

BIM modellezés lézerszkennelés támogatásával

Somogyi Árpád–Lovas Tamás

Bevezetés

Az épületinformációs modellezés alap gondolata nem új keletű, egészen az 1970-es évekre visszavezethető (Eastman et al. 1974), míg a jelenleg is alkalmazott „Building Information Modeling - BIM” elnevezés 1992 jelent meg először (Nederveen és Tolman 1992). Rohamos fejlődésnek azonban csak az elmúlt 10-15 évben indult, ez idő alatt a témával foglalkozó szakemberek különböző módon fogalmazták meg a BIM jelentését. Az Amerikai Egyesült Államokban kezdődtek meg legkorábban a BIM-mel kapcsolatos munkálatok, például a szükséges szabályozási keretek kidolgozása. A következő definíciót fogalmazták meg: Az épületinformációs modellezés olyan gazdasági folyamat/eljárás, amely célja az épület teljes életciklusának támogatása a tervezéstől kezdődően az építésen keresztül az üzemeltetésig. A BIM lehetőséget biztosít minden résztvevő számára, hogy hozzáférhessen a szükséges információkhoz technológia- és platformfüggetlenül (National BIM Standard). Tehát az épületinformációs modellezés egy olyan üzleti folyamat, amely biztosítja:

- az épület teljes életciklusának nyomon követését egy rendszerben (1. ábra),
- az épület „életéhez” kapcsolódó résztvevők kommunikációját és koordinációját,
- az épülethez kapcsolódó összes információ egy közös rendszerben történő kezelését.

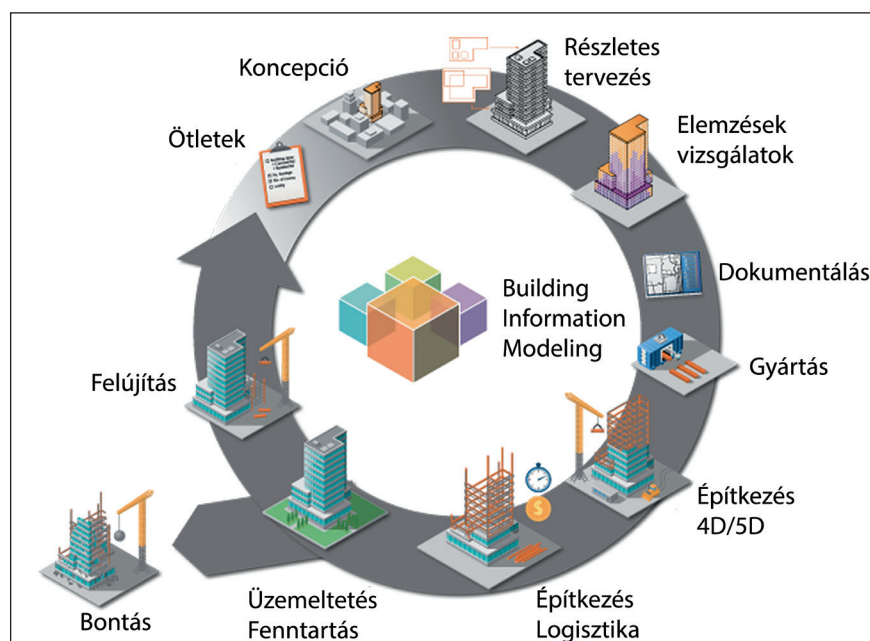
A BIM-eljárás által biztosított egységes keretek előnyei közé sorolható, hogy már a tervezés korai fázisaiban felszínre kerülnek az olyan ütközések, amelyek az egyes szakágak közötti kommunikációs problémákra vezethetők vissza. Ezek időben történő orvoslása jelentős költségmegtakarítást eredményez, nem kell utólagos helyszíni átalakításokat végezni (2. ábra).

