

GEOMATIKAI KÖZLEMÉNYEK

Publications in Geomatics

SZERKESZTŐK
Editors

ZÁVOTI J, BÁNYAI L, PAPP G

HU ISSN 1419-6492



MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓINTÉZET
9400 SOPRON, CSATKAI U. 6-8.

TARTALOMJEGYZÉK - CONTENTS

Geomatematika

Kádár István, Karsay Ferenc	7
Adatábrázolási kísérleteink a térbeli hasonlósági transzformáció példáján <i>Experiences of data representation with example for the spatial conformal transformation</i>	
Nagy Gábor	25
Digitális domborzatmodellek tárolásának hatékony módszerei <i>Effective methods of Digital Elevation Model storage</i>	
Tóth Gyula	29
Vertikális gravitációs gradiens meghatározás Eötvös-inga mérések hálózatában <i>Vertical gravity gradient interpolation in a grid of Eötvös torsion balance measurements</i>	

GNSS-GPS

Borza Tibor	37
A kozmikus geodézia és a KGO 30 éve <i>30 years of satellite geodesy and the SGO</i>	
Busics György	43
Technológia-váltás a GNSS korszakban <i>Technology change in the GNSS era</i>	
Bányai László	53
Permanens GPS állomás létesítése az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetben <i>Establishment of permanent GPS station in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences</i>	
Virág Gábor, Borza Tibor	59
Speciális transzformációs eljárások a valós idejű GNSS helymeghatározásnál <i>Special transformation methods for real-time GNSS positioning</i>	
Kenyeres Ambrus	65
Permanens GNSS állomások koordináta idősorainak elemzése <i>Coordinate time series analysis of the permanent GNSS stations</i>	

Térinformatika, Fotogrammetria és Távérzékelés

Kalmár János	75
Új eszközök a fotogrammetriában és a térinformatikában <i>New tools in photogrammetry and GIS</i>	
Kertész Imre, Barsi Árpád	89
Útburkolat-felmérés mobil térképező rendszerrel <i>Road pavement survey by inertial sensors</i>	
Krausz Nikol, Barsi Árpád	99
RFID technológia: a helymeghatározás új eszköze <i>RFID technology: new tool for positioning</i>	

Szőcs Katalin, Kibédy Zoltán	107
Texturázott felületek – vége az ortofotónak?	
<i>Textured surfaces the end of orthophoto?</i>	

Geodinamika

Mentes Gyula	115
Hidrostatikai dőlésmérők elmélete	
<i>Theory of hydrostatic tiltmeters</i>	
Gribovszki Katalin	131
Néhány hazai rengés hipocentrum- meghatározásának pontosítása a Pannon-medencében található vastag üledékes rétegek speciális sebességviszonyainak figyelembevételével	
<i>Hypocenter relocation of some different earthquakes occurred in Hungary taking into consideration the special velocity model of deep sediments situated in the Pannonian Basin</i>	
Újvári Gábor	145
Földcsuszamlás-kockázat vizsgálata fuzzy és neuro-fuzzy rendszerek segítségével	
<i>Investigation of landslide risk with the help of fuzzy and neuro-fuzzy inference systems</i>	

Nehézségi erőter

Völgyesi Lajos Csapó Géza, Szabó Zoltán, Tóth Gyula	159
A nehézségi erőter időbeli változása a talajvízszint ingadozásának hatására	
<i>Time variations of gravity influenced by the groundwater fluctuation</i>	
Szűcs László	167
Vetítések a Föld felszínéről az ellipszoidra	
<i>Projections from the surface of the Earth to the ellipsoid</i>	
Földvári Lóránt, Völgyesi Lajos, Csapó Géza	177
Az MGH-50 és az MGH-2000 országos gravimetriai hálózatok közötti transzformációs függvény meghatározása céljából a felületillesztés módszerével végzett vizsgálatok	
<i>Investigations for the determination of a transformation function between MGH-50 and MGH-2000 gravity networks by means of surface fitting</i>	
Benedek Judit, Papp Gábor	187
AZ Eötvös tenzor elemeinek szimulációja a GOCE műhold pályamagasságában	
<i>Simulation of the Eötvös tensor elements at GOCE satellite altitude</i>	
Paizs Zoltán, Földváry Lóránt	201
Geopotenciális modell számítása GRACE mikrohullámú távolságmérés alapján	
<i>Determination of a gravity model based on GRACE microwave ranging observations</i>	
Rózsa Szabolcs, Tóth Gyula	211
A topográfia hatásának meghatározása a nehézségi erőter gradienseire különféle modellek alapján	
<i>Determination of the effect of topography on the gravity gradients using various models</i>	
Papp Gábor	221
A topográfiai átlagsűrűség és a terepi javítás együttes meghatározása L_2 normájú statisztikai becsléssel	
<i>Joint statistical estimation of the average topographical density and the terrain correction</i>	

Zaletnyik Piroska, Paláncz Béla, Völgyesi Lajos, Kenyeres Ambrus	231
Gravimetriai geoid korrekciója GPS-szintezési adatok felhasználásával	
<i>Correction of the gravimetric geoid using GPS-levelling data</i>	

Gyakorlati alkalmazások

Király Géza, Brolly Gábor, Márkus István	241
Földi lézerszkennelés alkalmazása egyes fák vizsgálatára	
<i>Application of terrestrial laser scanning for investigation on single trees</i>	
Brolly Gábor, Király Géza, Márkus István	251
Légi lézerszkennelés és QuickBird ürfelvétel integrált elemzése határon átnyúló területeken	
<i>Integrated analysis of a cross-border area by means of aerial laser scanning and QuickBird image</i>	
Kibédy Zoltán, Szőcs Katalin, Barsi Árpád	257
Közlekedési csomópont beláthatósági vizsgálata földi lézerszkenneléssel	
<i>Visibility proof of road junctions using terrestrial laser scanning</i>	
Ládai András Dénes	265
Adatgyűjtés és navigáció ismeretlen expedíciós területen	
<i>Data collection and navigation on an unknown expedition area</i>	
Szabó Gergely, Égető Csaba	273
Irányátvitel MOM Gi-B3 giroteodolittal a svájci Gotthard-bázisalagút építésén	
<i>Application of MOM Gi-B3 gyrotheodolite for orientation transfer to the Gotthard Base Tunnel</i>	
Bazsó Tamás	281
Integrált geodéziai műszer-együttes alkalmazásának vizsgálata erdőrezervátumok területén	
<i>The application study of integrated geodetic instruments in forest reservations</i>	
Gregori Ákos	287
Régészeti célú térinformatikai rendszer előállítása	
<i>Creating an archaeological GIS</i>	
Battha László	297
Egy algoritmus hálózatok elemzésére és Menger tételének bizonyítására	
<i>An algorithm for the investigation of networks and for the proof of Menger's theorem</i>	
A kötet bírálójának névsora	302

ADATÁBRÁZOLÁSI KÍSÉRLETEINK A TÉRBELI HASONLÓSÁGI TRANSZFORMÁCIÓ PÉLDÁJÁN

Kádár István^{*}, Karsay Ferenc^{**}



Experiences of data representation with example for the spatial conformal transformation
- The intention of the authors is integration of X , Y , Z coordinates and development of vector-arithmetic without components in order to realise parallel computing. These are illustrated by an example in 3D and 4D number system.

Keywords: data representation, number representation, balanced ternary and negabinary number systems, data compression, digital multiplexing, 3D and 4D number system, vector arithmetic, spatial conformal transformation

A szerzők célkitűzése: a geodéziai számításokban alapvető fontosságú X , Y , Z koordináta-hármas egyesítése és összetevők nélküli vektor-aritmetika létrehozása párhuzamos számítás céljából. Példa a térbeli hasonlósági transzformációra 3D és 4D vektor-számrendszerben.

Kulcsszavak: adatábrázolás, számábrázolás, adategyesítés, negatív kettes és szimmetrikus hármas 3D, ill. 4D számrendszer, vektor-aritmetika, térbeli hasonlósági transzformáció

1 Bevezetés

Szarka (1961) könyvének bírálatában Dr. Homoródi Lajos (1961) – megérezve a közeljövő kínálkozó nagy lehetőségeit – többek között a következőket írta: „Mondjuk meg nyíltan: a gyakorlati geodétát nem kápráztatja el az, hogy a feltételes mérések kiegyenlítésének megoldása három betűvel szimbolizálható, mikor tudja, hogy e szimbólum kihámozásához a kettős szorzatokat, az oszlopok és sorok szorzását a számszerű eredmény érdekében mégis csak el kell végeznie. Neki tehát azt kell bemutatni, ahol e szimbólumokkal való operálás [vektor-algebra] valóban a számszerű megoldást [vektor-aritmetika] segíti elő... Ne vegye rossznéven a szerző ezeket a megjegyzéseket, csupán azt a hiányt akartuk erősen hangsúlyozni, amelyet a geodéták éreznek...”

Abban az időben, amikor ezek a sorok íródtak lényegében még csak mátrix/vektor algebra létezett. Amiben Homoródi hitt és bízott, a mátrix/vektor aritmetika kezdett beszivárogni nem sokkal ezután a köztudatba – elsősorban Knuth (1969) közvetítésével. Jelen dolgozatunk is ezt a még ma is fennálló hiányt igyekszik szerény eszközeink segítségével pótolni. Célkitűzésünk ugyanis bemutatni, hogyan lehet a vektor-algebra mintájára vektor-aritmetikát létrehozni. Természetesen egy ilyen nagyhorderejű vállalkozást előfeltételek biztosítása nélkül el se lehet indítani. Mi magunk már az 1970-es évek elején kezdtünk a témával foglalkozni, míg eljutottunk napjainkig (Halmos et al. 1971, 1972, 1973a, 1973b, 1973c, 1974a, 1974b, 1975, 1976, 1977; Kádár 1973, 1977a, 1977b, 1982a, 1982b, 1985, 1992, 2002, 2006; Kádár et al. 1996). Célszerűnek láttuk azonban arra a csaknem egy évszázados előzményre is utalni, melyben elsősorban maguknak a koordinátáknak a létjogosultságát kezdték megkérdőjelezni. Ez a folyamat, tudomásunk szerint, Hilbert (1981) munkájával indult el.

2 A koordináták egyesítésének gondolata

2.1 A folyamat előtörténete

A történet első fele a Hilbert-féle *térkitöltő görbével* kezdődött (Hilbert 1891). Ez volt az első bizonyított példa arra, hogy *mind a sík, mind a tér rácsháló-szerűen elhelyezkedő pontjai* olyan hierar-

^{*}NYME Geoinformatika Kar,
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: i.kádár@geo.info.hu

^{**}ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
Budapest XI. kerület, Pázmány P. sétány 1a.
E-mail: karsay.ferenc@beltav.hu

Hivatkozások

References

- Bell SBM, Mason DC** (1990): Tesseral quaternions for the octtree, *The Computer Journal*, 33; 5, 386-397.
- Halmos F, Kádár I** (1972): Simpler Solution for Solving Fundamental Problems in Geodesy. International Symposium on Satellite and Terrestrial Triangulation, Graz, June 1-2 1972. *Mitteilungen der Geod. Institut der Technische Hochschule in Graz, Folge 11, Part II.* 333-346.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1971): Geodaetische Rechnungen in der eindimensionalen Ebene- und Raumkoordinaten-Systemen, Internationale Konferenz über Rechnerentechnik in der Geodaesie, Sofia 7-11 Oktober 1-36.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1972): Egydimenziós sík- és térkoordináta-rendszerek. *Pályamunka. Magyar Tudományos Akadémia* szept. 14. 94.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1973a): A koordináták információtartalma és szerkezete. *Geodézia és Kartográfia* 25, 4, 241-248.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1973b): Egydimenziós sík- és térkoordináta-rendszerek. *Geodézia és Kartográfia* 25, 5, 325-337.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1973c): One dimensional plane and spatial coordinate systems. *Földmérési Intézet, Budapest.*
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1974a): Geodéziai számítások egydimenziós sík- és térkoordináta-rendszerekben. *Geodézia és Kartográfia* 26; 1, 13-27.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1974b): Szatellita-geodéziai és egyéb geodéziai feladatok megoldása közvetlen vektor- és mátrix-aritmetikákkal feladat-orientált számrendszerekben. Az EFE 1974 évi kutatási beszámoló jelentése, Sopron 262-265.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1975): The solution of satellite geodetical and other geodetical problems with direct vector and matrix arithmetics in problem-oriented number-systems, *Nabljudenija Iskustvenni'h Sputnikov Zemli*, No. 15, 1975 (Publikacija Nauchni'h Rezultatov Szotrudnicesztva Interkosmos, Astronomiceskij Sovjet Akademii Nauk SSSR, Moskva) 492-520. (in russian)
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1976a): Szatellita geodéziai és egyéb geodéziai feladatok megoldása közvetlen vektor-mátrix aritmetikával feladat-orientált számrendszerekben. *Kozmikus geodéziai szemináriumok. I. kötet. Budapest. MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztálya* 81-134.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1976b): The Solution of satellite geodetical and other geodetical problems with direct vector and matrix-arithmetics in problem-oriented number-systems. *Nabljugenyija Iszkussztvennüh Szputnyikov Zemli* No.15 1975. Publikacija Naucsnuh Rezultatov Szotrudnyicesztva Interkosmosz, Asztronomiceszkih. Szovjet Akademii Nauk SzSzSzR, Moszkva. 492-520.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1977): The Solution of Satellite Geodetical and Other Geodetical Problems with Direct Vector and Matrix Arithmetics in Problem-Oriented Number-Systems, *Mitteilungen aus dem Institut fur Theoretische Geodaesie der Universitaet Bonn.* 48, 1-82.
- Hilbert D** (1891): Über die stetige Abbildung einer Linie auf ein Flächenstück, *Mathematische Annalen* 38, 459-460.
- Hmelnik SzI** (1969): Kodirovanie vektorov, *Kibernetika*, Kiev, 5, 54-57.
- Homoródi L** (1961): Szarka Zoltán: A mátrixszámítás kiegészítő számítási alkalmazásai. *Szakirodalom, Geodézia és Kartográfia*, 304-305.
- Kádár I** (1973): Korszerű számrendszerek és koordináta-rendszerek alkalmazása a geodéziában. Előadás Pécen, az OFTH FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatóriumában (dec. 18).
- Kádár I** (1977a): Az EOTR fejlesztésének lehetőségei. EFE FFFK Tudományos ülése (dec. 16).
- Kádár I** (1977b) Számítógépes lehetőségek az egykoordinátás rendszerek alkalmazásához. Előadás. FÖMI KGO, Péc (febr. 8).
- Kádár I** (1982a): Térbeli geometriai feladatok megoldása alfavektoriális rendszerben. GKE előadás, Békéscsaba, febr. 5.
- Kádár I** (1982b) Térbeli geometriai feladatok megoldása alfavektoriális rendszerben. TIT előadás, Bicske, máj. 26.
- Kádár I** (1985): Mik a legfontosabb teendőink geodéziai térszemléletünk módosításához. Továbbképző előadások absztraktjai, FÖMI KGO, Péc, 17. old.
- Kádár I** (1992): Eredményközpontú aritmetikák. Előadás. BME Villamosmérnöki Kar Folyamatszabályozási Tanszék (márc 10).
- Kádár I** (2002): Kísérletek a Virtuális valóságot modellező (VRML) nyelvvel. *Geomatika*, Sopron. 215-252.
- Kádár I, Busics Gy, Papp E** (1996): GPS data integration by simulated vector arithmetics in J. J User Conference, Toronto, Ontario, June 24-25.
- Knuth DE** (1960): An Imaginary Number System, *Communications of the ACM*, 3; 4, 245-247.
- Knuth DE** (1987): A számítógép-programozás művészete 2. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 199. old.
- Szarka Z** (1961): A mátrixszámítás kiegészítő számítási alkalmazásai. Felsőoktatási Jegyzetelátó V. Budapest.

DIGITÁLIS DOMBORZATMODELLEK TÁROLÁSÁNAK HATÉKONY MÓDSZEREI

Nagy Gábor*



Effective methods of Digital Elevation Model storage – This article shows two methods for powerful storage of grid (GRID) and triangulated irregular network (TIN) elevation models. These methods are usable not only for Digital Elevation Model (DEM) storage, but also for uniform processing of different types of DEMs.

Keywords: Digital Elevation Model (DEM)

Ez a cikk egy-egy eljárást mutat be a négyzetrács (GRID) illetve a szabálytalan háromszögháló (TIN) típusú domborzatmodellek tárolásának hatékonyra tételére. Az eljárásokkal nem csak a felületekre vonatkozó információkat tartalmazó adathalmazok indexelésére nyílik lehetőség, hanem a különféle típusú domborzatmodellek egységes kezelésére is.

Kulcsszavak: Digitális domborzatmodell (DDM)

1 Bevezetés

Minden digitális formában tárolt anyag esetében fontos az adatok tárolásának megfelelőképpen átgondolt megtervezése, hiszen ez az adatokon végzett minden későbbi művelet szempontjából meghatározó. A digitális domborzatmodellek hatékony tárolása alatt többféle dolgot is érthetünk. A hatékonyság egyik mutatója lehet, hogy a domborzat adatait mekkora méretű állományban tudjuk tárolni; a másik pedig az, hogy a domborzaton végzett különféle műveleteket milyen gyorsan tudjuk végrehajtani. A két szempont általában egymással ellentétesen működik, mivel a tömörítve tárolt adatok dekódolása időt, a kereséseket gyorsító indexek tárolása pedig helyet igényel; így mindig az adott céltól és a lehetőségektől függően kell megválasztani az alkalmazott technológiát.

A következőkben egy-egy olyan módszert mutatunk be, melyek segítségével a GRID illetve a TIN típusú domborzatmodelleken végzett műveletek jelentős gyorsítására nyílik lehetőség. Ezt mindkét esetben olyan gyors előszűrések biztosítják, melyek leválogatják a felületeknek egy adott geometriai feltétel szempontjából érdekes részeit.

2 Piramis index alkalmazása szélsőértékekkel

A piramis index egy jól ismert és széleskörűen alkalmazott módja a nagyméretű képek kezelésének. Lényege, hogy a képet többféle felbontásban tároljuk, és ezek közül mindig a megjelenítés méretarányának leginkább megfelelőt használjuk. Az egymást követő felbontások általában az eredeti felbontás $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, ... $\frac{1}{2^n}$ részei. A módszer onnan kapta nevét, hogy felfelé haladva az egyes szintek felbontása (és ezáltal az adathalmaz mérete) piramisszerűen egyre kisebb lesz.

Az egyes szintek képeinek egy eleméhez az eggyel nagyobb felbontású kép négy eleme rendelhető. Ezzel a hozzárendeléssel fa gráfok jönnek létre. A viszony az elemek elhelyezkedéséből ered, külön tárolni szükségtelen.

A piramis indexet általában nagyméretű képek nagyságrendileg különböző méretarányokban történő megjelenítéséhez használják, ilyenkor ennek megfelelően az indexképek raszterjei az eredeti kép helyileg megfeleltethető raszterjeiben lévő értékek számtani középértékét tárolják. Ez a digitális domborzatmodellek esetében egyébként a térfogatszámítások gyorsítására használható fel, mivel az átlagos magasságot a raszter alapterületével megszorozva egyszerűen kapjuk a felületdarab alatti térfogatot.

Piramis index készíthető olyan módon is, hogy az egyes indexképek elemeiben a legkisebb és legnagyobb értékeket, vagyis a raszternek megfeleltethető felületdarab legmagasabb és

Köszönetnyilvánítás. Ez a cikk munkahelyemnek, a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karának támogatásával jött létre.

Hivatkozások

References

Guttman A (1984): R-trees: a dynamic index structure for spatial searching. j-SIGMOD, 14; 2, 47-57.

Peucker T (1978): The Triangulated Irregular Network. Proc. of the Digital Terrain Models (DTM) Symposium, St. Louis, 516-540.

Timár G, Telbisz T, Székely B (2003): Űrtechnológia a digitális domborzati modellezésben: az SRTM adatbázis. Geodézia és Kartográfia 12, 11-15.

VERTIKÁLIS GRAVITÁCIÓS GRADIENS MEGHATÁROZÁS EÖTVÖS-INGA MÉRÉSEK HÁLÓZATÁBAN

Tóth Gyula*



Vertical gravity gradient interpolation in a grid of Eötvös torsion balance measurements
– Vertical gradient of gravity (VG) cannot be measured by the Eötvös torsion balance. In this paper, however it is shown how to interpolate VG differences in a network of torsion balance measurements. The feasibility of the proposed approach is verified by test computations.

Keywords: vertical gravity gradient, interpolation, Eötvös torsion balance, gravity field

Az Eötvös-inga által mért mennyiségek között nem szerepel a vertikális gravitációs gradiens értéke. A tanulmányban megmutatjuk, hogyan interpolálható a vertikális gravitációs gradiens változása Eötvös-inga mérési hálózatokban. A módszer alkalmazhatóságát teszt számításokkal igazoljuk.

