

Adatgyűjtés légi lézerletapogatással

Barsi Árpád¹, Detrekői Ákos¹, Lovas Tamás¹, Tóvári Dániel^{1,2}

¹BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

²Universität Karlsruhe, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung



Bevezetés

A távérzékelési technológiák az utóbbi években két irányban óriási fejlődésnek indultak: az egyik irányban a nagyfelbontású űrfelvételek alkalmazása, a másik pedig az aktív távérzékelési módszerek – azon belül is a lézeres felmérési technológia – világa. A szakirodalomban ALM vagy ALS (*Airborne Laser Mapping* vagy *Scanning* – légi lézeres térképezés/pásztázás) és LIDAR (*Light Detecting and Ranging* – lézeres felmérés) elnevezésekkel illetik e korszerű adatnyerési módszert.

Lézeres felmérési technológiákban már régóta folynak kutatások, mégis csak a 90-es években kezdték széles körben alkalmazni. Ennek oka nem pusztán a technikai fejlődésnek köszönhetően olcsóbb szenzorok, hanem a légi felméréshez nélkülözhetetlen navigációs rendszerek pontosságának nagymértékű javulása volt. Dolgozatunkban a lézerszkenneren alapuló adatgyűjtés alapelveit ismertetjük.

1. A lézerszkenner működési elve

A légi lézerszkenner rendszer hardverösszetevői: a lézerszenzor, a hordozó eszköz (pl. repülőgép, helikopter), a navigációs rendszer (GPS és inerciális navigációs rendszer – INS). A mérés alapelve a következő: a szenzor lézersugarat bocsát ki a földfelszín felé, és méri a visszaverődés idejét, amiből távolságot számol (lézertáv mérő).

Amennyiben a szenzor helyét és helyzetét pontosan ismerjük, a mért távolság alapján a visszaverődési pont koordinátái meghatározhatók. A gya-

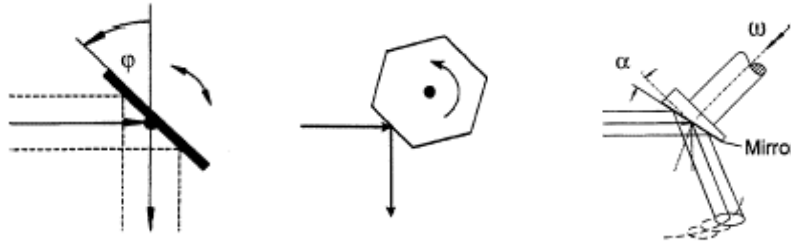


1. ábra A lézerszkenner rendszer felépítése

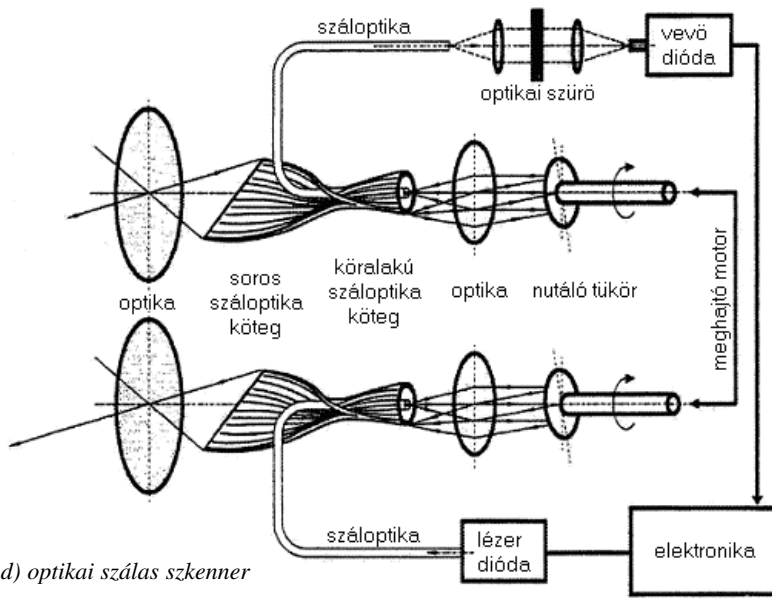
korlatban ez úgy néz ki, hogy a repülési irányra merőlegesen lézernyaláb pásztázza a tájat, miközben a repülőgép meghatározott sebességgel halad.

A lézersugár a kibocsátási energia és a távolság arányában szóródik, a felszínre érkeve 25–40 cm félnagy tengelyű ellipszis keletkezik, a sugár innen visszaverődik. Ha a lézersugár magassági törést (pl. egy objektum szélét) találja el, akkor csak egy része verődik vissza, a „maradék” megy tovább a felszín felé és csak onnan verődik vissza. Az először visszavert lézersugarat nevezik első visszaverődésnek (*first pulse*), a legkésőbb visszavert sugart pedig utolsó visszaverődésnek (*last pulse*).