Az ütközésvizsgálatok során felmerült szükséges módosítások az épület összes kapcsolódó tervanyagán

egy lépésben érvényesíthetők. A kivitelezések megkezdéséhez elengedhetetlen konszignációk készítéséhez helység- és anyagkimutatások segítségével biztosítható, hogy nem marad ki egyetlen elem sem. BIM-modell alkalmazása esetén a művezetői munkák is jelentősen leegyszerűsödnek, hiszen nem szükséges nagy méretű nyomtatott tervanyagokon keresni az épület aktuális építési szakaszában releváns részleteket. Az ütközésvizsgálat egy másik aspektusa, hogy a kivitelezés során az azonos területeket érintő munkálatok időben elválaszthatók. Az üzemeltetési feladatokat megkönnyítheti, ha a modellben elérhető az egyébként nehezen megközelíthető

épületelemek (pl. gépészeti rendszer), és az azokra vonatkozó paraméterek egy esetleges csere vagy javítás során. A BIM-modellek segítségével lehetőség nyílik az okos épületek kialakítására is, például a világítás, légkondicionálás automatizálása során.

Az eljárás hátrányaként említhető a jelenleg még magas bekerülési költség; új számítógépes környezetek kiépítése, megfelelően képzett szakemberek alkalmazása, valamint a modell kialakításának költségei. Azonban a fejlődés a BIM irányába mutat; nagyobb beruházások esetében, mint irodaházak, gyárak, oktatási létesítmények, repterek stb. már bizonyos szintű BIM alkalmazása követelmény.



1. ábra. Építmények életciklusa a BIM tükrében. (<http://www.cadbim3d.com>) alapján



2. ábra. Budapest, M4 metró, Móricz Zsigmond körteméri állomás kivitelezési problémája és annak orvoslása

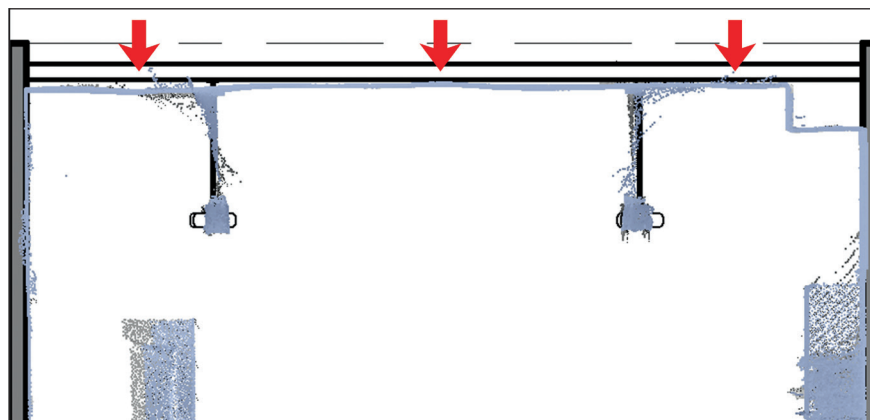
A térinformatika és a BIM

A térinformatika, mint a „térbeli információk elméletével és feldolgozásuk gyakorlati kérdéseivel foglalkozó tudomány” (Detrekői és Szabó 2002) a BIM-modellezés szerves részének tekinthető, hiszen ezen modellek alkotóelemei mind helyhez kötött adatokkal rendelkeznek. Fontos feladat ezen elemek egy közös adatbázisban történő kezelése, és az azokon végrehajtandó elemzések támogatása.

Manapság egyre növekvő igény jelentkezik a BIM-modellek GIS-rendszerekkel történő integrálására, erre reagálva egyes cégek és szövetségek megkezdték a szükséges környezetek kialakítását (Kuehne, Andrews 2016). Az így létrejövő egységes rendszerek elősegíthetik az okos városok (smart city) kialakítását, ezáltal növelve az életszínvonalat, a környezettudatosságot, valamint a városmenedzselési feladatok hatékonyságát. Az egyes építmények a már meglévő különböző hálózatok (út-, vasút- és közműhálózatok stb.) figyelembevételével tervezhetők.

A földi lézerszkennelés (TLS) és a BIM

Az elmúlt években az adatgyűjtésben megfigyelhető a paradigmaváltás: a diszkrét pontok mérése mellett a gyakorlatban is elterjedté váltak a felületjellegű adatnyerést alkalmazó technikák (lézerszkennelés, képpontalapú térrekonstrukció). Olyan esetekben, amikor nincs szükség nagy pontosságú mérésekre (elegendő a 0,5-1 cm-es nagyságrendű pontosság), de fontos a terület részletes felmérése, a földi lézerszkennelés versenyképes eljárás lehet a hagyományos geodéziai eljárásokkal szemben vagy azok mellett. Felületjellegű adatnyerés esetében olyan geometriai adatok is kimutathatók, amelyek egyéb eljárással nem vagy nehezen, például a falakban, mennyezetekben tapasztalható egyenetlenségek (3. ábra). Természetesen a jól generalizálható környezetek esetében a felmérés diszkrét pontok meghatározásával továbbra is gazdaságos és hatékony eljárás.

