

TIMÁR GÁBOR – REISZ T. CSABA

*A kataszteri térképek szerepe a térinformatikai vizsgálatokban**



Egy igen régi bölcsesség szerint a történelemnek két szeme van, az idő és a tér.¹ A múlt megismerésében nemcsak a kronológiai rend szolgál igazodási pontként, mert fontos szerepe van a térbeliségnek is (hol, milyen messze, melyik irányban stb.), amely ugyancsak rendelkezik időbeli dimenzióval (mikor, mettől, meddig). A történelmi kutatások egyik fontos forrástípusa a térkép, amelynek teljes körű elemzése csak akkor valósul meg, ha az túlmutat a forrás keletkezési idejének pillanatán, és a térbeli információkat azok időben változó vagy állandó állapotában is értékelni tudja. Ehhez szükséges az a megoldás, amely a tér-idő dimenziók összevetését lehetővé teszi, ezt nyújtják a térinformatikai alkalmazások.

A térképek, térképi jellegű információk és adatbázisok – így a kataszteri anyagok nagy része – tárolása, megjelenítése és elemzése szempontjából a georeferálás vált az elmúlt másfél évtized egyik legfontosabb lépésévé. Miközben ez a fejlődési irány világszerte tapasztalható, hazánk minden szempontból ennek éllovasává nőtte ki magát. Az Arcanum Adatbázis Kft. által üzemeltetett *Arcanum Térképek* elnevezésű – korábbi, alább többször hivatkozott címmel MAPIRE (www.mapire.eu) – szolgáltatás és annak előzményei ezt a kijelentést mindenképpen megalapozzák.

Mit is jelent pontosan a georeferálás, és milyen haszna lehet a térképekkel is foglalkozó kutatók, illetve általánosságban a bölcsészettudomány számára?² Tanulmányunkban e kérdésekre adunk választ, méghozzá annak

igényével, hogy az érdeklődők maguk is kipróbálhassák ezt az érdekes „játékot”, miközben gyakorlatilag azt mutatjuk be, hogy a MAPIRE szolgáltatásban mi is van „a motorházteő alatt”, hogyan készítik elő a térképeket azok a kollégák, akik eredetileg maguk sem ilyen szakképzettséggel rendelkeztek.

A georeferálás „célpontjai” a jelenleg elérhető szolgáltatásokban a kétdimenziós adatbázisok. A legtöbb esetben szkennelt térképekről vagy térképvázlatokról van szó, ugyanakkor felvetődik az igény légi- és űrfelvételek feldolgozására is. Itt és most a térképek georeferálását tárgyaljuk. A kétdimenziós térképi ábrázolás a számítástechnikában alapulhat vektoros vagy raszteres adattároláson. Előbbi esetben a térkép pontszerű, vonalas és felületi elemeit, azok határának futását – pl. a töréspontokat – tároljuk, míg a raszteres esetben az ábrázolandó síkra négyzetrácsot fektetünk és a rács minden kis négyzetét megtöltjük valamilyen egyedi adattal. Ez az utóbbi folyamat az, amelyet a szkennerek vagy a digitális fényképezőgépek végeznek el, és tekintettel a levéltári gyakorlatra, mi is ez utóbbit: a szkennelés eredményeként előálló raszteres képek (jellemzően JPG vagy TIF képi állományok) georeferálását mutatjuk be.

A georeferálás eredménye az, hogy a tárolt képi állomány minden pontját el tudjuk helyezni egy olyan koordináta-rendszerben, amely egyértelműen kapcsolható a földrajzi valósághoz. A szkennelt raszteres kép esetén ez azt jelenti, hogy minden képpont egyértelmű hely-

* Reisz T. Csaba tanulmányhoz szükséges kutatása a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával az NKFI Alapból (K 132723) valósult meg.

1 A gondolat a könyvnyomtatás kezdeteitől felbukkan, a térképészetben leginkább az Abrahamus Ortelius Antverpianus 1579-ben megjelent *Theatrum orbis terrarum* című könyvének első oldalán található, „Geographiae (quae merito a quibusdam Historiae oculus appellata est)”, magyarul: „a földrajz (amelyet joggal neveznek a történelem szemének)” idézet terjedt el, de ugyanennek a gondolatnak más változata szerint „a történelemnek két szeme van, a kronológia és a geográfia”.

2 TIMÁR GÁBOR: *Georeferencia. Térképi vetületek és geodéziai dátumok szabatos használata a térinformatikában*. Elektronikus jegyzet. Bp., 2008. (<http://sas2.elte.hu/tg/georeferencia.htm>, elérés ideje: 2022. 02. 10.), vö. a 12. jegyzetben említett irodalommal is.

zetben van egy ilyen koordináta-rendszerben: praktikusán a négyzetháló vonalai e rendszer derékszögű koordináta-vonalai. Ha ezt megvalósítottuk, akkor a szkennelt térkép bármilyen szabványos térinformatikai megjelenítő eszközön földrajzilag a „helyére kerül”, és itt olyan egyszerű, különösebb szaktudást nem igénylő megoldásokra is gondolhatunk, mint a Google Earth. Ennek előnyeiről a cikk végén még szó esik, de azok első ránézésre is nyilvánvalók. Így működik a MAPIRE is: itt más, nyilvánosan elérhető térképi háttérre vetítik a georeferált térképeket, lehetővé téve ezáltal nem csak a mai terep és a régi térkép egybevetését, egyfajta „időgép”-funkciót, de közös koordináta-rendszer esetén több régi térkép és több idősík is ábrázolható, akár egymás fedvényeként vagy szinkronizált nézetben is.

A georeferálást eredetileg a frissen készült térképek számára fejlesztették ki, hogy a digitális térkép ne csak egyféle, mégoly részletes képi állomány legyen, hanem térinformatikai eszközökkel is használni lehessen. Az ehhez megvalósított közrendszerbe kicsit később érkeztek meg a történelmi térképek.³ Ahhoz, hogy ezeket is georeferáljuk, néhány követelménynek meg kell felelniük.

Ezek közül a legfontosabb a jó minőségű szkennelés: a legalább 150 dpi felbontás, gyűrémentes, szkennelési hibát nem tartalmazó felvételezés.⁴ Természetesen a térképlapok száradása, deformációja, a hajtogatás hatása a készítéstől eltelt hosszú idő miatt általában elkerülhetetlen, de a következményeket próbáljuk minimalizálni. Lehetőség szerint kerülendő a kasírozott térképek használata, ugyanis

itt a hajtogatási vonalak mentén a térképi tartalom egymástól eltávolított, ott néhány vagy néhány tíz képpontnyi vászon jelenik meg, a tényleges terepábrázolás pedig ennyivel eltolva folytatódik, ami a koordinátaillesztést szinte lehetetlenné teszi.⁵

A jó georeferálás másik feltétele, hogy magának a térképnek legyen valamilyen koordináta-rendszere, amelyet vagy ismernünk vagy matematikailag modelleznünk (utánoznunk) kell. Ez azonban tőlünk független, és van olyan alkalmazás, amikor éppen ez a modellezés az elemzés célja, hogy megismerjük a térképkészítés történetét.⁶ Lényeges az eredeti térkép méretaránya is. A georeferálás egyik „ökölszabálya”, hogy a térképi helyzet leolvasási pontossága a „fél térképi milliméter”. Ez a hazánkban szokásos 1:10 000 méretarányú topográfiai térképen 5 méter, a Habsburg Monarchia 1:75 000 léptékű sorozata esetén kb. 40 méter – viszont a történelmi kataszter külterületi 1:2880 méretarányú szelvényein alig másfél méter! Ennek jelentőségét főként a térképi illesztés gyakorlati megvalósítása során fogjuk felismerni.

A georeferálás megvalósítása

Bár a georeferálás mögött álló matematikai eszköztár az informatikában kifejezetten egyszerűnek számít, köznapi értelemben nem az. Szerencsére ismerete nem is előfeltétele a gyakorlati alkalmazásnak. A szükséges számításokat és algoritmusokat a térinformatikai szoftverek mind ismerik, és ezek között olyanokat is találunk, amelyek ingyenesek és a fejlesztés-

3 A magyar kartográfiai szakirodalom és névhasználat elég kritikus ezek pontos elnevezésével, még talán a „régí térkép” és az „archív térkép” a legelfogadottabb kulcsszavak. A „történelmi térkép” kifejezés egyértelműen foglalt valamilyen történelmi esemény vagy folyamat ábrázolására, és a viták során így kezelik a „történelmi térkép” szópárt is. A jelen tanulmányban mindig régen készült, de topográfiai és/vagy kataszteri célú térképeket fogunk említeni.

