

Ősjegy a felhőben

Lehoczky Máté – Busics György

DOI: [10.30921/GK.72.2020.3.2](https://doi.org/10.30921/GK.72.2020.3.2)

Absztrakt: A pontfelhőalapú felmérési technológiák nagy népszerűségnek örvendenek az utóbbi években. Míg a földi lézerszkennelés széles körben elismert, az UAV-platfomról végzett légi fotogrammetria és távérzékelés felhasználhatósága gyakran vitatott. A vonatkozó pontossági kérdéseket csak részben lehet megvizsgálni, de a szakembereket ösztönözni kell ezek végrehajtására. Ebben a tanulmányban a nadapi szintezési ősjegy történelmi helyszínén vizsgáltuk egy „rutinmunka” megbízhatóságát.

Abstract: Point cloud measurement technologies have been extremely popular in recent years. While the quality of ground laser scanning is widely recognised, the surveying usability of aerial photogrammetry and remote sensing, mainly from the UAV platform, is often controversial. The relevant accuracy issues can only be partially investigated, but professionals should be encouraged to carry out them. As part of this document, we examined the reliability of a "routine work" at a historical site in Nadap National Benchmark.

Kulcsszavak: szintezési főalappont, pontfelhő, földi lézerszkennelés, UAV, fotogrammetria

Keywords: national benchmark, point cloud, terrestrial laser scanning, UAV, photogrammetry

A helyszín bemutatása, a vizsgálat célja

A Fejér megyei Nadap község területén, festői környezetben található az ún. szintezési ősjegy, az első országos szintezési hálózat egyik főalappontja, a hazai magasságmeghatározások viszonyítópontja.

A monarchiabeli első, országos szintezési hálózat mérési munkái 1873-ban kezdődtek. A szintezést katonatisztek végezték, nevezik ezért katonai szintezésnek, illetve hálózatnak is. Azt a szintezési vonalat, amelyből a Nadap pont magasságát levezették, 1873 és 1879 között mérték. Ez a szintezési vonal Triesztből indult

(ahol a Molo Sartorio mareográfján mérték az adriai középvízszintet), és a Trieszt-Budapest vasútvonal mentén, a Balaton és a Velencei tó déli partján haladt. A vonal egyik magassági alappontja (egy furatos tábla) Kápolnásnyék község vasútállomásának épületében volt. Erről a magassági alapponttól szárnyvonalal vezették le egy (ma is látható) furatos tábla magasságát, amelyet a nadapi felhagyott kőbánya sziklafalában állandósítottak. A főalappont magasságát 1888-ban mérték, amelynek magassága a kiegyenlítés után 173,8385 méternek adódott az adriai alapszinthez viszonyítva. (Busics 2013)

Maga az őspont voltaképpen a Velencei-hegységet alkotó gránit alapkőzetnek egy 20×20 cm méretű, vízszintesre csiszolt felülete, tehát egy természet adta felület. Azért építettek föléje obeliszket, hogy az időjárás vagy a vandalizmus ellen védve legyen. Az obeliszk alsó része üreges, egyetlen kötőmből faragták ki (a fagyvédelem miatt), oldalára latin feliratot véstek. A felső kötőmb 130 cm magas és az alsó részen elmozdítható, hogy a mérés idején szintezőlcet lehessen felállítani a sziklafelületen. Az a tény, hogy több mint másfél évszázada áll az obeliszk, azt igazolja, hogy az egykori szakemberek alkalmas helyszínt és időtálló pontjelölést találtak; valóban „*locus perennis*”, azaz „örökös hely”.

