

Absztrakt: A fotogrammetriában alkalmazott korszerű feldolgozó eljárások rövid áttekintése után, négy nyílt forráskódú és három kereskedelmi szoftvert mutatunk be röviden. Öt munkaterületen készült felvételekből pontfelhőt készítettünk az egyes szoftverekkel, a futási időket és a generált pontfelhők méretét egy összehasonlító táblázatban foglaltuk össze. A tapasztalatok alapján javaslatot fogalmaztunk meg a felhasználók számára.

Abstract: After briefly reviewing state-of-art processing techniques used in photogrammetry, four open source and three commercial software are briefly introduced. We created point clouds with each software from the images taken at five different locations, summarizing the elapsed time and the size of the generated point clouds in a comparative table. Based on our experience, we have made a proposal for the users.

Kulcsszavak: fotogrammetria, SfM, pontfelhő

Keywords: photogrammetry, SfM, point cloud

Bevezetés

Manapság a fotogrammetria és a lézerekkel (LiDAR) verseng egymással a pontfelhők előállításában. A két technológia közül cikkünkben a fényképek alapján előállított pontfelhőkkel foglalkozunk. Célunk, hogy áttekintést adjunk több kereskedelmi és nyílt forráskódú szoftverről, és szubjektív szempontok szerint összehasonlítsuk azokat. A számtalan szoftver közül önkényesen választottuk ki az előadásban bemutatottakat, de törekedtünk arra, hogy a Magyarországon elterjedtebbek köztük legyenek.

A feldolgozásról általában

A fotogrammetriai szoftverek a feldolgozás első lépéseként zömében a Structure from Motion (SfM) eljárást alkalmazzák a ritka pontfelhő előállítására. Ez az algoritmus arra a feltetelezésre épül, hogy egy mozgó fényképezőgéppel készítenek felvételeket egy mozdulatlan tárgyról. Az SfM-algoritmust elsősorban a gépi látás céljára fejlesztették ki, de jól használható a fotogrammetriai feldolgozás automatizálására is. Az SfM-eljárás több lépésre bontható, melyek a szoftverekben nem feltétlenül különíthetők el. Először az úgynevezett kulcspontok (automatizáltan jól azonosítható, egyedi jegyekkel bíró pontok) keresése történik meg képenként önállóan. Ezek közül kerülnek ki a képek egymáshoz képesti relatív

tájékozási adatainak meghatározásához szükséges kapcsolópontok, amennyiben sikeres a homológ pár azonosítása egy másik képen. A kulcspontok kiválasztására többféle algoritmust dolgoztak ki (SIFT, SURF, ORB stb.), melyek a képkoordináták mellett egy számsorozatból álló leírást adnak minden kulcsponthoz. A másik képen ugyanehhez a kulcsponthoz közel azonos leírás, de más pozíció tartozik. A kulcspontok leírása irány- és méretfüggetlen, azaz a két képen a kulcspontok környezete elfordulhat és más méretben jelenhet meg. Ezeket a leíró algoritmusokat úgy építették fel, hogy egyszerre egy kis régiót (paraméterezhető számú szomszédos pixelt) vizsgáljanak a képeken. A különböző képeken azonosnak tekinthető pontok alapján állítható elő a képek egymáshoz képest relatív, illetve abszolút (amennyiben georeferáláshoz alkalmas adatokkal is rendelkezünk) helyzete. Ezt a relatív és opcionálisan az abszolút tájékozást is tartalmazó műveletet az angol irodalomban háromszögelésnek nevezik, ahol az egyes kapcsolópontok és a két vetítési centrum által meghatározott háromszögek segítségével történik a magsíkok kijelölése. A képek tájékozása mellett a legalább két képen sikeresen azonosított kapcsolópontok 3D-s pozíciói is előállnak, ez a ritka pontfelhő. Megjeleníthetnek megbízhatóan textúrált vagy durva geometriákat (például éleket), de ezeknek a jellemzőknek egyedinek kell lenniük, hogy hasznosíthatóak legyenek. Például egy ismétlődő mintázatú téglafal felülete nem azonosítható a rekonstrukcióhoz. Annak ellenére, hogy nagyon

