

DIGITIZED MAPS
OF THE HABSBURG EMPIRE

THE MAP SHEETS OF THE SECOND MILITARY SURVEY AND THEIR GEOREFERENCED VERSION

DIE AUFNAHMESEKTIONEN DER ZWEITEN MILITÄRISCHEN AUFNAHME UND IHRE REKTIFIZIERTE VARIANTE

A MÁSODIK KATONAI FELMÉRÉS TÉRKÉPSZELVÉNYEI ÉS AZOK GEOREFERÁLT VÁLTOZATA

Gábor Timár, Gábor Molnár, Balázs Székely,
Sándor Biszak, József Varga, Annamária Jankó



**The map sheets of the Second Military Survey
and their georeferenced version**

**Die Aufnahmesektionen der zweiten militäri-
schen
Aufnahme und ihre rektifizierte Variante**

**A második katonai felmérés térképszelvényei
és azok georeferált változata**

Gábor TIMÁR, Gábor MOLNÁR, Balázs SZÉKELY,
Sándor BISZAK, József VARGA, Annamária JANKÓ

Arcanum
Budapest, 2006

Scientific reviewer/ Szaklektor:
János GYÖRFFY

Linguistic review/Nyelvi lektor:
ANDRÁS ZÁMOLYI

Copyright © 2006,
TIMÁR, G., MOLNÁR, G., SZÉKELY, B., BISZAK, S., VARGA, J., JANKÓ, A.

Reference to this book should take the following format:

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

All rights reserved. Alle Rechte vorbehalten. Minden jog fenntartva.

ISBN 963 7374 33 7

The map sheets of the Second Military Survey and their georeferenced version

Gábor TIMÁR, Gábor MOLNÁR, Balázs SZÉKELY,
Sándor BISZAK, József VARGA, Annamária JANKÓ

Introduction	2
Overview of the Second Military Survey.....	4
The method of georeferencing	6
The georeferencing of the map sheets of the Second Military Survey.....	9
The georeference of the modern maps.....	13
Errors of georeferencing	16
Possible applications	17
References.....	56

Introduction

The Second (also known as Franciscan) Military Survey [1] is a masterpiece of the map series representing the territory of Austro-Hungarian Empire. It is outstanding in quality regarding its data content, drawing features and aesthetic appearance. Although the series is not uniform in its content and in its implementation due to the extended period of time of the mapping (1806–1869), according to recent experience in its present-day usage, its map sheets are fairly well applicable even today.

For a long time, the map sheets treasured in the archives were only available for a closed group of professionals of military cartography. In Hungary from the beginning of the 1990s their existence and, more importantly, the advantageous characteristics of the maps became known for the specialists of various branches like archeology, hydrology, forestry and nature protection. A number of reproductions of sheets portraying the most important territories, mainly as black and white copies, started to be distributed. The excellent geodetic basis of the cartographic work ([1],[2],[3],[4],[5], [6]) made possible to compare the recent and former topographic features in specific study areas with acceptable accuracy.

There has been an increasing demand of specialists of river regulation and nature protection: more and more map sheets were requested and more and more frequently. In reply to this demand, as a result of common effort of the Hungarian Institute and Museum of Military History (HIM) and Arcanum Ltd., a series of DVD-ROMs have been published containing the scanned digital version of the map sheets treasured by HIM.

Partly preceding its publication, but primarily after the appearance of the digital version of the maps, the users became interested to have the digital images in georeferenced format, i.e., rectified in present-day coordinate systems. Concerning several selected map sheets, numerous attempts of georeferencing were worked out in various institutions. The rather varying results and accuracy of these attempts, depending on the demands and expertise of the specialists performing the rectification, demonstrated the imminent need of a uniform georeferencing solution, that is geodetically correct, takes the geodetic basis of the map system into account, and which generally minimizes the errors of rectification.

Our present work has been initiated by this need. Obviously, we have started the work with the maximum accuracy in mind. However, it became clear soon, that the maximum achievable accuracy of the georeference is 150–200 m, using the geodetic basis published and analysed in the literature, sometimes even worse (see details below). According to our experience gathered by rectifying a few dozen sheets before, it was clear that for those map sheets that contain numerous topographic objects that existed at the time of the mapping and still exist today, or have existed recently, the

Ground Control Point (GCP) Method can provide 50–70 m accuracy.

Initially, though this work obviously requires a huge effort, we considered this solution. But after having the chance to include the map sheets not only stored in Hungary, but also all that are treasured in Kriegsarchiv (Vienna, Austria) can be included in the project, this solution has been rejected. The reason for this is primarily the large number of maps. Furthermore, the area covered by the work involves 16 states today, and the modern, high-accuracy maps, needed to define the actual position of the reference points, are not available for free. In some parts of the area, the georeferenced satellite imagery of Google Earth project were used. However, since the highest resolution images are available only for the urbanized areas in Google, this cannot be a general solution. (See details below.) Actually, for several map sheets, there are no enough GCPs available to reduce the errors considerably.

Taken into account the aforementioned restrictions and the manpower of 3–4 people needed to carry out this project, and analyzing the possible error sources and their magnitude (see below), finally we have decided to use the geodetic basis for rectification. In those areas, where the errors produced by the application of geodetic basis published in the literature did not work, or exceeded the accuracy we expected to have, we have worked out new solutions. Consequently, the dataset published here is not only new in the sense of its content, but also particularly new in its georeference.

We are convinced that the estimated accuracy of 150–200 m, that for certain sheets may be twice better, can be improved by the experience of the users. We encourage the users to provide their knowledge and observations concerning the rectification for the authors of this work to achieve a new, improved georeference.

Last, but not least, we would like to tackle the problem of the data compression in the introduction. The large extent of the map sheets (see below) and the requested high resolution together imply vast amount of data. A single sheet in 3 colours (RGB), with 300 dpi resolution will produce 100 Mbyte of data. Obviously, because of the large number of sheets and the need to be able to handle efficiently this huge amount of data, data compression must be applied. The scanned maps can tolerate lossy compression, therefore the JPEG format is in common use, since these images supplemented with the so-called world files (JPW) can be read as georeferenced by a number of GIS software packages, as well.

However, the reason why we have decided to use the Enhanced Compressed Wavelet (ECW) format is that it provides higher compression ratios by a few percent and in case of such a huge database, this storage space also counts. Moreover, the ECW format is recognized by several newer systems, too, and, from the point of view of the GIS technique, it is an enhanced solution.

Overview of the Second Military Survey

During the Wars of Napoleon the military High Command of the Habsburg Empire realized that the First Military Survey (also known as Josephinian Survey) mapped in the 1780s, was not suitable anymore for the military tactics of that era. The military innovation of the French Revolution, the mass army, initially based on volunteers, later on conscription, needed more detailed cartographic representation. This demand was motivated primarily by the need to command large corps and to supply them. Moreover, for the choice of a suitable battlefield for unprecedented mass armies, it was essential to know the details of the terrain of the future place of combat.

In 1806 Emperor Franz I issued a cabinet order to launch the new cartographic survey of the territory of the Empire. Beside of the more detailed representation of the individual features of the terrain, the novelty of the map series, completed in its final form in almost a half of a century, was its solid geodetic basis. At the time of the surveying the data of baseline measurements led by the Jesuit Joseph Liesganig already existed. During the surveying the data of the first triangulation of the Empire were also available [1]. Accordingly, the collection of map sheets of the Second Military Survey is the first cartographic work that represents the whole territory of the Empire having a predefined geodetic basis and cartographic projection.

It should be noted that the geodetic basis is meant here according to the standards of that period. The coordinates of the principal geodetic datum points were determined by astronomical methods; that is why some of these points coincide with astronomical observatories. According to the literature, the projection to the plane was done by Cassini projection, though the actual projection applied here cannot be considered as a real projection because of the inconsequent application of Cassini's principle. Cassini's projection is namely a transversal cylindrical projection of the ellipsoid that has a general distortion, but it is equidistant in the reference meridian and at geodetic lines perpendicular to it.

In contrary to that the sides of the triangles in the conterminous triangulated network were assumed to be as planar length, and the angles of the triangles were calculated by chord reduction method from ellipsoidal triangles. The closing errors of the angles of triangles were equilibrated among the internal angles of the triangle.

Since the length values were put on the plane without reduction, this procedure cannot be considered as Cassini's projection. It is not unambiguous since the coordinates calculated along various paths considerably unequal. The inaccuracy of a 600 km long geodetic line is found as high as 1 km [5].

According to original plans the surveying would have been carried out with

Vienna as a starting reference point and with corresponding sheet allocation in the whole Empire. Later it became obvious that in this unified projection system (as a single projection zone) the distortions are unacceptably high at the Western and Eastern parts of the Empire, far from the central meridian of Vienna [1]. Consequently, beside of the ready sheets of provinces of Lower Austria, Upper Austria, Moravia, Hungary and Dalmatia made in the Viennese system, for the other provinces individual reference point and sheet division systems were defined. These systems are described below in details.

Two provinces, Salzburg and Tyrol, do not fit into this, more or less uniform, system. It is not possible to define a single reference point to the sheets of these provinces. We assume that these provinces were not included in the detailed First Survey. Salzburg did not belong to the Empire at that time; Tyrol, though according to the plans it was scheduled to be surveyed, were not mapped eventually, most probably because of the problems of mapping in mountainous areas, and because of its negligible military importance. The cartographic layout of the sheets of the Second Survey for Tyrol and Salzburg is quite similar to that of the First Survey, therefore we assume, to the contrary of other provinces, here there was no established geodetic basis. Consequently, the georeferencing of these areas should differ from that of the other provinces.

The scale of the maps, based on contemporaneous measuring units, can be calculated to be 1:28800, identical to that of the First Survey ([4],[5],[6],[7]). In the sheets there is no indication of coordinates, except for Lombardy. The sheets are organized into rows (*Sectio*) and columns (*Colonne*), these serial numbers identify the actual sheet. In some provinces (Lower and Upper Austria, Lombardy, Venice, Parma, Modena, Hungary) the numbering of the columns is uniform: its starts at the westernmost sheet and increases eastwards. In the other provinces the starting point is the reference point, and the numbering of columns increases both east- and westwards. Tyrol and Salzburg, as well as Liechtenstein are also exceptional from the point of the numbering of sheets as well. The serial numbers of the sheets can be related to its actual geographic position only via the overview map. This property also advocates the consideration that the aforementioned sheets are rather transitional between the techniques of the two surveys.

The sheets, maintaining the same scale, were produced in two sizes: 24×16 Viennese inches (forming a rectangle) and 20×20 Viennese inches (forming a square). The extents of the sheets for the individual provinces are enlisted in Table 1.

The surveying activity ended in 1869. During this time the extent of the Habsburg Empire changed several times. The outlines of the individual provinces reflect the position of the borders at the time of the survey, that is why the time of the completion (summarized in Table 1 as well) is important in each case.

Table 1

Province	Period of the survey	Size of the sheets
Salzburg	1807–1808	24"×16"
Lower and Upper Austria	1809–1818	24"×16"
Tyrol, Vorarlberg, Lichtenstein	1816–1821	24"×16"
Lombardy, Venice, Parma, Modena	1818–1829	24"×16"
Hungary	1819–1869 (with pause)	24"×16"
Coastal Zone (Küstenland)	1821–1824	20"×20"
Styria	1821–1836	20"×20"
Illyria	1829–1835	20"×20"
Moravia and Silesia	1836–1842	20"×20"
Bohemia	1842–1853	20"×20"
Dalmatia	1851–1854	20"×20"
Transylvania	1853–1858; 1869–1870	24"×16"
Galicia and Bucovina	1861–1864	20"×20"
Croatia	1865–1869	20"×20"

The surveying periods of the various provinces of the Second Military Survey of the Habsburg Empire with the extent of the sheets in Viennese inches.

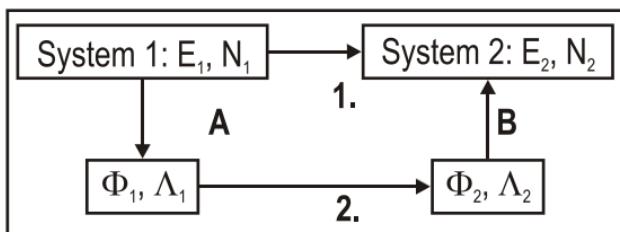
It is important to emphasize that the literature dealing with the reference points of the Second Military Survey ([8],[9],[10],[11]) defines the reference points of the cadastral system and not for the map sheets published here on digital media. The cartographic properties of the cadastral system is not discussed here.

The method of georeferencing

Georeferencing, or rectification, is a procedure in which the position of the object to be georeferenced will be defined relative to the Earth. In practice first a coordinate system is defined relative to the Earth, and then the coordinates describing the extent of the object are given in this predefined system.

In the practice of cartography the coordinate system is a system of the map sheet, also known as projected coordinate system. The two axes of this system are the Eastings and the Northings. To be able to map an object given in a coordinate system to another system of another map, it is necessary to know the type of the projections in question, their parameters and the used reference surfaces (datums). The scheme of the remapping is shown in Fig 1.

Fig. 1



Scheme of the map-to-map reprojection

Consider the steps of the map-to-map reprojection shown in Fig. 1. The transformation marked as “1” is the direct conversion between the two coordinate systems. In practice it can be realized by using polynomial equations of various order. However, the GIS software solutions typically do not include any possibility to implement or to define such conversions. This technique is implemented only in special dedicated software solutions. In the current release, the polynomial approach also implemented, namely in the case of Tyrol and Salzburg (those regions are difficult to register anyway).

The other way for the conversion is a three-step procedure: this path is marked by the consecutive application of steps labeled as “A”, “2” and “B”, respectively. Transformation “A” is described by the inverse equations

$$\Phi = g_1(E, N, p_1, \dots, p_n);$$

$$\Lambda = g_2(E, N, p_1, \dots, p_n).$$

where E and N are the projected planar coordinates of the point in question, and p_1, \dots, p_n are the parameters of the projection. The names of the axes, E : Eastings, N : Northings are self-explanatory, showing that the axes of the projected system have increasing values toward the E and the N , respectively. The transformation “B” is defined by the inverse equations

$$E = f_1(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n);$$

$$N = f_2(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n)$$

E
N
G
L
I
S
H
which are the direct projection equations.

The functions $f_1 f_2 g_1 g_2$ define the connection between the planar (projected) coordinates and the geographic (ellipsoidal) latitude and longitude. The actual format of these equations depends on the projection to be used, and from mathematical point of view they can have quite complicated mathematical expressions [12]. The everyday user of the GIS packages does not have to know these equations, since the software readily contains them as built-in functions. On the other hand the user has to specify p_1, \dots, p_n parameters of the projection. Depending on the type of the projection 4–6 parameters have to be defined. For any type of projection we need the coordinates of the reference point in geographic (ellipsoidal) and in projected planar coordinates; this means 2+2 data. The type of the further parameters (if any) depends on the chosen projection. The next two chapters contain the projection parameters of the provinces of the Second Military Survey; furthermore the types of the modern projection systems used presently and formerly in the region are enlisted together with their respective parameters.

The transformation marked with “2” in Fig. 1 represents the conversion between two geodetic datums. If we read the geographic (ellipsoidal) coordinates of a given point from two maps having different geodetic datums, we will get differing values. The aforementioned transformation establishes the connection between these two systems.

The definition of the geodetic datum of the maps requires, in the simplest case, 5 parameters. The orientations of these datums are not given, since these further values describing the transformation are not known.

From the aforementioned set of data two parameters describe the size and shape of the ellipsoid. Typically the length of the semimajor axis and either the length of the semiminor axis or the flattening or the eccentricity are given. The further 3 parameters, in units of meters, describe the position of the above defined ellipsoid relative to a Cartesian reference coordinate system, centered conveniently at the center of mass of the Earth. The Z axis of this right-handed coordinate system points towards the north pole, while the X axis points towards the common point of the Equator and the central meridian forming a right-handed orthogonal system.

The next two chapters contain these parameters for the geodetic datums of the Second Survey and for the modern systems as well.

Since the mapping of the Second Survey has been carried out in 8 different systems, and the territory today is shared by 15 countries (Crna Gora, or Montenegro, recently declared to be independent, forms the 16th of them). Since the times of the Second Survey some 30 different coordinate system was or is being used in these states. Consequently, it is necessary to introduce a common system, and the transformations are done to and from this base coordinate system. In practice of GIS the so-called WGS84 datum ellipsoid is used, centered at the center of

mass of the Earth; this geodetic datum is the reference to which the transformations are given in the next two chapters. The parameters given there are needed (and enough) to transform a point in any local system to WGS84. It is important to note that WGS84 is the system that is used by GPS positioning, therefore the aforementioned conversion parameters ascertain the GPS-compatibility of the maps. The helper application on the included media displays the WGS84 geographic (ellipsoidal) coordinates, beside of the planar (projected) coordinates in the chosen coordinate system.