4 A dpi (dot per inch) a hüvelykenkénti (2,54 cm) képpontok száma. Az emberi szem a legalább 256 dpi-s felbontás esetén nem érzékeli a képpontokat (pixeleket).

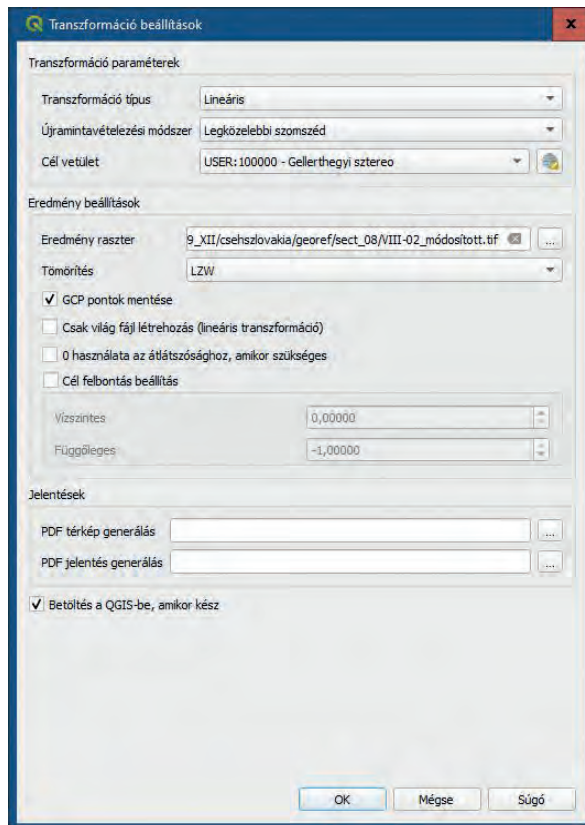
5 Ha mégis ilyen térképpel kell dolgoznunk, a kasírozási sávok közötti térképrészleteket kell külön-külön georeferálni, ami adott esetben nem kis feladat, de még mindig pontosabb, mint e darabok illesztése képszerkesztővel.

6 Vö.: TIMÁR GÁBOR – MOLNÁR GÁBOR – SZÉKELY BALÁZS – PLIHÁL KATALIN: The Map of Lazarus (1528) of Hungary and the Ptolemaic Projection. *Proceedings of the First ICA Symposium for Central and Eastern Europe, 2009, Vienna University of Technology*. Eds.: GARTNER GEORG – ORTAG FELIX. , Bécs, 2009. 683–693.

tésben részt vevő nagyobb közösség tudásán alapulva képességeik nagyságrendileg követik a csúcstechnikát is.⁷

A történeti térképek georeferálása során gyakorlatilag illesztőpontokkal dolgozunk. Ezek olyan (valódi vagy képzetes) tereppontok, amelyeknek ismerjük a térképi és valódi földrajzi helyzetét is. Az illesztőpontokat az angol szakirodalmi rövidítés alapján GCP-nek (ground control point; földi vagy terepi illesztőpont) nevezzük. Ilyen lehet valamely tereptárgy (pl. templomtorony csúcsa, háromszögelési pont), amelynek régi térképi jele egyértelműen felismerhető, és ma is megvan a terepen, így a mai térképről is leolvasható a helyzete.⁸ Ennél egyszerűbb a helyzetünk, ha a georeferálandó térkép tartalmaz valamilyen koordináta-megírást, vagy szelvényezése, szelvényezésre utaló információja elhelyezi egy koordináta-rendszerben. Ebben az esetben a mai terep ismerete csak a georeferencia ellenőrzésére szolgál: a folyamat során az adott koordinátájú pontokra kattintunk az egérrel, ezzel megkapjuk a pont képi koordinátáit a szkennelt állományon, majd begépeljük a megadott koordinátákat, természetesen nem összekeverve az X (kelet–nyugati) és Y (észak–déli) koordinátákat és azok előjeleit sem.

Lássunk erre egy példát: használjunk fel egy, a magyar–csehszlovák határmegállapító bizottság által a trianoni határ dokumentálására szolgáló és kataszteri méretarányú térkép-szelvényt.⁹ Ezen szerepel koordináta-megírás: a szelvény szélei a budapesti (Gellért-hegyi)



■ A georeferálás alapbeállításai: a cél-koordinátarendszerhez illesztés és az átmintavételezés típusa, illetve a cél-koordinátarendszer kiválasztása

sztereografikus vetület (koordináta-rendszer) szerint méterben adottak.

A szoftver első nehezebb kérdése, hogy az illesztőpontok koordinátáit milyen rendszerben (CRS – Coordinate Reference System) kívánjuk megadni, vagyis a térképre ráírt, méterben megadott számok milyen rendszerben értendők? Az imént persze leírtuk: Gellért-hegyi

7 A szerzők a tanulmány elkészítésekor a QGIS (Quantum Geographic Information System) nyílt forráskódú szoftverrel dolgoztak (<http://www.qgis.org>). Bár annak használata nem teljesen magától értetődő, számos oktatóanyag és -videó elérhető hozzá, nem beszélve a több százézes nemzetközi felhasználói közösségről. Azok számára, akik éppen e tanulmány alapján is a térinformatika és azon belül a georeferálás ismereteinek elsajátítására vállalkoznak, ez a szoftver kiváló – ingyenes – támogatást nyújt. A szoftver magyar nyelven is elérhető, a képeket is így adjuk közre, bár a szerzők maguk az angol nyelvű beállítást használják.

8 A mai térképi helyzet megállapításához online digitális térkép (pl. OpenStreetMap vagy Google Earth/Maps) is felhasználható. Tudnunk kell azonban, hogy ezek horizontális pontossága (georeferenciája) néhány méter, illetve a Google egyes eseteiben csak 20–30 méter, ami kataszteri lapok illesztéséhez nagyon gyenge.

9 A határtérképek koordináta-rendszereiről: TIMÁR GÁBOR – VARGA NORBERT: A trianoni határtérképek koordináta-rendszere és kataszteri alapja. *Catastrum*, 8. (2021) 3:35–40. A felhasznált térkép-szelvény forrása: 2009. évi XII. törvény az államhatárt, az államhatár vonalának megállapítását tartalmazó egyes nemzetközi szerződések és határokmányok kihirdetéséről. *Magyar Közlöny*, 2009. 40. szám, digitális melléklet (121. pdf. 3. oldal); Magyarország és Csehszlovákia közötti állami határvonal részletes térképe, 1922–1925. 1:2880. VIII. szakasz, 2. szelvény.

sztereografikus rendszer.¹⁰ Ezt azonban a QGIS magától nem ismeri: meg kell tanítanunk rá. A következő rész erről szól, de aki a matematika egyszerűbb részétől is húzódozik, ugorja át azt nyugodtan. Annyit kell csak tudni, hogy van olyan, hogy térképi vetület, és olyan, hogy geodéziai dátum (alapfelület), és ki kell választani ennek a párosát.

