

ÉVFOLYAM
Volume

XIII/1

2010

**G E O M A T I K A I
K Ö Z L E M É N Y E K**

Publications in Geomatics

VENDÉGSZERKESZTŐ
Guest Editor

BARSI ÁRPÁD

SZERKESZTŐK
Editors

ZÁVOTI J, BÁNYAI L, PAPP G

HU ISSN 1419-6492



*MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓINTÉZET
SOPRON*

Geomatikai Közlemények

Publications in Geomatics

kiadja a

MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓINTÉZET

9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8. Pf. 5.

tel.: 99 - 508-340 fax.: 99 - 508-355

E-mail: geomatika@ggki.hu

felelős kiadó:

Závoti József
igazgató

vendégszerkesztő:

Barsi Árpád

szerkesztők:

Závoti József, Bányai László és Papp Gábor

készült a

LŐVÉR PRINT Kft. nyomdájában

9400 Sopron, Ady Endre u. 5.

tel.: 99 - 329-977

megjelent 150 példányban

Sopron, 2010

HU ISSN 1419-6492

**GEOMATIKAI
KÖZLEMÉNYEK
XIII/1.**

"Minden nemzet a maga
nyelvén lett tudós,
de idegenen sohasem."

(Bessenyei György)

Ez a kiadvány Prof. Dr. Detrekői Ákos, az MTA rendes tagja, 70. születés napja alkalmából rendezett előadás sorozat referált anyagait tartalmazza.
A kiadványt Dr. Barsi Árpád szerkesztette.

TARTALOMJEGYZÉK

Köszöntés - Barsi Árpád	5
Köszöntő – Lovas Antal	7
Klinghammer István	9
A tematikus kartográfia kezdetei <i>Beginnings of thematic cartography</i>	
Barsi Árpád	17
Kapcsolatok a térinformatikában <i>Relationships in geoinformatics</i>	
Lovas Tamás	23
Lézerszkennelés az építőmérnöki gyakorlatban <i>Laser Scanning in Civil Engineering</i>	
Berényi Attila	29
Földi lézerszkennő laboratóriumi vizsgálata <i>Laboratory test of terrestrial laser scanner</i>	
Fekete Károly	35
Fotogrammetriai hálózatok súlykoefficiens mátrixai <i>Weight coefficient matrices of photogrammetric networks</i>	
Schrott Péter	39
Emberi arc fotogrammetriai felmérésének hálózattervezési kérdései <i>Investigation on the network design of the human face photogrammetric measurement</i>	
Winkler Gusztáv	45
Tér és idő problémák az adatgyűjtésben <i>Space and time problems in data collection</i>	
Kertész Imre, Barsi Árpád	51
Tárgyrekonstrukció egy kamera és lézer segítségével <i>Object reconstruction with one camera and structured laser beam</i>	
Juhász Attila	59
Időkezelés, GIS, hadtörténelem <i>Managing the time issue, GIS, military history</i>	
Szabó György	65
Tér, idő, hely – globális, regionális, lokális és mikro terek modellezése <i>Space, Time, Place – Modelling Global, Regional, Local and Micro Places</i>	
Biri Salah, Holnapy Dezső	71
Diszkrét vonatkoztatási rendszer és a hiperkocka általánosítása <i>Discrete Reference System, and Generalization of Hypercube</i>	
Paláncz Béla	75
Parallel algoritmusok végrehajtása többmagos processzoron <i>Evaluation of Parallel Algorithms on Multicore Machines</i>	
Kugler Zsófia	79
Szezonális árvízi atlasz az űrből <i>Seasonal flood atlas from space</i>	
Koczka György	85
Távérzékelés árnyalási modell alkalmazásával <i>Shading model based remote sensing</i>	

Molnár Bence	91
Robosztus becslést és DLT-t alkalmazó web alapú fotogrammetriai alkalmazás fejlesztése	
<i>Developing a web based photogrammetry application with robust estimation and DLT</i>	
Minda János	97
Térbeli hasonlósági transzformáció megoldása MATLAB-bal	
<i>Spatial transformation solved by MATLAB mathematical programpackage</i>	
Krausz Nikol, Barsi Árpád	101
Csomóponti forgalom automatikus figyelése RFID technológiával	
<i>Automatic junction monitoring by RFID</i>	

KÖSZÖNTÉS

Tisztelt Professor Úr, kedves Ákos!

Engedd meg, hogy a Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék és a magam nevében ezúttal írásban köszöntselek! Tudom jól, hogy egy ilyen kerek évforduló mindig egyfajta elszámolásra készíti az embert. Ez igaz nemcsak az ünnepeltre, hanem az ő munkatársaira is. Tőled vettem át ennek a kicsiny, családi tanszéknek a vezetését még 2004-ben, mivel betöltötted a 65-ös korhatárt. Akkor azt gondoltam, hogy öt év hosszú idő, de egyszer csak azon kaptam magam, hogy már jó lesz elkezdeni az ünnepi rendezvény szervezését.

Aztán tanszéki kollégáinkkal, elsősorban a később születettekkel összeállítottuk azt a napot, amit a Te stílusodnak, tempódnak megfelelően pörgetni kívántunk. Belefért ebbe egy rektori és egy dékáni köszöntés, egy rektor kollégád és mostanra dékánná választott egykori munkatársad tudományos előadása – hogy csak a vezetőinket említsem. Szerepelt a Tanszék, vele az a sokszínűség, melyet mindig támogattál: régészet és hadtörténet, de árvízi térképezés is, lézerszkennelés és arrekonstrukció, tér-idő filozófia, de általános hiperkocka is, térbeli transzformáció és kapcsolatrendszerek. Nem is lehet egy rövidnek szánt bevezetőben még csak említeni sem, hogy milyen egyetemes tudományos előadás-sorozat állt össze köszöntésedre.

A leghálásabb dolgom azonban kétségkívül nekem van, mivel nekem jutott a megtiszteltetés, hogy ennek a kötetnek az elején kívánhassak még egyszer

„Sok boldog születésnapot, további jó erőt és jókedvet a velünk való munkában, örömet és még sikereket az tudományos utánpótlás-nevelésben!”

Kedves Ákos! Isten éltesse!

Budapest, 2010. március 21.

Barsi Árpád*

KÖSZÖNTŐ

E kötettel Dr. Detrekői Ákos egyetemi tanárt, Rektor Emeritust, az MTA rendes tagját, az Európai Tudományos Akadémia tagját köszöntjük 70. születésnapja alkalmából.

Detrekői Ákos, mint széles látókörű kutató, vezető, tanító és szervező az egész életpályáját a műszaki tudományok kutatásának és az oktatásnak szentelte.

Kitüntetéses mérnökdiplomájának megszerzése óta az egyetem Fotogrammetriai Tanszékének oktatója. 1967-ben egyetemi doktori címet, 1971-ben a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot, 1978-ban a műszaki tudomány doktora fokozatot szerzett. 1977-ben a Fotogrammetria Tanszék vezetésével bízták meg, majd 1980-ban kinevezték egyetemi tanárnak. Vezetése alatt a Tanszék sikeresen megoldotta az analóg korszakból a digitális korszakba történő áttérést. Ebben az időszakban indította meg a tanszék a térinformatika oktatását az Egyetem több karán.

Fő kutatási területe a geodéziai és a fotogrammetriai mérések, illetve a térinformatika. Jelentős eredményeket ért el a távérzékelés területén. Nevéhez fűződik a deformációs mérések matematikai modelljének kidolgozása. Számos térinformatikai rendszert hozott létre és vizsgálja ezen rendszerek adatainak minőségét. Több mint százhetven tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője, ebből négy jelent meg könyv formájában, illetve kilenc könyvfejezetben. Munkáit elsősorban magyar, német és angol nyelven adja közre.

1986-1990 között ellátta az Építőmérnöki Kar dékáni tisztjét. Dékáni periódusa alatt megújult a Kar oktatási profilja, a szakok száma négyről kettőre csökkent. Számos kari bizottságnak (közte a Kari Tudományos Bizottságnak) volt elnöke és tagja. 1992-ben alapítója és 2009-ig vezetője volt a Geodézia és Geoinformatika Doktori Iskolának. 1994-ben megbízták az Egyetemi Doktori Tanács és Habilitációs Bizottság elnöki teendőivel. Vezetése idején indult meg a korábbi egyetemi doktori címeknek PhD fokozattá történő átminősítése.

A szerteágazó egyetemi tisztségei közül kiemelendő, hogy 1997-2004 között a Műegyetem rektoraként tevékenykedett. Rektori tevékenysége idején jött létre a Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, valamint a Természettudományi Kar. Ekkor nyerte el a Műegyetem jelenlegi nevét. Rektori megbízatása idején indult meg a Műegyetemen az energetikus mérnöki, az ipari formatervezői, a közgazdász és a matematikus képzés. Megkezdődött az átállás a bolognai rendszerű képzésre.

2003–2004-ben a Magyar Rektori Konferencia elnöke volt. Elnöke volt a Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Szövetség (ISPRS) magyar nemzeti bizottságának. 1992-ben a Bajor Tudományos Akadémia Német Geodéziai Bizottságának levelező tagjává választották. Több MAB, OTKA és MTA szakbizottságban dolgozott. 2009-ben Rektor Emeritusi címet kapott.

Magyarországi állásai mellett több alkalommal volt vendégprofesszor Németországban.

Tevékenysége elismeréseként több hazai és külföldi kitüntetésben részesült, így a Felsőoktatási Tanulmányi Érdemérem, Finn Oroszlánrend Lovagkereszt, I. Osztályú Német Szolgálati Kereszt (Bundesverdienstkreuz I. Ordnung), Széchenyi díj.

Dr. Detrekői Ákos professzor életpályája a harmóniát és egyensúlyt megőrző ember életműve. Hetvenedik születésnapján volt és jelenlegi munkatársai nevében tisztelettel és szeretettel kívánunk erőt, egészséget és további sikereket szakmai munkájában és a magánéletében egyaránt.

Dr. Lovas Antal*
dékán

A TEMATIKUS KARTOGRÁFIA KEZDETEI

Klinghammer István*



Beginnings of thematic cartography – This paper summarizes the historical beginnings of the representation methods of thematic cartography. The paper describes the first application of the symbol-, diagram-, movement line-, isoline-, cartogram-methods and the dot maps.

Keywords: cartography, representation methods, map types, historical examples

A tanulmány a tematikus kartográfia ábrázolási módszereinek történeti kialakulását foglalja össze. Ismerteti a jel-, a diagram-, a mozgásvonal-, az izovonal-, a kartogram- és a pontszórás módszer első térképi megjelenését.

Kulcsszavak: kartográfia, ábrázolási módszerek, térképtípusok, történeti példák

1 Bevezetés

A 19. század első évtizedei rendkívül jelentős változásokat hoztak a *tematikus kartográfia* történetében. A természettudományok fejlődése, a rendszeres mérésen alapuló adatgyűjtés nagyobb és sűrűbb földrajzi adatbázist eredményezett, amelyet ábrázolni kellett. Ehhez járult ugyanakkor az államigazgatásból, politikai aritmetikából és valószínűség számításból kifejlődő statisztika tudománya is, amely sajátos megjelenítési módszereket igényelt. A *topográfiai és korográfiai (földrajzi) térképek* fejlődése adta az alapot, az új sokszorosítási technikák pedig lehetővé tették a korábbinál nagyságrendekkel több, olcsó és színes tematikus térkép előállítását.

A feltételek fejlődést eredményeztek a tematikus módszerek terén is, ahol a század első felében kialakult a *tematikus módszertan*, a tematikus szaktartalom térképi ábrázolásának elmélete és gyakorlata (Klinghammer-Papp-Váry, 1974).

Míg a korábbi térképek, a geofizikai térképeket kivéve, főként tematikus *minőségi információt* hordoztak, addig a 19. század térképészetében a hivatalos, rendszeres statisztikai adatgyűjtés *meny-nyiségi adatai* új ábrázolási kérdéseket vetettek fel. A rajzi megjelenítés módszereit statisztikusok, közhivatali teendőket ellátó matematikusok és mérnökök próbálták ki először.

A tematikus kartográfia mai ábrázolási módszereinek legtöbbjét 1800 és 1860 között már nemcsak kigondolták, de többszörösen módosítva, különböző témák megjelenítésére a gyakorlatban is elterjedten alkalmazták. A fejlődés eredményeképpen a módszerek tudományos közkinccsé, a térképoltasók számára megszokottakká váltak

2 A kezdetek

Nézzük a kezdeteket! A tematikus kartográfia születésének időszaka a 19. század, mégis azt mondhatjuk, hogy *tematikus térképek* nagyon régóta készülnek. A térképtörténetet áttekintve számos olyan korai ábrázolást találunk, amelyek megfelelnek a tematikus térkép mai fogalmának (Klinghammer, 1991).

A legkorábbiak közül való például az ókori Kínai Birodalomból (Kr. 168) ránk maradt katonai térkép, vagy ide sorolhatjuk a középkor klímazonás világtérképeit. Leginkább azonban az úttérképek között találunk olyanokat, amelyek világosan mutatják a tematikus térkép jegyeit.

A 4. századból származó római úttérkép 1507-ből előkerült 12. századbeli másolata a *Tabula Peutingeriana*. A térkép nevét első tulajdonosáról, az augsburgi humanista Konrad Peutingererről (1465-1547) kapta. Nyomatásba az egész művet Abraham Ortelius (1527-1598) jelentette meg 1598-ban fakszimile térképként. Ez a 682 cm hosszú, de csak 34 cm széles pergamentekercs a Római Birodalom úttérképe. A térkép fő mondanivalója a vörös vonalakkal megrajzolt úthálózat. Az úmenti településeket fontosságuknak megfelelően négyféle jel ábrázolja.

Erhard Etzlaub (1460-1532) nürnbergi mester úttérképe 1500 körül készült, és a Rómába vezető zarándokutakat mutatja. A pontsorokkal jelzett zarándokutak minden pontja 1 német mérföldet (7420,4 m) jelez, ezáltal az út hossza a sík területeken meglepő, $\pm 2\%$ -os pontossággal megállapítható. A térképhez csatolt kis leírás, a „Register” alapján utólag színezték a fametszetes nyomatot. Az egyes országok különböző színfelületeket kaptak, Magyarország például a „fűzöldet”, – így Etzlaub műve Európa első politikai térképének is tekinthető.

A korai térképek között számos, az utazást segítő különleges tájékozási eszközt találunk, nemegyszer sajátos grafikai formában. Utóbbira példa a mágnesűn alapuló hajózást segítő térképtípus, az 14. századtól feltűnő *portolántérképek* irányvonalas, navigációt segítő hálózata.

3 A jelmódszer alkalmazása

A 16. század jelentős változást hozott a *térképjelek* alkalmazása terén. A tájat egységes méretarányban ábrázoló *korográfiai térképeken* egységessé válnak a jelek; a fejlődés az oldalnézeti jelektől az alaprajzi jelek felé halad. Philipp Apian (1531-1589) Ingolstadtban 1568-ban kiadott „*Bairische Landtafeln*” című munkája változatos jelekkel mutatja be az ipari és gazdasági telephelyeket, üveg-hutákat, só lepárlókat, bányákat. Ezek a jelek szolgálták alapul a későbbi tematikus térképeken használt jelmódszer kialakításához.

A korabeli korográfiai térképek felületi jeleit, amelyek általában a terep növényzettel való fedettségét (erdő, mocsár, szőlő) szemléltették, a későbbiekben átvették a tematikus térképek is a felületi elterjedést mutató objektumok ábrázolására.

A különböző típusú vonalak, amelyek a közlekedési útvonalak vagy a politikai határok jelölésére terjedtek el, szintén átkerültek a tematikus kartográfia eszköztárába. Rendelkezésre állt az atlasz- és ország térképeken már jól ismert módszer, a különböző megírások felületi jelzésként történő használata is.

Ezek a rajzi megoldások a 18. század elején már viszonylag széles körben ismertek voltak a korabeli tematikus térképeken. A *pont-, vonal- és felületjeleket* először a különféle minőségek ábrázolására használták.

A jelenségek elterjedését bemutató korai tematikus térképekre példa Gottfried Henschel 1741-es nyelvterjedési térképe, amely pontozott vonallal határolt színes felületekkel mutatja be a nyelvterületeket, az írott nyelvet pedig a legismertebb imádság, a „*Miatyánk*” első sorának a megfelelő területen elhelyezett megírása mutatja be. Magyarország területén a „*Mi Alyanc kivagy a mennyekben*” jelenik meg. Christopher Packe (1686-1749) angol orvos Kent grófságról készített 1743-ban egy tematikus, általa „*Philosophico-Chorographical-nak*” nevezett térképet, melyen az emberi keringési rendszer mintájára ábrázolta a domborzatot és a vízrajzot. A korai geológiai-geognosztikai térképezés úttörői a francia Jean Étienne Guettard (1715-1786) és Philippe Buache (1700-1773), akik mineralógiai térképeiken a felületi színezés mellett közel ötven különböző kőzet- és ásványjellet alkalmaztak. Nagyszámú jelet találunk Wilhelm Crome (1753-1833) 1782-es gazdasági térképén is, amely a későbbiekben számos térképszerkesztőnek szolgált példaként.

4 A diagrammódszer kialakulása

Bár hosszú hagyományra tekint vissza a térképeken a kisebb-nagyobb viszonyoknak jellel történő bemutatása, az értékek, azaz a mennyiségi információk összehasonlító ábrázolása azonban csak a 18. század végén, a *diagramok* szerkesztési elveinek kialakulása után vált elterjedté.

A fejlődés a *koordinátaelv* megalkotásával indult, majd az *analitikus geometria* eredményeit felhasználva a *statisztikai adatok* rajzi formában, diagramban való ábrázolásával tetőzött.

A 14. századi olasz matematikus, Nicole Oresme (kb. 1320-1382) az idő, a sebesség és a távolság fogalmainak ábrázolásához használt grafikus módszert, amelyet a térképkészítésnél már az ókorban alkalmazott földrajzi koordináta-elv mintájára alkotott meg. A modern analitikus geometria módszerét René Descartes (1596-1650) 1637-ben, Pierre Fermat (1601-1665) pedig 1679-ben kiadott könyvében mutatta be. A koordináta geometria azonban viszonylag lassan terjedt el a 17. század második felében.

A statisztikai adatok rendszeres gyűjtése és elemzése a 17. század közepén, a népeştudomány területén kezdődött. Ekkor jelentek meg az első statisztikai táblázatok a népeştgváltozással kapcsolatosan. Az úttörök között volt Edmond Halley (1656-1742) angol matematikus és csillagász is, aki halálózási statisztikával is foglalkozott, és Breslau (Wroclav) adatait táblázatos formába foglalta. A demográfiai és gazdasági területeken folyó adatgyűjtéssel lépést tartott a természettudományos statisztika is. A 17. század közepétől elterjedten használták a hő- és légnyomásmérőket, ezért nem meglepő, hogy a brit Királyi Társaság lapjában, a „*Philosophical Transactions*”-ban a következó évszázad elejétől meteorológiai táblázatok jelentek meg. A rajzi módszerek felhasználásában a statisztika területén az angol Charles Davenant (1656-1714) és William Petty (1623-1687), valamint a német Johann Peter Süssmilch (1707-1767) járt élen.

Joseph Priestly (1773-1804) a londoni „*Chart of Biography*” című 1765-ös, és a „*New Chart of History*” című 1769-es munkáiban jelentős történelmi személyek életét, születésük és elhalálózásuk időpontját egy idővonal (koordináta tengely) mentén sorrendben, fekete pálcikákkal jelenítette meg. Ezzel neki tulajdonítják a *pálcikadiagram* megalkotását.

Priestly eljárásának sikere William Playfair (1759-1823) angol közgazdász arra ösztönözte, hogy a statisztikai adatokat grafikus módszerrel, az általa „*lineal arithmetic*”-nek nevezett eljárással hasonlítsa össze. Playfair számos diagramforma megalkotójának számít, aki még a statisztika kifejezés angol nyelvű felbukkanása előtt különféle *grafikonokat, oszlop- és kördiagramokat* használt. (A statisztika fogalom 1787-ben a Londonban kiadott „*A Political Survey of the Present State of Europe*” című műben jelent meg először.) A *felületediagramok* általa kidolgozott módszerét először a Londonban 1801-ben kiadott „*The Statistical Breviary*” című művében alkalmazta. Kör- és osztott kördiagramok segítségével hasonlított össze népeştégi adatokat. Négy táblázatban vetette össze az európai államok és városok területét és népeştégét. Területarányos értékábrázolást alkalmazott, a kördiagramok méretét az ábrázolt érték nagyságokból vezette le. Playfair olyan alkotószellemű emberekkel dolgozott együtt, mint James Watt, a gőzgép feltalálója, aki egy automatikus diagramrajzó berendezést szerkesztett.

5 A mozgásvonalak módszere

Különleges nehézséget jelent, ha a térképen a térbeli és időbeli változás bemutatása a cél. A régi térképeken a mozgást érzékeltette például a világtérképeket övező kerubok szájából kifújt levegő, és a fellegek, vagy a hullámzó tenger rajza.

Az első tematikus ábrázolások között voltak a hajózást segítő térképek, melyeken a tenger és a szél mozgását *szalagszerű, mozgást kifejező jelek* szemléltették. Athanasius Kircher (1602-1680) 1665-ben Amszterdamban megjelent világtérképe, a „*Tabula geographico hydrographica motus oceanii currentes...*” a tengeráramlásokat mutatja be ilyen ábrázolással. Húsz évvel később, 1685-ben Eberhard Happel (1647-1690) „*Die Ebbe und Fluth auff einer flächen Landt Karten fürgestellt*” című térképén tűnnek fel ismét áramlásvonalak. Kircher és Happel egyaránt az irány jelzése nélkül ábrázolták a mozgást, amelynek finom vonalait rézmetszetről sokszorosították.

Halley 1686-ban a Királyi Társaság folyóiratában a passzátszelekről írt cikke mellékleteként közölte a világ első, nyomtatott meteorológiai térképét. A szélerősség és a szélirány együttes kifejezésére olyan jelkulcsot dolgozott ki, melyeken a szél felőli oldalon elvékonyodó vonalkák elrendeződése a hátszéllel haladó hajó nyomvonalát rajzolják ki. A szögtartó Mercator-vetület, amely a szélességi köröket 10°, a hosszúságot 15°-onként, vagyis egyórás időközönként tüntette fel, lehetővé tette a szélirány pontos ábrázolását.

Az óceáni áramlások tanulmányozása megélenkült a 18. század végén, főként a Golf-áramlás vizsgálata kapcsán. Benjamin Franklin 1786-ban az *American Philosophical Society* lapjában tette közé az áramlást vonalakkal és nyilakkal szemléltető térképét, amelynek bal felső sarkában egy melléktérképen a heringek vándorlását mutatta be. Ezen a kis térképen a halrajok éves vándorlásának útvonalát rajzolódik ki a sok-sok kicsiny, halformájú jelből. A vándorlás időbeli lefolyását az áramlásvonalon található római számok mutatják, amelyek a hónapokat jelölik.

6 Az izovonalak megjelenése

Az izovonalak, az azonos értékeket mutató pontokat összekötő görbék térképi megjelenése a 16. századra nyúlik vissza. A holland Pieter Bruinss 1584-ben kötötte össze először a Spaarne folyóról készített kéziratos térképén az azonos mélységű pontokat.

Az első nyomtatott *izobáttérképet* a hazánkban is működött, és a Duna-térképe által híressé vált olasz Luigi Ferdinando Marsigli (1658-1730) adta ki 1725-ben. Az ábrázolás a francia Oroszlánbölben (Golfe du Lion), egy nagyobb tengeri területen szemléltette a mélységeloszlást.

Ha a víz alatti hegyeket lehet így ábrázolni, akkor miért ne lehetne velük a víz felettieket is? Így gondolkodott a svájci Bonifas Marcellin du Carla (1738-1816), aki 1771-ben a Francia Tudományos Akadémiának tett javaslatában a módszert a tengeri és szárazföldi felszín ábrázolására egyaránt ajánlta. Du Carla ötletét Jean-Louis Dupain-Triel (1722-1805) karolta fel, és 1791-ben oktatási célból, a lejtősség szemléltetésére elkészítette Franciaország szintvonalas térképét. Térképén száz méterenként az azonos magasságú pontokat kötötte össze. Ezzel megszületett egy újabb izovonal, az *izohipsza*.

Az izovonalas ábrázolás korai alkalmazásának másik területe, a mágneses deklináció szemléltetése, szintén szorosan kötődik a tengerhez. Az iránytű használata az európai hajózásban a 12. században terjedt el, de csak később, elsősorban a hosszabb felfedezőutakon ismerték fel a deklináció jelenségét. Azt, hogy a mágnesű nem mindig mutatja pontosan a csillagászati északi irányt, hanem attól kisebb-nagyobb mértékben eltér, elhajlik.

Az elhajlás, a deklináció mértékének szemléltetésére javasolta 1536-ban a spanyol Alonso da Santa Cruz (1505-1567) az azonos deklinációjú pontok összekötését. Az első kéziratos töredék, amelyen ilyen izovonalak, *izogonok* vannak, a portugál Luis Teixeira (+1604) kb. 1585-ben készült vázlata a Csendes-óceánról.

Athanasius Kircher jezsuita tudós 1641-ben leírta egy *izogontérkép* elkészítésének módszerét, amelyet maga szándékozott elkészíteni. Talán ezt az elképzelést valósította meg a tematikus térképészet úttörője, Edmond Halley, aki 1689-ben a Paramour nevű hajó kapitányaként hajózott az Atlanti-óceánon. Az első tisztán tudományos célú hajóját feladata az volt, hogy a földi mágneses tér változásait megfigyelje. Az eredményeket 1701-ben „*A New and Correct Chart shewing the Variations of the Compass in the Western and Southern Oceans*” jelentette meg. A következő évben Halley saját megfigyeléseit gyűjtött adatokkal kiegészítve már deklinációs világtérképet adott ki. Az izogon világtérkép magyar vonatkozású érdekessége, hogy a szárazföldi területen áthaladó egyetlen vonal Magyarországon, a Duna vonalával párhuzamosan látható. A méréseket az akkor éppen itt térképező Marsigli végezhette, aki eredményeiről tudósította a Királyi Társaságot.

Halley a térképein alkalmazott izovonalakat még egyszerűen csak görbéknek (curve lines) nevezte, később azonban ezeket már „*halleyánus*”- vonalakként („*Halleyan lines*”) emlegették.

A korai geofizikai térképek közül kiemelkedik a világ első földrengéstérképe, a magyar Kitaibel Pál (1757-1817) és Tomcsányi Ádám (1755-1831) műve, amely az 1810-es móri földrengésről írt tanulmányuk mellékleteként 1814-ben jelent meg. A Karacs Ferenc (1770-1838) metszette kis térképen dőlt templomtornyok mutatják a rengések erősségét, nyilak jelzik az első lökések irányát. A térképen pontozott vonal határolja az azonos rázkódású területet (Klinghammer, 1997).

A 19. század elején Alexander von Humboldt (1769-1859), a század kiemelkedő géniusza ismer- te fel először, hogy izovonalat bármilyen folytonos jelenség ábrázolására fel lehet használni. Humboldt 1817-ben egy térképvázlatot szerkesztett „*Carte des lignes Isothermes*” címmel, melyen a Halley által a deklinációnál alkalmazott vonalak elvén az azonos hőmérsékletű helyeket kötötte össze. Humboldt nemcsak alkalmazta, hanem *izotermának* el is nevezte a vonalakat. Példája nyomán az „izo-” előtagú vonalak családja gyorsan szaporodott.

A 19. század közepére általánosan elterjedtek a térképeken az izobárok (légnyomás), az izodinamok (mágneses térerősség), az izogonok (deklináció), az izoklinek (inklináció), az izohiéták (csapadék), az izotermák (hőmérséklet), az izoszeizták (földrengéserősség).

Érdekes az Eduard Imhof (1895-1986) nyomán *pszeudoizovonalnak*, álizovonalnak nevezett görbék fejlődéstörténete.

Leon Lalanne (1811-1892) francia mérnök 1845-ben javasolta az izovonal módszer kiterjesztését a relatív értékek térképi ábrázolására is, együtt a statisztikai felszín kialakításának ötletével. Lalanne javaslatát Carl Georg Andrae (1817-1893) dán matematikus felhasználta, és tanácsai alapján Nils Friedrik Ravn (1826-1910), a dán vízrajzi szolgálat tisztje (!) 1857-ben „*Populations Kaart over det Danske Monarki*” címmel két térképet szerkesztett, amelyek az 1845-ös és az 1855-ös népsűrűséget álizovonalakkal mutatták be. Petermann tekintélyes földrajzi lapjában 1859-ben jelent meg Emil Sydow (1812-1873) tanulmánya, aki Ravn térképét is ismertetve rámutatott arra, hogy az azonos magasságokat mutató görbék mintájára a népességeloszlást szemléltető vonalak joggal nevezhetők *izoplétának*. A Sydow által a népesség ábrázolására használt álizovonal elnevezésére javasolt izopléta nevet ezután kiterjesztették minden olyan izovonalra is, amelyet nem pontos helyhez, hanem felülethez köthető adatok alapján szerkesztettek. Angol nyelvterületen ma is ezt az elnevezést használják, míg máshol az álizovonal megjelölés terjedt el.

7 A kartogrammódszer kialakulása

Az új ábrázolási módszer kialakulása a 19. század húszas éveiben szorosan összefüggött a statisztikai hivatalok felállításával, az egyetemi statisztikai oktatás fejlődésével. 1826-ban például a Monarchia hét egyetemén tanították ezt a tudományágat. A statisztikai hivatalok adatgyűjtő és feldolgozó munkája nyomán ebben az időszakban már rendelkezésre álltak az új típusú demográfiai és gazdasági adatok.

A közvélemény statisztika iránti érdeklődését élesztették a szaporodó statisztikai társaságok és folyóiratok is. Például 1837-ben alapították a *London Statistical Society* „Journal”-ját, amelyben 1841-től kezdődően rajzi ábrázolások is megjelentek. Kezdetben elsősorban népességi adatokat, de 1847-től már gazdaságiakat is bemutattak.

A statisztikában a grafikus módszer hívei elsősorban demográfiai adatokat dolgoztak fel így. Joseph Fourier (1768-1830) francia matematikus a koncentrikus görbék megalkotásával járult hozzá az ábrázolás módszertanához, Adolphe Quetelet (1796-1874) pedig 1827-től alkalmazta Belgiumban a statisztikai adatok megjelenítését szemléltetési és elemzési célokból.

A kartogramok fejlődésének kiindulási helye Franciaország, ahol a közigazgatási egységekre vonatkozó mennyiségi adatokat térképen ábrázolták. Az új módszert kezdetben „*Cartes figuratives*”-nek nevezték, a kartogram kifejezés csak az 1860-as években terjedt el, amikor már számos különböző típusát alkalmazták.

A *jelkartogramot* első ízben Charles Joseph Minard (1781-1870) alkalmazta, aki az 1830-as években kezdett intenzíven foglalkozni a gazdaságföldrajz kérdéseivel. Térképe a francia megyék hús-szállításairól a párizsi piacra 1858-ban jelent meg.

A 19. század második felére a területarányos jelek alkalmazása általánosan ismertté vált az objektumok nagyságának érzékeltetésére, főként körök és négyzetek formájában.

A statisztika tudományának térhódításával a közigazgatási egységekre vonatkozó relatív adatok, mint területi átlagértékek már rendelkezésre álltak ekkora, és ez vezetett Franciaországban a *felületkartogramok* kifejlesztéséhez.

Az első ismert példa Charles Dupin (1784-1873) francia közgazdász nevéhez fűződik, akinek felületkartogram térképe 1827-ben Párizsban jelent meg „*Carte figurative de l'instruction populaire de la France*” címmel.

Berlinben 1828-ban adták ki az „*Administrativ-statistischer Atlas vom Preussischen Staate*” című huszonnégy lapból álló művet. A népsűrűségi térképen a népsűrűséget tizenhét különféle színnel ábrázolták a sárgától a bíborig. Ez a térkép az első klasszikus értelemben vett felületkartogram, amit az angol szakirodalom „*choropleth map*”-nak nevez. Levéltári kutatások kimutatták, hogy a jeles földrajztudós, Carl Ritternek jelentős szerepe volt az atlasz létrehozásában.

Történeti adatok szerint Párizsban és Berlinben szinte egyszerre jelentek meg a felületkartogramok, amelyek kategorizált felületi árnyalatok vagy raszterek segítségével ábrázolták a relatív, azaz átlagértékeket.

Az 1830-as években a felületkartogramok szerkesztésével kapcsolatosan már felmerült a vonatkozási felület kérdése is. Korán felismerték ugyanis, hogy a nagy közigazgatási egységekre való

vonatkoztatás nem ad valóságos képet. Quetelet 1831-ben a folyamatos árnyalatok alkalmazásával keresett megoldást. További finomításokkal még 1840 előtt elkészítették az első olyan térképeket, ahol a vonatkozási felületek földrajzi tájegységek voltak. Ezeket a térképeket ma „*dazimetrikus*” térképeknek nevezik Szeremenov Tiensanszki orosz térképész nyomán, aki 1822-ben az Európai-Oroszország népszerűtérképének címében használta ezt a kifejezést.

Nagyobb méretarányú térkép az ír Henry Drury Harness (1804-1883) munkája, aki 1838-ban Dublinban írt tanulmányához mellékelt atlaszában közölte az Írország népsűrűségét *dazimetrikus* módszerrel bemutató, akvatinta eljárással sokszorosított térképét. A módszert August Peterman is alkalmazta a Londonban 1848-ban litografált „*Cholera Map of the British Isles*” című térképén, és az 1849-es rézmetszésű, akvatinta-eljárással és kézi festéssel készült Brit-szigetek népsűrűségi térképén.

A 19. század közepétől a felületkartogram számtalan változatát ismerték és alkalmazták.

A mennyiségi értékek vonal mentén történő mozgásának *szalagkartogram* alakban való bemutatása szorosan kapcsolódik a 19. század eleji vasútépítési lázhoz, és a vasúti közlekedés rohamos terjedéséhez. A vonal mentén elmozduló érték nagyságának a szalag szélességével való ábrázolását azonban még a 19. század közepe előtt kiterjesztették más közlekedési eszközök és utak rajzi megjelenítésére is.

A világ első szalagkartogram-térképét, korát messze megelőzően, a magyar Miletz Imre készítette 1773-ban a Magyar Királyság só szállítási útvonalairól. A térképen lázható jelek a sóhivatalokat, sólerakatokat, sóbányákat mutatják; a feltűnő, vörös vonalak a só szállítási útvonalait szemléltetik. Érdekes módon a szárazföldi szállításnál a kiindulási és célállomást egyenes vonalak kötik össze, míg a folyami szállításnál a vízfolyásokkal párhuzamosan kanyarognak a szállítási útvonalakat jelölő vonalak. A térkép igazi értéke azonban az, hogy a vonalak egységnyi szállított tömeget is jelentenek, tehát mennyiséget fejeznek ki. Több párhuzamos vonal segítségével többszörös mennyiségek is kifejezhetők.

Az első nyomtatott szalagkartogramok Harness vasútépítési jelentésének mellékletében jelentek meg. Harness az értékekkel arányosan vastagodó vonalakat tervezett, de a sokszorosítás során a rézmetszetes technikának jobban megfelelő megoldást választottak: párhuzamos vonalakkal rakták össze a megfelelő szélességű sávokat – hasonlóan Miletz kéziratos szalagkartogramjához. A szintén vasúti területen dolgozó belga mérnök, Alphonse Belpaire (1817-1854) az 1840-es évek közepén három nagyméretű lapon szalagkartogramokat szerkesztett, melyeken a közúti, vízi és vasúti közlekedés nagyságát az egy közlekedési egységnek megfelelő mérték, fél milliméter szélesség alapján számolta ki.

Harness és Belpaire munkáit azonban minden szempontból felülmúlta a francia Minard, aki 1845 és 1869 között ötvenegy tematikus térképet készített. Minard legtöbb ábrázolása a közlekedés és szállítás adatait mutatta be, a brit szénexporttól a francia teheráru forgalmon keresztül az európai vasutak személyszállításáig. A „*carte figurative et approximative*”-nek nevezett szalagkartogram-térképein a mennyiségi és minőségi információk megjelenítésére különböző szélességű, sokszor színes szalagokat használt.

A Franciaországban népszerű módszert Európa más országaiban alig használták, és a 19. század második felére szinte teljesen elfeledték az eljárást.

8 A pontszórás-térképek fejlődése

Az abszolút értékek *egységet* vagy *kategorizált értékegységet jelentő pontokkal* történő ábrázolása a tematikus térképeken egyértelműen visszavezethető a viszonylag nagy méretarányú térképeken alkalmazott jel módszerre.

Példaként szolgálnak azok a 18. század utolsó harmadától a 19. század közepéig megjelenő várostérképek, amelyeken a sárgaláz vagy a kolera fellépését szemléltetik. Az egyik legismertebb mű az angol orvos, John Snow 1855-ös munkája, amelynek segítségével a szerző egyértelmű kapcsolatot mutatott ki a kolera-megbetegedések és egy londoni közútából származó ivóvíz között. Snow térképe talán az első eset a tematikus kartográfiában, amikor térkép nem szemléltető-, hanem kutatóeszközként működött, hiszen segítségével megtalálhatták a fertőzések forrását.

Frère de Montizon 1830-as franciaországi népsűrűségtérképe az első kisméretarányú pontszórás-térkép. A megyék lakosságát abszolút értékben, értékegység pontok segítségével (1 pont = 10 ezer fő) mutatja be; a pontokat a szerző az adott felületen rendszertelenül elszórva rajzolta meg.

August Petermann 1857-ben készítette el Erdély népsűrűségi térképét, amely a kor tekintélyes földrajzi lapjában, a „*Petermann's Geographische Mitteilungen*”-ben litografálva jelent meg.


Petermann nem alkalmazott igazi értékegység pontokat, ezért az első valódi pontszórás-térképként a szakirodalom a svéd Thure Alexander von Mentzer 1859-es munkáját tartja számon, amely a Skandináv-félsziget népességét ábrázolja.

Hivatkozások

- Klinghammer I, Papp-Váry Á** (1974): A tematikus kartográfia alapelvei. OFTH Térképészeti közlemények, Budapest, 168.
- Klinghammer I** (1991): A kartográfia kialakulása napjainkig (Tudománytörténeti áttekintés a kezdetektől a digitális tematikus térképek szerkesztéséig). ELTE-MTA, Budapest, Doktori értekezés, 99.
- Klinghammer I** (1997): A magyar térképészet Lázár deáktól napjainkig. Magyar Tudomány, XLII, 9. 1037-1056.

