

A Föld alakjának ismerettörténete – az archív térképek georeferálásának geofizikai alapja

MTA doktori értekezés tézisei

Timár Gábor

Budapest

2018

A feladat megfogalmazása

A doktori dolgozatban szélesebb történeti háttérbe helyezett feladat célja, hogy szkennelt történeti térképeket, tehát valamiféle korabeli helymeghatározás alapján álló raszteres adatállományokat georeferáljak. Ez azt jelenti, hogy a raszteres kép minden egyes képpontjának megadom a koordinátáit valamely, a térinformatikai rendszerekben definiálható koordináta-rendszerben és e koordinátarendszert definiálom is úgy, hogy az abban megadott pozíciók koordinátáit a ma használt térképi koordináta-rendszerekbe automatikusan transzformálni lehessen.

Ahhoz, hogy a következő pontokban vázolt eredményeket megérthessük, szükséges pár szót ejteni a geodéziai dátumok nem közismert fogalmáról, illetve arról, hogy azokat, és a térképi vetületeket hogyan lehet a térinformatikai rendszerekben paraméterezni.

A Föld alakja eltér a térképészeti alkalmazásokban közelítésként használt forgási ellipszoidtól. A Föld valódi potenciálméleti alakja, a geoid, a hozzá globálisan legjobban illeszkedő tömegközépponti elhelyezésű ellipszoidtól (amelynek geometriai középpontja a Föld tömegközéppontjában van) függőlegesen kb. ± 120 méterrel eltér, hazánkban ez az eltérés 39-46 méter közötti. Az üresközök geodéziai célú alkalmazását megelőzően az emberiségnek nem állt rendelkezésre olyan technológia, amellyel a Föld tömegközéppontjának helyzetét a felszín pontjaihoz képest valamely koordináta-rendszerben meg tudta volna határozni. Ehelyett a térképészetben alkalmazott ellipszoidokat a geodéziai felmérésnek és kiegyenlítésnek itt nem részletezett módszereivel a geoidnak egy pontjához, vagy ahhoz a felületdarabjához illesztették, amelyre a geodéziai

hálózat kiterjedt. Ennek eredményeként az egyes országok geodéziai hálózataiban használt ellipszoidok középpontja térben nem esik egybe sem a többi ellipszoidéval, sem pedig a Föld tömegközéppontjával. Ily módon térben rögzített helyzetű ellipszoidok jöttek létre, ezeket nevezzük geodéziai dátumoknak. Alkalmazásuk azt eredményezi, hogy egy konkrét tereppont geodéziai szélessége és hosszúsága eltérő alaphálózaton fejlesztett térképeken más és más, továbbá a tömegközépponti elhelyezésű dátumot használó GPS-műszerek is a térképtől eltérő ellipszoidi koordinátákat szolgáltatnak.

A térinformatikai gyakorlatban a dátumokat kétféle módon paraméterezik. Az egyszerűbbet a nemzetközi térinformatikai gyakorlatban áthidaló Mologyenszkij-féle leírásnak nevezik (a továbbiakban: ÁM-módszer; valójában a tényleges Molodensky-Badekas-eljárás [Mologyenszkij et al, 1960] egyszerűsített formája; Mologyenszkij, 1954). Ezt alkalmazva egyszerűen megadjuk, hogy a Föld középpontjához rögzített derékszögű koordinátarendszerben mi a dátumellipszoid középpontjából a tömegközéppontba (a WGS84 tömegközépponti elhelyezésű ellipszoid középpontjába) mutató vektor három komponense, méterben. Több adatot igényel, de helyes alkalmazással nagyobb pontosságot eredményez a Burša-Wolf transzformáció (BW-eljárás; Burša, 1962; Wolf, 1963); ebben a tömegközépponthoz képest érvényes eltolás három paraméterén túl a tájékozás (a koordinátarendszer kismértékű elforgatása a Föld tengelyéhez és a másik két koordinátatengelyhez képest) három és a skálátényező egy paramétere szerepel, ez összesen hét számot jelent, amelyből három távolság, három pedig szög, a skálátényező dimenziótlan.

