

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

Publications in Geomatics

SZERKESZTŐK
Editors

ZÁVOTI J, BÁNYAI L, PAPP G

HU ISSN 1419-6492



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

TARTALOMJEGYZÉK

CONTENTS

Laky Sándor	7
Geodéziai hálózatok tervezése evolúciós algoritmussal <i>A solution for the geodetic network design problem using evolutionary algorithm</i>	
Mohamed Eleiche, Bela Markus	15
<i>Applying minimum travel cost approach to 17-nodes travelling salesman problem</i> A minimális utazási költség alkalmazása a 17 csomópontos utazó ügynök probléma megoldásánál	
Mohamed Eleiche	23
<i>Modelling trajectory as network path using intelligent landmarks</i> Nyomvonalak, mint hálózati útvonalak modellezése intelligens útjelzők használatával	
Kádár István, Karsay Ferenc	29
A topológiai információ: a koordinátajegyzéktől a térképig <i>Topological information: from coordinate list to map</i>	
Papp Erik	37
Gauss–Krüger- és UTM-koordináták számítása elliptikus integrállal <i>Calculation of Gauss–Krüger and UTM coordinates by elliptic integral</i>	
Siki Zoltán	49
Regressziószámítás mérnökgeodézia feladatokban <i>Regression analysis in engineering surveying</i>	
Rózsa Szabolcs, Kenyeres Ambrus, Weidinger Tamás, Gyöngyösi András Zénó	55
GNSS mérések közel valós idejű feldolgozása meteorológiai alkalmazásokhoz <i>Near real-time processing of GNSS observations for meteorological applications</i>	
Tuchband Tamás, Rózsa Szabolcs	65
Zenit irányú troposzférikus késleltetés modellezése, meteorológiai adatokon alapuló helyi regressziós modell segítségével <i>Modelling tropospheric zenith delays using regression models based on surface meteorology data</i>	
Tarsoly Péter	73
A valós idejű, térinformatikai célú műholdas helymeghatározás pontosságának jellemzése a barlangkataszter szempontjából <i>Characterization of accuracy of real-time DGPS-measurements in terms of the cave cadastre</i>	
Barsi Árpád, Berényi Attila, Lovas Tamás	81
Valószínűségi eloszlások földi lézerszkenneres prizmaméréseknél <i>Probability distribution of laser scanner measurements with retro-reflectors</i>	
Berényi Attila, Lovas Tamás, Barsi Árpád, Tóth Zoltán, Rehány Nikolett, Tarsoly Péter	87
Földi lézerszkennerek minősítő vizsgálatainak lehetőségei <i>Possibilities for the qualifying test of terrestrial laser scanners</i>	
Jancsó Tamás	95
Kölcsönös tájékozás szükségessége a digitális fotogrammetriában <i>The necessity of the relative orientation in the digital photogrammetry</i>	
Molnár Bence	101
Web alapú fotogrammetriai alkalmazás pontossági vizsgálata <i>Accuracy analysis of a Web based photogrammetry application</i>	

Szerdahelyi András	107
A digitális fotogrammetria gyakorlati alkalmazása az építészetben	
<i>The practical application of digital photogrammetry in architecture</i>	
Tóth Gyula, Égető Csaba	113
A Mátyáshegyi Gravitációs és Geodinamikai Observatórium átfogó gravitációs modellezése	
<i>Complex gravity field modelling in the Mátyáshegy Gravity and Geodynamic Observatory</i>	
Völgyesi Lajos, Ultmann Zita	123
A nehézségi gradiensek linearitás-vizsgálata a Mátyás-barlangban	
<i>Question of linearity of the gravity gradients in the Mátyás cave</i>	
Völgyesi Lajos, Laky Sándor, Tóth Gyula	129
Az Eötvös-inga mérési idejének csökkentési lehetősége	
<i>Possibility for reducing the measurement time of the Eötvös torsion balance</i>	
Busics György	141
Az EOMA újramérésének előzetes eredményei az első három poligonban	
<i>Preliminary results of the re-measurement of Hungarian National Vertical Network in the first 3 polygons</i>	
Bódis Virág Bereniké, Mentés Gyula	149
A vegetáció és a felszíni tömegmozgások kapcsolatának vizsgálata	
<i>Investigation of connection between surface mass movements and vegetation</i>	
Frey Sándor, Gabányi Krisztina	159
A Nemzetközi Égi Referenciarendszer (ICRS) új megvalósítása: ICRF2	
<i>ICRF2: the new realisation of the International Celestial Reference System (ICRS)</i>	

GEODÉZIAI HÁLÓZATOK TERVEZÉSE EVOLÚCIÓS ALGORITMUSSEL

Laky Sándor*



A solution for the geodetic network design problem using evolutionary algorithm – The first order geodetic network design problem is a well-known problem in the literature of geodesy. Various solutions have been introduced for constrained cases using mathematical programming, iterative design, genetic algorithm, and methods based on a set of basic designs. In this paper, a method for solving the minimally constrained case is proposed using the Differential Evolution algorithm and its extension, the Differential Evolution for Multi-objective Optimization (DEMO). The proposed design criteria are minimization of the mean variance of the adjusted network parameters, optimization of the area coverage based on the Voronoi diagram, and rationalizing the latter by placing an auxiliary constraint on the shortest distance. Two methods for dealing with multiple optimization criteria are explained: aggregate objective function and multi-objective optimization. The application of the proposed method using DEMO and the introduced design criteria is shown to solve a specific network design problem.

Keywords: network design, free network, evolutionary algorithm

A geodéziai hálózatok tervezése a szakirodalomban sokat tárgyalt feladat. Megoldására különböző megközelítések mellett matematikai programozáson, méretezésen, genetikus algoritmuson, alaprendszereken alapuló módszerek születtek. Dolgozatunkban a differenciális evolúciós algoritmus, és annak több célfüggvényre kiterjesztett változata (DEMO) segítségével minimális megkötések mellett végzett szabadhálózat-tervezési módszert mutatunk be. Ismertetjük a kiegyenlített paraméterek átlagos középhibájára vonatkozó kritériumot, az optimális terület-lefedettségre vonatkozó Voronoi-diagramon alapuló kritériumot, valamint ez utóbbi egyszerűsítését a legrövidebb oldalhosszra vonatkozó kiegészítő megkötéssel. Tárgyaljuk az egyes kritériumok együttes kezelésének lehetőségeit aggregált célfüggvény, vagy több célfüggvényre specializált módszer alkalmazásával. Végül egy konkrét példán mutatjuk be az említett kritériumok és a DEMO algoritmus együttes alkalmazását.

Kulcsszavak: hálózattervezés, szabadhálózat, evolúciós algoritmus

1 Bevezetés

A hálózattervezéssel foglalkozó szakirodalom szerint a geodéziai hálózatok tervezésének igénye az 1960-as években (egyes szerzők szerint az 1970-es években) jelent meg. A megvalósítás általában méretezéssel, vagy matematikai programozással történt. A hálózattervezéssel kapcsolatos feladatokat különböző szerzők különböző csoportokba sorolják.

Sárközy (1989) a geodéziai hálózatok tervezési feladatait két fő részre osztja. Elsőrendű tervezési feladat esetén az alappontok helyét szeretnénk meghatározni. Másodrendű tervezés esetén az alappontok helyét adottnak tekintjük, és a megméréndő mennyiségeket, valamint a mérések szükséges pontosságát szeretnénk meghatározni. Amennyiben a két tervezési feladatot egyszerre hajtjuk végre, komplex hálózattervezésről beszélünk. A hálózattervezési feladatokat más szempontok szerint csoportosítva beszélhetünk még pontossági (ezen belül általános pontossági kritériumok alapján, vagy speciális pontossági kritériumok alapján történő) vagy gazdaságossági tervezésről (itt gazdaságosság alatt általában a szükséges mérések mennyiségének minimalizálását értjük).

Detrekői (1991) a geodéziai mérések tervezésének négy alapvető mennyiségét említi meg: pontossági jellemző, megbízhatósági jellemző, költségjellemző és időszükséglet-jellemző.

*MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport
BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék
1521 Budapest, Pf. 91.
E-mail: laky.sandor@freemail.hu

Hivatkozások

References

- Detrekői Á** (1991): Kiegyenlítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest. 685.
- Grafarend E W** (1974): Optimization of Geodetic Networks. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, 33(4), 351-406.
- Berné J L, Baselga S** (2004): First-order design of geodetic networks using the simulated annealing method. Journal of Geodesy, 78, 47-54.
- Fekete K** (2006): Hálózattervezési kérdések a közelfotogrammetriában. Geodézia és Kartográfia, 3, 12-23.
- Xu PL, Grafarend E** (1995): A multi-objective second order optimal design of deforming networks. Geophys J Int, 120, 577-589.
- Saleh H A, Dare P** (2001): Effective Heuristics for the GPS Survey Network of Malta: Simulated Annealing and Tabu Search Techniques. Journal of Heuristics, 7, 533-549.
- Storn R, Price K** (1997): Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. Journal of Global Optimization, 11, 341-359.
- Laky S** (2009): Differenciális evolúciós algoritmus alkalmazása geodéziai hálózatok kiegyenlítésére. Geomatikai közlemények, XII, 47-56.
- Tóth Gy** (2004): Korszerű matematikai módszerek a geodéziában. BME jegyzet.
- Robič T, Filipič B** (2005): DEMO: Differential Evolution for multiobjective optimization. Proceedings of the 3rd International Conference on Evolutionary Multicriterion Optimization (EMO 2005), 520-533.
- Deb K, Pratap A, Agarwal S, Meyarivan T** (2002): A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), 182-197.

APPLYING MINIMUM TRAVEL COST APPROACH TO 17-NODES TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

Mohamed Eleiche*, Bela Markus*

Abstract *A minimális utazási költség alkalmazása a 17 csomópontos utazó ügynök probléma megoldásánál – A minimális utazási költség egy új megközelítés az utazó ügynök probléma (TPS) megoldására. A TPS web oldal könyvtára (TPSLIB) számos TPS problémát és annak végső megoldását mutatja be, amely lehetővé teszi más javasolt megoldás ellenőrzését. Ez a tanulmány a minimális utazási költség megoldást alkalmazta a TPS17 probléma megoldására, amely 17 csomópontot tartalmaz és sikeresen megadja a 39 megoldást.*

Kulcsszavak: utazó ügynök probléma (TSP), utazási költség megközelítés

The minimum travel cost is a new approach to solve the Travelling Salesman Problem (TSP). The TSP library website (TSPLIB) provides several TSP problems with their best known solutions as a means to test any proposed solution. The present paper successfully applies the minimum travel cost algorithm to the 17-nodes A-TSP17 problem which has the value of 39 for its best known solution.

Keywords: Travelling Salesman Problem (TSP), travel cost approach

1 Introduction

The Travelling Salesman Problem (TSP) is defined as a set of nodes that represent a number N cities, where the distance (cost) between each two nodes is known, and a tour with the least cost is required. It starts from one node, visits all other nodes and then returns back to the start node in such a way that each node is visited only once (Gutin and Punnen 2007). TSP is mathematically presented as a full graph with N nodes. It is an old problem although its origins are obscure, and it was analysed by mathematicians in Vienna in 1920 (Applegate et al. 1998). There are two distinct types of TSP, the first is the special case STSP (Symmetrical TSP) where $C_{ij} = C_{ji}$ and the second general case is ATSP (Asymmetrical TSP) where $C_{ij} \neq C_{ji}$. TSP is a prototype of hard combinatorial optimization problem where the possible solutions are $(N-1)!$ and it is considered NP-hard and NP-complete (Jungnickel 2008). Historically, The STSP was tackled via Branch-and-Cut methods applied by Dantzig, Fulkerson and Johnson in 1954 (Naddef 2007). The ATSP was approached via the same algorithm by reducing the ASTP into a STSP on an undirected graph with twice as many nodes (Balas and Fischetti 2007). The dynamic programming algorithm developed by Held and Karp in 1962 is the best known exact solution for TSP in non-polynomial time $O(2^n)$ where n is number of nodes (Woeginger 2003). This algorithm was enhanced by Björklund et al. to be $O((2-s)^n)$ where $s > 1$ depending on bounded degree graph (Björklund et al. 2008). Also, non-traditional solutions were proposed for solving the TSP such as optical solution (Haist and Osten 2007) and Particle Swarm Optimization solution (Zhong et al. 2007). However, a polynomial exact algorithm for TSP still represents a real challenge. The new approach of minimum travel cost provides convergent solution for the TSP problem as it depends on minimizing the travel cost of each node. This means that the sum of the arrival cost and departure cost for each node is minimum. Up to the knowledge of the authors, this is the first time the TSP is analysed through such an approach. The TSPLIB website (<http://www.tsp.gatech.edu/problem/index.html>, October 2010) provides sample TSP problems with best known solutions in order to test the validity of proposed solutions for this interesting problem. This paper addresses the A-TSP17 problem which is an asymmetrical graph that has a value of 39 for the least cost tour visiting all nodes.

