



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

HABILITÁCIÓS TÉZISFÜZET

TÓTH ZOLTÁN

**Korszerű geodéziai adatgyűjtési
eljárások vizsgálata**

ÉPÍTÉSZET, DESIGN ÉS

TECHNOLÓGIA

DOKTORI ISKOLA

Budapest, 2025.

Tartalom

I.	BEVEZETÉS, A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI	3
II.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	7
1.	Egyszerű, „Low-cost” felmérő rendszerek vizsgálata (1.tézis)..	7
1.1	A kutatások előzményei, részletes ismertetése.....	7
1.2	A kutatáshoz kapcsolódó tézisek.....	12
2.1.	A kulturális örökségvédelem területén végzett kutatásaim előzményei, részletes ismertetése	13
2.2	A közösségi adatnyerés területén végzett kutatásaim előzményei, részletes ismertetése	17
2.3	A kutatásokhoz kapcsolódó tézis (2. tézis)	23
3.	A pontfelhő alapú adatgyűjtés szerepe az állami alapadatok megújításában (3.tézis)	23
3.1	Magaspontok meghatározásának lehetséges eszközei	23
3.2	Kataszteri térképfelújítás korszerű eszközei.....	28
3.3	A kutatáshoz kapcsolódó tézis (3.tézis)	34
4.	A pontfelhő-kiértékelés automatizációjával kapcsolatos fejlesztéseim (4.tézis)	35
4.1.	A kutatás előzményei, részletes ismertetése	35
4.2.	A kutatáshoz kapcsolódó tézis (4.tézis)	42
III.	A KUTATÁS ÉS A BEMUTATOTT EREDMÉNYEK HATÁSA, VISSZHANGJA	43
IV.	IRODALMI HIVATKOZÁSOK	44
V.	A TÉZISPONTOKHOZ TARTOZÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK	47

I. BEVEZETÉS, A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A hagyományosnak mondható geodéziai, fotogrammetriai felmérési technikák mellett az utóbbi évtizedben nagyon rövid idő alatt meghatározó teret nyertek a különböző elvű (jellemzően lézerszkenneres, illetve képillesztésen – például UAV-k által készített légi felvételeken – alapuló) pontfelhőt előállító adatgyűjtési technológiák, és a hozzájuk kapcsolódó feldolgozó eljárások (Toth, 2016), különösen a mérnöki (építészeti, építőmérnöki) tervezések területén.

A napi mérnöki gyakorlatban is megjelenő és egyre terjedő technikák az adatgyűjtés és a feldolgozás terén is gyakran csupán egy nehezen paraméterezhető kereskedelmi termék kapcsán kerülnek a felhasználók kezébe; így vizsgálatukat – megbízhatósági, gazdaságossági szempontból, de a fejlesztések jelenlegi szintjén még a felhasználási lehetőségek keresésében is – indokoltnak láttam a kutatásaim kapcsán, az értekezés témáját is ez a terület adta.

A tézisfüzet első részében a különböző amatőr kamerák kalibrációs lehetőségeivel, és az azokkal végzett felmérések megbízhatóságának vizsgálatával kapcsolatos kutatásaim eredményeit foglalom össze. Két nagy területen végeztem ilyen vizsgálatokat: az UAV-kel végzett légi-, illetve az amatőrkamerát(kamerákat) tartalmazó földi felmérő rendszerek „szkennerek” kapcsán. Előbbiek a nagyobb területre kiterjedő tervezési alaptérképek, utóbbiak – a BIM modelleken alapuló tervezések terjedésével párhuzamosan – az építészeti jellegű beltéri felmérések terén egészítik, vagy akár váltják is ki a klasszikus felmérési eljárásokat. Dolgozatomban elsősorban az utóbbi területen végzett kutatásaim eredményei szerepelnek.

A megbízhatósági vizsgálaton túl az új technológiák lehetséges felhasználási területeinek keresését is a kutatás céljaként tűztem ki. Néhány gyakorlati alkalmazásban (pl. kulturális örökségvédelem műszaki dokumentációja) a pontfelhők előállítására visszavezetett eljárások – kiegészítve egyéb korszerű adatgyűjtési eszközökkel pl. talajradar– várhatóan szinte teljesen felváltják a

hagyományos felmérési, geodéziai technológiákat. A második tézisben ezen vizsgálataimat foglalom össze a kulturális örökségvédelem, illetve a közösségi adatnyerés terén.

A dolgozat harmadik részében az állami alapponthálózat, illetve a földmérési alaptérképek területéhez kapcsolódó munkáimat ismertetem. Az állami alapponthálózat jelenlegi formában hosszútávon, gazdaságosan biztosan nem fenntartható. A dolgozatban ezen hálózat egy részével, az ún. magaspontok ismételt meghatározásával (pótlásával) foglalkozok. A téma időszerűségét az a tény adja, hogy az utóbbi évek templomfelújításai kapcsán számos ilyen pont mozdult el, semmisült meg.

Szinte minden mérnöki tervdokumentáció szerves részét képezi az állami földmérési (kataszteri) alaptérkép. Ezen térképeink jelentős része igen elavult, pontatlan, gyakran 100 éves geometriai alapokon nyugszik. Ez a helytelen geometria természetesen közvetlen megjelenik a tervek tartalmában, illetve egyéb területeken pl. a szakági, illetve az egységes közműnyilvántartásban (pl. az E-közmű rendszerben) is. A teljes érintett térképállomány

ún. „újfelmérése” a hagyományos földi felmérési technológiákkal gazdaságosan nem megoldható. A dolgozatban a térképfelújításokkal kapcsolatos vizsgálataimat is ismertetem. A téma aktualitását jelzi, hogy több intézményben folynak hasonló kutatások; vizsgálataim egy részét magam is társegyetemekkel, illetve a Magyar Mérnöki Kamarával közös projekt keretében végeztem.

A kutatásaim további célja a kiértékelések élőmunka igényének csökkentése. A téziszűzet utolsó részében így a feldolgozás algoritmizálásával foglalkozok egy speciális területen; a földmunkák térfogatszámításának automatizálásának kapcsán. A gyakorlatban is alkalmazható eljárás statisztikai próbákra visszavezetve kiváltja a korábbi, egyszerű, empirikus módszereket. A megoldás során többféle, a korábbi kutatásaim során is alkalmazott, elsősorban a gépi látás területéről ismert eljárásra épülő algoritmust (pl. aktív kontúrok) is teszteltem.

II. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Egyszerű, „Low-cost” felmérő rendszerek vizsgálata (1.tézis)

1.1 A kutatások előzményei, részletes ismertetése

A napi mérnöki gyakorlatban, mind a légi- mind a földi felvételek esetében egyre nagyobb szerepet kapnak (Toth et al., 2016) az egyszerű, nem metrikus kamerák, esetleg a kamerákat és szkennereket integrálva tartalmazó felmérő rendszerek. Intézetünkben ezt felismerve az országban elsőként hoztunk létre UAV alapú fotogrammetriai kiértékelés minősítésére alkalmas tesztmezőt (1.ábra) és végeztünk azon megbízhatósági vizsgálatokat ipari partnerek bevonásával [15]. Az első hálózat kialakítása során szerzett gyakorlati tapasztalatok alapján újabb hálózatok kerültek meghatározásra [1]. Szerepem a hálózatok tervezésére, létesítésére és meghatározására terjedt ki. A jövőben ezekre építve további, a direkt tájékozású szenzorok felvételi elrendezésével, és egyéb pl.

a belső tájékozás hőmérsékletfüggőségével kapcsolatos vizsgálatokat tervezünk végezni.



