



A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformatikai alkalmazások számára



Timár Gábor–Molnár Gábor
ELTE Geofizikai Tanszék Úrkutató Csoport

1. Bevezetés

A Habsburg Monarchia második katonai felmérése részletes (1:28800 méretarányú, vagyis felmérési) térképei tekinthetők az első olyan térkép-műnek, amely Magyarország területét topográfiai céllal és valamilyen vetület szerint ábrázolja. Bár *Strenk* (1985) felveti, hogy az első, avagy joze-fiánus felmérés térképeinek szerkezete is a ferde-tengelyű négyzetes hengervetület (tehát a Cassini-vetület) szerinti, az első felmérést a szakirodalom gyakorlatilag egységesen vetületi és geodéziai alap nélküli térképrendszerként ismeri (*Bod*, 1982; *Stegena*, 1986; *Vagács*, 1999). A második, avagy franciskánus felmérés vetületeként, pl. *Stegena* (1986) és *Jankó* (2001) a Cassini-Soldner vetületet adja meg. Mivel a felmérésnek nem pontosan ez a vetülete, azt *vetületmélküli rendszer* néven is említik (*Varga*, 2002).

A környezet- és településtudomány fejlődése kapcsán egyre gyakoribb igény, hogy a vizsgált területek régebbi – sok esetben természetközeli vagy korabeli gazdálkodást, illetve településszerkezetet tükröző – állapota mai térképekre vetítve vagy ma használatos vetületi rendszerekben legyen megjeleníthető. A fent említett elsőség miatt Magyarország és a történelmi Monarchia területén a második katonai felmérés térképei kínálják ehhez a legjobb alapot – az első katonai felmérés térképeinek transzformációja ugyanis illesztőpontok segítségével is nagyon bonyolult feladat, a biztosan azonosítható pontok ritkasága miatt. A térinformatikai gyakorlatban emiatt egyre sűrűbben jelentkezik az a feladat, hogy e térképeket vagy információtartalmuk egy részét – azonosítható illesztőpontok segítségével vagy bárhogy – a ma használatos vetületi rendszerekbe transzformáljuk.

Illesztőpontok segítségével a feladat nem igényel különösebb térképészeti vagy geodéziai ismereteket, feltétlenül gondot jelent azonban az alkalmas illesztőpontok változó sűrűsége, sok szelvény esetén a hiánya. Nyilvánvaló, hogy kis számú és/vagy bizonytalan referenciapont az illesztés pontosságának csökkenését eredményezi, s az ebből származó hiba, tapasztalataink szerint, a második felmérés esetén akár a 200 métert is elérheti.

A jelen dolgozatban megkíséreljük a második katonai felmérés térképeinek minél pontosabb vetületi és alapfelületi definícióját megadni, amelynek segítségével e szelvények illesztőpontok nélkül (vagy még nagyobb lokális pontosságigény esetén szelvényenként egyetlen illesztőponttal) transzformálhatók bármilyen ismert vetületi rendszerbe.

2. A második katonai felmérés térképészeti adatai

Mivel a második felmérés térképezési munkáinak történelmi részletei nálunk avatottabb szerzők tollából már ismertek (*Strenk*, 1992; *Jankó*, 2001; illetve az osztrák irodalomban *Hofstätter*, 1989), itt csak a térkép-mű olyan tulajdonságait részletezzük, amelyek a vetületi számítások szempontjából fontosak. Ilyenek a szelvényezés adatai, illetve a vetületi kezdőpont(ok).

A térkép-mű keretében több méretarányban készültek szelvény-sorozatok. A felmérési szelvények méretaránya 1:28800, a részletes térképeké (Spezialkarte) pedig Magyarországon 1:144000. Két, ennél kisebb méretarányú sorozat is készült, ezekkel azonban a jelen dolgozatban nem foglalkozunk. A részletes térképek 3x3, tehát összesen 9

felmérési szelvény által mutatott területet ábrázolnak. Georeferenciát csak a részletes térképeken találunk, a kereten a földrajzi fókahálózat fok-perc pontossággal van feltüntetve, a földrajzi hosszúság a ferroi kezdőmeridiántól értendő (a ferroi és a greenwichi kezdőmeridiánok Albrecht-féle különbsége $17^{\circ} 39' 46,02''$ [Homoródi, 1952], a katonai térképészetben ennél néhány század-szögmásodperccel kisebb értéket alkalmaztak, míg a jelen dolgozatban a fenti kezdőmeridiánok távolságát $17^{\circ} 39' 46''$ -nek vettük). A fókahálózati adatok értelmezésével, alapfelületével a 4. pontban foglalkozunk. A felmérési szelvényeken fókahálózati adatok nincsenek feltüntetve.