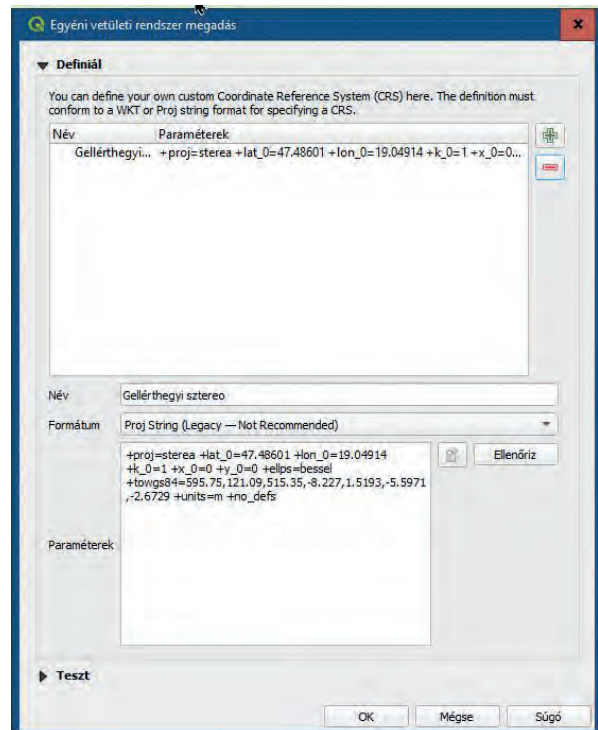
Térképi vetület és referenciatelület

A térinformatikai rendszerek által használt koordináta-rendszerek a címben megadott adatrészt tartalmazzák. A referenciatelület vagy geodéziai dátum röviden az a forgási ellipszoid (1800 előtt jellemzően inkább gömb), amelyen a térképezéshez használt földrajzi koordinátákat értik, de nemcsak annak mérete és alakja, hanem a térbeli helyzete is leírt. A vetület pedig az a módszer, hogy a szélességi és hosszúsági adatokból hogyan készítünk térképi síkkoordinátákat és vizont. Térképészeti órakon tanulhattunk henger-, kúp- és síkvetületekről, a Gellért-hegyi sztereografikus rendszer alapja például síkvetület, de a lényeg a földrajzi és a térképi síkkoordináták közti átváltás módja, amelyet a térinformatikai rendszerekbe épített függvénykönyvtárak pontosan ismernek.

Az említett Gellért-hegyi rendszert „megtaníthatjuk” a QGIS-szel, ehhez a vetületi rendszer paramétereit kell pontosan beállítani. Szükség van erre a sok varázsszámra? Nem mindig, de ha a térképről akarjuk leolvasni a vetületi koordinátákat, akkor igen. És akkor is, ha kataszteri pontosságra törekszünk.

Az illesztőpontok felvétele

Ha már tudjuk, milyen rendszerben adottak a térképi koordináták, következhet az illesztőpontok felvétele. A kiválasztott szel-



■ A név megadása után a kulcs a paramétersor. A „proj” mező a vetülettípust jelzi.¹¹ A „lat_0” és „lon_0” mezők a vetületi kezdőpont, vagyis a Gellért-hegyi főalappont földrajzi koordinátái. Az „x_0” és „y_0” mezők ugyanezen pont térképi koordinátái (ez a kataszteri rendszerben nulla), a „k_0” pedig az ún. skálátényező, az egyes szám azt mutatja, hogy sem nagyítást, sem kicsinyítést nem alkalmazunk. Az „ellps” mező az alapellipszoidra, itt a Bessel-1841 ellipszoidra utal, amelyet a szoftver ismer és ellátja a méretére és lapultságára jellemző számokkal. A „towgs84” mező kifejtése egy tankönyvi fejezetet igényelne:¹² a Gellért-hegyi illesztésű Bessel-ellipszoidnak a GPS-ek által is használt WGS84 ellipszoidhoz képest érvényes helyzetét írják le e számok: az első három a középpont eltolását a három koordináta irányába méterben, a második három a három tengely körüli elforgatást szögmásodpercben, a hetedik pedig ismét egy skálátényező, milliomod részben

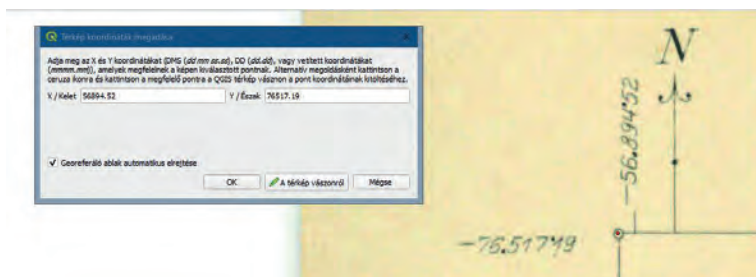
vény esetében a sarokpontokon adott a koordináta, ezért a négy sarokpontot használjuk illesztőpontként.

Figyeljük meg, hogy míg a térképen negatív számokat látunk, a szoftverben pozitív előjellel adjuk meg őket. A kataszterben is használt Gellért-hegyi rendszer ugyanis dél–nyugati

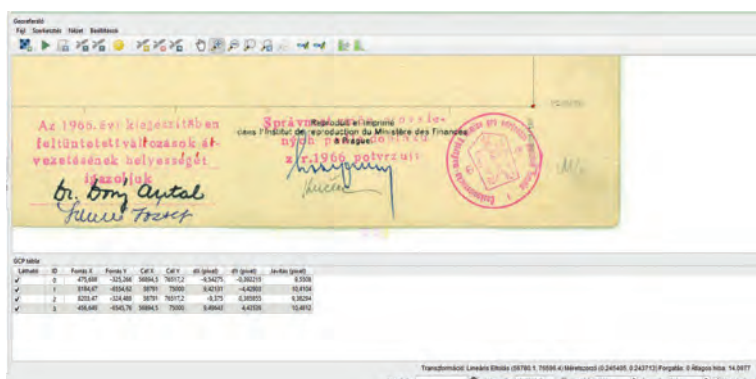
¹⁰ Megjegyzendő, hogy a Gellért-hegy/Gellérthegy kétarcú helynév, az előbbi a természetföldrajzi elem (a hegy), utóbbi a közigazgatási egység (a városrész) megnevezése. Tekintettel arra, hogy a vetületi rendszer kiindulási, viszonyító pontja a hegy, ezért annak elnevezése is a földrajzi elem nevét viseli, vagyis Gellért-hegyi sztereografikus rendszer a helyes elnevezés. A szakirodalom ettől esetenként eltér („gellérthegyi”), mi a továbbiakban az előbbi – helyes – alakot használjuk.

¹¹ Itt eredetileg ez „stereo” volt, de a függvénykönyvtárakban is előfordulnak hibák, a javított változat már a „sterea” nevet kapta.

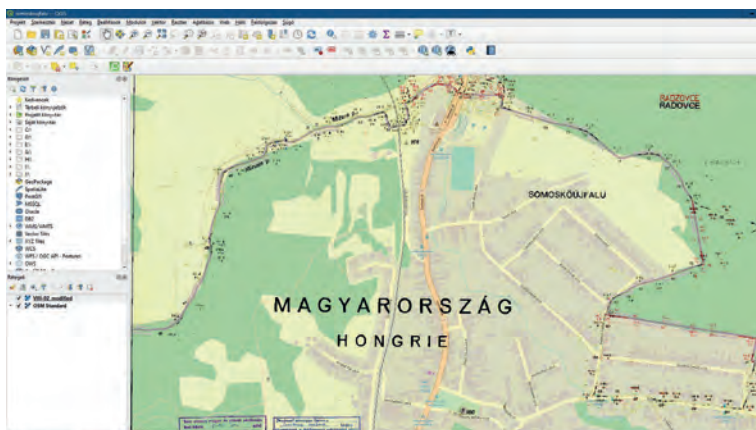
¹² TIMÁR GÁBOR – MOLNÁR GÁBOR: *Térképi vetületek és alapfelületek*. Bp., 2013. 84.



- Egy illesztőpont felvétele a magyar–csehszlovák határmegállapító bizottság kataszteri méretarányú térképén



- Az illesztőpontok koordinátái, valamint hibák, amelyek elárulják, hogy megfelelő módon végeztük-e el a georeferálást (sőt abban is segít pl., hogy ha a Cél/ Dest. oszlopokban nincs érték, akkor valószínűleg a tizedes helyiértékek elválasztására alkalmazott írásjel nem megfelelő, vagyis pont/vessző cserét kell alkalmaznunk)



- Az ellenőrzés itt jó eredményt ad: a hibák valóban sehol sem haladják meg a három métert

tájékozású, vagyis a koordinátaértékek dél és nyugat felé növekednek. A térinformatikai rendszernek ezt nem lehet megtanítani, ott minden esetben az észak–keleti tájékozás követendő, tehát előjelet kell váltani. A koordináták bevitele előtt természetesen be kell böknöni az egérrel a sarokpontba: a kis kör közepén meg kell jelölnünk a pontot.