The georeferencing of the map sheets of the Second Military Survey

In the Second Military Survey the Habsburg Empire has been divided into the aforementioned 14 domains (Fig. 1). Each province has its individual sheet layout. The mapping has been carried out in 8 individual projection systems, summarized in Table 2. The table contains the geographic (ellipsoidal) coordinates of the reference points on the geodetic datum defined below according to [13]. We have defined 8 projection systems with their own reference points. Each system is a Cassini or, in another terminology, a Cassini-Soldner projection. The planar coordinates of the reference point in its own system has been defined to be (0 m, 0 m).

There are controversial data concerning the geodetic datum. For the most map sheets the Zach-Oriani ellipsoid, mentioned by most of the literature sources, has been used [2],[3],[5],[10]. Its semimajor axis is 6376130 m and the flattening is 1/310. With the choice of any other reasonable ellipsoid, the deviation of coordinates caused by this choice is below 1 meter.

The longitude of the reference points of the survey is with reference to the meridian of Ferro (Hiero). The Ferro-Greenwich longitude difference has been defined to be equal to the so-called Albrecht-deviation (see [9]), rounded to the next integer arc second, i.e., $17^{\circ}39'46''$. In absolute sense the longitudes of Ferro are larger. It should be noted that there would not be any difference in the projection transformations in case of arc second or even arc minute difference, if this deviation is consequently taken into account both in the calculation of the reference points and in calculation of the displacement of geodetic datums.

The displacement parameters of the ellipsoid in the individual provincial systems have been calculated according to the coordinates of the reference points in Zach-Oriani ellipsoid and the coordinates in modern systems, using the values of geoidundulation at the points in question. The modern coordinates are taken partly from publications [2],[3],[9],[14],[15],[16],[17], partly from personal commu-

nication. In one case the coordinates stem from readings from the high-resolution satellite image of the Google Earth Project. The displacement parameters are given in Table 2.

Table 2

Reference point	Validity Area	Latitude	Longitude	dX(m)	dY(m)	dZ(m)
Wien-Stephansdom	Lower and Upper Austria, Hungary, Dalmatia, Moravia, Vorarlberg	48.20910	16.37655	+1752	+243	+580
Gusterberg	Bohemia	48.03903	14.13976	+1775	+205	+560
Schöklberg	Styria	47.19899	15.46902	+1775	+221	+563
Krimberg	Illyria, Coastal Zone	45.92903	14.47423	+1772	+202	+563
Lövenberg	Galicia, Bucovina	49.84889	24.04639	+1718	+192	+654
Salzburg	Transylvania	45.84031	24.11297	+1722	+376	+595
Ivanić	Croatia	45.73924	16.,42309	+1782	218	+556
Milano	Lombardy, Venice, Parma, Modena	45.45944	9.187569	+1260	+500	+991
-	Tyrol, Salzburg, Lichtenstein	-	-	-	-	-

The coordinates of the reference points of Cassini projections on Zach-Oriani ellipsoid [13] for the Second Military Survey and the displacement parameters of the ellipsoid

Concerning the reference point at Milan we did not find reference in the literature. However, in the archive of Kriegsarchiv (Vienna, Austria) we did find data for the determination of the coordinates of the cathedral of Milan by astronomical measurements [18]. Furthermore, an implicit reference was found that the Astronomical Observatory of Brara was the reference point of the North Italian geodetic network. This observatory is situated a few hundred meters to the north of the cathedral. We set the reference point to the northeastern corner of the cathedral; the modern coordinates were determined by reading of the georeferenced high-

resolution satellite image of the Google Earth Project. Using this reference point, the North Italian sheets could be georeferenced with the same error level as that of any other sheets in other provinces.

As it was mentioned above, there is no any coordinates indicated on the maps except for the sheets of Lombardy. In general case, therefore, the georeference is defined by the row and column number of the sheet, together with the position of their corners. The positions of the reference points of the various provinces are enlisted in Table 3.

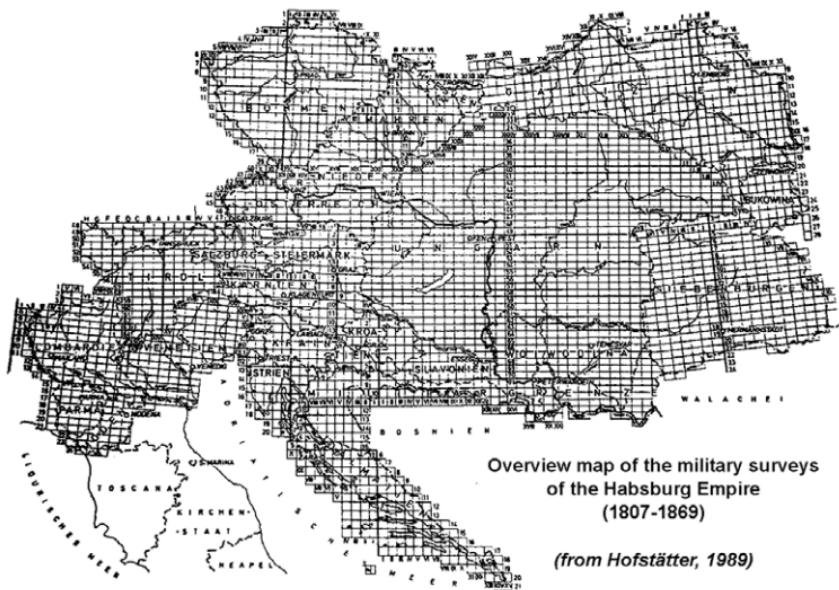
Table 3

Province	Reference point	Position of the reference point
Lower and Upper Austria, Hungary	Wien, Stephansdom	Center point of row #44, column #21
Moravia	Wien, Stephansdom	Midpoint of the common boundary of sheets row #17, columns #1 east and west
Dalmatia	Wien, Stephansdom	Northernmost point of the common boundary of sheets row #[-23], columns #1 east and west
Vorarlberg	Wien, Stephansdom	Like in the case of Lower and Upper Austria, but 0th column named as "A" and the (-1)th column named as "B" and so on for the negative numbered columns named successively by the alphabet.
Bohemia	Gusterberg	Midpoint of the common boundary of sheets row #23, columns #1 east and west
Styria	Schölkberg	Midpoint of the common boundary of sheets row #5, columns #1 east and west
Illyria and Coastal Zone	Krimberg	Northernmost point of the common boundary of sheets row #10, columns #1 east and west
Galicia, Bucovina	Löwenburg	Northernmost point of the common boundary of sheets row #9, columns #1 east and west
Transylvania	Vízakna	Northernmost point of the common boundary of sheets row #19, columns #1 east and west
Croatia	Ivanić	Northernmost point of the common boundary of sheets row #6, columns #1 east and west
Lombardy, Venice, Parma, Modena	Milan	Not regular, in sheet row #10, column #4, from its NW corner 4/5 sheet to the E, 5/8 sheet to S

The positions of the reference points in the mapping systems of the various provinces

The overview map of all of the map sheets (reproduced after [4]) is shown in Fig. 2. It is important to note, that the figure shows only the planned system for Salzburg and Tyrol; this is not the actual, eventually realized system.

Figure 2



Overview map of the military surveys
of the Habsburg Empire
(1807-1869)

(from Hofstätter, 1989)

The theoretical sheet layout of the Second Military Survey [4]

To define the georeference for each sheet, we have defined the appropriate projection systems and geodetic datums given in Table 2, and the four corners (defined by the border neatlines) have been used as Ground Control Points (GCPs). The actual corner positions in image coordinates have been manually digitized. The actual (planar) coordinates have been calculated from the following information (with reference to the actual system of the province in question): row and column number, information from Table 3, and the known extent of the map sheets. For the 24×16 inch sized maps the extent is 18206.2 m × 12137.5 m; for the 20×20 inch sized maps it is 15171.8 m in both directions. The four points define then the linear transformation to be used to resample the image in the target coordinate system. During this step of rectification the parts of the maps outside the border neatlines were removed. The resampled georeferenced map sheets form a mosaicked image in the target coordinate system.

It is described in the literature [15] that the Gusterberg system in Bohemia should be rotated slightly to become rectifiable in the modern coordinate systems based on the above defined Cassini projection. Our studies have shown that such a rotation should be applied to the map sheets of Dalmatia, too. The rotation values for the two aforementioned provinces are given in Table 4.

Table 4

Province	Reference point	Rotation angle
Bohemia	Gusterberg	-4° 22.3"
Dalmatia	Wien-Stephansdom	+1° 30"

Correctional rotation angles for the Czech and the Dalmatian projection systems. In case of negative values the north axis of the system should be rotated eastwards, in case of positive values westward.

The georeference of the modern maps

The Second Military Survey covers 16 present-day states fully or at least partly. Besides Austria it fully covers Hungary, the Czech Republic, Slovakia, Slovenia, Croatia and Lichtenstein. Considerable parts of Italy, Poland, Romania, Ukraine, Serbia are mapped, while German territories to the border with Austria and parts of Bosnia and Herzegovina and Crna Gora adjacent to Croatia are included. Even a part of Switzerland is also mapped. The ellipsoids, datums, projections system parameters for the modern coordinate systems are given in Tables 5, 6 and 7. Further information can be found in references [8],[9],[19],[20],[21],[22],[23],[24].

Table 5

Ellipsoid	semimajor axis (m)	semiminor axis (m)	inverse flattening
Bessel 1841	6377397	6356078.96	299.1528128
International 1924 (Hayford)	6378388	6356911.95	297
Krasovsky 1940	6378245	6356863.02	298.3
GRS67 (IUGG67)	6378160	6356774.516	298.2471662
GRS80 (WGS84)	6378137	6356752.31	298.2572221

The ellipsoids of present-day systems used in the states mapped in Second Military Survey

E
N
G
L
I
S
H

Table 6

Datum	Ellipsoid	dX (m)	dY (m)	dZ (m)	Country
WGS84	WGS84	0	0	0	used in general
GRS80	WGS84	0	0	0	Poland
MGI	Bessel 1841	+592	+80	+460	Austria
MGI-SI	Bessel 1841	+669	-205	-472	Slovenia
MGI-HR	Bessel 1841	+674	-203	-474	Croatia
MGI-YU	Bessel 1841	+696	-217	-491	Serbia, Bosnia and Herzegovina, Crna Gora
S-JTSK	Bessel 1841	+589	+76	+480	Czech Republic, Slovakia
S42 (Pulkovo 1940)	Krasovsky 1940	+28	-121	-77	Czech Republic, Slovakia, Hungary, Romania, Ukraine, Poland
HD72	GRS67	+57	-70	-9	Hungary
Monte Mario	Hayford	-225	-65	-9	Italy
DHDN77	Bessel 1841	+631	+23	+451	Germany
Bern-1903	Bessel 1841	+674	+15	+405	Switzerland, Lichtenstein

Displacement parameters of geodetic datums used in the countries involved in Second Military Survey (direction of transformation: local system to WGS84)

Table 7

Country	Projection	Datum	Type	Φ_0	Λ_0	FE	FN	k
general	NUTM32	WGS84	TM	0°	9°	500000	0	0.9996
general	NUTM33	WGS-84	TM	0°	15°	500000	0	0.9996
general	NUTM34	WGS-84	TM	0°	21°	500000	0	0.9996
general	NUTM35	WGS-84	TM	0°	27°	500000	0	0.9996
CZ, PL, SK, HU, RO, UA	GK33	S42	TM	0°	15°	3500000	0	1
	GK34	S42	TM	0°	21°	4500000	0	1
	GK35	S42	TM	0°	27°	5500000	0	1
AT	BMN28	MGI	TM	0°	10°20'	150000	-5000000	1
	BMN31		TM	0°	13°20'	450000	-5000000	1
	BMN34		TM	0°	16°20'	750000	-5000000	1
CZ, SK	Krovák	S-JTSK	see the notes					
HU	EOV*	HD72	OM	47.14439°	19.04857°	650000	200000	0.99993
PL	Uk65S1	S42	ST	50.625°	21.08333°	5467000	4637000	0.9998
	Uk65S5		TM	0°	18.95833°	237000	-4700000	0.999983
	GUGiK80		ST	52.16667°	19.16667°	500000	500000	0.999714
RO	Stereo70	S42	TM	0°	19°	500000	-5300000	0.9993
SI	GK-SI	MGI-SI	TM	0°	15°	500000	0	0.9999
HR	HDKS5	MGI-HR	TM	0°	15°	5500000	0	0.9999
	HDKS6		TM	0°	18°	6500000	0	0.9999
SR, BH, CG	GKYU-5	MGI-YU	TM	0°	15°	550000	0	0.9999
	GKYU-6		TM	0°	18°	500000	0	0.9999
	GKYU-7		TM	0°	21°	7500000	0	0.9999
IT	Gauss-Boaga Vest	Monte Mario	TM	0°	9°	1500000	0	0.9996
	Gauss-Boaga Ovest		TM	0°	15°	2520000	0	0.9996
DE	GK3	DHDN-77	TM	0°	9°	3500000	0	1
	GK4		TM	0°	12°	4500000	0	1
CH, LI	CH-1903*	Bern-1903	OM	46.95241°	7.43958°	600000	200000	1
	LV95*		OM	46.95241°	7.43958°	2600000	1200000	1

*= the azimuth of the central line at the projection center is 90°

In [20],[22] the definition of the oblique azimuthal conical projection of Krovák system can be found. In some applications it can be approximated by a Lambert conic projection [19],[20],[21]. Abbreviations of projections: TM: transversal Mercator, ST: stereographic, OM: oblique Mercator

Present-day projections used in countries involved by Second Military Survey.

Errors of georeferencing

The errors of the georeferencing method described above is interpreted in this case on the basis of the error of the coordinates that are displayed by the cursor in WGS84 or other user-specified projection on the scanned survey sheets. In order to provide error estimation, the entire technological chain is discussed here, starting with the surveying and ending up with the display of the scanned map in a given coordinate system together with the possible errors introduced at each step.

The first error source lies within the geodetic framework of the map survey. Although survey techniques provided high accuracy angle measurements at that time, it is important to emphasize that no adjustment was used, since it did not exist at that time. Therefore, this is the reason of a major, probably one of the most significant errors. Also, a deviation of similar scale is caused by the choice that we use the Cassini-projection for the regional surveys. This is not conform with the mapping directives of that time [5], however, among the projections available in GIS-software the Cassini-projection is the best choice. According to our experience the combined effect of the two aforementioned error sources ranges around 200 meters. The error is most significant in the Hungarian provincial system that covers large areas, whereas in the smaller, or later surveyed regions have an order-of-magnitude smaller error. In the case of Tyrol and Salzburg, probably having no geodetic framework, errors even larger than 200 metres occur. Deviations arising from the choice of the ellipsoid are below the meter scale and can be neglected from a topographical point of view.

Maps and hardcopies were produced from the survey results according to the projection rules. During the copy procedure certain errors are introduced that add up with errors resulting from the change in shape and size of the paper that was stored more than one hundred years. These effects do not increase further the above mentioned error value.

Before the advent of the computer, mosaicking of the paper-based survey sheets was only possible if the frame of the map along the margin was folded back. Since this has been done quite frequently, the original western and southern (left and bottom) neatlines of the sheets were eliminated due to wear and tear of the paper. In consequence of this usage a few mm thick area became illegible, so the position of the border neatline cannot be determined precisely. The georeferencing procedure described in Chapter 4 uses the 4 corners of the border frame of the map sheet. Since out of these four points only one, the northeastern one remains well defined, the approximate positions of the remaining three introduce a further 5–12 m error.

During the scanning of the maps, the scanner itself introduces an internal error because of probable distortion. This value is most probably less than effect of the

other error sources. Due to the large extent of the maps the scanning procedure may introduce scanning stripes while the sheet is being moved. The stripes influence the georeferencing, too, introducing internal distortion. However, the errors of the parameters of the geodetic datum, described in Chapter 4, are caused primarily by the lack of adjustment, the effect of the stripes do not increase the overall error. The equations defining the projection and their inverse counterparts are precise on mm scale, while the accuracy of the parameters of the present-day datums is 2 m, concerning the Warsaw Pact Gauss-Krüger coordinates in Ukraine this error can reach 15 m.