A Monarchia területén – az alkalmazott vetületnek a középmeridiántól távolodóan növekvő torzítása miatt – több vetületi kezdőpontot, illetve középmeridiánt vettek fel. A Magyar Királyság területének térképein a bécsi Stephansdom legmagasabb, ún. déli tornya szolgált vetületi középpontként. Megjegyezzük, hogy ugyanez a vetületi középpontja Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Alsó- és Felső-Ausztria térképeinek. A felsorolt tartományok esetén a szelvényezés is a magyarországgal azonos, míg Morvaország, Szilézia valamint Dalmácia esetén is ez a vetületi középpont, de a szelvényezés itt eltérő (Jankó, 2001). Az Erdélyi Fejedelemség (a térképezés megkezdésekor külön közigazgatási egység) térképein Vízakna, a bánási határőrvidékén (a történeti Torontál, Temes és Krassó-Szörény vármegyék déli, al-dunai peremén) pedig a gellérthegyi csillagda keleti tornya volt a vetületi középpont. Megjegyezzük, hogy Mugnier (1999) közlésével ellentétben a gellérthegyi csillagda a korabeli Magyarország területének csak ezen a kis részén volt vetületi középpont; a félreértés oka az lehet, hogy a Gellérthegy 1821-től a magyarországi koordinátarendszer kezdőpontja lett (Homoródi, 1953), ez azonban a geodéziai alapfelületre, és nem a vetületi rendszerre vonatkozik. A bécsi Stephansdom alapfelületi földrajzi koordinátái Mugnier (1999) adata szerint: $\Phi=48^{\circ} 12' 34''$; $\Lambda_F=34^{\circ} 02' 15''$ (Ferrotól), vagyis $\Lambda_G=16^{\circ} 22' 29''$ (Greenwichtől), a felmérésnek a 4. pontban leírt alapfelületén értelmezve.

A részletes (M=1:144000) térképek szelvényezése és számozása a következő: az oszlopokat betűkkel, a sorokat számokkal jelezték, a vetületi kezdőpont pedig a C5-ös jelzetű szelvény geometriai középpontja (Jankó, 2001). Megjegyezzük, hogy e szelvény középpontjának koordinátái a leolvasási pontosság szintjén alátámasztják Mugnier (1999) fenti adatait. A szelvényoszlopok be-

tűjele nyugatról keletre az abc-nek megfelelően, a szelvényoszlopok számozása pedig északról délre növekszik.

A felmérési (M=1:28800) szelvények szintén sorokba (Sectio) és oszlopokba (Colonne) rendezettek. A vetületi kezdőpont a 44. sor 21. oszlopában levő szelvény geometriai középpontja (az oszlopokat római számok jelzik a szelvények tetején, így az említett lapnak megfelelő jelzet: „Sectio 44 Colonne XXI”). E szelvények mérete az első katonai felmérés szelvényméretével megegyező (Jankó, 2001), tehát a terepen 9600 öl x 6400 öl, a térképen pedig 63,21 cm x 42,14 cm (Vagács, 1999). Mivel 1 bécsi öl 1,89648 m, a terepi méret 18206,2 m x 12137,5 m. A kisebb méretarányú részletes térképek által ábrázolt terület kiterjedése ennek mindkét irányban a háromszorosa: a szelvény a nagyobb méretarányú felmérési szelvények közül 3x3-nak, tehát összesen kilencnek a területére terjed ki.

Fel kell hívjuk a figyelmet arra, hogy a felmérési szelvények Hadtudományi Térképtárban fellelhető másolatain a térképi tartalom bal és alsó szegélyei bizonytalanok, nyilvánvalóan az eredeti szelvények manuális összeillesztésekor szükséges hajtogatások következtében. Így az automatikus vagy félautomatikus illesztés során csak a szelvények jobb felső (északkeleti) sarokpontja használható referenciapontként.

