

BELÉNYESY KÁROLY

# MIKROKOZMOSZ A LOMBOK ALATT

## Gondolatok a LiDAR technológiáról és annak gyakorlati felhasználásáról

46

A LiDAR bűvös mozaikszó csupán, avagy tényleg a modern távérzékelés Szent Gráljáról van szó? Noha ott van a drónokban, az autókban, sőt, az okostelefonokban is, de mi haszna származik belőle a régészeti kutatásnak? Mit ad nekünk és mit vesz el tőlünk valójában? Mielőtt elmélyednénk e különleges technológia elméleti és technikai hátterében, álljunk meg egy pillanatra, és divatos szóval élve, előbb érezzük kicsit a flow-t, és közelítsük meg más felől a kérdést.

A táj régészetével foglalkozók (igen, van ilyen) talán nem lepődnek meg azon, ha a múltnak e speciális lenyomatait kutató szakembereket – a régészekre jellemző szent örületen túl – valamiféle plusz elkötelezettséggel ruházom fel. Hiszen ez valóban olyan, mint tűt keresni a szénakazalban. A táj történeti rétegeinek kutatása, akár csak a hagyományos régészeti feltárás, alapvetően a vizuális információk azonosításán, feldolgozásán és rendszerezésén alapszik. Ugyanakkor a megfigyelés módszerei

miatt természetesen tele van korlátokkal, hiszen amit nem látunk meg, nem veszünk észre, azt nem is rögzíthetjük, nem mérhetjük fel és persze nem is beszélhetünk róla, tehát lényegében nincs is. Ez a megállapítás tulajdonképpen más távérzékelési eljárásokra is igaz, hiszen legyen bár jó légi fotónk, műholdképünk, régi térképünk stb., valójában csak az a táj válhat „történeti tájjá”, amelyben sikerül észrevennünk a korábbi (történeti korszakokból származó) emberi tevékenységek nyomait. Mivel elemzőként mi magunk is érintettek vagyunk, így a megközelítésünk is meglehetősen szubjektív lesz. Nem vagyunk tévedhetetlenek, nem beszélve a számos, a megfigyelést befolyásoló tényezőről: az időjárástól kezdve a vegetáción át egy át nem aludt éjszakáig, avagy egy kízó migrénig.



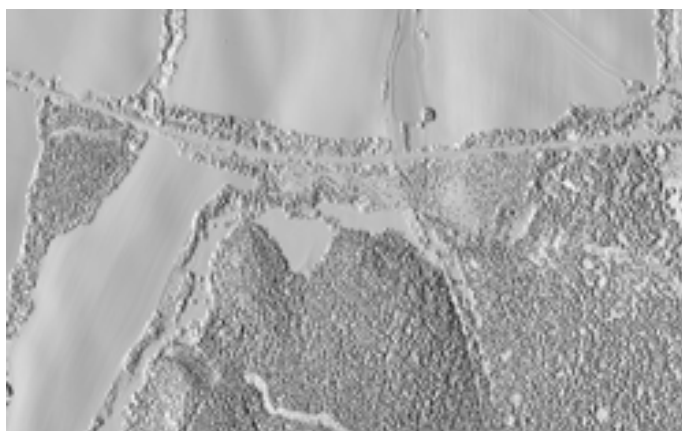
Riegl VP-1 VUX LiDAR egység helikopterre szerelve



