

# Épületek háromdimenziós modellezése az interneten

*Dr. Franz Leberl*<sup>1</sup> intézetigazgató, egyetemi tanár  
Gráci Műszaki Egyetem, Számítógépes Grafika Intézet

*Dr. Márkus Béla* intézetigazgató, egyetemi tanár  
Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Területfejlesztési Intézet

A fotogrammetria a mintegy másfél százados fejlődése során az analóg (filmekre és optikai-mechanikai elvekre alapuló) technológiáról mára egy teljesen digitális munkafolyamatra váltott. Az utóbbi időszak fejlődésének ívét és sebességét kiválóan érzékelhetjük, ha áttekintjük milyen új kutatási-fejlesztési eredményekkel foglalkoztak az (idén 100 éves) Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság (ISPRS) kongresszusai az elmúlt 20 évben (ISPRS, 2008):

- 1992 (Baltimore) filmek szkennelése, a fotogrammetriai felvételek digitális feldolgozásának meg-alapozására
- 1996 (Bécs) digitális sztereó fotogrammetriai eljárás, mely felváltja a 100 éves optikai eljárást
- 2000 (Amsterdam) digitális kamerák, melyek készek a gyakorlati felhasználásra
- 2004 (Isztambul) beszámoló a digitális kamerák használatáról, és a digitális technika előnyeiről
- 2008 (Peking) légi- és űrfelvételek, két- és háromdimenziós térbeli adatok alkalmazása és szolgáltatása az interneten

A digitális feldolgozás az alapja a teljesen automatizált háromdimenziós fotogrammetriai eljárásnak, amely alapvetően a számítógépes megjelenítés (computer vision) algoritmusait használja fel, hogy ezekből térbeli adatokat nyerjen. A teljes automatizáltság szolgál alapul az épületek háromdimenziós modellezéséhez, fotórealishti-



kus leképezéséhez, és az ehhez kapcsolódó alkalmazásokhoz. Az automatizálás olyan költséghatékonyságot eredményez, amely révén egy nagyméretarányú adatbázis fejlesztésben is megvalósítható és megfizethető a beépített területek 3D modellezése (Gruber, 1997).

Bill Gates ötvenedik születésnapján (2005 októberében) a következőképpen vázolta az interneten kialakuló „Virtuális Föld” vízióját (Virtual Earth Vision –<http://www.buzzle.com/editorials/10-27-2005-80025.asp>): „*Önök képesek lesznek London belvárosában sétálni és láthatják majd az üzleteket, áruházakat, és azt, hogy milyen a forgalom. Beléphetnek egy üzletbe és nézelődhetnek az áruk között. Mindezt nem a weben ma használatos sík, kétdimenziós kezelőfelületen, hanem a virtuális valóság eszközeivel.*”

Ez a jövőkép magába foglalja a számítási kapacitás, a kommunikációs sávszélesség, a tárolókapacitás növekedését, a számítógépek miniaturizálódását, illetve azt a képességet is, hogy napjainkra a lakott területeket nagy részletességgel háromdimenzióban, fotografikus részletességgel és nagyon alacsony költséggel tudjuk modellezni. Bill Gates nyilatkozatát követően az akkor 10 éves „MapPoint” Microsoft üzletág új, „Virtual Earth” üzletággá alakult. A kezdeményezés az épületek automatikus 3D modellezésében történt kutatásokat nagyban inspirálta, és mostanra az innováció egyik fontos területévé vált.

A tanulmányban bemutatjuk, hogyan lehet légifelvételek alapján megalkotni épületek, esetleg egy város 3D modelljét teljesen automatikusan,



<sup>1</sup> A tanulmány Leberl professzornak, a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karán tartott előadása nyomán készült. Franz Leberl a Microsoft Photogrammetry üzletág megalapítója. Ez magyarázza, hogy az anyag fő gerincét a Microsoft fejlesztései alkotják, és a példák is nagyrészt ebből a körből kerültek ki.

és mindezt üzletileg elfogadható költségek mellett. E modellt, referenciarendszerként használva, további részletekkel bővíthetjük, utcaszintű és beltéri képekkel. Ezek majdan akár több ezer várost tartalmazó adatbázissá fognak összeállni, melyekben exabájt<sup>2</sup> nagyságrendű adatbázist kell majd kezelni.