KAPCSOLATOK A TÉRINFORMATIKÁBAN

*Barsi Árpád**

 **Relationships in geoinformatics** – *It's easy to recognize, that there's a relation network among geoinformational system components, data, data elements, operations on data and the analyzing person as well. The paper aims to bring some relevant examples.*

Keywords: relationships, relations, graphs

A térinformatika tudományában könnyen megfigyelhető, hogy a rendszer komponensei, adatai, azok elemei, az adatokon végzett műveletek, valamint az azokat elvégző személyek között kapcsolatok hálója figyelhető meg. Ennek a megfigyelésnek az alátámasztására cikkemben összegyűjtöttem néhány igen jellemző.

Kulcsszavak: kapcsolatok, relációk, gráfok

1 Bevezetés

A térinformatikában mára egészen sokféle objektummal, azok feldolgozására szolgáló eszközzel lehet találkozni. Jól megfigyelhető, hogy ezek az objektumok, az objektumok adatmodelljei vagy az objektumok feldolgozására kidolgozott műveletek a kapcsolatokon keresztül is megtapasztalhatók. Jelen dolgozatban arra vállalkozom, hogy ennek a kapcsolatrendszernek a sokrétűségét mutassam be.

2 Az első kapcsolat: a topológia

A térinformatikai rendszerekben az alapot jelentő objektumok geometriai tulajdonságai mellett nagyon fontos beszélni a különböző transzformációk során nem változó (invariáns) jellemzőkről. A topológiának nevezett tulajdonsághalmaz szigorú szabályok szerint szerveződik, meglétét illetve létrehozását számos elemző műveletnek köszönhetjük. A vektoros adatmodell három elemtípusa a pont, a vonal és a felület. E három típusra gondosan egymásra épülő topológiák támaszkodnak.

A topológiai tulajdonságokat és kapcsolatokat leggyakrabban táblázatos formában tárolják. A topológiai táblák szervezésének köszönhetően ennek a reprezentációnak gyakorlatilag fizikai megvalósítástól független változatai lehetségesek, melyeket a konkrét adatbáziskezelő szoftverek például relációs adatbáziselemekként hozhatnak létre, kezelhetnek, elemezhetnek.

A ponttopológia leírása meglehetősen egyszerű: egyedi pontazonosítók hozzárendelése szükséges minden adatbázisban szereplő ponthoz. Ezen azonosítón keresztül lehet az attribútumokhoz hozzálinkelni a geometriát vagy használni később további topológiákban.

A vonaltopológia a következő eset. Ekkor a vonalak lehetnek összetettek is, de lényeges, hogy a kezdő- és végpont azonosítói szerepeljenek. Lényeges a sorrend, vagyis az irány. Gyakran a vonalak topológiájának tárolásakor a bal és jobb oldali felületek azonosítóit is tárolják. Ez több elemzést tesz lehetővé, vagy csökkenti jelentősen a vizsgálat idejét. Amennyiben a vonalak összetett objektumok, tehát több szegmensből állnak, a korrekt topológiával a logikai kapcsolat létrejön, így például legrövidebb út tervezhető a kezdő- és végpontok felhasználásával, a navigáció során pedig az összes tárolt töréspont (szegmensvégpont) használható a pillanatnyi helyzet meghatározásához.

A poligontopológia a felületek leírására szolgáló változat. Tartalmazza az azonosítón túl a határoló vonalak azonosítóit, szintén meghatározott sorrendben, valamint ennek az irányítottságnak megfelelően a balra és jobbra – esetenként a kifelé és befelé eső felületek azonosítóit. Ennek a topológiának köszönhetően például a szomszédos felületek válogathatók ki egyszerűen.

A topológiai műveletek segítségével az objektumok egymáshoz viszonyított helyzete tanulmányozható, többek között a pont a poligonban, pont a vonalon, poligon a poligonban, vonal a poligonban, de akár a pont a ponton, vonal a vonalon, vagy poligon szomszédai, poligonok uniója és

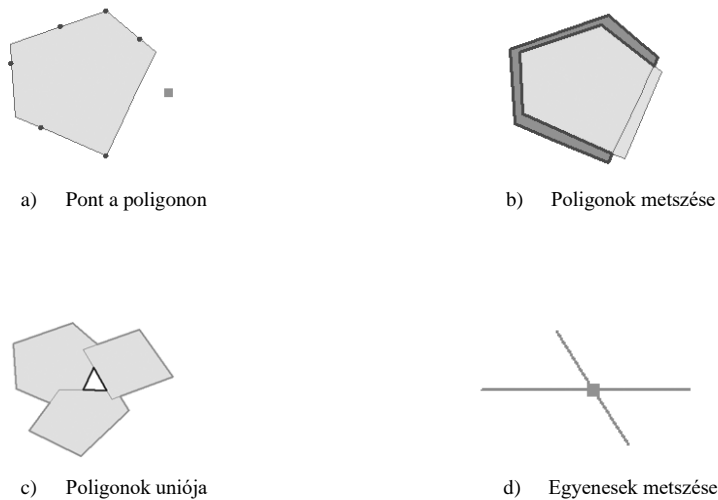
metszete. A teljes felsorolás meglehetősen hosszú lenne, így ettől jelen tanulmányban eltekintek. Példaként azonban bemutatok néhány lehetőséget az 1. ábrán (ESRI Help).

3 A második kapcsolat: az adatmodell

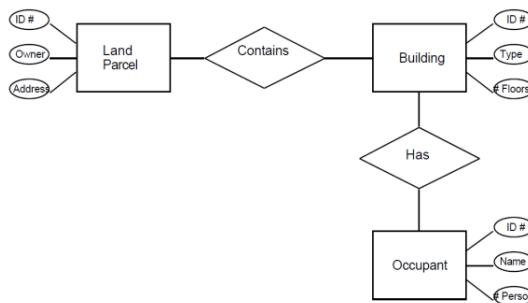
A térinformatika logikai modelljének kialakításakor az objektumok közötti relációk megállapítása és rögzítése is szükséges. Ekkor igen hasznos megoldás az egyed-kapcsolat modell (Entity Relationship Model – ERM) felállítása. Ennek szerepe a pontos modellezésben lényeges, mivel az azt követő tervezésben pontos képet lehet kapni a tárolandó elemekről, valamint az azok közötti viszonyokról.

Az egyedek közötti kapcsolatok a térinformatikában alapvetően háromfélék, úgy mint 1:1 (pl. országok-fővárosok), 1:n (pl. megyék-városok) és n:m (pl. ügyfelek-szolgáltatások). A bonyolultabb esetekre készített ERM diagramra mutat jó példát Calkins (1996), aki a kataszteri rendszerben a földrészlet-épület-tulajdonos kapcsolatot mutatja be.

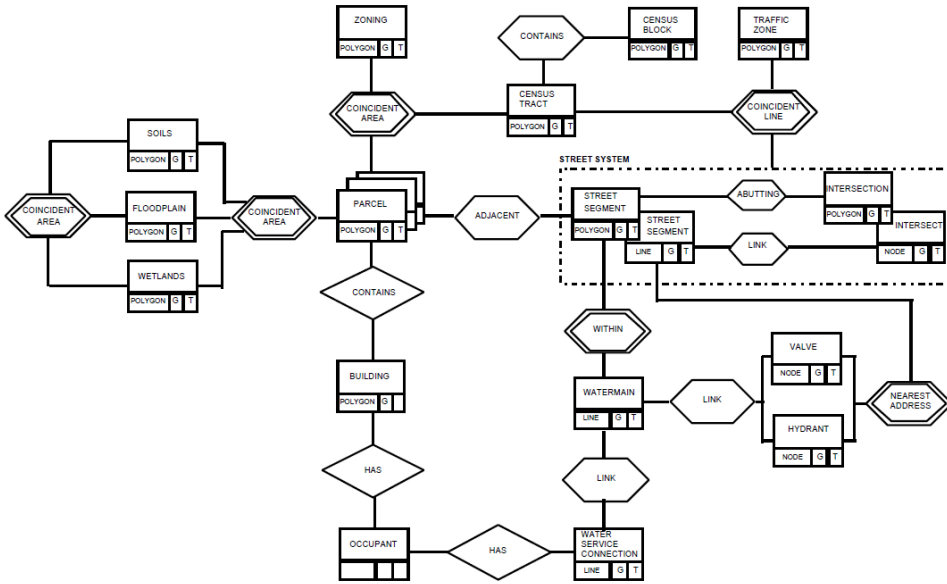
A fentiekhez hasonló, de jóval komplexebb példát mutat be az önkormányzatok működésében is (3. ábra).



1.ábra. Topológiai vizsgálatok különböző objektumokkal (ESRI Desktop Help)



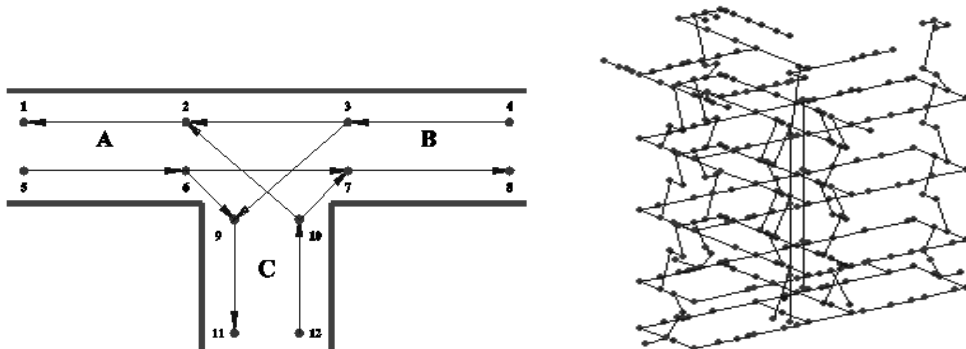
2.ábra. Kataszteri példa az objektumok közötti relációra



3. ábra. Az önkormányzati működés E-R diagramja

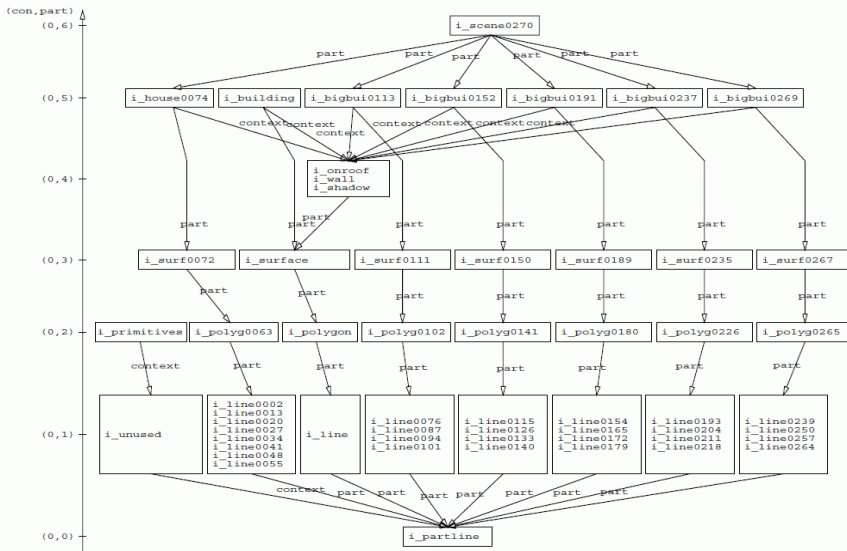
Az adatmodellek egyik elterjedt változata a vonalas vagy hálózatos létesítmények tárolására hivatott. A közúthálózatot szinte mindenki ilyen esetnek tekinti. A kétdimenziós úthálózat (4a ábra) mellett hasonló elvek követésével háromdimenziós úthálózat is létesíthető, például épületen belüli folyosószerkezetekkel (4b ábra). A gráfot alkotó pontokat a köztük definiált él "kapcsolja" össze. A tudományos dolgozat minimálisan három fő részből áll.

Az adatmodell időnként egészen összetett lehet, ahol lényeges elemnek számítanak az objektumok közötti viszonyok. Összetett létesítményeket, természetes vagy mesterséges képződményeket már kissé bonyolultabb kapcsolatrendszerrel lehet leírni. Ennek a leírásnak kiemelkedő a szerepe, ha a képződményt automatikus eljárással kívánjuk meghatározni. Jó példa erre az esetre a légifényképek „intelligens” kiértékelésével, az ún. számítógépes látással levezetett szemantikus modell épületeket, utakat, parkokat stb. tartalmazó képjelenetekre (Quint 1995). Az 5. ábrán egy német kisváros légifényképének felhasználásával nyert automatikus szemantikus hálózat részlete látható, amelyen jól kivehetők az objektumszintek, valamint a kapcsolataikon keresztül látható a bonyolult összefüggések sokasága.



a) 2D-s gráf közötti kereszteződésnél b) 3D-s gráf épületen belül

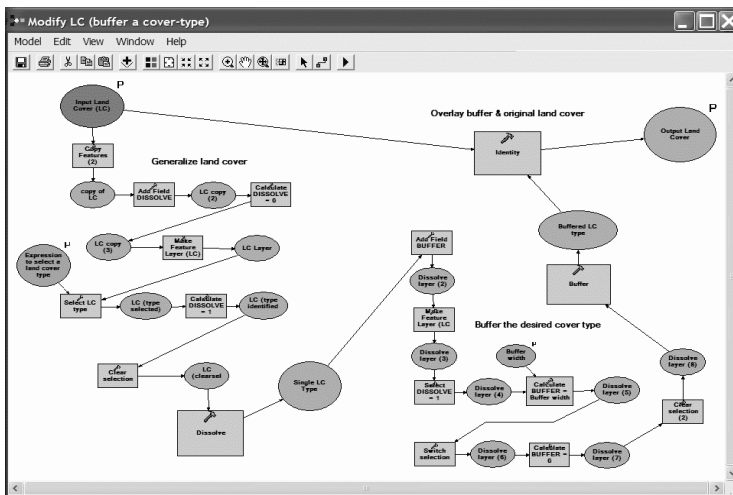
4. ábra. A gráfmodell 2 és 3 dimenziós reprezentációja



5. ábra. Légitényképre illesztett szemantikus hálózat (részlet) (Quint 1995)

4 A harmadik kapcsolat: a műveletek

Szokás a térinformatikai rendszereket megkülönböztetni a rajzoló, térképező rendszerektől. Főként az elemzéssel nyert új információ előállítását hangsúlyozzuk. A mai megoldásokban már szerencsére nem parancsokat és hozzájuk kötődő szigorú szintaxisokat kell elsajátítani annak, aki elemzésre adja a fejét, hanem a műveleteket egy folyamat részének, ha tetszik egy folyamatábrára egy „kockájának” tekintheti. A korszerű GIS-rendszerek az elemzéseket valamilyen folyamatmodellező környezettel végzik. Erre igyekszik példát mutatni a 6. ábra, amelyen egy vegetációs vizsgálatban a felszínborítottság és puffergenerálás műveletekre támaszkodó elemzés folyamatmodellje látható. Az első rész a bevezetés, amely röviden összefoglalja a vizsgált szakterületen a tudomány jelenlegi állását, felvázolja a dolgozatban bemutatásra kerülő új módszereket és vizsgálatokat, valamint bemutatja a téma tárgyalásának szerkezetét.



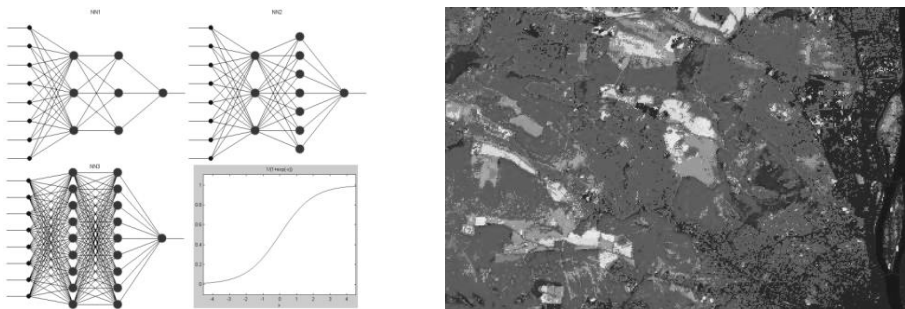
6. ábra. Elemző műveletek folyamatábrája (kapcsolt műveletek) (ArcGIS 9.2 Desktop Help)

Ugyanilyen szerkezetben mára már integrált szakértői rendszer-képességekkel is lehet a térinformatikában találkozni. A megoldás gyakorlati hasznát aligha kell ecsetelni: jóval gyorsabb az eljárásfejlesztés, a szakértők által előállított módszer kevésbé hozzáértők számára is elérhető és használható, valamint a módszerekkel hierarchikus, fokozatosan egyre bonyolultabb és pontosabb valóságmodellezés valósítható meg.

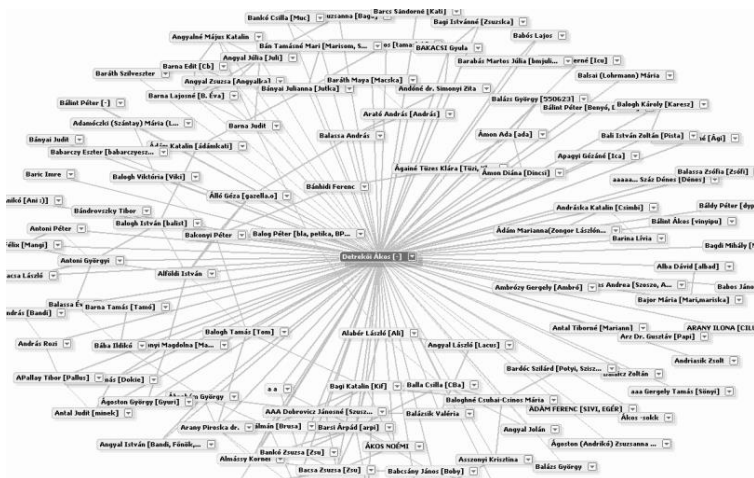
A mesterséges intelligencia világából átvett, a GIS-ben is használt neurális hálózatok a leg-több kapcsolatot tartalmazó eszközök. A számítást végző neuronok között tanulóval paraméterezett kapcsolatok jönnek létre, melyek erejének kihasználásával a neurális hálózat képes többek között osztályozási, approximációs, interpolációs, vagy függvénybecslő feladatot is ellátni. A 7. ábra néhány neurális hálózatszerkezetet és egy hálózattal digitális ürfelvételelől készített felszínborítottsági térképet mutat be.

5 A negyedik kapcsolat: a személyi kapcsolatok

A térinformatika tudománya sem művelhető megfelelő képzettség és szervezeti háttér nélkül. Cik kem utolsó fejezetében szeretnék Detrekői Ákos professzor úr személyén keresztül példát mutatni arra, hogy a szakma művelőinek milyen kiterjedt személyi kapcsolatai lehetnek, s ezek a kapcsolatok hasonlóan a korábbiakhoz leírhatók, vizsgálhatók. Az utolsó ábrán a professzor úr A és B betűvel kezdődő iWiW-es ismerőseinek kapcsolati hálóját lehet látni. Az ábra érdekessége, hogy a központban álló professzor úron kívül kisebb csomósodási helyek is felismerni vélhetők. Az emberi kapcsolatok ismerete nem nélkülözhető tehát ennek az alapvetően műszaki-természettudományos diszciplínának művelése során sem!



7. ábra. Neurális hálózatszerkezetek és eredmény neurális osztályozóval



8. ábra. Ismerősi háló Detrekői Ákos professzor úr A-B betűs ismerőseire

6 Összefoglalás

Cikkemben kísérletet tettem arra, hogy bemutassam a térinformatikában milyen gyakran figyelhető meg elemek, objektumok, műveletek és emberek között matematikailag is jól leírható kapcsolatrendszer. Ennek a közös vonásnak szinte mindegyike akár gráfnak is tekinthető, így a gráfelmélet módszerein keresztül vizsgálódási eszközöket kapunk a kezünkbe. Ha arra gondolunk, hogy a nem is sejtett társadalmi kapcsolatok is kitapinthatók a gráfokon végzett megfigyelésekkel, akkor megállapíthatjuk, hogy a térinformatika további fejlődésében is várhatunk számos újdonságot a fenti kapcsolatok tanulmányozásától.

Hivatkozások

Calkins H W (1996): Entity-relationship modeling of spatial data for Geographic Information Systems, State University of New York at Buffalo.

Detrekői Á, Szabó Gy (2002): Térinformatika, Nemzeti Tankönyvkiadó.

ESRI ArcGIS 9.2 Desktop Help

LÉZERSZKENNELÉS AZ ÉPÍTŐMÉRNÖKI GYAKORLATBAN

Lovas Tamás*



Laser Scanning in Civil Engineering – Laser scanning, as cutting edge remote sensing technology has been more intensively used worldwide in the last decade, even in Hungary in the last couple of years. The paper discusses the technology's position in the field of geodesy and remote sensing through the analysis of the reasons and motivation factors of its development. In addition to the comparative analysis of laser scanning and the competitive technologies, the paper presents civil engineering applications and the experiments of the Department of Photogrammetry and Geoinformatics, BME. The summarizing study includes future perspectives and analysis of laser scanning's Hungarian position.

Keywords: laser scanning, industrial geodesy, remote sensing

A lézerszkennelés, mint modern távérzékelési technológia, az elmúlt évtizedben terjedt el a világban és az utóbbi években jelentősebb térnyerése Magyarországon is megfigyelhető. A cikk a technológia elhelyezését a geodézia és távérzékelés világában az elterjedést kiváltó és az azt felgyorsító okok tárgyalásával vezeti be. A légi és földi lézerszkennelés hasonló technológiákkal való összevetése mellett a cikk tárgyalja az építőmérnöki alkalmazásokat hazai példák említésével, a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék lézerszkennelési tapasztalatainak ismertetésével. Az összefoglaló jellegű tanulmány jövőbeni kitekintéssel, a hazai helyzet elemzésével zárul.

Kulcsszavak: lézerszkennelés, mérnökgeodézia, távérzékelés

1 Bevezetés

A lézerszkennelés kifejezéssel a 90-es években találkozhattunk egyre gyakrabban, akkoriban még csak folyóiratokban, tudományos konferenciákon. A technológia fejlődése az ezredforduló környékén gyorsult fel, részben technológiai, részben alkalmazás-oldali okok miatt. A műszerek elérhetősége miatt természetesen hazánkban is a földi lézerszkennelés terjed nagyobb ütemben, de szerencsére számos légi lézerszkenneléses felmérés is megvalósult már itthon.

A technológia alkalmazási területeinek értékeléséhez szükséges más technológiákkal való összevetése, az előnyök és hátrányok számbavétele. Jelen tanulmányban a technológia értékelése mellett olyan építőmérnöki alkalmazásokat mutatok be, amely területeken a lézerszkennelés már bizonyította létjogosultságát.

2 Történeti áttekintés

Az első légi lézerszkenneléses kísérletekre még a 70-es években került sor, ekkor azonban csak egy-soros érzékelés történt; sem a felbontás, sem a pontosság nem vethető össze a mai rendszerekével. A technológia széles körű elterjedésére a 90-es évekig várni kellett, melynek 3 fő oka volt:

- a direkt hely és helyzet-meghatározás pontosságának növekedése,
- a technológiai fejlődés,
- a felvevő piac

A GPS és DGPS technológia elérhetősége, pontosságának javulása, valamint a nagy pontosságú helyzet-meghatározáshoz szükséges inerciális mérőberendezések elérhetővé válása tette lehetővé a lézerszkenneléshez szükséges direkt tájékozást. A szkennelés finommechanikai pontosságú alkotórészei, elektronikája és vezérlése a technológiai fejlődésnek köszönhetően váltak elérhetővé; mint számos műszaki területen, a szenzorárak egyre jobb teljesítmény mellett itt is csökkenő tendenciát mutatnak. Azonban a fejlődés, a javuló teljesítmény önmagában nem elég a technológia elterjedésé-

hez, szükség van megrendelésre, felvevőpiacra. A 90-es évek közepén a mobil-kommunikációs iparágnak nagy pontosságú 3 dimenziós városmodellekre (felszínmodellre) volt szüksége antennáik hatékony elhelyezéséhez. A lézerszkennelés önmagában, más technológiákhoz képest egyszerű utófeldolgozással alkalmas nagy pontosságú felszínmodell gyors előállítására, így ez szép példa arra, hogyan profitálhat a távérzékelés más ipari ágazatok igényeiből.

A technológia elterjedése azonban csak az ezredforduló után gyorsult fel. A kutatóknak pár évre volt szükségük, míg a technológia elérhetősége után „leszállíthaták” a hatékony, gyakorlatban is széles körben alkalmazható feldolgozó algoritmusokat. Hasonlóan a marketingeseknek is szükségük volt pár évre, míg meggyőzhették a döntéshozókat, profitorientált cégeket a technológia képességeiről, alkalmazhatóságáról.

A nagy-pontosságú hely és helyzet-meghatározás a földi lézerszkennelésben is új alkalmazási területeket nyitott meg. A nagy mérési frekvenciával üzemelő inerciális mérőberendezésekkel lehetővé vált a szkennerek mobil platformra (pl. személyautó) való felszerelése és mobil térképező-rendszer építése. Ilyen berendezéssel nagy pontosságú háromdimenziós utcamodellek készíthetők, melyek láthatósági vizsgálatokhoz, városépítészeti alkalmazásokhoz vagy akár áramlástan vizsgálatokhoz szolgáltathatnak adatot (1. ábra).

3 Technológia - összehasonlítás

A légi lézerszkennelés technológia alapjainak ismertetéséről számos publikáció jelent meg hazai folyóiratokban is (Barsi et al. 2003). Cikkemben a technológiát nem abszolút értelemben, hanem összehasonlító elemzésen keresztül kívánom értékelni. A lézerszkennelést alapvető technológiai különbségeik ellenére leggyakrabban a fotogrammetriával hasonlítják össze. Kézenfekvőnek tűnne más aktív távérzékelési technológiával, pl. a radarral való összevetés, azonban ha az alkalmazások oldaláról közelítjük meg a kérdést, mégis a fotogrammetria az ésszerű választás.

A legalapvetőbb különbség a végtermék jellegében mutatkozik meg: a fotogrammetria képeivel szemben a lézerszkennelés terméke a pontfelhő. Az egyes pontokhoz a koordinátákon kívül visszaverődés (intenzitás) értékek is rögzíthetők, melyek indirekt módon az anyagra, felületi jellegre utalnak (2. ábra).



1. ábra. Utca felmérés pontfelhője (hds.leica-geosystems.com)

A hordozó platform a tárgyalt esetekben jellemzően repülőgép vagy helikopter, melyek nagy üzemeltetési költségei miatt egy felmérés alatt célszerű minél több szenzor alkalmazásával változatos adatokat gyűjteni. A mai trend szerint légi lézerszkennelések során rendszerint fényképek is készülnek, melyeket aztán egyesíteni lehet a lézerszkennelt pontfelhőkkel (data fusion), ilyen módon intenzitás értékekkel ellátni a pontokat.

A felmérési körülmények tekintetében gyakorlatilag nincs különbség, hasonló méretű és kialakítású repülőgépre van szükség, valamint a láthatósági, időjárási feltételek is hasonlóak.

Alkalmazásoldali megközelítésben már lényegesebbek a különbségek. A lézerszkennelés aktív technológiaként nem igényel a feldolgozás során azonosítható pontokat, így kiválóan alkalmas homogén textúrájú területek (pl. hómező, sivatag, tengerpart) felmérésére. A nem teljesen záródó növényzet esetén a lézersugár behatolása és a többszörös visszaverődések rögzítésének lehetősége révén a különböző növényzeti kategóriák és a talajszint elkülönítése is megoldható. A képi ábrázolással ellentétben azonban a törésvonalak, élek meghatározása csak közvetett módon, modellezéssel lehetséges.

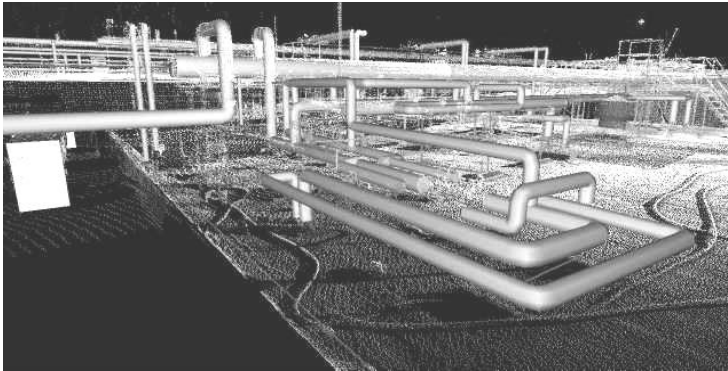
A fentiekből is látható, hogy a két technológia nincs teljes átfedésben az alkalmazások oldaláról tekintve, számos esetben pedig remekül kiegészíthetik egymást.

A földi lézerszkennelés esetében a szakmai fórumokon nem tapasztalható a légihez hasonló verseny, összehasonlítási kényszer a hagyományos technológiákkal. Alapjait tekintve a légihez hasonló különbségek figyelhetők meg a földi eljárásokhoz képest: egy álláspontból nagy hatótávon belül, nagy mennyiségű, nagy pontsűrűségű pontfelhő gyűjtése a diszkrét pontokban végzett, általában nagyobb pontosságot biztosító hagyományos eljárásokkal szemben. A földi geodéziai feladatok biztosította szélesebb alkalmazási területek körében a lézerszkennelés megtalálja a saját területeit. Megközelíthetetlen vagy korlátozottan megközelíthető helyek (pl. homlokzatok, csarnokok), nagyon komplex létesítmények felmérése (pl. bonyolult gépészettel rendelkező üzemek, gyárak), vagy rövid idő alatt nagy mennyiségű pont gyűjtésének igénye (pl. korlátozottan lezárható külszíni fejtések, turisták által látogatott épületek) (3. ábra) esetén a földi lézerszkennelés hatékonyan alkalmazható.

Mind a földi, mind a légi lézerszkennelés esetében a legjellemzőbb felmérési paraméterek tekintetében csökkenő ütemben, de folytatódik a fejlődés. Nagyobb kibocsátási és szkennelési frekvenciával, teljes hullámhosszú felmérés alkalmazásával növelhető a pontsűrűség, pontosság, többszörös visszaverődések felvételének száma, melyek mind a technológia versenyképességét növelik.



2. ábra. Légi lézerszkennelt pontfelhő intenzitás-ábrája



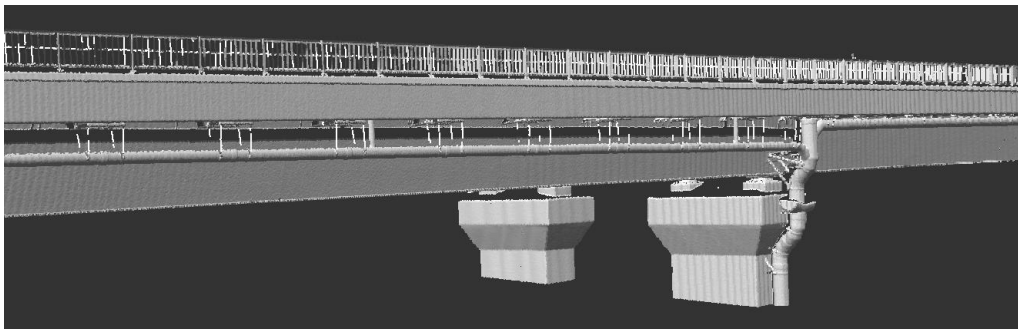
3. ábra. Földi lézerszkennelt pontfelhő (excel2bim.com)

A magas szenzorárak és karbantartási költségek miatt légi lézerszkennelést még világszerte viszonylag kevés cég, intézmény rendelkezik. Magyarországon 1999 óta több mint 10 légi lézerszkennelés történt. Földi lézerszkennelést több intézmény és cég rendelkezik itthon, változatos alkalmazási területeken használják műszereiket.

4 Lézerszkennelés építőmérnöki jellegű alkalmazásai

A légi lézerszkennelés építőmérnöki alkalmazásai közül kiemelendők a vízügyi alkalmazások, hiszen a technológia kiválóan alkalmas gyors felszín és domborzatmodell előállítására egy adott területről. Út és vasútépítésnél előzetes topográfiai felmérés és megvalósulási terv is elkészíthető ráadásul a sáv-szerű térképezési tartomány miatt itt nagyobb útszakaszokon akár a gazdasági szempontok is a légi lézerszkennelés irányába billenthetik a mérleg nyelvét. A geodézia általában más iparágakat, kutatási területeket szolgál ki, így a nagy pontosságú városmodellek, növényzet-állapot felmérések, domborzatmodellek előállításával számos egyéb mérnöki alkalmazás támogatható.

Földi lézerszkennelés tipikus alkalmazásai közé sorolhatóak az építészeti jellegű felmérések, pl. homlokzatfelmérés, épületek belső tereinek építészeti felmérése. A technológia sajátosságai miatt alkalmazzák előszeretettel részletgazdag felmérést igénylő, komplex objektumok felvételére, pl. régészeti alkalmazás, bonyolult gépészeti rendszerek felmérése. A szerkezetes építőmérnöki alkalmazások között említendő az épületek, hidak, egyéb mérnöki létesítmények és műtárgyak építés közbeni és megvalósulási állapotfelmérése, minőségellenőrzése. A szkennerek fejlődésével (pl. pontosság, hatótáv növelése) és a képi adat-nyeréssel való kiegészítéssel az alkalmazási területek folyamatosan szélesednek (Lovas és Barsi, 2005) (4. ábra).



4. ábra. Földi lézerszkennelés építőmérnöki alkalmazása: Széchenyi völgyhíd

5 A Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék lézerszkennelési tapasztalatai

A Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék mind a légi, mind a földi lézerszkennelés területén rendelkezik tapasztalatokkal. 2001-ben, amerikai együtműködésnek köszönhetően, az USA-ban készült, hozzávetőlegesen 1 pont/m² sűrűségű légi lézerszkennelt pontfelhő feldolgozásában vettünk részt. Sávos térképezés (corridor mapping) keretében egy autópályát és környezetét mérték fel, feladatunk volt az autópályán haladó járművek fél-automatikus leválogatása (szegmentálás) és automatikus módszerrel a leválogatott járművek osztályozása (Toth et al. 2003).

Földi lézerszkenneléssel később, 2003-ban, ám annál nagyobb aktivitással kezdtük el foglalkozni. A tanszéken készült diplomatervek, munkák kapcsán végzett felmérések, vizsgálatok a következők voltak (Berényi és Lovas 2009, Lovas et al. 2009a):

- 2004: jármű-profilok felmérése földi lézerszkenneléssel
- 2005: MTA homlokzati felmérése
- 2005: acéllemez deformációjának mérése
- 2005: személyautó felmérése, modellezése
- 2006: Pannonhalmi Főapátság bazilikájának építészeti felmérése
- 2007: Dunajvárosi Pentele híd felmérése, modellezése
- 2007: Dunajvárosi Pentele híd próbaterhelésének lézerszkennelése
- 2007: lézerszkennelt pontfelhő automatikus szegmentálása
- 2007: acél keretszerkezet deformáció mérése
- 2008: Megyeri híd próbaterhelésének lézerszkennelése
- 2008: Szabadság híd próbaterhelésének lézerszkennelése
- 2009: Erzsébet híd állapotfelmérése és modellezése hőhatás-vizsgálat céljából
- 2009: lézerszkennő komplex laboratóriumi vizsgálata
- 2010: Szebényi M6 völgyhíd próbaterhelésének lézerszkennelése (Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatika Karával együtműködésben) (4. ábra)

Kiemelkedő kutatási területünk a földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai alkalmazhatóságának vizsgálata. A feladatot két oldalról közelítjük meg: az alkalmazásoldali megközelítésben hagyományos, szélső pontosságú geodéziai mérésekkel referált adatsorokat elemzünk (hídmérések, laboratóriumi deformáció mérések) (5. ábra). A másik megközelítés szerint a lézerszkennő független, laboratóriumi vizsgálatával hitelesítjük a 3 dimenziós pontosságát, vizsgáljuk visszaverési tulajdonságait különböző anyagok és színek esetén, visszaverési potenciált különböző beesési szögek esetén (Berényi et al. 2009, Lovas et al. 2009b).



5. ábra. Szebényi M6 autópálya völgyhíd próbaterhelésének lézerszkennelése

A tanszék 2004 óta indítja a Lézerszkennelés című tárgyát, mely 2010-ben a BSc képzésben is elindult. A tárgy keretein belül fele-fele arányban foglalkozunk a légi és földi lézerszkennelés felmérési elveinek, mérési módszereinek, műszeres megoldásainak, feldolgozási lehetőségeinek tárgyalásával, valamint földi lézerszkennelési műszerbemutatóval próbáljuk a hallgatókhoz minél közelebb hozni ezt a naprakész felmérési technológiát. A gyakorlatokon a hallgatók légi és földi lézerszkennelt adatokkal dolgoznak, konkrét projekt-feladat jelleggel.

A Tanszék további vizsgálatok elvégzésére készül ipari partnereivel és oktatási intézményekkel való együttműködésben.

6 Összefoglalás

A légi lézerszkennelés kiválóan alkalmas nagy tömegű, gyors, pontos térbeli adatgyűjtésre. A technológia fejlődésének iránya magában foglalja a képi adatnyeréssel való párhuzamos alkalmazást és együttes feldolgozást, melynek eredményeként rendkívül széles körű alkalmazási terület lefedésére nyílik lehetőség.

A földi lézerszkennelés a jellemző, a technológia sajátosságait remekül kihasználó alkalmazásokon kívül kiegészítő felmérési módszerként alkalmazható számos építőmérnöki jellegű feladatban (pl. szerkezetek állapotfelmérése, deformáció mérések).

A technológia hazai elterjedése és népszerűsítése érdekében fontos a cégekkel, oktatási és kutatási intézményekkel való együttműködés. Jelenleg a technológiai fejlődés azon a szakaszánál tartunk, amikor az adat drága, és még kutatási célra is nehéz megfelelő adatsort beszerezni vagy biztosítani. Együttműködéssel ez a probléma nagyban csökkenthető és talán az is biztosítható lesz, hogy az oktatás szintjén is komolyan foglalkozzunk mind a felmérések tervezésével, végrehajtásával, mind pedig az alkalmazásfüggő feldolgozással.

