

A második katonai felmérés horvátországi szelvényeinek georeferálása

Timár Gábor¹, Molnár Gábor¹, Székely Balázs¹, Biszak Sándor²,
Kovács Béla³, Markovinović Danko⁴, Kuhar Miran⁵

¹ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Úrkutató Csoport

²Arcanum Adatbázis Kft.

³ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

⁴Zágrábi Egyetem, Geodéziai Intézet, Geomatikai Tanszék, Horvátország

⁵Ljubljana Egyetem, Általános- és Földmérőmérnöki Kar, Geodéziai Tanszék, Szlovénia



Bevezetés

A Habsburg Birodalom katonai vezetése számára a napóleoni háborúk során vált nyilvánvalóvá, hogy az 1780-as években felmért és elkészített első (jozefiánus) katonai felmérés a kor harcászata számára már nem megfelelő. A francia forradalom katonai újítása, a kezdetben önkéntességen, később sorozáson alapuló tömeghadsereg számára részletesebb térképi ábrázolás vált szükségessé. Ezt elsősorban a nagy tömegű seregtettek mozgásával és utánpótlásával kapcsolatos igények motiválták, de a korábban nem látott embertömegeket érintő ütközetek helyszínválasztásához is fontos volt a terep, a leendő csatatér pontos ismerete.

I. Ferenc császár 1806-ban adta ki azt a kabinetparancsot, amelyben elrendeli a Birodalom területének új térképészeti felmérését. A terep ábrázolásának részletein túlmenően a tervezett, és a következő mintegy fél évszázad alatt elkészített térképmű elsősorban a geodéziai alapok tekintetében jelentett újdonságot. A felmérés idején már rendelkezésre álltak a *Joseph Liesganig* jezsuita szerzetes által vezetett alapvonal-felmérések, és a második felmérés során támaszkodhattak a Birodalom egyidejűleg készülő első háromszögelésének adataira is (*Jankó*, 2001). Így a második (franciskánus) katonai felmérés térképszelvényei alkotják az első nagyméretarányú topográfiai térképművet, amely a Birodalom teljes területét valamilyen geodéziai alap felhasználásával, meghatározott vetületi utasítás alapján ábrázolja.

Előre kell bocsátanunk, hogy a geodéziai alap a kor színvonalán értendő. A fő geodéziai alappontok koordinátáinak meghatározása csillagászati módszerekkel történt; az alappontok között ezért is találunk csillagvizsgálókat. Ez a módszer azonban nem veszi figyelembe a Föld alakjának az ideális ellipszoidtól való finom eltérését. Ezen eltérés figyelembevételére csak az 1820-as években, *Karl Friedrich Gauss* által épp e probléma megoldására kifejlesztett eljárás, a legkisebb négyzetek módszere teremtett lehetőséget; ezen alapul a geodéziai hálózatok kiegyenlítése. A felhasznált alaphálózat tehát nem kiegyenlített, emiatt elvileg akár 200 méteres hibával is számolni kell a később leírt georeferálás során.

A felmérést az eredeti tervek szerint Bécs vetületi kezdőponttal és e kezdőpontnak megfelelő szelvényezéssel végezték volna el az egész birodalom területén. Később egyértelművé vált, hogy az egységes rendszerben (egyetlen vetületi zónában) elkészítendő térképmű torzításai a birodalom nyugati és keleti határterületein, a bécsi meridiántól távolabb túlzottan nagyok lettek volna. Így aztán a bécsi szelvényezés szerint már elkészült tartományok (Alsó- és Felső-Ausztria, Morvaország, Magyarország és Dalmácia) mellett a többi tartományok esetében saját kezdőpontot és szelvényezési rendszert alakítottak ki. Mai szóhasználatnál élve a második katonai felmérésnek a közigazgatási tartományok területéhez igazodó zónabeosztása volt. A jelen munkában a Horvátország területére eső zónák

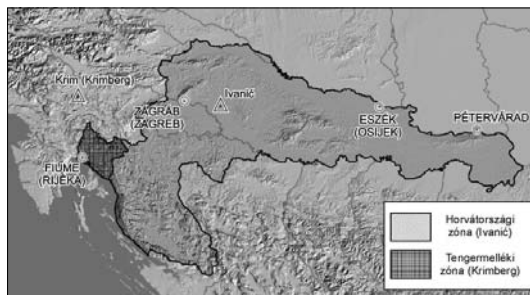
ban készült felmérési szelvények georeferálását tárgyaljuk. Ezek méretaránya 1:28 800, ami a korabeli topográfia nagyon részletes ábrázolását jelenti. Megemlítjük, hogy ezen szelvények alapján, kisebb méretarányban is készültek származtatott térképek a felmérésről. Az 1:144 000 méretarányú sorozat esetében a Birodalom nagy részén a szelvények egységesen bécsi szelvényezéssel készültek el, ezeket azonban a jelen munkában nem tárgyaljuk.