Az automatizált 3D városmodellezéshez a technológia megfelelő szinten, részletességgel és pontossággal áll rendelkezésre, így minden technikai feltétel adott, amire a „Virtuális Föld” kezdeményezésének szüksége van. A témában a Google (Google Maps és Google Earth) és a Microsoft óriási fejlesztéseket végez. A kialakított internet alapú infrastruktúra térbeli kérésekre és navigációra szolgál, de jelentős mértékben támogatja a közösségi kapcsolatteremtést is. Az 1. ábrán Bécs egy utcarészlete (az Operaház) látható, ahogyan a Microsoft böngészőjében szemlélhető (<http://www.bing.com/maps/>).



1. ábra A bécsi Operaház és környékének 3D városképe  
(Forrás: Microsoft Bing)

## Útvonalkeresés és helyfüggő szolgáltatások

A „Mi van itt?” és a „Hol van?” kérdések megválaszolása mellett, a „Merre menjek?” kérdés szerepel leggyakrabban a mindennapi térinformatikai alkalmazásokban. Az útvonaltervezést kezdetben irodai számítógépekre fejlesztették ki, amihez az első időkben nem tartozott térképi megjelenítés, és sokáig csak 2D térképeket használtak. A legsikeresebb ilyen típusú szoftvert a MapQuest fejlesztette ki, melyet napjainkban az AOL (America Online) működtet. A Microsoft fejlesztések a kilencvenes évek közepén kezdődtek. Az elmúlt tíz évben hatalmas változások következtek be, kezdve az első „Streets and Trips” programtól a „MapPoint”-on keresztül a „Virtual Earth”-ig. A kezdetben egyfunkciós, kompakt szoftverből a funkciók 2001-re webalapú megoldássá fejlődtek, és napjainkra a mobil eszközök terjedésével az „okostelefon” alkalmazások felé vették az irányt.

A „keresés” funkción alapuló szolgáltatások rövidesen túlnőtték a navigációt és az útvonaltervezést, mint üzleti modellt. A keresés egy teljesen új üzletágat teremtett, melyet a piaci

részesedések alapján ma egyértelműen a Google ural, legnagyobb versenytársai a Microsoft, a Yahoo és az Ask. Ahhoz, hogy egy keresőszolgáltatáshoz vonzzuk a felhasználókat, valamivel jobb felhasználói élményt kell nyújtani, mint a konkurencia. Ennek következtében a vektoros utcatérképek elkezdték kiegészülni ortofotókkal, hogy ily módon nyújtsanak többet, mint a konkurensek. Később ezt már nem csak a fent említett négy nagy szolgáltató kínálta, hanem sok helyi üzleti telefonkönyv szolgáltató is. Ausztriában a Herold ([www.herold.at](http://www.herold.at)), Németországban a Gelbe Seiten (<http://maps.gelbeseiten.de/Kartensuche/>) fedte le az összes nagyvárost ortofotókkal, de új szolgáltatók is alakultak, mint a német Klicktel ([www.klicktel.de/kartensuche](http://www.klicktel.de/kartensuche)), az angol Getmapping ([www.getmapping.com](http://www.getmapping.com)), Multimap ([www.multimap.com](http://www.multimap.com)) és így tovább. Az ötlet, hogy a felhasználói élményt tovább fokozzák ferdetengelyű légifelvételek segítségével 2006-ban vetődött fel a „Bird’s Eye Views” alkalmazás keretében, melyet hamarosan a Klicktel részéről az „EagleView” és más programok követtek.

A harmadik dimenzió felé történő nyitás volt a következő logikus lépés. Nagy kiterjedésű, beépített területek épületeit először a Microsoft modellezte (2006 novemberében), ami alapvető, és meghatározó eleme volt a „Virtuális Föld” vízióknak. Míg a hangsúly továbbra is a keresés, útvonaltervezés és navigáció felhasználói élményének javításán volt, előtérbe került egy új üzleti modell, mely a 3D modelleken alapuló új reklámlehetőségeket aknáztta ki.

A helyfüggő szolgáltatások (Location Based Services – LBS) tovább bővítették a térbeli adatokat felhasználó alkalmazások körét, melyek így fokozatosan átalakultak információs és szórakoztató szolgáltatássá, hozzáférhetőek mobil eszközön, felhasználva a mobiltelefon azon tulajdon-

<sup>2</sup> 1 exabájt = 10<sup>9</sup> gigabájt = 10<sup>18</sup> bájt

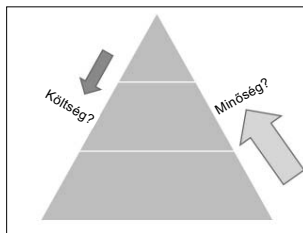
ságát, hogy ismeri a saját földrajzi (tartózkodási) helyét (Wikipedia, 2009). Az autós navigáció, útvonaltervezés és -keresés továbbfejlődtek helyfüggő szolgáltatássá, ami a felhasználó pillanatnyi helyzetét az alkalmazás aktív részévé tette. Az LBS szolgáltatások tovább szélesítették a térbeli adatok használatát, széles teret adva a tudományos kutatásoknak és fejlesztéseknek.