*University of West Hungary,
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: mohamed.eleiche@gmail.com

References

Hivatkozások

- Applegate D L, Bixby R M, Chvatal V, Cook W J** (1998): On the solution of travelling salesman problems. *Documenta Mathematica*, Extra Volume ICM 1998 III p.645-656.
- Applegate D L, Bixby R M, Chvátal V, Cook W J** (2006): *The Traveling Salesman Problem, A Computational Study*. Princeton, New Jersey.
- Balas E, Fischetti M** (2007): Polyhedral theory for the asymmetric travelling salesman problem. In Gutin & Punnen (Eds.): *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*. Springer, 2007. p.117-168.
- Björklund A, Husfeldt T, Kaski P, Koivisto M** (2008): The Travelling Salesman Problem in Bounded Degree Graphs. In Aceto, L., Damgård, I., Goldberg, L., Halldórsson, M., Ingólfssdóttir, A. and Walukiewicz, I. (Eds.): *Automata, Languages and Programming, Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg 5125, 2008, p.198-209.
- Bonyadi M R, Azghadi M R** (2008): Population-Based Optimization Algorithms for Solving the Travelling Salesman Problem. In: Greco (Ed.): *Travelling Salesman Problem*. In-Teh. Croatia. p. 1-34.
- Gutin G, Punnen A P** (2007): Experimental Analysis of Heuristics for the ATSP. In Gutin & Punnen (Eds.): *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*. Springer, 2007. p.369-444.
- Haist T, Osten W** (2007): An optical solution for the traveling salesman problem. *Optics Express*, Vol. 15, Issue 20, p.12627-12627.
- Jungnickel D** (2008): *Graphs, Networks, and Algorithms*. Berlin, Springer. p.433-472.
- Naddef D** (2007): Polyhedral theory and Branch-And-Cut algorithms for the symmetric TSP. In Gutin & Punnen (Eds.): *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*. Springer, 2007. p.29-116.
- Woeginger G J** (2003): Exact algorithms for NP-hard problems: a survey. In J'unger, M., Reinelt, G., Rinaldi, G. (Eds.): *Combinatorial Optimization – Eureka, You Shrink!*, Lecture Notes in Computer Science 2570, Springer, 2003. p.185–207.
- Zhong W, Zhang J, Chen W N** (2007): A novel discrete particle swarm optimization to solve traveling salesman problem. *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 2007. p.3283-3287.

MODELLING TRAJECTORY AS NETWORK PATH USING INTELLIGENT LANDMARKS

Mohamed Eleiche*

Nyomvonalak, mint hálózati útvonalak modellezése intelligens útjelzők használatával
– A mozgó objektumok nyomvonalát a geo-adatbázishoz és az úthálózathoz viszonyítva kell átadni, hogy a mobil készülékek fel tudják azt használni. A cikk ismerteti a javasolt intelligens útjelző nevű rendszert, amely a nyomvonalak relatív helyzetét valós időben adja át, és bemutatja, hogyan lehet közvetlen navigációs elemzésre felhasználni.

Kulcsszavak: intelligens útjelzők, viszonylagos elhelyezkedés

The trajectories of moving objects need to be delivered in relative position to the geo-database and underlying road network in order to be useful to the mobile user. This paper discusses a proposed system called Intelligent Landmarks to deliver the relative position of the trajectory in real-time, and presents how it can be used to perform navigation analysis online.

Keywords: intelligent landmark, relative position

1 Introduction

The tracking and recording of moving objects, such as vehicles and trains, in urban areas are based on storing the absolute position received from GPS devices attached to the moving object at certain time interval. The received absolute position is registered by a monitoring server with the vehicle ID and time stamp. The absolute position is delivered as longitude, latitude, and height in a well-established coordinate reference system for the observed point. The trajectory recorded by this methodology is captured in absolute coordinates but often it does not match the urban road network due to uncertainty in GPS observations and geo-database. The trajectory is manipulated as spatio-temporal object to predict its future position (Wolfson et al. 1998) and to query and analyze stored (past) trajectories (Guting et al. 2000). This paper proposes the “Intelligent Landmark” as a positional assistant tool to acquire the relative position of the moving object in real-time and to model the trajectory as a path of the road network.

2 Uncertainty in Geo-database and GPS Observations

GPS provides the absolute coordinates of the moving object position, while in some cases the relative position is of higher importance. The mobile user requires mainly relative positioning over absolute positioning, for example the position of the train relative to its railway is of higher importance than its absolute position, as it reflects the comprehension of the movement. Description and orientation of the position are transferred to the user, and it is shown where he/she is within the surrounding geographic environment.

The GPS measurement reflects the complex motion of the Earth, the errors in penetrating atmospheric layers, and other systematic errors (Jäger and Kälber 2006). From the theoretical point of view, the geo-database of the geographic area is stored in absolute coordinates and the moving object position is acquired in absolute coordinates, also. Then by overlaying both positions, the relative position (theoretically) is determined and the geographic position is created, but (practically) this is not the case. The uncertainty between geo-databases and GPS measurement shifts the position of the moving object from its actual position as it is shown in Fig. 1.

*University of West Hungary,
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: mohamed.eleiche@gmail.com

References

Hivatkozások

- Giannotti F, Pedreschi D** (2008): Mobility, Data Mining and Privacy, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1-11.
- Guting R, Bohlen M, Erwing M, Jensen C, Lorentzos N, Scheider M, Vazirgiannis M** (2000): A Foundation for Representing and Querying Moving Objects. ACM Transactions on Database Systems (TODS), 25(1), 1-42.
- Jäger R, Kälber S** (2006): Precise transformation of classical networks to ITRF by CoPag and precise vertical reference surface representation by DFHRS - General concepts and realization of databases for GIS, GNSS and navigation applications. Proceedings to GeoSerbia 2006. Volume I. S. 3-31. Novosibirsk, Russia. ISBN 5-87693-199-3.
- Wolfson O, Xu B, Chamberlain S, Jiang L** (1998): Moving Objects Databases: Issues and Solutions. Tenth International Conference on Scientific and Statistical Database Management. Proceedings, 111-122.

A TOPOLOGIAI INFORMÁCIÓ: A KOORDINÁTAJEGYZÉKTŐL A TÉRKÉPIG

Kádár István, Karsay Ferenc*



Topological information: from coordinate list to map – The numbering of the endpoints of line sections, as a means to store topological information, is in our view obsolete. We propose local and group wise encoding instead of global and individual encoding, respectively. The presented code words for polygons, boundaries and line-stars are so simple and compact that each of their decimal digits contains information sufficient for the determination of the location of 4 line-intervals inside a point set.

Keywords: local point numbering, integrated localization of line-sections, polygon code, boundary code, line-star code, mixed system, digital star configurations, networks decomposition

A topológiai információ tárolásához egyenesszakaszok végpontjainak pontszámozását elavultnak tartjuk. Globális helyett lokális pontszámozást, egyedi helyett csoportos kódolást, soros helyett párhuzamos feldolgozást javasolunk. A bemutatott poligonkódok, határvonalakódok és csillagkódok annyira egyszerűek és tömörek, hogy egy-egy decimális számjegyük információtartalma 4 egyenesszakasz pontthalmazon belüli helyének megadásához elégséges.

Kulcsszavak: lokális pontszámozás, egyenesszakaszok integrált helymeghatározása, poligonkód, határvonalakód, csillagkód, digitális csillagképek, vegyes alapú rendszer, hálózatok dekomponálása

1 Bevezetés

A legegyszerűbbnek látszó megoldás a digitális térképeken ábrázolandó egyeneseket (egyenesszakaszokat) végpontjaik pontszámaival (sorszámaival) rögzíteni. Ismeretesek azonban olyan eljárások is, melyek nem egyenként végzik el az egyenesek említett „helymeghatározását”. Előbb egy vagy több egyenesből álló csoportokat választanak ki, majd ezekből bizonyos (szabvány)modulokat képeznek és csupán e modulok alakját és környező pontokhoz viszonyított helyzetét rögzítik egy-egy kódszámmal (Harary 1973, Kron 1963, Lai 1994). Tudjuk, hogy az elektromos/elektronikus hálózatoknál régóta használt terminológia az áramkörök soros-, párhuzamos-, háromszög-, hurok-, csillag- stb. kapcsolása, hogy csak a leggyakoribbakat említsük. Kísérleteinkhez mi főleg az utóbbi két kapcsolástípust választottuk. A kapott alakzatokat *digitális csillagoknak*, ill. *csillagképeknek* neveztük el (Pólya 1937, Pólya és Read 1987). Határesetben beszélhetünk 0-ágú és 1-ágú csillagokról is – egyedülálló pontokat, ill. polárisokat vagy sokszögdoldalakat értve alattuk. Úgy tűnik, hogy geodéziai (térképészeti) alkalmazásokon belül ez a megoldás nagy szabadságfokkal rendelkezik, mivel síkbeli vagy térbeli, sőt 4D összetett vonalhalmazokig hatékonyabban alkalmazható a jelenlegi módszerekhez viszonyítva.

2 Számpéldáink

2.1 Határvonalak kódolása és dekódolása

Tekintsük az 1. ábrát. Tétélezzük fel, hogy ezzel a 16 oldalú földrészlettel van dolgunk, melynek töréspontjai ismert koordinátákkal rendelkeznek. A pontok összekötésének sorrendjét (a *topológiai információt*) legegyszerűbben a pontszámok megfelelő sorrendben történő közvetlen megadásával érhetjük el. Esetleg már eleve olyan koordináta-rendszert használunk, amelyben a *sorok sorrendje fogja közvetlenül tükrözni* ezt az információt. Célunk azonban most mégis olyan számítógépes eljárások keresése, melyek a sorrendi információt közvetlen megadása helyett *csak közvetve*, egyetlen *decimális kódszám* formájában tartalmazzák.

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

Hivatkozások

References

- Harary F, Palmer E M** (1973): Graphical Enumeration, Academic Press, 345.
- Kádár I** (2000): GPS-adatok tárolása és szolgáltatása minimális lefedőfával Geomatikai Közlemények, III, 93-104.
- Kron G** (1963): Diakoptics: the piecewise solution of large scale systems, MacDonald, 298.
- Lai Ch** (1994): Diakoptics, Domain decomposition and parallel Computing, The Computer Journal, 37(10), 840-846.
- Pólya G** (1937): Kombinatorische Anzahlbestimmungen für Gruppen, Graphen und chemische Verbindungen. Acta Mathematica (Stockholm), 68(1), 145-254.
- Pólya G, Read R C** (1987): Combinatorial enumeration of groups, graphs, and chemical compounds, New York, Springer, 148.

GAUSS–KRÜGER- ÉS UTM-KOORDINÁTÁK SZÁMÍTÁSA ELLIPTIKUS INTEGRÁLLAL

*Papp Erik**



Calculation of Gauss–Krüger and UTM coordinates by elliptic integral – The traditional method of calculating Gauss–Krüger and UTM coordinates is the Taylor series expansion of the projection equation. This method is inappropriate if the accuracy specifications are arbitrary or Gauss–Krüger/UTM projection is used over a wide zone. By switching from real to complex representation, the meridian arc length may be calculated as the function of isometric latitude. The Gauss–Krüger and UTM coordinates can be calculated by elliptic integrals. The expression of the equations for a Gauss–Krüger or UTM projection in terms of Jacobian elliptic functions allows the projection to be used over wider zones than the standard 6 degree strip. We demonstrate a new analytical solution for the conversion of Gauss–Krüger or UTM grid coordinates to/from geodetic latitude and longitude. The method allows global coverage for Gauss–Krüger/UTM projections and provides solution for the forward/inverse transformation to the extent of computer's precision.

Keywords: wide zone projection, Gauss–Krüger projection, UTM projection, worldwide extension, analytical solution, forward and inverse transformation, elliptic integral

A Gauss–Krüger- és UTM-koordináták hagyományos számítási módszere a vetületi egyenletek Taylor-sorba fejtése, amely alkalmatlan tetszőleges pontossági követelmények és a vetületek szélesebb vetületi sávokban történő alkalmazásakor. Valósról komplex számokra áttérve, az ellipszoidi meridián ívhossza, az izometrikus szélesség függvényeként adható meg. A vetületi egyenletek elliptikus integrállal történő megoldása lehetővé teszi a szabvány 6 fokosnál szélesebb sávokra történő kiterjesztését. Az eljárás a középméridiántól 90 fok földrajzi hosszúságig használható. A dolgozat egy új analitikus megoldást ismertet a Gauss–Krüger- és UTM-síkkoordináták és az ellipszoidi földrajzi koordináták közötti átszámításra. A módszer pontossága biztosítja a Gauss–Krüger és UTM vetületi rendszerek világméretű kiterjesztését, a direkt vagy inverz transzformációk megoldását, a számítógép számítási pontosságának függvényében.

