

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

LIDAR adatok felhasználása a tájfutó térképekben

SZAKDOLGOZAT

FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK

TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

Készítette:

Stork Mihály

Témavezető:

Dr. Zentai László

egyetemi tanár

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	A tájfutás	3
2.1	A mai modern tájfutás kialakulása.....	3
2.2	IOF Nemzetközi Tájékozódási Futó Szövetség.....	6
3	A lézerszkennelés bemutatása	6
3.1	A légi lézerszkennelés	7
3.2	LAS formátum	8
4	Az adatok feldolgozása.....	9
4.1	A Balaton LIDAR felmérése	9
4.2	Az adatok rendezése	10
4.3	A rekordok osztályozása	14
5	A térkép elkészítése	18
5.1	LIDAR adatok a tájfutásban	18
5.1	OCAD és az OpenOrienteering mapper	19
5.2	A térkép elkészítése az OCAD Orienteeringben	20
5.3	LIDAR adatok felhasználhatósága	28
6	Összegzés	30
7	Hivatkozások	31
7.1	Irodalomjegyzék	31
7.2	Letöltések.....	32
7.3	Ábrajegyzék.....	33
8	Köszönetnyilvánítás	34
	Nyilatkozat	35

1 Bevezetés

Szakdolgozatom célja a folyamat bemutatása, mely során elkészíték a Tihanyi-félszigetről, LIDAR adatok felhasználásával egy tájfutó térképet. Munkám során fontos volt számomra, hogy az eddig szerzett tudásomat és tapasztalataimat megfelelő mértékben tudjam felhasználni, hogy a végeredmény számomra és a tájfutó közösség számára is hasznos legyen.

A tájfutás már gyerekkorom óta közel áll hozzám, nagyon sok versenyen vettem részt, sőt az utóbbi időszakban, az egyesületünkkel, versenyrendezésben is részt vállaltam. Ezért választottam ehhez köthető témát. Fiatal korom óta sok olyan térképpel találkoztam, amely elavult alaptérkép felhasználásával készült. Ez ösztönzött afelé, hogy térkép készítéssel kezdjek el foglalkozni.

A munkám kezdetekor Magyarországon még nem találkoztam lézerszkenneléssel készült tájfutó térképpel. Bízom benne, hogy ez a technológia a későbbiekben, magas költségei ellenére, elterjed itthon is.

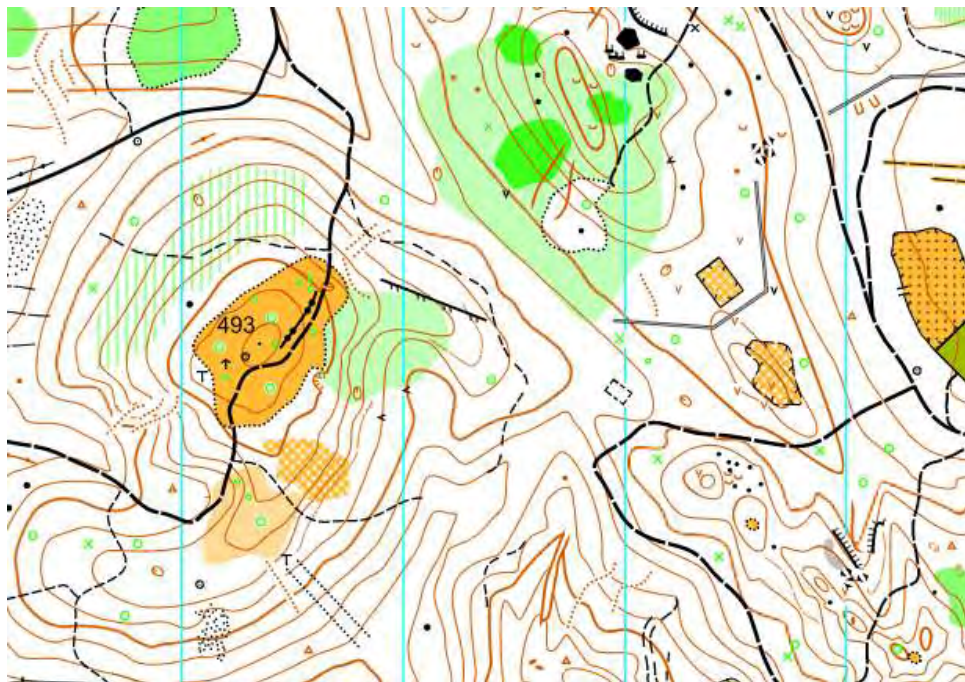
2 A tájfutás

2.1 A mai modern tájfutás kialakulása

Minden az első, kezdetleges térképek megjelenésével kezdődött. Az akkori embereknek életbe vágóan fontos volt, hogyha elindultak valahova vadászni, akkor onnan haza is találjanak. Mikor már egyre több helyet kellett feljegyezni és másokkal megosztani, elkezdtek kezdetleges térképeket rajzolni, aminek a segítségével ábrázolták a körülöttük lévő környezetet. A társadalom fejlődése magával hozta a magántulajdon kialakulását, így szükségük volt arra, hogy ismerjék a saját tulajdonuk földrajzi kiterjedését, elhelyezkedését.

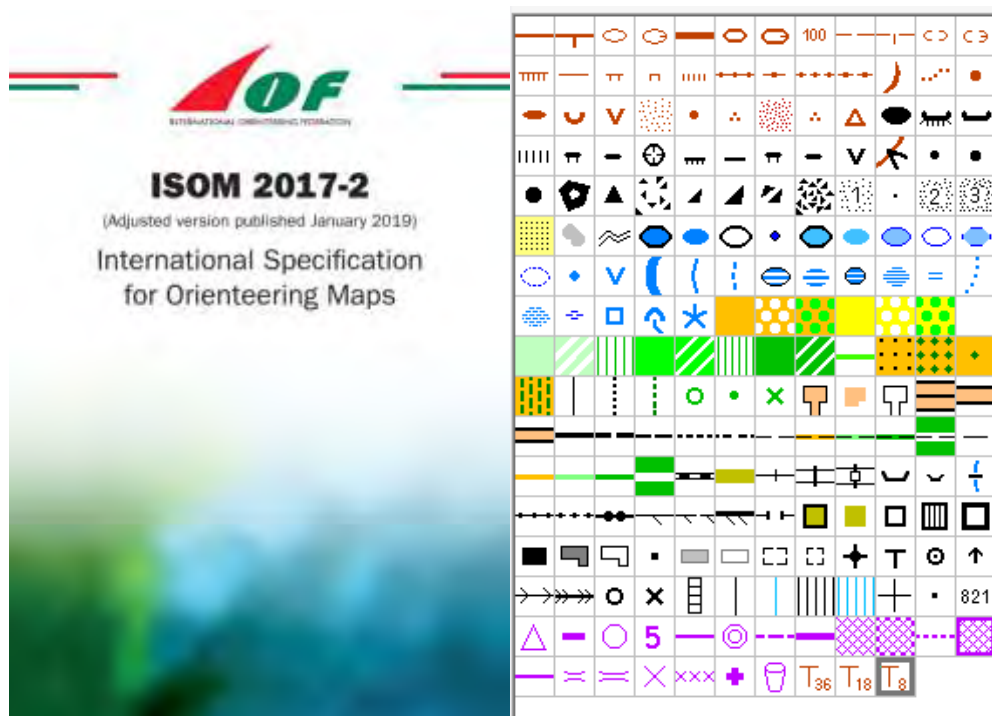
A nagy háborúk során többféle térképkészítési technika fejlődött ki, ami végül elérte azt a pontosságot, hogy kisméretű objektumokat is viszonylag pontosan lehet ábrázolni a térképen. A katonai kiképzés során a szárazföldi tájékozódási gyakorlatok úgy néztek ki, hogy a terepen meghatározott időn belül meg kellett keresniük a kijelölt objektumokat egy térkép segítségével. A későbbiekben ez a tevékenység egy sporttá fejlődött, amit úgy hívunk, tájékozódási futás (tájfutás).

A tájfutás (FootO – Foot orienteering) a tájékozódási sportok közé tartozik, egy atlétikai jellegű, jelentős térképhasználati képességet igénylő, mozgási tevékenység. Egy, akár ismeretlen terepen, térkép és tájoló segítségével kell a megadott pontokat, a megfelelő sorrendben, a lehető legrövidebb idő alatt megkeresni. A résztvevők egy tájfutó térképet kapnak (mely topográfiai térképnek tekinthető), amely egy speciálisan ehhez a sporthoz készített jelrendszert tartalmaz, aminek a segítségével meg kell keresniük az ábrázolt pályához tartozó ellenőrző pontokat a terepen (1. ábra).



1. ábra Oktatótérkép (Borhegyi Teodóra, www.tajfutatas.hu)

A tájfutáshoz tartozó egységes nemzetközi jeleket az IOF, a Nemzetközi Tájékozódási Futó Szövetség hozta létre és gondozza napjainkban is. A versenyzők többféle térképen és távon mérik össze az erejüket és tudásukat. A hosszabb-, rövidebb távok miatt, valamint mert különböző nagyságú területeken versenyeznek, eltérő méretarányú térképeket készítenek, aminek hatására kétféle térképi jelkulcs alakult ki. Kezdetben ez még nem így volt, jellemzően a 2000-es évek eleje óta hivatalos a nemzetközileg is elfogadott két jelkulcs. A jelenleg érvényes jelkulcs a tájfutó térképeken ISOM2017-2 (2. ábra) (International Specification for Orienteering Maps) és sprint versenyformához készített változat, az ISSprOM19 (International Specification for Sprint Orienteering Maps). A tájfutó jelkulcs az elmúlt pár évtized alatt több változáson ment keresztül, ami főleg a nyomdaipar és a számítástechnika fejlődéséhez köthető.



