

ÉVFOLYAM
Volume

VIII

2005

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

Publications in Geomatics

SZERKESZTŐ
Editor

ZÁVOTI J, BÁNYAI L, PAPP G

Geomatikai Továbbképző Szeminárium
Sopron, 2004. október 28-29.

HU ISSN 1419-6492

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

TARTALOMJEGYZÉK

Geomatematika

Biró Péter	5
A vonatkoztatási rendszerek és a geodéziai dátum <i>On the concepts of reference systems and geodetic datum</i>	
Somogyi József	13
Geometriai algebra: A XXI. század matematikusainak, fizikusainak és mérnökeinek új egységes matematikai nyelve <i>Geometric algebra: A new unified mathematical language for physicists and engineers in the XXI-st century</i>	
Karsay Ferenc, Kádár István	21
Gráfelmélet és kombinatorika hálózatokhoz és térképekhez <i>Graph theory and combinatorics for geodetical networks and maps</i>	
Kalmár János	37
Digitális felületmodell nagy pontosságú reprezentációja csökkentett adatpont-halmazzal <i>The author presents an algorithm for reduction of data points of Digital Surface Models</i>	
Varga József	45
Volt-e Ivánicsi (Ivaniči) sztereografikus vetület? <i>Was there an Ivanič stereographic projection?</i>	

Koordináta transzformációk

Závoti József	53
A 7 paraméteres 3D transzformáció egzakt megoldása <i>The closed form solution of 7 parameter 3D transformation</i>	
Bácsatyai László	61
Az erdészeti térképek Dátumtranszformációs kérdései <i>Datum transformation problems of the forestry maps</i>	
Bányai László	69
Koordinátatranszformáció geoidundulációk becslésével <i>Coordinate transformation with the estimation of geoid undulations</i>	
Zaletnyik Piroska	77
Internetes alkalmazás koordináta transzformációra neurális hálózatok alkalmazásával <i>Web-based application for coordinate transformation using neural networks</i>	
Papp Erik, Szűcs László	85
Földi és műholdas hálózatok transzformációja <i>Transformation Methodes of the Traditional and Satellite Based Networks</i>	

GNSS - GPS

Szentpéteri László	93
Az EUPOS magyarországi bevezetésének néhány szakmapolitikai kérdése <i>Some functional questions on EUPOS introduction to Hungary</i>	

Kratochvilla Krisztina	99
A budapesti EGNOS monitorállomáson végzett mérések vizsgálata <i>Analysis of observations at the EGNOS monitor station in Budapest</i>	
Busics György	107
Alappontmeghatározás RTK-val <i>Position-fixing of control points with RTK GPS</i>	
Rózsa Szabolcs	115
Abszolút antennakalibrálási adatok felhasználása geodinamikai hálózatokban <i>Absolute antenna calibration in geodynamic networks</i>	
Horváth Tamás	123
Javított valós idejű helymeghatározás interneten keresztül <i>Enhanced real-time positioning via the Internet</i>	
Takács Bence	135
Az Erzsébet híd mozgásvizsgálata GPS-technikával <i>Deformation analysis of the Erzsébet Bridge using GPS technique</i>	

Gyakorlati alkalmazások I.

Mentes Gyula	143
A soproni Kecse templom mozgásvizsgálata folyamatos dőlésméréssel <i>Investigation of the movements of the church Kecse by continuous tilt measurements in Sopron</i>	
Eperné Pápai Ildikó	151
Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet extenzométerekkel végzett vizsgálatai <i>Extensometric measurements carried out by the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian academy of Sciences</i>	
Szőcs Vilma Éva	159
Dunaföldvári földcsuszamlások mechanizmusának tanulmányozása a geodéziai mozgásvizsgálati mérések értelmezése céljából <i>Studying landslide mechanism of Dunaföldvár in order to interpret geodetic movement measurements</i>	
Gregori Ákos, Szücs László	167
Geodéziai módszerek egyiptomban a Bir-Minihi ásatáson <i>Surveying Methodes At The Excavation Of Bir-Minih In Egypt</i>	

Nehézségi erőtér

Völgyesi Lajos	175
A nehézségi erőtérrel kapcsolatos fizikai alapfogalmak áttekintése <i>Review of technical terms used in gravity field interpretation</i>	
Völgyesi Lajos	181
A nehézségi erőtér időbeli változása <i>Time variation of gravity field</i>	
Csapó Géza, Völgyesi Lajos	193
Geodéziai és geofizikai módszerek együttes alkalmazása a nehézségi erőtér időbeli változásainak vizsgálatára <i>Application of geodetic and geophysical methods for examination of time variation of gravity</i>	

Benedek Judit, Papp Gábor	201
Graviméteres mérések kiértékelése műszervizsgálat céljából <i>Evaluation of gravity measurements for instrument investigation</i>	
Tóth Gyula, Merényi László	209
Eötvös-inga mérési adatok felhasználása gravitációs térképek szerkesztéséhez <i>Torsion balance measurement data for gravity map improvement</i>	
Tóth Gyula, Völgyesi Lajos	217
Adatvizsgálat predikcióval magyarországi Eötvös-inga mérések felhasználásával <i>Investigation of Hungarian torsion balance measurements by prediction</i>	
Dobróka Mihály, Völgyesi Lajos	223
A nehézségi erőtér potenciálfüggvényének inverziós rekonstrukciója Eötvös-inga adatok alapján <i>Inversion reconstruction of gravity potential based on torsion balance measurements</i>	
Papp Gábor, Benedek Judit	231
Gravitációs inverzió alkalmazása a geoid vizsgálatában <i>Application of gravity inversion for the investigation of the geoid</i>	

Gyakorlati alkalmazások II.

Bácsatyai László, Kovács Gyula, Bányai László	239
Geodéziai referenciaadatok szolgáltatása légi lézerszkennerek felvételek feldolgozásához <i>Supplying of geodetic reference data for airborne laser scanning</i>	
Márkus István, Király Géza	247
Digitális domborzatmodell előállítás a légi lézerszkennerek felvételeiből tájökológiai és természetvédelmi kutatások céljára <i>Production of High-Resolution Digital Elevation Model (DEM) by Means of Aerial Laser-scanning for Research on Landscape-Ecology and Nature Conservation</i>	
Király Géza, Náhlik András	257
Szarvasok GPS telemetriás mérése és az adatok térinformatikai feldolgozása az élőhely-használat vizsgálatához <i>GPS Telemetry of Red Deer and GIS Analysis of the Data for Home Ranges</i>	
Gyimóthy Attila	265
GPS mérések optimális időtartama erdővel fedett területeken <i>Optimal duration of GPS measurements under forest canopy</i>	

Térinformatika, Fotogrammetria, Távérzékelés

Sárközy Ferenc	271
Optimalizálás és GIS <i>Optimization and GIS</i>	
Tóth Zoltán, Mélykúti Gábor, Barsi Árpád	297
Digitális videokamera kalibrációja <i>Digital video camera calibration</i>	
Lovas Tamás, Barsi Árpád	303
Lehetőségek a Földi lézeres felmérésben <i>Potential of Terrestrial Laser scanning</i>	

Kugler Zsófia, Barsi Árpád	309
Katasztrófavédelem a térinformatika és távérzékelés segítségével	
<i>Disaster management with GIS and remote sensing</i>	
Gribovszki Katalin, Szeidovitz Győző	315
A földrengések Geo-környezetének tanulmányozása térinformatikai eszközökkel	
<i>The investigation of earthquakes' occurrences by using GIS tools</i>	
Jean-Marie De Koninck, Florian Luca	327
<i>Economical Numbers</i>	

A VONATKOZTATÁSI RENDSZEREK ÉS A GEODÉZIAI DÁTUM

Biró Péter *



On the concepts of reference systems and geodetic datum - In the recent decades these concepts have been developed in content in the resolutions and reports of IAG and IUGG, in the literature of geodesy as well. Sometimes different authors use them in different meaning. It will be needed to develop an up to date, uniform terminology in our native language, in Hungarian.

Keywords: reference system, reference frame, geodetic reference system, geodetic datum

A címben foglalt fogalmak az utóbbi évtizedekben az IAG és az IUGG ajánlásaiban, közleményeiben, valamint a nemzetközi szakirodalomban jelentős tartalmi átalakuláson mentek keresztül. A különböző szerzők néha eltérő értelemben használják őket. Időszerűnek látszik nemzeti szaknyelvünkben is ezeknek korszerű, egységes értelmezését kialakítani.

Kulcsszavak: vonatkoztatási rendszer, geodéziai vonatkoztatási rendszer, geodéziai dátum

Bevezetés

Szaktudományunk és a mérés technika fejlődésével, a kozmikus geodéziai módszerek (mesterséges holdas helymeghatározások, VLBI-technika, stb) egyre szélesebbkörű alkalmazásával a címben foglalt fogalmaink az utóbbi néhány évtizedben jelentős tartalmi átalakuláson mentek keresztül. Így nem meglepő, hogy geodéziai szakirodalmunk különböző időkben megjelent műveiben a különböző szerzők (de esetleg még ugyanazon szerző is) ezeket a fogalmakat kissé eltérő értelmezésben használták/használták. Ez, természetesen, – különösen azok számára, akik felsőfokú tanulmányaikat már korábban végezték – nehezíti a szakirodalom felhasználását. Ezért időszerűnek tartjuk ezen fogalmaink újragondolását, pontosítását, és megkísérelni korszerű, egységes értelmezésüket kialakítani szakirodalmunk számára.

Vonatkoztatási rendszer

A fogalomnak többféle értelmezése alakult ki még a geodézián belül is. Őket alapvetően a fizika vonatkoztatási rendszer fogalmából származtathatjuk.

A fizikában a vonatkoztatási rendszer *azon anyagi testek összessége, amelyhez a testek mozgását viszonyítjuk*. Az anyagi rendszerek térben és időben léteznek, ezért a vonatkoztatási rendszert ki kell egészíteni az időmérés lehetőségével. A vonatkoztatási rendszerhez valamilyen koordináta-rendszert rögzítenek.

A geodéziában a viszonyítás alapját képező anyagi testek pontszerűnek látszó távoli csillagok, rádióforrások (kvazárok), vagy a földfelszínen megjelölt geodéziai alappontok, így mi, ebben a viszonylatban inkább *anyagi pontokról* beszélünk. A másik sajátosság, hogy mi ezekhez a pontokhoz nem „rendszerint”, hanem mindig valamilyen koordináta-rendszert rögzítünk, amelyben a meghatározandó pontjaink helyzetét, mozgását megadjuk.

A geodéziában a vonatkoztatási rendszert alapvetően kétféle értelmezésben használjuk. (Egészen más, harmadik fajta értelmezése van akkor, ha *geodéziai vonatkoztatási rendszer* összetételben használjuk, de ezt külön cím alatt tárgyaljuk.)

A geodéziában fizikai és geometriai értelemben a vonatkoztatási rendszer *azon anyagi pontok összessége és a hozzájuk rögzített koordináta-rendszer, amelyhez a testek (pontok) helyzetét és ennek megváltozását (mozgását) viszonyítjuk*. Tágabb értelemben a vonatkoztatási rendszer fogal-

Itt említjük újra, hogy a geodéziai vonatkoztatási rendszer normál nehézségi képletével képezett nehézségi rendellenességekből számított geoidundulációk (vagy függővonal-elhajlások) a *geodéziai vonatkoztatási rendszer geocentrikus elhelyezésű ellipszoidjára vonatkozó értékek*.

Végül megjegyezzük, hogy a választott méretű és alakú vonatkoztatási ellipszoidunk egyrészt ellipszoidi felületi, másrészt (geometriai középpontja, kistengelye és ellipszoidi kezdő meridiánsíkja által) térbeli derékszögű koordináta-rendszert valósít meg. Ezt a koordináta-rendszert az elhelyezési és a tájékozási adatokkal földi ponthoz (valamely geodéziai alaphálózati ponthoz) köztjük. Ebben az értelemben *minden geodéziai dátum egy-egy helyi vonatkoztatási rendszer megvalósulásaként is felfogható*.

Összefoglalás

A *vonatkoztatási rendszer* teljes (fizikai és geometriai) értelmezésében (égi, vagy földi) anyagi pontok összessége és a hozzájuk kapcsolt koordináta-rendszer. Használunk égi, földi és helyi vonatkoztatási rendszereket. Szűkebb (tiszán geometriai) értelemben gyakran vonatkoztatási rendszernek mondjuk valamely vonatkoztatási rendszernek csak magát a koordináta-rendszerét. Ettől tartalmában teljesen különbözik a *geodéziai vonatkoztatási rendszer*, ami valamely földmodell (a Föld normálalakja és normál nehézségi erőtere) meghatározó mennyiségeinek az IUGG által ajánlott érték-sora. A *geodéziai dátum* valamely helyi vonatkoztatási rendszer, ill. az ennek tengelyeire illesztett vonatkoztatási ellipszoid méretét, alakját, elhelyezését és tájékozását meghatározó mennyiségek értéksora.

Köszönetnyilvánítás

A szerző jelen tanulmánnyal járul hozzá az OTKA T 043 007 és a T 046 718 sz. téma kutatásához.

Hivatkozások

- Ádám J (1982): A kozmikus geodézia koordináta-rendszerei. Budapest, *Geodézia és Kartográfia* 38. 84-92.
- Ádám J, Augath W, Boucher C (2000): The European Reference System coming of age. IAG Symposium Proceed. 121. Springer, Berlin.
- Ádám J (2003): A felsőgeodézia helyzete és időszertű feladatai Magyarországon. Székfoglalók 1995-1998, VI. *Magyar Tudományos Akadémia*, Budapest.
- Ádám J, Bányai L, Borza T, Busics Gy, Kenyeres A, Krauter A, Takács B (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Biró P (2002): Kozmikus geodéziai fogalmaink újragondolása. Sopron, *Geomatikai Közlemények* V, 7-24.
- Ma C, Feissel CM eds (1997): Definition and Realization of the International Celestial Reference Frame by VLBI Astrometry of Extragalactic Objects. Paris, *IERS Technical Note* 23, I-IV.
- Torge W (2001): Geodesy 3. ed. *Walter de Gruyter*, Berlin.
- Torge W (2003): Geodäsie 2. Auflage. *Walter de Gruyter*, Berlin.

GEOMETRIAI ALGEBRA: A XXI. SZÁZAD MATEMATIKUSAINAK, FIZIKUSAINAK ÉS MÉRNÖKEINEK ÚJ EGYSÉGES MATEMATIKAI NYELVE

Somogyi József*



Geometric algebra: A new unified mathematical language for physicists and engineers in the XXI-st century - The geometric (Clifford) algebra is based on a coordinate-free approach of the geometry, which allows an invertible associative product between vectors. This algebra is related to such a space whose elements are called multivectors. The associative product is the so-called geometric or Clifford product. The geometric algebra unifies the complex numbers with the conventional vector algebra and for this reason can be well used in different fields of the mathematics, physics and engineering. The paper gives a brief outline of the geometric algebra.

Keywords: Clifford, Grassmann, geometric algebra, bivector, trivector, multivector, geometric product, rotation

A geometriai (Clifford) algebra a geometriának egy koordináta mentes megközelítésén alapul, ami a vektorok között egy megfordítható asszociatív szorzást tesz lehetővé. Ez az algebra egy olyan térre vonatkozik, amely térnek az elemeit ún. multivektorok képzik. Maga az asszociatív szorzás a geometriai vagy Clifford szorzat útján érhető el. A geometriai algebra egyesíti a komplex számokat a hagyományos vektor algebrával és ez által nagyon jól alkalmazható a matematika, fizika és mérnöki tudományok számos területén. A tanulmányban a geometriai algebra alapjait foglaljuk össze.

Kulcsszavak: Clifford, Grassmann, geometriai algebra, bivektor, trivektor, multivektor, geometriai szorzat, forgatás

Bevezetés

A XIX. században tevékenykedő híres matematikusok számos új matematikai rendszert dolgoztak ki. Ezek között található a Grassmann (1844) és a Clifford (1878) féle algebra is. Grassmann munkásságával egyidőben Hamilton (1844) a 3D forgatások megoldására kidolgozta a kvaternión algebrát, amiben általánosította a komplex számokat a harmadik dimenzióra. Grassmann az új algebrájához bevezetett egy új fogalmat a *külső szorzatot*, aminek jellemzője az *asszociativitás*. Clifford a saját *geometriai algebrájában* egy egységes algebrává egyesítette a Hamilton és Grassmann féle algebrákat. Ebben az algebrában egy olyan *geometriai szorzat* található, ami a belső – és külső szorzatok egyesítéséből adódik. A geometriai szorzat a Grassmann féle külső szorzathoz hasonlóan asszociatív, de úgy, mint a Hamilton féle algebrai szorzatok invertálható is. Önmagukban a belső és külső szorzatok nem invertálhatók. A Clifford féle algebra egyesíti a kvaternió- és a vektoralgebra előnyeit és így a matematika, fizika és mérnöki tudományok legkorszerűbb matematikai nyelveként jellemezhető. Az, hogy felfedezése után hosszabb ideig feledésbe merült, több okkal magyarázható.

Egyrészt, szinte egy időben dolgozta ki Gibbs (1906) vektor algebráját. A vektor számítás jól alkalmazkodott az akkori fizikai kutatásokhoz és elterelte a figyelmet Grassmann és Clifford munkáiról. Bár a speciális relativitás elméletére vonatkozó kutatások során a fizikusok már érezték egy olyan rendszernek a hiányát, ami kezeli a négydimenziós teret. Másrészt hiányoztak a korszerű számítástechnikák. Az 1920-as években újra felfedezték a Clifford féle algebrát a kvantum spin alapját szolgáló algebraként. A kvantumelméletben Pauli és Dirac spin mátrixainak algebrája játszik igen fontos szerepet. De csak algebraként alkalmazták, geometriai jelentőségét nem vették figyelembe. Ez a helyzet az 1960-as években változott meg, amikor Hestenes (1966) kutatásai során felismerte, hogy a Clifford féle algebra univerzális nyelvként integrálhatja a matematikai, fizikai és mérnöki kutatásokat. Azóta a világ különböző részein számos kutató csoport foglalkozik a geometriai

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

Összefoglalás

Amint azt már a bevezetőben is megemlítettem, ennek a tanulmánynak a megírásával az volt a célom, hogy a geodézia oktatásával és kutatásával foglalkozó hazai szakemberek figyelmét felhívjam erre az új matematikai irányzatra. Ennek megfelelően munkámban csak a geometriai algebra legfontosabb alapfogalmait ismertetem. Nem térek ki részletekre és alkalmazásokra, de a tanulmány végén található irodalmi jegyzék alapján az érdeklődők minden fontos információhoz hozzájuthatnak.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány az OTKA T 037218 sz. pályázatban végzett kutatások egy részét tartalmazza.

Hivatkozások

- Baylis WE ed.** (1996): Clifford (Geometric) Algebras with applications to physics, mathematics and engineering. *Birkhäuser* Boston.
- Clifford WK** (1878): Applications of Grassmann's extensive algebra. *Am. J. Math.* 350-358.
- Dorst L, Doran C, Lasenby J ed** (2002): Applications of Geometric Algebra in Computer Science and Engineering. *Birkhäuser* Boston.
- Dorst L, Mann S** (2002): Geometric algebra: a computation framework for geometrical application, *Part 1. IEEE Computer Graphics and Applications*, 22; 4, 58-67.
- Gibbs W** (1906): The scientific papers of Willard Gibbs, 3. London: *Longmans Green*.
- Grassmann H** (1844): Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Aufdehnungslehre, eine neue mathematischen Disciplin. Leipzig.
- Hamilton WR** (1844): On Quaternions: or a new system of imaginaries in algebra. *Phil. Mag.* 3rd Series 25, 489-495.
- Hestenes D** (1966): Space-time algebra. London: *Gordon and Breach*.
- Hestenes D** (1986): New foundations for classical mechanics. *Dordrecht*: Reidel.
- Hestenes D, Sobczyk G** (1984): Clifford algebra to geometric calculus: a unified language for mathematics and physics. *Dordrecht*: Reidel.
- Hestenes D, Ziegler R** (1991): Projective geometry with Clifford algebra. *Acta Applicandae Mathematicae* 23, 25-63.
- Lasenby J, Fitzgerald W, Lasenby AN and Doran CJL** (1998): New Geometric Methods for Computer Vision: An Application to Structure and Motion Estimation. *Int J. of Comp. Vision*, 26; 3, 191-213.

GRÁFELMÉLET ÉS KOMBINATORIKA HÁLÓZATOKHOZ ÉS TÉRKÉPEKHEZ

Karsay Ferenc*, Kádár István**



Graph theory and combinatorics for geodetical networks and maps - The role of Moore—Penrose's generalized inverse for investigation of laws of coordinate information flow. New notations was defined: information accumulation region, local adjustment, finite filters. Proof of validity of extended Kirchhoff's laws for geodetical networks. Numerical examples are for manifold combination of the diagonal quadrangles. To find net structures to which may be applying finite filters in contrary the classical adjustment.

Keywords: information propagation, information accumulation region, local adjustment, Moore-Penrose generalized inverse, extended Kirchhoffs laws, finite filters.

A Moore—Penrose pseudo inverznek a geodéziai hálózatokban végbemenő információáramlás törvényszerűségeinek vizsgálatában játszott szerepe. Az információgyűjtő terület, a lokális kiegyenlítés és a véges szűrők fogalmának bevezetése után annak igazolása, hogy — egy műholdgeodéziai hálózat kiegyenlítésének számítéjében bemutatva — hogyan érvényesülnek az általánosított Kirchhoff-törvények a geodéziai hálózatokban. Az átlós négyszög különböző kombinációinak vizsgálata során a cél olyan hálózati struktúrák keresése volt, amelyekhez a hagyományos kiegyenlítéssel ellentétben véges szűrőket lehet alkalmazni.

Kulcsszavak: információterjedés, információgyűjtő terület, lokális kiegyenlítés, Moore-Penrose pseudo inverz, általánosított Kirchhoff-törvények, véges szűrők.

Bevezetés

Nem mind arany, ami fénylik. Próbáljunk meg különbséget tenni sokak – vagy majdnem mindenki – által egyformának tekintett dolgok között. Ez a jó tanács még a geodéziai hálózatok vonatkozásában is meglepő eredményekre vezethet. Különösen a globális hálózatok esetében. Nem véletlen, hogy a Római klub elnökének ismert jelmondata így hangzik: „*Gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan!*” Csak egy kis odafigyelésre van ugyanis szükség és észrevehetjük, hogy például minden ismeretlen hálózati pontnak (sőt a pont minden koordinátájának külön-külön!) megvan a maga saját „*információ gyűjtő területe*” Fülöp (1996). Ahogy minden folyónak, pataknak, érnek is. A különbség csak annyi, hogy azok vezet gyűjtjenek, míg a geodéziai hálózatok koordináta-információt.

Azonban a végeredményre nem minden mérés „befolyása” azonos. Az kevésbé ismert, hogy még az *egyenlő súlyú mérések* sem egyformán hasznosak. Egy mérés hasznosságának mértékét ugyanis minden egyes hálózati pont szempontjából *külön-külön* érdemes megítélni. Előfordul, hogy az a mérés, amelyik az egyik ismeretlen számára a legtöbb információt szállítja, a másik részére semmit sem juttat, még akkor sem, ha egyébként azonos súlyú. Lehet, hogy annak az információ gyűjtő területéből ez a mérési eredmény, mint csatorna teljesen hiányzik. Ezen ismeretlen szempontjából tehát valójában *főlsleges* mérés. Ugyanez a kettősség mondható el az *adott* hálózati pontokról, vagyis az *információ-forrásokról* is, még ha azok azonos rendűek is (lásd a későbbi példákat). Ezért mindenképpen káros – vagy legalábbis félrevezető – az információ-elemzés szempontjából *egy kalap alá venni* minden, a hálózatban előforduló, egynemű fogalmat.

Szerencsére az emberre nehezedő, a megkülönböztető gondolkodással járó plusz feladatok ma már a hordozható számítógéppel is könnyen megoldhatók. Ügyes szakemberek számára természetesen ez időben is és pénzben is bőségesen megtérül. Régóta ismert ugyanis az a különlegesen egyszerű eljárás, amelyet a modern gráfelmélet „*folyamok számításának*” nevez, és amelynek alap-

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

**NYME Geoinformatika Főiskolai Kar,
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: i.kadar@geo.info.hu

Hivatkozások

- Andrásfai B** (1983): Gráfelmélet (Folyamok — Mátrixok), *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 37.
- Buyong T, Kuhn W** (1990): Local Network Adjustment for Measurement-Based Multipurpose Cadastre, *FIG XIX. Int. Congr.* Helsinki, 3. Comm. 526-537.
- Csepregi Sz** (1983): Mátrixok súlyozott Moore—Penrose-féle általánosított inverze és a szekvenciális kiegyenlítés, *Geodézia és Kartográfia* 5.
- Fülöp G** (1996): Az információ, 2. bőv. kiad. *ELTE Könyvtártudományi-Informatikai Tanszék*, Budapest.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1976): Szatellita geodéziai és egyéb geodéziai feladatok megoldása közvetlen vektor-mátrix aritmetikával feladat-orientált számrendszerekben, *Kozmikus Geodéziai Szemináriumi Kiadvány*, Sopron, 81-134.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1974): Local Adjustment by Least Squares Filtering, *Bulletin Géod.* 111, 21-51.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1977): Lokális kiegyenlítés a legkisebb négyzetek módszerén alapuló szűrőkkel, *Geod. és Kart.* 4. és 5.
- Halmos F, Kádár I, Karsay F** (1975): A geodéziai hálózatokban lejátszódó információ-áramlás fizikai törvényszerűségeinek vizsgálata, *EFE 1975. évi kutatási beszámoló*, Sopron 341-347.
- Halmos F, Kádár I** (1977): An Attempt to Interpret Physically the Notion-System of Geodetic Information, *Bulletin Géod.* 51; 1, 12-16.
- Kádár I** (2002): GPS-adatok tárolása és szolgáltatása minimális lefedőfával, Továbbképző Szeminárium, Sopron okt. 17-18, *Geomatikai Közlemények* V. 215-252.
- Kádár I, Karsay F** (1968-69): Szatellita- és hagyományos geodéziai hálózatok szigorú kiegyenlítése tetszőleges előzetes koordinátákkal, *Geod. és Kart.* 6, 451-456. és 1, 46-51.
- Kádár I, Ágfalvi M** (1982a): Netzmanipulation mit der Programmsprache APL, *V. Int. Symp. für Markscheidewesen*, Bulgarien, Varna. Konf. anyag V. 155-178.
- Kádár I, Ágfalvi M** (1982b): Dinamikus hálózatkialakítás és –számítás APL programnyelven, *Geod. és Kart.* 5, 334-341.
- Korda T** (1963): Váltakozó áram, *Műszaki Kiadó*, Budapest, 49. és 56.
- Milbert Sz.** (1965): Uravnivanyije i obrabotka szetyi kosznicseszkoj trianguljacii, *Nabljudenyija Isszkustvennüh Szputnyikov Zemlji*, 1964. 3.
- Szendy K** (1967): Korszerű hálózatszámítási módszerek, *Akadémiai Kiadó*, Budapest.

DIGITÁLIS FELÜLETMODELL NAGYPONTOSSÁGÚ REPREZENTÁCIÓJA CSÖKKENTETT ADATPONT- HALMAZZAL

Kalmár János*



The author presents an algorithm for reduction of data points of Digital Surface Models - Its estimation error can be limited according to the requirements. The quality and accuracy of the used interpolation methods are also discussed.

Keywords: digital surface model, finite element interpolation, Dirichlet neighborhood, reduction of data points

A szerző bemutat egy olyan ponttrikító algoritmust, melynek használata esetén a digitális felületmodellek becslési hibája igény szerint szabályozható. Emellett összehasonlításra kerül a szerző által alkalmazott interpolációs módszerek minősége (pontossága) is.

Kulcsszavak: digitális felületmodell, végelem interpoláció, Dirichlet szomszédság, pont-halmaz redukció.

Bevezetés

A probléma a gyakorlatból származik: egy N adatponttal leírt \mathcal{A} felületmodellt helyettesítsünk egy $M(<N)$ elemű \mathcal{B} részhalmazával úgy, hogy a redukált modell minél kevésbé térjen el az eredetitől. Az eltérést \mathcal{B} -re alapozott magasságbecslés alapján számítjuk $\mathcal{A} - \mathcal{B}$ halmaz elemeire: vesszük az adott (mért) és a \mathcal{B} alapján számított magasságok különbségének négyzet-(vagy abszolút-érték)-összegének átlagát. Másképpen fogalmazva: keressük meg az \mathcal{A} halmazt legpontosabban reprezentáló \mathcal{B} részhalmazt.

Hibaelméleti megfontolások

Az optimális megoldást az biztosítaná, ha képeznénk és kiértékelnénk a fenti célfüggvény alapján az

összes M elemű részhalmazt. A lehetséges esetek száma $\binom{N}{M} = \frac{N!}{M!(N-M)!}$, ami számítógép

használata mellett is jelentős végrehajtási időt sugall, ugyanis a feladat NP típusú, vagyis művelet-igénye nem korlátozható a méret (N és M) egy polinomiális függvényével.

A fentiek miatt célul tűztem ki egy olyan heurisztikus megoldás kifejlesztését, ami gyorsan vezet az optimálshoz közeli eredményre. Először a célfüggvényt vizsgáltam meg, ami a választott

normától függően $\sqrt{\sum_{i=M+1}^N v_i^2 / (N-M)}$ vagy $\sum_{i=M+1}^N |v_i| / (N-M)$ alakú, ahol v_i jelöli az $\mathcal{A}-\mathcal{B}$

hez tartozó pontokon a magasságbecslések hibáját. Vegyük észre, ha egy új \mathcal{A} -beli ponttal egészítem ki \mathcal{B} -t és lokális interpolációt alkalmazok (pl. valamilyen véges-elem módszert, ld. Kalmár, 1986), akkor a célfüggvény egyrészt egy taggal megrövidül (az új pontban nincs hiba), a lokalitás miatt a tagok nagy része változatlan marad (az új ponttól távolabbi pontokban), illetve a maradék (újpont-közel) pontokban a v_i hibák változásának várható értéke 0 lesz. Tehát a célfüggvénynek általában csökkennie kell, mert minden pótlólagos (új) információ csökkenti a bizonytalanságot (a becslés

A II. táblázat foglalja össze a \mathcal{B} reprezentáns halmaz elemeinek számát különböző becslési eljárásokat és eps hibakorlátokat alkalmazva, ami egyértelműen mutatja, hogyan befolyásolja a becslési eljárás típusa a kiválasztás gazdaságosságát (minél kisebb a reprezentáns halmaz M elemszáma, annál gazdaságosabb a kiválasztás):

II. táblázat. Az egyes becslésekhez tartozó ponthalmazok elemeinek száma

Becslési eljárás ($N=850$)/Megengedett hiba (eps)	$eps = 0,8$	$eps = 1$	$eps = 1,2$
lineáris becslés	$M = 288$	$M = 229$	$M = 190$
normálvektor-nyaláb	$M = 231$	$M = 195$	$M = 163$

Összefoglalás

A nagyteljesítményű automatikus műszereknek és mérési eljárásoknak köszönhetően a jövőben egyre inkább az adatbőség zavarával kell megküzdenünk, és ha nem akarjuk, hogy maguk alá temessenek az információ-hegyek, szükségünk lesz olyan automatikus adatszűrő és szelektáló eljárásokra, melyek révén az információ-tartalom lényegi csorbulása nélkül az adat-management még kezelhető méretű marad. Ebbe az irányba tett lépésnek tekintem a most bemutatott DFM pontcsökkentést, melynek hatékonysága (a redukció illetve a pontosság tekintetében) a közölt táblázatok alapján jól megítélhető. Látható, hogy a fejlettebb, a normálvektor-nyaláb kötegelésen alapuló interpoláció a tapasztalatok szerint kb. 15-20%-al hatékonyabb, mint a kiegyenlítésen alapuló síkillesztés

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm Papp Gábornak, hogy felhívta a figyelmemet erre az érdekes problémára - melynek megoldása az ő geodinamikai kutatásait is előbbre vitte (Papp et al. 1995) -, illetve rendelkezésemre bocsátotta a mintaterület adatait (a fertőrákosi kőfejtő területe, 165 és 195 méter közötti tengerszint feletti magasságokkal). Köszönöm továbbá az OTKA T037218, T043413 és T038190 számú pályázatainak a kutatásaim végzéséhez nyújtott támogatást.

Hivatkozások

- Kalmár J (1986): Digital surface model on a triangular base, *Acta Geod. Geoph. et Mont.* 21, 71-79.
 Papp G, Kalmár J, Szabó T (1995): DTM based surface and volume approximation with geophysical applications, *Computers & Geosciences* 21; 2, 245-247.
 Kalmár J (1995): A digitális terepmodell kutatások új eredményei, *kandidátusi disszertáció*.
 Nagy D, Franke R, Battha L, Kalmár J, Papp G, Závoti J (1999): Comparison of various gridding methods, *Acta Geod. et Geoph. Hungarica*, 34; 1-2, 41-57.