Kulcsszavak: Gauss–Krüger-vetület, UTM-vetület, széles vetületi sáv, világméretű kiterjesztés, analitikus megoldás, direkt és inverz feladat, elliptikus integrál

1 Bevezetés

A geodéziában a forgási ellipszoidhoz kapcsolódó differenciálgeometriai alkalmazások esetén véges hatványsorokat alkalmaznak. A Gauss–Krüger- és Universal Transverse Mercator (továbbiakban UTM) koordináták számítása, hagyományosan szintén vetületi sorokkal történik. Történelmi szempontból ez érthető, mivel elődeink minden számítást kézzel, logaritmussal vagy mechanikus számológéppel végeztek, azonban semmi sem indokolja, hogy napjainkban számítógéppel is ugyanezt a módszert alkalmazzuk. A korábbi években készült mindegyik program kizárólag véges hatványsorokon alapuló rutinokból épült fel, pedig léteznek még általánosabb, univerzálisan használható, matematikailag helyes és pontos megoldást nyújtó algoritmusok is. Komplex számok geodéziái alkalmazása meglehetősen ritka, gyakorlatilag a geodéták – tisztelet a kivételnek – megkerülik a komplex aritmetika alkalmazását, annak ellenére, hogy az ellipszoidról történő szög tartó vetítés alapvető követelmény a geodéziában. Tény azonban, hogy a szög tartó vetületek, mint a Gauss–Krüger- és az UTM-vetületek vetületi egyenletei komplex függvényekkel egyszerűbben és rövidebben megadhatók, és azok a számítógépi algoritmusok, amelyek komplex számok kezelésére alkalmas programnyelvek felhasználásával készülnek, sokkal rövidebbek, hatékonyabbak és átláthatóbbak.

*SzIE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, 1146 Budapest, Thököly út 74.
E-mail: papp.erik@ybl.szie.hu

Hivatkozások

References

- Dorrer E** (1999): From Elliptic Arc Length to Gauss-Krüger Coordinates by Analytic Continuation. Quo vadis geodesia? Anniversary Festschrift dedicated to Erik W. Grafarend, Schriftenreihe der Studiengang Geodäsie & Geoinformatik. Nr 6, Stuttgart.
- Dozier J** (1980): Improved Algorithm for Calculation of UTM and Geodetic Coordinates. NOAA Technical Report NESS 81. US. National Environmental Satellite Service, Washington DC, 19.
- Klotz J** (1993): Eine Analytische Lösung der Gauß-Krüger Abbildung. Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), No 3, Potsdam, 106-116.
- Korn G A, Korn T M** (1968): Mathematical Handbook for Scientists and Engineers. McGraw-Hill, New York, 1130.
- Stuifbergen N** (2009): Wide Zone Transverse Mercator Projection. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. No. 262., 50.

REGRESSZIÓSZÁMÍTÁS MÉRNÖKGEODÉZIA FELADATOKBAN

Siki Zoltán*



Regression analysis in engineering surveying – During engineering surveying tasks we need to observe not only single points but to analyse the positions of a number of the observed points as well, or in the case of deformation analysis the variation/trend of positions in time. Our aim in these cases is to control if the points fit into a linear or non-linear shape. Regression calculation is the mathematical solution for these tasks, as we have more points than necessary. The solution in the case of a non-linear shape is not straightforward. In the case of surface of revolution it is practical to use parametric equation and to iterate to find the solution.

Keywords: regression analysis, adjustment computation, engineering surveying

A mérnökgeodéziai feladatok során gyakran nem csak egy-egy pont helyzetének a meghatározására van szükség, hanem több mért pont helyzetének együttes kiértékelésére, vagy deformációvizsgálat esetén egy vagy több pont térbeli helyzetének időbeli változás trendjének kimutatására. Ilyenkor annak az ellenőrzése a cél, hogy a mért pontok egy lineáris vagy nemlineáris alakzatra esnek-e. Ezen feladatok matematikai megoldása, mivel általában a minimálisan szükségesnél több pontot határozzunk meg, a regressziószámítás alkalmazásával történhet. Nemlineáris alakzatok esetén az egzakt megoldás során nehézségekbe ütközhetünk. Ilyenkor, például az építőiparban gyakran előforduló forgástestek esetén, célszerűbb a paraméteres felírásra áttérni és fokozatos közelítéssel megoldani a feladatot.

Kulcsszavak: regressziószámítás, kiegyenlítő számítás, mérnökgeodézia

1 Bevezetés

Mérnökgeodéziai feladataink során, a megvalósult mérnöki szerkezetek geodéziai ellenőrzése vagy deformációvizsgálatok kapcsán, jellemzően pontszerű adatokból kell következtetéseket levonnunk a teljes alakzatra, vagy a deformáció trendjére. A nagyobb biztonság, és a méréseinket terhelő véletlen jellegű hibák hatásának csökkentése érdekében, a minimálisan szükségesnél több pontot határozzunk meg. A fölősmérések felhasználása érdekében a legkisebb négyzetek módszerével határozhatjuk meg a mért pontokra legjobban illeszkedő alakzat paramétereit. A feladat megoldása során geodéziai, fotogrammetriai, LIDAR, stb. technológiával meghatározott pontok koordinátáiból indulunk ki, ezeket mint fiktív mérési eredményeket használjuk fel a legkisebb négyzetes kiegyenlítésben, a pontokat függetlennek tekintjük. A feladatok megoldás során többféle módszer közül is választhatunk:

- a közvetítőegyenletek felírása a keresett alakzat egyenlete alapján, sokszor az V. kiegyenlítési csoporttal (kiegyenlítés mért mennyiségeket és paramétereit tartalmazó feltételi egyenletekkel) megoldható feladathoz jutunk, ha nem csak az egyik koordinátát tekintjük hibával terheltnek,
- a keresett alakzat és a vizsgálati pontok közötti távolságfüggvény felírása és a szélsőérték feladat megoldása – a pontoknak az alakzattól mért távolságának négyzetösszege legyen minimális – általában nemlineáris egyenletrendszerre vezet, még lineáris alakzatok esetén sem (pl. kiegyenlítő sík),
- a közvetítőegyenletek felírása a keresett alakzat paraméteres egyenlete alapján, nemlineáris alakzatok esetén is lineáris egyenletet eredményezhet (pl. kör), de az egyes mért pontokhoz tartozó paraméterérték nem pontos ismerete miatt iterációval oldható meg.

Hivatkozások

References

- Detrekői Á** (1991): Kiegészítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest. 685.
- Newmann WM, Sproull RF** (1985): Interaktív számítógépes grafika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 490.
- Cook RD Cook, Weisberg S** (1999): Applied Regression Including Computing and Graphics, Wiley, New York 602.
- Grafarend E W** (2006): Linear and nonlinear models: fixed effects, random effects, and mixed models, Walter de Gruyter 752.
- Chernov N** (2010): Circular and Linear Regression, CRC Press 256.

GNSS MÉRÉSEK KÖZEL VALÓSÍDEJŰ FELDOLGOZÁSA METEOROLÓGIAI ALKALMAZÁSOKHOZ

Rózsa Szabolcs*, Kenyeres Ambrus**, Weidinger Tamás***,
Gyöngyösi András Zénó***



Near real-time processing of GNSS observations for meteorological applications – The Global Navigation Satellite Systems belong to those geodetic tools, which can be applied for Earth observation. Since the satellite signals travel through the atmosphere, the observations can be used for estimating the electron content of the ionosphere or the water vapour content of the troposphere. The latter has particular importance for accurate weather predictions.

This paper introduces the near real-time processing system of GNSS observations used for the estimation of integrated water vapour (I WV). Altogether more than 80 stations are used in the area of Central and Eastern Europe and the estimation of tropospheric delays are carried out on an hourly basis. The wet part of these delays has a strong correlation with the I WV.

The results of the I WV estimations are compared to some radiosounding observations in the study area. The preliminary results are quite reassuring, since the estimated I WV values agree with the radiosoundings slightly better than 1 mm in terms of standard deviation.

Keywords: GPS, troposphere, water vapour, meteorology

A Föld megfigyelésére alkalmazható geodéziai eszközök közé tartoznak a műholdas navigációs rendszerek. Kihhasználva e rendszerek azon tulajdonságát, hogy a műholdakról kibocsátott rádióhullámok áthaladnak az atmoszférán, a mérési adatok elemzésével fontos információkhoz juthatunk az atmoszféra állapotáról. Ezen belül is egyrésről az ionoszféra elektrontartalmáról, másrésről a troposzférában található vízgőz mennyiségéről. Az utóbbi különös jelentőséggel bír a meteorológiai előrejelzések terén.

Jelen dolgozatban bemutatjuk a troposzférában található vízgőz monitorozásához felhasználható közel valósídejű GNSS feldolgozó rendszert. A rendszer segítségével óránként, a közép-európai térségben több mint 80 pontban becsüljük a troposzféra okozta teljes késleltetést, amelynek a nedves része az integrált vízgőztartalommal áll szoros kapcsolatban.

A feldolgozás eredményeit összevetettük néhány – a vizsgált térségben található – rádiószondás állomás méréseivel. Az előzetes eredmények igen biztatóak, hiszen a GPS mérésekből levezetett értékek megközelítőleg 1 mm-es középhibával adták vissza a rádiószondás mérésekből levezetett értékeket a vizsgált tíz napos időtartamban.

Kulcsszavak: GPS, troposzféra, vízgőztartalom, meteorológia

1 Bevezetés

Bár a geodéziában a műholdas helymeghatározó rendszereket elsősorban pontok térbeli helyzetének meghatározására használjuk, a méréseink megfelelő feldolgozásával más fizikai mennyiségek meghatározására is mód nyílhat. Míg a helymeghatározásnál a méréseinket terhelő szabályos hibák hatását (óra-, és pályahibák, ionoszféra, troposzféra, stb.) modellekkel, vagy a megfelelő feldolgozási eljárásokkal kiküszöböljük, addig az atmoszféra állapotának megfigyelése esetén pontosan ezek a szabályos hibák hordoznak fontos információkat számunkra. Amennyiben a GNSS vevő koordinátái nagy pontossággal ismertek, a helymeghatározás eljárását megfordíthatjuk, és a feldolgozás során már nem a vevő koordinátái szerepelnek majd ismeretlenként, hanem a különféle atmoszferikus paraméterek.

A közelmúltban már több szerző vizsgálta a GNSS mérések hazai alkalmazhatóságát a troposzférában található vízgőztartalom meghatározására (Borbás 2000, Bányai 2008, Rózsa és társai

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

** FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatórium, 1592 Budapest, Pf. 585

*** ELTE Meteorológia Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A

Köszönetnyilvánítás. A cikkben bemutatott kutatás az Országos Tudományos Kutatási Alap K-83909 pályázatának anyagi támogatásával készült.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Hivatkozások

References

- Bányai L** (2008): A műholdas helymeghatározás földtudományi alkalmazása. Geomatikai Közlemények, XI, 3-181.
- Bevis, M, Businger, S, Herring, T A, Rocken, C, Anthes, A, Ware, R** (1992): GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system. J. Geophys. Res., 97, 15 787–15 801.
- Borbás É** (1997): An Application of GPS Data to Meteorology: Precipitable Water Comparison for Penc Site. Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology,, (4) 27, 461-468.
- Bosen J F** (1960): A formula for approximation of the saturation water vapor pressure over water. Monthly Weather Review, 88:8, 275-276.
- Dach R, Hugentobler U, Fridez P, Meindl M** (2007): Bernese GPS Software, Version 5.0. Astronomical Institute, University of Bern, 640.
- E-GVAP weboldal** (2011): <http://egvap.dmi.dk>
- Emardson T R, Derks H J P** (2000): On the relation between the wet delay and the integrated precipitable water vapour in the European atmosphere. Meteor. Appl., 7, 61–68.
- Hopfield H S** (1969): Two-quartic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data. J. Geophys. Res., 74, 4487-4499.
- Rózsa Sz, Dombai F, Németh P, Ablonczy D** (2009): Integrált vízgőztartalom becslése GPS adatok alapján. Geomatikai Közlemények, XII, 187-196.
- Saastamoinen J** (1972): Contributions to the theory of atmospheric refraction. Bulletin Géodésique, 105, 106.
- Thayer G D** (1974): An improved equation for the radio refractive index of air. Radio Sci., 9, 803–807.

ZENIT IRÁNYÚ TROPOSZFÉRIKUS KÉSLELTETÉS MODELLEZÉSE, METEOROLÓGIAI ADATOKON ALAPULÓ HELYI REGRESSZIÓS MODELL SEGÍTSÉGÉVEL

Tuchband Tamás, Rózsa Szabolcs**



Modelling tropospheric zenith delays using regression models based on surface meteorology data – The tropospheric zenith delay (ZTD) of GPS observations is closely related to the integrated water vapour (IWV) content of the atmosphere. The scale factor between the IWV and the ZWD is a function of the mean temperature of the water vapour, which can be computed by a linear regression equation based on the surface temperature. A similar linear regression can be used to compute the IWV from surface water vapour density. In this paper we show a formula derived from more than 10,000 radiosonde observations in Hungary. Using this relation, it is possible to estimate the IWV content of the atmosphere, which could be scaled down to tropospheric zenith wet delay. Two time intervals are used for the validation of the results. The first one was a stormy summer period, while the other was a dry winter period. The results show that this approach provides slightly better coordinate RMS than the Niell or the Hopfield model. Moreover the coordinate solutions are relatively stable during the summer period as well, when a heavy storm caused unstable weather conditions. Studying the performance of the local regression model, the Hopfield and the Niell (Saastamoinen + Niell mapping function) model, it could be seen that the local regression model gave the best a priori tropospheric delays for the processing.