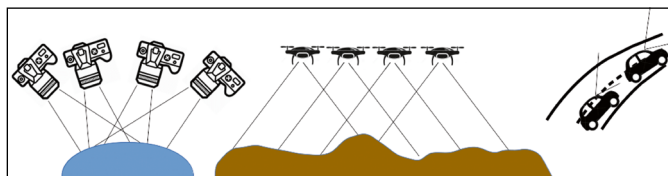
heterogén, a fal minden régiója közelítőleg egyezik a fal más részeivel. Mivel az SfM ezen funkciók felhasználásával 3D-s rekonstrukciót hajt végre, a 3D-s rekonstrukció csúcsai ezen egyedi textúrákon vagy éleken helyezkednek el. Az SfM általában nem hoz létre csúcst a felület közepén pontos és megkülönböztető textúra nélkül. Ha sok egyezés található a képek között, ki lehet számítani egy 3D-s transzformációs mátrixot a képek között, ténylegesen megadva a két kamera közötti relatív 3D-s helyzetet.

Az SfM-eljárás eredményeként a relatív vagy abszolút tájékozott képsorozat alapján a második lépésben néhány szoftver (pl. Regard3D) a sűrű pontfelhő előállításával befejezi a feldolgozást. A szoftverek többsége a fedélzeti telemetriai adatok vagy az illesztőpontok felhasználásával abszolút tájékozott pontfelhőt és ebből további levezetett termékek előállítását teszi lehetővé (pl. ortofotó, domborzatmodell és felületmodell).

A képek forrása lehet a kézben tartott digitális fényképezőgép vagy mobiltelefon, pilóta nélküli légi járműre (UAV) szerelt kamera vagy akár a közösségi médiában elérhető, mások által készített képek (pl. Flickr, Mapillary) (1. ábra). A Mapillary egy közösségi adatgyűjtésre alapozott projekt, mely a Google-utcaképhez hasonlítható, de csak előre néző kamerával készített felvételeket tartalmaz. Az adatokat önkéntesek gyűjtik, zömében az autójuk szélvédőjére rögzített mobiltelefon kamerájával.

A feldolgozószoftverek a JPEG-fájlokban található EXIF- (EXchangeable

¹ A cikk a Mérnökgeodézia 2019 konferencián elhangzott előadás írásos változata.



1. ábra. Különböző felvételek készítése elrendezések (földi, UAV és Mapillary)

Image file Format) adatokat is felhasználják, például a telemetriaadatokat, fókusz távolságot stb. A képek készítése során a szomszédos képek között általában 80 százalékos vagy nagyobb átfedést várnak el minden irányban.

Számos szoftver (kereskedelmi és nyílt forráskódú) alapkönyvtárakra épül, mint például az OpenCV (Computer Vision) és OpenMVG (Multiple View Geometry). Az OpenCV C++ nyelven írt programkönyvtár, mely többek között a kulcspontok keresését, a képek közötti átzonosítást és a képek egymáshoz viszonyított helyzetének meghatározásához szükséges eljárásokat tartalmazza, és a ritka pontfelhő előállításáig tudja megoldani a feladatot. A könyvtár funkciói Python nyelvből is elérhetők. Az OpenMVG a már tájékozott képek alapján a sűrű pontfelhő előállítására alkalmas.

A feldolgozás lépései az egyes szoftverekben nagyon hasonlóak.

1. Projekt létrehozása
2. Képek hozzáadása a projekthez
3. (Illesztőpontok koordinátáinak megadása és kijelölése a képeken)
4. Automatizált kulcspontkeresés és azok képek közötti átzonosítása
5. Háromszögelés, a ritka pontfelhő létrehozása
6. (Illesztőpontok koordinátáinak megadása és kijelölése a képeken)
7. Sűrű pontfelhő előállítása
8. (További levezetett adatok létrehozása, mint például ortofotó, felület-háló és DTM)



2. ábra. Azonosított kulcspontok jellemző környezete és iránya

A zárójelbe tett lépések az egyes szoftverekben elmaradhatnak. Az illesztőpontok megadása történhet a feldolgozás

elején vagy a ritka pontfelhő előállítása után, illetve el is maradhat. A teljes automatizálásra törekvő szoftverekben az elején minden adatot meg kell adnunk (fényképek és illesztőpontok), és utána teljesen automatizáltan történik a feldolgozás.