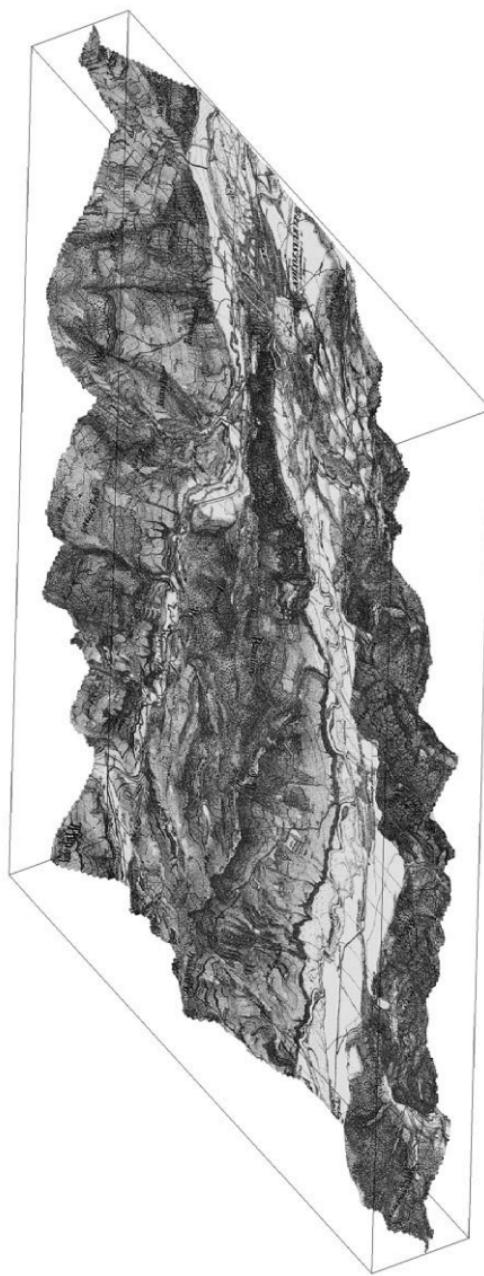
Possible applications

The transformation of the cartographic content of the map sheets of the Second Military Survey makes possible the integration of the natural and built environment of the first and second third of the 19th century with the present-day databases providing a straightforward way to analyse them together. The modern data can be scanned maps, vector data, aerial photos and satellite imagery, digital elevation models, geological, geophysical, meteorological and biological observations, sketch maps of military history, engineering or hydrological drawings, etc. Over the georeferenced map sheets GPS tracklogs can be projected, introducing the “time machine” function of GIS. This way it is possible to observe the contemporaneous environment of the Second Military Survey in the vicinity of the track.

It is of special importance if we combine the publicly available digital elevation data of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM, [25]) with the sheets of the Second Survey. The 3-dimensional images [26] of survey maps help the environmental or military historical analyses, since the topography, with minor exceptions of the modifying effects of opencast mining, remained primarily the same since the time of the map creation. This way the mapping technique of the early 19th century is linked to the data provided by the modern space-born technology via the georeference. Such an image is presented in Fig. 3.

References: Page 56

Fig. 3.



The map sheet of the Second Military Survey of vicinity of Kolozsvár (Cluj-Napoca, Klausenburg) draped over the SRTM digital elevation model [25].

Die Aufnahmesektionen der zweiten militärischen Aufnahme und ihre rektifizierte Variante

Gábor TIMÁR, Gábor MOLNÁR, Balázs SZÉKELY,
Sándor BISZAK, József VARGA, Annamária JANKÓ

D
E
U
T
S
C
H

Einleitung	20
Übersicht über die zweite militärische Landesaufnahme	22
Die Georeferenzierungsmethode	25
Die Georeferenzierung der Aufnahmesektionen der zweiten militärischen Landesaufnahme	28
Die Rektifikation der Gebiete der heutigen Landkarten	32
Die Fehlergrenzen der Georeferenzierung	35
Anwendungsmöglichkeiten	36
Literaturverzeichnis	56

Einleitung

Die zweite militärische Aufnahme [1] (Franziszeiche Landesaufnahme), welche das Gebiet der Österreichisch-Ungarischen Monarchie darstellt ist ein Kunstwerk der Kartierungskunde. Was die Angaben, die Signaturen und die Ästhetik betreffend ist das Werk ausgezeichnet. Weil die Kartierung lange dauerte (1806–1869), sind die Landkarten weder inhaltlich noch in der technischen Ausführung einheitlich, man kann aber aus den Erfahrungen der letzten Zeit feststellen, dass diese Kartenblätter auch heutzutage noch gut brauchbar sind.

Die durch lange Zeit hindurch in den Archiven versteckten Kartenblätter waren nur für die militärische Kartographie zugänglich. In Ungarn wurde ab den 90er Jahren das Kartenwerk auch für andere Berufskreise (zum Beispiel: Archäologen, Hydrologen, Förster, Fachleute des Naturschutzes) mit – was am wichtigsten ist – all seinen vorteilhaften Besonderheiten bekannt. Verschiedene (zumeist schwarz-weiße) Reproduktionen der wichtigsten Gebiete gerieten in alle Hände, da die guten geodätischen Grundlagen des Kartenwerks [1], [2], [3], [4], [5], [6] es möglich machten, die damalige Topographie der einzelnen Gebiete mit der heutigen mit entsprechender Genauigkeit zu vergleichen.

Der Bedarf nach Kartenblättern im Kreise der Fachleute auf dem Gebiet der Flussregelung und des Naturschutzes wuchs stetig. Die Firma Arcanum Database Hungary und das Kartenarchiv des Ungarischen Museums und Instituts für Kriegsgeschichte versuchte diesem Anspruch gerecht zu werden. In der Folge gaben sie zusammen ein DVD-ROM Set aus, welches die durch das Kartenarchiv des Ungarischen Museums und Instituts für Kriegsgeschichte bewahrten Kartenblätter in digitalisierter Form zum Gemeingut machte.

Der Anspruch auf die Rektifizierung (Einpassung in ein Koordinatensystem) der Kartenblätter tauchte bereits sehr früh auf. Nach dem Erscheinen der digitalisierten Produkte verstärkte sich jedoch dieser Wunsch in breiten Kreisen enorm. Ansatzweise entstanden zahlreiche Versuche einige wenige Kartenblätter in den verschiedenen Instituten, dem Anspruch und dem Fachwissen der einzelnen Fachleuten entsprechend zu rektifizieren. Es wurde aber deutlich, dass eine einheitliche, unter Berücksichtigung der geodätischen Grundlage des Kartensystems korrekte Lösung mit minimalem Fehler notwendig ist.

Unsere gegenwärtige Arbeit wurde von diesem immer steigenden Anspruch motiviert. Bei der Erstellung der Rektifikation haben wir selbstverständlich auf die Genauigkeit geachtet. Bald wurde es deutlich, dass man bei der Verwendung der in der Fachliteratur aufgeführten geodätischen Grundlagen 150–200 m Genauigkeit erreichen kann. In den meisten Fällen jedoch konnte nicht einmal diese Genauigkeit erreicht werden (siehe Details weiter unten im Text). Aus den früheren Erfahrungen im Bezug auf die Einpassung von einige Duzende

Kartenblätter haben wir gewußt, dass die Genauigkeit jener Kartenblätter, in die früher existente und auch heute noch vorhandene Geländeobjekte mit entsprechender Genauigkeit während der zweiten militärischen Landesaufnahme aufgenommen worden sind, mit Kontrollpunkten (Ground Control Points, GCP) der Fehler in der Genauigkeit auf 50 – 70 m reduziert werden kann.

Anfangs schien diese Lösung am wahrscheinlichsten, obwohl es einen enormen Arbeitsaufwand darstellte. Es tauchte aber auch die Möglichkeit auf, nicht nur die in Ungarn, sondern auch die im Kriegsarchiv befindlichen Kartenblätter in das Projekt einzubeziehen, so mussten wir auf diese Lösung verzichten. Der Grund war erstens die enorme Menge der Kartenblätter, zweitens die Tatsache, dass 16 Staaten betroffen waren und die modernen Karten mit entsprechender Genauigkeit zur Bestimmung der Lage der Kontrollpunkte nicht immer frei zugänglich sind. Teilweise konnten wir die rektifizierten Satellitenbilder von Google Earth verwenden, jedoch sind hier die meisten hochauflösenden Bilder von urbanen Gebieten gemacht worden. So bietet auch dieses Verfahren keine allgemeine Lösung des Problems. Dazu kommt noch dass auf vielen Kartenblättern nicht genügend erkennbare Kontrollpunkte vorhanden waren, um eine Fehlerreduktion zu erreichen.

Unter Berücksichtigung der oben erwähnten Schwierigkeiten und des Umstandes, dass ein Arbeitsaufwand von 3–4 Jahren notwendig gewesen wäre, haben wir die Fehlerquelle und deren Größe analysiert (siehe unten) und uns entschlossen, dass wir die geodätische Grundlage zur Rektifizierung verwenden. Für jene Gebiete, die auf diese Weise nicht rektifiziert werden konnten, weil das in der Fachliteratur beschriebene System nicht verwendet werden konnte oder verbessert werden musste, haben wir ein neues System ausgearbeitet. Das hier vorgestellte Datensystem ist also nicht nur in seinem Informationsgehalt, sondern auch in der Methode der Rektifikation eine wesentliche Neuheit.

Wir sind sicher, dass die auf 150–200 m geschätzte Genauigkeit (welche bei den einzelnen Kartenblätter um das doppelte verbessert werden kann) durch die Verwendung und durch die Erfahrungen der Benutzer stetig besser wird. Wir ermutigen deshalb die Benutzer, ihre Erfahrungen oder Beobachtungen in Bezug auf die Anpassung mit den Autoren zu teilen und so eine neue, korrigierte Rektifizierung zu schaffen.

Im letzten Teil der Einleitung möchten wir noch auf die Methode der ausgewählten Datenkomprimierung eingehen. Die Größe der Kartenblätter und die erwünschte gute Qualität der Rasterdaten erzeugen eine riesige Datenmenge. Ein Kartenblatt in 3 Farben, mit 300 dpi Auflösung enthält 100 Mbyte an Information. Es ist klar, dass hier ein adequates Komprimierungsverfahren nötig ist. Normalerweise die gescannten Karten werden im JPEG Format gespeichert, weil diese mit einem sogenannten Word File (JPGW) ergänzt, als rektifizierte

D
E
U
T
S
C
H

Daten lesbar für die Geoinformationssysteme (GIS) sind. Schließt entschlossen wir uns, das ECW (Enhanced Compressed Wavelet) Format zu verwenden, weil dieses kompakter als das JPEG Format und mit den neueren Softwarepaketen kompatibel ist. Somit bietet das ECW Format eine geoinformatisch ausgeföhltere Lösung dar.

Übersicht über die zweite militärische Landesaufnahme

Dem Militärikommando des Habsburgerreiches wurde während der napoleonischen Kriege deutlich, dass die im Jahre 1780 konstruierte Erste oder Josephinische Aufnahme den neuen Anforderungen der Kriegsführung nicht mehr entspricht. Für die während der Französischen Revolution neu eingeführten, sich zu Beginn auf Freiwillige stützenden und später auf Musterung ausgerichteten stehenden Heere wurde eine neue, detailliertere Karte benötigt. Für die große Anzahl an Soldaten musste eine entsprechende Marschroute gefunden und der Nachschub gesichert werden. Ebenso war die Auswahl eines geeigneten Kriegsplatzes vom Vorhandensein genauer Karten abhängig.

Franz I. gab im Jahre 1806 den Kabinettsbefehl, in dem er die kartographische Neuaufnahme aller Territorien des gesamten Habsburgerreiches verordnet. Neben der Detailaufnahme bedeutete das geplante und über ein halbes Jahrhundert hinweg konstruierte Kartenwerk auch eine Erneuerung bezüglich der geodätischen Grundlagen. Zur Zeit der Aufnahme standen schon die, unter der Leitung des Jesuiten Joseph Liesganig nach der Grundlinie ausgeführten Aufnahmen zur Verfügung, aber während der zweiten militärischen Aufnahme bedeuteten auch die Daten der gleichzeitig begonnenen ersten Triangulierung des Habsburgerreiches eine wichtige Stütze [1]. So bilden die Aufnahmesektionen der zweiten militärischen Aufnahme das erste topographische Kartenwerk im großem Maßstab, welches das Gebiet des Habsburgerreiches unter Verwendung einer geodätischen Grundlage, in einer bestimmten Projektion abbildet.

Es soll hier erwähnt werden, dass man unter der geodätischen Basis eine, dem Standard der damaligen Zeit entspricht zu verstehen hat. Die Koordinaten der geodätischen Hauptpunkte wurden mit astronomischen Methoden bestimmt; deswegen findet man unter den Bezugspunkten auch Sternwarten. Laut der Fachliteratur verwendete man für die Projektion auf eine ebene Fläche die Cassini-Projektion, obwohl diese Methode wegen der inkonsequenten Anwendung des Cassinischen Grundsatzes nicht als Projektion angesehen werden kann. Die Projektion von Cassini ist jene transversale Zylinderprojektion des Ellipsoids, welche eine allge-

meine Verzerrung hat, aber auf dem Meridian des Anfangspunktes und auf den darauf senkrecht gerichteten geodätischen Linien längentreu ist.

Dagegen kann man sich die Länge der Seiten des zusammenhängenden Triangulierungsnetzes auf einem Ellipsoid als Flächenlänge vorstellen, die Flächenwinkel des Dreieckes wurden aus den Winkel des Ellipsoids mit Reduktion der Sehnen ausgerechnet. Die Fehler der Winkel wurden zwischen den inneren Winkel des Dreieckes gleichmäßig verteilt.

Die Längen wurden ohne Reduktion in die Fläche integriert, diese Form der Darstellung ist nicht als Cassini-Projektion zu betrachten, und ist nicht eindeutig, weil zwischen den unterschiedlich ausgerechneten Koordinaten sehr bedeutende Widersprüche sind. Die Unsicherheit einer 600 km langen geodätischen Linie war ungefähr 1 km [5].

Der Mittelpunkt der Projektion wäre laut den ursprünglichen Vorstellungen in Wien gewesen und die Aufnahme sie würde dann mit diesem Punkt entsprechender Sektionierung auf dem ganzen Gebiet des Habsburgerreiches vollgebracht. Später wurde es klar, dass die Verzerrungen einer in einem einheitlichen System (also in einer Projektionszone) konstruierten Karte, vor allem im westlichen und östlichen Grenzbereich, von der wiener Meridionalline entfernt zu groß gewesen wäre [1]. Einige Provinzen (Österreich unter der Enns, Österreich ob der Enns, Mähren, Ungarn und Dalmatien) wurden nach der wiener Sektionierung konstruiert, bei der Verfertigung der anderen Provinzen wurden aber eigene und unterschiedliche Projektionsmittelpunkte und Sektionierungen verwendet. Diese werden im nächsten Abschnitt ausführlicher erläutert.

In dieses relativ einheitliche System passen sich zwei Provinzen nicht ein, nämlich Salzburg und Tirol. Zu den Aufnahmesektionen dieser Provinzen kann kein eindeutiger Mittelpunkt der Projektion zugeordnet werden. Der Grund liegt darin, dass während der ersten militärischen Aufnahme keine detaillierten Aufnahmesektionen dieser zwei Provinzen angefertigt wurden. Salzburg gehörte damals nicht zum Habsburgerreich, die Kartierung in Tirol wurde vorgenommen, wurde aber – teils wegen den schlechten Arbeitsbedingungen im Hochgebirge, teils wegen der geringeren militärischen Bedeutung – nicht zur Ende geführt. Die Sektionen der zweiten militärischen Aufnahme von Salzburg und Tirol sind mit dem Kartenwerk der ersten militärischen Aufnahme verwandt, deswegen ist es wahrscheinlich, dass damals – nicht wie in den anderen Provinzen – keine stabile geodätische Basis existierte. Aus diesem Grund muss man diese Provinze anders rektifizieren als die anderen.

Der Maßstab der Aufnahmesektionen ergibt nach der Umrechnung der früheren Maßeinheiten 1:28800, also den gleichen Maßstab, wie die erste militärische Landesaufnahme [4], [5], [6], [7]. Auf den Aufnahmesektionen (mit Ausnahme der Lombardei) sind die Koordinaten nicht angegeben. Die Sektionen bestehen

D
E
U
T
S
C
H

aus Reihen (Sectio) und aus Kolumnen (Colonne). Mit Hilfe dieser Zahlen ist eine Identifikation der Sektionen möglich. Bei einem Teil der Provinzen (Österreich ob und unter der Enns, Lombardei, Venedig, Parma, Modena, Ungarn) ist die Nummerierung der Kolumnen einheitlich, fängt bei der am westlichsten liegenden Kolumne an und setzt sich mit steigender Nummerierung fort. Bei den anderen Provinzen nimmt man den Mittelpunkt der Projektion an. Vom Mittelpunkt steigt die Nummerierung der Kolumnen die Richtungen Ost und West an. Tirol, Salzburg und Lichtenstein bilden eine Ausnahme im Bezug auf die Identifikation der Sektionen. Die Nummern der einzelnen Aufnahmesektionen dieser Provinzen weisen nur mit Hilfe der Übersichtskarten auf die eigentliche geographische Lage dieser Sektionen hin. Diese Besonderheit zeigt den Übergangscharakter dieser Sektionen zwischen der ersten und der zweiten Landesaufnahme.

Die Größe der Aufnahmesektionen unter Beibehaltung des einheitlichen Maßstabs ist unterschiedlich. Sie variiert zwischen 24×18 Wiener Zoll (rechteckig) und 20×20 Wiener Zoll (quadratisch) Ausbreitung. Die Übersichtstabelle 1. zeigt welche Größe die einzelnen Provinzen hatten.

Die zweite militärische Aufnahme dauerte bis 1869. Während dieser Zeit veränderte sich das Gebiet des Habsburgerreiches mehrmals. Die dargestellte Ausbreitung der einzelnen Provinzen spiegelt die Grenzverhältnisse zur Zeit der Aufnahme wieder, deswegen ist die zur Herstellung verwendete Zeit wichtig. In der Tabelle 1. ist eine Übersicht über die verschiedenen Provinzen zu sehen:

Übersichtstabelle 1.