Előfordul, hogy a lézersugár több különböző magasságról verődik vissza (pl. erdőben), a mo-



a) oscilláló tükrös szkennер b) forgó poligon szkennер c) nutáló tükrös szkennер



d) optikai szálak szkennер

2. ábra Különböző elven működő lézershkennер rendszerek [Wehr, Lohr,1999]

dernebb szenzorok egy kibocsátásnak akár több visszavert jelét képesek érzékelni.

A lézeres felmérés pontossági vizsgálata során három fő összetevőre kell különösen tekintettel lenni. Ezek: a szenzor távmérési pontossága, a navigációs (GPS/INS) rendszer helymeghatározási pontossága, valamint a szenzor és a navigációs rendszer kalibrációja [Tóth, 2002]. A felszíni pontok helymeghatározási pontosságát legnagyobb mértékben a GPS/INS pontossága határozza meg, a lézeres távmérőnek csak kis része van a helyzeti hibában.

A műholdas helymeghatározás és a fejlett inerciális navigációs rendszerek ma már lehetővé teszik, hogy függőleges helyzetű sugár esetén a pont meghatározásának abszolút pontossága 15 cm körüli legyen. Természetesen a letapogatási sávok szélén a pontok helyzetének meghatározása ennél bizonytalanabb.

2. Néhány létező rendszer

A letapogatás megvalósítására négyféle elven működő szkennertípus alakult ki. Az **oscilláló tükrös** műszereiben (2. ábra a része) a lézerfény útját egy nagy sebességgel oscilláló tükrő tőr meg. A mért pontok cikcakk vonalat alkotnak a felszínen. A pontok távolsága a mért sáv széle felé csökken, a tükrő megállításhoz és forgásirányának megváltoztatásához szükséges lassítás miatt. A megoldás előnye a nyílásszög egyszerű változathatósága, amit az alkalmazásnak megfelelően lehet megválasztani, ezért ez a leggyakrabban alkalmazott rendszer. Ilyen rendszerű műszert állít elő pl. az Optech cég.

A **forgó-poligon szkennерben** (2. ábra b része) a fény irányának eltérítését egy egyirányban forgó poligon vég-

zi, melynek oldalai tükrők. Az első mód mechanikai nehézségei az állandó forgásirány és sebesség miatt nem lépnek fel, működése jóval egyszerűbb. A pontok mérése a mozgásból adódóan mindig egy irányban történik a tükrők forgásirányának megfelelően, így a mért pontok sorozata párhuzamos vonalakat ír le a terepen. Ez a megoldás szolgáltatja a leghomogénebb ponteloszlást.

Az **optikai szálak** (2. ábra d része) megoldásban az impulzusokat optikai szálak bocsátják ki és gyűjtik be. A Toposys rendszerében repülési irányra merőlegesen 127 optikai szál van sorban elrendezve, tehát egy sorban 127 pont mérésére van lehetőség. Az impulzusokat egy nutáló mozgást végző tükrő osztja a szálakra. A tükrő forgástengelyében elhelyezett lézerekibocsátó optikai szálból az impulzus, a forgó tükrőről visszaverődve, a körben elrendezett optikai szálak egyikére

irányítódik, amely továbbvezeti a mérés irányába. A visszaverődött impulzusok begyűjtése ugyanezel a módszerrel történik. A szkennerenben van egy 128. feltekt optikai szál, amelyen az impulzus annyi idő alatt halad át, amennyi idő alatt 500 m-t tenne meg a levegőben. Ez a megoldás a kalibrációt szolgálja. A magas objektumok okozta árnyékolóhatás a keskenyebb nyílásszög miatt kicsi, a mért területet viszont több sáv fedi le. Ez a leggyorsabb szkennert, másodpercenként 83000 pontot képes mérni. A ponthelyek eloszlása a repülési irányban akár 15-ször sűrűbb lehet, mint arra merőlegesen.

A **nutáló-tükörös (Palmer) szkennert** (2. ábra c része) ellipszishez hasonló mintában gyűjti a pontokat egy szintén nutáló mozgást végző tükör segítségével. A tükör a forgórész forgástengelyére közel merőlegesen van felépítve, a forgástengely a lézersugár irányával pedig 45° -os szöget zár be. A fény törésszögét a tükör és a forgástengelyre merőleges sík által bezárt szög növeli meg, és okozza a fény irányának nutációját. A módszer jellegzetessége, hogy bizonyos idő elteltével egy már mért ponthoz közeli pont ismét felmérésre kerül. Először az előrehaladó ágban, majd később a hátrafelé irányuló mozgás során söpör végig a nyaláb a ponton. Ezeket a kétszer szkennelt pontokat a kalibrálás során jól lehet alkalmazni. Ezen kívül az árnyékhatás repülési irányban csekély.