Kulcsszavak: vertikális gravitációs gradiens, Eötvös tenzor, interpoláció, nehézségi erőter

1 Bevezetés

A nehézségi erőter helyi jellegzetességeinek vizsgálatában, de más geodéziai és geofizikai alkalmazásokban is fontos szerepük van a nehézségi térerősség gradienseinek. Ezeket az Eötvös-tenzor tartalmazza. A tenzor 9 eleme közül (külső térben, ahol érvényes a Laplace-egyenlet) szimmetria okok miatt csak 5 elem független. Az Eötvös-ingával ebből 4 mérhető néhány Eötvös ($1 \text{ Eötvös} = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$) pontossággal. Haalck (1950) megmutatta azt, hogy a hiányzó ötödik elem (a vertikális gravitációs gradiens, VG) változása előállítható csupán az ingával mért mennyiségek függvényében, mert a harmadik potenciál deriváltak szintjén már megvan a lineáris kapcsolat a Laplace-egyenlet miatt a VG és az ingával mérhető 4 elem deriváltjai között.

Az elmélet ismertetése után egy számpélda keretében bemutatjuk, hogyan alkalmazható a gyakorlatban ezen módszer Eötvös-inga mérések négyzöghálózatban történő VG interpolációjára. Foglalkozunk a gradiensek nemlineáris változásának kérdésével is. Ezután vázoljuk a tervezett kísérleti Eötvös-inga mérések hálózatát egy Makád környéki teszt területen, illetve az ingamérések hálózatában várható terephatást vizsgáljuk meg digitális terepmodell segítségével a hálózat 38 pontjában.

2 Elméleti háttér

Célunk az, hogy Eötvös-inga mérési pontok hálózatában minden pontban meghatározzuk a V_{zz} vertikális gradiens (VG) értékét. Ez az ingával közvetlenül nem mérhető. Viszont a Laplace-egyenlet segítségével lehetőség van meghatározni a hálózati pontokban a VG x , y és z irányú V_{xx} , V_{yy} , V_{zz} megváltozásait. Így már egy közeli pontra a VG lineáris változását feltételezve a Δx , Δy , Δz koordináta-különbségek ismeretében a $\Delta T_{zz} = T_{xx} \Delta x + T_{yy} \Delta y + T_{zz} \Delta z$ VG különbség előállítható. Mivel a számítás menetét részletesen ismerteti Tóth et al. (2005) illetve Völgyesi et al. (2005) az alábbiakban csak rövid összefoglalást adunk az eljárásról.

Az Eötvös-inga mérések különbségeire két pont között az alábbi 4 egyenletet tudjuk felírni 7 ismeretlenre:

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink a T043007, T046718, és K60657 számú OTKA pályázatok keretében folynak.

Hivatkozások

References

- Bhattacharyya BK** (1969): Bicubic spline interpolation as a method for treatment of potential field data. *Geophysics*, 34, 402-423.
- Detrekői Á** (1991): Kiegyenlítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Haalck H** (1950): Die vollständige Berechnung örtlicher gravimetrischer Störefelder aus Drehwaagemessungen. Veröffentlichungen des Geodätischen Institutes Potsdam, Nr. 4, Potsdam.
- Hein G** (1981): Untersuchungen zur terrestrischen Schweregradiometrie. DGK Dissertationen, Reihe C, Heft Nr. 264, München.
- Holstein H** (2003): Gravimagnetic anomaly formulas for polyhedra of spatially linear media. *Geophysics*, 68, 157-167.
- Menz J, Knospe S** (2002): Lokale Bestimmung des Geoids aus terrestrischen Gradiometermessungen unter Nutzung der geostatischer Integration, Differentiation und Verknüpfung. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 127; 5, 321-342.
- Tóth Gy, Völgyesi L, Csapó G** (2005): Determination of vertical gradients from torsion balance measurements. IAG Symposia Vol 129, Gravity, Geoid and Space Missions, C. Jekeli, L. Bastos, J. Fernandes (Eds.), Springer, 292-297.
- Völgyesi L, Tóth Gy, Csapó G, Szabó Z** (2005): Az Eötvös-ingamérések geodéziai célú hasznosításának helyzete Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia*, 57; 5, 3-12.

A KOZMIKUS GEODÉZIA ÉS A KGO 30 ÉVE

Borza Tibor*



30 years of satellite geodesy and the SGO – The inauguration of the Satellite Geodetic Observatory (SGO) was in 1976. The establishment of the SGO is a milestone in the Hungarian satellite geodesy because since then the satellite observations started earlier could be continued in a professional way. Based on the role and history of the SGO, this retrospection is intended to present the development of satellite positioning from the beginning to how the Global Navigation Satellite System (GNSS) is gaining ground nowadays.

Keywords: satellite geodesy, GNSS infrastructure



1976. november 26.-án került felavatásra a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium. A KGO létesítése mérföldkönek számít a hazai kozmikus geodéziában, mert ettől kezdve professzionális körülmények mellett folytatódhatott a már korábban elkezdődött műholdmegfigyelés. A visszatekintés a KGO szerepén keresztül igyekszik bemutatni a műholdas helymeghatározás fejlődését a kezdetektől a globális navigációs műholdrendszerek (GNSS) térhódításáig.

Kulcsszavak: kozmikus geodézia, GNSS infrastruktúra

1 Bevezetés

A 70-es évek elején, nem kis mértékben az akkori szovjet űrkutatás sikereinek következtében a közhangulat, de főleg a politikai légkör kedvezett az űrkutatásnak. Nehéz volt felmérni, hogy mindez mit jelent Magyarország számára, de az érződött, hogy perspektivikus dologról van szó, amiért érdemes áldozni. Az akkori ágazatvezetésből meg kell említeni Joó Istvánt, aki a KGO tényleges megvalósításában kulcsszerepet játszott (Joó 1976, Almár 1978, Fejes 2001, Borza és Fejes 2001). A KGO felavatására éppen 30 évvel ezelőtt került sor.



1. ábra. A KGO főépülete 1975-ben és madártávlatból 30 év múlva

A KGO feladata, célja kezdettől egészen napjainkig a globális helymeghatározásra irányul: előbb aktív megfigyelésekkel részvétel a földmodellek pontosításában, később napjainkig a GNSS infrastruktúra országos kiépítése.

A 30 évvel korábban megfogalmazott feladat ezért a mai napig érvényes: a geodéziában hasznosítható űrtechnikák megismerése és adaptálása a hazai gyakorlatba. Emellett feladata még az ország geometriai rendjét biztosító geodéziai alaphálózatok szakmai felügyelete, amibe beletartozik a hálózatok korszerűsítése, sőt új hálózatok létesítése is.

* FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium
1149 Budapest, Bosnyák tér 5.
E-mail: borza@sgo.fomi.hu

Köszönetnyilvánítás. Őszinte elismerésemet fejezem ki elődeimnek: Almár Ivánnak, Alpár Gyulának, Mihály Szabolicsnak és Fejes Istvánnak, az Obszervatórium fennállása óta jellemző, nyitott, kreatív gondolkodó légkör kialakításáért és megtartásáért. Megköszönöm a FÖMI vezetésének a bizalmat és a szakmai támogatást, amely a legnehezebb időkben is töretlenül megvolt. Köszönettel tartozom az OMFB-nak, az OTKA-nak, az NKTH-nak, a Magyar Űrkutatási Irodának és nem utolsósorban az állami földmérésnek sikeres pályázataink támogatásáért. Végezetül megköszönöm a KGO volt és jelenlegi munkatársainak lelkiismeretes munkáját, amely mind egyéni sikereikben, mind a bemutatott eredményekben megmutatkozik.

Hivatkozások

References

- Joó I** (1976): A penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium és jelentősége a magyar geodéziában. Geod. és Kart. 28. 3. szám, p. 159-165.
- Almár I** (1978): Ungarisches Observatorium für Satellitengeod•sie. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 66. p.153.
- Fejes I** (2001): 25 éves a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium. Geod. Kart. 2001. 11.
- Borza T, Fejes I** (2001): 25 éves a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium. Évfordulóink 2001. pp. 240-244. Műszaki és Természettudományi Egyesületes Szövetsége, Budapest.

TECHNOLÓGIA-VÁLTÁS A GNSS KORSZAKBAN

*Busics György**



Technology change in the GNSS era – The Global navigation Satellite System (GNSS) era means that we can use a lot of services of the permanent station network. The GNSS receivers and also the softwares are developing. Due to this fact the measuring technologies applied for geodetic purposes are changing and their effectiveness is arising. In this paper we summarize the today's technologies assuming that only GPS basic system is available. The tendency is moving from static to kinematic measurement, from post to real-time processing, from single base to network solution. The users' responsibility is to choose the suitable solution depending on the opportunities and requirements.

Keywords: GNSS, measuring technologies, network real-time kinematic (RTK) technology

A globális navigációs műholdrendszerek (GNSS) korszaka többek közt azt jelenti, hogy a permanens állomások hálózatának többféle szolgáltatását vehetjük igénybe. A GNSS vevők és feldolgozó szoftverek is fejlődnek. Ennek következtében a geodéziai célra használt technológiák is változnak, termékelényességük javul. Írásunkban a ma választható technológiákat tekintjük át, feltételezve, hogy csak a GPS alaprendszer áll rendelkezésre. A változás iránya a statikustól a kinematikus felé, az utófeldolgozástól a valós idejű felé, az egybázisistól a hálózati megoldás felé mutat. A felhasználó felelőssége, hogy az igények és lehetőségek függvényében megfelelő megoldást találjon.

Kulcsszavak: GNSS, mérési technológiák, hálózati valós idejű kinematikus (RTK) technológia

1 Bevezetés

A GNSS technológiát az 1990-es évek elejétől kezdődően egyre kiterjedtebben használjuk alappontsűrítési és részletmérési célra, nem beszélve a térinformatikai célú adatgyűjtésről.

Annak ellenére, hogy lényegében ugyanazon alaprendszert, az amerikai GPS-t tudjuk csak igénybe venni, az alkalmazott mérési és feldolgozási módszerek jelentős változását figyelhetjük meg. Ez egyrészt a GNSS vevők és a feldolgozást végző szoftverek fejlődésének következménye (ami egy elméleti alapkutatást feltételez); másrészt az úgynevezett GNSS infrastruktúra fejlődéséből adódik.

A felhasználónak ismernie kell az alkalmazható mérési és feldolgozási módszereket, mert csak így tud az adott célnak leginkább megfelelő, optimális megoldást választani. A szakmai ismeretterjesztés miatt és oktatási szempontból is hasznosnak tartjuk a bevált technológiák megismertetését, amit eddig is igyekeztünk elősegíteni (Borza és Busics, 2005).

A mai korszerű műszerekkel (amilyen például a GPS-mérőállomás vagy a hálózati RTK-ra alkalmas GNSS RTK vevő), kézenfekvő a legfejlettebb technológia használata. Kérdés azonban, mi történjen a „régí típusú” vevőkkel, amelyeket még nem tudunk lecserélni? Ebből a szempontból érdemes megvizsgálni a „régí” műszerek leginkább „megfelelő” technológiát.

Tíz technológiát fogunk bemutatni, de előtte – a tisztánlátás érdekében – a GNSS alaprendszerek és kiegészítő rendszerek jelenlegi helyzetét tekintjük át.

2 A GNSS alaprendszerei

A globális navigációs műholdrendszerek (Global Navigational Satellite System – GNSS) célja, hogy a földkerekségen bárhol a felhasználói igényeknek megfelelő helymeghatározási, navigációs és időmérési szolgáltatást tegyenek lehetővé. Ezeket a szolgáltatásokat az amerikai-angol szakirodalomban gyakran PNT (Positioning Navigation Timing) rövidítéssel illetik.

A GNSS fogalma csak a legutóbbi időszakban kezd körvonalazódni a műholdas helymeghatározás teljes rendszerének összefoglaló elnevezésére (Ádám et al 2004).

*NyME GEO, 8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: bgy@geo.info.hu

Hivatkozások

References

- Ádám, Bányai, Borza, Busics, Kenyeres, Krauter, Takács** (2004): Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Borza T, Busics Gy** (2005): A GNSS infrastruktúrára támaszkodó műholdas helymeghatározás. GIS Open konferencia kiadványa, Székesfehérvár.
- Busics Gy, Horváth T** (2006): Az aktív hálózatok adottságainak kihasználása a műholdas helymeghatározásban. Geodézia és Kartográfia, 4, 9-16.
- Busics Gy** (2004): Alappontmeghatározás RTK-val. Geomatikai Közlemények, VIII, 107-114.
- Wübbena G, Schmitz M, Bagge A** (2005): PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks. Presented at the 18th ION-GNSS-05, 2005 Long Beach California. Geo++ White paper. p. 11.
- Virág G, Borza T** (2007): Speciális transzformációs eljárások a valós idejű GNSS helymeghatározásnál. Geomatikai Közlemények X, 59-64.

PERMANENS GPS ÁLLOMÁS LÉTESÍTÉSE AZ MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓINTÉZETBEN

Bányai László*



Establishment of permanent GPS station in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences – In this paper the experiences of procurement, establishment and purposes of the permanent GPS station in Sopron are summarized. The Leica GRX1200 PRO receiver with choke ring antenna is integrated into the national permanent Global Navigation Satellite System (GNSS) network to supply data for the regional innovation projects. The instrument can be used in atmospheric observations and in several research areas of our institute as well.

Keywords: GNSS, GPS, permanent station

Ebben az anyagban a soproni permanens GPS állomás beszerzésével, telepítésével és alkalmazásával kapcsolatos ismereteket és elképzeléseket foglaljuk össze. A Leica GRX1200 PRO gyűrűs antennával ellátott berendezést az országos permanens globális navigációs műholdrendszerek (GNSS) állomáshálózatba integráljuk, amellyel a régió innovatív fejlesztéseit kívánjuk elősegíteni. A berendezést intézetünk atmoszférikus obszervatóriumi megfigyeléseiben és különböző kutatási programjaiban is felhasználjuk.

Kulcsszavak: GNSS, GPS, permanens állomás

1 Bevezetés

Az amerikai műholdas globális helymeghatározó rendszer (GPS), továbbá annak orosz megfelelője (GLONASS) és a rendszert kiegészítő egyéb műholdas szolgáltatások, pl. az Európai Unió EGNOS rendszere a mesterséges holdak gyakorlati alkalmazása területén jelentős technológiai fejlődést eredményezett az életminőség javításának legkülönbözőbb területein. A rendszer potenciális jelentőségének felismerését követően az Európai Unió Galileo néven, egy, a korábbi rendszerekkel együttműködő, de autonóm elképzelés gyakorlati megvalósításába kezdett.

A rendszerek szerves részét képezik a mesterséges holdak megfigyelését végző permanens állomások. Ezeket kezdetben a globális és regionális geodéziai alapok (vonatkoztatási rendszerek) biztosítására alkalmazták. A globális geodinamikai és geodéziai alapok fenntartását Európában az EUREF szervezet koordinálja. A permanens állomások méréseiből előállíthatók a DGPS korrekciók, amelyekkel lehetséges a méter pontossággal jellemezhető közlekedés-navigációs szolgáltatások biztosítása, valamint előállíthatók az RTK korrekciók, amelyekkel a centiméter pontosságú igényeket is ki lehet elégíteni.

A rendszerek szolgáltatásai a legkülönbözőbb műszaki, természetvédelmi, közlekedésbiztonsági, katasztrófavédelmi, földtudományi stb. alkalmazások területén biztosítanak innovatív K+F fejlesztési lehetőségeket, hozzájárulva az életminőség javításához.

Magyarországon a földmérési alapok permanens GPS állomásokkal történő fenntartását az FVM Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Obszervatóriuma (FÖMI KGO) koordinálja (Kenyeres 1998, Borza 2002, Horváth 2005). Részt vesznek az EUREF szervezet munkájában is. Az országos aktív GNSS hálózatot már részben kiépítették, a budapesti régióban pedig beüzemelték a sűrített hálózatra támaszkodó hálózati RTK rendszert. Az ezzel kapcsolatos tudnivalók a <http://www.gpsnet.hu/> honlapon találhatók.

A Nyugat-Dunántúli Régióban az országos hálózat csornai, győri és zalaegerszegi állomása található, amely nem fedi le a régió potenciális igényeit. Hasonlóan a már említett budapesti regionális igényekhez, itt is további kisrégiós állomások telepítése lenne indokolt. Ezért az MTA Geodéziai

*MTA GGKI, 9400 Sopron, Csatka u. 6-8.
E-mail: geomatika@ggki.hu

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik az ND_INRG_05-PERMSZOL 297-10 számon nyilvántartott pályázat elnyerésében és megvalósításában elévülhetetlen érdemeket szereztek.

Hivatkozások

References

- Bazsó T** (2007): Integrált geodéziai műszer-együttes alkalmazásának vizsgálata erdőrezervátumok területén. Geomatikai Közlemények X. 281-296.
- Bányai L** (2000): GPS vevők kalibrálási lehetőségei. Geomatikai Közlemények III. 71-80.
- Bányai L** (2005): Investigation of GPS antenna mean phase centre offsets using a full roving observation strategy. Journal of Geodesy 79. 222-230.
- Borza T** (2002): Digitális országok születése. Geomatikai Közlemények V. 35-44.
- Kenyeres A** (1998): Permanens állomás(ok) a hazai geodéziai gyakorlatban. Geomatikai Közlemények I. 43-48.
- Horváth T** (2005): Javított valósidejű helymeghatározás interneten keresztül. Geomatikai Közlemények VIII. 123-133.

SPECIÁLIS TRANSZFORMÁCIÓS ELJÁRÁSOK A VALÓS IDEJŰ GNSS HELYMEGHATÁROZÁSNÁL

Virág Gábor*, Borza Tibor*



Special transformation methods for real-time GNSS positioning – This paper describes a transformation software based on the Hungarian GPS network which can transform World Geodetic System 1984 (WGS-84) coordinates into the Hungarian national system (EOV). We also describe a special transformation method, which is useful for real-time application.

Keywords: transformation, GPS, EOV, software development

A cikk bemutatja a World Geodetic System 1984 (WGS-84) és az Egységes Országos Vetület (EOV) közötti transzformációra kifejlesztett szoftvert (EHT²), amely lokális átszámítást végez az Országos GPS Hálózat (OGPSH) pontjaira támaszkodva. Bemutatunk még egy transzformációs eljárást, mely valós idejű alkalmazásokra készült.

Kulcsszavak: transzformáció, GPS, EOV, szoftver fejlesztés

1 Bevezetés

A GPS technika széleskörű elterjedése a geodéziai gyakorlatban felgyorsította azokat a kutatásokat, amelyek eredményeképpen hatékonyan, nagy pontossággal lehet a GPS mérési eredményeket áttranszformálni egy ország – korábban hagyományos módszerekkel meghatározott – vonatkozási rendszerébe. Kezdetben a hétparaméteres hasonlósági transzformáció (más néven háromdimenziós (térbeli) Helmert transzformáció vagy Bursa-Wolf modell) terjedt el, majd megjelentek a különböző polinomos transzformációs eljárások. A valós idejű GNSS alkalmazásokhoz speciális eljárásokat dolgoztak ki, melyek alkalmazkodnak az adott gyártmányú műszereknél korábban kifejlesztett adatstruktúrákhoz.

A cikk bemutatja a transzformációk elvi hátterét, valamint ismerteti egy - Magyarország területére kifejlesztett - lokális transzformáción alapuló szoftvert (EHT²) illetve egy másik speciális eljárást (VITEL), melyet valós idejű GNSS alkalmazásokhoz lehet használni.

2 Transzformációkról általában

A földmérési és térképezési feladatokat általában a klasszikus módszerekkel meghatározott vonatkozási rendszerben végezzük el. Ez a vonatkozási rendszer általában lokális elhelyezésű, melyet valamilyen módon illesztnek a geoid felületéhez az adott ország környezetében. Magyarországon a polgári geodéziai feladatokat legtöbbször a HD72 (Hungarian Datum 1972) vonatkozási rendszerhez kapcsolódó Egységes Országos Vetületi Rendszerben (EOV) végezzük el (Mihály 1994).

Ezzel szemben a GPS mérések eredményeit geocentrikus elhelyezésű vonatkozási rendszerben kapjuk. Magyarország 1991-ben csatlakozott az EUREF-89 rendszerhez, mely az ETRS-89 rendszer egyik konkrét megvalósulásának tekinthető.

A HD72 és az EUREF-89 vonatkozási rendszer között közvetlen (zárt alakban megadható) összefüggések nincsenek. A két rendszer közötti kapcsolatot csak a közös pontok koordinátái között felírható transzformációs egyenletek adnak. Közös pontoknak azon pontokat nevezzük, melyek koordinátái mindkét rendszerben ismertek. A klasszikus térbeli Helmert transzformáció hét paraméterét kiegyenlítéssel, a legkisebb négyzetek módszerével határozhatjuk meg, ha van legalább három, nem egy egyenesen fekvő, közös pontunk (Krakiwsky, Thomson 1974).

Magyarországon a gyakorlati feladatok elvégzéséhez létrehozták az Egységes Országos Vízsintes Alapponthálózatot (EOVA), mely hálózat I-től IV. rendűig kb. 50000 alappontot tartalmaz. Ezek közül kerültek kiválasztásra az Országos GPS Hálózat (OGPSH) pontjai (1152 db), melyek koordi-

Köszönetnyilvánítás. A koordináta transzformációval kapcsolatos kutatásokat támogatta a T043007 sz. OTKA pályázat.