Die Zeitdauer der Ausführung der zweiten militärischen Aufnahme in Bezug auf die

Provinz	Zeit der Aufnahme	Sektionsgröße
Salzburg	1807–1808	$24'' \times 16''$
Österreich ob und unter der Enns	1809–1818	$24'' \times 16''$
Tirol, Vorarlberg, Lichtenstein	1816–1821	$24'' \times 16''$
Lombardei, Venedig, Parma, Modena	1818–1829	$24'' \times 16''$
Ungarn	1819–1869 (mit Pausen)	$24'' \times 16''$
Küstenland	1821–1824	$20'' \times 20''$
Steiermark	1821–1836	$20'' \times 20''$
Illyrien	1829–1835	$20'' \times 20''$
Mähren und Schlesien	1836–1842	$20'' \times 20''$

Provinz	Zeit der Aufnahme	Sektionsgröße
Böhmen	1842–1853	20"×20"
Dalmatien	1851–1854	20"×20"
Siebenbürgen	1853–1858; 1869–1870	24"×16"
Galizien und Bukowina	1861–1864	20"×20"
Kroatien und Slavonien	1865–1869	20"×20"

Provinzen des Habsburgerreiches und die Größe der einzelnen Sektionen

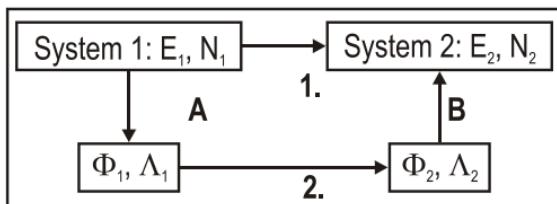
Hier soll erwähnt werden, dass die Fachliteratur, die sich mit den Projektionsmittelpunkten der zweiten militärischen Aufnahme befasst, nicht die hier aufgelisteten Projektionsmittelpunkte, sondern die Mittelpunkte der Katastervermessung [8], [9], [10], [11] angibt. Mit diesen beschäftigen wir uns in dieser Arbeit nicht, wir stellen nur die Systeme der Sektionen auf den Datentagern vor.

Die Georeferenzierungsmethode

Georeferenzierung bedeutet, dass dem zu referenzierenden Objekt auf der Erde ein fixer Platz zugewiesen wird. In der Praxis geschieht dies durch die Definition eines (in unserem Fall auf die Erde fixiertes) Koordinatensystems und die Angabe der Koordinaten des Objektes in diesem Koordinatensystem.

In der Praxis der Kartographie entspricht das Koordinatensystem praktisch dem System des Kartenblattes, das als Projektionskoordinatensystem bezeichnet wird. Die Achsen des Systems sind die östlichen (Eastings) und die nördlichen (Northings) Richtungen. Um das in diesem System angegebene Objekt in ein anderes Projektionssystem zu konvertieren, muss man den Typ, die Parameter und die Bezugsfläche der Projektion kennen. Die Abbildung 1. fasst die Methoden der Umrechnung zusammen.

Abbildung 1.



Schema der Umrechnungsschritte zwischen verschiedenen Projektionen

D
E
U
T
S
C
H

Schauen wir uns jetzt die Schritte in Abbildung 1. an. Die Transformation Nr. 1. ist die unmittelbare Umrechnung zwischen den zwei Projektionskoordinatensystemen, welche in der Praxis durch Polynomialgleichungen mit unterschiedlichen Graden zu verwirklichen sind. Weil die gängige Geoinformations-Software den Benutzern keine Definition dieser Transformationen erlaubt, kann man diese Berechnungen nur im Einzelfall verwenden. Wir verwenden dieses Verfahren im Darstellungsprogramm auf dem Datenträger, und zwar bei den Sektionen der Provinzen Salzburg und Tirol, die anders nicht rektifizierbar sind.

Die andere Umrechnung erfolgt nach den Schritten „A“, „2“ und „B“.

Die Transformation „A“ erfolgt über die inversen Gleichungen

$$\Phi = g_1(E, N, p_1, \dots, p_n);$$

$$\Lambda = g_2(E, N, p_1, \dots, p_n).$$

wobei E und N die zweieachsigen Koordinaten des untersuchten Punktes und $p_1 \dots p_n$ die Parameter der Projektion sind. Die Benennung (E : Easting, N : Northings, also Koordinaten in östliche und in nördliche Richtung) zeigt an, dass die Werte des Koordinationssystems in östliche und in nördliche Richtung ansteigen, also das System nordöstlich orientiert ist. Die Transformation „B“ funktioniert genau umgekehrt,

$$E = f_1(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n);$$

$$N = f_2(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n)$$

Diese beschreibt man als direkte Gleichung der Projektion.

Die mit f_1 , f_2 , g_1 und g_2 gekennzeichneten Funktionen ergeben – wie man das von den Formeln ablesen kann – den Kontakt zwischen den zweieachsigen Koordinaten der Projektion und der geographischen Länge und Breite. Die Form dieser Funktionen hängt vom Typ der Projektion ab und ist meistens sehr kompliziert [11], aber ein Anwender im Bereich der Geoinformatik muss diese nicht unbedingt kennen, weil diese Gleichungen bereits im Computerprogramm integriert sind. Man soll aber die Parameter der Projektion $p_1 \dots p_n$ und den Typ der Projektion kennen. Das bedeutet, dass abhängig vom Typ der Projektion 4 bis 6 Werte bekannt sein müssen. Wenn wir eine Projektion definieren wollen, so müssen wir die geographischen Koordinaten und die Koordinaten der Projektion angeben, das bedeutet insgesamt 2 + 2, also insgesamt 4 Parameter. Die Art der weiteren Parameter hängt vom Typ der Projektion ab. In den folgenden zwei Absätzen fassen wir die Projektionen der einzelnen Provinzen der zweiten militärischen Aufnahme und den Typ und die Parameter der heute in diesen Gebieten verwendeten Projektionen zusammen.

Die auf der Abbildung 1. dargestellte, mit Nr. „2“ kenzeichnete Transformation bezeichnet die Umrechnung zwischen dem geodätischen Datum der einzelnen Projektionen. Wenn wir die geographischen Koordinaten eines Punktes von einer Karte mit unterschiedlichem geodätischem Datum ablesen, erhalten wir unterschiedliche Werte. Die Transformation schafft eine Verbindung zwischen diesen beiden Koordinatenpaaren.

Wenn wir die Bezugsfläche der Karten nach unserer Methode angeben wollen, brauchen wir dazu 5 Parameter. Wir geben somit nicht die Ausrichtung der Bezugsflächen an, weil die Parameter dafür nicht bekannt sind.

Von diesen Parametern beschreiben 2 die Größe und Gestalt des Ellipsoides (im Allgemeinen ergeben diese die Länge der großen Halbachse und die Länge der kleinen Halbachse, oder die Abflachung oder die Exzentrizität). Die weiteren 3 Parameter ergeben die Lage des Ellipsoids im Raum in Meter, in jenem rechtwinkeligen Koordinatensystem, welches am Massenmittelpunkt der Erde fixiert ist. Die Achse Z des Koordinatensystems ist der nördliche Pol, die Achse X zeigt in die Richtung des Schnittpunktes des Äquators und des Meridians, und das System ist rechtsdrehend.

In den folgenden zwei Abschnitten geben wir auch diese Parameter, sowohl in Bezug auf die zweite militärische Landesaufnahme als auch in Bezug auf die heutigen Systeme an.

Die Kartierung der Provinzen im Zuge der zweiten militärischen Aufnahme geschah in 8 eigenständigen Systemen, die aufgenommenen Gebiete liegen in 15, mit der Unabhängigkeit von Crna Gora sogar in 16 heutigen Ländern, in welchen beinahe 30 unterschiedliche Projektionssysteme verwendet wurden oder werden. Deswegen ist es notwendig ein einheitliches System einzuführen und die Projektionen und die Bezugsfläche aller Karten mit Hilfe dieses einheitlichen Systems zu berechnen und auch zu transformieren. In der Praxis der Geoinformatik ist das am Massenmittelpunkt der Erde fixierte, WGS84 (World Geodetic System 1984) genannte Datumsellipsoid das Bezugssystem, auf das man diese Transformationen beziehen kann. Die in den folgenden zwei Absätzen beschriebenen Parameter sind also zur Umrechnung zwischen dem einen System und WGS84 nötig. Es soll hier noch erwähnt werden, dass das WGS84 System ein durch das GPS (Global Positioning System) verwendetes Koordinatensystem ist, diese Parameter also auch die GPS-Kompatibilität der Karten sichern. Das Programm auf dem Datenträger gibt die Koordinaten neben den gültigen Koordinaten in der von uns ausgewählten Projektion auch in WGS84 (geographischen) Koordinaten an.

D
E
U
T
S
C
H

Die Georeferenzierung der Aufnahmesektionen der zweiten militärischen Landesaufnahme

Während der zweiten militärischen Landesaufnahme wurde das Gebiet des Habsburgerreiches auf 14 Provinzen aufgeteilt, wie das auch aus der Übersichtstabelle 1. ersichtlich ist. Die Karten dieser Provinzen sind nach individuellen Sektionierungen geordnet. Während der Kartierung wurden 8 unterschiedliche Projektionssysteme verwendet, welche in der Übersichtstabelle 2. zusammengefasst sind. Hier geben wir die nach [13] gültigen geographischen (ellipsoidischen) Koordinaten an, die sich auf die unten angegebene Bezugsfläche beziehen. Mit diesen 8 Projektionsmittelpunkten wird auf dieser Bezugsfläche ein aus 8 Projektionen bestehendes Projektionssystem definiert. Alle Teilprojektionen des Systems sind Cassini-, oder nach anders genannt Cassini-Soldner Projektionen. Die Koordinaten der Projektionsmittelpunkte der Projektionen sind in allen Fällen 0 Meter.

Es gibt widersprüchliche Daten in über die Bezugsfläche der Landesaufnahme. Bei der Georeferenzierung der Sektionen wurde das Zach-Orianische Hybridellipsoid als Bezugsfläche [2], [3], [5], [10] angenommen. Seine halbe Großachse ist 6376130 Meter, die Abflachung ist 1/310. Bei der Wahl eines anderen Ellipsoids und der dementsprechenden Berechnung der Parameter kommt es zu einem Unterschied von unter einem Meter.

Die Mittelpunkte der Landesaufnahme beziehen sich auf die Meridianlinie von Ferro. Während der Georeferenzierung der Aufnahmesektionen wurde der Unterschied Ferro-Greenwich konsequent gemäß der in der Fachliteratur [9] beschriebenen, sogenannten Albrecht'schen Deviation als $17^{\circ} 39' 46''$ definiert (die Bogensekunden wurden auf ganze Sekunden gerundet). Absolut gesehen sind die Ferro-Längen größer. Bei einer Abweichung von einigen Bogensekunden, sogar Bogenminuten würden keine signifikanten Abweichungen bei der Transformation zwischen den Projektionen entstehen, wenn der Unterschied Ferro-Greenwich bei der Angabe der Projektionsmittelpunkte und bei der Berechnung der Positionsparameter berücksichtigt wird.

Die in den gegebenen Provinzsystemen gültigen Positionsparameter wurden mit Hilfe der Koordinaten der Projektionsmittelpunkte, die entweder auf dem Zach-Oriani Ellipsoid gültig, oder in heutigen Systemen bekannt sind, und mit Hilfe der gegebenen punktuellen Werten der Geoid-Undulationen berechnet. Die modernen Koordinaten sind einerseits aus Daten aus der Literatur [2], [3], [9], [14], [15], [16], [17] und aus persönlicher Kommunikation, andererseits aus den hochauflösenden Satellitenbildern von Google Earth bekannt. Die Parameter sind in der Übersichtstabelle 2. zusammengefaßt.

Übersichtstabelle 2.

Projektionsmittelpunkt	Geltungsbereich	Breite	Länge	dX	dY	dZ
Wien-Stephansdom	Österreich ob und unter der Enns, Ungarn, Dalmatien, Mähren, Vorarlberg	48,20910	16,37655	+1752	+243	+580
Gusterberg	Böhmen	48,03903	14,13976	+1775	+205	+560
Schöcklberg	Steiermark	47,19899	15,46902	+1775	+221	+563
Krimberg	Illyrien, Küstenland	45,92903	14,47423	+1772	+202	+563
Löwenburg	Galizien, Bukowina	49,84889	24,04639	+1718	+192	+654
Hermannstadt	Siebenbürgen	45,84031	24,11297	+1722	+376	+595
Ivanić	Kroatien	45,73924	16,42309	+1782	218	+556
Milano	Lombardei, Venedig, Parma, Modena	45,45944	9,187569	+1260	+500	+991
-	Tirol, Salzburg, Lichtenstein	-	-	-	-	-

Die Koordinaten der Projektionsmittelpunkte der Cassini-Projektion der zweiten militärischen Landesaufnahme auf dem Zach-Oriani Ellipsoid und die Positionsparameter des Ellipsoids.

In Bezug auf den Projektionsmittelpunkt bei Milano sind keine Daten aus der Literatur zu finden, nur ein Zitat in den Unterlagen des Kriegsarchivs. Im Wiener Kriegsarchiv haben wir die astronomische Bestimmung [18] der Koordinaten des Domes in Milano gefunden und auch einen Hinweis darauf, dass der Projektionsmittelpunkt des geodätischen Netzes in Nord-Italien die nur einige hundert Meter nördlich vom Dom errichtete Sternwarte in Brara war. Wir gaben den Projektionsmittelpunkt in der nordöstlichen Ecke des Hauptschiffes des Domes an, und lasen die modernen Koordinaten aus dem Satellitenbild von Google Earth aus. Die Georeferenzierung der norditalienischen Sektionen mit dem gegebenen Projektionsmittelpunkt war im Vergleich zu den anderen Provinzen mit einer ähnlichen Genauigkeit ausführbar.

D
E
U
T
S
C
H

Es wurde bereits erwähnt, dass auf den Sektionen (eine Ausnahme bildet hier die Sektion der Lombardei) die Koordinaten nicht angegeben sind. Die Georeferenzierung hängt in diesem Fall von der Nummerierung der Sektionen und den Eckpunkten der Sektionen ab. Die Lage der Projektionsmittelpunkte innerhalb der einzelnen Provinzsysteme führt die Übersichtstabelle 3. vor Augen.

Übersichtstabelle 3.

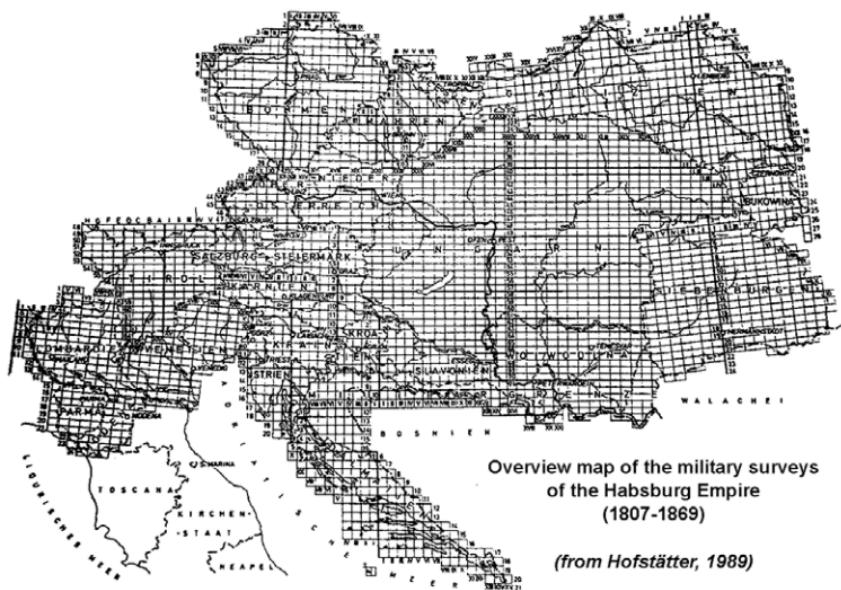
Provinz	Projektionsmittelpunkt	Die Lage der Projektionsmittelpunkte in der Sektionierung
Österreich ob und unter der Enns, Ungarn	Wien-Stephansdom	In der Mittelpunkt der Sektion: Sectio 44. Colonne 21.
Mähren	Wien-Stephansdom	In dem Einschniedepunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 17. östliche und westliche Colonne 1.
Dalmatien	Wien-Stephansdom	In dem oberen Endpunkt der anstossenden Sektionen: Sectio -23. östliche und westliche Colonne 1.
Vorarlberg	Wien-Stephansdom	Ähnlich wie bei Österreich ob und untr der Enns, aber die Colonne 0. mit „A“, die Colonne -1. mit „B“, und von dorthin ab die Colonnen mit negativen Zahlen mit ABC Buchstaben gekennzeichnet
Böhmen	Gusterberg	In dem Einschniedepunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 23. östliche und westliche Colonne 1.
Steiermark	Schöcklberg	In dem Einschniedepunkt der anstossenden Sektionen: Section 5. östliche und westliche Colonne 1.
Illyrien, Küstenland	Krimberg	In dem oberen Endpunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 10. östliche und westliche Colonne 1.
Galizien, Bukowina	Löwenburg	In dem oberen Endpunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 9. östliche und westliche Colonne 1.
Siebenbürgen	Hermannstadt	In dem oberen Endpunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 19. östliche und westliche Colonne 1.
Kroatien	Ivanić	In dem oberen Endpunkt der anstossenden Sektionen: Sectio 6. östliche und westliche Colonne 1.
Lombardei, Venedig, Parma, Modena	Milano	Nicht regelmässig: von der nordwestlichen Ecke 4/5 Sektion nach Osten und 5/8 Sektion nach Süden der Sektion: Sectio 10. Colonne 4.