Hivatkozások

- Toth C, Barsi Á, Lovas T** (2003): Vehicle Recognition from LiDAR Data. Drezda, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXXIV, 162-166.
- Barsi Á, Detrekői Á, Lovas T, Tóvári D** (2003): Adatgyűjtés légi lézerletpogatóval. Budapest, Geodézia és Kartográfia LV, 10-17.
- Lovas T, Barsi Á** (2005): Lehetőségek a földi lézeres felmérésben. Sopron, Geomatikai Közlemények VIII, 303-308.
- Berényi A, Lovas T** (2009): Laserscanning in Deformation Measurements. GIM International 23, 17-21.
- Berényi A, Lovas T, Barsi Á, Dunai L** (2009): Potential of Terrestrial Laserscanning in Load Test Measurements of ridges, Periodica Polytechnica-Civil Engineering 53, 25-33.
- Lovas T, Berényi A, Barsi Á** (2009a): A Megyeri híd terhelésvizsgálatának támogatása földi lézerszkenneléssel, Budapest. Geodézia és Kartográfia LXI, 20-26.
- Lovas T, Berényi A, Barsi Á, Dunai L** (2009b): Földi lézerszkennerek alkalmazhatósága mérnöki szerkezetek deformáció mérésében. Sopron, Geomatikai Közlemények X, 281-290.

FÖLDI LÉZERSZKENNER LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA

Berényi Attila*



Laboratory test of terrestrial laser scanner – Terrestrial laser scanning becomes more popular in the field of data acquisition techniques in Hungary. Many years of experiences are available, however the techniques and methods applied in terrestrial laser scanning are still under development and improvement. The goal of this paper is to broaden these procedures with the results of laboratory measurements: overall 3D accuracy, effects of materials and colors on reflectivity and investigation of incident angle are all discussed in the paper.

Keywords: laser scanning, accuracy, reflectivity

A földi lézershakennelés hazánkban is egyre nagyobb teret hódít az adatnyerési technológiák között. Amellett, hogy sokéves tapasztalat áll rendelkezésre hazai és nemzetközi szinten egyaránt, a földi lézershakenneléssel kapcsolatos gyakorlati eljárások a mai napig fejlődnek, változnak. A cikk célja ezen gyakorlati eljárások bővítése a technológia laboratóriumi pontosságvizsgálati eredményeinek, a különböző anyagok és színek visszaverődési tulajdonságainak és a szélső beesési szögvizsgálat eredményeinek ismertetésével.

Kulcsszavak: lézershakennelés, pontosság, visszaverő-képesség

1 Bevezetés

A földi lézershakennelés, mint adatnyerési technológia lassanként hazánkban is elterjed az alkalmazott felmérési technológiák körében. A terjedés sebességének okát sokan sokféleképpen megfogalmazták már, de szinte minden felsorolás tartalmazta a következő elemeket: ár, pontossági mérőszámok és az eredmények utófeldolgozási igénye.

Annak érdekében, hogy a pontossági mérőszámokkal kapcsolatos fenntartásokat pontosabban értelmezhesük, valamint támogatást nyújthassunk a technológia jövőbeni felhasználóinak, átfogó laboratóriumi kísérletsorozatot végeztünk el, melynek főbb célkitűzései a következők voltak:

1. *Pontosságvizsgálat:* a gyártó által megadott pontossági mérőszámok „hitelesítése” építőmérnöki alkalmazásokhoz.
2. *Agyagok és színek hatása:* az építőmérnöki gyakorlatban sűrűn alkalmazott alap-anyagok és a színek hatása a visszavert sugárra.
3. *Szélső szögérték:* a felmérendő objektum és a szkenner kölcsönös helyzetének hatása a felmérési eredményre.

2 Pontosságvizsgálat

A laboratóriumi vizsgálatoknál használt Riegl LMS Z420i típusú lézershakennerral a Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék már korábban is végzett kutatásokat. A 2006-ban végzett kísérletek igazolták a gyártó által meghatározott (sugár irányú) távmérési pontosságot, ami az adott műszer esetén ± 5 mm (Berényi et al. 2009).

A 2009-es kísérletsorozat célul tűzte ki ezen mérőszám kiterjesztését a koordináta tengelyek által kijelölt irányokra (X,Y,Z) a hibaterjedés általános törvényének felhasználásával. Ennek érdekében a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke laboratóriumában végeztünk méréseket a lézershakennerral, valamint minősítő méréseket egy Leica 1203 típusú mérőállomással. A laboratóriumban 9 pontot mértünk meg 2 fordulóban mindkét műszerrel, majd ezen mérési eredményeket felhasználva a kiegyenlítő számítások segítségével határoztuk meg a további, magasabb rendű jellemzőket (pl. varianciák, szórások).

A mérések bemenő adatait – bár minkét műszer lehetőséget kínált a közvetlen koordináta kiolvasásra – a nyers szög- és távmérési értékek képezték. Ennek elsődleges célja, hogy a számítási eljárás

*BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, 1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.
E-mail: aberenyi@mail.bme.hu

minél kevésbé függjön az esetleges kerekítési és számábrázolásból adódó hibáktól, valamint, hogy a kidolgozott eljárás változtatás nélkül alkalmazható legyen akár más típusú vagy más gyártó által gyártott műszereknél is. Első lépésként a pontok koordinátái kerültek meghatározásra, majd az egyes koordináták szórásnégyzetei, példaként az x tengely irányú:

$$\mu_x^2 = g_x(H, V, D, \mu_V, \mu_H, \mu_D) = \left(\frac{\partial f_x}{\partial H}\right)_0 \cdot \mu_H^2 + \left(\frac{\partial f_x}{\partial V}\right)_0 \cdot \mu_V^2 + \left(\frac{\partial f_x}{\partial D}\right)_0 \cdot \mu_D^2, \quad (1)$$

ahol $\mu_{(H,V,D)}$ a műszer vízszintes- és függőleges szögmerési, valamint távmérési középhibáját; f_x pedig a nyers mérési eredményekből történő koordináta meghatározás (x tengely irányú) függvénye-it jelöli. A parciális deriváltak értékeinek közlésétől jelen esetben eltekintünk.

A szórások meghatározása után, a gyártó által megadott értéket (± 5 mm) kaptuk az ellenőrző számítás (a tengely irányú szórások négyzetösszegének négyzetgyöke) eredményeként. A koordinátatengely irányú szórások ismeretében a következő lépésben a kihelyezett pontok közötti távolságok szórásértékeit határoztuk meg:

$$\begin{aligned} \mu_{d,i,j}^2 = & \left(\frac{\partial p_d}{\partial X_i}\right)_0 \cdot \mu_{x_i}^2 + \left(\frac{\partial p_d}{\partial Y_i}\right)_0 \cdot \mu_{y_i}^2 + \left(\frac{\partial p_d}{\partial Z_i}\right)_0 \cdot \mu_{z_i}^2 + \\ & + \left(\frac{\partial p_d}{\partial X_j}\right)_0 \cdot \mu_{x_j}^2 + \left(\frac{\partial p_d}{\partial Y_j}\right)_0 \cdot \mu_{y_j}^2 + \left(\frac{\partial p_d}{\partial Z_j}\right)_0 \cdot \mu_{z_j}^2 \end{aligned}, \quad (2)$$

ahol p_d az i . és j . pont közötti távolság függvénye, $\mu_{\{x,y,z\}\{i,j\}}$ pedig a korábban meghatározott szórásérték(ek). Az eredmények minden pontkombinációban tartalmazzák a pontok közötti távolságok szórását (így egy 9×9 -es mátrixot alkotnak), ezek közül a legfontosabb statisztikai mérőszámok:

$$\begin{aligned} \min(\mu_d) &= 2,9\text{mm} \\ \text{átlag}(\mu_d) &= 8,3\text{mm} \\ \max(\mu_d) &= 13,2\text{mm} \end{aligned} \quad (3)$$

Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy az adott mérés esetében a műszer pontosabb eredményeket adott, mint az a gyártó által megadott pontossági értékek alapján várható lett volna. Azonban fontos megjegyezni, hogy az eredmények csak az adott laboratóriumi körülmények mellett érvényesek.

3 Az anyagok és színek hatása a visszavert sugárra

Ezzel a laboratóriumi vizsgálattal az volt a célunk, hogy megvizsgáljuk, mutatnak-e szignifikáns eltérést az építőmérnöki gyakorlatban alkalmazott anyagok a lézerszkennelés, mint adatnyerési technológia szempontjából.

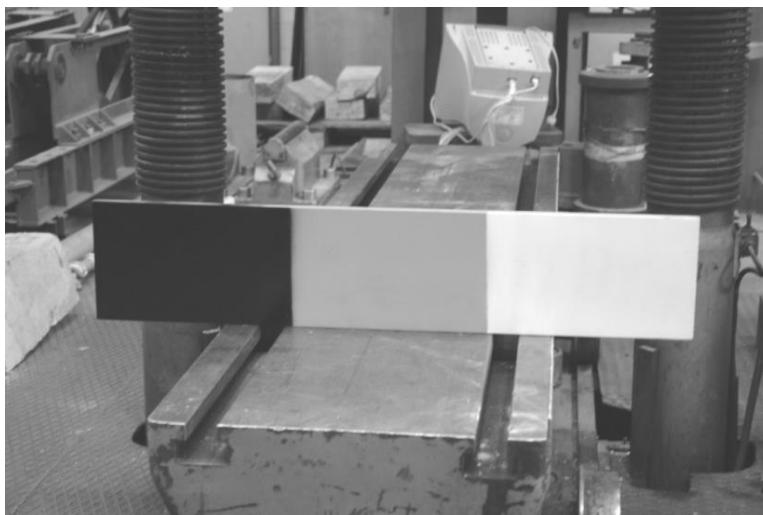
Ezek az információk különösen akkor lehetnek hasznosak a méréstervezés számára, amikor olyan környezetben kell szélső pontosságú felméréseket végeznünk, ahol az anyagok lézerszkennelési „potenciálja” kicsi, tehát az adott anyag a lézerszkenneléstől kibocsájtott hullámok csupán kis részét veri vissza. Mivel a pontsűrűség (és bizonyos érelemben a pontosság is) ezektől a visszavert sugaraktól függ, így előre meghatározható, hogy a felmérés szempontjából az adott anyag előnyös vagy kevésbé előnyös tulajdonságokkal rendelkezik.

A vizsgálatban szereplő anyagokat mutatja az 1. ábra. Minden egyes anyagról egységesen 1 dm^2 nagyságú területet vizsgáltunk. Ahhoz, hogy elkerüljük az emberi leválogatásból adódó esetleges pontatlanságokat, erre a célra külön szoftvert fejlesztettünk; a kapott eredményeket mutatja az I. táblázat.

Jövőbeni célként egyértelműen megfogalmazható a vizsgálatban szereplő anyagok körének bővítése, valamint a vizsgálat kiterjesztése más típusú, esetleg más gyártótól származó műszerekre is, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy az anyagokkal kapcsolatos visszaverődés értékek nem a műszert jellemző eredmények, hanem valóban az adott anyagra vonatkozó mérőszámok.



1. ábra. A vizsgált anyagok



2. ábra. A tesztobjektum

I. táblázat. A számított értékek a különböző anyagok esetén

Anyag	Pontok száma	Visszaverőképesség			Átlag
		Min.	Max.	Medián	
Acél	3621	0.133	0.195	0.145	0.147
Beton	3598	0.172	0.227	0.199	0.198
Beton (festett)	3626	0.141	0.227	0.188	0.186
Fa hasáb	3596	0.199	0.254	0.227	0.226
Fahús	3597	0.168	0.250	0.203	0.204
Fakéreg	3590	0.184	0.254	0.215	0.216
Lakkozott fa	3652	0.203	0.270	0.246	0.246
Nyers fa	3597	0.203	0.231	0.231	0.232
Tégla	3597	0.227	0.281	0.250	0.251

Az anyagok hatása mellett érdeklődésre tarthat számot az adott anyagok színének hatása a visszaverőképességre¹.

Ahhoz, hogy a színek hatását vizsgálni tudjuk, egy falemezt (2. ábra) fehér, szürke és fekete festékekkel kezeltünk. Fontos szempont volt, hogy a választott festék matt legyen, hiszen az anyagok vizsgálatánál már egyértelművé vált, hogy fényes felületről a lézersugarak kevésbé és kisebb energiával verődnek vissza (lásd I. táblázat, acél).

Az eredmények kiértékelésénél felhasználtuk az anyagok vizsgálatánál szerzett fontos tapasztalatokat, és szintén egy kifejezetten erre a célra írt programmal értékeltük ki az eredményeket. A vizsgált terület nagysága ebben az esetben is 1 dm² volt, a főbb mutatókat a II. táblázat tartalmazza. Jól látható, hogy a fekete területről visszaverődött pontok energiája jelentősen kisebb. Ezt fontos figyelembe vennünk abban az esetben, amikor a felméréndő objektum színe negatívan befolyásolhatja a mérési felbontást és ezen keresztül akár a pontosságot is.

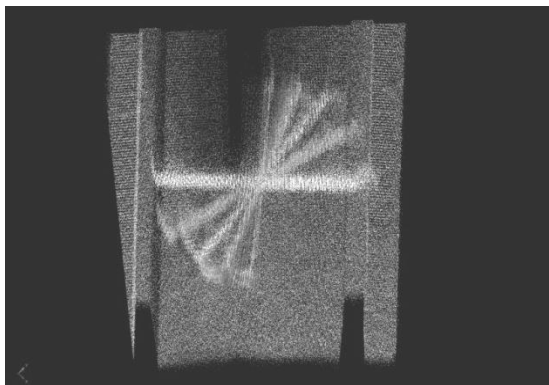
4 A beesési szög hatása, szélső szögérték

A beesési szög hatása a technológia vizsgálatában különösen fontos szerepet játszik akkor, amikor szélsőséges körülmények között kell felméréseket végeznünk, mint például nagyon szűk folyosók vagy olyan helyzetek, ahol a felmérési pozíció és a felméréndő objektum nagyon hegyes szöget zár be egymással (Lovas et al. 2009). Ezen hatások eredményeként csökkent pontsűrűséget, hibás („szellem”) pontokat tapasztalhatunk a felmért állományokban. Mivel a pontsűrűség utólag nem növelhető (ilyen értelemben vett interpolációs eljárás nem létezik, illetve alkalmazása sok egyéb kérdést vetne fel), és a szellem pontok kiszűrése nehézkes, ezért ezt a felmérési tulajdonságot vagy feltételt szintén célszerű már a mérés megtervezésekor figyelembe venni.

Annak érdekében, hogy ezeket a hatásokat numerikus adatokkal jellemezhesük, egy acél tárcsát forgattunk (8 lépésben) és minden forgatási állapotot külön felmértünk, ezzel szimulálva a különböző beesési szögeket (3. ábra).

II. táblázat. A színek vizsgálatának eredményei

Szín	Pontok száma	Visszaverő-képesség			
		Min.	Max.	Medián	Átlag
Fehér	3640	0,207	0,258	0,231	0,232
Szürke	3640	0,156	0,211	0,180	0,181
Fekete	3619	0,035	0,129	0,086	0,085



3. ábra. Pontfelhők a különböző forgatási állapotokban

¹ A visszaverő-képesség egy 0 és 1 közötti szám, amely a műszer által kibocsátott és a beérkező lézersugár intenzitásának arányát mutatja.

Az egyes forgatási állapotok pontos szögértékét a tárcsára ragasztott 2 pontjel segítségével határoztuk meg, az esetleges mérési hibák minimalizálása érdekében. Az eredmények jól korreláltak a szakirodalomban fellelhető adatokkal (Kersten et al. 2008) és azt mutatták, hogy a szélső szögérték hozzávetőlegesen 10° (170°). Azonban fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a kritikus tartományban ($8-12^\circ$ között) a forgatási felbontás növelésével az eredmény tovább pontosítható.

5 Összefoglalás

A cikk alapvető célja, hogy a bemutatott eredményeken keresztül segítse azokat, akik a földi lézerszkennelést, mint adatnyerési eljárást alkalmazzák vagy a jövőbeni alkalmazását tervezik. Reméljük, hogy a lézerszkennelés alapvető alkalmazási területein (műemlékvédelem, városmodellezés, bányászati- és topográfiai alkalmazások) túl az építőmérnöki gyakorlat egyre szélesebb körében sikerrel alkalmazhatóvá válik ez a legmodernebb technológiát képviselő adatnyerési eljárás.

Célunk, hogy jövőbeni kísérletekkel és azok eredményeinek közlésével még átfogóbb képet nyújthassunk a technológiáról, ezáltal a mérnöki alkalmazások még szélesebb területén lehessen ezt a korszerű technológiát sikerrel alkalmazni. Emellett, mivel a technológia fejlődése folyamatos, különös figyelmet kell fordítanunk a legújabb fejlesztések nyomán követésére és lehetőség szerint azok analitikus, minél szélesebb elemzésére, ezzel is segítve a technológia jelenlegi és a jövőbeni felhasználóit.

További cél, hogy a cikkben részletezett vizsgálatokat minél szélesebb körben, minél több műszeren tesztelni tudjuk illetve az, hogy a manapság egyre nagyobb hangsúlyt nyerő adatfúzió (data fusion) szellemében a (közel)fotogrammetriai és egyéb adatnyerési technológiákkal történő együttműködés lehetőségeit megvizsgáljuk.

Hivatkozások

- Berényi A, Lovas T, Barsi Á, Dunai L** (2009): Potential of Terrestrial Laserscanning in Load Test Measurements of Bridges, *Periodica Polytechnica-Civil Engineering* 53. 1., 25-33.
- Lovas T, Berényi A, Barsi Á, Dunai L** (2009): A Megyeri híd terhelésvizsgálatának támogatása földi lézerszkenneléssel, *Geodézia és Kartográfia* LXI. 1., 20-26.
- Kersten T, Mechelke K, Lindstaedt M, Sternberg H** (2008): Geometric Accuracy Investigations of the Latest Terrestrial Laser Scanning, *FIG Working Week 2008, Integrating Generations*, Stockholm, Sweden, June 14-19, p. 16.

FOTOGRAMMETRIAI HÁLÓZATOK SÚLYKOEFFICIENS MÁTRIXAI

Fekete Károly*



Weight coefficient matrices of photogrammetric networks – In this paper the stochastic model of the close range photogrammetric networks were examined. Weight ratios and correlations between images and image coordinates can be taken into account during the adjustment calculation process.

Keywords: close range photogrammetry, network adjustment

Jelen publikációban a közelfotogrammetriai hálózatok sztochasztikus modelljének a téma-körét jártuk körül. Azokat a legfontosabb elképzeléseket adtuk meg, amelyek segítségével a képkoordináták, a képpontok és esetlegesen a képek közötti különböző súlyviszonyok és korrelációk figyelembe vehetők a közelfotogrammetriai hálózatok kiegyenlítése során.

Kulcsszavak: közelfotogrammetria, hálózat kiegyenlítés, súlykoefficiens

1 Bevezetés

A fotogrammetriai pontmeghatározásokat általában kiegyenlítéssel oldjuk meg. Ezen megoldásoktól elvárjuk, hogy a kiegyenlített paramétereken (koordináták, tájékozási adatok) és a kiegyenlített mérési eredményeken kívül ezek minőségéről (pontosságáról, megbízhatóságáról, szabotosságáról) is kapjunk felhasználható eredményeket. Sok kiegyenlítési eljárás azon a feltételezésen alapszik, hogy az észlelések függetlenek és azonos varianciájúak. Jelen publikációban ezt a legegyszerűbb feltételezést megkíséreljük egy bonyolultabb képpel helyettesíteni. Megközelítésünkben a képkoordináták véletlen jellegű hibáiból vonunk le következtetéseket.

A leképzés funkcionális modelljeként általában elfogadjuk a centrális perspektívát. Gyakran a kép geometriája tartalmaz elrajzolási, filmtorzulási, refrakciós hibákat. Ilyenkor a kollinearitási egyenleteket szabályos hibával terheltnek mondjuk, de azt is tudjuk, hogy miközben ezeket az értékeket valamilyen új paraméterekkel korrigáljuk a leképzés funkcionális modelljét is módosítjuk.

2 A leképzés sztochasztikus modellje

A kollinearitási egyenletekbe bevezetett korrekciók azt jelentik, hogy a fénysugarat visszahelyezzük a centrális perspektíva által megkövetelt ideális helyre. A tárgyponttól a fénysugár eljut az objektívig, amely a fénysugarat az emulzióra / CCD érzékelőre irányítja, ahol kialakul a kép. Ez a fényt azonban nem tökéletes, tartalmaz bizonyos rendellenességeket, amelyeket a lencsék forgási szimetriája miatt sugárirányú (ε_Θ) és tangenciális (ε_α) komponensre osztjuk, ahol a komponensek szöghibák. A szöghibákból egyszerű geometriai megfontolásokkal kifejezhetjük a képkoordináta-tengelyek irányába eső hibákat. (Kennert, 1989)

$$\varepsilon_{x'} = \frac{x'}{r} \left(1 + \frac{r^2}{c^2} \right) c\varepsilon_\Theta - \frac{y'}{r} \left(1 + \frac{r^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} c\varepsilon_\alpha$$

$$\varepsilon_{y'} = \frac{y'}{r} \left(1 + \frac{r^2}{c^2} \right) c\varepsilon_\Theta - \frac{x'}{r} \left(1 + \frac{r^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} c\varepsilon_\alpha$$
(1)

Az 1. egyenlet megmutatja, hogy a képkoordináta tengelyek irányába eső hibák hogyan függenek a szöghibáktól. Az egyenlet a szabályos és a véletlen jellegű hibákat is tartalmazza, a továbbiakban

csak a véletlen jellegű hibákkal foglalkozunk, amelyekről feltételezzük, hogy normális eloszlást követnek. Továbbá feltételezzük, hogy a kollinearitás hibájának sztochasztikus jellege forgási szimmetrikus az optikai tengely körül és a varianciák nőnek az optikai tengellyel bezárt szög növekedésével. A radiális és tangenciális komponensek egymástól függetlennek tételezzük fel, viszont egy konkrét hiba sugárirányban nem független a másik sugár hibájától. A függőség csökken a távolság (d) növekedésével. Fentieket képletben kifejezve:

$$\begin{aligned} \text{cov}(\varepsilon_{\theta}, \varepsilon_{\alpha}) &= 0 \\ \text{cov}(\varepsilon_{\theta}, \varepsilon_{\theta}) &= \sigma_{\theta}^2 g_{\theta}(d) \\ \text{cov}(\varepsilon_{\alpha}, \varepsilon_{\alpha}) &= \sigma_{\alpha}^2 g_{\alpha}(d) \end{aligned} \quad (2)$$

A 2. összefüggésben a $g_i(d) = 1$, ha a $d = 0$ és értéke monoton csökken nulláig, miközben d értéke nő. Általában a hibaelmélet a képpkoordinátáknak a következő varianciákat adja (Kennert, 1989):

$$\begin{aligned} \sigma_{x'}^2 &= \frac{x'^2}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\theta}^2 + \frac{y'^2}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\alpha}^2 \\ \sigma_{y'}^2 &= \frac{y'^2}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\theta}^2 + \frac{x'^2}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\alpha}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Az x' és y' hibái nem függetlenek egymástól, hanem a következő a kovarianciájuk:

$$\text{cov}(x', y') = \frac{x' y'}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\theta}^2 - \frac{x' y'}{r^2} \left(1 + \frac{r^2}{c^2}\right)^2 c^2 \sigma_{\alpha}^2 \quad (4)$$

Továbbá létezik kovariancia két (a és b) pont között is, amely összefüggésben ugyanaz $g_{\theta}(d)$ és $g_{\alpha}(d)$ függvény szerepel, mint a 2. összefüggésben:

$$\begin{aligned} \text{cov}(x'_a, x'_b) &= \frac{x'_a x'_b}{r_a r_b} A c^2 \sigma_{\theta}^2 g_{\theta}(d) + \frac{y'_a y'_b}{r_a r_b} \sqrt{A} c^2 \sigma_{\alpha}^2 g_{\alpha}(d) \\ \text{cov}(y'_a, y'_b) &= \frac{y'_a y'_b}{r_a r_b} A c^2 \sigma_{\theta}^2 g_{\theta}(d) + \frac{x'_a x'_b}{r_a r_b} \sqrt{A} c^2 \sigma_{\alpha}^2 g_{\alpha}(d) \\ \text{cov}(x'_a, y'_b) &= \frac{x'_a y'_b}{r_a r_b} A c^2 \sigma_{\theta}^2 g_{\theta}(d) + \frac{y'_a x'_b}{r_a r_b} \sqrt{A} c^2 \sigma_{\alpha}^2 g_{\alpha}(d) \\ \text{cov}(x'_b, y'_a) &= \frac{x'_b y'_a}{r_a r_b} A c^2 \sigma_{\theta}^2 g_{\theta}(d) + \frac{y'_b x'_a}{r_a r_b} \sqrt{A} c^2 \sigma_{\alpha}^2 g_{\alpha}(d) \\ A &= \left(1 + \frac{r_a^2}{c^2}\right) \left(1 + \frac{r_b^2}{c^2}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

3 Képkordináták kovariancia mátrixa

Az előző részben bemutattuk, hogy a fénysugár sztochasztikus viselkedése kapcsán milyen kovariancia mátrixot tudunk felállítani. Azonban a fotogrammetriai feldolgozásnak vannak más részei is, amelyek a képkordináták véletlen hibáit eredményezik. Ezek:

1. az emulzió / CCD síktól való eltérése (ϵ_c),
2. a filmtorzulás / CCD szerelési hibák véletlen része (ϵ_{shx} , ϵ_{shy}),
3. az atmoszférikus refrakció véletlen része ($\epsilon_{a\theta}$, ϵ_{ar}),
4. a kiértékelés véletlen hibái (ϵ_m , ϵ_p),
5. illesztőpontok véletlen hibái (ϵ_{xg} , ϵ_{yg} , ϵ_{zg}).

A felsorolt hibaforrásokat a szakirodalom (pl. Kennert, 1989; Torlegard, 1981) ugyanúgy elemzi, mint ahogy az előző részben a „fénysugár egyenessége” tulajdonságait elemezve tettük mi is. A helyes végeredményhez mindezek összegzésével jutunk. A részletek mellőzéseével bemutatjuk Kennert megoldását:

$$\begin{aligned} \sigma_{x'}^2 &= \frac{x'^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right)^2 c^2 \sigma_{\theta}^2 + \frac{y'^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right)^2 c^2 \sigma_{\alpha}^2 + \frac{x'^2}{c^2} \sigma_c^2 + \sigma_{shx}^2 + \left(1+x'^2/c^2\right)^2 \left(c^2 + y'^2\right) \sigma_{ar}^2 + \\ &+ \sigma_m^2 + \sigma_p^2 + \sigma_h^2 + \sigma_{op}^2 + \frac{c^2}{D^4} \left\{ \left(Y - Y_0\right)^2 \sigma_{Xg}^2 + \left(X - X_0\right)^2 \sigma_{Yg}^2 \right\} \\ \sigma_{y'}^2 &= \frac{y'^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right)^2 c^2 \sigma_{\theta}^2 + \frac{x'^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right)^2 c^2 \sigma_{\alpha}^2 + \frac{y'^2}{c^2} \sigma_c^2 + \sigma_{shy}^2 + \left(1+y'^2/c^2\right)^2 \left(c^2 + x'^2\right) \sigma_{a\theta}^2 + \\ &+ \sigma_m^2 + \sigma_p^2 + \sigma_h^2 + \sigma_{op}^2 + \frac{y'^2}{D^4} \left\{ \left(X - X_0\right)^2 \sigma_{Xg}^2 + \left(Y - Y_0\right)^2 \sigma_{Yg}^2 \right\} + \frac{c^2}{D^2} \sigma_{zg}^2 \\ \text{cov}(x', y') &= x' y' \frac{c^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right)^2 \sigma_{\theta}^2 - \frac{c^2}{r^2} \left(1+r^2/c^2\right) \sigma_{\alpha}^2 + \frac{1}{c^2} \sigma_c^2 + \frac{c y'}{D^4} \left(X - X_0\right) \left(Y - Y_0\right) \left(\sigma_{Yg}^2 - \sigma_{Xg}^2\right) \end{aligned} \quad (6)$$

A 6. egyenletek felhasználásával megadhatjuk egy pont kovariancia mátrixát:

$$M = \begin{vmatrix} \sigma_{x'}^2 & \text{cov}(x' y') \\ \text{cov}(x' y') & \sigma_{y'}^2 \end{vmatrix} \quad (7)$$

A „fénysugár egyenességére” vonatkozóan bemutattuk két különböző pont kovarianciájának a megadási módját. Két pont korreláltsága létezik a többi elemi hibaforrás okán is. Az összes korreláció az összes elemi hiba hatásából vezethető le, mint a különböző pontok közötti kovariancia, amely korreláció is erősebb, ha a két pont távolsága kisebb. A változók lineáris kombinációját előállítva kapjuk:

$$\begin{aligned} \epsilon_a &= a_1 \epsilon_1 + a_2 \epsilon_2 + \dots + a_n \epsilon_n \\ \epsilon_b &= b_1 \epsilon_1 + b_2 \epsilon_2 + \dots + b_n \epsilon_n \end{aligned} \quad (8)$$

és a hibaterjedésre tekintettel a varianciák és kovarianciák a következő összefüggésből nyerhetők:

$$\text{cov}(\epsilon_a \epsilon_b) = \sum_{k=1}^n a_k b_k \text{cov}(\epsilon_{ka} \epsilon_{kb}) \quad (9)$$

A 9. összefüggésben n az elemi hibák száma, a, b a két képpont, a_k , b_k a lineáris kombinációban szereplő együtthatók, amelyek az előzőekben ismertetett szakirodalmakban megtalálhatók. Ezek után a mérési eredmények a priori kovariancia mátrixa a következőképpen alakul:

$$M_{LL} = \begin{pmatrix} \sigma_{x'_a}^2 & \text{COV}(x'_a y'_a) & \text{COV}(x'_a x'_b) & \text{COV}(x'_a y'_b) \\ \text{COV}(x'_a y'_a) & \sigma_{y'_a}^2 & \text{COV}(y'_a x'_b) & \text{COV}(y'_a y'_b) \\ \text{COV}(x'_a x'_b) & \text{COV}(x'_b y'_a) & \sigma_{x'_b}^2 & \text{COV}(x'_b y'_b) \\ \text{COV}(x'_a y'_b) & \text{COV}(y'_a y'_b) & \text{COV}(x'_b y'_b) & \sigma_{y'_b}^2 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Két megjegyzés:

Létezik korreláció két kép között is, hiszen két exponálás között az elemi hibák nem nagyon változnak, de a szakirodalom nem használja.

A témának van egész más megközelítése is, mikor a sztochasztikus jellemzőket ismeretlen-ként viszik a kiegyenlítésbe.

Hivatkozások

- Atkinson K B** (1996): Close Range Photogrammetry and Machine Vision Whittles Publishing, Latheronwheel, Scotland, UK
- Detrekői Á** (1991): Kiegyenlítő Számítások. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Fraser C S** (1987): Limiting Error Propagation in Network Design Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53(5): 487-493.
- Granshaw S I** (1980): Bundle Adjustment Methods in Engineering Photogrammetry Photogrammetric Record, 10(56): 181-207.
- Grün A** (1980): Precision and Reliability Aspects in Close-Range Photogrammetry Photogrammetric Journal of Finland, 8(2): 117-132.
- Grün A** (1985): Data Processing Methods for Amateur Photographs Photogrammetric Record, 11(65): 567-579.
- Kennert A, Torlegard I** (1989): Theory of Image Coordinate Errors In: Non-Topographic Photogrammetry Ed.: Karara, H.M. pp.81-93.
- Luhmann T** (2000): Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Torlegard K** (1980): On Accuracy Improvement in Close Range Photogrammetry Proceedings, Industrial and Engineering Surveying Conference, FIG Com. 6 and ISPRS Com. V, London.

EMBERI ARC FOTOGRAMMETRIAI FELMÉRÉSÉNEK HÁLÓZATTERVEZÉSI KÉRDÉSEI

Schrott Péter*



Investigation on the network design of the human face photogrammetric measurement – An important aspect of any close range photogrammetric system is to achieve an optimal photogrammetric network for special purpose, in this case for measurement of the human face. This work describes the investigation of the interrelated and competing constraints, resulting the main parameters of the optimal network design.

Keywords: photogrammetry, network design, constraints

Minden közelfotogrammetriai feladat lényeges része megtalálni az optimális fotogrammetriai hálózatot, figyelembe véve az adott feladat specialitásait. Az élő emberi arc mérése is számos másból nem jelentkező kérdést vet fel. Az egymással összefüggő és néha ellentmondó kényszerek vizsgálatán keresztül határoztuk meg a hálózat főbb paramétereit.

Kulcsszavak: fotogrammetria, hálózattervezés, kényszerek

1 Bevezetés

Tanszékünk Detrekői professzor úr vezetésével OTKA pályázatot nyert, amelynek célja olyan technológia kidolgozása, amely fotogrammetriai módszerekkel minél automatikusabban állít elő élő emberi arcról 3D felületmodellt.

A közelfotogrammetriában manapság elterjedt módszer szerint a képeket nem két, közel párhuzamos tengelyű felvétellel készítik, hanem ún. többálláspontú konvergens fotogrammetriai hálózat felhasználásával, vagyis több konvergens metszéből számítják, ami geometriai értelemben is nagyobb pontosságot biztosít. Ez a módszer azonban számos kérdést vet fel, pl. honnan és hány képet készítsünk, milyen kamerát, optikát és beállításokat alkalmazzunk stb. Értelemszerűen ezeket a kérdéseket minden esetben a mérendő objektum, az adott feltételek és a szükséges követelmények függvényében lehet megválaszolni, ezzel foglalkozik a közelfotogrammetriai hálózattervezés témaköre. (Detrekői, 1991)

Minden közelfotogrammetriai feladat egyéni sajátosságokkal bír, és ez egyedi fotogrammetriai hálózat tervezését teszi szükségessé. Az adott feladat, vagyis élő emberi arc 3D modelljének elkészítése is számos speciális, másból nem jelentkező kérdést vet fel. A szakirodalom a hálózat tervezését döntően befolyásoló tényezőket hálózattervezési kényszereknek nevezi. Ezen kényszerek vizsgálata döntő jelentőségű a hálózattervezés folyamatában. A hálózati paraméterek meghatározására a szakirodalom többféle módszert ír le, dolgozatomban azonban a módszer leírása helyett a fentebb említett kényszerek vizsgálatával jártam körül és kerestem választ a felmerülő kérdésekre. A kényszereket (Fekete, 2006) munkája alapján mutatjuk be.

2 A kép méretarányára vonatkozó kényszer

A pontmeghatározás pontosságára döntő hatással van a kép méretaránya. Az (1) egyenlet a maximális tárgy távolságot írja le, ami mellett a szükséges pontosság még biztosítható.

$$d = \frac{\bar{s}_c \sqrt{k} c}{q s}, \quad (1)$$

ahol:

- $\bar{\sigma}_c$ az X,Y,Z tárgyoldali koordináták tapasztalati hibája,
 d a tárgytávolság,
 σ a képkoordináták átlagos hibája,
 σ_a a szögmérés átlagos hibája,
 q a hálózatra jellemző tervezési faktor,
 k a független észlelések és a képek számának a hányadosa,
 c a kameraállandó.

Mivel a tárgytávolság esetünkben többé-kevésbé kötött, a képlet alkalmazható arra is, hogy ismert tárgytávolság esetén a kameraállandót a szükséges pontosság függvényében meghatározzuk. Az optika és a kamera egy felvételi egységet alkot, a kettő egymástól függetlenül nem tervezhető, hiszen a kameraállandó, és a tárgytávolság által meghatározott méretarányt az érzékelő fizikai mérete korlátozhatja, emiatt a méretarányra vonatkozó kényszerrel a következőben leírt kényszerrel együtt lehet csak vizsgálni.

A számítások és a többi kényszer figyelembe vételével választott optika (1. ábra) adatai a következők:

N.E. Technology L-SV2514MP
 c=25mm
 F:1.4-C

3 A felbontás kényszere

A kép felbontásának minimumát az szabja meg, hogy a képkoordináták átlagos hibájára vonatkozó előírás teljesíthető legyen. Maximumának nem csak technológiai, hanem gazdaságossági szempontjai is vannak: A nagy felbontású kamerák értelemszerűen drágábbak, ezért célszerű törekedni arra a minimumra, ami még megfelelő kiértékelést biztosít. Digitális szenzoroknál a nagy felbontásnak két további hátránya is van:

1. A kamera sorozat-felvételi képessége a nagyobb felbontás – több adat miatt csökken. Ennek természetesen csak abban az esetben van jelentősége, ha a szükséges pontosság eléréséhez több mérést (felvételt) kell végezni. Élő embereken történő mérés miatt azonban a mérések közt eltelt időnek minél kisebbnek kell lennie, hogy a személy ne mozduljon meg, vagyis a mért „objektum” ne változzon. Terveink között szerepel annak a vizsgálata, hogy mekkora a még megengedhető legnagyobb idő a mérési sorozat első és utolsó eleme között, ezt azonban csak kész fotogrammetriai mérőrendszer esetén tudjuk majd megtenni.
2. Adott fizikai méretű érzékelő esetén a nagyobb felbontás kisebb méretű pixeleket jelent. A digitális szenzoroknál a fotoeffektus hatására a pixeleket töltés halmozódik fel, azonban a kisebb méretnél a fény egyenletes eloszlása esetén sem lesz két szomszédos pixelen azonos a töltés mennyisége. Tovább ront a helyzeten, az elszivárgó töltés és a kiolvasás erősítése okozta zaj, ez kis érzékelő (valamint hosszabb záridő és magasabb hőmérséklet) esetén hatványozottan jelentkezik. A kisebb méret tehát rosszabb jel/zaj viszonyt eredményez, vagyis a kép „zajos” lesz, ami megnehezítheti vagy lehetetlenné teheti a pontos képkoordinátameghatározást.



1. ábra. A választott optika

A képkordináták átlagos hibájánál, vagyis a képkiértékelés pontosságánál jelentősége van a pontok jelölésének is. Habár a fotogrammetria alapvetően passzív távérzékelési módszer, a gyakorlatban elterjedtek az ún. optikai szkennerek, amelyek a kamerarendszert kiegészítik egy projektorral. A projektor mintázatot vetít a mérendő objektumra annak érdekében, hogy az automatikus pontazonosítást megkönnyítsék. A jelenleg elterjedt, kontraszt-különbségen alapuló *image matching* algoritmusok nem alkalmasak majdnem homogén textúrájú felületeken lévő pontok beazonosítására, mint amilyen például az emberi bőr. A megfelelő pontsűrűség érdekében általában egymás után több különböző mintát vetítenek, vagyis itt is nagy jelentősége van a kamerák felvételi sebességének. Habár folytatunk kutatást az irányba is, hogy passzív fotogrammetria mellett találjunk vagy fejlesszünk egy megfelelő algoritmust, ami szükségtelenné teszi a mintázat vetítést és a sorozatfelvételt, ennek esetleges sikertelensége miatt szükséges volt viszonylag nagy sebességű kamerák beszerzésére.

