



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Mobiltelefonos „LiDAR-szkenner” pontosságvizsgálata

**OE-AMK
2023**

**Horváth Krisztián
T000588/FI12904/A-G**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Horváth Krisztián
Szakdolgozat száma: SZD22011414062935
Törzskönyvi száma: T000588/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök
Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Mobiltelefonos "LiDAR-szkenner" pontosságvizsgálata

A dolgozat címe angolul: Mobile phone "LiDAR scanner" accuracy testing

A feladat részletezése:

Végezze el egy mobiltelefonos "LiDAR-szkenner" pontossági vizsgálatát statikus földi szkennerrel történő összehasonlítás alapján. Összegezze tapasztalatait.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

Külső konzulens neve: Hanó Péter

Munkahelye: Alba Geotrade Zrt.

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

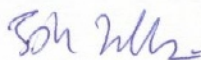
Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 03*29.





Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 05. 15.



belső konzulens



külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2023.05.10.

Horváth Kristian

.....
hallgató aláírása

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Tóth Zoltánnak, aki tudásával, észrevételeivel és tanácsaival segítette szakdolgozatom megírását.

Köszönettel tartozom Hanó Péternek, főnökömnek, aki szaktudásával, ötleteivel és tanácsaival hozzájárult a szakdolgozatom létrejöttéhez.

Köszönöm munkahelyemnek, az Alba Geotrade Zrt-nek, hogy rendelkezésemre bocsátották a felhasznált műszereket és szoftvereket.

Köszönettel tartozok Digicart Kft.-től, Pataki Zsoltnak, aki biztosított számomra Point Cloud Scene licenz elérhetőséget, és Trepák Attilának a szoftver oktatásáért.

Köszönöm Homoródi Szabolcs földmérőnek a segítségét és a tapasztalatainak megosztását.

Végezetül szeretnék köszönetet mondani minden tanáromnak, szaktársamnak, munkatársamnak, akik szakmai tudásom és tapasztalataim gyarapításában segítettek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	7
2. Alappontok meghatározása	8
2.1. Bevezető	8
2.2. Alapfogalmak, elméleti háttér	8
3. Lézerszkennер	14
3.1. Felvezetés	14
3.2. Távérzékelés fogalma	14
3.3. Lézer technológia bemutatása	16
3.4. LiDAR fogalma	17
3.5. Lézerszkennerek csoportosítása	18
3.5.1. Légi lézerszkennelés	18
3.5.2. Földi lézerszkennelés	18
3.5.3. Mobil lézerszkennelés	19
3.6. Földi lézerszkennelés bemutatása, ismertetése	19
4. Iphone LIDAR technológia háttere	21
4.1. Iphone bemutatása	21
4.2. Iphone 12 Pro érzékelők	21
4.3. LiDAR fő összetevői	22
5. Felhasznált műszerek és eszközök	24
6. Mérések bemutatása	25
6.1. Lézeres távmérő	25
6.1.1. Elmélet	25
6.1.2. A mérés és a módszer bemutatása	25
6.2. Lézerszkennер	29
6.2.1. Leica P40 lézerszkennер tulajdonságai	29
6.2.2. Mérés megtervezése	30
6.2.3. 1. Álláspont	32
6.2.4. 2. Álláspont	35
6.2.5. 3. Álláspont	36

6.2.6.	4. Álláspont	36
6.2.7.	5. És 6. Álláspont	36
6.3.	Iphone 12 Pro	37
6.3.1.	3D ScannerApp és Scaniverse	37
6.3.2.	Az 1.mérés (3D scanner app) és a 2. Mérés (Scaniverse)	38
6.3.3.	A harmadik mérés (3D Scanner App és Scaniverse)	39
7.	Feldolgozás	42
7.1.	Cyclone	42
7.1.1.	Pontfelhők összeillesztése	43
7.1.2.	EOV rendszerbe transzformálás	44
7.1.3.	A lézerszkennер pontfelhőjének véglegesítése, tisztítása	46
7.2.	Point Cloud Scene	47
7.2.1.	Pontfelhő transzformálás	47
7.2.2.	Lézerszkennер pontfelhő feldolgozás	48
7.2.3.	A Scaniverse alkalmazás pontfelhőjének feldolgozása	52
7.2.4.	3D Scanner App pontfelhőjének feldolgozása, problémák	56
7.3.	Összehasonlítás	57
8.	Összegzés	58
9.	Summary	60
10.	Irodalomjegyzék	61
11.	Ábrajegyzék	63
12.	Táblázatok	65

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatomban munkahelyem szegedi irodájáról készítek digitális alaprajzot ingatlan-nyilvántartási dokumentáció céljából különböző földmérési eszközök és műszerek felhasználásával. Az eredményeket összevetve megnézem a különböző eszközök felhasználásnak előnyeit és hátrányait, végeredményeket ábrákkal és rajzokkal szemléltetem.

A fő elemzési szempontom egy Iphone 12 Pro telefon LiDAR szkennérének összehasonlítása egy Leica P40 statikus földi lézerszkennер pontosságával digitális alaprajz készítéséhez. Az okostelefonok robbanásszerű fejlődését 2020-tól az Apple egy új funkcióval bővítette, a LiDAR-ral. A technológia kivitelezése rendkívül nagy potenciállal rendelkezik, költséghatékonyasága, hordozhatósága és kézenfekvősége miatt. Geodéziai célra a telefon pontossága nem képes felvenni a versenyt egy több millió forintot érő geodéziai műszerrel, viszont a földmérési szakmában földhivatali munkák, kis és nagy méretarányú térképek digitális állományinak elkészítéséhez elég a centiméter pontosság, ezért a két mérési lehetőség közötti összehasonlítást ebből a szempontból vizsgálom. A lézerszkennер mérését szemléltetve az életszerűséget EOVRendszerbe illesztettem. Az iroda egy önálló ingatlan, ami egy nagyobb épület (társasház) része. Egy önálló ingatlan változásához szükséges alaprajz elkészítéséhez gyakran végeznek lézeres távmérővel felmérést az alaprajz meghatározásához, ezért ezt a mérési módszert én is elvégeztem mintaterületemre. A dolgozat elkészítéséhez különböző szoftvereket használtam az eredmény kiértékeléséhez (Leica Cyclone, Point Cloud Scene, Autocad, ITR). Az Iphone LiDAR pontfelhő felhasználásról nem találtam sok szakirodalmat, a szakdolgozatomban ezen részének feldolgozása saját tapasztalatok, megfigyelések, és észrevételek mérési eredménye.

2. ALAPPONTOK MEGHATÁROZÁSA

2.1. Bevezető

A szakdolgozatomban meghatározott mintaterületet társasházi felméréshez készítem, a dokumentációkat földhivatalnak adjuk le, ezért az életszerűséget bemutatva mérésemet EOVB-ba illeszttem. Az illesztéshez szükséges alappontokat az iroda előtt határoztam meg GNSS (Global Navigational Satellite System) vevővel (továbbiakban: rover (mozgó vevő)). Kettő szöveget ütöttem le, fák, épületek és egyéb pontosságot zavaró objektumok közelségének elkerülésének figyelembevételével. A szögek állandósításánál kettő szempontot vettem figyelembe: a lézerszkennerek felállításánál megfelelő rálátás a szögekre, a műszerhez képest közel 180 fokos vízszintes értelemben bezárt szög, második szempont a négy elhelyezett jeltárcsára megfelelő azonosítása. A szögeket festékkel jelölve, 50 epochával mértem be, a műszert tripoddal rögzítve. A GNSS vevő centiméteres pontossága miatt határoztam meg így a szögeket, ez a mérési módszer tökéletesen megfelelő egy sajátos célú geodéziai munkához.

2.2. Alapfogalmak, elméleti háttér

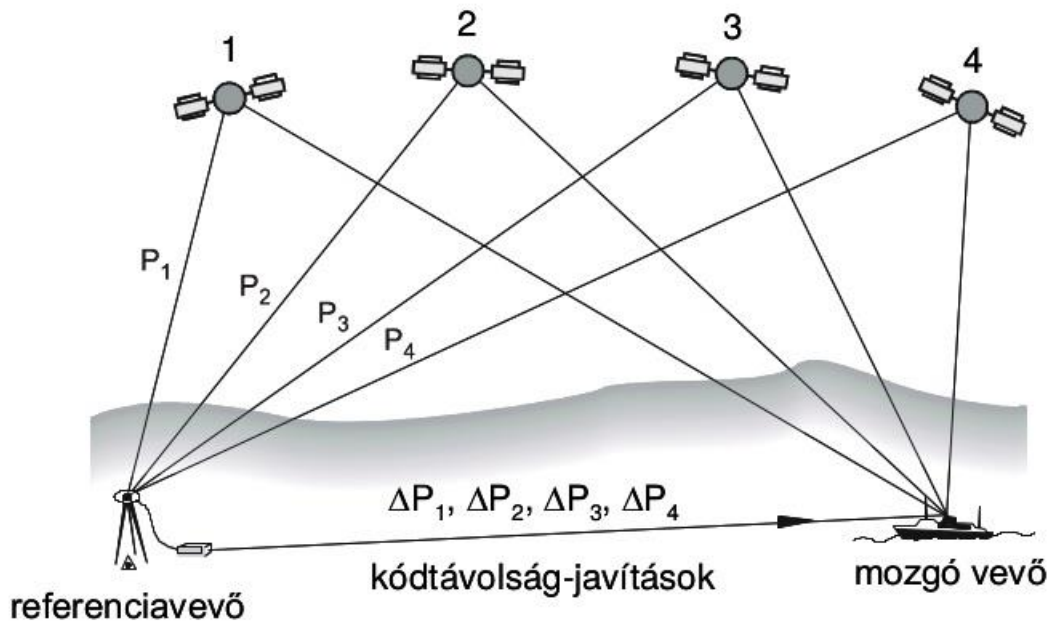
Az alappontokat GNSS technológiával határoztam meg. A műszer GNSS technológiával működik, alapja a térbeli ívmetszés módszere (3D), vagyis helyzetünket ismert pontok alapján határozzuk meg (ezek az ismert pontok a műholdak lesznek). Maga a módszert a 1990-es években kezdték el használni, főként helymeghatározási, navigációs, és egyéb polgári felhasználású célokra. A műholdak pontos helyét Kepler-féle pályaadatokkal tudjuk számítani, viszont önmagába ez az adat számunkra nem pontos, hibákkal terhelt. A műholdakon használt atomóra és a vevőkben használt óra pontossága eltér, ezért szükségünk van egy negyedik paraméter bevezetésére, az időre (x,y,z, +idő). Ez a négy paraméter megköveteli, hogy legalább négy műholdra kell rálátnunk a mérés esetén. A műholdak adott frekvenciájú jeleket bocsátanak ki magukból, amiket GNSS vevőnk fogad, és ezt a jelet hasonlítja össze az általa előállított referenciajellel, így meghatározva a fáziskülönbséget. Ezt a módszert fázismérésnek hívjuk, legnagyobb mérési pontosságot ezzel a módszerrel tudunk elérni kiegészítő rendszer használata

mellett. A vevő eszközök kódmerést is alkalmaznak, de ez a módszer nem pontos, közelítő értéket ad számunkra, pl.: mikor bekapcsoljuk műszerünket. [1]

A GNSS rendszernek három fontos eleme van: az alapsziszterek, a kiegészítő sziszterek és a felhasználók. Alapsziszterek közül négyet tudunk megemlíteni: GPS (amerikai), Glonass (orosz), Galileo (európai), Beidou (kínai). Az alapsziszterek „globálisan” biztosítják a GNSS elérhetőséget a Föld teljes felületén, de mivel a GPS elérhetőség nem kimondottan lehet mindenhol tökéletes, ezért Európában kiegészítésként Galileo-t használva pontosabban és gyorsabban tudunk meghatározni koordinátákat. A kiegészítő sziszterek pontosság, megbízhatóság, integritás és gazdaságosság javításának céljából lettek létrehozva. A Földön meghatározható műhold alapú, kontinentális kiterjedésű kiegészítő sziszterek az alábbiak: WAAS, SACCSA, EGNOS, AFI, GAGAN, SDCM, MSAS.

Pontmeghatározásnál beszélhetünk abszolút és relatív helymeghatározásról. Abszolút mérésnél egy vevőt használunk a méréshez, viszont ennek a pontossága nem éri el a geodéziai pontosságot. Ebből kifolyólag, ha több vevővel mérünk azonos időben, sokkal nagyobb pontosságot érünk el. Ekkor meghatározhatjuk a két vevő közötti vektort, vagy az ismert ponton elhelyezett vevőből számítjuk az új pontunk koordinátáit. Számításunk során több vevő felhasználásánál beszélünk relatív helymeghatározásról.

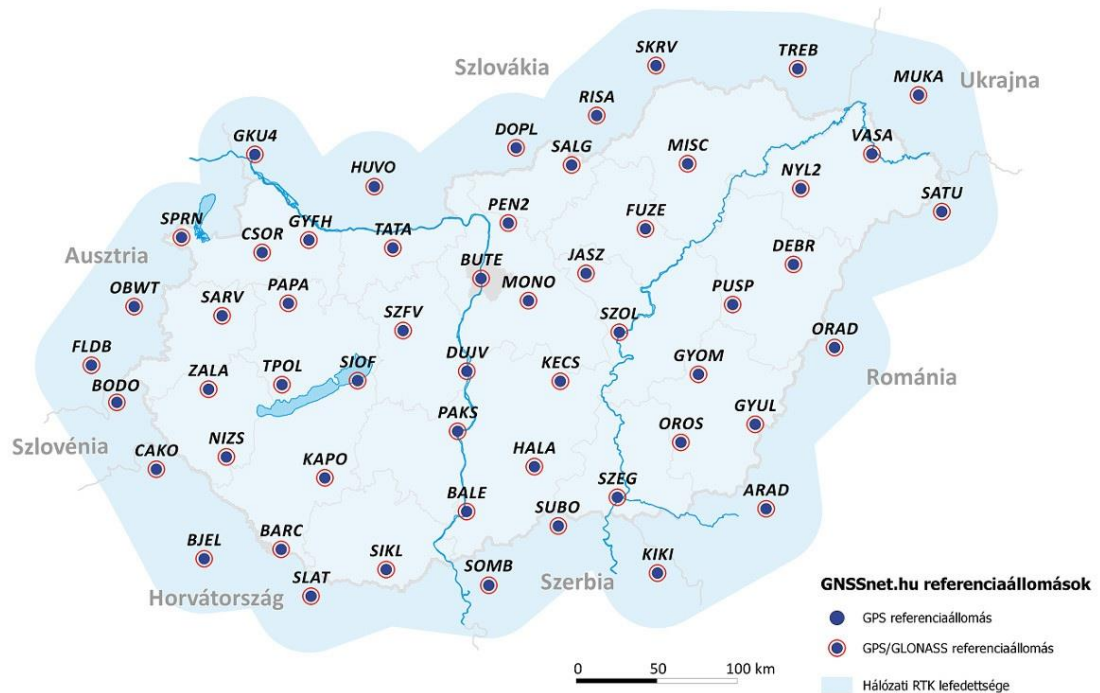
A fogalmak letisztázása után visszakanyarodunk arra a megállapításunkra, hogy a relatív helymeghatározáshoz több vevőre van szükségünk. A nálunk lévő vevő GNSS módszert felhasználva kommunikál a műholdakkal, és az NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) szerveren keresztül mobilinternet segítségével pedig megkapja a referencia állomásról érkező korrekciókat. A képletbe most jelenleg kettő vevőnk van, mindkettő kommunikál a műholdakkal, és megfelelő internetkapcsolat esetén az NTRIP-en keresztül egymással is. A referenciavevő helyzete állandó, egy éjjelnappal működő referenciaállomás. Ebben az esetben mérésünket a méréssel egy időben dolgozzuk fel, tehát valós idejű feldolgozásról beszélhetünk (1. ábra). Ezt a módszert a hálózatos RTK-nak (Real Time Kinematic, angolul: valós idejű kinematikus) nevezzük, ha van egy GNSS roverünk, ami internetkapcsolattal, NTRIP előfizetéssel rendelkezik, és kommunikál a műholdakkal, mindemellett korrekciókat kap a referencia állomásokról.



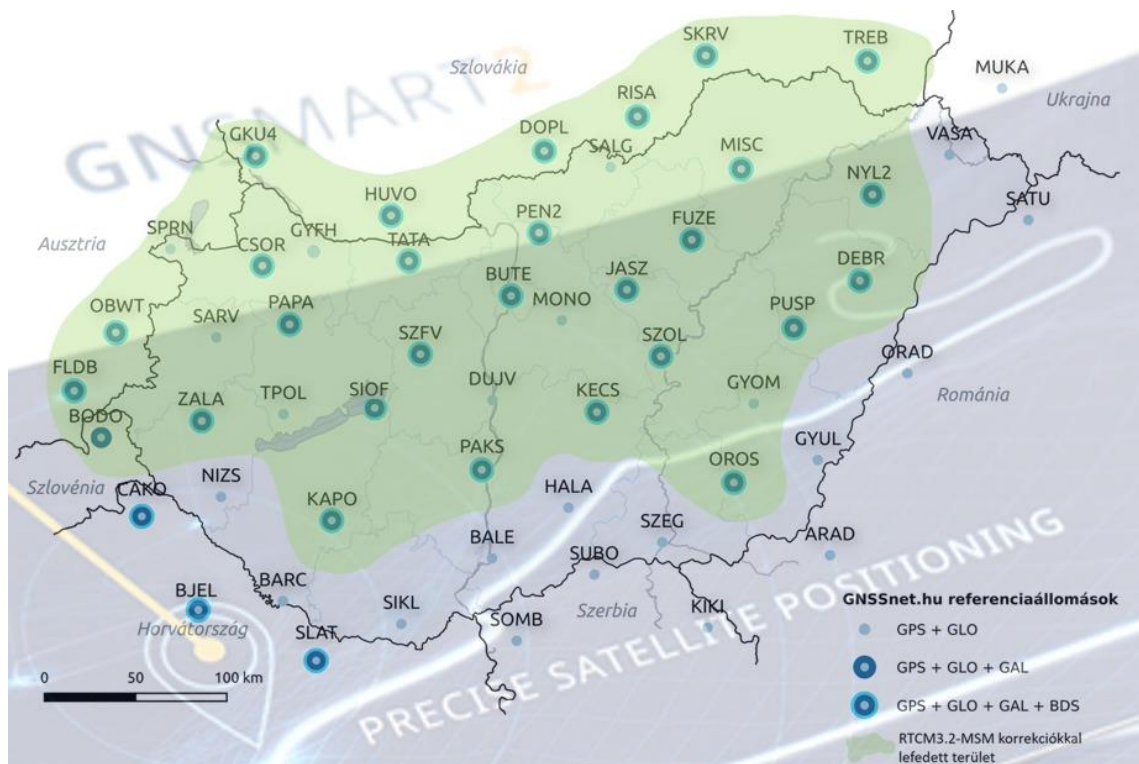
1. ábra: Globális helymeghatározó rendszer, a műholdak, a referenciaállomás (ismert ponton helyezkedik), és a GNSS rover közötti kapcsolat [2]

Fentebb említettem, hogy ma már több fajta alaprendszer létezik, ami egy GNSS mérés során azért fontos megemlíteni, hiszen nehéz körülmények között, több műholdra rálátás csak jobb eredményt jelent.

Magyarországon a jelenlegi probléma az, hogy a négy alaprendszerből a Galileo és Beidou rendszer műholdjaival nem mindegyik referenciaállomás tud kommunikálni, így nem is képes korrekciót küldeni a rovernek, nem lehet valós időben a mérést feldolgozni (hiába látja az alaprendszer műholdjait műszerünk). A 2. ábra mutatja a GPS és GLONASS műholdakkal kommunikáló magyarországi és határ közeli referenciaállomásokat, a 3. ábra mutatja a Beidou és a Galileo műholdakkal kiegészítésként kommunikáló állomásokat. Kezdetben (2020 október 1.) csak öt állomás volt képes feldolgozni a Galileo műholdak jeleit, a Beidou jeleit pedig négy állomás. 2022. november 18.-tól már 30 db referenciaállomás képes feldolgozni a négy alaprendszer jeleit. A GNSS rendszer feladata egy nagyobb földrajzi térséget vizsgálva, adatot gyűjtve, elemelve, abból célból, hogy a különböző tényezőket (időjárási, ionoszférikus) figyelembe véve megfelelő adatot továbbítson a felhasználó felé.