VOLT-E IVANICSI (IVANIČI) SZTEREOGRAFIKUS VETÜLET?

Varga József*



Was there an Ivanič stereographic projection? - Recent Hungarian references mention beside Budapest and Marosvásárhely also an Ivanič stereographic projection. Earlier technical instructions do not mention it and it would have been principally impossible to introduce such one under the regulations valid at that time, until the middle of the XX. th century. After having studied the pertinent references and having made researches author questions the existance of the Ivanič stereographic projection.

Keywords: projection systems, systems without projection, Ivanič system without projection, Budapest stereographic projection,

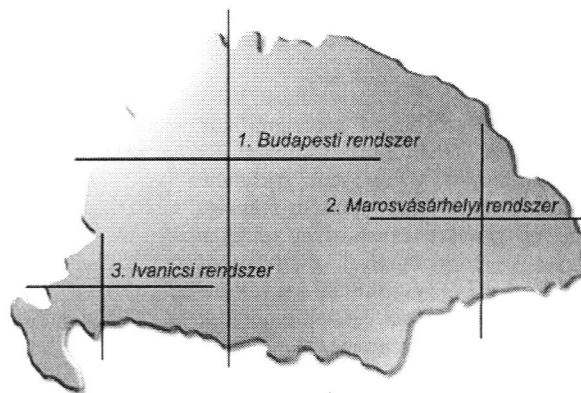
Az újabb kori hazai szakirodalom a budapesti és a marosvásárhelyi rendszerek mellett ivanicsi sztereografikus vetületi rendszert is ismer. Korabeli szakmai utasítások és szabályzatok nem tesznek említést róla, és a múlt század közepéig érvényes vetülettani szabályzat nem is tette volna lehetővé annak bevezetését. A korabeli szakirodalom tanulmányozása és saját vizsgálatai alapján a szerző kétségbe vonja az ivanicsi sztereografikus vetület létét.

Kulcsszavak: vetületi rendszerek, vetületnélküli rendszerek, ivanicsi vetületnélküli rendszer, budapesti és marosvásárhelyi sztereografikus rendszerek.

Bevezetés

Aki valamikor vetülettant tanult, az egészen biztosan emlékszik arra a felsorolásra, miszerint Magyarországon három sztereografikus vetületi rendszer volt (1. ábra):

1. Budapesti rendszer,
2. Marosvásárhelyi rendszer,
3. Ivanicsi rendszer.



1. ábra. Magyarországi sztereografikus vetületi rendszerek a történelmi Magyarországon az újabb kori szakirodalom szerint

Többször a földhivatalok is tévesen tartottak nyilván vetületnélküli kataszteri térképeket sztereografikusként. Grafikus munkáknál nem derült ki a tévedés, de a numerikusan felmért térképi objektumok térképezésekor – földrajzi helyzettől függően – kisebb-nagyobb ellentmondás (átfedés vagy „senki földje”) jelentkezett. Ilyenkor panaszkodtak a felhasználók arra, hogy „rossz a térkép”, ami egy 19. század közepén készült térképről nehezen képzelhető el.

Köszönetnyilvánítás

A szerző megköszöni a T-030177 sz. a „Magyarországi geodéziai vonatkozási rendszerek vizsgálata” című OTKA pályázat által a kutatás végrehajtásához nyújtott támogatást.

Hivatkozások

- Marek J** (1875): Technische Anleitung zur Ausführung der trigonometrischen Operationen des Katasters, Budapest.
- Fasching A** (1909): A magyar országos háromszögelések és részletes felmérések új vetületi rendszerei, *Magyar Királyi Pénzügyminisztérium*, Budapest.
- Utasítás** az országos kataszteri felmérés végrehajtására I. rész (1904): *Magyar Királyi Pénzügyminisztérium*, Budapest.
- Minták és mellékletek** az országos kataszteri felmérés végrehajtása iránt (1904): *Magyar Királyi Pénzügyminisztérium*, Budapest.
- Felsőrendű háromszögelési pontok **betűsoros névjegyzéke**: *Földmérési és Távérzékelési Intézet Központi Adattára*, Budapest.

A 7 PARAMÉTERES 3D TRANSZFORMÁCIÓ EGZAKT MEGOLDÁSA

Závoti József*



The closed form solution of 7 parameter 3D transformation - The Gauss-Jacobi combinatorial adjustment is applied to solve the 3D transformation problem with 7 parameters, and it is also demonstrated that the combinatorial algorithm gives the same solution as the conventional linear Gauss-Markov model.

Keywords: 7 parameter transformation, nonlinear closed form solution, Gröbner basis, Gauss-Jacobi combinatorial algorithm

A Gauss-Jacobi kombinatorikus kiegyenlítő számítási elv alkalmazásával a 7 paraméteres, 3D transzformációs feladat megoldására analitikus levezetést adunk, emellett a kidolgozott eljárással azt is bemutatjuk, hogy a kombinatorikus megoldás egybeesik a hagyományos lineáris Gauss-Markov modellt megoldásával.

Kulcsszavak: 7 paraméteres transzformáció, nemlineáris egzakt megoldás, Gröbner bázis, Gauss-Jacobi kombinatorikus megoldás

1. Bevezetés

Awange és Grafarend (2003, 2004) tanulmányaikban összehasonlították a 7 paraméteres dátum transzformációs problémának a linearizált legkisebb négyzetek módszerével nyerhető, és a nemlineáris Gauss-Jacobi kombinatorikus eljárásból származtatott megoldását. Eredményül az adódott, hogy mindkét módszer azonos nagyságrendű reziduálokat szolgáltat, de a nemlineáris algoritmus numerikusan stabilabb, mint a hagyományos eljárás. A probléma mind a geodéziában, mind a fotogrammetriában nagy jelentőséggel bír. Térinformatikai adatrendszerek esetén a Selinger S, Winkler G, Juhász (2004) tanulmányban megkívánt EOVS alapú egységes geometria kialakítása is szükségessé teszi a 3D transzformáció alkalmazását.

A feladat ezen tanulmányban ismertetett nemlineáris megoldása fontos, mert az eljárással durva hibák kimutathatók, az egyenleteket nem kell linearizálni, nem szükséges iterálni és a két koordináta-rendszer (lokális-globális referencia rendszer) kovariancia kapcsolatai automatikusan felhasználásra kerülnek. A Závoti (1999) publikáció a 7 paraméteres, 3D hasonlósági transzformáció L_1 normás megoldását tárgyalja, e tanulmányban az eredeti Awange és Grafarend algoritmushoz képest néhány módosítást javasolunk.

A tanulmány ismerteti a Gauss-Jacobi kombinatorikus algoritmus matematikai elméletét, a túlhatározott 7 paraméteres 3D transzformáció megoldását, és egy példán keresztül bemutatjuk a módszer gyakorlati alkalmazását.

2. Gauss-Jacobi kombinatorikus algoritmus

A térbeli hasonlósági túlhatározott, 7 paraméteres, 3D (Helmert) transzformáció Bácsatyai (1998) tanulmánya alapján az alábbi egyenlettel adható meg:

$$\begin{bmatrix} a_i \\ b_i \\ c_i \end{bmatrix} = sR \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

- ahol

Hivatkozások

- Awange JL, Grafarend EW** (2002): Linearized Least Squares and nonlinear Gauss-Jacobbi combinatorical algorithm applied to the 7 parameter datum transformation $C_7(3)$ problem. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 127, 109-116.
- Awange JL, Grafarend EW** (2003): Closed form solution of the overdetermined nonlinear 7 parameter datum transformation. *Allgemeine Vermessungsnachrichten*, 4, 130-149.
- Bácsatyai L** (1998): Átszámítások vonatkozási rendszerek között. *Geomatikai Közlemények I*, 163-178.
- Selinger S, Winkler G, Juhász A** (2004): Kolozsvár-belváros térinformatika alapú építészettörténeti adatbázisa, *Geomatikai Közlemények VII*, 119-126.
- Somogyi J** (1969): About the direct determination of the elements of rotation matrix. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 4, 451-458.
- Závoti J** (1999): A geodézia korszerű matematikai módszerei. *Geomatikai Közlemények II*, 1-149.

AZ ERDÉSZETI TÉRKÉPEK DÁTUMTRANSZFORMÁCIÓS KÉRDÉSEI

Bácsatyai László*



Datum transformation problems of the forestry maps - The projection of the national forestry map system, including the base maps, the management maps and the overview maps, is the Budapest Stereographic Projection System, according to the 'Mapping' chapter of the 'Manual of Forest Management Planning' published in 1986. The widespread of GPS technique even in the forestry, the modern computational devices (hardware, software, Geographic Information System - GIS) and not least, the fact that there are frequently large differences between the theoretically identical borders given in the geodetic and forest base maps made necessary the introduction of the Unified National Projection system (EOV), which had been used since 1975 in the field of geodesy. Consequently the digital forest maps were made in EOV system. The Digital Forestry Map data format (DET), the Digital Forestry Legend system (DEJ) and the transformation module of DigiTerra MAP software were used for the preparation of digital forestry maps.

Keywords: geodetic datum, stereographic projection, unified national projection, analogue map, digital map, forestry legend system

Az 1986-ban kiadott „Útmutató az erdőállomány-gazdálkodási tervek (erdőtervek) készítéséhez” című erdőtervezési útmutató módosításának „Térképészet” fejezete szerint az országos erdészeti térképrendszer térképei, az alaptérképek, az erdőtervi térképek, az üzemtervi térképek és az átnézeti térképek vetületi rendszere a sztereografikus vetület budapesti rendszere. A már az erdészeti gyakorlatban is tért nyert GPS technika, a korszerű számítástechnikai eszközök (hardver és szoftver, Földrajzi Információs Rendszerek - GIS) és nem utolsósorban az a tény, hogy a földmérési alaptérképek és az erdészeti üzemi térképek elvileg azonos határvonalai között helyenként igen nagyok az eltérések, szükségessé tették az állami földmérésben már 1975-től előírt Egységes Országos Vetület (EOV) használatának engedélyezését. Az Állami Erdészeti Szolgálat 521/2000 számú főigazgatói utasításával az analóg térképek 1962 óta megszokott rendszere az egységes digitális kezelhetőség érdekében megváltozott. Ennek következményeként a digitális erdőtervek az EOV-ben elkészültek. A digitális erdőtervek készítéséhez a Digitális Erdészeti Térkép (DET) adatformatumát, a Digitális Erdészeti Jelkulcs (DEJ) jelkészletét, valamint a DigiTerra MAP programcsomagba épített transzformációt használták.

Kulcsszavak: geodéziai dátum, sztereografikus vetület, Egységes Országos Vetület, analóg erdőterkép, digitális erdőterkép, jelkulcs

Bevezetés

A Magyarországon használatos dátumok (vonatkoztatási ellipszoidok) mindannyiunk számára ismeretesebbek (1. táblázat).

1. táblázat. Magyarországon is használatos vonatkoztatási ellipszoidok paraméterei

Az ellipszoid neve	Közlésének éve	a (m)	b (m)	α
Bessel	1842	6377397,155	6356078,963	1:299,153
Kraszovszkij	1940	6378245	6356863,019	1:298,3
IUGG/1967	1967	6378160	6356774,516	1:298,247
WGS84	1984	6378137	6356752,3142	1:298,257

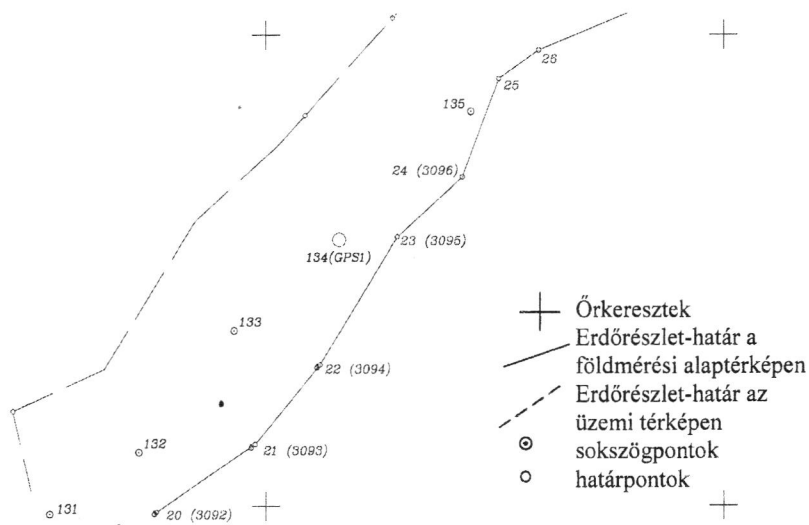
*NYME Földmérési és Távérzékelési Tanszék, 9400 Sopron, Ady Endre u. 5.
E-mail: bacsaty@emk.nyme.hu

Gyakorlati példa

Az EOV-re való áttérés – szükségszerűsége és egyéb előnyei mellett - vizsgálhatóvá teszi például az erdészeti üzemi és a földmérési alaptérképek határvonalai közötti, az ország több részén felfedezhető jelentős eltéréseket. Erre példát az alábbiakban mutatok be.

A Pilisí Parkerdőgazdaság szentendrei erdészetének területén az elmúlt évben diplomatervező hallgatóink (Kas és Verók, 2003) vizsgálták az 1:10000 méretarányú erdészeti üzemi térképen és a földmérési alaptérképen is ábrázolt erdőrésztlet-határok eltéréseit.

Az üzemi térképeken lévő erdőrésztlet-határokat vektoros digitalizálás, majd az EOV-be történő transzformáció útján, a földmérési alaptérképeken koordinátákkal adott erdőrésztlet-határpontokat pedig sokszögvonalról való kitzűzéssel határozták meg, ill. ábrázolták. A 8. ábrán szaggatott vonallal az üzemi, folytonos vonallal pedig a földmérési alaptérképen szereplő határokat látjuk. Az örkeresztek távolsága 100 m. Látható, hogy az eltérés több 10 m nagyságrendű, a 8. ábrán nem ábrázolt területrészekben helyenként eléri az 50-60 m-t is.



8. ábra. Erdőrésztlet-határok eltérése az erdészeti üzemi és a földmérési alaptérképeken

Összefoglalás

A tanulmány rövid áttekintést adott az országos erdészeti térképrendszer térképeinek dátum-transzformációjáról, a sztereografikus vetület budapesti rendszeréről az EOV-re történő áttérés végrehajtásának történetéről. Bemutatta a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földmérési és Távérzékelési Tanszéke, az Állami Erdészeti Szolgálat és a DigiTerra Kft szerepét az áttérésben.

Hivatkozások

- Varga J (2005): Volt-e ivanicsi (ivaniči) sztereografikus vetület? *Geomatikai Közlemények* VIII. 45-52.
 Kas R és Verók T (2003) : Erdőhatárok kitzűzése a Pilisí Parkerdő Rt területén, *Diplomaterv*, Sopron.

KOORDINÁTATRANSZFORMÁCIÓ GEOIDUNDULÁCIÓK BECSLÉSÉVEL

Bányai László*



Coordinate transformation with the estimation of geoid undulations - The geoid undulations referring to the local geodetic reference systems are usually neglected during the seven parameters spatial similarity transformations. In this paper the possibility of the common estimation of the transformation parameters and the neglected local geoid undulations is investigated. The introduction of the new unknowns leads to three linearly dependent parameters, which can be handled by the abandoning of the rotations along the axes x and y together with the constrain providing zero average of the geoid undulations. In spite of the ill condition the estimated undulations are relatively similar to the undulations determined by astronomic levelling. The extension of this transformation for the whole GPS network provides a new tool for the investigation of the height errors and the local geoid undulations.

Keywords: similarity transformation, geoid undulation, global and local geodetic reference systems

A hétparaméteres térbeli hasonlósági transzformációk során a helyi elhelyezésű geodéziai vonatkoztatási rendszerekhez tartozó geoidundulációkat általában elhanyagolják. Ebben a dolgozatban megvizsgáltuk a transzformációs paraméterek és az elhanyagolt geoidundulációk együttes becslésének a lehetőségét. Az új ismeretlenek bevezetése három lineárisan összefüggő paramétert eredményezett, amit az x és y tengelyek körüli elfordulások elhagyásával és geoidundulációk nulla átlagértékét előíró kényszerfeltételek segítségével szüntettük meg. A probléma rosszul kondicionáltsága ellenére a becsült geoidundulációk viszonylag jó egyezést mutattak a csillagászati-geodéziai geoiddal. A transzformációnak a teljes OGPSH hálózatra történő kiterjesztésével a pontok magassági hibái, és a helyi geoidundulációk is új alternatív módszerrel vizsgálhatók.

Kulcsszavak: hasonlósági transzformáció, geoidunduláció, globális és helyi geodéziai vonatkoztatási rendszerek

Bevezetés

A földi (globális, geocentrikus) és a helyi geodéziai vonatkoztatási rendszerek közötti transzformáció kérdése már az NNSS Doppler műholdas rendszer megjelenésekor is előtérbe került (Ádám, 1980, 1982). A gyakorlati jelentősége azonban csak a GPS technika széleskörű elterjedésével vált hangsúlyossá, mivel a WGS-84 és az egyes országok hivatalosan használt vonatkoztatási rendszerei közötti átszámítás mindennapos alapfeladattá vált. A feldolgozó szoftverek is szinte kivétel nélkül különböző eljárásokat ajánlottak fel a feladat megoldására. A Magyarországon alkalmazott EOV kettős vetítés kezdetben kisebb gondot jelentett a külföldi programterjesztőknek, ezért itthon is sokan foglalkoztak a feladat szabatos és közelítő megoldásaival is. A transzformációkról számos hazai és nemzetközi publikáció született. Magyar nyelven talán a legrészletesebb összefoglaló az Ádám et al. (2004) könyvben található.

A földi és valamely helyi vonatkoztatási rendszer közötti átszámítás gyakorlati meghatározásához olyan közös pontokra van szükségünk, amelyeknek mindkét rendszerben ismertek az ellipszoidi koordinátái (φ, λ, h). Az alappontok földi geocentrikus koordinátái legegyszerűbben GPS mérések segítségével határozhatók meg (3D pontmeghatározás). Ezeknek a pontoknak a helyi rendszerre vonatkozó ellipszoidi koordinátát a hagyományos (vízszintes és magassági) hálózati mérésekből vezethetjük le ((2+1)D pontmeghatározás). A helyi elhelyezésű ellipszoid feletti h_h magasságokat a pont geoid (tengerszint) feletti H magasságának és a pont függőlegesében a geoid és a helyi elhelyezésű ellipszoid n_h távolságának (a helyi geoidundulációnak) az összegeként állítjuk elő. (Az előbbi

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

II. táblázat. A 24 pontos GPS kerethálózatból számított transzformációs paraméterek

Paraméterek	GPS \Rightarrow EOVS (7P)	EOVS \Rightarrow GPS (7P)	EOVS \Rightarrow GPS (5P+24n)
σ_0	0.3169	0.3169	0.1948
t_x – eltolás [m]	-47.867104 \pm 3.96	47.867120 \pm 3.96	47.278652 \pm 1.18
t_y – eltolás [m]	69.201921 \pm 4.11	-69.202202 \pm 4.11	-57.439884 \pm 1.50
t_z – eltolás [m]	11.469304 \pm 4.31	-11.469147 \pm 4.31	-14.760535 \pm 1.21
m [mm/km]	-2.195284 \pm 0.42	2.195270 \pm 0.42	2.208823 \pm 0.26
R_x - elfordulás [ivmp]	-0.301374 \pm 0.13	0.301375 \pm 0.13	-
R_y - elfordulás [ivmp]	0.053115 \pm 0.16	-0.053115 \pm 0.16	-
R_z - elfordulás [ivmp]	-0.471874 \pm 0.10	0.471876 \pm 0.10	0.722205 \pm 0.07

III. táblázat. A 24 pontos GPS kerethálózatból számított mérési javítások és geoidundulációk.

pont	Mérési javítások (7P)			Mérési javítások (5P+24g)			
	v_e	v_k	v_m	v_e	v_k	v_m	n
AGGT	-0.1940	-0.3218	0.5674	-0.2004	-0.3211	0.0000	0.4931
BALL	0.1467	0.0125	-0.0109	0.1457	0.0112	0.0000	-0.0948
BUDA	0.1531	0.0491	0.3083	0.1521	0.0466	0.0000	0.3519
CSAN	0.1726	0.0860	0.2901	0.1727	0.0839	0.0000	0.0154
CSAR	0.3455	-0.1581	-0.1811	0.3438	-0.1566	0.0000	-0.1548
CSER	0.2074	-0.0868	0.0245	0.2065	-0.0855	0.0000	0.0769
DISZ	-0.1301	0.0033	0.2505	-0.1274	0.0029	0.0000	0.4537
GYOR	0.1030	0.2496	-0.6966	0.1047	0.2447	0.0000	-0.4633
HAJD	-0.1345	-0.0120	-0.5998	-0.1365	-0.0078	0.0000	-0.8575
HOLL	0.2077	-0.0845	0.5251	0.2045	-0.0869	0.0000	0.5348
IHAR	-0.1654	-0.2376	-0.6442	-0.1624	-0.2347	0.0000	-0.4250
KOND	-0.3618	0.1031	-0.2979	-0.3541	0.1041	0.0000	0.0556
KOSZ	-0.3434	0.3203	0.2110	-0.3348	0.3171	0.0000	0.5889
MEZO	0.0777	0.0066	0.1856	0.0790	0.0087	0.0000	-0.1450
MISK	-0.1022	-0.2876	0.8636	-0.1055	-0.2873	0.0000	0.7595
NADA	0.1720	0.0413	0.2415	0.1719	0.0390	0.0000	0.3205
OTTO	0.1434	0.0267	0.4690	0.1421	0.0253	0.0000	0.3332
PENC	0.1651	0.0142	0.5006	0.1628	0.0115	0.0000	0.5336
PILI	0.1141	0.0484	-0.0842	0.1128	0.0469	0.0000	-0.1342
REGO	0.1323	-0.0872	-0.0830	0.1323	-0.0874	0.0000	-0.0214
SATO	-0.3060	-0.1274	-0.6657	-0.3114	-0.1212	0.0000	-0.8924
SOPR	-0.1435	0.3854	-0.1825	-0.1362	0.3803	0.0000	0.1982
TARP	-0.3683	0.1389	-0.8691	-0.3693	0.1488	0.0000	-1.2364
TISZ	0.0771	-0.0821	-0.1223	0.0756	-0.0818	0.0000	-0.2907

Hivatkozások

Ádám J (1980): Megfigyelőállomások koordinátáinak meghatározása kozmikus geodéziai módszerekkel. *Kandidátusi értekezés.*

Ádám J (1982): A doppleres és a geodéziai alapponthálózatunk közötti transzformáció vizsgálata. *GéK*, 34-89.

Ádám J, Bányai L, Borza T, Busics Gy, Kenyeres A, Krauter A, Takács B (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó.*

Bock Y (1982) The use of baseline measurements and geophysical models for the estimation of crustal deformations and the terrestrial reference system. *The Ohio State University*, Report 337.

INTERNETES ALKALMAZÁS KOORDINÁTA TRANSZFORMÁCIÓRA NEURÁLIS HÁLÓZATOK ALKALMAZÁSÁVAL

Zaletnyik Piroska*



Web-based application for coordinate transformation using neural networks - Nowadays in Hungary more than one coordinate system are in use. Frequently it is necessary to transform from one coordinate system to another. The two most frequently used coordinate systems are the WGS-84 (coordinate system of the GPS) and the EOVS (Egységes Országos Vetület = Uniform National Projection). In geodesy coordinate transformation is a very important task and up to the present several methods were worked out. The artificial neural network provides a new technology for coordinate transformation. Above a certain number of data points neural networks can be applied very successfully, better than traditional methods. The disadvantage of these networks is the complicated use in the professional practice due to the complexity of the formulas. Therefore in this research a web-based application was made for coordinate transformation using neural network to make available these new results for everyone.

Keywords: neural network, coordinate transformation, web-based application

Magyarországon manapság is, akárcsak régen, egyszerre több koordináta rendszer is használatban van. A két leggyakrabban alkalmazott rendszer a GPS mérések koordináta rendszere, a WGS-84 és az EOVS (Egységes Országos Vetületi) rendszer. A kettő között gyakran van szükség átszámításokra. A koordináta transzformációnak számtalan módszere létezik. Ebben a dolgozatban mesterséges neurális hálózatokat alkalmaztam ennek a problémának a megoldására. Ezek a hálózatok igen sok esetben hatékonyabban működnek a hagyományos megoldásoknál. Hátrányuk viszont, hogy a képletek bonyolultsága miatt nehezebben lehet a mérnöki gyakorlat számára elérhetővé tenni a kapott eredményeket, hiába jobbak ezek a korábbiaknál. Éppen ezért döntöttem úgy, hogy egy Interneten futtatható alkalmazást készítek az EOVS-WGS-84 koordináta transzformációra, mely ezt az új megoldást is mindenki számára elérhetővé teszi.

Kulcsszavak: neurális hálózat, koordináta transzformáció, internetes alkalmazás

Bevezetés

Korábbi kutatásaimban már többször foglalkoztam a mesterséges neurális hálózatok geodéziai célú felhasználásával. Igen érdekes és aktuális téma, hogy hogyan lehet az informatika újításait, amilyen a mesterséges intelligencia fejlesztése is, a hagyományos mérnöki munkák során kamatoztatni.

Ezeket a hálózatokat nagyon sok területen lehet sikerrel alkalmazni. Én korábban felületközelítési feladatot (pontosabban a Magyarországi geoidfelület közelítését) és koordináta transzformációs összefüggések meghatározását vizsgáltam neurális hálózatokkal, minden esetben összevetve az eredményeket egy hagyományos módszerrel (Zaletnyik, 2002, 2003). Ezen vizsgálatok alapján jól meghatározható, hogy mikor érdemes a jól bevált, hagyományos eszközökhöz nyúlni, és, hogy mikor érdemes megpróbálkozni ezzel az új eszközzel.

Általában nagy mennyiségű adat kezelésekor jobb eredmény érhető el neurális hálózatokkal, ilyenkor a hagyományos módszerek már nem elég pontosak a rosszul kondicionált egyenletek és a számítógép véges számábrázolásából eredő hibák miatt.

Ebben a dolgozatban folytatom a korábbi koordináta transzformációs vizsgálataimat, lehetőség szerint pontosítva a korábbi összefüggéseket. A sok elméleti vizsgálat után szerettem volna egy kicsit a gyakorlati használhatóság szemszögéből is megközelíteni a feladatot, ezért készítettem egy Interneten is futtatható Java alkalmazást koordináta transzformációra, felhasználva a neurális háló-

*BME, Általános Geodézia Tanszék
1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.
E-mail: zaletnyikp@hotmail.com

WGS84-EOV koordináta transzformáció
(Neurális hálózatok felhasználásával)

WGS-84 koordináták

Szélesség 47 - 47 - 22.5605
Hosszúság 19 - 16 - 53.4868 **Átszámít**

EOV koordináták

Y koordináta 667539.228
X koordináta 271786.707 **Átszámít**

Töröl

Készítette: Zaletnyik Piroska

9. ábra. Az elkészült Java applet

Összefoglalás

Korábbi elméleti vizsgálatok alapján már bebizonyosodott, hogy a neurális hálózatok sokszor eredményesebben alkalmazhatóak közelítési feladatok megoldására, mint más hagyományos módszerek, azonban gyakorlati alkalmazásra a geodéziában még nem igazán volt példa. Ebben a dolgozatban arra tettem kísérletet, hogy a hagyományos mérnöki munkák, gyakorlati mérnökök számára is elérhetővé tegyem ezen kutatások eredményeit. Úgy gondolom ez legalább olyan fontos, mint maga az elméleti munka. Így mód nyílik arra, hogy ne csak egy szűk csoport tagjai tudjanak az egyre újabb és újabb informatikai kutatások felhasználási lehetőségéről, hanem szélesebb körben is elterjedhetnek ezek a módszerek.

A gyakorlati alkalmazás jelen esetben egy Magyarországon igen gyakori koordináta transzformációs feladatra, az EOV-WGS84 transzformációra készült el, Interneten futtatható Java applet formájában. A vizsgálatok alapján pontosabb eredmények kaphatóak ezzel a módszerrel, mint más szintén az ország egész területére egységes transzformációs paramétereket használó programokkal. Ehhez elvileg bárki hozzáférhet, akinek van Internet kapcsolata és a böngészője képes Java alkalmazásokat futtatni. A program jelenleg a www.agt.bme.hu honlapról, a munkatársak rovaton belül, Zaletnyik Piroska publikációi alatt érhető el.

Hivatkozások

- Barsi Á** (1999): Koordináta-transzformáció megoldása neurális hálózatokkal, *Geodézia és Kartográfia*, LI; 10, 12-18, Budapest.
- Horváth G** (1995): Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai, *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Paláncz B, Völgyesi L** (2003): High accuracy data representation via sequence of neural networks, *Acta Geod. Geoph. Hung.* 38; 3, 337-343.
- Varga J** (1997): Vetülettan, *Műegyetemi Kiadó*, Budapest, 227-228.
- Zaletnyik P** (2002): Magyarországi geoidfelület közelítése neurális hálózatokkal, *BME Építőmérnöki Kar, Tudományos Diákköri Konferencia*, Budapest.
- Zaletnyik P** (2003): WGS-84 – EOv koordináta transzformáció neurális hálózattal, *BME Építőmérnöki Kar, Tudományos Diákköri Konferencia*, Budapest.
- Zaletnyik P, Paláncz B, Völgyesi L** (2004): Approach of the hungarian geoid surface with sequence of neural networks, *Paper presented at the XXth ISPRS Congress*, Isztambul, Törökország.

FÖLDI ÉS MŰHOLDAS HÁLÓZATOK TRANSZFORMÁCIÓJA

*Papp Erik, Szűcs László**



Transformation Methodes of the Traditional and Satellite Based Networks - In the article the 7 and 9 parameters transformations will be introduced. Direct transformation means the computation of the co-ordinates from the WGS84 (XYZ) co-ordinate system to the IUGG67 (XYZ) co-ordinate system, the inverse transformations means the opposite direction of the transformation. The transformation parameters based on 43 points and the 1151 points of the OGPSh network will be introduced.

Keywords: GPS, transformation

A cikkben a Földi és műholdas hálózatok közötti 7 és 9 paraméteres térbeli transzformációkkal foglalkozunk. Direkt transzformációnak nevezzük a térbeli derékszögű koordináták WGS84 (XYZ) rendszerből, IUGG67 (XYZ) rendszerbe történő transzformációját, inverz transzformációnak a földi rendszerből a műholdas rendszerbe történő transzformációt. Megadjuk a térbeli Helmert- és affintesztranszformáció, 43 db EUREF koordinátával rendelkező pont és az 1151 pontos OGPSh hálózat felhasználásával kiszámított transzformációs paramétereit, továbbá a maradék ellentmondásokat. (Ádám et. al. 1995).

Kulcsszavak: GPS, transzformáció

Bevezetés

A GPS technikát felhasználók a GPS-vevők és feldolgozó programok sokaságával találkoznak, a feldolgozó programokba beépített vetületi rendszerek száma pedig elérheti a több száz nagyságrendet is. A Magyarországon alkalmazott Egységes Országos Vetületi rendszer, a továbbiakban EOVS, azonban néhány GPS gyártó feldolgozó programjában nem található meg. Dolgozatunk elkészítését, ennek a gyakorlat részéről igényként jelentkező jogos kérésnek a megoldása motiválta. Azt tapasztaltuk, hogy a transzformációt még mindig valamilyen „áthatolhatatlan misztikus kód” lengi körül. A felhasználók többsége fekete dobozként használja a gyári feldolgozó programokat, illetve különböző közelítő megoldásokat készít és alkalmaz.

Megjegyezzük, hogy léteznek transzformációs lehetőségek (lokális transzformáció), amelyekkel az itt ismertetésre kerülő módszereknél kisebb maradék ellentmondásokat kapunk, de hátrányuk, hogy GPS-vevőkbe nem állíthatók be paraméterként (Papp et. al. 1997, 2002, Szűcs, 1997).

Alapfogalmak

A geodéziában szinte sohasem elégszünk meg a szükséges mérések elvégzésével, hanem mindig végzünk fölös méréseket is. A fölös méréseknek, egyrészt a durva hibák kiszűrésében, másrészt a meghatározott mennyiségek megbízhatóbbá, pontosabbá tételében játszanak szerepet. A fölös számmal rendelkezésre álló mérési eredmények azonban, általában egymástól eltérő eredményt adnak, következésképpen ellentmondással terhelik az adott hálózatot. A kapott ellentmondásokat mindig fel kell oldani, illetve hatásukat minimálisra kell csökkenteni. Ez a matematikai statisztikában alkalmazott becslési eljárások valamelyikével történhet, ha az ismeretlenek optimális értékét kívánjuk meghatározni. Az ehhez használt eljárást nevezzük röviden kiegyenlítésnek. A dolgozatban a közvetett mérések kiegyenlítését (II. kiegyenlítési csoport) alkalmaztuk. Mivel valamennyi transzformációs képletben a transzformációs paraméterek közvetlenül nem mérhető mennyiségek,

*SZIE YMMF, 1146 Budapest, Thököly út 74.