3. A térképmű vetülete

Mint a bevezetőben már említettük a térképmű vetületét az irodalomban általában Cassini-Soldner vetületként adják meg. Jankó (2001) megemlíti továbbá, hogy egyes tartományok, illetve felmérési körzetek esetén ezt nem követték következetesen, ezért a térképműnek e helyeken nincs vetülete.

A térképmű feltételezett vetületének bemutatását a Soldner-koordináták értelmezésével kezdjük. Jelölje K a vetület kezdőpontját az alapfelületen, P pedig azt a pontot, amelynek koordinátáit keressük. A K ponton áthaladó meridiánra bocsássunk a P pontból merőleges ellipszoidi geodéziai vonalat: a középmeridián és e vonal metszéspontját jelölje M . A P pont Soldner koordinátái ez esetben a PM , illetve KM ívhosszak (Varga, 2000). A Cassini-vetület a Soldner-koordináták derékszögű síkkoordinátákként történő ábrázolása. Mivel az azonos X vagy Y Soldner-koordinátájú pontok a síkon a kezdőmeridiánnal párhuzamos vagy arra merőleges vonalakat alkotnak, a Cassini-Soldner

vetületet az irodalomban (pl. *Jankó*, 2001), némi-
leg talán félrevezető módon, négyzetes hengerve-
tületnek is nevezik.

Amennyiben tehát a térképmű Cassini-Soldner
vetületben készült, és középméridiánja egybeesik
a XXI. (illetve a részletes térképeken a C) oszlop
középvonalával, akkor a szelvényhatárok úgy ír-
hatók le, mint e vetületben azonos X- vagy Y-ko-
ordinátájú vonalak.

Meg kell említsük azonban, hogy a térképmű
vetülete nem felel meg pontosan a Cassini-Soldner-
féle definíciónak. *Varga* (2002) szerint ugyan-
is „a háromszögelési pontok síkkoordinátáit úgy
számították, hogy a pontokat a kezdőpontból kiin-
duló sokszögvonalakba foglalták, azután a sík-
hosszakból és az azimutokból számították az olda-
lak meridián irányú és arra merőleges összetevői-
nek hosszát. Ezeknek az összegzésével nyerték az
egyres pontok M-mel (Meridiane) és P-vel (Per-
pendickel) jelölt síkkoordinátáit. Mivel a hossza-
kat minden irányban redukció nélkül vitték át a
síkra, az ábrázolásnak ez a módja nem tekinthető
Cassini-féle vetületnek, és nem is egyértelmű,
mert a különböző útvonalakon számított koordiná-
ták között igen jelentős ellentmondások adódtak.
Egy 600 km hosszú geodéziai vonal bizonytalan-
sága kerekén 1 km volt.”

A fentiek miatt jelentkezik a térképek helyen-
ként 200 métert is elérő torzulási hibájának nagy
része.

4. A térképmű geodéziai alapfelülete

A térképmű elkészítését támogatandó, *Ferenc*
császár 1806-ban kelt kabinetparancsát követően,
Magyarország területén feltehetően 1821-gyel kez-
dőddően, 1861-ig elkészült a birodalom második
háromszögelése (*Homoródi*, 1953). A vonatkozó
irodalomban (*Homoródi*, 1953; *Bod*, 1982; *Mug-
nier*, 1999) az alapfelületként használt ellipszoid
paramétereire különféle adatok találhatók. *Varga*
(2002) választását elfogadva e munkában *Bod*
(1982) adatait használjuk, amely a Zach-Oriani
hibrid ellipszoidot tekinti érvényesnek, amelynek
fél nagytengelye a Zach szerinti $a=6376130$ m,
míg lapultsága az Oriani-ellipszoidnak megfelel
 $f=1/310$.

A geodéziai gyakorlatban szokásos, hogy a rela-
tív elhelyezésű alapfelületeket egy vagy több pont
alapfelületi és csillagászati koordinátaival, illetve
ezen pont(ok)ról más pont(ok)ba vezetett
azimutokkal adják meg. A térinformatikai gyakorlat-
ban az alapfelületek (dátumok) meghatározása –

a nagytengely és a lapultság megadása mellett – az
ellipszoidnak a WGS84 földi ellipszoidhoz képes-
ti helyzetének megadását jelenti, legtöbbször há-
rom- vagy hétparaméteres transzformációval.