2. ábra GPS és Glonass alaprendszer műholdjaival kommunikáló referenciaállomások. [3]



3. ábra: A négy alaprendszer műholdjaival kommunikáló referenciaállomások (30 db referenciaállomás), dátum: 2022.11.18. [4]

A referenciaállomásokon ismert helyzetű vevők folyamatosan végeznek méréseket, és kommunikálnak a központtal, így számítható a ciklustöbbsértelműség, a műholdak pályahibái, és az időjárási, a légköri viszonyok tényezői. A ciklus-többsértelműség fogalma: „a GNSS vevő és műhold közötti távolságra eső vivőhullám egész ciklusai számának bizonytalansága”. Első lépésben a referenciaállomáson ezt problémát kell megoldani, utána különböző modellezési és interpolációs módszer segítségével valós időben meghatározzák a megfelelő értékeket – korrekciókat. A GNSS felépítésénél már említett harmadik lépcső pedig, hogy a felhasználó megkapja az adatokat. [3] [4]

A témában még fontos megemlítenünk a VITEL-t (Valós Idejű Terepi Transzformációs Eljárás), ami a Lechner Tudásközpont által készült el. Jelentősége, hogy az EOVS vízszintes koordináták mellett pontosan meghatározza az EOMA magasságokat is. A számítás során GNSS vevőnkben ETRS X,Y,Z koordinátáinkból lesz EOVS y,x,M koordinátánk a VITEL konfigurációs fájlkészlet használatával. Az eljárás szoftver alapú megoldása az EHT. A szoftver lokálisan és országos rácspontra osztja fel a területet, a rácsponthoz hozzárendelték azokat az értékeket, ami korrigálja a mérésünket. Egy munkánk során a műszerben nem megfelelő VITEL konfiguráció volt beállítva, és ez azt eredményezte, hogy a teljes mérésünk 7,5-8 méterrel alacsonyabban volt térben a valódi elhelyezkedéshez képest. [1] [5]

Korrekciós adatokat a csatlakozási pontok (mountpointok) és az adatáramlás (stream) alapján lehet még meghatározni. Ismerete azért fontos, mert országosan nagyon eltérő hálózati és egyéb problémákkal állunk szembe, ha hálózati vagy mérési nehézségekbe ütközünk a mérésünk során érdemes tudni ezeket az alapbeállítások közti különbségeket, jellemzőket. Az GNSS rover adatokszabványosítására egy úgynevezett, RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) szabványt hoztak létre, a különböző korrekciótípusokhoz más-más szabványok tartoznak. A gnssnet.hu weboldaltól és a NTRIP szerverről RTCM formátumban kapjuk meg GNSS vevőnkre az adatokat.

Egybázisos adatok tartalmazó streamek: alapelv, hogy a rover vevő (mozgó vevő) közelítő pozíciójához képest a legközelebbi referenciaállomásról állít elő korrekciós adatokat a központ. Ennél a módszernél 25-30 km maximális távolság ajánlott a referenciaállomástól, főként a magassági koordinátában.

- ✚ SGO_RTK3.1 (RTCM3.1 formátumban, legközelebbi GPS/GLO adattal dolgozik)
- ✚ SGO_RTK3.2 (RTCM3.2 formátumban, legközelebbi GPS/GLO/GAL/BED adatokkal dolgozik csak)

Hálózati korrekciókat tartalmazó streamek: a központi szoftver együttesen dolgozza fel a referenciaállomások méréseit, értékeli, elemzi a GNSS mérés hibáit az adott területre, és ezekre fog előállítani homogén pontosságú, különböző hálózati korrekciós adatot.

- ✚ SGO_PRS3.1 (RTCM3.1 formátum, a rover által elküldött közelítő helyzetétől 4.3 km távolságban generált pszeudó referenciaállomásról, GPS/GLO adattal dolgozik)
- ✚ SGO_PRS3.2 (RTCM3.2 formátum, a rover által elküldött közelítő helyzetétől 4.3 km távolságban generált pszeudó referenciaállomásról, GPS/GLO/GAL/BED jelvételező állomások által lehatárolt terület adataival dolgozik).

Ennél a módszernél a PRS rövidítés: Pseudo Reference Station, vagyis ahogy a jelentéséből is következtethetünk, egy „ideiglenes” referenciaállomással dolgozik a számítás során. Régi SGO_VRS korrekciós beállítás utódja.

- ✚ SGO_FKP3.1 (RTCM3.1 formátum, a legközelebbi állomással, és a hálózati korrekció felületi paraméterek GPS/GLO adataival dolgozik).
- ✚ SGO_FKP3.2 (RTCM3.2 formátum, a legközelebbi állomással, és a hálózati korrekció felületi paraméterek GPS/GLO/GAL/BED jelvételező állomások által lehatárolt terület adataival dolgozik).

Az utolsó kettő módszer az SGO_FKP-RTCM 2.3 utódja.

Az említett módok leggyakoribbak és legalkalmasabb földmérési célok elvégzésére. [3]

3. LÉZERSZKENNER

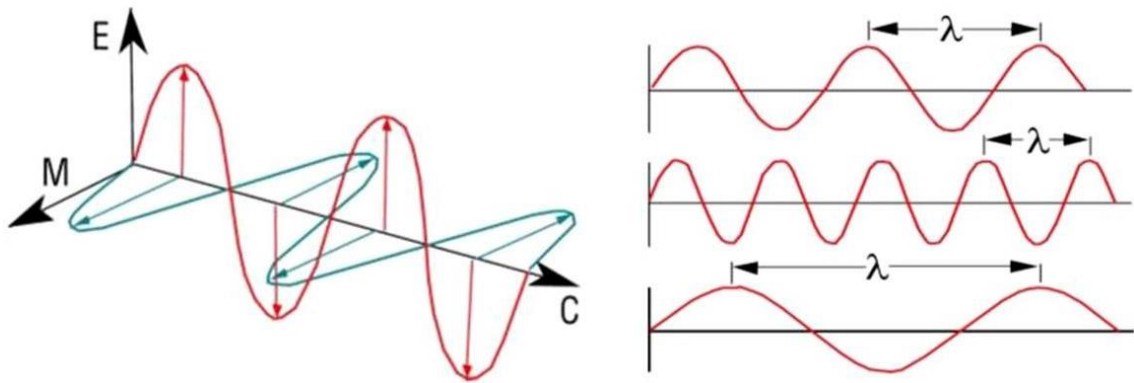
3.1. Felvezetés

Szakdolgozatomban különböző földmérési eszközöket, műszereket használok, esetemben több eszköz is lézeres technológiával működik. Az egyik nagyon alapvető felhasználása a lézeres távmérő, működése nagyon gyors és egyszerű. Másik lézeres technológiával működő eszközünk egy geodéziai lézerszkenner. Működése sokkal bonyolultabb, mint a lézeres távmérőé, használata egyre jobban elterjedt, viszont a műszer ára miatt kisebb földmérő cégek számára eléggé korlátozott a beszerzése. A harmadik módszerünk pedig egy Iphone telefonban található LiDAR szkenner, melynek használata nem elterjedt azonban rendkívül nagy potenciállal rendelkezik a kis mérete, hordozhatósága és a geodéziai műszerekhez képest alacsony ára miatt. Egyelőre a telefonban használt szkenner jelenleg csak három nemrég megjelent Iphone típusban megtalálható, viszont szkennerének pontossági jellemzői kérdésesek.

3.2. Távérzékelés fogalma

A távérzékelés egy olyan adatgyűjtési eljárás, mikor az adott objektumokkal, felmérendő területekkel közvetlen fizikai kapcsolatot nem létesítünk. A kiértékelés folyamatát is a fogalom alatt értjük. Az adatgyűjtés módja alapján beszélhetünk aktív és passzív távérzékelésről. Aktív távérzékelésnek nevezzük, amikor az érzékelt sugárzást mi bocsátjuk ki, és annak visszaverődését érzékeljük is (pl.: lézerszkenner). Passzívnak nevezzük, mikor a szenzor napsugarak által a felszínről visszavert sugárnyalábokat és a természetes sugárzást rögzítik a látható fény tartományában (pl.: radar).

Az elektromágneses sugárzás az anyagi testek által kibocsátott energiájának egy speciális formája, amely hullám formájában jelentkezik. A sugárzás és a sugárzás elnyelése /visszaverődése közötti állapot az adott test energiája szempontjából egyensúlyi állapotot hoz létre, amely a hőmérséklet függvénye. Ha egy testnek abszolút 0 fok feletti a hőmérséklete, akkor elektromágneses sugárzást bocsát ki magából. Az elektromágneses sugárzás a hullámelmélet segítségével írható le részletesen. Meghatározás alapján az energia fény sebességével megegyezően szinuszos hullám formájában terjed (4. ábra), jellemzői: hullámhossz (λ), fénysebesség (c), mágneses tér (M), elektromágneses tér (E).



4. ábra: Elektromágneses sugárzás hullámelmélete. [6]

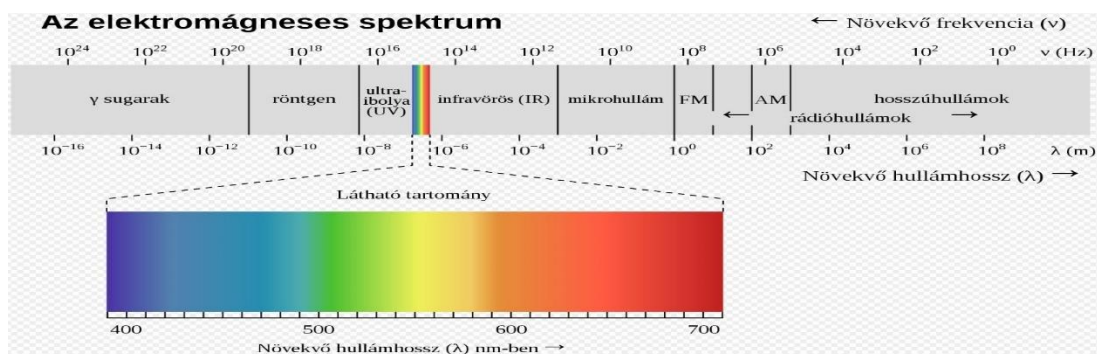
Két szomszédos hullámcsúcs közötti távolság a hullámhossz (λ). Az egy ponton egy időegység alatt áthaladó hullámcsúcsok száma a frekvencia (ν). A fény sebessége állandó, így a hullámhossz és a frekvencia fordítottan arányos, ez jellemzi az elektromágneses sugárzást (1.képlet).

$$C = \nu * \lambda$$

1.képlet: elektromágneses sugárzás képlete

Az elektromágneses sugárzást a hullámhossz, és a frekvencia alapján elektromágneses spektrum szerint tudjuk felosztani (5. ábra). Távérzékelés szempontjából az alábbi tartományokat érdemes kiemelni:

- ✚ látható tartomány: 340-760 nm
- ✚ közeli infravörös tartomány: 760-1500 nm
- ✚ középső infravörös tartomány: 1500-5500 nm
- ✚ távoli (hő) infravörös tartomány: 5500-15000 nm
- ✚ mikrohullámú tartomány 1 mm- 1 m-ig



5. ábra: Az elektromágneses spektrum felosztása. [9]

A lézerszkennerek által kibocsátott fény a 500-1500 nm-es hullámhossz tartományba tartoznak. Megkülönböztetünk természetes és mesterséges energiaforrásokat, melyekre igazak, hogy elektromágneses energiát bocsátanak ki. A természetes energiaforrások a Napból, a földfelszínből és a felszíni tárgyakból származhatnak, a mesterséges források esetében különböző típusúakat tudunk megemlíteni, számunkra a két legfontosabb a lézer (LiDAR) és a radar.

Az elektromágneses hullámok észlelésének segítségével szerzünk információt távérzékelés során. Ez alapján a szenzor, a nap vagy a környezet által sugárzott hullámok a felszínnel, felméréndő felülettel az alábbi módon reagálhatnak, léphetnek kölcsönhatásba: visszaverődhet, továbbvezetődhet, elnyelődhet, kibocsátódhat, szétszoródhat. [6] [7] [8] [9]

3.3. Lézer technológia bemutatása

Lézer szavunk az angol laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) szóból ered. A lézer 1958-as feltalálása óta meghatározó szerepet tölt be a tudományos, katonai, orvosi, és kereskedelmi felhasználásban. A lézerfény jellemzően egy készülékkel előállított mesterséges fény, egy olyan elektromágneses energiaforrás, ami az egybefüggő fénysugár létrehozására stimulált emissziót használ. Tulajdonságai:

- Magas térbeli koherenciával rendelkezik, ezért egy jól meghatározott pontban dominánsan terjed, alacsony sugárdivergencia mellett. A koherencia miatt a fényhullámok közeli fázisban vannak, ezért összpontosulva terjednek.
- Lézerfény időbeli koherenciája is magas, így egy hosszú koherencia-hossznak felel meg. Ez alapján a koherenciahosszúságok szűk fáziskapcsolatot jelentenek hosszú időintervallumban, ezzel a tulajdonsággal nagy terjedési távolságot tudunk elérni.
- A nagy térbeli és időbeli koherencia miatt az adott lézerkibocsátás csak egy nagyon szűk hullámhosszban megy végbe, tehát egyszínű, monokromatikus. A lézertartományok a spektrum tartományaiban belül széles helyet foglalnak el, legkevesebb a zöld lézer, ami 532 nm hullámhosszal rendelkezik, de a legtöbb eszközben használt közeli vagy középső infravörös tartománnyal rendelkező mérőműszerek hullámhosszai 1064 nm.

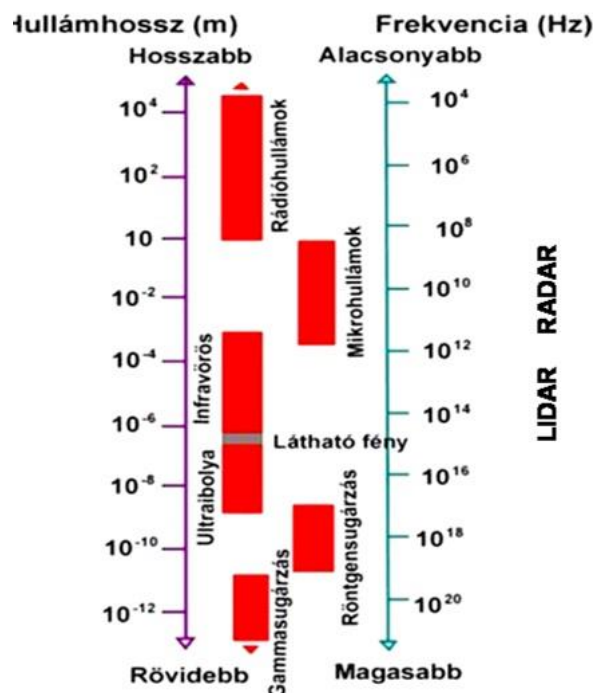
- A hullám mágneses mezője egy adott térbeli irányba terjed, azaz a lézer fénye polarizált.

A lézerfény előforduló egészségkárosító hatása miatt a technológiát használó műszereket szabvány alapján osztályokba sorolják. Hazai: MSz 16261, amerikai ANSI Z136.1-2000, és az európai: EN 60825-1 szabványok a mérvadóak. Utóbbi kategóriái a következők: 1.osztály, 1M, 2.osztály, 2M, 3R, 3B, 4.osztály. Növekvő sorrendben a védőfelszerelés előírások is szigorúbbak, ezeket az előírását komolyan kell venni. [10]

3.4. LiDAR fogalma

A lézerszkennelés kialakulásakor a mai légi lézerszkennelési módszerrel azonosították egy fogalom alatt. A technológia kialakulásának elején csak a légi platform segítségével tudtak felmérést végezni, innen ered a LiDAR (Light Detection and Ranging) kifejezés. A LiDAR fogalmával, mint légi lézerszkennelés főként külföldi szakirodalmakban találkozunk, pedig a teljes lézerszkennelési folyamatot lefedi. A LiDAR esetében aktív távérzékelési adatgyűjtésről beszélhetünk, működése legjobban radar működésével hasonlítható össze, azzal a különbséggel, hogy a LiDAR-ral kibocsátott és fogadott sugárzás frekvenciája magasabb (6. ábra). A LiDAR ultraibolya, látható fény és az infravörös spektrális tartományokban reagál. A LiDAR működési elve a távolságmérés elektromágneses energia-felhasználásnak elvével egyezik meg. A lézer által sugárzott energia-impulzus reakcióba lép a terjedés irányát akadályozó objektumokkal, ez határozza meg az impulzusok kibocsátása és visszaverődése közötti eltelt időt.

Az elektromágneses spektrum



6. ábra: A LiDAR és a radar besorolása hullámhossz és frekvencia alapján. [11]

3.5. Lézerszkennerek csoportosítása

A lézerszkennereket két különböző módszer szerint csoportosíthatjuk:

- A platformok elhelyezkedése szerint:
 - légi lézerszkennelés
 - földi lézerszkennelés
 - mobil lézerszkennelés
- A mérési folyamat szerint:
 - statikus
 - dinamikus

3.5.1. Légi lézerszkennelés

Ahogy már említettem, a lézerszkennelést először a légi szkenneléssel azonosították, ez a technológia terjedt el az 1990-es években. A légi szkennelésnek kezdeti problémái a műszer pozíció és a helyzetmeghatározása volt. A légi fotogrammetriánál más a helyzet, ott ismert terepi pontok segítségével kiküszöbölhető volt ez a probléma. A kezdeti robbanásszerű fejlődéshez szükség volt a műholdas helymeghatározás és az inerciális navigációs rendszerek (INS=Inertial Navigation System) alkalmazására. A mai légi lézerszkennelés működéséhez szükség van GNSS alapú helyzet meghatározásra, és inerciális mérőegységre (IMU=Inertial Measurement Unit) a mérések végrehajtására. A névből adódóan a műszert rendszerint légi járművön helyezik a el mérés elvégzéséhez pl.: helikopter, repülő, UAV. [8] [12]

3.5.2. Földi lézerszkennelés

Megjelenése 1980-as évekre tehető, külföldi szakirodalmakban TLS (terrestrial laser scanning) kifejezéssel írják le legtöbbször. Az utóbbi évtizedekben rohamosan nőtt a technológia ezen ága, először a műszerlábon használt eszközök voltak a piacon. Különböző ipari és technológiai fejlődés kihatott a földi lézerszkennerek fejlődésére is. Fontos megjegyezni, hogy statikus mérésről beszélünk, ha a műszer mozdulatlan marad mérés közben, és dinamikus mérésről abban az esetben, ha a műszer mozog mérés közben. [8] [12]

3.5.3. Mobil lézerszkennelés

A mobil lézerszkennelés (MLS=Mobile Laser Scanning) kialakulása legfrissebb az említett csoportok közül, mondhatni a légi és a földi lézerszkennelés fejlődéséből alakult ki. Az alap lézerszkennelési műszeren felül a rendszer részét tartalmazzák különböző navigációs, és képrögzítő eszközök is. Itt már mindenképpen statikus mérésről beszélünk, mert a teljes mérőműszer és a hozzá kapcsolódó rendszer mozgó platformon helyezkedik el, pl: gépjármű, hajó, vonat. A modell megalkotása itt egy sokkal komplexebb feladat, GNSS és INS rendszer mellett olyan kiegészítő berendezések vannak, mint pl: kerékre szerelt fordulatszám mérő. [8] [12]

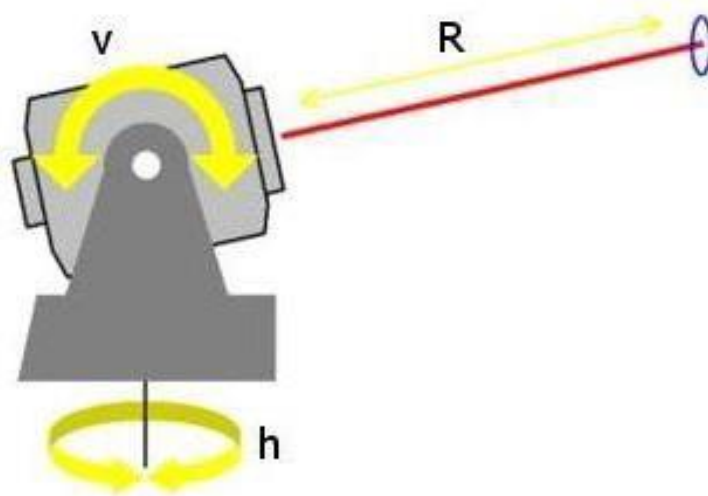
3.6. Földi lézerszkennelés bemutatása, ismertetése

A földi lézerszkennelést az aktív távérzékelési módszerek közé soroljuk, aminek sok előnye és hátránya van. (1. táblázat).