A 2. ábrán az egyik szoftverben megtalált kulcspontok látszanak. Jól látható, hogy a homogén felületeken (bal alsó és jobb felső terület) nincsenek jól azonosítható pontok. A színes körök mérete a kulcspont jellemző környezetének méretét tükrözi, a körön belüli vonal a környezetből levezethető jellemző irányt jelenti (az egyes képeken a kulcspontok egymáshoz képest elfordulva és más méretben jelenhetnek meg). Egy-egy képen általában több ezer, több tízezer kulcspontot találnak az algoritmusok.

Az szoftverek speciális hardverkövetelményeket is támaszthatnak. Processzorok (CPU) száma, illetve a processzorban található magok száma is meghatározó lehet a feldolgozás sebességében, 6-8 mag vagy több is szükséges lehet. A fotogrammetriai munkafolyamat egyes lépései eltérő módon használják a processzorokat, processzorokat. Néhányuk gyorsasága csak az óra sebességétől függ, mások pedig több magot támogatnak. Például a sűrű pontfelhő építési lépés több magot ki tud használni, de az új verziókban a videokártya teljesítménye is erősen befolyásolja a számításokat. A háló és a textúra építése viszont sokkal jobb a nagy órajel sebességgel, és kevesebb magot igényel. A kép méretétől és az egyes lépések során használt minőségi beállításoktól függően különböző típusú processzorok egyidejű használata javasolt.

A használni kívánt videokártyák száma szintén hatással van a CPU kiválasztására.

A GPU-t (grafikus processzor) nem csak a megjelenítésre, hanem a számítások hatékony végrehajtására is használják, előfordulhat, hogy a program csak bizonyos típusú GPU (pl. NVidia) esetén működik. A pontfelhősűrítés folyamatának teljesítményét nagymértékben befolyásolja a rendszerben használt videokártyák száma és modellje. A nagy és jó minőségű kép-készletekkel és különösen magas minőségű beállításokkal a feldolgozásnak ez a része a legidőigényesebb. Ezért feldolgozáskor mindenképpen győződjünk meg róla, hogy az összes telepített GPU-t kiválasztottuk. Ezzel sok terhet leveszünk a processzorunk válláról, és nem kevés időt spórolunk meg. Az elmúlt év egyik fő hozadéka, hogy a több videokártya használatát is kezdi jól hasznosítani a feldolgozószoftverek. Összehasonlítva egy videokártyával, egy második GPU hozzáadása kb. 20-25%-kal, míg egy harmadik GPU további ~10%-kal csökkenti a sűrű felhő készítésének időtartamát. Újabb kártya hozzáadása esetén a javulás jelentősen csökken, a negyedik GPU csak 1-3%-ot javít a feldolgozási időn, ami nem elég ahhoz, hogy igazolja az extra költségeket.

A számítógépen rendelkezésre álló memóriát célszerű az átlagos fölé növelni (64 GB vagy több) ha több száz vagy akár több ezer kép feldolgozása a célunk. Memóriaigényünket a képek száma, mérete és a szoftver részletesre vonatkozó paraméterbeállításai befolyásolják. Mivel a RAM használata nagyjából lineáris, egy mintaterület vizsgálata után egyszerűen kiszámítható, hogy mekkora az ajánlott RAM az általunk vizsgálni kívánt területen. A sűrű pontfelhő- és hálógenerálás lépése általában a legnagyobb memóriaigényű. A légi felvételek feldolgozásához az egyes programokban van egy speciális feldolgozási mód, amelyet nagymértékben optimalizáltak a nadír típusú feladatokhoz. Lehetővé teszi a sokkal több fotó (több száz vagy ezer) feldolgozását. Ha oblique (ferde tengelyű) felvételek használata szükséges, ott mindenképpen több memóriára lesz szükségünk.