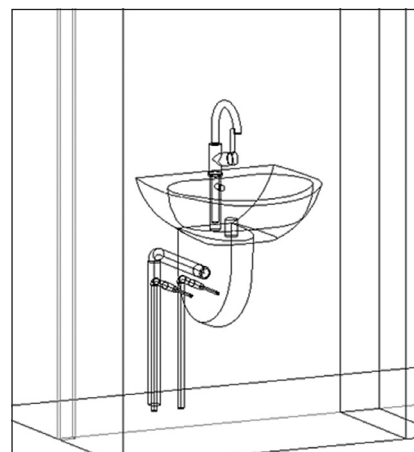


3. ábra. Mennyezetben tapasztalható eltérés

Lézerszkenneléssel a terepen töltött idő lecsökkenthető, ez forgalmas területeken jelentős előny, azonban az irodai munka a hagyományos eljárásokhoz képest nagyobb, a begyűjtött adatok feldolgozása 5-10-szeres időráfordítást igényel feladattípustól (a végtermék jellegétől) függően. Több lézerszkennelési álláspont adatállományainak összeillesztésével az egyes álláspontokról nem látszó, azaz kitakart területek mérete csökkenthető. A transzformációs paraméterek számításához diszkrét pontokat, dedikált objektumokat, vagy a teljes pontfelhőt felhasználó félautomatikus eljárásokat alkalmazhatunk. Amennyiben a felmérés során képek is készültek az egyes álláspontokból, azok segítségével a pontfelhő kiszínezhető. A földi lézerszkenneléses felmérések jellemző végterméke lehet pontfelhő, felületmodell vagy akár vektoros modell is.

Rekonstrukciós és felújítási munkálatok során a tervek hiányosságainak vagy teljes hiányának következtében az egész terület felmérése szükségessé válhat; erre a földi lézerszkennelés kézenfekvő megoldás lehet. A műszerből származó pontfelhők előfeldolgozás (illesztés és adatkonverzió) után a BIM modellező programba importálhatók, ahol azokon mérések végezhetőek, ezzel támogatva a modellezést, tervezést és a megvalósult állapot ellenőrzését. Kiegészítő mérések segítségével a falakban található elemek (csövek, vezetékek) helyzete is meghatározható, így lehetővé válik a teljes és részletes modellezés (4. ábra). Az egyes álláspontokra előállítható panorámafelvetelekből

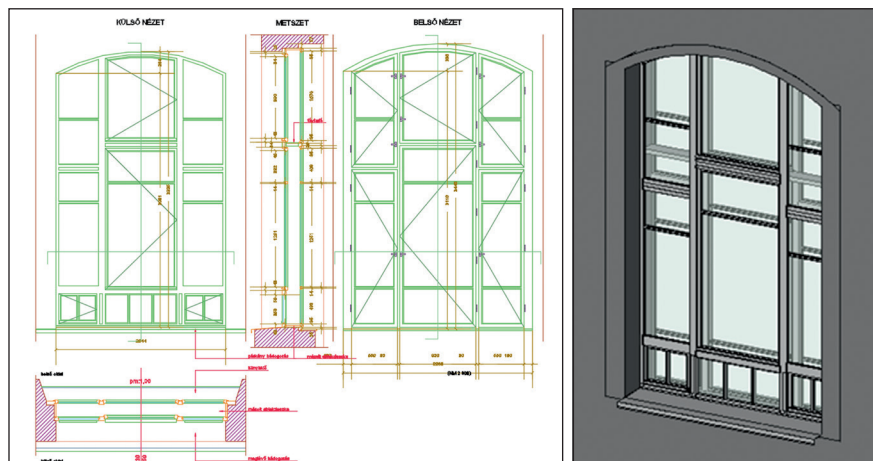
levezethető utcaképszerű megjelenítési mód további segítséget nyújthat a felmért állapotok modellezésében.