Hivatkozások

References

- Ádám J, Borza T** (1995): The GPS Networks and their Comparison with the traditional Network of Hungary. Reports on Geodesy, 1995; 3, 211-219.
- Borza T** (1998): Elkészült az Országos GPS –hálózat. Geodézia és Kartográfia 1, 8-13.
- Krakiwsky E, Thomson D** (1974): Mathematical Models for the Combination of Terrestrial and Satellite Networks. The Canadian Surveyor, 28; 5, December 1974, 606-615.
- Mihály Sz** (1994): A magyarországi geodéziai vonatkozási rendszerek leíró katalógusa. Geodézia és Kartográfia 4, 198-203.
- Virág G** (1999): Az Egységes Országos Vízsíntes Alaphálózat vizsgálata az OGPSH tükrében. Geodézia és Kartográfia 5, 22-29.

PERMANENS GNSS ÁLLOMÁSOK KOORDINÁTA IDŐSORAINAK ELEMZÉSE

*Kenyeres Ambrus**



Coordinate time series analysis of the permanent GNSS stations – The filtering, noise and spectral analysis of the long term Global Navigation Satellite System (GNSS) coordinate time series are providing relevant information both for geodesy and for geophysics. The derived reliable coordinate and velocity estimates are making the permanent stations trustful for geodetic referencing and geokinematic interpretation. Our investigations were based on 10 years observation series of the EUREF Permanent Network (EPN), where the input data are available in combined weekly SINEX format. The time series sets for the further investigations were created in a multi-year adjustment using the CATREF software. The offset and outlier filtering done prior to the adjustment led to 40% rms improvement. The noise analysis, performed with the CATS_MLE software proved the presence of coloured noise in the EPN time series. This allowed us to derive reliable velocity uncertainty estimates which can be used for geophysical purposes. All results are freely available at the website of the EUREF Permanent Network (EPNCB).

Keywords: permanent stations, time series, noise analysis, harmonic analysis

A globális navigációs műholdrendszerek (GNSS) permanens állomások koordináta idősorainak analízise mind a geodézia, mind a geofizika számára szolgáltat új információkat. A cikkben bemutatandó szűrések, zaj- és spektrális vizsgálatok teszik azt lehetővé, hogy a permanens állomások ténylegesen betölthessék referenciaállomás szerepüket, megbízható koordinátaik és sebességeik által. Vizsgálatainkat az EUREF Permanens Állomáshálózat (EPN) több mint 190 állomásának heti felbontásban adott 10 éves mérési sorozata alapján végeztük. A vizsgálandó koordináta idősorokat ezen adatoknak a CATREF szoftverrel végzett együttes kiegyenlítésével állítottuk elő. Az előzetesen végrehajtott koordináta-ugrás analízis közel 40%-os javulást hozott a kombinált megoldás középhibájában. A CATS_MLE szoftverrel végzett zajvizsgálatainkkal bizonyítottuk, hogy a fehér zaj mellett színes zaj is jelen van az idősorokban, ennek ismeretében reális középhibákat tudunk levezetni az állomások sebességére.

Kulcsszavak: permanens állomások, idősor, zajvizsgálat, harmonikus analízis

1 Bevezetés

A folyamatos méréseket végző ún. permanens GNSS állomások kettős feladatot látnak el. Egyrészt szolgálják a mindennapi gyakorlati geodéziai igényeket a mérési adatok és korrekciók szolgáltatásával, másrészt a hosszútávon végzett mérések analízise biztosítja a különböző szintű geodéziai vonatkoztatási rendszerek fenntartását és fejlesztését. E két feladat semmilyen hálózati szinten nem választható szét, a megfelelő minőségű adatszolgáltatáshoz mindenkor a lehetőségekhez képest legpontosabb és aktualizált referencia koordinátákkal kell rendelkezniük a permanens állomásoknak. Ehhez a mérések folyamatos analízisére és a változások folyamatos nyomonkövetésére van szükség. A hosszútávon, napi rendszerességgel elvégzett analízis teszi lehetővé az állomáskoordináták és a mellérendelhető sebességek optimális pontosságú meghatározását, hogy a hálózat ténylegesen referenciahálózatként működhessen. Ezt felismerve az EUREF Permanens Állomáshálózatán (EUREF Permanent Network - EPN) belül a szerző vezetésével létrejött egy munkacsoport, amely az EPN állomások koordináta idősorait elemezve akár a geofizikai vizsgálatok céljainak is megfelelő koordináta- és sebesség megoldást képes szolgáltatni és azt havi rendszerességgel aktualizálni (Kenyeres és Bruyninx 2004).

*FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium, 1149 Budapest, Bosnyák tér 5.
E-mail: kenyeres@sgo.fomi.hu

Köszönetnyilvánítás. Az EPN állomások méréseinek és koordináta idősorainak analízisét a Magyar Űrkutatási Iroda támogatja (TP147). A cikk elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatói Ösztöndíja támogatta. A cikk ábrái a GMT (Generic Mapping Tool) szoftvercsomag (Wessel, Smith, 1998) felhasználásával készültek.

Hivatkozások

References

- Altamimi Z, Sillard P, Boucher C** (2004): CATREF software: Combination and analysis of terrestrial reference frames. LAREG Technical Note SP08, Institut Géographique National, France.
- Altamimi Z** (2006): Strengthes and Limitations of the ITRF: ITRF2005 and beyond. Paper presented at the GRF2006 Symposium, 9-14 October, 2006, Munich, Germany.
- Blewitt G, Lavallee D** (2002): Effect of annual signals on geodetic velocity. JGR, Vol.107/B7, doi: 101029/2001JB00570.
- Mao A, Harrison CGA, Dixon TH** (1999): Noise in GPS coordinate time series. JGR, 104, 2797-2816.
- Kenyeres A, Bruyninx C** (2004): EPN coordinate time series monitoring for reference frame maintenance. GPS Solutions, Vol.8 pp.200-209, doi:10.1007/s10291-004-0103-9.
- van Dam T, Wahr J, King M** (2005): Geophysical and Non-geophysical Annual Signals in European IGS Height time Series. Presented at the IAG Scientific Assembly, August, 2005, Cairns, Australia.
- Williams SDP** (2003): The effect of coloured noise in the uncertainties of rates estimated from geodetic time series. Journal of Geodesy, 76(483-494), doi. 10.1007/s00190-002-283-4, 2003.
- Williams SDP et al.** (2004): Error analysis of continuous GPS position time series. JGR, 109/B03412, doi: 101029/2003JB002741.
- Wessel P, Smith WHF** (1998): New, improved version of Generic Mappig Tools released, EOS Trans. AGU, 79; 47, 579.

ÚJ ESZKÖZÖK A FOTOGRAMMETRIÁBAN ÉS A TÉRINFORMATIKÁBAN

Kalmár János*



New tools in photogrammetry and GIS – the paper gives an overview of the hardware and software products of leading companies (IGI, Inpho, Intergraph, Jena, Leica), and depicts the future trends which will finally cause the extinction of analog methods and tools in photogrammetry. The final part contains a brief description of the program packages Google Maps and Google Earth. These provide Geographic Information System (GIS) data based on digital maps, Digital Surface Models (DSM), aerial photographs or satellite images. The price depends on the required precision in position and time.

Keywords: digital photogrammetry, digital photogrammetry cameras, photogrammetry workstations and softwares, GIS, internet, Google solutions

A tanulmány a szakterület piacvezető cégei (IGI, Inpho, Intergraph, Jena, Leica) hardver és szoftver termékskálájának bemutatásával ad egyrészt pillanatképet a jelenlegi helyzetről, másrészt felvázolja azon jövőbeli fejlődési trendeket, melyek a fotogrammetriában is az analóg módszerek és eszközök kihalásához vezetnek. Végezetül rövid ismertetés következik a Google Maps illetve a Google Earth programokról, melyek digitális térkép, digitális felületmodell (DFM), légifénykép és úrfelvétel adatbázissal nyújtanak a kívánt térbeli és időbeli pontosságtól függő ingyenes, illetve fizetős térinformatikai adatszolgáltatást.

Kulcsszavak: digitális fotogrammetria, digitális mérőkamerák, fotogrammetriai munkaállomások és szoftverek, GIS, internet, Google szolgáltatások

1 Bevezetés

A fotogrammetria célja az, hogy képi (síkbeli) információk alapján pontos térbeli információkhoz jussunk. A képi információk nyerése speciálisan kalibrált mérőkamerákkal történik, ma még kb. felerészben hagyományos fotópapírra, illetve nagyfelbontású digitális CCD szenzorokkal. A hagyományos légifényképek nagy részét fotogrammetriai filmscannerrel digitalizálják, hogy modern, nagyteljesítményű fotogrammetriai munka-állomásokkal legyenek kiértékelhetők (Flint 2005).

2 A digitális mérőkamerák fejlődését alapvetően három tényező befolyásolja

- Moore törvénye a chiptechnológia fejlődéséről várhatóan továbbra is érvényes (1.5 évenként duplázódik a teljesítmény)
- A CCD technológia ennél várhatóan lassabban fog fejlődni, mert kicsi a piaca
- A kamerák teljesítményét elsősorban az optika korlátozza

Vagyis a digitális kamerák terén a nagy technológiai áttörés már megtörtént, nem várhatók drámai változások. Piaci térhódításuk viszont folyamatosan nő, amit az 1. táblázat is bizonyít.

3 Alkalmazási tapasztalatok digitális és filmes mérőkamerákkal

- A 23*23 cm-es film nem nyújt több információt, mint egy 12000 pixel él-felbontású digitális kamera (2. táblázat)
- A digitális képen legalább ötször kisebb a zaj, mint a filmen, ezért pontosabb mérést (pontosítást) tesz lehetővé (3. táblázat, 2. ábra, Cramer M, 2005)

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaimat az OTKA 038190 és 037218 számú pályázata támogatta.

Hivatkozások

References

- Artes F, Hutton J** (2005): GPS and Inertial Navigation – Delivering, GEO, September, 4, 52-53.
Cramer M (2005): 10 Years ifp Test Site Vaihingen/Enz: An independent Performance Study. GIS, August, 35-43.
Dörstel C (2005): DMC – The Most Versatile Digital Large-Format Camera in he Market. 50. Német fotogrammetriai hét, Stuttgart, szeptember 4-9.
Eddy J (2005): Aerial Imagery – Digital Versus Analogue. GEO, September, 4, 38-39.
Flint D (2005): Innovations to Increase Productivity of Airborne Sensors. GIS, August, 29-34.
Knuth S (2005): Next Generation Digital Remote Sensing and Photogrammetry. JAS-150, 50. Német fotogrammetriai hét, Stuttgart, szeptember 4-9.
Walter V (2005): Phoogle the Web – Google’s Approach of Spatial Data Visualisation. GIS, August, 23-27.

ÚTBURKOLAT-FELMÉRÉS MOBIL TÉRKÉPEZŐ RENDSZERREL

Kertész Imre, Barsi Árpád**



Road pavement survey by inertial sensors – Detailed information about the condition of the road network is especially important for road maintenance companies, because reconstructions can be planned and executed only if they have adequate information about the particular area. This paper shortly introduces the road pavement measurement system and methods developed by the Department of Photogrammetry and Geoinformatics of the Budapest University of Technology and Economics.

Keywords: Inertial Navigation System (INS), mobile mapping system, International Roughness Index (IRI), road surface labelling

Az úthálózat állapotának ismerete fontos a karbantartást végző vállalatoknak, hiszen a felújításokat és javításokat csak a megfelelő információk birtokában lehet tervezni és megfelelően végrehajtani. Ez a cikk röviden bemutatja az útburkolat mérésére a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék által fejlesztett eszközöket és módszereket.

Kulcsszavak: inerciális navigációs rendszer (INS), mobil térképező rendszer, nemzetközi érdességi mutató (IRI), útburkolat minősítés

1 Bevezetés

A városok útburkolatának minősége az egész ország területén igen rossz. Ez az elmaradt felújítások és a javítások nem megfelelő szigetelésének a következménye. A felújítások tervezéséhez azonban szükség lenne arra, hogy a hibákat reprodukálható módon mérjék fel. Az útburkolat rendellenességeinek jó része vizuálisan érzékelhető és nagy automatizáltságú rendszer segítségével gyorsan rögzíthető, majd később elemezhető.

Magyarországon főleg anyagi okokból a felmérések nagy része még mindig szemrevételezéssel történik és az útkarbantartó vállalatok nélkülözni kénytelenek a modern felmérő rendszereket. Bérlelhetnek ugyan külföldön már használt és bevált járműveket, de ezek ára több ezer Ft kilométerenként. Az egyik megoldás az lehetne, ha rendelkezésükre állna egy költséghatékony, Magyarországon fejlesztett rendszer. Ez a dolgozat egy ilyen mobil térképező rendszer kialakításának kérdéseivel foglalkozik.

2 Inerciális Navigációs Rendszerek (INS)

Az 1940-es évek óta a navigációs rendszerek, különösen az INS-ek (Inertial Navigation System, Inerciális Navigációs Rendszer), a katonai- és tudományos alkalmazások fontos összetevőivé váltak. Valójában az inerciális rendszerek manapság alapvető tartozékai a legtöbb repülőnek, hajónak és tengeraltatjárónak.

Az első ilyen rendszerek mechanikus giroszkópokból álltak, amelyek nagyon bonyolult technológiát, tápellátást igényeltek és gyakran meghibásodtak. A később megvalósított „integrált áramkörös” rendszerekben, már csak elektro-mechanikus és elektro-optikai szenzorokat alkalmaztak. Ezekben már nem használtak mozgó alkatrészeket, csak drága lézer-giroszkópokat, valamint integrált MEMS (*Micro Electro-Mechanical System*) technológiájú szenzorokat. Mivel az előbbi műszereket olyan területeken alkalmazzák, ahol nagyon fontos a precíz és megbízható működés, az áruk még mindig igen magas (>100000 \$) és emellett a méretük is jóval nagyobb, mint a MEMS szenzort alkalmazó INS-eké (Farrel és Barth 1999).

* BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz, Budapest, Műegyetem rkp. 3-9.
E-mail: ikertesz@mail.bme.hu

Hivatkozások

References

- Barsi Á, Lovas T, Tóth C** (2006): Helymeghatározás mobil térképező rendszerben. Geodézia és kartográfia 58; 4, 3-8
- Farrel JA, Barth M** (1999): The Global Positioning System & Inertial Navigation. McGraw Hill, New York.
- McGlone JC (Ed.)** (2004): Manual of photogrammetry. ASPRS, Maryland.
- Magyar Útügyi Társaság** (1998): RST-mérés és -értékelés, ÚT 2-2. 116:1998

RFID TECHNOLÓGIA: A HELYMEGHATÁROZÁS ÚJ ESZKÖZE

Krausz Nikol*, Barsi Árpád*



RFID technology: new tool for positioning – In our paper the rotation radio frequency identification (RFID) technology is presented. A comprehensive description is given about the elements of the system and about their functions. Several application examples are described in order to show the level of the expansion of the technology. Finally, information is given about the indoor navigational potential of the RFID system.

Keywords: RFID, navigation

Cikkünkben bemutatásra kerül a rádiófrekvenciás azonosítás (RFID) technológia. Átfogó leírást adunk a rendszer elemeiről és azok működéséről. Néhány alkalmazási példát is ismertetünk, hogy lássuk, milyen széles körben terjed ez a fajta technológia. Végezetül tájékoztatást adunk arról, hogyan lehetne használni az RFID rendszert navigálási célokra épületen belül.

Kulcsszavak: RFID, navigáció

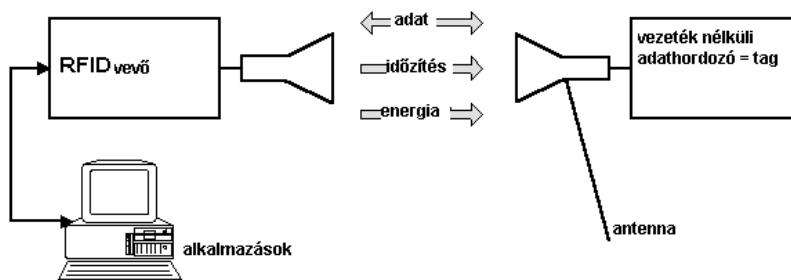
1 Bevezetés

RFID – angol rövidítés (*Radio Frequency Identification*) – rádiófrekvenciás azonosítást jelent. Használata a negyvenes években kezdődött. Az USA ilyen eszközöket helyezett el a repülőgépein, hogy azokat megkülönböztesse az ellenséges gépektől. Az 1970-es évektől állatállomány és nukleáris anyag nyomon követésére alkalmazták. Robbanásszerű fejlődést ért el a logisztikában történő felhasználásakor. Rájöttek ugyanis, hogy a rádiós azonosítókkal kiküszöbölhető a leltári pontatlanság, kiszűrhetőek a hamisított áruk, és lopás esetén könnyen kideríthető, hogy melyik két ellenőrzés között estek le a kamionról a termékek. Érzékelhető, ha a boltban kiürül egy polc, vagy ha lejárt valamelyik terméknek a szavatossága, és minőségi problémák esetén pontosan kideríthető a hibás tárgy származási helye.

Az RF rendszer összetevői:

- címke („tag” vagy transponder)
- olvasó („reader” vagy interrogator)
- antenna.

Fontos paraméterek a kommunikációs távolság és a használt frekvencia. Nézzük kicsit közelebbről a rendszert!



1. ábra. RFID rendszer (Finkenzeller 2003)

*BME FFT, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
E-mail: krausz.nikol@fmt.bme.hu
barshi@eik.bme.hu

Hivatkozások

References

Finkenzeller K (2003): RFID handbook John Wiley and Sons, Chichester, p. 446.

TEXTÚRÁZOTT FELÜLETEK – VÉGE AZ ORTOFOTÓNAK?

Szőcs Katalin, Kibédy Zoltán *



Textured surfaces – the end of orthophoto? – This paper presents the benefits of textured surfaces based on laserscanned data with automatic data processing. As it can be seen in the main title, by means of these surfaces we would like to create such a photogrammetrical product that improves the efficiency and accuracy of terrestrial laserscanning with extending the limit of orthophotos into the 3D space.

Keywords: terrestrial laserscanning, orthophoto, textured surfaces, surface models

Az alábbi cikk a 3D lézerszkenneres felméréseken alapuló és ennek következtében nagymértékben automatizáltan készíthető textúrázott felületek adta új lehetőségeket tárja elénk. Mint ahogy a cím is utal rá, ezekkel a felületekkel valami olyan fotogrammetriai termékhez szeretnénk eljutni, mely amellett, hogy növeli a földi lézerszkenneléssel elérhető pontosságot, túllép a hagyományos ortofotó nyújtotta lehetőségeken, kiterjesztve annak fogalmát a háromdimenziós térbe.

Kulcsszavak: földi lézerszkennelés, ortofotó, textúrázott felületek, felület modellek

1 Bevezetés

Napjainkban egyre több számítástechnikából eredő fogalom szövődik be mindennapi életünkbe, előmozdítva az egyes szakterületek fejlődését. A számítógépes játékok, látványtervek megjelenésével egyre nagyobb teret nyerne a valóság-hű élményt megközelítő, virtuális modellezési eljárások. A lézerszkennelési technológia megjelenésével lehetőség nyílt a környező világ nagy részletességű felmérésére, mely kiváló alapjául szolgál további modellkészítési eljárásoknak, háromdimenziós felületmodellek előállításának. A lézerszkennerek gyártók ráismervén a fotogrammetria nyújtotta további lehetőségekre, különböző nagy felbontású, kalibrált fényképezőgépekkel kezdték ellátni műszereiket. Az így előállított – mondhatni hibrid – mérőberendezések egyesítik mind a fotogrammetria, mind a lézerszkenneres módszerek előnyeit. Ennek következményeként a rendkívül jól automatizálható feldolgozási folyamatok által új termékként megjelentek a textúrázott felületek. A fényképi adatokat a térbeli felület elemekre vetítve nem csak új metrikus terméket hoztak létre, de a mért pontok közti teret kitöltve növelte a mérési módszerrel elérhető részletességet és pontosságot. A következő fejezetekben az ortofotó készítésén keresztül eljutunk a textúrázott felületek előállításához.

2 Adatnyerési eljárások

Habár a hagyományos geodéziai, vagy fotogrammetriai úton is előállíthatók felszínmodellek, földi lézerszkenneres méréssel lényegesen rövidebb idő alatt lehet olyan részletesebb, rendezett formájú felszínmodellhez jutni, amely a feladatok végrehajtását lehetővé teszi. A felméréshez egy hat megapixel-es Nikon D100 fényképezőgéppel felszerelt Riegl LMS-Z420i típusú lézerszkennert használtunk. A szkennelési eljárás során a műszer másodpercenként akár 8-12 ezer pontot megmér maga körül, letapogatva a környező terep objektumait. A feladattól és a mérendő tárgyak nagyságától függően előre megadott függőleges és vízszintes szögfelbontással végez és rögzít nagy mennyiségű irány és távolságmérést a lézeres távmérés alapelve szerint. Az adatkonverzió során a mért polárkoordináták helyett már a szkennerek koordináta-rendszerében lévő x, y, z koordináták kerülnek rögzítésre. A műszer hatótávolsága 2 m-től 1000 m-ig terjed, a mért pontfelhő min. 5 mm-es szórással jellemezhető. A lézerszkenneres felmérés során a mérések elvégzése után a területre 360 fokban fényképeket készítettünk.

*BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart. 1-3.

E-mail: katalin.szocs@fmt.bme.hu
zoltan.kibedy@fmt.bme.hu

Köszönetnyilvánítás. A szerzők szeretnének köszönetet mondani a piLINE Kft-nek a rendelkezésükre bocsátott jó minőségű 3D lézerszkennelt adatokért.