A térbeli adatok kikerülhetetlen velejárói számítógéppel támogatott életünknek, rohamosan válnak napjaink részévé, túlnöve az eredeti elképzeléseken, kezdve az eBay<sup>3</sup> internet alapú kereskedelmétől, az amazon.com ingatlanjain keresztül, egészen a számítógépes játékokig. A közeljövőben jelentős igény lesz a centiméternél kisebb objektumok meghatározására, és a hozzájuk kapcsolódó adatmennyiség túl fogja szárnyalni a mágikus exabájt nagyságrendet. Ez hatalmas feladatot állít a helyzeti adatok gyűjtésével és „éltartásával” foglalkozó szakemberek és műszerek elé. Mindeközben törekszünk arra, hogy a szolgáltatás a Föld minden pontján, minden időben elérhető legyen.

A felvázolt gondolatmenetből világosan kirajzolódik az átmenet a digitális térképezéstől a háromdimenziós virtuális környezet felé. Ez az átalakulás meghatározó jelentőségű szakmánk (földmérők, térképészek, térinformatikusok) számára, átvisz a térbeli adatok szakértőinek világából egy drámai demokratizálódási folyamatba – az információs társadalomba –, ahol mindannyiunkból „térképész” válhat, értékelhetjük környezetünket, hozzájárulhatunk a globális környezet modelljének és a történéseinek jobbításához (Goodchild, 2008).

## Helymeghatározás az interneten

Amikor az interneten keresünk, egyre gyakrabban találkozunk azzal a meglepő ténnyel, hogy a keresőmotor „összekapcsolja” a földrajzi nevet a földrajzi hellyel. Amikor a keresőbe beírjuk azt, hogy „Budapest”, azonnal látjuk, hogy a keresés eredményeiben megjelenik a helyzet ismerete. Az internet tudatában van a helynek (helytudatos, angolul „location-aware”). Ez a tulajdonság alapvetően különbözik a műholdas navigációtól vagy a mobil telefonokba épített helymeghatározástól. Az internetes keresőmotorok általában két rész-



2. ábra Az internet térbeli adatbázisait túlnyomórészt „naív térképészek” építik

ből állnak. Az első összegyűjti az adatokat, a második pedig rendszerezi. Az első egy automatizált böngészőprogram, ami a hiperhivatkozásokat (linkeket) követve átnézi a weboldalakat, és letölti a tartalmukat. A második (az indexelő) elemzi a begyűjtött weboldalakat, és metaadatokat társít hozzájuk, majd indexeli ezeket, aminek a segítségével a keresési kritériumok alapján könnyen megtalálhatók a megfelelő weboldalak.

Amennyiben a keresőmotor a weboldalon földrajzi (térbeli) helyzetet megadó adatra talál, akkor azt a metaadatok közé eltárolja. Amikor a felhasználó elindít egy lekérdezést, a kereső az index segítségével kiválogatja a kritériumoknak megfelelő oldalakat, és a hozzájuk társított metaadat alapján sorrendbe állítja őket, és megadja a felhasználónak alkalmasint a lekérdezéshez társítható térbeli helyzetet, térképeket, ortofotókat, képeket is. Ez kiegészíthető egy alkalmazásban azzal a képességgel, hogy egy szövegben szereplő helységnevek (földrajzi nevek) helyét a számítógép meg tudja mutatni egy alkalmas térképi háttéren. Ha a szövegben szerepel a „Budapest” szó, akkor a keresőmotor megérti, hogy ez egy helységet is jelenthet, és megmutatja ezt a helyet vagy helyeket, amit így hívunk.

A térképezéshez kapcsolódó helymeghatározás mindezeideig a földmérők és térképészek feladata és felelőssége volt. Ezeket a feladatokat általában kormányzati elhatározás és költségvetés alapján végezték, feladatuk a kormányzat érdekeinek szolgálata volt, felelősséggel tartoztak az érdekek teljesüléséért. E felelősség miatt a helymeghatározás végrehajtása nagymértékben szabályozott tevékenység, a megbízhatóságot is szabványokba, szabályzatokba foglalják. Egy földrészlet töréspontját a térkép méretarányától függően meghatározott pontossággal kell meghatározni, a vonatkozó szabályzatnak megfelelően, és az abban leírt módszerrel.

