok kezelésére is alkalmas. Sok formátumot kezel (pl. PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, COLLADA, VRML, X3D, stb.) [15.]. Végül ezt a formátum kezelő, konvertáló funkcióját használtam ki, mert a mászóutakat jelző vonalakat nem tudtam külön objektumként kezelni. A Zpaint funkciója a textúrára csak vonalas rajzolásra alkalmas. Azonban a webes megjelenítésnél szükség volt a formátumok közötti átjárásra, a VRML-ből x3d formátumra átalakításra. Egyben a böngészőben megjeleníthetőséghez a mesh egyszerűsítésére is szükség volt, a mesh-hez tartozó textúrafájlt pedig 4096\*4096 pixelre átméreteztem (csökkentettem).

Az utakat az így létrejött felületre CloudCompare-ben vonalasan rajzoltam be. A megrajzolt vonalakat először ascii cloud fájlba exportáltam.

Az ascii file fejlécébe "extrudálás" kódrészletek kerültek beillesztésre, amik a vonalat képező pontfelhőre sokszög keresztmetszetű, 10 cm átmérőjű "csövet" illesztenek.



27. ábra: mászóút felrajzolása, CloudCompare Trace Polyline funkció

Ezzel létrejöttek a sziklafaltól különálló útvonal objektumok, amik így önállóan kezelhetővé, tovább feldolgozhatóvá, webes környezetben megjelenítésre alkalmassá váltak. Ez került megjelenítésre a webes megjelenítés .x3d formátumában.

## A térkép webes megjelenítése

Az elkészült térképet egy HTML-oldalon jelenítem meg, az X3DOM JavaScript függvénykönyvtár segítségével. Ez bemutatásra elegendő, és később, amikor gyakorlati felhasználásra kerül, érintőképernyős platformokon is könnyen használhatóvá tehető.

Az alapfelületet és az útvonalakat külön objektumként .x3d fájlként exportálva kerülnek fel az oldalra, az alábbi javascript könyvtárak behívásával:

```
<script
type='text/javascript'
src='https://www.x3dom.org/download/1.7.2/x3dom-full.js'>
</script>
<link
rel='stylesheet' type='text/css'
href='http://www.x3dom.org/download/x3dom.css'>
</link>
A fal felület böngészőben megjelenítése alapértelmezésben:
```



28. ábra: első megjelenés az oldalon

Az objektumokat az alapértelmezéshez képest megfelelően irányba kell állítani és pozicionálni több transzformációval:

<transform rotation="0 0 1 -0.78"> - az irány beállítása <viewpoint position="0 -40 0" orientation="1 0 0 1.57"> </viewpoint> - az alakzat nézőpontja

</transform>

<transform translation="0 0 -135"> - a forgáspont áthelyezése

A képernyőn megjelenítéshez eszerint bepozicionált felület:



29. ábra: az oldal megnyitásakor már az egész fal látható szemből Következő lépésként négy különböző technikai nehézségű mászóútvonalat választottam ki, és a fenti módon előkészített vonal (illetve cső) objektumokként illesztettem a felületre. Példaképpen egy lentről nem belátható felső párkány két különböző nézetből, alulról és felülről megmutatva. A bal oldalon az útvonal eltűnik a szikla mögött, de a térkép elforgatásával (jobbra) megnézhető:



30. ábra: egy mászás két nézetből

A mászóútvonalak kiválasztásakor a különböző nehézségi fokokon kívül a felületen elhelyezkedést is figyelembe vettem. Az útvonalakat különböző színnel jelöltem, a nehézségi fokozatokat pedig az <u>UIAA – International Climbing and</u> <u>Mountaineering Federation</u> Nemzetközi Hegymászó Szövetség nehézségi fokozatok szerint csoportosítva [16.].



31. ábra: áttekintő felülnézet

Az útvonal neve és a nehézségi fokozata az adott útvonalra kattintva kisméretű információs ablakban tekinthető meg, amiben további információ is megjeleníthető.