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

Papp.Erik@szie.yymm.hu

VII. táblázat. A transzformációk maradék ellentmondásainak jellemzői

	Helmert unduláció nélkül			Affin unduláció nélkül		
	dx	dy	dz	dx	dy	dz
szumma:	-0,866	-1,821	0,001	-0,850	-1,817	-0,029
átlag:	-0,001	-0,002	0,000	-0,001	-0,002	0,000
szórás:	0,157	0,126	0,385	0,141	0,118	0,383
min.:	-0,405	-0,424	-1,030	-0,384	-0,390	-1,030
max.:	0,484	0,404	0,843	0,459	0,446	0,838
	Helmert undulációval			Affin undulációval		
	dx	dy	dz	dx	dy	dz
szumma:	-0,826	-1,818	-0,076	-0,794	-1,819	-0,078
átlag:	-0,001	-0,002	0,000	-0,001	-0,002	0,000
szórás:	0,158	0,127	0,283	0,143	0,118	0,283
min.:	-0,406	-0,427	-2,901	-0,381	-0,385	-2,897
max.:	0,484	0,407	1,664	0,457	0,441	1,657

Összefoglalás

Az eddig bemutatottak alapján a következő megállapításokat tehetjük:

1. Geometriailag értelmezhető térbeli transzformációkkal (Helmert, affin) átszámítást tudunk végezni a műholdas és a hagyományos hálózatok között maximum félméteres hibával. Ez a transzformáció és a hálózatok hibájából tevődik össze. Azonban ez a pontosság megfelelő sok alkalmazáshoz, mint például a járműnavigáció vagy a térinformatikai adatgyűjtés. Előnye, hogy a Helmert-transzformáció paraméterei beállíthatók a navigációs GPS-vevők többségében.

2. Ha csak vízszintes értelemben kívánjuk a transzformációt végrehajtani, akkor nem szükséges a geoidundulációt figyelembe venni, mivel a meghatározott síkkoordinátákra nem lesz jelentős hatással.

3. Szinte mindegy, hogy Helmert- vagy affin-transzformációt alkalmazunk-e, mivel a két módszer eredménye között nincs jelentős eltérés (néhány centiméter).

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokat a T043007 számú, a „Magyarországi geodéziai vonatkozási rendszerek és vetületi síkkoordináta-rendszerek vizsgálata” című OTKA pályázat keretében végeztük.

Hivatkozások

- Ádám J, Borza T (1995): The GPS Network and their comparison with the traditional network.. *Reports on Geodesy*, 3; 16, 211-219.
- Hofmann-Wellenhof B et al. (2001): GPS Theory and Practice. *SpringerWien NewYork*.
- Papp et al. (1997): GPS network transformation into different datums and projection systems. *Reports on Geodesy*, 4; 27, 265-280.
- Papp et al. (2002): Hungarian GPS Network Transformation into Different Datums and Projection Systems. *Per. Pol. Civ. Eng.* 46; 2, 199-204.
- Szücs L (1997): Térinformatikai célú GPS mérések feldolgozási lehetőségei. Budapest, MH Térképészeti Hivatal. *11. Közműs Geodéziai Szeminárium előadásainak gyűjteményes kötete*, 264-272.

AZ EUPOS MAGYARORSZÁGI BEVEZETÉSÉNEK NÉHÁNY SZAKMAPOLITIKAI KÉRDÉSE

Szentpéteri László*



Some functional questions on EUPOS introduction to Hungary – TTTC Ltd. has prepared a feasibility study for the request of Ministry of Informatic and Telecommunication on the possibilities and technical challenges of introduction of the EUPOS high-accuracy positioning system in Hungary. The study also investigated the potential use of such service, and made a questionnaire-survey about the technical, geographical and other needs.

Keywords: DGPS stations, EGNOS, EUPOS, Virtual network, RTK-network

A Informatikai és Hírközlési Minisztérium még 2003-ban készítette el a TTTC Kft.-vel azt a szakértői tanulmányt, amely az EUPOS nagy pontosságú helymeghatározó rendszer magyarországi bevezetésének lehetőségeit vizsgálta. A vizsgálat kiterjedt a potenciális felhasználási lehetőségek áttekintésére, valamint a műszaki, földrajzi és egyéb igények felmérésére.

Kulcsszavak: DGPS-állomások, EGNOS, EUPOS, Virtuális hálózat, RTK-hálózat

Bevezetés

A soproni konferencián ismertetett szakértői tanulmány gyökerei 2001 novemberéig nyúlnak vissza. Ekkor néhányan résztvettünk a Bécsben rendezett "United Nations – United States of America Workshop on The Use and Applications of Global Positioning Systems" c. munkaműhelyen. Ennek egyik eredményeként néhányunkban megfogalmazódott, hogy mivel a jelenleg Magyarországon is széles körben használt GPS műholdas helymeghatározó rendszer bizonyos korlátokkal rendelkezik, ugyanakkor az alkalmazások száma folyamatosan nő, ideje lenne megfelelő és koordinált lépéseket tenni a felhasználók érdekében.

A 2002-es év egyeztetésekkel, diszkusziókkal kezdődött, majd 2002. nyarán (gyakorlatilag váratlanul) a Földmérési és Távérzékelési Intézet egyik német partnere (Német Geodéziai Szolgálatok) előállt egy javaslattal, melynek értelmében a Németországban széles körben használt SAPOS-rendszert kiépítésre ajánlják a Közép- és Kelet-Európai országoknak EUPOS néven. Ez az ajánlat kissé megváltoztatta addigi gondolkodásunkat, és új irányt adott a diszkuszióknak. Kissé okafogyottá vált ugyanis a különböző, és igen költséges rendszerek összehasonlító vizsgálata, ugyanakkor időszerrév vált magának az EUPOS koncepciónak az értékelő elemzése. Ennek eredményeként, az Informatikai és Hírközlési Minisztérium 2003. január elején megbízta a TTTC Kft.-t, hogy készítse el a hivatkozott szakértői tanulmányt.

A megbízásban célul tűzték ki, hogy igyekezzen ismertetni

- a jelenlegi, és a közeli jövőben kiépülő különféle műholdas helymeghatározó és navigációs rendszereket, illetve
- a létező és a fejlesztés alatt álló különféle pontosságot és megbízhatóságot növelő kiépítéseket és kiterjesztéseket.

Mutassa be, hogy jelenleg

- hol tart a GPS-technika hazai alkalmazása, illetve, hogy
- a hazai felhasználók milyen problémákkal küzdenek és
- milyen jövőbeni igényeik vannak.

Ismertesse

- a német SAPOS GPS-támogató rendszert, illetve
- az annak alapjain jelenleg Közép- és Kelet-Európában tervezés alatt álló EUPOS rendszert.

Az EUPOS hazai bevezetéséről

Magyarországon az EUPOS bevezetése kapcsán négy fő feladatcsoportra kell koncentrálni:

- Az EUPOS fejlesztés menedzsment struktúrájának és szolgáltató központjának kialakítása
- Felkészülés a zavarmentes hozzáférés és mérések biztosítására
- Az EUPOS technikai kiépítésének megtervezése és végrehajtása
- EUPOS költségforrások biztosítása

Becsült költségek és a finanszírozás

A költségeket csak további részletes tervtanulmányok során lehet kellő pontossággal meghatározni. Ehhez ma a német partnertől 100% megbízhatóságú adatok nem is állnak rendelkezésünkre. A következőkben olyan nagyságrendileg előzetesen becsült költségeket ismertetünk, melyek elsősorban a külföldi tapasztalatokon alapulnak. Ezért el kell tekintenünk a tételes felsorolás részletezésétől is.

- A szolgáltató központ létrehozásával kapcsolatos költségek..... kb. 170 mFt
- Az állomáshálózat kiépítése (25 állomás esetén)..... kb. 300 mFt
- Integritás és interferencia monitoring kiépítése..... kb. 100 mFt

Összesen kb. 570 mFt

A magyar EUPOS hálózat *működési költsége éves szinten ezért eléri a 130mFt-ot*. A bevételi oldalon adatértékdíj formájában a beindulást követően néhány év alatt becsülésünk szerint *elérhető az évi 10-50 mFt árbevétel*. Külföldi tapasztalatok alapján azonban úgy látjuk, hogy ez a fajta infrastruktúrális szolgáltatás nem tehető nyereséggé. Az EUPOS fenntartásának *nettó támogatási igénye ezért még hosszabb távon is (a fenti becslések alapján) évi 80-100 millió forint*.

Összefoglalás - ajánlások az EUPOS hazai bevezetésével kapcsolatban

Az ENSZ ajánlásai között szerepel az egyes országokban egy kormányzati szintű szervezeti struktúra létrehozása, a GNSS fejlesztések, alkalmazások menedzselésére, koordinálására. Egy ilyen szervezetet minél előbb létre kell hozni Magyarországon.

- Tekintve, hogy fontos űrtechnikai alkalmazásról van szó, a magyar űrkutató szervezetének (MŰI) szerepvállalása a rendszerrel kapcsolatos koordinációban szükséges, és igen jelentős. Ezzel elkerülhető szétaprózott, partikuláris érdekeket szolgáló, és ezért egymással inkompatibilis, országos szinten gazdaságtalan differenciális szolgálatok létrejötte.
- Következő lépésként fel kell állítani egy GNSS interferencia-mérő és zavarvizsgáló csapatot, a megfelelő felszereléssel.
- Létre kell hozni a magyarországi EUPOS Szolgáltató Központot (EUPOS Service Centre), amely kezdettől fogva menedzseli az EUPOS-szal kapcsolatos operatív feladatokat.
- Meg kell kezdeni az EUPOS magyarországi állomáshálózatának tervezését. Rendszertervet kell kidolgozni a kiépítésre, működtetésre, fenntartásra és a költségvetésekre vonatkozóan.
- Meg kell kezdeni az EUPOS pályázatok előkészítését. A projekt generikus leírása 2003. II. negyedév végére várható Németországból. Ennek magyar adaptálása szükséges. Ezt követően fel kell venni a közvetlen kapcsolatot a magyar nemzeti ISPA koordinátorral és tisztázni a pályázat benyújtásának további feltételeit. Ki kell dolgozni a pályázatot, majd nemzetközileg koordinált módon be kell nyújtani.
- El kell kezdeni az EUPOS szabványoknak megfelelő földi "pilot" infrastruktúra kiépítését Magyarországon. A kezdeti szakaszban el kell végezni a rendszer tesztelését, és tapasztalatokat kell szerezni a működtetésre vonatkozóan.

A BUDAPESTI EGNOS MONITORÁLLOMÁSON VÉGZETT MÉRÉSEK VIZSGÁLATA

*Kratochvilla Krisztina**



Analysis of observations at the EGNOS monitor station in Budapest - In November of 2003, in the frame of the extension of Eurocontrol Data Collection Network, a monitor station has been set up in Budapest at the BUTE, in order to test the performance of EGNOS/ESTB system. At the first month the comparisons of accuracy of GPS and EGNOS/ESTB system have done. We've analyzed the yearly statistics of the station, accuracies of the observation's results, and the adaptability of the EGNOS/ESTB system in the air navigation.

Keywords: GPS, EGNOS, ESTB, Eurocontrol Data Collection Network, monitor station of Budapest, position error, protection level, performance, air navigation precision approach categories

2003 novemberében az Eurocontrol adatgyűjtő hálózatának bővítéseként kezdte meg működését a BME-n telepített budapesti monitorállomás az EGNOS/ESTB rendszer teljesítményének vizsgálatára. Az állomás működésének első hónapjában elvégeztük a GPS és az EGNOS/ESTB rendszer pontosságának összehasonlítását. Az üzemelés közel egy éves időtartamára elkészítettük a mérési adatok éves statisztikáját, vizsgáltuk a rendszer pontosságát és a légi navigációban való alkalmazhatóságát a budapesti állomás, ill. az Eurocontrol hálózatának mérési eredményei alapján.

Kulcsszavak: GPS, EGNOS, ESTB, Eurocontrol adatgyűjtő hálózat, budapesti monitorállomás, pozícióhiba, védelmi szint, teljesítmény, légi navigáció megközelítési eljárásai

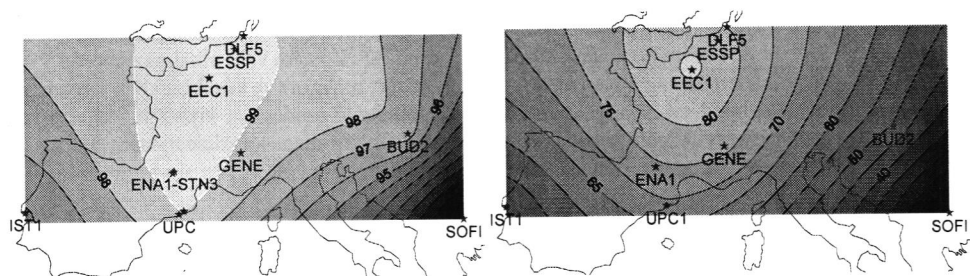
Bevezetés

Az SA felfüggesztése óta jelentősen javult a GPS technikával elérhető pontosság, bár ez még mindig kevés, elsősorban a GPS kisebb megbízhatósága és integritása miatt. Ennek feloldásaként dolgozták ki a WADGPS rendszereket, amelyek a differenciális GPS pontosságából és megbízhatóságából előnyt kovácsolva teszik alkalmassá a GPS rendszert navigációs feladatok ellátására.

Európa önálló műholdas navigációjának megvalósulási folyamatában a GPS pontosságát és alkalmazási körét növelő kiegészítő rendszer szerepét az EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) hivatott betölteni. Elsődleges célja, hogy abszolút helymeghatározás esetén, korrekciók műholdas sugárzásával a helymeghatározás hibáját egy méter alá szorítsa. Az EGNOS azonban csak akkor lesz alkalmas fokozott biztonságot igénylő feladatok (pl. légi navigáció) maradéktalan ellátására, ha a szükséges pontosság mellett a rendszer megfelelő szintű integritását is biztosítani tudja.

Az EGNOS szolgáltatásszerű működésének várható kezdete a rendszer kiépítése-fejlesztése során sokszor módosult, jelenleg 2004 végét jelölik meg. A 2000 februárjától működő tesztszisztemre, az ESTB (*EGNOS System Test Bed*) mellett, 2003 decemberétől az EGNOS is megkezdte kísérleti jellegű működését. A 2004 júliusa-augusztusa óta szinte folyamatosan adatokat szolgáltató EGNOS kiépítettsége immáron majdnem teljesnek mondható. A négy irányító központ (MCC – *Master Control Centre*) és a hat betöltőállomás (NLES – *Navigation Land Earth Station*) mindegyike működik, a 34 követő állomásból (RIMS – *Ranging and Integrity Monitor Station*) pedig 30 épült ki. Az EGNOS fejlesztése és bővítése 2008-ig elkészített, konkrét tervek alapján folytatódik (EGNOS V2) (*Ventura-Traveset 2004, EGNOS News 2004*).

*BME Általános- és Felsőgeodézia Tsz., 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
E-mail: kriszta@agt.bme.hu



12. ábra. Magassági teljesítmény APV-I (balra) és CAT-I (jobbra) megközelítési eljárás esetén

Összefoglalás

A budapesti monitorállomás közel egy éves működése alatt az EGNOS rendszerről kialakult kép még nem meggyőző, hiszen többször tapasztaltuk a rendszer hibáit és hiányosságait. A műholdak gyakran nem sugároztak korrekciókat, esetenként a sugárzott korrekciók megbízhatatlannak bizonyultak.

Két dolgot azonban ne feledjünk: egyrészt az EGNOS még mindig kísérleti jelleggel működik, tehát célunk a hibák és azok okainak keresése, valamint kiküszöbölése. Másrészt augusztus óta a budapesti állomáson az alacsonyabb magassági szög alatt észlelhető PRN 124 (Artemis) műhold jeleit vesszük, tehát a különböző észlelési nehézségek (pl. jelkimaradás) ill. a gyengébb eredmények oka a kis magassági szög is lehet.

Az Eurocontrol hálózatát alkotó állomások mérései alapján az EGNOS rendszer kezdeti eredményei jók, a helymeghatározás a GPS-nél kisebb vízszintes és magassági pozícióhibákkal jellemezhető. Mindez lehetővé teszi az EGNOS alkalmazását a polgári repülés navigációja területén, jelenleg az APV-II megközelítési eljárásig.

Hivatkozások

- Ádám J, Ober B, Rózsa Sz, Szűcs L, Takács B (2004): Sitting Report of the BUTE EGNOS/ESTB station. *Dept. of Geodesy and Surveying*, Budapest University of Technology and Economics, Budapest.
- Kratochvilla K (2004): Európa műholdas helymeghatározó rendszerei: az EGNOS és a Galileo. *Diplomamunka. BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék*, Budapest.
- Ventura-Traveset J (2004): The EGNOS System Architecture Status and Future Plan. *EGNOS Workshop*, Krakow.
- EGNOS News. 4, Issue 1. (2004). ESA EGNOS Project Office.

ALAPPONTMEGHATÁROZÁS RTK-VAL

*Busics György**



Position-fixing of control points with RTK GPS - The RTK GPS technology has been applied for detail surveys and staking for a decade. Nowadays this technology gets wide range use in Hungary as well. The evolution of GPS instruments and the infrastructure raise the question of the application of RTK GPS for control point determination. We have known that positive answer can be given that is based on the experiences of the past and the present. In our study we point out that the control, the redundancy and the clear documentation are also the essential conditions of this technology.

Kulcsszavak: GNSS, RTK, alapponthálózat, alappontsűrítés

Az RTK GPS technológiát egy évtizede kezdték használni a geodéziában részletmérésre és kitűzésre, Magyarországon mostanában kezd szélesebb körben elterjedni a módszer. A GPS műszerek és az infrastruktúra fejlődése felveti azt a jogos kérdést, hogy az RTK alkalmas-e alappontok meghatározására? A múlt és a jelen tapasztalatai alapján erre a kérdésre pozitív válasz adható. Ugyanakkor arra is rámutatunk, hogy az ellenőrzés, a nyomkövetés és a fölös adatok lehetőségét is meg kell teremteni, ezért nem kerülhető el az utófeldolgozás és dokumentálás biztosítása.

Keywords: GNSS, RTK, geodetic network, control point densification

Bevezetés

Az 1990-es évek elejétől kezdődően a GPS bevonult a hazai alappontsűrítésbe és az egyik leggyakrabban alkalmazott technológiává vált. Elsősorban a GPS statikus és gyors statikus mérési módszere került alkalmazásra, erre vonatkozó szakmai szabályzatok is születtek. A GNSS műszer- és szoftvertechnika fejlődésével valamint a GNSS infrastruktúra bővülésével természetes módon vetődik fel a kérdés a felhasználók részéről: alkalmas-e a felkinematikus illetve az RTK GPS mérési módszer alappontsűrítésre? E cikkben erre a kérdésre szeretnénk válaszolni, de a válasz megalapozásához fontosnak tartjuk a múltbeli technológiák tanulságainak és az alappontokkal szembeni feltételrendszernek az áttekintését is. A kérdés megválaszolásában segítenek az RTK alkalmazásával gyűjtött eddigi gyakorlati tapasztalatok.

A technológia változása a múltbeli alappontmeghatározásoknál

A geodéziai alappontmeghatározás technológiája mindig a kor legmagasabb technikai színvonalát követte, a mérés és számítás módszerei a kor technikai színvonalához igazodtak. Ezt az igaznak vélt megállapítást illusztráljuk néhány példával a magyar vízszintes hálózat történetéből.

A ma használatban lévő vízszintes alapponthálózatunk kiépítése a klasszikus iránymérési háromszögelés módszerével indult az 1950-es években, mind a felsőrendű, mind a negyedrendű hálózat vonatkozásában. Ennek az volt az oka, hogy abban az időben a szabatos vízszintes mérés szinte egyetlen mérőeszközként a teodolitot használhatták (néhány alapvonalat mértek csak mérődróttal). A számítás segédeszköze abban az időben a mechanikus számológép volt, ami nem tette lehetővé a nagyméretű hálózatok együttes kiegyenlítését. Ezen a problémán is segített Hazay István ún. domináns pontok módszere, amely fiktív mérések levezetésével kevesebb pontból és adatból álló hálózat számítását kívánta csak meg.

Az 1960-as évek közepén jelentek meg az elektronikus távmérők Magyarországon, amelyek lehetővé tették a negyedrendű alappontmeghatározás tisztán iránymérési technológiájának felváltását a hosszúoldalú sokszögeléssel. A sokszögelés módszerével jobban lehetett igazodni a terep-

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

3. További lehetőség a fölös adatok biztosítására, hogy az RTK mérésből származó koordinátákat földi irány- és távmérésekkel egészítjük ki. A kétféle hálózat közös számítására többféle megoldás alkalmazható, amit a terepi mérési, összelátási körülmények tovább árnyalnak. Alapelveként érdemes figyelembe venni, hogy a kiegészítő földi mérések ne csak ellenőrzésre szolgáljanak, hanem a végleges koordináta-számításban is részt vegyenek. A saját munkaterületünkön példaként a III. számú RTK mérésből kapott EOVS koordinátákat egy vízszintes szabad hálózat előzetes koordinátáinak tekintettük, kiegyenlítettük a földi irány- és távméréseket, így kaptuk meg a vizsgálati pontok végleges koordinátáit. Az összehasonlítás eredményét a IV. táblázat utolsó két oszlopa tartalmazza.

IV. táblázat. A földi hálózathoz viszonyított koordináta-eltérések a 9 vizsgálati pontnál mm egységben, több mérés egyesítése esetén.

pont száma	III. + IV.		RTK+SZFV		RTK+földi	
	dy	dx	dy	dx	dy	dx
1	-1	2	-2	7	0	5
2	2	4	9	15	0	5
3	2	2	-1	10	-1	5
4	3	8	-2	10	-1	6
5	9	8	5	11	-2	6
6	-1	-2	0	6	0	4
7	-2	5	0	2	0	5
8	15	6	2	10	-1	4
9	0	8	1	13	-1	3
absz átlag	4	5	3	10	1	5

Összefoglalás

Az RTK GPS technológia eddigi geodéziai alkalmazása főként részletmérésre és kitűzésre, ritkán mozgásvizsgálatra irányult. Az RTK alappontsűrítési célra való felhasználásához elsősorban a szabatos pontraállást, a fölös adatok biztosítását és a megfelelő dokumentálást kell megoldani. A fölös adatok lehetősége már ma is adott: a meglévő permanens állomások további referenciapontként szolgálnak a saját bázisállomás mellett. Bemutattuk, hogy a fázismérések utófeldolgozásával az eddig megszokott 15-20 km-es bázistávolságoknál lényegesen nagyobb hosszak esetén is elérhető az ún. fix megoldás megfelelő szoftver esetén. A jövőben, az EUPOS program valóra váltásakor, a GNSS infrastruktúra harmadik generációjával a hálózatban történő tényleges valós idejű kiértékelés is megoldható lesz.

Az RTK, mint valós idejű, félkinematikus módszer nagyon rövid idő alatt, viszonylag hosszú vektorok megfelelő pontosságú meghatározását teszi lehetővé, így hatékonyan segítheti az alappontsűrítési munkálatokat is. A technológiához kapcsolódó feltételek meghatározására és a megfelelő szakmai szabályozásra azonban ez esetben is szükség van.

Hivatkozások

- Ádám-Bányai-Borza-Busics-Kenyeres-Krauter-Takács (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Borza T (1996): Az első cm-pontosságú valós idejű kinematikus GPS-technika Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia*, 2, 24-29.
- Bölcsvölgyi F (2003): Az új negyedrendű vízszintes alapponthálózat létrehozása. *Geodézia és Kartográfia*, 11, 12-28.

ABSZOLÚT ANTENNAKALIBRÁLÁSI ADATOK FELHASZNÁLÁSA GEODINAMIKAI HÁLÓZATOKBAN

Rózsa Szabolcs*



Absolute antenna calibration in geodynamic networks - At the processing of GPS geodynamic networks the use of relative antenna phase centre variation (PCV) models is the standard. Different test computations however proved that the application of such antenna PCV models may introduce significant discrepancies in the coordinate time series.

Additionally the set of standard antenna models published by the IGS (International GPS Service) or the NGS (US National Geodetic Survey) do not contain PCV models for antennae equipped with weather dome.

Since the absolute PCV calibration results of several antennae are available we performed test computations in a GPS geodynamic network to assess the error budget of the antenna PCV mismodeling.

The computations proved that the inconsistencies caused by the relative PCV models may reach the 1 cm level in the horizontal coordinate components. Moreover the Trimble weather dome has also a great impact on the derived position. The error in the vertical coordinate component reaches the level of 3,5 cm.

The investigations proved that all of these errors can be significantly reduced by using absolute antenna calibration results.

Keywords: GPS, antenna calibration, geodynamics

A geodinamikai célú GPS mérések feldolgozása során általánosan elfogadott eljárás az ún. standard antennamodellek alkalmazása, amelyek a GPS antennák fáziscentrumának külpontosságát, illetve annak változásait egy-egy antennatípusra állandónak tekintik. A cikkben közölt vizsgálatok arra mutatnak rá, hogy ezeknek az antennamodelleknek az alkalmazása jelentős hibákat okozhat a nagypontosságú GPS technikán alapuló helymeghatározásban.

A nemzetközi IGS szolgálat (International GPS Service) és az amerikai NGS (National Geodetic Survey) által közölt standard antennamodellek geodinamikai hálózatokban történő alkalmazásának azonban van még egy hátránya, nevezetesen az, hogy nem tartalmazzák a permanens állomásoknál gyakran alkalmazott időjárásvédő kupolák hatását.

A jelen cikkben bemutatandó geodinamikai hálózatban lehetőség nyílt mindkét hibahatás vizsgálatára, mivel több antenna abszolút kalibrálási adatai is rendelkezésünkre álltak.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a standard antennamodellek alkalmazása akár 1 cm-es vízszintes koordináta-hibákat is okozhat. A Trimble cég által gyártott kúp alakú időjárásvédő kupola szintén jelentősen befolyásolta a GPS mérésekből meghatározott koordinátákat. A magasság értékében a kupola okozta hiba elérte a 3,5 cm-t.

A vizsgálatok rámutattak, hogy ezek a hibák jelentős mértékben csökkenthetők az abszolút antennakalibrálási adatok felhasználásával.

Kulcsszavak: GPS, antennakalibrálás, geodinamika

Bevezetés

A Rajna-árok felső szakaszának mozgásvizsgáló hálózatában (1. ábra) az ún. kampány-állomások mellett több permanens állomás is szerepel. Ezek a permanens állomások a három szomszédos ország (Franciaország, Németország és Svájc) GPS hálózatainak részei (Németország – SAPOS, Svájc – AGNES, Franciaország – RGP, REGAL). A rendelkezésünkre álló információk alapján a vizsgált területen meglehetősen kis mértékű kéregmozgások várhatók, ezek nagyságrendje nem

*BME Általános-, és Felsőgeodézia Tanszék, BME/MTA Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 1-3.
E-mail: szrozsza@sci.fgt.bme.hu

tes koordinátákban található eltérésekért főként a TRM29659.00 antennák IGS és az abszolút kalibrálási modelljeinek az eltérései a felelősek.

V. táblázat. Koordinátaugrások, amelyeket az abszolút kalibrálási eredmények felhasználása nélkül kellene észlelnünk

	északi	keleti	magassági
KARL	0,0016	0,0005	0,0379
KLOP	-0,0045	-0,0010	0,0348

Összefoglalás

A vizsgálatok kimutatták, hogy a GPS technikával végrehajtott nagy pontosságú helymeghatározás során az időjárásvédő kupolák hatása nem elhanyagolható. A Trimble időjárásvédő kupola főként a magasságra gyakorolt jelentős hatást, amely elérte a 3,5 cm-t.

Az eredmények azt is alátámasztják, hogy nagy pontosságú helymeghatározás során – különös tekintettel a geodinamikai alkalmazásokra – mindenképpen szükséges az abszolút kalibráláson átesett antennák alkalmazása. Rövid távon ugyan biztosítható, hogy az egymást követő kampányok során ugyanazzal a mérőfelszereléssel mérjünk egy-egy ponton, azonban hosszabb távon a műszerek meghibásodása, előregedése elkerülhetetlenné teszi azok lecserélését. Abban az esetben, ha két olyan mérési kampányt hasonlítunk össze, amelyeket más-más antennákkal mértünk, az abszolút kalibrálási eredmények felhasználása nyújt lehetőséget az antennák szabályos hibáinak figyelembevételére.

A vizsgálatok azt is megmutatták, hogy az NGS által publikált TRM22020.00+GP antenna-modell a két vizsgált állomás esetében nem volt megfelelő, annak alkalmazása megközelítőleg 6mm-es hibát okoz a vízszintes koordinátákban. Természetesen a bemutatott vizsgálatok alapján nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy maga a modell hibás-e, vagy pedig a két antennában voltak olyan egyedi gyártási eltérések, amelyek miatt a modellek nem voltak megfelelőek.

A vízszintes koordinátakomponensekben az EUREF által tapasztalt ellentmondások oka elsősorban az újonnan elhelyezett TRM29659.00 antenna IGS modelljének a hibája. A vizsgálatok bebizonyították, hogy ez a két antenna jelentősen eltér a standard antennamodellektől.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy az abszolút antennakalibrálási adatok felhasználása jó alternatívát kínál az empirikus korrekciós paraméterek meghatározására, amelyek az idősorokban tapasztalható koordinátaugrások eltávolítására is felhasználhatók.

Köszönetnyilvánítás

A munka elvégzését az MTA Bolyai János ösztöndíja támogatta.

Hivatkozások

- Ádám J, Bányai L, Borza T, Busics Gy, Kenyeres A, Krauter A, Takács B (2004): Műholdas helymeghatározás, *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Hugentobler U, Schaer S, Fridez P (2001): Bernese GPS Software Version 4.2. *Astronomical Institute, University of Bern*.
- Kenyeres A, Bruyninx C, Carpentier G (2002): Improved velocity estimation based on consistency analysis of the EPN time series. *Physics and Chemistry of the Earth, in press*.
- Langley RB (1998): A primer on GPS antennae. *GPS World*, 9, July, 50-54.
- Menge F, Böder V, Seeber G, Schmitz M (2001): Absolutkalibrierung: Aktueller Stand und spezielle Anwendungen. In: Campbell, J., Görres, B (Eds.), 3. *GPS-Antennen Workshop 2001. Geodaetisches Institut, Rheinische Friedrich Wilhelms Universität, Bonn*.
- Rózsa Sz, Mayer M, Westerhaus M, Seitz K, Heck B (2005): Towards the determination of displacements in the Upper Rhine Graben area using GPS measurements and precise antenna modelling. *Quaternary Science Reviews. Accepted for publication. Elsevier*.
- Springer TA (1999): Modelling and validating orbits and clocks using the GPS. *Dissertation, Astronomical Institute, University of Berne, Bern*.
- Stüger R (2002): Személyes kommunikáció.
- Wübena G, Schmitz M, Menge F, Böder V, Seeber G (2000): Automated field calibration of GPS antennas in real-time. *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS*, Sept. 19-22, Salt Lake City, UT.

JAVÍTOTT VALÓS IDEJŰ HELYMEGHATÁROZÁS INTERNETEN KERESZTŰL

Horváth Tamás*



Enhanced real-time positioning via the Internet - Hundreds of European GNSS reference stations transmit information via the Internet to a dynamically growing number of users. The success of this transmission approach lies in its simplicity, a couple of high capacity computers enable tens of thousands of users to access cheap real-time corrections. Since April 2004 such an Internet GNSS server is operating in Hungary broadcasting permanent station data of the Hungarian gpsnet.hu network. The paper gives an overview of the development of ground based augmentation systems, the status of the Hungarian infrastructure and its future potential.

Keywords: GNSS reference station networks, Internet, GPRS, Network RTK

Európa több száz műholdas referenciaállomása továbbítja GNSS információt az Interneten keresztül, egyre szélesebb felhasználói kör számára. A módszer sikere egyszerűségében van, néhány nagy kapacitású számítógép lehetővé teszi, hogy felhasználók tízezrei jussanak olcsón valós idejű korrekciókhoz. 2004 áprilisa óta Magyarországon is működik ilyen Internetes GNSS-szerver, mely a hazai permanensállomás-hálózat adatait továbbítja. A dolgozat bemutatja a műholdas rendszerek földi kiegészítő rendszereinek fejlődését, a hazai infrastruktúra helyzetét és további lehetőségeit.