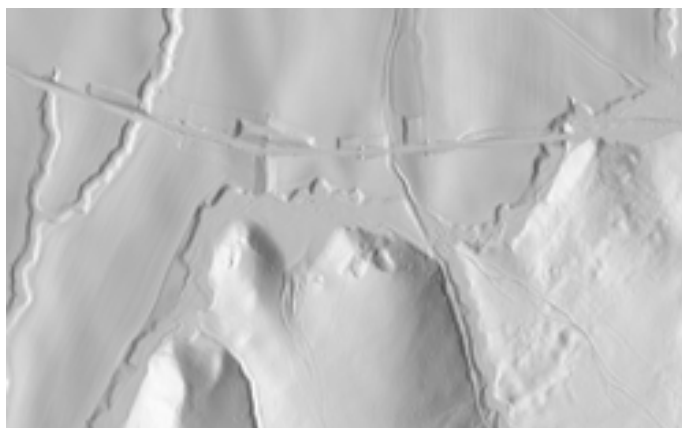
LiDAR-mérés fedélzeti ellenőrzése



Hogyan dolgozik a LiDAR berendezés (Fieldwork - Introduction to Airborne Laser Scanning Data Processing and Interpretation. University of Bamberg. <https://www.uni-bamberg.de/en/iadk/archaeology/events/artikel/fieldwork-introduction-to-airborne-laser-scanning-data-processing-and-interpretation/>)



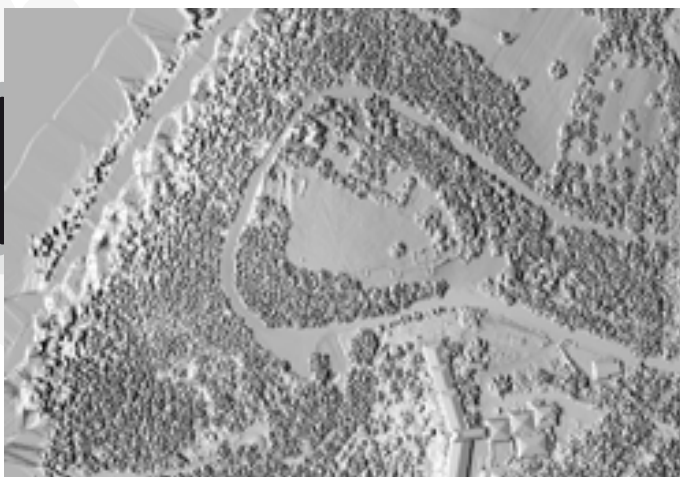
Fával borított domboldal Városlódtól kissé nyugatra



Az előbbi terület a növényzet mesterséges eltávolítása után. A szederjes felszín őskori kovabányák lenyomata a felszínen

Kutatásunk tárgya sem egyszerű, hiszen a ma ismert táj tulajdonképpen annak köszönhetően vált ilyenné, hogy a természetes környezet a legkorábbi időktől kezdve folyamatos antropogén [az emberi tevékenységekből eredő, ahhoz kapcsolódó – a szerk.] hatások alatt áll. Ezek a hatások pedig – legyenek azok a földhasználatra, a települési struktúrára, a temetőkre, utakra, bányákra utaló nyomok – egymással összefüggő, bonyolult hálózatokat alkotnak. A képzeletbeli szénakazal, amit kincsek reményében oly szívesen forgatunk fel, nem más, mint ez a hálózat maga. A fordulópont azonban nem is ennek a felismerése, hanem a lehetőség, amelyet a LiDAR technológia ennek megismerésére felkínál.

Maga a LiDAR kifejezés eléggé beszédes, az angol *Light Detection and Ranging* rövidítése, ami körülbelül annyit tesz: „fény alapú távérzékelés”. Ez az eljárás több millió lézerezést használ, amelyeket jellemzően kis magasságban repülő drónra, helikopterre vagy repülőre szerelt készülékek bocsátanak ki. Tulajdonképpen speciális adatgyűjtésről, ha jobban tetszik, szkennelésről beszélünk. A precíziós lézerek és GPS rendszerek ma már elég kifinomultak ahhoz, hogy nagy pontosságot biztosítsanak a felmérések során, és annak köszönhetően, hogy a műszer elképesztően nagy mennyiségű jelet bocsát ki másodpercenként, tulajdonképpen még a legsűrűbb erdőben is elegendő lézernyaláb jut el a talajig ahhoz, hogy akár a dúsabb vegetációval borított területek eredeti terepfelzínéről is információkat szerezhessünk. Gondoljunk csak a fák levelein keresztül beszűrődő napfény pász mára egy sűrű erdőben; valahogy így kell elképzelnünk a talajt pásztázó lézert is. Noha a művelet közben maga a vegetáció is felmérésre kerül, egy eljárás segítségével utólag digitálisan eltávolíthatjuk annak zavaró részleteit, és létrehozhatjuk a terület eredeti, „mezítelen” topográfiai térképét. Ez a „mezítelenség” viszont szinte megrészegítheti a kutatót! A LiDAR-mérések sajátossága ugyanis a szuperobjektivitás, azaz a mérlegelés nélküli mérés, ami azt jelenti, hogy a történeti tájat a maga komplex, összefüggésekkel teli módján, gyakorlatilag annak teljességében mutatja be. Azaz a rendszer mindent megmér, de önmagában nem korszakol, nem válogat. A felmérés során keletkező pontok sokasága,