<i>Előnyök</i>	<i>Hátrányok</i>
Képes néhány perc alatt többmillió pontot tartalmazó pontfelhőt készíteni (részletes modell a környezetről).	Mérés során használt lézer minden felületről visszaverődik, pl.: esőcsepp, por, pókháló.
Fizikailag és matematikailag könnyen mérhető paraméterekkel dolgozik (szög, idő, távolság).	Kitakarás esetén több álláspontra van szükség.
Részletes képet és információkat kapunk a bemért mintaterületről.	A mérés feldolgozása és műszerek használata szaktudást igényel.
	Relatív magas ár fekvése van az ilyen eszközöknek.

1. táblázat: A földi lézerszkennelés előnyei és hátrányai.

A 7. ábra egy lézerszkennер működési elvét mutatja be. Mérés során három nagyon fontos paraméterre van szükségünk, amit a műszer határoz meg: vízszintes szög (h), magassági szög (v), a műszer és a visszaverődött pont közötti távolság (R). Az értékek alapján műszerünk képes X,Y,Z koordinátájú pont meghatározására. A földi lézerszkennernél a műszertől mért pont távolságának meghatározása alapján tudunk megkülönböztetni időmérési és fázismérési műszereket.



7. ábra: Egy földi lézerszkennerek működési elve. [8]

➤ időmérési eszközök: (Time of Flight, ToF)

A kibocsátás és a visszaverődés közötti idő mérésének segítségével határozzuk meg a pont helyét, mivel a lézersugár terjedési sebessége ismert. A 2.képlet formulája alapján számíthatjuk ki a pont pontos helyét:

$$D=c/2*t$$

2.képlet

ahol: D=ismeretlen távolság, c=fény terjedési sebessége (állandó), t= kibocsátás és visszaverődés között eltelt idő. A 3.3 fejezetben taglaltak alapján a módszer pozitív következményei a lézer említett tulajdonságainak köszönhető.

➤ fázismérési eszközök: (Phase Based, PB)

A kibocsátási és a visszaverődési sugár fázisainak meghatározása alapján határozzuk meg a távolságot. A módszer során három eltérő hullámhosszal oldja fel műszer a ciklus-többszörösítést, a maximális mérési távolság pedig a legnagyobb hullámhosszal határozható meg. Az időmérési módszerrel szemben előnye a nagyobb mérési pontosság. [8] [10]

4. IPHONE LIDAR TECHNOLÓGA HÁTTERE

4.1. Iphone bemutatása

A felmérésem harmadik része egy Iphone 12 Pro használatával készült. Az Apple termékek saját operációs rendszerrel (IOS) rendelkeznek, és piacon a minőséget, a márkát, az iránymutatást, a megbízhatóságot képviselik az eszközeik. A telefonok új szériái minden év őszében jelennek meg, idén fog megjelenni az Iphone 15-ös széria. 2020-ban Iphone a 12-es széria megjelenésével, egy olyan újítással, ami teljesen más megvilágításba helyezi az okostelefonok bővíthető funkcióját. Az Iphone 12 pro és pro max típusokban LiDAR érzékelőt, egy kamerát helyeztek el, és azóta minden újonnan megjelent széria típusáról elmondható ez (eddig 6 típusú Iphone-ban van LiDAR: 12,13,14 pro és pro max változataiban). Ami még a dolog érdekessége, hogy bizonyos autókban találkozunk hasonló LiDAR egységgel, de a technika ez a fajta megvalósítása, kivitelezése még nem teljesen elterjedt, nincs kiforrva teljesen, így még nem mondható teljesen költséghatékonyak.

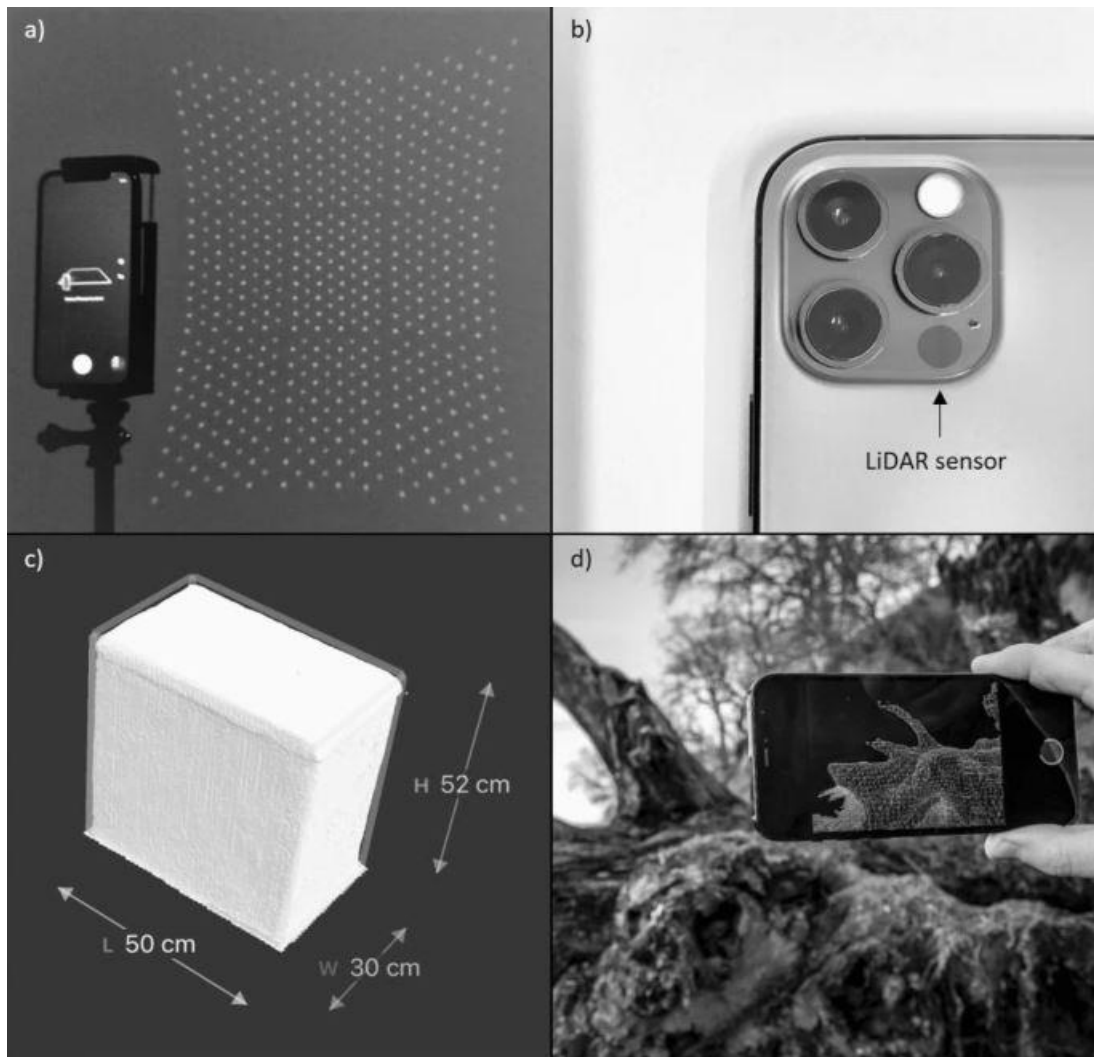
4.2. Iphone 12 Pro érzékelők

Az új telefonok rendkívül jól specifikált hardverrel vannak felszerelve, rendelkeznek egy nagyobb pontfelhő „létrehozásához” szükséges számítókapacitással. A telefon egy felmérésnél állandó mozgó készülék, csak a benne található érzékelők alapján képes összekapcsolni a pontfelhőt, ellenben egy földi lézerszkennelvel, ami egy fix ponton állva, egy állandó pontról rögzíti a mérést. Legnagyobb hátránya a mérés pontossága, illetve a látótávolság. A telefonban található kivitelezés a kiterjesztett valóságot (AR=augmented reality) hivatott bemutatni, ami igazából a valódi világ és a virtuális valóság (VR=virtual reality) összefűzéséből jön össze. A VR és AR közötti különbség az, hogy az AR a valóságban, adott környezetben határozza meg virtuális módon az elemeket. Ez egészen pontosan akkor mutatkozik meg, mikor telefonnal elkészítjük a modellünket, és egyből képesek is vagyunk azt kiértékelni, pontfelhőt megtekinteni. Hátterben rengeteg érzékelő, kis szenzor végzi a dolgát, amiket bemutatnánk, kezdve az alapoktól:

- magnetométer: mágneses erőter érzékelője, a navigációs alkalmazások és az iránytű használatánál van szerepe.
- gyorsulásmérő: a telefon mozgását, döntését, elfordulását érzékeli, határozza meg, szemszögünk közül az egyik legfontosabb funkció.
- giroszkóp (háromtengelyes): térben méri az elfordulást, itt már tengelyhez képest határozzuk meg a készülék mozgását.
- GPS, Galileo, Beidou, Glonass, QZSS műholdak segítségével az Apple Core Location határozza meg a telefonhelyzetét, a GNSS nyers adatait nem érhetőek el közvetlenül számára.
- közelségérzékelő: LiDAR szempontjából nagy jelentősége nincs, ha arcunk vagy a kezünk közel van a telefonhoz, feloldja magát.
- környezeti fényérzékelő: LiDAR szempontjából nincs jelentősége, környezet fényviszonyait érzékeli felhasználva bizonyos funkciókhoz. [13] [14] [15]

4.3. LiDAR fő összetevői

Ha az ember kezébe vesz egy telefont, roppant könnyű, kis méretű, kézre esik. Egy mai Iphone rengeteg funkcióval van ellátva, működéséhez sok érzékelőre, szenzorra van szükség. Ennek a hely, illetve az energiahatékonyság szempontjainak kell elsődlegesen megfelelni, mivel egy telefon nagysága erősen korlátozott és akkumulátorkapacitásának teljesítménye is alacsonyabb. A LiDAR egyik összetevője VCSEL (vertical-cavity surface-emitting laser) úgynevezett lézertióda, ahol a fény függőleges síkban verődik a félvezető chipék síkjára. Ez a megoldás egy csúcstechnológias érzékelő, ami kevés energia igénybevétellel, és kis helyet foglalva képes elvégezni a dolgát. Előnye még hogy a keskeny hullámhossz tartományban bocsát ki lézert, nevezetesen a közeli infravörös tartományban. A látómezőben 8x8-as pontrács diffraktálva 3x3-as négyzetre kivetítve helyezkedik el (8. ábra), az létrejött 576 pontnak lesznek meghatározva tulajdonságai a modell alkotása során. A maximális hatótávolság 5 méter, a pontrács sűrűsége 1 m²-en 25 cm távolságban 7225 pont és 1 m²-en 250 cm távolságban 150 pont. A VCSEL impulzusait, jeleit pedig egy CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor), szilícium alapú digitális szenzoron belül egy SPAD (Single Photon Avalanche Photodiode) detektor méri. [16]



8. ábra: a: VCSEL pontrács felépítése, b: Iphone 12 Pro kamera egysége, c: kamera által bemért doboz, d: mérés közben látható pontfelhő. [13]

A már említett ToF módszerrel határozzuk meg a pontok helyzetét. Telefon a lézerefény kibocsátásának és visszaérkezésének idejéből határozza meg a pont távolságát, de bizonyos típusú telefonokban találhatunk kimondottan ToF érzékelőt. A ToF érzékelő és a LiDAR között azonban nagy minőségbéli eltérést tapasztalhatunk. [17]

A telefon kamerája RGB színértéket is rendel a modell pontjaihoz. A készített pontfelhő egyetlen hátulütője, hogy mérés során a már bemért felszín újbóli pásztázása esetén „felülírja”, rossz esetben rontja is a bemért modellt. A 8. ábra egy 12 pro kamera egységét mutatja be, benne a LiDAR egységet, a 8. ábra egy doboz méretét lemérve meghatározható pontosságot mutatja be, a 8. ábra pedig mérés során egy pontfelhő készítő applikáció eredményét szemlélteti. [13] [14]

5. FELHASZNÁLT MŰSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

A következő fejezetben bemutatom az műszereket, illetve az eszközöket, amivel a méréseket végeztem el (9. ábra):



9. ábra: Felhasznált műszerek és eszközök.

- Leica P40 típusú lézerszkennerek:
 - hozzá tartozó műszerdoboz, benne 4 akkumulátorral (2 a műszerben),
 - 4 db jeltárcsa, hozzá tartozó mágneses talpazat, kényszerközpontosító,
- Leica D210 típusú lézeres távmérő (továbbiakban: kézi távmérő)
- mérőszalag,
- 3 db műszerláb: a képen 1 van, de 3-ra volt szükség, mivel 2-re jeltárcsát helyeztünk pontra állás során, 1 lábon pedig a műszer volt,
- GNSS rover műszerbot (max.: 220 cm magas antenna beállítás érhető el),
- GNSS rover: CHC márkájú i73 antenna és a csatlakozó androidos kontrollerek.
- tripod: alappontok bemérésénél ezzel tudjuk rögzíteni a CHC műszerünket.

6. MÉRÉSEK BEMUTATÁSA

6.1. Lézeres távmérő

6.1.1. Elmélet

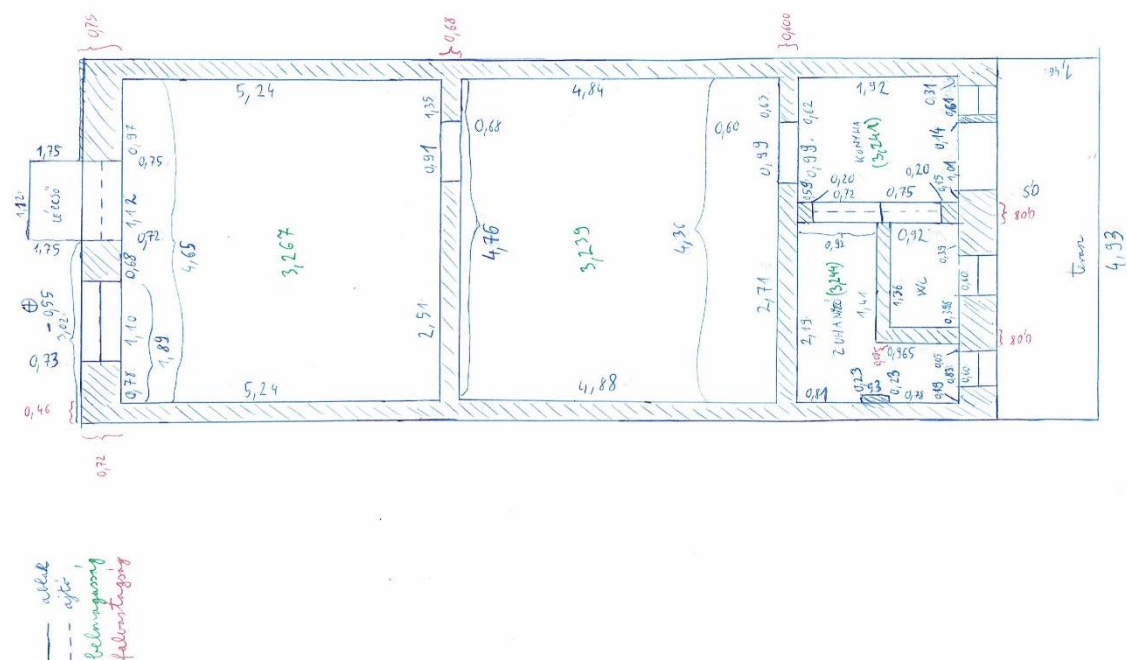
Saját mérés első lépése az iroda lemérése volt kézi lézeres távmérő és mérőszalag segítségével. Meglévő társasház módosításnál, változásnál, vagy új építésű ház, társasházzá alapításánál a digitális alaprajz elkészítéséhez bevett módszer a mérőszalag és a kézi távmérő használata ingatlan-nyilvántartási eljárás dokumentációjának elkészítéséhez. A méréshez szükséges jogszabályokat: Inyvtv. 11. § (4) bekezdés b) és c) pontjában meghatározott önálló ingatlanokról, valamint 12. § b) és c) pontjában meghatározott egyéb önálló ingatlanokról, és a 8/2018. (VI. 29.) AM rendelet 14. bekezdésében leírtakat elolvastam mielőtt belekezdtem a munkába. A változási vázrajz elkészítéséhez megfelelő minta a földhivatali portálon elérhető 23a és 23b mellékletek, a vektoros állomány és a dokumentációk elkészítéséhez jogszabályi előírások ismerete.

A földhivatali földkönyv alapján az iroda Szeged III. kerület, belterületi fekvésben, 25785 helyrajzi szám alatt található, /1-es albetéten a földszinten. Megnevezése kereskedelmi egység, területe 57.4 m². A társasházon belül 6 albetét tudunk elkülöníteni, én csak az iroda területét, albetétjét fogom felmérni. Az albetét megnevezéssel jogszabályban az egyéb önálló ingatlan (=EÖI) fogalmával egyeztethető meg. Az albetét (továbbiakban ezalatt az irodát értjük) 2 nagyobb irodahelyiségből, 1 konyhából, 1 wc-ből, 1 zuhanyzóból áll. Ingatlan-nyilvántartási eljáráshoz vektoros állományok leadására is szükség van, a leadandó állományok közül szakdolgozatomban csak a mérésből levezetett változási vázrajzot készítem el. A vázrajz elkészítéséhez az alaprajzot különböző mérési módszerek kiértékelésével végzem el, a köztük lévő pontosságot és eredményt összehasonlítva. [18] [19]

6.1.2. A mérés és a módszer bemutatása

Először a Leica kézi távmérőjével készítettem mérést, az alaprajz méretezésénél ez lesz a mérvadó, mivel a módszer megbízhatónak mondható egy ekkora terület meghatározására. A megnevezések során 1.iroda lesz az a helyiség, ahova utca felől belépünk, a következő helyiség pedig 2.iroda névvel lesz megnevezve. Felmérés során a

következő alaprajzi elemeket mértem fel: a falak kontúráját és vastagságát, a padlószint relatív magasságát a főbejárat terepszintjéhez képest, a nyílászárók és az átjárók helyeit. A méretekből kiszerkesztett alaprajzból az iroda hasznos alapterületét határoztam meg, ami a nettó alapterületnek azon része, aminek belmagassága legalább 1.90 méter. A nettó alapterület: „a helyiség vagy az épületszerkezet által részben vagy egészben közrefogott tér vízszintes vetületben számított területe” [20]. A teljes iroda belmagassága nagyobb, mint 1.90 méter (10. ábra). Jogszabály szerint a területszámítást centiméter pontossággal kell megadni, ezért az manuálén centiméterre kerekítve ábrázoltam a méreteket.



10. ábra: A mintaterületről készült manuálé lézeres távmérő feldolgozásához.