Bármelyik leírási módot választjuk, célszerűen azonos geodéziai alappontoknak a két rendszerben érvényes koordinátáiból indulunk ki, vagyis a felhasznált adatok azonos

pontok koordinátái a korabeli és a mai geodéziai hálózatokban és a ponton érvényes geoid-unduláció értéke. Az ÁM-eljárásban egy közös pont is elegendő, a BW-eljárásban a minimális pontszám három. Az ÁM-eljárás paramétereinek megbecslése geometriailag triviális (Timár et al., 2002), míg a BW-eljárás paramétereit szabatos paraméterbecsléssel tehetjük meg (Ádám, 1982), de egy ettől eltérő módszer alkalmazásának lehetőségét is leírom.

A térképi vetületek a térinformatika célszerűségelvű fogalomrendszerében az ellipszoidi és vetített koordináták közti kapcsolatot leíró függvény-négyesek. Egy vetületet általánosan négy egyenlet határoz meg:

$$E=f_1(\Phi,\Lambda,a,e,p_1,\dots,p_n) \quad (1)$$

$$N=f_2(\Phi,\Lambda,a,e,p_1,\dots,p_n) \quad (2)$$

$$\Phi=g_1(E,N,a,e,p_1,\dots,p_n) \quad (3)$$

$$\Lambda=g_2(E,N,a,e,p_1,\dots,p_n) \quad (4)$$

ahol (1) és (2) az ún. direkt, (3) és (4) pedig az inverz vetületi egyenletek. A függvények alakja a vetület típusától függ, a és e az alkalmazott forgási ellipszoid méretét és alakját jellemző félnagytengely és excentricitás, $p_1\dots p_n$ pedig a vetület típusától függő számú vetületi paramétereket jelentik, ezek között szerepelnek. A térinformatikai rendszerekben a vetület definíciója a vetület típusának és paramétereinek teljes megadását jelenti, és azt is meg kell mondanunk, hogy az illető vetületnek mi a geodéziai alapfelülete (dátuma). A hazai gyakorlatban ma alkalmazott EO-vetület térinformatikai leírása például úgy történik, hogy megadom a vetület típusát: ferdetengelyű Mercator-vetület; az ennek leírásához szükséges hat paraméter (vetületi kezdőpont alapfelületi és vetületi

koordinátái, skálatényező, középvonal azimutja a vetületi kezdőpontban) pontos számértékét, és az alkalmazott geodéziai dátumot (HD72) és annak AM- vagy BW-paramétereit is. Az alábbiakban ismertetett történeti térképművek esetében az ezzel analóg leírás és a leírásnak megfelelő alkalmazás hibája jelenti a tudományos eredményt.

Az eddigiekben vázolt georeferálás optimális pontossága a „fél térképi milliméter”, vagyis a szkennelt térkép méretarányától függ. Ha pl. a méretarány 1:28800, akkor a térképen egy milliméter a terepen 28,8 méter, ennek fele kb. 14-15 méter. A történeti térképek esetén ez a követelmény ritkán teljesíthető. Az illesztés pontosságát egyrészt a kerethálózati koordináta-párok között felállított transzformáció adott pontbeli hibáival jellemezhetjük, a gyakorlatban viszont a térkép tényleges illeszkedését vizsgáljuk meg a modern térképi adatbázisokkal fedésbe hozva azt.

Eszközök, módszerek, adatforrások, adatelőkészítés

A szkennelt történeti térképek georeferálásához szükséges adatforrások:

1. maguk a szkennelt térképek
2. geodéziai alappontok koordinátái a térkép elkészítéséhez használt kerethálózatban (esetleg, ha elérhetőek, azimut-adataik is)
3. ugyanezen pontok koordinátái olyan modern koordináta-rendszerben, amely és a WGS84 koordináta-rendszer közötti kapcsolat/transzformáció

szabványosított (és esetleg e rendszerben érvényes azimut-adatok)

4. ugyanezen pontokon a geoid-unduláció értéke, pl. globális geoid-modell alkalmazásával, méterben.

Az első adatforrás többféle lehet. Internetes vagy antikvár források mellett a legcélszerűbb szakértő levéltárak térképtáraiban kutatni (hazánkban pl. OSZK Térképtár, Magyar Nemzeti Levéltár, Budapest Főváros Levéltára, HM-HIM Térképtára, volt FÖMI térképtára, vagy külföldön az osztrák állami levéltár Hadilevéltárának térképtára). Ezzel azért nem érdemes részletesebben foglalkozni, mert a kidolgozott módszer bármilyen forrásból származó archív térképeken alkalmazható.