Hivatkozások

References

- Brown DC** (1971): Close-Range Camera Calibration, Photogrammetric Engineering, 37, 855-866.
- Conrady AE** (1919): Decentered Lens-Systems, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 79, 384-390.
- Grammatikopoulos L, Kalisperakis I, Karras G, Kokkinos T, Petsa E** (2004): On Automatic Orthoprojection and texture-mapping of 3D surface models, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Comm5. Istambul.
- Grammatikopoulos L, Kalisperakis I, Karras G, Kokkinos T, Petsa E** (2005): Automatic multi-image photo-texturing of 3D surface models obtained with laser scanning, CIPA 2005 XX International Symposium, Torino.
- Grün A, Zhang L, Visnovcova J** (2001): Automatic reconstruction and visualization of complex Buddha Tower of Bayon, Angkor, Cambodia. Proc.21. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF. 289-301.
- Kraus K** (1998): Fotogrammetria, Tertia kiadó, Budapest.
- Paulin P, Ouimet M, Frasson MC** (1998): Interactively modeling with photogrammetry. Proc. Eurographics Workshop on Rendering '98, 93-104.

HIDROSZTATIKAI DŐLÉSMÉRŐK ELMÉLETE

Mentes Gyula*



Theory of hydrostatic tiltmeters – Nowadays hydrostatic tiltmeters play an important role in the investigation of the deformation and movements of large industrial objects. The properties and the error sources of the hydrostatic tiltmeters should be known for a correct interpretation of the measured data. In this paper the functions describing the static and dynamic behaviour of hydrostatic tiltmeters are derived from their physical working principle. Since the temperature has a considerable effect on the accuracy of the instruments, the thermal influence is also investigated in detail.

Keywords: hydrostatic tiltmeter, fluid level, differential pressure, differential equation, transfer function

Napjainkban a hidrosztatikai dőlésmérők fontos szerepet játszanak nagy ipari létesítmények deformáció és mozgásvizsgálatában. A mérési eredmények helyes interpretálása céljából ismerni kell a hidrosztatikai dőlésmérők tulajdonságait és hibaforrásait. Ebben a cikkben a hidrosztatikai dőlésmérők statikus és dinamikus tulajdonságait leíró függvényeket vezetjük le a műszerek fizikai működési elve alapján. Mivel a műszerek pontosságára nézve a hőmérséklet hatása jelentős, ezért a hőmérséklet hatását is részletesen elemezzük.

Kulcsszavak: hidrosztatikai dőlésmérő, folyadékszint, nyomáskülönbség, differenciálegyenlet, átviteli függvény

1 Bevezetés

A hidrosztatikai szintezés az egyik legrégebb geodéziai mérési módszer. Már az ókorban alkalmaztak folyadékhorizontot építmények alapsíkjának kitűzésére. A Kheopsz piramis építésénél, pl. sziklába vésett és vízzel telt horony szolgált az alap első körétegének irányítójaként. Az itt elért pontosságot mutatja, hogy a 400 egyiptomi könyök (kerekén 230 m) oldalhosszúságú piramissnál az alap átlójában a magasságkülönbség csak 1.3 cm és egészen a csúcsig nem haladja meg a 2 cm-t.

Napjainkban a geodéziában a hidrosztatikai műszereket szintezésre - az egyéb korszerűbb módszerek miatt - nem használják. Ezeket a műszereket inkább ipari létesítmények és azok környezetének folyamatos deformáció és mozgásvizsgálatára használják, mivel számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. A hidrosztatikai szintezőket többnyire ipari objektumok dőlésének monitorozására alkalmazzák, ezért célszerűbb a hidrosztatikai dőlésmérő elnevezés. Ipari alkalmazásokon kívül, különleges felépítésű, pl. lézeres folyadékszint érzékelővel ellátott hidrosztatikai dőlésmérőket alkalmaznak, pl. a földi árapály regisztrálására is (Kääriäinen 1979).

A hidrosztatikai dőlésmérők működésének leírása és a mérési pontosságot befolyásoló hibahatások tárgyalása a szakirodalomban megtalálható (Thierbach 1979, Militzer et al. 1971, Dames 1989, Emter et al. 1989, Hurst és Bilham 1986, Agnew 1986, Meier és Ingesand 1996). Ezek a leírások nem egységesek, sőt ellentmondásokat tartalmaznak és különösen a hibahatások, főleg a hőmérséklet hatásának tárgyalása tekintetében nem alkalmazhatók korszerű, elektronikus mérőátalakítókkal felszerelt műszerek esetében. Ezért a hidrosztatikai dőlésmérők fejlesztésének és azok gyakorlati alkalmazásának – a zillertali völgyzárógát (Chmelina 1993) és az ybbsi vízierőmű épületének mozgásvizsgálata, valamint nyomáskülönbség mérésén alapuló hidrosztatikai dőlésmérő kifejlesztése a tulli Duna-híd deformációjának folyamatos mérésére (Kuhn 1998) – tapasztalatai alapján szükségessé vált az elméleti működést leíró differenciálegyenletek továbbfejlesztése, amelyekből a gyakorlatban alkalmazható rendszerleíró függvények levezethetők. E tanulmány az alábbiakban a jelenleg elterjedt hidrosztatikai dőlésmérők működését és elméletét mutatja be.

Köszönetnyilvánítás. Ez a tanulmány a K046264 számú OTKA pályázat támogatásával készült.

Hivatkozások

References

- Agnew DC** (1986): Strainmeters and Tiltmeters. *Reviews of Geophysics*, 24, 579-624.
- Beavan J, Bilham R** (1977): Thermally Induced Errors in Fluid Tube Tiltmeters. *Journal of Geophysical Research*, 82; 36, 5699-5704.
- Budó Á** (1968): Kísérleti fizika I. Tankönyvkiadó, Budapest, 517.
- Chmelina K** (1993): Genauigkeitsuntersuchung des hydrostatischen Meßsystems von Interfels und Erprobung im Entwässerungsstollen der Talsperre Zillergründl. Diplomamunka, Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, Abteilung Ingenieurgeodäsie der Technischen Universität Wien.
- Dames W** (1989): Ein hydrostatisches Vielstellenmeßsystem mit veränderlichem Meßbereich für die kontinuierliche Überwachung von Höhenänderungen. Doktori disszertáció, Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.
- Emter D, Zürn W, Mälzer H** (1989): Underground Measurements at Tidal Sensitivity with a Long Baseline Differential Fluid Pressure Tiltmeter. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe B, Angewandte Geodäsie, Heft Nr. 288. Verlag der BAdW in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlags-Buchhandlung, München.
- Halász G, Kristóf G, Kullmann L** (2002): Áramlás csőhálózatokban. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 153.
- Huggett GR, Slatter LE, Pavlis G** (1976): Precision levelling with a two-fluid tiltmeter, *Geophys. Res. Lett.*, 3, 754-756.
- Hurst K, Bilham R** (1986): Hydrostatic levels in precision geodesy and crustal deformation measurement. *Journal of Geophysical Research*, 91, 9202-9216.
- Kääriäinen J** (1979): Observing the earth tide with a long water-tube tiltmeter. *Ann. Acad. Sci. Fenn. Helsinki*.
- Kuhn M** (1998): Deformationsmessungen mit Differenzdruckaufnehmern an höhenmäßig gekrümmten Bauwerken. Doctor Dissertation, Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, Abteilung Ingenieurgeodäsie der Technischen Universität Wien, 76.
- Lajos T** (2004): Az áramlástan alapjai. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 600.
- Meier E, Ingensand H** (1996): Ein neuartiges hydrostatisches Meßsystem für permanente Deformationsmessungen. XII. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, Graz, 9.-14. September. A8/1-A8/12.
- Mentes Gy** (1989): Determination of transfer functions of horizontal pendulums on the basis of laboratory measurements, *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, Bruxelles, 104, 7319-7329.
- Mentes Gy** (1997): Folyamatos mérési módszerek geodinamikai, környezeti és ipari deformációk megfigyelésére. MTA doktori értekezés, Sopron (Magyar Tudományos Akadémia), 173.
- Mentes Gy** (1999): Hydrostatic Tiltmeters in Local Geodynamical Measurements. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 34; 1-2, 67-79.
- Militzer H, Hiller G, Burghardt G** (1971): Schlauchwaage, Theorie und Methodik moderner Hydrostatischer Nivellements. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- Szabó I** (1973): Áramlástan, Műszaki hőtan. BME egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 247.
- Thierbach H** (1979): Hydrostatische Meßsysteme. H. Wichmann Verlag, Karlsruhe.

NÉHÁNY HAZAI RENGÉS HIPOCENTRUM- MEGHATÁROZÁSÁNAK PONTOSÍTÁSA A PANNON- MEDENCÉBEN TALÁLHATÓ VASTAG ÜLEDÉKES RÉTEGEK SPECIÁLIS SEBESSÉGVISZONYAINAK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Gribovszki Katalin*



Hypocenter relocation of some different earthquakes occurred in Hungary taking into consideration the special velocity model of deep sediments situated in the Pannonian Basin – This paper shows the relocation of the earthquakes occurred on 29th September 1996 at the surroundings of Füzesgyarmat village, on 17th June 1997 at the surroundings of Csorvás village and on 11th February 2002 Mezőnyárad village. For the relocation calculations the HYPOINVERSE-2000 (Klein 2002) program was used. This program can take into account both the special velocity structure of deep sedimentary basins and the general crustal velocity model of the Pannonian Basin. The results of the calculations show that the macroseismic and the calculated microseismic epicenters have come closer to each other.

Keywords: hypocenter relocation, HYPOINVERSE-2000

A cikk 1996. szeptember 29-én Füzesgyarmat környezetében, 1997. június 17-én Csorvás közelében és 2002. február 11-én Mezőnyárad epicentrummal keletkezett rengések műszeres regisztrátumokból meghatározott hipocentrumainak pontosításáról számol be. A hipocentrum-relokalizációhoz a HYPOINVERSE-2000 programot használtam fel. A Magyarországi Földrengések Évkönyveiben használt HYPO-71 programmal szemben a HYPOINVERSE-2000 képes figyelembe venni az általánosan az ország területére alkalmazott kéregsebesség-értékek mellett a harmadidőszaki-medencealjzat feletti mély, üledékes medencék speciális sebességviszonyait is. A számítások eredményei azt mutatják, hogy a makroszeizmikusan meghatározott epicentrumok és a műszeres regisztrátumok alapján kiszámított hipocentrumok felszíni vetületei közeledtek egymáshoz.

Kulcsszavak: hipocentrum-meghatározás, HYPOINVERSE-2000

1 Bevezetés

1995-től kezdődően 10 db új, rövidperiódusú szeizmográf-felszerelt állomásból álló Paksi Mikroszeizmikus Megfigyelőhálózattal (PMMH) bővült a hazai, korábban 3-4 állomást tartalmazó, szeizmológiai hálózat. Az új, kibővített hálózat létrejöttének eredményeképpen az ország középső területén korábban soha nem látott pontossággal lehet a kis magnitúdójú rengések helyét meghatározni. Az új hálózat segítségével az egész ország területére vonatkozóan is javult a hipocentrumok helymeghatározása. Továbbra is voltak azonban olyan események, legfőképpen a hazai hálózat peremterületein, amikor a műszeres regisztrátumok alapján automatikusan számított helymeghatározás némi korrekcióra szorult.

A Magyarországi Földrengések Évkönyvei (Tóth et al. 1996 – 2005) (továbbiakban MFÉ) tartalmazza a műszeres regisztrálás eredményeit, az azokból számított fészekparamétereket, és a lakosság által is érzékelt rengéseknél a makroszeizmikusan meghatározott epicentrumokat is. (A műszeres regisztrátumok alapján kiszámított hipocentrumok felszíni vetületeit a továbbiakban mikroszeizmikus epicentrumoknak nevezem.) Néhány esetben előfordult, hogy a műszeresen meghatározott fészek felszíni vetülete több 10 km-rel eltért a makroszeizmikus epicentrum helyétől. Ennek okai a következőkkel magyarázhatók.

A különböző állomások P és S hullámbeérkezési idejéből számított HYPO-71 programmal végzett fészekparaméter-meghatározások, amelyeket a Magyarországi Földrengések Évkönyveiben

*MTA GGKI, 9400 Sopron, Csatka u. 6-8.
E-mail: kgribovs@ggki.hu

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet Bus Zoltánnak és Mónus Péternek, az MTA GGKI Szeizmológiai Főosztályán dolgozó munkatársaimnak a hipocentrummeghatározásokban nyújtott segítségükért. Továbbá egykori PhD. témavezetőmnek, Szeidovitz Győzőnek, aki felhívta a figyelmemet a makro és mikroszeizmikus epicentrumokban tapasztalható távolságtér-ekre és megosztotta velem ezzel a problémával kapcsolatos gondolatait.

Hivatkozások

References

- Klein FW** (2002): User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitudes. U. S. Geological Survey, 123.
- Mészáros F, Zilahi-Sebess L** (1998): Magyarország földrengés-veszélyeztetettsége II. Jelentés az 1998. évi feladatok megvalósításáról, Mélyfúrások sebesség és sűrűségadatainak feldolgozása. ELGI jelentés.
- Mészáros F, Zilahi-Sebess L** (1999): Magyarország földrengés-veszélyeztetettsége II. Jelentés az 1999. évi feladatok megvalósításáról, Mélyfúrások sebesség és sűrűségadatainak feldolgozása. ELGI jelentés.
- Mészáros F, Zilahi-Sebess L** (2001): Compaction of sediments with great thickness in the Pannonian Basin. Geophysical Transactions, 44; 1, 21-48.
- Mónus P** (1995): Travel time curves and crustal velocity model for the Pannonian Basin. Technical Report MTA GGKI Szeizmológiai Főosztály Archívuma, 12 old.
- Szabó Z, Páncsics Z** (1994): A Pannon medence kőzetfizikai paraméterei. I-III. kötet, ELGI, Budapest.
- Tóth L, Mónus P, Zsíros T, Kiszely M, Kosztyu Z, Czifra T** (1996-2005 adott év): Magyar Földrengések Évkönyve (Hungarian Earthquake Bulletin). MTA GGKI és Georisk Kft., Budapest.

FÖLDCSUSZAMLÁS-KOCKÁZAT VIZSGÁLATA FUZZY ÉS NEURO-FUZZY RENDSZEREK SEGÍTSÉGÉVEL

Újvári Gábor*



Investigation of landslide risk with the help of fuzzy and neuro-fuzzy inference systems –
The present paper introduce the solution of landslide risk classification of high walls along the River Danube with the help of fuzzy and neuro-fuzzy inference systems. The study reviews those agents, which are the most important factors in the triggering of movements. It presents two discrete, fuzzy and neuro-fuzzy approaches of the problem emphasizing four agents as input data. It demonstrates that we can build up a well functioning decision system on the basis of appropriate, representative data. The further development of the introduced systems is needed/necessary to the more accurate and correct modelling.

Keywords: landslide risk, Fuzzy Inference System (FIS), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Jelen tanulmány a Duna-menti magaspártok földcsuszamlás-kockázati besorolásának fuzzy és neuro-fuzzy következtetési rendszerek segítségével történő megoldását mutatja be. A dolgozat számba veszi azon hatótényezőket, amelyek a mozgások kiváltódása szempontjából a legfontosabbak. Ezek közül négy tényezőt, mint input adatot kiemelve a probléma két különálló, fuzzy és neuro-fuzzy megközelítését mutatja be, illetve bizonyítja, hogy megfelelő, reprezentatív adatok felhasználásával felépíthető egy jól működő döntési rendszer. Természetesen a tanulmányban bemutatott rendszerek további fejlesztése szükséges a minél pontosabb modellezéshez.

Kulcsszavak: földcsuszamlás-kockázat, fuzzy következtetési rendszer, adaptív neuro-fuzzy következtetési rendszer

1 Bevezetés

A földcsuszamlások a lejtőt felépítő tömegek anyagának egy csúszópálya mentén történő gyors elmozdulását jelentik, ahol a mozgást a növekvő nyíróerők vagy épp a nyírószilárdság csökkenése váltják ki. Hazánk a csuszamlások előfordulását tekintve viszonylag veszélyeztetett országnak számít, ugyanis az adott folyamat az ország több régiójában, egymástól igen különböző viszonyok között is megjelenik. Szabó (2001) szerint Magyarország csuszamlások szempontjából legkockázatosabb területei az alábbiak:

- a) A laza harmadidőszaki dombságok területe (Zalai-dombság, Tolnai-hegyhát, Külső-Somogy, Zselic, Baranyai-hegyhát).
- b) A folyó és tó peremi magaspártok övezete (Duna, Rába, Hernád, Balaton, Fertő-tó).
- c) A vulkáni hegységek területe (Visegrádi-hegység, Börzsöny, Mátra, Balaton-felvidék)

A fentiek között természetesen nem szerepelnek, de igen fontos figyelembe venni az emberi tevékenység hatására mesterséges terepalakzatokon kialakuló csuszamlásokat. Ilyenek például a bányászati tevékenység által létrejövő külszíni fejtések, meddőhányók lejtői, ahol az adott jelenség szintén előfordul.

A mozgások igen sok esetben lakott területeket érintenek, ahol a települési infrastruktúra, a legkülönbözőbb építmények, épületek, mindenk előtt pedig az ott lakók élete kerülhet közvetlen veszélybe. Nem lakott, vagy épp kevésbé lakott területeken a vonalas infrastruktúra elemei (utak, víz-, villany- és gázvezetékek) szenvedhetnek komoly károkat. Mindezek tehát indokoltá teszik a földcsuszamlás-kockázat becslését, hogy a legveszélyeztetettebb területeken fel tudjanak készülni a probléma kezelésére, a szükséges megelőző intézkedések elvégzésére.

Köszönetnyilvánítás. Köszönet illeti Dr. Mentés Gyulát, aki felhívta figyelmemet a fuzzy halmazok elméletére és Dr. Kalmár Jánost a fuzzy halmazokkal kapcsolatos néhány matematikai kérdés megvitatásáért.

Hivatkozások

References

- Bárdossy Gy, Fodor J** (2004): Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology. New Mathematical Approaches for their Handling. Springer Verlag. Berlin, London, New York. 221 p.
- Demicco RV, Klir GJ** (2004): Fuzzy Logic in Geology. – Elsevier Academic Press.
- Domján J** (1952): Középdunai magaspartok csúszásai. Hidrológiai Közlöny 32, 416-422.
- Fullér R.** (2000): Introduction to Neuro-Fuzzy Systems. Advances in Soft Computing Series, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 289 p.
- Hillert F** (1979): Physikalische Chemie der Rutschungen in Schluff- und Tonböden. In: Veder, Ch. (Ed.): Rutschungen und ihre Sanierung. Springer Wien-New York, 187-219.
- Horváth Zs, Scheuer Gy** (1976): A dunaföldvári partrogyás mérnökgeológiai vizsgálata. Földtani Közlöny 106, 425-440.
- Juhász Á** (1999): A klimatikus hatások szerepe a magaspartok fejlődésében. Földtani Kutatás XXXVI. 3, 14-20.
- Karácsonyi S, Scheuer Gy** (1972): A dunai magaspartok építésföldtani problémái. Földtani Kutatás 15, 71-83.
- Kleb B, Schweitzer F** (2001): A Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. In: Ádám A, Meskó A (Eds.): Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Bp. MTA, 169-193.
- Matlab** (2004): Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. – MATLAB 7.0, The MathLab Inc.
- Scheuer Gy** (1979): A dunai magaspartok mérnökgeológiai vizsgálata. Földtani Közlöny 109, 230-254.
- Szabó J** (1993): Tömegmozgások. In: Borsy Z (Ed.): Általános természetföldrajz. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 269-292.
- Szabó J** (2001): A csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi felszínformák kialakulásában. In: Ádám A, Meskó A (Eds.): Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Bp. MTA, 143-168.
- Szabó J** (2003): The relationship between landslide activity and weather: examples from Hungary. Natural Hazards and Earth System Sciences 3, 43-52.
- Zadeh LA** (1965): Fuzzy sets. Information and Control 8; 3, 338-353.

A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR IDŐBELI VÁLTOZÁSA A TALAJVÍZSZINT INGADOZÁSÁNAK HATÁSÁRA

Völgyesi Lajos*, Csapó Géza**, Szabó Zoltán**, Tóth Gyula*



Time variations of gravity influenced by the groundwater fluctuation – Gravity effects of different types of moving vadose and groundwater were investigated. The magnitude of the time variation of non-tidal part of gravity was evaluated for the complete area of the Great Hungarian Plain based on the groundwater fluctuation, which can reach a maximum of 60-70 μGal . Reliability of measurements on the Hungarian national gravimetric calibration line was investigated in this respect.

Keywords: time variation of gravity, gravity effect of groundwater fluctuation, national gravimetric calibration line



Kutatásaink során a felszín közeli vizek mozgásának gravitációs hatását és a nehézségi erőter időbeli változásának kapcsolatát vizsgáltuk. Meghatároztuk a nehézségi erőternek az Alföld teljes területére a talajvízszint ingadozása következtében várható változását, amely a vizsgálataink szerint akár a 60-70 μGal értéket is elérheti. Ennek tükrében megvizsgáltuk a magyarországi gravitációs kalibráló alapvonalon végzett mérések megbízhatóságát.