1. ábra Tesztmező Iszkaszentgyörgy közelében [15]

Az UAV alapú fotogrammetrián túl foglalkoztam földi felmérő rendszerekkel kapcsolatos vizsgálatokkal is. A BIM (Building Information Modeling - épületinformációs modellezés), a „digitális iker” koncepció megjelenése a tervezői gyakorlatban igényli a gyors, automatizált terepi adatgyűjtést, ami indukálja a különböző, egyszerű földi mérőrendszerek terjedését. Ezek közös jellemzője, hogy a bennük levő egyszerű kamerarendszer nagylátószögű, gyakran halszem optikával rendelkezik (2. ábra). Leképzésük eltérhet a „hagyományos” centrális vetítéstől (Schneider et al., 2009). A nagy látószög sok alkalmazási

területen előnyként jelentkeznek, ugyanakkor ez az optikai rendszer jelentős elrajzolással bír, ami kihat a használatukból származó pontfelhők geometriai megbízhatóságára. Vizsgálatukat ezért indokoltnak láttuk, mely során több ilyen kamerarendszerrel (pl. Insta360Pro, Ricoh Theta Z1) foglalkoztunk [4,11]. Kutatásaink célja a velük elérhető geometriai megbízhatóság kimutatása.



2. ábra Insta 360Pro halszemoptikájával készült kép [4]

Bár a több kamerát használó felmérő rendszerek lehetőséget adnak panorámaképek létrehozására, vizsgálataink során javaslatot tettünk az eredeti, nyers kameraképek használtára a fotogrammetriai kiértékelésekhez [4]. Továbbá a kamerák relatív tájékozását nem tekintettük állandónak a feldolgozás során, azt minden felvételi elrendezésben ismeretlen

paraméterként újból meghatároztuk. Az, hogy milyen körülmények (pl. hőmérséklet) között tekinthetjük mégis konstansnak a relatív tájékozást további kutatás tárgyát képezi. A vizsgálatokhoz szükségünk volt egy referencia pontfelhőre, amit lézerszkenneres (Leica P40 TLS, C10) felméréssel biztosítottunk. A feldolgozás során sugárnyaláb-kiegyenlítéssel meghatároztuk a kamerák külső-belső tájékozását a referenciaként szolgáló felmérés rendszerében, majd előállítottuk a fotogrammetriai úton is a teszt terület pontfelhőjét. A megbízhatósági vizsgálat során a lézerszkenneres és a fotogrammetriai úton előállított pontfelhőket hasonlítottuk össze, referenciaként az előbbit használva. A vizsgálatokhoz a pontfelhőket leszűrtük a falakat, illetve padlót jelentő pontokra. A pontfelhők eltéréseinek meghatározásához általánosan elterjedt, a pontfelhő-pontfelhő távolságok számítására alkalmas algoritmust alkalmaztuk (Lague et al., 2013).

	Átlag[m]	Szórás [m]
falak	0.01	± 0.03
padló	0.01	± 0.02

1. táblázat Lézerszkenneres és fotogrammetriai úton előállított pontfelhők távolság elérései [4]

Az eredményeket az 1.táblázat mutatja be. A geometria további minősítéséhez a vizsgálatot kiterjesztettük a padlóról és a falakról lokálisan kivágott, 6 db 25x25cm-es, a lézerszkenneres felmérés alapján síknak tekinthető foltokra, melyekre regressziós síkokat illesztettünk, azt vizsgálva, hogy a fotogrammetriai pontfelhő milyen zajjal terhelt, illetve milyen megbízhatósággal állítható belőle elő az adott sík. A kapott regressziós sík paramétereiből további következtetéseket vonhatunk le a pontfelhők megbízhatóságára. A síkillesztés jellemző eredményét (a pontok kiegyenlítő síkoktól való eltéréseire vonatkoztatva) három kivágatra a 2. táblázat tartalmazza.

	1.mintaterület	2.mintaterület	3.mintaterület
Pontok száma	12795	4189	32251
Közéérték[m]	-0.001	0.035	0.001
σ [m]	0.013	0.097	0.002
3σ [m]	0.040	0.290	0.007
Min[m]	-0.067	-0.193	-0.003
Max[m]	0.066	0.476	0.038

2. táblázat A síkillesztés jellemző eredményei 3 mintaterületen [4] 1. terület: átlagos felvételi elrendezés és felületi homogenitás; 2.terület: kedvezőtlen, homogén felület, nagy tárgytávolság; 3. terület: ideális, inhomogén textúrájú felület

A kutatásaink alapján a felvételi elrendezés mellett a felület homogenitása is jelentősen befolyásolja a méréssel

elérhető megbízhatóságot, melyekkel a felmérések tervezésénél számolni kell [4, 11].

1.2 A kutatáshoz kapcsolódó tézisek

1. tézis

Vizsgáltam az egyszerű, nem metrikus ún. „low-cost” kamerák kalibrálásának lehetőségeit, az azokkal végzett felmérésekkel elérhető megbízhatóságot két területen: a légi, UAV alapú-, illetve az egyszerű földi kamerarendszerekkel végzett felméréseknél.

1.1 altézis:

Részt vettem intézetünk által készített, UAV-alapú fotogrammetriai kalibrációs tesztmezők tervezésében, kiépítésében, valamint azok meghatározásában. [1]

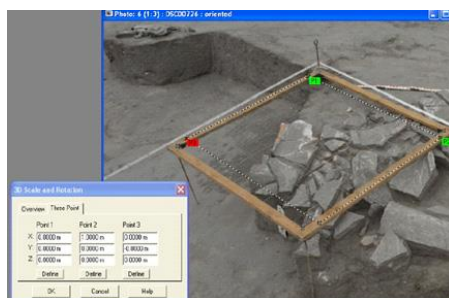
1.2 altézis:

Vizsgáltam a különböző, egyszerű kamerarendszerekkel végzett, elsősorban építészeti célú, beltéri felmérések esetében a fotogrammetriai úton előállított pontfelhők megbízhatósági mérőszámait. [4]

2. A korszerű geodéziai adatgyűjtési módszerek szerepe a kulturális örökségvédelem és a közösségi adatgyűjtés terén (2.tézis)

2.1. A kulturális örökségvédelem területén végzett kutatásaim előzményei, részletes ismertetése

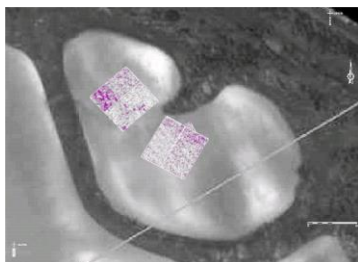
A 2000-es évek eleje óta foglalkozom egy számomra kedves kutatási területtel: a régészeti feltárások műszaki dokumentációjának készítésével; így szemtanúja lehettem a terület digitalizációjának. Erről elmondható, hogy az építőmérnöki területhez képest később kezdődött és a gyakorlati tapasztalatok, és vonatkozó irodalmak (Mészáros et al.. 2017; Balogh, 2021) alapján kijelenthető, hogy lassabban is halad. Igazi áttörést itt is a dolgozat témáját jelentő új adatgyűjtési technológiák jelenthetik.