2. ábra Az ISOM 2017-2 borítója és a térképjelei az OCAD-ben
(www.orienteering.sport, részlet az OCAD felhasználó felületéből)

A versenyző a versenytérképen, a versenyfeladathoz (pályához) kapcsolódó jeleket is látja. A verseny a magenta háromszög jelzéstől indul és a koncentrikus dupla kör jelnél ér véget. Menet közben a versenyzőknek a térképen egyenes vonallal összekötött számozott körök közepében jelzett ellenőrző pontokat kell megkeresniük az előírt sorrendben, a terepen. Az ellenőrző pont a szabályzat szerint valamilyen tereptárgy, melyre napjainkban egy vászonból készült, 30x30cm-es, fehér-narancssárga bőja kerül. Menet közben a pontok érintésének rögzítését versenyző által vitt “elektronikus ellenőrzőkarton” (dugóka) és a pontokon elhelyezett ellenőrző doboz végzi. Majd a célban működő számítógépen történik az eredmények kiértékelése. A Magyarországon elterjedtebb SPORTident rendszer célja és lényege az, hogy az ellenőrzőpontok érintésnek regisztrálása, majd célba érkezés után azonnal pontérintés-ellenőrzés, részidő és végeredmény álljon a rendezők és a versenyzők rendelkezésére (mtfsz.hu), Skandináviában az EMIT rendszer terjedt el. Ez a kétféle eszköz, bár különbözően néz ki, de ugyanazt a célt szolgálja. Léteznek további pontérintési-ellenőrző rendszerek is (Kína, Oroszország).

A versenyeket, tulajdonságaik alapján, többféleképpen is tudjuk kategorizálni. A legelterjedtebb formák a sprint, a normáltáv, a középtáv és a váltók. Az egyéni versenyeknél korosztályokra és nemekre való bontás alapján rajtoltatják a versenyzőket a rajtlistában előre

meghatározott időben. A váltók esetében kategóriánként egységes időben rajtolnak. Alapvetően nemzetközi, vagy adott országon belüli nemzeti, esetleg regionális versenyről beszélhetünk. Az IOF közvetlen felügyelete alá tartoznak a világbajnokságok, a világbajnokságok és a kontinens bajnokságok. A hazai versenyeket az országos tájfutó szövetség (MTFSZ), a megyei szövetségek és az egyesületek rendezik.

2.2 IOF Nemzetközi Tájékozódási Futó Szövetség

Mivel minden sportban szükség van egységes szabályokra, iránymutatásokra és rendszerre, ezért az 1961-ben megalakult Nemzetközi Tájékozódási Futó Szövetség rövid nevén az IOF (International Orienteering Federation) megalkotta azokat. A szervezet alá négy szakág tartozik a tájfutás (FootO), a tájkerékpár (MTBO – Mountain bike orienteering), a sítájfutás (SkiO – Ski orienteering) és a Trail-O (TrailO -Trail orienteering). A nemzetközi szövetség feladata összefogni a tájékozódási sportokat és elősegíteni azok fejlődését, valamint megalkotni és folyamatosan karban tartani a megfelelő szabályzatokat. 2019-ben a nemzetközi szövetségnek 73 országos szervezet a tagja, köztük a Magyar Tájfutó Szövetség is, rövidebb nevén az (MTFSZ).

Az ISOM2017-2 nemzetközi előírás a tájfutó térképekhez, amiben az általános követelmények és a térképjelek pontos definiálása szerepel, ez az IOF weboldalán www.orienteering.sport megtalálható. A dokumentumban szerepel minden jelnek a pontos meghatározása, ehhez tartozik a minimális méret, a minimális térköz, a szín, és a terepi definíció.

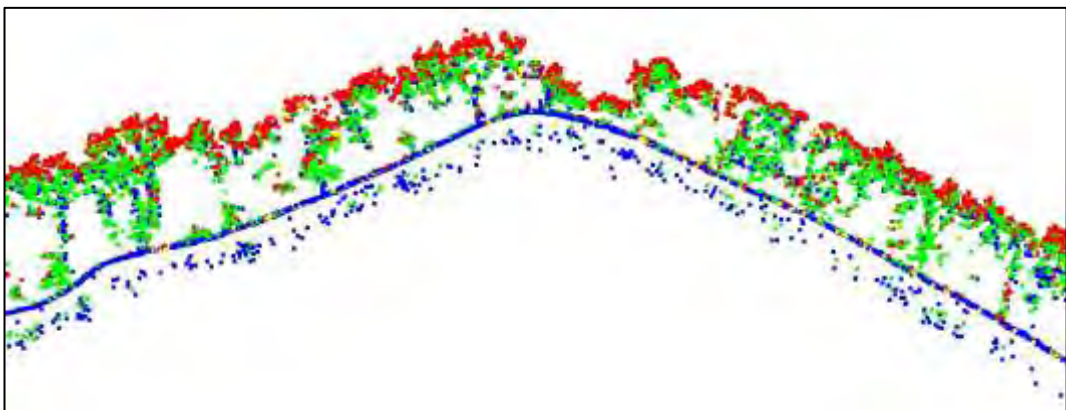
3 A lézerszkennelés bemutatása

A LIDAR (Light Detection and Ranging) jelentése, lézer alapú távérzékelés, ami egy saját jelforrással rendelkező, aktív távérzékelési rendszer. Alapvetően egy olyan eszközzel beszélünk, amely lézerfényt bocsát ki és az azt visszaverő felület közötti távolságnak a meghatározására szolgál. Amennyiben egy nagyobb felületű tárgy, vagy környezet, földfelszín objektumainak elhelyezkedését akarjuk meghatározni, nagyon gyorsan sok mérést végzünk egy erre kialakított műszerrel, valamilyen térbeli mintázat szerint, ennek az eljárásnak a neve lézerszkennelés. Az alapja, hogy az elektromágneses energia terjedésének sebessége állandó, aminek segítségével kiszámolja a kibocsátás és a visszavert jel visszaérkezésének idő különbségét, amivel meghatározható az objektum műszertől való távolsága. A gyakorlati

életben többféle módon is felhasználható: meteorológia, lézeres profilmérés, földi (TLS), mobil (MLS) és légi lézerszkennelés (ALS, ULS).

3.1 A légi lézerszkennelés

A légi lézerszkennelés egy olyan eljárás, amely egy repülőeszközön (repülőgép, drón, helikopter) elhelyezett pulzáló lézer által kibocsájtott és visszavert fény segítségével letapogatja a földfelszínt, angolul ALS-nek rövidítik. A lézerefényt az 1960-as években fedezték fel, nem sokkal utána már távolságmérésre is használták, azonban távérzékelési célú felhasználására csak később kerülhetett sor. Az adatok feldolgozására, tárolására és pontos helyező kötésére akkor még nem volt alkalmas technológia. A probléma megoldását elősegítette a számítástechnika ugrásszerű fejlődése az 1990-es évek kezdetén, amikor megjelentek a megfelelő kapacitású háttértárak és a nagy pontosságú GPS készülékek. Az adatok, a pontos helymeghatározás ellenére, utófeldolgozást igényelnek, hiszen a mérést rögzítő eszköz szinte mindig valamilyen pörgő, bukdácsoló mozgást és apró irányváltást végez. Ezeket az eltéréseket egy kinetikus navigációs rendszerrel rögzítik. A kapott adatok összegzése után egy igen nagy pontosságú pontfelhőt (pontfelhőt) kapunk. Minden egyes rögzített pont valamilyen objektumról visszaverődött adatot tartalmaz. Egy kibocsájtott impulzus során több visszaverődés is keletkezhet, általában az első a növényzet felső részéről és az utolsó a talajról történik. (3. ábra).



3. ábra A képen a rögzített echók láthatók oldal nézetből visszaérkezési típus szerint színezve (www.rapidlasso.com)

Az echókat tudjuk felhasználni, megfelelő módszerek és algoritmusok segítségével, akár a domborzatmodellezésre, város modellezésre, és a növényzet monitorozásra is, többek között. Az eltérő felhasználási igényeknek megfelelően megkülönböztetik a felszint meghatározó digitális domborzatmodell, angolul DTM (Digital Terrain Model) és a digitális felszínmodell, angolul DSM (Digital Surface Model).

3.2 LAS formátum

A LIDAR adatokat egy erre a célra létrehozott nyílt szerkeszthető bináris fájl típusban tárolják, aminek a neve LAS. Ez az angol laser szóból ered, ezt kifejezetten az ilyen adathalmazok tárolásához és szerkesztéséhez fejlesztették ki. A felépítése nem túl összetett, alapvetően 4 szakaszra lehet felbontani, ezek közül az első egy külső fejléc, ami az alapvető információkat tárolja a fájlról. A második és a negyedik szakasz nagyon hasonlít egymásra, az utóbbi csak az 1.3-as verzió bevezetése után került bele. Itt tárolódnak például a térbeli referenciarendszer, a visszaverődési információk és még bármilyen előre meghatározott paraméter. A harmadik szakaszban a felmért pontok szerepelnek, mindegyikhez tartozik x,y,z koordináta, repülési adatok valamint az osztályozási érték, ami meghatározza egy adott ponttól, hogy azt milyen kategóriába soroljuk. Mindegyik értéknek megvan a saját jelentése, az 1.4-es verziót követően ezeknek a száma 256-ra nőtt, az eredeti 24-hez képest. A főbb osztályok értékei és jelentései:

- 0- Never classified – Ezeket a pontokat a felmérés óta nem osztályozták
- 1- Unclassified – Nem osztályozott pontok halmaza
- 2- Ground – A talajhoz tartozó pontok
- 3- Low Vegetation – Alacsony növényzet
- 4- Mid Vegetation – Közepesen magas növényzet
- 5- High Vegetation – Magas növényzet
- 6- Building – Épületek
- 7- Low Point (Noise) – Zajos pontok
- 8- Reserved - Meghatározható osztály típus
- 9- Water – Víz felületekhez tartozó

A pontokat, megfelelő algoritmus és beállítások segítségével, könnyedén osztályokba lehet sorolni. Egy, csak számokat tartalmazó adathalmazról beszélünk, ahol sokszor soronként csak minimális eltérés van, ezért egy erre megfelelő, speciális tömörítő segítségével akár a töredékére csökkenthetjük a fájl méretét. Két ismertebb tömörítési formát találni hozzá, az egyik a zLas, ami az ESRI által szabadalmaztatott formátum, a másik a LAZ, ami nyílt forrású.