A történethez hozzátartozik, hogy 1951-ben az eredeti ponttól mintegy 200 méterre egy újabb főalappontot létesítettek, amit Nadap II.-nek neveztek el, míg az őspontot Nadap I.-nek. Ez fizikailag három szintezési gombot (pontcsoportot) jelent, amelyeket egy sziklaüregben, fedlapokkal védve állandósítottak, és őrpontokkal látták el. A szintezési gombok magasságát is az ősponttól vezették le. 1960-ban Magyarországon (a Varsó Szerződés tagállamaihoz hasonlóan) megváltoztatták az alapszintet, ekkortól a Balti-tenger kronstadti középvízszintjét kellett elfogadni viszonyítási alapnak. Ebben a balti magassági rendszerben a nadapi őspont magassága 173,1638 méter. Az 1980-as évektől



1. ábra. A szintezési ősjegy környezete

létesült a legújabb, ma is használatos országos szintezési hálózat, az EOMA (ennek 0000001-0 számú főalappontja az őspont). Az EOMA elsőrendű hálózatának kiegyenlítésénél (ami dinamikai magasságok alapján történt) a Nadap II. alappont legfelső gombjának (0000001-1 számú főalappont) balti magasságát fogadták el. Mondhatjuk tehát, hogy Magyarországon a Nadap községben lévő, fizikailag létező két főalappont őrzi a magassági alapszintet; továbbra is minden magasság az őspontokhoz viszonyított.

A nadapi szintezési őspont feletti dombon 1991-ben egy ún. lépcsős GPS-pontot is létesítettek. Ez a magyar GPS-hálózat (OGPSH) keretpontja, pontszáma 54-2050, magasságát az EOMA-ban nagy pontossággal mérték meg.

Ezt a különleges helyszínt (ami egyediségénél és szakmatörténeti jelentőségénél fogva kiemelt érték) választottuk felmérésünk tárgyául; oktatási céllal, kulturális örökségvédelmi céllal, valamint két, pontfelhőalapú, újszerű technológia összehasonlítása végett.

A pontfelhőalapú adatgyűjtés (nevezetesen a lézerszkenneres és az UAV-os felmérés) egy ilyen történelmi helyszínen is kiválóan használható, mind részletesség, mind pontosság tekintetében kielégítő eredményt adhat. Olyan bonyolult természetes alakzatokat, mint például egy sziklafal, hagyományos geodéziai módszerekkel lehetetlen kimagasló részletességgel térképezni. A különleges helyszínen a két technológia különbségeit kívánjuk bemutatni, kifejezetten átlagos munkavégzési módszert használva.

Piaci tevékenység esetén egy adott munka elvégzése előtt fontos tájékozódni, hogy milyen minőségben fogják hasznosítani a termékünket, többnyire szükséges a geodéziai minősítés is. A tervezési térkép készítésének szabályait az MMK Tervdokumentációk tartalmi és formai követelményei szabályzat, valamint az M2 tervezési segédlet említi, amely elérhető a kamara honlapján, bár éppen az új technológiákkal kevésbé foglalkozik. (Siki-Holéczy, 2018)



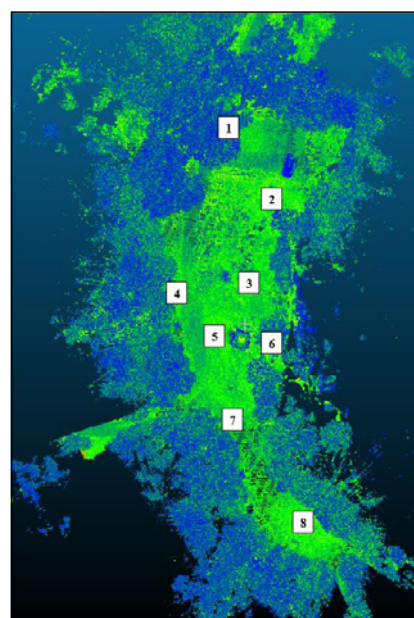
2. ábra. Leica P40 lézerszkennerek az obeliszkek előterében

Földi lézerszkenneres felmérés

A földi felmérést Leica P40 típusú lézerszkennerekkel végeztük. A megfelelő álláspontsűrűséget minden esetben a terep összetettsége, tagoltsága határozza meg. Mérőállomással, hasonló körülmények között végrehajtott felmérés során, a munka egy-egy műszerállásban 15-20 percig is eltart. Ezzel szemben egy korszerű statikus lézerszkennerekkel (az angol szaknyelvben elterjedt néven Terrestrial Laser Scanner – TLS) napjainkban ennyi idő alatt – ahogy a felmérés során is alkalmaztuk – több millió pontot tudunk hasonló pontossággal meghatározni.