Kulcsszavak: nehézségi erőter, időbeli változás, talajvízszint ingadozás, kalibráló alapvonal

1 Talajvízszint ingadozás hatása a kőzetek sűrűségének változására

Korábban kimutattuk, hogy a talajvízszint ingadozása a graviméteres mérési pontosságot meghaladó mértékben befolyásolhatja a nehézségi erő értékét (Csapó et al. 2003, Csapó és Völgyesi 2005, Völgyesi et al. 2004, 2005). Ezt követően megpróbáltunk adatokat gyűjteni az ország különböző területeiről arra nézve, hogy a talajvíz megjelenése milyen mértékben befolyásolja a felszín közeli fiatal, laza üledékes képződmények sűrűségét.

Vizsgálatainkhoz mérnökgeofizikai adatokat használtunk fel. A mérnökgeofizikai szondázás során a felszínhez rögzített hidraulikus berendezés segítségével 43 mm átmérőjű szondát nyomnak a felszín közeli képződményekbe. A behatolás mélysége a képződmények fizikai paramétereitől függően néhányszor 10 m. A szonda lehatolása során folyamatosan regisztrálják a harántolt képződmények nyomószilárdságára, agyagtartalmára és térfogatsúlyára vonatkozó paramétereket. Az 1. ábrán példaként ilyen szondázás görbáját mutatjuk be (a jobb oldalon a mélység látható [m]-ben, a nyíl a talajvízszint mélységét jelzi). A szondák kis átmérője következtében az eredeti települési viszonyok csak elhanyagolható mértékben változnak meg, így a módszer a képződmények „in situ” vizsgálatára alkalmas. Esetünkben a térfogatsúly, vagy ahogy a gravitációs kutatásokban nevezzük, a sűrűségméréseknek van jelentősége. A sűrűség meghatározása γ - γ mérésekkel történik, amelyek során a Compton-effektust felhasználva egy sugárázsmérő szondához illesztett mesterséges forrás γ sugárzásának a harántolt rétegben történő szóródását regisztrálják. A szonda végére, a sugárázsmérő detektor alá, megfelelő aktivitású, általában Cs¹³⁷ izotópot tartalmazó toldatot szerelnek. A sugárforrás és a detektor közötti közvetlen útvonalat ólom-árnyékolás zárja le. Így a sugárforrásból a detektorhoz csak kerülő úton, a környező térrészből (ez legfeljebb 30–40 cm sugarú gömb) az ott elhelyezkedő atomokkal ütköző, és azokon irányt változtató részecskék juthatnak. A szondákat ismert sűrűségű etalonokban végzett mérésekkel kalibrálják. A kalibráció segítségével a szondázás során mért sugárzási adatok közvetlenül sűrűség adatokká transzformálhatók. A mérőszonda eltávolítása után

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék
Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1521 Budapest, E-mail: volgyesi@eik.bme.hu, gtoth@sci.fgt.bme.hu

** Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23
E-mail: csapo@elgi.hu

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink a K60657 és a K46718 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

References

- Amalciot M, Hinderer J, Makinen J, Rosat S, Rogister Y** (2004): Long-term and seasonal gravity changes at the Strasbourg station and their relation to a crustal deformation and hydrology, *Journal of Geodynamics* 38, 343-353.
- Csapó G, Szabó Z, Völgyesi L** (2003): Changes of gravity influenced by water-level fluctuations... Reports on Geodesy Warsaw Univ. of Technology 64; 1, 143-153.
- Csapó G, Völgyesi L** (2005): Geodéziai és geofizikai módszerek együttes alkalmazása a nehézségi erőter időbeli változásainak vizsgálatára, *Geomatikai Közlemények* VIII, 191-198.
- Csapó G** (2006): Accuracy Tests of LCR Model G gravimeters. *Geophysical Transactions*, Vol. 47.
- Crossley D, Hinderer J, Boy JP** (2004): Regional gravity variations in Europe from superconducting gravimeters, *Journal of Geodynamics* 38, 325-342.
- Harnisch G, Harnisch M** (2006): Hydrological influences in long gravimetric data series, *Journal of Geodynamics* 41, 276-287.
- Kroner C, Jahr Th, Jentzsch G** (2004): Results from 44 months of observations with a superconducting gravimeter at Moxa/Germany, *Journal of Geodynamics* 38, 263-280.
- Llubes M, Florsch N, Hinderer J, Longuevergne L, Amalviot M** (2004): Local hydrology, the Global Geodynamics Project and CHAMP/GRACE perspective: some case studies, *Journal of Geodynamics* 38, 355-374.
- Neumeyer J, Barthelmes F, Dierks O, Flechtner F, Harnisch M, Harnisch, G, Hinderer J, Imanishi Y, Kroner C, Meurers B, Petrovic S, Reigber Ch, Schmidt R, Schwintzer P, Sun HP, Virtanen H** (2006): Combination of temporal gravity variations resulting from superconducting gravimeter (SG) recordings, GRACE satellite observations and global hydrology models, *Journal of Geodesy*, 79; 10-11, 573-585.
- Rónai A** (1956): A magyar medencék talajvíze, az országos talajvíztérképező munka eredményei (1950-55). MÁFI évkönyv XLVI; 1, 245. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Völgyesi L, Szabó Z, Csapó G** (2004): Relation between the geological conditions and vertical surface movements in the Pannonian basin, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York; Series: IAG Symposia, 129, 358-363.
- Völgyesi L, Csapó G, Szabó Z** (2005): Relation between time variation of gravity and Pannonian sediment thickness in the Carpathian basin., Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, 73; 2, 255-262.

VETÍTÉSEK A FÖLD FELSZÍNÉRŐL AZ ELLIPSZOIDRA

Szűcs László*



Projections from the surface of the Earth to the ellipsoid – This paper summarises the equations and compare the results of Helmert and Pizzetti projections in case of the traditional (horizontal distance and direction) and GPS measurements.

Keywords: Helmert's and Pizzetti's projections, deflection of the vertical, projections, GPS

A tanulmány összefoglalja a földfelszíni pontok Helmert- és a Pizzetti-féle vetítésének számítási módját, valamint összehasonlítja a vetítések eredményét a hagyományos irány- és távmérések, valamint a GPS-mérések esetében.

Kulcsszavak: Helmert- és Pizzetti-féle vetítések, függővonal-elhajlás, vetítések, GPS

1 Bevezetés

Hazánkban a GPS-méréseket leggyakrabban a felmérés vagy kitűzés helyszínén, a geodéziai alaphálózat pontjainak sűrítésére alkalmazzák. Térbeli transzformációk esetén, amikor a GPS-szel meghatározott, WGS84 geodéziai dátumban értelmezett pontokat szélső pontossággal kívánjuk a HD72 geodéziai dátumba transzformálni, majd az EOVS koordinátákat meghatározni, ismernünk kell, hogy milyen módon vetíthetjük a térbeli pontokat az ellipszoidra, vagy az ellipszoidi pontokból hogyan számíthatunk a transzformációs paraméterek meghatározásához térbeli derékszögű koordinátákat. Ezért mindenképpen meg kell vizsgálnunk a szakirodalomban található vetítési lehetőségeket, és azt is, hogyan alkalmazták ezeket a vízszintes alaphálózatunk (EOVA) számításakor, mivel a vízszintes felsőrendű alaphálózatunk számítási munkálatait az ellipszoidon végezték. Ehhez azonban a földfelszíni pontokat és méréseket az ellipszoidra kellett vetíteni. A következőkben áttekintjük a pontok, valamint az irány- és távmérések ellipszoidra átszámításának módszereit.

2 A földfelszíni és egyéb térbeli pontok vetítése az ellipszoidra

A földfelszíni pontok térbeli helyzetét többfajta koordinátával írhatjuk le. Ha olyan térbeli derékszögű koordináta-rendszert veszünk fel, amelynek Z tengelye párhuzamos a Föld forgástengelyének Földhöz viszonyított valamilyen megegyezéssel helyzetével, X tengelye párhuzamos valamilyen megegyezéssel kezdőmeridián síkjával, akkor a pontjaink helyzetét a térbeli derékszögű X - Y - Z koordinátaival jellemezhetjük, amelyek egyértelműen megadják a pontok egymáshoz viszonyított helyzetét. Ilyen koordináta-rendszerből több létezhet, attól függően, hogy a Z tengelye és XZ síkja merre mutat, és hol van a kezdőpont helye a térben. Ilyen koordináta-rendszerben adja a GPS-vevő a mért pontok koordinátáit.

Azonban a gyakorlati életben egészen a kőkorszaki ábrázolásokig visszatekintve, a földfelszíni pontok térbeli helyzetét két összetevőre bontották, ezek a pont „vízszintes” helyzetét és a magasságát leíró adatok. A vízszintes helyzetet a különböző földrajzi koordináta-rendszerekben (szintfelületi, ellipszoidi, gömbi), vagy vetületi síkkoordináta-rendszerekben értelmezzük. A magasság értelmezésére több magasságfogalom is kialakult.

Ezek alapján látható, hogy a földfelszíni pontokat valamilyen egyértelmű módon, az ellipszoidra kell vetítenünk, és meg kell határoznunk a térbeli pontok ellipszoid feletti magasságát is.

Ehhez először is egy ellipszoidot kell elhelyeznünk a térbeli derékszögű koordináta-rendszerbe, amelynek középpontja egybeesik a koordináta-rendszer origójával, kistengelye pedig a Z tengellyel. Erre az ellipszoidra kell vetítenünk a térbeli pontokat.

A vetítésnek két módszere is lehetséges. Helmert szerint a térbeli pont ellipszoidi megfelelője az az ellipszoidi pont, amelyhez tartozó ellipszoidi normális átmegy a térbeli ponton (1. ábra). Tehát ebben az esetben a vetítést ellipszoidi normállissal végezzük. A Helmert-féle vetítés tisztán geomet-

*SzIE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, 1146 Budapest, Thököly út 74.

E-mail: szucs.laszlo@ymmfk.szie.hu

Köszönetnyilvánítás. A kutatás a T043007 számú „Magyarországi geodéziai vonatkozási rendszerek és vetületi síkkoordináta-rendszerek vizsgálata” című OTKA pályázat keretein belül történt.

Hivatkozások

References

Biró P (1965): A geodéziai gravimetria időszerű kérdései. Geodézia és Kartográfia, 17; 3, 178-185.

Földváryné VM (1989): Alaphálózatok II. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest.

Halmos F, Szádeczky-Kardoss Gy (1977): Ellipszoidi húr hosszak geodéziai átszámítása. Geodézia és Kartográfia, 29; 1, 21-24.

Homoródi L (1966): Felsőgeodézia. Egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó, Budapest.

Joó I (1964): Az elektromos távolságmérőkkel kapcsolatos geodéziai számítások. Geodézia és Kartográfia, 14; 4, 259-265.

Papp G, Benedek J (1998): A függővonal modellezése a tömegvonzási erőterben. MTA GGKI, Sopron, Geomatikai Közlemények I, 55-70.

AZ MGH-50 ÉS AZ MGH-2000 ORSZÁGOS GRAVIMETRIAI HÁLÓZATOK KÖZÖTTI TRANSZFORMÁCIÓS FÜGGVÉNY MEGHATÁROZÁSA CÉLJÁBÓL A FELÜLETILLESZTÉS MÓDSZERÉVEL VÉGZETT VIZSGÁLATOK

Földvári Lóránt^{**}, Völgyesi Lajos^{*}, Csapó Géza^{***}



Investigations for the determination of a transformation function between MGH-50 and MGH-2000 gravity networks by means of surface fitting – Determination of a transformation function between the Hungarian gravity networks MGH-50 and MGH-2000 is discussed here. Applying power series in our case is not suitable due to a low number of common points given in the systems. Transformation by fitting two-dimensional surfaces to g values of networks was attempted to apply.

Keywords: transformation, gravity networks, power series, surface fitting method

Tanulmányunkban az MGH-50 és MGH-2000 magyarországi gravimetriai alaphálózatok közötti transzformációs függvény meghatározásával foglalkozunk. Az átszámítás a mindkét hálózatban ismert közös pontok alapján lehetséges, azonban a kevés csatlakozó pont miatt a hatványpolinomos megoldás itt nem megfelelő. Ezért a transzformációt a g értékekre illesztett felületek segítségével próbáltuk megoldani.

Kulcsszavak: gravitációs alaphálózatok, transzformáció, felületillesztés, hatványpolinomok

1 Bevezetés

Magyarországon az első, az egész ország területét lefedő országos gravimetriai hálózatot (MGH-50) 1950-56 között létesítették egy fémrugós Heiland graviméterrel. A hálózati méréseket a potsdami rendszerben egyenlítették ki (Facsinay és Szilárd 1956). Ez a hálózat adott keretet a főleg geofizikai célokat szolgáló országos áttekintő graviméteres méréseknek, amely munka során a hetvenes évek végéig mintegy 300000 pontot mértek elsősorban Sharpe, majd Worden gyártmányú kvarcugós graviméterekkel. Ezen adatbázis alapján készültek az országos Bouguer- és Faye anomália térképek.

Az iparosítás, az úthálózat fejlesztése és egyéb tevékenység miatt a hálózati pontok rohamosan pusztultak, vagy váltak mérésre alkalmatlanná, ezért egy új alaphálózat, az MGH-80 létrehozása vált szükségessé. Erre a munkára 1979-89 között került sor, amelynek során az akkor még használható MGH-50 pontjai közül mintegy 50 darabot összemértek az új hálózati pontokkal. Ebben a hálózatban már abszolút graviméterrel is végeztek nehézségi gyorsulási méréseket (Csapó 2005). A hálózat kiegyenlítése során az 5 abszolút állomáson kapott eredményeket kényszernek fogadták el és kötött hálózat szerinti kiegyenlítéssel határozták meg az új hálózat pontjainak nehézségi értékeit (Csapó és Sárhidai 1990).

A geofizikai kutatások számára végzett további mérések eredményeit a későbbiekben is az MGH-50 rendszerében tartották nyilván, de a méréseket már az új hálózat bázispontjai között végezték. Ezért összefüggést kellett találni a két hálózat g értékei között. A két hálózat közötti összefüggést olyan transzformációs függvény biztosíthatja, amelynek meghatározása mindkét hálózatban mért közös pontok alapján történt (Csapó 2002). A két hálózat alapszintje lényegesen, mintegy 13 mGal értékkel különbözik egymástól (megjegyezzük, hogy 1971-ben az IUGG moszkvai konferenciáján a potsdami alapszintet 14 mGal értékkel csökkentették). 1993-tól kezdődően – a gravimetriai adatokra vonatkozó hazai titkossági előírások feloldása után – hazánk bekapcsolódott a nemzetközi együttműködésben végzett gravimetriai munkákba és azóta számos új abszolút állomás, és a régebbi

^{*} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

^{**} Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1521 Budapest, E-mail: fl@sci.fgt.bme.hu, volgyesi@eik.bme.hu

^{***} Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23
E-mail: csapo@elgi.hu

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink a Bolyai ösztöndíj és a K60657 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

References

- Csapó G** (2000): Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH–2000), *Geodézia és Kartográfia*, 52; 2, 27-33.
- Csapó G** (2002): Nagypontosságú geodéziai-gravimetriai mérések feltételrendszerének vizsgálata és az eredmények gyakorlati alkalmazása, Akadémiai doktori értekezés, 77-81.
- Csapó G** (2005): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet geodéziai vonatkozású gravitációs kutatásai napjainkig, *Magyar Geofizika*, 46; 2, 66-76.
- Csapó G, Sárhidai A** (1990): Magyarország új nehézségi alaphálózatának (MGH-80) kiegyenlítése, *Geodézia és Kartográfia*, 42; 3, 181-190.
- Csapó G, Völgyesi L** (2002): Hungary's new gravity base network (MGH-2000) and its connection to the "European Unified Gravity Network", Ser. IAG Symposia Vol. 125. Springer Verlag, 72-77.
- Facsinay L, Szilárd J** (1956): A magyar országos gravitációs hálózat, *Geofizikai Közlemények*, V; 2, 3-49.
- Sandwell DT** (1987): Biharmonic spline interpolation of GEOS-3 and SEASAT altimeter data, *Geophysical Research Letters*, 2, 139-142.
- Watson D F** (1994): *Contouring: A guide to the analysis and display of spacial data*, Pergamon Press.

AZ EÖTVÖS TENZOR ELEMEINEK SZIMULÁCIÓJA A GOCE MŰHOLD PÁLYAMAGASSÁGÁBAN

Benedek Judit* és Papp Gábor**



Simulation of the Eötvös tensor elements at GOCE satellite altitude - The structure of the lithosphere of the ALPACA (Alpine-Pannonian-Carpathian) region is described by a model containing about 200000 rectangular volume elements (prisms) of variable dimensions defined in the local mapping system of Hungary. Its gravitational effect can be simulated by using analytical formulae. The simulations show that the contribution of the structural units (topography and upper mantle) of the lithosphere to the second derivatives of the disturbing potential T of the Earth certainly reaches one E unit at 250 km elevation the contribution from the neogene-quaternary sediments is less by a factor of ten. Its magnitude however considerably exceeds the planned sensitivity of the satellite on board measurements. It is expected that some regional information about the horizontal density variation of the crust can be deduced from the GOCE data, especially for the density contrast on the Moho discontinuity. Hopefully its value determined by other indirect methods can be improved if the satellite data will be available. Since the density distribution of either the topographical masses or the sedimentary complex is much better known than the density jump on the Moho, therefore their effect on the second derivatives of T can be removed from the measurements. The residuals can be interpreted by inversion using the closed analytical formulae available for rectangular volume elements. The modelling approach based on the local planar coordinate frame was compared to the polyhedron representation of the same crustal model defined in a global rectangular coordinate system. In this comparison a 10% relative effect of the Earth's curvature could be indicated.

Keywords: gravity modelling, prism, polyhedron, inversion, GOCE, ALPACA region

Az Alpok - Pannon-medence – Kárpátok (ALPACA) régió litoszférájának három nagy szerkezeti egységét (topográfia, üledékek, felső köpeny) közel 200000 változó méretű téglatestből (prizmából) álló modell írja le. A modell felhasználásával végrehajtott szintetikus gravitációs modellezés eredményei alapján megállapítható, hogy a topográfia és a felső köpeny hozzájárulása a T potenciálzavar második deriváltjaihoz bizonyosan eléri az egy Eötvös értéket a GOCE műhold tervezett pályamagasságában (250 km). A neogén-negyedkori üledékösszlet esetén ezen hozzájárulás nagysága csak néhány század Eötvös, mely azonban nagyságrendileg még mindig meghaladja a tervezett mérési érzékenységet. Ennek megfelelően várható, hogy a GOCE adatok lehetővé teszik a kéreg regionális léptékű sűrűség változásainak pontosítását. A vizsgálat során az alsó kéreg és a felső köpeny közti Moho felületet jellemző, csak közvetett úton becsülhető sűrűségkontraszt pontosításának lehetőségét elemeztük. Mivel a topográfia és az üledékösszlet sűrűségeloszlása jóval részletesebben ismert, mint a sűrűségkontraszt a Moho felületen, ezért az előbbi szerkezeti elemek hatása korrekcióként vehető figyelembe a pályamagasságban mért adatok vonatkozásában. Bizonyos mértékű elhanyagolás mellett a korrekcióval előállított ún. maradékhata a Moho-t jellemző sűrűségkontrasztnak tulajdonítható. A maradékok inverzió segítségével sűrűségkontraszt értékekké alakíthatók és így a litoszféra modell sűrűségeloszlása pontosítható lesz.

A litoszféra modellt mind lokális mind globális koordináta rendszerben leírtuk. A lokális (sík) koordináta rendszerben (EOTR) a modellelemek téglatestek, míg a globális koordináta rendszerben (HD72) polihedronok. A sík közelítésben szimulált Eötvös tenzor elemeit terhelő görbületi hatás vizsgálatára összehasonlítottuk a különböző rendszerekben kapott eredményeket. Megállapítottuk, hogy a vizsgált magasságban és horizontális kiterjedés esetén a görbület hatásának elhanyagolása az inverzió esetében megengedhető, mert legfeljebb 10%-os becslési hibát okozhat. Ez az érték lényegesen kisebb, mint a feltelezett sűrűség kontraszt (250 kg/m^3 - 500 kg/m^3) bizonytalansága. A topográfia esetében a direkt számításokat a globális rendszerben kell elvégezni.

Kulcsszavak: gravitációs modellezés, prizma, polihedron, inverzió, GOCE, ALPACA régió

*NYME Kitabel Pál Környezettanulmányi Doktori Iskola, Sopron
E-mail: benedek@ggki.hu,

**MTA GGKI, 9400 Sopron, Csatai u. 6-8., E-mail: papp@a.ggki.hu

Köszönetnyilvánítás. A kutatásokat a T043413 és a T028744 számú OTKA programok támogatták.