3. ábra Hagyományos régészeti részletrajz készítése [9]

A terepi adatgyűjtés során a feltáráson jelentkező objektumokról jellemzően a mai napig különböző nagy méretarányú (1:10,1:20) analóg felszín-, metszet-, és objektumrajzok készülnek (3.ábra) [9]. Az ásatási dokumentáció ezek utólagos digitalizációjával készül; mindkét munkafázis jelentős élőmunka igényvel bír. A kivitelezések gyakorlati igényei megkövetelnék a beruházásokat megelőző feltárások időtartamának lerövidítését.

Ezt két módon érhetjük el: a lelőhelyek előzetes, pontos lehatárolásával, illetve a fent ismertetett dokumentációs munkák legalább részleges automatizációjával. Az előzetes lelőhelyfelderítéssel [9] kapcsolatos kutatásaimra egy példa a Szent István múzeummal közös talajradaros vizsgálat Szabadhídvég mellett [6]. A kutatás során a detektálendő jelenségeknek (pl. egy esetleges középkori templom) még megfelelő mérési felbontást, az alkalmazandó mérési frekvenciákat vizsgáltuk. A kutatási blokkok mérési eredményét a 4. ábra mutatja be.



4. ábra Talajradaros felmérés eredménye Szabadhídvég mellett [6]

A régészeti feltárások dokumentálási munkáinak automatizációjával kapcsolatos vizsgálataink során a fotogrammetriai kiértékelésből származó felszínmodellek és a területről készült ortofotók együttes használata bizonyult a leghatékonyabb technológiának [7]. A vizsgálataink szerint számos régészetileg értékes részlet, vagy jelenség csupán az ortofotókat használva nehezen határozható le és azonosítható be. A felszínmodellekből levezethető lejtéstérkép viszont már alkalmas lehet a jelenségek térbeli elhatárolására (5. ábra). További előnye a felszínmodellek használatának, hogy utólag is származtathatóak belőle egyéb értéknövelt termékek pl. metszetek, vagy akár alapja is lehet a kapcsolódó építészeti terveknek [7]. Ilyen értéknövelt termékek előállítására példát a 6. és a 7. ábra mutat be. A 6. ábrán

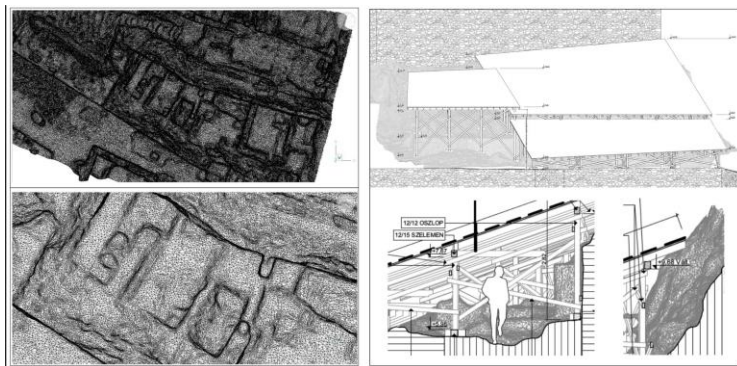
egy CAD alapú, saját fejlesztésű metszetkészítő alkalmazás futási eredményét látjuk egy középkori lépcsősorról. A 7. ábrán a Csókakői vár feltárása során az összetett ásatási felületről készített felszínmodellek és a rájuk épülő építészeti terv látható.



5.ábra Ortofotó és felszínmodell alapján készült felszínrajz [7]



6.ábra Saját fejlesztésű metszetszerkesztő program futási eredménye a Csókakői vár területén feltárt középkori lépcső példáján [7]



7.ábra Feltárás felszínmodellje és a rá épülő építészeti terv [7]

2.2 A közösségi adatnyerés területén végzett kutatásaim előzményei, részletes ismertetése

A múlt század vége óta a felhasználók számának gyors növekedésével egyre több felhasználási területen (gondoljunk pl. az Openstreetmap.org térképszerkesztésére) találkozhatunk a közösségi adatnyeréssel (Heipke, 2010). A terepi adatgyűjtés automatizációjának következő szintjét jelenti, ha már nem is végzünk direkt terepi méréseket, „kiszervezzük” azokat a gyakran „laikus” nagyközönségnek. A kevésbé számításigényes térinformatikai felhasználási terület mellett mára a széles körben hozzáférhető, képillesztésen alapuló pontfelhő előállító algoritmusok rohamos

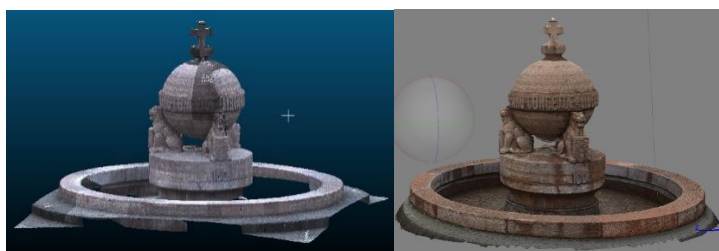
terjedésének köszönhetően a kezdeti felhasználási területek kiegészültek a kép-, illetve videó megosztó oldalakról származó, jellemzően eltérő minőségű, felbontású, de mindenképpen nagyszámú képen alapuló pontfelhő előállításával.

A módszer egyik első nagy volumenű alkalmazása során Róma és több népszerű turistacélpont digital-twin „digitális iker” mását állították elő tisztán közösségi képmegosztó portálokról származó felvételek alapján (Agarwal et al., 2009).

Magyar vonatkozású irodalomként megemlítendő Gede (Gede, 2013) vizsgálata a földrajzi adatokkal ellátott és megosztott képek forrásával és területi eloszlásával kapcsolatosan, illetve Somogyi értekezése (Somogyi, 2018.).

Kutatásaink során -melynek gyakorlati megvalósítása kapcsán meg kell említeni Rassányi Zsófia hallgatónk kiváló diplomamunkáját (Rassányi, 2018) - arra kerestük a választ, hogy helyi, székesfehérvári vonatkozásban milyen térbeli felbontással, illetve milyen geometriai megbízhatósággal állíthatóak elő műemlékek modelljei?

A vizsgálathoz mintaterületnek Ohmann Béla: Fehérvári jog a köznyelven „Országalma” néven ismert alkotását választottuk. A geometriai elemzésekhez szükségünk volt egy referencia modellre, melyet lézerszkenneres felmérésből állítottunk elő, illetve saját fényképfelvételekből is elkészítettük a szobor pontfelhőjét fotogrammetriai szempontból ideális mérési elrendezés mellett. (8.ábra)

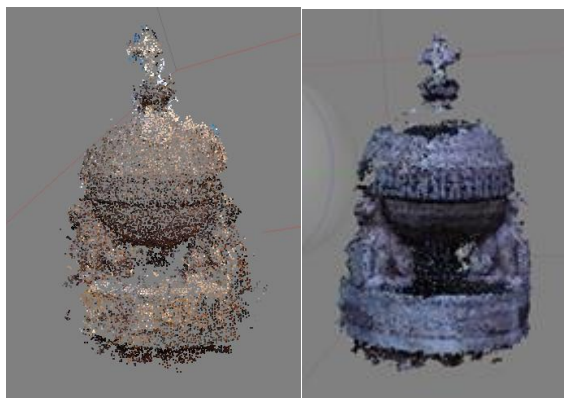


8.ábra Az „Országalma” lézerszkenneres (bal) és fotogrammetriai felmérésből származó pontfelhője [8]

A közösségi adatnyerés vizsgálata során több forrást használtunk: a Flickr, Instagram, YouTube, Vimeo, portálokat, első esetében képek, a többinél képek és/vagy videók kinyerésére. A közösségi adatgyűjtés természetesen akkor alkalmazható hatékonyan, ha a képek, videók szűrése (hely, készítési idő, feltöltési idő

hozzárendelt leíró adat, kulcsszó stb. alapján), illetve azok letöltése is már automatizált. Ilyen irányú fejlesztési lehetőséget több platform is tartalmaz. Példaként a Flickr API-ját (*Application Programming Interface*) említhetjük.