A terepbejárás és méréstervezés folyamata után az előre kijelölt 8 különböző álláspontból próbáltuk meg a szintezési ősjegy és a sziklafal környékét kielégítő részletességgel felmérni.

Számos tényező befolyásolja lézerszkenneres méréseink pontosságát, leginkább a műszer-specifikációk nem megfelelő ismeretéből fakadó felhasználói hibák (ezért van komoly szerepe a betanulásnak/betanításnak). Számos hibát okozhat a túl heterogén topográfia is. Hibaforrás lehet a vizsgált objektum felületi visszaverődési tényezője, valamint az illesztőpontok koordinátáinak gyenge pontossága. A szkennerekkel végzett mérés gyári



3. ábra. Lézerszkennerek-álláspontok

pontossága így jellemezhető: távmérésre: 1,2 mm + 10 ppm; vízszintes és magassági szögmérésre: 8 másodperc; térbeli ponthibára: 50 méteren 3 mm és 100 méteren 6 mm.

A pontsűrűségi beállítás 6 mm-es pontköz volt 10 m távolság esetében. Az átlagos pontköz (beállításoktól függően) azt jelenti, hogy a lézersugárra merőleges felületen egy 6×6 mm-es négyzet képződik le. A felület egyenletlensége, valamint más beesési szög esetén a pontsűrűség jelentősen változhat. A részletesség és a szkennelési távolság beállítása fontos paraméter, mert alapvetően ettől függ a mérés időtartama.

A különböző szkennelt állományok összeillesztéséhez nem használtunk jeltárcsákat, hanem pontfelhők közötti illesztést végeztünk, ezzel is gyorsítva a mérési folyamatot. A jelenlegi fejlett szoftverháttérnek köszönhetően ez akár néhány mm-es pontossággal kivitelezhető. Ehhez természetesen megfelelő átfedésre van szükség az egyes álláspontok pontfelhői között, valamint jól azonosítható, lehetőleg szabályos éllel, felületekkel rendelkező felmért objektumokra. A konkrét esetben mesterséges objektumok voltak leginkább a segítségünkre.

A mérés nagyjából fél munkanapot vett igénybe, álláspontonként megközelítőleg 15 percet. Ugyan a szkennelés ideje beállítástól függően csak néhány perc, a fényképezés ideje ennél ötször hosszabb. A létrejött állomány 180 millió pontot tartalmazott.

A feldolgozáshoz a Leica Cyclone szoftverét használtuk, valamint az Autodesk Civil 3D-t és a Cloudcompare-t. Amennyiben nincs vektorizálási feladat, akkor a feldolgozás a terepi munkánál lényegesen rövidebb időt vesz igénybe. Az egyes álláspontok mérési állományainak számítógépbe importálása után ezek egymáshoz igazítása (a pontfelhőrészek összeillesztése és egységes állományvá alakítása) dinamikusan végezhető. Ez az ún. regisztráció folyamata. Először javasolt a durva igazítás elvégzése vizuális módszerrel, melyet vízszintes és magassági értelemben is körültekintően kell egymásra igazítani. Érdekes egy vizuális ellenőrzést végezni a modellterben a véglegesítés előtt.

Georeferáláshoz (vagyis a helyi rendszerű pontfelhő geodéziai rendszerbe való illesztéséhez) csak a minimálisan szükséges három darab illesztőpontot használtuk, melyek EOVS koordinátáit és balti magasságát RTK GNSS-vevővel határoztuk meg. Illesztőpontnak olyan meglévő természetes objektumokat választottunk ki, melyek nagy bizonyossággal, néhány mm-es pontossággal azonosíthatóak.