Jelmagyarázat: sraffozás: fal, piros: falvastagság mérete, zöld: belmagasság, nyílászárók: folyamatos vonal: ablak; szaggatott vonal: ajtó.

A kézi távmérős mérés során manuálét kell készíteni, ami a helyszíni mérések térbeli vázlatát adja. A hasonló munkák során mindenképpen ügyeljünk a jó manuálé elkészítésére, mivel egy jó rajz könnyebbé teszi számunkra a beszerkesztést, vagy az esetleges ellenőrzési paraméterek leolvasását. Utca felől az iroda külső falainak lehatárolásánál kicsit gondban voltam, mivel az épület külső vakolata, és díselemei miatt nem tudtam egyértelműen lehatárolni a fal szélességét. Az 1. számú vonalnál jelölt szomszédossal (azonos helyrajzszám, viszont másik albetét) határos fal vastagságát nem tudtam beazonosítani (11. ábra), a 2. számú vonallal jelölt (ez a fal másik házszám

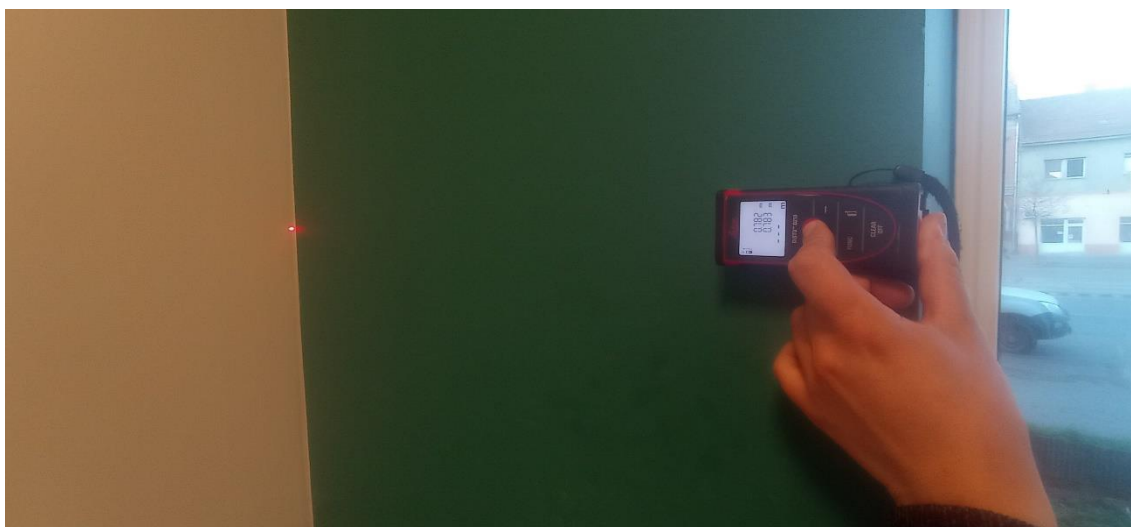
épületének falával határos) falsíkot a belső és a külső falkontúrok különbségéből tudtam számítani, ami 46 cm falvastagságot adott meg.



11. ábra: A szomszédokkal határos fal jelölése az utcafront felől.

A hasznos alapterület számításnál az iroda alaprajzát kell meghatározni, ami egy 2D-s síkrajzot fog megadni nekünk. Az iroda külső falainál a pontos szélességet az utca és az udvar felől tudtam meghatározni részben, szerencsére a belső helyiségek falait könnyebben tudtam lemérni. Mérés közben figyelni kell, hogy kezünk ne mozogjon, illetve a megmérni kívánt felületre közel derékszögben érkezzen a vetített lézer. A mérés során figyelnem kellett a különböző mérést befolyásoló tényezőkre, pl.: vízcső, egyéb irodai tartozékok vagy ferde tartás esetén várható nagyobb távolság. Az utóbbi hiba kiküszöbölése érdekében ugyanazt a távot 2-3 alkalommal mértem le, és az értékek számtani közepét vettem végeredménynek. Legegyszerűbben a kézi távmérő falra szorításával tudtam megbízható távolságokat kapni (12. ábra).

A lézerszkenneres és a telefonos mérések referenciájaként ügyelnem kellett arra is, hogy könnyen elérhető, azonos magassági szinteken határozzak meg méreteket, mivel előfordulhat, hogy a függőleges fal nem egyenletesen vastag, vagy a sarkok nem derékszögben állnak egymáshoz képest, ezért minimális méretbeli különbséget ez is okozhat.



12. ábra: Kézi távmérővel távolság mérés a gyakorlatban.

Az 1. iroda esetében vállmagasságban (kb. 1.5 méter) tudtam a falak méretét levenni, ez egy ideálisan mérhető helyiség volt, nem volt sok tényező, ami befolyásolni tudta volna a mérésemet. A 2. iroda mérésénél nehezebb volt a dolgom, mivel a falaknál 2.6 méter magasságig beépített szekrények vannak, amiket nehéz lett volna elpakolni, illetve szemléltetésképp maradtak bent, bemutatva egy ilyen munka során előforduló nehézségeket. A szekrények felett kb. 60 cm-es sávban tudtam a kézi távmérővel mérni, így távolságokat ebben a sávban rögzítettem (mérés a függőleges falon kb. 3 méter magasságban történt). A lézerszkennerek és a telefon pontfelhőiben ez a sáv részben takart, ami kissé megnehezíti majd a kiértékelést. A konyha esetében kevés csupasz falfelület volt, de sikerült itt is vállmagasságról vennem falméretet. A zuhanyzót, a wc-t és a teraszt is felmértem (ezzel együtt megtudtam határozni az udvar felőli külső falvastagságot), viszont itt lézerszkennerekkel nem készült mérés. A manuálén az utóbbiakban említett helyiségeket is feltüntettem. A különböző mérési eljárások összehasonlítása a falvastagságok, és a nyílászárók helyzetének elcsúszása és a hasznos alapterület meghatározása szerint fog megtörténi.

Hasznos alapterület	1. iroda	2. iroda	konyha	wc	zuhanyzó	terasz	lépcső
53.99 m ²	24.65 m ²	21.16 m ²	4.18 m ²	1.26 m ²	2.74 m ²	7.21 m ²	1.5 m ²

2. táblázat: A helyiségek lézeres távmérő alapján meghatározott hasznos területe.

6.2. Lézerszkennер

6.2.1. Leica P40 lézerszkennер tulajdonságai

A szakdolgozatomban szerencsém volt egy Leica P40 típusú lézerszkennерrel is mérést végezni. Nagy tapasztalatom nem volt még a használatához, javarészt Hanó Péter tanácsaival, útbaigazításaival tudtam elvégezni a mérést. Földmérők közül kevesen használnak lézerszkennert a műszer költsége miatt, illetve csak specifikált munkafolyamatok során van értelme a műszert alkalmazni. A Leica P40 tökéletes polgári infrastruktúra 3D modellezésére, ipari komplexumok belső tereinek felmérésére, bűncselekmény helyszínének rekonstruálására, illetve BIM modellek készítésére. A Leica P40 egy ToF elven működő lézerszkennер.

A lézerszkennер technikai adatai:

- látómező: 360°x290°(horizontális/vertikális), közvetlen hajtású, parallaxismentes függőlegesen forgó tükör, vízszintesen forgó fejezet. Szkennelés során képes forgó és oszcilláló mozgásra, így nem szükséges 360°-ban forognia a műszernek.
- kamera: színérzékelős, video streamelés a teljes kupolán, egy kép 17°x17° méretű rész a látómezőből, 1920x1920 felbontású (4 MP), HDR minőségű képkészítés, teljes látómezőben 274 képet készít a korrigált térben.
- pontossága: (78% albedonál): felbontás 1.2 mm +10 ppm, 8" / 8" (40 µrad / 40 µrad) szögpontosság, 3D mérés pontossága: 3 mm 50 méteren, 6 mm 100 méteren. Irányzás során maximum 75 méter a megengedett, 2mm a szórás 50 méternél.
- tárhely: 256 GB SSD, külső adathordozó, PC csatlakozható USB-n keresztül.
- kijelző: vezérlést elősegítő érintőpanel található a 2 oldalán, ami érintőképernyős, színes, VGA felbontású (640x480 pixel).
- kompenzátor: 2 tengelyű kompenzátor ki/bekapcsoló funkció, pontossága 1.5".
- lézer egység: az 1. lézerosztályba soroljuk IEC 60825-1 szabvány szerint, hullámhossz: látható tartomány: 658 nm, láthatatlan tartomány: 1550 nm.
- hatótáv: minimális hatótáv: 0.4 m, maximális hatótáv: 270 m, amit a visszaverődési tényező befolyásol.
- távmerési zaj: 0.4 mm 10 m-en, 0.5 mm 50 m-en.

- üzemidő: a műszerhez 4 akkumulátor van, működés közben 2 akkumulátorral is működik, ha véletlen lemerülne az egyik, akkor ki lehessen cserélni. A 4 akkumulátorral összesen 5,5 óra az üzemidő.
- hőmérséklet: -20 és 55 C° között használható a műszer.
- egyéb: IP54 (IEC 60529 szabvány) szerint por és vízálló.
- szkenelési idő: különböző felbontásban 3. táblázat leírtak szerint. [21] [22]

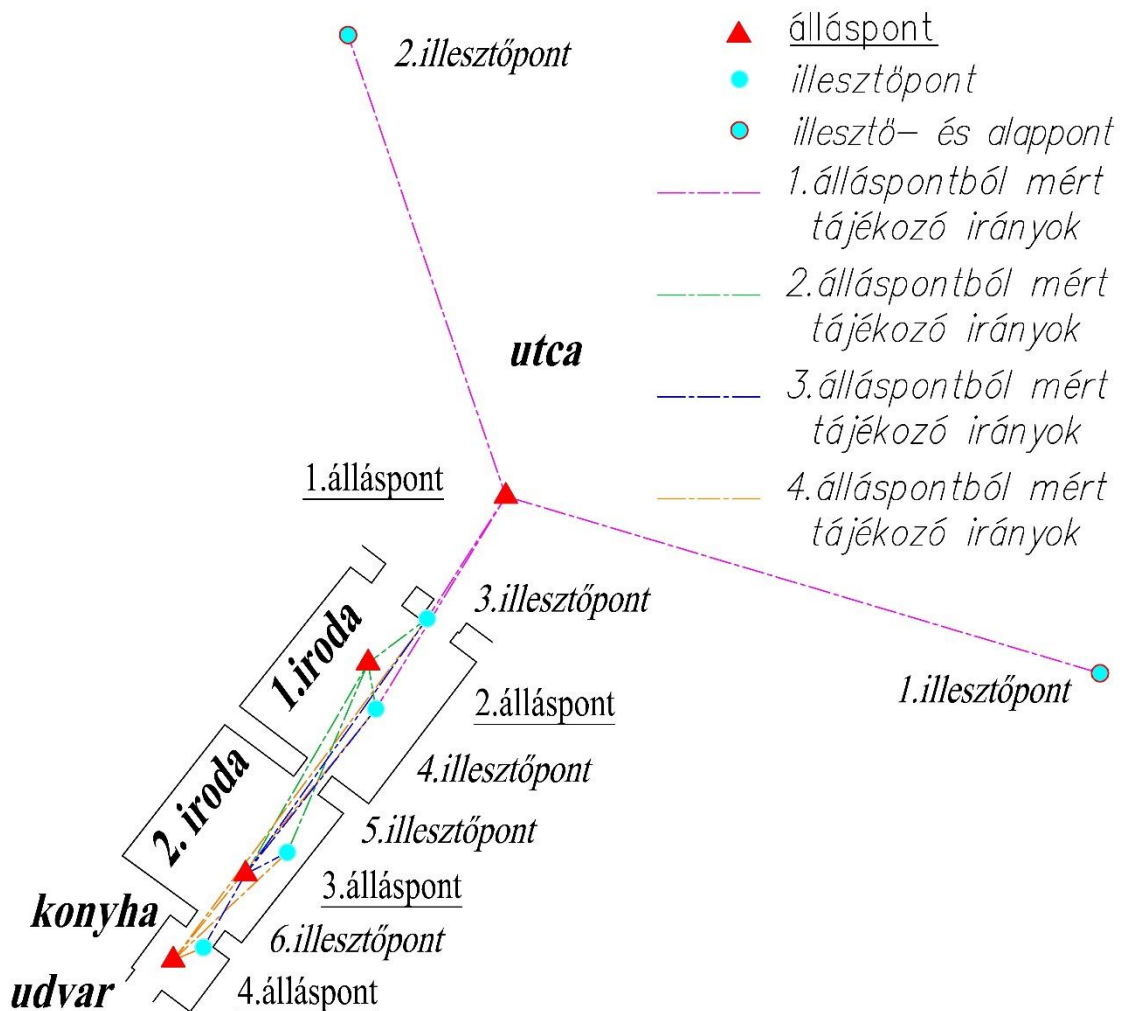
Szkenelési időtartam sebesség módban			Szkenelési időtartam távolság módban		
Felbontás [mm @ 10 m]	Becsült szkenelési időtartam [ÓÓ:PP:MM] teljes kupolapásztázás @ érzékenységi szint		Felbontás [mm @ 10 m]	Becsült szkenelési időtartam [ÓÓ:PP:MM] teljes kupolapásztázás @ érzékenységi szint	
	normál	magas		normál	magas
50	0:00:20	0:00:20	50	0:00:20	0:00:28
25	0:00:33	0:00:33	25	0:00:33	0:00:53
12.5	0:00:58	0:00:58	12.5	0:00:58	0:01:44
6.3	0:01:49	0:03:25	6.3	0:01:49	0:06:47
3.1	0:03:30	0:13:30	3.1	0:06:47	0:26:59
1.6	0:13:33	0:54:06	1.6	0:27:04	1:48:12
0.8	0:54:06	3:36:21	0.8	1:48:12	3:36:21

3. táblázat: Leica P40 szkenelési ideje különböző beállítás és felbontás szerint. [21]

6.2.2. Mérés megtervezése

Első folyamat a mérés megtervezése volt. A dolgozatban EOY y,x,M koordinátát határoztam meg GNSS eszközzel, az országos magassági alapponthálózatba (EOMA) csatlakoztatásához a környékbeli falicsapról szintezési vonal meghatározásával tudunk Balti magasságot meghatározni, de a dolgozat keretein belül elég a már említett módszerrel meghatározott koordinátákkal számolni. Három helyiséget mértem fel, és az utcán is kellett létesíteni egy állást, mivel a 2 ismert pontot csak az utcán tudtam állandósítani és meghatározni GNSS módszerrel, amikre az irodából nem láttam volna rá tisztán. A wc és a zuhanyzó helyiségeket nem szkeneltem be, illetve a hátsó udvarban sem létesítettem álláspontot. Ennek oka az, hogy helyiségek túl kicsik voltak, nem kaptunk volna megfelelő pontfelhőt a modellhez, nagyon sok lett volna kitakarás, és nem tudtam volna megfelelően elhelyezni az illesztőpontokat. A tervezésnél ügyeltem az illesztőpontok megfelelő rögzítésre, így arra törekedtem, hogy minden álláspontnál 4 illesztőpontot tudjak meghatározni. Erre azért van szükség, mert egyrészt így tudom

összeilleszteni a különböző álláspontok pontfelhőit, másrészt az EOVBa illesztéshez szükség van az utcán létesített alappontok meghatározására, ami után az egész pontfelhőt már be lehet transzformálni EOVBa rendszerbe (földhivatali vektoros állományokat EOVBa rendszerben kell meghatározni). Az álláspontok, illesztőpontok, alappontok helyzetét és az álláspontokról meghatározott tájékoztató irányokat a 13. ábra mutatja be. A teljes felmérést 4 álláspont és 6 illesztőpont (amelyből 2 alappont) létesítésével végeztem el. A mintaterület nagysága miatt, alapfelületi redukciót és hossztorzulást nem kellett figyelembe vennem. Az alappontokat szöggel és festékkel jelöltem meg (14. ábra).



13. ábra: Megjelenítő vázlat a lézerszkennerral végzett mérésről.



14. ábra: Alappont meghatározása CHC-GNSS vevővel és jelölése.



15. ábra: 1. álláspontnál az irodában elhelyezett 2 jeltárcsa rögzítése.

6.2.3. 1. álláspont

Az első álláspontnál kint az utcán álltam fel, az iroda bejáratától pár méterre. Az 1. irodában 2 jeltárcsát helyeztem el (15. ábra), amire az utcáról ráláttam, az utcán pedig az alappontokra pontra állással helyeztem el további 2 jeltárcsát (16. ábra és 17. ábra). A négy jeltárcsa elhelyezése után szabadállásban állítottam fel a lézerszkennert ügyelve arra, hogy minden jeltárcsára rálássak. A felállítás után bekapcsolva a műszert beállítottam a dőléskompenzátort, a további beállításokat az érintőpanelen navigálva tudtam megadni. A méréshez 6.3mm @ 10m felbontást állítottam be, az ilyen munkához és egy ekkora mintaterülethez elég ez a beállítás.



16. ábra: Az 1. álláspontunkról rálátás az 1. alappontra.



17. ábra: Az 1. álláspontról rálátás a 2. alappontra.

A felbontás után műszernek megadtam, hogy a teljes látómező tartományában készítse el a mérést. Lényegében mindegy milyen pozícióban áll a műszer fejezete, horizontálisan 360 fokban (nem fordul teljes körbe a műszer, elég neki csak 180 fokban), vertikálisan 290 fokban, kúp alakban végez pásztázást. Választani tudunk, a szkennelés, illetve a szkennelés és kép mérési feladatok között. A szkennelés beállítása csak a térből „képez” le nekünk egy pontfelhőt, míg utóbbi beállítás képeket is készít a pontfelhő mellé. Én mindig a második opciót választottam, lefutási ideje 8 perc 47 másodperc. Ha csak az 1. opciót választjuk, annak lefutási ideje 1 perc 49 másodperc. Szkenner a képek készítésénél 274 db képpel fedte le a látómezőt, viszont ezek a képek elhalványultak, fehér képként jelentek meg. Ennek oka, hogy kültéren bezavar a fény, viszont beltérben nincs zavaró tényező, a kamera RGB színskálán megfelelő képeket készített. (18. ábra)



18. ábra: A lézerszkennerek képei közötti különbség bel-, illetve kültéren.

Az ábrán látható hol is álltam fel a műszerrel, alatta egy fekete kör látható, ami a műszer holttere (vertikálisan ez az a 70 fokos szög). Pásztázás végeztével a mérésben navigálva a cél megjelölése funkcióval tudtam megadni a tájékozott pontokat. A kijelölésnél itt 2 alappontot, és az irodában elhelyezett 2 illesztőpontot jelöltem ki. A jeltárcsa középpontját elég közelítőleg megadni, később a szoftver pontosan a jelölt pontra tudja illeszteni a pontfelhőt. Nem várható külső tényezők is befolyásolhatják az eredményt (19.ábra), látható, ahogy a szkennelés közben a műszerlábban álló jeltárcsa és a műszer között elhaladó 2 személy, majdnem kitarthatja az alappontot. Az ilyen hibák kiküszöbölése miatt figyeltem, hogy pásztázás közben ne mozogjak a műszer látómezőjében.



19. ábra: Tájékoztató irányhoz a jeltárcsa kijelölése, és váratlan külső tényezők bemutatása.

6.2.4. 2. álláspont

A második állásponthoz az 1. irodában álltam fel (13. ábra). A műszer felállításánál tisztán láthatónak kellett lennie az 1. állásból bemért 3. és 4. illesztőpontnak (20. ábra), illetve mérés iránnyal előre haladva a 2. irodahelyiségben elhelyezett 5. illesztőpontnak, és konyhában hűtőre rögzített 6. illesztőpontnak (21. ábra). A műszer felállítása után ugyanazokat a beállításokat adtam meg neki, amit az 1. állásnál. A szkennelés és képek készítése ugyanúgy 8 perc 47 másodperc alatt készült el. A képek itt már tisztábbak, viszont az utca felől az ablakokon bejövő fény itt is elhalványított néhány képet. Ami még probléma volt, hogy az iroda bejárati ajtaját nyitva kellett hagynom, és az ajtó miatti takarásban lévő részt nem tudta pontosan bemérni a műszer. Hasonló probléma még az irodabútorok miatti kitakarás is, de alaprajzhoz számunkra bőven elég a bemért felület.