A módszer szempontjából kritikus adatforrások a korabeli geodéziai kerethálózat(ok) adatai, amennyiben elérhetőek, és amennyiben létesült ilyen. Ez klasszikus levéltári kutatómunkát igényel, amely a térképet készítő szervezet iratainak felkutatásából, abban a minket érdeklő számértékek megtalálásából, digitalizálásából és esetleg metrikus rendszerbe transzformálásából áll. Amennyiben az ÁM-eljárást alkalmazva egyetlen pont adataira van szükségünk, az kutatható az interneten vagy tudományos publikációkban is.

A pontok mai koordinátái részben elérhetők a nemzeti geodéziai szolgálatok adatbázisaiban (az INSPIRE-ajánlások szerint ezek 1 méter élességű publikálása ingyenes hozzáféréssel is ajánlott; ez pedig elegendő az előző pont végén említett pontosság eléréséhez). Ha nem, akkor végső esetben globális internetes térképi adatforrásokkal (pl. Google Earth) is megpróbálkozhatunk, ha felismerjük a pontot és le tudjuk olvasni a koordinátáit. Ennek pontossága rosszabb az előző lehetőségénél; akár 20-30 méteres horizontális hiba is

előfordulhat. A geoid-unduláció értékének forrása bármely modern geoid-modell lehet.

Az áthidó Mologyenszkij-féle transzformáció 3 paraméterének becslése triviális; elsőként áttérünk földrajzi koordinátákról ellipszoid-középponti derékszögű koordinátákra:

$$X = (N + h) \cos \Phi \cos \Lambda \quad (5)$$

$$Y = (N + h) \cos \Phi \sin \Lambda \quad (6)$$

$$Z = [N(1 - e^2) + h] \sin \Phi \quad (7)$$

ahol $N(\Phi) = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \Phi}}$ a harántgörbületi sugár; a az

ellipszoid fél nagytengelye, e az excentricitása; Φ , Λ ill. h a pont földrajzi koordinátái és ellipszoidi magassága, X , Y és Z pedig a kívánt geocentrikus koordináták. Ezt elvégezzük ugyanazon pontokra mind a korabeli, mind a mai koordinátáik felhasználásával, a

$$\begin{aligned} dX &= (N_1 + n_1) \cos \Phi_1 \cos \Lambda_1 - (N_2 + n_2) \cos \Phi_2 \cos \Lambda_2 \\ dY &= (N_1 + n_1) \cos \Phi_1 \sin \Lambda_1 - (N_2 + n_2) \cos \Phi_2 \sin \Lambda_2 \\ dZ &= [N_1(1 - e_1^2) + n_1] \sin \Phi_1 - [N_2(1 - e_2^2) + n_2] \sin \Phi_2 \end{aligned} \quad (8)$$

összefüggések alkalmazásával, ahol (Φ_1, Λ_1) a geodéziai kezdőpontnak a kiinduló dátumon, (Φ_2, Λ_2) pedig a céldátumon értelmezett ellipszoidi koordinátái, N_1 és N_2 ugyanitt a harántgörbületi sugár, n a geoid-unduláció, e_1 és e_2 pedig a kiinduló és a céldátum ellipszoidjának excentricitása. Amint említettem, ez az egyszerű számítás, amint a (8) formulában látjuk, egyetlen pont esetén is alkalmazható, ez esetben a

pontosság becslése csak a térkép illesztésének vizsgálatával lehetséges. Ha több pont áll rendelkezésre, akkor a dX , dY és dZ transzformációs paraméterek az egyes pontokon számítottak egyszerű átlagaként becsülhetők.

A Burša-Wolf transzformáció további 4 paramétere az Ádám (1982) által ismertett szabatos kiegyenlítési módszertől eltérő módon is megbecsülhető az alábbiak szerint, amennyiben legalább 3 alappont adatai rendelkezésünkre állnak és ismerjük a korabeli kerethálózat geodéziai-csillagászati főalappontját. Először elvégezzük a (8) alapján számított paraméterekkel az AM-transzformációt, vagyis megadjuk e szerint a pontok becsült koordinátáit a célrendszerben. Ebben maradék hibák vannak, melyek részben a rendszerek tájékozási, részben skálahibájából, illetve egyéb mérési és kiegyenlítési hibákból származnak.