Die Lage der Projektionsmittelpunkte der Projektionen in den einzelnen Provinzsystemen

Die Übersichtskarten [4] aller Sektionen der zweiten militärischen Landesaufnahme zeigt die Abbildung 2. Es muss vorausgeschickt werden, dass die auf der Abbildung

befindliche Sektionierung der Provinzen Tirol und Salzburg geplant war, jedoch nicht zur Ende geführt wurde.

Abbildung 2.



Die generelle Einteilung der Sektionen der zweiten militärischen Landesaufnahme.[4]

Wir definierten das nach der Abbildung 2. vorgeführte System der Projektion und die geodätische Bezugsfläche während der Georeferenzierung der Sektionen, dann nahmen wir die 4 Eckpunkte der Sektionen als Kontrollpunkt (Ground Control Point). Die gültigen Koordinaten der Eckpunkte auf dem gescannten Bild werden manuell digitalisiert. Die in den betreffenden Provinzen gültigen Koordinaten der Projektion wurden durch die Zahlen der Reihen und Kolumnen und durch die Informationen der Übersichtstabelle 3. und durch die bekannten Parameters der Sektionen (Die Ausdehnung der 24×16 Zoll großen Sektion im Feld sind 18206,2 Meter \times 12137,5 Meter; die Ausdehnung der 20×20 Zoll großen Sektion beträgt 15171,8 Meter in allen Richtungen) ausgerechnet. Das zur Rektifikation in dem gegebenen Projektionsystem nötige Koordinatensystem wurde auf die 4 Eckpunkte mit Hilfe einer linearen Transformation angepasst. Während der Rektifizierung wurden die Rahmen der Aufnahmesektionen entfernt. So kam ein kontinuierliches und rektifiziertes Mosaik zu Stande.

Aus der Literatur war bereits bekannt, dass man das in Böhmen verwendete gusterbergische System um einen geringen Winkel drehen soll um die Koordinaten

der Cassini-Projektion dem Inhalt der modernen Karten richtig anpassen zu können. Nach unserer Erfahrung soll man auch in den Fällen und Dalmatien mit einem kleinen Winkel drehen. Das Maß der Rotation in den bereits erwähnten Provinzen zeigt die Übersichtstabelle 4.

Übersichtstabelle 4.

Provinz	Einlegepunkt	Drehungswinkel
Böhmen	Gusterberg	-4° 22,3"
Dalmatien	Wien-Stephansdom	+1° 30"

Zu der Korrektion der böhmischen und dalmatischen Projektionsysteme nötigen Rotationswinkel. Bei negativem Vorzeichen soll man die nördliche Koordinaten-Achse in östliche Richtung, bei positivem Vorzeichen in westliche Richtung drehen.

Die Rektifikation der Gebiete der heutigen Landkarten

Zu den Gebieten, die während der zweiten militärischen Landesaufnahme aufgenommen wurden, gehören 16 heutige Staaten: neben Österreich Ungarn, Böhmen, die Slowakei, Slowenien, das ganze Gebiet von Kroatien und Lichtenstein, Italien, Polen, Rumänien, die Ukraine, ein Teil von Serbien, einige an der österreichischen Grenze liegende Gebiete von Deutschland, ferner einige Gebiete an der kroatischen Grenze von Bosnien und Herzegowina und Montenegro (Crna Gora). Sogar wird ein kleiner Teil von der Schweiz auch abgebildet. Die Ellipsoide, die Datums und die Parameter der Projektionsysteme ziegen die Übersichtstabellen 5., 6. und 7. Informationen über das System enthalten noch folgende Publikationen: [8], [9], [19], [20], [21], [22], [23], [24].

Übersichtstabelle 5.

Ellipsoid	Große Halbachse (m)	Kleine Halbachse (m)	Inverser Abflachung
Bessel 1841	6377397	6356078,96	299,1528128
International 1924 (Hayford)	6378388	6356911,95	297
Krasovsky 1940	6378245	6356863,02	298,3
GRS67 (IUGG67)	6378160	6356774,516	298,2471662
GRS80 (WGS84)	6378137	6356752,31	298,2572221

Die Daten der heute verwendeten Ellipsoide auf dem Gebiet der zweiten militärischen Landesaufnahme.

Übersichtstabelle 6.

Datum	Ellipsoid	dX (m)	dY (m)	dZ (m)	Land
WGS84	WGS84	0	0	0	Allgemein verwendet
GRS80	WGS84	0	0	0	Polen
MGI	Bessel 1841	+592	+80	+460	Österreich
MGI-SI	Bessel 1841	+669	-205	-472	Slovenien
MGI-HR	Bessel 1841	+674	-203	-474	Kroatien
MGI-YU	Bessel 1841	+696	-217	-491	Serbien
S-JTSK	Bessel 1841	+589	+76	+480	Böhmen, die Slowakei
S42 (Pulkovo 1942)	Krasovsky 1940	+28	-121	-77	Böhmen, die Slowakei, Ungarn, Rumänien, Ukraine, Polen
HD72	GRS67	+57	-70	-9	Ungarn
Monte Mario	Hayford	-225	-65	-9	Italien
DHDN77	Bessel 1841	+631	+23	+451	Deutschland
Bern-1903	Bessel 1841	+674	+15	+405	Schweiz, Lichtenstein

*Die Kenngrößen der heute verwendeten geodätischen Bezugsflächen auf den Gebieten der zweiten militärischen Landesaufnahme
(Richtung der Transformation: lokales System → WGS84)*

Die Fachliteraturen [20] und [21] ergeben die Beschreibung der ausschließlich in der damaligen Tschechoslowakei verwendeten Krovakschen winkeltreuen Kegelprojektion, diese Projektion kann bei bestimmten Anwendungen auch mit der Lambertschen Kegelprojektion approximiert werden. Fachliteratur [20], [21], [22]. (Die Bezeichnung der Projektionstypen ist folgende: TM= transversale Mercatorprojektion; ST= Stereographische Projektion; OM= schrägachsige Mercatorprojektion)

D
E
U
T
S
C
H

Übersichtstabelle 7.

Land	Projektion	Datum	Typ	Φ_0	Λ_0	FE	FN	k
Allg.	NUTM32	WGS84	TM	0°	9°	500000	0	0,9996
Allg.	NUTM33	WGS-84	TM	0°	15°	500000	0	0,9996
Allg.	NUTM34	WGS-84	TM	0°	21°	500000	0	0,9996
Allg.	NUTM35	WGS-84	TM	0°	27°	500000	0	0,9996
CZ, PL, SK, HU, RO, UA	GK33	S42	TM	0°	15°	3500000	0	1
	GK34	S42	TM	0°	21°	4500000	0	1
	GK35	S42	TM	0°	27°	5500000	0	1
AT	BMN28	MGI	TM	0°	10°20'	150000	-5000000	1
	BMN31		TM	0°	13°20'	450000	-5000000	1
	BMN34		TM	0°	16°20'	750000	-5000000	1
CZ, SK	Krovák	S-JTSK	Siehe die Erklärung der Tabelle					
HU	EOV*	HD72	OM	47,14439°	19,04857°	650000	200000	0,99993
PL	Uk65S1	S42	ST	50,625°	21,08333°	5467000	4637000	0,9998
	Uk65S5		TM	0°	18,95833°	237000	-4700000	0,999983
	GUGiK80		ST	52,16667°	19,16667°	500000	500000	0,999714
RO	Stereo70	S42	TM	0°	19°	500000	-5300000	0,9993
SI	GK-SI	MGI-SI	TM	0°	15°	500000	0	0,9999
HR	HDKS5	MGI-HR	TM	0°	15°	5500000	0	0,9999
	HDKS6		TM	0°	18°	6500000	0	0,9999
SR, BH, CG	GKYU-5	MGI-YU	TM	0°	15°	550000	0	0,9999
	GKYU-6		TM	0°	18°	500000	0	0,9999
	GKYU-7		TM	0°	21°	7500000	0	0,9999
IT	Gauss-Boaga Vest	Monte Mario	TM	0°	9°	1500000	0	0,9996
	Gauss-Boaga Ovest		TM	0°	15°	2520000	0	0,9996
DE	GK3	DHND-77	TM	0°	9°	3500000	0	1
	GK4		TM	0°	12°	4500000	0	1
CH, LI	CH-1903*	Bern-1903	OM	46,95241°	7,43958°	600000	200000	1
	LV95*		OM	46,95241°	7,43958°	2600000	1200000	1

Die heute verwendeten Projektionen auf dem Gebiet der zweiten militärischen Landesaufnahme. (= Azimuth der Zentraallinie in Projektionszentrum 90°)*

Die Fehlergrenzen der Georeferenzierung

Unter den Fehlergrenzen der in dem vorigen Abschnitt erklärten Georeferenzierung — ist der Fehler der auf den gescannten Aufnahmesektionen durch die Bewegung des Kursors erscheinenden WGS84-Koordinaten, bzw. der im durch den Benutzer gewählten Projektionssystem erscheinenden Koordinaten. Um die Fehler zu berechnen, haben wir die einzelnen Schritte in der ganzen technologischen Verarbeitungskette (von den zeitgenössischen Aufnahmen bis zur Angabe der abgetasteten Kartenblätter in einem ausgewählten Koordinatensystem) und deren Fehler dokumentiert.

Die erste Fehlerquelle liegt in der geodätischen Grundlage des Kartenwerkes. Obwohl das Vermessungspraxis und Erfahrung zur Zeit der Landesaufnahme im 19. Jahrhundert schon eine genaue Winkelmessung ermöglichte, konnte damals noch keine Ausgleichung gerechnet werden, was den größten Fehler darstellte. Als nächstes Problem gilt, dass der Projektionstyp der einzelnen Aufnahmen der Provinzen die Cassini-Projektion ist. Diese entspricht nicht genau der damaligen Kartierungsanweisung [5], aber es ist die beste unter den zur Auswahl stehenden Projektionen der Geoinformatik-Software. Unsere Erfahrungen zeigen, dass diese zwei Fehlerquellen insgesamt eine Abweichung von maximal 200 m ergeben. Der Fehler ist in den großflächigen Provinzen Ungarns am bedeutendsten, aber in den kleineren oder später aufgenommenen Provinzen wesentlich kleiner. In den Fällen von Tirol und Salzburg, die nicht über eine geodätische Grundlage verfügen, kann der Fehler über das erwähnte Maß hinausgehen. Der aus der Wahl des Ellipsoids entstehende Fehler liegt im Meterbereich, ist also topographisch nicht bedeutend.

Den Projektionsregeln entsprechend entstanden während der Aufnahme Kartenblätter aus Papier und Kopien. Während der Reproduktion entstehen bereits einige Fehler, dazu kommt noch die Verzerrung des über Jahrhunderte hinweg unter unterschiedlichsten Bedingungen gelagerten Papiers. Diese Einwirkungen erhöhen das Maß des oben erwähnten Fehlers nicht.

Aus den Aufnahmesektionen aus Papier konnte man in den Zeiten vor dem Zeitalter der Computertechnik nur unter Einfaltung des Kartenrahmens ein zusammenhängendes Mosaik estellen. Da dies sehr oft geschah, gingen die westlichen und südlichen (linke und untere) Randlinien der Aufnahmesektionen durch das Zerknittern des Papiers verloren. Hier ist nurmehr ein weiter Streifen zu sehen, sodass die Position der Originalkarten nur schwer abschätzen. Auf den gescannten Beständen ist der Inhalt der Originalkarten in diesem Streifen, also um die Randlinie herum nicht mehr erkennbar. Während der in dem Abschnitt 4. beschriebenen Georeferenzierung sollte man die 4 Eckpunkte der Sektionen als Passpunkt nehmen. Davon war nur eine, die nordöstliche Ecke (oben rechts) eindeutig angegeben, so entstand aus der Einpassung der anderen Ecken ein Fehler

D
E
U
T
S
C
H

D
E
U
T
S
C
H
von 5–12 m.

Es entstanden wahrscheinlich einige geringere Fehler beim scannen selber. Während des Scavorganges war ein Verrutschen der Karten wegen ihrer großen Ausmaße manchmal nicht zu verhindern, was in sich in Scanstreifen äußerte. Diese interne Verzerrung beeinflusst natürlich in einem gewissen Maße die Georeferenzierung. Die Fehler der im Zuge der Georeferenzierung verwendeten Parameter der Bezugsfläche stammen aus der Unausgleichbarkeit der damaligen Winkelmessungen, bedeuten also keine weitere Fehlerquelle. Die direkten Gleichungen der Projektion und die inversen Gleichungen sind auf den Millimeter genau, die heute verwendeten Parameter der Bezugsflächen haben jedoch im Allgemeinen einen Fehler von 2 Meter, die Koordinaten der Gauss-Krüger Systems in der Ukraine haben 15 Meter Fehler, diese sind aber gültig.

All diese Fehler ergeben zusammen maximal 220 Meter Abweichung. Dies kann man korrigieren, wenn man aus dem Darstellungsprogramm exportierten Kartenbestand in dem heute gültigen Projektionssystem nur mit Hilfe eines Anstoßpunktes und ohne Rotations so verschiebt, dass den Koordinaten auf dem gewählten Punkt die dort gültigen Werte zugewiesen werden.

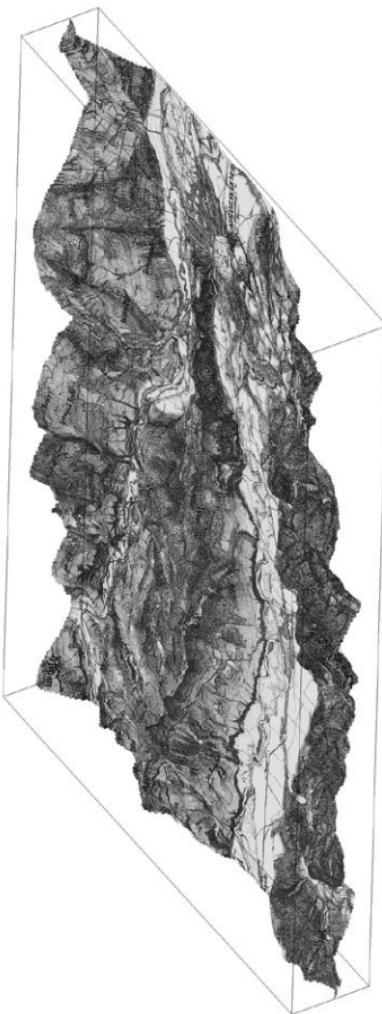
Anwendungsmöglichkeiten

Die Referenzierung des Inhaltes der Karten der zweiten militärischen Landesaufnahme in die modernen Projektionssysteme macht es möglich, dass man die natürlichen und anthropogenen Verhältnisse der Umwelt mit den heutigen Datenbanken in ein gemeinsames System integrieren und so zusammen analysieren kann. Die modernen Datenbanken können rasterorientiert, oder vektoriell sein, mit Luft- oder Satellitenbildern arbeiten, digitale Geländemodelle, geologische, geophysikalische, meteorologische oder biologische Daten beinhalten, oder kriegsgeschichtliche Brouillons, Fachzeichnungen oder Entwürfe der Wasserwerke darstellen. Auf den georeferenzierten Aufnahmesktionen kann man die mit GPS aufgenommenen Routen darstellen und dadurch die sogenannte „Zeitmaschinenfunktion“ der Geoinformatik ausnutzen. Heute können wir genau beobachten, was auf den kartierten Gebieten zur Zeit der zweiten militärischen Landesaufnahme lag.

Sehr interessante Einblicke liefert die Kombination der georeferenzierten Karten mit dem öffentlich zugänglichen SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) Geländemodell [25] und deren dreidimensionale Darstellung [26]. Da das Gelände mit Ausnahme der von aktivem Bergbau betroffenen Gebiete eigentlich gleich dem heutigen war, geben die so erstellten Bilder die damaligen Geländeverhältnisse getreu wieder. Dies stellt die Ausgangsbasis für Umweltanalysen oder militär-

wissenschaftliche Studien dar. Die Georeferenzierung bildet so die Verbindung zwischen der zeitgenössischen Vermessungstechnik und den modernen, auf Weltraumtechnologie basierenden Geodatenbanken. Zum Schluss dieser Studie kann das Ergebnis dieser Verbindung in Abbildung 3. betrachtet werden.