Nagyobb munkaterületek esetén javasolt a pontfelhő ritkítása egy megfelelő újra-mintavételezési méret szerint. Ezzel biztosítjuk a homogén

eloszlást, valamint a kezelhetőséget. Sok esetben (például építészeti kiértékelés során) a ritkítás vektorizálási pontatlanságot okoz, ezért óvatosan kell bánni vele. Ebben az esetben célszerűbb a pontfelhőt kisebb darabokra osztani a kiértékeléshez. Erre két fő megoldás létezik:

1. A pontfelhőt osztjuk több részre kivágással, ebben kiértékelünk, majd egyesítjük a vektorizált állományokat.
2. Egy doboz használatával az éppen feldolgozott részt jelenítjük meg, a többit elrejtjük. Ezáltal a számítási, megjelenítési erőforrás-szükségletet minimalizáljuk.

Végül megemlítjük, hogy hasonló feladat mobil térképező rendszerrel (kézi, hátizsákos vagy légi

platformmal) is megoldható, a statikus mérés időtartamához viszonyítva gyorsabban, ám valamivel kisebb pontossággal és megbízhatósággal. A mobil térképező eszközök egy kategóriával drágábbak, tekintettel kis méretükre és hordozhatóságukra.

UAV-felmérés

A kiválasztott quadkopter, a DJI Phantom 4 Pro, 2019-ben a legelterjedtebb fotogrammetriai célra használt UAV-eszköz volt a világpiacon. Térhódítását olcsó árának és megfelelő minőségének köszönheti. Egy átlagos tervezési térképszintű munkára, kis területen, gondos odafigyeléssel, megfelelő minőségű terméket tudunk szolgáltatni.



4. ábra. A DJI Phantom 4 Pro az obeliszk fölött

Az UAV-alapú fotogrammetriai mérések pontossága több tényezőtől függ. Legfontosabb az illesztőpontok darabszáma, eloszlása és a koordinátaik pontossága. A fotogrammetria szabályainak elvben megfelelő raszterszerű eloszlás valós körülmények között rendszerint nehezen kivitelezhető, ennek ellenére törekedni kell rá.

Az illesztőpontok kiválasztásánál és eloszlásánál figyelembe kell venni a terület sajátosságait is; a nagy magasságkülönbségekhez, az éles letörésekhez alkalmazkodni kell. Szintén nem hagyható figyelmen kívül az a tény, hogy a felméréndő területet az illesztőpontok közrefogják, mert a kívül eső résznél az extrapoláció bizonytalanságával és

negatív hatásával kell számolni (ezt érdemes a műszaki leírásban jelezni). (Balázsik et al. 2016)

Fontos tisztában lennünk az UAV-eszköz jellemzőivel is. Felszereltségtől függően ismerni kell a kamerát, az inerciális mérőegységet (IMU), a GNSS-vevőt és az IMU-GNSS-kamera időztési szinkronizálását és a helymeghatározó kalibrálást (Zang 2019). Felméréskor a szkenneléshez képest nagyobb területet jelöltünk ki. Ez plasztikus megjelenítést biztosít a későbbi oktatási, bemutatási feladatokhoz, valamint a mobil felvételi rendszer hatékonyságát is jól demonstrálja. Illesztőpontnak 8 db jeltárcsát helyeztünk ki, a nehéz terepviszonyok