A négy sarokpont felvétele után illesztő-

pontjaink ilyen táblázatot (l. a középső képet) adnak. A „Source X” és „Source Y” mezők tartalmával nem kell foglalkoznunk, azt a sarokpontra történt egérgattintás generálja. A „Dest. X” és „Dest. Y” mezőkben látjuk az általunk felvitt koordinátákat. A „dX (pixels)” és a „dY (pixels)” mezők az X és Y irányú hibát, a „Residual” pedig ezek pitagoraszi összegét adja, képpontban. Minthogy a kép 300 dpi felbontással volt szkennelve, a méretarány pedig 1:2880, egy képpont mérete $2880 \times 0,0254 / 300 = 0,243$ méter, vagyis kb. 25 centiméter. A 10 képpontnyi hiba itt tehát két és fél méteres vízszintes csúszást jelent. És a kötelező kérdés: miért van hiba? Azért, mert a térkép nem abszolút pontossággal készült, 100 év alatt a papír száradt, sérült, a szkennelés sem ad teljesen pontos leképezést. A mi döntésünk, hogy 5 méter elfogadható-e, és továbblépünk, vagy megpróbáljuk pontosabban megjelölni a sarkokat. Amikor viszont több száz képpontnyi hibát kapunk, akkor elrontottunk valamit: rossz koordinátákat írtunk be, vagy rossz sorrendben adtuk meg azokat.

A következő lépés az ellenőrzés. A QGIS – a szükséges, szintén ingyenes kiegészítők telepítése esetén – online meg tudja nyitni az OpenStreetMap nyílt hozzáférésű térképet, amelyre rávetíthet-

jük a frissen georeferált szelvényünket.

Ami létrejött, az a georeferált állomány, maga is raszteres (képpontokból álló) kép, a képpontokból álló sorok és oszlopok egy, immár a képhez rendelt koordináta-rendszer koordinátaival párhuzamosak. Ez az állomány az eredeti képből átmintavételezéssel jön létre akkor, amikor a beállítások és az illesztőpontok felvételének elvégzése után a „georeferálás”

gombot megnyomjuk. Ekkor a szoftver az eredeti képre ráhelyezi a cél-koordináta-rendszer szerinti rácshálót és azt feltölti értékekkel. A szerzők az átmintavételezés módszereként a leggyorsabb és csak a kiinduló kép „színeit” tartalmazó, ún. „legközelebbi szomszéd” (Nearest Neighbour) típus választását javasolják.

A célrendszer rácshálóját a szoftver az illesztőpontok alapján készíti el. Ha elfogadjuk, hogy az eredeti és a georeferált kép közt csak a koordinátatengelyek irányában és a képpontok méretében legyen különbség, akkor a „Lineáris” módszert válasszuk, ilyenkor elegendő három (nem egy egyenesre eső) illesztőpont kiválasztása; négy pont esetén pedig már a hibabecslésre is módunk van. A többi lehetőség (Helmert-, kvadratikus, köbös stb. illesztések) alkalmazását a kataszteri gyakorlatban nem javasoljuk.

Az illesztőpont-választás módszerei

Az előző példában láthattuk, hogy a georeferálás talán legfontosabb lépése az illesztőpontok kiválasztása és minden, ami ehhez szükséges. A példatérképünkön

- adottak voltak a sík-koordináták valamilyen rendszerben;
- ezt a rendszert nemcsak azonosítottuk, de a térinformatikai rendszerünkben ismert vagy annak „megtanítható”.

Ebből következik általánosan is, hogy a teendők attól függ, mi a georeferálandó „nyers-

anyag”, milyen térképet kell illesztenünk. Négy lehetőségünk van:

1. A legegyszerűbb a fenti eljárás. A térkép koordinátázott, a koordináta-rendszert megtaláltuk és a térinformatikai környezetben már elérhető. Beállítjuk ezt a rendszert, majd 4-5 olyan illesztőpont felvételével, amelyek közel sem esnek egy egyenesbe, gyakorlatilag készen is vagyunk.
2. Ha a térképen nincsenek vetületi koordinátavonalak, de – és ez különösen kisebb méretarányú regionális vagy országtérképekre igaz – földrajzi koordinátahálózat (szélességi és hosszúsági fokok) van rajta.¹³ Ilyenkor e vonalak metszéspontjai is megadhatók illesztőpontnak, de nagyon fontos, hogy ez nem lehet a cél-koordináta-rendszer.¹⁴ Nem lehet elégszer hangsúlyozni viszont, hogy – hacsak nem vagyunk az Egyenlítő közvetlen közelében – a földrajzi fókálózat használata nagyon nagy torzulásokat okoz, nem véletlenül alkalmazzák a térképi vetületeket. A földrajzi koordinátákkal megadott és vetületbe át nem számolt illesztőpontok esetén a pontlista utolsó oszlopában megkapott, képpontban kifejezett hiba is több százas nagyságrendű, amely a vetületbe átváltás után azonnal elfogadható nagyságúra csökken.¹⁵
3. Térképeink egy részénél, különösen a szelvényhálózatba szervezett térképműveknél a szelvényeken nem találunk semmilyen koordinátát, sem földrajzit, sem vetületit.¹⁶ Találunk viszont szelvényszámot, és ebből a

13 Greenwichet általános kezdőmeridiánként csak 1884-ben fogadták el legalább ajánlásként, és évtizedekbe telt, amíg a topográfiai és kataszteri térképeken hazánkig is „elért” a használata. A második világháború előtti térképeken ezért rendszeresen a „Ferrótól keletre” hosszúságmegjelöléssel találkozunk (és nem állhatjuk meg, hogy megjegyezzük, sok más mű mellett Lipszky János 1804 és 1808 között készült Magyarország-térképe is Ferró szigetéhez viszonyított koordináta-rendszerben készült). Hazánkban a Greenwich–Ferró hosszúságkülönbség a kataszteri gyakorlatban 17 fok 39 perc 45,975 másodperc, míg a német, osztrák és csehszlovák térképműveken a Ferró–Greenwich hosszúságkülönbség értéke kerekén 17 fok 40 perc. Ferró gyakorlatilag a párizsi csillagászati kezdőmeridiántól kerek 20 fokkal nyugatra tolt virtuális délkör, l. ehhez TIMÁR GÁBOR: A ferrói kezdőmeridián. *Geodézia és Kartográfia*, 59. (2007) 12:3–7.

14 A QGIS felismeri ezt a helyzetet, és a „motorháztető alatt” a pontjainkhoz hozzárendel egy vetített koordináta-rendszert és abban számol. A teljesen korrekt megoldás a pontok rögzítése a földrajzi koordináták szerint, majd átszámításuk egy olyan vetületbe, ami az adott korban és térségben feltehetően használatban volt – és nem kell nagyon aggódnunk, az ilyen kis méretarányú térképeknél túl nagy hibát az sem okoz, ha nem találjuk el, hogy mi a térkép tényleges vetülete. Az általunk ismert szoftverek közül azonban ezt a lehetőséget csak a nem ingyenes *Global Mapper* adja meg.

15 És ezen ilyenkor nem segít további és még több pont felvétele sem. Ha a matematikai modell nem jó – és az a modell, hogy a földrajzi koordináták lineáris rendszert alkotnak, láthatóan nem az –, akkor a pontok számának növelése sem csökkenti a hibát.

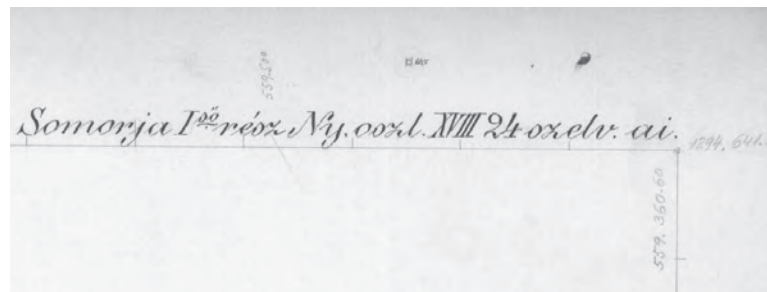
16 Jó példa erre a Habsburg Birodalom második katonai felmérése vagy a történeti kataszteri lapok rendszere.

legtöbb esetben meg lehet mondani, hogy a szelvény alsó és felső, illetve jobb és bal oldala milyen koordinátavonalra illeszkedik például a Gellért-hegyi alapponthoz képest, a rendszer szokásos vetületében. Így a szelvény szám által hordozott georeferencia segítségével ez visszavezethető az első esetre: a négy sarokpont illesztőpontként használható akkor is, ha a koordinátáik nincsenek ráírva úgy, mint a fenti példán ismertetett térképünkön. A MAPIRE adatbázisban elérhető szelvények nagy többségét így georeferálták.