4. ábra. A mosdókagyló felmérése lézerszkenneléssel elvégezhető, azonban a falban található csövek pontos helyzete csak kiegészítő mérésekkel határozható meg.

Esettanulmány

A Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék laborjának felújítása kapcsán merült fel az az ötlet, hogy BIM-rendszerben kövessük a folyamatot, amely során a labor a korábbi Magasépítési Tanszék oktatói szobáinak helyére költözött. A következő tervanyagok álltak rendelkezésre: a felújítás előtti és utáni tervek, amelyek tartalmazták a tervezett világítási és erőátviteli terveket, a bontási és szervezési terveket, valamint a nyílászárók konzignációs terveit. A tervek részben az egyes összetett elemek előállítását segítették (5. ábra), másrészt lehetőséget biztosítottak az előállított pontfelhő és modell minősítési vizsgálatára. A BIM-modell Autodesk Revit programcsomagban készült el.



5. ábra. Balra: a rendelkezésre álló 2D-s tervanyag. Jobbra: a családalként elkészített ablakmodell

A felmérés Faro Focus 3D 120S lézerszkennerral történt (Faro) a felújítás előtt és után (2015 októberében és 2016 márciusában) (6. és 7. ábra).

Az elkészült modellben megfigyelhetők a tervezett és megvalósult állapot közötti különbségek. Láthatóvá vált, hogy a valóságban a tervektől eltérően a falak néhol szélesebbek, néhol viszont keskenyebbek, illetve a falak nem mindenhol merőlegesek egymásra. Mivel nem csak diszkrét pontok lettek bemérve, hanem a

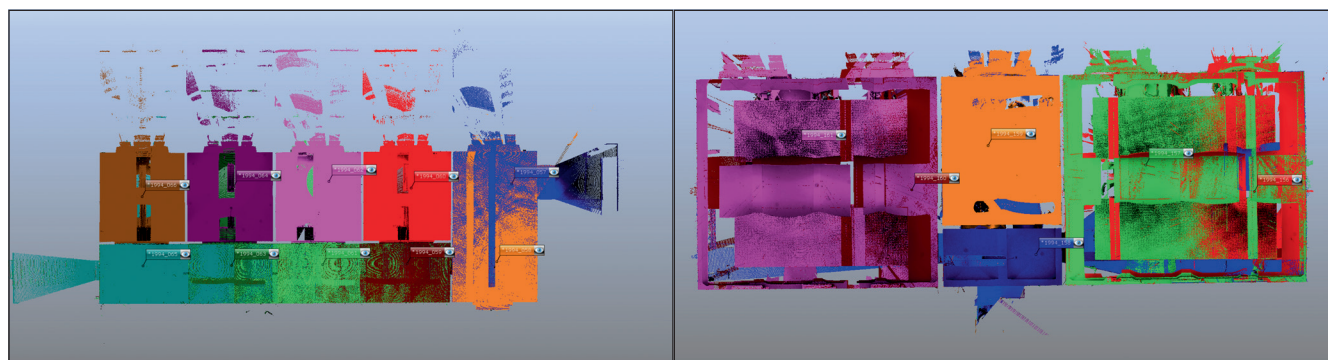
teljes padló, mennyezet és falfelületek is, így a deformációk és torzulások is kimutathatók.

A felújítás előtti és utáni állapot geometriai modelljén túl elkészültek a labor elektromos tervei, a fűtés-hűtés, illetve a vízellátás tervei. A modellezés közben eltérések mutatkoztak a tervezett és a megvalósult állapotok között; ezek az eltérések többségükben a felújítási munkálatok során végrehajtott módosítások hatásai, melyek a pontfelhőn jól látszódnak. Egyes elemek

esetében a tervekről csak azok vízszintes helyzete volt leolvasható, azonban néha még ez sem állt rendelkezésre; ilyenkor csak a pontfelhőre lehetett hagyatkozni. A falon kívüli fűtésrendszer csővezetékének kialakításához csak a pontfelhő szolgált kiindulási alapként, a csövek átmérője és helyzete kizárólag így volt megszerkeszthető. A megfelelő paraméterek beállítása után a csövek egymáshoz csatlakoztatása során a BIM modellező szoftver automatikusan létrehozta a hálózatot. (8. ábra)

A laborberendezésekről nem áll rendelkezésre tervanyag, így ezen objektumok modellezéséhez szintén a pontfelhő adta az alapot, megfelelően kialakított nézetek segítségével. A laborban egyedi asztalok voltak, amelyek úgy lettek kialakítva, hogy a számítógépes munkaállomás mellett elég hely maradjon a diákoknak. Az elem geometriája nem bonyolult: egy hajlított acéltartón egy hatszögletű falap található (9. ábra).