A három- és hétparaméteres transzformációkat
itt nem részletezzük (leírásukat lásd, pl. *Biró*,
2000), csak megemlítjük, hogy a háromparamé-
teres transzformáció a vizsgált ellipszoidok geomet-
riai középpontjának egymáshoz képesti eltolását
jelenti, a valamivel nagyobb pontosságot eredmé-
nyező hétparaméteres pedig emellett három ten-
gely körüli (kismértékű) elforgatást és a méret-
arányok kicsiny megváltozását is lehetővé teszi. E
transzformációk pontossága nem éri el a geodéziá-
ban elvárt mértéket, azonban a GPS-navigációban
és a térinformatikában általánosan elterjedtek. Pon-
tosságuk alapvetően a bemenő adatok (háromszö-
gelési alapadatok vagy térképről leolvasott koordi-
náták) konzisztenciájának függvénye.

A második felmérés térképeinek mai rendsze-
rekbe történő transzformációjához az alapfelület
definiálására is szükség van. A második felmérés
alapfelületét *Mugnier* (1999), eredeti elnevezés
híján „Vienna Datum 1806” néven említi, amely-
nek középpontja a Stephansdom, a 2. pontban le-
írt ellipszoidi koordinátákkal és a leopoldsbergi
azimuttal. Az „1806” évszámot úgy értelmezzük,
hogy az évszám a második felmérés céljára létre-
hozott háromszögelési hálózatot jelenti.

Amint már leírtuk, a magyarországi háromszö-
gelési hálózat középpontja 1821 után a gellérthe-
gyi csillagda keleti pillére volt, így a továbbiakban
a dátumot „Buda-1821” néven említhetjük. A kezdő-
pont földrajzi hosszúságát Bécsből levezetve;
 $\Lambda_{0,F}=36^{\circ} 42' 51.57''$ (Ferrotól), vagyis $\Lambda_{0,G}=19^{\circ} 3' 5.55''$
(Greenwichtől) értéknek, szélességét csilla-
gászati mérések alapján $\Phi=47^{\circ} 29' 15.97''$ -nek
vették (*Homoródi*, 1953). Az imént említett mun-
ka azonban több koordináta-értéket is közöl a kez-
dőpontra, ugyanazon Marek-féle forrásmű alap-
ján, ezért a dátumparaméterekben ennek megfele-
lő bizonytalanság mindenképp mutatkozni fog. A
gellérthegyi csillagda Buda 1849. évi ostromakor
elpusztult, azonban a keleti torony egészen 1867-
ig állt (lásd a hátsó belső borítón), így a felmérés
geodéziai munkái alatt végig látható volt.

A WGS84 dátumhoz képest érvényes eltolási
paraméterek megbecsléséhez szükség van a kö-
zéppont WGS84 koordinátáira és ellipszoidi ma-
gasságára is. A ma harmadrendűnek számító 65-
4011 sz. (Gellérthegy) pont EOY-koordinátáiból
korábbi cikkünkben (*Timár et al.*, 2002) leírt eljá-
rással megkaptuk a pont WGS84 ellipszoidi koor-

dinátait, az EGM96 geoidmodell (NIMA, 1997) alkalmazásával pedig megbecsültük a pont WGS84 ellipszoid feletti magasságát. Így a Gellérthegy pont WGS84 geocentrikus koordinátái:

$$X_{\text{WGS84,Gellérthegy}} = 4081708 \text{ m};$$

$$Y_{\text{WGS84,Gellérthegy}} = 1409227 \text{ m};$$

$$Z_{\text{WGS84,Gellérthegy}} = 4678717 \text{ m};$$

maximum 1,5 méter hibával terhelve. Feltételezve, hogy a pont Buda-1821 dátum feletti magassága megegyezik a tengerszint feletti magassággal, a lokális dátumhoz képest érvényes geocentrikus koordináták:

$$X_{\text{Buda1821,Gellérthegy}} = 4079944 \text{ m};$$

$$Y_{\text{Buda1821,Gellérthegy}} = 1408944 \text{ m};$$

$$Z_{\text{Buda1821,Gellérthegy}} = 4678148 \text{ m};$$

a pont nem-egyértelműségéből adódó hiba itt 25-30 méter is lehet. A két adatrendszer különbségéből adódnak az eltolási paraméterek:

$$dX_{\text{Buda-1821}} = XW_{\text{GS84,Gellérthegy}} - X_{\text{Buda-1821,Gellérthegy}} \approx +1764 \text{ m};$$

$$dY_{\text{Buda-1821}} = YW_{\text{GS84,Gellérthegy}} - Y_{\text{Buda-1821,Gellérthegy}} \approx +283 \text{ m};$$

$$dZ_{\text{Buda-1821}} = ZW_{\text{GS84,Gellérthegy}} - Z_{\text{Buda-1821,Gellérthegy}} \approx +569 \text{ m}.$$