Megjegyezzük, hogy a bemutatott módszereken kívül további eljárásokat is alkalmaznak. Ilyen, igen érdekes megoldás a *Bathymetical Laser Scanner*, amely két különböző hullámhosszúságú lézer segítségével képes a víz alatti területeket is térképezni.

A méréseket digitális formában tároljuk, az adatok feldolgozását számítógépekkel végezzük. E munkaszakasz jól automatizálható, az emberi tényezőknek kicsi a szerepük, a feldolgozási idő viszonylag rövid. A mért pontok eloszlása közel homogén, a pontsűrűség rendkívül nagy (<5 pont/m²). A mérés a hagyományos fotogrammetriával szemben „véletlenszerűen” kiválasztott pontokról szolgáltat adatot. Az erdők térképezése például lézerszkenneléssel hatékonyabb, mivel az impulzusok egy része a lombkoronán áthaladva a talajról verődik vissza. Klasszikus fotogrammetriai módszerekkel csak akkor mérhető a talaj egy pontja, ha legalább két képen látható; a lézerszkennert ezzel szemben egy méréséből is koordinátát határoz meg. A szkennert kisebb nyílásszöge miatt a lézeres megoldásnál a magas objektumok okozta kitakarás kisebb, viszont a pontmérés vé-

letlenszerűsége miatt struktúrák nem, csak pontok mérhetők. A lézeres modell tájékozása a hagyományos fotogrammetriai termodellekhez képest kevésbé pontos. Vízfelület általában nem mérhető, mivel az impulzus egy részét elnyeli, másik részét tükör módjára visszaveri; a lézerimpulzusok így nem jutnak vissza a műszerbe, az adathalmazban pedig „lyuk” keletkezik. Bizonyos alkalmazásokban kiegészítő adatokra (pl. fénykép) lehet szükség, ekkor az eljárás elveszti időjárás- és napszakfüggétlenségét.

Általánosságban elmondható, hogy a lézerszkenneres felmérés pontossága vízszintes értelemben ~20–30 cm, magassági értelemben ~5–10 cm.

Néhány a gyakorlatban elterjedt rendszer paramétereit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

3. A mérések feldolgozása

Mivel a technológia eszközei lassabb ütemben fejlődnek, mint a feldolgozási eljárások, ezért a termék minőségét alapvetően az adatfeldolgozás határozza meg.

A lézeres mérésekből GPS/INS nélkül nem lehet modellt összeállítani, ezért ezek pontossága kulcsfontosságú. A mért pontok koordinátáinak pontossága nem lehet jobb a szenzor helyzetének pontosságánál. Helyes kalibrációval a két rendszerösszetevő szinkronizálható. A nagyobb pontosság érdekében célszerű elrepülni a referencia-vevő felett és a párhuzamos sávokra merőlegesen is kell egy ellenőrzést biztosító sáv (gondos repülés-tervezés!).

Az adatgyűjtés után helyzetek, irányok és lézeres távmérések eredményei állnak rendelkezésre. Az adatfeldolgozásnál figyelembe kell venni a rendszer ún. *bore sight*-kalibrációs adatait (lézerszenzor-INS, illetve GPS-INS relatív helyzeteket) és a műszer felszerelési paramétereit (kezdeti ω , φ , κ szögértékeket). Ezek az adatok többnyire addig nem változnak, amíg a műszert meg nem mozdítják; ennek kiküszöbölésére szokták a szkennert és az INS-t közös stabil platformra rögzíteni.

A feldolgozáskor először a pontok térbeli derékszögű WGS koordinátáit számítják ki, majd a geocentrikus koordináta rendszerről a helyi koordináta rendszerre térnek át. A méréseket terhelő hibák következtében az átfedéssel rendelkező sávok között ellentmondások (relatív eltérések) keletkezhetnek, illetve a pontokból alkotott modellek nem illeszkednek pontosan a terepre (abszolút eltérések). Ezeket a hibákat a sávok kevésbé pontos manuális vagy a pontosabb félautomatikus ki-