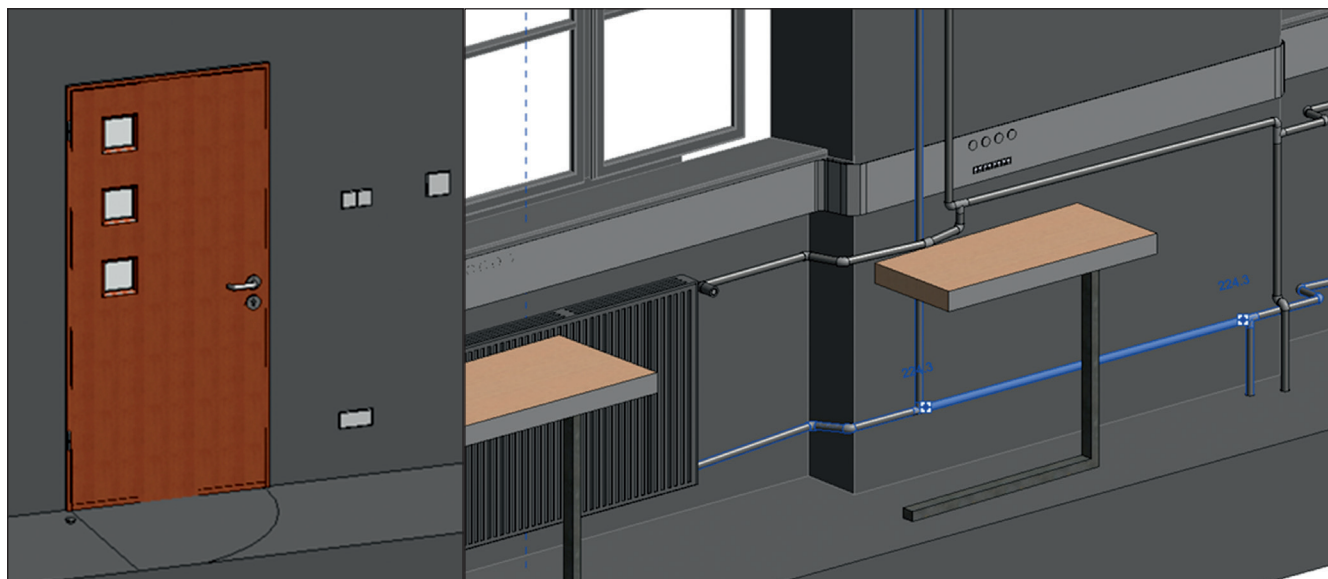
Az elkészült modell alapján látványtervek, bemutató videók és kimutatók készültek el, amelyek további segítséget nyújthatnak egy valós projekt során. (Vargá 2016)