A kamerák kiválasztásának (nem fotogrammetriai) szempontja volt az is, hogy azok vezérlését számítógépről meg tudjuk oldani. Az egyszerű fényképezőgépek számítógépes interfésze csupán az elkészült képek számítógépre másolását teszi lehetővé, mindenre kiterjedő vezérlést csak az ipari kamerákhoz biztosított SDK (Software Development Kit) segítségével tudunk elérni.

A fentiek figyelembevételével a piacon elérhető kamerák közül az alábbi választottuk:

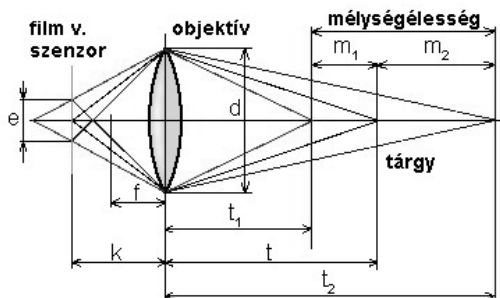
PicSight GigE P202B-GigE-AR színes kamera,
 Szenzor méret: 1/1.8" CCD
 Felbontás: 1624x1236

4 A mélységélesség kényszere

A nagy pontosságú képmérés megköveteli az éles leképezést. Amennyiben egy pontszerű objektum képe kisebb méretű, mint egy pixel fizikai mérete, úgy értelem szerűen a képpont leképezése éles, e fölött ún. *életlenségi kört* kapunk. Többnyire pixelnél nagyobb életlenségi kört is elfogadhatónak ítéljük meg, amennyiben a képkiértékelés átlagos hibája azon is a megengedhető érték alatt marad. A kameraállandó és a blende értékétől függenek azok a tárgytávolságok, amik között éles leképezés lehetséges. A 3. ábra mutatja a geometriai össze-függést, ami alapján a mélységélesség számítható. (Veress 2007)



2. ábra. A választott kamera



3. ábra. A mélységélesség

Feladatunk esetében a „tárgy” mélysége jelentős a fényképezési távolsághoz képest, ezért ezt a kényszert a felvételezés közben különösen figyelembe kell venni. Számításaink szerint a választott kamerával kb. 1.5 m tárgytávolság és minimum 5.6-os blende beállítással kapunk optimális eredményt. Ez a beállítás csak megfelelő megvilágítás esetén biztosít világos, jól kiértékelhető képet, ami átvezet minket a következő kényszer vizsgálatához.

5 A megvilágítás kényszere

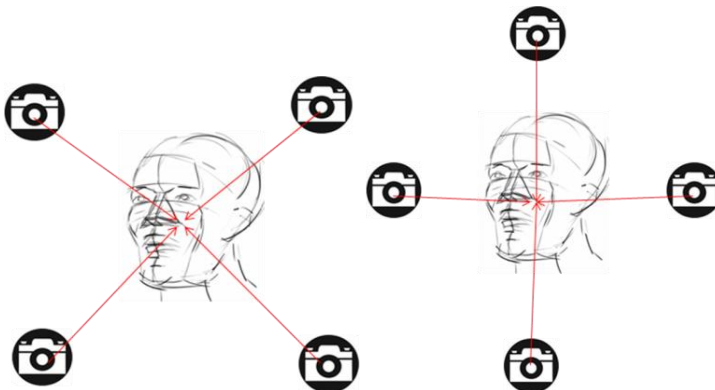
A szűk blende és - sorozatfelvétel esetén - a rövid záridő világos „tárgyat” követel, emiatt a hálózat-tervezés része a megvilágítás tervezése is, vagyis milyen irányokból és milyen lámpákkal célszerű az arcot megvilágítani. Esetünkben további nehézséget okozhat, ha az automatikus kiértékelés elősegítése érdekében projektorral mintát kell majd a mérendő arcra vetíteni. A projektornak ezek alapján rendkívül nagy fényerővel kell bírnia, hiszen a megvilágítás mellett is biztosítania kell a megfelelő kontrasztkülönbséget az automatikus kiértékeléshez.

6 Az előmetsző szögek és a beesési szög kényszere

Síkban lévő tárgyak esetében a pontok mérésének a megbízhatósága függ attól, hogy milyen szögben fényképezzük a síkot. Egyszerű példával élve: az arcról szemből készült felvételen az orr oldalon egy pontot sokkal kisebb pontossággal lehet azonosítani. A beesési szögek optimalizálása a kamerák megfelelő geometriai elrendezésével biztosítható. Fontos szempont emellett, hogy az előmetsző szögek jó metszést adjanak, mivel a legkisebb hibát 90° körüli előmetsző szögek esetén tudunk biztosítani. A közelfotogrammetriában az egyik legelterjedtebb fotogrammetriai alaphálózat felépítése szerint négy kamera egy szabályos háromszög oldalú négyzet alapú gúla alappontjaiban helyezkedik el, a mérendő objektum a gúla csúcsán található. Számításokkal igazolt (Mason 1995), hogy ez az elrendezés alacsony és egyenletes eloszlású hibát biztosít, és kisebb módosításokkal és a paraméterek helyes megválasztásával esetünkben is alkalmazható. Ennek érdekében kameráinkat befelé fordítottuk, a képek közös fősugara az emberi fej mögött helyezkedik el.

7 A láthatóság

Az álláspontok előtti esetleges takarások gyakran eleve megakadályozzák, hogy láthassunk és lefényképezhessünk minden olyan pontot, amelyek számunkra fontosak lennének és különben beleférnének a látószögbe. Az arcon a legjelentősebb takarást az orr és az áll vonala okozza. A négy kamera biztosítja, hogy az arc minden pontja legalább két képen megjelenjen, ugyanakkor a pontosság növelése érdekében olyan beállítást célszerű választani, ahol a pontok minél nagyobb hányada jelenik meg három (esetleg négy) képen. Az optimális geometriai elrendezésnél tehát a takarásokat is figyelembe kell venni, a takarások modellezésével kívánjuk kiválasztani a leginkább megfelelőt. Két lehetséges elrendezést vázol a 4. ábra.



4. ábra. Két lehetséges elrendezés

8 Összefoglalás

A hálózattervezés kényszereit vizsgálva az alábbi eredmények születtek:

- Kiválasztottunk egy kamera – és objektív típust, amely az előzetes számításaink alapján biztosítani tudja a kívánt pontosságot. Meghatároztuk a szükséges beállításokat.
- Kiválasztottunk egy ismert közelfotogrammetriai alaphálózat-típust, amely alkalmas a célra. Az esetünkben fellépő kényszerek figyelembevételével a hálózatot módosítjuk, optimális pontossági viszonyok elérésére törekszünk.

A hálózat végleges kialakítása további számításokat és kísérleteket igényel, elsősorban a láthatósági modellezést, valamint a megvilágítás tervezését.

Hivatkozások

Detrekői Á (1991): Kiegyenlítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest. 685.

Fekete K (2006): Hálózattervezési kérdések a közelfotogrammetriában. Geodézia és Kartográfia III, 12-23.

Mason S (1995): Conceptual Modell of the Convergeent Multistation Network Configuration Task. Photogrammetric Record 15(86), 277-299.

Veress J (2007) A mélységélesség számítása <http://redonyzar.extra.hu/cikk5.htm>

TÉR ÉS IDŐ PROBLÉMÁK AZ ADATGYŰJTÉSSEN

Winkler Gusztáv*



Space and time problems in data collection – The GIS becoming more popular on the area of the historical science. The problems are the localisation of data and its influence on its reliability. This paper presents the solutions of these problems using cartographic-geoinformatic methods.

Keywords: geoinformatics, space-time, topography, archaeology, history

A történettudományok területén előforduló jelenségekkel, objektumokkal kapcsolatos datálási és lokalizációs problémák az e célból előállított GIS-ek megbízhatóságát is befolyásolják. A dolgozat bemutatja azokat a lehetőségeket, amelyekkel e kérdések megoldását térképészeti eszközökkel segíteni lehet.

Kulcsszavak: térinformatika, tér-idő, topográfia, régészet, történettudomány

1 Bevezetés

A térinformatika kutatásának egyik divatos kérdése napjainkban a tér és az idő ábrázolása, a változások követése, térképpel való kifejezése. Ennek a problémának a lehetséges megoldásáról sok tanulmány készült, megoldási algoritmusok, javaslatok is születtek (Selinger, Winkler, Juhász 2004). Az objektumok, események elhelyezkedését, változását az időben mindaddig azonban úgy kezelik, mint „abszolút értékű” valóságot, pedig, mint kiindulási adatok, szintén hibával terheltnek lehetnek. Dolgozatunkban éppen ezért megkíséreljük bemutatni azokat a lehetőségeket, amelyek segíthetnek az adatszolgáltató szakterületeknek az anomáliák, kérdéses jelenségek, időpontok korrigálásában, kiegészítésében.

2 Projektek és eredmények

Mindenek előtt abból indulunk ki, hogy a „szokásos” térképészeti adatgyűjtési műveletek mellett térképeket a mólra vonatkozóan is elő tudunk állítani, amit rekonstrukciónak nevezünk. Az igaz, hogy a terméké korrektsége az idő kiterjesztésével csökken (tehát hiba, esetleg tudatos elhanyagolás léphet fel). Ha nem lenne probléma a rendelkezésre álló forrásokkal, akkor (Magyarországot tekintve) ez az úgynevezett rekonstrukciós időszak, természetesen a feldolgozási méretarány (részletesség, pontosság) függvényében belenyúlhat a nagy természeti szabályozások előtt időszakba is (Winkler 2004). Ebből következne, hogy az így ábrázolt objektumok, jelenségek, események tér és idő kapcsolata megfelelő.

Mivel azonban ezek a végtermékek általában valamilyen fokon az egész társadalom számára készülnek kulturális, oktatási vagy műszaki célokra, a hibák miatt tovább kell lépniük. Ugyanis a fent említett hibák, torzítások módosítják az egész rekonstrukciós rendszert (1. ábra). Rövidtávon a közelmúlt titkosítási célú változtatásai, míg régebben az elhanyagolások, tévedések okozhatnak geometriai problémákat. Ha távolabb megyünk az időben, akkor pedig eljutunk a teljes információhiányhoz, a konkrét hamisításhoz (amit esetleg nem is olyan régen követtek el) (Winkler 2004, 2007). Sajnos ugyanez vonatkozik magára az idő meghatározására is.

Ha megvizsgáljuk a két jelenség kölcsönhatását, akkor esetenként komoly anomáliákra is számíthatunk (szerencsére ezek ritkák) (2. ábra). Ezeknek az 1. ábrán látható „fekete mezőknek” kiküszöbölésére, a megoldások kiegészítésére az alábbiakban több, a gyakorlatban is alkalmazható példát mutatunk be. A példákat a térképészeten természetesen mérőszám, a méretarány és a feldolgozott tematika függvényében tárgyaljuk (3. ábra). Az ábrán továbbá feltüntetjük az alkalmazott adatgyűjtési módszereket is. Az ábrából az is kitűnik, hogy szinte az egész lehetséges térképészeti paletta alkalmas ezekre a kiegészítő jellegű feladatokra. Ugyancsak teljes lefedettséget érhetünk el a „történettudományok” névvel illelhető szakterületeken. Ez utóbbi azért is érdekes, mert mellékter-

mékként kapcsolat alakítható ki a különböző, esetleg némileg eltérő álláspontokat képviselő témák között is.

Az alábbiakban példákon keresztül bemutatott, és térinformatikai eszközökkel végzett vizsgálatok alapján kijelenthetjük, hogy a kartográfia, topográfia és a távérzékelés mindegyike alkalmas és fontos módszer lehet a humán szakterületek adatainak kiegészítésében (Winkler, Juhász 2007). Továbbá az így nyert eredmények ezeken túlmenően olyan újszerű megoldásokat, kérdéseket is felvethetnek, amelyek megválaszolása, integrálása a tudományba előremozdíthatja magának a humán területnek is a fejlődését (Winkler 2006). Ilyen adatok lehetnek:

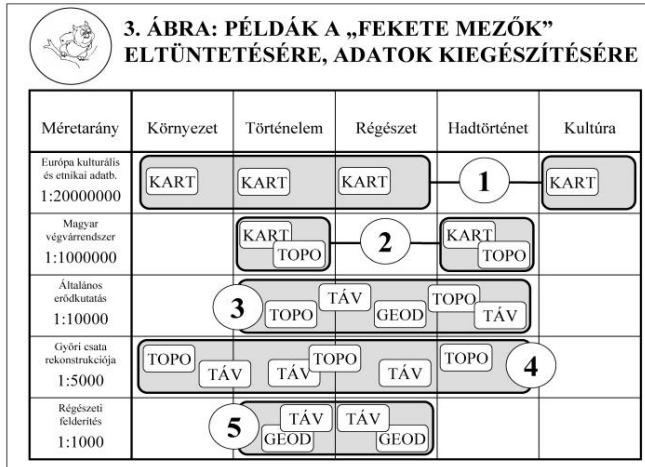
1. Helyszínek, objektumok felderítése, térképezése (új jelenségek, objektumok, datálás)
2. GIS adatbázis létrehozása (különböző adatok elemzése, összehasonlítása, kapcsolatok)
3. Történeti információk összekapcsolása az időben (folyamatosság kimutatása, vizsgálata)
4. Környezetrekonstrukció (események leírása, módosítása, új megoldások keresése)
5. Objektumrekonstrukció (objektumok-események összefüggése, datálás)



1. ábra. Zavarok a tér és idő kapcsolatában



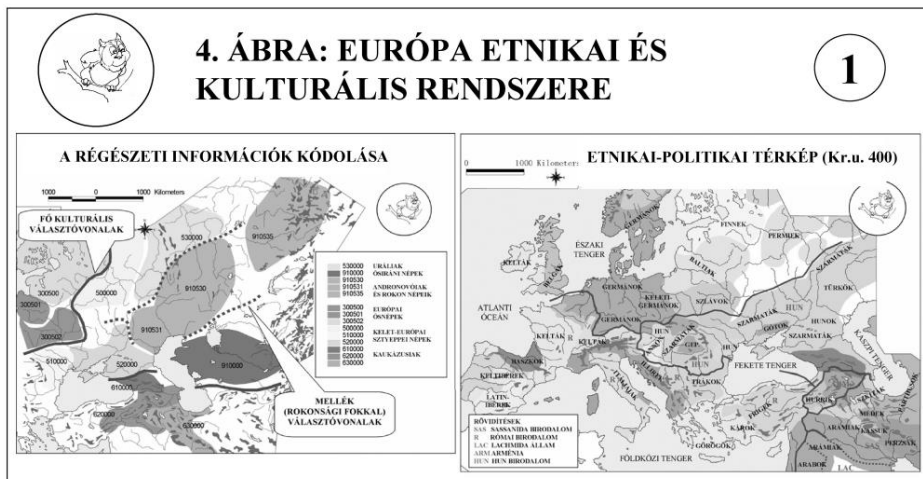
2. ábra. A tér és idő meghatározásának problémái



3. ábra Példák a „fekete mezők” eltüntetésére, adatok kiegészítésére

Az először bemutatásra kerülő anyag az Európa etnikai és kulturális változásaiával foglalkozó rendszer (ábrán az 1. számmal jelzett). Itt megkíséreltünk egy folyamatosan változó földrajzi környezethez több folyamatosan változó tematikát kapcsolni azzal a céllal, hogy a történeti hézagokat összekapcsolva kiegészítő információkat nyerjünk (Winkler 2009). Ezek a kiegészítő információk főként a kulturális-etnikai kapcsolatokra vonatkoznak, a korai (kb. Kr.e. 2000-ig) időszakokban szinte kizárólag régészeti információk, később vegyesen, jórészt a történettudomány és az antropológia adatai. A várható ismeretanyag miatt térképi alpnak az 1:2000000 méretarányt választottuk. A térképmű folyamatosan változó geometriája alapvetően három tényezőtől függött, a tengerszint folyamatos emelkedésétől, a földkéreg mozgásaiból és a belső kontinentális földrajzi változásoktól.

Ahhoz, hogy a figyelembe vett legkorábbi időszakoktól kezdve folyamatos adatfeldolgozást lehessen elérni, illetve az elkészített anyagok között a rendszerben összehasonlításokat, elemzéseket lehessen végrehajtani, a meghatározó régészeti kultúrákat (jellemzően az eljegesedés végén meghatározhatókat) számszerű kódrendszerrel láttuk el. Ennek oka a későbbi keveredések rögzítési lehetősége, és az elemzés elősegítése volt. A kódolás a matematikai műveletek elvégzésének lehetőségén kívül még a térképek megjelenítésénél az egységes jelkulcsos ábrázolást is elősegítette, hiszen így az egész vizsgálat időszakra azonos jelkulccsal, az értelmezést nem zavarva lehetett térképeket előállítani (4. ábra).

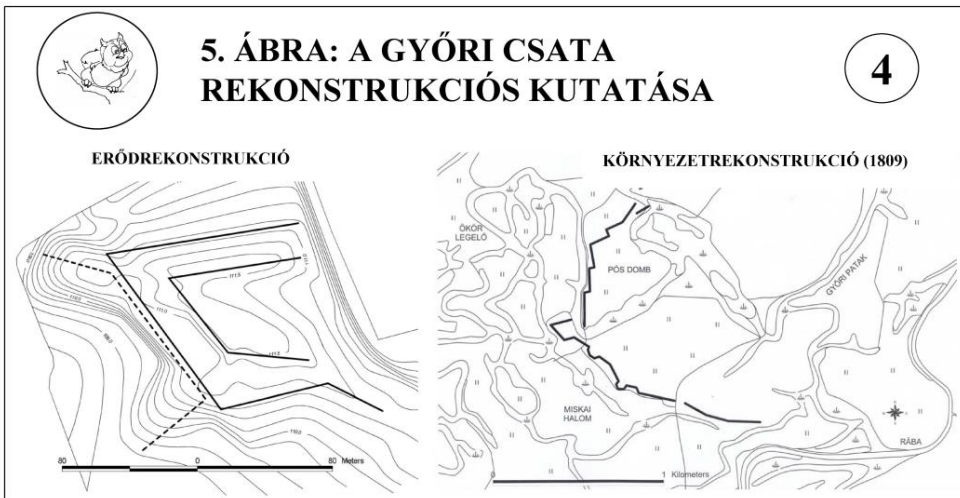


4. ábra. Európa etnikai és kulturális rendszere

A kiragadott következő (a 3. ábrán 4. számmal jelzett) téma a győri csata körülményeinek kutatása, ami kiterjedt a korabeli (1809) környezet, valamint a már nem létező sánctábor rekonstrukciójára. Ennek a legfontosabb oka abban volt, hogy a történeti evidencia ellenére gyakorlatilag nincs semmi nyoma az erődítéseknek a térképeken, valamint a fontos terep-elemek jó része (pl. Pándzsa patak, települések helye) teljesen megváltozott, így már nem alkalmas az akkori események magyarázatára. A kutatás folyamán megkíséreltük a sánctábor elemeit azonosítani, topográfiai térképek, légi-fényképek és terepi mérések segítségével. Az alapvető módszer a rendelkezésre álló adatforrások kiértékelése után ezen eredmények beintegrálása volt egy egységes térinformatikai rendszerbe. Majd az így integrált információk értékelését követően a kijelölt, érdekes terepszakaszokon terepi felméréseket is végrehajtottunk 10-20 cm-es szintvonalakkal, hogy a még esetleg így azonosítható objektumok pontos alakját meghatározzuk (5. ábra). Így az egész vonalból (elméletileg kb. 7 km) mintegy 4 km-es szakaszt sikerült lokalizálni.

A felderített és felmért szakaszokon többfajta erődelemet sikerült elkülöníteni. Valószínűsíthető egy majdnem folyamatos (a mocsarak kihagyásával épített) törtvonalú sánc, amit önálló erődök szakítanak meg.

Külön érdekesség volt a sánctábort nagyrészt határoló mocsárvidék kutatása. Röviden az állapítható meg, hogy ezek a mocsarak (régí patakmedrek) az elmúlt 200 évben nem változtatták alakjukat, helyüket, még a Rába szabályozásának hatására sem. Az összes fellelhető térkép ábrázolja őket, így az időben való vizsgálat viszonylag könnyű volt.. Ezen kívül a légi-fényképek tanulmányozása is azt mutatja, hogy nem csak, hogy nem változtak meg, hanem időleges emberi beavatkozás sem történt, tehát az esetlegesen betemetett, áthidalt mocsaras szakaszokat nem ásták ki újra. ezt a terep-bejárás is megerősítette. Ez alapján végül kimondhattuk tehát, hogy a sánctábor egymástól különálló részekből állt. Ezeket a részeket az ágyúállások kötötték össze esetleges pásztázó tűzvezetésükkel (5. ábra). Ez a vizsgálat részben kiegészítette a történelmi ismereteket, részben azonban olyan új kérdéseket is fölvetett, amelyekre választ csak a további történeti kutatások adhatnak.



5. ábra. A győri csata rekonstrukciós kutatása

3 Összefoglalás

A fenti kiragadott példák alapján összegezve megállapíthatók az alábbiak:

1. A térképész szakma sajátos módszerei eredményesek a történeti folyamatok elemzésénél
2. Ugyanezek a lehetőségek segíthetik a kiegészítéseket, új kérdések felvetését, némely homályos háttérű jelenségre a válaszadást

3. A siker eléréséhez nem szükséges a történettudományok módszereit alkalmazni. A térinformatikai vizsgálatok eredményei meggyőzőbbek, ha mindenki a saját szakterületének kutatási lehetőségeivel foglalkozik
4. A térinformatika és a térképészet olyan potenciális lehetőségeket biztosít a történettudomány és a régészet számára, amely nagyon sok esetben továbbblendítheti a kutatásokat, felpezsdítheti a fejlődést (természetesen mérnöki szakmai segítséggel)
5. A humán területek igénye a mérnöki jellegű vizsgálatokra növekszik, a negatív hozzáállás általában csökken. Szabad a pálya.

Hivatkozások

- Winkler G** (2004): Erődítés- és környezetrekonstrukció térinformatikai eszközökkel. Sopron, Geomatikai Közlemények VII., 127-133.
- Selinger S, Winkler G, Juhász A** (2004): Kolozsvár-Belváros térinformatika alapú építészettörténeti adatbázisa. Sopron, Geomatikai Közlemények VII., 127-133.
- Winkler G** (2004): Reneszánsz erődépítészet Magyarországon. Tinta Könyvkiadó, Budapest.
- Winkler G** (2006): A pilismaróti erődítmény kutatása. Várak, kastélyok, templomok 2006/5, 18-20.
- Winkler G** (2007): Erődvárosok, városerődítések. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Winkler G, Juhász A** (2007): Nagyfelbontású űrfelvételek használatának lehetőségei hadtörténeti rekonstrukciókban. Geodézia és Kartográfia 2007/6, 23-26.
- Winkler G** (2009): Elfelejtett kapcsolatok (tér, idő, magyarság, kereszténység). Gergely Kft (Anima), Budapest.

TÁRGYREKONSTRUKCIÓ EGY KAMERA ÉS LÉZER SEGÍTSÉGÉVEL

Kertész Imre, Barsi Árpád**



Object reconstruction with one camera and structured laser beam – The BME Department of Photogrammetry and Geoinformatics has a few years experience in the development of mobile road measuring systems. After the first successes it came up that a much simpler design solution could be developed. The new system use just a single camera instead of ones. The benefit of this that the new instrument is cheaper, on the other hand the data capture would be faster by the simpler construction.

Keywords: object reconstruction, camera, structured laser beam

A BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszéke több éves tapasztalattal rendelkezik mobil útburkolat felmérő rendszerek fejlesztésében. Az első sikerek után felmerült, hogy ki lehetne fejleszteni egy sokkal egyszerűbb konstrukcióval rendelkező megoldást is. Az új rendszerben két kamera helyett csak egy kap helyet, aminek az előnye egyrészt, hogy az új műszer olcsóbb, másrészt az egyszerűbb felépítés gyorsabb adatrögzítést tesz lehetővé.

Kulcsszavak: tárgyrekonstrukció, kamera, strukturált lézerefény

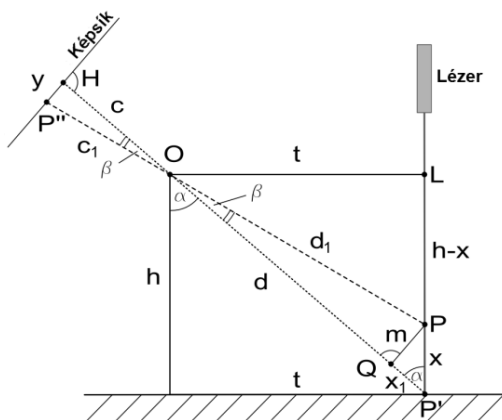
1 Bevezetés

A Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék 2004 óta foglalkozik mobil térképező rendszer fejlesztésével. Az elmúlt időszakban sikerült kialakítani egy útburkolat felmérő rendszert (PHORMS), amely az átadást követően egy budapesti útkarbantartó vállalatnál teljesít szolgálatot. A fejlesztés és tesztelés során derült fény arra, hogy a korábban megtervezett és később megépített rendszernek milyen hátrányai vannak a mindennapi használatban. Ezeknek a hátrányoknak a kiküszöbölése volt a cél a következő tervben lévő rendszer tervezésénél.

A PHORMS két kamera segítségével és előmetszéssel számítja a burkolat bizonyos pontjaiban a relatív magasságot (Barsi et al, 2005). A két kamera hátránya, hogy nagy adatmennyiséget kell egyszerre kezelnie a képek mentéséért felelős számítógépnek, ezért a kamerák képrögzítési sebessége nem lehet bizonyos képkocka/másodpercnél nagyobb. Ez azt jelenti, hogy a mintavételezés sűrűsége korlátozott (Kertész I, Barsi Á 2009). Ezért a most ismertetésre kerülő koncepciónál már csak egy kamera végzi a képek rögzítését. Ennek előnye nem csak az, hogy a mintavételezés gyakorisága nő, hanem a rendszer kalibrálása is egyszerűbb.

2 A rendszer koncepciója

Az útburkolat felmérő rendszer második verziójának létrehozása előtt szükség volt egy relatív magasság meghatározására alkalmas módszer megalkotására. Az 1. ábrán látható az egy kamerás tárgyrekonstrukciós rendszer modellje. A rendszer tartalmaz egy kamerát és egy vonalvetítő lézert. Egy tárgy magasságának a kiszámításához arra van szükség, hogy a lézer függőlegesen álljon és a kamera képén az általa kivetített vonal a rögzített kép középvonalában jelenjen meg. Ha ezek a feltételek nem teljesülnek különböző hibák lépnek fel, amikről a későbbi fejezetekben még szó lesz. Ha az ábrát megnézzük, akkor látható, hogy az m távolságra két kifejezés írható fel, amelyek segítségével m meghatározható. A két kifejezésből összekombinált másodfokú egyenletből levezethető az y képkoordináta függvényeként az x tárgymagasság (Lovas et al, 2008). Két megoldás lesz (2) és (3). Az x magasság meghatározásához a t , h és c paraméterek ismerete szükséges (a képkoordinátán kívül).



1. ábra. Egy kamerával történő tárgymagasság meghatározás geometriai modellje

$$\frac{\sqrt{t^2 + (h-x)^2} \cdot y}{\sqrt{c^2 + y^2}} = x \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{t}{h}\right)\right) \quad (1)$$

$$x = -\frac{y \cdot h^2 + y \cdot t^2}{c \cdot t - h \cdot y} \quad (2)$$

$$x = \frac{y \cdot h^2 + y \cdot t^2}{c \cdot t + h \cdot y} \quad (3)$$

A két megoldás segítségével – attól függően, hogy a képsíkon a kép középvonalához képest az y tengelyen merre vesszük fel a pozitív irányt – meg lehet határozni egy tárgy magasságát vagy egy objektum mélységét a kalibrálásnál meghatározott nulla szinthez képest.

Az (2) képlet pozitív y képkordináta és a 3 paraméter ismeretében megadja az x -et mint mélységet, a (3) képlet pedig mint kiemelkedést. Ha a kép középvonalát vesszük a nulla szintnek, akkor pozitív és negatív képkordinátákat is mérhetünk, ekkor elég az egyik képletet használni (attól függően, hogy a képen fölfelé vagy lefelé néz az y -tengely pozitív iránya).

3 A kísérlethez használt eszközök

A kísérleti mérések egy TheImagingSource DFK 41F02 kamerával (felbontás 1280x960 pixel, Pentax objektívvel, aminek a c fókusz távolsága 4,8 mm) és egy 5mW-os, 660nm hullámhosszúságú lézerrel történtek (Lovas et al, 2008). A lézer egy speciális lencse segítségével vonal vetítésre volt alkalmas. A kamera egy állványra volt felszerelve, ahogy az a 2. ábrán is látszik, vele szemben volt a lézer függőleges pozícióban és egy kb. 20 cm hosszú vonalat vetített a padlóra. A mérés megkezdése előtt le kellett mérni a számításhoz szükséges h és t paraméterek hosszát ($h = 685$ mm, $t = 576$ mm), c az optikai adatok szerint ismert volt ($c = 4,8$ mm).

A tesztek során több tárgy vizsgálata is megtörtént. A tárgyak között volt egyszerű és összetett felületű is, erre a 3. ábrán látható két példa. A kísérleti mérések során a kamera mozdulatlan volt, a képek manuális pozícióval készültek.



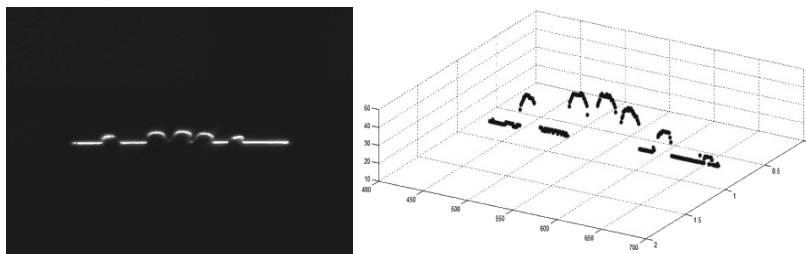
2. ábra. Ferde tengelyű kamera és a függőleges lézer által vetített vonal



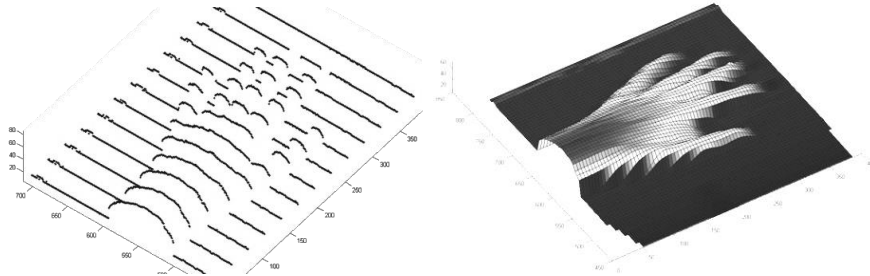
3. ábra. Két kísérleti tárgy

4 A mérés menete, kinyert adatok

A mérés során először a tárgyról különböző pozíciókban képek készülnek a beállított kamerával, amely képeken a kivetített lézer vonal a tárgyat különböző szelvényekben metszi. Miután a rögzítés megtörtént, az egyes képeken meg kell határozni a lézervonal pixel koordinátáit. Mivel a vonal nem egy pixel szélességű, ezért a meghatározás során mindig a vonal legfelső pixeleinek koordinátáiból történik a magasság kiszámítása. Az így kapott koordinátákat át kell számolni valódi képkoordinátákká a valódi pixelméret segítségével. Ezek után a megfelelő képlet segítségével az adott pixel magassága számítható.



4. ábra. Kamera által rögzített kép (balra) és az algoritmus által számolt profil a kép alapján (jobbra)



5. ábra. Szelvények egymás után (balra) és a modell (jobbra)

A képek segítségével előállíthatók a vizsgált tárgy szelvényei, ha pedig a szelvényeket helyes sorrendben a megfelelő távolságra rakjuk egymástól, előállíthatjuk a tárgy modelljét. Az 5. ábrán a mért profilok valamint az azokra interpolált harmadfokú felület látható (Lovas et al. 2008).

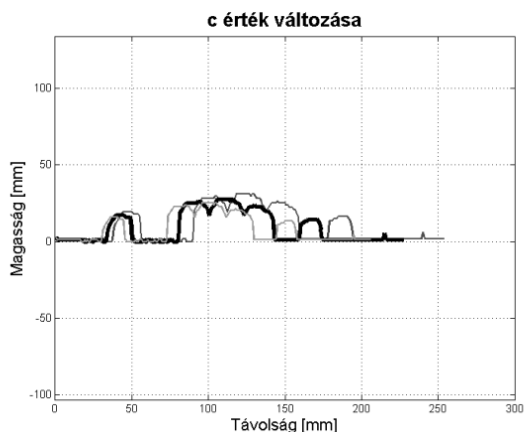
5 A paraméterek változásának vizsgálata

A három paraméter (h , t , c) minél pontosabb meghatározása a rendszer szempontjából nagyon fontos feladat, mert lehet, hogy a legkisebb pontatlanság is jelentősen befolyásolja a rendszer által szolgáltatott eredményt. Ezért a paraméterek megváltozásának vizsgálata szükséges az alkalmazása előtt. A paraméterek vizsgálata egy kézfejről készült profil segítségével történt. A paraméterek alapértékei a következők voltak: $h = 685$ mm, $t = 576$ mm, $c = 4,8$ mm. Természetesen hasonló vizsgálatokat a konkrét alkalmazási esetekben mindig el kell végezni. A következő ábrákon fekete vastag vonallal az eredeti profil, a sötétszürke a csökkentett paraméterhez tartozó, a világosszürke pedig a megnövelt paraméter értékhez tartozó profil.

6 A fókusztávolság (c) változása

A fókusztávolság vizsgálatánál az alapértéktől való eltérés ± 0.5 mm volt. A kézfejen a középső ujj magassága nagyjából 25 mm volt. A 6. ábrán látható, hogy a c érték ~ 10 %-os megváltozása ~ 10 %-os magasság torzulást okozott a kiválasztott profilon (az ábrán vastag vonallal).

Vízszintes irányban ~ 10 %-kal lett hosszabb a profil. Azonban ahogy közeledünk a kép szélei felé (nagyobb méretű tárgyak esetén) a magasság értékek egyre jobban torzulnak.



6. ábra. A fókusztávolság megváltozásának hatása a profilra

A kísérlet rendszer elvén működő műszert útburkolat felmérésére tervezzük, s mivel ott csak kis magasságú objektumok vizsgálatára lesz szükség, megállapítható, hogy a fókusztávolság értékének százalékos hibája a magasság hibáját jellemzi százalék értékben.

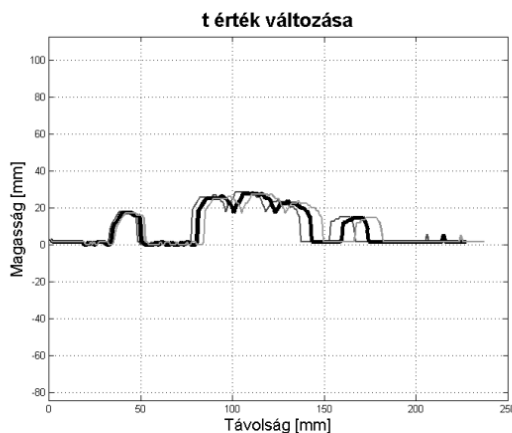
7 A kamera függőleges síkjától mért tárgy távolság (t) változása

A tárgy távolság vizsgálatánál az alapértéktől való eltérés ± 60 mm volt, ami nagyjából a teljes távolság 10 %-a. Ez az eltérés maximum 2 %-os torzulást okozott a számított magasságokban. Nem mindegy azonban, hogy a t távolság rövidebb, vagy hosszabb lesz, ugyanis az ábrához használt profílnál kétszer akkora hibát okozott a rövidebb t (2 %), mint a hosszabb (1 %).

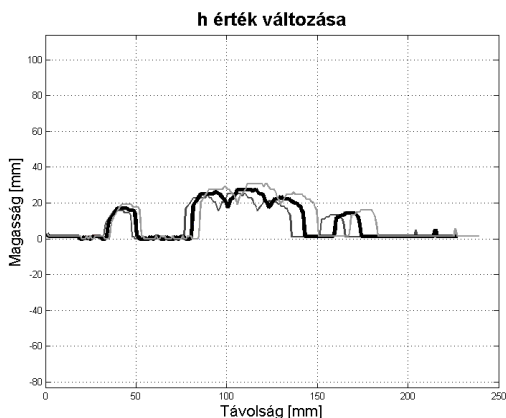
Vízszintes irányban a torzulás kevesebb, mint 5 %-a volt a profil teljes hosszának. Az is megfigyelhető, hogy vízszintes torzulásnak a függőleges torzuláshoz képest ellentétes előjele van.

8 A kamera magasság (h) változása

A magasság vizsgálatánál az alapértéktől való eltérés ± 60 mm volt, ami a teljes magasság közel 9%-a. Ez a kamera magasság eltérése a számított magasságoknál ~ 10 %-os, a profil szélességében ~ 5 % hibát okozott (8. ábra).



7. ábra. A tárgy távolság megváltozásának hatása a profílna



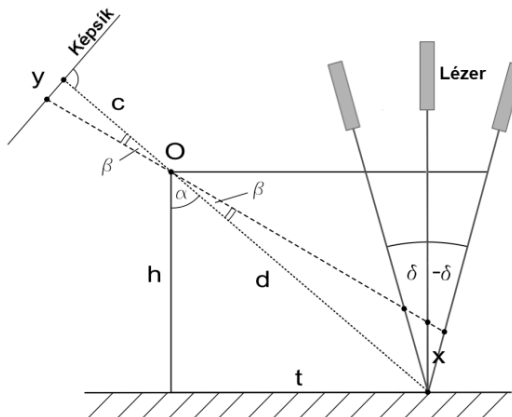
8. ábra. A kamera magasság megváltozásának hatása a profílna

9 Nem függőleges lézer hatása

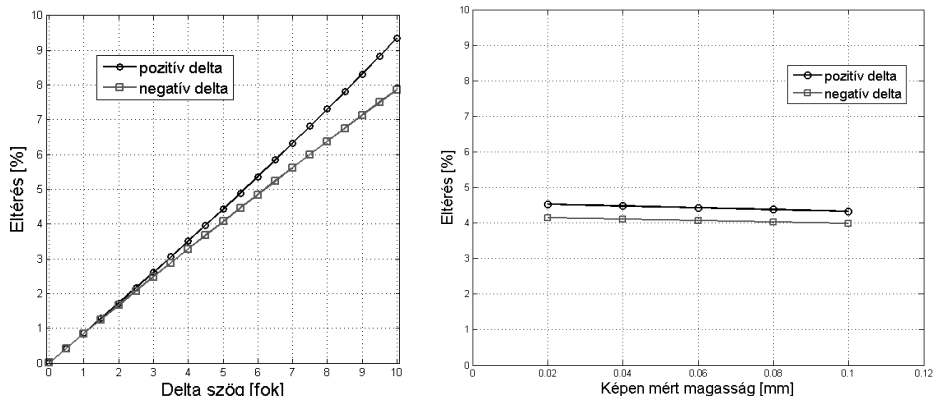
Miután a paraméterek vizsgálata megtörtént, fontos elemezni, hogy a mérési adatokból számított magasságokat hogyan befolyásolja, ha a lézer nem függőleges pozícióban van. Ha a műszer egy járműre van erősítve, akkor fel kell tételezni, hogy a jármű haladása közben a lézer esetleg elmozdulhat.