20. ábra: Az 1. irodában felállított műszer és a 1,2 illesztőpontok helye.



21. ábra: Az 1. irodában felállított műszer és a 2,3,4 illesztőpontok helye.

6.2.5. 3. álláspont

A 3.állásponthoz a 2.irodában álltam fel műszerrel. Rálátás kellett 1.irodában a 3,4 illesztőpontokra, és konyhában a 6.illesztőpontra. Az 5. illesztőpontnál viszont arra kellett figyelni, hogy ne álljunk fel túl közel hozzá, mivel akkor nem lesz megfelelő a jeltárcsa azonosítása (13. ábra). A szkenneléshez ugyanazokat a beállításokat használtam, ahogy eddig, a 274 kép közül kevés volt értékelhetetlen. A helyiség falainál minden oldalról kb. 2.7 méter magas masszív polcrendszerek állnak, átpakolása nagy munka lett volna, ezért ez a helyiség így került bemérésre. A kitakarások javarészt a polcok miatt alakultak ki, 2 oldalról nyitott közlekedő helyezkedik el nyílászárók nélkül.

6.2.6. 4. álláspont

A 4. állásponthoz a konyhában álltam fel műszerrel, a helyiség eléggé kicsi, ~4.2 m². A beállításokat a szokásos módon adtam meg. A 3,4,5 számú illesztőpontokra mértem vissza, a műszert feltudtam úgy állítani, hogy a hűtőre rögzített 6. illesztőpont még a megfelelő módon mérhető legyen. Kisebb berendezési tárgyak takartak ki minimális felületű részeket. Néhány kép itt is elhalványodott az ablak és az üvegajtó miatt.

6.2.7. 5. és 6. álláspont

Elvégeztem még kettő mérést, itt viszont csak felállítottam a lézerszkennert és két külön felbontásban szkenneltem be az 1.irodát. A két álláspont műszerlábon ugyanabban a pozícióban került rögzítésre. Az 5.álláspont 3.1mm @ 10m felbontásban, csak szkennelési feladat beállításával készült el 3 perc 30 másodperc alatt. A 6.álláspont 12.5mm @ 10 m felbontásban készült el 58 másodperc alatt. A 5. állásnál 133396529 pontból, a 6. állásnál 9190325 pontból készült el a pontfelhő. A két pontfelhő pontmennyisége között 14.5-szeres eltérés van.

6.3. Iphone 12 Pro

A szakdolgozat elkészítéséhez ez a munkarész okozta a legnagyobb fejtörést. A 4. fejezetben taglaltam az Iphone technikai hátterét, amiből kinyerhető 3D pontfelhőt tudunk létrehozni. Mérés során szembesültem vele, hogy nem szimplán a telefon LiDAR kamerájával, és annak stabilizálásával lesznek gondok, hanem maga a telefonban mérést feldolgozó alkalmazásokkal is. Az Apple Store-ból letöltöttem több alkalmazást is a célból, viszont a legtöbb alkalmazás nem a műszakilag jól kezelhető pontfelhő létrehozására lett kitalálva. Az ilyen alkalmazások főként a VR-t fejlesztik fel, olyan módon, hogy ez szemmel láthatóan is bemutassa a valóságot (AR).

6.3.1. 3D Scanner App és Scaniverse

Sok letöltés és próbálgatás után a végső méréseket a 3D Scanner App és a Scaniverse ingyenes alkalmazásokkal végeztem el. A fizetős alkalmazásokat is megnéztem, de nem találtam olyat, ami jobb végeredményt produkálna ezektől az alkalmazásoktól. A próba mérések során azt vettem észre, van különbség a végtermék között egyrészt, másrészt a 3D Scanner App-ban sokkal több beállítási lehetőséget lehet megadni, és az exportálási kellék paletta is sokkal szélesebb.

A Scaniverse beállításai korlátozottabbak, a beállításokat módosítani szinte nem is lehet, és a számunkra felhasználható fájlok közül csak las formátumot képes kimenteni.

A 3D Scanner App-ban lehetőségünk van felbontási minőséget, felbontási értéket is beállítani, és külön beállítást is megtudunk adni a felmérés nagysága szerint. Itt csak a végtermék és a beállítások miatt teszünk különbséget. Az exportálási termékpaletta is nagyobb, las formátum mellett tudunk kimenteni szöveges fájl formátumokat (txt, pts, ply) és egy még elterjedt formátumot, az e57-t is.

A két alkalmazás között legnagyobb különbség, hogy a Scaniverse-ben a mérés felbontását csak a modell nagysága alapján, a végén adja meg, ezt nem is tudjuk módosítani, míg a 3D Scanner App mérés megkezdése előtt betudjuk állítani (legkisebb 5mm, legnagyobb 50mm) milyen felbontásban készítse el a modellt. A telefon hatótávolságát mérésnél mindkét alkalmazásban be lehet állítani, az első két próbálkozásnál 5 méteres hatótávolságot állítottam be.

6.3.2. Az 1.mérés (3D Scanner App) és a 2. mérés (Scaniverse)

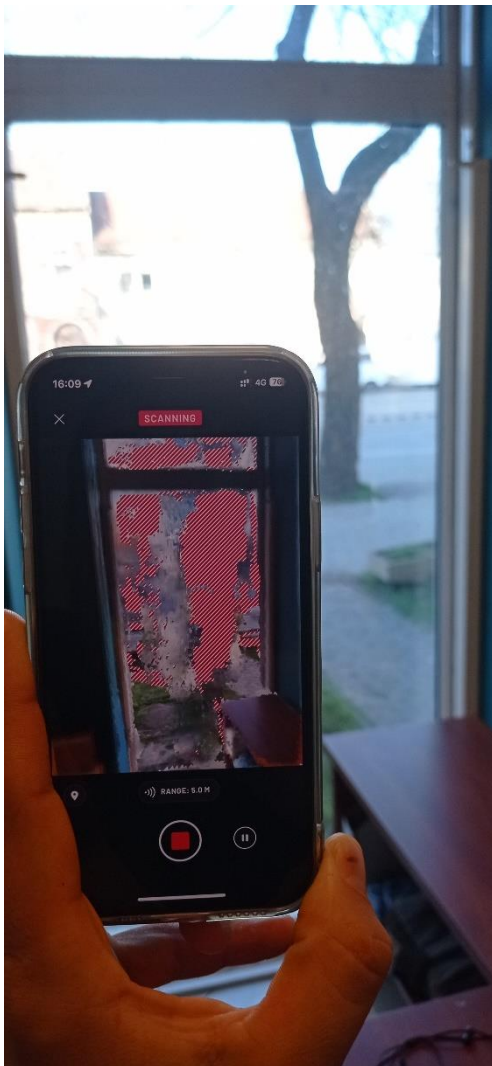
Az első mérést 3D Scanner Appban készítettem el, az egész irodát felmértem egy modellben, két felbontásban (10mm és 15mm). A las fájlt megnyitva nagyon sok elmosódás és hamisan kivehető objektumok szerepeltek a pontfelhőben. A mérés során szabad kézzel és gyorsan pásztázva haladtam, így következő alkalomra javítottam a módszeren.

A második alkalommal a Scaniverse alkalmazást használtam, több időt fordítottam a mérésre, és jobban figyeltem a hirtelen kézmozdulatokra. Igyekeztem az élek körül többször, több oldalról végig menni, és a mérendő objektumokat úgy mértem fel, hogy a telefon közel párhuzamos legyen a mérendő felülettel (így érkezik a felületre derékszögben a lézer). A megfelelő eredmény eléréséhez minél több fény szükséges, ezért felkapcsolt villannyal, nappal készítettem a mérést. A helyiségekben próbáltam még a lézerszkennelés alatt álló állapotot meghagyni, a pontfelhők összehasonlítása érdekében. Az előző mérésből levonva a tanulságot, helyiségenként készítettem el a modellt (4. táblázat). A helyiségek területét a kézi távmérős területszámításból vettem át területeket.

Helyiségek (területük)	Teljes iroda (53.99 m ²)	Utca front (kb. 35 m ²)	1. iroda (24.65 m ²)	2.iroda (21.16 m ²)	Konyha (4.18 m ²)
Idő	23 perc	4 perc	6 perc	10 perc	5 perc
Felbontás	35 mm	25 mm	25 mm	25 mm	15 mm

4. táblázat: Scaniverse alkalmazásban a helyiségek felméréshez szükséges idő és kiexportálási felbontás bemutatva.

A felbontási paraméter nem állítható be az alkalmazásban, modell a végeredményre javasolt felbontási értékekkel tudtam csak kiexportálni. A táblázat alapján látható, hogy a mérési idő terjedelme hatással volt a felbontásra is. A tér egyszeri pásztázása után gondot okozott, ha még egyszer áthaladtam ugyanazon a felületen, mivel azt felülírja ilyenkor, és ronthat is az eredményen, ezért igyekeztem jobb geometriai paraméterekkel haladni az ilyen felületeknél. Az üveg felületek is gondot okoztak, nem verődtek megfelelően vissza telefonba a lézersugarak. (22. ábra). A 23. ábra mutatja az alkalmazás kezelőfelületét mérés közben, a piros sraffozás a hatótávolságon kívüli teret és felületeket mutatja.



22. ábra: Scaniverse alkalmazásban a hatótávon belüli üveg szkennelése.



23. ábra: Scaniverse alkalmazásban látható a hatótávolság megjelenítése.

6.3.3. A harmadik mérés (3D Scanner App és Scaniverse)

A második mérés feldolgozása és az EOV-ba transzformálás során nem kaptam kiváló eredményeket, és mindenképpen a maximumot akartam kihozni a dologból ezért még kutattam a témában. Az eddigi mérések alapján a legnagyobb problémákat a hirtelen kézmozdulatok, a nagyon sarkos, több szögletű felületek és egy felület többszöri újra pásztázása okozza egy modellen belül. Egy internetes felületen találtam egy bejegyzést, ahol az Iphone 12 Pro LiDAR szkenneléséről és annak eredményeiről volt szó, amit Homoródi Szabolcs, végzett földmérő írt. Szerencsémre Szabolcs rendkívül készséges és segítőkész volt, tudtam vele egyeztetni telefonon a

szerzett tapasztalatokról és módszerekről. A beszélgetésből szerzett információkból kiindulva, egy harmadik mérést is megcsináltam, itt már a telefont Gimbal segítségével rögzítettem, és nem teljes helyiségeket szkenneltem be, hanem próbáltam egy alaprajz formát meghatározni, egy keskeny sávot bemérni, hasonló módon ahogyan a kézi távmérős mérésnél is történt (lásd: 6.1.2 fejezet).

A Gimbal egy olyan stabilizátor, ami mozgás közben telefonnal nem engedi a hirtelen mozdulatokat, azokat úgymond kompenzálja a térben bármilyen irányban. Az egyik kollegámtól tudtam kölcsönkérni egy Gimballt, így egy gyorstalpaló után el is tudtam kezdeni vele a mérést.



24. ábra: Modell készítése Gimballal 3D Scanner App-ban.



25. ábra: Modell készítése Gimballal Scaniverse alkalmazásban.

A harmadik mérést mindkét alkalmazásban elvégeztem (24. ábra és 25. ábra). Itt már újra terveztem a mérési folyamatot, nem teljes helyiségek pásztázására koncentráltam, hanem próbáltam kisebb sávokat, viszonylag jól beazonosítható részét mérni a helyiségeknek. Itt már az irodába bevitettem a laptopot és néztem is exportálás után van-e olyan modell, amit jobban is meg lehetne csinálni. Ilyenre szerencsére nem sok példa volt, kiértékelhető állománynak elfogadtam, amiket kaptam. Modellenként igyekeztem négy jól meghatározható terepi felületet is bemérni, mivel az EOV illesztéshez jól azonosítható pontpárookra van szükségem. Ezenfelül bemértem a wc, zuhanyzó, és a terasz helyiségeket is. Az 5. táblázatban felsoroltam a különböző helyiségről kiexportált modell felbontását. Az időt nem jegyeztem fel, pár perc alatt kész voltam egy méréssel, így nem tartottam számottevőnek a rögzítését.

Helyiségek (területük)	Utca front (~35 m ²)	1. iroda (24.65 m ²)	2. iroda (21.16 m ²)	Konyha (4.18 m ²)	Terasz (7.21 m ²)	WC (1.26 m ²)	zuhanyzó (2.68 m ²)
3D Scanner app	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Scaniverse	12 mm	15 mm	15 mm	12 mm	8 mm	8 mm	8 mm

5. táblázat: A harmadik alkalommal készített modellek felbontásának összehasonlítása.

7. FELDOLGOZÁS

Egy 3D pontfelhőnél nem elhanyagolható a szempont feldolgozáshoz szükséges megfelelő szoftverek kiválasztása. Én ehhez a feladathoz Leica fejlesztésében a Cyclone 3D Point Cloud nevű szoftvert és a DigiCart Kft termékét, a Point Cloud Scene (továbbiakban: PCS) nevű szoftvert választottam. Ennek oka, hogy Cyclone licensszel rendelkezett a cégem, így kézen fekvő volt, hogy a feldolgozáshoz használom a programot. A DigiCart pedig tanulmányi felhasználásra, a szakdolgozat erejéig szolgáltatott számomra PCS szoftver használatához szükséges licenz elérhetőséget.

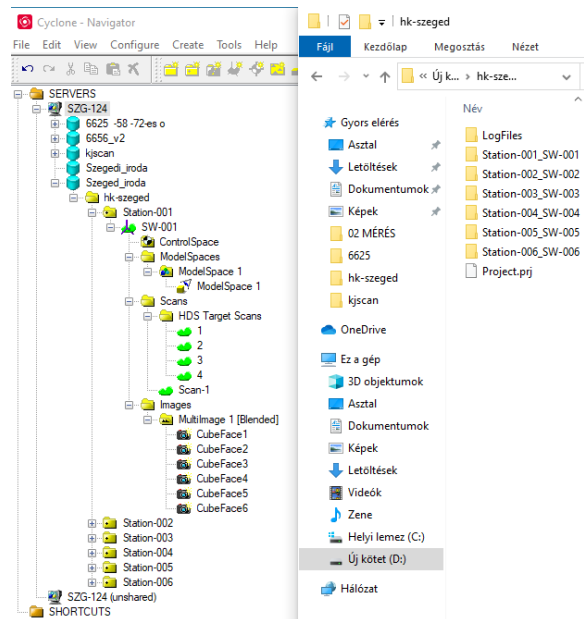
7.1. Cyclone

A Cyclone nevű szoftver a Leica termékcsaládhoz tartozik, nagyon összetett, kompakt program, tökéletesen kielégíti a felhasználók irodai kiértékeléshez szükséges megoldásokat. Terepi felmérést Cyclone-ban több fajta komponenssel tudjuk szerkeszteni, módosítani, a fő szoftverhez sok kiegészítés található, ami a földmérési alapfeladatokról kezdve, gépész-, és építőmérnöki feladatok is könnyedén megoldhatóak. Az alapszintű felhasználói szoftverhez van a munkahelyemnek licenz jogosultága, viszont gond számomra, hogy az adott gép, amin elérhető volt a program az Székesfehérváron volt, én meg Szegeden élek, így a mérést csak távoli vezérléssel tudtam elérni.

Cyclone-ban a lézerszkennerek különböző álláspontjaiból bemért pontfelhőket illesztettem össze, és az alappontok meghatározásával EOVBa illesztettem mérésemet. Első lépés volt kiexportálni a szkennert, ezt kábel és pendrive segítségével elvégezhető, én az előbbi opciót választottam, mert így gyorsabban történt gépre az állományok exportálása. Minden álláspontnak saját mappája van, benne a képekről egy mappa (274 képpel), egy a pontfelhőt tartalmazó mappa, amiben 2 bin fájl van, és az illesztőpontok azonosításához megadott jeltárcsákról külön-külön mappa, benne egy bin fájlal.

Alapértelmezett beállításokkal létrehoztam egy geodatabase-t, amibe beimportáltam a mérésem mappáit. A program nagyon jól és értelmezhetően kezeli a Leica lézerszkennerekből egy az egyben áthúzott mappákat és benne található fájlokat. (26. ábra)

Az ábra a projektmappa behívása után készült, a szoftver mappaszerkezetét jeleníti meg a bin fájllokbók nyert adatok alapján. Az álláspontok külön-külön mappában vannak, először nyílik egy ScanWorld fül, amit egy munka állománynak lehet tekinteni. ScanWorld-on belül van egy ControlSpace, egy Modelspace, egy Scans és Images fül. Számunkra csak a ControlSpace és a Modelspace menük lesznek fontosak.



26. ábra: Cyclone-ba importált nyers adatok mappaszerkezete.

7.1.1. Pontfelhők összeillesztése

A geodatabase ikonra kattintva létrehoztam egy új regisztrációt (Registration), a felugró ablakban továbbá a Scan World fül alatt létrehoztam egy új Scan Worldot. Itt ki kell választani melyik állományokat akarom használni a regisztráció során, amihez az 1.-4. álláspontok ScanWorld-jeit adtam meg. A ScanWorld Constraints fülön láthatjuk álláspontjaikat és benne az illesztőpontok attribútumait. Az illesztőpontok attribútumait a szkennerből exportált bin fájllokból hívja be a szoftver, és innen is tudja azonosítani a különböző álláspontokról megadott illesztőpontokat. A Constraint fülön az Auto Add Constraints (target ID only) kiválasztása után megjelenik az összeillesztett pontfelhő illesztési hibáknak a vektorai, amit a 4 állás állományából kaptuk meg. A szoftver számított eredményét a 27. ábra mutatja be. A látható hibákat elfogadtam, a mérést és az illesztőpontokat megfelelően csináltam, ezért a Registration fül alatt a register funkcióval rögzítettem az eljárást. A folyamat lezárásaként egy új ScanWorld-ot hoztam létre a Registration ablakban, ez már a teljes irodánkat lefedő pontfelhőt fog tartalmazni. A pontfelhő megtekintéséhez a mappaszerkezet fülön rákattintottam az újonnan létrehozott Scan-World-re, és Create Modelspace funkcióval létrehoztam a modellteret. Ezt megnyitva vizuálisan láthatjuk a modellt, későbbiekben minden pont kijelölése után a pontfelhőt ebben az ablakban tudtam kiexportálni.