Keywords: GPS, troposphere, water vapour

A GPS mérések zenit irányú troposzférikus késleltetése (ZTD) szoros kapcsolatban van az atmoszférára integrált vízgőz tartalmával (IWV). A zenit irányú nedves késleltetés (ZWD) és az IWV közti szorzótényező a vízgőz átlaghőmérsékletének függvénye, amely lineáris regresszió segítségével számítható a felszín közeli hőmérsékletből. Egy hasonló lineáris regresszióval számítható az IWV a felszín közeli vízgőzsűrűségéből. A cikkben több, mint 10.000 magyar rádiószondás mérésből levezetett összefüggéseket mutatunk be. Ezekkel az összefüggésekkel számíthatóvá válik az atmoszférára integrált vízgőztartalma, amelyet tovább alakíthatunk zenit irányú nedves késleltetéssé (ZWD).

Két időszakot használtunk fel az eredmények hitelesítésére. Az első 2006 nyarán egy viharos periódus, a második pedig 2007 telén egy légkörileg csendes időszak. Az eredmények szerint ez a módszer valamelyest kedvezőbb értékeket ad a koordináta megoldás során kapott maradék ellentmondásokra (RMS), mint a Niell- vagy a Hopfield-modell esetében. Ráadásul a koordináta megoldások stabilabbak maradtak a nyári változó időjárási körülmények között. A három modell közül – helyi regressziós, Niell (Saastamoinen + Niell-leképzés), Hopfield – a helyi regressziós módszer adta a legjobb 'a priori' troposzférikus késleltetéseket a feldolgozás során.

Kulcsszavak: GPS, troposzféra, vízgőz

1 Bevezetés

Manapság a felhasználók egyre jobb és megbízhatóbb pontosságot követelnek meg a valós és utófeldolgozott PPP (Precise Point Positioning) technikától. Több úton javíthatjuk a pontosságot. Figyelembe kell venni az összes mérőjelet zavaró tényezőt. Ezek közül kettő a légkörben található. Az első késleltető közeg az ionoszféra, melyet kiküszöbölhetünk, ha legalább kétfrekvenciás vevőt használunk. A második közeg a troposzféra (Brunner és Welsh 1993).

A troposzférikus késleltetést (ZTD) két részre bonthatjuk. A száraz, vagy pontosabban a hidrosztatikus részre, amely a késleltetés 90%-áért felelős, és a nedves részre mely a maradék 10%-ért felel. A hidrosztatikus rész könnyen modellezhető, hiszen csak a légnyomástól és a vevő fölötti

Köszönetnyilvánítás. Ezt a kutatást a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) valamint az Országos Meteorológiai Szövetség (OMSZ) támogatta.

Hivatkozások

References

- Beutler G, Bauersima I, Gurtner W, Rothacher M, Schildknecht T, Geiger A** (1989): Atmospheric refraction and other important biases in GPS carrier phase observations. In monograph 12, "Atmospheric Effects on Geodetic Space Measurements", F.K.Brunner (ed.), School of Geomatic Engineering, The University of New South Wales, 15–44.
- Bevis M, Businger S, Herring TA, Rocken C, Anthes A, Ware R** (1992): GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system. *J. Geophys. Res.*, 97, 15 787–15 801.
- Brunner FK, Welsch WM** (1993): Effect of the troposphere on GPS measurements. *GPS World*, 4(1), 42–51.
- Dach R, Hugentobler U, Fridez P, Meindl M** (2007): Bernese GPS Software, Version 5.0, Astronomical Institute, University of Bern, 231–232.
- Emardson TR, Derks HJP** (2000): On the relation between the wet delay and the integrated precipitable water vapour in the European atmosphere. *Meteor. Appl.*, 7, 61–68.
- Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Wasle E** (2008): Global Navigation Satellite System. Springer-Verlag Wien, 132.
- Rózsa Sz, Dombai F, Németh P, Ablonczy D** (2009): Integrált vízgőztartalom becslése GPS adatok alapján. *Geomatikai Közlemények*, XII, 187–196.
- Seeber G** (1993): Satellite Geodesy: Foundations, Methods & Applications. Walter de Gruyter, Berlin New York, 531.
- Thayer GD** (1974): An improved equation for the radio refractive index of air. *Radio Sci.*, 9, 803–807.
- Tuchband T** (2011): GPS Precise Point Positioning with kinematic data. *Pollack Periodica* Vol. 6. (közlésre benyújtva).

A VALÓS IDEJŰ, TÉRINFORMATIKAI CÉLÚ MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÁS PONTOSSÁGÁNAK JELLEMZÉSE A BARLANGKATASZTER SZEMPONTJÁBÓL

Tarsoly Péter*



Characterization of accuracy of real-time DGPS-measurements in terms of the cave cadastre – *The cave cadastre in Hungary is using nowadays only post-processing methods (GIS receivers, code measurement, environment-dependent elevation cut off angle) to determine the position of entrances. In my research I aimed to investigate the accuracy of real-time, GIS purpose satellite positioning applying CMAS standard and furthermore, to formulate those requirements which allow the wide application of the real-time technology together with post-processing in the area of the cave cadastre.*

Keywords: accuracy, DGPS, EGNOS, cave cadastre

A magyarországi barlangkataszter jelenleg utófeldolgozós technológiát (térinformatikai vevők, kódérés, terepi helyszín függvényében választott kitakarás) alkalmaz a bejáratok helyének meghatározására. Kutatásomban célul tűztem ki a valós idejű, térinformatikai célú műholdas helymeghatározás pontosságának vizsgálatát a CMAS-módszer alapján, valamint azon alkalmazhatósági feltételek meghatározását, amelyek lehetővé teszik, hogy a valós idejű technológia az utófeldolgozás mellett a barlangkataszter szélesebb körben használt módszere lehessen.

Kulcsszavak: pontosság, DGPS, EGNOS, barlangkataszter

1 Bevezetés

A GNSS technológiák mára széles körben elterjedtek, pontosságuk a dekaméterestől a milliméteresig terjed. A felhasználók általában reális pontossági mérőszámot is elvárnak a helymeghatározó adatok mellé, ez azonban összetett feladat. Beletartozik a GNSS-mérésre való alkalmasság vizsgálata (a természetes és épített környezet kitakarása, multipath hatás, interferencia), a felhasznált alrendszer (GPS, Glonass) és kiegészítő rendszerek (passzív- és aktív hálózatok), az alkalmazott mérési és feldolgozási technológiák, beállítások hatásának ismerete. A rendszer-elemek változása miatt ezeknek a GNSS-mérés minőségére gyakorolt hatását indokolt minél jobban ismerni. Jelenleg a barlangkataszterben utófeldolgozós technológiát alkalmaznak a Földmérési és Távérzékelési Intézet GNSS Szolgáltató Központja által üzemeltetett referenciaállomásokhoz, valamint a Geotrade Kft. által üzemeltetett permanens állomásokhoz képest. Kutatásomban a GPS- és EGNOS-rendszerekre alapuló, valós idejű térinformatikai célú műholdas helymeghatározás alkalmazási lehetőségeit és pontosságát vizsgálom meg a barlangkataszter, mint lehetséges felhasználási terület szempontjából. A GPS- és EGNOS-rendszerek együttes használatának előnyei, hogy mind a két rendszer ingyenesen áll a felhasználók rendelkezésére. Az abszolút GPS-mérésekhez képest az EGNOS-korrekciók vételével a pontosság javulása érhető el.

2 A vizsgálati mérések folyamatának bemutatása

A vizsgálati mérések végrehajtására a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar épületének tetején elhelyezett középső betonpilléren került sor, ideális mérési környezetben. A méréseket bő egy év időtávlatában végeztem (2009.08.11. és 2010.09.03 között.) egy TDS Recon kéziszámitógépre szerelt Hemisphere Crescent vevő (csak GPS és EGNOS holdak jelének vétele) segítségével különböző évszakokban, napszakokban és időjárási körülmények között, hogy a troposzféra, ionoszféra és műholdkonstelláció hatását változó körülmények között tudjam vizsgálni. A kísérletek során vizsgáltam a különböző beállítási lehetőségeket, úgy mint a hagyományos navigá-

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

Hivatkozások

References

Borza T, Gerő A, Mohoz Z, Szentpéteri L (2005): GPS mindenkinek. Sztrato Kft, Budapest, 256.

Maling, DH (1989): Measurements from maps. Pergamon Press, Oxford University, 577.

Tarsoly P (2003): GPS alkalmazása barlangbejáratok helyének meghatározására. OTDK Konferencia, Debrecen, 54.

Tarsoly P (2009): Digital topographical maps-positional accuracy (How CMAS-method works in the practise). 7th FIG Regional Conference, Hanoi, Vietnam, http://www.fig.net/pub/vietnam/papers/ts07d/ts07d_tarsoly_3639.pdf

VALÓSZÍNŰSÉGI ELOSZLÁSOK FÖLDI LÉZERSZKENNERES PRIZMAMÉRÉSEKNÉL

Barsi Árpád, Berényi Attila*, Lovas Tamás**



Probability distribution of laser scanner measurements with retro-reflectors – Airborne and terrestrial laser scanning is an emerging technology in surveying natural and man-made objects of the Earth surface. As always in case of a new method, it is recommended to investigate the probability distribution of the measured values, since they significantly affect the obtained parameters. In most cases, according to the derived parameters, Gauss-distribution is assumed for the directly measured values. In this paper a laboratory investigation of a terrestrial laser scanner is discussed, especially regarding Gauss-distribution, supposing independent measured values. Since the parameters obtained by laser scanning are based on vast number of measurements, laser scanned data sets are especially suitable for normality analysis.

Keywords: probability distribution, reflector, terrestrial laser scanning

A cikkben a viszonylag új mérési módszernek számító földi lézershakkenelés illesztőpontokra (ún. prizmákra) történő méréseinek elemzését tárgyaljuk. Vizsgálatra került a mérések valószínűségi eloszlása, korszerű matematikai módszerekkel a mérési eredmények (vízszintes- és magassági szög, valamint távolság) normalitásvizsgálatának eredményeit értékeltük.

Kulcsszavak: valószínűségi eloszlás, prizma, földi lézershakkenelés

1 Bevezetés

A légi és földi lézershakkenelés viszonylag új mérési módszer a földfelszínen elhelyezkedő természetes és mesterséges objektumok felmérésében. Mint az új mérési eljárások esetében mindig, itt is célszerű megvizsgálni, hogy a mért mennyiségek milyen valószínűségi eloszlást követnek, mivel a mérésekből levezetett értékek (pl. távolságok) tulajdonságait is lényegesen befolyásolják.

A legtöbb származtatott mérőszám előállításakor abból az alapfeltételezésből indulunk ki, hogy a közvetlen méréssel mért valószínűségi változók eloszlása a Gauss-féle normális eloszlást követi. Dolgozatunkban ezért egy földi lézershakkenettel végzett minősítő mérést vizsgáltunk meg, elsősorban a normális eloszlás szempontjából, az egyes mért mennyiségek függetlenségének feltételezése mellett. A lézershakkenettel végzett mérések különösen alkalmasak a normalitás ellenőrzésére, mivel a kapott eredmények nagyszámú mérésből származnak, vagyis elegendő statisztikai sokaság kiértékelésével lehet levonni a következtetéseket.

2 A mérés

A mostani statisztikai vizsgálathoz a 2009. április 4-i, Riegl LMS-Z420i skkennerrel végzett skkennerminősítő méréseket használtuk fel (Berényi et al. 2010a, Berényi et al. 2010b). A mérés során kilenc prizmat helyeztünk ki különböző irányba és távolságra (1. ábra).

A prizmákat egy mérőállomással is megmértük, jelen vizsgálatba azonban ezeket az eredményeket nem vontuk be. A prizmákra a lézershakkenner kezelő szoftvere külön változókat (SOCS – scanner own coordinate system, vagyis a skkenner saját koordináta rendszerét biztosító pontok) hoz létre, majd ezekben tárolja a mérési eredményeket illetve a levezetett koordinátákat. Ezen változók a következő mezőket tartalmazzák: X, Y, Z koordináták, távolság, vízszintes és magassági szög, valamint a visszaérkező jel amplitúdója. Ez utóbbi érték gyakorlatilag a mért pont visszavert intenzitása, amely kiválóan alkalmas a nagy visszaverő-képességű prizma környezetétől való megkülönböztetésére. Az amplitúdók 0 és 1 közötti számok. Tapasztalati sűrűséggrafikonon (2. ábra) ábrázolva

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

Köszönetnyilvánítás. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A cikkben tárgyalt kutatás a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült.

Hivatkozások

References

Prékopa A (1974): Valószínűségelmélet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Rényi A (1966): Valószínűségszámítás, Tankönyvkiadó, Budapest

Vincze I (1975): Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Berényi A, Lovas T, Barsi Á (2010a): Földi lézerszkennér laboratóriumi vizsgálata, Geodézia és Kartográfia, LXII(4), 11-16.

FÖLDI LÉZERSZKENNEREK MINŐSÍTŐ VIZSGÁLATAINAK LEHETŐSÉGEI

Berényi Attila^{*}, Lovas Tamás^{*}, Barsi Árpád^{*},
Tóth Zoltán^{**}, Rehány Nikolett^{***}, Tarsoly Péter^{**}



Possibilities for the qualifying test of terrestrial laser scanners – The accuracy values given by the manufacturers of current terrestrial laser scanners are below the centimetre level. However, in most cases these values are valid only in particular circumstances, e.g. in the manufacturer's laboratory. The paper describes the methodological enhancement of a previous investigation that covers wider horizontal and vertical angles and longer distances, and also includes a new instrument in order to prove the manufacturer's claim on accuracy. To evaluate the results the previously developed methodology was used, and the results proved again its efficiency and reliability. The results confirmed the manufacturer's claim, nevertheless the authors' aim to carry out further investigation with the tested instrument.