Azt hogy a függőlegestől való eltérés a számított magasságokra milyen hatással van, egy fiktív mérés segítségével modellezhető. A méréshez használt modell adatai a következők: $h = 1000$ mm, $t = 500$ mm, $c = 4,8$ mm. A 9. ábrán látható hogy ugyanahhoz az y képkordinátához milyen tárgy-magasságok tartozhatnak különböző $\pm \delta$ szögelfordulások esetén. A fiktív adatok segítségével többféle δ és képkordináta érték is vizsgálatra került, az eredmények a 10. ábrán találhatók. Az ábra bal oldalán látható, hogy a δ szög növekedésével a számított magasságok értéke hogyan változik. Minél nagyobb δ értéke annál nagyobb a számított és valódi magasság százalékos eltérése (a számított magasságok értéke jelentősen torzul). Az is megfigyelhető, hogy nem mindegy, hogy a szög előjele pozitív vagy negatív. Pozitív előjel esetén az eltérések nagyobbak lesznek, mint ugyanakkora negatív előjelű szög esetén.

Ha a δ szög értékét nem változtatjuk ($\delta = 5^\circ$) és úgy vizsgáljuk a magasságértékeket, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy szintén van eltérés a különböző előjelű δ szög esetén (10. ábra jobb oldal), viszont a hibák százalékos értéke szinte konstans.



9. ábra. Nem függőleges lézer



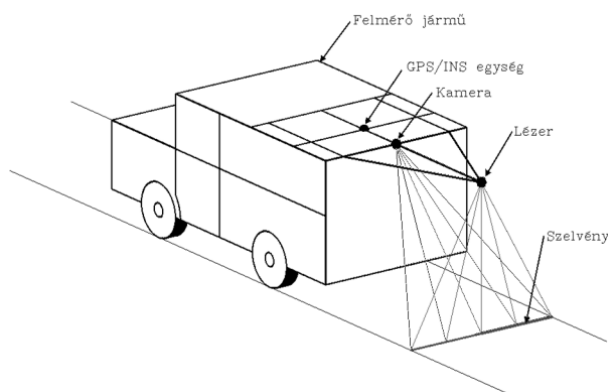
10. ábra. δ szögű ferdeség hatása a számított magasságokra

10 A tervezett mérőjármű

A későbbiek során egy a cikkben ismertetett elven működő mérőjármű kifejlesztése a cél, aminek a modellje a 11. ábrán látható. Ehhez persze további vizsgálatoknak kell alávetni a jelenlegi mérnökmodellt.

Fontos kérdés, hogy a kamera milyen szögben álljon (α szög mekkora legyen) ugyanis ez döntően befolyásolja azt, hogy a lézervonalból az egyes objektumok mekkora részt fognak kitakarítani. Az α szöget minél kisebbre választjuk, annál kisebb lesz a kitakarás esélye. Kis α szögnél viszont a képsíkon a tárgy magassága kevesebb pixelen képződik le, mint nagyobb α szögnél. Ez pedig jelentősen befolyásolja a rendszer pontosságát.

Azt is figyelembe kell venni, hogy a kamera felbontása szintén hatással van a műszer pontosságára: minél nagyobb a felbontás, annál pontosabban lehet meghatározni a magasságokat.



11. ábra. Egy kamerás útburkolat felmérő jármű modellje

11 Összefoglalás

Az eddig elvégzett tesztek alapján elmondható, hogy módszer használható tárgy profilok meghatározására. Ahhoz, hogy a rendszer megfelelő pontosságú legyen biztosítani kell, hogy a komponensek (kamera, lézer) a geometriai modell szerint helyezkedjenek el egymáshoz képest, mert a rendszer bizonyos hibákra érzékeny (pl. nem függőleges lézer helyzet). A rendszer előnye a korábbi két kamerás rendszerhez képest, hogy sokkal gyorsabb az adatrögzítés és feldolgozás azonkívül a tárolt adatmennyiség is fele lehet a korábbiaknak.

Hivatkozások

- Lovas T, Kertész I, Fi I, Barsi Á (2008): Photogrammetric pavement detection system. ISPRS XXXVII: (B5) pp. 897-902.
- Barsi Á, Fi I, Lovas T, Mélykúti G, Takács B, Tóth C, Tóth Z (2005): Mobile pavement measurement system.: A concept study. Baltimore, Amerikai Egyesült Államok, ASPRS, pp. 1-8.
- Barsi Á, Fi I, Mélykúti G, Lovas T, Tóth Z (2005): Úthibák detektálása - Mobil felmérő rendszer fejlesztése a BME-n. Budapest, Mélyépítő Tükörcép 4: (3) pp. 32-33.
- Kertész I, Lovas T, Barsi Á (2009): Úthálózat felmérése Budapesten kamerás mobil térképező rendszerrel. Sopron, Geomatikai közlemények XII, 301-307.

IDŐKEZELÉS, GIS, HADTÖRTÉNELEM

Juhász Attila*



Managing the time issue, GIS, military history – There is no general and comprehensive solution to manage time data in GIS. The widely known concepts developed to solve special problems. In my paper I review these concepts, the problems of handling the time data and the viewpoints of grouping. Finally I discuss the problems of time issue in my own research theme, the military historical reconstruction.

Keywords: GIS, time, military history

Az idő komplex kezelése a térinformációs rendszerekben még nem megoldott. Általában csak feladatspecifikus megoldások ismertek. Cikkemben áttekintem az időadatok kezelésekor felmerülő nehézségeket, a modellek csoportosítási szempontjait, részletezem az időadatok is feldolgozó adatmodellek funkcióit. Végül a hadtörténeti rekonstrukciók vonatkozásában mutatom be a legfőbb problémákat és az adatmodellek alkalmazásának lehetőségeit.

Kulcsszavak: térinformatika, idő, hadtörténelem

1 Bevezetés

A térinformatika alkalmazása ma már széles körben elterjedt és elismert. Az alkalmazások igen nagy részében szükség van az időbeli vizsgálatokra is. Az idő adatok kezelése azonban másfajta megközelítést igényel, mint a térbeli adatoké. Saját kutatási területemen én is szembekerültem ezzel a problémával. A megoldás keresése közben áttekintettem a már ismert koncepciókat, a modellek funkcióit és csoportosítási lehetőségeit. Az alábbiakban ezeket ismertetem tömör formában. A térinformatika hadtörténeti rekonstrukcióban történő alkalmazása e tekintetben is speciálisnak tekinthető, mert önállóan az ismert koncepciók egyike sem oldja meg a felmerülő problémákat.

2 Az idő kezelésének problémái és lehetőségei

Az időbeli információkat feldolgozó térinformációs rendszerek célja nem más, mint ezeknek az adatoknak a térbeli adatokéhoz hasonló kezelése, elemzése. Az idő adatok tekintetében azonban problémák merülnek fel, amelyek alapvetően két okra vezethetők vissza. Az első bizonytalanság az idő, mint fogalom meghatározásából adódik, ami filozófiai kérdés és én e keretek között nem is szeretnék vele foglalkozni. A másik probléma a térinformatika topográfiai és kartográfiai örökségéből származik és ebből adódóan általában statikus állapotok tárolását jelenti az adatbázisokban.

Az időbeli folyamatok bizonyos elemzéseikhez azonban a változások vizsgálata szükséges, nem pedig állapotsorok rögzítése. Mellesleg az egyes állapotképek tartalmazzák a megváltozott és a változatlan részeket is, így redundanciát okoznak. Fontos szempont a mintavételezés időintervallumának helyes megválasztása, hiszen ellenkező esetben részfolyamatok válhatnak „láthatatlanná”. Ezzel össze is foglaltam a hagyományos rendszerek hátrányait az időkezelés tekintetében. Ezeket a korlátokat figyelembe véve beszélhetünk időbeli (temporal), és hagyományos (atemporal) adatbázisokról. (Langran, 1993)

A következőkben sorra veszem azokat a nehézségeket, amelyek az idő adatok térinformatikai feldolgozásánál fennállnak. Problémák adódhatnak már a feladatok megértésében is, hiszen az idő adatok eltérést mutatnak a térbeli orientációtól, navigációtól. Lehetséges például az időben hátra-, és előre lépni (szcenáriók). Olyan fogalmakat kell tudni kezelni, mint például a kialakulás, tartam, megszűnés, periodicitás, ami a formalizálásban jelent nehézséget. Végül a már említett komplex kezelés kérdése: a térbeli és időbeli felbontás, a méretarány függőség, a változások modellezése, valamint a térbelihez hasonló elemzések lehetővé tétele.

A konkrét térinformatikai koncepciók ismertetése előtt, sorra veszem az adatmodellek csoportosításának lehetőségeit. Ezek döntően a funkciókból adódnak, de elsőként érdemes két alapvető megközelítést elkülönítenünk, amely már-már filozófiai mélységű. Az első szerint az időbeli kiterjedés különbözik a térbelitől. A különböző időbeli állapotok szerves belső részét képezik egy-egy objektumnak, melyeket így akár időbeli kompozitoknak is nevezhetünk. Mint a hernyó és a pillangó, melyek ugyanannak a lénynek különböző állapotai. A másik megközelítés szerint azonban az időbeli kiterjedés szemantikailag azonos a térbelivel, az idő „csupán” egy újabb dimenzió. A térbeli objektumok idősorokban készült állapotképekkel írhatók le. A következőkben, pedig az adatmodellek konkrét csoportosítási szempontjai:

- *alkalmazás* szerint, amikor a két eredeti komponens (helyzet, attribútum) egészül ki a harmadik, idő komponenssel, és a feladattól függően az egyik komponens meg van kötve, egy másik kontrollált (egy értéktartományban mozog) és csak a harmadik komponens kerül meghatározásra mérésel.
- *tér-idő dominancia* alapján, mely szerint az egyes alkalmazásokban a tér és az idő komponensek nem mindig szerepelnek azonos súllyal.
- *időtartam* tekintetében „ad hoc” és „permanens” jellegű adatbázisokat lehet megkülönböztetni. Előbbiek egyedi feladatok kapcsán jönnek létre és a probléma megoldása után lezártnak tekinthetők, míg utóbbiak folyamatos működés mellett újabb és újabb információkkal és a hozzájuk tartozó műveletekkel egészülnek ki.
- *adatfrissítés* tekintetében egyes adatbázisok a régi információkat törlik, felülírják, vagy pedig az új adatokkal helyettesítik a régieket, azok megőrzése mellett.
- *adatok megjelenítésére* változatos módszereket használnak a különböző alkalmazásokban: adatok grafikus vagy szöveges módosítása, kiegészítése, tematikus szimbólumok, idősorok, animáció

3 Térinformatikai koncepciók

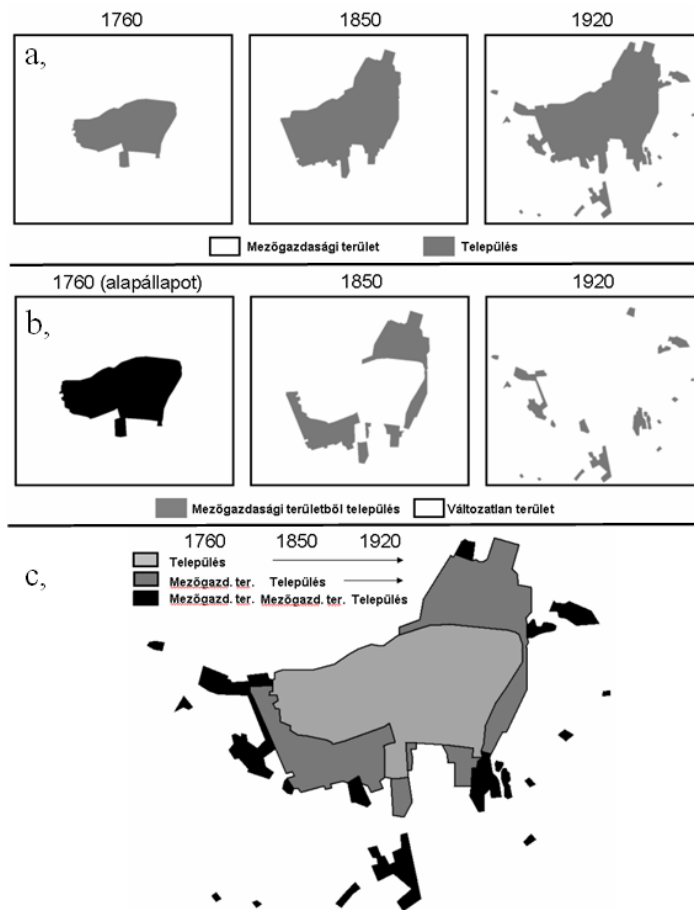
Ebben a fejezetben bemutatom az ismert koncepciókat az idő adatok térinformatikai környezetben történő kezelésére. Az ismertetés sorrendje egyben a fejlődési sorrendet is jelenti.

Tér-idő kocka: Ez az elképzelés a két térbeli dimenzióban történő folyamatokat ábrázolja az idő függvényében. Az információ kinyerése egy referencia pont, egy vektor, egy metszet vagy egy kisebb kocka kijelölésével történhet.

Szekvenciális állapotképek: Adott időpillanatokban készített állapotképek sorozata, ami hasonlít a lepergő filmkockákra is. Hátrányai a rejtett struktúra, hiszen hiányzik a változások kezelése, megjelenítése, valamint a redundáns adattárolás, mert a változatlan információkat is megjeleníti minden állapotképen. Ezek miatt a különböző időpontbeli állapotok közötti különbség meghatározása nehézkes lehet.

Alapállapot módosításokkal: A koncepció állapotképek sorozatát jelenti, kiemelve a különböző időpontok közötti változásokat. Előnye, hogy az egyes időpontokhoz kapcsolódóan nem szükséges a teljes vizsgálati terület objektumait tárolni, hanem csak a változásokat. A változások típusa, időzítése, illetve sorrendje jelenti az időbeliség tulajdonképpeni lényegét. E megoldás további előnyei a nyilvánvalóan időbeli adatstruktúra és a minimális redundancia.

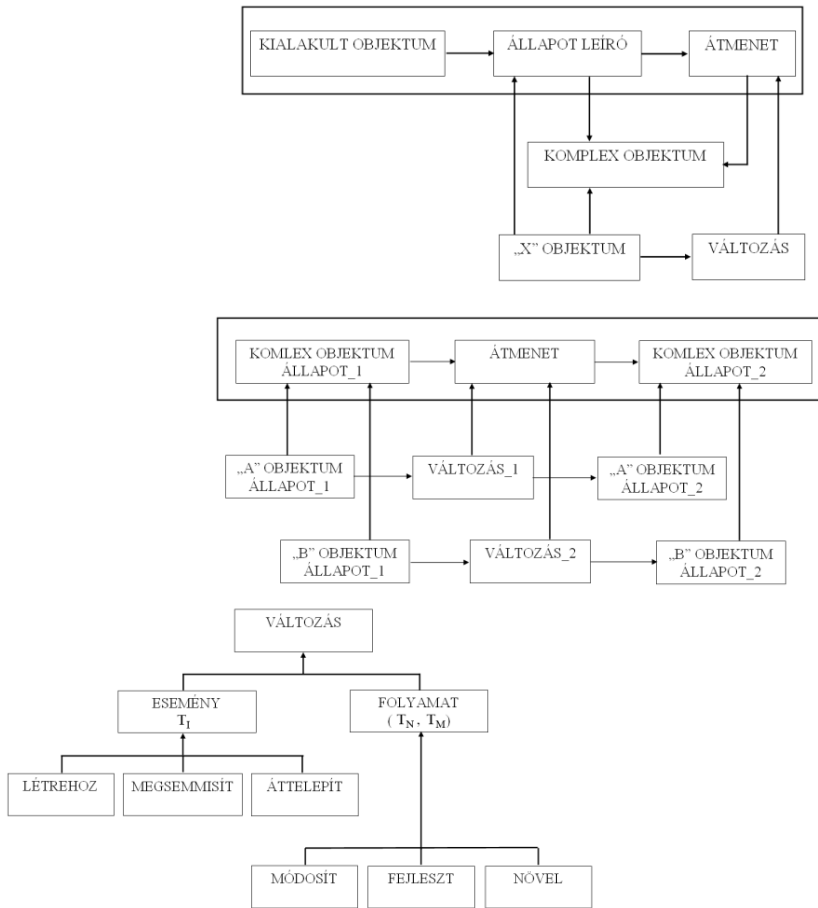
Tér-idő kompozit: Ez a megoldás az „Alapállapot módosításokkal” koncepcióból indul ki és további – különösen adattárolási – célokat valósít meg. Az egyes entitások „történetét”, attribútum típusú adatok tárolják. Egy tér-idő kompozit generálása egy időbeli állapotsorból a három dimenzió kettőre történő redukálását jelenti, ami lehetőséget teremt a térbeli komponens kezelésére az idő kizárásával, illetve az idő kezelésére a helyzeti információk nélkülözésével. A koncepció legfőbb hátránya, hogy egy idő után a modellben egyre növekvő számú és egyre kisebb területű entitásokat kell ábrázolni, így csak viszonylag kis terület és kis időintervallum esetén alkalmazható hatékonyan (1. ábra).



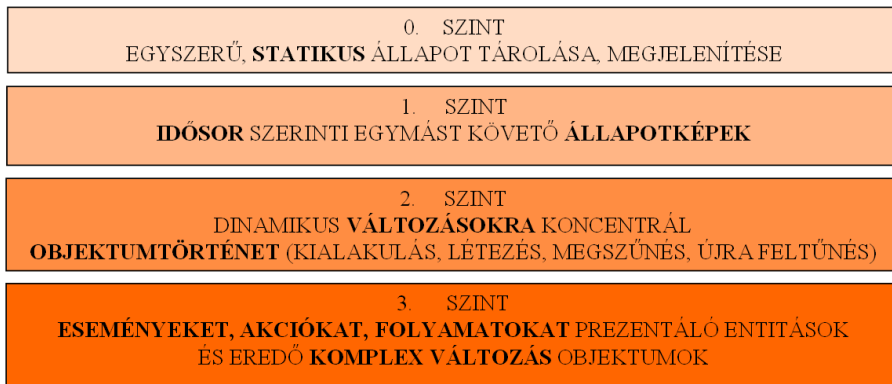
1. ábra. Térinformatikai koncepciók: a, szekvenciális állapotképek b, alapállapot módosításokkal c, tér-idő kompozit

Ez a modell is egy alapállapotból indul ki és az egyes időpontokhoz kapcsolódóan tárolja az objektumok verzióit. Az objektumok állapotát az attribútum adatok írják le. A modellben a változások is objektumokként jelennek meg, események vagy folyamatok formájában, melyek szintén rendelkeznek attribútumokkal. Az események adott időponttal, míg a folyamatok egy időintervallummal jellemezhetők. A változások az objektumok attribútumain keresztül alakítják ki az új állapotot, azaz ugyanazon objektum két állapota (verziója) között egy változás teremt kapcsolatot. Az egyedi objektumok és változások magasabb szinten szerveződnek „komplex objektumokba” (pl. régió) és „átmenetekbe”. Végül még egy szinttel feljebb két összefoglaló jellegű objektum típus létezik: a „kialakult objektum” és az „állapot leíró”. Ezek közvetlen kapcsolatban vannak az egyedi és komplex objektumokkal és az átmenetekkel is, így tulajdonképpen az egyes objektumtörténeteket tartalmazzzák. Ez egyfajta redundanciát eredményez, de azért van szükség rá, mert például egyes objektumok megszűnhetnek és csak ily módon marad „nyomuk” az adatbázisban. (2. ábra).

Összefoglalva az idő adatok feldolgozását is lehetővé tevő térinformációs rendszerek eddigi fejlődését négy jól elkülöníthető szintet különböztethetünk meg. A legegyszerűbb megoldás tulajdonképpen abszolút nélkülözi az időbeliséget, mert egy egyszerű adott időponthoz köthető statikus állapotot jelent. A következő szint is nélkülözi még a valós időbeli struktúrát, de az idősorba rendezett állapotképek már egyszerű időbeli összehasonlító vizsgálatokat lehetővé tesznek. A harmadik szinten jelenik meg először a változások entitásként vagy objektumként való kezelése, ami már valós időbeli struktúrát jelent. A folyamatok és események egyedi és átfogó komplex elemzésére azonban csak a legmagasabb szintű adatmodellek alkalmasak. (3. ábra).



2. ábra. Az objektum orientált adatmodell három szintje



3. ábra. Az adatmodellek fejlettségi szintjei

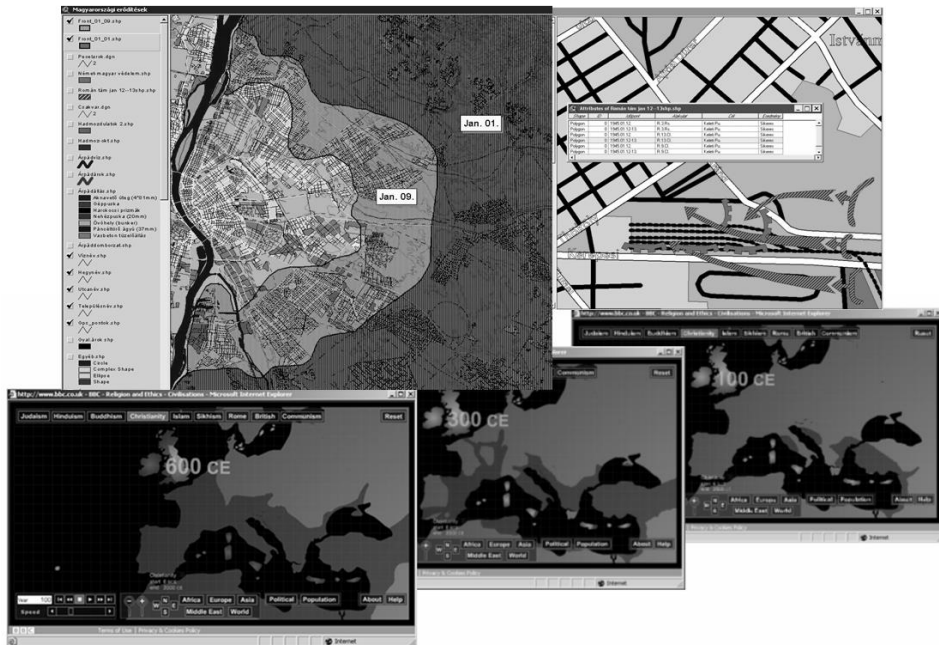
4 Térinformatika a hadtörténelemben

E fejezetben a térinformatika egy speciális alkalmazási területéről mutatok be példát az idő adatok kezelési, megjelenítési lehetőségeire. A hadtörténelem mellett a térinformációs rendszerek régészeti felhasználásáról is érdemes említést tenni, hiszen a két terület szorosan összefügg. Mindkét tudó-

mányterület már „felfedezte” a térinformatikát és jól is alkalmazza. Ezeknek a humán alkalmazásokban kialakított adatbázisok célja döntően az adattárolás, nyilvántartás, amely meghatározza az idő adatok szerepét is. Általában az egyes objektumok attribútumaiként jelennek meg az időpontok. Közös jellemzője még mindkét területnek az adatforrások korlátozott száma, ami döntő befolyással van a különböző feladatok végrehajtására, végrehajthatóságára. A térinformatika által nyújtott legfőbb előny éppen az, hogy ezeket a sokszor geometriájában és tematikájában is igen változatos információ halmazokat képes egy egységes rendszerben összefogni és ezáltal lehetőséget kínál olyan összetett elemzésekre is, amelyeket korábban nem vagy csak nagy nehézségek árán lehetett végrehajtani (Juhász, 2004). A régészeti és hadtörténeti adatbázisok döntően az alacsonyabb szintű statikus vagy idősoros rendszerek közé sorolhatók. A funkciók közül tradicionálisan kiemelkedik a megjelenítés (különösen a hadtörténelemben), aminek szinte az összes lehetséges módozatát használják a különböző alkalmazások (lásd korábban a csoportosítási szempontoknál). A 4. ábrán egy-egy jellemző példa látható a megjelenítési módozatokra.

5 Összefoglalás

Az idő térinformatikai kezelésével kapcsolatosan, ha azt a célt fogalmazzuk meg, hogy a térbeli adatokhoz hasonlóan szeretnénk ezeket vizsgálni, elemezni, akkor azt mondhatjuk, hogy ma még nem ismert olyan általánosan felhasználható, komplex megoldás, ami ezt lehetővé tenné. A számos ismert adatmodell döntően feladatspecifikus, ezért nem vagy csak nehezen implementálható más alkalmazásokban.



3. ábra. Az adatmodellek fejlettségi szintjei

Hivatkozások

- Langran G** (1993): Time in Geographic Information Systems. Taylor & Francis, London, Washington
- Juhász A** (2004): A XIX-XX. századi tábori erődítések a Kárpát-medencében. Hadtörténeti rekonstrukció térinformatikával. TINTA Könyvkiadó, Budapest.
- Lohfink A, Carnduff T, Thomas N, Ware M** (2007): An Object-Oriented Approach to the Representation of Spatiotemporal Geographic Features. Proceedings of the 15th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, ACM GIS 2007. Seattle, Washington, USA. Article No. 35.

TÉR, IDŐ, HELY – GLOBÁLIS, REGIONÁLIS, LOKÁLIS ÉS MIKRO TEREK MODELLEZÉSE

Szabó György*



Space, Time, Place – Modelling Global, Regional, Local and Micro Places - The realistic mapping of the global, regional, local and micro environment has been an ancient dream of man. During the past centuries the capturing, recording and publishing of the spatial information has gone through a significant development. However, only the recent revolution of the Information technology has produced the adequate tools to multi-scale space, time, place management of spatial information, but these solutions generate new problems for ordinary users.

Keywords: requirements, Publications in Geomatics

A cikk a tér, idő, hely modellezésének, regisztrálásának, ábrázolásának, elemzésének nehézségei tekinti át a különböző térszerveződési szinteken. Áttekinti az egyéni életter kitérülését és a tér feletti kontrol megszerzése által megjelenő új típusú technológiai, felhasználói problémákat.

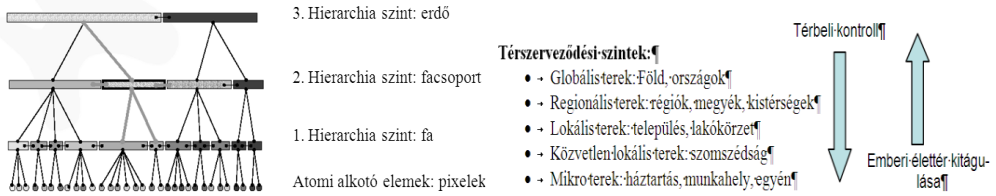
Kulcsszavak: térbeli modellezés, GIS, tér-idő kocka, tér ontológia, mereológia

1 Bevezetés

A földmérés, térképészet, információ technológia, földtudományok termékeny együttműködésével létrejött interdiszciplináris terület a térinformatika a múlt század hetvenes éveitől törekszik a bennünket körülvevő világ jelenségeinek komplex leírását biztosító modell, eszközrendszer megalkotására. A hőkorszakban rendelkezésre álló eszközök korlátai nem tették lehetővé a környezet komplex viszonyait, a rész és egész közötti összefüggéseket, a tér, idő és hely közötti összetett kapcsolatokat egyaránt kezelő megoldások megvalósítását (Detrekői 2002). A térinformatikai alkalmazások a kezdetekben a statikus térképi megjelenítés digitális modellezésére szorítkoztak. Az elmúlt emberöltő során számos kísérlet történt a térbeli jelenségek dinamikus viszonyait modellező megoldások kifejlesztésére, de a tér, idő, hely közötti viszonyokat és a modellezett jelenségek különböző léptékű, felbontású reprezentációt kezelő térinformatikai megoldások csak korlátozott funkcionalitással, egy-egy szakterület eseti feladataira kerültek kidolgozásra. A dolgozatban a környezet jelenségeinek leírására alkalmazott alapvető jellemzők közül a rész és egész közötti viszonyokat leíró mereológia, a jelenség helyzetét, kiterjedését leíró geometriai tér, a jelenség állapotváltozását leíró idő, és a jelenség fogalmi leírását biztosító ontológiai jellemzők által felvetett problémákat tekintjük át.

2 Mereológia: rész és egész viszonya

A mereológia a térben és időben jelenlévő tárgyaknak azt a sajátos jellemzőjét vizsgálja, ami a tárgyak alkotórészei és az alkotórészek halmazával jellemzett egész között fennáll (a merosz görög szó jelentése alkotórész). A mereológiai reláció a matematikai halmazelméleti relációhoz hasonlóan egy alkotórésznek a halmazba való tartozását írja le. A matematikai reláció szabályrendszere matematikai konvenció kérdése, de egy fizikai jelenség vagy tárgy esetében meg kell adnunk azt a szabályrendszert, aminek segítségével megállapítható mely komponensek alkotnak egy tárgyat, hogyan különböztetjük meg a tárgyat alkotó komponenseket a környezetet alkotó komponensektől. A földmérés térképészet világában az elmúlt évezredek során kialakult a globális, regionális, lokális és mikro környezetünk statikus jellemzésének, ábrázolásának, megjelenítésének mérési és ábrázolási módszertana (Czinkóczyk 2009). Az így létrehozott statikus modellek korlátai alapvető problémaként jelentkeznek napjaink térinformatikai alkalmazásainál, ahol a felhasználó a valós világ tárgyainak konzisztens rendszeréből szeretné kiválasztani az adott feladatot kiszolgáló részletességű



1. ábra. Térszerveződési szintek és az objektumok dinamikusan hierarchiája

térszerveződési szintet (lásd. multi-scale cartography – méretarány független dinamikusan generalizálás) (Frank 2008). Az összetett jelenségrendszer átfogó megismerése olyan modellek alkalmazását teszi szükségessé, melyek az aktuális felhasználó szerepének, nézőpontjának megfelelően redukálják a valóság belső komplexitását, lehetővé teszik a probléma adott térszerveződési szintre történő skálázását (1.ábra).

A részek és egész közötti viszony dinamikusan skálázás jellegű kezelése szükségessé teszi a hagyományos kartográfiai generalizálás intuitív megoldásai helyett egy szimbolikus eszköz-rendszer alkalmazását. A tárgyakat alkotó x és y komponensek közötti **P** reláció alap axiómái a reflexivitás (1), tranzitivitás (2) és asszimmetria (3), mely axiómák alapján már algoritmikusan leírhatóvá válik a komponensek közötti viszony.

$$P_{xx}, \tag{1}$$

$$(2) (P_{xy} \wedge P_{yz}) \rightarrow P_{xz} \tag{2}$$

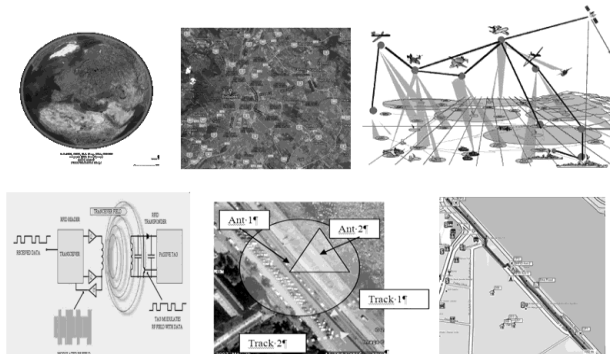
$$(3) (P_{xy} \wedge P_{yx}) \rightarrow x=y \tag{3}$$

Ezen alap axiómáknak a komponensek szomszédsági viszonyait leíró axiómákkal történő kibővítésével leírhatóvá válik az objektumok dinamikusan hierarchiája.

Az elmúlt évezredek során a térbeli információszerzés, a külvilágról nyert ismeretek rögzítése, közlése, értelmezése hosszú fejlődésen ment keresztül, de csak a közelmúlt informatikai robbanása teremtette meg az emberi életter feletti „uralmat” a teljes térszerveződési vertikumban biztosító eszközrendszert (Távérzékelés, GPS, GSM, RFID, WIFI) (Dömölki 2008).

3 Megjelenítés, vizuális kommunikáció

A térbeli viszonyoknak az információ technológia áldásai által megteremtett digitális leképezéseinél egyidejűleg találkozhatunk az eufória és a modellek hasznosságát kétségbe vonó kételyekkel. A térinformatika pionírjai bitek, megabyte-ok bűvöletében megfedkeztek a rendszer legkritikusabb eleméről a „tökéletlen” emberről. A térbeliség hagyományos nyelve a grafikus térkép alapvetően az objektumok, viszonyok, jelenségek statikus leírására, ábrázolására koncentrált.



2. ábra. Globális, Regionális és Lokális terek regisztrálása

A térinformatikai világ specialistái a közelmúltig a térbeli adatok fizikai, geometriai előállítására koncentráltak. A titkossággal és nemzetbiztonsági érdekekkel körülbástyázott területen a „közönséges felhasználók” megjelenése jelentős felfordulást okozott. A térképészeti, térinformatikai specialistái megdöbbenve szembesültek a téri reprezentáció, tér észlelés, téri tájékozódás felhasználói problémáival. A fizikai, logikai objektummodellezés mellett lassan teret nyert a tér ontológiai, nyelvi, szemantikai, geometriai, grafikai reprezentációját összességében kezelő megközelítés (Czin-kóczy 2009).

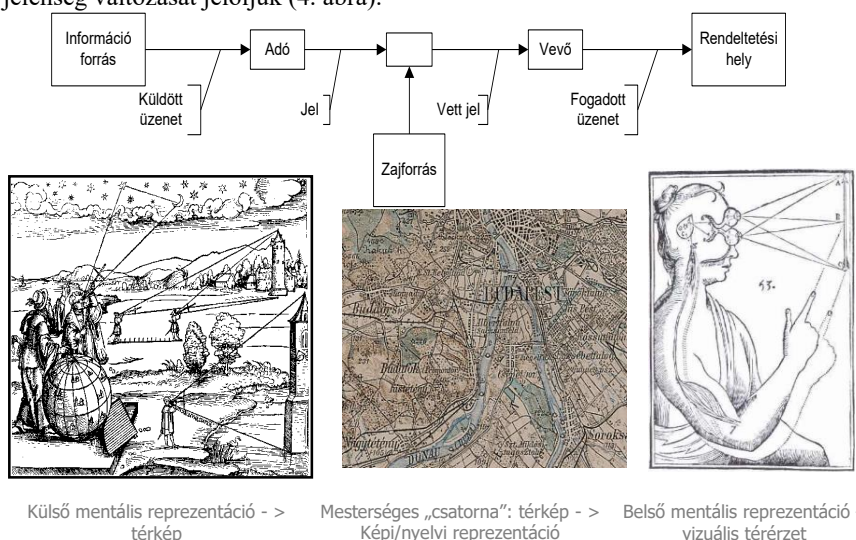
A térbeli városmodellek készítőinek azzal az alapvető problémával kell megküzdeniük, hogyan biztosítható, hogy az általuk „észlelt” téri reprezentáció egy adott „mesterséges csatornán” térmodellen a felhasználó felé közölve a kívánt „üzenetet” belső mentális vizuális érzetet váltson ki (3. ábra).

4 Tér, Idő, Hely

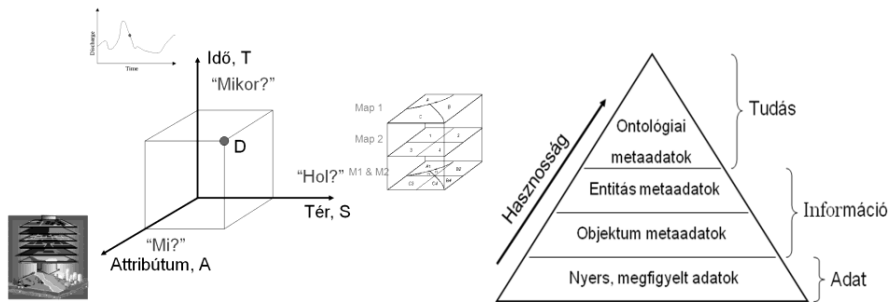
A térkép formájában létrehozott ikonikus vizuális modell a „valóság kicsinyített másaként” kerül interpretálásra, amely alapvetően a „mi volt?” esetleg „mi van?” kérdésre kívánt válaszolni. A térinformatika világában a statikus megjelenítést felváltotta a valós idejű megjelenítés, ahol a megválaszolandó kérdés a „mikor?”, „hol?”, „mi van?” vagy „mi lehetne?” szimbolikus matematikai modellekre épülő szimuláció vagy virtuális valóság formájában (4. ábra).

A térinformációs rendszerek heterogén felhasználói környezete, a nagy értékű térbeli adatkészletek interoperabilitása a térbeli adatgyűjtéssel kapcsolatos alapelvek újragondolására készíti a szakembereket. A vizsgált jelenség helyzetét, kiterjedését leíró geometriai tér, a jelenség állapotváltozását leíró idő, és a jelenség mint hely fogalmi leírását biztosító ontológiai jellemzők térinformatikai rendszerekben történő kezelése igen esetlegesen valósul meg. A hagyományos földmérés, térképészeti eszközrendszerében a tér, idő, hely probléma kezelését a kor technológiai lehetőségei jelentősen behatárolták. A tér, idő és hely regisztrálása, mérése, modellezése, megjelenítése eltérő sajátosságokkal bír.

Az alábbiakban a **hely** kifejezéssel egy adott jelenség környezetünkben történő megjelenését, a **tér** kifejezéssel az adott jelenség helyzetét, kiterjedését leíró geometriai teret, az **idő** kifejezéssel pedig a jelenség változását jelöljük (4. ábra).



3. ábra. A tér reprezentációjának és megjelenítésének kommunikációs sémája Shannon információ elméleti modellje alapján.