4 Az adatok feldolgozása

4.1 A Balaton LIDAR felmérése

Az adatokat, amiket a munkám során használtam, eredetileg egy 2010-es Balaton parti növényzet vizsgálatára és környékének topográfiai térképezésére rögzítették. A projekt felelős Zlinszky András volt és az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológia Intézete a felmérést az EUFAR (The EUropean Facility for Airborne Research) társasággal közösen végezte. Ez a felmérés közel 2000 km², a Balaton és a Kis-Balaton körüli területeket foglalja magában. Az EUFAR jelenleg is végez kutatást a levegőben történő lézeres letapogatás és a képfeldolgozás javítása érdekében. A balatoni felmérés adatai az EUFAR Flight Finder (flight-finder.ceda.ac.uk) oldaláról tölthető le, ezt kiválasztva a CEDA archívumból (archive.ceda.ac.uk) regisztráció után oktatási célra kaptam meg. Ez a felmérés több repülési fázisból állt, ezért elsőként kiválogattam a Tihanyi-félsziget lefedéséhez szükséges hat útvonalat (4.ábra):

A letöltött fájl neve → átnevezett saját név

LDR-EUFAR10_01-2010233b01.LAS → eufar_adat1.LAS

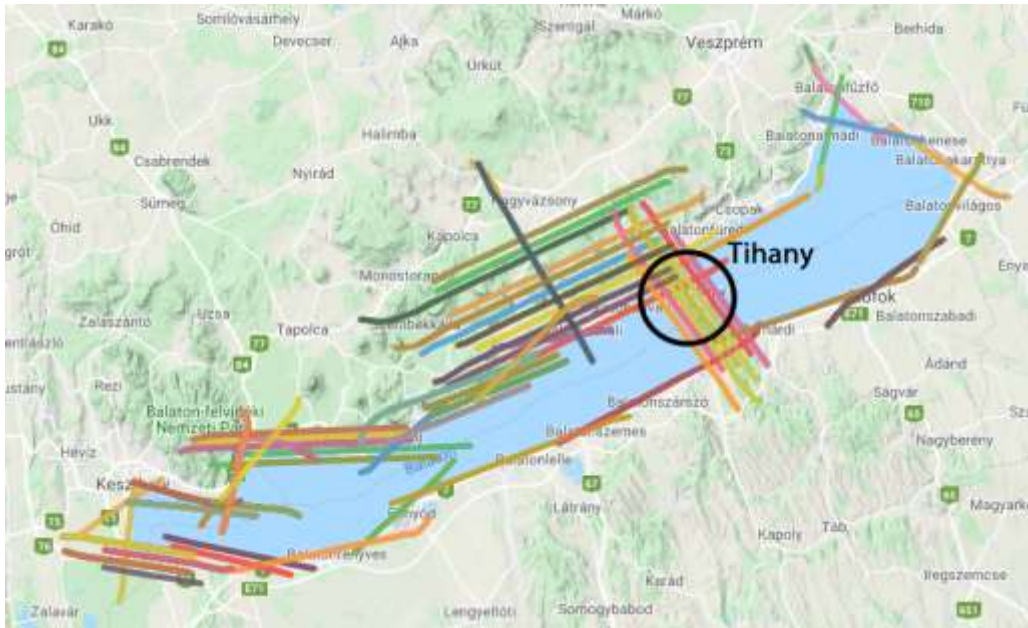
LDR-EUFAR10_01-2010233b02.LAS → eufar_adat2.LAS

LDR-EUFAR10_01-2010233b03.LAS → eufar_adat3.LAS

LDR-EUFAR10_01-2010233b04.LAS → eufar_adat4.LAS

LDR-EUFAR10_01-2010233b05.LAS → eufar_adat5.LAS

LDR-EUFAR10_01-2010233b06.LAS → eufar_adat6.LAS



4. ábra Balaton körüli repülések az EUFAR adatbázisban (*flight-finder.ceda.ac.uk*)

Mindegyik fájl egy repülési útvonalon rögzített LAS formátumú adatsor, ezen belül a pontok kétféle osztályba vannak sorolva: 1-es a még nem osztályozott és a 7-es amit zajosnak vélték. Ez a 6 darab adathalmaz, töredéke az eredeti felmérésnek, mivel annak a tárolásához egy igen nagy kapacitású tárolóeszköz kellett volna. Ezeket a fájlokat érdemes a gyökér könyvtár közelében tárolni, hogy a későbbiekben könnyebb legyen velük dolgozni. A továbbiakban az általam fent megadott nevek alapján fogok hivatkozni az adataimra, csupán lerövidítettem az elnevezésüket.

4.2 Az adatok rendezése

Ebben a részben az adatok feldolgozásához használt programot és az eszközeit fogom bemutatni, az ahhoz tartozó beállításokkal. A LIDAR fájlok kezelésére én a LStools szoftver mellett döntöttem, mivel sokoldalú és bizonyos kereteken belül ingyen használható. A LAS fájlokat méreteik ellenére nagyon jól optimalizált algoritmusaival meglehetősen gyorsan tudja átalakítani. Ez alapvetően egy program csomag, amibe beletartozik rengeteg kis különálló program, amiket nevezhetünk eszközöknek, mindegyik külön funkció ellátására készült. Ezek többségének van parancssoros és menü vezérelt verziója is, én a munkám során az előbbi mellett döntöttem, mivel elég könnyen felépíthető egy-egy bonyolultabb művelet is.

Az alapvető műveletek végrehajtása las2las.exe (LAStools) használatával vált lehetségessé. Ez az eszköz nagyon sokféle műveletre képes, én csak azokat fogom bemutatni, amiket a munkám során használtam. Számomra az első lépés az adathalmazok összevonása volt, az ehhez szükséges kódsort a readme.txt segítségével készítettem el, ami a következőképpen nézett ki:

```
las2las -i eufar_adat1.LAS eufar_adat2.LAS eufar_adat3.LAS eufar_adat4.LAS
eufar_adat5.LAS eufar_adat6.LAS -merged -o eufar_osszes.LAS
```

Az általam használt paraméterek rövid bemutatása:

-i (Insert) A beillesztés paraméterrel megadjuk a szerkeszteni kívánt fájl elérési útvonalát és nevét.

Ha nagyon sok adathalmazzal kell dolgoznunk egyszerre és többször egymás után, érdemes belőle egy listát készíteni és utána egyként hivatkozni rá a következőképpen:

```
las2las -lof file_list.txt -merged -o eufar_osszes.LAS
```

-lof (list of files) A fájlok listája paraméter segítségével megadhatjuk annak a listának a nevét és helyét, ami tartalmazza a használni kívánt fájlok nevét és elérését. Ebben az esetben *file_list.txt* aminek a tartalma:

```
..\adat\eufar_adat1.LAS
..\adat\eufar_adat2.LAS
..\adat\eufar_adat3.LAS
..\adat\eufar_adat4.LAS
..\adat\eufar_adat5.LAS
..\adat\eufar_adat6.LAS
```

-merged Összevonás paraméter, a kettő vagy több adatsorból egyet készít.

-o (Output) Kimenet paraméter, amivel meg lehet határozni a program által készített új fájl helyét, nevét és típusát. Ha üresen hagyjuk, akkor az adat végül „eredetinévé”_1.laz néven fog megjelenni a behívott adatnak a könyvtárában. Jelen esetben a kapott adatsor eufar_adatosszes.LAS lesz az adat mappában.

A program lefutásának végeztével a kapott fájl, mind a hat repülési útvonalon készült adatokat tartalmazza. A fájl méretéből adódóan ez a folyamat eltarthat egy ideig, ezért ajánlott egy erősebb gépen végezni. Az összevonásra azért volt szükség, mert a kijelölt területem mind a hat repülési útvonalat érinti.

Következő lépésben a kiválasztott terület kivágása következik a már összegzett fájlból, ez egy opcionális lépés, amit a program gyorsabb lefutása érdekében érdemes megcsinálni. Az adatsort a terület szélső koordinátáinak megadásával lehet leszűrni köztes értékekre, értelemszerűen a terület bal felső és jobb alsó sarkát kell választani.



5.ábra Kijelölt terület a Tihanyi-félszigeten (openstreetmap.org)

```
las2las -i eufar_osszes.LAS -keep_xy 716800 5196500 721000 5201000  
-o eufar_tihany.LAS
```

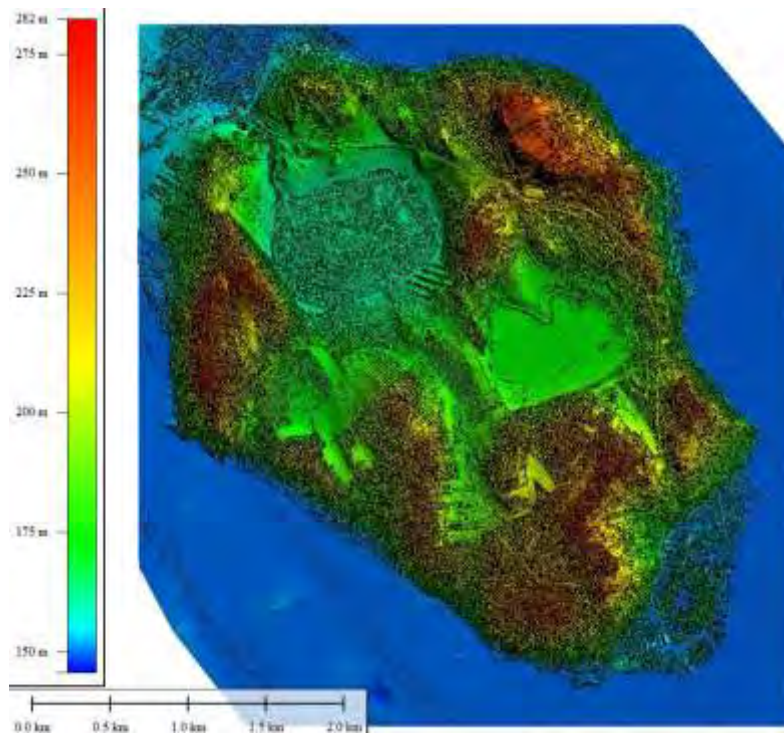
`-keep_xy x1 y1 x2 y2` (`min_x min_y max_x max_y`) Ezzel a paraméterrel lehet szabályozni a megtartani kívánt adatokat, a `-keep_xy` esetében a terület szélső pontjai közé eső adatsort fogja csak tartalmazni a kimeneti fájlunk.

A leválogatás végeztével az adatmennyiség radikálisan csökkent és már csak a kiválasztott területhez tartozó adatok szerepelnek az új fájlunkban, a `eufar_tihany.LAS`-ban. Ha elkészült a kijelölt területünk, célszerű kicsit alakítani az adatok felépítését a jobb kezelhetőség érdekében. Az adatfájlban a tengerszint feletti magasság mértékegysége a láb, ami nem optimális, ezt célszerűen át kell alakítani méterre. Ez a későbbiekben hasznos, ugyanis van

olyan szoftver, ahol gondot jelent, ha nem méterben szerepelnek a magassági adatok. Ezzel a kódsorral az adataink magassági értéke méter lesz:

```
las2las -i eufar_tihany.LAS -target_elevation_meter -o eufar_tihany_m.LAS
```

`-target_elevation_meter` meghatározza, hogy a kimeneti fájlban a magassági mértékegység méter legyen.