Az adattárolás szerepe sem elhanyagolható tényező. Elsődleges meghajtónak SSD-t használunk, amely az operációs rendszert és a feldolgozószoftver telepítését tartalmazza. A nagy sebességű SSD lehetővé teszi az alkalmazások és a fájlok gyorsabb betöltését és mozgását.

A profi munkához optimális gépet a játékok céljára kínált Gamer PC-k és laptopok között találhatjuk meg. Manapság a játékok is gyors 3D-s megjelenítésre és feldolgozásra épülnek. A technológia megismeréséhez, kisebb feladatok megoldásához a ma kapható átlagos teljesítményű számítógépek is megfelelnek. Végezetül érdemes megemlíteni az online feldolgozás lehetőségét, melyhez egyre több fotogrammetriai szoftver nyújt felhőtámogatást.

Az összehasonlítás, illetve a bemutatás során négy nyílt forráskódú (VisualSfM, Regard3D, COLMAP és ODM/WebODM) és három kereskedelmi (3DSurvey, Agisoft Metashape és Recap Photo) szoftvert használtunk.

Nyílt forráskódú feldolgozószoftverek

Az OpenCV és az OpenMVG könyvtáraknak köszönhetően hatékonyan lehet új nyílt forráskódú fotogrammetriai feldolgozószoftvereket létrehozni. A 2010-es évtől kezdődően egyre több ilyen projektet indítanak el, de több projekt fejlesztése megszűnt. Ezért a felhasználni kívánt szoftver kiválasztásánál a kínált funkcionalitás mellett érdemes figyelembe venni, hogy mekkora a fejlesztői és felhasználói kör, milyen gyakran jönnek ki újabb verziók. A nyílt forráskódú szoftverek sem feltétlenül használhatók minden célra, mindig tanulmányozzuk a szoftverhez rendelt licencet a felhasználás előtt.

VisualSfM

A VisualSfM az egyik legrégebbi, az SfM- és MVG-algoritmusokat alkalmazó nyílt forráskódú program. 2011-ben kezdődött a fejlesztése, és az egyetlen aktív fejlesztő már két éve nem adott ki új verziót. A program speciális egyedi licence csak magáncélú és kutatási célú felhasználást tesz lehetővé.

A kulcsponthoz feldolgozása során ATI/nVidia/Intel GPU szükséges

legalább 1 GB memóriával. A 3D-s rekonstrukció során nVidia CUDA vagy a CPU is használható. A sűrű pontfelhő előállítására a PMVS/CMVS csomagot használja és további terméket (pl. ortofotót) nem állít elő. A grafikus felhasználói felület mellett a parancsorból is használható.

Bár viszonylag hatékonyan dolgozza fel a képeket a program és egyszerűen megtanulható a kezelése, a fejlesztés leállása és az üzleti alkalmazást tiltó licenc miatt nem célszerű ezzel a szoftverrel kezdeni az ismerkedést a fotogrammetriai feldolgozásnál.

Regard3D

A Regard3D fejlesztése 2015-ben kezdődött. Felhasználóbarát módon vezeti végig a felhasználót a feldolgozás lépésein és lehetőséget biztosít több feldolgozási variáció létrehozására egy projekten belül. A feldolgozás folyamán a felhasználó interaktívan, párbeszédablakokban választhat többféle algoritmus között és paraméterezheti azokat. Különösebb feltételeket nem támaszt a használt hardverrel szemben, de néhány száz felvételnél többet nem célszerű egyidejűleg feldolgozni vele. A program által használt MIT-licenc meglehetősen tág teret enged a felhasználásra, akár kereskedelmi szoftverbe is beépíthető.