Műszer	Gyártó	Szkenelési mód	Hullámhossz [μm]	Impulzus kibocsátási seb.[kHz]	Szkenelési sebesség [Hz]
TopEye	Saab Survey Systems	2 oszcilláló tükör	1,064	≤ 6	4,5–25
ALTM 1210 (ALTM 2033)	Optech	Oszcilláló tükör	1,047	10 (33)	0–99*
TopoSys II	Toposys	Optikai szál	1,540	83	630
FLI-MAP II	Fugro-Impark	Forgó poligon	0,9	12	60
Scalars	Institut of Nav., Univ. Stuttgart	Nutáló tükör	0,81	7,7	≤20
Aeroscan	Azimuth (LH-Systems)	Oszcilláló tükör	1,064	15	0–51*
ALTMS	TerraPoint	Forgó poligon	1,064	0–30	

* függ a műszer-nyílástól

Műszer	Műszernyílás [°]	Nyaláb-divergencia [mrad]	Impulzus-hossz [ns]	Visszaverődések száma	Repülési magasság min/max [m]
TopEye	0–40	1 / 2 / 4	7	1. és utolsó	60–1000
ALTM 1210 (ALTM 2033)	0–40	0,30	8	1. és utolsó	400–1200 (2000)
TopoSys II	14,5	0,5	5	1. és utolsó	60–1600
FLI-MAP II	30–60	2	6	1.	20–300
Scalars	27,2 / 38	2	*	-	150–700
Aeroscan	1–45	0,33	12	5	305–3000
ALTMS	36	1	7	4	450–1500

* Folytonos hullámú (Continuous wave laser)

I. táblázat Néhány rendszer fontosabb paramétere

egyenlítésével lehet korrigálni. Az eltérések például legkisebb négyzetes minimalizálásakor a közvetlenül mért pontokat vagy azokból interpolációval előállított szabályos rácsot használhatjuk. Manuális módszerrel egy képzett operátor mozgatja az egyes pontfelhőket a megfelelő helyzetbe, félautomatikus eljárásoknál az ellentmondásokat a választott kiegyenlítési modellnek megfelelően oldjuk fel a sávok között, valamint az illesztőpontokon. A manuális módszer esetében a megjelenítéshez alkalmazott kényszerű interpoláció alapvetően befolyásolja a pontosságot. Félautomatikus úton az eredeti mért adatok közvetlenül „szórt elrendezésben” (TIN) is kezelhetők, így a kiegyenlítés kedvezőbb. [Vosselmann 2000]

Az interpolációt célszerű a feladatnak megfelelően megvalósított szűrés után alkalmazni, hiszen az eredeti információtartalom figyelembe vehető. A mérési módszerek ismertetésekor már beláttuk, hogy a nyers lézerszkenneres mérések szórt elrendezésű pontfelhőt produkálnak, amelyből a gyakorlati feladatok többségének megoldásához szabályos rácsot kell levezetni. Ebben a lépésben al-

kalmazzuk a különféle interpolációs algoritmusokat. A leggyakoribb megoldások:

- **legközelebbi szomszéd módszer**, ahol az interpolálandó rácspont magasságértéke felveszi a legkisebb távolságra eső szomszéd magasságát;
- **lineáris interpoláció**, amelynél a meghatározandó rácspont magasságát a szomszédságban található pontok alapján sík közelítésével számítjuk ki;
- **polinomos interpoláció**, ahol a mért pontok alapján (például harmadfokú) polinomfelületet határozunk meg, majd azon számítjuk a rácspontok magasságértékeit.

Az interpolációban gyakran alkalmazzák a kriggelési megoldásokat, a többlépcsős (hierarchikus) interpolációs eljárásokat, a végeselem- és spline-módszereket is. A sávok szélein jelentkező határeffektus csökkentése miatt, minél nagyobb átfedéssel végzett interpoláció indokolt.

A kész adathalmazt a szolgáltatók általában saját feldolgozószoftverrel, ismert kereskedelmi termékek formátumában képesek produkálni.

A lézerszkennelés talán legfontosabb, egyben legösszetettebb feldolgozási művelete a pontok szűrése. A szűrés során célunk különválasztani a talajfelszín pontjait a rajta található természetes és

mesterséges objektumoktól, így szűréssel áll elő a digitális felszínmodell, s lehet megjeleníteni a fákat, épületeket, utakat, távvezetéseket stb.