Korábbi munkáinkban (*Timár és Molnár, 2003; Timár, 2004; Timár et al., 2004*) a második felmérésnek a magyar korona országait érintő részeire vonatkozó transzformációs és vetületi paramétereket adtuk meg. Ezt a gyakorlatot követve, a jelen munka célja a Horvátországnak az 1867–1918 közötti területére eső térképszelvények térinformatikai illesztése. Mivel a felmérés nagy része az 1867-es osztrák–magyar (és 1868-as magyar–horvát) kiegyezés előtt készült el, a zónabeosztás csak részben igazodik ezekhez a határokhoz.

A Birodalom tartományai közül Horvátország felmérése történt meg utoljára, 1865–1869 között, azonban Fiume, a mai Rijeka térségét (*1. ábra*) már jóval korábban, 1821–1824 között, az Osztrák Tengeremlékkel (Küstenland) együtt felmérték (*Hofstätter, 1989; Jankó, 2001*), amelyet a horvát zóna már nem tartalmaz. Emiatt a teljes horvát zóna mellett a tengeremléki zóna néhány szelvénye is a vizsgált területre esik, az érintett területeket a *2. ábrán* mutatjuk be. Cikkünkben ennek a két zónának paramétereit adjuk meg. Megemlítjük, hogy a tengeremléki zóna paramétereit mindenben megegyeznek a Krajna (a



1. ábra Fiume a második felmérés tengeremléki szelvényén.



2. ábra Horvátország közigazgatási területe az 1867-es kiegyezés után, külön jelezve a horvátországi és a tengeremléki szelvényezés területeit.

mai Nyugat-Szlovénia) és Karintia tartományokra kiterjedő Illíria-zóna paramétereivel (*Timár et al. 2006a*).

A felmérés alapfelülete

A felmérés geodéziai alapfelületét a Zách-Oriani hibrid ellipszoid (az Oriani-ellipszoid fél-nagy tengelye és az Zách-ellipszoid lapultsága: $a=6\,376\,130\text{ m}$; $f=1/310$; *Strenk és Varga, 1986; Varga, 2002*) tartományonként változó térbeli elhelyezését, *Ádám (2004)* által OZ1845-ként említett dátumai jelentik. A térbeli elhelyezést a horvát zónában Ivančić (*3. ábra*), a Tengeremléken pedig a Ljubljánától, a korabeli Laibachtól délre található Krim alappont biztosította (*Hofstätter, 1989; Jankó, 2001*). Mindkét egykori pont közvetlen közelében ma is létezik felsőrendű geodéziai alappont, amelyeket a helyi GPS- és EUREF-hálózatokba is bekapcsoltak (*Bašić, 2006; Berk et al. 2003*), a korabeli és a mai alappontok azonban nem azonosak.

A régi alappontoknak a Zách-Oriani ellipszoidon érvényes koordinátáit *Marek (1875)* megadja. Krim (illetve a német szakirodalomban Krimberg) alappontnak az osztrák MGI-dátumon érvényes koordinátáit *Mugnier (2004)* megadja, ezek jó egyezést mutatnak a mai szlovén rendszerben érvényes ($E=459\,352\text{ m}$; $N=5\,087\,282\text{ m}$) koordinátákkal. Korábbi munkáinkban (*Timár et al., 2006b*) megadtuk az Ivančić pont HDKS-*(Hrvatski Državni Koordinatni Sustav)* koordinátáit. A horvát HDKS vetületi rendszer alapfelületét a nemzetközi irodalom Hermannskogel-dátumnak vagy MGI-dátumnak (*Mugnier, 1997*), a horvát szakirodalomban inkább HR1901-nek nevezi (*Bašić és Bačić, 2000*). A modern dátumok elhelyezési paramétereit és az alkalmazott vetületi rendszerek ismeretében Ivančić és Krim



3. ábra A Kloštar Ivanič-i Keresztelő Szent János templom és kolostor tornya az 1970-es években (balra; forrás: www.index.hr/hrfoto) és mai, átépített formájában (jobbra; Danko Markovinović felvétele).