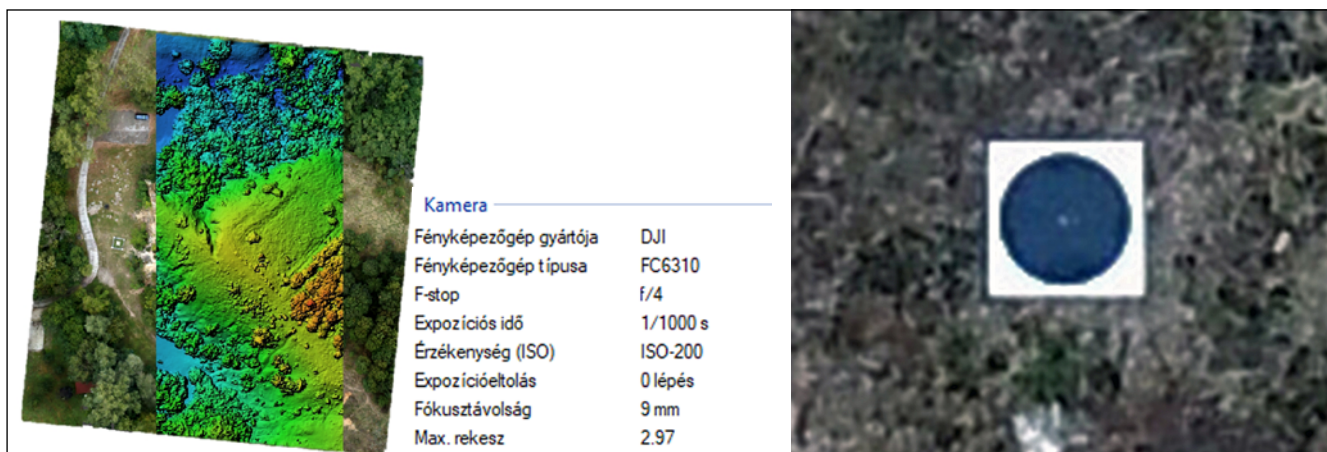
miatt, véletlenszerű eloszlásban. A pontok bemérése ebben az esetben is GNSS-eszközzel, hálózatos RTK-val történt. A szkenneléshez használt alappontokat természetesen nem vontuk be a fotogrammetriai számítási munkafolyamatokba.

A repüléstervezés során a 3D Survey szoftvert használtuk. A helyszínen kijelöltük a fényképezni kívánt poligon területét, majd 80%-os átfedéssel, 4 m/s sebességgel, a sziklafalra lehetőleg merőleges irányban terveztük a repülés nyomvonalát. A mérés eredményét befolyásolja a repülési útvonal, a repülési magasság, a fotók száma, az átfedés aránya és a felvételzés iránya (nadír vagy oblique, azaz ferde tengelyű). A vizsgálati terület esetében a topográfiai jellemzők, a szél, a fényviszonyok és a színkontraszt is fontos változók. A sebesség és a rezgés elmosódó hatást okozhat a fotón, ezt mindenképpen az előző paraméterekhez képest kell beállítani. Ezért elengedhetetlen ismernünk az alapvető fotográfiai elemeket, elsősorban a fényképezés „szentháromságát”, ezek a fényérzékenység, a rekesz és a záridő. A repülés ezen beállítások mellett összesen 6 percet vett igénybe, mely alatt 200 fénykép készült, esetünkben kizárólag nadírfelvételek.

Döntött kamerás felvételek jelen esetben nem készültek, mert ez az általános eset. Azonban, ha egy épülethomlokzat, vagy az esetünkben szereplő sziklafal pontos felmérése lenne a cél, akkor érdemes oblique-felvételeket is készíteni a helyszínen. Ezt a terepi lehetőségek általában nem engedik autonóm módban, így szükséges alapos



5. ábra. UAV illesztőpontok a sziklafal megközelíthető részein



6. ábra. Ortofotó és felszínmodell kombinációja, fényképezési adatok, illesztőpont a légi fotón.

gyakorlati ismereteket szerezni a manuális repülés és felvételezés szabályairól. A Phantom 4 Pro – profi felszerelésekhez képest gyenge minőségű – kamerájának (FC 330) egyik nagy előnye a Global Shutter használata, amivel a képvándorlás mértékén tudunk csökkenteni, bár a hagyományos Rolling Shutter mozgás közbeni hibájának kompenzálására ma már a legtöbb feldolgozószoftver bizonyos mértékig képes.

Számottevő fotogrammetriai hiba kiküszöböléséhez szükséges a megfelelő szoftveres algoritmus használata (SFM, MVS). A kiértékelést Agisoft Metashape-ben végeztük. A lézerszkenneléssel szemben a fotogrammetria legnagyobb hátránya a pontfelhő előállításához szükséges hosszú idő. Míg a szkennelés során – ahogy korábban említettük – szinte azonnal kész pontfelhőhöz jutunk, a fényképalapú vagy videoalapú felmérések során komoly SFM-alapú számítási feladatokat kell alkalmaznunk. Magas beállítási fokozaton, egy középkategóriás munkaállomáson is több óra a feldolgozás munkaideje. Természetesen ehhez nem szükséges az asztal mellett ülnünk, a folyamat 90%-a automatizálható. Viszont így is előrelátó tervezést igényel a kiértékelés időbeosztása.