Illesztőpontok megadására nem ad lehetőséget, így csak relatív pontfelhő állítható elő a segítségével. Ha

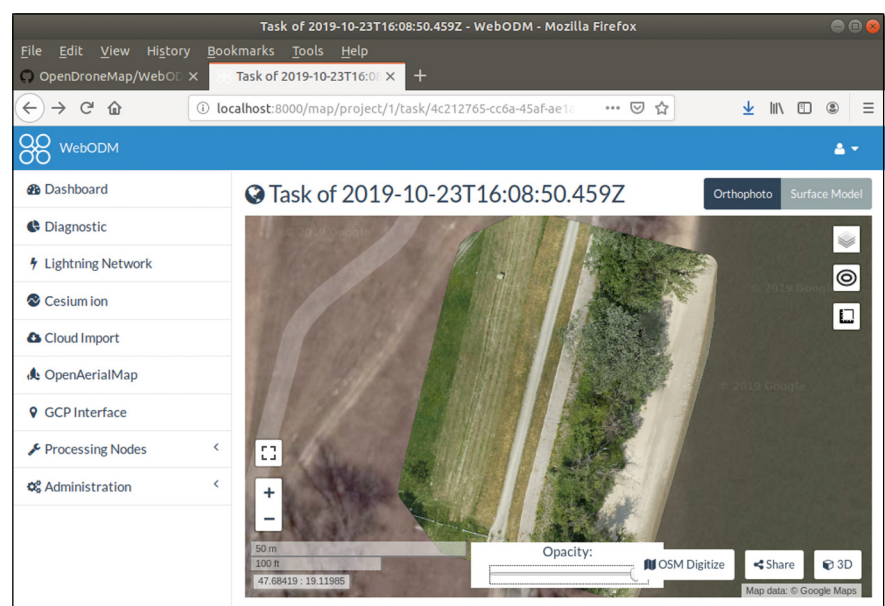
szükséges, a pontfelhőt utólag más szoftverrel (pl. CloudCompare) tudjuk a célkoordináta-rendszerbe transzformálni. Műemlékvédelemben használják széles körben az épületek és szobrok modellezésére. A pontfelhő előállítás mellett hálómódel létrehozására is képes. Jó kiindulópont lehet a kezdők számára a technológia megismerésére.

COLMAP

A COLMAP fejlesztése egy PhD-disszertáció kapcsán indult el; az első verzióját 2016-ban adták ki BSD-licenc alatt. A szoftver készítése során a kísérletezés, az algoritmusok fejlesztése és tesztelése volt az elsődleges cél. Ennek megfelelően a legkisebb részletekre kiterjedően paraméterezhető a program, ami a kezdő felhasználók számára nehézséget is jelenthet. Inkább a kísérletező és kutató felhasználók igényeit szolgálja ki. Óriási projektek (10 000+ kép) megoldására is alkalmas, de a feldolgozás hatékonyságában (futási időben) nem kiemelkedő. Grafikus felhasználói felülete mellett parancsorból is használható. Ortofotó generálására jelenleg nem alkalmas. Az egy fő fejlesztő mellett már több tucat fejlesztő járult hozzá a kódhoz.

OpenDroneMap (ODM) és WebODM

A nyílt forráskódú szoftverek közül, a 2016 óta fejlesztett Open Drone Map



3. ábra. Ortofotó megjelenítése Web ODM-ben a Google-űrfelvétellel a háttérben

a fejlesztés dinamikájával és a sokféle szolgáltatásával emelkedik ki. Fejlesztői az egyik legerősebb nyílt forráskódú licenc, a GPL 3 alatt adják ki. Az ODM csak parancssorból használható, ez egy átlagos mai felhasználó számára nehézséget jelenthet. Ezen segít az ODM-re épülő WebODM, mely egy böngészőprogramból, grafikus felhasználói felületen biztosítja a hozzáférést az ODM funkcionalitásához, akár egy felhőben futtatva.