WGS84-koordinátái kiszámíthatók (Timár et al, 2006b) és azokból, a Zách-Oriani-ellipszoidi koordinátákból és az EGM96 geoidmodellből (NIMA-NASA, 1997) a pontokon vett geoidunduláció-értékekből a Zách-Oriani dátumok elhelyezési paraméterei kiszámíthatók (1. táblázat). Mivel zónánként csak egy azonos pont áll rendelkezésre, a dátumok tájékozási paramétereinek meghatározására nincs mód. Megjegyezzük, hogy az elhelyezési paraméterek térben egymáshoz annyira közeli alapelületeket jeleznek, hogy egyrészt a felmérés korának technológiája, másrészt az 1:28 800 méretarányú szelvényeken megkövetelt térinformatikai pontosság szempontjából ezek akár azonos dátumoknak is tekinthetők.

A felmérés vetülete

A második felmérés zónáinak vetületét a szakirodalom vagy azonosítja a Cassini-vetülettel, vagy azzal helyettesíthetőnek írja le. A felmérési utasításban szereplő síkkoordináta-számító eljárás valójában nem egyezik meg a Cassini-vetület számítási módjával (Varga, 2002), azonban a felmérési szelvények 1:28 800 méretaránya és az elvárt térinformatikai pontosság mellett az ebből adódó hiba elfogadható mértékű. A tárgyalt tartományok szelvényeiből képezett mozaikot gyakorlatilag Cassini-vetületi síknak tekinthetjük. A zónák Cassini-vetületeinek kezdőpontjai a geodéziai alapelületnél már tárgyalt Ivanič (Horvátország) és Krim (Tengermellék) alappontok, a Zách-Oriani dátumon érvényes koordinátaik

1. táblázat

Ivanič és Krim koordinátái és geoidunduláció-értékei, illetve az alapelületek geocentrikus rendszerben értelmezett, levezetett elhelyezési paraméterei (dX, dZ, dZ)

	Ivanič	Krim
Szélesség a Zách-Oriani ellipszoidon (fok)	45,73924	45,92903
Hosszúság a Zách-Oriani ellipszoidon (fok)	16,42309	14,47423
Szélesség a WGS84 dátumon (fok)	45,73867	45,92848
Hosszúság a WGS84 dátumon (fok)	16,41931	14,47104
Geoid-unduláció a WGS84 dátumhoz képest (m)	45,85	46,99
dX (m)	+ 1782	+ 1772
dY (m)	+ 218	+ 202
dZ (m)	+ 556	+ 563

A vastaggal irt paramétereket kell a térinformatikai szoftverekbe beírni a szelvények georeferálásához. A Zách-Oriani ellipszoidi koordináták esetén a 17° 39' 46" Greenwich-Ferro hosszúságkülönbséget használtuk.



4. ábra A horvátországi és a tengerparton lévő zónák határos területeinek egymáshoz illesztése közös, UTM33 vetületben. A határon helyenként (nem mindenütt) jelentkező adathiány az egymáshoz illesztés kb. 50 méteres pontosságát jelzi. Világos vonallal jelezzük a horvát tengerparti autópályán felvett GPS-tracklogot.



5. ábra A második katonai felmérés zágrábi szelvényének háorndimeziós képe az SRTM domborzati modell (Werner, 2001) felhasználásával.

kal (1. táblázat).

Itt szükséges megjegyezni, hogy bár Horvátországban a kezdőpont fizikailag azonos, az eltérő alapfelület és a kismértékben eltérő számítási módszer (Varga, 2005a; 2005b) miatt a koordináta-rendszer nem azonos a harmadik katonai felmérésben alkalmazott ivanić-i rendszerrel (Borčić, 1954; Timár et al., 2006a).

Mindkét tartományban az egyes felmérési szelvények mérete 20×20 bécsi hüvelyk, a méretarányának megfelelően ez a terepen 15171,8 méter kiterjedést jelent mind észak-déli, mind kelet-nyugati irányban.