A leválogatás során a fent felsorolt szűréseket alkalmaztunk, megemlítendő, hogy pl. a készítés idejét esetünkben azért volt szükséges megadni, mert a szobor többször felújításra, és ezzel együtt átépítésre is került, így a vizsgálathoz csak a mostani állapothoz tartozó képek használhatóak fel. A konkrét munkaterületen mintegy 340 használható képhez jutottunk hozzá valamelyik forrásból, a szűrések kapcsán fellépő nehézségek elsősorban a képek hibás georeferálásából, a helytelen kulcsszó megadásából következtek. Az amatőr felvételek jellemzője, hogy további szűrést igényel a képek felbontás, minőség szerinti leválogatása, illetve maszkolása. A kiértékelést több kombinációban (csak képek, videók) kereskedelmi fotogrammetriai kiértékelő programmal végeztük. Az eredmény pontfelhőket a következő ábrán mutatjuk be (9. ábra).



9. ábra Az „Országalma” közösségi adatnyerésből előállított pontfelhője tisztán képek (bal) és videofelvételek (jobb) alapján [8]

A geometriai vizsgálathoz a pontfelhőket egy térbeli hasonlósági transzformáció segítségével a referenciát jelentő lézerszenkeres felméréshez transzformáltuk. A pontfelhők geometriai minősítése során az első tételben említett eljárással számítottuk a pontfelhő-pontfelhő távolságokat, azok szórását. Ezeket az értékeket használtuk a pontfelhők megbízhatóságának jellemzésére, míg a geometria „teljességének” minősítésére a pontfelhőt alkotó pontok számát adjuk meg a következő táblázatban (3. táblázat).

Igazított pontfelhő forrása	Átlagos távolság [m]	Szórás [m]	Pontfelhő alkotó pontok száma (db)
336 válogatott kép, illesztőpontok nélkül	0,043	0,063	3740
336 válogatott kép, a szobron elhelyezett markerekkel	0,028	0,033	12059
Videókból nyert képek	0,023	0,024	61011
Saját képek (ideális felvételi elrendezés)	0,011	0,010	204683

*3.táblázat A közösségi adatnyerésből előállított pontfelhő geometriai
mérőszámai [8]*

Összességében megállapítható, hogy csak a közösségi adatgyűjtésből származó képekből automatikusan készített modell geometriai felbontását tekintve jelentősen elmarad az ideálisan elérhető elrendezéshez képest. Ennek egyik oka a felvételek egyenlőtlen térbeli eloszlása, mely jellemzője a közösségi adatnyerésnek. A vizsgálatunk alapján videofelvételek bevonásával a felbontás jelentősen növelhető. A fenti vizsgálat természetesen egy adott időponthoz köthető, az idő előrehaladtával egyre több kép

áll rendelkezésünkre, ami a modell teljességét és a geometria megbízhatóságát is növeli.

2.3 A kutatásokhoz kapcsolódó tézis (2. tézis)

2.2 tézis Vizsgáltam a korszerű geodéziai- és távérzékelési módszerek alkalmazási lehetőségeit a régészet, illetve a kulturális örökségvédelem területén.

2.1 altézés: Vizsgáltam a korszerű adatgyűjtési lehetőségek (UAV fotogrammetria, talajradar) gyakorlati alkalmazási lehetőségeit a kulturális örökségvédelem területén. A kapott eredmények egy részét az országban elsők között alkalmaztam régészeti dokumentációs munkáknál. [6,7,9]

2.2 altézés: Vizsgáltam a közösségi adatgyűjtésből helyben előállítható pontfelhők geometriájának felbontását, illetve megbízhatóságát [8]

3. A pontfelhő alapú adatgyűjtés szerepe az állami alapadatok megújításában (3.tézis)

3.1 Magaspontok meghatározásának lehetséges eszközei

Mérnöki munkám során gyakran találkozok állami alappontok pótlásával. Dolgozatomban a vízszintes

hálózat egy speciális területével: a magaspontok pótlásával, elmozdulásvizsgálatával foglalkozom. Jelenleg a magyar országos vízszintes alapponthálózatunk több, mint ötvenezer pontból áll, annak rendűség szerinti megoszlását a 4. táblázat mutatja be. A hálózat fizikai fenntartása (helyszínelés, helyreállítás, pótlás) gazdaságosan nehezen megoldható, a közeljövő egyik aktuális szakmai kihívása lehet a hálózat átalakítása a műszaki és a gazdaságossági szempontok együttes figyelembevételével.

<i>rendűség</i>	<i>összes alappont (db)</i>	<i>ebből magaspont (db)</i>	<i>százalékos arány</i>
<i>elsőrendű</i>	243	40	16%
<i>harmadrendű</i>	2171	187	9%
<i>negyedrendű főpont</i>	5187	1046	20%
<i>negyedrendű</i>	47672	2520	5%

4.táblázat A magyarországi vízszintes alapponthálózat felépítése [3]

Ezen átalakítás során több szempont mellett a rendűség is vélhetően szerepet kap. A fenti táblázat szerint a felsőrendű hálózatunkban viszonylag nagy arányban vannak a magaspontok (elsősorban tornyok),

vizsgálatukat a hálózat jövője szempontjából így indokoltnak láttuk. A magaspontok ellenőrzése, pótlása a klasszikus megoldás szerint azok földi őrhálózatára épült, jellemzően egyszerű irányméréssel. Az őrhálózati pontok pusztulása, illetve az eredeti meghatározás óta bekövetkezett változások (pl. az összelátás terén) miatt a fölös mérések számának biztosítása a gyakorlati tapasztalatok szerint egyre nehezebb. Erre a problémára javasoltuk megoldásnak, az iránymérések mellett a távolságmérések bevonását is a meghatározásba [3]. A megoldás hátrányaként említendő, hogy a központra közvetlenül nem mérhető távolság, csak a keresztet vagy buzogányt tartó, gyakran gömb alakú „talpazat” felületére. Így a távmérési eredményeink ezzel az ismeretlen gömbsugárral rendre külpontosak lesznek.

Ennek a külpontosságnak (azaz a gömbi sugárnak) a meghatározására több módszert használhatunk [2]:

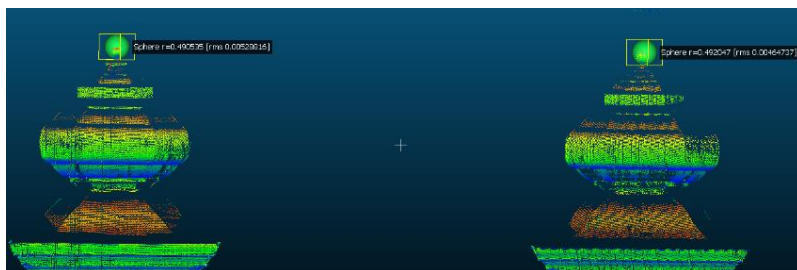
- Az ismeretlen gömbsugár meghatározható iránymérésekre visszavezetve: a tisztán iránymérésen alapuló vízszintes hálózat előzetes kiegyenlítéséből az álláspont (örpont) és a központ (magaspont) közötti

vízszintes távolság számítható. A gömb két oldalára végzett iránymérések és a fenti távolság segítségével a gömb sugara számítható; több álláspont esetében ellenőrzéssel.