Hivatkozások

References

- Benedek J** (2004): The application of polyhedron volume elements in the calculation of gravity related quantities. in: Meurers B and Pail R (eds), Proceedings of the 1st Workshop on International Gravity Field Research, Graz 2003, Special Issue of Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 31, 99-106.
- Bielik M, Makarenko I, Legostaeva O, Starostenko V, Dérerová J, and Šefara J** (2004): Stripped gravity map of the Carpathian-Pannonian region. in: Meurers B and Pail R (eds), Proceedings of the 1st Workshop on International Gravity Field Research, Graz 2003, Special Issue of Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 31, 107-114.
- ESA** (1999). Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission, ESA SP-1233(1), report for mission selection of the four candidate Earth Explorer missions.
- Garland GD** (1971): Introduction to Geophysics – Mantle, Core and Crust. W.B. Saunders Co., Philadelphia, p. 420.
- Kalmár J, Papp G, Szabó T** (1995): DTM-based surface and volume approximation. Geophysical applications. Comp. and Geosci., 21, 245-257.
- Lenkey L, Dövényi P, Horváth F and Cloething SAPL** (2002): Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the neotectonics. EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 3, 29-40.
- Meskó A** (1984): Digital Filtering, Applications in Geophysical Exploration for Oil. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 636.
- Nagy D, Papp G, Benedek J** (2000): The gravitational potential and its derivatives for the prism. Journal of Geodesy, 74, 552-560.
- Papp G** (1996a): A Pannon-medence nehézségi erőterének modellezése. Kandidátusi értekezés, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Sopron.
- Papp G** (1996b): On the application of physical filtering in 3-D forward gravity field modelling. In: Meurers, B. (ed.), Proceedings of the 7th International Meeting on Alpine Gravimetry, Special Issue of Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 14, 145-154.
- Papp G** (2001): On some error sources of geoid determination. In: Meurers, B. (ed.), Proceedings of the 8th International Meeting on Alpine Gravimetry, Leoben 2000, Special Issue of Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 26, 167-179.
- Papp G, Kalmár J** (1996): Toward the physical interpretation of the geoid in the Pannonian Basin using 3-D model of the lithosphere. IGES Bulletin, DIIAR, Politecnico di Milano, 5, 63-87.
- Pohánka V** (1988): Optimum expression for computation of the gravity field of homogeneous polyhedron body. Geophysical Prospecting 36, 733-751.
- Royden L, Horváth F** (editors) (1988): The Pannonian basin. A study in basin evolution. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 45.
- Rónai A, Hámor G, Nagy E, Fülöp J, Császár G, Jámor A, Hetényi R, Deák M, Gyarmati P** (1984): Magyarország Földtani Térképe 1:500000, Magyar Állami Földtani Intézet.
- Szabó Z, Páncsics Z** (1999): Rock densities in the Pannonian basin – Hungary. Geophysical Transactions of ELGI, 42, 5-27.

GEOPOTENCIÁLIS MODELL SZÁMÍTÁSA GRACE MIKROHULLÁMÚ TÁVOLSÁGMÉRÉS ALAPJÁN

Paizs Zoltán*, Földváry Lóránt**



Determination of a gravity model based on GRACE microwave ranging observations – The paper provides an overview of the most up-to-date results of Gravity Recovery and Climate Experience (GRACE) satellites related research at the MTA-BME Physical Geodesy and Geodynamics Research Group. Two gravity models have been determined using the energy integral approach. The first method employed the so-called baseline solution on 35 days of GRACE data with brute force method used for the adjustment. The second solution applied also microwave ranging measurements, solved for 4 months of GRACE data adjusted by the so-called PCGMA method. The results have been compared with the recent satellite-only gravity models.

Keywords: GRACE, satellite-to-satellite tracking (SST), geopotential modelling

Cikkünkben egy a BME Általános- és Felsőgeodézia tanszékén működő MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport által végzett legutóbbi műholdas gravimetriai méréseken alapuló geoid meghatározás eredményeit mutatjuk be. A gravitációs erőter meghatározását energia integrál segítségével történt. Először az ún. bázisvonalon alapuló megoldásnál 35 napnyi GRACE észlelést felhasználtunk fel, amelynél a kiegyenlítést a legkisebb négyzetek módszere szerint végeztük el. A másik alkalmazott módszerünk 4 hónap hosszúságú GRACE mérésekből a mikrohullámú távolságmérések eredményeit is bevonva számítottuk, az adatsort az ún. PCGMA módszerrel egyenlítőre ki. A kapott eredményeket összehasonlítottuk más, csak műholdas mérésekből számított modellekkel.

Kulcsszavak: GRACE, műhold-műholdkövetés, geopotenciális modell

1 Bevezetés

Napjainkban a gravitációs tér mérésénél egyre inkább előtérbe kerül az űrgravimetria. Elsőként a német GFZ (GeoForschungsZentrum) CHAMP műholdját állították pályára 2000-ben, majd ezt követően 2002-ben a NASA és a GFZ közös vállalkozásával a GRACE (Proposal for a German Priority Research Program 2005) projekt keretében két műholdat lőttek fel (1. ábra). Az ESA (European Space Agency) gradiometriai műholdja (GOCE) várhatóan 2007-ben indul útjára (Flury et al. 2006).

A GRACE projekt két műholdja a felszín felett mintegy 485 km magasságban kering a Föld körül. Pályájuk névleges hajlása 89° (közel poláris) és a közöttük lévő távolság 220 ± 50 km. A műhold pár rendelkezik GPS vevőkkel, melyek segítségével folyamatosan mérik a pozíciójukat (Case et al. 2004). Ez ún. magas-alacsony műhold-műholdkövetésnek (high-low SST) felel meg. A GRACE műholdak pozíciójának meghatározását ± 3 cm alatti pontossággal lehet elvégezni, így a közöttük lévő távolság kiszámításának pontossága a pályaadatokból ± 5 cm körüli. A műholdak pillanatnyi helyzeteiből a műholdak közötti távolságot alapul véve, azt a feldolgozás során bázisvonalként értelmezve módunkban áll (a műholdankénti feldolgozás helyett) a két műhold egy időpontra vonatkozó adatait együttesen feldolgozni.

A valóságban a műholdak folyamatosan mérik a közöttük lévő távolságot két frekvencián (K 24 GHz és Ka 32 GHz-es frekvenciákon) (Case et al. 2004). Ez az elrendezés az ún. alacsony-alacsony műholdkövetésnek (low-low SST) felel meg. A két frekvencián végzett távolságmérés pontossága μm -es nagyságrendű, ami így nagyságrendekkel pontosabb a számított bázisvonalnál. Tanulmányunkban mind a GPS helymeghatározásból számított bázisvonalon alapuló, mind a két műhold között mért távolságon alapuló megoldás elméleti hátterét ismertetjük, majd mindkét eljárást 4 hónap hosszú adatsoron alkalmazzuk.

* BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, 1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.

** MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport, 1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.

E-mail: paizs@sci.fgt.bme.hu

fl@sci.fgt.bme.hu

Köszönetnyilvánítás. A cikk a Bolyai-ösztöndíj támogatásával készült.

Hivatkozások

References

- Case K, Kruizinga GLH, Wu SC** (2004): GRACE Level 1BData Product User Handbook, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology, belső publikáció, JPL D-22027.
- Detrekői Á** (1991): Kiegészítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest.
- Flury J, Rummel R, Reigber C, Rothacher M, Boadecker G, Schreiber U** (2006): Observation of the Earth System from Space, ISBN 3-540-29520-8, pp. 494, Springer, Berlin.
- Han SC** (2003): Efficient Global Gravity Determination from Satellite-to-Satellite Tracking (SST), Geodetic and GeoInformation Science, Ohio State University, Report No. 467.
- Jekeli C** (1999): The Determination of gravitational potential differences from Satellite-to-Satellite Tracking Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy 75, 85-101.
- Mayr T** (2005): Schwerefeldanalyse der Satellitenmission GRACE unter Verwendung des Energieintegrals, Diplomarbeit, TUM, München.
- Nagy K** (1993): Elméleti mechanika, Nemzeti Tankönyvkiadó, pp. 476, Budapest
- Paizs Z, Földváry L** (2006): Gravitációs modell meghatározás négy hónap GRACE mérés adataiból, Geodézia és Kartográfia 9, 7-11.
- Paizs Z** (2006): Geopotenciális modell számítása GRACE mikrohullámú távolságmérés alapján, BME diplomamunka.
- Proposal for a German Priority Research Program** (2005): Mass Transport and Mass Distribution in the Earth System, Contribution of the New Generation of Satellite Gravity and Altimetry Missions to Geosciences, GOCE-Projectbüro Deutschland, Technische Universität München GeoForschungszentrum Potsdam.
- Reigber C, Schmidt R, Flechtner F, König R, Meyer U, Neumayer KH, Schwintzer P, Zhu SY** (2003): First GFZ GRACE Gravity Field Model EIGEN-GRACE01S, elküldve a Geophysical Research Letters számára.

A TOPOGRÁFIA HATÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR GRADIENSEIRE KÜLÖNFÉLE MODELLEK ALAPJÁN

Rózsa Szabolcs*, Tóth Gyula*



Determination of the effect of topography on the gravity gradients using various models -
In space gradiometry the determination of the effect of topographic masses is crucial for validation and downward continuation of the gravitational signal. This paper focuses on the determination of the effect of topographic masses on the second derivatives of the potential.

During the investigation three methods have been applied. The first method is the direct numeric integration using planar approximation and mass prism topographic model, while the second one is the application of tesseroids. The third method is a mass prism topographic model using spherical approximation. The first two models have been tested over the area of Europe, whereas the latter two have been used for global computations as well.

For the continental and global studies the ETOPO5 digital elevation model has been used. The results show that the effect of topography is significant on the altitude of the LEO satellites, reaching the level of 10 Eötvös in all gravity gradients.

Keywords: topographic effect, Eötvös tensor, gravity gradients

Az űrgradiometriai alkalmazásoknál a topográfiai tömegek által a nehézségi erőter gradienseire kifejtett hatás meghatározása elengedhetetlen a mért adatok ellenőrzéséhez és lefelé folytatásához. Jelen cikkünk a topográfia Eötvös-tenzorra kifejtett hatásával foglalkozik.

Cikkünkben három topográfiai modellt használtunk fel. Az első a síkközelítéses derékszögű prizma modellt, a második a tesseroidok alkalmazása, míg a harmadik a gömbi közelítéses derékszögű prizma modellt. Az első két modellt egy Európát lefedő teszt-területen hasonlítottuk össze, míg az utóbbi kettőt globális adatokon is teszteltük. A topográfiát a vizsgálatainkban az ETOPO5 magassági modellel írtuk le.

Az eredmények azt mutatják, hogy a topográfia hatása szignifikáns a LEO műholdak pályamagasságában, és helyenként eléri a 10 Eötvös értéket mindegyik nehézségi gradiens esetén.

Kulcsszavak: topográfiai hatás, Eötvös-tenzor, nehézségi gradiensek

1 Bevezetés

Az űrgradiometriai alkalmazások előtérbe kerülésével a topográfia nehézségi erőter gradienseire kifejtett hatásának meghatározása egyre fontosabb feladat. Míg Eötvös-inga mérésekhez a síkközelítéses derékszögű prizma modellt is megfelelő pontosságot biztosít, addig az űrgradiometriai alkalmazásoknál a gömbi vagy akár az ellipszoidi közelítés is szükségessé válhat.

Az elmúlt években több olyan cikk született, amely a topográfia gradiensekre kifejtett hatását vizsgálja (pl. Heck and Wild 2005, Rózsa és Tóth 2005, Wild and Heck 2004, Csapó és Papp 2000, stb.), viszont a legtöbb ilyen cikk csak a vertikális gradienssel foglalkozik.

Jelen cikkünkben három különféle modellt vizsgálunk meg, amelyekkel a topográfia hatását meghatározzuk az Eötvös-tenzor összes elemére.

2 A felhasznált topográfiai modellek

2.1 A derékszögű prizma hatása a nehézségi erőter gradienseire

A topográfiai tömegek nehézségi erőter gradienseire kifejtett hatásának meghatározásához az ún. Newton-integrálból indulhatunk ki:

Köszönetnyilvánítás. A cikkben szereplő kutatások az OTKA T-046718 kutatási projekt keretében készültek. A szerzők megköszönik továbbá az MTA Bolyai János Ösztöndíjának támogatását.

Hivatkozások

References

- Anderson EG** (1976): The effect of topography on solutions of Stokes's problem. UNISURV Report S14, University of New South Wales, Kensington, Australia, 252.
- Csapó G, Papp G** (2000): Measuring and modelling of the vertical gradient of gravity – Hungarian examples (in Hungarian), *Geomatikai Közlemények*, III. 109-123.
- Heck B, Wild F** (2005) Topographic-Isostatic Reductions in Satellite Gravity Gradiometry Based on a Generalized Condensation Model. Proceedings of the IUGG 23rd General Assembly, IAG Symposia 128, 294-300.
- Kuhn M, Seitz K** (2004) Comparison of Newton's Integral in the Space and Frequency Domains. Sapporo Proceedings, IAG Symposia Vol XXX, Springer Verlag 386-391.
- Nagy D, Papp G, Benedek J** (2000): The gravitational potential and its derivatives for the prism. *Journal of Geodesy* 74; 7-8, 552-560.
- Rózsa Sz, Tóth Gy** (2005) Prediction of Vertical Gravity Gradients Using Gravity and Elevation Data. Proceedings of the IUGG 23rd General Assembly, IAG Symposia 128, 344-350.
- Seitz K, Wild F, Heck B** (2003) Efficient calculation of the tesseroïd potential and its derivatives up to second order. Poster presented at the XXXth General Assembly of the IUGG. Sapporo, Japan.
- Wild F, Heck B** (2004) Effects of Topographic Isostatic Masses in Satellite Gravity Gradiometry. Proceedings of the Second International GOCE Workshop, ESA-ESRIN, Frascati/Italy, March 8-10.

A TOPOGRÁFIAI ÁTLAGSŰRŰSÉG ÉS A TEREPI JAVÍTÁS EGYÜTTES MEGHATÁROZÁSA L_2 NORMÁJÚ STATISZTIKAI BECSLÉSSEL

Papp Gábor*



Joint statistical estimation of the average topographical density and the terrain correction – Nettleton's method is based on the elevation dependence of the surface free-air gravity anomalies. It is widely used to obtain an optimal average density value by applying an iterative regression parameter determination. Its accuracy, however, strongly depends on how efficiently the regional trend and very local (terrain) effects are removed from the gravity anomalies processed. If the geometry of the topography is fixed then the terrain correction term at the evaluation point P is a linear function of the unknown average topographical density. Therefore it can also be included in the equation system to be solved by least squares adjustment and an estimation of the density can be obtained in one step, without iteration. The results of this simple refinement of Nettleton's method as well as the distorting effect of the regional trend are demonstrated by two local examples. The paper reviews the gravity surveys of a loess wall and its surrounding on the bank of the River Danube and of a hilly area crossed by a fault system in the Mecsek Mountains, South Hungary. The derived density values show a significant change as the free-air gravity anomalies are gradually reduced by regional and local (terrain) effects during the data processing. The results were compared to the laboratory determinations of the volume density of surface loess samples from the area located near the Danube, whereas only geological maps and field observations were available in the Mecsek Mountains.

Keywords: topographical density, terrain correction, Nettleton's method, joint estimation, L_2 norm

A Nettleton-féle módszer azon megfigyelésen alapul, hogy a szabadlevegő nehézségi rendellenességek és a topográfiai magasságok között általában szignifikáns lineáris statisztikai kapcsolat mutatható ki. A regressziós egyenes paramétereinek iteratív meghatározásával megbecsülhető az adott terület topográfiai tömegeinek átlagos térfogatsűrűsége. A becslés pontossága azonban erősen függ attól, hogy a nehézségi rendellenességekből milyen mértékben sikerül eltávolítani a regionális trendet illetve a nagyon közeli topográfia hatását a terepi javítás (TC) alkalmazásával. A felszíni P pontban a korrekció lineáris függvénye az ismeretlen sűrűségnek, ha a topográfiai felszín geometriája rögzített. Ezért TC közvetlenül bevonható a kiegyenlítendő egyenlet-rendszerbe és így a sűrűség becslés egy lépésben megoldható. A módosított Nettleton-féle módszerrel kapott eredmények, valamint a regionális trend és a helyi hatások becslésre gyakorolt torzító hatásának bemutatása két példán keresztül történik. A cikk áttekinti egy Duna-parti löszfal környezetének és egy Mecseki teszterületnek a gravitációs felmérését és az itt végzett sűrűség becslések eredményeit. Ezek változása világosan követhető az egymás után következő redukciók (regionális, lokális) során. A becslési eredményeknek mind a laboratóriumi ellenőrzése mind a rendelkezésre álló geológiai információkkal való összevetése megtörtént.

Kulcsszavak: topográfiai sűrűség, topográfiai korrekció, Nettleton-féle módszer, együttes meghatározás, L_2 normás becslés

1 Bevezetés

A topográfiai felszín valamely P pontjában (1. ábra) értelmezett szabadlevegő nehézségi rendellenességek az atmoszféra tömegvonzásának elhanyagolása mellett tükrözik a Föld összes tömegeloszlási rendellenességének hatását:

*MTA GGKI, 9400 Sopron, Csatka u. 6-8.
E-mail: papp@ggki.hu

Köszönetnyilvánítás. A kutatásokat a T043413 sz. OTKA és az EU5 EVG1-2001-00061 OASYS programok támogatták.

Hivatkozások

References

- Benedek J, Papp G** (2005): Graviméteres mérések kiértékelése műszervizsgálat céljából. *Geomatikai Közlemények*, VIII. 201-208.
- Camacho AG, Montesinos FG, Vieira R and Arnosó J** (2001): Modelling of crustal anomalies of Lanzarote (Canary Islands) in light of gravity data. *Geophys. J. Int.* 147, 403-414.
- Kalmár J, Papp G, Szabó T** (1995): DTM-based surface and volume approximation. *Geophysical applications. Comp. and Geosci.*, 21, 245-257.
- Mentes Gy, Eperné I** (editors) (2004): Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary. *Geodetic and Geophysical Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Sopron.* p. 84.
- Nettleton LL** (1939): Determination of density for reduction of elevation factor. *Geophysics*, 4, 176.
- Papp G, Benedek J** (2005): Gravitációs inverzió alkalmazása a geoid vizsgálatában. *Geomatikai Közlemények*, VIII. 231-238.
- Rao VB, Murty BVS** (1973): Note on Parasnis' method for surface rock densities. *Pure and Applied Geophysics*, 110, 1927-1931.
- Rózsa Sz** (2002): Magas frekvenciájú adatok felhasználása a geoidmeghatározásban. PhD disszertáció, BME, Budapest.

GRAVIMETRIAI GEOID KORREKCIÓJA GPS-SZINTEZÉSI ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL

Zaletnyik Piroska*, Paláncz Béla**, Völgyesi Lajos*, Kenyeres Ambrus***



Correction of the gravimetric geoid using GPS-levelling data – The time-consuming, labour-intensive method of traditional levelling can be substituted by GPS-levelling, using a precise geoid model. The optimal geoid model is a combination of the GPS-derived and the gravimetrically-derived geoid undulations. The GPS-gravimetric geoid can be constructed by adding a corrector surface to the original gravimetric geoid, which can be determined by using the GPS-levelling data. The GPS-gravimetric geoid can be given in analytical form using a third-degree spline interpolation. Results are promising; fitting of the corrector surface can be performed by 1-2 cm accuracy. Attention is called to the importance of the homogeneous distribution of the GPS/levelling data, elimination of gross errors, and to the optimal separation of the learning and the test data set.

Keywords: GPS-gravimetric geoid, GPS/levelling, corrector surface, spline interpolation

Az idő- és munkaerőigényes szintezéssel történő magasságmeghatározás kiváltható GPS mérésekkel, megfelelő pontosságú geoidmodell alkalmazásával. Ezt a megfelelő pontosságú geoidot a GPS/szintezési adatok és a gravimetriai geoid kombinálásával adhatjuk meg. A GPS-gravimetriai geoid előállítása úgy történik, hogy az eredeti gravimetriai geoidhoz hozzáadjuk a GPS/szintezési adatok felhasználásával meghatározott korrekciós felületet. Harmadfokú spline interpolációt alkalmazva a korrigált geoid is megadható analitikus alakban. Az eredmények biztatóak, a felületillesztés 1-2 centiméteres pontossággal megoldható. Rámutatunk, hogy fontos a GPS/szintezési adatok egyenletes eloszlása, durva hiba szűrése és a módszerek tesztelése szempontjából a tanuló és teszt-halmaz optimális szétválasztása.

Kulcsszavak: GPS-gravimetriai geoid, GPS/szintezés, korrekciós felület, spline interpoláció

1 Bevezetés

A Föld fizikai alakjának, a geoidnak meghatározása napjaink fontos feladata. A gravitációs teret térképező műholdak méréseinek köszönhetően illetve új földi mérések bevonásával egyre jobb geoidmegoldások születnek. Ugyanakkor a nagy pontosságú GPS mérések is egyre több felhasználó számára lesznek elérhetőek, az aktív GPS hálózatok és a hálózati RTK (Real Time Kinematik) korrekciók használatával.

A GPS-szel történő magasságmérés során olyan geoid alkalmazására van szükség, amely segítségével geodéziai (centiméteres) pontossággal számíthatjuk át a mért ellipszoid feletti magasságokat az EOMA rendszerében ismert tengerszint feletti magasságokká. Ehhez használhatjuk a korrekciós felülettel illesztett GPS-gravimetriai geoidot.

2 GPS/szintezési adatok eltérései a gravimetriai geoidtól

GPS mérésekből ellipszoid feletti magasságot határozunk meg, geodéziai gyakorlatban viszont tengerszint (geoid) feletti magasságokkal dolgozunk, amelyeknek a meghatározása szintezéssel történik. Az idő- és költségigényes szintezést azonban megfelelő geoidmodell alkalmazásával GPS mérésekkel is helyettesíthetjük, hiszen a geoidunduláció értéke a geoid-ellipszoid távolságát adja meg. Az átszámításhoz a következő egyszerű összefüggést használhatjuk:

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék, H-1521, Budapest.
Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport.