Ezzel szemben az internet alapú megközelítésben a helymeghatározás nem kormányzati elhatározásra és megrendelésre, hanem üzleti célból készül, az internetes alkalmazások számára, ami

<sup>3</sup> Az eBay Incorporated (eBay Részvénytársaság) az Amerikai Egyesült Államokban bejegyzett, internetes aukciós weboldal, amelyen bárki felkínálhatja eladásra bármilyen jószágát vagy szolgáltatását (Wikipédia, 2009).

gyakran a Wikipedia elvén (online közösségek, naiv térképészek<sup>4</sup> aktivitásán) alapul. Az adat lehet pontos vagy pontatlan, naprakész vagy elavult, a felhasználó dönt arról, hogy hasznos-e az, kellő pontosságú vagy teljes-e. Természetesen az ilyen adatbázis használatából adódó kockázatot is a felhasználó viseli, amennyiben az adat mégsem lenne megfelelő minőségű.

### Háromdimenziós modellek légifényképekből

A helyfüggő keresések és szolgáltatások új piacának meghódítására indított verseny az interneten, a hagyományos kétdimenziós térképtől a virtuális valóság háromdimenziós élményéhez juttat bennünket. Területileg a nagyvárosokban kezdődött a munka. A Microsoft sajtóközleményei 3000 várost említettek, amikor 2005 októberében bejelentették a „Virtuális Föld” kezdeményezést.

Végezzünk egy gyors számítást, mekkora adatbázisról is beszélhetünk. Ha a nagyvárosok lélekszáma átlagosan 500 000, akkor a 3000 város 1,5 milliárd embernek ad otthont. Ha egy épületben átlagosan 10 fő lakik, akkor 150 millió épületet kell modellezni. Ilyen mennyiséget, hatékonyan csak egy nagymértékben automatizált fotogrammetriai eljárással lehet modellezni. A nagyfokú automatizáltság megköveteli az adatok nagyfokú redundanciáját. A számításokban redundanciát tíznek véve, a fotogrammetriai eljárásnál 80%-os soron belüli és 60%-os sorok közötti átfedést, 10 cm-es képfelbontást véve alapul, mintegy 10 millió felvétellel kellene dolgozni. Ha a becslést kiterjesztjük a szárazföldekre 15 cm-es felbontással, akkor ez összességében mintegy 200 petabájt<sup>5</sup> adatot jelentene.

Az iménti számítás választ ad arra, hogy miért szükséges a teljesen automatizált eljárás a 3D városmodellezésben. Nézzük meg azt, hogy egy ilyen adatfeldolgozási eljárásban, milyen feltételeknek kell teljesülnie (Leberl, 2007):

1. A digitális légi képalkotó eszköznek radiometriailag 7000 szürkeségi fokozatot kell megkülönböztetnie. Ilyen kiváló nagy formátumú légifelvevő kamerák például az UltraCam kamerák (<http://www.microsoft.com/ultracam/default.mspx>).

<sup>4</sup> A „Native Geography” fogalmát Max Egenhofer és David Mark vezette be (Egenhofer – Mark, 1995). Magyarul talán leghelyénvalóbb a „naiv térképészet” fogalmat használni.

<sup>5</sup> 1 petabájt (PB) = 1000 terabájt (TB) = 1 millió gigabájt (GB)

2. Intelligens adatgyűjtési stratégiák, hogy kis költséggel elérhető legyen a nagyfokú redundancia, és soron belül a 80%, sorok között a 60% átfedés. A nagy soron belüli átfedéshez szükséges, megfelelően gyors képismétlési arány extra költségek nélkül is elérhető, a fedélzeti tároló kapacitásnöveléssel pedig egy felszállással képek ezreit lehet elkészíteni.
3. Teljesen automatizált légiháromszögelés nagy, 3000 vagy annál nagyobb kép/város blokkokkal. Ez napjainkban is rendelkezésre áll, például UltraMap rendszerben (Reitinger, 2008; Gruber and Reitinger, 2008).
4. Nagy adathalmazok könnyű kezelése, mivel egy városról akár 5 terabájt adat is készülhet. Ez megoldható például a Seadragon adatkezelési technológiával (lásd <http://www.seadragon.com/> vagy Reitinger, 2008).
5. Teljesen automatizált objektumosztályozás: épületek, fák, növényzet, vízfelületek, úthálózat; ez a nagyfokú redundancia miatt kivitelezhető.
6. Teljesen automatizált digitális felületmodell (DFM) létrehozása és kettéválasztása digitális domborzatmodellé (DDM) és tereptárgyakká (épületek, fák). Erre a feladatra is dolgoztak ki eljárást (Klaus, 2007).
7. Nagyfokú, szubpixeles nagyságrendű helyzeti pontosság, hogy kezelni lehessen a nagyfelbontású modelleket (DDM/DFM) illetve, az épületek szélén jelentkező folytonossági hibákat (Ladstätter, 2009; Gruber and Ladstätter, 2006).
8. Intelligens számításgyorsítás, hogy a magas processzorigényt kielégíthessük, ugyanis egyetlen képpel lefedett terület feldolgozása is hosszú időt emészt fel. Ennek gyorsítására akár több száz processzort is igénybe vesznek egyidejűleg.