6.ábra A Tihanyi-félszigeten rögzített pontok magassági értékük szerint színezve. (az ábrát a Globalmapper segítségével készítettem)

Az adatokat böngészve találhatunk hibás vagy zajos rekordokat, ezek többféleképpen is keletkezhetnek. Később gondot jelenthetnek azok, amelyek kiesnek a lehetséges értékeken kívülre. Az x és y koordináta tengelyen már történt szűrés, ezért a z koordináta tengelyre is célszerű rendezni az adatsort az esetleges kiesések miatt 100m és 300méter közé.

```
las2las -i eufar_tihany_m.LAS -keep_z 100 300 -o eufar_tihany_mz.LAS
```

`-keep_z 100 300 (min_z max_z)` paraméterrel csak a tengerszint feletti 100 és 300 méter közötti adatokat tartja meg.

A kapott adathalmazban alapvetően kétféle osztályú pontok szerepelnek: nem osztályozott és zajos pontok, ezek közül az utóbbira nincs szükség. A program segítségével az osztályok szerint is tudjuk rendezni adatsort, amiből a következőképpen el is lehet távolítani a megadott csoportokat:

```
las2las -i eufar_tihany_mz.LAS -drop_class 7 -o eufar_tihany_mzwz.LAS
```

`-drop_class 7` paraméter kiszűri a kimentei fájlból a 7-es osztályba tartozó adatokat.

4.3 A rekordok osztályozása

Kizárólag csak a tájfutó térkép elkészítéséhez szükséges főbb csoportosítások kerültek előtérbe, ennek főleg az az oka, hogy bizonyos osztályokra egy ilyen térkép elkészítéséhez, vagy nincs szükség, vagy nem a legjobb megoldás a LIDAR adatok felhasználása. Tapasztalataim alapján, amire szükségem van az a szintvonal rajz és a növényzeti borítottság. A domborzat elkészítése közben létrehozom az épületek osztályt is, de ennek a későbbiekben nem lesz jelentősége.

A besorolást érdemes a földfelszínnel kezdeni, mivel feltehetően, a legtöbb pontból álló osztály lesz a végén, egy nyíltabb terület esetén. A ground a 2-es csoport elkészítésére rengeteg opciót ki lehet próbálni, meglehetősen sok dologtól függ, hogy melyik az optimális az általunk választott területre. A LAsTools-on belül a lasground eszköz felel ezért. Ebben vannak előre definiált stílusok, amik általánosságban jók lehetnek bizonyos területekre. A legésszerűbb döntés itt minél többet kipróbálni és ebből a tapasztalati úton a legjobbnak tűnőt kiválasztani. A beállítások közül nem mindegy, hogy mit használunk egy hegyes részen vagy egy laposabb alföldi részen. A meredekebb tájakon, egy nem megfelelő beállítással, akár akkora magassági érték különbség is előfordulhat két egymáshoz közeli pont között, hogy azok egyszerűen kiesnek a keresett értékek közül. A nem megfelelően detektált pont a végső domborzati modellben jelentős eltéréseket okozhat a valóságtól. Ezen felül erősen befolyásoló tényező még a növényzeti takaró, hiszen ha nagyon sűrű, akkor előfordulhat, hogy nem érkezik visszaverődés a talajról. Egy olyan területen ahol jelentős növényzet található, sokkal kevesebb a talajról visszaverődött pont, ami miatt előfordulhat, hogy bizonyos dolgok eltorzulnak.

A talaj osztályzásnak többféleképpen lehet nekikezdeni, ebből a legegyszerűbb a lasground eszköz segítségével, optimális paraméterekkel lefuttatni a programot közvetlenül a nyers fájlban. A kísérletezéseim során azt tapasztaltam, hogy annak ellenére, hogy elvileg ki tudja szűrni a program az épületekhez tartozó pontokat, ez nem mindig működött hibátlanul. Az előző ok miatt döntöttem amellett, hogy a talaj pontok definiálása előtt inkább az épületekhez tartozó pontokat fogom detektálni. Erre találtam egy viszonylag egyszerű és elég gyors módot, a geofabrik oldalról (www.download.geofabrik.de) ingyen le lehet tölteni az OSM adatait (www.openstreetmap.hu). Ez egy shape fájl formátumú adattömeg lesz, amiben az épületek körvonalai szerepelnek. Ezek az adatok nem feltétlenül hibátlanok, de elég jól használhatóak. A letöltött fájlhoz tartozó koordinátákat a már meglévő LIDAR adatainkhoz kell igazítani, mert különben jelentős eltérések keletkezhetnek.

A LASStoolshoz tartozik a lasclip, amely egy olyan eszköz, ami lehetővé teszi, hogy a LAS fájljokból sokszögek által lefedett területek szerkeszthetők legyenek. Szükséges hozzá egy olyan adatokat tartalmazó fájl, amiben szerepelnek a poligonokat alkotó koordináták, ilyen lehet például a shape formátum is. A következő parancssorral osztályoztam az épületeket a területen:

```
lasclip -i eufar_tihany_mzwz.LAS -poly "epuletek.shp" -interior -classify_as 6  
-o eufar_tihany_bg.LAS
```

-poly segítségével megadjuk a poligonokat tartalmazó fájlunk nevét és elérési útvonalát;
-interior beállítással csak a sokszögeken belül eső pontokat fogja vizsgálni;
-classify_as 6 használatával megadjuk, hogy a kiválasztott pontokat a 6-os osztályba sorolja.

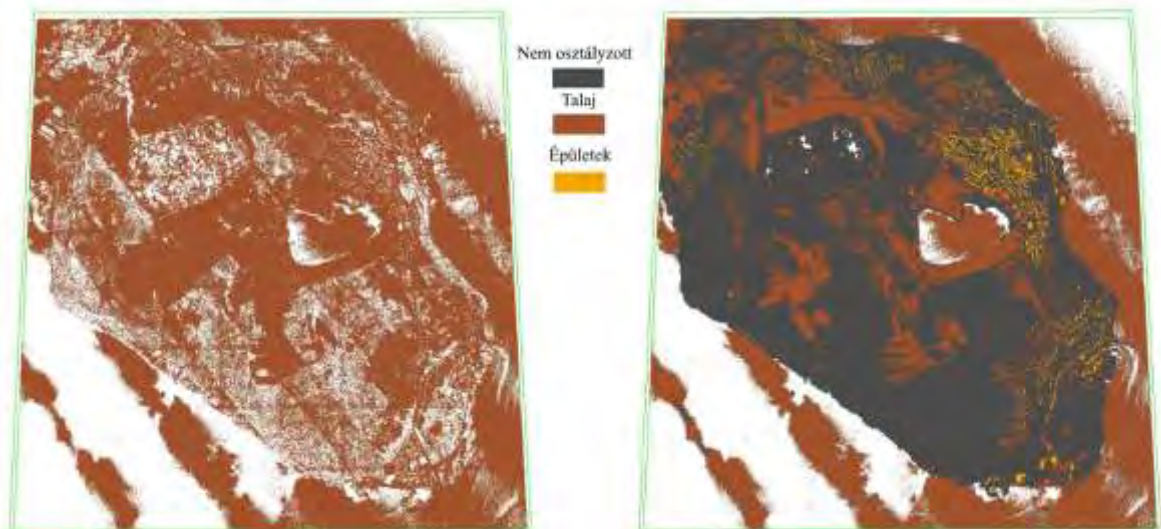
A program lefutásával a kapott területen, a nem osztályozott pontok mellett megjelennek az épületekhez tartozó pontok (7. ábra). Az ezt követő lépésben jöhetett a lasground eszköz, amivel talajpontok csoportosítását vittem véghez a következő parancssorral:

```
lasground -i eufar_tihany_bg.LAS -step 20 -extra_fine -ignore_class 6  
-o eufar_tihany_ground.LAS -cores 4
```

-step 20 paraméterrel lehet szabályozni a lépésfokot méterben ami a két közeli pont közötti legnagyobb magasságbeli eltérését jelenti;
-extra_fine fokozni lehet vele a keresés mértékét ezt inkább a meredekebb részekre érdemes használni;

`-ignore_class 6` ezzel a paraméterrel lehet figyelmen kívül lehet hagyni a 6-os csoportot, az épületek halmazát.

Az eszköz, amivel ezt végrehajtottam csak részben ingyenes, bizonyos limit átlépése után a program elkezd véletlenszerűen zajt generálni az adatsorunkba. Ezt ki lehet kerülni, ha előtte felparcellázzuk a területünket több kisebb darabra. A program lefutása után a 7. ábrán láthatjuk a háromféle csoportot.



7. ábra A bal oldali képen csak a talajhoz tartozó pontok szerepelnek míg a jobb oldalin az összes (saját ábra a lasview segítségével készítve)

Ezen az ábrán inkább tűnik egységes felületnek a ponthalmaz, mintsem különálló pontoknak, de ha jobban ráközelítünk, feltűnnek a részletek. A következő, 8. ábrán jól látható, hogy az erdős területeken a növényzet fedettsége miatt jóval kevesebb pontot detektáltak a mérés során a talajról.



8. ábra A bal oldali képen a terület műholdképe látható, mellette a jobb oldalon a területen szereplő talajpontok (bal google.hu/maps-ról van kivágva, a jobb a lasviewből)

A növényzethez tartozó osztályok létrehozása csak azután lehetséges, ha már a talajhoz be vannak sorolva pontok, mivel ezeket a felszíntől való távolságuk alapján kategorizáljuk. Az alacsony, közepes, és magas növényzeti osztályok mindössze egy lépésben elkészíthetők a lasheight eszköz segítségével, ahol csak meg kell adnunk az osztályokhoz tartozó magasságot.

```
lasheight -i eufar_tihany_ground.LAS -classify_between 1 3 3 -classify_between 3 8 4 -  
classify_between 8 100 5 -ignore_class 6 -o eufar_tihany_groundv.LAS
```

-classify_between segítségével meg lehet adni a lehető legkisebb és legnagyobb magassági értéket, amivel a meghatározott osztályba fognak tartozni.