Kulcsszavak: GNSS hálózatok, Internet, GPRS, hálózati RTK

Bevezetés

Az európai permanens GNSS (*Global Navigation Satellite System*; az amerikai GPS, az orosz GLONASS és a fejlesztés alatt álló európai Galileo navigációs műholdrendszerek gyűjtőneve) hálózatok fejlődése az elmúlt öt évben jelentősen felgyorsult. Nyugat-Európában már évek óta folyamatosan üzemelő referenciaállomások százai működnek. A számítóközpontokban hálózat-kiegénylítő szoftverekkel együttesen dolgozzák fel az állomásokról bejövő adatokat, aminek köszönhetően nagy területeken egyetlen GNSS vevővel is elérhetővé válik a homogén, geodéziai pontosságú, valós idejű helymeghatározás. A közép- és kelet-európai régió országai (köztük Magyarország) 4-5 éves lemaradással most próbálnak felzárkózni a nyugati fejlettségi színvonalhoz. Számunkra nagy előnyt jelent, hogy kiforrott technológiai megoldásokat vehetünk át, így elkerülhetjük a fejlesztési szakasz néhány zsákutcáját. Ismeretes, hogy Nyugat-Európában a kiépült hálózatok egymással gyakran nem kompatibilisek. A szoftvergyártó cégek versengése nyomán több megoldás is született, de ezek egyikét sem fogadták még el nemzetközi szabványként. Közép- és Kelet-Európa országai német vezetés mellett összefogtak, hogy a nyugati példákra okulva létrehozzanak egy egységes, országokon átívelő rendszert, ahol szabványos eljárások biztosítják majd az átjárhatóságot.

A dolgozatban bemutatjuk a műholdas alaphálózatok fejlődési folyamatát, a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) Koszmikus Geodéziai Observatóriumában (KGO) folyó GNSS hálózatfejlesztési munkálatok jelenlegi helyzetét és az ott alkalmazott technológiát. Eredményekkel érzékeltetjük a jelenlegi szolgáltatásokkal elérhető helymeghatározási minőséget, végül áttekintést adunk a közeljövő feladatairól és a várható fejlesztésekről.

A múlt – passzív GNSS-hálózatok (első generációs hálózatok)

Az egyetlen GNSS-vevővel végrehajtott abszolút helymeghatározás minősége (pontossága, megbízhatósága és rendelkezésre állása) széles felhasználói rétegek igényeit már nem elégíti ki. Jobb minőségű helymeghatározást relatív mérési módszerrel lehet elérni, ehhez azonban referenciapontokra

*FÖMI-KGO, 1592 Budapest, Pf. 585.
E-mail: Horvath@sgo.fomi.hu

Összefoglalás

A dolgozatban ismertettük a GNSS referenciaállomás-hálózatok fejlődését, elsősorban a hazai rendszer példáján keresztül. Bemutattuk, hogy a magyar GNSS-hálózat jelenlegi kiépítettsége mellett már országos szinten biztosítja a méternél kedvezőbb pontosságú helymeghatározást, az állomások közelében pedig akár a néhány centiméteres pontosságot is. Ismertettük az Európában egyre inkább elterjedő és a KGO-ban is bevezetett, Interneten keresztül végrehajtott GNSS korrekció-továbbítás műszaki hátterét. Átfogó képet adtunk azokról a mobil kommunikációs lehetőségekről, melyek a növekvő igények mellett is biztosíthatják a korrekciók zavartalan eljuttatását a felhasználókhoz. Távlati áttekintést adtunk a néhány éven belül elérhető szolgáltatásokról és a penci obszervatórium munkatársaira ezen a téren váró feladatokról.

Köszönetnyilvánítás

A szerző szeretné megköszönni a GKM GVOP-3.1.1.-2004-04-0001/3.0 program és a MŰI TP145-ös projekt támogatását, amely elősegíti a magyarországi GNSS referenciaállomás-hálózat kiépítését és a penci obszervatóriumban végzett kutatómunkát.

Hivatkozások

- Gebhard H, Weber G** (2003): Networked Transport of RTCM via Internet Protocol. Ntrip, Version 1.0, Design – Protocol – Software, Part I & II, *Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)*, Frankfurt, Németország.
- Wübbena G, Bage A** (2002): RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP. Version 1.0, *Geo++® White Paper*, 01, Garbsen, Németország.

AZ ERZSÉBET HÍD MOZGÁSVIZSGÁLATA GPS-TECHNIKÁVAL

Takács Bence*



Deformation analysis of the Erzsébet Bridge using GPS technique - During the last decades it was proved several times, that the Global Positioning System operated by the U.S. Department of Defense can be successfully applied in many areas of geodesy. This paper presents our first results in deformation analysis of bridges. This work may be considered as a pioneer investigation in Hungary, since according to our best knowledge no one else used the GPS technique so far for the same purpose. In this paper we intend to determine the magnitude of height differences of the bridge structure caused by seasonal temperature variations and momentary loading (caused by the traffic); furthermore we provide possible ways to measure these deformations using GPS-techniques.

Keywords: bridge, deformation analysis, GPS, accuracy

Az elmúlt évtizedek bebizonyították, hogy a GPS (Global Positioning System), az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által üzemeltetett globális navigációs műholdrendszer a geodézia számos területén sikerrel alkalmazható. Tanulmányunkban a hidak mozgásvizsgálatának területén végzett eddigi eredményeinket mutatjuk be. Mindez Magyarországon „úttörő” munkának tekinthető, hiszen tudomásunk szerint hasonló feladatok megoldására más idehaza még nem alkalmazta a GPS-technikát. Tanulmányunk választ ad többek között arra a kérdésre, hogy az Erzsébet híd esetében az évszakos hőmérsékletváltozás, vagy a pillanatnyi terhelés (pl. a hídon átbogó autóbuszok) mekkora lehajlásokat okoz, illetve mindezt hogyan lehet GPS-technikával megmérni.

Kulcsszavak: híd, mozgásvizsgálat, GPS, pontosság

Bevezetés

Hidak mozgásvizsgálatával évtizedek óta foglalkoznak a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének, valamint elődintézményeinek munkatársai. A számos értékes vizsgálat közül kiemelkednek az Erzsébet híd próbaterhelése kapcsán végzett mérések. A geodéziai és fotogrammetriai mérések eredményei meggyőző összhangban mutatták, hogy a hőmérsékletváltozás következményeként a pályaszerkezet magasságában jelentős, deciméter nagyságrendű elmozdulások várhatóak. A próbaterhelések alkalmával néhány napi rendszeres mérés elvégzésével meghatározták a napi hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező függőleges elmozdulást, de tudomásunk szerint hosszabb periódusban még senki nem vizsgálta az Erzsébet híd mozgását.

A vizsgálatok legfőbb nehézsége, hogy a hőmérsékletváltozás és a forgalom hatása együtt jelentkezik és a rendelkezésre álló mérési módszerekkel a két hatás nem választható szét egyértelműen. Egy autóbusz áthaladására a pályaszerkezet néhány perc alatt lefutó, jónéhány cm-es lehajlással „válaszol”. Mivel egyszerre több hasonló hatás érvényesül, ezért a mozgások igen bonyolult egymásra halmozódását kell meghatározni. Az ilyen feladat csak automatizált és legalább 10 Hz-es mintavételezési gyakorisággal eredményt biztosító mérési módszerrel oldható meg. Könnyen belátható, hogy a hagyományos geodéziai módszerek (szintezés, trigonometriai magasságmérés stb.) erre nem alkalmasak. A GPS-technika megfelel a feltételeknek, nehézséget okoz viszont, hogy a kinematikus mérésekkel elérhető pontosság (különösen magassági értelemben) legjobb esetben is csak néhány cm.

A szakirodalomban számos hasonló feladatról, megoldásról olvashatunk. A közelmúltban épített, esetenként 1 km-nél is hosszabb tenger feletti kábelhidak vizsgálatához folyamatos GPS-méréseket végeznek. A rendszer valós időben szolgáltatja a hidak mérésre kijelölt pontjainak térbeli koordinátáit, így folyamatosan kimutatható a különböző terhelések (szél, hőmérséklet, forgalom)

*BME ÁFGT, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
E-mail: bence@agt.bme.hu

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott kutatásokat a Magyar Úrkatatási Iroda a TP204 számú témapályázat és az OTKA a T43382 számú pályázat keretében támogatta, a támogatásért ezúttal is köszönetet mondunk. A cikkben bemutatott mérések elvégzésében és feldolgozásában több egyetemi hallgató (elsősorban Mnyerczán András, Szeverényi Nikolett és Rác Zoltán) vett részt.

Hivatkozások

- Adám-Bányai-Borza-Busics-Kenyeres-Krauter-Takács** (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Hajós B** (1999): Az Erzsébet híd hőmérsékletváltozás okozta mozgásának vizsgálata. *Tudományos Diákköri Dolgozat*, BME.
- Tsakiri M, Leikidis V, Stewart M** (2001): GPS for monitoring cable-stayed bridges in seismic areas. Presented at the „*Vistas for Geodesy in the New Millennium*” IAG Scientific Assembly, Budapest, Hungary, 2-7 September.
- Wong K, Man K, Chan W** (2001): Monitoring Hong Kong's Bridges. *GPS World*, 12; 7, 10-18.

A SOPRONI KECSKE TEMPLOM MOZGÁSVIZSGÁLATA FOLYAMATOS DŐLÉSMÉRÉSEL

Mentes Gyula*



Investigation of the movements of the church Kecské by continuous tilt measurements in Sopron - There are new requirements in the engineering surveying to carry out the health monitoring of objects without disturbing their operation. This paper shows that in some cases natural signals (e.g. wind, sunshine, Earth tide, etc.) can be used for movements and deformation investigations of objects as input signals. As test object the church Kecské in Sopron, Hungary was used.

Keywords: building, deformation, tiltmeter, cyclic movements, Earth tides

A mérnökgeodéziai mérés technikában új követelmény, hogy a különböző építmények „egészség monitorozását” az objektum funkciójának zavarása nélkül végezzék el. Ez a cikk azt mutatja be, hogy néhány esetben természetes jelek (pl. szél, napsütés, árapály, stb.) használhatók bemeneti jelként létesítmények mozgásának és deformációjának vizsgálatához. A tesztméréseket a soproni Kecské templomban végeztük.

Kulcsszavak: épület, deformáció, dőlésmérő, ciklikus mozgás, árapály

Bevezetés

A mérnökgeodéziában az utóbbi években megnőtt az igény olyan új vizsgálati módszerek kidolgozására, amelyek segítségével épületek, hidak, ill. egyéb ipari létesítmények „egészségi állapotának” felmérése a vizsgált objektum működésének akadályoztatása nélkül legyen lehetséges. Ilyen követelmény, hogy egy híd terhelési próbája a forgalom zavarása nélkül történhessen meg. Ehhez hidak esetében, pl. olyan módszert szeretnének kidolgozni, melynek segítségével a forgalom által létrehozott rezgéseket az egyes szerkezeti elemeken rendszeres időközönként regisztrálva, a „rezgéskép” megváltozásából lehet következtetni az egyes elemek teherbíró képességének megváltozására. A teljes Európai Uniót átfogó SAMCO kutatási projekt célja olyan módszerek kidolgozása, melynek során természetes (pl. szél, mikro szeizmikus rezgések, stb.), ill. mesterséges gerjesztő jelek felhasználásával lehet az objektumok vizsgálatát, azok funkciójának zavarása nélkül elvégezni. E program, valamint egy korábbi német-magyar tudományos együttműködés keretében az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet a soproni TV-toronymnál végzett vizsgálatokat, annak megállapítása céljából, hogy miképp mozog és deformálódik a torony napsugárzás, szél, mikro szeizmikus rezgések, ill. földrengések hatására. E mérések során vizsgáltuk a torony és a talajmozgások közötti kapcsolatot is. Ez utóbbi kutatás az objektumok földrengésbiztonsága szempontjából alapvető fontosságú (Mentes és Fabian, 2001a, 2001b, Mentés 2002a).

A TV torony ciklikus mozgását vizsgálva, kiderült, hogy a frekvenciaspektrum tartalmazza az árapály-hullámokat is (Mentes 2004a, 2004b) (www.fig.net/nottingham/technical_programme.htm) (www.fig.net/pub/bratislava). Ez a későbbiekben lehetőséget adna a torony szerkezeti állapotának rendszeres vizsgálatára, mivel az árapályhullámok csillagászati adatokból nagy pontossággal meghatározhatók, így a vizsgálatához szükséges gerjesztőjel mindig ismert. Mivel a TV torony 175 m magas és gneisz kőzetre épült, ezért az árapályhullámok megjelenése a spektrumban várható volt. Ennek megállapítása céljából, hogy a módszer esetleg kisebb, üledékre épített objektumok esetében is alkalmazható-e, a soproni Kecské templomnál folytattunk dőlésmérővel vizsgálatokat. Itt 2001. május 22. és 2003. január 6. között végeztünk folyamatos dőlésmérést, hogy megállapítsuk egy falrepedés okát (Mentes 2002b). Az adatsor hossza lehetővé tette a templom ciklikus mozgásainak vizsgálatát egy olyan széles frekvenciasávban, amely a mikro szeizmikus rezgésektől az éves periódusig terjed.

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

Összefoglalás

A kapott eredmények azt mutatják, hogy nagy objektumok állapotának rendszeres ellenőrzéséhez természetes gerjesztő jelként napsugárzás, hőmérséklet, szél, mikro szeizmikus rezgések, néha föld-rengések és egyes speciális esetekben a szilárd Föld árapálya is felhasználható (Mentes 2004a, 2004b). Ez utóbbi azért nagy jelentőségű, mivel állandóan jelenlevő bemeneti jellről van szó, továbbá az elméleti árapály-hullámok könnyen meghatározhatók egy adott koordinátájú pontban. Ha a dőlés-méréseket kiegészítjük a környezeti paraméterek (hőmérséklet, légnyomás, szélesség, stb.) teljeskörű mérésével, akkor ezek a hatások korrekcióba vehetők és az árapály-hullámok amplitúdói pontosabban határozhatók meg. Ugyanakkor a környezeti paraméterek is felhasználhatók bemeneti jelként az épület mozgásainak vizsgálatához. A SAMCO nevű EU projekt keretében átfogó kutatás folyik abból a célból, hogy hogyan lehet az egyes természetes gerjesztőjelek esetében az objektum mozgásaiból, deformációjából, egyszerűen válaszából az egyes szerkezeti elemek hibájára következtetni. Ez a következő évek egyik fő feladata lesz a mérnökgeodéziában, mivel egyre nagyobb az igény objektumok (toronyok, hidak, nagy építmények, veszélyes létesítmények, stb.) egészségi állapotának felmérésére azok funkciójának zavarása nélkül.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a T046264 számú OTKA és a G1RT-CT-2001-05040 számú SAMCO EU projektek támogatásával készült.

Hivatkozások

- Mentes Gy, Fabian M** (2001a): Investigation of motions due to mechanical coupling between ground and the TV tower at Sopron, Hungary. In: Zhenglu, Z., Retscher, G., Guo, J. (Eds.): *Proceedings of the IAG Workshop on Monitoring of Constructions and Local Geodynamic Processes*, Wuhan, China, May 22-24, 56-62.
- Mentes Gy, Fabian M** (2001b): Investigation of ground and object motions at the TV tower in Sopron, Hungary. *Acta Geod. Geoph. Hung.* 36; 4, 391-398.
- Mentes Gy** (2002a): Monitoring of Building and Related Ground Motions by Tiltmeters. In: Kahmen, H., Niemeier, W., Retscher, G. (Eds.): *Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II.*, Department of Applied and Engineering Geodesy, Institute of Geodesy and Geophysics, *Vienna University of Technology*, Vienna, Austria, 18-26.
- Mentes Gy** (2002b): Monitoring Building Motions by Tiltmeters. In: Kopáčik, A., Kyrinovič, P. (Eds): *Proceedings of the 2nd International Conference of Engineering Surveying INGENEO 2002*, *Slovak University of Technology*, Bratislava, 217-224.
- Mentes Gy** (2004a): Measurement and Analysis of Cyclic Deformations and Movements of the TV Tower in Sopron. 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering. Workshop on Measurements and Analysis of Cyclic Deformations and Structural Vibrations. *University of Nottingham*, Nottingham, United Kingdom, 28 June – 1 July 2004. CD, International Federation of Surveyors, Frederiksberg, Denmark (ISBN 87-90907-35-3), TS8. 2, 1-13.
- Mentes Gy** (2004b): Health Monitoring of Structures Using Natural Effects as Excitation Signal. *Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Surveying and FIG Regional Conference for Central and Eastern Europe INGENEO* November 11-13, Bratislava, Slovakia, CD, International Federation of Surveyors, Frederiksberg, Denmark (ISBN 87-90907-34-5), TS5 1-9.
- Wenzel HG** (1996): The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 124, 9425-9439.

AZ MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓ INTÉZET EXTENZOMÉTEREKSEL VÉGGZETT VIZSGÁLATAI

*Eperné Pápai Ildikó**



Extensometric measurements carried out by the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian academy of Sciences - The paper briefly demonstrates the extensometric network installed in the Pannonian Basin and gives the main parameters of the instruments. On the examples of extensometric data measured at the Geodynamical Observatory in Sopronbánfalva and in the uranium mine in Pécs the paper shows that the rates of the tectonic movements are not constant in the time series available up to now. Therefore a reliable estimation of the rates of the movements can only be made on the base of long data series.

Keywords: extensometer, tectonics, Earth tide, Pannonian Basin

A cikk röviden bemutatja a Pannon-medencébe telepített extenzométeres hálózatot és megadja a műszerek paramétereit. A tanulmány a Sopronbánfalvi Geodinamikai Observatóriumban és a pécsi uránbányában mért adatok alapján megmutatja, hogy az extenzométeres mérések alapján meghatározott tektonikai mozgások sebessége nem állandó, időről-időre változhat. Ezért a mozgási sebességek megbízható becslése csak hosszú regisztrálási idősorok alapján végezhető el.

Kulcsszavak: extenzométer, tektonika, földi árapály, Pannon-medence

Bevezetés

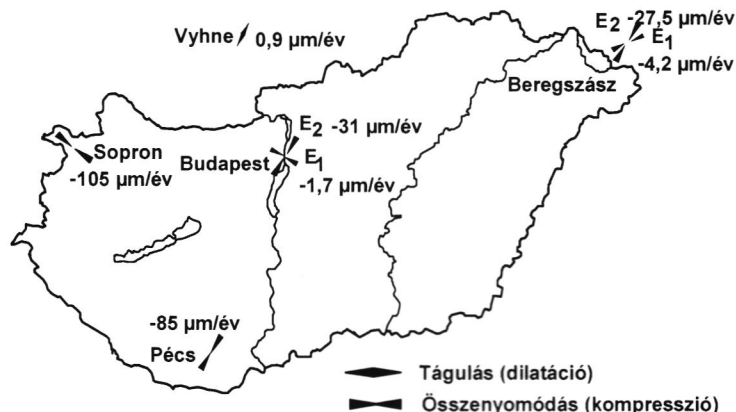
A geodinamika céljai közé tartozik a szilárd földkéreg deformációinak meghatározása. E deformációk közül kiemelkedő fontosságúak a szilárd föld árapálya, valamint a tektonikai mozgások által okozott deformációk. Az előbbiekből a Föld első szerkezetére lehet következtetni, mivel a csillagászati adatokból nagypontossággal meghatározható árapály erők hatására a földkéreg a Föld első szerkezetétől függően válaszol. A lokális és regionális tektonikai mozgások vizsgálata egyrészt a földrengések keletkezési okainak kutatásában játszik nagy szerepet, másrészt a mindennapi életben pl. veszélyes ipari létesítmények helyének kijelölésekor nyújthat fontos földtani információkat. Geodinamikai deformációvizsgálatok céljából a Pannon-medencét mintegy körülölelve hat ponton valósult meg extenzométerekkel történő regisztrálás.

Extenzométeres hálózat a Pannon-medencében

A szilárd földkéreg deformációinak és a földárapály vizsgálata céljából az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet (GGKI) Sopronbánfalvi Geodinamikai Observatóriumban 1971-től folyamatos dőlésmérések folytak egy Tomascsek-Ellenberger, majd a Belga Királyi Observatóriummal együttműködve egy Verbaandert-Melchior-féle kvarc ingapárral. 1975-től az intézetben kifejlesztett kapacitív érzékelésű, fémszálalás horizontális ingapárral történtek mérések (Mentes 1979, 1985). Mivel ezek a műszerek nagyon érzékenyek a lokális hatásokra, 1990-ben a moszkvai Földfizikai Intézettel közösen egy 22 m hosszú kvarccsöves extenzométer telepítésre került sor az obszervatóriumban (Mentes 1991) és megszűnt a horizontális ingákkal való regisztrálás. Hasonló extenzométert telepített az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet a budapesti Mátyáshegyi Observatóriumban 1980 tavaszán (Latinina et al. 1984), majd egy második extenzométer telepítésére került sor a 80-as évek végén (Varga, és Varga 1991). Ezek a műszerek is a moszkvai Földfizikai Intézettel együttműködve készültek. A Szlovák Tudományos Akadémia Földfizikai Kutatóintézete 1984-ben Vyhne-ben létesített extenzométeres állomást, szintén a moszkvai Földfizikai Intézettel közösen (Brimich 1988). Az eddig említett extenzométerek még fotoelektromos regisztrálóval működtek. A GGKI-ban Mentes (1991)

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

mindenütt csak a mért adatsorok időtartamára érvényesek, ezért a korábban megadott értékek (pl. *Mentes 1997, 2001*) az új adatoknak megfelelően változtak.



7. ábra. A Pannon-medencében mért tektonikai elmozdulások sebességei és irányjai

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány az OTKA T046264 számú kutatási pályázat keretében készült

Hivatkozások

- Brimich L** (1988): Extensometric measurements at the Vyhne tidal station. *Contributions of the Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences*, 18, 58-62.
- Eper IP, Mentés Gy** (1999): Results of Extensometric Tidal Measurements at the Sopron Station. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 131, 10201-10206.
- Eper IP, Mentés Gy** (2002): The effect of atmospheric pressure on strain measurement at the Sopron Observatory, Hungary. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 137, 10901-10906.
- Latinina LA, Szabó Gy, Varga P** (1984): Observations of the deformation of the Earth' crust in the Mátyáshegy cave near Budapest. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 19; 197-205.
- Mentes Gy** (1979): Development of horizontal pendulum recordings. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 14; 1-2, 101-109.
- Mentes Gy** (1985): Horizontal pendulum with electrical recording. *Bulletin Géodésique*, 59; 1, 94-102.
- Mentes Gy** (1991): Installation of a quartz tube extensometer at the Sopron Observatory. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 110, 7936-7939.
- Mentes Gy** (1995a): In-situ calibration of quartz tube extensometers. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 121, 9070-9075.
- Mentes Gy** (1995b): High Precision Calibration of Quartz Tube Extensometers. *Proceedings of the Twelfth International Symposium on Earth Tides* (ed. H. T. Hsu), Science Press, Beijing, New York, 209-214.
- Mentes Gy, Brimich L** (1996): Calibration of quartz-tube extensometer at the Vyhne tidal station. *Contributions of the Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences*, 26, 85-92.
- Mentes Gy** (1997): Folyamatos mérési módszerek geodinamikai, környezeti és ipari deformációk megfigyelésére. MTA doktori értekezés, Sopron (*Magyar Tudományos Akadémia*), 173 p.
- Mentes Gy** (1999): Extenzométeres adatok megbízhatóságának növelése a műszerek egységes kalibrálásával. MTA FKK Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron, *Geomatikai Közlemények* 1, 11-20.
- Mentes Gy, Berta Zs** (1997): First results of the extensometric measurements in South Hungary. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 127, 9744-9749.
- Mentes Gy** (2000): Geodinamikai mérőállomás, 3D extenzométer. Kiviteli terv és az elkészült mérőállomás felépítése. *Kutatási jelentés a Mecsekérc Rt. részére*, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron, p. 29.
- Mentes Gy** (2001): Results of Extensometric Measurements at the Sopron and Pécs Stations in Hungary. *Journal of Geodetic Society of Japan*, 47; 1, 101-106.
- Varga P, Varga T** (1991): A study of the nature of the drift curves recorded with different quartz tube extensometers. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 110, 8027-8030.
- Varga P, Varga T** (1994): Recent horizontal deformation of the Pannonian basin measured with extensometers. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 29; 1-2, 57-80.
- Varga T, Latinina LA, Brimich L, Mentés Gy, Katona Gy, Varga P** (1993): Study of the extensometric records in non-tidal frequency domain. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 116, 8537-8545.
- Wenzel HG** (1996): The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30. *Marees Terrestres Bulletin d'Informations*, 124, 9425-9439.

DUNAFÖLDVÁRI FÖLDCSUSZAMLÁSOK MECHANIZMUSÁNAK TANULMÁNYOZÁSA A GEODÉZIAI MOZGÁSVIZSGÁLATI MÉRÉSEK ÉRTELMEZÉSE CÉLJÁBÓL

Szócs Vilma Éva *



Studying landslide mechanism of Dunaföldvár in order to interpret geodetic movement measurements - A test site was established in Dunaföldvár, Hungary for landslide movements monitoring. There is continuous borehole tiltmeter measurement in the loess wall and repeated geodetic measurements are carried out on the area (GPS, geodetic levelling and gravity measurements). This article presents the investigated loess wall's detailed structure and geological characteristics.

Keywords: Dunaföldvár, segmental landslide, loess fall, loess wall

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének Dunaföldváron létesített geodéziai mérőhálózata a földcsuszamlások vizsgálatára irányul. Az itt elhelyezett két fúróluk-dőlésmérő segítségével folyamatosan történik a partfal mozgásának vizsgálata. Ezek mellett periodikusan GPS, szabatos szintezés és gravimetriai méréseket is végeznek. Ez a cikk a partfal részletes szerkezetét és geológiai jellemzőit mutatja be, amelyek a mérési eredmények értelmezése céljából szükségesek.

Kulcsszavak: Dunaföldvár, szeletes földcsuszamlás, löszomlás, löszmagaspart

Bevezetés

A földcsuszamlások az utóbbi évtizedekben Magyarországon is jelentős környezeti károkat okoztak. Dunaföldváron az utolsó nagy földcsuszamlás az 1994-ben bekövetkezett Felső Öreghegyi löszomlás volt, amely ugyan nem okozott nagy jelentőségű károkat, de ennek ellenére felhívta a szakemberek figyelmét a partfal instabilitásából adódó veszélyekre az adott lakóterületekre vonatkozóan. Ennek következtében sok tanulmány készült, amelyek a partfal vizsgálatára és stabilizálásának a megoldására irányultak. Ezen tanulmányok alapján készült ez a dolgozat, összegezve és értékelve a partfalnak azokat a szerkezeti adottságait, amelyek a mozgásvizsgálati eredmények értelmezéséhez szükségesek.

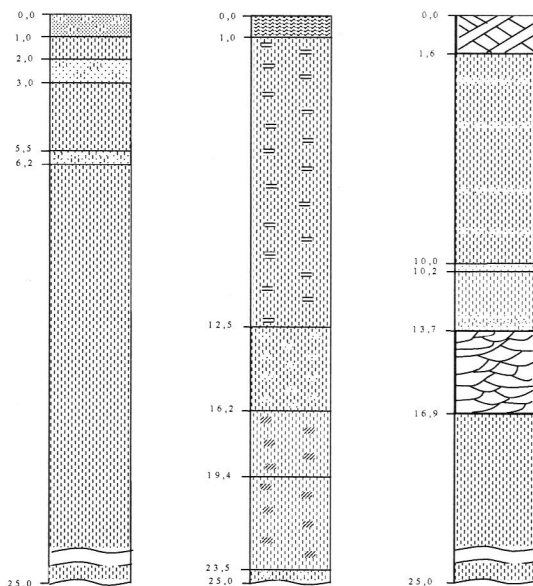
A Dunaföldvári magaspartok áttekintő ismertetése

A Dunaföldvári magaspartszakaszt északról a Baracsi patak völgye, délről a Bölskei-Madocsi süllyedék határolja. 1. ábra, amely kb. 15-25 m magasságú partfal. Ez a partfalszakasz a dunaföldvári hídig tart fokozatosan emelkedve.

A partfal legmagasabb része a Duna hídtól D-re az Alsó-Öreghegy, amely a Duna szintje fölé függőleges partfallal emelkedik kb. 50-60 m. Az Alsó-Öreghegyi vonulatrészlet után a part fokozatosan lealacsonyodik és kb. 30 cm magasságra csökken. A vizsgált partfal a Duna-hídtól északra 15-20 m magas és nagyon meredek.

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

A partfal szerkezetének pontosabb ismerete céljából a Pyrus Kft. és a Magyar Állami Földtani Intézet 1994-ben leírt földtani és geofizikai rétegsorait értékeltem, amelyet 1994-ben a löszomlás helyén feltárás során leírt rétegsorral hasonlítottam össze. A rétegsorokat a 10. ábra mutatja be.



10. ábra. Felső Öreghegyi partfalon leírt fúrások, balról jobbra haladva földtani, geofizikai és a feltárás során leírt rétegsorok

Az első rétegsor a földtani fúrás egy részletéből van, a második a geofizikai fúrások egy része 25 m mélységig, a harmadik pedig a feltárás során leírt rétegsor szintén a felszíntől számított 25 m mélységig, azaz a partfal talpontjáig. A három rétegsoron jól látható a partfal szerkezete, a betelepült homok lencsékkel, amelyek a löszképződés során eolikus úton települtek be. A homoklencsék a Duna irányába vastagodnak, ezt bizonyítja az is, hogy a geofizikai fúrások során az adott fúrástól távolabbi fúrásban nem jelentkezik egyáltalán a homokos szerkezetű összlet. A 2. és 3. rétegsorban 13,5-16,9 és 12,5-16,2 m mélységekben található összletek a homokos kőzetliszt és a közép, durva szemű homok

Összefoglalás

A Dunaföldvári partfal szerkezetében jelentős szerepük van a betelepült homokrétegeknek a mozgások kialakulásánál. A partfal szerkezetének még pontosabb megismeréséhez, nagy pontosságú geofizikai méréseket kellene végezni, mivel a geofizikai rétegsor bizonyult a legponosabbnak és a legmegbízhatóbbnak, szemben a földtani fúrás során kapott rétegsorral. A partfal szerkezetének pontos ismerete segít egy nagy pontosságú geodéziai mérő, megfigyelő hálózat kialakításában és a mérési eredmények értelmezésében.

Hivatkozások

- Horváth Zs és Scheuer Gy (1976): A Dunaföldvári partrogyás mérnökgeológiai vizsgálata. *Földtani Közöny* 106, 425-440.
- Karácsony S és Scheuer Gy (1972): A dunai magaspártok vízföldtani sajátosságai. *Hidrológiai Közöny* 52; 9, 375-383.
- Scheuer Gy (1979): A dunai magaspártok mérnökgeológiai vizsgálata. *Földtani Közöny* 109, 230-254.
- GeoTeszt Kft. (1994): Előzetes helyzetfelmérés a dunaföldvári löszpartomlások veszélyelhárítási munkálataihoz. *Budapest*.
- Pyrus Kft. (1994): Részletes geotechnikai vizsgálat a dunaföldvári löszmagaspárt Hősök tere 20-21. sz. ingatlanok mögötti szakaszára. *Budapest*.
- Mentes Gy (2004). Landslide monitoring by borehole tiltmeters in Dunaföldvár. In: Gy. Mentés, I. Eperné (Eds): Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary. *Geodetic and Geophysical research Institute of Hungarian Academy of Sciences, Sopron*, 67-76.

GEODÉZIAI MÓDSZEREK EGYIPTOMBAN A BIR-MINIHI ÁSATÁSON

Gregori Ákos, Szűcs László*



Surveying Methodes At The Excavation Of Bir-Minih In Egypt - The ancient settlement of Bir-Minih is located in the Eastern-Desert of Egypt. The professor of the Egyptology Department of the Eötvös Lóránd Science University carries on an excavation with his team at that scene since 1998. From the year 2001 he also invited two surveyors to the members of his expedition, whose task was to map the territory. The following article is to summarize the measurements and the given results.

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

Egyiptomban a Keleti-sivatagban található Bir-Minih, egy az ókorban lakott település. Az ELTE Egyiptológia Tanszékének professzora és csapata 1998 óta folytat ásásokat a helyszínen. A 2001-es évtől két földmérőt is meghívott az expedíció tagjai közé, akiknek a feladata a terület térképezése volt. A cikk összefoglalja az eddig történt méréseket és a kapott eredményeket.

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

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, ezért a régészek magában a leletben, mint tárgyban hordozott információból egyéb, következtetett információkat nyerhetnek. Ezek alapján könnyen belátható, hogy a régészeti munka alapja - a többi terepi munkához hasonlóan – a térkép.