A tájékozási hibákat legjobban kezelő elforgatási paramétereket megbecsülhetjük a

$$r_x = \frac{\alpha \cos \Phi \cos \Lambda}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \Phi}} \quad (9)$$

$$r_y = \frac{\alpha \cos \Phi \sin \Lambda}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \Phi}} \quad (10)$$

$$r_z = \frac{(1 - e^2) \alpha \sin \Phi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \Phi}} \quad (11)$$

összefüggésekkel (Timár, 2007a), ahol Φ és Λ a történeti hálózat geodéziai-csillagászati főalappontjának alapfelületi koordinátáit jelöli, α pedig az egyelőre ismeretlen, a hálózatok

közötti elforgatást jellemző azimut értéke. Ez α -ra nézve egyváltozós feladat, amelyet (akár kézi) iterációval elvégezhetünk, ha Φ , λ és α értékei alapján az r_x , r_y és r_z forgatási szögeket a Burša-Wolf transzformáció egyenletébe behelyettesítjük és megkeressük, hogy a legkisebb maradék hibák mely azimutszög esetén lépnek fel. A fennmaradó hetedik paraméter, a skálatényező megbecslése ugyanígy történik: a pontokon most már a megbecsült α azimut szerinti forgatást is alkalmazva azok koordinátáit pontosítjuk, és megkeressük, hogy a még mindig megmaradt hibákat milyen skálatényező minimalizálja legjobban.

Az, hogy a korabeli térkép milyen vetületben készült, szintén irodalmi és levéltári kutatást igényel. Amennyiben ez nem vezet megoldásra, alkalmazhatunk vetületi analízist (Érdi-Krausz, 1958; Gede és Barancsik, 2015), vagy a korabeli irodalomból kikövetkeztetjük, hogy az adott területen és korban milyen vetület-típusok alkalmazása jöhetett egyáltalán szóba, és milyen vetületi kezdőpontokat alkalmaztak. Ha ez sem vezet eredményre, még mindig lehetséges olyan helyettesítő vetület alkalmazása és paraméterezése (vö. Timár et al., 2003), amelynek használata a georeferálás eredményeként nem okoz a fent említetténél nagyobb torzulást.

Optimális esetben a végeredmény egy térinformatikai paramétersor a korabeli térkép geodéziai dátumának és vetületének minden adatával, illetve egy olyan leírás, amely megmondja, hogy a praktikus sok szelvényből álló korabeli térképmű egyes szelvényeit e koordináta-rendszerben hogyan helyezhetjük el: ha vannak megírt térképi vagy földrajzi koordinátákkal, akkor azok alkalmazásával; ha nincsenek, akkor megadva, hogy a sarokpontok milyen koordinátákat kapnak e rendszerben.

Eredmények, tézisek ismertetése

1. Megvizsgáltam annak lehetőségét és módszert dolgoztam ki arra, hogy archív/történelmi térképek mai rendszerekhez történő georeferálása pusztán a térképi szelvényezés és/vagy hálózat felhasználásával – a térképi tartalom felhasználása nélkül – hogyan és milyen (az eredeti térkép készítésének korától és technológiájától függő) pontossággal lehetséges.

2. Vizsgálataim alapján arra jutottam, hogy az ilyen típusú, elvi alapú georeferencia létrehozásához szükség van a korabeli, a Föld alakjára vonatkozó, az adott korban tudományosan elfogadott matematikai, (geo)fizikai, csillagászati, geodéziai ismeretek feldolgozására, a mérési pontosság, és hálózatfejlesztési módszerek pontos rekonstrukciójára, és ezen az alapon a korabeli térképek metaadatainak a mai térinformatikai rendszerekben szokásos paraméterezésének megadására. Ezért kiterjedt szakirodalmi kutatást végeztem online elérhető eredeti dokumentumokon (kihasználva a Google Books által most már biztosított lehetőséget) ezen ismeretek rendszerezett történeti leírása érdekében.