- A dolgozat témájához igazodva új lehetőségként adódik a felújításokat megelőző, vagy ideális esetben a megvalósult állapotról készült lézerszkenneres felmérés bevonása is a meghatározásba [2].

Az első módszert számos feladat megoldása során alkalmaztuk [3], utóbbi alkalmazhatóságának vizsgálatára megismételtük egy korábbi (Sasvári, 2018.) a székesfehérvári Szent Sebestyén templom tornyain levő gömbök sugarainak meghatározását igénylő méréseinket a rendelkezésünkre álló lézerszkennelt felmérések alapján is. Az eredeti meghatározáskor az első, irány- és távmérés alapú eljárást alkalmaztuk.

A pontfelhőből a Cloudcompare nyílt forráskódú pontfelhő feldolgozó programban manuálisan szegmentáltuk a keleti és a nyugati tornyon levő gömböket alkotó pontokat (ez mintegy 200 db részletpontot jelentett tornyonként).



10. ábra Lézerszkennelt pontfelhő és az illesztett gömbök székesfehérvári Szent Sebestyén templom meghatározásánál [2]

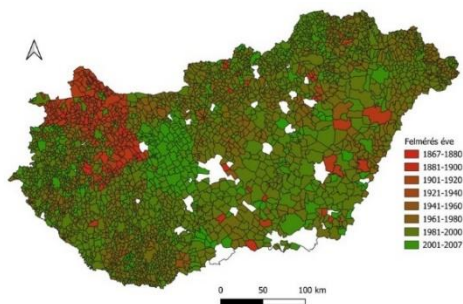
Meghatározási mód	sugár (m) K-i torony	sugár (m) Ny-i torony
Írány- és távmérés	0.488 ± 0.003	0.488 ± 0.003
Lézerszkenneseres meghatározás	0.492 ± 0.005	0.491 ± 0.005

5.táblázat A lézerszkennelésből kapott külpontossági értékek összevetve a mérőállomással történő meghatározással

A kivágott pontthalmazokra kiegyenlítő gömböket számítottunk, melynek során megkapjuk a gömb ismeretlen paramétereit, pl. a sugarát, illetve azok megbízhatósági mérőszámait. Az eredményt az 5. táblázatban foglaltam össze, mely alapján elmondható, hogy a két megoldást összehasonlítva egyenértékűnek tekinthetők a feladat szempontjából.

3.2 Kataszteri térképfelújítás korszerű eszközei

Az állami alaponthálózat átalakításánál is nagyobb kihívást jelent a kataszteri térképállományunk felújítása. A kataszteri térképállományunk egy része igen elavult, geometriája gyakran 100 éves felméréseken alapszik (11.ábra). Ez a helytelen geometria közvetlenül megjelenik a mérnöki tervezésben, illetve a közműnyilvántartásban is, erre jellemző példát a 12. ábra szemléltet. Az ábrán Kishódos település belterületének kataszteri térképkivágata látszik (fekete színnel), közműtérképi adatok (szakág szerint színezve) ortofotón megjelenítve; jól megfigyelhető egy konstans eltolódás a természetbeni és a jogi állapot között.



11. ábra Belterületi kataszteri térképek készítésének -tájékoztató jellegű- dátuma (Katona,2025.)



12. ábra Térkép- terepazonosság ortofotón szemléltetve (Katona, 2025.)

Az érintett települések térképfelújítása egy tanulmány szerint (Holéczy, 2022) 293 ezer ha belterületet és 78 ezer ha zárkerti felmérést igényelne. Ennek becsült költsége az a tanulmány készítése szerinti áron 74 Mrd Ft-ot, illetve több évnyi időszükségletet jelent a hagyományos újfelmérési eljárásokkal.

A folyamat költséghatékony meggyorsítására lehetőségként jelentkezik a különféle, pontfelhőt előállító adatgyűjtési eljárások bevonása (szkennelés, fotogrammetria) a kataszteri térképfelújításokba [1]. A

kutatási terület nemzetközi szinten is aktuális (Stöcker et al., 2020; Šafář et al., 2021)

Hazánkban a feladat vizsgálatára a Magyar Mérnöki Kamara szervezésében egy kutatócsoport alakult, melynek munkájában módom volt részt venni [13].

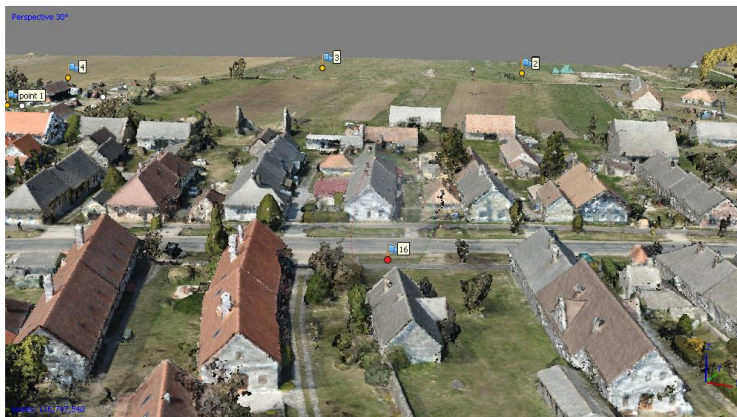
A vizsgálatunkhoz a Veszprém megyei Barnag községet választottuk mintaterületnek. A település kataszteri felmérése 100 éve, 1925-ben történt, amit egy 1977-es térképfelújítás követett 1:2880-as méretarányban, az 40837/1973.OFTH szabályzat szerint [13]. A település ma használt digitális alaptérképe ezen a geometrián alapszik.

A vizsgálat során több eljárást alkalmaztunk a település belterületének kataszteri felmérésére:

- hagyományos földi felmérés (GPS, mérőállomás)
- UAV alapú fotogrammetriai (13.ábra), illetve
- földi- és mobil lézerszkenneres felmérést.

A feldolgozás során műszaki szempontból az adott technika alkalmazhatóságára (pl. a pontfelhőn végzett elhatárolás problémája), teljességére, és az azokkal

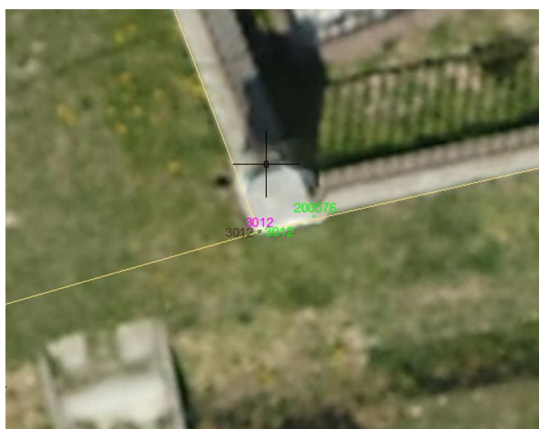
elérhető megbízhatóságot vizsgáltuk, egyéb pl. idő- és költségzsükséglet mellett.