Georeferencia és alkalmazás

A felmérési szelvényeken sem földrajzi (ellipszoidi), sem vetületi koordináta megírást nem találunk. Amennyiben azonban az egyes zónák szelvényeiből mozaikot képezünk, a szelvényhatárok maguk a Cassini-vetületben érvényes egyenes, a sarkokon egymással derékszöget bezáró koordináta-vonalaknak adódnak. Ha megadjuk a vetületi kezdőpont helyét ebben a hálózatban, akkor a szelvények terepi méretét és szelvény-számát ismerve meghatározhatjuk a sarokpontok koordinátáit a Cassini-vetületi síkon. A szkennelt szelvények négy sarkát illesztőpontként (*ground*

control point; GCP) használhatjuk, ez pedig elegendő az egyes szelvények georeferálásához. A Cassini-vetületbe transzformált szelvénytartalom az előző két pontban megadott vetületi- és dátumparaméterek alkalmazásával a térinformatikai (GIS) rendszerekben kezelhetővé válik, és a modern vetületi rendszerekbe (pl. UTM, HDKS) transzformálható.

A georeferencia pontosságát elsősorban a mai adatbázisokhoz (térképek, légi- és űrfelvételek, domborzati modellek, GPS-adatok) történő illesztés precizitása jellemzi. Az a tény, hogy a vizsgált terület két különböző zónába esik, a fentiekben túlmenően a rendszer belső pontosságát is becsülhetővé teszi a zónahatárok menti területek egymáshoz illesztése által (4. ábra). Tapasztalataink szerint az utóbbiból származó hiba mindenütt 60 méter alatt marad, és ennél a mai adatbázisokhoz illesztés pontossága sem gyengébb (4. és 5. ábra).

Köszönetnyilvánítás

A jelen munkában leírt kutatást a Magyar Űrkutatási Iroda 278/2006. sz. témapályázata és a T47104 sz. OTKA pályázat (14. sz. publikáció) keretében végeztük. A szerzők a térképszelvények elektronikus formában történő közreadásá-

ért köszönetet mondanak az Arcanum Adatbázis Kft-nek.

IRODALOM

- Ádám J.* (2004): Magyarország hagyományos és műholdas geodéziai hálózatai. In: (*Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Kenyeres A., Krauter A., Takács B.* (eds): Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 264–274.
- Bašić, T.* (2006): Uklapanje GPS mreže Grada Zagreba u Hrvatski državni koordinatni sustav. Izvješća Državne geodetske uprave o znanstveno-stručnim projektima iz 2004.–2005. godine, Zagreb 2006. URL: http://www.cgi.hr/radovi/ZG_GPSmreza_s.pdf
- Bašić, T.–Bačić, Z.* (2000): Transformation between the Local and Global Geodetic Datum in Croatia. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Astronomisch-Geodätische Arbeiten, Heft Nr. 61. *Torres, J. A., Hornik, H.* (eds.): Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF) held in Tromsø 22–24 June 2000, München, 229–236.
- Berk, S.–Komadina, Ž.–Marjanović, M.–Radvan, D.–Stopar, B.* (2003): Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Geodetski vestnik 47 (4), 45–56.
- Borčić, B.* (1954): Kloštar-Ivanički sistem. Geodetski list 1–4: 41–62.
- Hofstätter, E.* (1989): Beiträge zur Geschichte der österreichischen Landesaufnahmen, I. Teil, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 196 p.
- Jankó A.* (2001): A második katonai felmérés. Hadtörténeti Közlemények 114: 103–129.
- Marek, J.* (1875): Technische Anleitung zur Ausführung der trigonometrischen Operationen des Katasters, Magyar Királyi Állami Nyomda, Budapest, 397 p.
- Mugnier, C. J.* (1997): Grids & Datums – Yugoslavia. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 63: 1042 & 1062.
- Mugnier, C. J.* (2004): Grids & Datums – Republic of Austria. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 70: 265 & 267.
- NIMA-NASA, National Imagery and Mapping Agency, National Aeronautics and Space Administration GSFC (1997): WGS84 EGM96 (complete to degree and order 360) 1st Edition. NIMA-NASA GSFC, St. Louis, Missouri, USA.
- Strenk T.–Varga J.* (1986): A vetületnélküli rendszer eredete (A Cassini-féle „vetületi rendszer”). Budapest, OFTH pályázat.
- Timár, G.* (2004): GIS integration of the second military survey sections – a solution valid on the territory of Slovakia and Hungary. Kartografické listy 12: 119–126.
- Timár G., Molnár G.* (2003): A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformatikai alkalmazások számára. Geodézia és Kartográfia 55(5): 27–31.
- Timár G.–Molnár G.–Păunescu C.–Pendea F.* (2004): A második és harmadik katonai felmérés erdélyi szelvényeinek vetületi és dátumparaméterei. Geodézia és Kartográfia 56(5): 12–16.
- Timár, G.–Molnár, G.–Székely, B.–Biszak, S.–Varga, J.–Jankó, A.* (2006a): Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest, 59 p.
- Timár G.–Markovinović D.–Kovács B.* (2006b): Az ivanicsi (ivaníci) rendszer paraméterezése a térinformatikai alkalmazásokban. Geodézia és Kartográfia 58(8): 27–31.
- Varga J.* (2002): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. Kézirat, BME, Budapest, URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm
- Varga J.* (2005a): Volt-e ivanicsi (ivaníci) sztereografikus vetület? Geomatikai Közlemények VIII: 45–51.
- Varga J.* (2005b): Volt-e Ivanicsi (Ivaníč) Sztereografikus Vetületi Rendszer? Geodézia és Kartográfia 57(4): 21–26.
- Werner, M.* (2001): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Mission overview. Journal of Telecommunication (Frequenz) 55: 75–79.