Abbildung 3.



Klausenburg und Umgebung und die dreidimensionale Darstellung ihrer Aufnahmesektionen während der zweiten militärischen Ladesaufnahme mit Hilfe des SRTM – digitalen Geländemodells [25]

Literaturverzeichnis: siehe S. 56

D
E
U
T
S
C
H

A második katonai felmérés térképszelvényei és azok georeferált változata

TIMÁR Gábor, MOLNÁR Gábor, SZÉKELY Balázs,
BISZAK Sándor, VARGA József, JANKÓ Annamária

Bevezetés	40
A második katonai felmérés áttekintése	41
A georeferálás módszere	44
A második felmérés szelvényeinek georeferálása	47
Az érintett terület mai térképeinek georeferenciája	51
A georeferencia hibái	53
Alkalmazási lehetőségek	54
Ajánlott irodalom	56

M
A
G
Y
A
R

Bevezetés

A második (másnéven franciskánus) katonai felmérés [1] az Osztrák-Magyar Monarchia területét érintő térképezések egyik remekműve. Adattartalmát, rajzi elemeit és esztétikumát tekintve is kiemelkedő, s bár a térképezés elhúzódó jellege (1806–1869) miatt sem tartalmilag, sem technikai kivitelezésében nem egységes, az utóbbi évek tapasztalatai alapján állítható, hogy térképlapjai a mai napig is jól használhatók.

A sokáig az archívumok mélyén rejtőző térképlapok lényegében csak a szakma egy szűk szegmense számára voltak elérhetők. Magyarországon a 90-es évektől különböző más szakmák képviselői (például régészkek, hidrológusok, erdészkek, természetvédelmi szakemberek) körében is ismertté vált a térképmű léte és – ami még fontosabb – előnyös sajátosságai. Különféle (általában fekete-fehér másolatos) reprodukciók kezdtek el közkézen forogni a legfontosabb területekről, hiszen a térképmű jó geodéziai alapja [1], [2], [3], [4], [5], [6] lehetővé tette, hogy egy-egy területen a jelenlegi és az egykori topográfiát megfelelő pontossággal összehasonlítsák.

A folyószabályozás, a természetvédelem szakemberei egyre gyakrabban, egyre több térképlapot igényeltek. Ennek az igénynek igyekezett elébe menni az Arcanum Kft. és a Hadtörténeti Intézet és Múzeum (HIM) közös vállalkozásában kiadott DVD-ROM együttes, mely a HIM által őrzött térképlapokat digitális formában közkinccsé tette.

Már korábban is, de a digitális megjelenést követően még szélesebb körben merült fel a georeferálásra (koordinátarendszerbe való illesztésre) az igény. Számos, több-kevesebb térképlapra kiterjedő illesztési kísérlet jött létre a különféle intézetekben az egyes szakemberek igényeinek és szaktudásának megfelelően. Nyilvánvalóvá vált azonban, hogy szükség van egy egységes, a térképrendszer geodéziai alapját is figyelembe vevő, azaz geodézialeg korrekt, a hibákat általános értelemben minimálizáló megoldásra.

Jelen munkánkat ez az egyre erősödő igény motiválta. A georeferencia megállapítása során természetesen maximális pontossági igénnel kezdtünk a munkának. Az hamarosan bizonyossá vált, hogy az irodalomban ismertetett geodéziai alapokat alkalmazva általában 150–200 m-es pontosság érhető el, bizonyos esetekben még az sem (részleteiben ld. alább). A korábbi, néhány tucat térképlapra kiterjedő illesztési tapasztalatunk alapján tudtuk, hogy azokon a térképlapokon, ahol megfelelő számban és pontossággal lehetséges fel ilyenleg is vagy a közelmúltban még létező tereptárgyak, amelyeket a második katonai felmérés lapjai is feltüntetnek, a referenciaPontos (Ground Control Point, GCP) módszerrel a pontosság 50–70 méteres hibáig javítható.

Kezdetben, noha láthatóan óriási munkáról volt szó, ebben a megoldásban gondolkadtunk. Amint azonban felmerült a lehetőség, hogy nemcsak a Magyarországon

őrzött lapokat, hanem a bécsi Kriegsarchivban található összes térképlapot bevonhat-juk a projektbe, ezt a megoldást el kellett vettünk. Ennek a legfontosabb oka a térké-plapok nagy száma, illetve hogy a terület ma 16 államot érint, és a referenciapontok mai helyzetének megállapításához szükséges, kellő pontosságú térképek nem szabad hozzáférésük. Részben tudtuk alkalmazni (ld. alább) a Google Earth georeferált műholdfelvételit, de mivel itt csak az urbanizált területek egy részéről van nagyfel-bontású felvétel, ez sem általános megoldás. Emellett sok lapon nincs elegendő számú GCP a hiba érdemi csökkentésére.

Figyelembe véve a fenti nehézségeket, és a projekt mintegy 3–4 emberéves erőforrásigényét, végigelemezve a hibaforrásokat és ezek nagyságát (ld. alább) végül úgy döntöttünk, hogy a geodéziai alapot használjuk. Azokon a területeken pedig, ahol az irodalomban ismertetett rendszer szemmel láthatóan nem működött vagy ponto-sításra szorult, új rendszert dolgoztunk ki. Ennek alapján állíthatjuk, hogy az itt közölt adatrendszer nemcsak adattartalmában, de georeferenciájában is lényegében új.

Biztosak vagyunk benne, hogy a jelenleg a térképlapokra becsült 150–200 m-es pontosság (mely egyes lapok esetében ennél akár kétszer jobb is lehet), a használat során, a felhasználók tapasztalatai alapján javulni fog. Bátortíjuk is a tisztelet Felhasználókat, hogy tapasztalataikat, illeszkedéssel kapcsolatos megfigyeléseiket osszák meg e sorok szerzőivel újabb, javított georeferencia létrehozása érdekében.

A bevezetés utolsó részében még néhány szót ejtünk a választott tömörítés módjáról. A térképlapok nagy mérete (részleteiben ld. lejjebb) és a megkívánt jó felbontás óriási adatmennyiséget eredményez. Egy-egy térképlap 3 színben, 300 dpi felbontásban is közel 100 Mbyte-nyi adatot képvisel. Világos, hogy a térképlapok nagy száma és a kezelhetőség igénye miatt tömörítésre van szükség. A szkennelt térképek eltűrik a veszteséges tömörítést is, leggyakrabban a JPEG formátumot használják e célra, hiszen a JPEG ún. world (JPWG) állományokkal kiegészítve még georeferált adatként is olvasható sok térinformatikai (GIS) rendszer számára. Végül mégis az ECW (Enhanced Compressed Wavelet) formátum mellett döntöttünk, mert ennek a JPEG-énél is általában jónéhány százalékkal tömörebb (akkora mennyiségű adatnál ez már számottevő), továbbá a legújabb rendszerek szintén ismerik, és térinformati-kailag jobban kidolgozott megoldás.

A második katonai felmérés áttekintése

A Habsburg Birodalom katonai vezetése számára a napóleoni háborúk során vált nyilvánvalóvá, hogy az 1780-as évekig felmért és elkészített első (jozefiánus) kato-nai felmérés a kor harcászata számára már nem megfelelő. A francia forradalom katonai újítása, a kezdetben önkéntességen, később sorozáson alapuló tömeghad-sereg számára részletesebb térképi ábrázolás vált szükségessé. Ezt elsősorban a nagy

tömegű seregtestek mozgatásával és utánpótlásával kapcsolatos igények motiválták, de a korábban nem látott embertőmegeket érintő ütközetek helyszínválasztásához is fontos volt a terep, a leendő csatater 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 [1]. Így a második 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 bocsánunk, hogy a geodéziai alap a kor színvonalán értendő. A fő geodéziai alappontok koordinátáinak meghatározása csillagászati módszerekkel történt; az alappontok között ezért is találunk csillagvizsgálókat. A szakirodalom szerint a síkra Cassini-féle vetülettel tértek át, bár a vetítésnek az itt alkalmazott módja nem tekinthető vetületnek a Cassini-féle elv következetlen alkalmazása miatt. Cassini vetülete ugyanis az ellipszoidnak olyan egyenlítői elhelyezésű (transzverzális) henger-vetülete, amely általános torzulású, de a kezdőpont meridiánján és az arra merőleges geodéziai vonalakon hossztartó.

Ezzel szemben az ellipszoidon elképzelt, összefüggő háromszögelési hálózat oldalainak hosszát síkhosszaknak tekintették, a síkháromszögek szögeit pedig az ellipszoidi szögekből húurredukcióval számították. A síkháromszögek szögzáróhibáját egyenletesen osztották szét a háromszögek belső szögei között.

Mivel a hosszakat 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 koordináták között igen jelentős ellentmondások adódtak. Egy 600 km hosszú geodéziai vonal bizonytalansága kereken 1 km volt [5].

A felmérést az eredeti tervek szerint Bécs vetületi kezdőponttal, és e kezdőpontnak megfelelő szelvényszéssel 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 [1]. Így aztán a bécsi szelvényszézs szerint már elkészült tartományok (Alsó- és Felső-Ausztria, Morvaország, Magyarország és Dalmácia) mellett a többi tartományok esetében saját kezdőpontot és szelvényszéssi rendszert alakítottak ki. Ezeket a következő fejezetben részletesen ismertetjük.

A viszonylag egységesnek mondható rendszerbe két tartomány, Salzburg és Tirol, nem illeszkedik. E tartományok felmérési szelvényeihez nem rendelhető egyértelmű

vetületi kezdőpont. Ennek okát abban sejtjük, hogy e tartományokról nem készültek részletes térképek az első katonai felmérés során. Salzburg akkor még nem tartozott a birodalomhoz, Tirol térképezését pedig ugyan tervbe vették, de – részben a magas-hegységi felmérés nehézségei, részben feltehetően a kisebb katonai jelentőség miatt – ez nem készült el. A második felmérés tiroli és salzburgi szelvényei minden esetben az első felmérés kartográfálásával mutatnak rokonságot, és emiatt azt kell feltételeznünk, hogy – más tartományoktól eltérően – itt nem volt stabil geodéziai alap. Emiatt e területek georeferálását a többi tartományuktól eltérő módon kell elvégezni.

A felmérési szelvények méretaránya a korabeli hosszegységek átszámításával 1:28800-nak, az első felmérés szelvényeivel azonosnak adódik [4],[5],[6],[7]. A felmérési szelvényeken (Lombardia kivételével) koordinátamegírással nem találkozunk. A szelvények sorokba (Sectio) és oszlopokba (Colonne) rendezettek, ezek a számok adják a szelvény azonosítását. A tartományok egy részében (Alsó- és Felső-Ausztria, Lombardia, Velence, Parma, Modena, Magyarország) az oszlopok számozása egységes, a legnyugatabbi oszloptól növekvő módon történik. A többi tartományban a vetületi kezdőponttól keletre és nyugatra növekvő oszlopszámozással találkozunk. Tirol és Salzburg, illetve Lichtenstein jelent kivételt a szelvényazonosítás szempontjából is. E tartományokban az egyes szelvények száma csak az áttekintő térképek segítségével utal a szelvény tényleges földrajzi elhelyezkedésére. Ez utóbbi sajátosság is mutatja e tartományok szelvényeinek a két felméréstípus közötti átmeneti jellegét.

A felmérési szelvények az egységes méretarány megtartása mellett kétféle méretben készültek: 24×16 bécsi hüvelyk (téglalap alakú), illetve 20×20 bécsi hüvelyk (négyzet alakú) kiterjedésben. Az 1. táblázatban megadjuk, hogy az egyes tartományok szelvényei milyen méretben készültek el.

A második felmérés munkálatai 1869-ig tartottak. Ez alatt az idő alatt a Habsburg Birodalom területe több alkalommal megváltozott. Az egyes tartományok ábrázolt kiterjedése a felméréskori határviszonyokat tükrözi, emiatt lényeges a készítési idő. Ezt az 1. táblázatban foglaljuk össze:

1. táblázat.

Tartomány	Felmérés ideje	Szelvényméret
Salzburg	1807–1808	24"×16"
Alsó- és Felső-Ausztria	1809–1818	24"×16"
Tirol, Vorarlberg, Lichtenstein	1816–1821	24"×16"
Lombardia, Velence, Parma, Modena	1818–1829	24"×16"
Magyarország	1819–1869 (megszakításokkal)	24"×16"
Tengermellék (Küstenland)	1821–1824	20"×20"
Stájerország	1821–1836	20"×20"
Illíria	1829–1835	20"×20"
Morvaország és Szilézia	1836–1842	20"×20"
Csehország	1842–1853	20"×20"
Dalmácia	1851–1854	20"×20"
Erdély	1853–1858; 1869–1870	24"×16"
Galícia és Bukovina	1861–1864	20"×20"
Horvátország és Szlavónia	1865–1869	20"×20"

A második felmérés kivitelezésének időszakai a Habsburg Birodalom egyes tartományaira vonatkozóan, és a felmérési szelvények mérete

Itt jegyezzük meg, hogy a második felmérés vetületi kezdőpontjait taglaló szakirodalom nem a most közölt felmérési, hanem a kataszteri rendszerek kezdőpontjait adja meg [8],[9],[10],[11]. Ezekkel a jelen munkában nem, hanem csak az adathordozókon közreadott szelvények rendszereivel foglalkozunk.

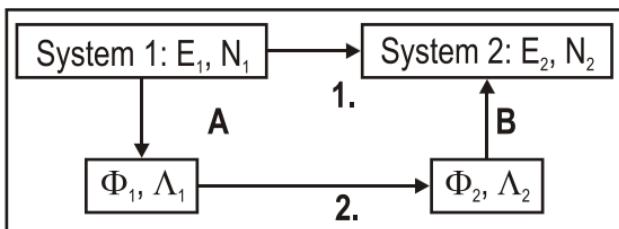
A georeferálás módszere

A georeferálás azt jelenti, hogy a georeferálendő objektumnak egyértelműen megadjuk a Földhöz rögzített helyzetét. A gyakorlatban ez úgy történik, hogy definiálunk egy (esetünkben Földhöz rögzített) koordinátarendszert, és megadjuk az objektum koordinátáit ebben a rendszerben.

A térképészeti gyakorlatban a koordinátarendszer praktikusan a térképlap koordinátarendszere, amelyet vetületi koordinátarendszernek nevezünk.

A rendszer két tengelye a keleti (Eastings) és északi (Northings) irányok. Ahhoz, hogy az ebben a rendszerben megadott objektumot (pontot, vagy egy teljes térképlapot) egy másik térkép másik vetületi rendszerébe lehessen konvertálni, ismernünk kell a használt vetületek típusát, paramétereit és alap-felületeit is. Az átszámítás alkalmazott módszereit az 1. ábra foglalja össze.

1. ábra.



A vetületi átszámítások lépéseinak vázlata

Tekintsük át röviden az 1. ábrán bemutatott lépéseket. Az „1”-gyel jelölt transzformáció a két vetületi koordinátarendszer közötti közvetlen átszámítás, amelyet a gyakorlatban különböző fokszámú polinomiális egyenletekkel lehet megvalósítani. Mivel az ilyen transzformációk felhasználói definiálására a térinformatika szoftverek túlnyomórészt nem adnak lehetőséget, ez a fajta átszámítás csak egyedi alkalmazásokban használatos. Az adathordozón levő megjelenítő programban mindenkorral ezt az eljárást is alkalmazzuk, nevezetesen a máshogy nem georeferálható Tirol és Salzburg szelvényei esetén.

A másik alkalmazott átszámítási módot az „A”, „2” és „B” lépések egymásutánja jelenti. Az „A” transzformációt a

$$\Phi = g_1(E, N, p_1, \dots, p_n);$$

$$\Lambda = g_2(E, N, p_1, \dots, p_n).$$

inverz vetületi egyenletek valósítják meg, ahol E és N a vizsgált pont vetületi síkkoordinátái, $p_1 \dots p_n$ pedig a vetület paraméterei. A tengelyek elnevezései (E: Eastings; N: Northings; tehát keleti és északi irányú koordináták) azt mutatják, hogy a vetített koordinátarendszer tengelyei keleti és északi irányba növekvő értékeket jeleznek, tehát a rendszer északkeleti tájékozású. A „B” jelű transzformáció ennek a fordítottja, amelyet a

$$E = f_1(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n);$$

$$N = f_2(\Phi, \Lambda, p_1, \dots, p_n)$$

direkt vetületi egyenletek írnak le.

Az f_1, f_2, g_1 és g_2 függvények, ahogy az a képletekből is látszik, a vetületi síkkoordináták és a földrajzi (ellipszoidi) szélesség és hosszúság közötti kapcsolatot adják meg. E függvények alakja a vetület típusától függ és sokszor igen bonyolult [12], azonban a térinformatikai rendszerek felhasználójának nem szükséges azokat ismerni, hiszen maga a számítógépes program tartalmazza őket. Ismerni kell viszont a vetület típusán túlmenően a $p_1 \dots p_n$ vetületi paramétereket. A vetület típusától függően ez 4–6 számérték megadását jelenti. Bármely vetület definiálásához meg kell adnunk a kezdőpont földrajzi (ellipszoidi) és vetületi koordinátáit (ez összesen 2+2, azaz 4 paraméter). Az esetleges további paraméterek jellege a vetület típusától függ. A következő két fejezetben összefoglaljuk a második felmérés egyes tartományokra érvényes vetületi paramétereit, illetve az e területeken ma használatos modern vetületek típusát és paramétereit.