Ugyan az épületek modellezésének az interneten csak a látványt kell szem előtt tartania, de a sikerhez meglepően nagy helyzeti pontosságra van szükség (lásd 7. pont). Két dolog miatt is indokolt. Először is, hogy teljes mértékben automatizálják az élek meghatározását szükség van arra, hogy minden második pixelhez magasságértéket rendeljenek. A módszer csak akkor fog működni, ha a nagy átfedéssel készült képek helyzetileg pontosan kapcsolódnak. Másodsorban szükség van arra, hogy fotók mintázatát használjuk ahhoz, hogy egy pontos 3D modellt kapjunk az épüle-

tekről, amit könnyen ronthatnak a szakadások, például a tetővonalak mentén. Ehhez a helyzeti pontossághoz nagyon pontos szenzorokra van szükség. Az UltraCam belső pontossága néhány tized-mikrométeres nagyságrendű, a rendszer pontossága ellenőrző mérésekből lim.

### Határtalan részletesség

A szolgáltatók nagy figyelmet fordítanak az „emberközeli” látványra. Az interneten olyan képeket tesznek elérhetővé, amik megmutatják, milyen látványban lenne a felhasználónak része, ha azon az adott helyen állna. Az ilyen képek általában 2 cm körüli felbontásúak, így a felhasználók már el tudják olvasni a képeken lévő feliratokat is. Ezen a területen talán legjobb példa a Google Street-View funkciója (lásd 3. ábra).

A fényképeket speciális eszközökkel készítik, amelyeken 9 kamera biztosítja a 360°-os látószöveget, egy GPS a felvétel helyének meghatározását, illetve a feldolgozást lézerszenneres mérések is segítik. Az eszköz könnyen szerelhető különböző járművekre, és rövid idő alatt nagy területeket képes lefényképezni. Sokan aggódnak, hogy az ilyen részletesség már sérti az emberek magánéletét. Ezért például a gépkocsik rendszámát, a személyek arcát kitakarják. Ennek ellenére több országban leállították a felvételezést.

Amíg a 2 cm-es felbontás megfelelő élményt nyújt az utcaképeknél, összességében mégsem elég mindenhol. Az épületek belseje iránt is nagy az érdeklődés, mint például üzletek, bevásárlóközpontok, vallási, műemléki vagy kulturális épületek esetében. Az épületbelsőkből a felbontás elérheti a 0,5 cm-es vagy még ennél nagyobb felbontást is (Gruber and Sammer, 1995). Erre ad példát az 5. ábra.

A piaci igények növekedésére a Microsoft is új fejlesztésekkel válaszolt. Az internet sávszélesség növekedése és számítási kapacitás erősödése elérhetővé tette az egyszerű fényképezőgépekkel készített képsorozatok sztereoképpé transzformálását, és a 3D láttatást a Photosynth rendszer használatával. A Photosynth az azonos helyen, de más szemszögből készült fotókat térmodellbe rendezi. Minél több elemet tartalmaz a képsorozat, annál észrevétlenebb lesz az átmenet a fotók között, annál részletesebbé válik. Ha ugyanazt a tárgyat vagy környezetet körben minden oldalról lefényképezik, akkor a Photosynth körüljárhatóvá teszi, háromdimenziós élményt adva a felhasználónak. A Photosynth jövőjét a közösségi felü-



3. ábra A Google Street View megmutatja az utcaképet, és alatta látható a helyzetet bemutató ortofotó vagy térkép. A képen a londoni Földmérők Intézetének épületét látjuk a Great George Street és a Parliament Square sarkán



4. ábra A Google Street View felvételező eszköze



5. ábra Üzleti telefonkönyv az interneten (www.herold.at)



6. ábra A Szent István bazilika 3D modellje (Forrás: Microsoft Bing – Photosynth)

letekkel és a térképszolgáltatásokkal való összekötés jelent. A 6. ábrán a budapesti Szent István Bazilika látható, melyet a Microsoft Bing Maps alkalmazásba épített Photosynth jelenít meg. A „Virtuális Föld” vízió egyre közelebb kerül a megvalósuláshoz. Az áttekinthető térképek, űr- és légitelvételek után már lehetőségünk nyílik úgy

bejárni az utcákat és az épületeket, mintha egy modellben járnánk. A „Virtuális Föld” program számít arra, hogy a felhasználók által feltöltött adatokkal jelentősen fog növekedni a globális modell részletgazdagsága.