Az ODM-et, mint ahogy a neve is mutatja a pilóta nélküli repülőeszközökről készült képek feldolgozására készítették. Viszonylag részletesen paraméterezhető, de minden paraméterre van alapértelmezett beállítás, így a kezdő felhasználó a fejlesztők által beállított paraméterekkel egyszerűen futtathatja a parancssorból vagy a böngészőből. A WebODM nem csak a feldolgozás végrehajtására, hanem az eredmények megjelenítésére is alkalmas. A sűrű pontfelhő, a hálómódel és az ortofotó mellett DTM és DSM előállítására is alkalmas. Felhasználását nehezíti, hogy a telepítése az átlagos szoftvereknél összetettebb. Az ajánlott futtatási környezete a Docker konténer és Linux operációs rendszer.

Kereskedelmi szoftverek

3D Survey

A 3D Survey-t 2011-ben kezdte el fejleszteni egy fiatal szlovén, többnyire földmérőmérnökökből álló csapat. A szoftver forgalmazását 2014-ben kezdték el, a népszerűsége évről évre növekszik. A jelenleg 11 fős cégen belül 3-5 fő kizárólag a fejlesztéssel foglalkozik. Sikerét a dinamikus és gyors felhasználói visszajelzéseken alapuló fejlesztéseknek

és rugalmas support-hálózatuknak köszönheti. Beállítási és paraméterezési lehetőségek közül elég keveset enged át a felhasználónak, mely egyaránt előny és hátrány is. Kezdő felhasználók számára ideális választás, rendkívül felhasználóbarát. Folyamatosan fejlődő extra moduljaiban megtalálhatók az egyre részletesebb CAD-funkciók, pontfelosztályozás, felületmodell- és ortofotókészítés, térfogatszámítás, automatikus hossz- és keresztzelvénygenerálás. A szoftver egyedisége az illesztőpontokat automatikusan felismerő rendszere, melyhez saját típusú, kör alakú jeltárcsát biztosítanak. Ez a gépi látáson alapuló felismerés nagyban lerövidíti a manuális munka időtartamát.

Agisoft Metashape

Az egyik legismertebb fotogrammetriai szoftvert 2006-ban kezdték fejleszteni Oroszországban. Forgalmazása 2010-ben indult, ekkor még Agisoft Photoscan néven. Paraméterezési lehetőségei sok beállítási opciót biztosítanak a felhasználó számára, bár ezzel növekszik az elkövethető hibák száma is. Gyengébb hardver esetén használhatunk úgynevezett chunkokra bontást, mely során kisebb egységekben dolgozunk fel a munkaterület képeit, majd utólag egyesítjük őket. Beépített lehetőség a különböző folyamatok összefűzése egy feladatlistába. Ezzel a feldolgozás majdnem összes lépését automatizálhatjuk. A szoftver lehetőséget biztosít a különböző kamerakalibrációs adatok felhasználására, ideértve a redőnyzár kompenzálását is. Feldolgozhatunk multispektrális felvételeket is, egy-egy csatornához egyedi színt rendelve. A pontfelhő-osztályozási algoritmus a egyik legfejlettebb a piacon.

Recap Photo

Az Autodesk termékei igyekeznek minden mérnöki munkaterületet lefedni. Több különböző néven voltak korábbi fotogrammetriai területhez köthető megoldásaik (ReMake, 123D). 2016 óta ReCap Photo néven működik egy felhőalapú szolgáltatásuk. Paraméterezési lehetőségeket nem tesz lehetővé. Minimum 20 db, maximum 1000 db fényképet lehet feltölteni. Ez nagyban korlátozza a felhasználási területeket. Feltöltés előtt választhatunk két fázis közül. Az egyik során nincs vetületi és illesztőpont beállítási lehetőség. Ezt elsősorban objektummodellezésre fejlesztették, melyet kulturális örökségvédelmi feladatok során hasznosíthatunk. A másik lehetőségnél használhatunk nadírfelvételeket. Kiválaszthatjuk a vetületi rendszert és az előállítandó munkarészeket (pontfelhő, texturált háló és ortofotó). Ezután az illesztőpontok megadása, majd a felhőszámítás következik. Az elkészült állományokat később letölthetjük, vagy tárolhatjuk az előfizetésünknek megfelelő méretű Autodesk-tárhelyen.