Georeferencing the Croatian sheets of the second Habsburg military survey

Timár, G.–Molnár, G.–Biszak, S.–Székely, B.–Kovács, B.–Markovinović, D.–Kuhar, M.

Summary

The georeferencing method of the map sheets of the second military survey of historical Croatia (under the Hungarian jurisdiction between 1867 and 1918) is discussed. This survey was the first

one in the whole Habsburg Empire that had a geodetic base. The scale of the sheets are 1:28 800. The survey was conducted in Croatia between 1865–1869. As the sheets contain neither geographic (ellipsoidal) nor projection coordinates, the four corners of each sheet can only be used as ground control points (GCPs). The sheets (field extents: 15171.8 meters in both direction) are in a projected plane (Cassini projection), where the projection center and the parameters of its geodetic datum should be defined for the conversion of the sheet contents to the modern coordinate systems (eg. UTM or Croatian HDKS). This way, the sheets can be georeferenced using only the four corner points, if one knows the position of the projection center in the sheet mosaic. No further GCP selection is needed.

The base ellipsoid of the survey was the Zach-Oriani hybrid ($a=6\,376\,130$ m; $f=1/310$). The analyzed territory of Croatia falls into two separated zone of the second survey. The ma-

jority of the land belongs to the Ivanić system (projection center: Kloštar Ivanić; NE corner of sheet 'Section 6 Westliche Colonne I'; $\Phi=45^\circ 44' 21.25''$; $\Lambda=16^\circ 25' 23.14''$; datum parameters: $dX=+1782$ m; $dY=+218$ m; $dZ=+556$ m). A small part around the city of Rijeka (described on the maps as Fiume, its historical Hungarian and Italian name) belongs to the Coastal Zone (projection center: Krimberg; NE corner of sheet 'Section 10 Westliche Colonne I'; $\Phi=45^\circ 55' 44.51''$; $\Lambda=14^\circ 28' 27.23''$; datum parameters: $dX=+1772$ m; $dY=+202$ m; $dZ=+563$ m). With respect to the survey technology, the two datums are so close to each other that in the GIS practice they can be replaced by just one of them. Note that the present territory of Croatia spreads to two more zones: Baranja and the Legrad area are in the Hungarian projection zone (Gellérthegey, Budapest centered) while the southern part is in the old Dalmatian zone (Vienna centered), not discussed here.

gpsnet.hu
GNSS Szolgáltató Központ

Valós idejű helymeghatározás:
Hagyományos
 - DGPS korrekciók (országosan)
 - RTK korrekciók (17 állomásról)
Hálózati RTK korrekciók (az ország 60%-án)

Utólagos feldolgozáshoz:
 - 24 órás RINEX fájlok
 - 1 órás RINEX fájlok

FŐMI KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVÁTORIUM
 Tel.: 27/374-980
 Fax: 27/374-982