Ezek után talán belátható, hogy a légifelvételből készült 200 petabájt méretű adatbázis kiegészülve a 2 cm felbontású utcaképekkel, illetve belső terek 0.5 cm-es felbontású adataival, meghaladja majd az 1 exabájtot.

## Gazdasági megfontolások

A navigációnak, útvonaltervezésnek, keresésnek és a helyfüggő szolgáltatásoknak igazolniuk kell az ilyen, szinte mindenre kiterjedő háromdimenziós adatbázis létrehozásának, fenntartásának, és globális (a világ minden pontjára kiterjedő) szolgáltatásainak költségeit. A keresőszolgáltatások pénzügyileg általában a hirdetésekkel térülnek meg. Megjegyezzük, hogy a sárgaoldalak és újsághirdetések éves szinten százmilliárd dolláros globális üzletet jelentenek. Egy ilyen volumenű üzletre kiemelt figyelmet fordítanak a keresőszolgáltatók. Az üzleti telefonkönyvek ma már szinte mindenütt „helytudatos” (location-aware) webhelyek.



7. ábra Ingatlanpiaci adatok az interneten



8. ábra Földhivatali metaadatok az interneten (<http://fish.fomi.hu/termekekhonlap/>)

A kreatív alkalmazások ötletei általában a különböző leíró adatbázisoknak a helyzeti adatokkal való kiegészítéséből, vagy összekapcsolásából származnak. Például vegyük az ingatlanpiacot. Ha valaki érdeklődik egy ingatlan ára iránt az Egyesült Államokban, akkor elég felkeresni a [www.zillow.com](http://www.zillow.com) oldalt, hogy megtalálja a szükséges információkat.

Ha a szakmánkra gondolunk, akkor például az alappontok, a térképellátottság, a légifelvételek és az úrfelvételek metaadatainak internetre vitele (Márkus, 1999), a földhivatali szolgáltatások fejlesztése (TakarNet24 projekt) mellett, hogy gazdasági hasznót jelentenek, egyben segítik helyünk megtalálását ebben az adatokra, információkra alapozott új világban.

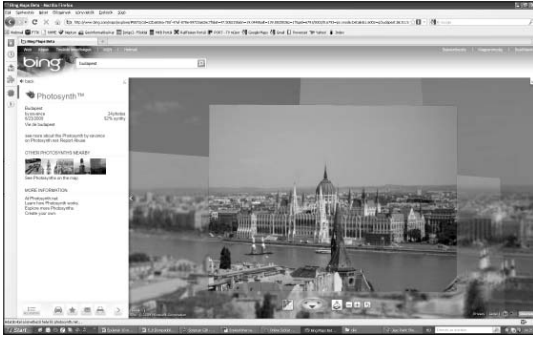
A keresés, navigáció, okostelefonok, e-üzletek részei mindennapjainknak, mind igénylik a fejlesztéseket, és hozzájárulnak az újszerű internetes, helyfüggő alkalmazások létrejöttéhez (Schall és társai, 2009). A globális adatbázisok felállítása alapul szolgálhat a folyamatosan növekedő piaci versenyben való helytállásnak.

## Fejlesztési kihívások

Önmagában már az az ötlet, hogy létrehozzunk egy exabájt nagyságrendű részletes háromdimenziós modellt, számos kutatási kihívást jelent, ugyanakkor számos lehetőséget ad a szakmai sikerre. A cél az, hogy a teljesen automatizált adatnyerési, adatfelújítási eljárások a nagyfelbontású adatbázisok minden szintjén továbbfejlődjenek.

Az utcák fényképezése csak nemrég kezdődött, említettük a személyiségi jogi kifogásokat, de ezekre rövidesen megoldások születnek. Ahelyett hogy képeket mutatunk be, több tekintetben hasznosabb lenne az épületek 3D modelljeinek renderelése (mintázása), ezáltal csökkentve a tárolandó, karbantartandó és szolgáltatandó adatmennyiséget, illetve megszüntetve a személyiségi jogok megsértésével kapcsolatos kifogásokat. Az épületek belsejének modellezése tovább növeli a kihívásokat. E problémával a kutatások ezidáig csak érintőlegesen foglalkoztak.