Keywords: terrestrial laser scanning, qualifying test

A földi lézerszkennerek gyártói által közölt értékek manapság jobbára centiméter alatti pontosságot mutatnak. A legtöbb gyártó azonban azt is kiköti, hogy az adott érték csak bizonyos speciális körülmények fennállása esetén igaz. A cikkben részletesen bemutatjuk a korábban megkezdett kísérlet-sorozat folytatását, ahol az első vizsgálathoz képest nagyobb távolságokra, és nagyobb vízszintes- és magassági szögtartomány mellett vizsgáltuk egy másik gyártó műszerét. Az eredmények kiértékelésére a korábban ismertetett metodikát alkalmaztuk, amely ebben az esetben is bizonyította alkalmazhatóságát. Az elemzések igazolták a gyártó által megadott pontosság értékét, mindazonáltal a szerzők célja, hogy további vizsgálatokat végezzenek az adott műszerrel.

Kulcsszavak: földi lézerszkennelés, minősítő vizsgálatok

1 Bevezetés

A Budapesti Műszaki Egyetem Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékén végzett korábbi, földi lézerszkennerek minősítésére irányuló vizsgálatok folytatására a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karával együttműködésben került sor. A megelőző kísérlet-sorozat eredményeit és tapasztalatait egy új műszer vizsgálatában tudtuk kamatoztatni, emellett lehetőségünk nyílt a kidolgozott metodika és eljárás igazolására is. Az eredmények fényében elmondhatjuk, hogy a módszerek megfelelőek, így jövőbeni célunk további műszerek bevonása a vizsgálatba, valamint a vizsgálati szempontok és módszerek körének bővítése.

2 Földi lézerszkennelés

A földi lézerszkennelés, annak ellenére, hogy immár több évtizedes múltra tekinthet vissza, még mindig új adatnyerési technológiának számít, különösen igaz ez hazánkra. Pozitív tendencia mutatkozik mind a technológia elterjedését, mind a hozzáférhetőségét illetően, hiszen egyre több magyarországi oktatási intézmény és cég rendelkezik ilyen berendezéssel.

A technológia működésének részletezésére nem térünk ki mérnöki alapossággal, hiszen erre számos példát találunk a hazai és a külföldi szakirodalomban egyaránt (Lovas és Barsi 2005, Fröhlich és Mettenleiter 2004). Annyit azonban érdemes megismételni, hogy a mérés elve az ismert irányban kibocsájtott lézersugár visszaverődéséig eltelt idő meghatározásán alapul. Célunk a kísérletekkel az, hogy megtudjuk, a műszergyártók által megadott pontosságértékek megfelelnek-e a

^{*}BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

^{**}NymE Geoinformatikai kar, Geodézia Tanszék, 8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.

^{***}BME Építőmérnöki Kar, BSc. képzés, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

E-mail: aberenyi@mail.bme.hu

Köszönetnyilvánítás. A cikkben tárgyalt kutatás a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Hivatkozások

References

- Lovas T, Barsi Á** (2005): Lehetőségek a földi lézeres felmérésben, *Geomatika Közlemények*, VIII, 303-308.
- Fröhlich C, Mettenleiter M** (2004): Terrestrial Laser Scanning – New Perspectives in 3D Surveying, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVI-8/W2, 7-13.
- Berényi A, Lovas T, Barsi Á** (2010a): Földi lézerszkennő laboratóriumi vizsgálata, *Geodézia és Kartográfia*, LXII(4), 11-16.
- Berényi A, Lovas T, Barsi Á** (2010b): Terrestrial Laser Scanning – Civil Engineering Applications, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. XXXVIII(5), 81-85.
- Rehány N** (2010): Földi lézerszkennő pontossági vizsgálata, TDK dolgozat, BME.

KÖLCSÖNÖS TÁJÉKOZÁS SZÜKSÉGESSÉGE A DIGITÁLIS FOTOGRAMMETRIÁBAN

Jancsó Tamás*



The necessity of the relative orientation in the digital photogrammetry – The relative orientation is a compulsory task at the digital photogrammetric workstations, since the model, which is necessary for the stereo-viewing, is formed by this way. At the same time it can be proved that the elements of the relative and absolute orientation can be derived and computed from the exterior orientation elements. It means, that if we have enough control points on one photo-pair, then measuring these control points we can calculate the exterior orientation elements and based on these elements – if it's necessary for the later evaluation process – we can calculate the elements of the relative and absolute orientation as well. The relative orientation and the measurement of Gruber points can be avoided, this orientation procedure and the measurement of further points are not necessary. The recent paper discusses this topic and it gives an algorithm for calculation of relative and absolute orientation elements, where a sample calculation is presented as well.

Keywords: relative orientation, absolute orientation, exterior orientation, orientation elements

A digitális fotogrammetriai munkaállomásokon a kölcsönös tájékozás elvégzése kötelező feladat, hiszen így állítható elő a térmodell, ami a sztereoszemlélés biztosításához szükséges. Ugyanakkor belátható, hogy a külső tájékozás elemei alapján levezethetők és kiszámolhatók a kölcsönös- és abszolút tájékozás elemei. Tehát, ha van elegendő illesztő pontunk egy képpáron, akkor ezek mérése alapján kiszámíthatók a külső tájékozási elemek, melyekből levezethetők a relatív- és abszolút tájékozás elemei is, ha erre szükség van a későbbi kiértékelési folyamatban. A kölcsönös tájékozás elvégzése és az ahhoz kapcsolódó Gruber pontok mérése elkerülhető, ennek a tájékozási folyamatnak és ezekhez kapcsolódó méréseknek a szükségessége nem indokolt. A cikk ezt a problémakört tárgyalja, és levezetést ad a kölcsönös- és abszolút tájékozási elemek kiszámítására, melyet gyakorlati példa is szemléltet.

Kulcsszavak: kölcsönös tájékozás, abszolút tájékozás, külső tájékozás, tájékozási elemek

1 Bevezetés

Egy képpár kiértékeléskor szükség van a képek sztereoszkópikus szemlélésére, ezért a relatív tájékozás a mai napig része a tájékozási folyamatnak. Ugyanakkor a (1) kollineár egyenletek matematikailag pontosan leírják a kapcsolatot a képpont (ξ, η) képkoordinátái és a képpontnak megfelelő terepi pont (X_G, Y_G, Z_G) geodéziai koordinátái között, ezért ezt a módszert előnyben részesítik a terepi pontok koordinátáinak kiszámításánál, vagyis fölöslegesség válik a modellkoordináta, hiszen közvetlenül képkoordinátából végezzük a számítást. A relatív tájékozást elsősorban csak azért kell elvégezni, hogy később sztereoszkópiusan végezhesünk az irányzást.

$$\begin{aligned} \xi &= -c_k \frac{r_{11}(X_G - X_O) + r_{21}(Y_G - Y_O) + r_{31}(Z_G - Z_O)}{r_{13}(X_G - X_O) + r_{23}(Y_G - Y_O) + r_{33}(Z_G - Z_O)} \\ \eta &= -c_k \frac{r_{12}(X_G - X_O) + r_{22}(Y_G - Y_O) + r_{32}(Z_G - Z_O)}{r_{13}(X_G - X_O) + r_{23}(Y_G - Y_O) + r_{33}(Z_G - Z_O)} \end{aligned} \quad (1)$$

Jelölések:

- ξ, η : képkoordináták,
- X_G, Y_G, Z_G : geodéziai koordináták,

* NYME Geoinformatikai Kar, Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszék
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.
E-mail: t.jancso@geo.info.hu

Köszönetnyilvánítás. Köszönöm Dr. Mélykúti Gábornak a javaslatokat, melyek szemléletesebbé tették számomra a feladatot.

Hivatkozások

References

Albertz J, Kreiling W (1975): Photogrammetrisches Taschenbuch, Wichmann Verlag, Karlsruhe, 58-59.,228-229.

Lobanov, AN, Burov MI, Krasznopecev BV (1987): Fotogrammetria, Moszkva, Nedra, 110-111.

Lobanov AN (1973): Analiticeszeszkije modeli mesztnosztyi i sznyimkov, Moszkva, Nedra, 50-51.

WEB ALAPÚ FOTOGRAMMETRIAI ALKALMAZÁS PONTOSSÁGI VIZSGÁLATA

Molnár Bence*



Accuracy analysis of a Web based photogrammetry application – More and more job will be done by web applications, but is it possible to create a photogrammetry application running in a web browser and will it meet the accuracy needs? This paper is about the accuracy analysis of a web based application using Direct Linear Transformation, paying special attention to the reduction of the impact of gross errors applying Huber-method. In the case of a frequently used photogrammetry application the probability of gross errors increases. The test is based on a large number of samples by a real model.

Keywords: direct linear transformation, Huber-method, accuracy analysis, web based photogrammetry

Egyre több munkát végzünk az interneten webes alkalmazások segítségével, de vajon lehetséges-e egy böngészőben megfelelő pontosságú fotogrammetriai alkalmazást készíteni? Jelen tanulmány a Direkt Lineáris Transzformációt alkalmazó web alapú szoftver pontossági vizsgálatáról értekezik, külön figyelmet fordítva a durva hibák hatásának csökkentésére Huber-módszer segítségével. Egy széles körben használt fotogrammetriai alkalmazás esetén a durva hibák várható aránya megnövekszik. A minősítést nagy elemszámú minta alapján végeztük, valós modellen.

Kulcsszavak: direkt lineáris transzformáció, Huber-módszer, pontossági vizsgálat, web alapú fotogrammetria

1 Bevezetés

Napjaink fotogrammetriai kiértékelései általában nem nevezhetőek jól felügyelt megoldásoknak vagy a nagyfokú automatizálás miatt, vagy a kiértékelő szakmai tudásának hiánya miatt. Éppen ezért a kidolgozott eljárások robusztus mivolta kiemelkedő szerepet kap, a durva hibák hatásának minimalizálása elsődleges szempont. Az internet nyújtotta lehetőségeket kihasználva, és a jelenlegi fejlődési irányt követve, web alapú, bárki által egyszerűen használható új alkalmazás készült. Amennyiben a széles körben való használhatóságot tűzzük ki célként, akkor a felhasználók szakértelmére és céleszközökre nem lehet alapozni, éppen ezért a számítások során különböző ellenőrző folyamatokat kell beépíteni (Molnár 2010). Mindezeket úgy, hogy a számítási idő elfogadható szinten maradjon. Természetesen ezen célok mellett a szélső pontosságról le kellett mondani, bár a kidolgozott algoritmus pontosságot befolyásoló általánosításokat nem tartalmaz. Az eljárás használhatósága egy nagy elemszámú és összetett modell segítségével került megvizsgálásra, különös tekintettel a durva hibák hatásának minimalizálására. Az eljárás fontos eleme a Huber-módszer (Huber 1981) segítségével történő durvahiba-szűrés. A minősítés fő célja a Huber-módszer hatásának vizsgálata a fejlesztett alkalmazásban. A vizsgálat tárgya a máriabesnyői bazilika és kolostor épülete volt.

2 Web alapú alkalmazások

Napjainkban legkönnyebben az internetböngésző segítségével lehet széles körben elérhetővé tenni egy alkalmazást. A kitűzött cél érdekében egy szerver-kliens modell kialakításával és a weboldal létrehozásával valósult meg az alkalmazás (<http://dlt.fmt.bme.hu>). Fontos feladat volt a terhelésselosztás megtervezése, illetve a hálózati forgalom minimalizálása a gyors használat érdekében (Grussenmeyer és Drap 2001). A kialakításkor cél volt a szabad szoftverek használata és a szab-

Hivatkozások

References

- Abdel-Aziz Y I, Karara H M** (1971): Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates, ASP Symposium on Close-Range Photogrammetry, 1-18.
- Detrekői Á** (1991): Kiegészítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest, 685.
- Grussenmeyer P, Drap P** (2001): Possibilities and limits of Web photogrammetry - Experiences with the ARPENTEUR web based tool. Heidelberg, Photogrammetric Week 01, Wichmann Verlag, 275-282.
- Huber P J** (1981): Robust Statistics, John Wiley & Sons, New York, 301.
- Molnár B** (2010): Direct Linear Transformation Based Photogrammetry Software On The Web, in ISPRS Commission V Mid-Term Symposium. Vol. XXXVIII, Part 5, 462-465.
- Závoti J** (1996): Robusztus becslési módszerek a geodéziában. BME habilitációs disszertáció, 35.

A DIGITÁLIS FOTOGRAMMETRIA GYAKORLATI ALKALMAZÁSA AZ ÉPÍTÉSZETBEN

Szerdahelyi András*



The practical application of digital photogrammetry in architecture – The accurate measurement and documentation of historical monuments is one of the primary assignments of architecture and institutions dealing with protection of monuments. Working with PhotoModeler we can create centimetre accurate photo-textured and measurable 3D model.