Az 1. ábrán „2”-vel jelölt transzformáció az egyes vetületek geodéziai alapfelületei közötti átszámítást jelöli. Egy konkrét pont földrajzi (ellipszoidi) koordinátáit különböző geodéziai alapot használó térképekről leolvasva eltérő értéket fogunk kapni. A transzformáció ezek között teremt kapcsolatot.

A térképek alapfelületének megadása az általunk alkalmazott legegyszerűbb módon 5 paramétert igényel. Az alapfelület(ek) tájékozását ily módon nem adjuk meg, mivel azt ezt leíró további paraméterek nem ismertek.

A általunk használt paraméterek közül kettő írja le a felhasznált ellipszoid méretét és alakját (általában a fél nagytengely hosszát, és mellette a fél kistengely hosszát vagy a lapultságot vagy az excentricitást adják meg). A másik három paraméter pedig az így meghatározott méretű és alakú ellipszoid térbeli helyzetét adja meg, célszerűen a Föld tömegközéppontjához rögzített derékszögű koordináta-rendszerben, méter egységen. A koordinátarendszer Z-tengelye az északi pólus, X-tengelye az Egyenlítő és a kezdőmeridián metszéspontja felé mutat, a rendszer jobbsodrású.

A következő két fejezetben megadjuk ezeket az elhelyezési paramétereiket, mind a második felmérés, mind a terület mai rendszerei vonatkozásában.

Mivel a második felmérés tartományainak térképezése 8 önálló rendszerben történt, a térképezett terület pedig 15, sőt Crna Gora (Montenegró) függetlenné válásával 16 mai országot érint, amelyekben a felmérés óta csaknem 30-féle vetületi rendszer volt vagy van használatban, célszerű bevezetni egy közös rendszert, és minden térkép vetületét és alapfelületét erre, illetve erről átszámítani. A térinformatikai gyakorlatban a Föld tömegközéppontjához rögzített WGS84 (World Geodetic System 1984) dátumellipszoid az,

amelyhez képest ezt meg lehet adni. A következő két fejezetben megadott paraméterek tehát a helyi rendszer és a WGS84 közötti átszámításhoz szükségesek és elegendőek. Itt jegyezzük meg, hogy a WGS84 rendszer a GPS (Global Positioning System) által is használt koordináta-rendszer, így e paraméterek a térképek GPS-kompatibilitását is biztosítják. Az adathordozón levő megjelenítő program a kurzor koordinátáit ezért WGS84 földrajzi (ellipszoidi) koordinátákban is megadja, az általunk választott vetületben érvényes koordináták mellett.

A második felmérés szelvényeinek georeferálása

A második katonai felmérés során a Habsburg Birodalom területét az 1. táblázatban már felsorolt 14 tartományra osztották. E tartományok térképei egyedi szelvényezés szerint rendszerezettek. A térképezés során 8 önálló vetületi rendszert alkalmaztak, amelyeket a 2. táblázatban foglalunk össze. Itt megadjuk a vetületi kezdőpontoknak [13] szerint érvényes földrajzi (ellipszoidi) koordinátáit is az alább ismertetett alapfelületen, melyen 8 kezdőponttal egy 8 vetületből álló vetületi rendszert definiáltunk. A rendszer minden tagja Cassini-, más terminológia szerint Cassini-Soldner-vetület. A kezdőpontok vetületi koordinátáit minden esetben (0 méter; 0 méter)-nek választottuk.

A felmérés alapfelülete vonatkozásában ellentmondó adatokkal találkozunk. A szelvények georeferálása során az irodalmi hivatkozások többsége által említett Zach-Oriani-féle hibrid ellipszoidot tekintettük alapfelületnek [2],[3],[5],[10]. Ennek fél nagytengelye 6376130 méter, lapultsága 1/310. Más ellipszoid választása, és a paraméterek annak megfelelő következetes kiszámítása esetén az eltérés nem éri el a méteres nagyságrendet.

A felmérés geodéziai alappontjainak földrajzi hosszúsága a ferrói kezdőmeridiánra vonatkozik. A felmérés térképeinek georeferálása során a Ferro-Greenwich különbséget következetesen a [9] által említett ún. Albrecht-féle különbség egész szögmásodpercekre kerekített alakjaként, $17^{\circ}39'46''$ -nek definiáltuk. Abszolút értelemben a ferrói hosszúságok a nagyobbak. Megjegyezzük, hogy néhány szögmásodperccel, vagy akár szögperccel eltérő definíció esetén sem tapasztalnánk eltérést a vetületi átszámításokban, ha a különbséget mind a kezdőpontok megadásakor, mind az elhelyezési paraméterek számításakor következetesen alkalmazzuk.

Az ellipszoidnak az egyes tartományi rendszerekben érvényes elhelyezési paramétereit a kezdőpontoknak a Zach-Oriani-ellipszoidon érvényes, illetve a modern rendszerekben ismert koordinátái, valamint az adott pontbeli geoidunduláció-értékek felhasználásával számítottuk ki. A modern koordináták részben irodalmi adatokból [2],[3],[9],[14],[15],[16],[17], részben személyes adatközlésből, egy esetben pedig a Google Earth nagyfelbontású georeferált műholdképe alapján ismertek. Az elhelyezési paramétereket szintén a 2. táblázatban adjuk meg.

2. táblázat.

Kezdőpont	Érvényességi terület	Szélesség	Hossz.	dX	dY	dZ
Wien-Stephansdom	Alsó- és Felső-Ausztria, Magyarország, Dalmácia, Morvaország, Vorarlberg	48,20910	16,37655	+1752	+243	+580
Gusterberg	Csehország	48,03903	14,13976	+1775	+205	+560
Schöklberg	Stájerország	47,19899	15,46902	+1775	+221	+563
Krimberg	Illíria, Tengermellék	45,92903	14,47423	+1772	+202	+563
Lövenburg	Galícia, Bukovina	49,84889	24,04639	+1718	+192	+654
Vizakna	Erdély	45,84031	24,11297	+1722	+376	+595
Ivanić	Horvátország	45,73924	16,42309	+1782	218	+556
Milano	Lombardia, Velence, Parma, Modena	45,45944	9,187569	+1260	+500	+991
-	Tirol, Salzburg, Lichtenstein	-	-	-	-	-

A második felmérés Cassini-vetületeihez tartozó vetületi kezdőpontok koordinátái a Zach-Oriani ellipszoidon [13] és az ellipszoid elhelyezési paraméterei.

M A G Y A R
A milánói kezdőpont vonatkozásában irodalmi adatot nem, csak levéltári hivatalosítást találtunk. A bécsi Kriegsarchiv levéltári adatai között megtaláltuk a milánói dóm koordinátáinak csillagászati meghatározásának eredményét [18], illetve utalást arra, hogy az észak-olaszországi geodéziai hálózat kezdőpontja a dómtól néhány száz méterre északra található Brara-i csillagvizsgáló volt. Mi a kezdőpontot a dóm főhajójának északkeleti sarkánál adtuk meg, a modern koordinátákat a Google Earth nagyfelbontású műholdképéiről olvastuk le. Az említett kezdőponttal az észak-olaszországi szelvények georeferenciája a többi tartományéval azonos mértékű hibával volt elvégezhető.

Említettük, hogy a felmérési szelvényeken (a lombardiai lapok kivételével) semmilyen koordinátamegírás nem szerepel. A georeferenciát ebben az esetben a térképlapok szelvényszámozása és a szelvények sarokpontjai hordozzák. A kezdőpontoknak az egyes tartományok szelvényezési rendszerben való elhelyezését a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat.

Tartomány	Kezdőpont	A kezdőpont elhelyezkedése a szelvényezésben
Alsó- és Felső-Ausztria, Magyarország	Wien- Stephansdom	A 44. sor 21. oszlop szerinti szelvény középpontjában
Morvaország	Wien- Stephansdom	A 17. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának felezőpontjában
Dalmácia	Wien- Stephansdom	A -23. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának északi végpontján
Vorarlberg	Wien- Stephansdom	Mint Alsó- és Felső-Ausztria esetén, de a 0. oszlopot „A”, a -1. oszlopot „B”, innen a további negatív számú oszlopokat az ABC betűvel jelölve
Csehország	Gusterberg	A 23. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának felezőpontjában
Stájerország	Schöklberg	Az 5. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának felezőpontjában
Illíria, Tengermellék	Krimberg	A 10. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának északi végpontján
Galícia, Bukovina	Löwenburg	A 9. sor keleti és a nyugati 1. oszlop szerinti szelvények érintkezési szakaszának északi végpontján
Erdély	Vízakna	A 19. sor keleti és a nyugati 1. oszlopa szerinti szelvények érintkezési szakaszának északi végpontján
Horvátország	Ivanić	A 6. sor keleti és a nyugati 1. oszlopa szerinti érintkezési szakaszának északi végpontján
Lombardia, Velence, Parma, Modena	Milano	Nem szabályos: a 10. sor 4. oszlopa szerinti szelvény északnyugati sarkától 4/5 szelvénnyel kieletre és 5/8 szelvénnyel délre

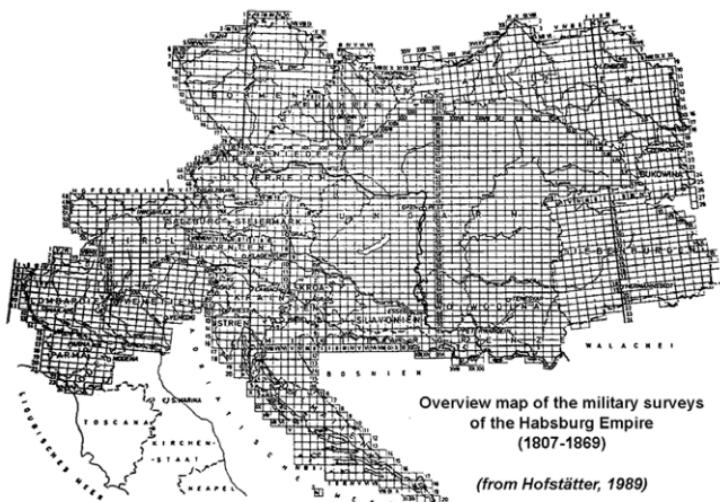
Az egyes tartományok szelvényezési rendszereiben a vetületi kezdőpontok elhelyezkedése

A második felmérés összes szelvényének áttekintő térképét [4] nyomán a 2. ábrán adjuk meg. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy az ábrán Salzburg és Tirol szelvényezésének a tervezett, de meg nem valósult rendszere látható.

Az egyes szelvények georeferálása során definiáltuk a 2. táblázat szerinti vetületi rendszert és a geodéziai alapfelületeket, majd az egyes szelvények négy sarkát használtuk illesztőpontnak. A sarokpontoknak a szkennelt képen érvényes képi koordinátáit manuális digitalizálással határoztuk meg. A tartomány szerint érvényes vetületi koordinátákat a szelvény sor- és oszlopszámának, a 3. táblázat szerinti információknak, és a szelvények ismert méretének (a 24×16 hüvelykes szelvény

terei kiterjedése 18206,2 méter × 12137,5 méter; a 20×20 hüvelykes szelvényé mindenkét irányban 15171,8 méter) felhasználásával számítottuk. A négy pontra lineáris transzformáció segítségével illesztettük a vetületi rendszerbe történő átmintavételezéshez szükséges koordinátarendszert. Az átmintavételezés során a térképszelvények keretét eltávolítottuk. Ily módon a georeferált szelvények mindenikének ábrázolásával folytonos és georeferált mozaik jött létre.

2. ábra.



A második katonai felmérés elvi szelvényszéki beosztása [4]

Az irodalomból ismert volt, hogy a Csehországban használt gusterbergi rendszert kismértékben el kell forgatni ahhoz, hogy a fent definiált Cassini-vetület szerinti koordinátákat helyesen tudjuk a modern térképek tartalmához illeszteni [15]. Tapasztalataink szerint ilyen, kis szöggel történő elforgatást kell alkalmazni Dalmácia esetében is. A két említett tartományban alkalmazott forgatások mértékét a 4. táblázatban adjuk meg.

4. táblázat.

Tartomány	Kezdőpont	Forgatási szög
Csehország	Gusterberg	-4° 22,3"
Dalmácia	Wien-Stephansdom	+1° 30"

A cseh és a dalmát vetületi rendszer korrekciójához szükséges forgatási szögek. Negatív előjel esetén a rendszer északi koordináta-tengelyét keleti irányba, pozitív előjel esetén nyugati irányba kell elforgatni.

Az érintett terület mai térképeinek georeferenciája

A második katonai felmérés által lefedett terület tizenhat mai államot érint: Ausztrián kívül Magyarország, Csehország, Szlovákia, Szlovénia, Horvátország és Lichtenstein teljes területét, illetve Olaszország, Lengyelország, Románia, Ukraina, Szerbia egy részét, Németország egyes, osztrák határ menti, továbbá Bosznia-Hercegovina és Crna Gora egyes, horvát határ menti területeit. A térképek még Svájc egy kis részét is ábrázolják. A mai rendszerekhez használt ellipszoidokat, dátumokat, és a vetületi rendszerek paramétereit a 5., 6. és 7. táblázatban adjuk meg. A rendszerekről további irodalmi információt [7], [8], [18], [19], [20], [21], [22], [23] adnak.

5. táblázat.

Ellipszoid	Fél nagytengely	Fél kistengely	Inverz lapultság
Bessel 1841	6377397	6356078,96	299,1528128
International 1924 (Hayford)	6378388	6356911,95	297
Krasovsky 1940	6378245	6356863,02	298,3
GRS67 (IUGG67)	6378160	6356774,516	298,2471662
GRS80 (WGS84)	6378137	6356752,31	298,2572221

A második katonai felmérés által lefedett területen ma használt ellipszoidok adatai

6. táblázat.

Dátum	Ellipszoid	dX (m)	dY (m)	dZ (m)	Ország
WGS84	WGS84	0	0	0	általánosan használt
GRS80	WGS84	0	0	0	Lengyelország
MGI	Bessel 1841	+592	+80	+460	Ausztria
MGI-SI	Bessel 1841	+669	-205	-472	Szlovénia
MGI-HR	Bessel 1841	+674	-203	-474	Horvátország
MGI-YU	Bessel 1841	+696	-217	-491	Szerbia
S-JTSK	Bessel 1841	+589	+76	+480	Csehország, Szlovákia
S42 (Pulkovo 1942)	Krasovsky 1940	+28	-121	-77	Csehország, Szlovákia, Magyarország, Románia, Ukraina, Lengyelország
HD72	GRS67	+57	-70	-9	Magyarország
Monte Mario	Hayford	-225	-65	-9	Olaszország
DHDN77	Bessel 1841	+631	+23	+451	Németország
Bern-1903	Bessel 1841	+674	+15	+405	Svájc, Lichtenstein

*A második katonai felmérés által lefedett területen ma használt geodéziai alapfelületek
(dátumok) elhelyezési paraméterei*

(transzformációs irány: helyi rendszer → WGS84)

7. táblázat.

Ország	Vetület	Dátum	Típus	Φ_0	Λ_0	FE	FN	k
Ált.	NUTM32	WGS84	TM	0°	9°	500000	0	0,9996
Ált.	NUTM33	WGS-84	TM	0°	15°	500000	0	0,9996
Ált.	NUTM34	WGS-84	TM	0°	21°	500000	0	0,9996
Ált.	NUTM35	WGS-84	TM	0°	27°	500000	0	0,9996
CZ, PL, SK, HU, RO, UA	GK33	S42	TM	0°	15°	3500000	0	1
	GK34	S42	TM	0°	21°	4500000	0	1
	GK35	S42	TM	0°	27°	5500000	0	1
AT	BMN28	MGI	TM	0°	10°20'	150000	-5000000	1
	BMN31		TM	0°	13°20'	450000	-5000000	1
	BMN34		TM	0°	16°20'	750000	-5000000	1
CZ, SK	Krovák	S-JTSK	lásd a táblázat magyarázatában					
HU	EOV*	HD72	OM	47,14439°	19,04857°	650000	200000	0,99993
PL	Uk65S1	S42	ST	50,625°	21,08333°	5467000	4637000	0,9998
	Uk65S5		TM	0°	18,95833°	237000	-4700000	0,999983
	GUGiK80		ST	52,16667°	19,16667°	500000	500000	0,999714
	TM-92	GRS-80	TM	0°	19°	500000	-5300000	0,9993
RO	Stereo70	S42	ST	46°	25°	500000	500000	0,99975
SI	GK-SI	MGI-SI	TM	0°	15°	500000	0	0,9999
HR	HDKS5	MGI-HR	TM	0°	15°	5500000	0	0,9999
	HDKS6		TM	0°	18°	6500000	0	0,9999
SR, BH, CG	GKYU-5	MGI-YU	TM	0°	15°	550000	0	0,9999
	GKYU-6		TM	0°	18°	500000	0	0,9999
	GKYU-7		TM	0°	21°	7500000	0	0,9999
IT	Gauss-Boaga Vest	Monte Mario	TM	0°	9°	1500000	0	0,9996
	Gauss-Boaga Ovest		TM	0°	15°	2520000	0	0,9996
DE	GK3	DHDN-77	TM	0°	9°	3500000	0	1
	GK4		TM	0°	12°	4500000	0	1
CH, LI	CH-1903*	Bern-1903	OM	46,95241°	7,43958°	600000	200000	1
	LV95*		OM	46,95241°	7,43958°	2600000	1200000	1

A második katonai felmérés által lefedett területen ma használt vetületek.