2001 áprilisában az ELTE Egyiptológia Tanszéke régészeti munkához két földmérőt keresett. Felvettük a kapcsolatot Dr. Ulrich Luft professzor úrral, az ásítás vezetőjével. A megbeszéléseken képet kaptunk az egyiptomi tartózkodás körülményeiről, az utazásokról, a helyszínről és az elvégzendő feladatokról. Azóta háromszor dolgoztunk az ásítás helyszínén. A 2002-es ásításon az egyiptomi hatóságok késedelmes engedélyeztetési eljárása miatt magát a terület térképezését nem tudtuk végezni, így a jelenleg elkészült térkép csak a 2001-es és a 2003-as térképezési munkán alapul.

(Ulrich 2000a, (<http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2000/0018/szikla/szikla.html>) 2000b, 2001 (http://www.mhk.hu/eltu/g_hireink5608.html#320))

Az médiában számos helyen található tanulmányok, hírek Egyiptomban zajló ásításokról, ahol GPS-t használnak. Főleg nagy kiterjedésű régészeti objektumok, területek (pl. Tell-El-Amarna) feltárásánál vették nagy hasznát. Tudomásunk szerint magyar expedíció eddig még nem használt GPS-t a saját ásítási munkájánál. A távoli ásításoknál megkülönböztetett szerepe van a műszerezettségnek, hiszen a sivatag közepén semmiféle támpontunk nincs, amihez a felméréseinket köthetnénk.

Az ásítás helyszíne és az elvégzendő feladatok

Az ásítás az egyiptomi Arab-sivatagban (más néven Keleti-sivatagban) zajlik (*I.ábra*). Az Arab-sivatag nem a szokásos homoksivatagok képét mutatja, hanem kősvatag. A táj mindenhol hegyekkel, óriási sziklakkal, nagy völgyekkel szabdal, szinte teljesen növényzet nélküli. A völgyek talaja az esők alkalmával a hegyekből hirtelen lezúduló víz által szállított színes kavicsokból áll, amely leginkább a száraz sóderrre emlékeztet.

*SZIE YMMF, 1146 Budapest, Thököly út. 74.

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

kalmazott mérési eljárások nem nyújtanak centiméteres pontosságot. Erre azonban nincs is szükség. Az objektumok vagy objektum csoportok térképen való elhelyezéséhez elegendő a GPS-szel mért abszolút helymeghatározás néhány méteres pontossága.

A felhasznált navigációs GPS-műszer a mérések szinte minden területén alkalmazható volt. A négyzöghálózatok és tahimetriai felmérések esetében a hálózati kezdőpont vagy a műszerállás-pont koordinátáit határoztuk meg vele. A térképezés folyamán a terület jellegét meghatározó pontok bemérését is elvégeztük a műszerrel. Az abszolút helymeghatározás magassági értelemben nagy hibával terhelt, ami számunkra sem volt már elfogadható, ezért a magasságokat a GPS-vevőbe beépített barométeres magasságmérővel határoztuk meg. GPS-vevő nélkül, hagyományos mérési eljárásokkal a terület térképezése csak nagyon nagy anyagi ráfordítással lett volna megoldható, amit az expedíció költségvetése sajnos finanszírozni nem tud.

A térképezési munka 2003-ban sem fejeződött be. A területnek még mindig vannak olyan részei, amelyek bejárására és felmérésére nem maradt időnk. Ezt 2004-ben fogjuk pótolni. A feldolgozások területén a jövőben célszerű lenne egy, a térképre alapozott térinformatikai rendszert létrehozni, amelyben szerepelnek a különböző felmérések (régészeti, építészeti, epigráfusi) eredményei. Végeredménynek azt tekintetnénk, amikor a térinformatikai rendszerben rámutatva egy objektumra, annak az adatai lekérdezhetők lennének, az adatbázisban történő válogatással pedig új következtetéseket (pl. a település időbeli fejlődése) tudnánk levonni.

Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a létrejött térkép az alapja az összes eddigi munkának. Az ásatás 1998-ban kezdődött. Egészen 2001-ig csak részeredmények voltak a különböző szakterületek (epigráfusi, régészeti, építészeti) munkája által. Ám ezen részeredményeket elhelyezni a meglévő 1:50 000-es térképre lehetetlen volt a méretarány miatt, hiszen olyan nagy mértékű információs anyag gyűlt össze, amit ebben a méretarányban nem lehetett jelkulccsal ábrázolni. Ezért volt szükség az ásatási terület egy szűkebb környezetéről készült nagyobb méretarányú térképre. Ezt a meglévő térképek alapján lehetetlen volt elkészíteni egyrészt azok pontatlansága, másrészt az egyiptomi állam katonaszemlélete miatt. Ugyanis minden adat titkos, a pontatlan térképeket is igen körülményesen hosszas utánajárás után lehet beszerezni, nem beszélve a légi- vagy űrfelvételekről. Tehát maradt a helyszíni felmérés. Geodéta nélkül, akik a terület egészét egységbe foglalják, igen hátrányos helyzetben volnának a kutatók. Kintlétünk alatt minden szakterületen dolgozó segítségünket kérte. A régészek szintezési feladatokkal láttak el (lásd: szondázás), az építészeknek négyzetháló kellett kitűzni a helyszínen, a nélkül el sem tudták volna kezdeni a munkájukat. Az epigráfusok által lemásolt sziklarajzok pontos helyét is a geodétáknak kellett rögzíteni, hiszen ebből értékes következtetéseket lehet levonni a környéken élők szokásairól, mindennapi életéről. Végül elmondhatjuk, hogy az ásatás vezetői úgy döntöttek, hogy a jövőben ásatást csak geodéziai segítséggel fognak végezni, hogy a leleteket megtalálási helyükhöz tudják kapcsolni és a nagymennyiségű, több régészeti ágat lefedő leletanyagot egy rendszerben tudják kezelni.

Hivatkozások

Farkas AM: Az ELTE keleti sivatagi expedíciója.

Ulrich L (2000a): Magyar egyiptológusok Bir Minyahban. Sziklarajzok és feliratok. *Élet és Tudomány* 2000/18, 559-561.

Ulrich L (2000b): Magyar egyiptológusok Bir Minyahban. Sziklarajzok és feliratok. *Élet és Tudomány* 2000/19, 596-599.

Ulrich L (2001): Magyar egyiptológusok a sivatagban. *Élet és Tudomány*, 2001/8.

A NEHÉZSÉGI ERŐTÉRREL KAPCSOLATOS FIZIKAI ALAPFOGALMAK ÁTTEKINTÉSE

Völgyesi Lajos^{*1,2}



Review of technical terms used in gravity field interpretation - Correct usage of certain terms and units is the question in dispute of experts of the Earth's gravity field. In relativistic physics force field is equivalent to accelerating field. As the theory of relativity will come in common use, among the terms of the Newtonian mechanics only the acceleration will be needed for the representation of the gravity field.

Keywords: gravitation, gravity, gravity intensity, acceleration of the free fall

Hosszú idő óta vitatéma a Föld nehézségi erőterével foglalkozó szakemberek között bizonyos elnevezések és mértékegységek helyes használata. Mivel a relativisztikus fizikában az erőter és a gyorsuló tér egyenértékű, a relativitás elmélet általános elterjedésével a newtoni mechanika fogalmai közül az erőter leírására egyedül a gyorsulás fogalmának használata lesz indokolt.

Kulcsszavak: gravitációs erő, tömegvonzási erő, nehézségi erőter, nehézségi gyorsulás

Bevezetés

Ha a természettudományokkal foglalkozó szakembereket nehéz helyzetbe akarjuk hozni, akkor a lehető legegyszerűbb kérdéseket kell feltenni a számukra. A különböző fizikai erőkkel kapcsolatos kérdések felvetése a legalkalmasabb erre a célra. Ilyen kérdések például: mi a gravitációs erőter, miképpen ered az anyagon belül, hogyan és mekkora sebességgel terjed a gravitációs hatás, vagy miképpen „érzi” az egyik tömeg a másik hatását? Természetesen a fizikusok a kérdések egy részére elméleti fizikai megfontolások alapján rendelkeznek különféle elképzelésekkel, de a számunkra láthatatlan, kezünkkel megfoghatatlan erők továbbra is misztikus homályban rejtőzködnek előttünk.

Az univerzum tömegei egyetlen pontba zuhannának, ha a tömegek között csak gravitációs (tömegvonzási) erő hatna. A tömegvonzási erővel azonban a keringési centrifugális erő tart egyensúlyt – biztosítva ezzel a világegyetem létezését. *Mivel a természet csak azonos fizikai mennyiségeket képes összeadni, ezért jó okunk van feltételezni, hogy a gravitációs és a keringési centrifugális erőter ekvivalens.*

A Föld nehézségi erőtere

A földi nehézségi erőter általában a két legjelentősebb összetevő: a Föld tömegének Newton-féle tömegvonzásából származó \mathbf{F} erő és a Föld tengelykörüli forgásából keletkező \mathbf{F}_f centrifugális erő eredőjeként értelmezzük. Emiatt élesen meg kell különböztetni a *tömegvonzási, vagy gravitációs erő (gravitation)* és a *nehézségi erő (gravity)* fogalmát – ugyanis a gravitációs (tömegvonzási) erő a nehézségi erőnek csupán az egyik összetevője (Biró, 1989a, 1989b, 1993). Szigorú értelemben azonban a nehézségi erő nem csak a Föld tömegvonzása és a tengelykörüli forgásból származó centrifugális erő eredője, hanem ehhez még hozzájön a Földön kívüli égitestek (elsősorban a Hold és a Nap tömege) vonzó hatásának, valamint a Föld és a Hold, illetve a Föld és a Nap közös tömegközéppontja körüli keringésből származó centrifugális erők \mathbf{F}_a eredője, amelyet *árapálykeltő erőnek* nevezünk.

Így végül is a Föld tetszőleges pontjában valamely m tömegű testre ható \mathbf{G} nehézségi erő (a test súlya) az 1. ábra tanúsága szerint:

^{*1} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

^{*2} Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport

H-1521 Budapest, E-mail: volgyesi@eik.bme.hu

térus. Ha elindítjuk az űrhajó rakétahajtóművét, a tolóerő hatására Newton II. törvényének megfelelően az űrhajó gyorsuló mozgással elindul. Alkalmazzunk olyan erős rakétahajtóművet, amely éppen $\mathbf{a} = \mathbf{g}$ gyorsulással mozgatja az űrhajót! Mivel az űrhajó kabinjában lévő tömegek a tehetetlenségük miatt igyekeznek helyben maradni, az űrhajós által elengedett tömeg a kabinhoz viszonyítva $-\mathbf{g}$ gyorsulással a padlóra „esik”, a rugóra felfüggesztett tömeg pedig a 3. ábrán látható módon $\mathbf{F} = m_i \mathbf{g}$ erővel megnyújtja a rugót. Az ekvivalencia elvnek megfelelően az űrhajós a zárt kabin belsejében semmiféle fizikai kísérlettel nem tudja eldönteni, hogy az űrhajó a Föld nehézségi erőterében a Föld felszínén egyhelyben áll és a kilövésre vár, vagy éppen a világegyetem távoli, térerősség-mentes részén \mathbf{g} gyorsulással mozog. Számára a nehézségi erőter teljesen azonos a gyorsuló erőterrel.

Elsőként Einstein vetette fel azt a forradalmi gondolatot, hogy a tömegek a maguk környezetében megváltoztatják a számunkra egyszerűnek tűnő téridő szerkezetét úgy, hogy a szabadon mozgó testek nem az Euklideszi geometriának megfelelő egyenes vonalak mentén, hanem görbe pályán haladnak. Így a gravitációt keltő tömegek hatására a fénysugarak sem egyenes vonalú pályán mozognak, hanem mindenkor a számukra legegyszerűbb, ún. geodetikussá vonalak mentén terjednek. Mindez úgy értelmezhető, hogy a tömegek a maguk környezetében megváltoztatják az Euklideszi geometriával leírható téridő egyszerű szerkezetét és maguk körül a *Bolyai-geometriával* leírható bonyolultabb görbült tér-idő szerkezetet alakítanak ki. Einstein általános relativitás elmélete a Newton-féle gravitáció elmélet geometriai magyarázata, ami szerint tehát a fényt és a mozgó tömegeket az egyenes vonalú pályájukról nem a gravitációs erő téríti el, hanem ezek a mozgások éppen a gravitációs tömegek által kialakított görbült tér legegyszerűbb (legegyszerűbb) ún. geodetikus vonalait mentén történnek. Tudjuk, hogy a klasszikus fizika megfogalmazása szerint a görbe pályán mozgó testeknek gyorsulása van, így szükségképpen bizonyos erő hat rájuk. A gravitáció jelenségét tehát a gyorsulás magyarázza, ami az általános relativitás elmélet szerint a tér sajátja. Mivel maga a tömegek által kialakított tér görbült, a hatás minden tehetetlen tömegről ugyanakkora, következésképpen az ekvivalencia elve is magyarázatot nyer. Az Einstein-féle gravitáció elméletnek ma már több kísérleti bizonyítékát ismerjük; ilyenek pl. a Merkúr perihéliumának elfordulása, a fénysugarak elhajlása a Nap és a csillagok közelében, továbbá a vöröseltolódás jelensége a nagyobb tömegű csillagok színekében (*Misner et al. 1973*).

Mivel az általános relativitás elméletben valamely vonatkoztatási rendszer, amelyben tömegvonzás hat, egyenértékű egy gyorsuló mozgásban lévő másik vonatkoztatási rendszerrel (lásd az előbbi gondolati kísérlet), az elmélet a jelenségek leírását alapvetően a *gyorsulás* fogalmához kapcsolja. Ugyanakkor szakít – a geodéziában ma még kiterjedten használt – *potenciál* fogalmával.

*

Ma még a relativisztikus fizika és a newtoni mechanika egymás mellett él (sőt az általános relativitás elmélet határesetként a newtoni gravitációs elméletet tartalmazza is). Így nem meglepő, ha a felhasználói (alkalmazói) kör szakaszai – fizikai világképüknek megfelelően – különböző fogalomrendszereket használnak. A newtoni mechanika ismeri, és használja a *térerősség*, a *gyorsulás* és az *erőtér potenciálja* fogalmát (a megfelelő mértékegységekkel), a relativisztikus fizika talaján állva, ezekből csak a *gyorsulás* fogalmának használata indokolt.

Köszönetnyilvánítás

A nehézségi erőter időbeli változásával kapcsolatos kutatások a T-037929 sz. OTKA anyagi támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Biró P** (1989a): A nehézségi erőter matematikai leírásával kapcsolatos fogalmak pontosítása. *Geodézia és Kart*, 41. 1-6.
Biró P (1989b): Zum Begriff "Schwere" und zu den SI Maßeinheiten. *Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 114. 209-218.
Biró P (1993): On the representation of the earth's gravity field. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Intern. Ed.*, 10. 14-20.
Jones ER, Childers RL (1990): Contemporary College Physics. *Addison-Wesley Publ. Comp.*
Misner CW, Thorne KS, Wheeler JA (1973): Gravitation. *W.H Freeman and Comp.* San Francisco.
Perjés Z (2005): Precíz gravitációs kísérletek, *Fizikai Szemle*, LV, 45-48
Renner J (1964): Az Eötvös-kísérlet, *Fizikai Szemle*, XIV, 6-10
Völgyesi L (1999): Geofizika. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.

A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR IDŐBELI VÁLTOZÁSA

Völgyesi Lajos^{*1,2}



Time variation of gravity field - The gravity field of the Earth is a resultant of three different force fields: the gravitational, the centrifugal and the tidal force field. Time variation of each component causes the time variation of gravity field. The theoretical figure of the Earth is continuously changing because of the time variation of gravity, potential surfaces of the gravity field continuously "pulsate" with amplitude of few dm in consequence of Earth's tide, flattening of the Earth is changing because of the decreasing rotation speed, and the inner mass rearrangements leads to the secular variation of geoid forms. All the possible reasons will be investigated in this paper which cause the time variation of Earth's gravity field.

Keywords: Earth's tide, time variation of gravitational constant, decreasing rotation speed, polar motion, expanding Earth, surface movements, mass rearrangements.

A földi nehézségi erő három különböző erőhatás: a tömegvonzási, a forgási centrifugális erő és az árapálykeltő erők eredője. Bármely összetevő időbeli változása a nehézségi erőter időbeli megváltozását eredményezi. A nehézségi erőter időbeli változása miatt a Föld elméleti alakja sem állandó: az árapály hatására a nehézségi erőter potenciál szintfelületei állandóan néhány dm-es amplitúdóval "löktenek", a tengelykörüli forgás szögsebességének csökkenése miatt a lapultság változik, a belső tömeg-átrendeződésekből pedig a geoid alakjának szekuláris változása következik. Az alábbiakban megvizsgáljuk mindazon okokat, amelyek a nehézségi erőter időbeli változásait eredményezik.

Kulcsszavak: árapály, gravitációs állandó időbeli változása, lassuló forgási szögsebesség, pólusmozgás, táguló Föld, felszínmozgások, tömeg-átrendeződések.

Bevezetés

1583 táján Galilei vette észre, hogy a lengő inga periódusideje állandó, amikor a pisai székesegyházban egy lámpa lengését hasonlította össze a saját pulzusával. Hamarosan kiderült, hogy az inga lengésidejére hatással van az inga Földhöz viszonyított helyzete; az inga alacsonyabb helyeken és a pólusok közelében gyorsabban leng, mint a magasabb hegyeken és az egyenlítő vidékén. Ezzel megnyílt a lehetőség a földi nehézségi erőter vizsgálatára. Az első fonálinga mérésekkel mindössze három értékes jegyre, azaz csupán 10^{-3} m/s² pontossággal sikerült meghatározni a nehézségi gyorsulás értékét. Később speciális fizikai ingákkal sikerült elérni a mGal pontosságot (1 Gal = 1 cm/s² – az elnevezés éppen Galilei tiszteletére született). A nehézségi erőter mérésében az igazi előretörést az asztatizáció alapelvét felhasználó rugós graviméterek alkalmazása jelentette, az ezekkel elérhető $10^{-6} + 10^{-7}$ m/s² mérési pontosság már megkövetelte a nehézségi erőter időbeli változásainak, nevezetesen az árapály jelenségek hatásának figyelembe vételét. A mérőműszerek teljesítőképességének fejlődését az *I. táblázatban* láthatjuk összefoglalva.

Napjainkban a nehézségi erőter mérésére szolgáló műszerek elérték azt a pontosságot, amely mellett komolyan foglalkozni kell a nehézségi erőter nem árapály jellegű időbeli változásaival is. A legújabb szupravezető graviméterek nGal nagyságrendű mérési pontossága már megköveteli valamennyi elképzelhető gravitációs hatás időbeli változásának vizsgálatát és figyelembe vételét. Az alábbiakban számba vesszük és megvizsgáljuk mindazokat a lehetséges fizikai, geofizikai és földtani hatásokat, amelyek a nehézségi erőter legalább nGal nagyságrendű változását eredményezhetik.

^{*1} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

^{*2} Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1521 Budapest, E-mail: volgyesi@eik.bme.hu

értéket az egyenlítő vidékén. A pólusmozgás következtében a forgástengely évi 10-20 m nagyságrendű közel periodikus elmozdulását tapasztaljuk. Ennek megfelelően a centrifugális gyorsulás a 45° szélesség környékén évente $5 \mu\text{Gal}$ nagyságrendű kvázi-periodikus változást mutat, amely érték jó összhangban van a mérésekkel. A Föld táglulásának Egyed-féle elképzelése alapján a feltételezett éves 0.6 mm sugárnövekedés a nehézségi gyorsulás csaknem $0.2 \mu\text{Gal}/\text{év}$ nagyságú csökkenését okozhatja. A tömegek átrendeződése miatt a folyamatokban résztvevő tömegek nagyságának, sűrűségviszonyainak és mozgási sebességének megfelelően kialakulhatnak a nehézségi erőter helyi, regionális és globális változásai, melyek lehetnek szekuláris, rövidperiódusú és rendszertelen változások. A légköri, meteorológiai változások, a csapadékvíz, a felszíni és a felszín alatti vizek mozgása, az eusztatikus változások, a geológiai, tektonikai folyamatok, a Föld belső tömegátrendeződései és az emberi tevékenység egyaránt a nehézségi erőter jelentős mértékű időbeli változásait okozhatják. Ezen változások nagyságrendje a bemutatott példák alapján igen széles skálán mozoghat.

Köszönetnyilvánítás

A nehézségi erőter időbeli változásával kapcsolatos kutatások a T-037929 és a T-038123 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Amalvict M, Debeglia N, Hinderer J** (2003): The absolute gravity measurements performed by Sakuma in France, revisited 20 years later. In: *Gravity and geoid 2002, 1 N Tziavos (Ed.) Ziti editions 77-83.*
- Benedek J** (2002): The application of polyhedron volume element in the calculation of gravity related quantities. *Geomatikai Közlemények V*, 191-206
- Bilker M, Mäkinen J, Virtanen H** (2004): Time series of gravity in Finland. *IAG Intern. Symp, Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Bíró P, Völgyesi L** (1981): Geodynamic Interpretation of Repeated Gravity Observation. *Veröffent-lichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde*, 63, 541-553.
- Bíró P** (1983): Time variation of Height and gravity. *Akadémiai Kiadó*, Budapest.
- Carey SW** (1976): The expanding Earth. *Elsevier Sci. Publ. Co.*
- Csapó G, Papp G** (2000): Measurement and modeling of the vertical gradient of gravity on the basis of Hungarian examples. *Geomatikai Közlemények III*, 109-123.
- Csapó G, Völgyesi L** (2002): A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és szerepe a nagy pontosságú graviméteres méréseknél – magyarországi példák alapján. *Magyar Geofizika*, 43, 4, 151-160.
- Csapó G, Szabó Z, Völgyesi L** (2003): Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, 64; 1, 143-153.
- Denis C, Schreider AA, Varga P, Závoti J** (2002): Despinning of the Earth rotation.. *Journal of Geodynamics* 34, 667-685.
- Dirac PA** (1937): The cosmological constants. *Nature*, 139, 323.
- Egyed L** (1970): A Föld belső szerkezetének új dinamikus felfogása. *Fizikai Szemle XX*, 354-364.
- Gilbert C** (1956): Dirac's cosmology and the general theory of relativity. *Monthly Not. of the Roy. Astr. Soc.* 116; 6, 684-690.
- Haq BU, Hardenbol J, Vail PR** (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science* 235, 1156-1167.
- Horváth F** (1988): A tengerszint globális változásai. *Időjárás*, 92, 69-74.
- Jeffreys H** (1976): The Earth. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Joó I** (1998): Magyarország függőleges irányú mozgásai. *Geodézia és Kartográfia*, 50, 3.
- Lambeck K** (1978): In Brosche-Sündermann: Tidal friction and the Earth's Rotation. *Springer Verlag*, Berlin, 145-153.
- Melchior P** (1978): The Tides of the Planet Earth. *Pergamon Press*, Oxford.
- Mörner N A** (1984): Eustasy, geoid changes, and multiple geophysical interaction. In *Catastrophes and Earth history (eds. Berggren, W.A. and Van Conning, J.A.)*. Pincerton Univ. Press, Pincerton, 395-415.
- Nielsen L** (2003): Holistic Quantum Cosmology with Decreasing Gravity, Denmark, www.rostra.dk/louis/
- Palinkas V, Kostelecky J** (2004): Seasonal variations of of gravity from three-year Absolute gravity measurements ... *IAG Intern. Symp, Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Rochester MG** (1975): The Earth's rotation. Reports of the Dep. of Geod. Sci., 231, 27-39, The Ohio State University.
- Varga P** (2003): Árapály, árapálysúrlódás és a Föld forgásának története. *Fizikai Szemle*, 9, 324-330.
- Völgyesi L** (1996): A geoid időbeli változása a tengerszintváltozások alapján. *Geodézia és Kartográfia*, 48; 6, 26-33.
- Völgyesi L** (1999): Geofizika. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- Völgyesi L** (2002): A pólusmozgás fizikai alapjai. *Geomatikai Közlemények V*, 56-73.
- Völgyesi L, Szabó Z, Csapó G** (2004): Relation between time variation of gravity field and vertical surface movements in the Pannonian basin. *IAG Intern. Symp, Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Völgyesi L, Tóth Gy** (2004): Modelling gravity gradient variation due to water mass fluctuations. *IAG Intern. Symp, Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Wenzel HG** (1996): The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30. *Bulletin d'Informations Mareés Terrestres*, 124, 9425-9439, Bruxelles.

GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI MÓDSZEREK EGYÜTTES ALKALMAZÁSA A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR IDŐBELI VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATÁRA

Csapó Géza¹, Völgyesi Lajos^{2,3}



Application of geodetic and geophysical methods for examination of time variation of gravity - Nowadays the high accuracy of gravity measurements motivates to examine the non tidal variations of gravity. Complex investigations of the local variations of gravity field are discussed in this study at the region Debrecen in Hungary based on geodetic and geophysical methods, and taking into account the geological, hydrological data, besides the use of maps of vertical surface movements' data.

Keywords: time variation of gravity, vertical surface movements, rock compaction, relative and absolute gravity measurements, precise leveling, GPS measurements

Napjainkban a nehézségi erőter mérésére szolgáló műszerek elérték azt a pontosságot, amely mellett foglalkozni kell a nehézségi erőter nem árapály jellegű időbeli változásaival. A tanulmányban a nehézségi erőter lokális változásának komplex vizsgálatával foglalkozunk a Debrecen környéki területen végzett geodéziai, geofizikai mérések alapján, valamint hidrológiai, geológiai adatok, illetve mozgásvizsgálati térképek adatainak felhasználásával.

Kulcsszavak: nehézségi erőter időbeli változása, függőleges felszínmozgások, közzétömörödés, relatív és abszolút graviméteres mérések, felsőrendű szintezés, GPS mérések

Bevezetés

A geoid alakjának pontosításához alapvető követelmény a nehézségi erőter szerkezetének nagyobb felbontású ismerete, ez pedig megköveteli a nehézségi erő nem árapály jellegű időbeli változásainak tanulmányozását. Az időbeli változások globálisak, regionálisak és lokálisak lehetnek. A globális és a regionális változások minden esetben geodinamikai folyamatokra vezethetők vissza, míg a viszonylag kis területre korlátozódó lokális változások rendszerint az emberi tevékenység következményei (pl. bányaművelés, vízkitermelés stb.). A nehézségi erő változása gyakran jár együtt a felszín alakjának megváltozásával, illetve függőleges felszínmozgással. A függőleges mozgások vagy felszínközeli rétegek mozgása-, vagy valódi kéregmozgások lehetnek; de gyakran a kettő együtt is előfordulhat. A kétféle mozgás szétválasztása – ha egyáltalán lehetséges – meglehetősen bonyolult. A függőleges felszínmozgások során a földfelszínen található pontok a Föld nehézségi erőterében más potenciálértékű helyre kerülnek, emiatt az elmozdult pontokban megváltozik a nehézségi erő értéke. A mai mérési pontosság mellett ez a változás már nem hagyható figyelmen kívül és a gravimetria mérési módszereivel ki is mutatható. Az alábbiakban a nehézségi erőter lokális változásának komplex vizsgálatával foglalkozunk egy hazai területen végzett geodéziai, geofizikai mérések alapján, valamint hidrológiai, geológiai adatok (Csapó 2004), illetve mozgásvizsgálati térképek adatainak felhasználásával.

A vizsgált terület

Magyarország területén a függőleges felszínmozgások átlagos értéke 1mm/év, helyenként azonban ennek többszöröse is lehet (Jóó 1985, 1998). Vizsgálatainkhoz olyan területet kerestünk, ahol belátható időn belül kimutathatók a változások és meghatározható ezek tendenciája. Ennek megfelelően választásunk Debrecen környékére esett, mert a Kárpát-balkán mozgássebesség térkép (Jóó 1985, 1998)

¹ Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23. csapo@elgi.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

³ Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1521 Budapest, volygyesi@eik.bme.hu

A GPS mérések eredményei

A 2000. évi első GPS mérési sorozat előtt az *I. ábrán* látható GPS vizsgálatba is bevont pontok állandósított pontjeleibe antenna adaptert betonoztunk, így biztosítva, hogy a későbbi ismételt mérések során a GPS antenna azonos helyre kerüljön. A mérésekbe a penci permanens állomás adatait is bevontuk. Az egyes mérési ciklusokban szimultán méréseket végeztünk a hat pontos hálózaton 24 óras észlelési idővel. A mérések feldolgozásánál – a koordinátaszámítások után – egyszerű három paraméteres Helmert-transzformációt alkalmaztunk, amelynek eredményeit a *II. táblázatban* foglaltuk össze.

A *II. táblázat* adataiból kiolvasható, hogy a négy éves időtartamot átölelő 3 mérési ciklus alapján nem mutatható ki olyan trend, ami megbízhatóan mutatná a koordinátaváltozások jellegét. A vektorok maradécai alapján éppen a magassági vektorok meghatározása a legbizonytalanabb és ezek változásai a legnagyobbak. A 2119-2126.1 pontok a Debrecen-Vámospércs közötti NY-K irányú vonalszakaszon találhatók, a hivatkozott mozgássebességi térképen (*Joó 1985*) a mozgássebességek Debrecen belvárosától Vámospércs felé csökkennek. Ez a trend a GPS mérések alapján nem látszik. A váltakozó előjelek arra utalnak, hogy a mozgássebességek nem egyenletesek és nem egyformák az egyes pontokon. A koordináták átlagos meghatározási hibái nagyobbak mind a mért, mind a feltételezett koordináta változásoknál. Mindezek alapján úgy látjuk, hogy a GPS méréseket még több, két évente ismételt ciklussal kellene folytatni ahhoz, hogy a változások trendje kimutatható legyen, illetve az egyes pontok mozgássebességét meghatározhassuk.

Összefoglalás

Eddigi vizsgálataink csak részben igazolták azt a feltevést, hogy a vizsgált terület süllyedése 7-8 mm/év (*Joó 1998*). A szintezés és a graviméteres mérések kimutatták a süllyedés tényét, a GPS mérések eredményei azonban ellentmondásosak. Megállapítható, hogy olyan esetekben, amikor a felszíni elmozdulások mindössze néhány mm/év nagyságúak, még komplex vizsgálatokkal is csak hosszabb időn keresztül végzett ismételt mérésekkel lehetséges a nehézségi erőter lokális időbeli változásainak kimutatása. Fontosnak tartjuk, hogy lehetőség szerint minden mérési kampányban ugyanazokat a mérőműszereket alkalmazzuk. Minden mérési ciklusban el kell végezni a mérőműszerek fizikai szondázásokat a talajvízszint pontos meghatározása céljából és törekedni kell arra, hogy az ismételt GPS mérések és az abszolút módszerrel végzett nehézségi gyorsulás meghatározások közel azonos időben történjenek.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásaink a T-037929 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Borza T, Grenerczy Gy** (2002): A Debreceni GPS Mozgásvizsgálat. *Kutatási jelentés, ELGI és KGO adattár.*
- Csapó G, Papp G** (2000): Measurement and modeling of the vertical gradient. *Geomatikai Közlemények* III, 109-123.
- Csapó G, Volgyesi L** (2003): Determination and reliability estimation of vertical gradients based on test measurements (In: *Gravity and geoid 2002*, Ed by I.N.Tziavos). *ZITI editions*, Thessaloniki, 84-89.
- Csapó G, Szabó Z, Volgyesi L** (2003) Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. *Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology*, 64; 1, 143-153.
- Csapó G** (2004): Felszínmozgások komplex vizsgálata Debrecen térségében. A *T031875 sz. OTKA zárójelentése.*
- ÉKME Felsőgeodéziai Tanszék** (1965): Mozgásvizsgálatok Debrecen területén. *Kutatási jelentés.*
- Fejes I** (1996): Talajmechanikai paraméterek meghatározása. *Közüti Közl. és Mélyépitésstud. Szemle*, XLVI-11, 140-149.
- Joó I** (1985): The new Map of Recent Vertical Movements in the Carpatho-Balkan Region. *Cartographia*, Budapest.
- Joó I** (1998): Magyarország függőleges irányú mozgásai. *Geodézia és Kartográfia*, 50, 3.
- Miskolczi L** (1973): Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezésekkel. *Akadémiai Kiadó.*
- Paulik S** (2001): A 2121-2126.1 sz. gravimétriái pontok I.rendű szintezése. OTKA kutatási jelentés melléklete, *ELGI adattár.*
- Szeidovits Gy, Gribovski K, Hajósy A** (2002): Várható földrengések. *Magyar Geofizika*, 43; 4, 161-179.
- Volgyesi, Szabó, Csapó** (2004): Relation between time variation of gravity field and vertical surface movements in the Pannonian basin. *IAG Intern. Symp. Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Volgyesi L, Tóth Gy** (2004): Modelling gravity gradient variation due to water mass fluctuations. *IAG Intern. Symp. Gravity, Geoid and Space Missions. CD kiadvány*, Porto, Portugal.