A visegrádi Sibirik-domb vegetációval

az ún. „pontfelhő” azonban mégis alkalmas arra, hogy ezeket a rétegeket egymástól elkülönítsük.

Kézenfekvő és így talán érthető, hogy az információk minősége nagyban függ attól, hogy a környezet leírásához hány ilyen pontot használunk. A méréshez használt impulzusok (azaz a lézer) generálásához energia kell. Ezért a műszer (legyen az bármilyen) adott teljesítménye mellett a sűrűbb impulzusos mérés gyengébb jelszinttel párosul, amit egyszerűbben úgy is megfogalmazhatunk, hogy vagy sokat mérünk gyengébben, vagy kevesebbet, de erősebb impulzusok mellett. A felmérés során a legnagyobb problémát azonban egyértelműen a vegetáció jelenti. A fák, bokrok lombzatának különböző szintjei jelentős adatvesztést okozhatnak. Hiszen annak ellenére, hogy a vegetáció kétségtelenül a táj része, a faállomány felmérése régészeti szempont-

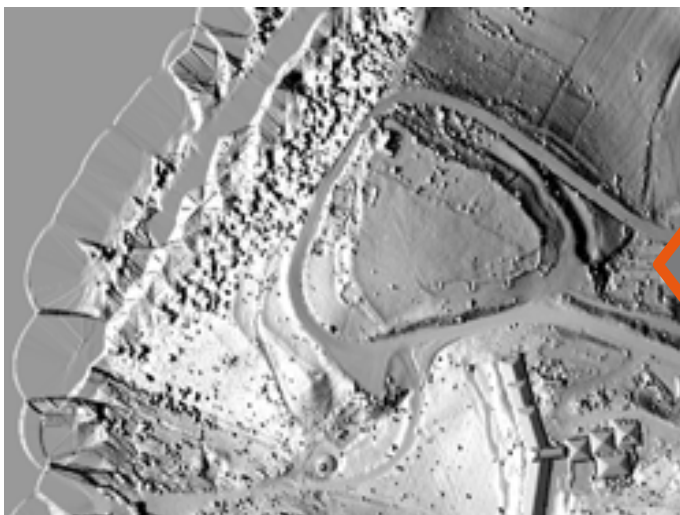
Már Európa több országában is elérhetőek az országos, szisztematikus LiDAR-felmérések adatbázisai. Ilyen jellegű mérési állomány Magyarországon még nem áll rendelkezésre, de mindenki kedvére böngészhet például Ausztria, Dánia, Szlovénia, Belgium, Szlovákia és még számos más ország LiDAR-adatai között. Vö. <https://landscapearchaeology.org/li-dar-data/>

ból legtöbbször szükségtelen. Ugyanakkor a fenti sok mérés = gyenge jel, illetve kevés mérés = erős jel „egyenlet” ellenére a műszert folyamatosan a legnagyobb teljesítményen használni sem ideális megoldás. Problémákat okozhat a beépítettség, de fontos tényező az is, hogy a műszert hordozó repülő/helikopter/drón az adott repülési magasságon és sebességen mennyire irányítható, milyen az időjárás vagy épp a domborzat. Sok pont megy így veszendőbe. Ezért egyáltalán nem mindegy, hogy milyen hordozóeszközzel milyen teljesítményű be rendezést használunk. Nem nehéz belátni, hogy nem is a pontosság, hanem a felbontás minősége

van a mérleg másik serpenyőjében. Hiszen, ha a felszínt alig egy-két impulzus éri el 1m<sup>2</sup>-es felületen, az lényegesen kevesebb információ kinyerésére ad lehetőséget, mint ha ennek a tízszeresével dolgozunk.