32. ábra: információs ablak

A négy különböző nehézségű útvonal "check-box" vezérléssel ki/be kapcsolható:



33. ábra: Az elkészült mászótérkép

A teljes munkafolyamat eredményeként létrejött a böngészőből kezelhető, jelenleg még mobil eszközre optimalizálást nem tartalmazó, a Rókahegyi kőfejtő fő katlanának falrészlete 3D mászótérképe.

## Összefoglalás

A jelen szakdolgozatban létrehozott 3D mászótérkép közelíthető, távolítható, forgatható, ezzel pl. a mászásra otthoni felkészüléshez alkalmazható. A vezérléssel az egyes utak ki és bekapcsolásával pedig az útvonal tervezésben, összehasonlításban, megválasztásban adhat támogatást, illetve külön rá lehet fókuszálni az így kiválasztott egyes utakra. A Rókahegyi kőfejtő fő katlanának egyik falrészletére gyakorlati felhasználásra alkalmas megoldást hoztam létre. A munka teljes folyamata, ami az alapos előkészítő munkálatoktól a helyszíni felvételek készítésén át a komplett felhasználásra előkészített webes felület létrehozásáig tartott, aminek során összetett tapasztalatokat szereztem:

- A felvételek feldolgozása során használt alkalmazás jelentős erőforrásigénye milyen korlátozásokat jelent, és ezek milyen módon kezelhetők előzetes tervezéssel, a jó minőségű fotózással, illetve a fotóknak a felület képzéséhez megfelelő előválogatásával,
- A felhasznált szoftverekkel, az AgiSoft PhotoScan képfeldolgozó, a Meshlab 3D mesh optimalizáló, és a CloudCompare 3D cloud és mesh feldolgozó alkalmazásokkal, és az általuk kezelt formátumokkal,
- A létrehozott térképi felületek és objektumok webes megjelenítésével.

A korábbi nagy mennyiségű fénykép feldolgozásában szerzett gyakorlatom és e feladat előkészítő fázisa során szerzett tapasztalataim megerősítették, hogy ez a típusú tevékenység hatékony és eredményes végzése személyes adottságokat, jó térbeli látást, a fénykép és a térbeli elhelyezkedés összehangolásában jó képességet is igényel.

A 3D mászótérkép létrehozásában a témavezetőm által ajánlott alkalmazások, AgiSoft PhotoScan képfeldolgozó, a nyílt forráskódú Meshlab 3D mesh optimalizáló, és a CloudCompare 3D cloud és mesh feldolgozó alkalmazások bőséges funkcionalitása és hatékony algoritmusai professzionális munkára alkalmas eszközkészletet alkottak, amivel a teljes feldolgozási folyamat támogatható volt.

A 3D mászótérkép létrehozásában szerzett gyakorlat alapján az esetleg felmerülő felület bővítés miatti, vagy akár a minőség további javítása érdekében újabb fényképek készítése után, illetve újabb útvonalak felviteléhez a már kialakított teljes folyamat hatékonyan újra végigvihető az adattartalom egyszerű bővítésével.

A magam számára további célt tűztem ki azzal, hogy a munka során létrehozott megoldás valós felhasználási lehetőségeit is mérlegelem. Ezután további továbblépési lehetőségek sora következhet. Bízom benne, hogy lesznek, akik a megvalósításban is előre haladnak, és hamarosan akad olyan, aki az általam felvázolt lépések alapján a hordozható eszközre optimalizált appot elkészíti.

# Hivatkozások

Az ábrák és a szövegben található hivatkozások listája, a megjelenés sorrendjében:

- 1. Csókakő és Báránykő http://users.atw.hu/csokaesbaranyko/2.html
- 2. Köpüskő\_http://www.hszjse.hu/wp-content/uploads/2013/05/kopusko\_hatso\_toro ny\_jobb\_oldal.jpg
- 3. Kis-Svábhegy\_http://www.excelsior.hu/wp-content/uploads/2014/04/kis-svabhegy -670x300.png
- 4. Kis-Svábhegyi Kőfejtő http://www.excelsior.hu/uj-maszohely-budapesten
- 5. Rókahegy falrajzok, Rókahegyi SE http://www.rokahegyisportegyesulet.hu/rszhse\_falrajz\_rokahegy.html
- 6. Sziklamászó oktató videók
  - a. Rókahegy sziklamászás és Slackline https://youtu.be/hfmGqdWj5Pg
  - b. Rókahegy mászás oktatás (DJI Spark) https://youtu.be/4Par-HS3JIY
- 7. Hegymászósuli https://www.facebook.com/groups/150277251661009/
- 8. Rókahegyi kőbánya http://indafoto.hu/biroim/image/11530367-e427e538
- 9. Rókahegy ismertető https://mtvsz.hu/dynamic/kiadvany\_termved/roka\_hegy.pdf
- 10. UAV dokumentáció
  - a. <u>http://www.220volt.hu/DJI+Phantom+4+Advanced</u>
  - b. <u>https://www.dji.com/phantom-4-adv/info</u>
- 11. A fotogrammetria alapok, fotogrammetria története <u>https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\_FOT1/ch01s04.html</u>
- 12. AgiSoft PhotoScan leírása <u>http://www.interspect.hu/AgisoftPhotoScan.pdf</u> <u>http://www.photoscan.hu/</u>
- 13. AgiSoft PhotoScan használata, Szabó Márton, 2015 http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/szakdolg/2015-bsc/szabo\_marton.pdf
- 14. Rókahegy falrajzok, Rókahegyi SE http://www.rokahegyisportegyesulet.hu/rszhse\_falrajz\_rokahegy.html
- 15. MeshLab, 3D mesh feldolgozás http://www.meshlab.net/
- 16. UIAA International Climbing and Mountaineering Federation

https://www.theuiaa.org/mountaineering/uiaa-grades-for-rock-climbing/

A dolgozatban nem hivatkozott, de a témában ismeretbővítés céljával olvasott munkák. [<u>17. - 20.]</u>

- 17. Sziklafalak modellezése közelfotogrammetriai módszerekkel http://docplayer.hu/23792747-Sziklafalak-modellezese-kozelfotogrammetriai-mod szerekkel.html
- 18. Automatic reconstruction of old globes by photogrammetryand its accuracy <u>https://technodocbox.com/3D\_Graphics/80436439-Automatic-reconstruction-of-ol</u> <u>d-globes-by-photogrammetry-and-its-accuracy.html</u>
- 19. The possible use of free on-line tools for digitizing old relief models <u>https://www.researchgate.net/publication/260188125\_The\_possible\_use\_of\_free</u> <u>on-line\_tools\_for\_digitizing\_old\_relief\_models</u>
- 20. Open Source and Independent Methods forBundle Adjustment Assessment in Close-RangeUAV Photogrammetry

https://technodocbox.com/3D\_Graphics/81120860-Open-source-and-independen t-methods-for-bundle-adjustment-assessment-in-close-range-uav-photogrammetr y.html

## Köszönetnyilvánítás

Elsősorban köszönettel tartozom mindenkinek, aki akár csak egyszer azt mondta nekem: "Csináld már meg!" Sokszor hallottam ezt az egyszerű kis mondatot az utóbbi években, mégsem volt rám különösebb hatással. Utólag persze nagyon örülök a biztatásnak. Hálás lehetek az összes felmenőmnek, hiszen mindent, ahová eljutokeljutottam (így ide is) részben nekik köszönhetek.

A történet során már bemutattam őket, akik a munkám gyakorlati részében voltak segítségemre:

Dr. Gede Mátyás; az ötlettel, és témavezetői támogatásával.
Katona László; a helyszínválasztással, és sziklamászó nézőpontokkal
Zömbik Orsolya; az UAV-os fényképezéssel
Dr. Mészáros János; PhotoScan lefuttatásával.

### Nyilatkozat

Alulírott, Süle Benjámin nyilatkozom, hogy jelen szakdolgozatom teljes egészében saját, önálló szellemi termékem. A szakdolgozatot sem részben, sem egészében semmilyen más felsőfokú oktatási vagy egyéb intézménybe nem nyújtottam be. A szakdolgozatomban felhasznált, szerzői joggal védett anyagokra vonatkozó engedély a mellékletben megtalálható.

A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat PDF formátumban való elektronikus publikálásához a tanszéki honlapon

### HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2018. december 17.

a hallgató aláírása