(*=a vetületi középvonal azimutja 90°.

A vetülettípusok jelölése: TM=transzverzális Mercator; ST=sztereografikus;
OM=ferdetengelyű Mercator)

A georeferencia hibái

Az előző fejezetekben ismertetett georeferálási módszer hibáit jelen esetben úgy értelmezzük, hogy a beszkennelt felmérési szelvényeken a kurzor mozgatásakor kiírt WGS84, illetve a felhasználó által választott vetületben érvényes koordinátáknak mekkora a hibája. A hibák becsléséhez felsoroljuk a teljes technológiai lánc (a korabeli felméréstől a szkennelt térkép választott koordinátarendszerben történő megadásáig) lépései, illetve azok hibáit.

Az első hibaforrás a térképmű geodéziai alapjaiban rejlik. Bár a XIX. század elejének felmérési gyakorlata már nagy pontosságú szögmérést tett lehetővé, az a már említett tény, hogy akkoriban még nem alkalmaztak – mert nem is alkalmazhattak – kiegyenlítést, érdemi, sőt az egyik legnagyobb hiba okozója. Emellett hasonló nagyságrendű eltérést okoz az, hogy a tartományi felmérések vetülettípusaként a Cassini-vetületet adtuk meg. Ez nem felel meg pontosan a korabeli térképezési utasításnak [5], azonban a térinformatikai szoftverekben általában választható vetülettípusok közül ez a lehető legjobb. A tapasztalataink azt mutatják, hogy a fenti két hibaforrás összesített hatása szélső esetben kb. 200 méter. A hiba a legjelentősebb a nagy kiterjedésű magyar tartományi rendszerben, míg a kisebb, vagy a később felmért tartományok esetén ennél nagyságrenddel kisebb. A geodéziai alappal feltehetően nem rendelkező Tirol és Salzburg esetében azonban a fenti értéket meghaladó hibák is jelentkeznek. Az ellipszoid megválasztásából eredő esetleges hibák méter alatti nagyságúak, így topográfiai szempontból elhanyagolhatók.

A felmérésből a vetítési utasításnak megfelelően papírtérképek és másolatok készültek. A másolás során eleve valamekkora hiba jelentkezik, amihez hozzáadódik a papír adathordozó több, mint egy évszázados tárolása során adódó méretváltozása. Ezek hatása a fenti mértékű hibát már nem növeli tovább.

A papír alapú felmérési szelvényekből a számítógépes korszakot megelőzően csak a térképperet behajtásával lehetett a térképlapokból mozaikot készíteni. Mivel ezt meg is tették, a szelvények eredetileg kirajzolt nyugati és déli (bal és alsó) szegélyvonala a hajtogatás miatti papírtörés következtében megsemmisült. Ennek következtében itt egy széles sáv keletkezik, és az eredeti térképperet pozíciója csak nehezen becsülhető. A szkennelt állományok ennek a sávnak az eredeti térképi tartalmát, így a térkép keretvonalát sem mutatják. A 4. fejezetben leírt georeferálási eljárás során a szelvények négy sarokpontját kellett illesztőpontként használni. Mivel ezek közül csak egy, az északkeleti (jobb felső) sarok volt egyértelműen adott, a többi sarok közelítéséből 5–12 méter további hiba származott.

A szkennelés során ennél valószínűleg kisebb hiba adódott a szkenner esetleges torzítása miatt. A szkennelés során a térképek jelentős mérete miatt néha a mozgatás során szkencsíkok, maradhatnak ki. Ez természetesen befolyásolja a georeferálást is, belső torzulást okozva. A georeferálás során a 4. fejezetben megadott alapfelületi

paraméterek hibája gyakorlatilag a kiegyenlítetelenségből fakad, így további hibaforrást már nem jelent. A vetületi egyenletek és az inverz egyenletek milliméteres pontosságúak, míg a ma használatos vetületek alapfelületi paraméterei általában 2 méter, a Varsói Szerződés Gauss-Krüger koordinátái esetén Ukrajnában 15 métert is elérő hibával érvényesek.

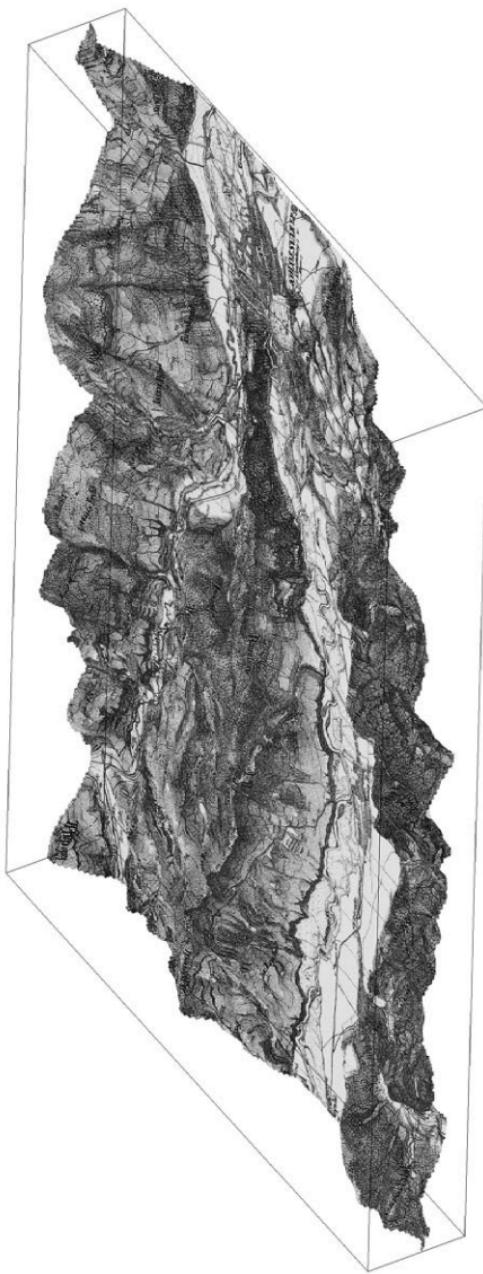
Mindezek a hibák együttesen maximum 220 méteres eltérést okozhatnak. Az eltérés korrekciója a legegyszerűbben úgy lehetséges, ha a megjelenítő program által exportált, mai vetületi rendszerben érvényes térképi állományt egy és csak egy illesztőpont segítségével elforgatás nélkül úgy toljuk el, hogy a választott ponton a koordináta az ott érvényes értéket kapja.

Alkalmazási lehetőségek

A második felmérés térképi tartalmának a modern vetületi rendszerekbe történő transzformációja lehetővé teszi, hogy a XIX. század első és második harmadának természletes és épített környezeti viszonyait a mai adatbázisokkal közös rendszerbe integráljuk, és azokkal így közösen elemezzük. A modern adatbázisok lehetnek szkennelt térképek, vektoros adatbázisok, légi- és ūrfelvételek, domborzati modellek, geológiai, geofizikai, meteorológiai és biológiai észlelések, hadtörténeti vázlatok, műszaki, vízügyi tervrajzok. A georeferált térképszelvényeken GPS-szel felmért útvonalak (ENG tracklog) ábrázolhatók, megvalósítva ezzel a térinformatika „időgép” funkcióját; a mai terepbejárás során a térképeken pontosan megfigyelhetjük, mi is volt a területen a második felmérés időszakában.

Különös érdekességgel bír a felmérés szelvényeinek a publikusan elérhető SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) digitális domborzati adatbázissal [25] történő kombinációja, a régi térképek háromdimenziós megjelenítése [26]. Mivel a domborzat, a külszíni bányászattal érintett területek kivételével, a felmérés idejében gyakorlatilag megegyezett a maival, így a létrehozott tájképek plasztikusan adják vissza a korabeli terepviszonyokat, ami mind a környezetéről tékelés, mind pl. a hadtudományi elemzések számára jó kiindulópont. Ezáltal a korabeli felmérés terépi felvételezési technikáját a georeferencia összekapcsolja a mai, ūrtechnológián alapuló adatbázisokkal. Egy ilyen kombináció eredményét mutatjuk be tanulmányunk zárásképpen a 3. ábrán.

3. ábra.



Kolozsvár (Cluj-Napoca; Klausenburg) környéke második felmérési szelvényének három-dimenziós ábrázolása az SRTM digitális domborzati adatbázis [25] felhasználásával

References / Literaturverzeichnis / Ajánlott irodalom

At each item there is a mark giving the language of the publication. In case of multiple marks, the first one refers to the language of the paper, the second one to the language of the abstract. The notations are as follows: [EN] English, [DE] German, [HU] Hungarian, [CZ] Czech, [SK] Slovak, [IT] Italian, [PL] Polish, [FR] French, [RU] Russian.

Die Buchstaben hinter den Ordnungszahlen weisen auf die Sprache der angeführten Literatur hin, wenn es sich um mehreren Sprachen handelt, so ist die erste Abkürzung die Sprache der Arbeit selbst, die zweite Abkürzung die Sprache der Zusammenfassung.

Die Bedeutung der Kennungen ist wie folgt:

[EN] Englisch; [DE] Deutsch; [HU] Ungarisch; [CZ] Tschechisch; [SK] Slowakisch; [IT] Italienisch; [PL] Polnisch; [FR] Französisch; [RU] Russisch.

Az egyes tételeknél a sorszám utáni jelzet az adott irodalom nyelvét adja meg, több nyelv megadása esetén az első a munka szövegének, a második pedig az összefoglalónak a nyelve. A jelzetek jelentése: [EN] angol; [DE] német; [HU] magyar; [CZ] cseh; [SK] szlovák; [IT] olasz; [PL] lengyel; [FR] francia, [RU] orosz.

[1][HU/EN/DE/RU] JANKÓ, Annamária (2001): A második katonai felmérés. Hadtörténeti Közlemények 114: 103–129.

(URL: <http://epa.oszk.hu/00000/00018/00016/04janko.htm>)

[2][HU/EN] TIMÁR, Gábor, MOLNÁR, Gábor (2003): A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformáció alkalmazások számára. Geodézia és Kartográfia 55(5): 27–31.

(URL: <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2003/05/4.pdf>)

[3][EN/SK] TIMÁR, Gábor (2004): GIS integration of the second military survey sections – a solution valid on the territory of Slovakia and Hungary. Kartografické listy 12: 119–126.

(URL: http://sas2.elte.hu/tg/kl12_timar.htm)

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

[5][HU] VARGA, József (without year/évszám nélkül): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. Manuscript/Kézirat.

(URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm)

- [6][DE] KRETSCHMER, Ingrid, DÖRFLINGER, Johannes, WAWRIK, Franz (2004): Österreichische Kartographie. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie – Band 15. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, Wien, 318 p.
- [7][HU] STRENK, Tamás (1992): A II. katonai felvételek. In: Joó István, Raum Frigyes (eds): A magyar földmérés és térképészeti története, I. kötet, Budapest, 240–246 p.
- [8][EN] MUGNIER, Clifford J. (1999): Grids & Datums – Republic of Hungary. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 65: 423 & p. 425.
- [9][EN] MUGNIER, Clifford J. (2004): Grids & Datums – Republic of Austria. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 70: 265 & 267.
(URL: <http://www.asprs.org/resources/grids/03-2004-austria.pdf>)
- [10][IT] BUFFONI, Dino, LEONI, Daniele, BORTOLAMEDI, Renzo (2003): L'eredità cartografica catastale degli asburgo in formato digitale. E.geography: GIS e Societá – 6° Conferenza Italiana Utenti ESRI, 9–10 Aprile 2003.
(URL: <http://www.esriitalia.it/conferenza2003cd/content/documents/9aprile/buffoni.doc>)
- [11][PL] MAŚLANKA, JÓZEF (without year/évszám nélkül): Kataster austriacký. Manuscript/Kézirat.
(URL: http://gps.put.mielec.pl/new_page_1.htm)
- [12][EN] SNYDER, John P. (1987): Map projections – a working manual. USGS Professional Papers 1395: 1–262.
- [13][DE] MAREK, Johann (1875): Technische Anleitung zur Ausführung der Trigonometrischen Operationen des Katasters. Pénzügyminisztérium, M. Kir. Állami Nyomda, Budapest, 397 p.
- [14][HU/EN] TIMÁR, Gábor, MOLNÁR, Gábor, PĂUNESCU, Cornel, PENDEA, Florin (2004): A második és harmadik katonai felmérés erdélyi szelvényeinek vetületi és dátumparaméterei. Geodézia és Kartográfia 56(5): 12–16.
(URL: <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2004/05/3.pdf>)
- [15][CZ/EN] VEVERKA, Bohuslav, ČECHUROVÁ, Monika (2003): Georeferencování map II. a III. vojenského mapování. Kartografické listy 11: 103–113.

- [16][CZ/EN] VEVERKA, Bohuslav (2005): Vývoj software pro lokalizáci map II. a III. vojenského mapování. In: Historické mapy. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Bratislava 2005 (Kartografická spoločnosť Slovenskej Republiky).
- (URL: <http://projekty.geolab.cz/gacr/files/vev.pdf>)
- [17][HU/EN] TIMÁR, Gábor, MARKOVINOVÍC, Danko, KOVÁCS, Béla (2006): Az ivanicsi (ivaniči) rendszer paraméterezése a térinformatikai alkalmazásokban. Geodézia és Kartográfia 58(8): 27-31.
- [18][FR] (without author and year/szerző és évszám nélkül) Résultats définitif del'Observations astronomiques faîtes à Milan, à S. Salvatore et à Venice pour déterminer les longitudes et les latitudes de ces points. Kriegsarchiv, issue number/kötetszám: 25; cover description/kötési cím: Dreyecks Netz in Ober Italien.
- [19][EN] MUGNIER, Clifford J. (1997): Grids & Datums – Yugoslavia. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 63: 1042 & 1062.
- [20][SK/EN] TIMÁR, Gábor, DANIŠÍK, Martin (2003): Aproximácia Krovákovho zobrazenia Lambertovým konformným kužeľovým zobrazením na území Slovenska pre potreby GIS a GPS. Kartografické listy 11: 100–102.
(SK URL: http://157.181.171.194/tg/krovak_kl_sk.htm)
(EN URL: http://157.181.171.194/tg/krovak_kl_en.htm)
- [21][CZ] TIMÁR, Gábor, URBÁN, Petr (2003): Aproximace Krovákova zobrazení pro území České Republiky Lambertovým konformním kuželevým zobrazením pro potřeby GIS. ArcRevue [Praha] 12(2): 24–25.
(URL: http://www.arcdata.cz/download/arcrevue/02_2003.pdf)
- [22][CZ] DUŠEK, Radek, MACH, Jan (2005): Aproximace Krovákova zobrazení pro geografické účely. TCP2005 Mezinárodní konference "Technical Computing Prague 2005", ČVUT, Praha, 15 November 2005.
(URL: http://dsp.vscht.cz/konference_matlab/matlab05/prispevky/dusek_radek/dusek.pdf)
- [23][EN] MUGNIER, Clifford J. (1997): Grids & Datums – The Republic of Poland. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 66: 10631064.
(URL: <http://www.asprs.org/resources/grids/09-2000-poland.pdf>)

- [24][EN] VÖLGYESI, Lajos, TÓTH, Gyula, VARGA, József (1996): Conversion between Hungarian Map Projection Systems. Periodica Polytechnica Civ. Eng. 40(1): 73–83.
(URL: <http://sci.fgt.bme.hu/volgyesi/vetulet/ppvetful.pdf>)
- [25][EN] WERNER, Marian (2001): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Mission overview. Journal of Communication (Frequenz) 55: 75–79
- [26][CZ/EN] BOLTIŽIAR, Martin, BRŮNA, Vladimír, CHRASTINA, Peter, KŘOVÁKOVÁ, Kateřina (2006): Krajina Vysokých Tater na historických mapových podkladech. KRAJINA – ČLOVEK – KULTÚRA 2006, Prístupy k implementácii Európskeho dohovoru o krajinе v štátoch V4, X. Medzinárodná konferencia konaná pri príležitosti XII. medzinárodného festivalu filmov o životnom prostredí, Banská Bystrica.
(URL: http://bruna.geolab.cz/files/oldmaps/bb_vt.pdf)

ISBN 963 7374 33 7



9 789637 374337 >