GRAVIMÉTERES MÉRÉSEK KIÉRTÉKELÉSE MŰSZERVIZSGÁLAT CÉLJÁBÓL

Benedek Judit és Papp Gábor**



Evaluation of gravity measurements for instrument investigation - The LaCoste&Romberg G949 gravity meter has been used for various purposes since 2000. The paper summarises the experiences accumulated during laboratory tests and field survey measurements focusing on the inner accuracy (precision) and reliability of the instrument obtainable in different conditions. It also concerns the main correction models (tide, drift) applied to measurements during data processing.

The instrument was calibrated twice: once in Austria in 2000 along the Vertical Gravity Base Line, Hochkar, second time in Hungary in 2004 along the Meridional Gravity Base Line crossing the territory of the country and maintained by the Eötvös Loránd Geophysical Institute, Budapest. The first calibration gave an acceptable value of 1.00037 for the so called extra calibration factor (or network scale) but the second attempt provided ambiguous result.

For the analysis of the capabilities of the instrument two test networks were used. In Ófalu, Mecsek Mountains the network consists of 3 points and the measurements of gravity differences between the net points were effectuated eight times during five years in different seasons. The repeated determinations make the investigation of the time variation of gravity possible and it seems that the (periodic) variations detected are significantly larger ($20\mu\text{Gal} - 30\mu\text{Gal}$ per half a year; $1\mu\text{Gal} = 10^{-8}\text{ ms}^{-2}$) than the accuracy of the measurements ($\pm 5\mu\text{Gal} - \pm 10\mu\text{Gal}$). The geodetic network of the Dunaföldvár test site contains 7 points and is dedicated to landslide monitoring.

Laboratory tests show that the drift rate of the meter is about $-1\mu\text{Gal/h}$, whereas the RMS accuracy of optical observations may reach $\pm 2\mu\text{Gal}$. During field work even if in favourable conditions multiples of these values are usually experienced (drift: $\pm 5\mu\text{Gal/h}$, RMS: $\pm 5\mu\text{Gal}$).

Keywords: gravity measurements, gravimetric network, relativ gravimeter, instrument calibration

A dolgozat az MTA GGKI tulajdonában lévő L&R G949 relatív graviméterrel 2000 tavasza óta végzett laboratóriumi és terepi mérések tapasztalatait mutatja be. Ismerteti a mérések módszereit, az adatok feldolgozásánál használt különböző eljárásokat és javításokat és a műszer mérési pontosságára vonatkozó megállapításokat laboratóriumi és terepi körülmények között.

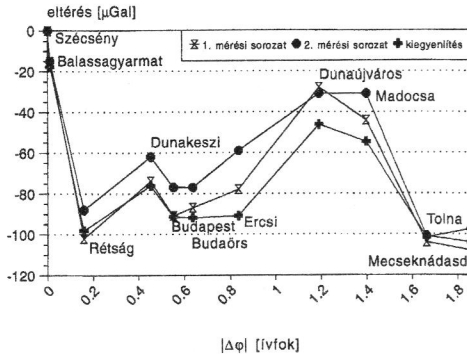
A műszer kalibrálására első ízben 2000 tavaszán került sor, a Hochkar-i (Ausztria) gravimetriai kalibráló vonalon, prof. Bruno Meurers irányításával. A következő kalibrálás 2004 tavaszán történt meg, bekapcsolódva az ELGI szakemberei által az Országos Gravimetriai Kalibráló Alapvonalon végzett mérésekbe. A kalibrálások meglehetősen eltérő eredményeinek magyarázata egyrészt a második kalibrálás hosszú ideje alatt esetleg változó műszerállandóban, másrészt a referencia g értékeknek pl. a talajvízszint változás okozta időbeli változásában keresendő.

A terepi mérésekre a Mecsekben és a Duna mellett létesített teszterületeken került sor. Az Ófaluiban évente kétszer ill. Dunaföldváron évente a hálózati pontokon végzett mérések lehetővé teszik a nehézségi erőtér időbeli változásának kimutatását. Ennek mértéke a tapasztalatok szerint általában szignifikánsan nagyobb ($20\mu\text{Gal} - 30\mu\text{Gal}$ fél éves változás; $1\mu\text{Gal} = 10^{-8}\text{ ms}^{-2}$), mint a gravimétert jellemző mérési bizonytalanság ($\pm 5\mu\text{Gal} - \pm 10\mu\text{Gal}$).

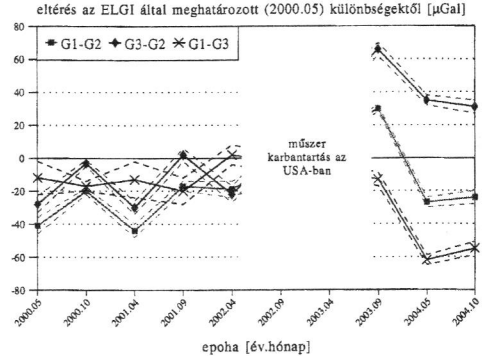
Laboratóriumi körülmények között végzett árapály észlelések feldolgozásával megállapítható, hogy a műszerdrift mértéke $-1\mu\text{Gal/óra}$ érték körüli, és az optikai észlelések pontossága elérheti a $\pm 2\mu\text{Gal}$ -t. Terepen azonban még kedvező esetben is ezen paraméterek többszöröse tapasztalható (drift: $\pm 5\mu\text{Gal/óra}$, szórás: $\pm 5\mu\text{Gal}$)

Kulcsszavak: nehézségi mérések, gravimetriai hálózat, relatív graviméter, műszerkalibrálás

hogy a tapasztalt fluktuációk nagy részét leginkább a talajvízszint évszakos változásából eredő sűrűség változások okozzák. Valószínűleg a pontok környezetében a talajok (agyag, lösz) igen különböző vízháztartással rendelkeznek, mivel a G1 pont közelében egy szabályozott vízszintű tavacska található, a G3 ponttól 20 m-re egy patak folyik, de a G2 pont dombtetőn van. 1 m talajvízszint változás még tömör, kristályos kőzetek esetén is (2-3) μGal -nyi változást okoz (Virtanen 2000).



9. ábra. Összegezett eltérések a referencia g értékektől az Országos Kalibráló Alapvonal pontjainban



10. ábra. Az ófalui teszterület bázis pontjai között mért nehézségi gyorsulás különbségek időbeli változása

Összefoglalás

A bemutatott vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a kérdéses műszerrel a nehézségi gyorsulás különbségek átlagosan $\pm(5-7)$ μGal belső pontossággal megmérhetők, de a hálózatban végzett megfelelő számú fölös mérésekből a kiegyenlített mennyiségek középhibája ennél kisebb értékű is lehet (± 3 μGal). Ennek a megbízhatóságnak az eléréséhez azonban kedvező mérési feltételek, pl. kicsi és egyenletes műszerjárás (± 5 $\mu\text{Gal/h}$) és gondos észlelői munka szükségeltetnek. Fontos továbbá a mérési területnek megfelelő árapály modell használata, mert pl. az ETERNA program esetében akár 15%-os amplitúdó eltérés is tapasztalható a globális és a lokális árapály paraméterekkel előre jelzett ill. az előre jelzett és a mért árapály-gyorsulás értékek között. Úgy tűnik, hogy a bécsi paraméterrendszer jól tükrözi a Pannon-medence kőzetmechanikai jellemzőit, ezért használata javasolt.

A fentiek ismeretében a nehézségi gyorsulás értékének 10 μGal -os változása már elégséges biztonsággal kimutatható. Ez arra figyelmeztet, hogy a graviméteres mérések feldolgozásában nagy gonddal kell elemezni a környezeti változásokból (pl. talajvízszint változás) eredő hatásokat.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat a T043413 számú OTKA program támogatta.

Hivatkozások

- Chapin DA, Crawford MF, Baumeister M (1999): A side-by-side test of four land gravity meters. *Geophysics*, 64; 3, 765-775.
- Csapó G (1997): Hungary's new gravity base network (MGH-2000). *Geophys. Transactions*, 41; 3-4, 119-143.
- Papp G, Benedek J, Kalmár J (2004): Gravity investigations on Dunaföldvár test area. In: Mentés Gy and Eperné I (eds.): *Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary*. 37-46.
- Papp G és Benedek J (2005): Gravitációs inverzió alkalmazása a geoid vizsgálatában. *Geomatikai Közlemények VIII*. 227-234.
- Virtanen H (2000): On the observed hydrological environmental effects on gravity at the Metsähovi station, Finland. *Bulletin D'Informations Marees Terrestres*, 133, 10369-10377.
- Wenzel HG (1996): The nanogal software: Earth tide data processing package – ETERNA3.30. *Bulletin D'Informations Marees Terrestres*, 124, 9425-9439.

EÖTVÖS-INGA MÉRÉSI ADATOK FELHASZNÁLÁSA GRAVITÁCIÓS TÉRKÉPEK SZERKESZTÉSÉHEZ

Tóth Gyula*, Merényi László**



Torsion balance measurement data for gravity map improvement - Different methods of densification of Hungarian gravity data are discussed with the aid of torsion balance measurements. Gravity anomalies, on one hand, were predicted by least-squares collocation using horizontal gravity gradients. The required cross-covariance functions were derived from the theoretical model proposed by I. W. Reilly. The Bouguer anomaly map was reproduced by the method within 1 mGal for a selected flat territory near Mátészalka in Hungary. Another method to use horizontal gravity gradients of the torsion balance is gravity interpolation by line integration. It can be concluded that torsion balance measurements can really improve on the existing gravity maps, especially where there are data gaps.

Keywords: gravity, torsion balance, covariance function, prediction

A magyarországi gravitációs adatok helyi sűrítésének néhány lehetséges módszerét tárgyaljuk Eötvös-inga mérések segítségével. A gravitációs adatokat egyrészt a legkisebb négyzetek szerinti kollokációval végzett predikcióval állítottuk elő a horizontális gravitációs gradiensek segítségével. A számításhoz szükséges keresztkovariancia függvényeket a I. W. Reilly által javasolt elméleti kovariancia modellből vezettük le. A kiválasztott Mátészalka környéki közel sík teszt területen az eljárás a Bouguer-féle nehézségi rendellenességek térképét 1 mGal-nál kisebb szórással állította elő. Az Eötvös-inga mérések horizontális gradienseinek egy másik lehetséges felhasználási módja a gravitációs értékek vonal-menti integrálással végzett interpolációja. Megállapítható, hogy az Eötvös-inga mérések adatainak felhasználásával, különösen az adathiányos részeken, a referenciának tekinthető gravitációs térképhez jobban hasonlító anomália térképet kaptunk.

Kulcsszavak: gravitáció, Eötvös-inga, kovariancia függvény, predikció

Bevezetés

A magyarországi gravitációs adatbázis, amely az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben (ELGI) található, 2001-ben 382361 mérési adatot tartalmazott Kiss (1991). Ezeknek a méréseknek az eloszlása viszont nem egyenletes (I. ábra). Vannak az országban olyan területek, ahol viszonylag jó a ponteloszlás, viszont vannak olyan területek is, ahol kis sűrűségű és inhomogén a felmérés. Kívánatos lenne a gravitációs pontok sűrűségét 1 pont/km²-re növelni. Sajnos a közeljövőben erre az anyagi keretek szükségése miatt várhatóan nem lesz sok lehetőség.

Hazánk síkvidéki vagy enyhén dombos területein viszont nagyszámú (jelenleg több mint 25000) Eötvös-inga mérés áll rendelkezésre az ELGI és a BMGE Általános- és Felsőgeodézia Tanszék adatbázisában. Az Eötvös-inga által mért értékek között szerepelnek többek között a nehézségi erő helyi vízszintes síkba eső deriváltjai (horizontális gravitációs gradiensek). Bár ezeket az adatokat elsősorban nyersanyagkutatási célra gyűjtötték, e mostani cikkben bemutatott vizsgálatainkkal szeretnénk rámutatni arra, hogy lehetőségünk van a gravitációs adatok sűrítésére, a gravitációs adatbázis bővítésére az Eötvös-inga mérések segítségével. Másrészt ilyen irányú vizsgálatainkat ismer-tjük egy konkrét magyarországi teszt területen elvégzett sűrítéssel kapcsolatban.

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

** Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
H-1145 Budapest Kolumbusz u. 17-23, E-mail: merenyi@elgi.hu

ízovonalak sokkal simább lefutásúak, aminek következtében a 7/b. térkép a 7/a. térképnek simítottabb, mintegy regionális változata. Az úthálózat melletti mérésekből készült térképet az Eötvös-inga állomások (150 db pont) gradienseit felhasználva újraszerkesztettük. A 100×100 m-es rácsháló pontjaira most numerikus vonal-menti integrálással határoztuk meg a rendellenesség értékeit. A rácspontoknál a közeli graviméteres mérési pontokból kiindulva, a rácspontig vezető egyeneseket rövid szakaszokra felosztva, diszkrét lépéseken keresztül végeztük az integrálást. Egy-egy lépésben a horizontális gradienseknek az adott szakaszra eső értékeit a környező Eötvös-inga állomások W_x és W_y komponenseinek interpolációjával becsültük meg. Az egyes rácspontok végső interpolált értékeként a környező graviméteres pontokból interpolált rendellenességi értékeknek az integrálási távolsággal fordított arányban súlyozott átlagát vettük. Az eredményt a 7/c. ábra mutatja. Itt jól látható, hogy az Eötvös-inga mérések adatainak felhasználásával, különösen az adathiányos részekben, a referenciának tekinthető 7/a. térképhez jobban hasonlító anomália térképet kaptunk. A számítás pontosságának egyik jelzőszáma lehet a rácspontokra eső interpolált értékeknek az átlagos érték körüli szórása. A 8. ábra szerint a szórás a legtöbb helyen 1 mGal alatti érték.

Magyarország számos területére csak a 7/b. ábrához hasonló szerkezetű, úthálózat mentén végzett, sokszor nem kielégítő sűrűségű graviméteres mérések állnak rendelkezésre. Ugyanakkor ezen területek egy részén viszonylag nagy sűrűségű Eötvös-ingás felmérés is történt. A bemutatott vizsgálat jól bizonyítja, hogy ilyen területeken a graviméteres és Eötvös-ingás mérési adatok együttes alkalmazásával a gravitációs térképek pontosíthatók.

Következtetések és javaslatok

Tanulmányunkban bemutatunk két lehetséges módszert, amellyel az Eötvös-inga horizontális gradiensek felhasználhatók gravitációs térképek szerkesztéséhez. A kollokáció módszere esetében azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a Δg predikcióhoz egyrészt a keresztkovariancia függvény jellege miatt *nagyobb adatterület* látszik célszerűnek, másrészt mindig célszerű az Eötvös-ingával mért adatokat és a meglevő gravitációs adatokat *együttesen felhasználni* a predikció során. Ezzel kapcsolatban további vizsgálatokat tervezünk. Megállapítható, hogy a kollokáció sajátosságai miatt további *trend eltávolítás* lenne kívánatos a keresztkovarianciák kedvezőbb alakítására (ehhez például valamilyen geopotenciál és litoszféra modellt lenne célszerű felhasználni). Célszerű lenne a tanulmányban alkalmazott elméleti kovariancia modellen túl más kovariancia modelleket is felhasználni és a pontok tengerszint feletti magasságait is figyelembe venni a számítás során.

Terveink között szerepel még az ingamérési adatok és a nehézségi rendellenességek együttes felhasználása egy *új magyarországi geoidmeghatározás* céljára, amelyhez a jelen tanulmányban közölt vizsgálataink némiképpen hozzájárulhatnak. A bemutatott vizsgálat azt is jól bizonyítja, hogy adathiányos területeken a graviméteres és az Eötvös-ingás mérési adatok együttes alkalmazásával a gravitációs térképek pontosíthatók.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásaink a T-046718 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Hein G W (1981): Untersuchungen zur terrestrischen Schweregradiometrie. *Veröffentlichungen der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, München, C 264.
- Kiss J (2001): Jelentés a „Gravitációs és mágneses adatbázisok és paramétertérképek” projekt keretében 2001-ben végzett munkákról. *MÁELGI jelentés*, <http://www.elgi.hu/magyar/terkfo/projects/gravmag/gravterk.htm>.
- Moritz H (1980): *Advanced Physical Geodesy*. Herbert Wichmann Verlag Karlsruhe & Abacus Press, Tunbridge Wells Kent.
- Reilly W I (1979): Mapping the local geometry of the Earth's gravity field. Geophysics Division, *Department of Scientific and Industrial Research*, New Zealand. Report No. 143.
- Tóth Gy, Völgyesi L (2005): Adatvizsgálat predikcióval magyarországi Eötvös-inga mérések felhasználásával. *Geomatikai Közlemények VIII*, 215-218.

ADATVIZSGÁLAT PREDIKCIÓVAL MAGYARORSZÁGI EÖTVÖS-INGA MÉRÉSEK FELHASZNÁLÁSÁVAL

Tóth Gyula*, Völgyesi Lajos*



Investigation of Hungarian torsion balance measurements by prediction - Torsion balance measurements in Hungary were checked by least-squares collocation. The methodology was the so-called "leave-one-out" prediction of horizontal gravity gradients. The method was successfully tested on a selected subset of 700 torsion balance measurements and only three possible outliers has been detected. These results are promising in view of a planned new Hungarian geoid determination.

Keywords: Eötvös-inga mérések, predikció, nehézségi erőter

A magyarországi Eötvös-inga mérések megbízhatóságát (?) a legkisebb négyzetes kollokáció módszerével vizsgáltuk. A horizontális gradiensek vizsgálatára alkalmazott módszer a mérési pontok egyenkénti kihagyásával végzett predikció volt. Az eljárást sikeresen teszteltük 700 kiválasztott Eötvös-inga mérési pontban és ezek közül csak három mérési pontban találtunk kivágó értékeket. Ezek az eredmények ígéretesek a közeljövőben tervezett új magyarországi geoidmegoldás fényében.

Kulcsszavak: torsion balance measurements, prediction, gravity field

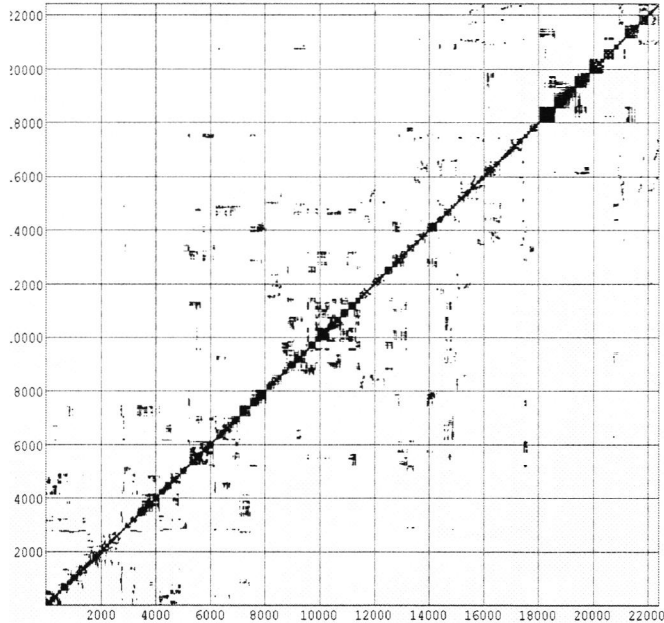
Bevezetés

Magyarországon a XX. században a MAORT, az ELGI és az OKGT összesen mintegy 60000 állomáson végzett torziós-inga méréseket (Szabó 1999). Sajnos a mérési anyag egy része különböző okok miatt mára már elveszett, azonban a fennmaradó része még megmenthető a további felhasználás céljára. Az ELGI munkatársai az elmúlt 10 évben mintegy 24450 mérést rendeztek számítógépes adatbázisba. A korábbi méréseket ugyan döntő részben nyersanyagkutatás céljából végezték, azonban a pontok jelentős részében a W_{zx} , W_{zy} horizontális gradiensek mellett a W_{Δ} és a W_{xy} görbületi mennyiségeket is meghatározták, sőt a pontok jelentős részében topografikus hatást is számoltak. Az eddig számítógépes adatbázisba rendezett ingamérések pontjainak területi eloszlása az 1. ábrán látható.

Milyen megbízhatósággal jellemezhetők ezek az adatok? Erre a kérdésre az egyik lehetséges választ maguknak a méréseknek a megisméltése nyújthatná. Mivel erre nincsen lehetőségünk, viszont az adatokat szeretnénk felhasználni a nehézségi erőter modellezésében és egy újabb magyarországi geoidmegoldás előállításában, ezért egy másik megoldást követhetünk. Ennek az elve az, hogy megpróbáljuk a méréseinket oly módon „reprodukálni”, hogy minden mérés környezetébe eső többi mérésből állítjuk azt elő. Erre elvben bármilyen predikciós eljárás használható lenne, viszont a szakirodalomban az ilyen adatvizsgálatok egyik bevett predikciós eljárása, legalábbis a nehézségi erőter modellezésében, a Moritz (1980) által javasolt legkisebb négyzetek szerinti predikció. Ebben a tanulmányunkban a magyarországi Eötvös-inga mérési adatok vizsgálatának ezt a módszerét ismeretjük. Bemutatjuk a módszer elvi alapjait és azokat a teszt számításokat, eredményeket, amelyeket ezzel a módszerrel értünk el.

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

predikció hibabecslése a kezelendő mátrix mérete miatt továbbra is inkább csak szuperszámítógép bevonásával képzelhető el.



6. ábra. Eötvös-inga gradiensek ritkán kitöltött kovariancia mátrixa

Összefoglalás

Vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy a legkisebb négyzetes kollokáció eljárása alkalmas lehet a teljes magyarországi Eötvös-inga mérési adatbázis ellenőrzésére (ahol a 4 km-en belüli adattávolság teljesül). Ezeket az adatokat az ellenőrzés után a közeljövőben fel kívánjuk használni egy új, nagyfelbontású és minél pontosabb geoidmegoldás előállítására.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásaink a T-037929 és a T-046718 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

- 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*, 5, 63-87.
- Reilly WI** (1979): Mapping the local geometry of the Earth's gravity field. Geophysics Division, *Department of Scientific and Industrial Research*, New Zealand. Report No. 143.
- Szabó Z** (1999): Az Eötvös-inga története. *Magyar Geofizika*, 40; 1, 26-38.
- Tóth Gy, Merényi L** (2005): Eötvös-inga mérési adatok felhasználása gravitációs térképek szerkesztéséhez. *Geomatikai Közlemények VIII.* 207-212.
- Völgyesi L, Tóth Gy** (2004): Modelling gravity gradient variation due to water mass fluctuations. *LAG International Symposium, Gravity, Geoid and Space Missions*. Porto, Portugal.

A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR POTENCIÁLFÜGGVÉNYÉNEK INVERZIÓS REKONSTRUKCIÓJA EÖTVÖS-INGA ADATOK ALAPJÁN

Dobróka Mihály¹, Völgyesi Lajos^{2,3}



Inversion reconstruction of gravity potential based on torsion balance measurements - Suggestion can be found here for the inversion reconstruction of gravity potential. The suggested method gives a possibility to determine deflections of the vertical based on torsion balance measurements. Accuracy of this method is better than the accuracy of the former interpolation methods, and it is possible to avoid some types of earlier interpolation problems.

Keywords: inversion, deflection of the vertical, torsion balance measurements

A nehézségi erőter potenciálfüggvényének inverziós rekonstrukciójára teszünk javaslatot. A javasolt módszerrel lehetőség nyílik Eötvös-inga mérési adatok felhasználásával függővonal-elhajlás meghatározására, az eddig alkalmazott interpolációs módszerek pontosságát felülmúló számítások elvégzésére és a korábban alkalmazott eljárások során felmerülő bizonyos problémák áthidalására.

Kulcsszavak: inverzió, függővonal-elhajlás, Eötvös-inga mérések

Bevezetés

Magyarországon az elmúlt 100 évben mintegy 60000 Eötvös-inga mérést végeztek. Mivel a mérések nyersanyag kutatás céljából történtek, ezért csak a W_{xx} és a W_{yy} horizontális gradienseket dolgozták fel. A geodéziában fontos W_{Δ} és W_{xy} görbületi adatok eddig feldolgozatlanok maradtak, pedig ezek jó lehetőséget teremtenek a függővonal-elhajlás meghatározására (Völgyesi 1993, 1995).

Az alábbiakban a nehézségi erőter potenciálfüggvényének inverziós rekonstrukciójára teszünk javaslatot. Úgy véljük a javasolt módszerrel lehetőség nyílik az eddig alkalmazott interpolációs módszerek pontosságát felülmúló számítások elvégzésére és a korábban alkalmazott eljárások során felmerülő bizonyos problémák áthidalására. Az inverziós algoritmus ellenőrzésére szintetikus adatokon végeztünk vizsgálatot.

Az inverziós algoritmus

Vegyük fel a nehézségi erőter $W(x, y)$ potenciálját valamely Ψ_0, \dots, Ψ_p (ismert) bázisfüggvény rendszer szerinti sorfejtés alakjában:

$$W(x, y) = \sum_{n=1}^{P+1} \sum_{i=0}^{n-1} B_j \Psi_i(y) \Psi_i(x),$$

ahol

$j = \frac{n(n-1)}{2} + i$, $l = n - i - 1$ és B_j (ismeretlen) sorfejtési együtthatók. Az ismeretlenek szá-

ma: $M = \frac{P(P+1)}{2} + P + 1$. (Általánosságban a bázisfüggvények sokfélék lehetnek, a jelen dolgozatban azonban bázisfüggvényekként hatványfüggvényeket vagy Chebishev, Legendre, stb. polinomokat tételezünk fel.)

A direkt feladat megoldását (W_{Δ} és W_{xy} görbületi adatok elméleti értékeit) ezzel előállíthatjuk a

¹ Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc-Egyetemváros, E-mail: dobroka@gold.uni-miskolc.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék H-1521 Budapest

³ Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport, E-mail: volgyesi@eik.bme.hu

II. táblázat. A korrelációs mátrix elemei (korrelációs átlag: 0.180)

1	0.0034	0.062	0.0103	0.0449	-0.1038	-0.0365	-0.092	-0.0073	0.0122	-0.0146	0.0182	0.0379	0.002
0.0034	1	0.0058	0.0125	0.0017	-0.0202	-0.0787	-0.0451	-0.0097	0.0007	0.052	0.0201	-0.0264	0.0037
0.062	0.0058	1	-0.0232	0.0942	0.3517	-0.0255	0.0135	-0.0501	-0.7302	0.0412	-0.0946	-0.024	0.0464
0.0103	0.0125	-0.0232	1	-0.0159	0.0359	0.1904	0.2023	0.0196	-0.0114	-0.3487	-0.1151	-0.352	-0.0092
0.0449	0.0017	0.0942	-0.0159	1	0.2313	-0.0221	0.0112	0.0017	0.3586	0.013	-0.0704	-0.0055	-0.5278
-0.1038	-0.0202	0.3517	0.0359	0.2313	1	0.1179	0.1659	0.0271	-0.1136	-0.079	0.038	0.1209	-0.0116
-0.0365	-0.0787	-0.0255	0.1904	-0.0221	0.1179	1	0.5696	0.1105	0.0206	0.2455	0.2451	0.0799	0.0225
-0.092	-0.0451	0.0135	0.2023	0.0112	0.1659	0.5696	1	0.0536	0.0318	0.0719	0.2467	0.2393	0.0199
-0.0073	-0.0097	-0.0501	0.0196	0.0017	0.0271	0.1105	0.0536	1	0.0855	0.0578	0.0258	-0.0232	-0.3429
0.0122	0.0007	-0.7302	-0.0114	0.3586	-0.1136	0.0206	0.0318	0.0855	1	0.046	0.1054	0.0673	-0.0769
-0.0146	0.052	0.0412	-0.3487	0.013	-0.079	0.2455	0.0719	0.0578	0.046	1	0.5395	0.0774	0.0528
0.0182	0.0201	-0.0946	-0.1151	-0.0704	0.038	0.2451	0.2467	0.0258	0.1054	0.5395	1	0.5419	0.0834
0.0379	-0.0264	-0.024	-0.352	-0.0055	0.1209	0.0799	0.2393	-0.0232	0.0673	0.0774	0.5419	1	0.0373
0.002	0.0037	0.0464	-0.0092	-0.5278	-0.0116	0.0225	0.0199	-0.3429	-0.0769	0.0528	0.0834	0.0373	1

Az I. táblázat adatai alapján az átlagos becslési hiba 0.58%, a II. táblázat főátlón kívüli elemeinek átlaga (a korrelációs norma) 0.180 – tehát az inverziós algoritmus igen stabil.

Összefoglalás

A bemutatott módszer a potenciálfüggvény nagyszámú Eötvös-inga adat és néhány (pl. csillagászati) függővonal elhajlás adat együttes inverziójának felhasználásával történő meghatározására nyújt lehetőséget. Az így rekonstruált potenciálfüggvényből számos gyakorlati fontosságú „teret”, (pl. függővonal elhajlást) a vizsgálati terület bármely pontján leszámaztathatunk. Az eljárás előnye, hogy mindezt egy jelentősen túlhatározott inverz probléma megoldásával tehetjük.

Köszönetnyilvánítás

A nehézségi erőter potenciálfüggvényének inverziós rekonstrukciójával kapcsolatos kutatások a T 037929 sz. OTKA anyagi támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Dobróka M, Gyulai Á, Ormos T, Csókás J, Dresen L (1991) Joint inversion of seismic and geoelectric data recorded in an under-ground coal mine. *Geophysical Prospecting* 39, 643-665.
- Völgyesi L (1993) Interpolation of deflection of the vertical based on gravity gradients. *Periodica Polytechnica Civ. Eng.*, 37, 2, 137-166.
- Völgyesi L (1995) Test Interpolation of deflection of the vertical in Hungary based on gravity gradients. *Periodica Polytechnica Civ. Eng.*, 39; 1, 37-75.

GRAVITÁCIÓS INVERZIÓ ALKALMAZÁSA A GEOID VIZSGÁLATÁBAN

Papp Gábor és Benedek Judit*



Application of gravity inversion for the investigation of the geoid - Different types of observables and processing methods are used to determine the geoid surface. These methods, however, do not result in consistent solutions due to either the different numerical methods or the theoretical approaches and definitions applied. In this paper a synthetic method based on inverse gravity and forward geoid modelling is given to investigate the inconsistencies between the Listing and the Stokes-Helmert geoid definitions numerically. The modelling is based on the closed analytical formulae providing the gravitational potential and its derivatives for the right rectangular parallelepiped with constant volume density. The case study from the Mecsek Mountains, South-West Hungary demonstrates that along a 5 km long profile containing 149 gravity values and precise height data a non-constant, 2 cm peak to peak systematic deviation between the Listing and the Stokes-Helmert geoid models is indicated. Theoretically it is the so called indirect effect of the condensed layer on the geoid correlating with the topographic height. The analysis of the discrepancies, however, gives ambiguous results making the application of simple models of the height dependency of the indirect effect questionable if cm accuracy is required.

Keywords: Listing's geoid definition, Stokes-Helmert geoid model, gravity inversion, synthetic geoid modeling, indirect effect

A geoid felületének vagy valamely felületdarabjának a különböző elméleti definíciók szerinti meghatározására sokféle mérési és adatfeldolgozási módszer használatos, melyek általában kisebb-nagyobb mértékben eltérő eredményekre vezetnek. Jelen tanulmány célja az, hogy gravitációs inverzió alkalmazásával megvizsgálja a Listing- ill. a Stokes-Helmert-féle geoid definíciókat és egy konkrét példán keresztül számszerűsítse a közöttük mutatkozó különbségeket. A módszer lehetővé teszi egy derékszögű hasábokon alapuló sűrűség eloszlás modell optimális illesztését a mérési adatokhoz az L_2 norma szerint. Habár az algoritmus háromdimenziós, alkalmazása egy kb. 5 km hosszú, részletesen felmért, 149 db. nehézségi mérési pontot tartalmazó szelvény mentén történt. Az inverzióval előállított modellekből számított szintetikus eredmények alapján megállapítható, hogy adott esetben már igen rövid, 2 km-es szakaszon is jelentős, 2 cm nagyságú szisztematikus eltérés mutatkozhat a geoid megoldások között. Az elmélet szerint a különbség az ún. indirekt hatásból adódik, melynek határozott korrelációt kell mutatnia a topográfiai magassággal. Az eredmények azonban arra utalnak, hogy az indirekt hatás egyszerű statisztikai modellek alapján történő meghatározása nem teszi lehetővé a cm pontosságú Stokes-Helmert geoidundulációk kiszámítását

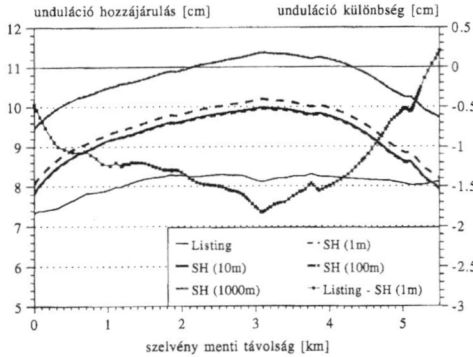
Kulcsszavak: Listing-féle geoid, Stokes-Helmert geoid, gravitációs inverzió, szintetikus geoid modellezés, indirekt hatás

Bevezetés

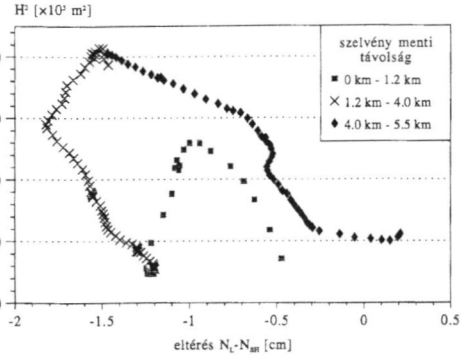
A gravimetriai geoid meghatározások alapjául szinte kizárólag a Stokes-Helmert-féle geoid definíció szolgál. E miatt a számszerűsített geoid megoldások egy olyan absztrakt helyzetet tükröznek, melyben nem léteznek tömegek a geoid felett, azaz nincsen topográfia. A tényleges és a munkahipotézis szerinti sűrűség eloszlások tömegvonzási potenciálja közötti eltérés az ún. indirekt hatás meghatározásával elvileg kiküszöbölhető.