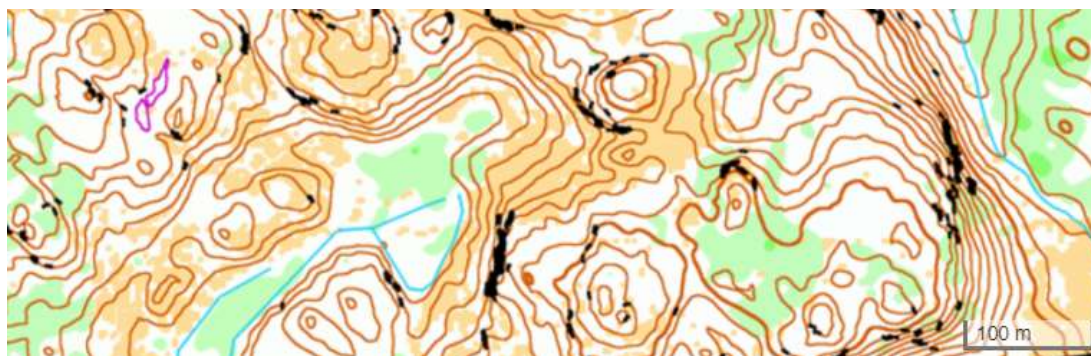
Az első, amit létrehoztam, a 3-as alacsony növényzethez tartozó volt, amibe az 1 és 3 méter közötti növényzeti pontok kerültek. Ezt követte a 4-es közepes növényzeti osztály, ahol azért, hogy ne legyenek kimaradt pontok, a 3 és 8 méter közötti visszaverődések kerültek. Végül a 8 és 100 méter közé eső pontokat a magas növényzetek közé, az 5-ös osztályba soroltam. Ezen csoportoknak a létrehozására szükség volt, mert valamilyen szinten meg kell különböztetni a növényzetet a talajtól. Ezek nem felelnek meg a tájfutó térkép jelkulcsi kategorizálásának. A kész adathalmaz ezzel együtt már rendelkezik azzal az 5 darab osztállyal, aminek segítségével már el lehet kezdeni a tájfutó térkép megalkotását.

5 A térkép elkészítése

5.1 LIDAR adatok a tájfutásban

A számítástechnika és a távérzékelés fejlődésével a térképek jelentős változásokon mentek keresztül az elmúlt évtizedek alatt. Ez az átalakulás a tájfutásban is érezhető volt, ahol egyre inkább növekedett az igény a pontosabb és a részletesebb térképek iránt. Egy légi lézerszkennelés során felmért területről, akár terepi munka nélkül is készíthető napjainkban sokféle térkép. Sajnos nyilvános adatok hiányában nem minden területről lehet jelentős költség nélkül ilyet készíteni. Bizonyos országok, államilag finanszírozott kereteken belül elvégezték a teljes vagy részleges országos felmérést, amelyeket később, ingyenesen vagy fizetős formában elérhetővé tettek. Ahogy egyre több országban készült ilyen felmérés, úgy egyre népszerűbb lett a tájfutó térképhez való használata is. Ezen a téren élen jár Finnország, ahol hárman: Jarkko Ryypö, Joakim Svensk és Mats Troeng közös erőfeszítéssel létre hozta a MapAnt projektet.

A MapAnt egy hatalmas (1:15000 méretarányának megfelelő részletességű) tájfutó térkép, amely szinte egész Finnországot lefedi. Ezt a finn nemzeti földmérés által nyilvánosan hozzáférhetővé tett adatokból automatikusan, számítógépek segítségével készítették. A MapAnt nevet azért kapta mivel ebben a munkában a résztvevő közel száz számítógép hangyaként egy „hangyabolyban” dolgozott együtt, hogy valami nagyobbat építsenek, mint amire önmagukban képesek lettek volna. Ehhez a folyamathoz készült el a Karttapullautin szoftver, ami LIDAR adatokból képes automatikusan tájfutó térkép előállítására. A terület, amiről elkészült a térkép közel 340 000 négyzetkilométer volt, és ehhez közel 10 TB (terabyte) adatra volt szükség. Erről a hatalmas területről származó adatot közel 100 gép összehangoltan, párhuzamos számításokat végezve 3 hét alatt készítette el. Ezt a mai napig egyedülálló térképet a www.mapant.fi oldalon lehet megtekinteni (9. ábra).



9. ábra A MapAnt projekt térkép részlete (www.mapant.fi)

Természetesen, ez a térkép tájfutó versenyeken való felhasználásra nem igazán alkalmas, viszont egy-egy edzés megtartására kiválóan alkalmas és használható.

A Karttpullautin szoftvert kifejezetten a MapAnt projekt elkészítéséhez fejlesztették ki, de megfelelő alapadatokkal szinte bárhol fel lehet használni egy tájfutó térkép elkészítéséhez. A program alapvetően egy skandináv adatsor feldolgozására lett kifejlesztve. Ezért mielőtt belevágunk, nem árt, ha meggyőződünk arról, hogy rendelkezünk-e minden szükséges adattal hozzá.

Az előkészített adataimmal megpróbáltam lefuttatni a programot az alapbeállításai-val, de megfelelő fájlok hiányában csak részleges eredményt értem el. A tapasztalatom ezzel kapcsolatban, hogy nem árt, ha kisebb területtel kezdjük a kísérletezést, ugyanis egy-egy nagyobb terület kiértékelése akár több órába, vagy napba telik. A beállításokkal rengeteg időt kell eltölteni, hogy az egy nem skandináv jellegű területen is jó eredményt adjon. A domborzat, a növényzet és a sziklák elkészítéséhez elég egy LAS fájl, azonban ha többet akarunk, akkor rendelkezünk kell ezen kívül még más adatokkal (fájlokkal) is.

5.1 OCAD és az OpenOrienteering mapper

A térkép rajzolásának kezdete előtt két erre a feladatra készült szoftvert is találtam. Az egyik az OpenOrienteering mapper, egy nyílt forráskódú ingyenes szoftver, a másik pedig az OCAD Orienteering mapper. Mind a kettőnek meg van a maga hátránya és előnye, ami leginkább attól függ, mire akarjuk őket használni.

Az OpenOrienteering mapper 0.8.4-es változata elég kézenfekvő ötlet, mivel ingyenes és rendelkezik okostelefonos verzióval is, ami nagyban megkönnyíti a terepi munkát. A szoftver önmagában nem alkalmas arra, hogy LIDAR adatokat dolgozzon, fel ezért mindenképpen kell hozzá egy külső segédprogram, mint például a Karttpullautin.

Az OCAD orienteering 2018, egy professzionális, tájfutó térkép készítő szoftver, ami sajnos nem ingyenes, viszont rendelkezik LIDAR támogatással, így rengeteg leírás elérhető az interneten hozzá. A szoftver önmagában képes a már rendezett LAS fájlok feldolgozására, segítségével a digitális terepmodell (DTM) és a digitális felszínmodell (DFM) is elkészíthető.

Munkám kezdetekor szerettem volna, ha mind a két szoftverben rejlő lehetőségeket ki tudom próbálni, munkámat az OpenOrienteering mapper használatával kezdetem. A nyílt ingyenes szoftverek legnagyobb előnye talán az, hogy rengetegen hozzáférnek és mindenki

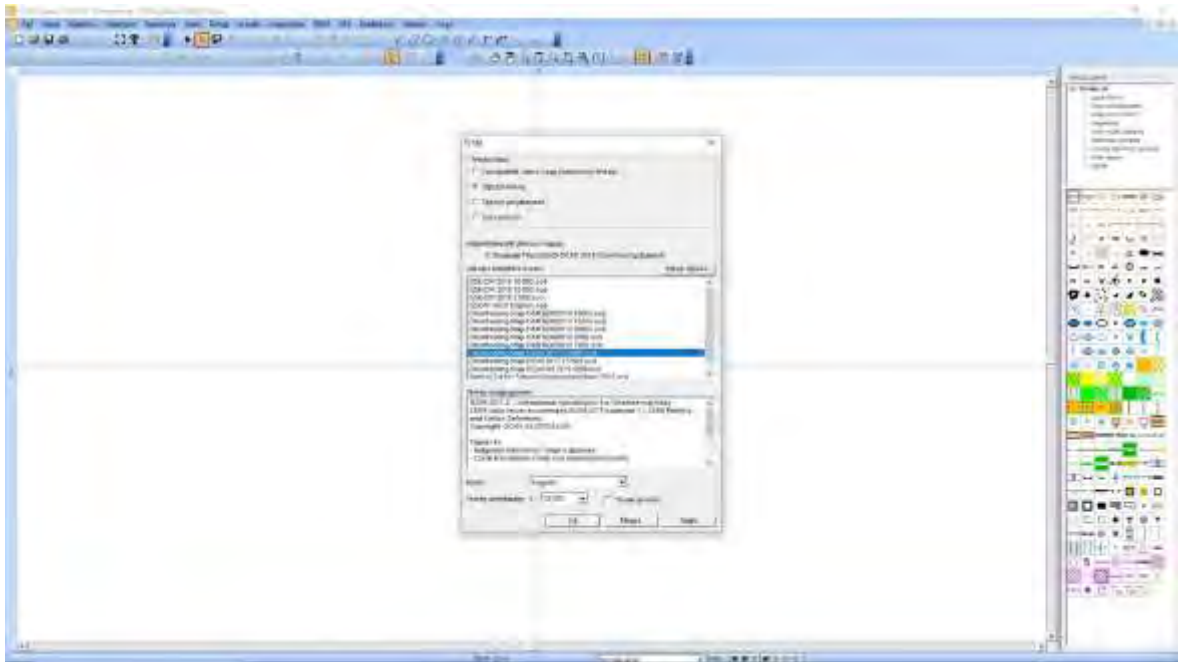
hozzá teheti a maga kis bővítését, amivel fejlődik a program. A LIDAR adatok felhasználásával kapcsolatban viszont nem sok előrelépést tudott tenni ez a szoftver az elmúlt időben. A térképkészítés és a rajzolás a szoftverben meglehetősen egyszerű és felhasználóbarát, így ezzel a résszel elég gyorsan lehet haladni. Azonban a lézerszkennelt adatok felhasználása és annak a szoftverbe való juttatása, ha nem egy képként akarjuk betölteni a kapott eredményt, akkor az komplikált. Rengeteg problémát, hosszas keresés és kisebb-nagyobb átalakítás után meg lehet kerülni, de lehet találkozni nem egy olyannal, amelynek megoldására nem kínál lehetőséget semmilyen szoftver. Egy-kettő megoldatlan probléma még nem jelent teljes kudarcot, viszont ha ezeknek a száma meghaladja a 10-12-t, akkor el kell gondolkozni egy másik megoldáson is. Itt főleg importálási, adatkezelési gondokról beszélhetünk, ami sajnos nem mindig megy gördülékenyen a szoftverben, főleg ha nagy mennyiségű adatról van szó.