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, H-1521, Budapest.

*** FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium, 1149 Budapest, Bosnyák tér 5.

E-mail: piri@agt.bme.hu, palancz@epito.bme.hu, volgyesi@eik.bme.hu, kenyeres@sgo.fomi.hu

Köszönetnyilvánítás. A végeselem számításokat a *FEM-Design 6.0* végeselem szoftverrel végeztük. Ezúton mondunk köszönetet a StruSoft Kft.-nek, aki a szoftvert rendelkezésünkre bocsátotta, valamint Dr. Kirchner Istvánnak aki a rendszer használatában komoly segítségünkre volt. A kutatás a FÖMI KGO és a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke közötti kutatási együttműködés keretében valamint a T043007 és a T046718 sz. OTKA támogatásával valósult meg.

Hivatkozások

References

- Awange JL, Grafarend EW** (2005): Solving Algebraic Computational Problems in Geodesy and Geoinformatics, Springer Berlin.
- Featherstone W** (2000): Refinement of gravimetric geoid using GPS and levelling data. Journal of Surveying Engineering, May. 126; 2, 27-56.
- Forsberg R, Madsen F** (1990). High Precision Geoid Heights for GPS Leveling. Proceedings of the 2nd International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, Sept. 2-7, Ottawa, Canada, 1060-1074.
- Fotopoulos G, Featherstone WE, Sideris MG** (2002): Fitting a Gravimetric Geoid Model to the Australian Height Datum via GPS Data. Presented at the IAG Third Meeting of the International Gravity and Geoid Commission, Thessaloniki, Greece, Aug. 26-30.
- Fotopoulos G** (2005) Calibration of geoid error models via a combined adjustment of ellipsoidal, orthometric and geoid height data. J. of Geodesy, 79; 1-3, 111-123.
- Fotopoulos G, Sideris MG** (2005): Spatial Modeling and Analysis of Adjusted Residuals over a Network of GPS-levelling Benchmarks, GEOMATICA 59; 3, 251-262.
- Haagmans R, de Bruijne A, de Min E** (1998): A procedure for combining gravimetric geoid models and independent geoid data, with an example in the North Sea region. DEOS Progress Letters 98.1, Delft University Press.
- Jäger R, Schneid S** (2002): GNSS Online Heighting based on the Concept of a Digital Finite Element Height Reference Surface (DFHRS) and the Evaluation of the European HRS. Proceedings, ENC - GNSS 2002 Symposium, European Navigation Conference. Kopenhagen.
- Kenyeres A, Seeman J** (1999): Az OGPSH-pontok tengerszint feletti magasságának meghatározása GPS-technikával, Geodézia és Kartográfia, 1999; 1, 18-23.
- Kenyeres A, Sacher M, Ihde J, Denker H, Marti U** (2006): EUVN_DA: Establishment of a European Continental GPS/Leveling Network, IGFS2006 Symposium, 28.08-01.09, Istanbul, Turkey.
- Kotsakis C, Sideris MG** (1999): On the adjustment of combined GPS/levelling/geoid networks. Journal of Geodesy, 73; 8, 412-421.
- Salamon D** (2006): Curves and Surfaces for Computer Graphics, Springer Science Business Media, New York.
- Shretha R, Nazir A, Dewitt B, Smith S** (1993): Surface Interpolation Techniques to Convert GPS Ellipsoid Heights to Elevations. Surveying and Land Information Systems, 53, 2, 133-144.
- Soltanpour A, Nahawandchi H, Featherstone WE** (2006): The use of second-generation wavelets to combine a gravimetric quasigeoid model with GPS-levelling data, Journal of Geodesy (Accepted 9 February).
- Tóth Gy, Rózsa Sz** (2000): New Datasets and Techniques – an Improvement in the Hungarian Geoid Solution, Paper presented at Gravity, Geoid and Geodynamics Conference, Banf, Alberta, Canada.
- Zaletnyik P, Völgyesi L, Paláncz B** (2004): Approach of the Hungarian Geoid Surface with Sequence of Neural Networks. Int. Arch. of Photogr, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXV; Part B-YF, Istanbul, 119-122.

FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS ALKALMAZÁSA EGYES FÁK VIZSGÁLATÁRA

Király Géza, Brolly Gábor, Márkus István*



Application of terrestrial laser scanning for investigation on single trees – This paper describes the processing and results of a terrestrial laser scanning survey. The field-work was done on a protected, forest reserve sites. A new method was developed for the position determination and diameter at breast height (DBH) estimation of a single tree. Several further methods were tested and statistically evaluated for DBH and tree heights. The lower part of the tree trunks were modelled in 3D automatically.

Keywords: terrestrial laser scanning, forestry, single trees, automatic detection, modelling

Cikkünkben egy földi lézeres letapogatás feldolgozásával és eredményeivel foglalkozunk. A felvételezés védett területen, egy erdőrezervátumban történt. Egy új módszert dolgoztunk ki az egyes fák helyzetének és mellmagassági átmérőjének meghatározásához. A mellmagassági átmérő és a fmagasság meghatározásához számos további módszert próbáltunk ki, és az eredményeket statisztikailag értékeltük. Az egyes fák törzsének alsó részéről automatikus térbeli modelleket készítettünk.

Kulcsszavak: földi lézerszkenelés, erdészet, egyes fák, automatikus felismerés, modellezés

1 Előzmények, célkitűzések

A NyME Földmérési és Távérzékelési Tanszékén már több éve foglalkozunk a lézeres letapogatással, valamint annak alkalmazási lehetőségeivel, elsősorban a természetvédelem és az erdészet szakterületén. Eddigi vizsgálatainkban repülőgépről történő légi lézeres letapogatásokkal foglalkoztunk (Király és Márkus 2005, és Brolly et al. 2007). 2006 elején lehetőségünk adódott, hogy az új technológiát a földről is kipróbáljuk egy természetvédelmi szempontból jelentős erdőrezervátum területén.

Munkánk során az elsődleges cél az volt, hogy megvizsgáljuk a földi lézeres letapogatás lehetőségeit erdei környezetben. Elsősorban az egyes fák, valamint a faállomány bizonyos paramétereinek meghatározására tettünk kísérletet. Fontos volt az erdőrezervátum adott részének állapot rögzítése, valamint az, hogy – amennyiben a technológia alkalmasnak bizonyul – a felvételezés referenciadatakat szolgáltatson egyéb kutatásainkhoz is. Az egyéb lehetséges technológiák alkalmazásának lehetőségeivel Bazsó (2007) foglalkozik.

2 Terepi felmérés

A földi lézerszkenneres (LS) terepi felmérések a Hidegvíz-völgy erdőrezervátumban, 2006. április 7-én, egy Riegl LMS-Z420i szkennerral történtek.

A Riegl egy osztrák cég, amelynek szkennerei mind légi, mind földi, valamint ipari kivitelben világszerte ismertek. A műszer felépítési vázlata, valamint fényképe látható az 1. ábrán. Az eszköz legfontosabb paramétereit pedig az 1. táblázat tartalmazza.

A Hidegvíz-völgy erdőrezervátum a 63 hazai erdőrezervátum-hálózathoz ~20 ha-os magterületével a kisebbek közé tartozik. Az ER-46-os azonosítóval jelzett rezervátum a Soproni-hegységben, az osztrák határ közelében található (2. ábra).

*NyME, Földmérési és Távérzékelési Tanszék, 9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.
E-mail: kiraly.geza@emk.nyme.hu

Köszönetnyilvánítás. Szeretnénk köszönetet mondani az OTKA-nak a támogatásért (T 048999), a piLINE Kft-nek a hatékony együttműködésért, valamint a terepi felmérésben résztvevő hallgatóknak segítségükért.

Hivatkozások

References

- Bazsó T** (2007): Integrált geodéziai műszeregyüttes alkalmazásának vizsgálata erdőrezervátumok területén. Geomatikai Közlemények, X. 281-286.
- Brolly G, Király G, Márkus I** (2007): Légi lézerszenning és QuickBird úrfelvétel integrált elemzése határon átnyúló területeken. MTA GGKI, Sopron, Geomatikai Közlemények X. 251-256.
- Király G, Márkus I** (2005): Digitális domborzatmodell előállítás légi lézerszkennel felvételekből tájökölógiai és természetvédelmi kutatások céljára. In Geomatikai Közlemények VIII. MTA GGKI, Sopron, 2005. 247-256.

LÉGI LÉZERSZKENNELÉS ÉS QUICKBIRD ŰRFELVÉTEL INTEGRÁLT ELEMZÉSE HATÁRON ÁTNYÚLÓ TERÜLETEKEN

Brolly Gábor*, Király Géza*, Márkus István*



Integrated analysis of a cross-border area by means of aerial laser scanning and QuickBird image – The main goal of this study to present a classification based on an aerial laser scanning and a very high resolution QuickBird image. The classification was carried out in the cross-border area and supports further vegetation analysis of protected sites. The study includes the data fusion and the object-oriented analysis. The separation of the classes was done on the basis of vegetation heights in categories such as trees, shrubs, and low vegetation, and these were split into sub-categories based on the qualitative signatures of the objects.

Keywords: aerial laser scanning, QuickBird, segmentation, object-oriented classification, vegetation

Jelen munkában egy légi lézerszkennelés és egy nagyfelbontású QuickBird műholdfelvétel felhasználásával végzett osztályozást mutatunk be. Az osztályozással határon átnyúló, védett területeken végzendő vegetációvizsgálatokhoz kívánunk támogatást nyújtani. Ismertetjük az adatok egyesítésének módját és az objektum-orientált feldolgozást. A vegetáció magasságok alapján elkülönítettük a főbb kategóriákat, úgymint fák, bokrok és lágyszárúak, majd ezeket az osztályokat finomítottuk a spektrális tulajdonságok alapján.

Kulcsszavak: légi lézerszkennelés, QuickBird, szegmentálás, objektum-orientált osztályozás, vegetáció

1 Bevezetés

Az osztályozáshoz szükséges adatokhoz a SISTEMaPARC (Spatial Information Systems for Transnational Environmental Management of Protected Areas and Regions in CADSES) projekt keretében jutottunk hozzá. A SISTEMaPARC az Európai Regionális Fejlesztési Alap által finanszírozott INTERREG III. B program egyike, mely a CADSES régió természetvédelmi célú információs rendszereinek fejlesztését valósítja meg. Ebben a projektben működik együtt osztrák részről a Neusidler See – Seewinkel Nemzeti Park, és a Bécsi Műszaki Egyetem Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszéke (IPF-TUW), valamint magyar részről a Fertő-Hanság Nemzeti Park és a Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar Földmérési és Távérzékelési Tanszéke.

2 A felhasznált adatok

A lézerszkennelést az IPF-TUW megbízásából a TopScan GmbH végezte 2004 novemberében ALTM 2050-es lézerszkennelssel. A domborzatmodell előállítására szolgáló légi lézerszkennelés több tömbben, összesen 340 km² területet fedett le, melyből 21.5 km² Magyarország területén található (1. ábra). A 2004-ben repült sarródi lézerszkenneléssel (Márkus és Király 2004) 8.6 km² közös területe van. A mérés során az első és utolsó visszaverődés 1.6 pont/m² átlagos sűrűséggel került rögzítésre. A pontthalmaz tájékozása UTM (ETRS-89) vetületi rendszerben és ellipszoid feletti magasságokkal történt. Ezt követően elkészült a felvett terület nagypontosságú digitális domborzatmodellje (DTM), felületmodellje (DSM), és a kettő különbségeként előállítható normalizált felületmodellje (nDSM), mely az egyes objektumok talaj feletti magasságát tartalmazza (3. ábra). Valamennyi modell raszteres formában került tárolásra, 1 méteres felbontással. Mind a tájékozást, mind a modellek előállítását az IPF-TUW végezte.

Köszönetnyilvánítás. Köszönjük a Definiens AG-nek valamint a Varinex Kft.-nek, hogy lehetővé tették számunkra az eCognition Professional szoftver kipróbálását. A kutatás egyes részeit a T 048999 számú OTKA pályázat tette lehetővé.

Hivatkozások

References

- Attwenger M** (2006): Airborne Laserscanning Neusidler See – Derivation of the digital surface and terrain model analysis of the digital terrain model. Project report, 3-7.
- Baatz M, Schape A** (2000): Multiresolution segmentation—an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl et al. (Ed) *Angewandte Geographische Informations-Verarbeitung XII*, Wichmann Verlag, Heidelberg 179-188.
- Bácsatyi L, Kovács Gy, Bányai L** (2004): Geodéziai referenciaadatok szolgáltatása légi lézerszkenner felvételek feldolgozásához. *Geomatikai Közlemények VIII*, 239-247.
- Benz U, Hofmann P, Willhauck G, Lingenfelder I, Heynen M** (2004): Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing LVIII*, 239-258.
- Bock M, Xofis P, Mitchley J, Rossner G, Wissen M** (2005): Object oriented methods for habitat mapping at multiple scales. *Journal for nature conservation XIII*, 75-89.
- Kálmán M** (2006): Faállomány-magasságok meghatározása korszerű távérzékelési módszerekkel az Állami Erdészeti Szolgálat Szombathelyi Igazgatóságának területén. Diplomaterv, NYME, Erdőmérnöki Kar, Földmérési és Távérzékelési Tanszék. p. 68.
- Márkus I, Király G** (2004): Digitális domborzatmodell előállítás légi lézerszkenning felvételekből tájökölógiai és természetvédelmi kutatások céljára. *Geomatikai Közlemények VIII*, 247-257.

KÖZLEKEDÉSI CSOMÓPONT BELÁTHATÓSÁGI VIZSGÁLATA FÖLDI LÉZERSZKENNELÉSSSEL

Kibédy Zoltán, Szócs Katalin, Barsi Árpád*



Visibility proof of road junctions using terrestrial laser scanning – In order to increase the traffic safety, the goal of our work was to analyze the 3D laser scanning technology as a potential tool. Traffic junctions as potential contingency were analyzed on visibility, which result can decrease the probability of traffic accidents.

Keywords: terrestrial laser scanning, visibility proof, traffic, junction

Munkánk célja a közlekedés biztonságának fokozása érdekében megvizsgálni a 3D lézerszkennelési technológiát, mint lehetséges eszközt. A feladat a közlekedési csomópontok, mint lehetséges veszélyforrások beláthatóságának vizsgálata, melynek eredményével a közlekedési balesetek esélye csökkenthető.

Kulcsszavak: földi lézerszkennelés, láthatóság-vizsgálat, közlekedés, csomópont

1 Bevezetés

Korunk egyik leggyorsabban fejlődő, és egyre szélesebb körben alkalmazott földi geodéziai mérőeszköze a 3D lézerszkennер. A nagyfokú alkalmazhatóságát bizonyítja a számtalan mérnöki és human felhasználási kör, úgymint a gépgyártás, az építőipar, vagy akár a régészet. Mindezt a részletes és pontos mérés teszi lehetővé, amely egyben a módszer nehézségét is jelenti. A több millió pontból álló felmérések előnye a teljes lefedettség biztosíthatósága, de a feldolgozandó adatmennyiség komoly számítási kapacitást is igényel, a feldolgozás és a szelektálás a pontok között bonyolult. A technológia alkalmazhatóságát kívánjuk megvizsgálni, hogy segítségével milyen előnyöket nyerhetünk a közlekedés biztonságának javítása érdekében.

2 Célkitűzés, a mérési feladat megoldása

A feladat célja, hogy megvizsgáljuk, hogy adott nézőpontokból egy közlekedési csomópont mely területei láthatók. Ezek a pontok a forgalomban részt vevő autók vezetőinek nézőpontjai. Ha ismertté válik a belátható terület nagysága, a nyert adatokból levonhatók a következtetések, hogy az adott sebességhatár betartásával elkerülhető-e a baleset, illetve melyek azok a távolságok, ahonnan még a közlekedési táblák, jelzések jól láthatók. Az elemzés eredményei a következők lehetnek:

- A megengedett sebesség felső határának csökkentésének szükségessége
- Növényzet ritkításának szükségessége az esetleges kitakarások megszüntetésére
- Parkolóhelyek megszüntetésének, áthelyezésének lehetősége, ha a parkoló jármű korlátozza a szabad kilátást kihajtás esetén

Ezen problémák egy lehetséges megoldásaként alkalmaztuk a lézerszkennert.

(További közlekedés-biztonsági vizsgálatok lézerszkennер alkalmazásával: Pagounis et al. 2006)

2.1 A lézerszkennер működési elve

A lézerszkennерek alapvetően kétféle mérési elven működnek. Az első módszer a fázis-eltolódás (phase-shift) mérésén alapszik. Ez a ritkábban alkalmazott mérési módszer a földi szkennерek között. Gyakrabban alkalmazott mérési módszer a lézerimpulzus futási idejének (time-of-flight) mérésén alapuló módszer.

* BME, FTT 1111 Budapest, Műegyetem rakpart. 1-3.

E-mail: zoltan.kibedy@fmt.bme.hu

katalin.szocs@fmt.bme.hu

barasi@eik.bme.hu

Köszönetnyilvánítás. A szerzők szeretnének köszönetet mondani a piLINE Kft-nek a rendelkezésükre bocsátott jó minőségű 3D lézerszkennelt adatokért.

Hivatkozások

References

Pagounis V, Tsakiri M, Palaskas S, Biza B, Zaloumi E (2006): 3D Laser Scanning for Road Safety and Traffic Accident Reconstruction XXIII FIG Congress Munich, Germany.

ADATGYŰJTÉS ÉS NAVIGÁCIÓ ISMERETLEN EXPEDÍCIÓS TERÜLETEN

Ládai András Dénes*



Data collection and navigation on an unknown expedition area – This paper presents an application of archaeological Geographic Information System (GIS): data collection from an unknown, unsurveyed terrain and the method of data collection. It demonstrates the possibilities and the limits of these methods. In the second part it reviews the future application of the compiled digital basic map: GPS navigation, archaeological surveying and the final map creation.

Keywords: expedition, archaeology, GIS, image processing, GPS navigation

A szerző egy szudáni régészeti expedíció geodéziai és térinformatikai támogatásának munkálatait mutatja be. Ismerteti, milyen eszközökkel gyűjtött információkat az addig gyengén feltérképezett Nílus menti területről. Rávilágít ezen eszközök lehetőségeire és korlátaira, majd a cikk második felében az elkészített digitális alaptérkép további felhasználásáról ejt szót: GPS alapú navigáció, terepi adatgyűjtés, majd a végleges térkép elkészítése.

Kulcsszavak: expedíció, régészet, térinformatika, digitális képfeldolgozás, GPS navigáció

1 Bevezetés

A szudáni kormány egy igen nagy volumenű beruházásba fogott: völgyzáró gátat épít a Nílus negyedik zuhatagánál, amely az ország egyre növekvő energiaigényét fogja kielégíteni. Az építkezés megkezdése előtt az érintett területet régészek kutatják át letűnt kultúrák, régmúlt idők visszamaradt emlékei után, hogy gazdagítsák az emberiség történelmi ismereteit. Az érintett terület azonban hatalmas: a gát által felduzzasztott folyóvíz hozzávetőlegesen kétszáz kilométeres szakaszon fog megáradni, elöntve mindent a Nílus mentén. A veszélyeztetett terület ősidők óta lakott, s minden történelmi korszak maga után hagyta nyomait. Ezért nemzetközi régészeti leletmentő összefogást hoztak létre, amelynek keretében felosztották a veszélyeztetett területet a jelentkező országok között. A nagy országok között Magyarország is képviseltette magát: régészeket, egyiptológusokat, arabista és építész szakembereket fogott össze Lassányi Gábor, a Magyar Merowe-gát Régészeti Projekt vezetője. Ez a projekt mintegy húsz kilométeres szakasz felkutatását vállalta magára. Tanszékünkre 2005 novemberében érkezett a felkérés, hogy vegyünk részt az expedícióban: az ismeretlen területről minél részletesebb térképi adatokra van szükség! A szakmai kihívás izgalmas, így örömmel elvállaltam a feladatot, majd, mint geodéta is csatlakoztam a felderítő csapathoz. Az előkészítő munkánk során a korábbi tapasztalatokat is felhasználtam (Gregori és Szűcs 2005).

2 Felkészítő munkálatok

2.1 A rendelkezésre álló anyagok

Egy XIX. század végére tehető, folyam menti felmérésből kellett kiindulnom. Ezen a szelvényen jelölték ki a résztvevő nemzetek koncessziós területeit (1. ábra). A térképről leolvasható a helyi települések neve, és a határok – a jól felismerhető vádik (vízmósások) – melyek közelítő földrajzi koordinátáit is meghatározták. Ez a térkép nem túl részletes, ennél jóval több adatra lenne szükségünk. A végcél, hogy egy térinformatikai rendszert kialakíthassunk a térkép alapján, amely segítségünkre lesz a navigációban és az adatrögzítésben egyaránt. Ezen feltételek rögtön kizárják a könnyen elérhető térképek (autóstérképek, interneten fellelhető „ábrák”) mindegyikét, hiszen méretarányuk kicsi és a GPS vonatkozási rendszerébe sem könnyű beilleszteni.