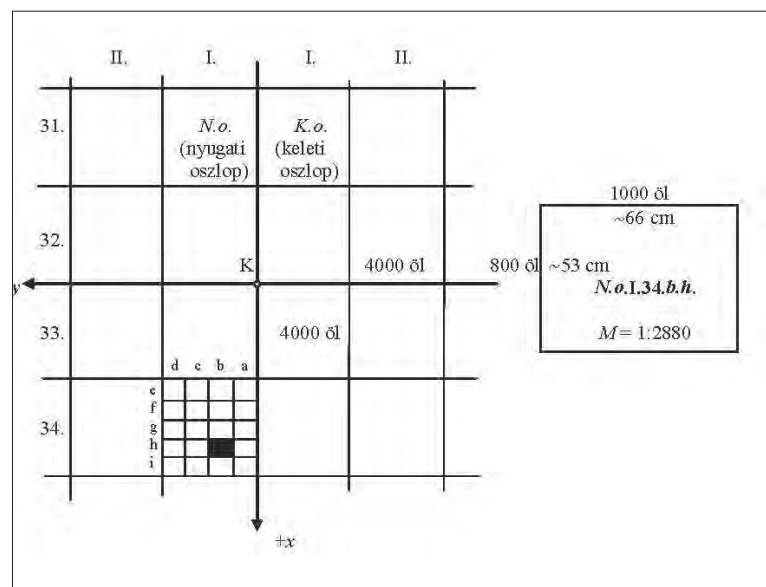
4. Végül természetesen vannak olyan térképek, amelyen semmilyen koordináta-megírást és szelvényinformációt sem találunk. Itt és csak itt lehet a legtriviálisabb módon „nekiesni” a problémának: megkeresni olyan tereppontokat a térképen, amelyeket ma is megtalálunk, pl. a Google Earthön. Ismét felvetődik, hogy milyen koordináta-rendszerben dolgozzunk: a földrajzi szélesség-hosszúság alkalmazása itt ugyanúgy elkerülendő, mint a fenti 2. pontban, de a Google Earth felkínálja pl. a vetített UTM-rendszert is: kisebb területekre ez jó választás. A módszer gyenge pontja, különösen a kisebb területet fedő régi – pl. úrbéri – térképek esetén, hogy egyszerűen nem találunk régen és ma is azonosítható tereppontokat. Mint e dolgozat végén ezt példával is bemutatjuk, a „történelem két szemével”, a térrel és az idővel ügyesen pislogva egy már georeferált régi térkép(szelvény) közbeiktatásával olyan pontokat is használhatunk, amelyeket ma már nem, de pl. a régi katasztereken még megtalálunk, és koordinátái abból ismertek.

Georeferencia a szelvénytáblában: egy kataszteri térképszelvény georeferálása

A kataszteri gyakorlatban a fenti illesztőpontválasztási lehetőségek közül a harmadik a célszerű: igaz, hogy a térképeken nincs semmilyen koordináta-megírás, mégis a szelvény szám ismeretében elhelyezhetjük ismert koordináta-rendszerben, majd a sarokpontok koordinátáit e rendszerben kiszámíthatjuk és így a négy sarokpontot illesztőpontként használhatjuk. Választott példánk a csallóközi Somorja belterületéről 1894-ben készült egyik 1:1440 méretarányú kataszteri szelvénye, illetve annak szelvényrészlete (negyede). A szelvény számot is tartalmazó fejléce a következő:



■ Somorja belterületéről 1894-ben készült, 1:1440 méretarányú kataszteri térkép részlete a „kataszteriszelvény-rendszer” adataival (Br 245 – Somorja / Šamorín/ 1894. Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Ústredný archív geodézie a kartografie)



■ A Gellért-hegyi sztereografikus rendszerben készült kataszteri szelvények számolásának sémája (Bácsatyai, 2002. 24.)

Ebből számunkra a „Ny. oszl. XVIII 24 szelv. ai” szövegrész a fontos, és persze az, hogy „rész”-t említ a felirat, vagyis az 1:2880 lépték esetén csak egy térképlap (1:2880) itt több lapból áll („rész”, 1:1440). Felhívjuk a figyelmet arra is, hogy a ma Szlovákiához tartozó terület kataszteri lapjának sarokpontjait a csehszlovák térképészeti szolgálat utóbb ellátta az ottani nemzeti koordináta-rendszerben („Křovák-vetület”) érvényes koordinátákkal. E koordinátákkal nem foglalkozunk, tekintünk úgy, mint ha nem is tudnánk róluk. A belterület miatt választott feleméretarány miatt négy ilyen szelvényünk van, mindegyik ugyanezzel a szelvény számmal, ezek közül ez az északkeleti szelvényrészlet.

A Gellért-hegyi örendszerű sztereografikus rendszerben felvett szelvények számozásáról tudni kell, hogy az ország közepétől (keletnyugati irány), illetve északi részétől (észak-déli irány) számozódik.¹⁷ A koordináta-rendszer K-val jelölt origója a Gellért-hegy főalappont.¹⁸ A 4000 x 4000 öl (vagyis 1 x 1 osztrák mérföld) terepi kiterjedésű szelvénycsoportok sorainak (rétegeinek) számozása arab, míg az oszlopok számozása római számokkal történik. Egy szelvénycsoporton belül 4 x 5, vagyis összesen 20 szelvényt találunk, ezek terepi kiterjedése 1000 x 800 öl. 1 bécsi öl 1,896484 méter. Így először meghatározzuk, hogy a „Nyugati XVIII – 24.” szelvénycsoportnak melyek a határoló koordinátái bécsi ölben:

- a nyugati szelvényhatár: $18 \times 4000 = 72\,000$ öl; a keleti szelvényhatár: $17 \times 4000 = 68\,000$ öl.
- a déli szelvényhatár: $(32-24) \times 4000 = 32\,000$ öl, az északi ennél 4000 öllel több: $36\,000$ öl.

Az „ai” szelvény a nyugati zónában a szelvénycsoport délkeleti sarkában levő szelvényre utal (a keleti

zónában az „a-b-c-d” jelzések ehhez képest fordítva lennének, ott a délnyugati sarokszelvény lenne ez). Így a konkrét 1000 x 800 öl kiterjedésű szelvény határa nyugaton a 69 000 öl, keleten a 68 000 öl; északon a 32 800 öl, délen a 32 000 öl a Gellért-hegytől. Ennek a szelvénynek az északkeleti negyede nyugaton 68 500, keleten 68 000, még északon 32 800 és délen 32 400 öl a Gellért-hegytől.

A sarokpontokat a legelső példa határszelvényénél már megismert Gellért-hegyi koordináta-rendszerben, méterben kell megadnunk úgy, hogy a Gellért-hegytől nyugatra az „y” koordináta negatív, és északra az „x” koordináta pozitív legyen. Így a sarokpontok koordinátái:

- Bal felső: $-68\,500$ öl; $32\,800$ öl = $-129\,909,15$ m; $+62\,204,68$ m
- Jobb felső: $-68\,000$ öl; $32\,800$ öl = $-128\,960,91$ m; $+62\,204,68$ m
- Bal alsó: $-68\,500$ öl; $32\,400$ öl = $-129\,909,15$ m; $+61\,446,08$ m
- Jobb alsó: $-68\,000$ öl; $32\,400$ öl = $-128\,960,91$ m; $+61\,446,08$ m