A gravimetriai geoidok független értékelésére széles körben használják a szintezéssel kombinált GPS (ellipszoid feletti) magasság meghatározást. Azonban mind a szintezés, mind a GPS mérés olyan erőterben történik, mely a valós helyzet szerinti. Így a mérések magukban hordozzák a nehézségi tér valódi, feltételezésektől és absztrakcióktól mentes geometriáját.

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



7. ábra. A topográfia modelljéből ($\rho=2115 \text{ kg/m}^3$) és a vékonyréteg modellekből számított Listing- és Stokes-Helmert-féle unduláció hozzájárulások és az 1 m vastagságú vékonyrétegre - SH(1m) - vonatkozó eltérések az NY szelvényben



8. ábra. A Listing- és Stokes-Helmert-féle (SH(1m)) unduláció hozzájárulások különbségeinek (indirekt hatás) összefüggése a topográfiai magasság négyzetével az NY jelű szelvényben (v.ö. a 4. ábrával)

Az eredmények értékelése

A vizsgálatokból megállapítható, hogy a Listing és a Stokes-Helmert-féle geoid definíciók alapján szintetikus meghatározott undulációk között egy állandó eltérésen túl is jelentős, centimétert meghaladó rendszeres eltérések mutatkoznak. Ez arra figyelmeztet, hogy az elméleti különbségeket az indirekt hatás meghatározásával kell figyelembe venni akkor, amikor a különböző feltételeknek megfelelő adatrendszerekből előállított geoid megoldásokat (pl. GPS és gravimetriai geoid) összehasonlítjuk és nem várható, hogy ezek a megoldások pusztán az adatok számának (nehézségi mérések ill. GPS-szintezési pontok) növelése által fognak közelíteni egymáshoz. Valószínű, hogy az indirekt hatás cm alatti pontosságú kiszámításához helyi közhétsűrűség adatokra is szükség van, mert e nélkül a geoidundulációk relatív megbízhatósága sem fogja a célul kitűzött ± 1 cm értéket elérni.

A teszterületen modellezéssel kimutatott ellentmondások nagy pontosságú GPS és szabatos szintezési mérések segítségével esetleg már igazolhatók, hiszen a bemutatott szelvény mentén néhány, a vizsgálatok segítségével lokalizált jellemző pontban meghatározható a geoidunduláció, amely így összevethető a szintetikus számítások eredményeivel.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatásokat a T043413 és T028744 számú OTKA programok támogatták. Külön köszönet illeti Tóth Gyula bírálót hasznos tanácsaiért és segítőkész kritikájáért.

Hivatkozások

- Benedek J, Papp G (2004): Gravimetriai mérések kiértékelése műszervizsgálat céljából. *Geomatikai Közlemények VIII.* 199-206.
- Heck B (2003): On Helmert's methods of condensation. *Journal of Geodesy*, 77, 155-170.
- Heiskanen WA, Moritz H (1967): Physical Geodesy. *W.H. Freeman*, San Francisco.
- Hipkin RG (1988): Bouguer anomalies and the geoid: a reassessment of Stokes' method. *Geophys. Journal*, 92, 53-66.
- Nagy D, Papp G, Benedek J (2000): The gravitational potential and its derivatives for the prism. *Journal of Geodesy*, 74, 552-560.
- Papp G, Kalmár J (1996): Toward the physical interpretation of the geoid. *IGeS Bulletin*, 5, 63-85.
- Papp G (1996): A Pannon-medence nehézségi erőterének modellezése. *Kandidátusi értekezés*, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron. 107.
- Papp G, Benedek J (2004): Gravity investigations on Dunaföldvár test area. In: *Mentes Gy. and Eperné I. (eds.): Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary.* 37-46.
- Smith WHF, Wessel P (1990): Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55, 3, 293-305.
- Völgyesi L, Kenyeres A, Papp G, Tóth Gy (2005): A geoidmeghatározás jelenlegi helyzete Magyarországon. *Geod. Kart.* 57; 1, 4-11.

A GPS referenciaméréseket a ZSKE és ZSNY pontokon végeztük el. A műszereket, a laptopokat, az akkumulátorokat és az akkütöltőket két gépkocsiban helyeztük el azért, hogy kedvezőtlen időjárás esetén azok védve legyenek. A gépkocsikat az antenna csatlakozó kábel által lehetővé tett maximális távolságban állítottuk le. A mérések során csak a következő hibaforrásoktól tarthattunk: meghibásodhat a vevő, meghibásodhat a Laptop, lefagyhat a DOS program, zárlatos lehet az akku, kontakthibásak lehetnek a csatlakozások, meghibásodhat az akkütöltő és áramszünet miatt nem tudjuk pufferelni az akkukat.

Szerencsére a mérés napján nem érvényesültek a „Murphy-törvények”, minkét berendezés hibátlanul működött és kiváló adatokat szolgáltatott.

Összefoglalás

A bevezetőben említett problémák ellenére a feladatot sikerült megfelelően megoldani, részben a Fertő-Hanság Nemzeti Park segítségével (terepjáró biztosítása és a földmunkák elkészítése), másrész a külső körülmények szerencsés alakulása miatt.

A munkaterületen található OGPSH alappontok kedvező lokális transzformációs paramétereket biztosítottak, ezért a magassági illesztéshez nem kellett nagy mennyiségű járulékos szintezési munkát elvégezni. A munkaterület déli részén a kisebb, de ideálisnak nem nevezhető építmények is biztosították a vízszintes illesztéshez szükséges pontosságot (az optimális vízszintes illesztéshez a terület középső és déli részén is célszerű lett volna illesztő jeleket építeni).

Az adatszolgáltatás egyik fő tanulsága az volt, hogy a pénzügyi tervezés során a geodéziai referenciaadatok biztosításának a járulékos költségeit is pontosan meg kell tervezni.

Reményeink szerint ezzel a dolgozattal sikerül hozzájárulnunk ahhoz, hogy a közeli jövőben megvalósuló hazai lézerszkenneres felmérések tervezésénél az általunk szerzett ismeretek és gyakorlati tapasztalatok is felhasználásra kerüljenek.

A tulajdonképpeni légi lézerszkenner felmérések végeredményéről ugyanebben a kötetben *Király és Márkus (2005)* tanulmánya számol be részletesen.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozatban bemutatott vizsgálatokat a „Magyarország-Ausztria Phare CBC Program Kisprojekt Alap 2001” keretében hajtottuk végre.

Hivatkozások

- Bácsatyai L** (1999): Átszámítások vonatkozási rendszerek között. *Geomatikai Közlemények* I, 163-178.
- Katzenbeisser R, Biberach SK** (2004): Airborne Laser-Scanning, ein Vergleich mit terrestrischer Vermessung und Photogrammetrie. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, 179-187.
- Király G, Márkus I** (2005): Digitális domborzatmodell előállítás légi lézerszkenner felvételekből tájékológiai és természetvédelmi kutatások céljára. *Geomatikai közlemények* VIII, 243-252.

DIGITÁLIS DOMBORZATMODELL ELŐÁLLÍTÁSA LÉGI LÉZERSZKENNER FELVÉTELEKBŐL TÁJÖKOLÓGIAI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI KUTATÁSOK CÉLJÁRA

Márkus István, Király Géza*



Production of High-Resolution Digital Elevation Model (DEM) by Means of Aerial Laser-scanning for Research on Landscape-Ecology and Nature Conservation - This paper reviews the first results of the project called 'Production of High Resolution Digital Elevation Model by Means of Laser Scanning' funded by PHARE CBC Small Project Funds Hungary-Austria (Ref.: HU010803-12). The aerial laser-scanning realised in the frame of this project is the first Hungarian data-acquisition of this kind. The high resolution and high accuracy Digital Elevation Model (DEM) retrieved from the laser-scanning data is especially suitable for the modelling of the micro-topography and supporting certain nature conservation and water management tasks.

Keywords: DEM, laser-scanning, nature-conservation

A dolgozat a Magyarország-Ausztria Phare CBC Program Kisprojekt Alap 2001 által támogatott „Digitális geoadatállomány előállítás a lézerszkenner-adatokból” című projekt (támogatási szerződés száma: HU010803-12) első eredményeit ismerteti. A projekt keretében megvalósult légi lézeres letapogatás (aerial laser-scanning) az első magyarországi, ilyen technológiájú adatfelvételezés. A lézerekkel készített nagy pontosságú és nagy felbontású digitális domborzatmodell különösen alkalmas - főképpen sík terepen - a mikrodomborzat modellezésére és egyes természetvédelmi, vízügyi, stb. feladatok megoldásának megkönnyítésére.

Kulcsszavak: DDM, lézerszkenner, természetvédelem

Bevezetés

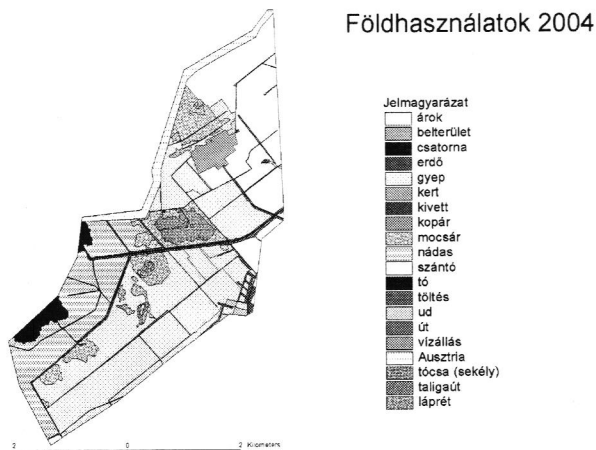
A cikkben szereplő kutatás egy „Magyarország-Ausztria Phare CBC Program Kisprojekt Alap 2001” által támogatott projekt – Digitális geoadatállomány előállítás a lézerszkenner-adatokból, támogatási szerződés száma: HU010803-12. – eredményeit ismerteti. A projekt keretében megvalósult légi lézeres letapogatás (aerial laser-scanning) az első magyarországi, ilyen technológiájú adatfelvételezés.

A projekt célkitűzése egy nagy pontosságú digitális domborzatmodell (DDM) kifejlesztése az országhatáron átnyúló — ökológiai szempontból egységesnek tekintendő — Magyar-Oszták Fertő-Hanság Nemzeti Park / Neusiedler See-Seewinkel National Park egy-egy érintkező kisebb magyar és osztrák területére. A DDM integrálása egy nemzeti park információs rendszerbe. A DDM és más kiegészítő adatok (ortofotó, kataszteri térkép, földhasználati térkép, vegetációtérkép, archív topográfiai térképek) együttes GIS-elemzése.

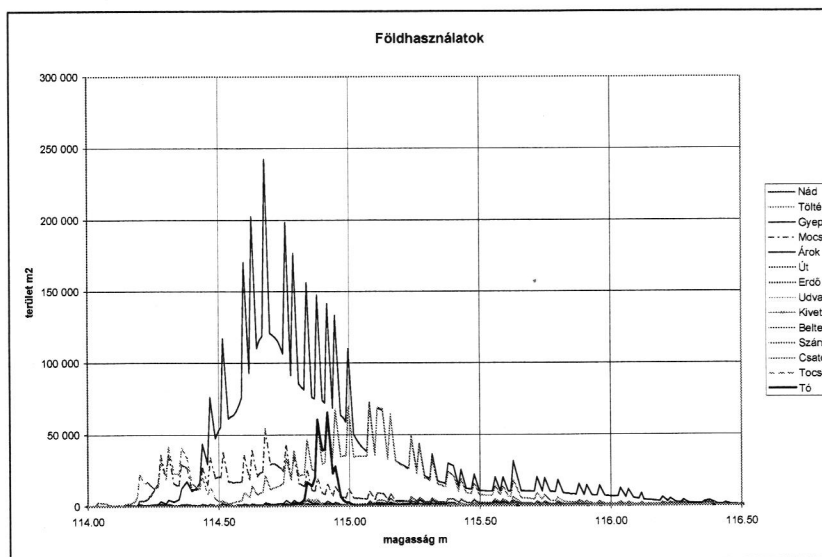
Ausztriában a Seewinkelben a XIX. század végén még több mint száz szikes tócsa volt, amelyek többsége mára eltűnt a vízelvezetés és a mezőgazdaság terjeszkedése következtében. Magyarországon a Mekszikói-körgát megépítésével 1911-ben 7 km² területet zártak ki a Fertőből, amely elszikesedett, és mezőgazdasági hasznosításra alkalmatlannak bizonyult. Hatalmas területek találhatók a Hanságban, ahol a vízrendezés, lecsapolás következtében a régi mocsárvilág helyét ma értéktelen kultúrerdők, alig-alig hasznosítható mezőgazdasági területek foglalják el. A táj természeti értékekben elszegényedett. A Nemzeti Park egyik legfontosabb hosszú távú feladata, hogy ezeket a területeket renaturalizálja, és emellett a különféle területhasználatok igényéből származó konfliktusokat kezelje.

A földhasználatban hosszabb időszak alatt bekövetkezett változások vizsgálatába sokféle adatforrás vonható be. Ezek közé tartoznak az aktuális digitális kataszteri térképek, ortofotók és a

gat a természetvédelmen túl számos egyéb területen is. A létrehozott alapadatbázis és a kifejlesztett módszerek csak az első, de legfontosabb építőkövei egy működőképes nemzeti park-információs rendszernek. Fontos, hogy a rendszer nyitott a további információk befogadására, és így egy multidiszciplináris elemző- és kezelőrendszert képez.



11. ábra. A terület 2004 évi földhasználat-térképe



12. ábra. A földhasználatok terület-eloszlása tengerszintfeletti magasság szerint

Hivatkozások

- Bácsatyai L, Kovács Gy, Bányai L (2005): Geodéziai referenciaadatok szolgáltatása légi lézerszkennel felvételek feldolgozásához. *Geomatikai Közlemények VIII*, 235-242.
- Bányai L (2005): Koordináta transzformáció geoid undulációk becslésével. *Geomatikai Közlemények VIII*, 69-76.
- TopoSys GmbH (2004): FALCON, LIDAR Sensor System. Biberach.

SZARVASOK GPS TELEMETRIÁS MÉRÉSE ÉS AZ ADATOK TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSA AZ ÉLŐHELY-HASZNÁLAT VIZSGÁLATÁHOZ

Király Géza*, Náhlik András**



GPS Telemetry of Red Deer and GIS Analysis of the Data for Home Ranges - The wild-life application of GPS telemetry is a new method in Hungary. It produces much more and much more accurate data correlating to conventional telemetry. The analysis of the data requires new methods, but also provides facilities. This paper contains GPS telemetry of 3 red deer (Cervus elaphus) and the analysis of the data. The collars were put on the animals in the area of Zalaerdő PLC. Many conclusions are obtained from the almost one-year dataset.

Keywords: GPS, telemetry, red deer, biotope, GIS

Az állatok GPS telemetriás mérése hazánkban új módszernek mondható. A hagyományos telemetriás mérésekhez viszonyítva jelentősen több, és pontosabb adatot kapunk, amelynek a feldolgozása újabb módszereket igényel, ugyanakkor számos újabb lehetőséget is kínál. A cikkben 3 gímszarvas (Cervus elaphus) GPS telemetriás méréséről és az adatok feldolgozásáról esik szó. A nyakörveket a Zalaerdő Rt. területén tettük fel az állatokra. A közel egy éves adatsorokból már számos következtetés levonható.

Kulcsszavak: GPS, telemetria, szarvas, élőhely, térinformatika, GIS

Bevezetés

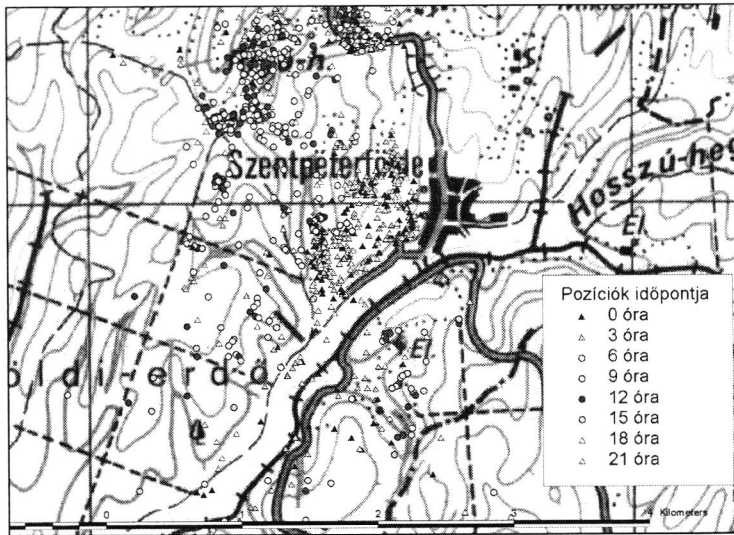
A hazai nagyvad gazdálkodás legfontosabb faja a gímszarvas. Az erdei vadkár meghatározó részét a gímszarvas okozza, megnehezítve, költségessé téve a sikeres erdőfelújításokat és az általa okozott mezőgazdasági vadkár is jelentős. A vadgazdálkodók költségei között meghatározó nagyságrendűek a vadkárok miatti kifizetések. Néhol az összes kiadás 30%-át is elérik. Éppen ezért a cikkben szereplő kutatás elsődleges célja az, hogy a gímszarvas élőhely-használatának és táplálkozási szokásainak jobb megismerésével a vadkár mértékét csökkenteni tudjuk. Azt vizsgáljuk többek között, hogy mennyire jelentősek az élőhely-használatot tekintve az erdőfelújítások, hol, milyen jellegű táplálékot részesít előnyben a szarvas. Másrészt vizsgáljuk a gímszarvas mozgáskörzetének nagyságát. Első eredményeink alapján a téli mozgáskörzet jelentősen megnő a nyárihoz képest. A cél tehát, hogy télen, amikor a vadkárveszély megnő, jobban helyhez kössük a szarvast, kevésbé vadkáros területeken. Az alkalmazott kutatásokon túlmenően a témának ökológiai alap kutatás jellege is van (adalékok a fajon belüli és fajok közötti versengés mértékéhez, táplálkozás ökológiához, élőhelyek niche-átfedéseihöz).

Az adatgyűjtés problémája

A vadállomány élőhely-használatának vizsgálatához számos adatra van szükségünk. Ezen adatok közül az egyik legfontosabb a helyre vonatkozó információ. Ezt a következő módokon határozhatjuk meg:

- Hagyományos megfigyelések
- Rádiótelemetriás mérések
- GPS telemetriás mérések

A GPS telemetriás mérések segítségével az állat pozícióját nagyobb pontossággal tudjuk meghatározni, valamint a méréseket szinte tetszőleges időközönként elvégezhetjük.



5. ábra. Az „1-es nyakörv” pozíciói óránkénti bontásban. Állami alapadatok felhasználásával készült

Összefoglalás

A GPS telemetriás mérések jelentősen több és pontosabb adatokat szolgáltatnak, mint a hagyományos telemetriai vizsgálatok. Az adatok elemzése sok érdekes eredményt hozott.

További terveink között szerepelnek a szarvasok mozgásterületének terepi bejárásai, az erdő- és mezőgazdasági adatok összegyűjtése és az elemzésbe való bevonása, valamint a mintaszám – a nyakörvek számának – növelése. Már sikerült beszerezni két olyan nyakörvet is, amely a mért pozíciókat műholdas kommunikáció segítségével email-en keresztül küldi el, valamint lehetőség van a nyakörv időközbeni átprogramozására is.

Az eddigi adatsorok is számos további lehetőséget kínálnak egyéb adatokkal – pl. a vadászatokkal – való összevetésre.

Hivatkozások

- Jennrich RI és Turner FB (1969): Measurement of non-circular home range. *J. Theor. Bio.* 2, 227-237.
 Hooge PN (): Animal Movement Analysis Arcview Extension. USGS - BRD, *Alaska Biological Science Center*
 Silverman BW (1986): Density Estimation for Statistics and Data Analysis. *Chapman and Hall*, New York.

GPS MÉRÉSEK OPTIMÁLIS IDŐTARTAMA ERDŐVEL FEDETT TERÜLETEKEN

Gyimóthy Attila*



Optimal duration of GPS measurements under forest canopy - Contradictory information can be found in the literature about the precision of GPS measurements under forest canopy. According to our experiences the precision is strongly influenced by the density of the forest cover, the seasonal variation and quality of the leafage, the rough topography in the forest as well as the duration of the measurements. The effects of the forest cover and the seasonal variation of the leafage can be proved unambiguously in the cases of deciduous and coniferous forests, too. The precision can be improved by longer duration of the measurements as well, but in that case the economic aspects have to be taken into account. The measurement duration, longer than 30-60 minutes, does not improve the precision significantly. The errors of the position determination on our test field varied between 0.01-25.00 m depending on the circumstances and the fixing of phase ambiguities. Our main research aim is to develop a method for estimation of expectable precision under different forest covers and for different time points by means of evaluating zenith pictures made by fisheye lens.

Keywords: GPS, forrest

Az erdei lombzat alatt végzett GPS mérések pontosságáról a szakirodalomban többnyire ellentmondásos információkat találhatunk. Vizsgálataink szerint a pontosságot az erdőfedettség sűrűsége, a lombtakaró szezonális változása és minőségi jellemzői, a szabdaltabb erdei topográfia, valamint a mérések időtartama is jelentősen befolyásolja. Az erdőfedettség- és a lombtakaró változásának hatása a lombos és a tűlevelű állományokban is egyértelműen kimutatható. A pontosság a mérési időtartam hosszával is növelhető, de ekkor a gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni. A mérés időtartamának növelése 30-60 perc után már nem hoz számottevő javulást. A teszterületen végzett pontmeghatározások hibája a külső körülmények és a fázis-többértelműség feloldásának függvényében a 0.01-25.00 m tartományban változott. A kutatásaink fő célja a halszemobjektívés zenit felvételek kiértékelésével a különböző fedettségekre és időpontokra vonatkozó várható pontosság becslésének kidolgozása.

Kulcsszavak: GPS, erdő

Bevezetés

A GPS erdészeti alkalmazásainál az egyes feladatok pontossági igénye, az erdőfedettség sűrűsége, a lombtakaró szezonális változása és minőségi jellemzői, valamint a szabdaltabb topográfia miatt eddig a navigációs alkalmazások kerültek előtérbe (Ádám et al. 2004). Erdőterületeken a fák kitarják a műholdakat, ami jelentősen megnöveli a mérési időt, szélső esetben a mérést is lehetetlenné teszi. A vevő és a műholdak közötti kapcsolat szakadozottsága miatt a fázis-többértelműség meghatározása nem egyértelmű, ami nagymértékben csökkentheti a helymeghatározás pontosságát. A helymeghatározás bizonytalansága a faanyag és lomb mennyiségéhez és eloszlásához köthető. Az utóbbi években az erdőműveléssel és a természeti erőforrások megőrzésével kapcsolatos erdőfeltárási és fotogrammetriai tevékenység a fedettebb területeken is igényli a geodéziai pontosság biztosítását, ezért kutatási programunkban széleskörűen vizsgáljuk a záródás, a fa méret és általános biológiai jellemzőinek hatását a különböző típusú GPS vevők és feldolgozási módszerek által elérhető pontosságra, a Magyarországon jellemző fedettségi viszonyok mellett.

A „GPS technika nagypontosságú alkalmazásának vizsgálata erdővel fedett területeken” címmel a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földmérési és Távérzékelési Tanszéke 2001-ben pályázatot nyújtott be az Országos Tudományos Kutatási Alaphoz. A kedvező elbírálásra talált pályázat

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

egy adott időponthoz tartozó műholdpozíció. Így megállapítható, hogy az adott időpontban történő mérést faanyag vagy lomb befolyásolta. Az ehhez kapcsolódó összefüggés meghatározására fél-automatikus, illetve automatikus képfeldolgozási eljárások kidolgozását tervezzük. Távlati elképzelésünk, hogy adott mérési helyen a zenitfelvétel birtokában meg tudjuk tervezni a mérést, illetve adott biztonsággal meg tudjuk mondani azt is, hogy milyen időpontban milyen pontossággal lehet a mérést elvégezni.

A mérési munkálatok folytatásaként különböző típusú vevőkkel is végzünk próbaméréseket a teszterületünkön, illetve más szoftverekkel is feldolgozzuk adatainkat.

A kutatás várható eredménye egy olyan műszaki dokumentáció, amely tartalmazza a GPS hazai erdőállomány alatti alkalmazásának kritériumait: optimális pontkiválasztás, mérések szezonális megválasztása, mérési idő javasolt hossza, mérési periódusok javasolt hossza, a feldolgozás módszere, várható megbízhatóság.

Összefoglalás

A cikkben beszámoltunk a kutatásunk elvégzett feladatairól és eredményeiről. A vizsgálatok során a mintapontok kiválasztása megfelelőnek bizonyult, a várható összefüggés megjelent a mérések pontossága és a kitakarás között. Bebizonyosodott, hogy lehetséges erdővel fedett területeken geodéziai pontosságú GPS méréseket végezni, bár ehhez több feltétel is szükséges.

Bemutattuk, hogyan változik a mérések pontossága különböző hosszúságú mérési időtartamok alatt. A cikk végén jeleztük a felmerülő problémákat, és terveinket is.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönetet mondunk az Országos Tudományos Kutatási Alapnak, amelynek támogatása lehetővé tette, hogy T 037384 számmal jegyzett kutatásunk elinduljon.

Hivatkozások

Bácsatyai L, Gyimóthy A (2003): GPS technika erdővel fedett területeken. *Geomatikai Közlemények* V, 303-308.

Király G, Kovács Gy, Jobbágy Zs (2003): Halszemoptikával készült amatőr zenitfelvételek erdészeti alkalmazása. *Geomatikai Közlemények* V, 335-343.

Ádám J, Bányai L, Borza T, Busics Gy, Kenyeres A, Krauter A, Takács B (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó*.

OPTIMALIZÁLÁS ÉS GIS

Sárközy Ferenc*



Optimization and GIS - There is a growing demand in connecting the optimization techniques to other tools of spatial planning and design. The paper gives a review of the most important types of spatial optimization applications. It sketches out the available optimization techniques and makes an attempt to stake out the limits of possible extensions of GIS functionalities resulting in more organic link between GIS analysis and planning methods and optimization techniques.

Keywords: spatial planning, optimization, GIS functions

Az optimalizálási feladatok összekapcsolása a térbeli tervezés munkaeszközeivel a térinformatika egyik legfontosabb megoldandó feladatcsoportja. A tanulmány megvizsgálja a legfontosabb alkalmazás-típusokat, felvázolja a rendelkezésre álló optimalizálási technikákat és megpróbálja kijelölni a GIS funkcionális kereteinek szükséges bővítését ahhoz, hogy az optimalizálási feladatok a GIS elemző-tervező eszközeinek szerves részévé váljanak.

Kulcsszavak: térbeli tervezés, optimalizálás, GIS függvények

Bevezetés

A műszaki, gazdasági, szervezési feladatok általában többféle terv alapján oldhatók meg. Előfordulnak azonban olyan esetek, amikor az elvégzendő feladat a kor műszaki (vagy gazdasági) teljesítményének maximumát igényli ahhoz, hogy egyáltalán megoldható legyen. Ez volt a helyzet – műszaki vonatkozásban – a kozmosz meghódításának hajnalán, vagy gazdasági téren, az amerikai piacgazdaság átállításakor központi irányítású tervgazdasággá a II. Világháború eredményes megvívása érdekében.

Lényegében ez utóbbi eseményhez kapcsolhatjuk a különböző optimális tervezési feladatok gyakorlati alkalmazott tudománnyá válását operációkutatás névvel. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a gyakorlati feladatok jelentős számításiigénye miatt az operációkutatási módszerek széleskörű elterjedését a számítástechnika gyors fejlődése tette lehetővé.

A GIS megjelenésének egyik kifejezett célja a térbeli elemzés volt, ami tulajdonképpen nem más, mint a térbeli tervezést előkészítő és alkotó lépések összefoglaló elnevezése. Ha tehát a GIS egyik legfontosabb feladata a térbeli tervezés elősegítése, úgy kézenfekvő, hogy ez alatt a folyamat alatt optimális tervezést kell értenünk, azaz a térbeli tervezési folyamatban az optimális tervezés eszközeivel is rendelkezünk kell.

Nem szabad ugyanakkor elfelejtenünk, hogy a térbeli tervezési feladatok gyakran igényelnek különböző modellező algoritmusokat, melyek bár bemenő adataikat a GIS állományaiból nyerik, maguk különböző lazasággal kapcsolódhatnak a GIS szoftverhez, szoros kapcsolat hiányában pedig az optimalizálás tulajdonképpen a tervező modul és nem a GIS szoftver tulajdonsága.

Ha azonban az utóbbi tíz év szoftverfejlődési tendenciáiból indulunk ki, úgy joggal várhatjuk, hogy a GIS szoftverek olyan nyílt rendszerekké válnak, melyek szabadon bővíthetők különböző tervező modulokkal, ugyanakkor az optimalizáló eszközök egyre inkább az alap szoftver részeivé váljanak.

A GIS és az optimalizálás kapcsolat típusai

Amint a bevezetőben már láttuk a mindenki számára kézenfekvő kapcsolat a GIS és az optimalizálás között a térbeli tervezésben nyilvánul meg. A térbeli tervezés során, felhasználva a GIS rétegekhez (objektumokhoz) rendelt attribútumokat a tervező modul meghatározza a tervezett létesítmény viszonyát a kérdéses rétegekhez (objektumokhoz), majd a GIS eszközei segítségével megjeleníti az

*BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
E-mail: sarkozy@agt.bme.hu

Hivatkozások

- Chabini I, Jiang H, Macneille P, Miller R** (2003): Parallel Implementation of Dynamic Traffic Assignment Models. *IEEE International Conference on Systems, Man & Cybernetics*, Washington DC, October.
- Church R, Sorensen P** (1994): Integrating Normative Location Models into GIS: Problems and Prospects with the p-median Model. *NCGIA Technical Report 94-5*, June.
- Cooper L** (1963): Location-Allocation Problems. *Operations Research*, 11, 331–343.
- Dijkstra E** (1959): A note on two problems in connection with graphs. *Numerische Mathematik*, 1:269-271.
- Fonseca M, Fleming P** (1993): Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization, In Stephanie Forrest, editor, *Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms*, 416-423, San Mateo, California, University of Illinois at Urbana-Champaign, Morgan Kaufman Publishers.
- Gáspár P** (2002): Birtokrendezési feladatok megoldása matematikai programozással. *Elektronikus publikáció*.
- Gáspár P** (2003): Birtokrendezési feladatok modellezése. *Elektronikus publikáció*.
- Hertz A, Taillard E, de Werra D** (1995): A TUTORIAL ON TABU SEARCH. *Proc. of Giornate di Lavoro AIRO'95 (Enterprise Systems: Management of Technological and Organizational Changes)*.
- Kaufman D, Nonis J, Smith R** (1997): A Mixed Integer Linear Programming Model for Dynamic Route Guidance.
- Liu H, Ban X, Ran B, Pitu B** (2002): Analytical Dynamic Traffic Assignment Model with Probabilistic Travel Times and Perceptions. *Annual meeting of the Transportation Research Board (TRB)*, held in January 2002 in Washington, D.C.
- Matthews K, Sibbald A, Craw S** (1999): Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating GIS an environmental models with search and optimisation algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 23; 9-26.
- Miller H, Wu Y, Hung M** (1999): GIS-based dynamic traffic congestion modeling to support time-critical logistics. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*,
- Nagurney A** (2003): Spatial Equilibrium in Transport Networks. Submitted to the *Handbook on Transport Geography and Spatial Systems*.
- Rolland E, Gupta R** (1996): New Linkages Between GIS and Combinatorial Optimization.
- Wardrop J** (1952): Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, Part II, 325-378.
- Wu Y, Miller H, Hung M** (2001): A GIS-based decision support system for analysis of route choice in congested urban road networks. *Journal of Geographical Systems*, 3, 3-24.
- Yiyi H** (1997): A flow-based approach to the dynamic traffic assignment problem: Formulations, algorithms and computer implementations. *Master's thesis*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, June.