3. Az 1. tételben megfogalmazott módszer alkalmazásához a 2. tételben leírt szakirodalmi kutatás bázisán metaadatbázist alkottam, a következő történelmi térképművek alapfelületi és vetületi adataival, lehetővé téve a térképek georeferálását:

Térképművek:

- A Cassini-féle Franciaország-térkép (1750 körül; Timár et al., 2014a).
- Lipszky János Magyarország-térképe („Mappa generalis regni Hungariae partiumque adnexarum Croatiae, Slavoniae et confinium militarium magni item principatus Transylvaniae”, 1804-1810; Timár et al., 2006a)

- Habsburg Birodalom második katonai felmérése (1806-69; Timár és Molnár, 2003; Timár, 2004; Timár et al., 2004a; Timár et al., 2006b; Timár et al., 2006b).
- Habsburg Birodalom 1:75.000 méretarányú térképsorozata és az 1:25.000 méretarányú harmadik katonai felmérés (1880 körül; Timár és Molnár, 2008; Molnár és Timár, 2009) illetve a korabeli román felmérés (Timár és Mugnier, 2010).
- A Habsburg katonai térképészet által készített Havasalföld-felmérés (1855-57; Timár et al., 2014b) és annak vetületileg azonos román, Szatmári-féle másolata (Bartos-Elekes et al., 2013).
- A Habsburg katonai térképészet által a mai Olaszország területén a XIX. század első felében készített topográfiai térképművek (Timár et al., 2017a).
- Norvégia 1880-1910 közötti, 1:100.000 méretarányú „Rektangelskart-” (négyzetgtérkép-) sorozata (Timár et al., 2017b).
- Magyarország II. világháborús topográfiai térképe (1941) sztereografikus és német katonai vetületben (Timár et al., 2004b).
- A magyarországi történeti kataszter térképszelvényei (Timár, 2007b; Timár és Biszak, 2010).
- A budapesti közigazgatási térképek térképszelvényei (Timár és Biszak, 2007).
- Az olaszországi történeti kataszter térinformatikai leírása (Timár et al., 2013b).

(A fentiekén túlmenően több más térképmű feldolgozása is megtörtént – az európai Oroszország „3 versztes” topográfiai sorozata (1880 körül, 1:126.000 méretarány); Finnország „szénátusi” térképsorozata (1900 körül, 1:21.000 méretarány), azonban ezekből még semmilyen tudományos publikáció nem született, azok készítése folyamatban van.)

Egyedi térképek:

- Lázár deák Magyarország térképe (1528; Timár et al., 2008a; 2010);
- Kitaibel és Tomcsányi 1810-es móri földrengés-térképe (Timár, 2015).

A felsorolásból jelentősége és egyedi jellege miatt kiemelem a Habsburg második katonai felmérés Tirol és Salzburg tartományokat bemutató szelvényeit, melyet korábban teljesen vetület és geodéziai alap nélkülinek tartottak (Kretschmer et al., 2004). Levéltári kutatásaim eredményeként megállapítottam, hogy a ténylegesen elvégzett háromszögelési munkák eredményeként előállt alapponthálózat pontjait egy virtuális alapponthoz, mint kezdőponthoz igazodó Cassini-vetületi koordinátákkal adták meg és a térképrendszer ehhez igazodik (Timár, 2009). A rendszerben a georeferálást tisztán geometriai transzformáció segítségével elvégezve a legnagyobb eltérés 250 méter, de tipikusan kisebb, mint 100 méter. Az ellenőrzésképpen 50 db terepi illesztőpont felhasználásával elvégzett hagyományos illesztés legnagyobb hibája 500 méter, tipikus hibája 200 méter volt. Ebből arra következtettem, hogy az általam megadott módszernél érdemben pontosabb georeferencia nem definiálható.

4. Elkülönítettem a természetes és mesterséges környezet fejlődéséből, megváltozásából eredő, térképeken nyomozható eltéréseket és az egykori térképezési rendszerből, az ennek a mai rendszerhez illesztési módszerből adódó hibákat, utóbbira maximális becslést adva a tényleges változás mértéke valóban vizsgálhatóvá vált. Így különösen, a dolgozatban is bemutatott, eltérő tematikájú, különböző természeti vagy emberi beavatkozás következtében bekövetkező változásokat bemutató esettanulmányok esetében:

- A Tisza és a Körös között a folyamszabályozások előtt aktív természetes árlecsapoló csatornák rendszerének

bemutatását és a rendszer maximális vízvezető kapacitásának (1000 m³/s) megbecslése (Timár és Gábris, 2008);

- A 2005-ös bányai árvíz és az 1769-es Müller térkép által bemutatott korabeli ártéri topográfia kapcsolata (Timár et al., 2008b);
- a budapesti Duna-szigetek utóbbi 150 évre vonatkozó fejlődéstörténeti leírása (Timár et al., 2013a);
- a tengerpartnak a jégtaaró elolvadását követő izosztatikuss kiemelkedés hatására bekövekező visszahúzódása az észtországi partvonal egy részén (Timár et al., 2004c).