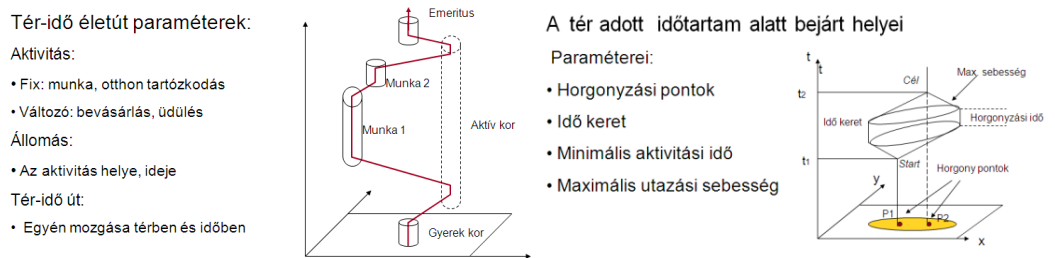
4. ábra. Mire vagyunk kíváncsiak? Tér, Idő, Hely? Adat, Információ, Tudás?

A hősor mérés technikai megoldásai, geodéziai, mérés technikai módszerei az adatgyűjtés idejének és költségeinek optimalizálása céljából egy vizsgálandó jelenség hely és idő függésének leírásánál a folytonos jellemzők minimális referencia adattal történő regisztrálására törekedtek. A hétköznapi térképészeti gyakorlat a modellezés, adatgyűjtés, ábrázolás, megjelenítés nehézségein úgy próbált meg úrrá lenni, hogy a folytonos jelenséget diszkrét méretarány, hely, idő és tér paraméterekkel írta le.

A térbeli jelenségekkel kapcsolatban a folytonos idő regisztrálása, modellezése, megjelenítése a közelmúltig csak igen nagy nehézségekkel volt megvalósítható ezért a lehetőségek függvényében a térinformatika az adott jelenséget változatlanak tekintve az idő szerepét megpróbálta eliminálni. A jelenségek változásaira érzékeny alkalmazásoknál a folytonos idő diszkrét mintavételezése volt a követendő megoldás a mintavételezés nagyobb (idősor adatok) vagy kisebb (állapot térkép szekvenciák) gyakoriságú végrehajtásával (Langran 1993, Peuquet 2001).

Napjaink új helymeghatározási és regisztrációs technikái (GPS, GSM, WIFI, képkalkító rendszerek) már lehetőséget biztosítanak akár egy egyén napi útvonalának, tevékenységének rendszeres regisztrálására (5. ábra).. Az így létrejött **tér-idő út** elemzésére a különböző tevékenységeket lefedő **aktivitások** és a tevékenységek helyszínét jellemző **állomások** között (Neutens 2007). Több egyén esetén lehetőséget kapunk az egyének közötti tranzakciók elemzésére, a **horgonyzási idők** átfedése alapján az adott helyen történő egyidejű jelenlét detektálására. A térinformatikai rendszerek tér-idő elemzési eszközrendszere a alapvető rokonságot mutat a CAD testmodellező és ütközési vizsgálat funkcióival.

A környezetünkben lejátszódó folyamatok hely és tér leírásával kapcsolatos nehézségek a térképészeti módszerekben is nyomot hagytak. A műszaki, mérnöki gyakorlatban megjelent a geometriai **tér** viszonyainak pontos leírására koncentráló nagyméretarányú térképezés, ahol igen kis számú jellemző diszkrét kulcspontokkal történő absztrakciója, nagy pontosságú geometriai jellemzőinek mérése és a pontos geometria precíz ábrázolása lett az alapelv. A környezeti megismerést alapfeladatának tekintő hely alapú kartográfiai ábrázolás szakemberei megkérdőjelezve a geometria orientált megoldás valóság-hűségét a nagyméretarányú kataszteri ábrázolásra nem tartották elfogadhatónak a „térkép” kifejezés alkalmazását (Imrédi-Molnár 1970). Az objektumok geometriai kulcspontokkal történő absztrakciója számos esetben bizonytalanság forrása, mely bizonytalanság kezelésére a fuzzy reprezentáció alkalmazható.



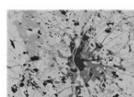
5. ábra. Egy egyéni életút tér-idő jellemzése, és tranzakciós lehetőségei

A mérés-technikai módszerek rohamos fejlődése nyomán az elmúlt emberöltők során egyre hatékonyabbá és olcsóbbá váló adatgyűjtés kitért a kis számú diszkrét pont meghatározását biztosító szerepkörből. A fotogrammetria, távérzékelés, lézer szkennelés, mobil mérőrendszerek széles körű elterjedése alapvető áttörést eredményezett a mérés-technikában. A néhány kulcs pontjokkal reprezentált objektum ábrázolás mellett egyre jelentősebb szerepet kapnak a térbeli viszonyokat nagy geometriai hűséggel leíró (esetenként már a folytonos mintavételezés ígértét nyújtó) három dimenziós komplex modellek. A térinformatika felhasználóinak azzal az abszurd helyzettel kell napjainkban megbirkózni, hogy nagyobb tömegű bit és koordináta áll esetenként rendelkezésre egy-egy térbeli feladat megoldása során, mint amit értelmesen hasznosítani tudnak.

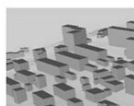
A geometriai térrel kapcsolatos adatgyűjtési, ábrázolási, modellezési módszerek rohamos fejlődésének különös kontrasztot ad az a tény, hogy ezt messze nem követi a hely tematikus viszonyait leíró jellemzőinek fejlődése. A **hely** fogalomnak arra kellene választ adnia, hogy mi történik (történt, fog történni) az adott geometriai pozícióban egy adott időpontban.

A nagy hatékonyságú digitális technológiák nyers adatok elképesztő mennyiségét produkálják, de a hétköznapi felhasználói világnak bit-hegyek helyett az adott kontextusban jelentéssel bíró objektumokra, entitásokra és a vizsgált jelenség megismerését biztosító ontológiai reprezentációra van szüksége (4.ábra). A hely diszkrét leképezése is számos problémát vet fel. A tér és az idő esetében ma már jól közelítő kvázi folytonos regisztrálási módszerek állnak rendelkezésünkre, addig a környezet megismerésénél az egyéni nézőpontok teljes hangulati skáláját lefedő folytonos hely leírás, még logikailag szabatos esetben is szinte megoldhatatlan bonyodalmakat okozna.

A térinformációs rendszerekben felhalmozott adatkészletek egyre szélesebb körű felhasználása szükségessé teszi a rendszerek által produkált hasznosság fokozását, a nyers adatokból jelentéssel bíró információ és a térbeli jelenségek ontológiai fogalomrendszerére épülő tudás közlését (Frank 2008, Madden 2009). A tér-ontológia a gyakorlatban egy olyan tudás megosztási eszköz, minek segítségével a különböző felhasználói közösségek a térrel kapcsolatos ismereteiket kicserélhetik megteremtve a térinformatikai rendszerek adatkészletei közötti átjárhatóságot. A filozófiai ismeretelmélet fogalomrendszerében az ontológia a világ jelenségeinek entitás definíciók formájában történő leképezését takarja. A térinformatika világában egy adott jelenség eltérő szakterületek által eltérő fogalomkészlettel történő leírása elkerülhetetlen, ezért a szakterületek között adat/információs csere és a közös munkavégzés megköveteli a tér leírás fogalomrendszerének absztrakt definícióját.



LOD 0 - Regionális modell
2.5d Digitális Terep Modell



LOD 1 - Város/település modell
„Blokkszerű” tetőszerkezet nélkül



LOD 2 - Város/település modell
Részletes tetőszerkezet



LOD 3 - Város/település modell
Részletes építészeti modell



LOD 4 - Belső modell
„Bejárható” építészeti modell

6. ábra. A CityGML LOD 0 – LOD 4 térszerveződési szintjei

5 Egy ígéretes példa a CityGML

A CityGML egy széleskörű felhasználói igényeket kielégítő 3 dimenziós szemantikus városmodell, mely az egyszerű geometriai és grafikai vizuális modellezést kibővíti az elemek közötti térbeli viszonyokat leíró 3D topológiával és az egyes objektumok tematikus osztályozásával (terep felszín, növényzet, épületek, közlekedés, vizek, közművek, ...) és jellemzőivel (Kolbe 2009). A heterogén felhasználói igények kiszolgálása csak standardizált szemantikai modell alkalmazásával biztosítható. Az OGC (Open GIS Consortium) által kifejlesztett, szabvány a CityGML a városi terek egységes tematikus modellezésének, megjelenítésének, fizikai formátumának, eltérő felbontásban történő ábrázolásának kereteit biztosítja. A CityGML öt szintű térszerveződési szint szabványos és koherens reprezentációját definiálja. A LOD 0 (LOD-Level of Details) szint egy 2,5 dimenziós regionális modell paramétereit rögzíti. A LOD 1 a városi környezetet épület blokk szinten leíró modell.

A LOD 2 a városi környezetet az épületek textúrájával, tető szerkezetével gazdagítva leíró modell. A LOD 3 a várost alkotó épületek részletes építészeti modelljét írja le. A LOD 4 az épületen belüli térbeli viszonyokat leíró, az épületen belüli virtuális sétát lehetővé tévő modell. A CityGML ISO szabványként történő bevezetése széles felhasználói réteg számára teremti meg a városi térhez kapcsolódó térbeli adatkészletek átjárható alkalmazását.

6 Összefoglalás

Az épített és a természeti környezet hierarchikus leképezésének, tér, idő és hely paramétereinek integrált kezelése egy igen összetett feladat. A cikk az egyetlen igazságot hirdető monolitikus megközelítéssel szemben arra próbálja meg felhívni a figyelmet, hogy környezetünk hatékony modellezése, ábrázolása csak a heterogén készítői és felhasználói szerepkörök közötti információcserét segítő, támogató fogalmi pontosításokkal javítható, esetenként a szakmai tradíciókat is újragondolva.

Hivatkozások

- Czinkóczy A, Szabó Gy** (2009): Digitális városok születése, avagy hogyan hat az informatika a XXI.sz. emberének városszemléletére, pp.258-264. In: Települési környezet, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen.
- Detrekői Á, Szabó Gy** (2002): Térinformatika, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest pp. 1- 380.
- Dömölki B (szerk).** (2008): Égen-Földön Informatika, Typotex, Budapest, pp. 1-819.
- Frank A U** (2008): Ontology. a consumer's point of view, http://www.dpi.inpe.br/geopro/referencias/ontology_af.pdf
- Imrédi-Molnár L** (1970): Térképpalkotás, Tankönyvkiadó, Budapest.
- Kolbe et al.** (2009): CityGML-OGC Standard for Photogrammetry? In. Photogrammetry Week 2009, Szerk.: D. Fritsch, Wichmann Verlag, Heidelberg, pp.265-277.
- Langran K** (1993): Time in Geographic Information Systems, Taylor and Francis, London, pp. 189.
- Madden M** (2009): Manual of Geographic Information Systems, ASPRS, Bethesda, pp. 1330.
- Neutens T, Witlox F, Demaeyer P** (2007): Individual accessibility of travel possibilities, EJTIR, 7, 4. 335-352.
- Peuquet D J** (2001): Making Space for Time: Issues in Space-Time Data Representation, Geoinformatica 5:11, pp. 11-32. <http://plato.stanford.edu/entries/mereology/> (First published Tue May 13, 2003; substantive revision Thu May 14, 2009)

DISZKRÉT VONATKOZTATÁSI RENDSZER ÉS A HIPERKOCKA ÁLTALÁNOSÍTÁSA

Biri Salah*, Holnapy Dezső**



Discrete Reference System, and Generalization of Hypercube – This paper deals with the problem of discrete coordinate systems, by means of hypercubes. Assuming that the vertices of an n -dimensional hypercube with m points in each edge (that means the number of vertices are mn) are assigned with n -digit numbers of m -base number system, we obtain the index system of an n -dimensional tensor. The label assigned to a scalar value can be a tensor element (component), or a function value. The hypercube generalized in this way constitutes the coordinate system.

Keywords: discrete mathematics, hypercube, tensor

Jelen tanulmány a diszkrét koordináta-rendszerekkel foglalkozik hiperkocka segítségével. Ha az n dimenziós, irányonként m csomópontos hiperkocka csomópontjaihoz (mn van belőlük) n jegyű m alapszámú számokat rendelünk, akkor megkapunk egy n -dimenziós tenzor indexrendszerét. A címkéhez rendelt skalárérték lehet a tenzor egy eleme (komponense), vagy egy a címkéhez rendelt függvényérték. Ily módon általánosított hiperkocka egy koordináta-rendszert alkot.

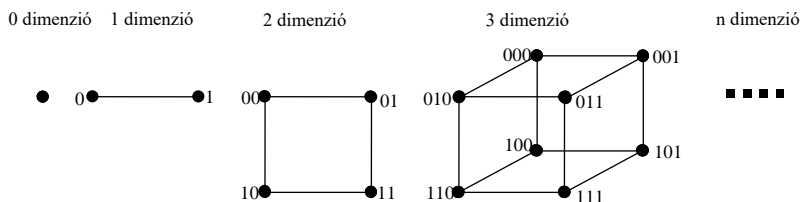
Kulcsszavak: diszkrét matematika, hiperkocka, tenzor

1 Bevezetés

A természettudományosan képzetlenek körében a matematika egyenlő a számtannal. A diplomás, természettudománnyal foglalkozók – mondjuk a mérnökök -- körében a matematikát a folytonos függvények ismerete jelenti. Ezt a háttérismeretet sugározza az egész oktatás is. A mátrix-számítást azért minden mérnök használja, de nem tudatosodik, hogy ezzel átléptek a diszkrét matematika körébe. A nem matematikus de matematikát használók egy ilyen kifejezéssel például, hogy "tekintjük az egységnégyzet racionális koordinátájú pontjait" nem tudnak mit csinálni. A magunk fajtának is az első gondolata: „és mi van a racionális koordinátájú pontok között”. A cikk szerzői ugyan nem ebbe a kategóriába tartoznak, de nem tudnak letenni az absztrakt fogalmak vizuális támogatásáról, s a mérnökök (még azok sem, akik matematikusok is) nem értenek meg absztrakt fogalmakat szemléletes példák nélkül. Erre vonatkozó gondolatokat kíván közzétenni jelen tanulmány, amelynek eredménye az olvasó számára reméljük az lesz, hogy: most már értem, hogy mi a diszkrét adatkezelés, és mi a diszkrét koordináta.

2 A közismert hiperkocka-elv

A háromdimenziós kocka-drótváz a kétdimenziós kockából úgy származtatható, hogy a négyzetet a harmadik dimenzió irányába elhúzzuk, és a csomópontok nyomait is élként szerepeltetjük (1. ábra).



1. ábra. A hiperkockák rendszere

*PhD. főmérnök, Nemzetközi Vegyész Zrt.

E-mail: birisalah@freemail.hu

**BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, 1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.

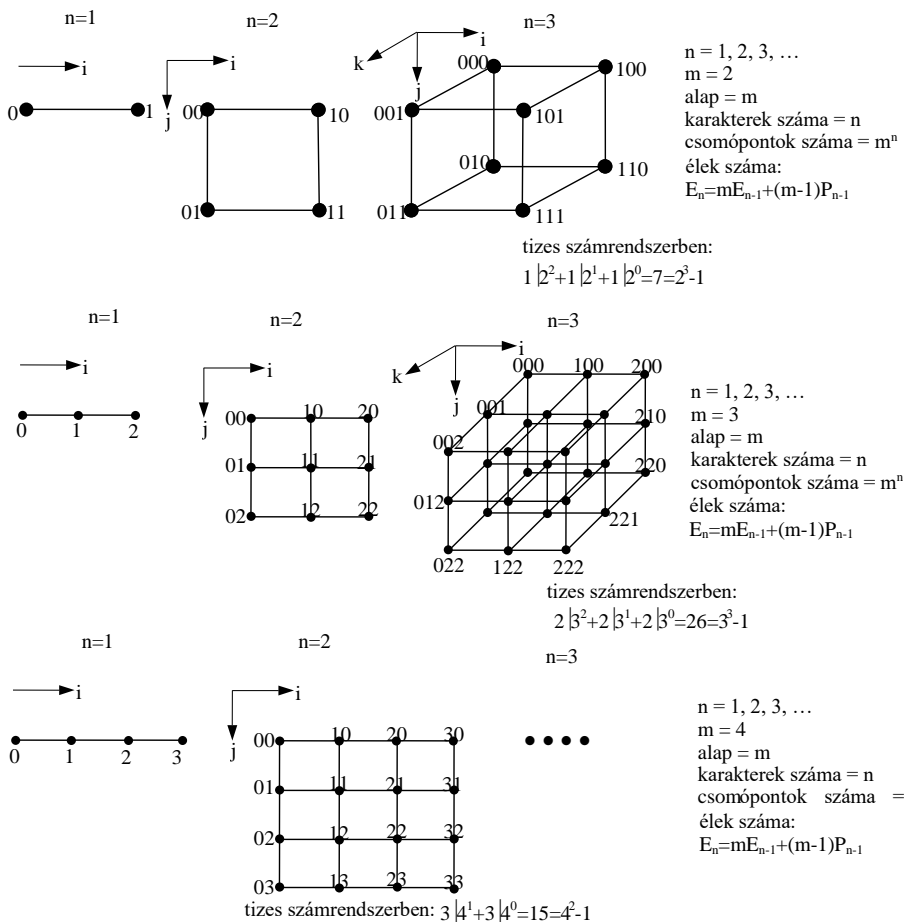
E-mail: holnapy.dezso@fmt.bme.hu

A kétdimenziós kocka az egydimenziósból ugyanígy származik, sőt az egydimenziós a nulladimenziósból, és felfelé haladva a dimenziókban azt mondhatjuk, hogy az n -dimenziós kocka az ismertett módon származik az $n-1$ -dimenziósból (Csillag 1989). Jól követhető, hogy az n -dimenziós hiperkockának $P_n=2^n$ csúcsa, $E_n=2E_{n-1}+P_{n-1}$ éle ($E_0=0, P_0=1$), a legtávolabbi csúcsok eléréséhez n független (különböző) útja, és az eléréshez n él igénybevétele szükséges. Ezen túlmenően, ha a csúcsokat címkézni szeretnénk, akkor érdemes 2-es számrendszert választani, és a címkézéshez éppen a dimenzióval azonos (n darab) karakter szükséges. Az eddig elmondottak az irodalomból széles körben ismertek, és semmi újdonság nincsen benne.

3 A hiperkocka általánosítása

Szeretnénk a három-dimenziós hiperkockát úgy elképzelni, hogy a dimenziókat bázisvektorok feszítik ki -- esetleg, hogy kapcsolatot érezzünk a lineáris algebrának a megszokott jelöléseivel – jelölhetnénk a bázisvektorokat: \mathbf{i}, \mathbf{j} , és \mathbf{k} -val. Most egy nagyságrendet ugrunk a gondolatmenetben, és ezeket a betűket egy három-dimenziós tenzor i, j és k indexeinek tekintjük.

Bővítjük a pontok (az előbbi szót használva: a csúcsok) számát, és létesítsünk egy térbeli rácsot. Ezzel a bővítéssel egy újabb, más értelmű dimenziót (m) létesítettünk. Amint a 2. ábrán láthatjuk, címkézési rendszerünk az előzőekhez hasonló, azonban a címke számrendszerének alapszámát a fent említett m -re, az „újabb dimenzió” értékére kell választanunk.



2. ábra. Az általánosított hiperkockák rendszere

Ha az n dimenziós, irányonként m csomópontos hiperkocka-rács csomópontjaihoz (m^n van belőlük) n jegyű m alapszámú számokat rendelünk, előttünk áll egy n -dimenziós tenzor rendezőnek index-rendszere. A címkéhez rendelt skalárérték lehet egy tenzor eleme (komponense), vagy egy a címkéhez rendelt függvényérték.

A fenti módon címkézett általánosított hiperkocka egy koordináta-rendszer, mert Hajós (Hajós 2006) szerint a koordináta-rendszer koordinátáinak szerepe éppen abban áll, hogy egy geometriai sokaságból kijelölje, hogy a sokaság melyik eleméről van szó.

A hiperkocka tehát a diszkrét értékek ábrázolásához ad lehetőséget. Elszakad attól a megszokott Descartes-féle rendszertől, amelyhez az a szemlélet kötődik, hogy a koordináták a valós számtest minden értékét felvehetik.

4 Alkalmazás

A diszkrét koordináta-rendszert elsősorban a tenzoralkébrának (Scharle 1974) az oktatásához kívánjuk használni, amikor a vizualitást előnyben részesítők számára a tenzorműveleteket demonstrálni akarjuk.

Hivatkozások

Csillag P (1989): Codes Correcteurs. Édition de l'École Nationale Supérieure d'Électrotechnique d'Électronique, d'Informatique et d'Hidrologique, Toulouse.

Hajós Gy (2006): Bevezetés a geometriába. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Scharle P (1974): Bevezetés a tenzorszámítás elemeibe. Építőipari Számítástechnikai és Ügyvitelgépesítési Vállalat Műszaki Számítások Osztálya, Budapest.

http://hu.wikipedia.org/wiki/Negyedik_dimenzi%C3%B3

PARALLEL ALGORITMUSOK VÉGREHAJTÁSA TÖBBMAGOS PROCESSZORON

Paláncz Béla*



Evaluation of Parallel Algorithms on Multicore Machines – Some frequently employed algorithms in geoinformatics are parallel by nature and some others can be parallelized via data parallelization, like stochastic simulation, global solution of nonlinear systems, digital image processing. In this case study we illustrate how Mathematica can manage to evaluate such algorithms parallel on a multicore machine.

Keywords: parallel computing, multicore processor, the Monte-Carlo simulation, Gauss-Jacobi combinatorial algorithm, linear homotopy

Számos geoinformatikában gyakorta alkalmazott algoritmus jellegénél fogva párhuzamos vagy adatpárhuzamosítással párhuzamosá tehető, mint a sztohasztikus szimuláció, nemlineáris egyenletrendszerek globális megoldása, digitális képfeldolgozás. Ebben a rövid ismertetőben néhány példával illusztráljuk, hogy miként oldhatók meg ilyen feladatok, egy olyan hatékony integrált rendszer segítségével, mint a Mathematica.

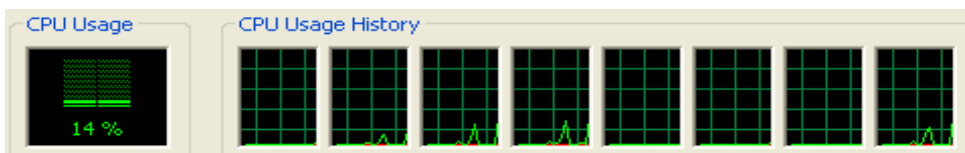
Kulcsszavak: parallel számítás, többmagos processzor, Monte- Carlo szimuláció, Gauss-Jacobi kombinatorikus algoritmus, lineáris homotópia

1 Bevezetés

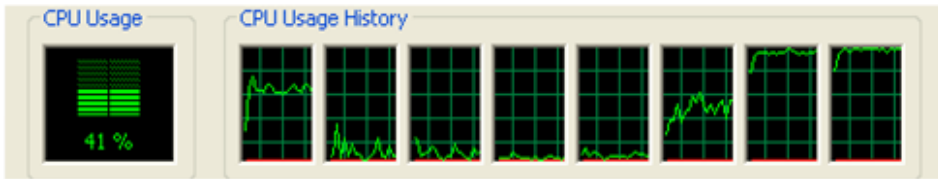
A többmagos személyi számítógépek elterjedése és az a trend, hogy a processzor frekvenciájának növelése helyett a gyártók az egy processzorba beépített magok számát fogják a közeljövőben emelni, a leghatékonyabb integrált rendszerek (MATLAB és Mathematica) fejlesztőit arra ösztönözték, hogy lehetővé tegyék felhasználni számára az ebben rejlő lehetőség kihasználását a rendelkezésre álló függvények speciális bővítésével. Így ezekben a rendszerekben, egy többmagos gépen egyszerűen megvalósítható a párhuzamos algoritmusok végrehajtása. Ebben a rövid ismertetőben bemutatjuk a párhuzamos számítások néhány fontos fogalmát és szemléltetjük a módszer geoinformatikai alkalmazásának lehetőségét a Mathematica integrált rendszerben a Nehalem i7 (Bloomfield) 940 processzor felhasználása esetén. Befejezőként a módszer hatékonyságának korlátaival és a jövőbeli lehetőségeivel foglalkozunk. Az alkalmazott geoinformatikai modellek és a számítások részletes ismertetése megtalálható a (Paláncz és Kovács 2009) illetve (Paláncz 2009) hivatkozásokban.

2 Implicit és explicit párhuzamosítás

Megkülönböztetünk implicit és explicit párhuzamosítást. Az első esetben bizonyos műveleteket a processzor automatikusan párhuzamosít. Az általunk alkalmazott Nehalem i7 (Bloomfield) 940 processzor esetén, amely négymagos, magonként kétszálás feldolgozást biztosít, egy véletlen elemű mátrix legnagyobb szinguláris értékének kiszámítására láthatunk példát az 1. és 2. ábrán. Mint azt az ábrák szemléltetik, a szálak terhelése automatikusan növekszik a feladat méretének növelésével.



1. ábra. A szálak terhelése 1200 x 1200 méretű mátrix esetén



2. ábra. Az egyes szálak terhelése 5000 x 5000 méretű mátrix esetén

Az explicit feldolgozás esetén a felhasználó, alkalmazva a rendelkezésre álló speciális függvényeket, maga gondoskodik a párhuzamosításról. Például az általunk használt *Mathematica* esetén számos ilyen függvény létezik, mint *ParallelMap*, *ParallelSubmit*, *Parallelize*, *ParallelTry*, *DistributedDefinitions* stb. A 3. ábra a processzor szálak terhelését mutatja egy rézsűmegcsúszás biztonsági tényezőjének *Monte-Carlo* szimulációval történő meghatározása során, (Haneberg 2004).

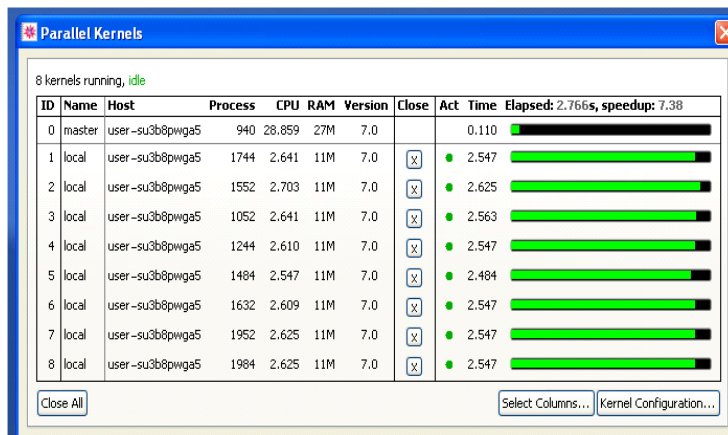
Az ábra jól szemlélteti, hogy a nyolc szál leterhelése egyenletes és a sebesség növelés (speedup) értéke 7.38. A szálak egyenletes leterhelésének megszervezése az egyik kulcsfontosságú kérdés a párhuzamos számítások során. A továbbiakban az explicit párhuzamosítás fajtáival foglalkozunk.

3 Feladat és adat párhuzamosítás

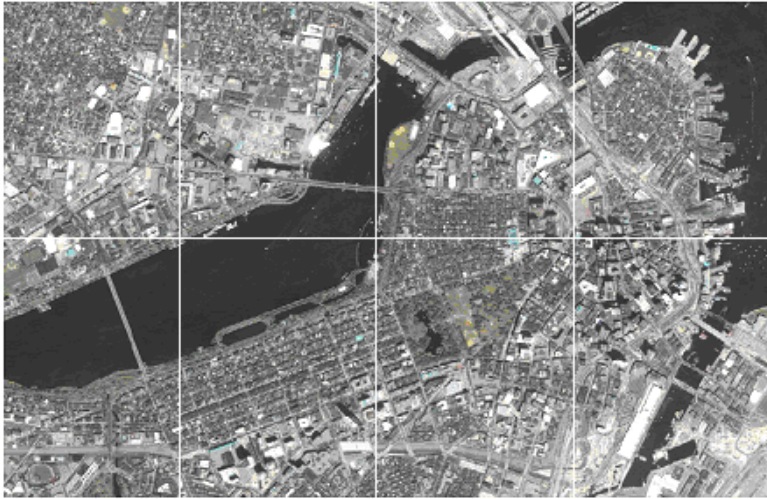
Vannak olyan algoritmusok, amelyek természetüknél fogva párhuzamosíthatók, azaz ugyanazon a feladaton több egymástól független, egymással nem kommunikáló eljárás működhet. Ilyenek például az előbbieken bemutatott *Monte-Carlo* szimuláció, a geodéziában gyakran alkalmazható *Gauss-Jacobi kombinatorikus algoritmus* (Awange és Grafarend 2005), illetve a *lineáris homotópia* (Paláncz et al. 2010), amelyek nemlineáris egyenletrendszerek globális megoldására szolgáló algoritmusok. Ilyen esetekben feladat párhuzamosításról beszélünk.

Az adat párhuzamosítás esetén az adat mennyiségét osztjuk el a szálak között. Erre jó példa egy digitális légifotó színredukciója, amelynek során az RGB színek kocka kvantálásával csökkentjük a színek számát, így a képfile méretét. A 4. ábrán Boston egy részének 4481 x 2881 méretű, azaz több, mint 12 millió pixelt tartalmazó légifelvételét láthatjuk. A képet nyolc egyenlő részre particionáltuk és elosztottuk a nyolc szál között.

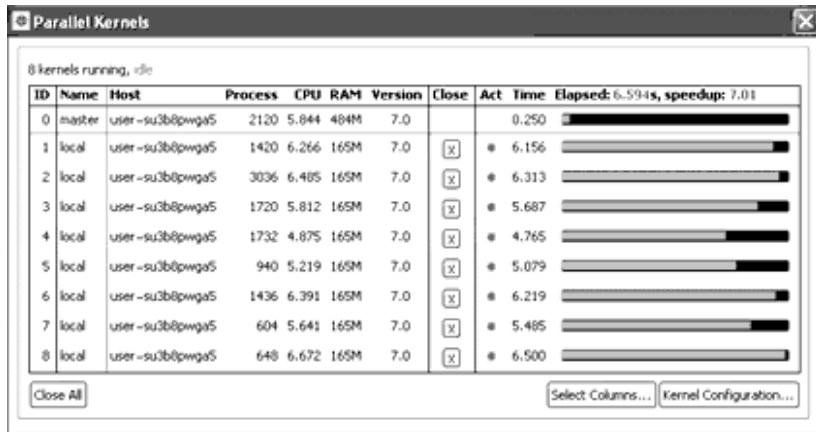
Az 5. ábra a processzor terhelést mutatja a színredukció során. Most a sebesség növekedés értéke 7.01. A terhelés eloszlás kicsit egyenetlen mivel a különböző képrészletek redukciója eltérő mértékű feladatot jelent.



3. ábra. A szálak terhelése a talajmegcsúszási biztonsági tényező *Monte-Carlo* szimulációja során



4. ábra. Boston egy részének nyolc részre particionált légifelvétele



5. ábra. A szálak terhelése a légifotó színredukciója során

4 A hatékonyság növelése és Amdahl törvénye

Amdahl törvényének modern változata arra a kérdésre ad választ, hogy amennyiben egy számítási algoritmus f részének sebességét az eredeti S – szeresére növeljük, hány-szorosára növekszik az egész algoritmus sebessége,

$$S_a(f, S) = \frac{1}{(1-f) + \frac{f}{S}} \tag{1}$$

Ezt a törvényt n mag illetve szál esetére úgy alkalmazhatjuk, hogy S helyébe az n értékét írjuk. A jelenlegi processzor szimulációk alapján azonban a hatékonyság növekedés ennél kedvezőbbnek várható, köszönhetően az új processzor-tervezési és gyártástechnológiai fejlesztéseknek. Egy ilyen szimulációs eredményt mutat az I. táblázat, különböző processzor tervezési módszerek esetén a magok számának függvényében elérhető sebességnövekedésre vonatkozóan, összehasonlítva az Amdahl törvény becslésével, $f = 0.99$ mellett.

I. táblázat. A speedup szimulált értékei eltérő többmagos processzortervezési módszerek esetén

Magok száma	Amdahl becslése	Szimmetrikus	Aszimmetrikus	Dinamikus
16	14	14	14	<16
64	39	39	49	<60
256	72	80	166	<223
1024	91	161	531	<782

5 Összefoglalás

A fentiek alapján bizvást remélhetjük, hogy már a közeljövőben jelentősen növelhetjük a számításaink sebességét, ha algoritmusainkat párhuzamosítható módon tervezzük illetve alakítjuk át. A többmagos processzorok elterjedése komoly lökést adhat a párhuzamos algoritmusok további vizsgálatának és új módszerek kidolgozásának. A geoinformatikában is számos területen gyorsíthatjuk ilyen módon számításainkat. Különösen izgalmas lehetőség, hogy nem csupán numerikus, de szimbolikus algoritmusok is párhuzamosíthatók megfelelő rendszerek például a *Mathematica* alkalmazása esetén.

Hivatkozások

- Awange J L, Grafarend E W** (2005): Solving Algebraic Computational Problems in Geodesy and Geoinformatics, Springer, Berlin.
- Haneberg W C** (2004): Computational Geosciences with Mathematica, Springer, Berlin.
- Paláncz B** (2009): Parallel Computations on Multicore Machines, Applications to Geosciences.
- Wolfram Library Archive**, <http://library.wolfram.com/infocenter/MathSource/7567>
- Paláncz B, Kovács L** (2009): Mathematica Parallel Computing. Some Timing Results on a Intel Nehalem Multicore Processor, in Proc. of 10th Int. Symp.on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, pp. 449- 460.
- Paláncz et al** (2010): Linear homotopy solution of nonlinear systems of equations in geodesy, Journal Geod. 84., pp. 79- 95.

SZEZONÁLIS ÁRVÍZI ATLASZ AZ ŰRBŐL

Kugler Zsófia*



Seasonal flood atlas from space – This paper describes the flood atlas derived from the observations of the Global Flood Detection System (GFDS) summarising returning events of flood disasters around the world. Observations are carried out from space using the weather independent microwave satellite system of AMSR-E. Periodical flood events were derived from the daily observations of several years and summarised to monthly averages. Results were visualised in a form of static maps and dynamic animated images showing the representative flood events of each month. Results revealed that the period for floods differ in the northern and the southern hemisphere. Moreover floods caused by monsoon rain (e.g. South-East Asia) are well distinguishable in the Atlas.

Keywords: flood monitoring, seasonal flood, satellite remote sensing, GFDS, AMSR-E

Jelen cikk az Operatív Árvízfigyelő Rendszer (GFDS) alapján készült árvízi atlaszt mutatja be, mely a megfigyelésekből szezonálisan összegzett, visszatérő árvízi jelenségeket foglalja össze. A megfigyelések távérzékeléses alapon történnek, időjárás-független mikrohullámú tartományban, az AMSR-E műholdas érzékelővel. A szezonális árvizek feldolgozása a napi szintű megfigyelések több évre visszamenő havi összegzéséből készült. Az elkészült Árvízi Atlasz eredményeit adatbázisból összegzett, statikus térképek rögzítik. Ezen felül dinamikus animációk is készültek, melyek a különböző hónapokhoz tartozó jellegzetes árvízi jelenségeket mutatják be. Az eredményül kapott atlasz alapján megállapítható, hogy a déli- és északi félgömb árvízi eseményeinek szezonja időben jól elkülönülnek, a monszun jelenségek (pl. dél-kelet Ázsiában) jól nyomon követhetők.

Kulcsszavak: árvízfigyelés, szezonális árvizek, műholdas távérzékelés, GFDS, AMSR-E

1 Bevezetés

Árvizek jelentőségét jól szemlélteti a Münchener Viszontbiztosító (Münchener Rück-versicherung) statisztikája. Becslésük szerint évente 0.5 milliárd embert érintenek az árvizek. Ezen megdöbbentő statisztika 2050-re vetített értéke pedig meghaladja a 2 milliárd embert. Gazdasági mutatók formájában kifejezve a károk összértéke 2002 óta meghaladta a 96 milliárd USA dollárt. Az árvízmodellezés és megfigyelés területén folyó kutatások egyik elsődleges célja ezen rendkívül ezen magas összeg csökkentésére irányul. Jelen cikkben a szezonálisan visszatérő árvízi jelenségeket és azok hatását mutatja be.

2 Az Operatív Árvízfigyelő Rendszer (GFDS)

A periodikus események vizsgálatának alapjául szolgáló Operatív Árvízfigyelő Rendszert (GFDS, www.gdacs.org/floods) az Európai Unió Közösségi Kutató Központjában (JRC) a szerző közreműködésével fejlesztették ki (Kugler, 2007). A rendszer a Globális Katasztrófavédelmi és Koordináló Rendszer (GDACS) részeként lett felépítve, amely a világszerte zajló természeti katasztrófákat automatikus módon regisztrálja és dolgozza fel, majd térinformatikai eszközökkel ugyancsak automatikusan elemzést és riportot készít belőle. Az Operatív Árvízfigyelő rendszer a GDACS részeként működik, célja a humanitárus segélyszervezetek, illetve további nemzetközi szervezetek döntéshozatalának támogatása.

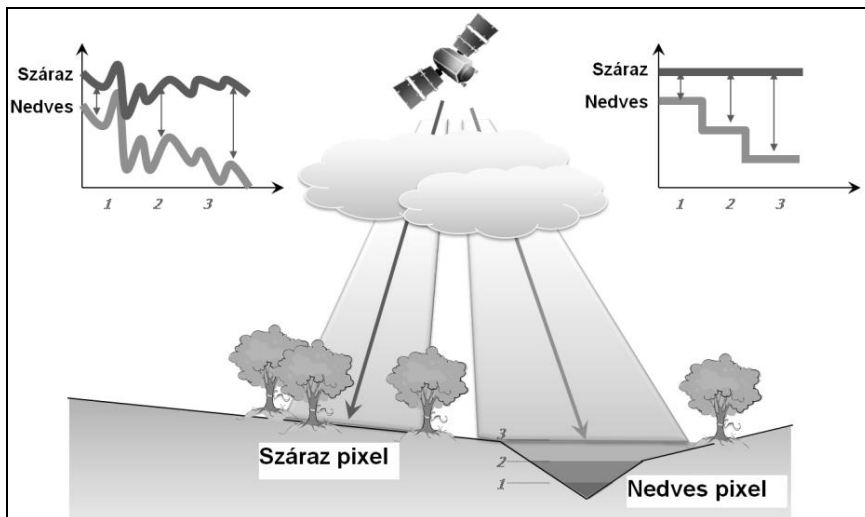
Az árvízfigyelő rendszer az AMSR-E passzív mikrohullámú (Aqua műhold) éjszakai pályájú, 36GHz frekvenciájú, H polarizációjú űrfelvelelek adataira alapszik. A folyók állapotának megfigyelése két pontban történik. Az egyik megfigyelési pont a nedvesített folyószakaszon illetve ártéren történik, melyen áradások esetén jelentős vízszéletterülés történik, a másik megfigyelés a száraz, folyó áradásától független térszíntén történik (1. ábra). Árvízi esemény során a nedvesített megfi-

gyelés/pixel sugárzási értéke csökken, még a száraz pixelé optimális esetben változatlan marad (1. ábra jobb felső idősort). A valós megfigyelési értékek azonban zajjal terheltek, az ideális megfigyelési idősortól eltérnek (1. ábra bal felső idősort).