13. ábra Barnag község fotogrammetriai kiértékelésből származó pontfelhője[5]

Feladatom a pontfelhő előállításán (13. ábra) túl elsősorban a kapott geometria minősítésével volt kapcsolatos. Egy CAD alapú fejlesztés kapcsán eljárást dolgoztam ki, melynek segítségével a különböző forrású pontfelhőkből kiértékelt részletpontok azonosításra, hibaszűrésre, összehasonlításra kerülnek: a program megkeresi a több forrásból is meghatározott azonos pontokat, és statisztikákat számol azok eltéréseire. A vizsgálatban ilyen módon mintegy 652 földi felmérésből származó pont, a mobil felmérésből 205 db, míg a statikus

felmérésből 234 db került felhasználásra. A felmérések adottságai miatt ezek a részletpontok jellemzően a közterülettel érintkező földrészlethatárok és épületek sarokpontjai (14. ábra). Az azonos pontok alapján a fejlesztéssel statisztikákat határoztam meg a különböző forrásból származó részletpontok eltéréseire (6.,7., 8. táblázat), minősítve a különböző felmérési technikákat [5,13].



14. ábra Különböző forrásból származó részletpontok egy ortofotó kivágaton (barna: földi, lila: mobil, zöld: statikus felmérés)

	eltérés mobil [m]	eltérés statikus [m]
átlag	0.072	0.058
szórás	0.048	0.042
maximum	0.218	0.276

6.táblázat Jellemző eltérések a szkenneres eljárásoknál a földi felméréshez képest [5]

	eltérés földi [m]	eltérés mobil [m]	eltérés statikus [m]
átlag	0.178	0.095	0.101
szórás	0.101	0.045	0.055
maximum	0.521	0.192	0.236

7.táblázat Jellemző eltérések a képillesztésen alapuló pontfelhő kiértékelésekor a többi felméréshez képest [5]

	távolságetérés [m]
átlag	0.104
szórás	0.102

8.táblázat Jellemző távolságetérések épületeknél a képillesztésen alapuló pontfelhő kiértékelésekor a többi felméréshez képest [5]

Hasonló eredményekre jutottunk más település esetében is, ahol a GNSS technológia és a UAV alapú újfelmérés eredményei kerültek összehasonlításra [1].

A kutatások eredménye alapján bizonyított a pontfelhő-alapú adatgyűjtési technikák létjogosultsága a kataszteri térképfelújítások terén.

3.3 A kutatáshoz kapcsolódó tézis (3.tézis)

3.tézis Vizsgáltam az állami alapadatok (földmérési alaptérképek, geodéziai alappontok) meghatározásának lehetőségeit két konkrét felhasználási területen: az állami alappontok pótlása, illetve a kataszteri térképfelújítások terén.

3.1 altézis: Új módszert javasoltam az állami vízszintes alapponthálózat ún. magaspontjainak elmozdulás vizsgálatára és új pontok meghatározására. Az eljárást gyakorlatban is sikeresen alkalmaztuk magaspontok újbóli meghatározására. [2, 3]

3.2 altézis: Vizsgáltam különböző forrásból származó pontfelhők (földi statikus, mobil, fotogrammetriai) kiértékelésének lehetőségeit a kataszteri térképfelújításoknál. Ennek kapcsán módszert dolgoztam ki a különböző forrásokból származó geometriák – a kataszteri szempontból releváns részletpontok elemzésén alapuló – automatizált minősítésére. Ez alapján kimutattam azok alkalmazhatóságát egy esetleges kataszteri újfelmérés kapcsán. [1,5]

4. A pontfelhő-kiértékelés automatizációjával kapcsolatos fejlesztéseim (4.tézis)

4.1. A kutatás előzményei, részletes ismertetése

A geodéziában a bevezetőben ismertetett technológiaváltás a terepi adatgyűjtésen túl természetesen hatással van a mérések feldolgozására is. Egy egyértelmű paradigmaváltásnak vagyunk szemtanúi: a korábbi diszkért pontokra épülő számítási, térképszerkesztési eljárások már nem használhatóak változatlan formában a pontfelhőt, képi információt eredményül adó eljárások esetében. Ezentúl a kiértékelés élőmunka igényének csökkentése is indukálja az ilyen témájú kutatásokat. Nem véletlen tehát, hogy napjainkban számos kutatás foglalkozik ezen területtel. Szigorúan a tézisekhez köthető témákra szűkítve az irodalmi áttekintést, találkozhatunk többek között szektor-alapú lineáris szűrési megoldásokkal (Nagy, 2018), a tézisfüzet témájához is kapcsolódóan általános szegmentálási, osztályozási lehetőségeket pedig (Hrutka, 2023) dolgozata foglalja össze. Megemlítendő trend, hogy az új eljárások a

publikálásuk után gyakran közvetlenül meg is jelennek egy-egy, általában nyílt forráskódú pontfelhő feldolgozó program (pl. Cloudcompare), vagy függvénykönytár (pl. OpenCV, PCL) funkciói között. Erre jó példa az általunk is használt talajpontok szegmentálásra alkalmas CSF-„Cloth Simulation” szűrő (Zhang et al., 2016).

A területen végzett kutatásaink egy gyakorlati problémára jelentenek automatizált megoldást: a felszínmodellekből történő térfogatszámítások lehatárolására a változott területek kijelölésével.

A kutatás során az alábbi problémákra kerestük a megoldásokat:

- a felmérések eredményét jelentő pontfelhők pontjaihoz megbízhatósági mérőszámok hozzárendelése,
- a két felületből számított különbségfelületből statisztikai próba alkalmazásával a változott területek kimutatása, elkülönítve azokat a térfogatváltozás előjele szerint,
- végül a változott területrészek határainak kijelölése, a csak zajt tartalmazó részek szűrése.

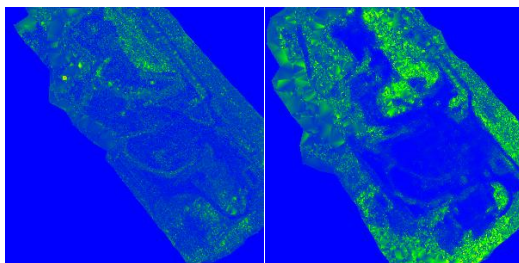
Elmondható, hogy a geodézia ezen területén az utóbbi bő tíz évben az UAV-alapú fotogrammetriai felmérés gyakorlatilag teljesen kiszorította a hagyományos felmérési technikákat, így a vizsgálatainkat ilyen forrású adatokon (külfejtés térfogatváltozásának meghatározásához készített két állapotról készült UAV felvételek) végeztük (15.ábra).



15.ábra UAV felmérés ortofotókon megjelenítve (2019., illetve 2021. évi felmérés)

A fotogrammetriai feldolgozás sugárnyaláb kiegyenlítéssel készült, mely során számítottam az ún. kapcsolópontok kovarianciamátrixait is, a létrejött úgynevezett ritka pontfelhőt (Sparse cloud) egy általam írt Python program segítségével dolgoztuk fel: a pontokat skalár mennyiségként kiegészítettük azok kovariancia

mátrixából nyert koordináta-középhebákkal és egy szabályos rácsháló sarokpontjaira interpoláltuk a nyers pontfelhőket (16. ábra). Az ábrán kék szín jelöli a kis értékű (~0-3cm), zöld magasabb (~3-10cm) középhebájú területeket.