Az eredmények hasznosítása

Az. 1., 2. és 3. tézisek együttes alkalmazásával, a 3. tézisben felsorolt térképművek georeferálása megtörtént, és azok – a dolgozat beadásának időszakában – szabadon hozzáférhetők a www.mapire.eu honlapon. A honlap látogatottsága jelenleg (2018. február) általában meghaladja a napi 5000 látogatót, a georeferált térképek iránt megmutatkozó jelentős közönségigényre utalva.

A 4. tézisemben megfogalmazott alkalmazási lehetőségek illusztrálják mindazon tudományos kutatási irányok egy részét, amelyben e térképeket az elmúlt évtizedben felhasználták. A térképeket leíró publikációkra ezen időszakban kapott több száz független hivatkozás részletes elemzése egy teljes könyvfejezetet igényelne. A felhasználók nagyrészt a környezettudomány és ökológia, a földtudományok, a mérnöki tudományok (vízépítés), illetve a történelemtudományok területéről érkeznek.

Hivatkozások

- Ádám, J. (1982): On the determination of similarity coordinate transformation parameters. *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* 41: 283-290.
- Bartos-Elekes, Zs., Timár, G., Imecs, Z., Magyari-Sáska, Zs. (2013): Georeferencing the topographic map of Walachia. 8th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage. Róma, 2013.09.19-2013.09.20., Paper 12.
- Burša, M. (1962): Теория определения непараллельностей малой оси референц-эллипсоида полярной оси инерции Земли и плоскостей исходного астрономического и геодезического меридианов по наблюдениям искусственных спутников Земли. *Studia Geophysica et Geodetica* 6:209-214.
- Érdi-Krausz Gy. (1958): Vetületanalízis. In: *Térképtudományi Tanulmányok (Studia Cartologica)* 1: 194–270.
- Gede, M., Barancsik, Á. (2015): Determining the projection of small scale maps Based on graticule line shapes. In: Livieratos, E. (ed): 10th Conference on Digital Approaches to Cartographic Heritage, paper 012, 9 p.
- Kretschmer, I., Dörflinger, J., Wawrik, F. (2004): Österreichische Kartographie. Wiener Schiften zur Geographie und Kartographie – Band 15. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, Wien, 318 p.
- Mologyenzskij, M. Sz. (1954): Новый метод решения геодезических задач. Труды Центрального Научно-

Исследовательского Института Геодезии,
Аэросъемки и Картографии 101: 3-21.

Mologyenszkij, M. Sz., Jeremejev, V. F., Jurkina, M. I. (1960):
Методы изучения внешнего гравитационного поля
и фигуры Земли. Труды Центрального Научно-
Исследовательского Института Геодезии,
Аэросъемки и Картографии 131, Издательство
геодезической литературы, Москва, 253 p.

Molnár, G., Timár, G. (2009): Mosaicking of the 1:75000 sheets
of the Third Military Survey of the Habsburg Empire.
Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica 44(1): 115-
120

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. (2007a): Separated estimation of the shift, rotation
and scale parameters of the Burša-Wolf transformation.
Geophysical Research Abstracts 9: 01796, 4 p.

Timár G. (2007b): GPS-navigáció történeti topográfiai és
kataszteri térképeken. *Geodézia és Kartográfia* 59(5):
22-26.

Timár, G. (2009): System of the 1:28800 scale sheets of the
Second Military Survey in Tyrol and Salzburg. *Acta
Geodaetica et Geophysica Hungarica* 44(1): 95-104.

Timár G. (2015): Kitaibel és Tomcsányi 1810-es méri
földrengéstérképének topográfiai alapja és
georeferálása. *Magyar Tudomány* 176(3): 289-297.