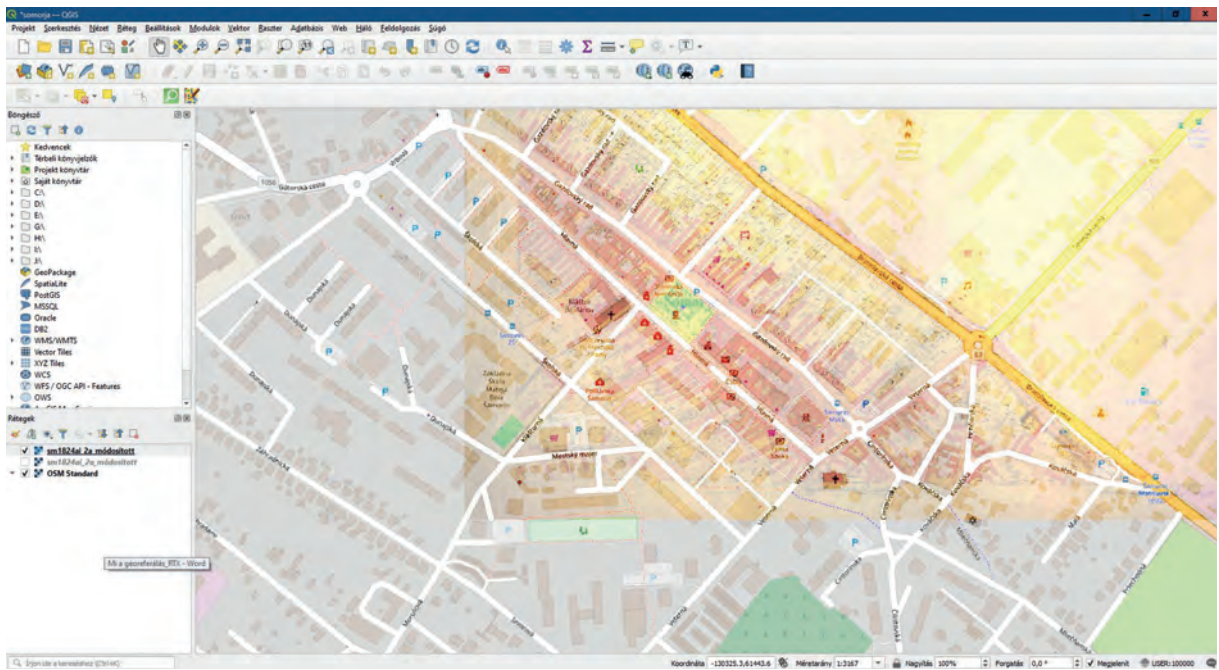
The screenshot shows the Georeferáló software interface. The main window displays a map with a grid overlay. Below the map is a table with the following data:

Látható	ID	Forrás X	Forrás Y	Cél X	Cél Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Javítás (pixel)
✓	0	313,018	-184,782	-129909	62204,5	-16,0961	16,2826	22,8956
✓	2	281,059	-3289,33	-129909	61446,1	15,8627	19,2671	24,9569
✓	1	4189,51	-216,932	-128961	62204,7	-13,9258	-16,6871	21,7345
✓	3	4161,43	-3327,46	-128961	61446,1	14,1592	-18,8627	23,5856

■ Illesztőpontok kijelölése az 1:1440 méretarányú somorjai szelvény sarokpontjain, a szövegben megadott módon számított koordinátákkal

17 BÁCSATYAI LÁSZLÓ: *Geodézia I.* Sopron, 2002. 24. Ugyanitt megtalálható a Gellért-hegyi rendszer méterrendszerű változatának szelvénybeosztása is.

18 Ez a vetületi kezdőpont; a szelvényrétegek (szelvény sorok) számozása mindazonáltal a történelmi országterület északi végén levő 1. réteggel kezdődik.



■ A méretarány (1:1440) ismeretében egy képpont 12,25 cm terepi kiterjedésű, így az utolsó oszlopban látható 25 képpontnyi maximális illesztési hiba kicsit több mint 3 métert jelent a terepen

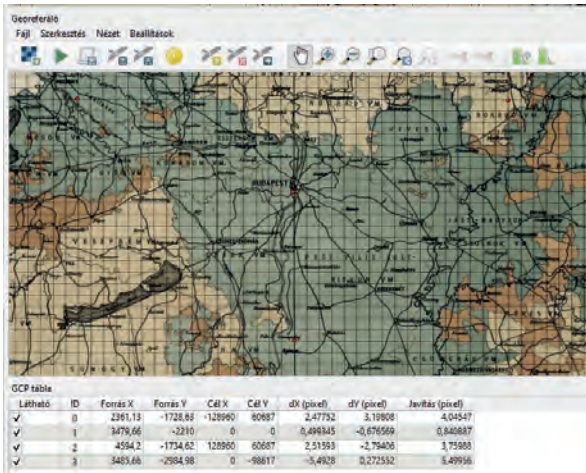


■ A magyar állam területén az országos kataszteri felmérési és telekkönyvi betétszerkesztési munkálatok állása az 1915. év végén (MNL OL, S 73. No. 16/1.)

Ezen értékek birtokában ugyanúgy járunk el ezzel a szelvényvel, mint legelső példánkban: beállítjuk a Gellért-hegyi cél-koordinátarendszert, a fenti koordinátákkal ellátva megjelöljük a négy

sarokpontot, lineáris illesztéssel és a „legközelebbi szomszéd” átmintavételezési módszerrel.

Amit még észrevehetünk, hogy bár belterületi környezetben vagyunk és sok épületről



■ *Illesztőpontok Magyarország 1:1 152 000 méretarányú, kataszteri mérőföldlapokra osztott térképén: Gellért-hegy és egy attól délre felvett pont, Somorja, illetve annak tükrözött párja (MNL OL, S 73. No. 16/1.)*

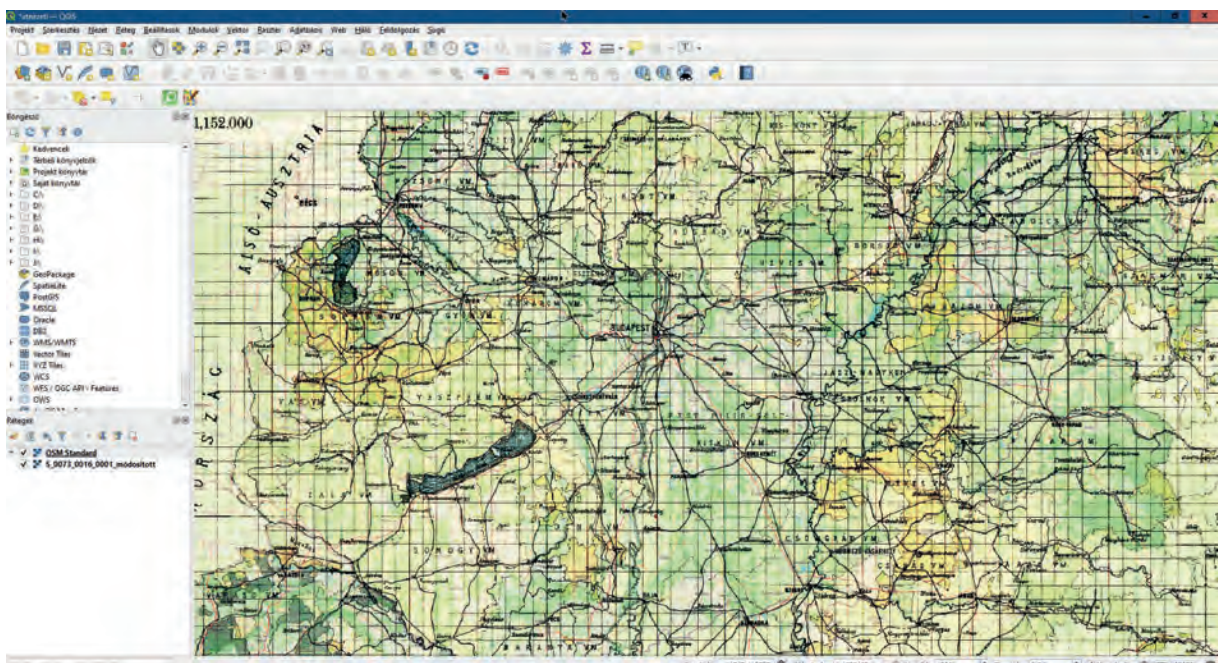
feltételezhető, hogy eredeti alaprajza szerint máig megmaradt, ha ezeket kellett volna megkeresni a két térképen, az sokkal nehezebb feladat lett volna, mint a fenti számolás. És van még egy fontos érv mellett, hogy a szelvényrendszerbe szervezett térképműveket ne a te-reppontok, hanem a sarokpontok rendszerével georeferáljuk: így garantálható ugyanis, hogy az eredményként elkészült szelvények pontosan illeszkedjenek a határaik mentén.