A kialakult szűrések változatos módszereken alapulnak. A **hierarchikus robusztus** szűrés [Kraus 2001] eredetileg erdős területek szűrésére készült, majd továbbfejlesztve, városok kiemelésére is alkalmassá vált. Az eljárás először a terep durva közelítését számítja ki, majd a modell és a mért pontok közötti eltérések alapján a pontokat súlyozzuk. A felszíni és az az alatti pontok nagyobb súlyt, a fölötté lévők kisebb súlyt kapnak. A felszín iteratív újraszámolása ezek után már a pontok súlyának figyelembevételével történik. A lépésekben kiugró érték (outlier) szűrés is történik, melynek során azok a pontok, amelyek a felszín felett bizonyos értéknél magasabban vannak, kikerülnek az adathalmazból. Ez a lépéssorozat addig ismétlődik, amíg a durva hibák nem tűnnek el, vagy amíg az iteráció a beállított maximális lépésszámot el nem éri. Az algoritmus a mért pontokra számított adatpiramisok elvét alkalmazza, váltogatva a pontok válogatását, ritkítását és szűrését.

A **lejtésen alapuló szűrő** [Vosselmann 2000] azon alapul, hogy a két egymáshoz közeli pont közötti nagy magasságkülönbséget valószínűleg nem a terep meredeksége okozza. Ehelyett sokkal valószínűbb, hogy a magasabban fekvő pont nem tereppont. A két pont távolságának növekedésével természetesen annak valószínűsége is nő, hogy a magasabban lévő pont is tereppont. Az elfogadható magasságkülönbséget a pontok távolságának függvényében adjuk meg, tehát egy függvénnyel definiálhatjuk a terephez tartozó pontok halmazát. Ha A az összes pont halmaza és T a tereppontok halmaza, akkor elmondhatjuk, hogy:

$$T = \{p_i \in A \mid \forall p_j \in A : h_{p_i} - h_{p_j} \leq \Delta h_{\max}(d(p_i, p_j))\}, \quad (1)$$

ahol p_i tereppont, ha nincs olyan p_j pont, ahol a két pont magasságkülönbsége nagyobb ezen két pont távolságához tartozó megengedett magasságkülönbségnél.

A szűrés függvénye a terepadottságok figyelembevételével határozható meg. Általánosságban elmondható, hogy ez egy nem csökkenő függvény. Például, ha tudjuk, hogy a terep lejtése sehol sem nagyobb 30 %-nál, és a méréseket nem terheli hiba, akkor a függvény a következő alakban adható meg:

$$\Delta h_{\max}(d) = 0.3d \quad (2)$$

A legtöbb esetben azonban nincs információ a terepadottságokról. Ekkor tanulóterület segítségével határozható meg a függvény. A tanulóterületnek tartalmaznia kell a fontosabb terepadottságokat, és csak tereppontokat tartalmazhat.

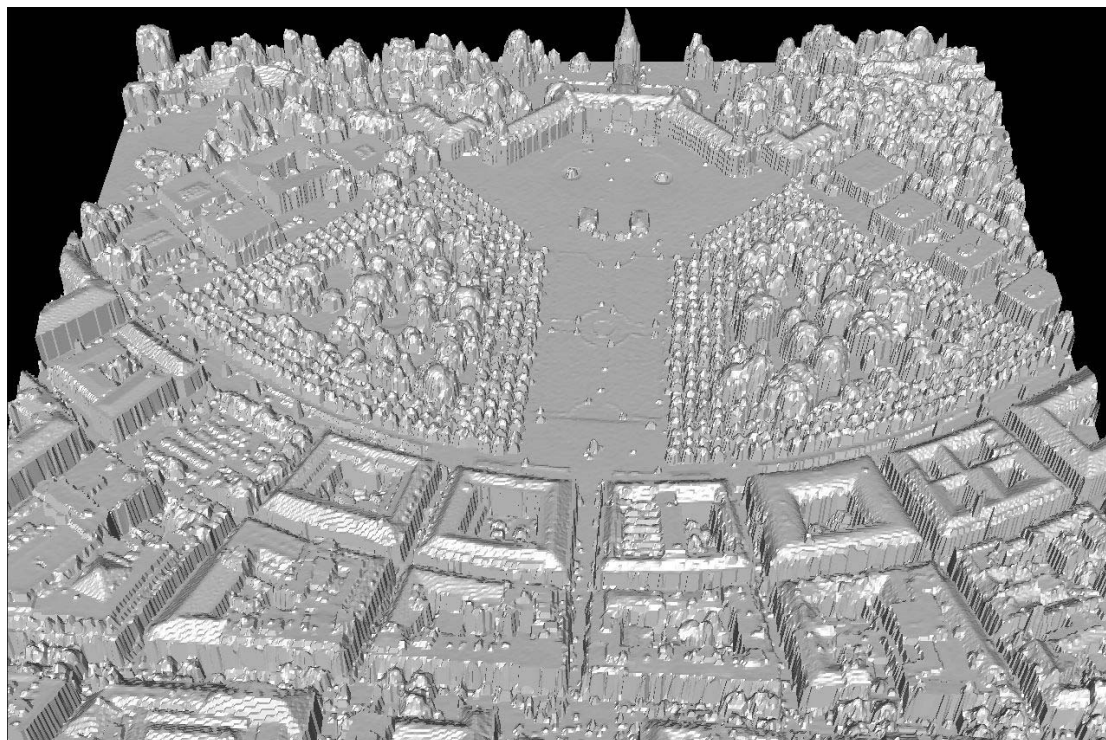
A **morfológiai szűrő** [Kilian 1996] szerint egy változó nagyságú ablak mozog a terep felett. Az ablak által lefedett pontok közül a legalacsonyabban fekvőt tereppontnak tekintjük. Emellett a megadott magasságkülönbségen belüli pontokat szintén a tereppontok közé soroljuk. A pontok az ablak méretétől függő súlyt kapnak. Az osztályozás többször ismétlődik, különböző méretű ablakokkal, kezdve a legkisebbel, sorban a legnagyobb felé haladva. Az utolsó lépésben a kiválogatott pontokból a súlyok figyelembevételével történik meg a tereppontmodell generálása.