16.ábra A ritka pontfelhő alapján 1x1m-es rácshálóra interpolált magassági középhiba grafikus megjelenítése (2019., illetve 2021. évi felmérés)

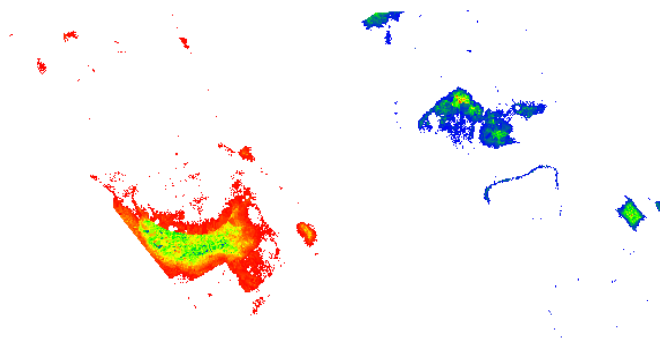
A következő lépésben ezekből a pontfelhőkből számítottuk a két felmérésből származó felszínmodellek magasságkülönbségét (dz), valamint azok középhebáit. Utóbbit a hibaterjedés általános szabályából kiindulva, illetve a két mérést függetlennek tekintve a következő egyszerű összefüggésből kapjuk:

$$\sigma dz = \sqrt{\sigma z_{2021}^2 + \sigma z_{2019}^2} \quad (1)$$

Ezután számíthatjuk az alábbi statisztikát, szintén skalár értéként hozzárendelve a pontfelhőhöz:

$$u = \frac{dz}{\sigma dz} \quad (2)$$

Az így létrejött skálármezőt valamely tetszőleges értéknél vágva (pl. $|u| > 3$) juthatunk azokhoz a területekhez, ahol immár a felmérések megbízhatóságát is figyelembe véve térfogatváltozás történt. Lehetőségünk van arra is, hogy különválasszuk azokat a területeket, ahol negatív a fenti statisztika értéke (ezek a kitermelés helyei), és azokat, ahol pozitív (pl. készletdepók területe). Ezen területeknek „képszerű” megjelenítése a mintaterület esetén a 17. ábrán látható.



17.ábra Térfogatváltozás helyei: bevágás (bal) térfogat növekedés (jobb)

Az ábrákon zöld színnel jelöltek a nagy számértékű statisztikával bíró területek, ahol jelentős változás történt.

Az így kapott „képek” szegmentálását kell elvégeznünk, kijelölve a területek határait, erre

természetesen számos lehetőség adódik a képfeldolgozás területén (Verőné, 2015., 2019.).

A fejlesztés során a korábbi kutatásainkban raszterképek szegmentálására használt, ún. aktív kontúrok alkalmazását vizsgáltuk [12,15]. Az aktív kontúrok olyan paraméteresen adott görbék, melyhez a görbe alakjától függő „belső” és a képi környezetből származó „külső” energiákat rendelünk (Kass et al., 1988; Horváth, 2004).

Az iteráció során a görbe úgy mozog, hogy a két fenti energia összegét minimalizálja:

$$E_{teljes} = \int \frac{1}{2} \cdot (\alpha(s)|v'(s)|^2 + \beta(s)|v''(s)|^2) ds + E_{Kép}(v(s)) \rightarrow \min \quad (3)$$

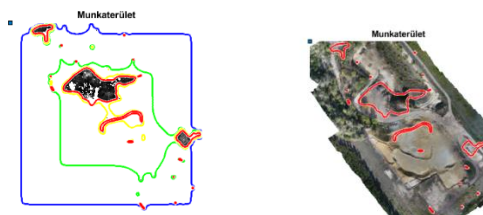
Ennek során a külső energia mozgatja a kontúrt az értékes képrészek (pl. élek) felé, a belső energiának pedig a kontúr alakjának szabályozásában van szerepe.

Használatuk a következő előnyökkel járt a feladat megoldása során:

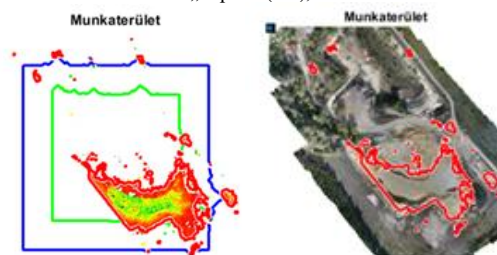
- a kontúrok végleges pozícióját közvetlenül sokszögvonalakként kaptuk, melyek felhasználhatóak (a térképezés rendszerébe transzformálva) a további számításokhoz.

- a kontúrok az iteráció során egyfajta szűrőként is viselkednek.

A szegmentálás eredményét az 18., illetve a 19. ábra mutatja be (külön a töltésépítés, külön a bevágás területeire) különböző színnel jelölik az egyes iterációs lépéseket, vörös szín a kontúrok végleges helyeit ábrázolja.



18.ábra Az aktív kontúr algoritmus iterációs lépései a feltöltéseket ábrázoló statisztikát tartalmazó „képen” (bal), illetve ortófotón a végeredmény (jobb)



19.ábra Az aktív kontúr algoritmus iterációs lépései a bevágásokat ábrázoló statisztikát tartalmazó „képen” (bal), illetve ortófotón ábrázolva a végeredmény (jobb)

A fejlesztés eredményeként a változott területek automatikusan, nagy hatékonysággal kerültek kijelölésre.

4.2. A kutatáshoz kapcsolódó tézis (4.tézis)

Statisztikai alapú módszert javastoltam az UAV alapú fotogrammetriai felmérések alapján készülő térfogatszámítások automatikus lehatárolására. Ennek kapcsán vizsgáltam az aktív kontúrok szerepét az állapotváltozások detektálásában [10].

III. A KUTATÁS ÉS A BEMUTATOTT EREDMÉNYEK HATÁSA, VISSZHANGJA

Kutatásaimat az intézetünkben működő fotogrammetriai kutatócsoport tagjaként végzem, azokat folyóiratcikkekben és könyvfejezetekben, valamint hazai és nemzetközi konferenciákon mutattam be. Jelenleg mintegy 91 közleményem szerepel a Magyar Tudományos Művek Tárában, melyek közül 68 a PhD fokozatszerzés (2009.) óta jelent meg, adatbázis alapján a független hivatkozások száma 68.

Legnagyobb publicitást az UAV alapú fotogrammetriai felmérések megbízhatóságával kapcsolatos közlemények, valamint a régészeti tárgyú kutatások kapták.

A régészeti kutatásaim eredményét közvetlenül is használni tudtam számos városi, és nagyfelületű feltárás, valamint a közelmúlt várfelújítási programja során. Legsorosabb együttműködés a Szent István Király Múzeummal alakult ki, immár egyetemi szinten.

IV. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

Balogh Árpád (2021): Kihívások és lehetőségek a régészeti feltárásokat támogató térinformatikai rendszerek tervezésében GLAEBÁ 1 : 1 pp. 167-177. , 11 p.

Stöcker, C. - Nex, F. - Koeva, F.M. - Gerke, M. (2020): High-Quality UAV-Based Orthophotos for Cadastral Mapping: Guidance for Optimal Flight Configurations Remote Sens., 12(21)

Gede Mátyás (2013): Fényképek térképei – geotaggelt fotók térbeli eloszlásának térképes vizsgálata. Geodézia és Kartográfia 65. pp. 17-19.

Heipke, C. (2010): Crowdsourcing geospatial data ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 65 (6) (2010), pp. 550-557.

Holéczy Ernő (2022): Elavult ingatlan-nyilvántartási térképek felújítása korszerű technológiákkal, MMK továbbképzési tananyag 2022-2023.

Horváth Péter (2004): Képek szegmentálása szín és mozgás alapján. Diplomamunka, Szegedi Tudományegyetem, p.61.

Hrutka Bence Péter (2023): Pontfelhőszűrési és -szegmentálási módszerek
GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA 75 : 5 pp. 8-15. , 8 p.