Az OCAD Orienteering 2018-as szoftvere jelentette a tartalék tervet, amit azonban ehhez meg kellett vásárolnom. A rajzolás ebben a szoftverben meglehetősen gyorsan tanulható és rengeteg hasznos funkcióval rendelkezik.

5.2 A térkép elkészítése az OCAD Orienteeringben

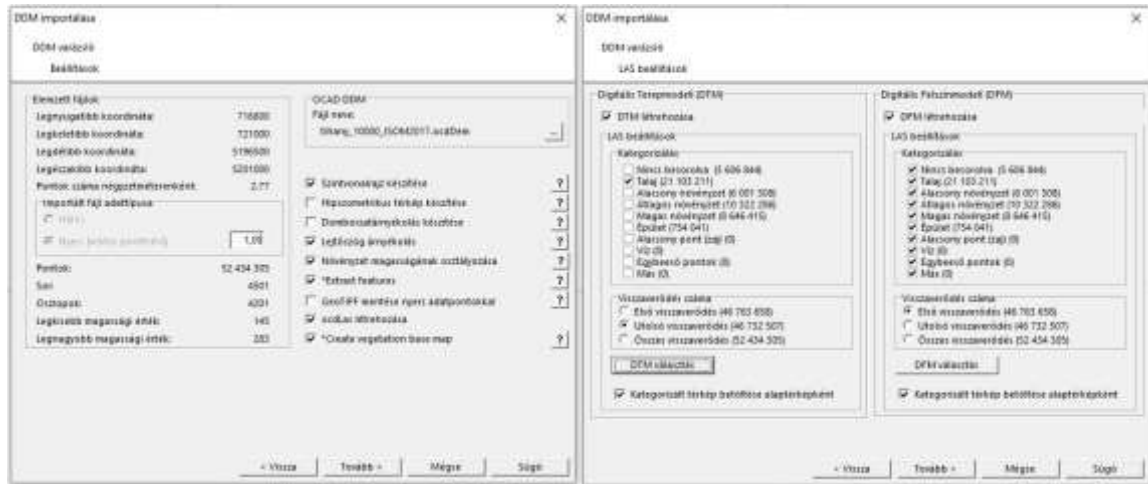
A LIDAR adatokat lehet manuálisan kézzel, vagy akár automatikus algoritmusok segítségével feldolgozni. A manuális feldolgozás nem minden esetben a leggyorsabb, viszont sok esetben szebb és a valósághoz közelebbi eredményt kaphatunk. Az elkészítés során kipróbáltam a program adta lehetőségeket, és megnéztem, hogy mi az, amit érdekesebb egy másik oldalról megközelíteni.

Első lépésként az OCAD szoftverben szükséges az új térképhez méretarányt és jelkulcsot választani, ezt nagyban segíti, hogy a program már alapból rendelkezik a nemzetközileg elfogadott lehetőségekkel. A Tihanyi-félszigethez készülő térképhez az 1:15 000 méretarányt és az ISOM2017-2 jelkulcsot választottam. A 10. ábrán látható a program kezelőfelülete, jobb oldalon a jelkulcsban szereplő jelek és leírásaik találhatóak, a felső sávban a szerkesztéshez szükséges eszközök valamint a menüsáv található.



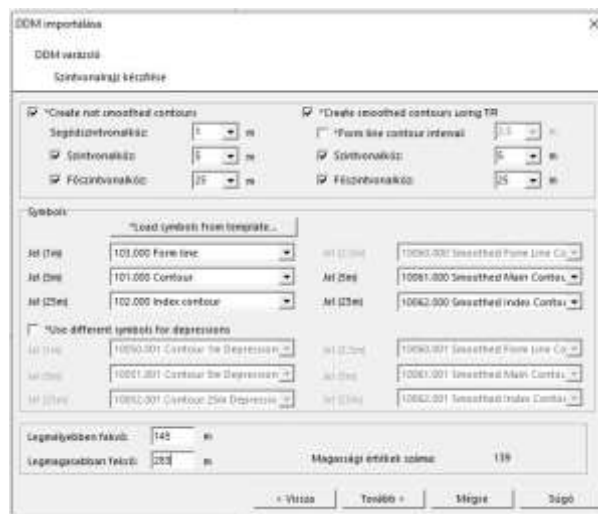
10. ábra Az OCAD Orienteering szoftver kezelői felülete, az új térkép létrehozásakor (saját ábra az OCAD Orienteering-ből)

Az új térkép létrehozása után a DDM (Digitális Domborzat Modell) menüpont alatt lehetséges importálni a DDM varázsló segítségével a LIDAR fájlunkat. A hozzáadás gombbal hozzáadtam a korábbi fájlmot az eufar_tihany_groundv.LAS-t. A 11. ábra bal oldali képe megmutatja az összes lehetőséget, amit felajánl a program, ebből számomra fontos volt a szintvonal rajz és a növényzeti alap térkép elkészítése. De ezen kívül még sok más műveletre is alkalmas a varázsló. Ezek között van olyan, amivel a növényzet magasságát is lehet osztályozni külön, de ezt már egyszer megcsináltam a LAStools használatával. A tovább gomb megnyomásával a 11. ábra jobb oldali képéhez jutunk, ahol létrehozható a terepmodell (DTM) és felszínmodell (DFM).



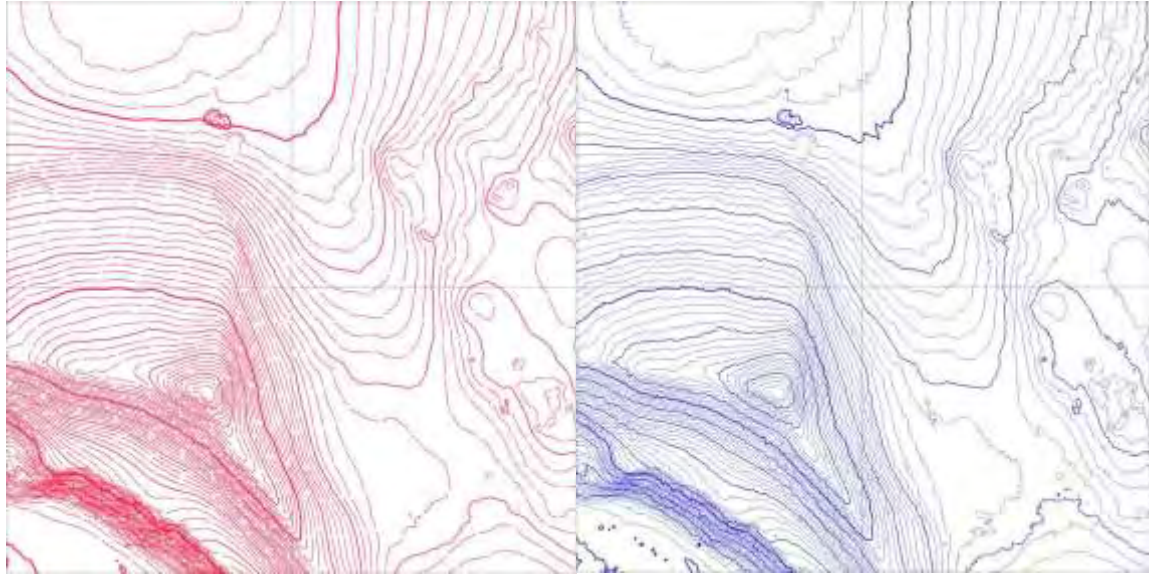
11. ábra A DDM varázsló lehetőségei a fájl kiválasztása után (saját ábra az OCAD-

A terepmóddal, a domborzati elemek elkészítéséhez a talajpontok csoportja szükséges. A felszín modellhez az összes kategóriát meg lehet tartani, mivel a rendezett adatsorban csak az ahhoz szükséges osztályban szerepelnek pontok. Ezt követően a szintvonalrajz elkészítése jön, amit kétféleképpen is létre lehet hozni, mint ahogy 12. ábra is mutatja.



12. ábra A szintvonalrajz elkészítéséhez lehetséges beállítások (saját ábra az OCAD-ből)

A két lehetőség bemutatása előtt az alapszintközre szeretnék kitérni, ahol az 5 és a 25 méteres köz mellett döntöttem. A területem nagy részét dombok és meredekebb oldalak teszik ki, amik kisebb közszel ábrázolhatatlanok lennének. A szintvonalakat rajzoltathatjuk simítva és simítás nélkül a TPI (Topographic Position Index) segítségével.



*13. ábra Kétféle szintvonalas ábrázolás: simított és simítás nélküli
(saját ábra az OCAD-ből, Tihany-félsziget részlet)*

A 13. ábra bal oldalán a TPI által létrehozott szintvonalakat láthatjuk, míg a jobb oldalon a simítás nélkülieket. A részletesség érdekében 1 méteres alapszintközt használtam, ami segít felfedni azokat a formákat, amelyek már nem férnek bele az 5 méteres közbe. A tájfutás szempontjából szerepelnek olyan domborzati formák a terepen, amiket segédszintvonalal ábrázolni kell, ezek általában 2,5 méteres közzel szerepelnek a térképen. A 14. ábrán látható, hogy mi az, ami kimaradt volna az automatikus generálás során, ha csak az 5 méteres alapszintközt használnom.