5. A térképmű GIS-integrációjának lépései és a fellépő hibák

Az eddig felsorolt adatok alapján a második felmérés térképeinek integrálása GIS rendszerekbe, illetve ezt követően transzformációjuk más, pl. EOVS vetületbe a következő lépésekben történhet.

- A Stephansdom-középpontú és a Zach-Oriani hibrid ellipszoidon értelmezett Cassini-vetület és a Buda-1821 dátum definiálása az alkalmazott GIS szoftverben.

- A szelvény északkeleti sarokpontja Cassini-koordinátáinak meghatározása a szelvény sor (*Sectio: S*) és oszlopszámából (*Colonne: C*), a következő összefüggéssel:

$$X \text{ (Easting)} = (C-20,5) \times 18206,2 \text{ méter};$$

$$Y \text{ (Northing)} = (44,5-S) \times 12137,5 \text{ méter}.$$

- A szkennelt térképi tartalom elforgatása (illetve az esetleges paralelogrammáról téglalap alakra torzítása) képfeldolgozó szoftverrel oly módon, hogy a térkép felső szegélye a pixel sorokkal, a jobb szegély pedig a pixel oszlopokkal párhuzamos legyen.

- Az északkeleti sarokpont definiálása illesztőpontként, képi és vetületi koordinátáinak felhasználásával.

- A pixelméret beállítása a szkennelési felbontás és a térképi méretarány ismeretében.

- A térkép átmintavételezése más vetületbe.

Az 1:144000 méretarányú részletes térképek illesztése egyszerűbb: itt mind a négy sarokpont használható referenciapontként. Ezek koordinátáinak meghatározásakor figyelemmel kell lenni arra, hogy a szelvényezésben „J” oszlop nincs, az „I” oszlopot a „K” követi.

A felmérési szelvények fenti módszerrel történt illesztését érdemi hiba terheli, amelynek összetevői:

- a dátumparaméterek hibája és a koordináta-rendszer eltérő tájékozásának figyelmen kívül hagyása;

- a korabeli háromszögelési hálózat nem szabványos kiegyenlítése;

- az eredeti felvételezés eltérései a szabványos Cassini-vetülettől;

- a térképek papíryanagának száradás miatti méretváltozása és a (többszöri) másolás eredményeképp fellépő torzulások.

Össességében a fenti hibaforrások akár 200 méter eltérést is okozhatnak az illesztéskor. Ezért célszerű az illesztett (transzformált) térkép forgatás nélküli eltolása egy (és csak egy!) biztos illesztőpont alapján. Tapasztalataink szerint a hibák az alföldi területeken kisebbek, domb- és hegyvidékeken pedig nagyobbak.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára munkatársainak, illetve *dr. Jankó Annamáriának*, a Térképtár vezetőjének a munka elkészítéséhez nyújtott sokoldalú segítségükért.

IRODALOM

Biró Péter (2000): Felsőgeodézia. Műegyetemi Kiadó, Bp, 196 o.

Bod Emil (1982): A magyar asztrogeodézia rövid története 1730-tól napjainkig, I. rész. Geodézia és Kartográfia 34: 283–289.

Gönczi Ambrus, Winkelmayer Zoltán (2002): Ferencváros metszeteken. Ferencvárosi Önkormányzat, Bp., 52 o.

Hofstätter, Ernst (1989): Beiträge zur Geschichte der österreichischen Landesaufnahmen, I. Teil, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 196 p.

Homoródi Lajos (1952): Vizsgálatok új háromszögelési hálózatunk elhelyezésére és tájékozására. Földméréstani Közlemények 4: 1–10.