Registration: Iroda_nyers

Registration Edit ScanWorld Constraint Cloud Constraint Viewers Visual Registration Help

ScanWorlds' Constraints Constraint List ModelSpaces

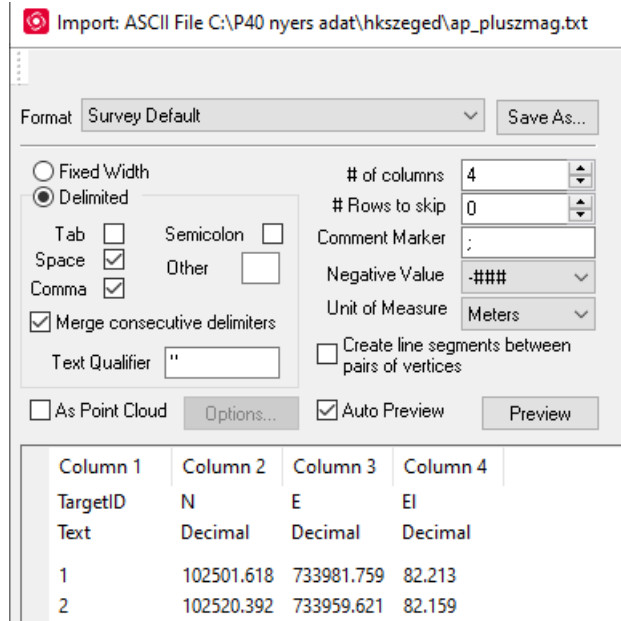
Groups/ScanWorlds/Constr...	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group Error	Group Error Vector
Ungrouped							
Station-001: SW-...							
Station-002: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, -0.002, -0.001) m	n/a	n/a
Station-003: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	n/a	n/a
Station-004: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.001) m	n/a	n/a
Station-002: SW-002 ...							
Station-001: S...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, -0.002, -0.001) m	n/a	n/a
Station-003: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.003, 0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.001, -0.003, -0.001) m	n/a	n/a
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m	n/a	n/a
Station-004: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.002, 0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.003, 0.000) m	n/a	n/a
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.001, -0.003) m	n/a	n/a
Station-003: SW-003 ...							
Station-001: S...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	n/a	n/a
Station-002: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.003, 0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.001, -0.003, -0.001) m	n/a	n/a
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m	n/a	n/a
Station-004: SW-...							
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, -0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
Station-004: SW-004 ...							
Station-001: S...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.001) m	n/a	n/a
Station-002: SW-...							
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.002, 0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.003, 0.000) m	n/a	n/a
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.001, -0.003) m	n/a	n/a
Station-003: SW-...							
6	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, -0.001) m	n/a	n/a
5	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.001) m	n/a	n/a
4	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a
3	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	n/a	n/a

27. ábra: Cyclone szoftver pontfelhők egyesítésének vektor hibái.

7.1.2. EOVS rendszerbe transzformálás

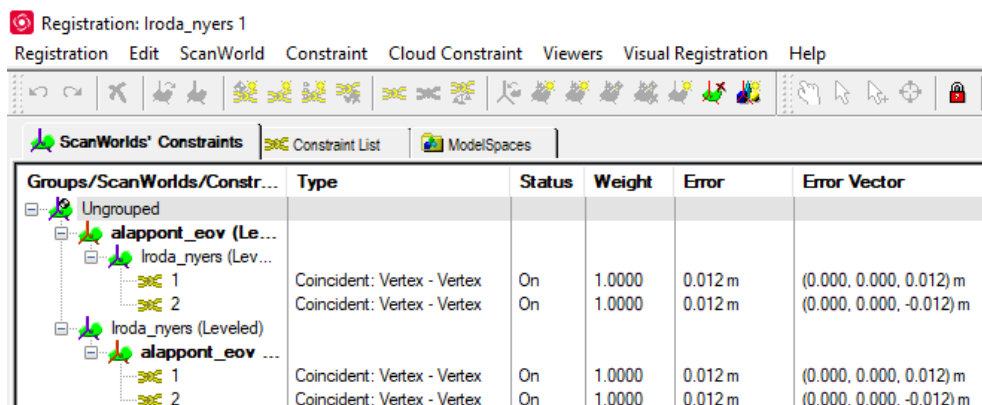
Az illesztőpontok ID-nál látható, hogy a 1. és 2. illesztőpontok nem kerültek bele a számításba, mert ezek az illesztőpontok nincsenek átfedésbe az állaspontok között, ezt a két ismert pontot csak az EOVS-ba illesztés miatt határoztam meg a mérésben. A modell eddig a lézerszkennert alapértelmezett koordináta-rendszerében van, most EOVS rendszerbe transzformálást nézzük meg. Először a CHC-ből kiexportált, két bemért ismert pontot

tartalmazó txt fájlt formáztam meg úgy, hogy importálható legyen Cyclone-ba (28. ábra). Ennél a lépésnél fontos, hogy a pontok sorszámát TargetID-ként adtam meg, különben nem illesztőpontként fogja érzékelni a program. A txt-t beimportálva a szoftver automatikusan csinált neki egy ScanWorld fület. Egy új regisztrációt hoztam létre, a regisztráció ablakban pedig 2 ScanWorld-ot adtam meg, az alappontokat és az illesztett nyers iroda modelljét. A regisztrációs ablakban a ScanWorld Constraints fülben kijelöltem az alappont Scan-



28. ábra: Az alappontok beimportálásnak beállításai.

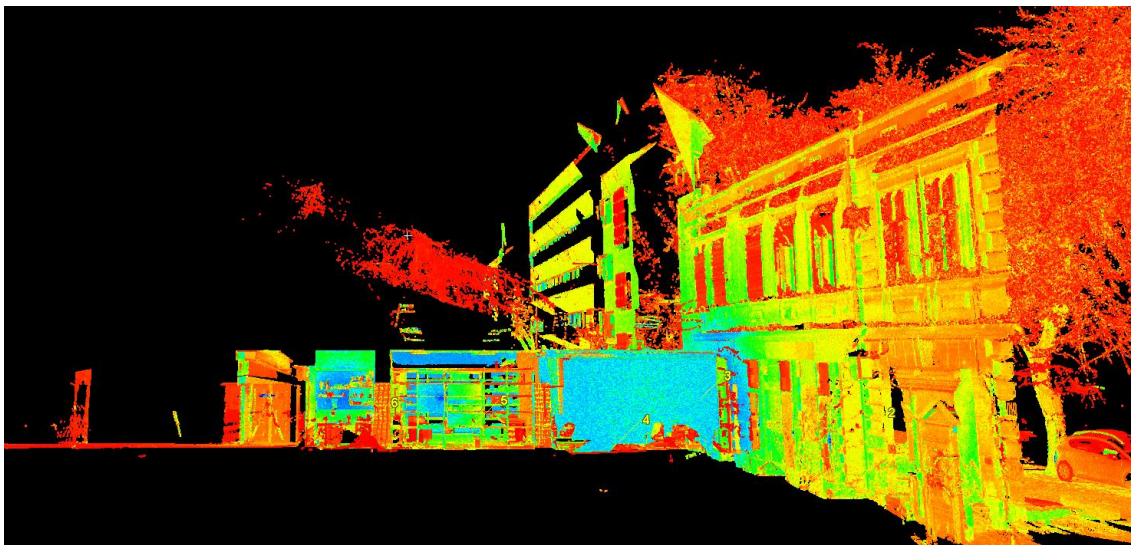
World-ot, majd az ablakban Constraint menüben az Auto Add Constraints (target ID only) parancsot választottam. Itt megadtam a jeltárcsa jelmagasságát, viszont így nem a jó magassági értékeket kaptam. A probléma az volt, hogy illesztési pontnak a jeltárcsa középpontját veszi, ha beállítom a jelmagasságot akkor viszont az egész mérést nem jól kezeli, nem megfelelően illeszti be magassági értelemben. A probléma kiküszöböléséhez CHC-val mért magassági koordinátaához hozzáadtam a jelmagasságot, és a megfelelő txt-hez már ezt importáltam be. A regisztrálás paranccsal így már elég jó értékeket kaptam, így ezt elfogadtam (29. ábra).



29. ábra: Az EOV-ba transzformálás vektor hibák értékei.

7.1.3. A lézerszkennер pontfelhőjének véglegesítése, tisztítása

Cyclone-ban összeillesztettem a pontfelhőt, EOVRendszerbe transzformáltam, de a modell még nem végleges, mivel a lézerszkennер rengeteg felesleges pontot mért be, amit az alaprajzhoz nem tudtam felhasználni, és szerkesztésnél nehezebb egy nagyobb állománnyal dolgozni. Az utolsó Scanworld-hoz készítettem egy új Modelspace-t, ami már a kiexportálható formátum lesz. Irodában a nyílászárók üvegei bezavarták a mérést és felesleges pontok képződtek le (30. ábra). Az ábrán oldalnézetből lehet látni a mérés terjedelmét, a pontok több mint 80%-t kellett törölnöm. A bal szélén látható piros, illetve narancssárga pontok üvegen áthatoló lézersugarak leképezésével keletkeztek. A Fence funkció használatával tudtam pontokat kijelölni poligonnal, és a körvonalon belül térben lévő pontokat pedig egy kattintással töröltem. A kész modellben kijelöltem az összes pontot, és pts formátumban exportáltam ki.



30. ábra: A pontfelhőben keletkező felesleges pontok és az üveg hatása a mérésre.

A kiexportált fájl X,Y,Z irányú helyi koordinátákat és intenzitás értéket tartalmaz. Intenzitás a lézer kibocsátásának „geometriájának” minőségét adja meg. Minél jobban derékszögben érkezik vissza műszerbe a lézer, annál jobb a pont intenzitása. Ez a tulajdonságot még a különböző anyagminőség is befolyásolhatja, ha az anyag minél jobban elnyeli a lézert, annál rosszabb az intenzitás. A kék színskálától kezdődnek a jó intenzitású és piros a rossz intenzitásértékkel rendelkező pontok (30. ábra).

7.2. Point Cloud Scene

A Digicart Kft mindenki számára ismerős, aki ITR programot használ. A Point Cloud Scene a szoftverhez nem is találtam leírást sehol, de szerencsére Pataki Zsolttal egyeztetve a cég biztosított nekem a szoftver bemutató oktatási lehetőséget. Egy munkatársuk, Trepák Attila mutatta be nekem a szoftver használatát.

A PCS-t pontfelhők feldolgozására, térinformatikai adatbázisok létrehozásának céljából fejlesztették magyar, illetve külföldi piacra. Képes pontfelhő típusú fájlokat, pl.: las, txt, pts, szerkesztett objektumú fájlokat pl.: shape, tájékozott fényképek és georeferált 2D beolvasására, illetve raszterek megjelenítésére, olvasására képes geometriai kiértékelés vagy attribútum adatok lekérdezésére. A fő pozitívuma a gyors, hatékony digitalizálás és a sztereografikus feldolgozási képesség. Egy állomány betöltésénél kettő ablak jelenik meg, egy kétdimenziós és egy háromdimenziós ablak. A kétdimenziós nézet navigációs műveletekre lehet használni, ami a teljes állományt megjeleníti. Itt tudjuk kijelölni azt a részt is felülnézetből, amit 3D-s nézetben szeretnénk megtekinteni, erre van egy ikon a parancssorban. A PCS abszolút előnye, hogy a két nézet ablaka szinkronban van így, ha plusz objektumot adok meg vagy módosítok, azt látom a 2D és a 3D nézetben is.

Az alap koncepció, amin elindultam az, hogy Cycloneban készített referenciaállományunk szerint a telefonos mérést is megfelelő koordinátájú alaprajzra tudom a térben elhelyezni. A PCS-ben a könnyen analizálható pontfelhőkön 2D és 3D nézetben kirajzolom vonal objektumokkal az alaprajzot, amit shape-ként tudok kimenteni. A shape formátumot fel tudja dolgozni az Autocad, így további szerkesztést Autocadben fogom folytatni. A végleges alaprajzot ITR-ben, a változási vázrajz formai követelményeinek megfelelően készítem el végeredményként.

7.2.1. Pontfelhő transzformálás

A lézerszkennert pontfelhője EOVS helyes koordináta-rendszerben, viszont a telefontól nem határoztam meg neki az irodában jelölt, fix pontokat, ami segítségével transzformálni tudnám a pontfelhőt. Maradt az a megoldás, hogy az EOVS helyes modell lesz a referencia állomány, és ehhez transzformáljuk be a telefon mérést azonosítható

terepi objektumok segítségével. Ehhez PCS-ben megnyitjuk a transzformálandó pontfelhőt, és az alábbi minta alapján 4 db, jól azonosítható pontpárt keresünk a két pontfelhő között:

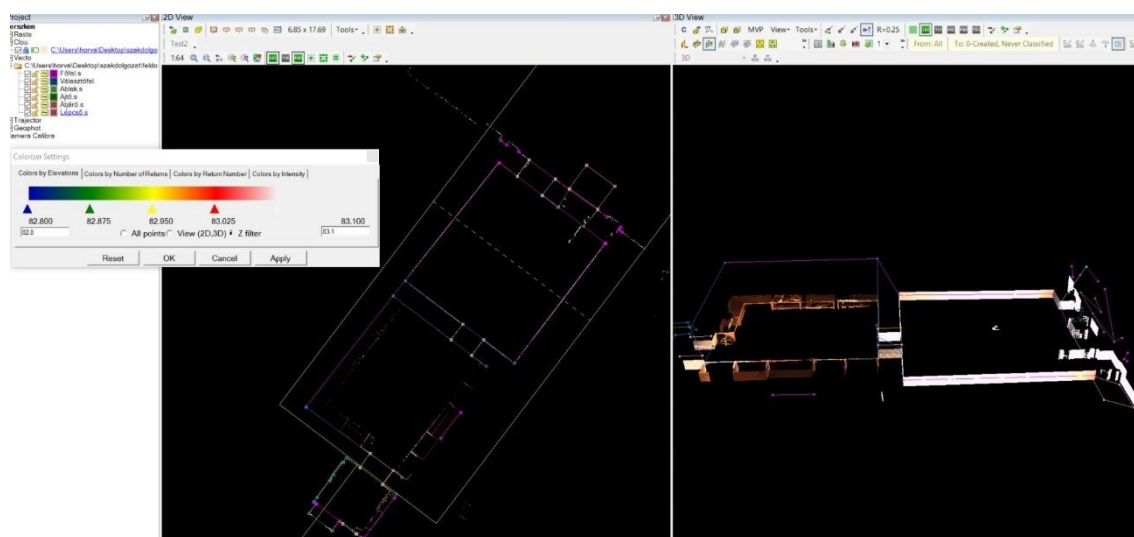
[helyi] 433467.42;5123514.78;83.54 _ 733958.02;102498.57;81.34 [eov]

Itt nagyon alaposnak voltam mert a nem jól azonosított pontok nagyon elrontják transzformálást, és akkor az egész pontfelhő torz lesz. Én olyan részeken kerestem azonosítható pontokat, mint pl.: ajtókeret széle, fal sarka, radiátor sarka stb. A négy pontpárt egy txt-be gyűjtöttem le és elindítottam a LocalCloud2Eov parancsot. A koordináták közötti elválasztó karakter megadásával lefuttattam a parancsot, és létre jött egy EOVS koordinátákat tartalmazó txt. Ezt tovább a Tools menüben a Convert txt to las paranccsal tudtam átkonvertálni las formátumba, mivel majd las formátummal fogok dolgozni. Ugyanezzel az eljárással konvertáltam át a Cyclone-ból exportált pontfelhőket is, csak ilyenkor pts formátumot kellett megadnom.

A végeredmény nem volt jó, pontfelhők teljes mértékben eltekeredtek Y,X, és M irányban is, ezért a telefonból kiexportált nyers pontfelhőkön szerkesztettem ki alaprajzot, az illesztéshez a különböző helyiségek 1-1 sarokpontját adtam meg, a forgatáshoz pedig egy fal irányát adtam meg referencia vonalnak. Így viszonylag szépen látszanak a körvonalak a lézerszkennerek és a Iphone modellje között.

7.2.2. Lézerszkennerek pontfelhő feldolgozás

Elsőként a lézerszkennerek pontfelhőjéből készítettem el az alaprajzot. PCS-ben először átkonvertáltam a pts formátumot las-ba, ami így már behívható a szoftverbe. A PCS-ben létrehoztam külön shape réteget az alaprajzi objektumoknak, és vonalláncokkal rajzoltam körbe a különböző elemek kontúr vonalait. A kézi távmérő méretek levételénél használt viszonyítási magasságok szerint szűrtem rá a pontfelhő magassági koordinátákra, ezzel megelőzve a fal ferdeségéből adódó eltéréseket (31. ábra). A kiszerkesztéshez 20-30 cm függőleges falfelület sávokra szűrtem rá, így a 2D nézetből jól elhatárolható pontok rajzolódtak ki a pontfelhőből, amiből a kontúr vonalakat be tudtam húzni. Könnyű dolgom volt, mivel a baloldali ablakban felülnézetből láthattam a

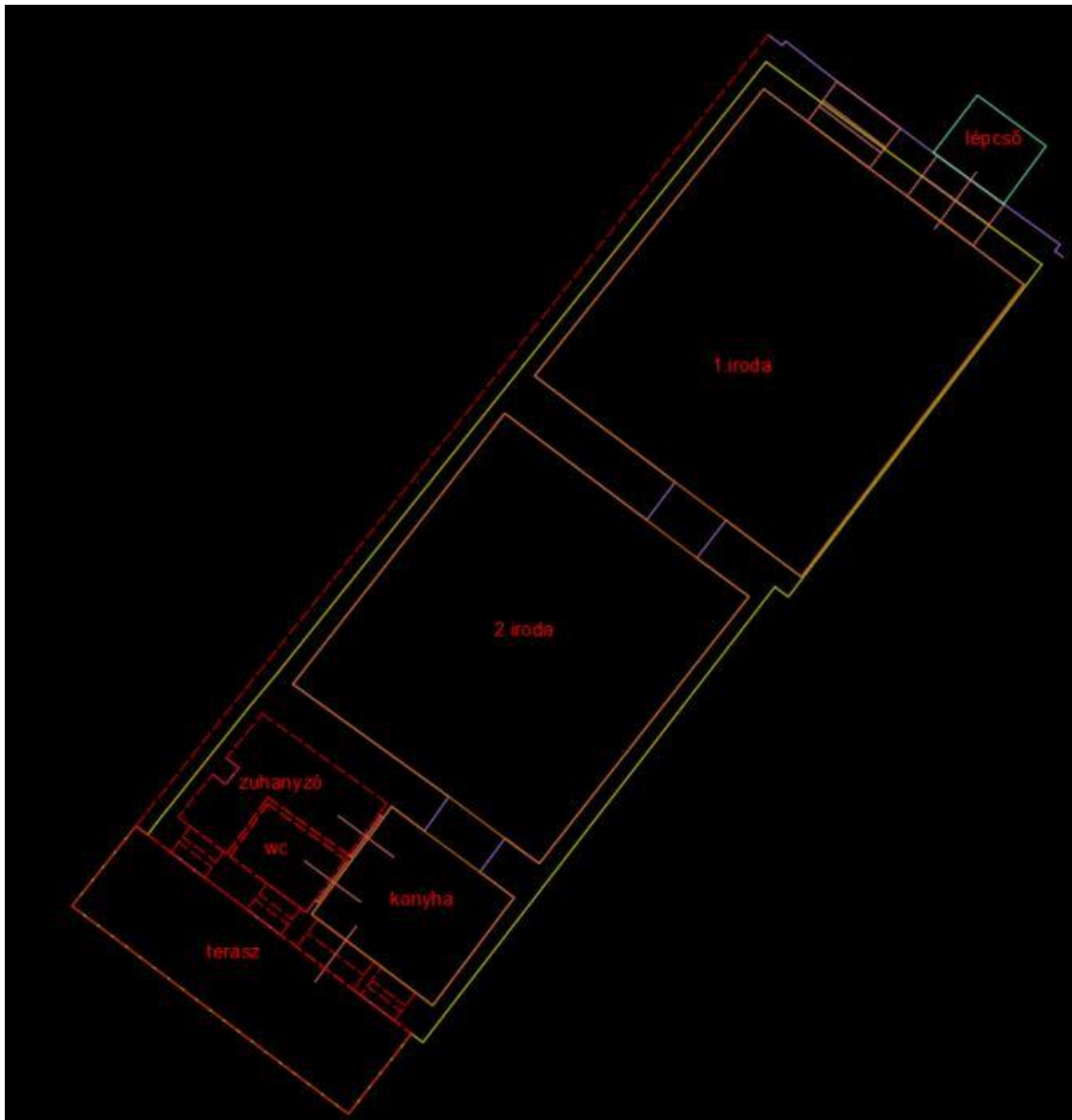


31. ábra: PCS-ben a pontfelhőre szűrés magassági koordináták alapján.

pontfelhőből kirajzolt vonalláncokat, a kérdéses részeket a mellette lévő 3D ablakban ellenőriztem le. A pontfelhő megjelenítéséhez a RGB színhelyes megjelenítési módot használtam, ami sokszor segített az olyan objektum felismeréséhez, ami nem tartozik az alaprajzi elemek közé pl: radiátorcső. A shape rétegek megszerkesztése után, ezeket behívtam Autocad-be, számomra ez a szoftver állt elérhetőnek ennek a feladatnak a megoldására. Még finomítani kellett a vonalakon, mivel nem minden vonallánc ért körbe a sarkoknál, ezeket a meghosszabbítás és metszés tárgyraszter funkciókkal szerkesztettem meg. A lézerszkennerral nem mért helyiségeket a kézi távmérős manuálé segítségével szerkesztettem ki (32. ábra), az ábrán piros szaggatott vonallal jelenik meg. Ugyanezen módszer alapján csak az egyik szomszéd felőli falvastagságot tudtam meghatározni, a másik szomszéd felől nem volt bejutási lehetőségem, így ez elmaradt.