Feldolgozási tapasztalatok

A bemutatott szoftvereket öt munkaterületen próbáltuk ki, és háromféle UAV eszközt alkalmaztunk a képek elkészítése során (DJI Phantom 4, DJI Phantom 4P, UAV Birdie Geo+). A programokat három számítógépen futtattuk, két Windows és egy Linux operációs rendszert futtató gépen.

1. Horány 1, külterület, 12 kép, DJI Phantom 4
2. Öskü, belterület 42 kép, DJI Phantom 4P (ferde szögű felvételek, egy toronyról)

1. táblázat.

Szoftverek összehasonlító táblázata. Rövidítések: F - földi, L - légi, CLI - parancssori, GUI grafikus felhasználói interfész, Pc - pontfelhő, Ha - háló modell, Tx - textura, Of - ortofotó, DSM - felszínmodell

Szoftver	Op. rendsz.	Érték	Légi/földi	Interfész	Licenc	Eredmény
VisualSfM 0.5.26	Lin, Win, OSX	+	F, (L)	CLI, GUI	szabad**	Pc
Regard3D 1.0	Lin, Win	+	F, (L)	GUI	Szabad MTI	Pc, Ha
COLMAP	Lin, Win, OSX	++	F, L	CLI, GUI	Szabad BSD	Pc, Tx, Ha
ODM, WebODM	Lin, Docker	++	L	CLI, web	Szabad GPL	Pc, Tx, Of, Ha, DSM
3D Survey	Win	++	L, F	GUI	Kereskedelmi	Pc, Tx, Of, DSM
Agisoft Metashape	Lin, Win, OSX	+++	L, F	GUI	Kereskedelmi	Pc, Tx, Ha, Of, DSM
ReCap Photo	Win+felhő	++	L, F	GUI	Kereskedelmi	Pc, Tx, Ha, Of, DSM

2. táblázat.

Futási idő (perc) és a pontfelhő mérete millió pontban (Mdb)

név	kép db	gép	Regard3D		VisualSfm		COLMAP		3DSurvey		Agisoft		RC	WebODM	
			p.	Mdb	p.	Mdb	p.	Mdb	p.	Mdb	p.	Mdb	Mdb	p.	Mdb
Hor. 1	12	BME	12	0,9	4	0,5	16	2,8	6	1,2					
		ALE												9	0,8
Öskü	42	BME	157	2,0	10	1,0	94	4,7							
		PG							8	7,0	5	21,7	2,0		
Siófok	116	ALE												119	3,6
		BME	101	2,8	72	1,7	170	2,3	108	9,5					
		PG	89	2,8	67				99	8,7	93	59,4	5,0		
Hor. 2	121	ALE												124	10,6
		BME	94	3,5	51	1,9	74	4,7	52	3,7					
		PG									38	45,7			
Várp.	160	BME							91	11,5					
		PG			120	17,9			120	35,7	60	140,2	3,0		

de általában kreatívabb felhasználót igényel; tanulási, kutatási feladatokhoz javasolt általában az alkalmazásuk. A kereskedelmi szoftverek a szervezeti és anyagi háttérnek köszönhetően jelenleg még jobbak, a felhasználónak nem sokat kell gondolkoznia, néhány gomb megnyomásával értékelhető eredményt kap. A termelékenység biztosítása érdekében a piaci tevékenységhez ezek használata javasolt.

3. Siófok, belterület, 116 kép, DJI Phantom 4P (rácsban, két merőleges irányba készített felvételek)
4. Horány 2, külterület, 121 kép, DJI Phantom 4
5. Várpalota, belterület, 160 kép, UAV Birdie Geo+

Viszonylag kis méretű tesztállományokat választottunk, mivel a rendelkezésre álló hardver teljesítménye nem volt kiemelkedő.