Homoródi Lajos (1953): Régi háromszögelési

hálózataink elhelyezése és tájékozása. Földmérési-tani Közlemények 5: 1–18.

Jankó Annamária (2001): A második katonai felmérés. Hadtörténeti Közlemények 114: 103–129.

Mugnier, Clifford J. (1999): Grids & Datums – Republic of Hungary. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 65: 423 & p. 425.

NIMA, 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

Stegena Lajos (1986): Vetülettan. Tankönyvkiadó, Budapest

Strenk Tamás (1985): The structure of maps covering Hungary from the first military topographic survey. Ann. Univ. Sci. Bud. de Roland Eötvös., Tom. I–II: 360–372.

Strenk Tamás (1992): A II. katonai felvételek. In: *Joó István, Raam Frigyes* (eds): A magyar földmérés és térképészet története, I. kötet, Bp., 240–246.

Timár Gábor–Molnár Gábor–Pásztor Szilárd (2002): A WGS84 és HD72 alapfelületek közötti transzformáció Molodensky-Badekas-féle (3 paraméteres) meghatározása a gyakorlat számára. Geodézia és Kartográfia 54(1): 11–16.

Vagács Géza (1999): Téves nézetek az első katonai felméréssel kapcsolatban. Geodézia és Kartográfia 51(10): 23–28.

Varga József (2000): Vetülettan. Műegyetemi Kiadó, Bp. 296 o.

Varga József (2002): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. Kézirat, internetes elérhetőséggel. (URL: <http://www.tar.hu/vj1945bp/Osszes/Dok3uj.htm>)

Approximative projection and datum description of the second military survey of the Hungarian part of the Habsburg Empire, for the GIS applications

G. Timár–G. Molnár
Summary

The second military survey of the Habsburg Empire has been taken between 1806 and 1869 in Hungary. Detailed map sheets (Spezialkarte) with the scale of 1:144000 and survey map sheets with the scale of 1:28800 are available offering fair tool for the research of the natural and built environment of the 19th century.

The maps are without indicated grid lines moreover the survey maps have no any indicated coordinates. On the detailed sheets, geodetic longitude (from the nullmeridian of Ferro) and latitude values are given. Knowing that for Hungary the projection centre was the Stephansdom, Vienna, which signs the centre of the detailed sheet 'C5' and the survey sheet 'Sectio 44 Colonne XXI', and also that the extents of the terrain depicted on a detailed sheet is 54618.6 m * 36412.5 m (in case of the survey sheets: 18206.2 m * 12137.5 m), projection coordinates of the map corners can be achieved by simple multiplication.

The 'Zach-Oriani' hybrid ellipsoid has been used for the geodetic and mapping measures, with the semimajor axis of the Zach ellipsoid ($a=6376130$ m) and the flattening of the one of Oriani ($f=1/310$). The projection of the map system can be approximated by the Cassini one and the projection centre is the Stephansdom ($\Phi=48^{\circ} 12' 34''$; $\Lambda_F=34^{\circ} 02' 15''$ from Ferro; therefore $\Lambda_G=16^{\circ} 22' 29''$ from Greenwich). The fundamental point of the datum had been the Eastern tower of the Gellérthegy observatory since 1821 so we propose to refer it as Buda-1821 (*Mugnier*, 1999, calls it as 'Vienna1806'). The approximate datum shift parameters from the Buda-1821 to the WGS84 are: $dX\approx+1764$ m; $dY\approx+283$ m; $dZ\approx+569$ m. Note that this datum hasn't been equalized with standard method, and the local coordinates of the origin are a subject of historical debate so these numbers are burdened with an error of at least 30 meters. Besides, as the projection is not exactly the Cassini one, the projection approximation causes an error up to even 200 meters.

In the practice it is worth to notice that the left and the lower edges of the survey sheets are uncertain because of several previous folding. A possible processing method could be based on the following steps:

1. setting the projection and datum parameters in the GIS;
2. determination of the Cassini coordinates of the upper-right (NE) corner from the row and column numbers of the sheet;
3. rotation of the scanned map content to a position where the upper and the right map edges are parallel to the pixel rows and columns;
4. marking the NE corner by its coordinates and setting the exact pixel size from the known scan resolution and the known map scale of 1:28800;
5. rectification of the map to a selected projection;
6. using only one control point, shift the map content horizontally but without any further rotation.