Az alaprajz kirajzolásának végeztével megfelelő föliákra helyeztem át az objektumokat (vonallánc és szöveg), ehhez az ITR-ben használt rétegekiosztás tulajdonságait követtem. Az alábbi föliák kerültek meghatározásra: egyéb (itt a helyiségek szövegei szerepeltek), egyéb önálló ingatlan, épület tartozék, falak, hasznos alapterület, nyílászárók. Az Autocad-ből dxf-ként mentettem ki az alaprajzot, amit ITR-be már könnyedén betudtam hívni.

A földhivataltól megérkezett vektoros állományban a 25785 helyrajzi számú földrészleten az épület egy tömbben szerepel, nem kaptam mellé az EÖI-hez tartozó



32. ábra: A lézerszkennert pontfelhőjéből megszerkesztett alaprajz, a kézi távmérő mérés kiegészítésével.

alaprajzokat. Az épület északnyugati sarka megegyezik az iroda északnyugati sarkával. A földhivatali adat és a EOVB-ba illesztett lézerszkennert modellje között 2-3 cm volt az eltérés, ezért nem mozgattam a földhivatali térképre. Az ITR-be behívott alaprajzot már csak megfelelően formáztam a változási vázrajz elkészítéséhez. A kimentett dokumentum a szakdolgozati méretek korlátai miatt jogszabályok szerint hiányos, nincs rajta területkimutatás, a készítő és minőséget tanúsító földmérő aláírása (33. ábra). A változási vázrajzot földrészleten belül csak egy EÖI-re végeztem el, a többi földrészleten elhelyezkedő ingatlant nem vettem bele a minterületbe, ezért is nincs ábrázolva.

Horváth Krisztián
6000 Kecskemét Alsószéktő tanya 169/A

Munkaszám: 001-1000-023

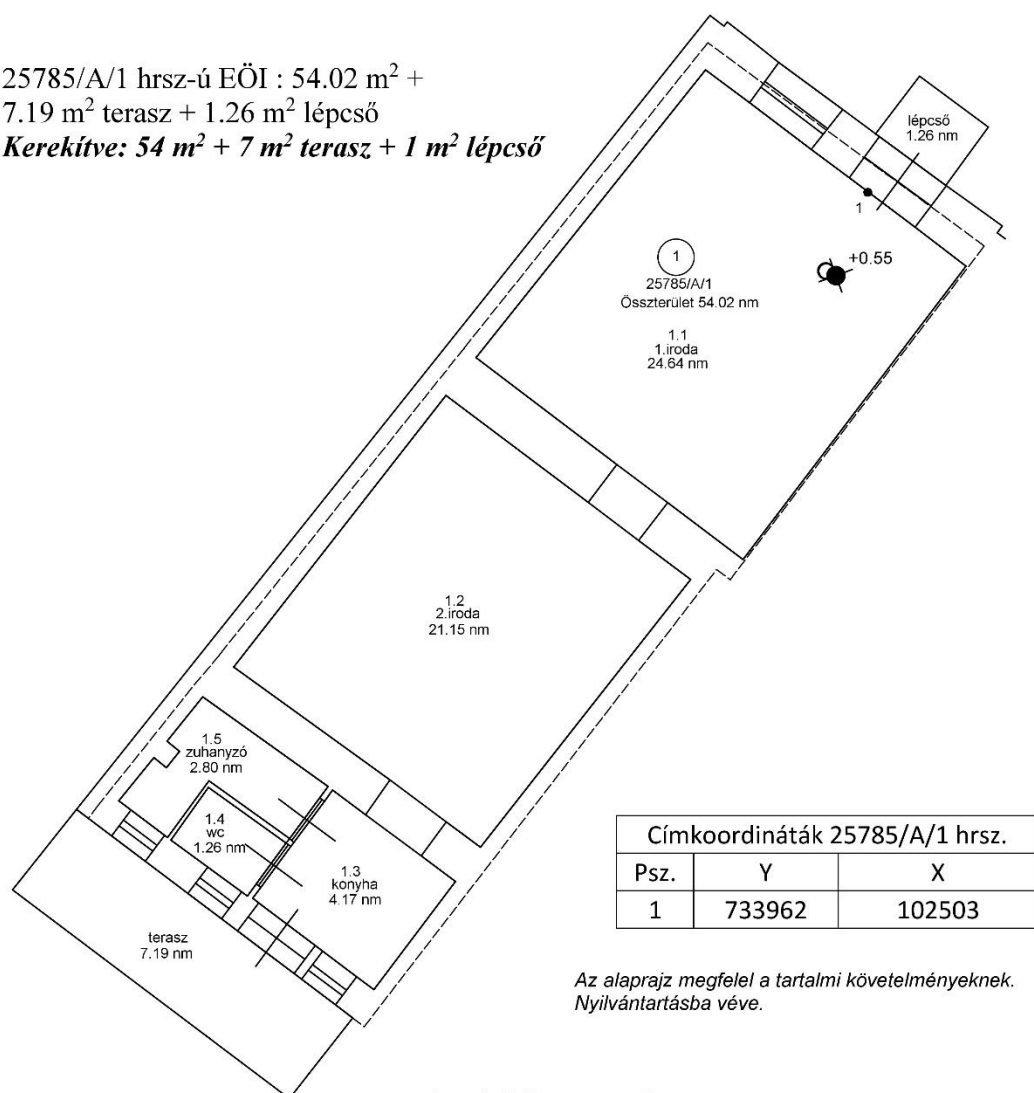
Szeged
belterület

Adatszolgáltatás iktatószáma: 2/1014/2023

VÁLTOZÁSI VÁZRAJZ

a 25785 helyrajzi számú földrészleten lévő épület társasház alapító okiratához
6725 Szeged Kossuth Lajos sugárút 60, Fsz. 1.
25785/A/1 kereskedelmi egység
M= 1:100

25785/A/1 hrsz-ú EÖI : 54.02 m² +
7.19 m² terasz + 1.26 m² lépcső
Kerekítve: 54 m² + 7 m² terasz + 1 m² lépcső



Szeged, 2023. hó nap

A vázrajz méretek levételére nem alkalmas.

Záradékoló:

Készítette: Szeged, 2023.04.28.

.....
Ing.rend.min.sz.

33. ábra: A lézerszkennert szerkesztett változási vázrajza.

7.2.3. A Scaniverse alkalmazás pontfelhőjének feldolgozása

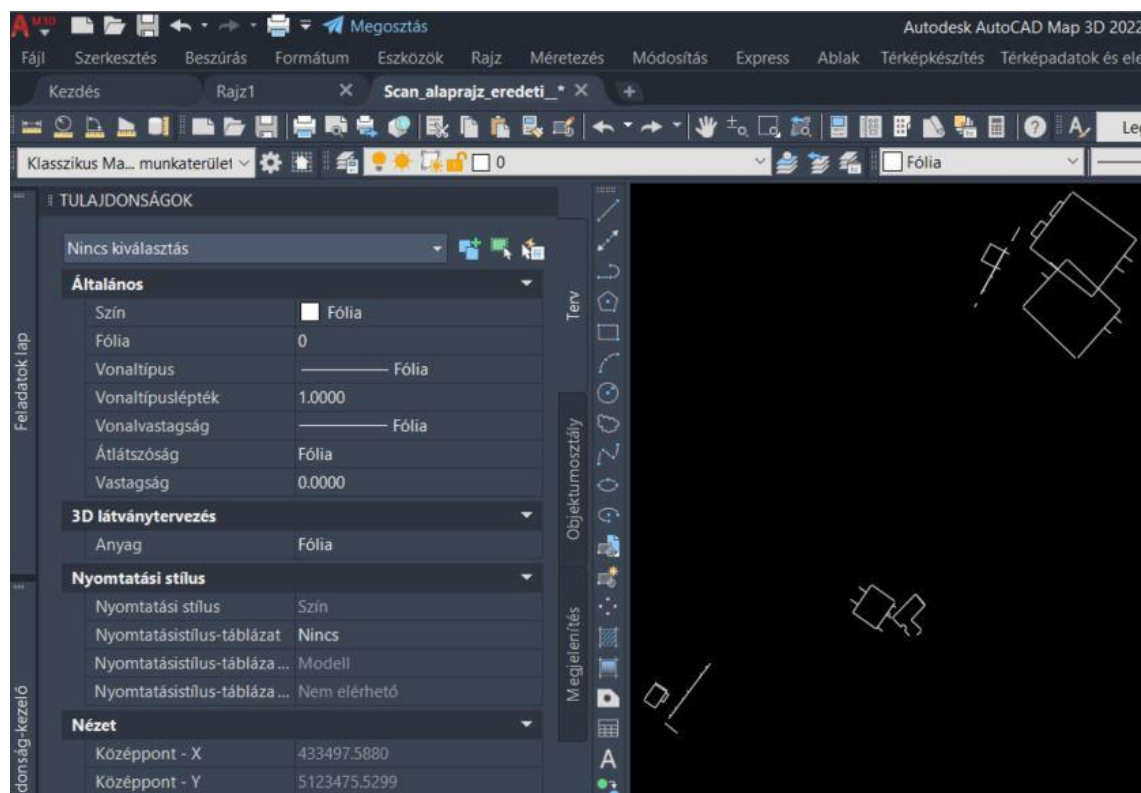
Az Iphone-t Gimbalhoz rögzítve két mérést végeztem és dolgoztam fel, az egyik ilyen modell a Scaniverse alkalmazással készült. A modellt las formátumban tudtam kimenteni így ezt már csak behívtam a PCS-be. A feldolgozás menetében ugyanúgy szerkesztettem meg az alaprajz vonalait, ahogy a lézerszkenner esetében is. A pontfelhő részletessége pontatlanabb, egyenes szakaszokon néhol vannak elcsúszások. A legnagyobb eltérés egy egyenes fal szakaszon az 1. iroda modelljében fordult elő. Az ilyen elcsúszásokat a manuálé segítségével ellenőriztem, és a megfelelő hossz szerint ellenőrzés után húztam be a vonalakat (34. ábra).



34. ábra: Az Iphone-nal készített pontfelhő egy egyenes falsíkon látható elcsúszása.

A helyiségekről készített shape állományokat behívtam az Autocad-be, az eredeti vonalláncok pontjai UTM (Universal Transverse Mercator) vetületi rendszerben vannak, amit a telefon GPS-e határoz meg. Ez eléggé pontatlan, nem is egyezik az iroda területével, ráadásul a különböző helyiségek kirajzoló vonalláncok kontúrjai messze is

vannak egymástól (35. ábra). A szerkesztés megelőzőleg létrehoztam a megfelelő fóliastruktúrát és a kész állományt összehasonlítottam a manuálával illetve a végleges lézerszkenneres mérésből kiserkesztett alaprajzzal. Összeségében 2-5 cm vízszintes eltolódás mondható jellemzőnek, pár helyen van nagyobb eltolódás, viszont itt az Iphone-nal is elég nehéz volt körbe mérni a helyiséget (pl.: zuhanyzó).

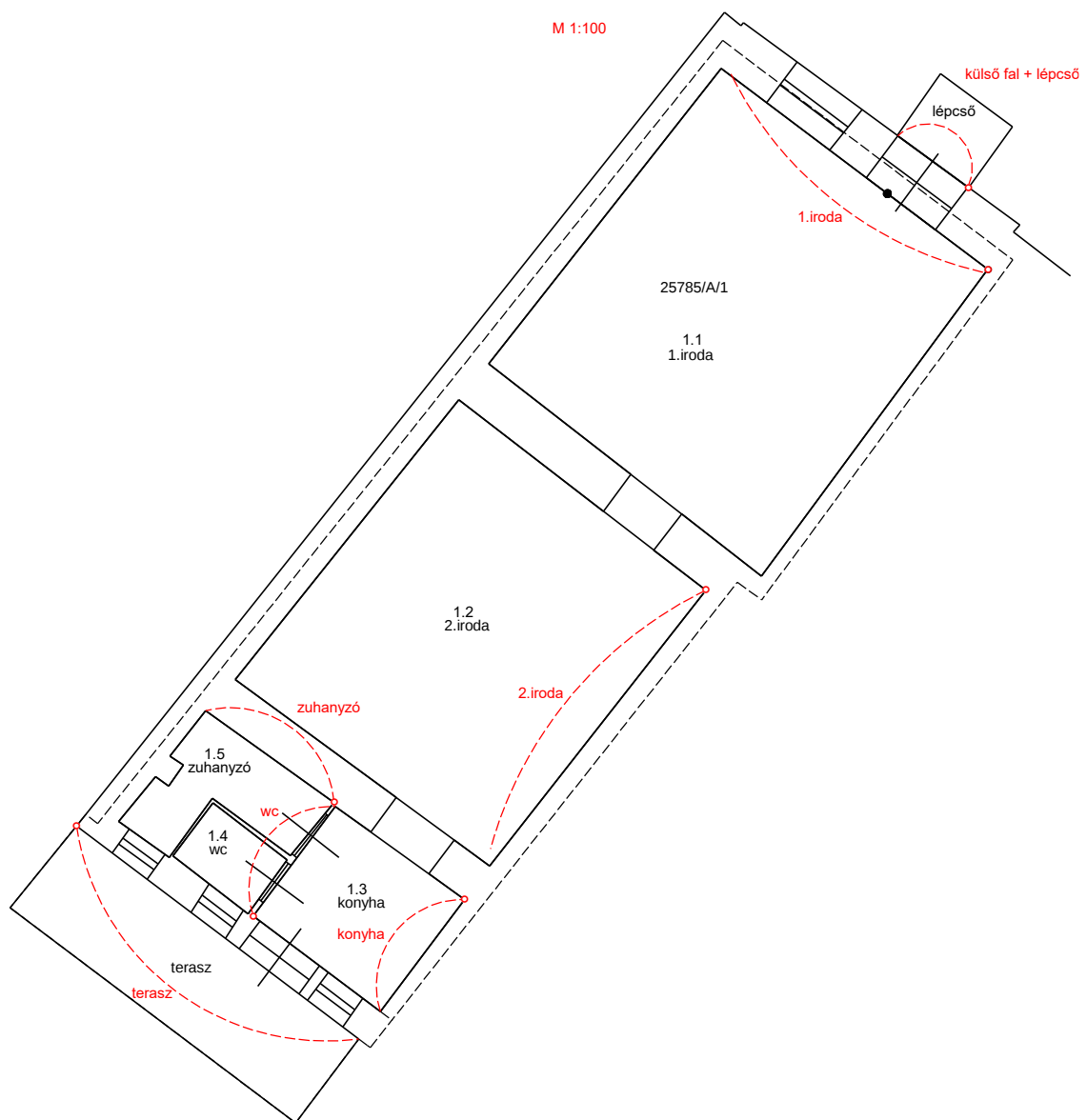


35. ábra: Scaniverse alkalmazás pontfelhőjéből helyiségenként kiserkesztett alaprajzok eredeti elhelyezkedése.

Az összehasonlításhoz a Scaniverse alkalmazás modelljéből szerkesztett alaprajz alá hívtam a végleges lézerszkenneres alaprajzot, és sarok pontok alapján bemozgattam külön a helyiségek rajzait, egy másik referenciapont alapján, illetve beforgattam a helyére. Az eredményt szemléltetésképp a 36. ábra szerint mutatom be. A piros pontok jelölik a referenciapontokat, az ívek pedig a referencia irányát, és végpontját. Az illesztés során nagyobb eltolódások a nyílászárók csatlakozásánál mutatkoztak, itt a szerkesztéshez közelítő értéket adó méretek szerint szerkesztettem meg a vonalakat. A zuhanyzó esetében rendkívül rosszul sikerült az illesztés, az eredeti pontfelhőben látható volt, hogy nem szabályos alakzatok jönnek ki a pontfelhőből. Ennek oka, hogy a helyiség

rendkívül zsúfolt volt, nagyon sötét, és közel is vannak a falak egymáshoz, ezért nem tudtam megfelelően körbe menni a telefonnal a falfelületeken.

A változási vázrajzot ehhez a modellhez is elkészítettem (37. ábra). A rajzon látszik az eltéréshez az előző alaprajzhoz képest, a helyiségek kis tűréshatárral vannak elfordulva. A terület itt nagyobb lett 0.4 m^2 -rel, ami ekkora terjedelemnél nem jelentős, ha a hibahatárunk csupán pár centiméter lehet.



36. ábra: A telefonos mérésből kiszerkesztett helyiségek transzformálására megadott referencia pontok és referencia vonalak ábrázolása.

VÁLTOZÁSI VÁZRAJZ

a 25785 helyrajzi számú földrészleten lévő épület társasház alapító okiratához

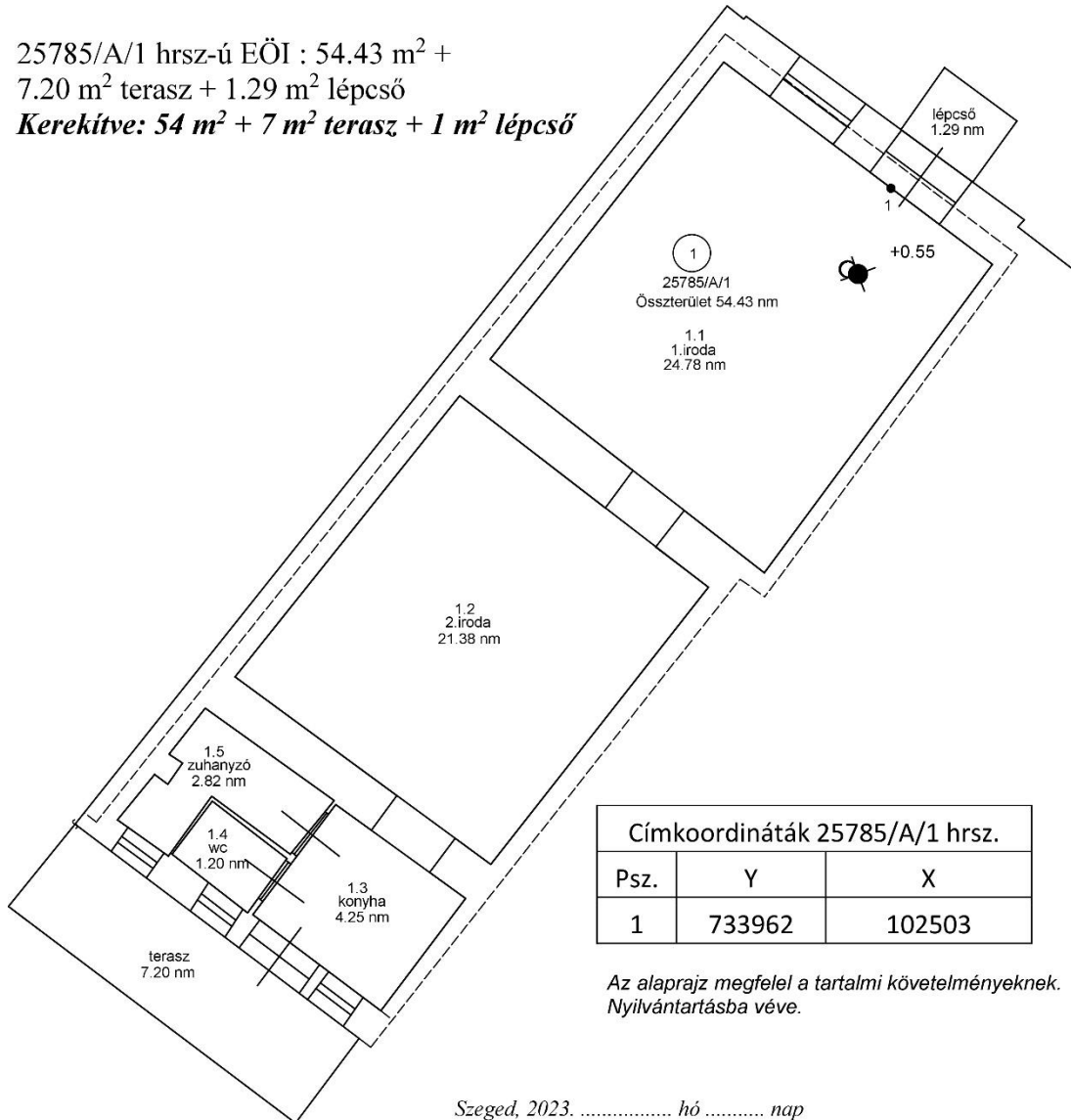
6725 Szeged Kossuth Lajos sugárút 60, Fsz. 1.