A lézerszkenner adatai önmagukban nem alkalmasak arra, hogy tökéletes eredménnyel végezzünk rajtuk automatikus szűréseket. Az eredményeket utólagosan manuálisan lehet javítani, vagy kiegészítő információkat (pl. színes ortofotó) lehet alkalmazni. Az esetleges manuális utómunkálatok ellenére a tereppontmodell előállítására rendkívül gyors folyamat.

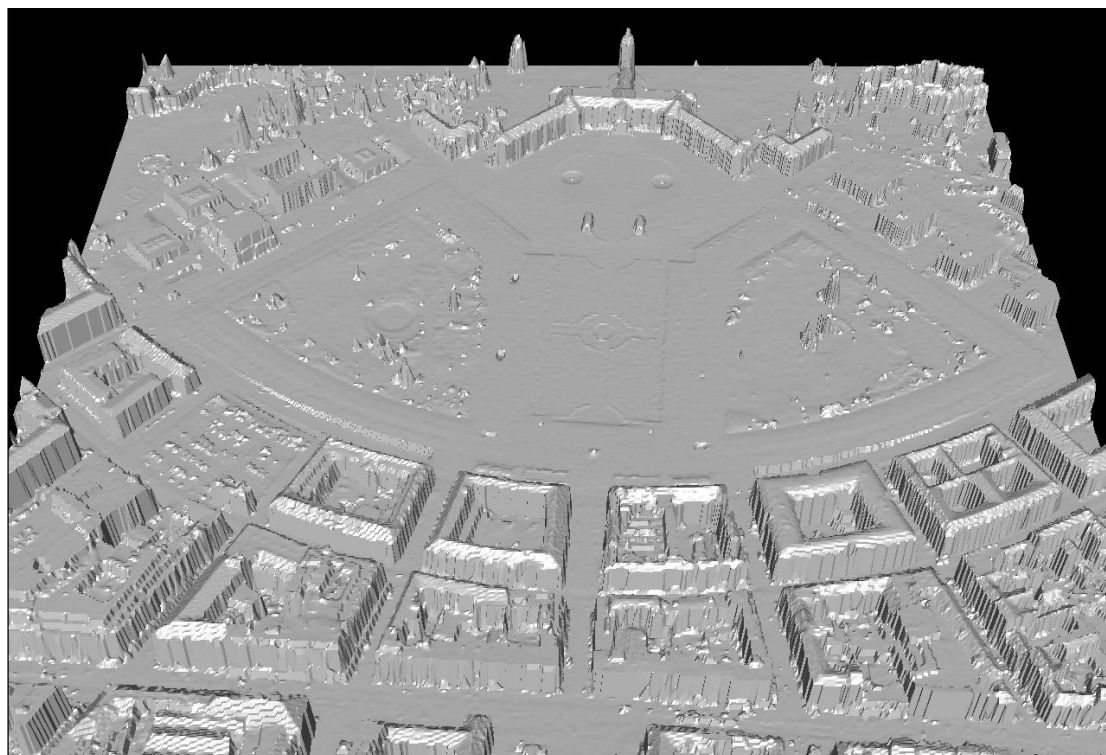
Egyes fejlesztések az objektumok felismerésén alapuló eljárások előállítására irányulnak. Ezek a szűrők a terepi objektumokat osztályozzák, és alakjuk, nagyságuk, valamint további levezetett paramétereik figyelembevételével távolítják el a szükséges pontokat. Az ilyen elven működő szűrőkkel még tökéletesebb eredmény érhető el.