A magyar állam területén zajló felmérési és

betétszerkesztési munkálatokról készített átnézeti térképen (1:1 152 000) a kis négyzetek a fentebb említett 4000 x 4000 öl kiterjedésű szelvénycsoportok területét jelzik. Valójában az így kirajzolt Gellért-hegyi szelvényhálózat nem a teljes történelmi országterületen volt hatályban. Erdélyben a nagyon hasonló, de a Marosvásárhelytől északnyugatra emelkedő Kesztej-hegy középpontú, ún. marosvásárhelyi sztereografikus vetület volt hatályban, míg Horvátországban az ivanicsi kataszteri rendszer használták. Természetesen ez a térkép is georeferálható. A kereten első pillantásra a földrajzi szélességek és – az említett ferrói kezdőmeridiántól mért – hosszúságok rendszerét vehetjük észre, de a szelvénycsoportok Gellért-hegyi rendszerben érvényes számozása is fel van tüntetve. Georeferáláshoz mi ez utóbbit javasoljuk, az előző, somorjai példa szerint, bár itt kicsit kevesebb számolás is elég lesz.

Mivel a koordináta-rendszer ugyanaz, a kezdő beállítások sem változnak. Négy illesztőpontot választottunk, hogy bemutassuk: tényleg nem kell több.

Az illesztőpontokat kis piros pöttyökként látjuk a térképen: egyik a Gellért-hegy maga (0; 0) koordinátákkal, egy másik a somorjai szelvénycsoport délkeleti sarka, a harmadik ennek



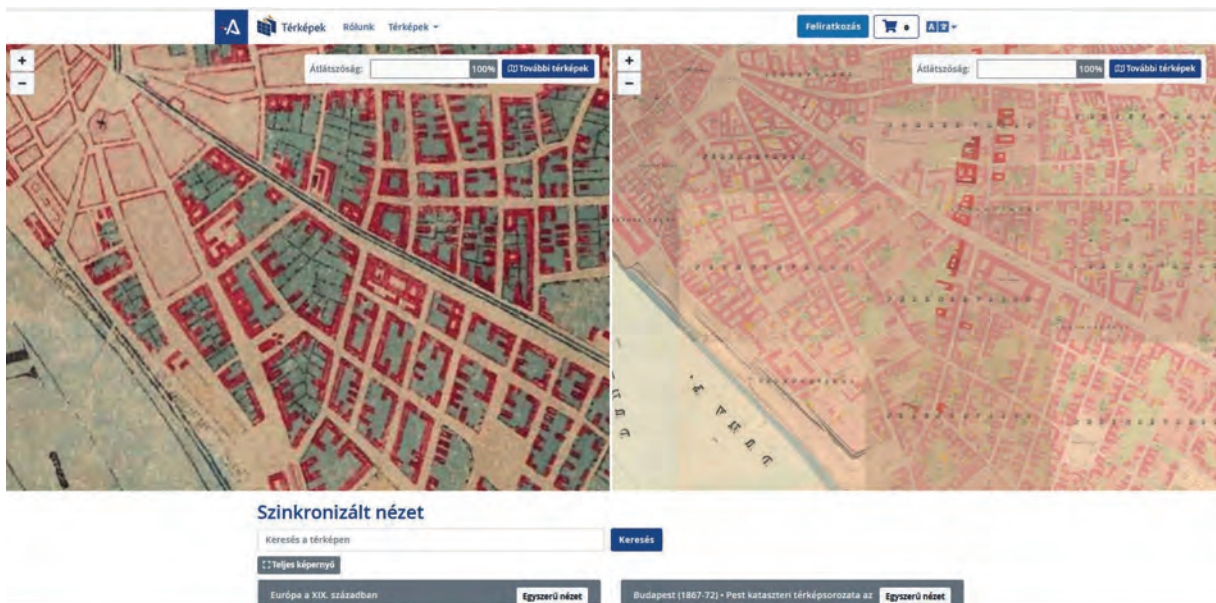
■ *Az átnézeti térkép illesztett változata az OpenStreetMap publikus térképi adatbázis fedvényeként: az illesztés hibája valóban nem haladja meg a fél kilométert*

a pontnak a Gellért-hegyi délkörre tükrözött párja Miskolctól délre, a negyedik pedig a Gellért-hegyi délkörön a főalapponttól 13 szelvény-csoporttal (13 x 4000 öllel) délre van kijelölve. 1:1 152 000 méretarány és 300 dpi szkennelési felbontás mellett egy képpontnyi hiba már 100 méter, így az illesztés pontossága fél kilométer:

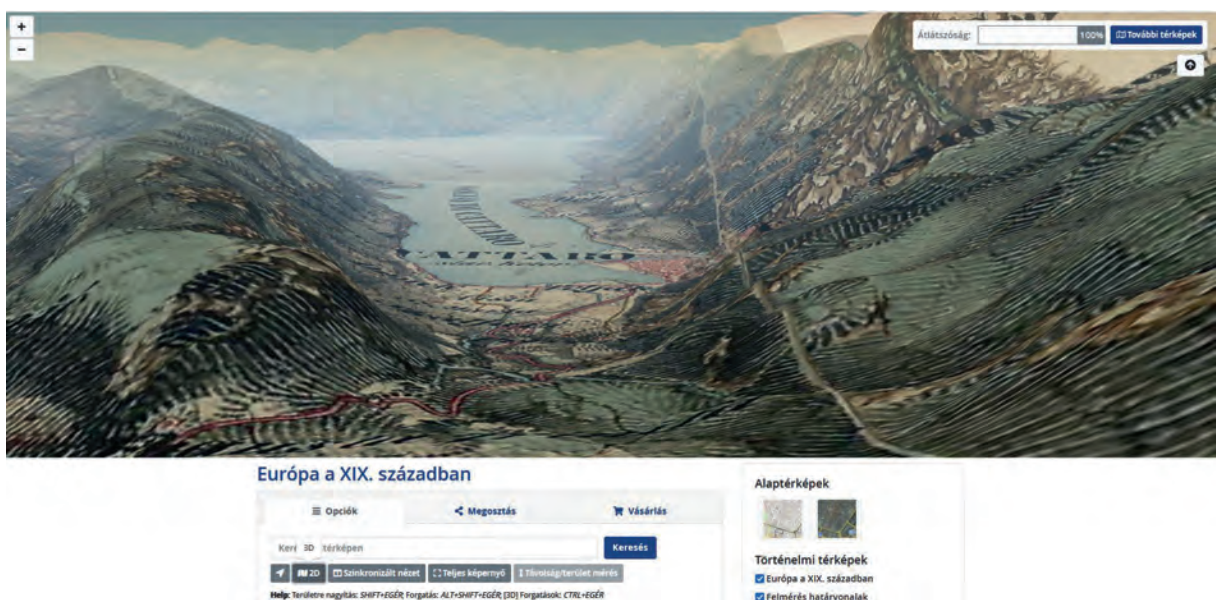
ez azonban ilyen kis felbontás mellett nem zavaró.

A georeferálás haszna

Ezt a sok munkát, trükközést persze mind azért csináljuk, hogy abból valamilyen, a tér-



■ A régi Pest déli részének ábrázolása a második katonai felmérés és a Halácsy Sándor-féle kataszter azonos kivágatán. A majdnem azonos időszak (1860–1870-es évek) állapotát mutató térképek esetén a felbontás különbsége az, amely a legfeljebb. (A két térkép a MAPIRE szolgáltatás szinkronizált nézetében jeleníthető meg az ábrázolt formában. Bal oldalon az „Európa a XIX. században” térképösszeállítás, a jobb oldalon a „Budapest (1867–73); Pest és Buda kataszteri térképsorozata az 1872–1920 közötti változások utólagos jelölésével” térképsorozat dél-pesti része tanulmányozható.)



■ A Kotori-öböl háromdimenziós képe a MAPIRE alkalmazásban

képezett terület múltbeli állapotára vonatkozó állítást tehesünk – hogy ezáltal numerikus tartalmat adjunk a történelem „földrajzi szemének”. A georeferált térkép az illesztési pontosságára vonatkozó becsléssel együtt lehetővé teszi, hogy a terep régi és mai állapotát egybevevessük. Ez természetesen megnyitja az utat ahhoz, hogy több korábbi állapotot vetítsünk egymásra, akár a mai helyzet feltüntetése nélkül. Minél több ilyen „időrétegünk”, vagyis különböző korból származó térképünk van ugyanarról a területről, annál jobban működik az „időgép”, annál több következtetést vonhatunk le a terület térbeli múltjáról. Lássunk erre néhány példát:

A legkézenfekvőbb alkalmazás a *szinkronizált térképek* megjelenítése. A MAPIRE ingyenes felülete is lehetővé teszi, hogy egyszerre két térkép földrajzilag azonos kivágatát jelenítsük meg egymás mellett.