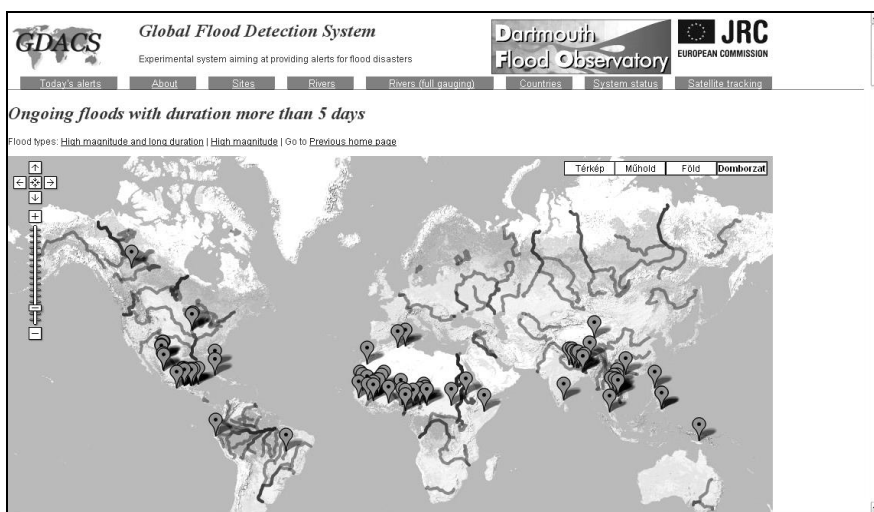
A folyók ürteknológiával levezetett vízállását a nedvesített (Tb_m) és a száraz (Tb_c) megfigyelési pontokban mért jel hányadosából keletkezett idősor adja (Brakenridge 2007):

$$\frac{M}{C} \text{ ratio} = \frac{Tb_m}{Tb_c} \quad (1)$$

A GFDS rendszer globális lefedettség mellett, automatikusan, 2500 megfigyelt folyószakaszra nyújt napi szintű vízrajzi észlelést. A műholdas megfigyelés idősorta 2002. júliustól napjainkig folyamatos, az adatok 24 óránként frissülnek. Eredmények egy nyilvánosan hozzáférhető adatbázisban kerülnek mentésre. Az adatok bárki számára hozzáférhetők, ingyenes honlapon keresztül, az alábbi címen érhetőek el: <http://www.gdacs.org/floods/> (2. ábra).



1. ábra. Operatív Árvízfigyelő Rendszer működési elve



2. ábra. Operatív Árvízfigyelő Rendszer honlapja

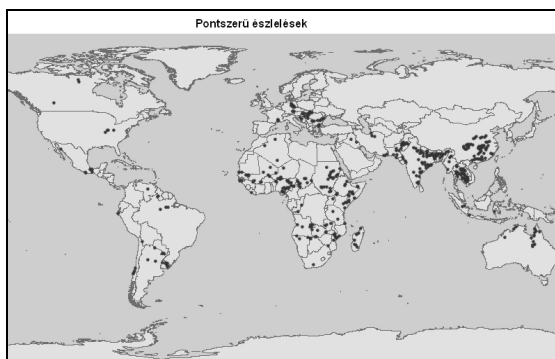
3 Szezonális árvizek feldolgoása

A világszerte 2500 pontban folyó hidrológiai észlelések több évre visszamenő megfigyelési idősorából a szezonálisan visszatérő árvizek leválasztása manuális úton történt. A kiválasztás alapja elsődlegesen a zajjal terhelt távérzékelte jel minősége, vagyis az árvízi események jó elkülöníthetősége volt. További kritérium az események szezonális visszatérése volt, vagyis azonos folyószakaszon, az esemény az év azonos időszakában több évre visszamenően éves periodicitást mutasson. A módszerrel közel 440 folyószakaszon lehetett periodicitást kimutatni (3. ábra).

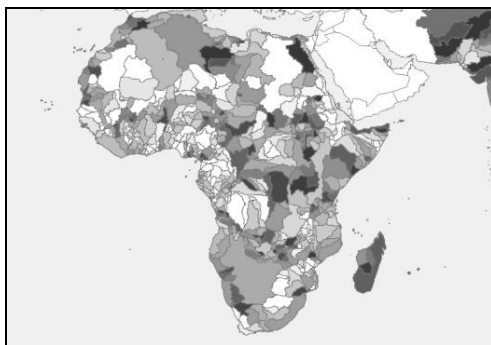
A következő lépésben a pontszerű megfigyelések vízgyűjtőkre való kiterjesztése történt meg. Ehhez globális vízgyűjtő adatokra volt szükség. Az adatok az amerikai, ingyenesen elérhető Hydro1K adatbázisból nyerhetők, mely topográfiai viszonyok alapján vízgyűjtőket határol le világszerte (USGS, 2010). Az adatok több hierarchikus szintre tagolódnak, ezért szükséges volt a vízgyűjtőket összevonással az összes kontinensre egységes hierarchiai szintre hozni (4. ábra). A pontszerű megfigyeléseket ezután a kapott felületekhez kellett hozzárendelni. Egy-egy vízgyűjtőre nagyjából 1-3 megfigyelési pont esett, amelyek adatai a hozzájuk tartozó vízgyűjtőre lettek kiterjesztve.

Az így kapott adatok további feldolgozást igényeltek. Az egyes vízgyűjtőkre vetített árhullámok mellett az események súlyossága is vizsgálat tárgya. A sűrűbben lakott területeken nagyobb a veszélyeztetettség mértéke, vagyis több kár keletkezhet, rosszabb esetben több emberi életet követelhet egy katasztrófális esemény. Ezért az egyes vízgyűjtőket az adott területen élő népesség sűrűsége súlyozza.

Az egyes vízgyűjtők lakosainak száma térinformatikai adatbázisból került átvezetésre. A vektoros adatbázis csak országokkénti lebontásban tartalmazta a népesség eloszlását, az elemzések elvégzéséhez viszont vízgyűjtőnkénti adatokra volt szükség. A megoldást a SEDAC raszteres fedvény jelentette, amely ingyenesen hozzáférhető a Columbiiai Egyetem honlapján (CIESIN, 2005). A $\frac{1}{4}$ fok térbeli felbontású állomány rácshálója globális népességadatokat tartalmaz.



3. ábra. Szezonális periodicitást mutató megfigyelési pontok



4. ábra. Afrika összevont vízgyűjtői a Hydro1K adatbázis alapján

Ezen adatok egyszerű átalakítással és vízgyűjtőnkénti összegzéssel átlagos népsűrűséget kaptunk.

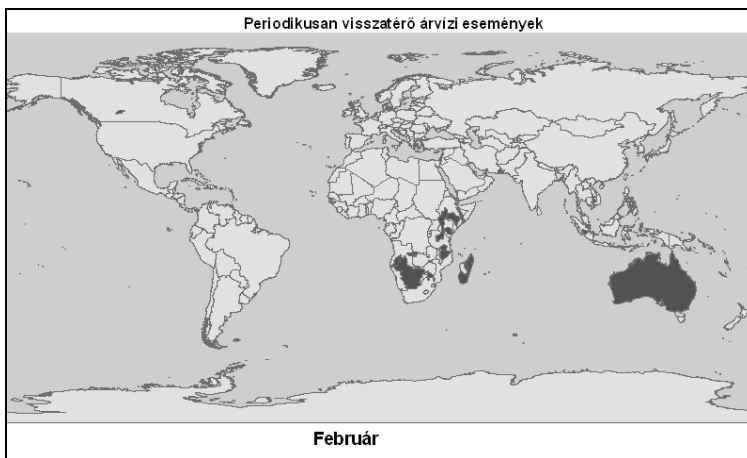
A szezonálisan visszatérő árhullámok ezen két adat alapján kerültek összegzésre, majd elemzésre. Az eredményeket a következő fejezet mutatja be.

4 A szezonális árvízi atlasz

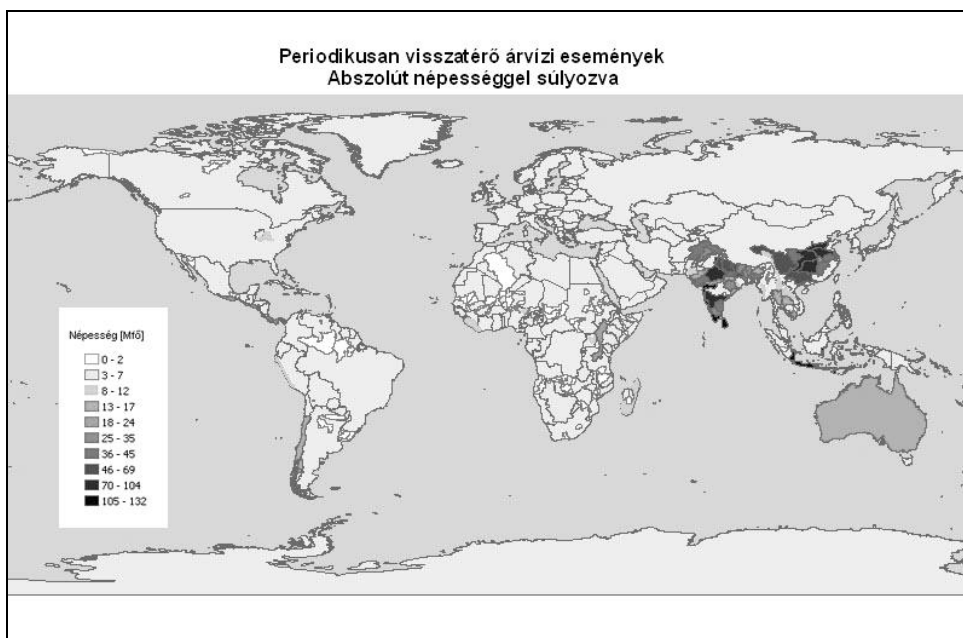
A mikrohullámú műholdas érzékelő által naponta figyelt 2500 pontból 440 pontban volt kimutatható periodicitás. Az így leválasztott megfigyelési pontok adatai vízgyűjtő területekre lettek vetítve. Az eredmények két formában kerültek megjelenítésre. Egyrészt készült egy animált kép, melynek minden egyes képkockája egy-egy hónap jellegzetes árvízi eseményeit összegzi. Az 5. ábra ennek egyik alkotó képét, a szeptemberi árhullámokat mutatja be. A térkép kihangsúlyozza a dél-kelet ázsiai monszun tevékenységből származó árvizek elhelyezkedését. A 12 hónapból készült animáció összefoglalása statikus térképi formában is megtörtént. Készült egy világ térkép, mely különböző színnel ábrázolja az különböző hónapok vízgyűjtőkre vetített visszatérő árvízi eseményeit.

Az árvízi atlaszon jól elkülönülten jelenik meg a déli- és északi-féltekének eltérő periodicitása. A déli félgömbön megfigyelhető az év elejei, december-január-februári esőzések által okozott visszatérő árvízi események, mint például a dél-afrikai vízgyűjtők (pl. Zambézi, Mangoky/Madagaszkár) vagy észak- ausztrál folyók (pl. Flinders, Daly, Gilbert) áradásai. A márciustól-májusig tartó időszakban a kelet-afrikai régióban (pl. Shabelle) mutatható ki periodicitás, illetve megjelennek az európai (pl. Duna) folyók jellegzetes, tavaszi áradásai is. A júniustól-augusztus/szeptemberig tartó időszak jellegzetessége a monszun esőzések okozta hosszán elhúzódó áradások, melyek főként az Indiai szubkontinentet érintik. Klasszikus példája a Gangesz akár hónapokon át húzódó szétterülése. A környező országokat sem kíméli az árvíz, ugyanezen időszakra jellemző a Bramaputra, Mekong, Irrady, Indus illetve dél-kínai (pl. Jangce, Xun) folyók áradása is. Ugyancsak ezen időszakban megjelenik az európai nyári esőzéseket kísérő hidrológiai jelenségek visszatérése is. A szeptembertől év végéig tartó időszakban jellemző a nyugat-afrikai régió folyóinak (pl. Niger, Benue, Senegal) áradása. A bemutatott periodicitást mutató folyók árhullámai nem feltétlenül zajlanak minden évben, de az idősoron visszatérő esemény jellegű mutatnak.

Az egyes vízgyűjtők jellemzésén felül az előző fejezetben bemutatott népesség adatok is elemzésre kerültek. A cél a régiókra jellemző áradások kimutatásán felül az volt, hogy az események súlyosságát a területen élő lakosság számmal súlyozva egy veszélyességi sorrend álljon fel. Az eredményeket ezen esetben is a hónapokra lebontott animáció jeleníti meg. Ezen felül statikus térkép is összegezte a év legsúlyosabb árvízi időszakait, amely időszakban a legtöbb embert érintő visszatérő árhullámok mutathatók ki (6. ábra). A népséggel súlyozott térkép is kiemeli a dél-kelet ázsiai monszun okozta árvizek jelentőségét, mely minden évben milliőkat érint és hatalmas károkat okoz a régióban.



5. ábra. Februárban visszatérő árvízi események



6. ábra. Periodikus árvízi események az abszolút népességgel súlyozva

5 Összefoglalás

A cikkben bemutatásra került az Operatív Árvízfigyelő Rendszer egy speciális alkalmazása, mely a szezonális árvizek nyomon követésére szolgál. Az eredményként kapott árvízi atlasz bemutatja az azonos évszakban visszatérő árvizek elhelyezkedését. Az űrtechnológiával pontosan végzett vízrajzi észlelések vízgyűjtő területekre kiterjesztett adatai az ott élő lakosság arányával került súlyozásra. Az eredményekből kitűnik, az árvízi események szezonja a Föld déli- és északi féltéken időben jól elkülönül. Még a januártól márciusig tartó (északi) téli időszakban a déli félgömb árhullámai jellemzőek, addig az északi féltéken a monszun okozta dél-kelet ázsiai árvizek a legjelentősebbek. Népességgel történő súlyozás kiemelte az erősen veszélyeztetett területeket. Az eredményből kitűnik, hogy az utóbb említett régió szenved a legsúlyosabb eseményeket.

Hivatkozások

- Brakenridge G R, Nghiem S V, Anderson E, Mic R (2007):** Orbital Microwave Measurement of River Discharge and Ice Status, Water Resources Research.
- Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University (2005):** Gridded Population of the World Version 3 (GPWv3): Population Grids. Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw> internetes, utolsó hozzáférés 2010. január
- Kugler Zs, De Groeve T, Brakenridge G R, Anderson E (2007):** Towards Near-real Time Global Flood Detection System, International Archives Of Photogrammetry And Remote Sensing Volume XXXVI:(Part 7/C50), ISPRS
- U.S. Geological Survey (USGS):** Hydro 1K Elevation Derivative Database <http://eros.usgs.gov/products/elevation/topo30/hydro/index.html> internetes, utolsó hozzáférés 2010. január

TÁVÉRZÉKELÉS ÁRNYALÁSI MODELL ALKALMAZÁSÁVAL

Koczka György*



Shading model based remote sensing – The realistic image of an object is defined by its geometry (shape), lighting direction, observation location, surface material properties and the type of visualization. The paper discusses the problem backwards: the geometrical parameters are to be defined based on the environment by the shading model. The model can be simplified by assuming a single remote lighting source and considering matte object surface. Based on the image pixels, the surface normal vector is to be determined that enables the reconstruction of the particular coordinates. The color (intensity) of a single point is defined by the scalar product of the direction vector of lighting and the surface normal vector. The principle of calculation is presented on an x - z planar section of the surface.

Keywords: shading model, photorealistic, roughness measurement

Egy tárgy valóság-hű képét meghatározza annak geometriája (alakja), a fény iránya, a megfigyelő helyzete, a felületi anyagjellemzők és a megjelenítési módja. A feladat legyen fordított: a környezet ismeretéből árnyalási modell alkalmazásával határozzunk meg geometriai jellemzőket. Szűkítsük le a problémát arra az esetre, amikor egy távoli fényforrásunk van és a felület teljesen matt. Képek pixeleinek ismeretében keressük a felület normálisát és ebből rekonstruáljuk a jellemző koordinátákat. Egy pontjának színét (intenzitását) a világítás irányvektorának és a normálisának skaláris szorzata jellemzi. A számítás elvét a felület egy x - z síkkal párhuzamos metszetén mutatjuk be.

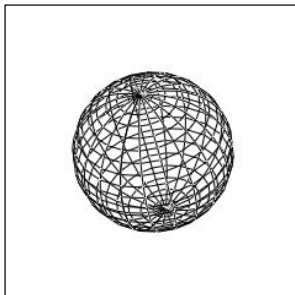
Kulcsszavak: árnyalási modell, fotorealisztikus, érdesség mérése

1 Bevezetés

A háromdimenziós alakérzékeltetés két módja a vonalas és a festett megjelenítés. Tekintsük egy gömb tipikus megjelenítését:

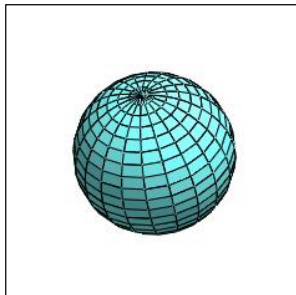
A tárgy képét – megjelenítési módján túl – meghatározza annak geometriája (alakja), a fény iránya, a megfigyelő helyzete, a felületi anyagjellemzők. A feladat általában az, hogy valószerűen jelenítsük meg az alakzatot.

Legyen a feladat célkitűzése fordított: a környezet ismeretéből határozzunk meg a geometriai jellemzőket. Digitális képekből, távolságok, illetve irányok ismeretében keressük a tárgyak jellemzőit.



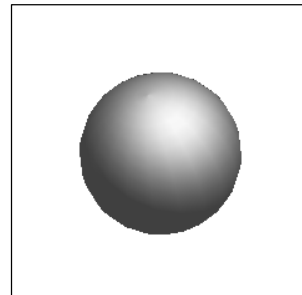
(Gx, Gy, Gz)

Drótvázis rajz



(Gx, Gy, Gz)

Drótvázis, világítás a lapok festésével



(Gx, Gy, Gz)

A lapok interpolált árnyalása, tükröző felület

1. ábra. Háromdimenziós alakérzékeltetés

A következő modell általánosan alkalmazott a fotorealisztikus megjelenítési igényű szoftvereknél.

2 Árnyalási modell

Az alkalmazott modell informatikai kidolgozása Phong nevéhez fűződik.

Jelölje E a tárgy egy pontjáról a szembe jutó fény "erősségét" és I a világítás fényerősségét. A szembe érkező energiával lesz arányos az árnyalás, illetve az egyes pontok színárnyalata.

Bontsuk komponensekre a beérkező fényerősséget:

$$E = E_{\text{szórt}} + E_{\text{fényáteresztés}} + E_{\text{szórtirány}} + E_{\text{tükrözés}} \quad (1)$$

ahol

a szórt megvilágítás: $E_{\text{szórt}} = R I_{\text{szórt}}$,

az irányfény szórt visszaverődése: $E_{\text{szórtirány}} = (R \cos \varphi) I_{\text{irány}}$ (Lambert törvény),

az irányfény tükröződése: $E_{\text{tükrözés}} = (w(\varphi) \cos^n \alpha) I_{\text{irány}}$ (a képlet nem fizikai meg-alapozású, de valószerű eredményt ad),

a hátulról érkező, áteresztett fény: $E_{\text{átereszt}} = T E_{\text{hátulról}}$.

Az R reflexiók együttható színtfüggő, értéke 0–1 közötti.

A W tükrözési együttható, nagysága függ a beesési szögtől, értéke 0–1 közötti.

Az n kitevő anyagtól függően 1–20 között változik, és azt mutatja, mennyire fénylik a felület. Fém felület esetén nagy, matt felület esetén kicsi az együttható értéke.

A T fényáteresztési együttható megadja, hogy a beeső fényből mennyi halad át, értéke 0–1 közötti.

3 Számítási elv

Szűkítsük le a problémát arra az esetre, amikor egy távoli fényforrásunk van és a felület teljesen matt.

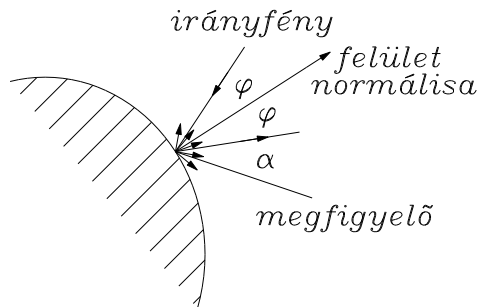
A fenti modellből: $E_{\text{szórtirány}} = R \cdot \underline{n} \cdot \underline{v} \cdot I_{\text{irány}}$ ahol az adott pontban n a felület normálisa ($|\underline{n}| = 1$), és v a megvilágítás iránya ($|\underline{v}| = 1$) teljesen meghatározza az árnyalt kép pixeleit.

Világítsunk meg egy alakzatot egyforma erősségű fényvel, két irányból. ($I_{\text{irány1}} = I_{\text{irány2}}$)

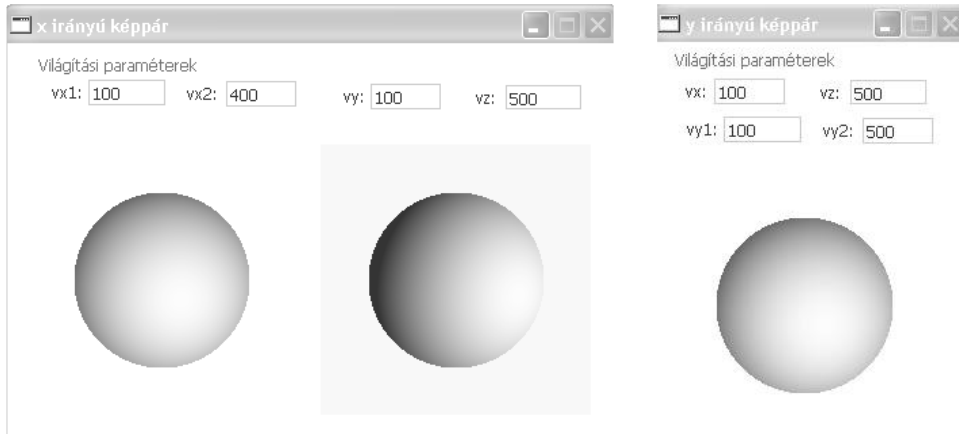
Az alakzat egy pontjáról a szembe jutó fény erőssége:

1. megvilágítási irányból: $E_{\text{szórtirány1}} = R \cdot \underline{n} \cdot \underline{v}_1 \cdot I_{\text{irány}}$

2. megvilágítási irányból: $E_{\text{szórtirány2}} = R \cdot \underline{n} \cdot \underline{v}_2 \cdot I_{\text{irány}}$



2. ábra. Érzékelt fény komponensei



3. ábra. Szimulált képpárok

Szemléltetésül tekintsük a 3. ábra képeit:

Síklapra helyezett göbbsüveg. A képpontok intenzitásértékei a fenti modellel lettek szimulálva.

Ismert a megvilágítás iránya és a felület normálisa (göbbsüveg egyenletéből). A képpárokon látszik a jobbról és alulról érkező fény.



Most a képek pixeleinek ismeretében keressük a felület egy darabjának (pixelnyi látószögnek megfelelő) átlagos normálisát. Egy pontjának színét (intenzitását) a világítás irányvektorának és a normálisának skaláris szorzata jellemzi.

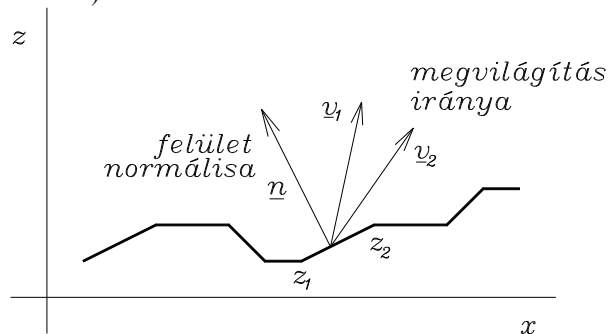
Felületünket keressük $z = f(x,y)$ alakban, ahol z a nézőpont irányú.

Érintő síkjának normálisát a parciális deriváltakból számíthatjuk $\underline{n} = \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \underline{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \underline{j}$.

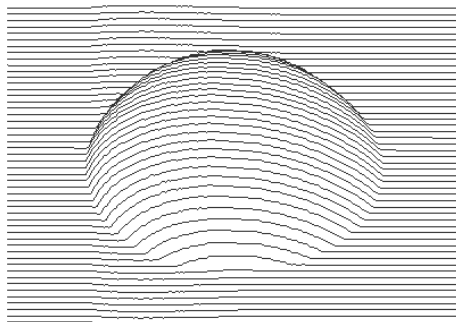
Egy pontbeli intenzitás a grad f függvénye, ami közvetve mérhető, illetve a képekből meghatározható. Így a módszerrel az alakzat normálisát határozzuk meg pixelenkénti felbontással.

A $\text{grad} f = \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \underline{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \underline{j}$ ismeretében numerikus integrálással megkapható a felület.

A számítás menetének elvi bemutatásához tekintsük a felület egy x - z síkkal párhuzamos, z nézőpont irányú metszetét (lásd 4. ábra).

4. ábra. x - z síkkal párhuzamos metszet

Az ábrán z_1 és z_2 a felület két pixel-felbontásnyi távolságú pontjának z koordinátája. (A képeken szomszédos pixelek.)



5. ábra. A 3. ábra képeiből számított és vonaldarabokból összeállított alakzat képe

A két irányfényvel a pixel intenzitása:

$$E_1 = R \cdot (v_{1x} \cdot n_x + v_{1z} \cdot n_z) \cdot I_{\text{irányy}} \tag{2}$$

$$E_2 = R \cdot (v_{2x} \cdot n_x + v_{2z} \cdot n_z) \cdot I_{\text{irányy}} \tag{3}$$

A két egyenletet hányadosa:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{v_{1x} \cdot n_x + v_{1z} \cdot n_z}{v_{2x} \cdot n_x + v_{2z} \cdot n_z} \tag{4}$$

Kiesik egyrészt a megvilágítás erőssége, másrészt a reflexiók együttható is.

Az 1. pontból számítható a 2. pont, mert $-\frac{n_x}{n_z}$ a szakasz meredeksége.

$$z_2 \approx z_1 + \left(-\frac{n_x}{n_z}\right) \cdot \Delta x \tag{5}$$

Ahol:

$$-\frac{n_x}{n_z} = \frac{v_{1z} - E_{12} v_{2z}}{v_{1x} - E_{12} v_{2x}} \text{ és } E_{12} = \frac{E_1}{E_2} . \tag{6}$$

Ezzel pixelenkénti lépésközzel numerikusan integrálva, számítható egy paramétervonal.

A kétváltozósra kiterjesztett levezetéseket és képleteket nem részletezve, lineáris egyenletrendszerből kifejezhető $\frac{n_x}{n_z}$ és $\frac{n_y}{n_z}$, melyekkel pixelenkénti lépésközzel integrálható a felület.



6. ábra. A tárgy és a kijelölt terület

4 Gyakorlati alkalmazás

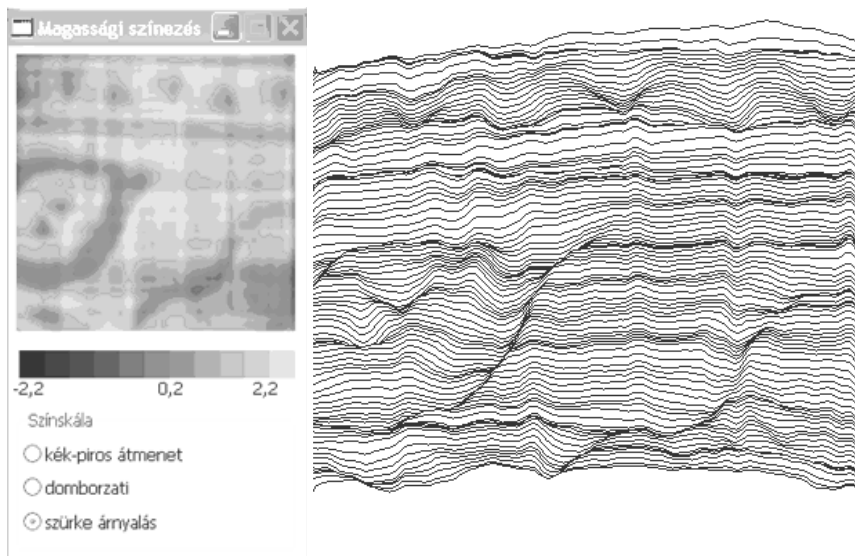
Az alábbi képek egy cserépszerpenyőről készültek. Ideális teszterület a matt felszíne és egyszínűsége miatt. A mintázat nagyjából fél milliméteres mélységű rovátkák.

A fényforrások viszonylagos irányát formálisan x,y jellemzi a kijelölt terület bal felső sarkához képest.

A felület rekonstruálása a 7. ábra képeiből, mindkét irányú pásztavonal egyidejű számításával készült, egy erre a célra írt Real Basic (MAC OS) programmal.



7. ábra. A kijelölt terület, különböző irányú megvilágításnál



8. ábra. A számított felület festett szintvonalas és paramétervonalas képe

Megjegyzés: a paramétervonalak jól kiemelik a felületi formákat, de sajnos a mérési zajt is.

5 Összefoglaló elemzés

A fényképekről a világítás irányának ismeretében gyakorlott szem természetesen felismeri a felület jellegét, azonban a fentiekben ismertetett módszer lehetőséget ad a számszerűsített eredményre is.

Előnye, hogy a kamera és a tárgy is rögzített pozícióban van, így nincs szükség koordináta-transzformációkra.

Hátránya, hogy a szórt megvilágítás, a tükröződés és az árnyék erősen torzíthatja a fent alkalmazott modellt.

A mérés – kiértékelési folyamatot befolyásoló tényezők:

- **Képek bitmélysége** – a képletekben lévő kivonások miatt, jó eredményt csak jó kamerával, megfelelő üzemmódban várhatunk.
- **CCD zaj** – kivédhetetlen, azonban mérési sorozatokkal hatása jelentősen csökkenthető.
- **Geometriai korlátok** – a nézőpont irányára merőleges normálisú felületdarabok nem mérhetők.
- **Érzékenység** – ideális a 30^0 - 60^0 közötti megvilágítási irányok választása.

Hivatkozások

Newman W M, Sproull R F (1987): Interaktív számítógépes grafika 360-363, Műszaki Könyvkiadó.

ROBOSZTUS BECSLÉST ÉS DLT-T ALKALMAZÓ WEB ALAPÚ FOTOGRAMMETRIAI ALKALMAZÁS FEJLESZTÉSE

Molnár Bence*



Developing a web based photogrammetry application with robust estimation and DLT – In my paper I discuss about the development of a new WEB based photogrammetry application. The goal is to create a tool, which makes photogrammetry available and applicable for everyone. Nowadays everyone has the equipments for photogrammetry (digital cameras and PCs). The grown of the amount of users raises many questions, such as gross errors. The camera parameters (internal orientation) are unknown. In this paper there are solutions for these problems, enabling the creation of a web based photogrammetry application. To reduce the effect of gross errors, Huber's method is used and with the method of Direct Linear Transformation the camera parameters can be unknown.

Keywords: photogrammetry, Direct Linear Transformation, Huber-method, WebDLT

Tanulmányomban egy új, web alapú fotogrammetriai alkalmazás megvalósításáról értekezem. A fő cél egy olyan eszköz létrehozása, mellyel bárki számára elérhetővé és használhatóvá válik a fotogrammetria. Hiszen napjainkban mindenki rendelkezik a fotogrammetriához szükséges eszközzel (digitális fényképezőgép és számítógép). A felhasználók körének bővülése természetesen sok kérdést felvet, mint például a sűrűbben ejtett durva hibák. A digitális kamerák belső tájékozási adatai nem ismertek. Tanulmányomban ezen két fő problémára adok egy megoldást, ezzel segítve egy web alapú fotogrammetriai alkalmazás életre hívását. A durva hibák hatásának csökkentésére Huber módszer használható, míg a Direkt Lineáris transzformáció alkalmazása esetén nem szükséges a belső tájékozási adatok ismerete.

Kulcsszavak: fotogrammetria, Direkt Lineáris Transzformáció, Huber módszer, WebDLT

1 Bevezetés

A fotogrammetria fejlődésében jelentős lépés volt a digitális világ megjelenése, mind a kép-alkotást, mind a kiértékelést tekintve. A feldolgozást számítógépek segítik, vezérik, hajtják végre. A képalkotásban egyre nagyobb szerepet kapnak a digitális kamerák, és kezdenek háttérbe szorulni az analóg mérőkamerák. A fotogrammetria jelenlegi alkalmazási területe az új technológiák (mint például a lézerszkennelés) hatására lecsökkent, illetve komplex mérőrendszerek (optikai szkennerek) alkalmazására redukálódott. A digitális fényképezőgépek és számítógépek mindennapi életben való megjelenésével azonban egy új felhasználói kör célozható meg. Egy könnyen elérhető fotogrammetriai alkalmazás segítségével bárki végezhet térbeli méréseket, melyre nagy igény mutatkozik. Például egy ingatlan vásárlása előtt ma már mindenki készít fényképeket, ezeket miért ne használhatná fel méretek levételére, így is segítve a döntéshozatalt.

A felhasználói kör bővítése tehát egy könnyen elérhető, olcsó és szakismeret nélkül használható szoftver létrejöttével történhet. A cél természetesen több megkötést is magában hordoz a megvalósítást illetően, melyek így a végső pontosságra is hatással vannak. Ilyen megkötések a szakértelem hiánya, a durva hibák nagyobb arányú előfordulása és a nem kalibrált kamerák használata.

2 Web alapú megvalósítás

A létrehozott fotogrammetriai szoftver fejlesztése közben a fő cél volt a széles körben való alkalmazhatóság. Napjainkban egyre több alkalmazás használja az internetet, sőt épül teljesen az internet nyújtotta előnyökre. Gyakran teljesen web alapú alkalmazásokon keresztül intézzük dolgainkat,

gondoljunk csak a web alapú levelezési szolgáltatásokra, irodai alkalmazásokra, cégen belüli adminisztrációs felületekre. Ezek általában egy böngészőből működnek, mely nagy előnye, hogy a nincsen semmiféle megkötés a felhasználó helyére, számítógépére és operációs rendszerére, mégis mindig ugyanolyan felhasználói felülettel találkozik, sőt az adatai is bárhol elérhetőek, hiszen központi tárolva.

A kifejlesztett fotogrammetriai szoftver szintén web alapú technológiára épül. A felhasználónak lehetősége van saját digitális gépével készített képek feltöltésére, majd azokon elvégezni a mérendő pontok digitalizálását, különböző segédfunkciók segítségével. Eredményként a felhasználó az ismeretlen pontok koordinátáját kapja, de megtekintheti a böngészővel térben, interaktív módon is, illetve exportálható szabványos dxf állományba. Fontos, hogy az alkalmazás bármely böngészőből (Firefox, Internet Explorer, Opera, Google Chrome stb.) használható, teljes funkcionalitásban, anélkül, hogy bármiféle kiegészítőt, programot telepíteni kellene.

Az alkalmazás csak akkor lehet sikeres, ha az ingyenesen vagy nagyon olcsón használható. Ez természetesen a fejlesztési költségek minimalizálását vonja magával. Így egyértelmű volt a következő célkitűzés: csak szabad, nyílt forrású szoftverek használata a fejlesztés és a központi szerver üzemeltetése során. A web alapú felhasználói felületet szerver oldalon PHP készíti el, MySQL adatbázis segítségével. A kliens oldali megjelenítés teljes mértékben a W3C internetes szabványok szerint történik XHTML illetve JavaScript segítségével (1. ábra). A térbeli megjelenítéshez ezen kívül még az SVG illetve a VML szabványokat használom.

Korábban készült már web alapú fotogrammetriai szoftver (Grussenmeyer és Drap 2001), ezek azonban mind csak alkalmazások, böngésző kiegészítők telepítése után váltak használhatóvá. Így jóval nehezebbé vált az elterjedése, és fejlesztésük egy bizonyos szinten megállt. A kutatás során fejlesztett web alapú kiértékelő alkalmazás tekintettel a jelenlegi internetes megjelenítési lehetőségeket, szigorúan csak a több képes kiértékelésre hagyatkozik, térbeli kiértékeléshez kliens oldalon még sokáig nem lesz elérhető a tényleges 3D-s megjelenítés.

Az alkalmazás a <http://dlt.fmt.bme.hu> oldalon érhető el, és próbálható ki.

3 Direkt Lineáris Transzformáció

Digitális fényképezőgépe tehát mindenkinek van, de ezeknek a legritkább esetben ismerjük a belső tájékozási paramétereit, mely lehetővé tenné a sugárnyaláb kiegyenlítés alkalmazását. A nem kalibrált kamerák segítségével történő kiértékelés egyik lehetséges módja a Direkt Lineáris Transzformáció (Karara, 1989). Mely direkt kapcsolatot teremt a képp koordináták és a tárgyoldali koordináták közt (1,2), mindezt lineáris egyenletek segítségével.



1. ábra. Felhasználói felület, digitalizáló modul

$$x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (1)$$

$$y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (2)$$

Ahol L_i a DLT paraméterek, X, Y, Z a tárgyoldali koordináták és x, y a képkoordináták. A kifejezés átalakítása után látszik lineáris mivolta (3,4), így számítása igen hatékony a algoritmussal megoldható.

$$L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4 - xL_9X - xL_{10}Y - xL_{11}Z - x = 0 \quad (3)$$

$$L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8 - yL_9X - yL_{10}Y - yL_{11}Z - y = 0 \quad (4)$$

A kiértékeléshez képenként 11 paraméter meghatározása szükséges, ezt nevezhetjük a képek tájékozásának is. A paraméterek egymástól nem függetlenek, segítségükkel számíthatóak a fotogrammetriában megszokott 9 tájékozási paraméter, de ezek számítása nem szükséges a kiértékeléshez. A számítás előfeltétele a sugárnyaláb kiegyenlítéshez hasonlóan, illesztőpontok ismerete. Illlesztőpontok térbeli koordinátáinak megadására a webes alkalmazás lehetőséget ad. A szükséges illesztőpontok száma 6, ezek helyettesíthetők távmérési kényszerekkel is, melyet a számítás során a kiegyenlítésbe bele lehet venni.