4. Megjelenítés és alkalmazási példák

A lézerszkenneres mérések rendkívüli költség-hatékonyságát egyre többen ismerik fel. Hollandia például az egész ország területét ezzel a technológiával mérte fel, és állította elő a digitális domborzatmodellt. Az óriási lehetőségek miatt egyre több alkalmazás válik megvalósíthatóvá. Fontosak: a domborzatmodell-készítés, az árvízi töltések felmérése. Az erdős területek felmérésénél nemcsak pontos domborzatmodell állítható elő, hanem a fák magassága, lombkoronájuk nagysága is mérhető, továbbá a korona sűrűségére is lehet következtetni. Rendszeres méréssel a növényzet növekedése követhető, előrebecsülhető. Ez a leghatékonyabb módszer az erdők felmérésére. Utak, vasutak, távvezetékek kellően pontos térképezéséhez, tervezéséhez a nyomvonal felmérésével nagyon gyorsan nyerhetők adatok. Természeti katasztrófák (árvíz, földrengés...) esetén gyors adat-



a) első impulzus-kép Karlsruhe-ról b) a második impulzus-kép



3. ábra LIDAR mérésekből levezetett városmodell

nyerési képessége miatt lehet kiválóan alkalmazni a károk felmérésénél. A városmodellek a telekommunikációs antennák telepítésében, zajmodellezésben, monitoringban, klímakutatásban, de akár szeméttelen a szemétmennyiség mérésében és megjelenítési feladatokban szerepelhetnek.

A **digitális városmodell-készítés** leghatékonyabb adatgyűjtési technológiája a lézerszkenneres mérés. Akár 5 pont/m² sűrűséggel is kaphatunk adatokat a felszín domborzatáról. A telekommunikáció gyors fejlődésével szükségessé váltak az épületek és a terep magasságainak naprakész, megbízható, pontos háromdimenziós adatai. Ezekből az adatokból kiindulva lehet például a mobiltornyok elhelyezését megtervezni. A modell segítségével akár a zaj terjedése is modellezhető.

A városok digitális formában való megjelenítése a várostervezés, építészet terén is egyre fontosabb célokat szolgál. A lézerszkenneres mérések adatai alkothatják a modell vázát, amelyre fényképeket, ortofotókat vetítve, valósághű virtuális város állítható elő.

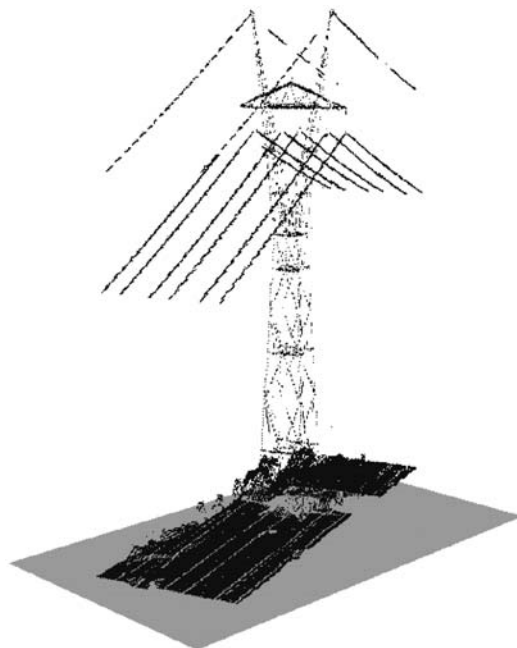
Rendszeresen ismétlődő adatgyűjtéssel, a településen végbement változások is nyomon követhetők, mint például az új épületek, a hozzáépítések, növényzet változásai.

A 3.a ábrán Karlsruhe első impulzusból nyert felszíne látható, míg a 3.b ábrán a második impulzusból nyert felszín. Jól látható, hogy a második képen nincs növényzet. Az adatgyűjtést TopoSys II szenzorral végezték. (Az adatokat a Deutsche Forschungsgemeinschaft készítette.)

Az adatgyűjtésnek a legtöbb esetben a **digitális domborzatmodell** (DDM) vagy a **digitális felületmodell** (DFM) előállítás a célja. Az adatgyűjtés és -feldolgozás gyorsaságával, a mért pontok sűrűségével, költséghatékonyságával nem igen versenyezhet egyetlen ismert technológia sem. Emellett a pontosság is kielégíti a legtöbb igényt. Digitális domborzatmodell az utolsó visszaverődések adathalmazából, a felületmodellt pedig az első impulzusokból lehet előállítani.