A feldolgozásoknál használt számítógépek konfigurációja a következő volt:

- PG: i7 core 6, 4,5 GHz, 64 GB RAM, NVIDIA GeForce GTX 1080, Windows 10
- BME: i7 core 6, 3,5 GHz, 32 GB RAM, NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti, Windows 10
- ALE: i5 core 4, 2,3 GHz, 8 GB RAM, NVIDIA GeForce GT 525M, Ubuntu 18.04

Az ODM-, illetve WebODM-futtatásokat csak Linux operációs rendszeren végeztük el. Agisoft MetaShape-licenc csak a PG-gépen állt rendelkezésre.

Összegzés

A nyílt forráskódú szoftverek jelenleg teljesítményben és összetettségben elmaradnak a kereskedelmi szoftverek szintjétől, ám fejlesztésük azokénál sokkal gyorsabb ütemben halad, mivel általában egy-egy munkafolyamatra építenek. Szinte minden platformra, operációs rendszerre találunk nekünk megfelelő verziót. Fő előnyük, hogy széles körű paraméterezési lehetőségeket biztosítanak,

mely során komoly kutatásokat lehet végezni. Egyéni programkódok segítségével saját munkánkhoz igazíthatjuk a feldolgozást, ezzel hatékonyabbá téve a munkafolyamatot. Igaz, hogy ehhez komoly belépési szintre, magas informatikai háttértudásra van szükség. A vizsgált szoftverek közül az ODM a legperspektivikusabb, alternatívájával a WebODM-mel együtt, várhatóan ezekben rejlik a legtöbb lehetőség. A kereskedelmi szoftvereket többnyire Windowsra, esetleg IOS-re optimalizálják. Működésük felhasználóbarátabb, teljesítményben és stabilitásban kiszámíthatóbbak. Kevesebb beállítási lehetőséggel rendelkeznek a nyílt forráskódú rendszerekhez képest, valamint a „fekete doboz” effektusnak köszönhetően sokszor nem tudjuk megfelelően ellenőrizni a számítási metódusokat. Igyekeznek minden kapcsolódó feladatkört kielégíteni, ezáltal egyre komplexebb és bonyolultabb lesz a felhasználói felület. A vizsgálat során keletkezett eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy az Agisoft Metashape végzi el leggyorsabban és a legnagyobb pontsűrűséggel a számításokat. A támogatás és az ortofotó testreszabása, valamint a tömegszámítás a 3D Survey esetén a legkiemelkedőbb. A ReCap Photo készíti a legplasztikusabb modelleket, kiváló minőségű textúráját a többi Autodesk szoftver magas színvonalú technológiai alapjainak köszönheti. Összességében kimondható, hogy nyílt forráskódú szoftverekben nagy fejlesztési potenciál rejtőzik, lehetőséget biztosít az egyedi ötletek és tudás alkalmazására,

Irodalom

- Lowe, D. G. 2004. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision* 60, pp. 91-110. DOI:10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94
- Wu, C. 2011. „VisualSFM: A Visual Structure from Motion System”, <http://ccwu.me/vsfm/>
- Vacca, G. 2019. Overview of open source software for close range photogrammetry DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W14-239-2019
- Rahaman, H. - Champion, E. 2019. To 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Cultural Heritage Groups, DOI: 10.3390/heritage2030112
- Bianco, S. - Ciocca, G. - Marelli, D. 2018. Evaluating the Performance of Structure from Motion Pipelines, DOI: 10.3390/jimaging4080098
- Schönberg, J. L. - Frahm, J. 2016. Structure-from-Motion Revisited, In Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), DOI: 10.1109/CVPR.2016.445
- Remondino, F. - Spera, M. G. - Nocerino, E. - Menna, F. - Nex, F. 2014. State of the art in high density image matching, DOI: 10.1111/phor.12063



Lehoczky Máté
földmérő és
földrendező
mérnök

Pannon Geodézia Földmérési és Térképészeti Kft.
lehoczky@pannongeodezia.hu



Dr. Siki Zoltán
adjunktus

BME Általános és Felsőgeodézia
Tanszék
siki.zoltan@epito.bme.hu