A kiegyenlítést a legkisebb négyzetek módszerének segítségével hajtom végre, a magyar szakirodalomban II. kiegyenlítési csoportként (Detrekői, 1991) ismert eljárás szerint. Pontonként 2 egyenlet írható fel, mindegyikben csak 1 ismeretlen van, ezért alkalmazható a II. kiegyenlítési csoport. Az egyenlet lineáris volta miatt nem szükséges iteratív kiegyenlíteni. A számításokat Octave programnyelv segítségével végzem szerver oldalon. Az Octave a Matlab matematikai számításokat segítő programmal egyenértékű, azonos szintaktikájú, de szabad, nyílt forráskódú alternatíva. A lineáris egyenletrendszer megoldása szinguláris értékek szerinti felbontás (SVD) alapján történik. Így a fotogrammetriában gyakran előforduló szinguláris mátrixok esetén is megoldható a számítás.

4 Durva hibák hatása – Huber módszer

A kezdeti feltevés, miszerint nem gyakorlott fotogramméterek számára készül az alkalmazás, magában hordja a durva hibák előfordulásának megnövekedését. A legkisebb négyzetek módszere különösen érzékeny a durva hibákra, azokat az összes mérésre szétosztja. A durva hibák szűrését gyakran statisztikai próbák segítségével végzik a kiegyenlítés előtt, előre megadott szignifikancia szinten. Így a durva hibás méréseket a kiegyenlítés során nem használják fel.

Van azonban egy másik járható út is. Gauss megállapította, hogy az ismeretlenek várható értékét csak akkor lehet meghatározni, ha ismerjük a hibák eloszlásfüggvényét. Egy ilyen függvényt ismereni csak elméleti úton, feltételezéssel lehetséges. Az ilyen jellegű becslés alapján feltételezhető, hogy a hiba valószínűsége arányos a normális eloszlás sűrűségfüggvénye alapján képzett exponenciális kifejezéssel (Závoti, 1996).

$$F = (1 - \varepsilon)\Phi + \varepsilon H \quad (5)$$

ahol F a mérési hibák eloszlásfüggvénye, Φ a normáliseloszlás eloszlásfüggvénye, H a durva hibák ismeretlen eloszlásának eloszlásfüggvénye és ε az a valószínűség, amellyel a durva hibák fellépnek. A megfigyelések hibái csaknem normális eloszlásúak, és a feltételezett középhiba igaz a mérési értékek többségére.

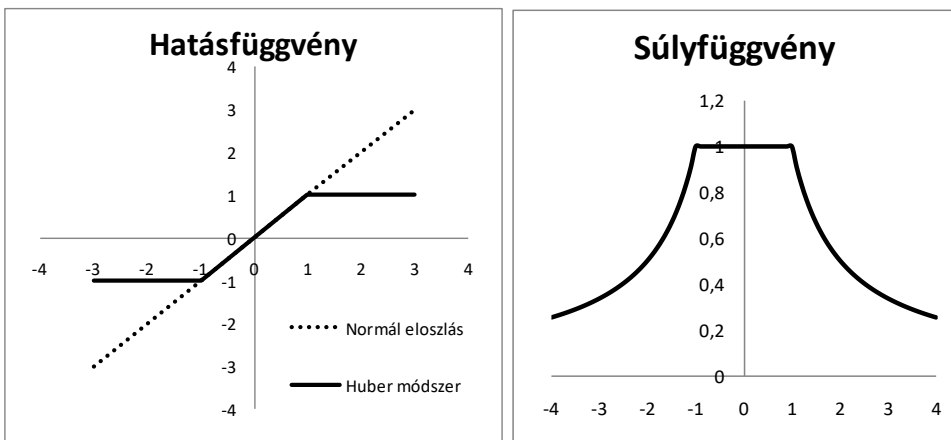
A legkisebb négyzetek módszerének alkalmazásakor napjaink irodalmában a normáleloszlás feltételezése nem szükségszerű, így a kiegyenlítéskor használható egyéb eloszlásfüggvény is. A durva hibák szűréséhez többfajta függvényt dolgoztak ki, melyek tulajdonképpen a durva hibás mérések súlyának csökkentésével teszik a becslést robusztussá. Huber által kidolgozott eljárás a legjelentő-

sebb, általános célokra is használható becslési módszer. Huber egy hatásfüggvényt dolgozott ki, mely egy bizonyos szám (küszöbszám) felett a hibákat durva hibának tekinti, és a hatásfüggvényből képzett súlyfüggvény segítségével újrasúlyozza a méréseket. Végeredményül tulajdonképpen egy robusztus M-becslést (Maximum Likelihood) kapunk. Így a durva hibás mérések hatása minimálisra csökken a kiegyenlítés során, de továbbra is felhasználásra kerülnek.

$$\psi(x) = \begin{cases} x, & |x| \leq a \\ a \frac{x}{|x|}, & |x| > a \end{cases} \quad (6)$$

A ψ hatásfüggvény (2. ábra) meghatározásakor az a paraméter értékét gyakran a középhiba alapján veszik fel, a 3σ szabály értelmében, annak 3 szorosára. A Huber-féle becslés hibamodelle a közepén normális eloszlású és a széleken duplán exponenciális (6). Az a paraméter értéke 3 pixel, az ennél nagyobb hibával terhelt méréseket tekinti az alkalmazás durva hibásnak.

A program egy kezdeti kiegyenlítést hajt végre egységmátrixnak felvett súlymátrix segítségével. Majd a kapott hibavektor alapján a méréseket újrasúlyozza Huber hatásfüggvénye alapján. A következő iteráció alkalmával az új súlymátrix segítségével végzi a kiegyenlítést. Az iterációs lépések során a durva hibás mérések súlya nullához közelít (3. ábra).



2. ábra. Hatásfüggvény és súlyfüggvény

	1. Kép		2. Kép		3. Kép		4. Kép	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.749	0.933	0.41	0.256	0.939	0.342	1	0.61
2	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0.278	1	0.184	0.852	0.252	0.521	0.353	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0.533	1	1	0.976	1	1
14	0.48	1	0.349	1	0.453	1	0.695	1
17	0.975	0.376	1	0.434	0.976	0.727	0.543	0.785
20	0.734	1	1	1	1	1	0.716	1
22	0	0	1	1	1	1	1	1

3. ábra. Mérési eredmények súlya

5 Pontosság

Az alkalmazás megtervezése és megvalósítása során több kritikus problémára kellett figyelmet fordítani. Egyik ilyen probléma a gyakran nagyméretű képek interneten való továbbítása. Ennek hatékony megoldása csak úgy lehetséges, ha minimalizáljuk a kép le- illetve feltöltését, ideiglenes tárolóban tároljuk mind a kliens oldalon, mind a szerver oldalon. A böngészőben való megjelenítés és egyéb megfontolások miatt is szükséges a képeket feldarabolni. Ez sajnos csak újramintavételezéssel történhet, mely a geometriai pontosságot csökkentheti. Különös nehézség a böngészők által használt megjelenítési elv, némely böngészők (Opera) a kép méretének számításakor kerekítést alkalmaznak, így geometriailag szintén romlik a képek megbízhatósága.

Egyes böngészők (Firefox, Explorer) a megjelenítés során képesek a pixeleket további pixelekre bontva megjeleníteni, így lehetővé válik a pixelméret alatti pontosságú digitalizálás. A részpixelek (subpixel) intenzitási értékét a környező képpontok intenzitás értékei alapján, interpoláció segítségével számítják.

A számított végeredmény pontossága több tényezőtől függ. Egyik ilyen tényező az illesztőpontok koordinátájának pontossága, ezt a felhasználó az alkalmazástól függetlenül méri meg, így azt nem tudja befolyásolni. Fontos tényező továbbá a képernyődigitalizálás pontossága. Ezt a korábban említett pixel alatti koordinátaméréssel tudjuk javítani, illetve a durva hibák hatásait minimalizálni. A felhasználók fotogrammetriai ismeretére vélhetően csekély, a hálózattervezés és a fényképezési tapasztalat hiánya nagy hatással lesz a végső pontosságra. Nem utolsósorban a felhasznált fényképek minősége (geometriai, radiometriai felbontása, zajviszonya, tömörítés mértéke, optikai elrajzolások) is befolyásoló tényezők.

Az alkalmazás természetesen több pontossági mérőszámot tár a felhasználó elé. Egyrészt a mérési eredmények súlyozása, másrészt a középhibák adnak tájékoztatást a végső pontosságról. Gyakorlott fotogramméterek az alkalmazás segítségével a fotogrammetriai kiértékelő programok által nyújtott pontosságot érhetik el. Az átlagos felhasználó a tapasztalat hiánya miatt valószínűleg jóval alacsonyabb pontosságot érhet el, de feltehetően nincs is szüksége az ingatlan vásárlásakor nagy pontosságú (például milliméter alatti) eredményekre.

6 Összefoglalás

A fejlesztett alkalmazás segítségével egy mindenki által, böngészőből használható fotogrammetriai kiértékelő program vált elérhetővé. Így a fotogrammetriát használók száma jelentősen növekedhet, ezzel visszanyerve elvesztett népszerűségét. Az alkalmazás további előnye, hogy mindig a legfrissebb verziót lehet használni, nincs szoftverfrissítési költség és feladat.

Az alkalmazott lineáris modell miatt a számítás igen gyorsan és hatékonyan végezhető, a mérési eredmények újrasúlyozása nem okoz jelentős időigény növekedést az iterációs lépések ellenére. A robusztus becslés során végzett újrasúlyozás segítségével a durva hibák hatása csökkenthető, így a felhasználói ismeretek hiányának hatása a pontosságra csökkenthető.

Hivatkozások

- Abdel-Aziz Y I, Karara H M** (1971): Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates, ASP Symposium on Close-Range Photogrammetry.
- Detrekői Á** (1991): Kiegészítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest. 685.
- Grussenmeyer P, Drap P** (2001): Possibilities and limits of Web photogrammetry - Experiences with the ARPEL web based tool. Heidelberg, Photogrammetric Week 01, Wichmann Verlag.
- Huber P J** (1981): Robust Statistics, John Wiley & Sons, New York.
- Závoti J** (1996): Robusztus becslési módszerek a geodéziában. Dr Habil disszertáció, p. 1-35.

TÉRBELI HASONLÓSÁGI TRANSZFORMÁCIÓ MEGOLDÁSA MATLABBAL

Minda János*



Spatial transformation solved by MATLAB mathematical programpackage – Spatial transformation solved by MATLAB mathematical programpackage.. We are allowed both direct function and modularity functions. We are used iterations and it was solved with 16 bit precisions. All the mathematical background is introduced on one example for the application of the method.

Keywords: spatial transformation, MATLAB function modularity, iteration

A térbeli hasonlósági transzformációt MATLAB matematikai szoftverrel oldottuk meg. Két típusú úton közelítettük a megoldást ; egyik módszernél egyetlen függvényt írtunk, míg a második esetben kisebb függvények írásával és ezek, mint a modularitás felhasználásával a függvényeket egy közös függvényre oldottuk meg.

Kulcsszavak: térbeli hasonlósági transzformáció, MATLAB függvény modularitás, iteráció

1 Bevezetés

A térbeli hasonlósági transzformáció kutatásának egyik fontos kérdése a pontosság, ma is fennáll. Az iterációval történő megoldás sok problémát vet fel. A következő képletet használjuk: $X = xe + mRu$, ahol X vektor egyik rendszerbeli koordináták, xe az eltolás vektor, m a méretarány tényező, R a forgatási mátrix és u a másik koordináta vektor. A képletek (Burkhard 1981, Kovács 1984, Minda 1983, 1986, Schwidewsky és Ackermann 1976) leírásra és megoldásra kerültek. A cikk szűkös kereteire hivatkozva direkt és moduláris függvények összehasonlításával foglalkozom. A különböző matematikai programok MATLAB, MATHCAD, MATEMATICA, MAPLE, mind alkalmasak a feladatok megoldására, kezelésére. Mi most a MATLAB-bal oldjuk meg a transzformációt. Az iterációt a forgás-szögekre végezzük el, az eltolás vektort súlypont vektorral helyettesítjük. A számítást 4 pontra végezzük, így lehetőség van a legkisebb négyzetek módszerének alkalmazására. Az „lsqnonlin()” e módszer szerint iterál.

2 Függvények

A direkt függvény *Transz0.m*, melyet ki is listáztunk. Moduláris függvényekből van 7 script file; *atvalt.m*, *beolvas.m*, *eltol.m*, *fszog.m*, *koord.m*, *megold.m*, *suly.m*, és ezeket a *meghat.m* függvényben aktivizáltunk. A koordinátákat az *uvwXYZ.krd* tartalmazza.

3 Függvényekről

Csak példaként a *meghat.m* függvényt kilistáztuk, amelyben a megírt kisebb függvények szerepelnek. Az egyszerűbb működés végett bevezettük a globális változók listáját. A változók listája:

```
function meghat(u, X, y, M, xe)
global u X y M xe
koord
beolvas
suly
megold
beolvas
eltol
```

```

atvalt
n=size(u,1);
for i=1:n
    e(i,1)=X(i,1)-xe(1)-M*(y(3)*(y(1)*u(i,1)-
y(2)*u(i,2))+y(4)*u(i,3));
    e(i,2)=X(i,2)-xe(2)-M*(y(5)*(y(1)*u(i,2)+y(2)*u(i,1))-
y(6)*(y(3)*u(i,3)-y(4)*(y(1)*u(i,1)-y(2)*u(i,2))));
    e(i,3)=X(i,3)-xe(3)-M*(y(5)*(y(3)*u(i,3)-y(4)*(y(1)*u(i,1)-
y(2)*u(i,2)))+y(6)*(y(1)*u(i,2)+y(2)*u(i,1)));
end;
disp('                Maradék Hibák');
disp('    X=                Y=                Z=');
for i=1:n
    fprintf(1,'%+2.14f %+2.14f %+2.14f\n',[e(i,1) e(i,2)
e(i,3)]);
end;

```

A szögek iterációját a nemlineáris legkisebb négyzetek függvénnel oldottuk meg, mely a MATLAB beépített saját függvénye. A szögek közelítő értékeinek az 1 és 0 értéket adtuk. A lista:

```

function megold
global y
opts=optimset('TolFun',1e-30,'TolX',1e-
30,'MaxIter',1000,'MaxFunEvals',2000);
y=lsqnonlin(@fszog,[1 0 1 0 1 0],[[],[],[]],opts);
disp('                Forgás - szögek');
disp('    Kappa                Fi                Omega');
disp('    Cosinus(a)                Sinus(a)');
for i=1:2:5
    fprintf(1,'%+1.14f %+1.14f\n',[y(i) y(i+1)]);
end;

```

4 Első megoldás

A *direkt* transzformációt lefuttatva a lista:

```

>> Transz0
    TÉRBELI HASONLÓSÁGI TRANSZFORMÁCIÓ
        Közös pontok száma = 3
        Méretarány szám = +1.11100000000000
        Forgás - szögek
            Cosinus(a)                Sinus(a)
Kappa:    +0.70710678118655 +0.70710678118655
Fi:       +0.86602540378444 +0.50000000000000
Omega:    +0.50000000000000 +0.86602540378444
    Forgás szögek -> 360-as rendszerben
    +45 0 +0.0000000000    +45 0 +0.0000000001
    +30 0 +0.0000000001    +30 0 +0.0000000000
    +60 -0 -0.0000000000    +60 0 +0.0000000000
            Eltolások
    X0=                Y0=                Z0=
+100.00000000000000 +70.00000000000000 +10.00000000000000

```

Maradék Hibák

X=	Y=	Z=
+0.00000000000000	-0.00000000000001	+0.00000000000000
-0.00000000000001	+0.00000000000003	+0.00000000000000
+0.00000000000001	-0.00000000000000	-0.00000000000000

5 Második megoldás

A moduláris transzformációt lefuttatva a lista:

```
>> meghat
Közös pontok száma= 3
Méretarány = +1.11100000000000
  Forgás - szögek
  Kappa      Fi      Omega
  Cosinus(a) Sinus(a)
+0.70710678118655 +0.70710678118655
+0.86602540378444 +0.50000000000000
+0.50000000000000 +0.86602540378444
Közös pontok száma= 3
  Eltolások
  X0=      Y0=      Z0=
+100.000000000000 +70.000000000000 +10.000000000000
  Szögek -> 360-as rendszerben
+45= 0=+0.000000000 +45= 0=+0.000000001
+30= 0=+0.000000001 +30= 0=+0.000000000
+60=-0=-0.000000000 +60= 0=+0.000000000
  Maradék Hibák
  X=      Y=      Z=
+0.00000000000000 -0.00000000000001 +0.00000000000000
-0.00000000000001 +0.00000000000003 +0.00000000000000
+0.00000000000001 -0.00000000000000 -0.00000000000000
```

6 Összefoglalás

A fenti kiragadott példák alapján összegezve megállapíthatók az alábbiak:

1. A transzformációs megoldás LAPTOP-pal terepen használható.
2. A matematikai programcsomagokkal könnyen és gyorsan lehet megoldani feladatokat.
3. A megoldáshoz ugyanannyi idő alatt lényegesen több iterációt lehet elérni.
4. A pontosság eléri a megfelelő mértéket.
5. A programhibák megtalálása nagyon gyorsan megoldható.

Hivatkozások

- Burkhard R** (1981): Zur raumlichen Modell-Eindrehung in 3 Passpunkte. Bildmessung und Luftbildwesen 49(1981), 172-176.
- Detrekői Á** (1981): Geodéziai mérések matematikai feldolgozása. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Kovács I É** (1984): A légiháromszögelés térbeli kiegyenlítésének megoldása mikroszámítógéppel. Geod. és Kart. 1984/6.
- Kreiling A** (1972): Photogrammetrisches Taschenbuch..Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Minda J** (1983): Térbeli hasonlósági transzformáció megoldása PTK-1096 típusú számológéppel..Geod. és Kart. 1983/5.
- Minda J** (1986): Térbeli hasonlósági transzformáció egy lehetséges megoldása személyi számítógéppel. Geod és Kart. 1986/2.
- Schwidersky K, Ackermann F** (1976): Photogrammetrie. B. G. Teubner, Stuttgart.

CSOMÓPONTI FORGALOM AUTOMATIKUS FIGYELÉSE RFID TECHNOLÓGIÁVAL

Krausz Nikol*, Barsi Árpád*



Automatic junction monitoring by RFID – The safety of the traffic will be crucial in the future because of the growth of traffic. The paper presents a safety technical application in the case of road crossing. It gives a detailed description about the procedure, and its future usability.

Keywords: detection, RFID, ghost driver, automation, traffic monitoring

A megnövekedett forgalom miatt a közlekedés biztonságának növelése kulcsfontosságú lesz a jövőben. A cikk egy biztonságnövelő alkalmazást mutat be csomóponti áthaladások esetében. Részletes ismertetést ad az eljárásról, illetve annak jövőbeni széleskörű felhasználhatóságáról.

Kulcsszavak: detektálás, RFID, forgalommal szembehajtó jármű, automatizálás, forgalom megfigyelés

1 Bevezetés

RFID – angol rövidítés (*Radio Frequency Identification*) – rádiófrekvenciás azonosítást jelent. Általánosságban egy olyan rendszer, ami egy tárgy vagy egy személy egyedi azonosítóját továbbítja vezeték és érintés nélkül, rádióhullámok segítségével (Krausz 2007). Ez a technológia ismert és elterjedt a logisztika területén (Jones, Chung 2007) (Hansen 2008). A kutatások és fejlesztések lehetőséget adnak, hogy nagyon specifikus területeken is teret hódítson ez a technológia (O'Brien 2004).

A technológiai piacutatással foglalkozó amerikai ABI Research 2009-es végfelhasználói jelentésében, amit globális felmérés alapján készít, válságállónak nevezi ezt a technikát. A felmérésben résztvevő cégek elsődlegesen az üzleti folyamatok javítását jelölték meg, míg a második legfontosabb motiváló tényező a nem munka jellegű költségek csökkentése volt. Egyre több profitorientált cég investál RFID alapú technikába, aminek vonzata az RFID eszközök árcsökkenése, és ez kedvez a specifikus, új kutatási lehetőségeknek. Így kerülhetett sor arra, hogy az RFID technológiát a forgalommal szemben haladó járművek automatikus azonosítására alkalmazzuk.

Ezek az előnyök a következők:

- kisméretű, kis energiafogyasztású, könnyen felszerelhető RFID címkék (tag-ek),
- könnyen telepíthető RFID olvasó berendezések, illetve antennák,
- szabványosított, viszonylag nagy (akár 100 méteres nagyságrendű) érzékelési hatótáv,
- elérhető, egyre csökkenő ár.

2 A forgalommal szembehajtó jármű (ghost driver)

A közúti közlekedésben kiemelten odafigyelnek a tömeges balesetekre. Tömegkarambolt okozhat, ha egy jármű a forgalommal szemben közlekedik (www.kfv.at). Ennek több oka lehet:

- fogadásból, bátorságpróbából, „vagányságból”,
- öngyilkossági kísérlet okán,
- figyelmetlenségből,
- fáradtságból,
- rossz látási viszonyok miatt.

A forgalommal szemben haladó jármű (angol kifejezéssel *ghost driver*) főként az autópályákon, nagy sebességű főutakon és zárt sávokban jelent különös veszélyt (Safespot 2008). Az Európai Unió

iránymutatásai szerint az elkövetkező években a közlekedésben résztvevők biztonságának növelése elvárt, ezért a modern technika minden eszközt bevetik ebben a küzdelemben (EU 2001).

A közlekedők biztonsága érdekében a forgalommal szemben közlekedő jármű minél korábbi észlelése, riasztás kiadása, majd a fennálló probléma eliminálása a feladat. A kulcs a korai észlelés. Korai észlelés esetén hamarabb történik válaszreakció, gyorsabban megoldódik a szabályosan közlekedőkre nézve veszélyes szituáció. Egy automatikus figyelőrendszer, amely mentes az emberi beavatkozástól, képes a feladat megbízható és gyors elvégzésére. Beazonosítja a rossz irányban közlekedő járműveket, majd figyelmeztetést ad mind az útfelügyeletnek, mind a közlekedőknek elektronikus táblák, feliratok aktiválásával. Az intelligens táblák használatával elterelhetők a forgalommal szemben hajtó jármű által használt sávból a helyes irányban közlekedő járművek. Így vég eredményben szabad utat lehet létrehozni a rossz irányban közlekedőnek, amíg a rendőrök meg nem állítják, megelőzve ezzel egy nagy tömegkarambolt.

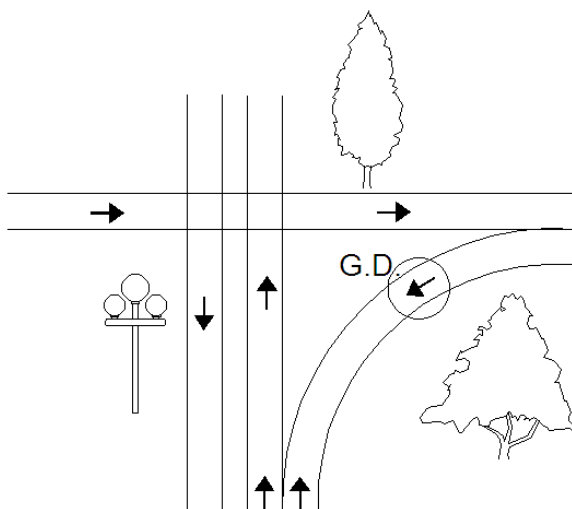
3 Detektálás

Az RFID-rendszer elsődleges célja a forgalommal szemben közlekedő jármű mielőbbi észlelése. A forgalommal ellentétesen haladó jármű észlelése minimum két ellenőrző ponton történő áthaladása alapján lehetséges. Ha csak egy ilyen ponton halad át, nincsen viszonyítási lehetőség közlekedésének irányáról, csak a jelenlétről kapunk információt. A csomópont geometriája határozza meg, hány ellenőrzési pont telepítése szükséges, majd ezek közül adott irányra vonatkozóan hány ponton kell észlelni egy adott járművet, hogy biztonsággal ki lehessen jelteni, a jármű rossz irányban halad. A kontroll pontokon való áthaladás sorrendje a meghatározó, ezáltal dönthető el biztonságosan, hogy a jármű által leírt mozgás helyes vagy helytelen irányban történt. A forgalmi szituáció alapján ez a 1. ábrának megfelelően alakul.

Az automatikus figyelőrendszer másodlagos, de ugyanolyan fontos feladata a riasztások kiadása. A jelzések befutnak a megfelelő szervekhez (autópálya rendőrség, mentők, tűzoltók egyéb felügyeleti szervek) és a közlekedők számára is megjelennek több lehetséges módon (Barsi et al. 2009).

4 Észlelési stratégia

A feladat a következő; adott egy kereszteződés és a rajta áthaladó járművek. Ezek közül észlelni szeretnénk azokat, amelyek a meghatározott haladási iránnyal ellentétesen mozognak. A helyes irányban közlekedők csak abban az esetben érdekesek, ha statisztikák készülnének az adott csomóponti terhelésről.



1. ábra A forgalommal ellentétes irányban haladó jármű (G.D. jelölés) egy autópálya lehajtón

A cél az automatizálás, melyhez olyan szimuláción alapuló fejlesztés készül, mely meghatározza egy adott sűrűséggel elhelyezett lehetséges antenna pozíciók közül az optimálisat. A célkitűzés az, hogy a szimulációs eljárás képes legyen a minimális számú, automatikusan, megbízhatóan elhelyezett antennák elhelyezésére, melyekkel az adott csomópont forgalma monitorozható. Az antenna elhelyezés automatizálásához szükséges egy jól felépített keretrendszer. A feladat legnehezebb része azon elvek kidolgozása, amelyek minden csomópontra érvényesek és alkalmazhatóak.

Többretegű adatmodell kezelése a feladat, amelynek elemei a következők:

- képi alap (georeferált úrfelvétel vagy ortofotó),
- útgeometria (útgráf élekkel és csomópontokkal),
- lehetséges tévesztési irányok (különleges gráfélek).

Első lépésként meghatározzuk a csomópont geometriáját lehető legjobban leíró gráfot, melynek segítségével a helyes útirányokat is nyilvántartjuk. Következő lépésben a csomópontot és környezetét egy grid rendszerrel látjuk el, melynek sűrűsége alapesetben omnidirekcionális (minden irányban azonosan érzékeny) antennát feltételezve az érzékelő hatótávolságának fele. Az alapértelmezett sűrűséget – a rácspontok közti távolságot – a csomópont geometriája nagymértékben befolyásolja. Tehát, ha az olvasó berendezések elhelyezésére váró csomópont összetett, sok le- és felhajtó ággal rendelkezik kis szakaszon, akkor a rácsávolságon csökkenteni kell a jobb érzékelőpozíció meghatározása érdekében. A rácspontokra elhelyezett érzékelők számát minimalizálni kell. Ha a rácspont olyan képi területre esik, ahol nincsen útszakasz, és a pufferezónája sem metsz egyetlen gráfelemet sem, azt a rácspontot kivehetjük a listából. Megmaradnak azok a rácselemek, amelyekhez tartozó hatósugár metsz egy, vagy több gráfélt. Ezek száma még csökkentést igényel, melyet iterációs eljárással lehet elérni. A fenti lépések után előáll az adott csomópont elsődleges lefedési terve, melyet, ha szükséges, utólagosan egy operátor módosíthat, felülbíráva a szoftver kalkulációját.

A módszertan leírása egy konkrét csomóponton keresztül kerül bemutatásra. A választás az M0-M5 autópálya-autópálya csomópontra esett, mivel viszonylag nagy kiterjedésű csomópont. A csomóponti ágakat a jó azonosíthatóság érdekében egyedi jelöléssel kell ellátni. A főirányok azonos dupla betűkódot kaptak, a köztük lévő átkötő irányok kódja a két főág betűjeléből származtatható. A kiválasztott csomópont esetében kialakuló kódokat a 2. ábrán mutatjuk be, ahol a főirányok AA, BB, CC, DD jellel ellátottak, a le/felhajtó irányok pedig értelemszerűen belőlük alakulnak ki. A módszertan kidolgozásakor az egymással párhuzamosan futó, irányban egyező sávokat egy egységnek tekintjük, az ezekre le- illetve feltérő ágakat szintén egy sávként értelmezzük. A létrejött többretegű adatmodellben tárolásra kerülnek az ismert lehetséges tévesztési irányok, illetve a tévesztések kiküszöbölésére alkalmazott fizikai akadályok. Ezek lehetnek a következők:

- szalagkorlát,
- betonelem,
- elvben éles szögű kanyar,
- szintbeli különbség.

A csomópontok földrajzi adatai könnyen beszerezhetőek pl. az Openstreetmap (továbbiakban OSM) portálról. Letölthetőek az utak, útszakaszok geometriai adatai, melyek WGS-84 rendszerben adóttak. Az importálás módjától függően ezek az adatok két különböző formátumban állnak rendelkezésre;

- xml állomány vagy
- shape file.

Mindkét exportált állománytípus rendelkezik a további feldolgozás szempontjából előnyökkel és hátrányokkal. Az xml állományok esetében egyedi azonosítóval vannak ellátva a geometria felépítésében résztvevő töréspontok, a shape file esetében utólag kell ezek létrehozásáról gondoskodni. A két állománytípus különböző adattárolási módszere programozástechnikai kérdéseket vet fel.

A 2. ábra jelöléseit használva egy példán keresztül mutatjuk be az automatizálás alapjául szolgáló elvet. Ha elhelyezünk a csomóponton egy olvasó berendezést, legyen ez az #1-es érzékelő, amely következő irányokról szolgáltat jelenléti információt az adatközpontnak: AA, BB, AD, DA, BD, DC. Mivel egy érzékelő alapján a rögzített jel haladási irányáról nincsen információnk, ezért szük-

séges egy második érzékelő (#2) is. A #2 érzékelőtől származhatnak adatok a következő útszakaszokról: CC, DD, AA, BB, BA, CA, DA. A szenzorok által lefedett útszakaszok érzékelési információi alapján több eset lehetséges:

- jó eset: nincsen téves riasztás, kieső észlelés,
- rossz eset:
 - a) szabályosan haladó járművet azonosít „ghost driver”-ként,
 - b) nem veszünk észre „ghost driver-t”.

Ha a rossz esetenél megjelölt események közül bármelyik is fennáll, az elhelyezett érzékelők nem megfelelő pozícióban kerültek elhelyezésre. Maradva a példa jelölésinél: ha #1 érzékel előbb egy járművet, majd a #2, akkor ezt a kapott irányvektort összevetve a tárolt úthálózati gráf adatokkal megállapíthatjuk, hogy forgalommal szemben haladó járművet észleltünk a DA jelű útszakaszon. A jó irányban közlekedő jármű estén kapott riasztás akkor áll fenn, ha az érzékelő hatósugara olyan területet is lefed, amely a csomópont által biztosított szabályos közlekedési keretek közt mozgó gépjármű használ. Ez a 2. ábra jelöléseit használva a következőképpen néz ki, nem foglalkozva a példa esetében azzal, hogy tényleges megvalósulhat-e az esemény:

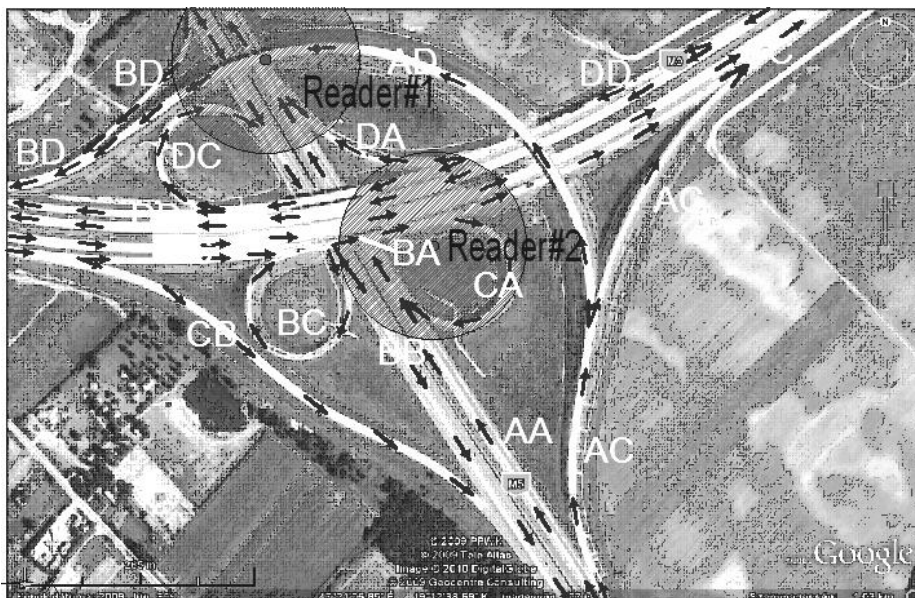
- „ghost driver” iránya: AA–DA–DD útszakaszok,
- a jó irány: DD–DA–AA,
- téves riasztás: AC–AD–DD visszakanyarodva CC útszakaszra.

Ilyen esetekre ki kell dolgozni a megfelelő keretrendszert, hogy mi alapján dönthető el az adott adatpárra, hogy téves vagy tényleges riasztásról van-e szó. Ebben az esetben fontos az időtényező, hiszen adott idő alatt adott útszakasz tehető meg. A fenti példa esetében az időbélyegekből megállapítható időtartamok közül a kisebb számértékű (rövidebb idő telt el a két észlelés között) a forgalommal szemben közlekedő jármű.

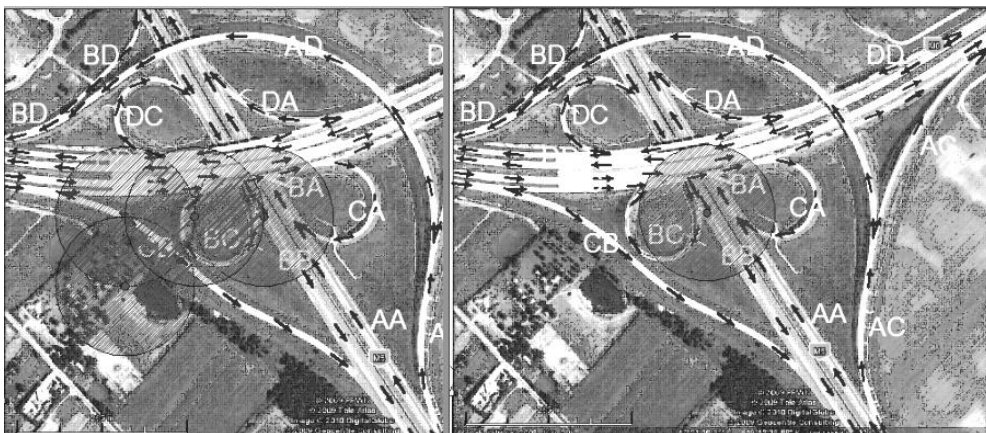
A vázolt elméleti modell alapján készül az effektív automatizálást végző szoftver.

5 Jövőkép, kitekintés

Magyarország domborzati viszonyai kedvező feltételeket biztosítanak a tranzit közlekedési útvonalaknak. Az Európai Unió bővülése fokozza az áruforgalmat és a terhelést a tranzit útvonalakon.



2. ábra. Az M0-M5-ös csomóponton elhelyezett RFID olvasók Google Earth képen



3. ábra. Az M0-M5-ös csomóponton elhelyezett elméleti érzékelő/olvasó berendezés helyszínek és a csökkentett konfiguráció

Egyre több kutatási és fejlesztési tevékenység indul a közúti közlekedéssel kapcsolatban, ezeket az EU nagymértékben részesíti anyagi támogatásban. A megnövekedő átmenő és helyi forgalom szükségessé teszi a biztonságot növelő alkalmazásokat. Célszerű lenne a most illetve a jövőben épülő csomópontokat ellátni különböző forgalomfigyelő szenzorokkal. A cikkben példaként kiragadott épülő M0-M5 csomópontot is fel lehetne szerelni forgalommal szemben hajtó jármű elleni riasztó rendszerrel, kamerás vagy egyéb szenzoros kiegészítő szolgáltatással. Így létrejönne egy többszenzoros rendszer, amely nemcsak közlekedésbiztonsági feladatok ellátására képes, hanem pl. forgalomszámlálásra, statisztikai adatok szolgáltatására. A kamerás berendezések nemcsak matematikai jellegű adatszolgáltatásra képesek. A felszerelt kamerákkal követni lehet az időjárási viszonyokat, de akár a bekövetkezett balesetek súlyossági fokáról is képet kaphatunk. A kamerákkal és RFID érzékelőkkel ellátott útszakaszokon közlekedő járművek haladási sebességeiről is képet alkothunk. Ebben az esetben a járművek beazonosítási hibája viszonylag kicsi, az esetleges gyorsajtó nem bújhat ki a felelősség alól.

6 Összefoglalás

A cikkben ismertetjük a forgalommal szemben haladó jármű fogalmát, és ennek a folyamatnak káros kimeneteleit. Előzetes vizsgálatokkal bizonyítottuk, hogy az RFID technika alkalmas a helytelen irányban közlekedő járművek detektálására, ennek folyamatáról részletes tájékoztatás szerepel. Áttekintést adunk az észlelési stratégia kialakításáról és az ehhez tartozó többretegű adatmodell felépítéséről, létrehozásáról. A jövőre vonatkozóan széleskörű kitekintést adunk a multiszenzoros rendszerek alkalmazhatóságáról. Az elkövetkezőkben a cikkben ismertetett eljárás részletes kidolgozására került sor, majd a fejlesztés különböző szituációkban való tesztelésére.

Hivatkozások

- Krausz N, Barsi Á** (2007): RFID technológia: A helymeghatározás új eszköze, *Geomatikai Közlemények X*, 99-106.
- Jones E C, Chung C A.** (2007): *RFID in Logistics*, CRC Press.
- Hansen W R** (2008): *RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen*. Wiley and Sons.
- O'Brien K M** (2004): Estimating the Effects of Radio Frequency Identification (RFID) Tagging Technologies on the Army's War-Time Logistics Network, *Storming Media*.
- EU dokumentum** (2001), http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2001_white_paper/lb_texte_complet_en.pdf
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/index_en.htm
<http://www.kvf.at>
<http://de.wikipedia.org/wiki/Falschfahrer>
- Barsi Á, Lovas T, Krausz N** (2009): Forgalommal szembehajtó jármű detektálása RFID segítségével, *Geomatikai Közlemények XII*, 211-216.
- Safespot** (2008) D2.3.2 Final Report, Safespot projekt, <http://www.safespot-eu.org/deliverables.html>