A lézeres mérések pontsűrűsége, továbbá az, hogy akár egy kábelről is kaphatunk visszatérő impulzust (**távvezeték-térképezés**), lehetőséget ad a levegőben ívelő vezetékek térképezésére. A több visszaverődő impulzus rögzítése esetén az impulzus egy része a vezetékről, a többi pedig a talajról, a növényzetről verődik vissza. Ekkor a szűrés célja a vezeték pontjainak kiválogatása a pont-halmazból. A kiválogatott pontokat össze kell fűzni és vektorra alakítani. Az eredmények térinformatikai környezetben hasznosíthatók (4. ábra). A

felmérésből az is megállapítható, hogy hol van a vezetékhez veszélyes közelségben növényzet vagy létesítmény.



4. ábra Nagyfeszültségű távvezeték térképezése LIDAR-ral [© TopoSys GmbH]

Ez a példa jól mutatja, hogy milyen kis méretű objektumok válnak mérhetővé, s hogy milyen különleges térképezési célokra is alkalmazható a technológia.

A LIDAR azonban a fentebb említett, hagyományos módszerek mellett új területekre is betör. Így egyre több kísérlet folyik közlekedési alkalmazásokkal, ahol nemcsak a közlekedési infrastruktúra (utak, közlekedési létesítmények), hanem akár maguk a járművek is térképezhetők.

IRODALOM

- Axelsson, P. (2000): DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B4/1, pp. 110–117*
- Baltsavias, E. P. (1999): Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54, pp. 164–198*
- Kilian, J.–Haala, N.–Englich, M. (1996): Capture and evaluation of airborne laser scanner data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 31, Part B3, pp. 383–388*

Kraus, K.–Pfeifer, N. (1998): Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* Vol. 53, No. 4, pp. 193–203

Kraus, K.–Pfeifer, N. (2001): Advanced DTM generation from LIDAR data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 34, Part 3/W4

Pfeifer, N.–Stadler, P.–Briese, C. (2001): Derivation of digital terrain models in the SCOP++ environment, *Proceedings of OEEPE Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Terrain Models*, Stockholm, Sweden

van der Vegt, J. W.–Hoffmann, A. (2001): Airborne Laser Scanning Reaches Maturity (LIDAR Hits the Spot), http://www.geoinformatics.com/issueonline/issues/2001/09_2001/pdf_09_2001/32_35_vegt.pdf

Vosselman, G. (2000): Slope based filtering of laser altimetry data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, part B3/2, pp. 935–942

Tóvári, D. (2002): Analysis of airborne laser scanner data, *Diplomamunka*, BME

Wehr, A.–Lohr, U. (1999): Airborne laser scanning- an introduction and overview, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 54, pp.68–82

<http://www.airbornlasermapping.com>

Toth C. K., Calibrating Airborne LIDAR Systems, ISPRS Commission II Symposium on Inte-

grated Systems for Spatial Data Production, Custodian and Decision Support, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIV, part 2, pp.475-480, 2002.

Data capture by aerial laserscanning

Á. Barsi–Á. Detrekői–T. Lovas–D. Tóvári
Summary

LIDAR is an emerging remote sensing technology that is capable of rapidly acquiring accurate, spatial data in a relatively inexpensive way. In this paper we focus on the airborne laser scanning, and its applications. If the laser sensor is mounted on an aircraft, the positioning reliability highly depends on the accuracy of the integrated navigation system (GPS + IMU). For the further applications, filtering, post-processing of the data is required.

LIDAR is used in a broad application area. Due to its data capturing method (homogeneous data set, accurate position data) the main application field is still the digital surface/elevation modeling. Since the technology is capable of differentiating first and last pulses (and in some cases others in between), there are several methods developed for feature extraction, secondary data derivation. Therefore LIDAR can be used for mapping forests, urban areas or even mapping electricity lines.

Az ALBA GEOTRADE RT.,

földmérési tevékenység körében végzendő feladatai ellátására **VEZETŐ BEOSZTÁSBA MUNKATÁRSOKAT KERES**

Előnyt jelent:

- szakmai gyakorlat,
- ingatlanrendező földmérői minősítés,
- digitális technológiák ismerete,
- térinformatikai végzettség,
- jártasság a kataszteri munkák terén,
- idegen nyelv ismerete

Amit nyújtani tudunk:

- versenyképes jövedelem,
- szálláslehetőség biztosítása,
- munkavégzés korszerű technológiákkal,
- szakmai gyakorlat kiszélesítése, elmélyítése,
- továbbképzésekben való részvétel biztosítása

Jelentkezési feltétel: szakirányú főiskolai vagy egyetemi végzettség

A jelentkezéseket részletes szakmai önéletrajzzal az alábbi címre kérjük benyújtani.

8000 Székesfehérvár, Ányos Pál u. 3.

(e-mail:albageo@axelero.hu fax: 22/511-152)