- Hrutka, B. P.** (2024): Application of Machine Learning to Detect Building Points in Photogrammetry-based Point Clouds PERIODICA POLYTECHNICA-CIVIL ENGINEERING 68 : 4 pp. 1021-1030. , 10 p. (2024)
- Kass, M., Witkin, A., Terzopoulos, D.** (1988): Snakes: Active Contour Models, International Journal of Computer Vision, Vol. 1, pp. 321-331.
- Katona János** (2025): Kataszteri térképektől a térinformatikai adatbázisokig, Garai Gáza szabadegyetemi előadás.
- Lague, D. - Brodu, N. - Leroux, J.** (2013): Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z), ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 82, pp. 10-26, ISSN 0924-2716.
- Verőné Wojtaszek, M. - Balázsik, V. - Jancsó, T. - Margit Horoszné Gulyás - Meng, Q.** (2015): Comparison of Three Image Classification Methods in Urban Environment, JOURNAL OF GEOSCIENCE AND ENVIRONMENT PROTECTION (2327-4336 2327-4344): 3 pp 54-59
- Verőné Wojtaszek, M.** (2019): Mapping of Spatial Variability within a Field by Using Remote Sensing, INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOINFORMATICS (1686-6576)

- Mészáros János - Pánya István - Petkes Zsolt - Szücsi Frigyes** (2017): Térinformatika és fotogrammetria alkalmazási lehetőségei a régészetben – Application of GIS and photogrammetry in archeology. In: Balázs Boglárka (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában 8. Debrecen 2017, 223–230.
- Nagy, G.** (2018): Sector Based Linear Regression, a New Robust Method for the Multiple Linear Regression, ACTA CYBERNETICA 23 : 4 pp. 1017-1038. , 22 p. (2018)
- Rassányi Zsófia** (2018): Modellezés közösségi adatnyeréssel, Szakdolgozat, Székesfehérvár, p. 54.
- Sameer Agarwal, S. - Yasutaka Furukawa - Noah Snavely - Ian Simon - Brian Curless - Steven M. Seitz - Richard Szeliski** (2009): Building Rome in a Day. IEEE International Conference on CV.
- Sasvári István** (2018): Székesfehérvári tornyok (geodéziai magaspontok) koordinátáinak újramérése, Szakdolgozat, Székesfehérvár. Konzulens: Busics György
- Schneider, D., Schwalbe, E., Maas, H.-G.,** (2009): Validation of geometric models for fisheye lenses, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 64, Issue 3, 2009, Pages 259-266.

- Somogyi József Árpád** (2017): Pontfelhő alapú mérnöki célú eljárások optimalizálási eljárásai PhD disszertáció BME, Budapest.
- Toth, C. - Jozkow, G.,** (2015): Remote Sensing Platforms and Sensors: A Survey, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 115 (2016), pp. 22-36.
- Zhang, W. - Qi, J. - Wan, P. -Wang, H. - Xie, D. - Wang, X. - Yan, G.** (2016.): An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. Remote Sensing, 8(6), pp. 1–2
- Václav Šafář - Markéta Potůčková - Jakub Karas - Jan Tlustý -Eva Štefanová - Marián Jančovič - Drahomíra Cígler Žofková** (2021): The Use of UAV in Cadastral Mapping of the Czech Republic, ISPRS Int. J. Geo-Inf 10(6)

V. A TÉZISPONTOKHOZ TARTOZÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [1] Balázsik, V. - Tóth, Z. - Abdurahmanov, I.** (2021): Analysis of Data Acquisition Accuracy with UAV
INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOINFORMATICS 17 :
1 pp. 1-10. , 10 p.

[2] Busics György - Tóth Zoltán (2025): Magaspontok elmozdulásvizsgálatának gyakorlati tapasztalatai, GisOpen konferencia kiadványkötete, Székesfehérvár, 2025.

[3] Busics Gy. - Tóth Z. -Tóth S. (2021): A magaspontok és levezetett pontok pótlásáról és ellenőrzéséről. GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA 2021/1 : 1 pp. 19-25. , 7 p. (2021)17 : 1 pp. 1-10. , 10 p.

[4] Ládai, A. - Toth, C. - Tóth, Z. (2022): Indoor Mapping With An Omnidirectional Camera System: Performance Analysis International Archives Of Photogrammetry And Remote Sensing (2002-) 43 : B1-2022 Pp. 347-352.

[5] Lehoczky, M. - Tóth, Z. (2022) Cadastral Map Update with Modern Technologies in Hungary In: FIG Congress 2022 : 27. FIG Congress, Volunteering for the future - Geospatial excellence for a better living Warsaw, Lengyelország : International Federation of Surveyors (2022) pp. 1-10. Paper: 11459 , 10 p.

[6] Pokrovenszki Krisztián - Tóth Zoltán - Szöllősy Csilla (2013): Szabadhídvég Pusztavár roncsolásmentes műszeres felmérése GESTA: FIATAL MISKOLCI TÖRTÉNÉSZEK FOLYÓIRATA 12pp. 20-29. , 10 p.

[7] **Pokrovenszki, K. - Vágvölgyi, B. - Tóth, Z.** (2016): Practical Experience with the 3D Photogrammetric Methods used at the Excavation of Csókakő Castle MAGYAR RÉGÉSZET pp. 20-27. , 8 p.

[8] **Rassányi, Zs. - Tóth, Z.** (2018): Analysis of Crowdsourcing based data acquisition In: Orosz, Gábor (szerk.) AIS 2018 - 13th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas Székesfehérvár, Magyarország : Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar (2018) , 4 p.

[9] **Tóth, Z. - Balázsik, V. - Kiss, A.** (2018): Modern data acquisition tools in archaeology In: Nistor, S; Popoviciu, G A (szerk.) Modern Technologies for the 3rd Millennium 17th edition International Technical-Scientific Conference Bologna, Olaszország : Editografica 431 p.pp. 117-122. , 6 p.

[10] **Tóth Zoltán, Molnár Gábor Péter** (2025): Aktív kontúrok a mérnökgeodéziában, GisOpen konferencia kiadványkötete, Székesfehérvár, 2025.

VI. TOVÁBBI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

[11] **Balaton R.H. - László G. – Tóth, Z.** (2023): Processing 3D panoramic photos into point cloud modell In: Petőné Csuka,

Ildikó; Simon, Gyula (szerk.) AIS 2023 - Proceeding Székesfehérvár, Magyarország : Óbudai Egyetem (2023) 177 p. pp. 105-109. , 5 p.

[12] Epresi, K. - Gáti, B. - Tóth, Z. (2017): Active contours in geoinformatics In: Orosz, Gábor Tamás (szerk.) AIS 2017 Székesfehérvár, Magyarország : Óbudai Egyetem (2017) 204 p. pp. 187-190. , 4 p.

[13] Holéczy Ernő - Oláh Róbert - Siki Zoltán -Takács Bence - Tóth Zoltán - Varga Tibor (2020): Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához, 82 p. MMK kiadványkötete

[14] Tóth Zoltán - Barsi Árpád (2009): Térképezés aktív kontúr eljárás segítségével. GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA 61 : 10 pp. 3-6. , 4 p. (2009)

[15] Balázsik V. - Busics Gy. - Engler P. - Farkas R. - Földváry L. - Jancsó T. - Kiss A. - Tóth Z. -Verőné Wojtaszek M.(2016): Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-k pontossági vizsgálatának első eredményei REMOTE SENSING TECHNOLOGIES AND GIS ONLINE 6 : 3 pp. 448-454. , 7 p.