Amint elkészül egy adatbázis, azonnal felmerül a kérdés: hogyan oldjuk meg az adatfelújítást? Az automatikus hibakeresés a felhasználók bejelentései alapján; a 3D adattárak frissítésének automatizálása; a változások dokumentálása és nyilvánossá tétele; ezek mind érdekes kutatási, fejlesztési témák. Gyakran szembesülünk azzal a problémával is, hogy az adatfelújításra jóval



9. ábra Kísérlet autók automatikus kitarakására (Kluckner és társai, 2009)

kisebb a pénzügyi keret, mint ami a rendszer beindításához rendelkezésre állt.

Említettük korábban, hogy a képeken megjelenő gépjárművek rendszámtáblái is személyiségi jogokat sérthetnek, ezért kitarakják azokat. Kutatások folynak arra, hogyan lehet a gépjárműveket automatikusan eltávolítani az adatbázisból, hiszen azok helyzete ideiglenes, és vizuálisan is zavarják az állandó tereptárgyak megtekintését. Az autók felismerhetők az ortofotókon 2D alakjuk által, de 3D pontfelhők használatával is kísérleteznek, többen figyelembe veszik azt, hogy autók jellemzően utakon, vagy parkolóknál találhatók.

Ugyanez vonatkozik a fák esetére is, mert időben viszonylag gyorsan változnak, ráadásul alakjuk meglehetősen összetett, ezért jobb modellekkel helyettesíteni azokat. A „Virtuális Föld” rendszer ma már felismeri a növényzetet, és megrajzolja (rendereli) a növényeket ahelyett, hogy a róluk készült képeket használná. A képek elemekre bontása (homlokzat, tető, ég, növényzet és a környező tér egyéb elemei), majd ezekre modellek használata, csökkentett adatmennyiséget, időjárás függetlenséget és sok további előnyt jelent (Recky – Leberl, 2009).

## Kitekintés

A „helytudatos” internet természetes eredménye a keresés, navigáció, útvonaltervezés és helyfüggő szolgáltatások ötvözésének. A „Microsoft Virtual Earth” és a „Google Earth” a két fő piaci vetélytárs. Kezdetben mindkettő kétdimenziós térképet és a digitális úthálózat- adatbázist használt alapnak, ami később kiegészült egy háromdimenziós nézettel; területileg elsősorban a lakott területekre koncentráltak, mivel a piaci lehetőségek itt a legjelentősebbek. Mindkettő emberköz-

li élményt mutató adatbázis elkészítését célozta meg, hogy olyan élményben lehessen részünk, mintha a valóságban az utcákon sétálnánk vagy utaznánk. A tervszerűen készített képek mellett keresik azt a módot, hogy az adatbázis automatikusan kiegészíthető legyen a felhasználók által készített képekkel.

A fejlődésnek nagy hatása lesz nemcsak a jövő generációjára, de a földméréssel, térképészettel foglalkozó szakemberek életére is. Ahhoz hogy a bevezetésben említett vízió megvalósuljon, a világot exabájt nagyságrendű adatbázissal kell modellezni az interneten. Jelenleg még nem tisztázott, hogy az adatokat hogyan szerzik be, és hogyan frissítik majd, milyen szintig van szükség központosított, rendszerezett adatgyűjtésre, és hol lehet a további adatgyűjtést a felhasználók milliárdjaira bízni. A rendszer tervezésében, az adatgyűjtési, adatkezelési, adatelemzési és adatszolgáltatási technológiák kidolgozásában nagy szükség van szakmánk tapasztalataira. A rendszer kialakításában és megvalósításában fontos feladatunk lehet az adatgyűjtés, adatfrissítés mellett, az adatbázis minőségének ellenőrzése, de ebben a folyamatban fontos szerepet kell szánjunk a felhasználóknak.

## Összefoglalás

A tanulmányban bemutattuk, hogyan lehet légi-felvételek alapján megalkotni nagyvárosok 3D modelljét teljesen automatikusan, és mindezt üzletileg elfogadható költségek mellett. E modellt, referenciarendszerként használva, kibővíthetjük további részletekkel, utcaszintű és beltéri képekkel vagy lézerszkennelt adatokkal. Ez az adatgyűjtés készülhet megbízásra, rendszerezetten; vagy rendszertelenül, a névtelen felhasználók közössége által. Az eredmény egy olyan globális téradatbázis, amely a jelen fejlesztési elképzelésekben a szárazföldre 15 cm-es, a településeken 10 cm pixelméretű légifelvételekből, 2 cm-es részletességű utcaképekből, és 0,5 cm-es felbontású beltéri részletekről áll össze. A képek között nagyfokú redundancia szükséges, ezért becsülhetően exabájt nagyságrendű adatbázisra van szükség majd. A „Virtuális Föld” vízió megvalósulása nagy hatással lesz szakmánkra, és nagy lehetőségeket tartogat számunkra a vízió megvalósításában. Amit feltétlenül fontos nemcsak megértenünk, de alkalmaznunk is kell, hogy az internet világában a felhasználók fontos szerepet játszanak az adatgyűjtésben, és visszajelzéseikkel a minőség ellenőrzésében.