DIGITÁLIS VIDEOKAMERA KALIBRÁCIÓJA

Tóth Zoltán, Mélykúti Gábor, Barsi Árpád*



Digital video camera calibration - This paper presents a procedure and experiences on a non-metric digital video camera calibration. To determine the interior orientation parameters and the function of the radial distortion, we suggest a two-step procedure. At first we calculate the function of the radial distortion by the help of a flat chessboard pattern, then in the next step we use a spatial test field to calculate the interior orientation parameters by the respect of the determined radial distortion. We give a sort review about the results and the accuracy of the method. Our research was made by a CAD application and the BINGO bundle block adjustment software.

Keywords: digital camera, calibration, close-range

Jelen cikkünkben egy nem metrikus digitális kamerapár kalibrációját mutatjuk be. Ismertetjük az alkalmazott kamerák felépítését, jellemzőit. A belső tájékozás meghatározására, valamint az optikai elrajzolás függvényeinek meghatározására két lépcsős megoldást javasolunk a cikkben. Első lépésként az optikai elrajzolást határozzuk meg egy sík tesztmező segítségével, majd az optikai elrajzolás figyelembevételével egy térbeli tesztmező segítségével a belső tájékozás ismeretleneit számítjuk. Ismertetjük az alkalmazott eljárás eredményét, valamint pontossági mérőszámait. Vizsgálatainkat általános célú CAD rendszerben, valamint a BINGO sugárnyaláb-kiegyenlítő szoftverrel végeztük.

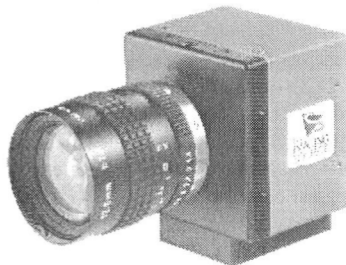
Kulcsszavak: digitális videokamera, kalibráció, közelfotogrammetria

Bevezetés

A Budapesti Műszaki Egyetem Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékén egy folyamatban levő mobil térképező rendszer fejlesztése során merült fel digitális videokamera-pár kalibrációjának igénye. A fejlesztés során egy vetített pontsor térbeli helyzetét kívánjuk térbeli előmetszéssel meghatározni, mely művelethez a külső tájékozási elemek ismertén kívül - melyet GPS vevőpár, illetve inerciális navigációs rendszer szolgáltat - szükséges a belső tájékozás ismeretleneinek, valamint az optikai elrajzolásnak az előzetes meghatározása.

Az alkalmazott kameratípusról

Vizsgálatainkat a német ImagingSource cég DFK-41F02 típusú kamerájával (1. ábra) végeztük. A kamera néhány fontosabb tulajdonságát az 1. táblázatban foglaltuk össze.



1. ábra. ImagingSource DFK-41F02 digitális videokamera

*BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
E-mail: toth.zoltan@fmt.bme.hu

II. táblázat. A belső tájékozás adatai (100pixel egységben)

	1. kamera	2. kamera
ck	9.4418 ± 0.0317	9.3442 ± 0.0412
ε_0	-0.0929 ± 0.014	0.2268 ± 0.018
η_0	0.0863 ± 0.019	0.1288 ± 0.023

Összefoglalás

Cikkünkben bemutattuk egy eljárást videokamerák kalibrációjára. A további vizsgálataink során más kamerákkal, illetve objektívekkel is el szeretnénk végezni a kalibrációt. A feladat munkaigé-nyének csökkentése érdekében célszerűnek látjuk a sík tesztmező mérések automatizálását.

Hivatkozások

Kruck E (1995): BINGO-F User's Manual.

Fekete K (2004): A közelfotogrammetria és néhány fogászati alkalmazása. Sopron, *Geomatikai Közlemények* VII, 45-49.

Kraus K (1998): Fotogrammetria. *Egyetemi tankönyv*, Budapest.

LEHETŐSÉGEK A FÖLDI LÉZERES FELMÉRÉSBEN

Lovas Tamás, Barsi Árpád*



Potential of Terrestrial Laser scanning - In this paper we give an overview about the application fields of terrestrial laser scanning. Since we already achieved remarkable results in the field of transportation data acquisition using airborne laser scanned data, this paper also focuses on transportation applications. Transportation authorities require rapid, accurate spatial data acquisition techniques to support intelligent transportation systems. We developed effective method for vehicle classification (into main categories) from laser scanned data sets, which can be the base of deriving further traffic data, such as vehicle count, traffic density or even velocity. We intend to enhance our technique in vehicle classification applying ground-laser measurements. The point density and geometric accuracy enable very accurate vehicle-profile determination, thus even sub-classes can be separated, and the performance of the previously developed model-based classification can be significantly improved.

Keywords: terrestrial and airborne laser-scanning, transportation, model-based classification

Dolgozatunkban áttekintést adunk a földi lézershakennerek alkalmazási területeiről. Korábbi légi lézershakenneres kutatásainkban a közlekedési adatnyerés területén értünk el jelentős eredményeket, így a földi esetben is a közlekedési adatnyerésre koncentrálnk. A közlekedésirányítás gyors, pontos térbeli adatnyerési eljárásokat igényel az intelligens közlekedési rendszerek kiszolgálására. Hatékony módszert dolgoztunk ki járművek osztályozására (főbb kategóriákba), amely további forgalmi adatok levezetésének lehet alapja: forgalom nagysága, sűrűsége vagy akár sebessége. A földi felméréssel az osztályozási technológiánkat kívánjuk kiegészíteni, javítani. A pontsűrűség és geometriai pontosság nagyon pontos jármű-profilok levezetését teszi lehetővé, így akár alosztályok is megkülönböztethetővé válnak; a korábban kifejlesztett modell-alapú osztályozó jelentősen javítható.

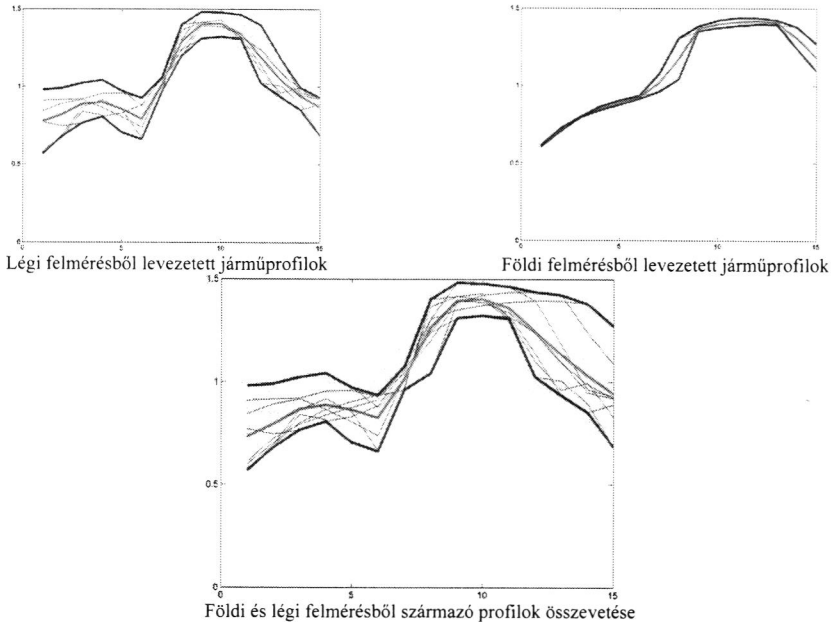
Kulcsszavak: földi és légi lézershakenner, közlekedés, modell-alapú osztályozás,

Bevezetés

A 90-es években részben a navigációs rendszerek pontosságának növekedése, részben a technológiai fejlődés okozta elérhetőség miatt a lézershakennerek óriási ütemben fejlődtek. Az Egyesült Államokban a digitális domborzat és felszín modellek létrehozásában immár vezető technológiának számítanak, de Európából is számos példa bizonyítja ezen új adatnyerési eljárás létjogosultságát. A múlt század végén a földi lézershakennerek is növekvő ütemben terjedtek, melyek a légi és földi fotogrammetria viszonyához hasonlóan térnek el mind a technológiát, mind az alkalmazási területeket tekintve a légi felméréstől.

A lézershakenneres technika újabb és újabb területekre tör be, a hagyományos, nagy területi lefedettségű erdészeti, árvízvédelmi, környezetvédelmi feladatokon kívül megjelent az alkalmazások körében a közlekedés is. Elsődlegesen az úthálózat és környezetének felmérése a cél, de egyre nagyobb hangsúlyt kap a forgalmi adatnyerés is. Korábbi vizsgálatainkban légi lézershakennelt adatsorokból vezettünk le közlekedési információkat, melynek alapja a járművek osztályozása (Toth et al. 2003). A modell-alapú, a járművek profilját, burkológörbéjét használó osztályozó kifejlesztése során merült fel az igény egy pontosabb, referenciaként használható technológia illetve általa biztosított adatsor iránt; ekkor fordultunk a földi lézershakennerek felé. Tesztméréseinkből járműprofilokat vezettünk le, összehasonlítottuk és beillesztettük a légi felmérésből származó jármű-profilokkal illetve osztályozóval. Eredményeink bizonyítják, más távérzékelési technológiák kombinálásából nyert biztató eredményekhez hasonlóan, hogy a földi és légi felmérések adott esetben jól kiegészít-

*BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék. 1111 Budapest. Műegyetem rkp.3.
E-mail: tlovas@mail.bme.hu



7. ábra. Földi felmérésből levezetett profilok felhasználása; légi felmérésből levezetett profilokkal való összevetése

Ahogy a technikai paraméterek és az ábrák is tükrözik, a földi felmérésből lényegesen pontosabb alak-meghatározás válik lehetővé. A pontosabb profilokkal akár alkategóriák is megkülönböztethetők, mely finomítaná az eddigi durva osztályozást. Az elképzelés szerint a földi felmérésből egy minta profil-könyvtár állítható elő, mely referenciaként szolgálna a légi felmérésből levezetett profilokon alapuló osztályozó számára (Lovas et al. 2004b).

Összefoglalás

A légi lézerekkel felmérés a 90-es években óriási fejlődésnek indult, melyet a szenzor árak csökkenésének köszönhetően a földi felmérési technológia elterjedése követett. A technológiai különbségek az alkalmazási területekben is megmutatkoznak, a földi felmérés főbb területei a nagy pontsűrűséget és pontosságot igénylő feladatok.

Tanulmányunkban módszert mutatunk be a földi lézerekkel felmérés közlekedési célú alkalmazására. A légi lézerekkel adatsorra korábban kifejlesztett technológia a leválogatott járművek durva kategorizálását oldja meg, ennek kiterjesztéséhez járulhat hozzá a földi lézerekkel. A szerényebb pontsűrűség miatt a légi felmérésből durva felbontású járműprofilok vezethetők le, míg földi adatnyerésből valóságos, pontos, nagy felbontású profilok nyerhetők, melyek referenciaként szolgálhatnak a légi felméréshez. A pontosabb profilokkal az egyes fő kategóriákon belül akár al-osztályok is megkülönböztethetővé válnak. A gyakorlati alkalmazáshoz, hasznosításhoz egy ún. profil-könyvtár létrehozása lenne célszerű, melyet a földi felméréssel a kívánt kategóriáknak megfelelően leválogatott járművek illetve profiljuk, burkológörbéjük alkotnának.

Hivatkozások

- Barsí Á et al. (2003): Adatgyűjtés légi lézerlevegővel. Budapest, *Geodézia és Kartográfia* LV; 7, 10-17.
 Lovas T, Barsí A, Toth C (2004a): Detecting Moving Targets in Laser Scanning. *ASPRS Annual Conference*, 136-142.
 Lovas T, Toth C, Barsí A (2004b): Model-Based Vehicle Detection from LiDAR Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 134-138.
 Toth C, Barsí A, Lovas T (2003): Vehicle Recognition from LiDAR Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIV; 3/W13, 162-166.

KATASZTRÓFAVÉDELEM A TÉRINFORMATIKA ÉS TÁVÉRZÉKELÉS SEGÍTSÉGÉVEL

Kugler Zsófia, Barsi Árpád*



Disaster management with GIS and remote sensing - Globally, it appears that the toll of death and damages in natural disasters are increasing. Each year about a quarter million people are affected in natural catastrophes nevertheless no comprehensive statistics exist on it. Most deaths and property damage occur as a consequence of lack in technological and social preparedness. However, some catastrophes cannot be avoided, but their social-economic impacts may be reduced by enhancing the effectiveness of disaster management. In order to understand and analyse which measures can be taken to reduce losses and cost of damages caused by disaster events, the fundamentals concepts of disaster studies has to be reviewed. Therefore this study gives a short introduction on comprehensive disaster management. Furthermore it aims to describe the use of Geographic Information Systems and the large-scale mapping possibilities of remote sensing to fulfil the geographic information need of crisis management. Last but not least it reveals the possibilities of the method on the concrete example of flood risk analysis.

Keywords: Disaster management, GIS, remote sensing, real time data acquisition, risk modeling

A természeti katasztrófák halálos áldozatainak száma illetve az okozott anyagi kár mértéke folyamatosan nő. Minden évben negyed millió embert érintenek a természeti csapások, bár az áldozatok száma nem minden esetben számszerűsíthető. Az alacsony technológiai fejlettség, illetve a nem megfelelő társadalmi felkészültség miatt a legtöbb áldozat és anyagi kár a fejlődő országokat sújtja. Bár a csapások legnagyobb része nem kerülhető el, a gazdasági-társadalmi rendszerre gyakorolt hatásuk átgondolt védekezéssel enyhíthető. Az emberi áldozatok számának és a keletkező anyagi kár csökkentésének érdekében a katasztrófavédelem koncepcióját kell először tisztázni; dolgozatunkban röviden ismertetjük ennek fogalmát. Ezen felül áttekintési adunk a térinformatikai és a távérzékelési technológiák alkalmazhatóságára a katasztrófavédelemben. A módszerek alkalmazási lehetőségeit az árvízrizikó modellezés konkrét példáján mutatjuk be.

Kulcsszavak: Katasztrófavédelem, térinformatika, távérzékelés, valós-idejű adatgyűjtés, rizikó elemzés

Katasztrófa és katasztrófavédelem fogalma

Természeti csapásnak nevezünk a gazdasági-társadalmi rendszerre gyakorolt hirtelen, beható és pillanatnyi környezeti hatást. (Alexander 1993) Ezen definíció értelmében csak akkor beszélünk természeti katasztrófáról, ha a természeti csapás a lakosság életét, egészségét vagy anyagi javait veszélyezteti. Így a lakosságot nem érintő természeti folyamatok, mint például árvizek távoli, lakatlan területen, a fenti meghatározás alapján nem értelmezhetők katasztrófának, csupán szélsőséges hidrológiai jelenségek tekinthetjük.

A természeti csapások el nem kerülhetők, viszont hatékonyan működő katasztrófavédelem megelőzheti, enyhítheti azok súlyosságát, csökkentve az anyagi károkat illetve az emberi áldozatok számát. A katasztrófavédelem tehát összefoglaló kifejezés, mely magában foglal minden olyan tevékenységet, ami – a katasztrófák bekövetkezése előtt és után – azok megelőzésére, és ellenük való védekezésre irányul. (Plate 2001). A események időrendi sorrendje alapján négy egymástól eltérő szakaszra osztjuk, amely kezdődik a katasztrófa bekövetkezését megelőző mérséklési stádiummal, s tart egészen a katasztrófa utáni újraépítési időszakig (lásd 1. ábra).

Összefoglalás

Ezen cikk bemutatja a térinformatika és a távérzékelés alkalmazási lehetőségeit a katasztrófavédelemben. A módszerekhez tartozó fogalmak tisztázása után tárgyalásra kerültek ezen technológiák előnyei és hátrányai, hagyományos módszerekkel szemben. Megemlítesre került, hogy a térbeli elemzések módszere számos helyhez kötött kérdésre tud választ adni, csökkentve a védekezési munkálatok során felmerülő döntések bizonytalanságát. Vagyis igénynek megfelelő információ generálásával segíthetjük a védelmi feladatok végrehajtása közben felmerülő döntéseket.

A cikk továbbá az árvíz rizikó modellezés konkrét példáján mutatta be a módszerek alkalmazását. A veszély és a sebezhetőség fogalmának különválasztása egyben a modellezés két fő irányát is meghatározta. Míg az árvíz veszélyeztetettségét a különböző valószínűséggel bekövetkező árvizek szétterülésének kimeneteleivel határoztuk meg, addig a sebezhetőség fogalmát a felhalmozott anyagi értékek és emberi élet veszélyeztetettségével definiáltuk. A modellezés két alkotóelemét összekapcsolva jutunk el egy terület árvízveszélyeztetettségének számszerűsítéséhez, amely egyben további kutatásunk fő célja.

Mindezen erőfeszítések arra irányulnak, hogy katasztrófák esetén megfelelő térbeli információ álljon a döntéshozók rendelkezésére, felgyorsítva a katasztrófavédelem munkálatait, növelve a lakosság biztonságát.

Hivatkozások

- Alexander D** (1993): Natural Disasters, *University College London Press Ltd*, London.
- Barsi Á, Detrekői Á, Lovas T, Tóvári D** (2003): Adatgyűjtés légi lézerlevegővel, *Geodézia és Kartográfia*, LV; 7, Budapest.
- Bernhardsen T** (2002): Geographic Information Systems. An Introduction, 3rd edition, *John Wiley & Sons, Inc.*
- Cova TJ** (1999): GIS in disaster management. In Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ and Rhind WD: Geographical Information Systems, Management Issues and Applications, 2, *John Wiley & Sons*, 845-858.
- Kugler Zs, Barsi Á** (2004): Flood risk management with photogrammetry and space-borne remote sensing in Hungary, 24th EARSeL Symposium Proceedings, Rotterdam, In Press.
- Plate EJ, Merz BC** (2001): Naturkatastrophen. Ursachen – Auswirkung - Vorsorge, *Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, Stuttgart.
- Skidmore A** (2002): Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing. *Taylor and Francis*. London and New York.
- UNDRO** (1982): Natural disaster and vulnerability analysis, Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator.

A FÖLDRENGÉSEK GEO-KÖRNYEZETÉNEK TANULMÁNYOZÁSA TÉRINFORMATIKAI ESZKÖZÖKKEL

Gribovszki Katalin*, Szeidovitz Győző**



The investigation of earthquakes' occurrences by using GIS tools - In the Carpathian Basin earthquake generations are not sufficiently explained in their points of occurrences (namely several earthquakes can not be reduced only to map indications of recent tectonic movements), therefore GIS has come into existence in order to analyze the causes of earth tremors. The special seismological GIS includes all relevant information (maps and joint database) concerned with earthquakes covering the whole territory of Hungary. GIS contains the following maps: special macro- and microseismic epicenters and their parameters; active faults in the Pleistocene; active faults in the Tertiary; digital terrain models of the recent relief, Lower Pannonian bedrock, Upper Pannonian bedrock, Pre-Tertiary basement, Mohorovičić discontinuity; recent and Pleistocene antecedent rivers, water streams; Pleistocene sediment thickness. GIS enables to carry out special operations between different layers by applying its tools in order to reveal the recent tectonic movements and to throw light upon the generation of possible earthquake occurrences.

Results of our investigation revealed that significant relation exists between the earthquake foci and recent tectonic lines. Some foci, however, can not be related to fracture lines. One part of earthquakes showed good agreement with Tertiary basement areas of considerable slope. On the sloping borders of Tertiary basements by the measurement of the pore pressure in boreholes we found that numerous earthquakes burst out on the sloping parts of Tertiary basement are in relation with overpressure areas as well.

Keywords: Geographical Information System (GIS), raster analysis, seismology

A Kárpát-medencében keletkezett rengések kipattanási okai az esetek jelentős részében nem tisztázottak (azaz számos rengést nem tudunk közvetlenül a jelenlegi mozgásokat ábrázoló tektonikai térképi elemekre visszavezetni), ezért a kipattanási okok tisztázására térinformatikai rendszert hoztunk létre. A így felépített térinformatikai rendszer tartalmazza Magyarország teljes területére a földrengésekkel kapcsolatba hozható lényeges információkat térképi és leíró formában (makro és mikroszeizmikus vizsgálatokból származó földrengés-epicentrumok; pleisztocénben aktív törésvonalak és sülyledék-területek; harmadidőszaki törésvonalak; domborzatmodellek: jelenkori-, pannóniai-, harmadidőszaki-, Mohorovičić-felszínek domborzata; jelenkori és pleisztocén kori ősvízfolyások; negyedidőszaki üledékvastagság; pórusnyomást tartalmazó mélyfúrások). A GIS-ben a rendszer különböző rétegei között, a GIS adta lehetőségek felhasználásával művelevégések történtek a jelenkori mozgások megállapítására, a földrengések lehetséges kipattanási okainak felkutatására.

A vizsgálat eredményeképpen kimutattuk, hogy a földrengés-epicentrumok és a jelenkori törésvonalak elhelyezkedése között szignifikáns kapcsolat van, találhatók voltak azonban olyan epicentrum-helyek, amelyeket a törésvonalakkal nem lehetett összefüggésbe hozni. Az epicentrumok egy része jó egyezést mutatott a harmadidőszaki medencealjzat nagy lejtésű területeivel. A mélyfúrásokban mért pórusnyomás-értékek alapján azonosítottuk a túlnyomásos zónákat. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy azokon a területeken, ahol a harmadidőszaki medencealjzat lejtése 5°-nál nagyobb és túlnyomás is fellép, nem zárható ki a földrengések keletkezése üledéksűszás révén.

Kulcsszavak: térinformatika (GIS), raszterműveletek, földrengéskutatás

Bevezetés

Napjainkban több kidolgozott eljárás létezik a földrengés-veszélyeztetettség megbecslésére. Ezeket a módszereket nagyobb erejű rengések tanulmányozása során fejlesztették ki, azonban a hazai viszonyok közötti alkalmazásuk nem szolgált minden esetben elfogadható eredményt.

*MTA GGKI, Geodéziai Főosztály, 9401 Sopron, Pf.: 05. E-mail: kgribovs@ggki.hu

**MTA GGKI, Szeizmológiai Főosztály, 1112 Budapest, Mérédek u. 1, E-mail: szeid@seismology.hu

nagyobb méretarányú, részletesebb térképek felhasználásával készítünk el. Az ország teljes területére kiterjedő részletes forrásanyag nem létezik, hiszen számos mélyreható kutatás – amelyeknek eredményeképpen térképek is készültek – csak az ország egy-egy kisebb területére vonatkozóan valósult meg.

A közeljövőben tervezzük, hogy adatbányászati módszerekkel is megkíséreljük a potenciálisan aktív területek kijelölését.

Köszönetnyilvánítás

A cikk szerzői köszönetet mondanak a T 038099 és a T 025320 számú OTKA projekteknek, illetve a Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriumának, hogy pénzügyi támogatásukkal a szerzők munkáját és konferencia-részvételét lehetővé tették. Az IKTA-00142/2002 számú pályázatnak köszönjük, hogy a digitális térképek elkészítéséhez pénzügyi segítséget nyújtott. Az ELTE Geofizikai Tanszéke munkatársai közül Dr. Horváth Ferenc tanszékvezetőnek és Dr. Dövényi Péternek megköszönjük, hogy a fúrások pórusnyomás-értékeit a rendelkezésünkre bocsátották. A Magyar Állami Földtani Intézet kutatóinak pedig, hogy a náluk digitalizált térképekből háromnak a nyers változatát kutatási együttműködés keretében munkánkhoz átadták.

Hivatkozások

- Csiky G, Erdélyi Á, Jámbor Á, Kárpátiné Radó D és Kőrössy L Szerk. (1987): Magyarország Pannóniai (s.l.) képződményei. A dunántúli fűcsoport (=felső-pannóniai képződmények) talpmélység térképe. M=1: 500 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Csiky G, Erdélyi Á, Jámbor Á, Kárpátiné Radó D és Kőrössy L Szerk. (1987a): Magyarország Pannóniai (s.l.) képződményei. A peremartoni fűcsoport (=alsó-pannóniai képződmények) talpmélység térképe. M=1: 500 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Franyó F Szerk. (1992): A negyedidőszaki képződmények vastagsága Magyarországon. M=1: 500 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Gerner P (1995): Catalogue of the earthquake focal mechanism solution for the pannonian region. Geophysical Department Eötvös University, Budapest.
- Gribovski K és Szeidovitz Gy (2001): Potenciális földrengések felkutatása térinformatikai rendszer felhasználásával. *Geomatikai Közlemények*, III, 255-264.
- Horváth F (1993): Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 226, 333-357.
- Jámbor Á és Szeidovitz Gy (1995): Preliminary Investigation of the seismic hazard of the areas identified for siting a new NPP. ETV-ERŐTERV.
- Jámbor Á, Mónus P és Szeidovitz Gy Szerk. (1999): Kinematikai és Földrengés Epicentrumok térképe. ERŐTERV Adattár, Budapest.
- Kilényi É és Sefara J Szerk. (1989): Contour map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Budapest.
- Mike K (1991): Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. AGUA, Budapest, 698 pp.
- Pécsi M Szerk. A munkaközösség tagjai: Ádám L, Borsy Z, M. Buczkó E, Gazdag L, Góczán L, Hahn Gy, Kaiser M, Láng S, Leél Össy S, Lovász Gy, Marosi S, Pécsi M, Pinczés Z, Rétvári L, Somogyi S, Székely A és Szilárd J (2000): Magyarország Geomorfológiai Térképe. Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Pécsi M. Szerk. (1989): Magyarország Nemzeti Atlasza. Kartográfiai Vállalat, Budapest.
- Posgay K, Albu I, Mayerová M, Nakládalová Z, Ibrmajer I, Bližkovsky M, Aric K és Gutdeutsch R (1991): Contour map of the Mohorovičić discontinuity beneath Cenral Europe. *Geophys. Trans.* 36, 7-13.
- Réthly A (1952): A Kárpátmedencék földrengései (455-1918). Akadémiai Kiadó, Budapest, 510 pp.
- Rumpler J és, Szabó Z Szerk. (1985): Magyarország pannonnál idősebb képződményeinek törérendszer térképe (a MÁELGI és a GKV felszíni geofizikai mérései alapján). M=1: 500 000. A Magyar Állami Földtani Intézet megbízásából készítette a „GEOS” Gmk, Budapest.
- William W Rubey és M King Hubbert (1959): Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. *Bull. Geol. Soc. Am.* 70, 167-206.
- Scholz A (1990): The mechanics of the earthquakes and faulting. Cambridge University Press. 467 pp.
- Schweitzer F Szerk. (1993): Pleisztocénban aktív törésvonalak és süllyedéktérületek térképe. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest
- Szeidovitz Gy, Bus Z és Gribovski K (2004): Focal depths of earthquakes in the Carpathian Basin. *Acta Geod. Geoph. Hung.* 39; 4, 447-470.
- Tóth L, Mónus P és Zsíros T (1996-2004): Hungarian Earthquake Bulletin. Budapest, Georisk Földrengéskutató Intézet.
- Zsíros T (2000): A Kárpát-medence szeizmicitása és földrengés veszélyessége: Magyar földrengés katalógus (456-1995). MTA GGKI Szeizmológiai Osztálya, Budapest.

ECONOMICAL NUMBERS

Jean-Marie De Koninck*, Florian Luca**



This is a short survey concerning economical numbers. Some of these results were communicated by the second author in a seminar talk in the Mathematics Department of the University of West Hungary on May 10, 2004.

Introduction

Santos (1995) defined a number n to be *equidigital* if the prime factorization of n requires the same number of decimal digits as n , and *economical* if its prime factorization requires no more digits. He asked whether there are arbitrarily long sequences of consecutive economical numbers.

Pinch (<http://www.chalcedon.demon.co.uk/publish.html#62.>) gave an affirmative answer to this question assuming the *Prime k-tuple Conjecture* stated by Dickson (1904). We recall that the Prime k-tuple Conjecture is the following statement.

Conjecture. 1 (Prime k-tuple Conjecture) Let $k \geq 2$ and $a_i > 0$ and b_i be integers such that $\gcd(a_i, b_i) = 1$ holds for $i = 1, \dots, k$. Assume further that for every prime number $p \leq k$, there exists a positive integer such that does not divide the product

$$\prod_{i=1}^k (a_i n + b_i) .$$

Then there exist infinitely many positive integers n such that the numbers $(a_i n + b_i)$ are prime for $i = 1, \dots, k$.

As an example, take $k = 2$, and $(a_1, b_1, a_2, b_2) = (1, 0, 1, 2)$. Then $a_1 n + b_1 = n$ and $a_2 n + b_2 = n + 2$. Note that 2 does not divide any one of these numbers when $n = 1$. Hence, according to Conjecture 1, there should exist infinitely many positive integers n such that both n and $n + 2$ are primes. Such primes are called *twin primes*.

There are some more explicit versions of the above conjecture (Hardy and Littlewood, 1923). That is, Hardy and Littlewood predict that under the assumptions of the Conjecture 1, there should exist a positive constant c depending on $k, a_1, b_1, \dots, a_k, b_k$, such that if x is a large positive real number, then the number of positive integers $n \leq x$ such that all numbers $a_i n + b_i$ are primes is at least $cx / (\log x)^k$. Here and in what follows, for a positive real number y we use $\log y$ for its natural logarithm.

These conjectures are, unfortunately, far beyond what we are able to prove these days in Mathematics. Thus, while Pinch's result suggests that there might exist arbitrarily large sequences of consecutive economical numbers, such a result remains *conditional* until one can find a proof of Conjecture 1. Pinch also found a sequence of length nine of consecutive economical numbers starting with the 19-digit number 1034429177995381247, and conjectured that such a sequence of arbitrary length always exists.

Known Results

Pinch's conjecture was proved true by Koninck and Luca (2003). Their method is completely elementary. We describe the main ideas in what follows. Let $B > 1$ be a positive integer. For any positive integer n , we written

$$n := n_0 + n_1 B + \dots + n_{t-1} B^{t-1}$$

*D'epartement de Math'ematiques, Universit'e Laval, Qu'ebec G1K 7P4, Canada
jmk@mat.ulaval.ca

**Instituto de Matem'aticas, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, C.P. 58180, Morelia, Michoac'an
fluca@matmor.unam.mx

$$n = 1280035747874669217841432839181450366421676323232071,$$

all whose members are ε_{10} .

Open Questions

A much more difficult problem is the one of *counting* economical numbers. That is, let x be a large positive real number and let $N_B(x) = \#(\varepsilon_B \cup [1, x])$. What is an asymptotic formula for $N_B(x)$? If this is hard, what is, at least, the order of magnitude of $N_B(x)$? The only result available to us is the inequality

$$\frac{x}{\log x} \leq N_B(x) \leq \frac{x}{(\log x)^{\alpha_B + o(1)}}$$

as x tends to infinity, where α_B is positive, increasing as a function of B , $\alpha_2 > \frac{1}{20}$ (hence,

$\alpha_B > \frac{1}{20}$ for all $B \geq 2$) and finally

$$\alpha_B \geq 1 - (1 + o(1)) \sqrt{\frac{2 \log \log B}{\log B}}$$

as $B \rightarrow \infty$ (Koninck and Luca, 2004). The lower inequality follows by counting only the primes $p \leq x$ and by the Prime Number Theorem. The upper inequality is much more complicated. While we do not know which one of these two inequalities is closer to the truth, we note that the two bounds get close as B tends to infinity.

Acknowledgments

This paper was written during a very enjoyable visit by the second author to University of West Hungary in Sopron; he wishes to express his thanks to Laszlo Szalay and to that institution for the hospitality and support. The first author was supported in part by a grant from NSERC, while the second author's research was also partly supported by grants SEP-CONACYT 37259-E and 37260-E.

References

- Dickson LE (1904): A new extension of Dirichlet's theorem on prime numbers, *Messenger of Math.* 33, 155-161.
 Hardy GH and Ramanujan S (1917): The normal number of prime factors of an integer, *Quart. J. Math.* (Oxford) 48, 76-92.
 Hardy GH and Littlewood JE (1923): Some problems on partitio numerorum III. On the expression of a number as a sum of primes, *Acta Math.* 44, 1-70.
 Koninck JMDe and Luca F (2003): On strings of consecutive economical numbers of arbitrary length, Preprint.
 Koninck JMDe and Luca F (2004): Counting the number of economical numbers, Preprint.
 Koninck JMDe, Luca F and Szalay L (2004): A Schinzel Hypothesis H result with economical numbers, Preprint.
 Santos BR (1995): „Problem 2204. Equidigital Representation”, *J. Recreational Mathematics* 27, 58-59.
 Schinzel A and Sierpiński W (1958): Sur certaines hypothèses concernant les nombres premiers, *Acta Arith.* 4, 185-208; Erratum, *Acta Arith.*, (1959) 5, 259.