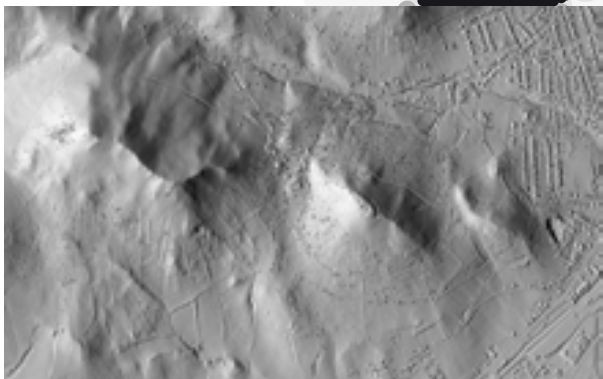
Úgy tűnik, hogy megfelelő számú pont birtokában már egyszerű dolgunk van, hiszen elég csupán kiválogatnunk a számunkra fontos, történetiként felcímkézett elemeket, és már kész is vagyunk. Ez azonban nem ilyen egyszerű.

Rögtön felmerül a kérdés, hogy mi is az a „történeti”, és mégis, hogyan lehet ezeket a hatásokat felcímkézni. Nem egyszerű és meglehetősen időigényes, de nyilván célra vezető eljárás az egyes, úgynevezett atipikus felszíni jelenségek (pl.

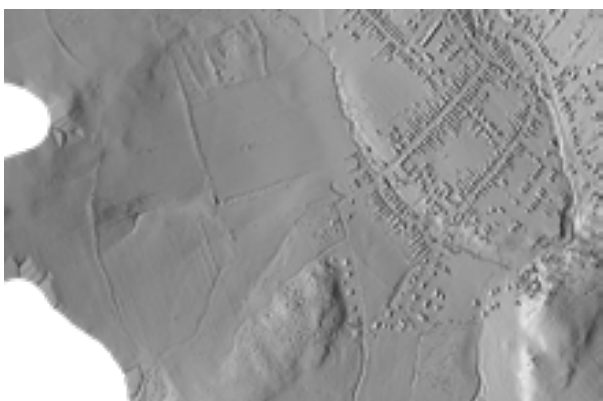


Ugyanaz a terület az első szűrés után az erőd falaival

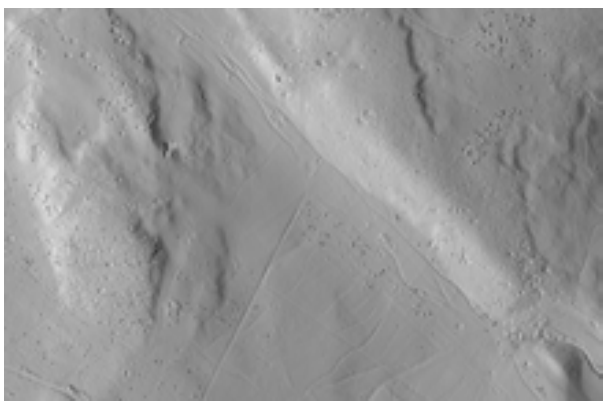
A bűvös szó a pontfelhő, nem más, mint a mérés során keletkezett térbeli adatok, jelen esetben pontok halmaza. Legtöbbször tényleg hasonlít egy felhőre. Lényeges azonban, hogy ezen pontok segítségével sokféle modell készíthető egy adott területről. A régészetben általában a felszíni adatokat használjuk, így az attól eltérő pontok, amelyek például házakról, fákról verődnek vissza, eltávolításra kerülnek. Hogy a feldolgozás során ne egyenként kelljen kiválogatni ezeket a pontokat, speciális algoritmusok segítségével vehetjük igénybe, amelyek automatikusan szűrik és eltávolítják a szükségtelen vagy zavaró adatokat.