*14. ábra a bekeretezett részek részletessége 1 méteres és 5 méteres alapszintköz esetén
(Saját ábra OCAD-ből)*

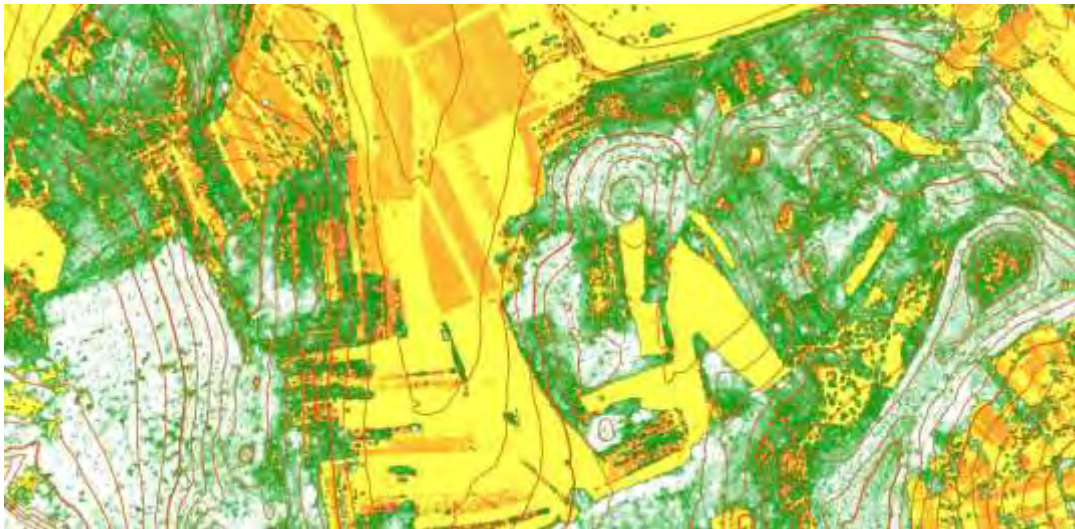
A program lehetőséget ad arra, hogy a 2,5 méteres szintközön szereplő kiegészítő szintvonalat is automatikusan elkészítse. Ezzel a vonallal több gond is akad egy tájfutó térkép szempontjából, többek között, hogy a vonal folytonosan megjelenik minden alap szintvonal között, még ott is, ahol nincs rá szükség. A későbbiekben kifejtem annak az okát, hogy miért nem használtam a térkép készítése során részletesebb képet adó szintvonalközt a gépi előkészítéskor. Az automatikusan generált szintvonalak a rengeteg átlagolás miatt nem feltétlenül lesznek teljesen valóságűek. Az elkészült vonalak alapvetően tükrözik a domborzat jellegét, de ez kevés ahhoz, hogy ez használható legyen egy tájfutó versenyen. A 15. ábrán látható összehasonlításként két térkép részlet, ezt a kettőt egy LIDAR fájl felhasználásával készítették, két különböző módon egy adott területről. A bal oldalon szerepel az a kép, amit automatikusan az optimalizált beállítások mellett készítettek, még a jobb oldalon az adatok kézi feldolgozásából készült térkép szerepel.



15. ábra A két képen egy részben karsztos terület szerepel Maribor közeléből

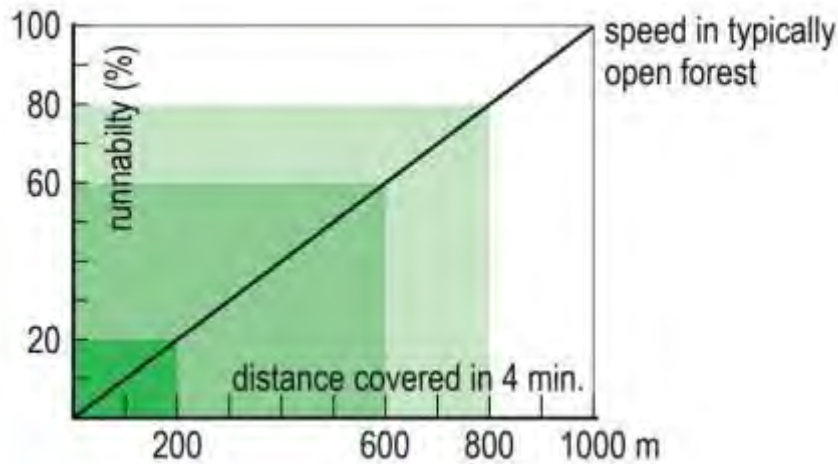
(www.icaci.org)

A szintvonalak után következett a növényzet magasságának osztályozása, ezt már korábban ugyan végrehajtottam az adathalmazon. Az OCAD szoftver osztályozása kicsit más, mint amit korábban csináltam. A program alapértelmezett beállításával kiegészíti az osztályokat két új nyílt területi csoporttal: egy durván nyílt területtel, és egy nyílt területtel. Az újonnan létrehozott csoportok rekordjai megkapják a nemzetközi jelkulcsban meghatározott szín értéküket, amivel szerepelni fognak a térképen. A növényzet esetében is egy kicsit másképp közelíti meg az OCAD a csoportosítást. Egy adott osztályon belül alsó és a felső érték között a pontok magassági értékének megfelelő szint fog párosítani a színskála két szélső értéke közül (16. ábra).



*16. ábra Az OCAD növényzet osztályozási módszerével készült alap térkép
(saját ábra az OCAD-ből)*

A növényzet magasság szerinti osztályzása egy jó támpontot adhat a terepi munka során, ahol már a növényzetet a nemzetközi előírás szerint, futhatóság alapján kell kategorizálni (17.ábra).

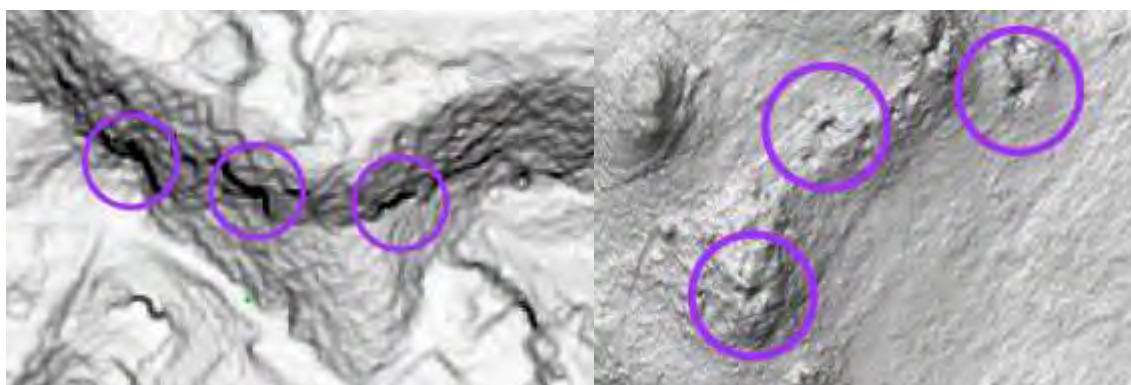


17. ábra A növényzethez tartozó szín futhatóság szerint (ISOM2017-2)

A magassági és futhatósági osztályzási rendszer között jelentős különbségek is előfordulhatnak. A növényzet automatikus generálásában is lehetnek problémák. Itt kifejezetten arra kell gondolni, hogy a számítógépen belül a program nem tudja elvégezni az adatok alapján a tájfutó térképekre érvényes generalizálási folyamatot. Az a véleményem, hogy ezt manuálisan sem lehet kizárólag csak LIDAR adatok alapján elvégezni. A zárt lombkoronák miatt ugyan úgy fennáll annak a lehetősége, hogy hiányosak az adataink a talaj és a köztes növényzet méreteiről.

Az ezt követő lépésben történt a sziklák és a meredekebb oldalak detektálása, a program a lejtőszög nagyságából létrehozza a jeleket, ahol szerinte szikla található. Ezek mennyisége, még normál beállítások mellett is igen sok. A program által generált jelek megkönnyítik a terepi munkát, de itt sem lehet teljesen az automatikus detektálásra támaszkodni. A LIDAR adatok importálása közben lehetőségem volt még gödör és kúp jelek létrehozására is térképen, ezeket méretük szerint lehetett osztályozni. A gödör jeleket az 1 méternél mélyebb mélyedésekre használtam, míg a kúpokat az 1 méternél magasabb kiemelkedésekre. A két jelből nem sokat generált a szoftver, ami nem biztos, hogy teljesen tükrözi a valóságot.

Az automatikusan készített gödrök esetében előfordulhat, hogy az valójában vagy vizesgödör vagy rókavár lenne a terepen, illetve a tájfutó térképen. Az OCAD DDM varázslójának segítségével tudunk készíteni még több féle térképet, amit elemezve akár ennél is több te-reptárgyat be tudunk azonosítani. Ezeken a képeken pontosan látszódnak az egyes objektu-mok körvonalai. Itt nem érdemes algoritmusokra támaszkodni, ezek nélkül sokkal pontosabb és szebb ábrázolást lehet elérni az összképben. A 18. ábra bal oldali képén a lejtőszög árnyékoláshoz készített alap térképet láthatjuk az OCAD-ból még a jobb oldalon a domborzatár-nyékoláshoz készült kép szerepel. A lejtőszög árnyékolásból nagyon jól azonosíthatók a sziklafalak, még a domborzatárnyékolásból a gödrök és az egyéb domborzati formák olvas-hatók le viszonylag könnyen.



18. ábra A sziklafalak és a gödrök láthatósága az alaptérképeken (Saját ábra OCAD)

Az alaptérképekről kézzel fel lehet venni pár nagyobb utat és a házak zömét, azonban ahhoz, hogy ez teljes legyen, szükség van máshonnan is adatokra hozzá.

Itt elérkeztem oda, ahol elfogytak a LAS fájlok által kínált lehetőségek. Ezen a ponton rendelkeztem egy növényzeti alaptérképpel és egy elég jó szintvonalrajzzal és kiegészítése-ivel. Ezen felül beimportáltam az úthálózatokat és az épületeket az OSM-ről (openstreet-map.org). Az épületek alaprajzai megfelelnek egy ilyen méretarányú térkép elkészítéshez, viszont az úthálózat ehhez már kevés volt. A Tihanyi-félszigeten és körülötte a vízfelületek ábrázolását kézzel végeztem, mivel nem találtam rá más elfogadható megoldást. A mellék-letben szereplő térképet, kizárólag előre felmért adatokból automatikus módszerekkel készí-tettem.

5.3 LIDAR adatok felhasználhatósága

A légi lézerszkennelés jelentősen megváltoztatja a nagy- és közepes méretarányú térképek készítésének folyamatait. A hosszas terepi munkát a töredékére csökkentheti, viszont a számítógép előtt töltött órákat megnöveli. A LIDAR adatok felhasználása egy tájfutó térkép esetén pozitív, illetve negatív irányba is befolyásolhatja a végeredményt. A terepi munka kezdetekor már részletes domborzati és növényzeti kiértékeléssel rendelkezünk a területről, ami nagyban megkönnyíti a dolgunkat. Ezen adatok nélkül a főbb növényzeti határok és domborzati elemek felvétele több ideig tartana, mint így az egész folyamat. Nagyon sokat számít az előkészített térkép minősége, egy rossz beállításokkal legyártott alap nagyon sok téves információt tartalmazhat. A program használatával létre lehet hozni, akár 1 méteres alapszintközű szintvonalrajzot is, ami nem biztos, hogy minden esetben előnyös. Ezt bemutatnám egy konkrét példával: Előfordulhat az, hogy a felnagyított térképen látunk egy horpadást az oldalban. Ezt a horpadást a terepen megnézzük annak tudatában, hogy ott kell lennie valaminek. A területhez oda érve látjuk, hogy tényleg van ott valami kisebb domborzati objektum és ezzel már meg is győztük magunkat a létezéséről. De ha a térképen nem lett volna rajta ez a horpadás és csak bejártuk volna a területet tájfutó szemmel, akkor ez nem lett volna annyira feltűnő, hogy szerepeljen rajta.