Keywords: protection of monuments, photo-textured 3D model

A PhotoModeler modellalkotó szoftver – mint a digitális fotogrammetria eszköze – gyakorlati példákon történő bemutatása, értékelése, alkalmazási lehetőségei az építészet terén. A műemlék jellegű épületek megfelelő pontosságú felmérése és dokumentálása az építészet, illetve a műemlékvédelem egyik alapvető feladata.

Kulcsszavak: műemlékvédelem, fotó-realisztikus 3D modell

1 Bevezetés

A műemlék jellegű épületek megfelelő pontosságú felmérése és dokumentálása az építészet, illetve a műemlékvédelem egyik alapvető feladata. A végeredményként szolgáló alaprajzok, metszetek, valamint homlokzati rajzok tájékoztatást adnak a vizsgált épület kiterjedéséről, formájáról, a részletek arányairól, a felületek elhelyezkedéséről.

A felmérések fontosak lehetnek a jövőben:

- a művészettörténészeknek az építészeti módszerek tanulmányozásához és a formák, a részletek, valamint a homlokzatok időrendi és stílusfejlődési tanulmányozásához;
- az építésznek a műemlék védelmét célzó építészeti tanulmányok készítéséhez, az esetleges épületmozgások meghatározásához;
- archiválási célból, amely lehetővé teszi az eredeti állapot visszaállítását esetleges természeti katasztrófa okozta részleges vagy teljes rongálódás esetén (Kis Papp 1981).

A fent említett célok elérését különféle módszerek segítik. A feladat elvégezhető:

- geodéziai felmérés útján (térbeli előmetszés, prizma nélküli ú.n. „DR” mérés);
- fotogrammetriai felméréssel, amely lehet
 - klasszikus földi fotogrammetria,
 - digitális fotogrammetria vagy
 - lézerszkennelés.

Mindegyik felhasználható technológiának természetesen megvannak a maga előnyei, hátrányai (1. táblázat).

Az analitikus (klasszikus) fotogrammetriát egyre inkább felváltja az olcsóbb digitális fotogrammetria, melynek nagy előnye, hogy nem szükséges hozzá speciális fényképezőkamera, kiértékelő szoftver. A végeredményként kapott fotó-realisztikus 3D-s modell közepkategóriás fényképezőgépekkel, PC alatt futó alkalmazásokkal is elérhető. Kellő tervezés után nincs szükség pótmérésre, az irodában a mérést követően bármikor elkészíthető a cm pontos modell (Szerdahelyi 2008).

Köszönetnyilvánítás. Köszönettel tartozom a Geodist Kft. munkatársainak a geodéziai illesztőpontok szolgáltatásáért.

Hivatkozások

References

EOS Systems Inc. PhotoModeler Pro Version 5.0, 6.0 Help

Kis Papp L (1981): Építészeti fotogrammetria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 9-10.

Kraus K (1998): Fotogrammetria. Tertia Kiadó, Budapest, 45, 329-331.

Leica Geosystems TPS 800 User manual

Szerdahelyi A (2008) Műemléképületek háromdimenziós fotómodelljének készítése PhotoModeler segítségével, Geodézia és Kartográfia, Budapest, 60(3), 27-31.

A MÁTYÁSHEGYI GRAVITÁCIÓS ÉS GEODINAMIKAI OBSZERVATÓRIUM ÁTFOGÓ GRAVITÁCIÓS MODELLEZÉSE

Tóth Gyula^{*,**}, Égető Csaba^{**}



Complex gravity field modelling in the Mátyáshegy Gravity and Geodynamic Observatory – What is the effect of cavities and rock masses above the Gravity and Geodynamic Observatory of ELGI on the observations? To answer this question a complex model was constructed containing all the rock masses and cavities as well as fixed mass elements inside the observatory chambers. Gravitational potential, gravity vector and gravity gradient tensor elements of the complex mass model were all calculated using Holstein's formulas. An additional error analysis quantified the effect of model point uncertainties on all of the calculated gravity field parameters (potential and its first and second derivatives). This enables us to estimate and consider instrumental corrections of measurements made at any point of the model. These estimates have been checked by old gravimetric and both old and new torsion balance measurements at points of the observatory's network.

Keywords: gravitation, cavity effect, gravity potential, gravity gradient, error analysis

Az ELGI Gravitációs és Geodinamikai Observatórium üregeinek és az azok felett elhelyezkedő hegynek milyen hatása van az ott folyó észlelésekre? Ennek a kérdésnek a vizsgálatához egy olyan komplex modellt építettünk fel, amelyben külön figyelembe vettük a hegy külső részét, az obszervatórium üregeit, az üregekben található fix beépített elemeket. Holstein összefüggései alapján számítottuk e komplex modell tömegvonzási potenciálban, térerősségben, valamint Eötvös-tenzor elemeiben észlelhető hatását. A modellszámításhoz kapcsolódóan hibavizsgálatot is végeztünk, a modellpontok koordináta hibáinak hatását megvizsgáltuk a modelltől számított nehézségi erőtér paramétereire (potenciál első- és magasabbrendű deriváltjaira). Így a modell bármely pontjában történő műszeres észlelés helyére lehetőségünk van a méréseinkhez tartozó korrekció kiszámítására, és figyelembe vételére. A modellre számított eredményeket archív graviméteres, illetve archív és új Eötvös-inga mérések segítségével ellenőriztük az obszervatórium mikrobázisának pontjain.

Kulcsszavak: tömegvonzás, üreghatás, potenciál, nehézségi térerősség, gradiens, hibavizsgálat

1 Bevezetés

Budapest harmadik kerületében, a Szépvölgyi út mellett található a Mátyáshegyi-barlang. A barlang felsőbb járatait az 1930-as években fedezték fel elsőként a Budapesti Egyetemi Turista Egyesület (BETE) tagjai. Ennek a mintegy 750 m hosszúságú szakasznak a nagy részét (370 m) a II. világháborúban légtalmai óvóhelynek rendezték be, és így a természetes barlangot nagymértékben átalakították (1. ábra). A hatvanas évek végén ezen átalakított tereket a Természetvédelmi Hivatal átadta geofizikai kutatások céljára az ELGI (Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet) Földfizikai Főosztályának, így kapta a „Mátyáshegyi Geodinamikai Állomás” (továbbiakban: obszervatórium) nevet. Az obszervatórium tevékenységének célja a különböző geodinamikai folyamatok monitorozása, a földi árapály-változások, tektonikai és környezeti deformációk figyelemmel kísérése. Az obszervatórium tartalmazza többek között a magyarországi gravitációs főalappontot is, amely része az ELGI által működtetett Országos Gravimetriai Alapponthálózatnak, illetve az Országos Graviméter-kalibráló Alapvonalnak (ELGI honlap, Mentés et al., 2006). 1976-ban Csapó Géza egy 14 pontból álló gravimetriai mikrobázist telepített, ahol számos graviméterrel végeztek részben külföldi (japán, német, osztrák, szlovák), részben magyar hallgatók – diplomatervek keretében – kalibráló méréseket. 1970-től 1989-90-ig rendszeres árapály regisztrálás folyt, előbb Heiland, majd LCR graviméterekkel.

^{*}MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamika Kutatócsoport, BME, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

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

^{**}BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

E-mail: csabiegeto@yahoo.de

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink részben a 76231 sz. OTKA, illetve a TÁMOP 421B projekt támogatásával folynak. Köszönettel tartozunk Csapó Gézának, Ultmann Zitának és Völgyesi Lajosnak, hogy rendelkezésünkre bocsátották az E-54 és Auterbal típusú ingákkal végzett korábbi méréseik eredményeit. Köszönjük továbbá bírálóink, Benedek Judit és Kis Márta értékes észrevételeit és javaslatait.

Hivatkozások

References

- Biró P** (1985): Felsőgeodézia. (Egyetemi jegyzet) Budapest, Tankönyvkiadó.
- Holstein, H** (2003): Gravimagnetic anomaly formulas for polyhedra of spatially linear media. Geophysics, Vol 68.
- Kis M, Detzky G** (2009): Estimation of the cavity effect for a geophysical extensometric monitoring system using a finite element modelling. XIII. Congress of Hungarian Geomathematics and 2nd Congress of Croatian and Hungarian Geomathematics, Mórahalom, 2009 május 21-23.
- Mentes Gy, Kis M, Eper-Papai I, Ujvari G** (2006): New results of the extensometric measurements at Budapest Geodynamic Observatory. BIM (Bulletin d'Information des Marées Terrestres) 141, pp. 11263-11269.
- Metropolis, N, Ulam, S** (1949). The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association, 44(247), 335-341.
- Pécsi M** (1959): Budapest természeti földrajza, Akadémiai kiadó, Budapest.
- Ultmann Z** (2007): Gravitációs tömeghatás számítása a Mátyás-hegyi barlang környezetében, BME, Építőmérnöki Kar, TDK Dolgozat, Földmérő és térinformatikai szekció, 2007.
- Ultmann Z** (2009): A nehézségi erőter gradienseinek vizsgálata a Mátyás-barlangban. Diplomamunka, Budapest.
- Völgyesi L** (2002): Geofizika, Tankönyvkiadó, Budapest.
- Völgyesi L, Ultman Z** (2007): A nehézségi erőter gradienseinek függőleges irányú változása. Geodézia és Kartográfia, 59(8-9), 11-23.

NEHÉZSÉGI GRADIENSEK LINEARITÁS-VIZSGÁLATA A MÁTYÁS-BARLANGBAN

Völgyesi Lajos^{*, **}, Ultmann Zita^{*}



Question of linearity of the gravity gradients in the Mátyás cave – Linear changing between the adjoining network points is an important demand of different interpolation methods using the gravity gradients measured by torsion balance. To study the linearity torsion balance measurements were made in the surroundings of a gravity microbase point in the gravity laboratory of Loránd Eötvös Geophysical Institute in the Mátyás cave. Controlling the measurements gravity model computations were made at the same time. Our investigations demonstrate that the changing of gravity gradients is not linear even between neighbouring points having only 30 cm distance, in the case of huge gravity gradients in the Mátyás cave.

Keywords: gravity gradients, curvature data, linearity, Torsion balance

Az Eötvös-inga mérések alapján végzett különféle interpolációs számítások során fontos alapkövetelmény a nehézségi gradiensek és a görbületi értékek két pont közötti lineáris változása. Ennek vizsgálata céljából Eötvös-inga méréseket végeztünk a budapesti Mátyás-barlangban az ELGI gravitációs mikrobázisának pontjaiban. A mérésekkel párhuzamosan ellenőrző modellszámításokat is végeztünk. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a mérési pontokban tapasztalható extrém magas gradiens értékek esetén még 30 cm távolságon belül sem tekinthető minden esetben lineárisnak a gradiensek változása.

Kulcsszavak: nehézségi gradiensek, görbületi értékek, linearitás, Eötvös-inga

1 A linearitás-vizsgálat szükségessége

Korábbi munkáink során már felmerült a gyanú, hogy az ingamérések rendelkezésünkre álló pontsűrűsége sok esetben nem elegendő, mivel a nagy gradiensű területeken a magas frekvenciás változások nagy amplitúdója miatt egészen rövid távolságon belül sem tekinthető lineárisnak a gradiensek változása.

Amennyiben Eötvös-ingával mért W_{Δ} és W_{xy} görbületi adatok felhasználásával szeretnénk gövonal-elhajlás különbségeket interpolációval számítani az α_{ik} azimutban lévő n irányban a P_i és a P_k pont között, akkor a

$$\int_{n_i}^{n_k} \frac{\partial^2 W}{\partial n \partial s} dn \quad (1)$$

integrált kell kiszámítanunk, ahol

$$\frac{\partial^2 W}{\partial n \partial s} = \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \cos 2\alpha_{ik} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) \sin 2\alpha_{ik} = \frac{1}{2} W_{\Delta} \sin 2\alpha_{ik} + W_{xy} \cos 2\alpha_{ik} \quad (2)$$

amelyben n_{ik} a P_i és a P_k pont távolsága egymástól, s az n -re merőleges koordináta irány, W_{Δ} és W_{xy} pedig az Eötvös-ingával mérhető görbületi értékek (Völgyesi 2005).

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

^{**} MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport

1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

E-mail: volgyesi@eik.bme.hu, ultmann@gmail.com

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink a 76231 sz. OTKA támogatásával folynak. Ezúton is köszönjük a Mátyás-barlangban végzett méréseinkhez az ELGI, és kiemelten Csapó Géza segítségét.