Összehasonlító eredmények, a mérési állományok egyesítése

Az ellenőrzés során ismételten bizonyosodott, hogy a pontfelhőalapú mérési technológiák a tervezési térkép készítéséhez szükséges minőségbeli követelményeket kielégítik. A statikus szkennert pontossági eredményeit már számos tanulmány ismertette, ezért ezt nem részleteznénk. A szűkebb keresztmetszetet a mozgó platformú felmérőberendezések jelentik.

A drón pontosságának ellenőrzése során felhasználtuk az 54-2050 számú

OGPSH pontot is, mely jól azonosítható a pontfelhőben. Az eltérés vízszintes értelemben 1 cm, magassági értelemben 2 cm volt. A munkaterület további RTK ellenőrző pontjain vízszintesen 1-3 cm, magassági értelemben 3-6 cm-es eltéréseket tapasztaltunk. Ez számos esetben kielégíti a geodéziai pontossági igényeket.

Milyen eltéréseket érdemes dokumentálni egy műszaki leírásban, illetve mire kell odafigyelni?

- Az eltérések abszolút értékeinek átlaga
- A legnagyobb előforduló eltérés
- Az eltérések középhibája
- Ellenőrzőpontok elhelyezésének, bemérésének szabályai:
 - A munkaterület mérete, elhelyezkedése
 - Az ellenőrzőpontok száma
 - Az ellenőrzőpontok sűrűsége, eloszlása
- Véletlenszerűen kiválasztott, jól azonosítható legyen.
- A feldolgozó szoftvernek ne adjuk meg ezeket.
 - Külső szoftverben ellenőrizzük.
 - Az ellenőrzőpontok bemérésének módja, megbízhatósága
 - Mérési bizonytalansággal és a transzformációs hibákkal számolni kell! (Deák–Lehoczky 2019)

Az ellenőrzések számításához kiváló segítséget nyújt a Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület szakmai ajánlása, amely nemzetközi szabványok alapján került kidolgozásra. (Bakó-Répás–Lehoczky 2019) Elérhető az alábbi weboldalon: <https://acrsa.org/hu/index.php/mennyire-pontos>

A TLS- és UAV-mérésből származó pontfelhők összehasonlítása során kiválasztottunk néhány egyértelműen azonosítható pontot, majd ezek koordinátáit vetettük össze az 1. táblázatban.

A további felhasználás céljából szükséges volt egyesíteni a TLS- és

UAV-állományt. Az ilyen transzformációs (regisztrációs) módszereket általában két kategóriába sorolhatjuk: durva vagy finom regisztráció. A durva regisztráció egy megfelelő kiindulási értéket biztosít a finom regisztráció részére. Mivel a két pontfelhő már előzetesen georeferálva lett, erre jelen esetben nem volt szükség. A legnépszerűbb finom regisztrációs módszer az ICP- (Iterative Closest Point/iteratív legközelebbi pont) algoritmus és ennek változatai. A megfeleltetések közötti négyzetes hibák minimalizálásával optimalizálja a két pontfelhő közötti transzformációt. Pontfelhőpárokra alkalmazva, referenciaállomány kiválasztásával a pontok, normálisok, színek és intenzitásértékek segítségével minimalizálhatjuk az állományok közötti eltérést. Az ehhez hasonló számos regisztrációs folyamat többsége – beépítve – megtalálható a nyílt forráskódú és kereskedelmi szoftverekben. (Zang 2019)

A pontfelhők egyesítéséhez a CloudCompare nevű ingyenes szoftvert használtuk. Az egyesítés sikerességéhez jelentős átfedés szükséges a két felhő között. A folyamat során visszajelzést kapunk a felhő-felhő közötti eltérések mértékéről. Esetünkben a szkennelt állományt vettük referenciának, és ehhez igazítottuk a kissé pontatlanabb fotogrammetriai munkarészt egy transzformációval.