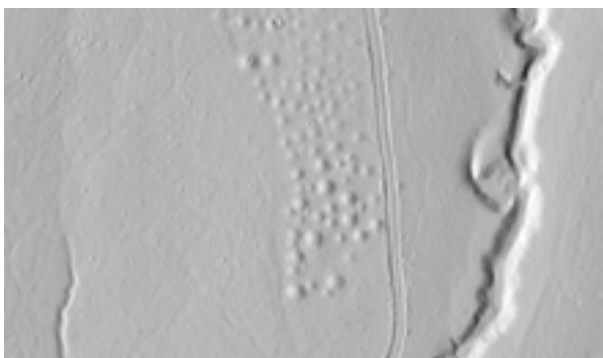
Sátoraljaújhely Várhegy és környezete



A pilisszentkeresztai ciszterci apátság romjai (fent) és a környezetében azonosított kőbányák felszíni nyomai (lent) a vegetáció eltávolítása után



Kőbányák és mészégetők nyomai Pilisszentkeresztől délre



Halomsírmező-részlet (Magas-Bakony)

halomsír, gát vagy sánc) egyenkénti vizsgálata és elkülönítése. Gondoljunk csak át azonban egy másik lehetőséget. Ha az úgynevezett történeti táj elemeit, azok összefüggéseit és kölcsönhatásait szeretnénk vizsgálni, akkor minden mást (modern utat, villanyvezetékét, vasúti sít) szeretnék ebből a modellezett környezetből eltávolítani. Ezt a célt azonban feltehetően sokkal könnyebb úgy elérni, hogy ha a felmérésekben az egyértelműen érzékelhető modern hatásokat kezdjük el elkülöníteni. Így biztosabban eljutunk az eredeti, számunkra fontos modell megalkotásáig.

Fontos azonban az is, hogy az úgynevezett pontfelhő alapú felmérésekben rejlő objektivitás a feldolgozás során se vesszen el. A leválogatás, azaz az egyes történeti rétegek elkülönítése és látható tartományba való transzformálása éppen ezért nem lehet pusztán a digitális térképet bámuló (szak)ember kiváltsága. Az elemzéshez szükségszerűen fel kell használjunk a nálunk jóval pontosabb, és a jelenségek sajátos mintázatait matematikai képletté alakító és az ezeket a sajátosságokat elemezni képes algoritmusokat. Így óriási lépést tehetünk az azok közötti összefüggések feltárása és az analízis irányába. Örök szabály: a műszer megvásárolható, bárki által használható, a módszer kulcsa azonban a megfelelő minőségű és szemléletű feldolgozás és a millió pontból előállított, valóban felhasználható végeredmény.

A lézer ugyan nem hatol be a talajba, de alkalmas arra, hogy speciális feldolgozási eljárások segítségével láthatóvá tegye számunkra azt a tartományt, amelyben az általunk kutatott történeti táj maradványai még fellelhetőek, azonosíthatóak. A felszíni formák változatos világa pedig sok mindent sejtetni enged a föld alatti világról is. Ez fontos, hiszen a történeti táj még releváns, azonosítható értékeinek a sorsa egyértelműen az „emberi beavatkozáson” és „be nem avatkozáson” múlik. A művelési ágak változása, kiterjedtsége, a történeti táj igénybevételének ellenére ugyanis számos olyan jelenségről vannak információink, amelyek kutatása, rögzítése és esetenként védelme elengedhetetlenül fontos lenne a számunkra. Módszertani szempontból pedig kétségtelenül a rajtvonalnál állunk, ami persze nem azt jelenti, hogy a hagyományos régészeti terepbejárás technikáknak teljesen befellegzett, de érdemes élni az új lehetőségekkel, hiszen a térinformatika legmodernebb eszközei valóban segíthetnek átlépni saját korlátainkat, és képesek ajtót nyitni a régmúlt e különleges mikrokozmoszára.