Hivatkozások

References

- Csepregi A Z** (2010): A nehézségi erőter gradienseinek vizsgálata. Diplomaterv. BME Ált. és Felsőgeodézia Tsz. Budapest
- Holstein H** (2003): Gravimagnetic anomaly formulas for polyhedra of spatially linear media. *Geophysics*, 68, 157-167.
- Tóth Gy, Égető Cs** (2011): A Mátyáshegyi Gravitációs és Geodinamikai Observatórium átfogó gravitációs modellezése. *Geomatikai Közlemények*, megjelenés alatt.
- Ultmann Z** (2007): Gravitációs tömeghatás számítása a Mátyás-hegyi barlang környezetében. TDK dolgozat, BME Építőmérnöki Kar.
- Ultmann Z** (2009a): Gravitációs tömeghatás számítása a Mátyás-hegyi barlang környezetében. OTDK dolgozat, Miskolc, Műszaki Tud. Szekció.
- Ultmann Z** (2009b): A nehézségi erőter gradienseinek vizsgálata, Diplomaterv. BME Ált. és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest.
- Völgyesi L.** (2005) Deflections of the vertical and geoid heights from gravity gradients. *Acta Geod. Geoph. Hung.* 40(2), 147-159.
- Völgyesi L, Tóth Gy, Csapó G** (2005): Determination of gravity anomalies from torsion balance measurements. In: Jekeli C Bastos L Fernandes J (szerk.) *Geoid and Space Missions GGSM 2004*. 368 p. Berlin ; Heidelberg ; New York: Springer-Verlag, 2005. 292-297. (International Association of Geodesy Symposia; 129.) (ISBN:3-540-26930-4)
- Völgyesi L, Tóth Gy, Csapó G** (2007): Determination of gravity field from horizontal gradients of gravity. *Acta Geod. Geoph. Hung.* 42(1), 107-117.
- Völgyesi L, Égető Cs, Laky S, Tóth Gy, Ultmann Z** (2009): Eötvös-inga felújítása és tesztmérések a budapesti Mátyás-hegyi-barlangban. *Geomatikai Közlemények*, XII, 71-82.

AZ EÖTVÖS-INGA MÉRÉSI IDEJÉNEK CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGE

Völgyesi Lajos^{*,**}, Laky Sándor^{**}, Tóth Gyula^{*,**}



Possibility for reducing the measurement time of the Eötvös torsion balance – The main problem of torsion balance measurements is the long damping time, however it is possible to significantly reduce it by modern technology. The damping curve can be precisely determined by CCD sensors as well as computerized data collection and evaluation. The first part of this curve makes it possible at least theoretically to estimate the final position of the arm at rest. Two methods are presented here to solve the problem – a finite element solution of a fluid dynamics model based on Navier-Stokes equations and a differential evolution algorithm.

Keywords: Eötvös torsion balance, damping time, CCD sensor, Navier-Stokes equations, CFD, finite elements, differential evolution algorithm

Az Eötvös-inga mérések mindenkor legnagyobb problémája a hosszú csillapodási idő, azonban a mai modern technika alkalmazásával lehetőség kínálkozik az észlelési idő jelentős csökkentésére. A leolvasásra CCD-érzékelőket alkalmazva számítógépes regisztrálás és kiértékelés esetén igen jó felbontással meghatározható a csillapodási görbe, amelynek kezdeti szakaszából elvileg előre meghatározható az inga nyugalmi helyzete. A feladat megoldására két különböző lehetőséget mutatunk be – a Navier-Stokes egyenletek végesesemleges megoldásán alapuló áramlási modell felhasználását, és a differenciális evolúciós algoritmus alkalmazását.

Kulcsszavak: Eötvös-inga, csillapodási idő, CCD-érzékelő, Navier-Stokes egyenletek, numerikus áramlástan, végesesemleges, differenciális evolúciós algoritmus

1 Bevezetés

A gravitációs kutatásokban az 1950-es évektől kezdve az Eötvös-inga mérések nehézsége, időigényessége miatt egyre inkább a graviméteres mérések vették át a vezető szerepet. Mivel az új gravimétereket a nyugati országok stratégiai jelentőségű műszereknek minősítették, ezért a volt szocialista országok nem juthattak hozzá ezekhez a műszerekhez. Emiatt az ötvenes évektől egészen 1967-ig az Eötvös-inga méréseknek egy újabb aranykora következett be hazánkban. Napjainkban elsősorban a geodéziai hasznosítás területén újabb igény jelentkezett az Eötvös-inga mérésekre (Völgyesi et al. 2009a, 2009b). A modern technikai eszközök birtokában most viszont lehetőségünk nyílna arra, hogy a hosszú mérési időt (azimutonként 40 perc) lerövidítsük, és a mérések feldolgozását is automatizáljuk. A jelen tanulmányban éppen ezért az a célunk, hogy megvizsgáljuk az inga mozgásának fizikai hátterét, különös tekintettel a mérések feldolgozásával kapcsolatos új igényekre, a mérési idő lerövidítésére. Eközben természetesen mindvégig szem előtt tartjuk azt a szempontot, hogy a mérési idő hosszának csökkentése ne menjen az ingával elérhető pontosság rovására.

2 Az ingák csillapodásának tanulmányozására végzett mérések

Az Eötvös-inga mérések és különböző vizsgálatok céljára laboratóriumot alakítottunk ki a BME "R" épületének pincéjében. Meghatároztuk a mérési pont koordinátáit és a pontos északi irányt (Kovács és Nagy 2010), valamint különböző környezeti (pl. hőmérséklet-változás) vizsgálatokat végeztünk. A mérési helyszín abból a szempontból kedvezőnek tekinthető, hogy a mérések során gyakorlatilag nem változott a hőmérséklet, ezért az ingaméréseket leginkább zavaró hőmérséklet-változásokkal nem kellett foglalkoznunk.

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

** MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

E-mail: volgyesi@eik.bme.hu, gtoth@sci.fgt.bme.hu, laky.sandor@freemail.hu

Köszönetnyilvánítás. Kutatásaink a 76231 sz. OTKA támogatásával folynak. Köszönettel tartozunk az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetnek és Csapó Géának az E-54 típusú ingával folytatott kísérletek lehetővé tételéért.

Hivatkozások

References

- Duchon C E** (1979): Lanczos Filtering in One and Two Dimensions. *Journal of Applied Meteorology* 18 (8), 1016-1022.
- Glowinski R, Pan T W, Hesla T I, Joseph D D** (1998): A distributed Lagrange multiplier/fictitious domain method for particulate flow. *Int. J. of multiphase flow*, 25, 755-794.
- Heil M, Hazel A L** (2006): oomph-lib – An Object-Oriented Multi-Physics Finite-Element Library. In: *Fluid-Structure Interaction*, Editors: M. Schafer und H.-J. Bungartz. Springer (Lecture Notes on Computational Science and Engineering), 19-49.
- Janela J, Lefebvre A, Maury B** (2005): A penalty method for the simulation of fluid-rigid body interaction, *ESAIM Proceedings*, 14, 201-212.
- Kovács Á, Nagy G** (2010): A Duna víztömegének hatása a nehézségi gradiensekre. TDK dolgozat, BME, Geodézia Szekció.
- Landau L D, Lifsic E M** (1974): *Elméleti fizika I. Mechanika*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Pozrikidis C** (2001): *Fluid dynamics: theory, computation and numerical simulation*. Kluwer Academic Publishers. 658.
- Riedel K S, Sidorenko A** (1995): Adaptive Smoothing of the Log-Spectrum with Multiple Tapering. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 43, 188-195.
- Selényi P** (1953): Eötvös Loránd összegyűjtött munkái, Akadémiai Kiadó, 386.
- Scharr H** (2000): *Optimal Operators in Digital Image Processing (Optimale Operatoren in der Digitalen Bildverarbeitung)*. PhD disszertáció, Heidelberg, 190 o.
- Storn R, Price K** (1997): Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*, 11, 341-359.
- Völgyesi L, Égető Cs, Laky S, Tóth Gy, Ultmann Z** (2009a): Eötvös-inga felújítása és tesztmérések a budapesti Mátyás-hegyi-barlangban. *Geomatikai Közlemények*, XII, 71-82.
- Völgyesi L, Csapó G, Laky S, Tóth Gy, Ultmann Z** (2009b): Közel fél évszázados szünet után ismét Eötvös-inga mérések Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia*, LXI, 11. 71-82.

AZ EOMA ÚJRAMÉRÉSÉNEK ELŐZETES EREDMÉNYEI AZ ELSŐ HÁROM POLIGONBAN

*Busics György**



Preliminary results of the re-measurement of Hungarian National Vertical Network in the first 3 polygons – The re-levelling was started in 2006 and was accomplished in 3 polygons until now. This paper analyses the height- changes of levelling benchmarks during 3 decades (including special recent crustal movement points). The typical movement is subsidence, which range is below 5 cm (in 65%) and between 5 and 10 cm (in 35%). The total re-measurement of levelling network is necessary because of the more accurate needs for application of GNSS technology in surveying.

Keywords: Hungarian National Vertical Network, repeated precise levelling, surface movement

Az EOMA elsőrendű hálózatának újramérése 2006-ban kezdődött és ezidáig 3 poligonban történt meg. A cikk a szintezési alappontok (köztük a kéregmozgási céllal létrehozott K-pontok) 3 évtized alatt végbement magassági változásait elemzi. A pontok kétharmadánál süllyedés tapasztalható, amelynek mértéke 65 %-ban 5 cm alatt, 35 %-ban 5-10 cm között van. Az újramérés folytatása azért is szükséges, hogy a GNSS technika nagyobb pontossággal legyen alkalmazható a geodéziai gyakorlatban.

Kulcsszavak: EOMA, ismételt szabatos szintezés, felszínmozgás

1 Bevezetés: a vizsgálat előzményei, körülményei

Az Egységes Országos Magassági Alapponthálózat elsőrendű hálózatát 1973 és 1978 között mérték felsőrendű (szabatos) szintezéssel (röviden: EOMA 1. epocha). A teljes elsőrendű hálózat újramérése és a geodéziai hálózataink korszerűsítése tárgyában az MTA Geodéziai Tudományos Bizottságán belül ad-hoc bizottság alakult, amely ajánlásokat fogalmazott meg a témában (Mihály et al. 2008). Az EOMA újramérésére a FÖMI közbeszerzési pályázatot írt ki, amelyet, mint fővállalkozó, a Geodézia Zrt. nyert meg, és a munkába alvállalkozóként a Pécsi Geodézia Kft-t vonta be.

Az EOMA újramérése (röviden: EOMA 2. epocha) a Kelet-Magyarország északi részét lefedő 8-as, 9-es és 10-es poligonban indult meg (1. ábra); a munkaterület rövidítése: KMO.

Ezen három poligon eredeti mérésére (EOMA1) 1975 és 1978 között került sor. A 9. és 10. poligon igen nagy területű, ezért a mostani méréskor ezeket két, eredetileg másodrendűként mért vonallal kettészelték. A munkaterület északi részének szintezését – ami a 9. és 10. poligon északi felét jelentette – 2007-2008-ban végezték, ezt a munkaterületet KMO1-gyel jelölik. A szóbanforgó három elsőrendű poligon további területeinek mérésére (ami a 9. és 10. poligon déli felét és a teljes 8. poligont jelenti) 2008-2009-ben került sor, ennek a munkaterületnek a jelölése KMO2.

A munkaterületen az elsőrendű szintezési vonalak számozását megtartották, a két, eredetileg másodrendű vonal száma pedig a poligonnak megfelelően ebben a munkában a 9-es és 10-es számot kapta (2. ábra). Ez utóbbi két vonalszám tehát nem azonos az EOMA1 azonosan jelölt elsőrendű vonalával, ezért megkülönböztetésül zárójelben utalok arra, hogy ez eredetileg másodrendű vonal. A KMO1 munkaterülethez tartozott a 9(II), 10(II), 23., 25. vonal és a 24-es vonal északi része (24/1). A KMO2 munkaterülethez tartozott a 17., 19., 20., 21., 22., 26. vonal és a 24-es vonal déli része (24/2).

Az 1. táblázatból látható, hogy több mint 2200 szintezési alappont mérésére került sor; 11 darab, összesen 1650 kilométernyi vonalat mértek; egy szintezési szakasz átlagosan 750 méter hosszú; a mért pontok háromnegyede azonos volt a régivel, azaz a pontok egynegyede pusztult el.

Köszönetnyilvánítás. A cikk részben a T49575 számú OTKA támogatásával készült. Az ábrák elkészítéséért köszönetet mondok Kiss Attila kollégámnak (és közvetve a DigiTerra munkatársainak a szoftverért).

Hivatkozások

References

- Gyenes R, Kulcsár A** (2006): Digitális szintezőműszerrel végzett mérések feldolgozása. Geodézia és Kartográfia, 2006/1. 17-22.
- Mihály Sz, Kenyeres A, Papp G, Busics Gy, Csapó G, Tóth Gy** (2008): Az EOMA modernizációja. Geodézia és Kartográfia, 2008/7. 3-10.
- Műszaki leírás** az Egységes Országos Magassági Alaphálózat (EOMA) I. rendű szintezési hálózataról. FÖMI Központi Adattár, 1982
- Virág G** (2010): Az EOMA szintezési hálózat kiegyenlítése. Geomatikai Közlemények, 14(1), 37-44.