- Timár G., Biszak S. (2007): Budapest 1938 előtti nagyméretarányú topográfiai térképeinek georeferálása. *Geodézia és Kartográfia* 59(8-9): 47-51.
- Timár, G., Biszak, S. (2010): Digitizing and georeferencing of the historical cadastral maps (1856-60) of Hungary. In: Livieratos, E., Gärtner, G. (eds.): *Proceedings of the 5th International Workshop on Digital Approaches in Cartographic Heritage*, 559-564.
- Timár, G., Gábris, Gy. (2008): Estimation of the water conducting capacity of the natural flood conducting channels of the Tisza floodplain, the Great Hungarian Plain. *Geomorphology* 98(3-4): 250-261.
- 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. (2008): A harmadik katonai felmérés térképszelvényeinek georeferálása. *Geodézia és Kartográfia* 60(1-2): 23-27.
- Timár, G., Mugnier, C. J. (2010): Rectification of the Romanian 1:75 000 map series, prior to World War I. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* 45(1): 89-96.
- Timár G., Varga J., Székely B. (2003): Ismeretlen paraméterezésű valódi kúpvetületen készült térkép térinformatikai rendszerbe integrálása. *Geodézia és Kartográfia* 55(2): 8-11.
- Timár G., Molnár G., Pendea F., Păunescu C. (2004a): A második és harmadik katonai felmérés erdélyi

szelvényeinek vetületi és dátumparaméterei. *Geodézia és Kartográfia* 56(5): 12-16.

Timár G., Lévai P., Molnár G., Varga J. (2004b): A második világháború német katonai térképeinek koordinátarendszere. *Geodézia és Kartográfia* 56(6): 28-35.

Timár, G., Aunap, R., Molnár, G. (2004c): Eestis kasutatud ajalooliste daatumite teisendusparameetrid. *Geodeet* 28: 23-26.

Timár G., Székely B.; Molnár G., Biszak S. (2006a): Lipszky János térképének (Magyarország és társországai, 1804-1810) georeferálása térinformatikai alkalmazásokban. *Geodézia és Kartográfia* 58(10): 13-17.

Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A. (2006b): Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. *Arcanum*, Budapest, 59 p.

Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Plihál, K. (2008a): Lázár térképe és a ptolemaioszi vetület. *Geodézia és Kartográfia* 60(7): 20-26.

Timár, G., Székely, B., Molnár, G., Ferencz, Cs., Kern, A., Galambos, Cs., Gercsák, G., Zentai, L. (2008b): Combination of historical maps and satellite images of the Banat region – re-appearance of an old wetland area. *Global and Planetary Change* 62(1-2): 29-38.

Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Plihál, K. (2010): Orientation of the map of Lazarus (1528) of Hungary – result of the Ptolemaian projection? In: Gartner, G., Ortig, F. (eds.): *Cartography in Central and Eastern*

- Europe. Lecture Notes in Geoinformatics and Cartography, Springer, Berlin-Heidelberg, 487-496.
- Timár, G., Biszak, S., Székely, B., Molnár, G. (2011): Digitized Maps of the Habsburg Military Surveys: Overview of the Project of ARCANUM Ltd. (Hungary). In: Jobst, M. (ed.): Preservation in digital cartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, Berlin-Heidelberg, 273-283.
- Timár, G. Baiocchi, V., Lelo, K. (2013a): A new methodology to manage Italian geodetic datums of the cadastral systems and of the historic maps. Applied Geomatics 5(2): 147-153.
- Timár G., Szávost-Vass D., Rácz T. (2013b): A Duna újkori mederváltozásai Budapestenél, a Budapest-környéki Duna-szigetek története. In: Mindszenty A. (ed.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). ELTE Eötvös Kiadó, 156-164.
- Timár, G., Mészáros, J., Molnár, G. (2014a): A simple solution for georeferencing the Cassini map series of France. 9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage Budapest, 4-5 September 2014, pp. 117-122.
- Timár, G., Kocsis, B., P., Molnár, G., Deligios, M., Baiocchi, V., Galambos, Cs., Biszak, E. (2017a): Habsburg topographic cartography of the Italian peninsula in the first half of the 19th century. In: Livieratos, E. (ed.): 12th ICA Conference Digital Approaches to Cartographic Heritage, pp. 177-183.

- Timár, G., Galambos, Cs., Kvarsteig, S., Biszak, E., Baranya, S., Rüther, N. (2017b): Coordinate systems and georeference of Norwegian historical topographic maps. In: Livieratos E (ed.): 12th Conference on Digital Approaches to Cartographic Heritage, pp. 146-151.
- Wolf, H. (1963): Geometric connection and re-orientation of three-dimensional triangulation nets. Bulletin Géodésique 68:165-169.