Ez a pszichológiai hatás akár egy tapasztaltabb térképkészítőt is belerángathat a túlzott részletességbe. Egy ilyen térkép elkészítéséhez fontos tudni, hogy minden, amit ábrázolunk a térképen azt egy versenyzőnek akár futás közben is észre kell vennie. Jelen esetben törekedni kell arra, hogy a térkép jól olvasható legyen akár mozgás közben is, elkerülve a felesleges részletességet.

A LIDAR adatok alapján, csak automatikus módon készített térképek, nem lesznek alkalmasak egy komoly tájfutó verseny megrendezéséhez, viszont a terep előzetes megismeréséhez elegendő információt szolgálhatnak. Ha ezeket az adatokat kiegészítjük egy terepi bejárással, akkor már sokkal pontosabb és valósághoz közelebbi eredményt kaphatunk, ami akár már alkalmas lehet egy verseny megrendezéséhez. Erre vonatkozólag Szlovéniában egy felmérést is készítettek, ahol megkértek versenyzőket, hogy próbálják ki a kétféle módon készített térképeket és értékeljék őket. Megkérdezték őket a térkép a tulajdonságairól és azt értékelniük kellett 0 és 5 között (0- Nem vettem észre különbséget , 1- Nagyon rossz, 2- Elfogadható, 3- Tisztességes, jó, 4- Nagyon jó, 5- Kiváló).

A- Az automatikusan készített térképre vonatkozóan

B- A kézzel felülvizsgált térképre vonatkozóan

Kritériumok	A átlag	B átlag
A térkép olvashatósága	3,9	4,8
Alkalmas-e oda az adott szín	3,5	4,5
A szintvonalak helyessége	4,6	4,5
A gödrök, mélyedések és a kúpok pontossága	2	3,6
A sárga színek megjelenése a térképen	2,9	3,3
A zöld színek megjelenése a térképen	2,9	3,6
Vízhez tartozó objektumok megjelenése	2,6	3,4
A térképen szereplő jelek általános megjelenése	3,7	4,2
Edzésekhez való használhatóság	4,3	4,8
Versenyekhez való használhatóság	1,4	3

20. ábra A táblázatban a kritériumok és az ahhoz tartozó pontjaik szerepelnek (Forrás: Automation in Orienteering Map Production –Fiction or Reality)

A táblázat több kritériumnál is a kézzel felülvizsgált térképet értékelték jobban a versenyzők. Az értékelés szerint az automatikusan készült tájfutó térkép még nem áll készen arra, hogy versenytérkép legyen, de az edzésekre teljesen alkalmasnak találták. Csak a szintvonal rajzok esetében találták jobbnak az automatikusan készített térképet az értékelők. A különbség mértéke viszont elenyésző, az eredmény mindkét esetben megközelíti a kiváló értékelést. A térkép olvashatóságának javulását a szintvonalak kézi rajzolása is eredményezhette. A technológia és a folyamatok fejlesztése a későbbiekben jelentős javulást hozhat majd a kisebb tereptárgyak detektálásában. A jelenlegi módszer még csak elfogadható szinten képes működni, amelyen csak terepmunkával lehet javítani. A növényzet ábrázolásának a minősége a térképen jelenleg területfüggő, nincs egységes módszer a magasságának pontos osztályzására. A kézi rajzolás sem tud jelentősen javítani ezen, hiszen a futhatóság nem feltétlenül csak a növényzet magasságától függ. A táblázatban szereplő értékelések alapján egy kézzel felülvizsgált, LIDAR adatokból készült tájfutó térkép már akár versenytérképnek is megfelelő lehet.

6 Összegzés

A munkám eredeti célja az volt, hogy egy tájfutáshoz használható térképet készítsék LIDAR adatok felhasználásával. A kezdetekkor sajnos szembesültem azzal, hogy bár értek a tájfutó térképekhez, a LIDAR megfelelő használata elég nehéz feladat. Ezért a munkám kezdett inkább a folyamat megértése és bemutatása felé fordulni, ahol több akadályba is ütköztem az elején. A rengeteg adat kezelése, az induláskor kellő tapasztalatok nélkül, több óras programfutásokat eredményezett, amiket a későbbiekben sikerült a töredékére csökkentem. Felvettem a kapcsolatot a szoftver fejlesztőjével (Martin Isenburg), akihez kérdésekkel fordulhattam. Bekerültem általa egy levelező csoportba is, ahol hasonló érdeklődésű emberek tehetik fel kérdéseiket és segítik egymás munkáját. Kissé belekóstolhattam a közös munkavégzés előnyeibe is.

Ez a terület új lehetőségeket is felvillantott számomra, úgy gondolom érdemes továbbiakban is foglalkoznom a LIDAR adatokkal.

Összességében elmondhatom, hogy sikeresen teljesítettem a saját magam elé kitűzött célt, létrehoztam Tihany tájfutó térképét, szinte teljesen automatikusan generálva, lézerszkennelésből származó adatokból. Úgy gondolom, a parancsok beállításait, az osztályozásokat a későbbiekben lehetne még jobban optimalizálni a magyarországi területekre. Ezek a térképek edzésekre és utánpótlásnevelésre alkalmasak, kézi feldolgozással akár versenyzetésre is használhatóak. Az élőmunkaigényes terepmunka részleges kiváltásával az egyesületek jelentősebb költségmegtakarítást is elérhetnek, feltételezve, hogy hasonló létrehozott teljes légi LIDAR felmérések készülnek hazánkban is, mint Finnországban.

Hiszem, hogy van jövője ennek a technológiának, nem volt hasztalan a ráfordított munkám.

7 Hivatkozások

7.1 Irodalomjegyzék

Zlinszky András (2014): A Balaton LIDAR felmérése,

utolsó elérés: 2019.12.08.

<http://ishm.elte.hu/hun/hunkarta/mfttt-kartografiai-szakosztaly/ppt/2014-04-24-zlinszky.pdf>

Martin Isenburg (2014): Processing Large Dense-Matching Point Clouds,

utolsó elérés: 2019.12.08.

<https://rapidlasso.com/category/iso-contours/>

Jarkko R. (2013): Karttapullautin vegetation mapping guide,

utolsó elérés: 2019.12.08

<http://www.routegadget.net/karttapullautin/greenmapping.pdf>

Stefano Raus (2015) : Auto Generated Orienteering Maps,

utolsó elérés: 2019.12.08.

<https://orienteering.asn.au/wp-content/uploads/2015/10/3-Auto-generated-orienteering-maps-S-Raus-1.pdf>

The American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (2019): LAS Specification 1.4 - R14

utolsó elérés: 2019.12.08.

http://www.asprs.org/wp-content/uploads/2019/03/LAS_1_4_r14.pdf

Dušan Petrovič (2013): Automation in Orienteering Map Production – Fiction or Reality

utolsó elérés: 2019.12.13.

https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/372_proceeding.pdf

OCAD Wiki

utolsó elérés 2019.12.08.

https://ocad.com/wiki/ocad/en/index.php?title=DEM_Import_Wizard

7.2 Letöltések

LAStools (letöltés ideje: 2019.11.11.)

utolsó elérés: 2019.12.12.

<https://rapidlasso.com/lastools/>

Karttapullautin (verzió: 20190203)

utolsó elérés: 2019.12.12.

<http://www.routegadget.net/karttapullautin/>

OCAD Orienteering (verzió: 2019.3.9)

utolsó elérés: 2019.12.13.

<https://www.ocad.com/en/ocad-orienteering/>

OpenOrienteering mapper (verzió: 0.8.3)

utolsó elérés: 2019.12.13.

<https://www.openorienteering.org/>

Global Mapper (verzió: 18)

utolsó elérés: -

<https://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>

A Balaton LIDAR felméréséhez tartozó adatok

utolsó elérés: 2019.10.01.

http://data.ceda.ac.uk/badc/eufar/data/projects/aimwetlab/EUFAR10_01-2010_233b_Lake_Balaton_Peninsula/LiDAR/LAS_files

7.3 Ábrajegyzék

1. ábra Borhegyi Teodóra, Oktatótérkép, utolsó elérés: 2019.12.12.
<http://tajfutas.hu/terkepjelek/>
2. ábra Az ISOM 2017-2 borítója és a térképjelei az OCAD-ben, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://orienteering.sport/iof/mapping/>
3. ábra A képen a rögzített echók láthatók oldal nézetből vissza érkezési típus szerint színezve, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://rapidlasso.com/blog/#jp-carousel-3509>
4. ábra Balaton körüli repülések az EUFAR adatbázisban, utolsó elérés: 2019.12.12.
<http://flight-finder.ceda.ac.uk/>
5. ábra Kijelölt terület a Tihanyi-félszigeten, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://www.openstreetmap.hu/>
8. ábra A bal oldali képen a terület műholdképe látható, mellette a jobb oldalon a területen szereplő talajpontok, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://www.google.hu/maps>
9. ábra A MapAnt projekt térkép részlete, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://www.mapant.fi/>
15. ábra Dušan Petrovič (2013), Automation in Orienteering Map Production – Fiction or Reality, utolsó elérés: 2019.12.12.
https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/372_proceeding.pdf
17. ábra International Specification for Orienteering Maps, utolsó elérés: 2019.12.12.
<https://orienteering.sport/iof/mapping/>
20. ábra Dušan Petrovič (2013), Automation in Orienteering Map Production – Fiction or Reality, utolsó elérés: 2019.12.12.
https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/372_proceeding.pdf

8 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Zentai Lászlónak, aki kevés ideje ellenére is, elfogadta a felkérést, hogy témavezetőm legyen és tanácsaival segítette a munkám. Szeretnék köszönetet mondani a családomnak, akik végig támogattak az egyetemi éveim alatt.

Nyilatkozat

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

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

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2019. december 14.

.....
a hallgató aláírása

Tihanyi-félsziget

méretarány 1:15 000
alapszintköz 5m
készült 2019-ben



EUFAR

European Facility
for Airborne Research