A VEGETÁCIÓ ÉS A FELSZÍNI TÖMEGMOZGÁSOK KAPCSOLATÁNAK VIZSGÁLATA

Bódis Virág Bereniké*, Mentés Gyula*



Investigation of connection between surface mass movements and vegetation – *In our days the investigation of the vegetation's effect gains increasing ground in the research of the landslide-prone areas. Until now, however the researches did not include the investigation of the relationship between vital processes of plants and movements. In this paper we studied the effect of vegetation onto the movements of the high stream-banks in Dunaföldvár and Dunaszekcső. We made the vegetation map of the two test sites, and the potential evapotranspiration (PET) of the areas was calculated on the basis of these maps. On both test sites the tilt was measured by highly sensitive borehole tiltmeters and the variation of the small daily tilt amplitudes was compare with the evapotranspiration and the precipitation events. We found that the seasonal change of the tilt amplitudes shows a strong correlation with the physiological processes of the vegetation and the magnitude of the transpiration. The daily tilt amplitudes are smaller at the test site Dunaföldvár, than on the Dunaszekcső test area due to the higher transpiration at Dunaföldvár. The daily tilt amplitudes decrease due to moisture. The reason for this is that the vegetation reduces the pore pressure in large soil volume which causes larger soil deformation during dry periods than in wet periods.*

Keywords: landslide, tilt measurement, potential evapotranspiration, vegetation, evaporation

Napjainkban a földcsuszamlás-veszélyes területek kutatásában egyre nagyobb teret nyer a növényzet hatásának vizsgálata. Az eddigi kutatások közül csak nagyon kevés terjedt ki a növényi életfolyamatok és a mozgások kapcsolatának tanulmányozására. Ebben a cikkben azt tanulmányoztuk, hogy a vegetáció milyen hatással van a magaspartonk mozgására a két teszterületen Dunaföldváron és Dunaszekcsőn. Elkészítettük a két terület vegetációs térképét, amelyek alapján kiszámítottuk a két terület potenciális evapotranszpirációját (PET). Mindkét területen nagyérzékenységű fűrőlyuk-dőlésmérőkkel regisztráltuk a dőlést és a kis napi dőlésamplitúdókat összehasonlítottuk az evapotranszpirációval és a csapadék eseményekkel. Megállapítottuk, hogy a dőlésamplitúdók szezonális változása szoros kapcsolatot mutat a növényzet élettani folyamataival, a párologtatás mértékével. A napi dőlésamplitúdók a nagyobb párologtatású dunaföldvári területen kisebbek, mint a dunaszekcsői teszterületen. Csapadék hatására a napi dőlésamplitúdók csökkennek. Ennek oka, hogy szárazabb időben a növényzet nagyobb térfogatú talajban csökkenti a pórusnyomást, ami nagyobb talajdeformációt okoz, mint nedves időszakban.

Kulcsszavak: földcsuszamlás, dőlésmérés, potenciális-evapotranszpiráció, vegetáció, párologtatás

1 Bevezetés

Szerte a világon – és így Magyarországon is – az egyik legnagyobb földtani veszélyforrást a földcsuszamlások jelentik. Magyarországon is sok földcsuszamlás-veszélyes terület van. Ezek közül is kiemelkedően sok kárt okoznak a Duna-menti magaspartonk ismétlődő csuszamlásai.

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetben ezért egyik fő kutatási témának tűztük ki a földcsuszamlások okainak kutatását. 2000-től a kutatásokat az MTA támogatásával, majd 2002-től az EVG1-2001-00061 számú OASYS EU5 projekt keretében nemzetközi együttműködésben végeztük. E projekt keretében a dunaföldvári magasparton létesítettünk egy mozgásvizsgálati teszterületet, ahol jelenleg is fűrőlyuk dőlésmérőkkel regisztráljuk a mozgásokat. Itt elsősorban a hidrológiai folyamatok hatásai mellett a tektonikai okokat vizsgáljuk (Mentés et al. 2009).

2007-ben az MTA elnökének külön pénzügyi támogatásával a dunaszekcsői magasparton is létesítettünk egy mozgásvizsgálati teszterületet, ahol a 2008. február 12-i földcsuszamlást, ill. annak

Köszönetnyilvánítás. Ez a tanulmány a K 81295 számú OTKA és a TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 projektek keretében készült. Külön köszönjük Molnár Tibornak, Bánfi Frigyesnek és Újvári Gábornak a műszerek installálásában és karbantartásában, valamint az adatok rendszeres kiolvasásában nyújtott segítségét, továbbá Gimesiné Németh Ágnesnek a növényzet terepi térképezésében és az adatok feldolgozásában való részvételét.

Hivatkozások

References

- Kümpel H-J, Varga P, Lehmann K, Mentés Gy** (1996): Ground Tilt Induced by Pumping - Preliminary Results from the Nagycenk Test Site, Hungary. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 31(1-2), 67-79.
- Marston R A** (2010): Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops. *Geomorphology*. (doi:10.1016/j.geomorph.2009.09.028), 116(3-4), 206-217.
- Mentés Gy** (2002): Földcsuszamlás monitorozása fűrőlyuk dőlésmérőkkel. *Geomatikai közlemények V*, 91-97.
- Mentés Gy** (2003): Local effects disturbing the monitoring of tectonic movements of the Mecsek-alja fault by shallow deep borehole tiltmeters in Hungary. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 38(3), 327-335.
- Mentés Gy** (2004): Landslide monitoring by borehole tiltmeters in Dunaföldvár. In: Mentés Gy. I. Eperné P. I. (Eds.): Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary. Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, (ISBN 963 8381 21 3), Sopron, 67-76.
- Mentés G, Theilen-Willige B, Papp G, Síkhegyi F, Újvári G** (2009): Investigation of the relationship between subsurface structures and mass movements of the high loess bank along the River Danube in Hungary. *Journal of Geodynamics*, (doi:10.1016/j.jog.2008.07.0005), 47, 130-141.
- Pollen N** (2007): Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: accounting for soil shear strength and moisture. *Catena*, 69, 197-205.
- Pollen-Bankhead N, Simon A** (2010): Hydrologic and hydraulic effects of riparian root networks on streambank stability: Is mechanical root-reinforcement the whole story? *Geomorphology*, (doi:10.1016/j.geomorph.2009.11.013), 116, 353-362.
- Rey J M** (1999): Modelling potential evapotranspiration of potential vegetation. *Ecological Modelling* 123(2-3), 141-159.
- Simon A, Collison A J C** (2002): Quantifying the mechanical and hydrological effects of riparian vegetation on streambank stability. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(5), 527-546.
- Terwilliger V J** (1990): Effects of vegetation on soil slippage by pore pressure modification. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 553- 570.
- Újvári G, Mentés Gy, Bányai L, Kraft J, Gyimóthy A, Kovács J** (2009): Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcső, Hungary. *Geomorphology*, (doi:10.1016/j.geomorph.2009.03.002) 109, 197-209.
- Zheng F-L** (2006): Effect of Vegetation Changes on Soil Erosion on the Loess Plateau. *Pedosphere* 16(4), 420-427.

A NEMZETKÖZI ÉGI REFERENCIARENDSZER (ICRS) ÚJ MEGVALÓSÍTÁSA: ICRF2

Frey Sándor*, Gabányi Krisztina*



ICRF2: the new realisation of the International Celestial Reference System (ICRS) – The International Celestial Reference Frame (ICRF) is maintained by regular Very Long Baseline Interferometry (VLBI) observations at radio wavelengths. After its first definition in the middle of the 1990's, the ICRF has been redefined for the first time in 2009. Here we summarise the background, the reasons, and the importance of the ICRF2 definition. We briefly introduce the new celestial reference frame, the developments expected in the near future, and give an overview of the related research topics in Hungary.

Keywords: VLBI, celestial reference system, quasars, astrometry

A nagyon hosszú bázisvonalú rádió-interferometria (VLBI) technikájával fenntartott nemzetközi égi vonatkoztatási rendszert az 1990-es évek közepén történt létrehozása után most először, 2009-ben, újradefiniálták. Összefoglaljuk az ICRF2 (International Celestial Reference Frame 2) megalkotásának előzményeit, indokait, jelentőségét. Röviden bemutatjuk az új vonatkoztatási rendszert, szólnunk a közeljövőben várható fejlesztésekről, és összefoglaljuk a témához kapcsolódó hazai kutatásokat.

Kulcsszavak: VLBI, égi vonatkoztatási rendszer, kvazárok, asztrometria

1 Bevezetés

A nagyon hosszú bázisvonalú rádió-interferometria (*Very Long Baseline Interferometry*, VLBI) egy olyan csillagászati megfigyelési technika, amelynek segítségével rendkívül nagy szögfelbontással tanulmányozható az égbolt kompakt, fényes rádiósugárzó égitestek szerkezete. A geodéziával és más földtudományokkal foglalkozók számára a VLBI ugyanakkor az egyetlen eszközt jelenti, amellyel a Föld mint bolygó mozgása kellő pontossággal követhető az igen távoli égitestek segítségével kijelölt kvázi-inerciarendszerben (pl. Frey 2007). A technika e két (csillagászati és geodéziái) alkalmazása szorosan kapcsolódik egymáshoz. Az „alappontok”, amelyek az égi vonatkoztatási rendszert definiálják, egyben asztrofizikai kutatások célpontjai is.

Az 1960-as években felfedezett rádiósugárzó aktív galaxismagok, a kvazárok (szó szerinti értelemben: csillagszerű rádióforrások) ideálisnak tűnnek egy égi vonatkoztatási rendszer kijelöléséhez. Egyrészt rendkívül távol, tőlünk akár több milliárd fényévnire vannak, ezért sajátmozgásuk az égen tőlünk nézve (elvileg) elhanyagolhatóan kicsi. Ezzel szemben a Tejútrendszer csillagainak néhány év alatt is jól mérhető látszó elmozdulásuk van. A kvazárok általában nagyon kis szögkiterjedésűek, emiatt még a legjobb felbontást nyújtó globális VLBI hálózatokkal is többnyire közel pontszerűnek látszanak. A globális VLBI hálózatokkal elérhető szögfelbontás a cm-es hullámhosszakon az ezredívmásodperc (*milli-arcsecond*, mas) nagyságrendjébe esik.

A Nemzetközi Csillagászati Unió (*International Astronomical Union*, IAU) 1997-ben a kvazárok rádiótartományban mért pozícióival definiált nemzetközi égi referenciarendszert (*International Celestial Reference System*, ICRS) választotta fundamentális égi rendszernek, felváltva ezzel a korábban a csillagoknak a fény látható tartományában, optikai úton mért pozícióin alapuló rendszert. A rendszert a gyakorlatban megvalósító első definíció (*International Celestial Reference Frame*, ICRF1) értelmében a koordináta-tengelyek többé formálisan már nem kötődnek az égi egyenlítő és az ekliptika síkjához, hanem 212 darab, VLBI technikával mért kvazár és rádiógalaxis nemzetközileg egyezményesen rögzített koordinátáihoz (Ma et al. 1998). Ezeket természetesen úgy határozták meg, hogy minél zökkenőmentesebb legyen az átmenet a történelmileg megszokott égi vonatkoztatási rendszerből az újonnan definiáltba. Az ICRF1 becslült pontossága 250

*FÖMI Kozmikus Geodéziái Obszervatóriuma, 1592 Budapest, Pf. 585.
MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport, 1521 Budapest, Pf. 91.
E-mail: frey@sgo.fomi.hu

Köszönetnyilvánítás. Kutatásainkat részben az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) támogatásával végezzük, a K72515 sz. szerződés alapján.

Hivatkozások

References

- Fey A L, Gordon D, Jacobs C S (szerk.)** (2009): The Second Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry, IERS Technical Note 35, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main (elektronikus formában hozzáférhető: <http://www.iers.org/TN35>)
- Frey S** (2007): Alappontok az égen. Geod. Kart., 59(8-9), 29-35.
- Frey S, Moór A** (2009): „Pontállandósítás” az égen – milyen kvazárok alkalmasak az égi vonatkoztatási rendszer kijelölésére? Geomatikai Közlemények, XII, 163-168.
- Frey S, Veres P, Vida K** (2006): Comparing the SDSS and VLBI quasar and galaxy positions. Proceedings of Science, PoS(8thEVN)072 (http://pos.sissa.it/archive/conferences/036/072/8thEVN_072.pdf)
- Frey S, Platais I, Fey A L** (2007): Linking Deep Astrometric Standards to the ICRF, Proc. 18th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting, eds. J. Böhm, A. Pany, H. Schuh, Geowissenschaftliche Mitteilungen, Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessung und Geoinformation, Technische Universität Wien, 79, 111-115.
- Frey S, Gurvits L I, Paragi Z, Mosoni L, Garrett M A, Garrington S T** (2008): Deep Extragalactic VLBI–Optical Survey (DEVOS) II. Efficient VLBI detection of SDSS quasars. Astron. Astrophys. 477, 781-787.
- Ma C, Arias E F, Eubanks T M, Fey A L, Gontier A-M, Jacobs C S, Sovers O J, Archinal B A, Charlot P** (1998): The International Celestial Reference Frame as Realized by Very Long Baseline Interferometry. Astron. J, 116, 516-546.
- Moór A, Frey S, Lambert S B, Titov O A, Bakos J** (2011): On the Connection of the Apparent Proper Motion and the VLBI Structure of Compact Radio Sources. Astron. J, 141, 178.
- Mosoni L, Frey S, Gurvits L I, Garrett M A, Garrington S T, Tsvetanov Z I** (2006): Deep Extragalactic VLBI–Optical Survey (DEVOS) I. Pilot MERLIN and VLBI observations. Astron. Astrophys. 445, 413-422.
- Platais I, Fey A L, Frey S, Djorgovski S G, Ducourant C, Ivezić Ž, Rest A, Veillet C, Wyse R F R, Zacharias N** (2008): Deep Astrometric Standards. Proc. IAU Symposium 248, 320-323.
- Prusti T** (2010): General status of the Gaia mission and expected performance. European Astronomical Society Publications Series, 45, 9-14.