Legnagyobb problémát a mozgó objektumok, illetve szél esetén a vegetáció mozgása okozza. Fotogrammetriai felmérés során, tekintettel a gyengébb minőségű kamerára és a távolságra, szoftveres félreasonosítás miatt hibás pontok keletkeztek az állományban. Az egyesítési folyamat során nehézséget és pontatlanságot okoztak ezek az egyedileg keletkezett zajok, melyeket néhány szűrési folyamattal tisztítottunk meg. Elsősorban a Statistical Outlier Filtert hívtuk segítségül, ahol a

1. táblázat Összehasonlító mérések a két pontfelhő azonos pontjai között

Psz	Y (TLS)	Y (UAV)	Dif	X (TLS)	X (UAV)	Dif	H (TLS)	H (UAV)	Dif
1	617565,86	617565,88	-0,03	212458,82	212458,80	0,02	176,20	176,15	0,05
2	617553,66	617553,67	-0,01	212495,69	212495,67	0,02	175,18	175,12	0,06
3	617562,85	617562,88	-0,03	212489,03	212489,05	-0,02	180,43	180,46	-0,04
4	617553,08	617553,07	0,01	212510,56	212510,52	0,04	173,39	173,33	0,06
5	617553,64	617553,61	0,03	212523,33	212523,29	0,04	172,06	172,04	0,03
6	617541,42	617541,41	0,01	212497,65	212497,63	0,02	173,30	173,30	0,00

2. táblázat A kétféle technológia összehasonlítása

	TLS	UAV
Időráfordítás	Több órás terepi munkavégzés	Félórás terepi munkavégzés
Feldolgozás	Azonnali kész pontfelhő, a regisztrálás fél óra alatt elvégezhető.	Hardvertől függően 2-6 órás feldolgozás, magas számítási igény.
Pontsűrűség	Sűrűbb, de nem homogén eloszlás. A kivágott vizsgált területen 180 millió pont.	Ritkább, de kvázi homogén eloszlás. A kivágott vizsgált területen 50 millió pont.
Színhelyesség	Az intenzitásérték többlet- információ, viszont RGB-színek általában gyengébb minőségűek, nem azonos értéket vesznek fel.	Intenzitás nincs, RGB egyenletes, valós színes, plasztikus megjelenésű, ortofotó-előállítási lehetőség!
Pontosság	1-3 cm jeltárcsák nélkül	3-6 cm nadírfelvételekből

szabályos és véletlen zajokat is sikerült nagy százalékban kiszűrni.

SOR filter:

- A_x = szomszédos pontok távolságának átlaga; *megj.: (a figyelembe vett szomszédos pontok száma paraméterezhető)*
- $nSigma$ = szórási arányszám
- D_x = környező pontok távolságának szórása
- d_z = teljes adatsor távolsági arányszáma
- d_x = X pont távolsági arányszáma
- $d_z = [(A_x + (nSigma \times D_x)) + (A_y + (nSigma \times D_y)) + \dots + (A_n + (nSigma \times D_n))] / n$
- X zaj, ha $d_x > d_z$ (Yurtseven 2019)

A visszamaradt hibás pontcsoportokat octree-k alapján klasszifikáltuk. (octree: olyan 3D-s fa adattárolási struktúra, ahol a teret rekurzív módon egyenlő méretű kockákra osztjuk, majd azokat további 2×4 kockára osztva képezzük le.) Connected Components nevű elemzési lehetőséggel kiszűrjük azokat az octree-csoportokat, melyekben a leginkább illeszkedő „n” számú létező octree volt megtalálható.

Komoly problémát okozott a két állomány színkódjainak eltérése is. Ehhez félautomata és manuális színkorrigálási lehetőségeket használtunk, esetleg fotogrammetriai szoftverbe importálva fényképek alapján történő újraszínezést alkalmazhatunk.