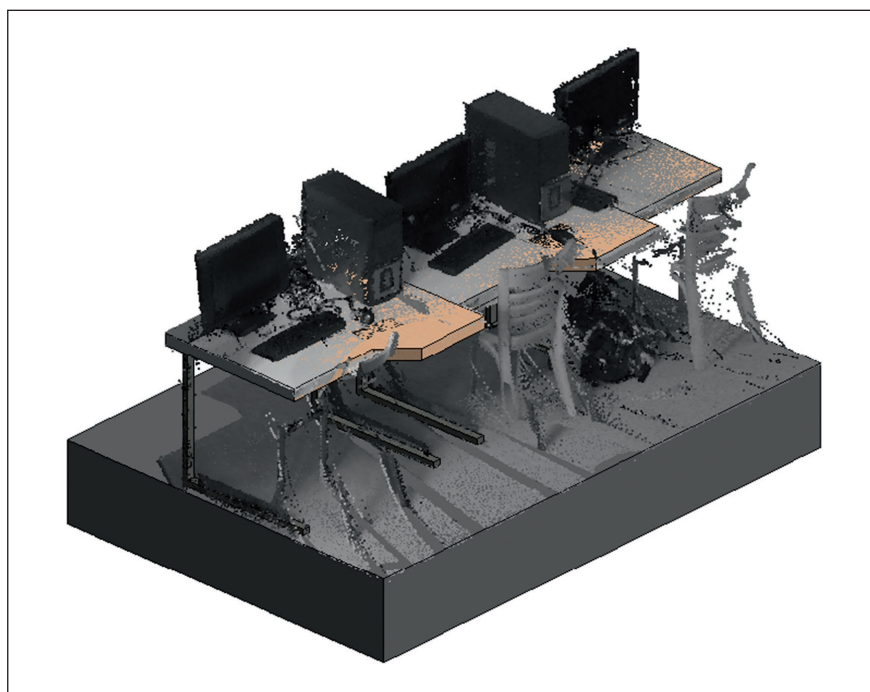
6. ábra. Balra: az átalakítások előtti állapot: négy tanári szoba, egy folyosó és egy előtér. Jobbra: az átalakítások utáni állapot: két tanterem, egy szerverterem és egy előtér. (A különböző színek az egyes szkennelési állásponthoz jelölik.)



7. ábra. Balra: az átalakítások előtti állapot: a folyosó színezett pontfelhőjének képe. Jobbra: az átalakítások utáni állapot: a tanterem színezett pontfelhőjének képe.



8. ábra. Balra: az elektromos terveken szereplő kapcsolók és csatlakozóaljzatok magassági helyzete a tervekről nem, csupán a pontfelhőről volt leolvasható. Jobbra: az átalakítások utáni állapot, a modellben kialakított fűtrendszer elemei.



9. ábra. A tanterem pontfelhője a létrehozott asztalok modelljeivel

Összefoglalás, konklúzió

A fejlettebb országokban az építési munkálatokra vonatkozó szabályozási keretek változása rövid időn belül a BIM-eljárás elterjedését hozhatja el (NBS National BIM Survey, 2016). Ennek kapcsán kezdetben az új beruházásokat BIM-eljárással kell kialakítani, később – egyes építmények esetén – célszerűvé válhat a már meglévő létesítmények modelljének BIM-környezetben történő kialakítása is. Az épülő és meglévő építmények

ellenőrzésére, valamint az átalakítások, bontások kapcsán szükséges részletgazdag adatok előállítására célszerű földi lézerszkennelést alkalmazni. A pontfelhő alapján a valós állapot pontos, teljes felületű leképezése történhet meg, valamint olyan információk is elérhetővé válnak, amelyek a tervekről lemaradhattak, vagy természetüknél fakadóan nem szerepelnek rajtuk. A lézerszkennelt állományból épített modell alkalmas alap a más adatnyerési eljárásokkal felmért objektumok fogadására, elhelyezésére.

A megvalósult, akár berendezett helyiség felmérése nem csak a minőségellenőrzéshez, de az üzemeltetéshez is hasznos információkat nyújt.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Varga Tímea BME mesterszakos hallgatónak, aki a szerzők irányítása alatt BSc diplomája során elvégezte a Tanszék laborjának felmérését és BIM modellezését.

Irodalomjegyzék

- Eastman, Charles; Fisher, David; Lafue, Gilles; Lividini, Joseph; Stoker, Douglas; Yessios, Christos. 1974. An Outline of the Building Description System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University.
- Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, and Kathleen Liston. 2008. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley Publishing.
- G. van Nederveen, F. Tolman. 1992. Modelling multiple views on buildings. Automat. Constr., 1 (3) (1992), pp. 215–224 [http://dx.doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](http://dx.doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)
- National BIM Standard – United States® Version 3 – Terms and Definitions – ©2015 National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance®
- Detrekői Á.–Szabó Gy. 2002. Térinformatika, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- Don Kuehne Chris Andrews 2016. <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2016/04/01/increasing-interest-in-the-fusion-of-gis-and-bim/>

Faro Focus 120: http://www.laserscanning-europe.com/de/system/files/redakteur_images/TechSheet_Laser%20Scanner_Focus3D.pdf
NBS National BIM Survey 2016: National BIM Report 2016
Varga Tímea 2016. BIM modellezés lézershakkenelés támozgatásával. Diplomamunka

Summary

Supporting BIM by Terrestrial Laser Scanning

Changes in building rules and regulations can broaden the application field of BIM procedures (NBS National Survey, 2016). First, new constructions should be supported by BIM, but the technology can be used effectively in

case of some existing buildings, too. Terrestrial laser scanning is a powerful tool to acquire detailed data from existing buildings or from those under construction. The laser scanned point cloud provides accurate, full coverage representation of the current state, and ensures access to data that are not present on the blueprints. The model based on laser scanned point cloud enables integrating objects surveyed with other data acquisition technologies. Surveying the finished building, even with furniture and with all equipment inside supports not only quality control but provides useful information for building operation purposes.