25785/A/1 kereskedelmi egység

M= 1:100

25785/A/1 hrsz-ú EÖI : 54.43 m² +
7.20 m² terasz + 1.29 m² lépcső

Kerekítve: 54 m² + 7 m² terasz + 1 m² lépcső



Szeged, 2023. hó nap

A vázrajz méretek levételére nem alkalmas.

Záradékoló:

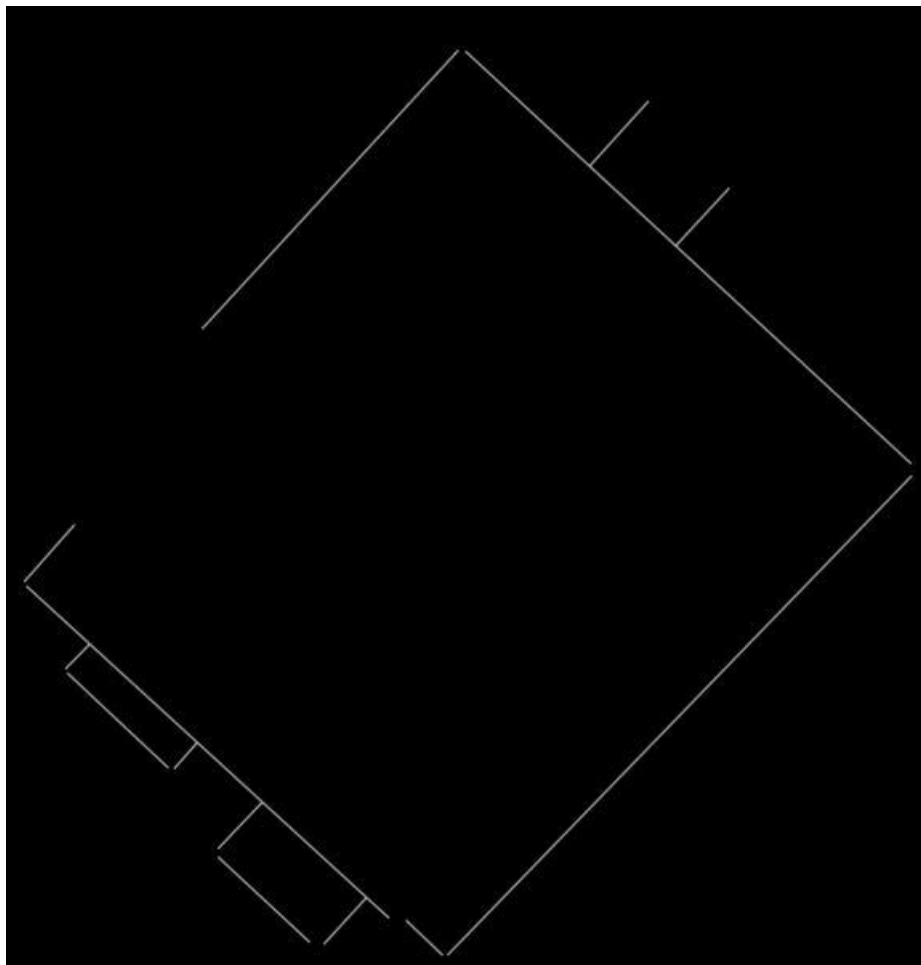
Készítette: Szeged, 2023.04.28.

.....
Ing.rend.min.sz.

37. ábra: A Scaniverse alkalmazás szerkesztett változási vázrajza.

7.2.4. 3D Scanner App pontfelhőjének feldolgozása, problémák

Az Iphone-t Gimballal rögzítve végeztem egy második mérést is, ezt nem fogom részletezni bővebben, mivel a Scaniverse alkalmazás pontfelhője az alaprajz készítéséhez jobbnak bizonyult. Az már ismertetett feldolgozási lépéseket bemutattam, ugyanezeket a lépéseket elvégeztem a 3D Scanner App pontfelhőjével is, viszont ITR-ben már nem szerkesztettem tovább az alaprajzot. Autocadben is láthatóak voltak a különbségek, ekkora elcsúszások a Scaniverse alkalmazás modelljében nem voltak. A legnagyobb ilyen elcsúszást az 1. iroda vonalaiból lehet látni (38. ábra). A nyílászárók esetében az élek mentén néhol teljesen szétesett a pontfelhő. A helyiségek falait, nyílászáróit kiszerkesztettem vonallal, viszont Autocad-ben csak közelítőleg tudtam jól körbe határolt alaprajzot elkészíteni.



38. ábra: A 3D Scanner App-ban mért pontfelhő felületeinek elcsúszásának megjelenítése alaprajzi formában.

7.3. Összehasonlítás

Az iroda helyiségeinek hasznos alapterületét több módszerrel számoltam ki, összegzésként ezek összehasonlítását mutatnám be. A felhasznált mérési módszerek közül az a kézi távmérős mérés és a lézerszkennert pontfelhője között nagyon minimális, alig pár centiméter eltérés jött ki az eredményben. A Iphone LiDAR kameráját két alkalmazással is teszteltem, az egyik alkalmazás modellje jobbnak, pontosabbnak bizonyult. Összegzésképp az alaprajzok hasznos alapterületéből készített területszámítást az alábbi táblázat tartalmazza:

Eszköz/ Helyiség	Lézeres távmérő	Lézerszkennert (Leica P40)	Scaniverse (Iphone 12 Pro)	3D Scanner App (Iphone 12 Pro)
25785/A/1	53.99 m ²	54.02 m ²	54.43 m ²	55.23 m ²
1. iroda	24.65 m ²	24.64 m ²	24.78 m ²	25.22 m ²
2. iroda	21.16 m ²	21.15 m ²	21.38 m ²	21.72 m ²
konyha	4.18 m ²	4.17 m ²	4.25 m ²	4.22 m ²
wc	1.26 m ²	1.26 m ²	1.20 m ²	1.27 m ²
zuhanyzó	2.74 m ²	2.80 m ²	2.82 m ²	(2.80) m ²
terasz	7.21 m ²	7.19 m ²	7.20 m ²	7.21 m ²
lépcső	1.71 m ²	1.26 m ²	1.29 m ²	1.32 m ²

6. táblázat: Összesítő táblázat a különböző műszerek, eszközök alapján meghatározott hasznos alapterületről.

A területszámítás eredményei alapján az Iphone-nal nagyon hasonló eredményeket értem el, mint a lézerszkennertel. Ez az összehasonlítás alap nem jelenti, hogy az Iphone tökéletesen kiváltja a lézerszkennert, viszont egy digitális alaprajz elkészítéséhez megfelelő alternatívát jelenthet megfelelő mérési metódusok betartásával, követésével.

8. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatomban egy Iphone 12 Pro telefonnal, egy Leica P40 lézerszkennelvel és egy lézeres távmérővel végeztem méréseket digitális alaprajz elkészítéséhez. A mintaterületem egy 55m² irodahelyiség volt három nagyobb, kettő kisebb helyiséggel, plusz terasszal és lépcsővel. Az ingatlan-nyilvántartási célra készített digitális alaprajzokat a lézerszkennel és az Iphone 12 Pro LiDAR által készített pontfelhőből kiértékelés után szerkesztettem meg. A helyiségek méreteit lézeres távmérővel is lemértem az ellentmondások elkerülése, és az ellenőrzések lehetőségének biztosítása miatt.

Az Iphone 12 Pro telefonnal készített felmérésről tapasztalataim, észrevételeim a végeredmény tükrében az alábbiak:

Előnyök:

- megfelelő alkalmazással gyorsan és mobilisan lehet egy adott teret bemérni, mobilitásának köszönhetően a tér bármely szegmensében tudunk modellt létrehozni, amit pontfelhő alapján lehet kiértékelni.
- szabad kézzel végzett mérésnél a telefon szenzorai nem képesek lekövetni a hirtelen mozgásokat, viszont Gimbalhoz rögzítve a telefon sokkal egyenletesebben, kiegyensúlyozottabban „halad”, így a pontfelhőben kisebb mértékű térbeli elsodródások figyelhetőek meg.
- költséghatékony megoldás (LiDAR-ral rendelkező telefonok pár százezer forinttól kaphatóak), nem igényel nagy szakértelmet a mérés elvégzése.
- pontossága megfelelő külső tényezők mellett 5-10 cm, centiméter tűréshatárú munkák elvégzéséhez megfelelő megoldás.
- a modell azonnal kiexportálható és a végeredményt azonnal megnézhetjük. Ez nagy segítség olyan esetekben, ha a mérés során valami nem várt tényező befolyásolja mérésünket, és ezt ott azonnal helyben korrigálni tudjuk.

- belső helyiségek esetében egy jól lehatárolt keskeny sáv bemérésével csökkenthető a felesleges pontok mennyisége, egyúttal a kiértékelés is kevesebb időt vesz igénybe.
- a mérési folyamat digitális alaprajz készítéséhez jelentősen kevesebb mint a lézerszkennerek esetében.

Hátrányok:

- sötét térben, zsúfolt helyiségben nagyon rossz a modell alkotás eredménye.
- az éleket, íveket, nem szabályos formákat pontatlanul méri fel.
- nem kellő odafigyeléssel pontossága nagyon rossz, több min 10 cm is lehet.
- a hatótávolság igen kicsi, maximum 5 méter.
- felület újbóli szkennelése ronthat is a már bemért részen, ezt viszont mérési módszer átgondolásával lehet javítani.

Az App Store-ból letölthető alkalmazások skálája rendkívül széles pontfelhő modelljének készítésére, de az bebizonyosodott, hogy nagy különbségek vannak az applikációk között. Ezt hátránynak mondanám, de idővel a módszer elterjedésével valószínűleg már jobban átgondolt, kompaktabb alkalmazások is elérhetőek lesznek hasonló célú felhasználásra. A szerkesztésben nagy segítségemre volt a Point Cloud Scene szoftver, a pontfelhők feldolgozásához. Szerkesztésnél a pontok magassági koordinátájának szűrése alapján jelentősen csökkent a kiértékelésre felhasznált idő.

Összeségében azt lehet mondani, hogy az Iphone 12 Pro az előzetesen jóslott pontatlansági tényezőket beváltotta, viszont megfelelő mérési technikával, jól átgondolt mérési tervvel jelentősen csökkenthetőek pontatlanságának hibái a végeredményben.

9. SUMMARY

In my thesis, I examined the accuracy of the LIDAR scanner of the iPhone 12 Pro. The basic idea was to compare the point cloud of the phone with the point cloud of a geodetic laser scanner to make a comparison. Based on my initial assumptions, the accuracy of the phone was found to be very unreliable, with deviations of several centimeters from the model being typical. To compare the results of the study, I created a digital map prepared for a real estate registration procedure. The sample area was my workplace office, which was approximately 55 square meters. I also used a laser rangefinder for measurements to ensure comparability. To process, evaluate and design the measurements, I used several software programs (Leica Cyclone, Point Cloud Scene, AutoCad, ITR).

I conducted many measurements to really test the accuracy of the iPhone's LIDAR. To achieve the appropriate final result, I did not measure the entire office but only a small strip from the wall, and used a gimbal to fix the phone for measurement. With this method, quite good results were obtained with error values of 5-10 cm. The most surprising aspect for me was the limited usability of the point cloud software available for the phone.

10. Irodalomjegyzék

- [1] G. Busics, *Műholdas helymeghatározás*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara, 2010.
- [2] G. Husti, *Globális helymeghatározó rendszer*, Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem.
- [3] „Kozmikus Geodéziai Obszervatórium weboldala,” [Online]. Available: <https://www.sgo-penc.hu/>.
- [4] „GNSS facebook weboldala,” [Online]. Available: <https://www.facebook.com/hungnss>.
- [5] P. Tamás, *Korszerű mérés technika a tervezési alaptérképek készítésénél*, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézet, 2014.
- [6] W. M. Verőné, *Fotointerpretáció és távérzékelés 1.: A távérzékelés fizikai alapjai*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2011.
- [7] A. Berényi, *Földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai célú alkalmazása*, Budapest: Phd értekezés, 2011.
- [8] T. Lovas és A. Berényi, *Távérzékelés Msc Jegyzet*, Budapest: BME, 2011.
- [9] „Ábra az elektromágneses spektrumról,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1that%C3%B3_spektrum#/media/F%C3%A1jl:EM_spectrum_hu.svg [2023.02.10.].
- [10] V. G. Bjorn és S. Q. Mario, „Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning (Training material based on practical applications-3DRiskMapping project),” 2008.
- [11] W. M. Verőné, *Fotointerpretáció és távérzékelés 3.: A lézer alapú távérzékelés*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2011.
- [12] P. Tarsoly és Z. Tóth, *Mérnökgeodézia 15.: Automatizáció a terepi adatgyűjtésben*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.
- [13] „Iphone 12 Pro szakirodalom,” [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-01763-9> [2023.02.20.].
- [14] „Iphone 12 Pro szakirodalom (2),” [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9755163?fbclid=IwAR25mpE698GB2iBQ49b59zvRnj3DmxStclUEisEQsR4O7ZpmShPOBAjXZUQ> [2023.02.20.].

- [15] „Iphone 12 Pro szakirodalom (3),” [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825222000538?fbclid=IwAR1bXJyt1Qax_vaQQPQUl_AZsCFh1oO-grg-CRdOrF1mdnCJ4AA7gYCX-Ws [2023.02.20].
- [16] „Lézerdióda szakirodalom,” [Online]. Available: https://www.trumpf.com/hu_HU/termek/vcsel-megoldasok-fotodiodak/ [2023.02.20] .
- [17] „ToF és LiDAR összehasonlítása,” [Online] Available: <https://www.makeuseof.com/tof-and-lidar-difference/> [2023.02.20].
- [18] „8/2018. (VI. 29.) AM rendelet,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1800008.AM> [2023.02.01].
- [19] „1997. évi CXLI. törvény,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700141.tv>. [2023.02.01]
- [20] „253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor>. [2023.02.01]
- [21] „Leica P40 adatlap,” [Online]. Available: <https://kb.sccssurvey.co.uk/download/141/leica-p30-p40/2213/leica-scanstation-p40-p30-user-manual.pdf>. [2023.02.02]
- [22] „Lieca weboldal,” [Online]. Available: <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30> [2023.02.02].
- [23] G. Kis, „Mobiltelefonos LiDAR-szkenner,” Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézet, Szakdolgozat, Székesfehérvár, 2021.
- [24] I. Halász, Ipari adló mérése és minősítése földi lézerszkenneres technológiával, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézet, Szakdolgozat.

11. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Globális helymeghatározó rendszer, a műholdak, a referenciaállomás (ismert ponton helyezkedik), és a GNSS rover közötti kapcsolat.....	10
2. ábra GPS és Glonass alaprendszer műholdjaival kommunikáló referenciaállomások.	11
3. ábra: A négy alaprendszer műholdjaival kommunikáló referenciaállomások (30 db referenciaállomás), dátum: 2022.11.18.....	11
4. ábra: Elektromágneses sugárzás hullámmélete.....	15
5. ábra: Az elektromágneses spektrum felosztása.....	15
6. ábra: A LiDAR és a radar besorolása hullámhossz és frekvencia alapján.	17
7. ábra: Egy földi lézerszkennerek működési elve.	20
8. ábra: a: VCSEL pontrács felépítése, b: Iphone 12 Pro kamera egysége, c: kamera által bemért doboz, d: mérés közben látható pontfelhő.	23
9. ábra: Felhasznált műszerek és eszközök.....	24
10. ábra: A mintaterületről készült manuálé lézeres távmérő feldolgozásához.	26
11. ábra: A szomszédokkal határos fal jelölése az utcafront felől.	27
12. ábra: Kézi távmérővel távolság mérés a gyakorlatban.	28
13. ábra: Megjelenítő vázlat a lézerszkennerek végzett mérésről.	31
14. ábra: Alappont meghatározása CHC-GNSS vevővel és jelölése.	32
15. ábra: 1.álláspontnál az irodában elhelyezett 2 jeltárcsa rögzítése.	32
16. ábra: Az 1.álláspontunkról rálátás az 1. alappontra.	33
17. ábra: Az 1. álláspontokról rálátás a 2. alappontra.	33
18. ábra: A lézerszkennerek képei közötti különbség bel-, illetve kültéren.	34
19. ábra: Tájékoztató irányhoz a jeltárcsa kijelölése, és váratlan külső tényezők bemutatása.	34
20. ábra: Az 1.irodában felállított műszer és a 1,2 illesztőpontok helye.	35
21. ábra: Az 1. irodában felállított műszer és a 2,3,4 illesztőpontok helye.	35
22. ábra: Scaniverse alkalmazásban a hatótávon belüli üveg szkennelése.	39
23. ábra: Scaniverse alkalmazásban látható a hatótávolság megjelenítése.....	39
24. ábra: Modell készítése Gimballal 3D Scanner App-ban.	40

25. ábra: Modell készítése Gimballal Scaniverse alkalmazásban.....	40
26. ábra: Cyclone-ba importált nyers adatok mappaszerkezete.....	43
27. ábra: Cyclone szoftver pontfelhők egyesítésének vektor hibái.	44
28. ábra: Az alappontok beimportálásnak beállításai.....	45
29. ábra: Az EOVBa transzformálás vektor hibák értékei.	45
30. ábra: A pontfelhőben keletkező felesleges pontok és az üveg hatása a mérésre.....	46
31. ábra: PCS-ben a pontfelhőre szűrés magassági koordináták alapján.....	49
32. ábra: A lézerszkennert pontfelhőjéből megszerkesztett alaprajz, a kézi távmérő mérés kiegészítésével.	50
33. ábra: A lézerszkennert szerkesztett változási vázrajza.	51
34. ábra: Az Iphone-nal készített pontfelhő egy egyenes falsíkon látható elcsúszása. ...	52
35. ábra: Scaniverse alkalmazás pontfelhőjéből helyiségenként kiszerkesztett alaprajzok eredeti elhelyezkedése.	53
36. ábra: A telefonos mérésből kiszerkesztett helyiségek transzformálására megadott referencia pontok és referencia vonalak ábrázolása.....	54
37. ábra: A Scaniverse alkalmazás szerkesztett változási vázrajza.	55
38. ábra: A 3D Scanner App-ban mért pontfelhő felületeinek elcsúszásának megjelenítése alaprajzi formában.	56

12. TÁBLÁZATOK

1. táblázat: A földi lézerszkennelés előnyei és hátrányai.....	19
2. táblázat: A helyiségek lézeres távmérő alapján meghatározott hasznos területe.	28
3. táblázat: Leica P40 szkennelési ideje különböző beállítás és felbontás szerint.....	30
4. táblázat: A Scaniverse alkalmazásban a helyiségek felméréshez szükséges idő és kiexportálási felbontás bemutatva.	38
5. táblázat: A harmadik alkalommal készített modellek felbontása összehasonlítása. ...	41
6. táblázat: Összesítő táblázat a különböző műszerek, eszközök alapján meghatározott hasznos alapterületről.	57