A fő nehézség a különböző platformokból származó pontfelhősűrűségben tapasztalható eltérés volt. Ugyan a vizuális ellenőrzés alapján megállapíthattuk, hogy a sziklafal területei közötti regisztráció megfelelően illeszkedik, bonyolult alakzatok megfelelő pontosságú fúziójának eléréséhez további számítási technikák kidolgozása szükséges, optimalizálni kell a kényszerparaméterek meghatározásának

módszerét. Egyszerűsíteni kell a párosítás, súlyozás, szelektálás folyamatát megfelelő mértékű véletlenszerű változtatással, hogy a normálisok eloszlása minél egyenletesebb legyen.

Összefoglalás

Egy szakmatörténeti szempontból kiemelkedő helyszín, a nadapi szintezési ősjegy és terepi környezetének részletes felmérését végeztük el földi lézerszkenner és UAV alkalmazásával. E két korszerű adatgyűjtési technológiával még átlagos használat során is jól láthatóan elkülöníthetők, osztályozhatók, interpretálhatók a fontos környezeti, geológiai és építészeti elemek. A topográfia miatti és a lejtési viszonyokból eredő hibák kis mértékben, de kimutathatóak. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a repülési irány milyen mértékben befolyásolja a végeredmény pontosságát.

Ez a teszt is bizonyította, hogy a modern felmérési technológiáknak helye van a földmérőszakmában, megbízhatóságuk a ma már rutinnak számító megoldások mellett is kielégítő lehet, ám a kiértékelési folyamatok során mindig megfelelően kell figyelembe venni, milyen módszerrel és megbízhatósággal készült az adott állomány. (Bakó–Répás–Lehoczky 2019) Fontosnak tartjuk, hogy ezen technológiák használata és alkalmazása megfelelő szerepet kapjon a szakmai oktatásban és továbbképzésben. Használatukat és szabályozásukat a kataszteri munkavégzésben is érdemes lenne felülvizsgálni.

Irodalom

Bakó Gábor – Répás Zoltán – Lehoczky Máté 2019. A Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület ajánlása a légi távérzékeléssel

gyűjtött téradatok síkrajzi pontosságának elemzéséhez. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X. térinformatikai konferencia, Debrecen. http://giskonferencia.unideb.hu/arch/GIS_Konf_kotet_2019.pdf

Balázsik Valéria – Busics György – Engler Péter – Farkas Róbert – Földváry Lóránt – Jancsó Tamás – Kiss Attila – Tóth Zoltán – Verőné Wojtaszek Malgorzata 2016. Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-ok pontossági vizsgálatának első eredményei, Remote Sens. 6 (3), pp. 448–454.

Busics György 2013. Adalékok a nadapi szintezési főalappontok történetéhez. NymE GEO, Székesfehérvár. p. 81 ISBN 978-963-359-010-2.

Deák Márton – Lehoczky Máté 2019. Drónok, kalibrálás, pontfelhő feldolgozás, MMK-GGT továbbképzési tananyag, <https://www.mmk.hu/szolgalattasok/tovabbkepzes/tananyagok>

Siki Zoltán – Holéczy Ernő 2018. Kell egy geodézia! Mérnök Újság XXV. évf. 10. szám

Yurtseven, Huseyin 2019. Comparison of GNSS-, TLS- and Different Altitude UAV-Generated Datasets on The Basis of Spatial Differences, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 8, p. 175 DOI: [10.3390/ijgi8040175](https://doi.org/10.3390/ijgi8040175)

Zang, Yufu –Yang, Bisheng –Li, Jianping –Guan, Haiyan 2019. An Accurate TLS and UAV Image Point Clouds Registration Method for Deformation Detection of Chaotic Hillside Areas, Remote Sens., DOI: [10.3390/rs11060647](https://doi.org/10.3390/rs11060647)



Lehoczky Máté
földmérőmérnök

Pannon Geodézia Kft.
lehoczky@pannongeodezia.hu



Dr. Busics György
c. egyetemi tanár

Óbudai Egyetem Alba Regia
Műszaki Kar
busicsgy@gmail.com