Somogyi Árpád
doktorandusz

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
e-mail: somogyi.arpad@epito.bme.hu



Dr. Lovas Tamás
docens

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
e-mail: lovas.tamas@epito.bme.hu

Vonalak automatizált generalizálása az elméletben és a gyakorlatban – Vonalegyszerűsítő és -simító eljárások

Ungvári Zsuzsanna

1. Bevezetés

A térképre a földfelszínt három elem-típussal képezzük le: pontokkal, vonalakkal és felületekkel. Ebben a cikkben a vonalas elemek automatizált generalizálási lehetőségeivel foglalkozom. Mivel a felületek kontúrjának, vagyis körvonalának generalizálása visszavezethető vonalas elemekre, ezért ezekre is használhatók az itt bemutatott módszerek, némi kiegészítéssel. A vonalas elemek lehetnek például a szint- és mélységvonalak, vonalas vízrajzi elemek (folyók, patakok), utak, vasutak, határvonalak és partvonalak; a felületek pl. felületi vízrajzi elemek (tavak, tározók), igazgatási egységek, felszínborítottság, épületek stb.

A magyar szakirodalomban hét generalizálási szabályt, vagyis elemi folyamatot különböztetünk el (Klinghammer–Papp-Váry 1983), de a jelen cikkben csak az elemek egyszerűsítésével foglalkozom. Az angolszász szakirodalom általában több elemi folyamatra bontja a generalizálást, de ezek tulajdonképpen

„lefedik” a hét szabályt. Az eltérés akkor szembe-tűnő, ha a folyamatot automatizáltan valósítjuk meg, vagyis egy algoritmus végzi el helyettünk a vonalak generalizálását. Ekkor vonalegyszerűsítő és -simító algoritmusokat is meg kell különböztetnünk.

Az 1960-as évektől kezdve dolgoztak ki olyan számítógépes eljárásokat, amelyekkel megpróbálták kiváltani a munkaigényes és monoton folyamatokat, például így megszülettek az első vonal-generalizálási algoritmusok (Ramer 1972, Douglas–Peucker 1973). Az algoritmus matematikai és logikai műveletek véges sorozata, amely egy folyamatot reprezentál (Rogers 1987). A generalizálás automatizálása algoritmusok kidolgozásával lehetséges. Lévéen a generalizálás szubjektív feladat, ezért nem egyszerű a matematikai alapokra helyezése, máig nagy kihívás elé állítja a kutatókat. A céloom az volt, hogy olyan eljárásokat alkossak, amelyekkel a generalizált térképi tartalom minőségében a legjobban hasonlít a hagyományos úton készült térképekhez. Az

automatizált generalizáláshoz vonalegyszerűsítő és -simító algoritmusokat használtam, ezért a következő részben röviden ismertetem a rendelkezésünkre álló eljárásokat. A cikk célja, hogy részletes áttekintést nyújtson az algoritmusok működéséről. A matematikai háttérrel részletesebben az eredeti cikkekben olvashatnak.

2. Vonalegyszerűsítés és simítás

A hagyományos térképek rajzolásánál akár manuálisan, akár térképra-rajzoló szoftverben a térképszerkesztő „fejében” zajlik a generalizálás: csökkenti a kanyarulatok számát, simítja a vonalat. Ha ezt a folyamatot automatizálva szeretnénk végrehajtani, matematikai alapokra kell helyezni az egyes lépéseket. Alapvetően két csoportba soroljuk az e célra alkalmas algoritmusokat: egyszerűsítő és simító algoritmusokra (Slocum 2005). Egyszerűsítés során a vonal töréspontjainak száma csökken, a vonal szerkezete egyszerűsödik.