*BME FTT 1111 Budapest, Műgyetem rkp.3.
E-mail: alada@mail.bme.hu

Köszönetnyilvánítás. Köszönet illeti az expedíció geodéziai támogatóit: HUNGIS Alapítvány, Mélyépítő Alapítvány, Peregrinatio V. BME Alapítvány, Az Építés Fejlődéséért Alapítvány. Nagyvonalú anyagi támogatásuk nélkül nem valósulhattak volna meg e régészeti projekt térinformatikai és geodéziai munkálatai. Ugyanakkor hálás vagyok munkatársaimnak is, akik távollétemben tanszéki feladataimat ellátták.

Hivatkozások

References

Gregori Á, Szűcs L (2005): Geodéziai módszerek Egyiptomban a Bir-Minihi ásatáson. Sopron, Geomatikai Közlemények VIII, 167-174.

IRÁNYÁTVITEL MOM GI-B3 GIROTEODOLITTAL A SVÁJCI GOTTHARD-BÁZISALAGÚT ÉPÍTÉSÉN

Szabó Gergely*, Égető Csaba*



Application of MOM Gi-B3 gyrotheodolite for orientation transfer to the Gotthard Base Tunnel – Until the beginning of the nineties different types of gyrotheodolites were produced in the Hungarian Optical Works (MOM). The last mass-production gyrotheodolite for engineering surveying was the MOM Gi-B3 type with a north-seeking accuracy of 3" to 8". The Department of Geodesy and Surveying of the Budapest University of Technology and Economics possesses such a gyrotheodolite. The temperature characteristic curve of this instrument was determined by test measurements in the climate chamber of the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich. To prove this calibration line and the suitability of the MOM Gi-B3 gyrotheodolite and to compare the instrument with Gyromat (manufacturer: Deutsche Montan Technologie GmbH, Germany) gyrotheodolites a field test was carried out in spring 2006. In this test the orientation transfer into the Gotthard Base Tunnel (Sedrun, Switzerland) was made. The results of this field test correspond to the reference values derived from Gyromat instruments within the accuracy (1σ) of the instruments. The accuracies of the orientation transfer made by Gyromat and MOM Gi-B3 are equivalent. These results confirm the reference values of the measured directions and the mentioned temperature characteristic curve as well as the suitability of both types of gyrotheodolites for orientation transfers.

Keywords: gyrotheodolite, temperature characteristic curve, orientation transfer, base tunnel

A Magyar Optikai Művekben (MOM) a kilencvenes évek elejéig folyt különböző giroteodolitok sorozatgyártása. Az utolsó, mérnökgeodéziai célra sorozatban gyártott MOM giroteodolit a Gi-B3 típusú volt, amelynek mérési pontossága 3–8". A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke rendelkezik egy ilyen műszerrel, amellyel 2006 tavaszán kalibráló méréseket végeztünk a Zürichi Műszaki Egyetem (ETH Zürich) Geodéziai Intézetének klímakamrájában. Az itt meghatározott hőmérsékleti jelleggörbe helyességét és a műszer irányítvitelre való alkalmasságát Sedrunban, a svájci Gotthard-bázisalagút építésén, egy összehasonlító mérés keretében vizsgáltuk. Az összehasonlítás referenciadatai Gyromat (gyártja: Deutsche Montan Technologie GmbH, Németország) giroteodollal végzett mérésekből származnak. A MOM Gi-B3 giroteodollal meghatározott azimutok és a Gyromat giroteodollal meghatározott referencia-azimutok a mérési pontosságon (1σ) belüli egyezést mutatnak. A két különböző giroteodolit által meghatározott irányok pontossága tehát egymással egyenértékű. Mindezen eredmények a hőmérsékleti jelleggörbe és a referencia-azimutok megbízhatóságát támasztják alá, továbbá bizonyítják mindkét műszertípus irányítvitelre való alkalmasságát.

Kulcsszavak: giroteodolit, hőmérsékleti jelleggörbe, irányítvitel, bázisalagút

1 MOM giroteodolitok

1.1 Műszerfejlesztés

A MOM giroteodolitok fejlesztése Puszta Ferenc későbbi Kossuth-díjas műszertervező irányításával 1960-ban kezdődött a Magyar Optikai Művekben. Két évvel később elkészült az első Gi-B1 típusjelzésű giroteodolit. A fejlesztések előrehaladtával Halmos (1968) a Gi-B2 giroteodolitra vonatkozó 4.4"-7.9" irányítviteli pontosságot publikált. A mérési pontosság a későbbi Gi-B11 esetében elérte a 3" értéket. Az utolsó mérnökgeodéziai pontosságú, sorozatban gyártott MOM giroteodolit a Gi-B3 típusú volt. A Magyar Optikai Művek a giroteodolitok és rátétgiroszkópok különböző típusaiból több mint háromezer darabot gyártott, és legnagyobb részt

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnénk köszönetet mondani Dr. Hilmar Ingensand professzor úrnak (Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich) és Dr. Ádám József professzor úrnak (BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék) a munkálatokhoz nyújtott anyagi támogatásért.

Köszönetünket fejezzük ki az együttműködésért az Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich munkatársainak (Susanna Naldi, Dante Salvini, Adrian Ryf és Jules Fenner), továbbá Tóth Lajos úrnak (GeoDesy Kft.), a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék dolgozóinak, Franz Ebner úrnak és Fritz Bräker úrnak (AlpTransit Gotthard AG), Ivo Schätti úrnak (Konsortium Vermessungsingenieure Gotthard-Basistunnel), valamint az ARGE TRANSCO Sedrun földmérő mérnökeinek.

Ez a publikáció a Magyar Ösztöndíj Bizottság anyagi támogatásával készült.

Hivatkozások

References

- Halmos F** (1968): Föld alatti létesítmények tájékozása giroteodolittal, különös tekintettel az áttörési mérésekre. Budapest, Geodézia és Kartográfia, 4.
- Ingensand H, Carosio A, Ebner F** (1998): Geodetic Methods, Mathematical Models and Quality Management for Underground Surveying in the Swiss Project Alp-Transit. XXI. FIG-Kongress, 19.-25. Juli, Brighton (GB).
- Stahel WA** (2000): Statistische Datenanalyse: Eine Einführung für Naturwissenschaftler. 3. Aufl., Vieweg Verlag, Wiesbaden.
- Stengele R** (2007): Erster Hauptdurchschlag im Gotthard Basistunnel – Tunnelvermessung in Theorie und Praxis. 15th International Course on Engineering Surveying, 17.-20. April, Graz (A), Wichmann Verlag.
- Zanini M** (1992): Hochpräzise Azimutbestimmung mit Vermessungskreiseln. Report IGP 209., Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich.

INTEGRÁLT GEODÉZIAI MŰSZER-EGYÜTTES ALKALMAZÁSÁNAK VIZSGÁLATA ERDŐREZERVÁTUMOK TERÜLETÉN

Bazsó Tamás*



The application study of integrated geodetic instruments in forest reservations – Designation and research of the forest reservation started in the 1800's in Europe and in the 1900's in Hungary. Complex and unified examination of these forests started only in the past decades. A huge amount of data is necessary to inspect the processes in the forests and for comparison purposes. It requires significant amount of time to collect with traditional instruments. A research has been commenced to modernize the traditional way of data gathering and to improve the quality of the acquired data with the help of an integrated geodetic instrument. The base instrument of the research is a Leica TCR1200 total station. A Real Time Kinematic (RTK) GPS can be connected to this instrument, which belongs to the Leica GPS1200 instrument group. One of its receivers (called 'Smart') can be attached to the total station which can be used as an integrated GPS total station after assembly. A digital camera or pair of digital cameras attached to the total station via adapters assist the terrestrial photogrammetry measurements. Measurements might be performed starting with a GPS position fixing, applying side shot measurement and using data deriving from oriented images. This group of instruments will make the data gathering in the field and the following data processing more effective. Data collection will be possible by adapting a new approach and relying on this system.

Keywords: forest reservation, integrated geodetic instruments, terrestrial photogrammetry, GPS, spatial data collection

Az erdőrezervátumok kijelölése és kutatása Európában már az 1800-as, Magyarországon pedig az 1900-as években elkezdődött. Egységes formában való vizsgálatuk azonban csak az utóbbi évtizedekben indult meg. Az erdőben zajló folyamatok megfigyeléséhez, illetve az összehasonlíthatósághoz nagy mennyiségű adatra van szükség, és főképpen helyzeti adatokra, amelynek hagyományos eszközökkel való mérése időigényes folyamat. Ennek az eljárásnak a korszerűsítésére, valamint az adatok minőségének javítására indult kutatás egy integrált geodéziai műszer-együttes vizsgálatával. A vizsgálat alapl műszere egy Leica TCR1200 mérőállomás. Ehhez tartozik egy Leica GPS1200 műszercsaládba tartozó valós idejű kinematikus (RTK) vevőpár, amelynek egyik antennája („Smart”) a mérőállomásra szerelhető, amely ezáltal integrált GPS mérőállomásként is használható. Földi fotogrammetriai mérésekhez pedig, a mérőállomásra szerkesztett adaptereken keresztül kapcsolódó kamera, illetve kamerapár nyújt lehetőséget. Az adatgyűjtést végezhetjük a GPS által bemért és sokszögeléssel sűrített pontokról geodéziai részletméréssel, vagy a tájékozott digitális fényképfelvételről történő kiértékeléssel. Egy ilyen műszer-együttes hatékonyabbá tenné mind a terepi adatgyűjtést, mind pedig az adatfeldolgozást. Erre a rendszerre támaszkodva lehetne az adatgyűjtést egy újszerű megközelítéssel elvégezni.

Kulcsszavak: erdőrezervátum, integrált geodéziai műszer-együttes, földi fotogrammetria, GPS, helyzeti adatgyűjtés

1 Bevezetés

Magyarországon szervezett formában 1991-ben kezdődött meg az erdőrezervátum-kutatás, amikor a Környezet- és Területfejlesztési Minisztérium Természetvédelmi Hivatala elindította a hazai erdőrezervátum hálózat kijelölését, fenntartását és a vizsgálatra irányuló országos programját. Ma a felmérések koordinálását az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete végzi.

*NYME EMK, Földmérési és Távérzékelési Tanszék 9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.
E-mail: tbazso@emk.nyyme.hu

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnék köszönetet mondani azoknak, akik lehetővé tették a NYME-FTT, GVOP-3.2.1-2004-04- 0297/3.0 program keretében a műszer-együttes beszerzését.

Hivatkozások

References

- Bácsatjai L, Bányai L, Kovács Gy** (2004): Geodéziai referenciaadatok szolgáltatása légi szkennel felvételek feldolgozásához. Geomatikai Közlemények VIII. 239-246.
- Bányai L**(2007): Permanens GPS állomás létesítése a GGKI-ban. Geomatikai Közlemények X. 53-59.
- Gyimóthy A** (2004): GPS mérések optimális időtartama erdővel fedett területeken. Geomatikai Közlemények VIII. 265-270.
- Horváth F, Borhidi A, Temesi G** (2002): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. Természet-BÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. 15.
- Horváth T** (2004): Javított valósidejű helymeghatározás interneten keresztül. Geomatikai Közlemények VIII. 123-133.
- Király G, Brolly G, Márkus I** (2007): Földi lézerszkennelés alkalmazása egyes fák vizsgálatára. Geomatikai Közlemények X, 241-250.
- Király G, Kovács Gy, Jobbágy Zs** (2002): Halszemoptikával készült amatőr zenitfelvételek erdészeti alkalmazása. Geomatikai Közlemények V. 335-343.

RÉGÉSZETI CÉLÚ TÉRINFORMATIKAI RENDSZER ELŐÁLLÍTÁSA

Gregori Ákos*



Creating an archaeological GIS – After surveying the land of Bir-Minih, which is located in the Eastern-Desert in Egypt, data processing was carried out. Regarding the fact that the archaeological work rests upon the map, it is appropriate to create a Geographical Information System (GIS) on the basis of the collected data, in order to draw the conclusion and to represent the mass of data properly and clearly. The following article demonstrates the main parts of the system throughout a testfield.

Keywords: GPS, GIS, surveying, Egypt, mapping, archaeology

Az egyiptomi Keleti-sivatagban található Bir-Minih település felmérése után, az adatok feldolgozása következett. Mivel az egész régészeti munka alapja a térkép, célszerűnek láttuk a gyűjtött adatok alapján, egy térinformációs rendszer létrehozását, amely segítséget nyújthat a kapott adathalmaz szakszerű és áttekinthető megjelenítésére, valamint különböző következtetések levonására. A cikk egy kijelölt teszterületen keresztül mutatja be a rendszer főbb részeit.

Kulcsszavak: GPS, GIS, térinformatika, régészet, Egyiptom, térképezés

1 Bevezetés

A régészetben a leleteket megtalálási helyük függvényében két csoportra oszthatjuk. Az egyik a szórvány lelet, amelynek nem ismerjük a pontos származási helyét. A másik a helyhez kötött lelet, amelynek származási helye pontosan ismert, így a régészek számára magában a leletben, mint tárgyban hordozott információn kívül egyéb, következtetett információk levonására is alkalmas. Ezek alapján könnyen belátható, hogy a régészeti munka alapja - a többi terepi munkához hasonlóan – a térkép.

A cikk egy térinformatikai rendszert mutat be, melynek alapja egy Egyiptomban készült térkép, amelyet Szűcs László kollégámmal közösen készítettünk el egy 4 éves projekt végeredményeként. Jelen cikkben egy régészeti térinformációs rendszert mutatok be, amelyben a térképen szereplő objektumokhoz tartozó attribútum adatok alapján gyorsan és átláthatóan lehet bemutatni egy ásatás eredményeit, illetve - véleményem szerint - megkönnyíti a katalogizálási és elemzési műveleteket. Mivel a felmért terület nagynak mondható (2 – 2.5 km²), célszerűnek láttam egy kisebb ún. teszt-területet kijelölni és azt követően, ha a teszt eredmények jónak bizonyultak, az egész ásatási területre elkészíteni a rendszert. A választásom egy olyan területre esett, ahol tulajdonképpen minden fontos régészeti objektum (sziklarajzok, feliratok, épületek, sírok, bányászati tevékenység nyomai, őskori lelőhelyek, stb.) megtalálható. A terület kiterjedése kb. 0.3 km² (30 ha). A médiában található olyan tanulmányok, hírek Egyiptomban zajló ásatásokról, ahol használtak már GPS-t. Főleg nagy kiterjedésű régészeti objektumok, területek (pl. Tell-El-Amarna) feltárásánál vették nagy hasznát. Tudomásunk szerint Egyiptomban magyar expedíció esetében mi használtuk először a GPS-t ásatási munkánál. Esetünkben megkülönböztetett szerepe volt az eszköznek, hiszen a sivatag közepén nem volt semmiféle támpont, amihez a felméréseinket köthettük volna.

2 A helyszín és az ásatás rövid története

2001 áprilisában az ELTE Egyiptológia Tanszéke (egy már 1998 óta folyó) régészeti munkához két földmérőt keresett. Kollégámmal, Szűcs Lászlóval jelentkezünk a hirdetésre, majd rövid szakmai megbeszélések után csatlakozhattunk az expedícióhoz. 2001 és 2004 között négy alkalommal sike-

*SzIE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, 1146 Budapest, Thököly út. 74.

E-mail: Gregori.Akos@ymmfk.szie.hu

Hivatkozások

References

- Detrekői Á, Szabó Gy** (2002): Térinformatika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Gregori Á, Szűcs L** (2003): Földmérők Egyiptomban. Műhely, 1; 6, 8.
- Gregori Á, Szűcs L** (2005): Geodéziai módszerek Egyiptomban a bir minihi ásatáson. Geomatikai Közlemények VIII. MTA GGKI, Sopron, 167-173.
- Gregori Á** (2006): Régészeti célú adatbázis kialakítása. BME Diplomaterv, Építőmérnöki Kar, Alkalmazott Térinformatika Szakmérnöki Szak.
- Luft U** (2000a): Magyar egyiptológusok Bir Minayhban. Sziklarajzok és feliratok, Élet és Tudomány 18, 559-561.
- Luft U** (2000b): Magyar egyiptológusok Bir Minayhban. Sziklarajzok és feliratok, Élet és Tudomány 19, 596-599.
- Luft U** (2001): Magyar egyiptológusok a sivatagban. Élet és Tudomány, 8.
- Papp - Váry Á** (1969): A térképészet története az ókori Egyiptomban. Geodézia és Kartográfia, 3. különszám, 95-99.
- Regine S, Matthias S** (2001): Egyiptom. A fáraók világa. Vince Kiadó Kft., Budapest.
- Szűcs L** (2004): GPS-szel segített felmérés és térképezés egy sivatagi ásatáson. BME Diplomaterv, Építőmérnöki Kar, GPS Navigációs Szakmérnöki Szak.

ALGORITMUS HÁLÓZATOK ELEMZÉSÉRE ÉS Menger TÉTELÉNEK BIZONYÍTÁSÁRA

Battha László*



An algorithm for the investigation of networks and for the proof of Menger's theorem
 - The maximal number of nonintersecting paths between two points (vertices) of a large network (graph) and the minimal number of points in a barrier that blocks any path between the two points are a measure of the connectedness of the graph. The algorithm given here not only computes these two parameters, but it also constructs a maximal collection of nonintersecting paths and a minimal barrier. It is in itself an elementary proof of Menger's theorem, which asserts that these two parameters are equal.

Keywords: network, nonintersecting collection of paths, barrier, connectedness

Nagyméretű ponthálózatok (gráfok) összefüggőségi fokának jellemzésére szolgálhat két pont (csúcs) közötti kereszteződésmentes utak maximális száma és a két pont között haladó bármely utat blokkoló sorompók minimális pontszáma. Az itt közölt algoritmus nemcsak kiszámítja ezt a két paramétert, de egyúttal előállít egy maximális kereszteződésmentes útcsoportot és egy minimális sorompót. Továbbá elemi bizonyítását adja Menger tételének, mely szerint ez a két paraméter egyenlő.

Kulcsszavak: hálózat, kereszteződésmentes útcsoport, sorompó, összefüggőség

1 Bevezetés

Menger tételének számos bizonyítása ismeretes (Diestel 2005). Egyes bizonyítások indukciót alkalmaznak, mások a Max Folyam = Min Vágat tételből (Ford-Fulkerson algoritmus) vezetnek le oly módon, hogy először a gráfot megduplázva irányított gráffá transzformálják. A jelen cikk konstruktív és önálló bizonyítást ad, tehát megkonstruálja az említett maximális út-csoportot és minimális sorompót, továbbá nem támaszkodik indukcióra és más tételre. A mellékelt számítógépprogram kis hálózatokra létrehozza ezeket a konstrukciókat; nagyobb hálózatra való alkalmazáshoz kisebb módosítások szükségesek.

2 Alapfogalmak és az algoritmus megkonstruálása

Egy $\mathcal{E}$ két egész számot tartalmazó halmaz.

Jelölje az élek halmazát: $\Lambda = \{ \{x, y\} \mid x, y \in \mathcal{E} \}$. ($\{ \dots \}$! jelentése: a ... elemek között nincs két azonos.)

Tegyük fel, hogy $G \subset \Lambda$.

Legyen $G_x = \{ \xi \in G \mid x \in \xi \}$ ($x \in \mathcal{E}$) és $\hat{G} = \{ x \in \mathcal{E} \mid G_x \neq \emptyset \}$. $\hat{G}$ elemeit G csúcsainak nevezzük. (Ha x és y csúcsok, úgy $x|y$ írással azt fogjuk jelezni, hogy $x = y$.)

Legyen $N_G(x) = \{ y \in \hat{G} \mid \{x, y\} \in G \}$ ($x \in \hat{G}$) (az x csúcs G -beli szomszédai). Véges sok $\mathcal{E}$ halmazát *gráfnak* nevezzük. A $|G_x| = |N_G(x)|$ pozitív egész az $x \in \hat{G}$ csúcs *foka*.

Ha $V \subset \mathcal{E}$, legyen $\langle V \rangle_G = \{ \xi \in G \mid \xi \cap V \neq \emptyset \}$ és $\langle \langle V \rangle \rangle_G = \{ \xi \in G \mid \xi \subset V \}$. Tegyük fel, hogy $n > 0$ és $v_i \in \mathcal{E}$ ($0 \leq i \leq n$). Legyen $e_i = \{v_{i-1}, v_i\}$ ($0 < i \leq n$).

Ha $H = \{e_1, \dots, e_n\}$!, akkor a $H = v_0 - v_1 - \dots - v_n$ jelölést használjuk, és H -t *vonálnak* (G -*vonálnak*, ha jelezni akarjuk, hogy $H \subset G$) nevezzük. Egy $H = a|v_0 - \dots - v_n|b$ vonalat $e = \{a, b\}$ végpontú *útnak* nevezünk, ha $\hat{H} = \{v_0, \dots, v_n\}$!. A következőkben feltesszük, hogy G összefüggő, azaz G bármely két csúcsa között vezet G -út.

*MTA GGKI, Sopron, Csatka u. 8., e-mail: battha@ggki.hu

Köszönetnyilvánítás. A jelen munka a „Korszerű matematikai módszerek a geodéziában” (K61800) OTKA program támogatásával készült.

Hivatkozások

References

Diestel R (2005): Graph Theory. Springer-Verlag, 3rd ed., Series: Graduate Texts in Mathematics, 173.