## Modeling the human habitat in 3D for the Internet

Leber, F. – Márkus, B.

### Summary

The paper explains that it is possible to create 3D models of an entire city from aerial photography fully automatically, and thus at a commercially acceptable cost. Using this as a geometric framework, detail can be added from street-level and indoor imagery or laser scanner data. Such data can be produced either systematically or by the anonymous community of users. The result is a global geo-data base consisting of a combination of aerial data at perhaps 10 to 15 cm pixel size, street side data at perhaps 2 cm and indoor data of important or commercially relevant spaces at 0.5 cm pixel size. This will add up to a data base of thousands of cities with more than 1 Exabyte to be created and maintained. The „Virtual Earth Vision” will deeply influence our profession and has enormous challenges for us in collecting and updating the location data, and in serving this globally to all places, at all times. It remains unclear at this time how location data will be supplied and updated in such systems, how much will have to be collected systematically by a central provider, and how much will get contributed in a „wiki-mode” by billions of users. What is clear, however, is that all current players in this development have the user planned as a significant provider of information and as a source for quality control.

### IRODALOM

- Egenhofer M. J. Mark D. M.* (1995): Naive Geography. In Frank, A. U. and Kuhn, W., editors, Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS, Berlin: Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Sciences No. 988, pp. 1–15.
- Goodchild M.* (2008): Assertion and authority: the science of user-generated geographic content. Proceedings of the Colloquium for Andrew U. Frank’s 60th Birthday. GeoInfo 39. Department of Geoinformation and Cartography, Vienna University of Technology.
- Gruber M., R. Ladstätter* (2006): Geometric issues of the digital large format aerial camera UltraCamD. International Calibration and Orientation Workshop EuroCOW 2006, Proceedings, 25–27 Jan. 2006, Castelldefels, Spain.
- Gruber M., Reitinger B.* (2008): UltraCamX and a new way of photogrammetric processing. Proceedings of the ASPRS Annual Conference 2008, Portland 2008.
- Gruber M., Sammer P.* (1995) Modeling the Great Hall of the Austrian National Library, International Journal of Geomatics 9/95, Lemmer 1995.
- Gruber M.* (1997): „Ein System zur umfassenden Erstellung und Nutzung dreidimensionaler Stadtmodelle,“, Dissertation, Graz University of Technology, 1997.
- Irschara A. H. Bischof, F. Leberl* (2009): Kollaborative 3D Rekonstruktion von urbanen Gebieten, in 15. Intern. Geodätische Woche Obergurgl 2009, Wichmann – Heidelberg.
- ISPRS* (2008): <http://www.isprs.org/congresses/beijing2008/Default.aspx>
- Klaus A.* (2007): Object Reconstruction from Image Sequences, Dissertation, Graz University of Technology, 2007.
- Kluckner S., Georg Pacher, H. Bischof, F. Leberl* (2009): Objekterkennung in Luftbildern mit Methoden der Computer Vision durch kombinierte Verwendung von Redundanz, Farb- und Höheninformation, in 15. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2009, Wichmann – Heidelberg.
- Ladstädter R.* (2009): Untersuchungen zur geometrischen Genauigkeit der UltraCamD/X, in 15. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2009, Wichmann – Heidelberg.
- Leberl F.* (2007): Die automatische Photogrammetrie für das Microsoft Virtual Earth System. in 14. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2007, Wichmann – Heidelberg, S. 200 – 208.
- Márkus B.* (1999): Building WEB based Land Information Services in Hungary, AGILE ’99 Conference on Geographic Information Science – User-friendly geographic information, Rome, Italy, 1999.
- Recky M., F. Leberl* (2009): Semantic Segmentation of Street-Side Images. Proceedings of the Annual Meeting of the Austrian Assoc. for Pattern Recognition AAPR, Stainz (Austria).
- Reitinger B.* (2008): Interactive Visualization of Huge Aerial Image Datasets; International Archive for Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXVII, Beijing, 2008.
- Schall G., D. Schmalstieg* (2009): Einsatz von mixed reality in der Mobilen Leitungsauskunft, in 15. Intern. Geodätische Woche Obergurgl 2009, Wichmann – Heidelberg.