Lehetőség van arra is, hogy a mai térképekhez illesztett *régi térképeket három dimenzióban jelenítsük meg*, a mai domborzati adatbázisok felhasználásával. A MAPIRE ezt is bárkinnek elérhetővé teszi.

A második katonai felmérés hagyományos térképeit és az űrrepülőgépről radarral készített SRTM domborzati modellt a közös koordináta-rendszer és a georeferencia kapcsolja a régi kor térképszerű, háromdimenziós látképévé.¹⁹ Természetesen ott, ahol elbontották a hegyek egy részét (ahogy pl. a váci kőbányában), a mai domborzat a tájsebbel együtt fogja térben mutatni a régi, még „bánya nélküli” térképi állapotot is.

A georeferált térképet betölthetjük mobiltelefonunk valamely erre alkalmas, GPS-alapú raszteres navigációs applikációjába, és így a mai tényleges terepen navigálhatunk úgy, hogy a program annak egy régebbi térképi ábrázolását mutatja. A dolog kétségtelen „érdekes játék” jellege mellett alkalmas régi, már eltűnt objektumok terepi helyzetének felkérésére is.



■ *Mi volt a 19. század végén a mai ferencvárosi Vágóhid és Mester utcák sarkán? A mobil eszközbe töltött georeferált korabeli közigazgatási térképpel a helyszínen kutathatjuk fel!*²⁰

A MAPIRE mobil eszközökön, böngészőben indítva – a hardveres háttér és a mobilinternet-hozzáférés függvényében – a helyadatokhoz hozzáférés engedélyezése után automatikusan mutatja a régi térképen a pozíciókat (A MAPIRE-n Budapest /1895/ – Budapest közigazgatási térképsorozata).

A georeferált térképek térinformatikai réteggként is elérhetők, ha valamely szolgáltatás ezt biztosítja. A MAPIRE esetében ez már fizetős szolgáltatás mind a topográfiai, mind a kataszteri adatbázisok esetén.

Régi korok térképeinek georeferálása

A történészek számára talán a legérdekesebb alkalmazás az, ha minden koordináta-megírás nélküli, kisebb területeket nagy felbon-

19 SRTM = Shuttle Radar Topography Mission, a hazai szakirodalomban: TIMÁR GÁBOR – TELBISZ TAMÁS – SZÉKELY BALÁZS: Űrtechnológia a digitális domborzati modellezésben: az SRTM adatbázis. *Geodézia és Kartográfia*, 55. (2003) 12:11–15.

20 TIMÁR GÁBOR: GPS-navigáció történeti topográfiai és kataszteri térképeken. *Geodézia és Kartográfia*, 59. (2007) 5:22–26.



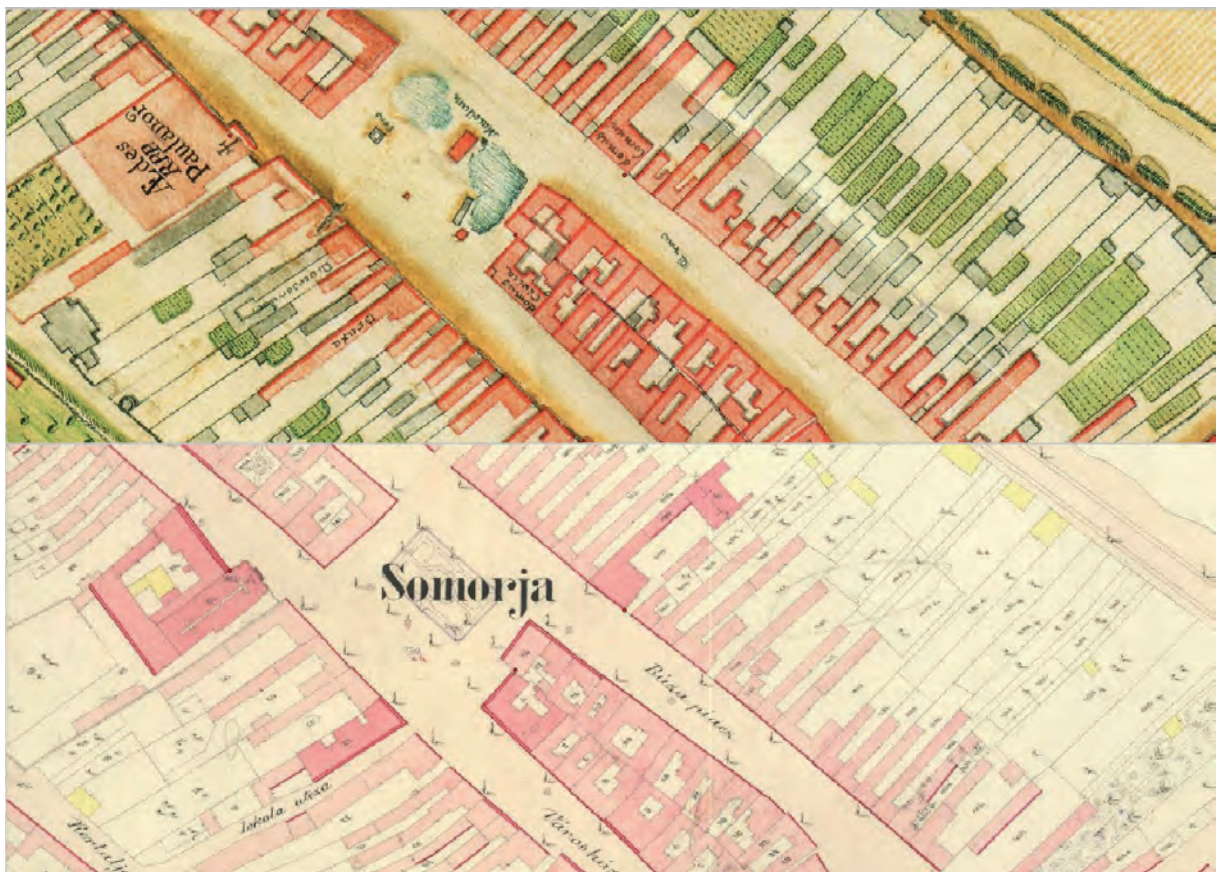
■ Illesztőpontok kijelölése az 1777. évi térképen, az 1894. évi kataszteri térképről leolvasott koordináták alkalmazásával

tásban ábrázoló egyedi térképeket szeretnénk georeferálni. A 18. századtól kezdődően megjelenő, nagy méretarányú, szabatos helyszíni felméréseken alapuló, ugyanakkor vetületi vagy földrajzi koordináták nélküli, pl. úrbéri, települési, megyei stb. térképek georeferálása

nem sokkal későbbi topográfiai, vagy ami még jobb, kataszteri térkép, amelyet a fenti módszerrel georeferálhatunk. Egy 18. századi kamarai és egy 19. századi kataszteri térkép felmérési ideje közt jóval kisebb a terepi változás, mint ha a korábbi térképet a mai állapotokkal akarnánk

igazi kihívás, hiszen a felmért területek, települések a 20. században sok esetben olyan jelentős átalakuláson mentek keresztül, hogy nincsenek a múltban és a jelenben is azonosítható jó viszonyítási pontok, és ez akadályozza a georeferálást, így a térinformatikai eszközökkel segített elemzést.

Szerencsés esetben – és Magyarország mai területe leginkább „szerencsés eset” – ugyanakkor a területre már készült korabeli vagy



■ Somorja belterületének 1777. évi és 1894. évi térképi ábrázolásának szinkronizált nézete a QGIS program georeferáló alkalmazásában

egybevetni. A fenti „4. pontot”, tehát az egyedi tereptárgyak alapján történő georeferálást választjuk tehát, de ezeket a tereppontokat magukat is egy régebbi, ám szabatosan georeferált szelvényen azonosítjuk, és abból olvassuk le a koordinátáikat. Utolsó példaként egy ilyen eljárást mutatunk be, a helyszín ismét Somorja, georeferálandó a település 1777-ben Kiss József mérnök által készített térképe (*Mappa specialis oppidi regii privill[egiati] Sanctae Mariae seu Samariae*).²¹

Ennek a térképnek nem ismerjük a vetületét – tudjuk azonban, hogy az a szelvény, amelyhez illesztjük, Gellért-hegyi rendszerben készült. Ismét ezt a rendszert választjuk tehát, lineáris illesztéssel és „Legközelebbi szomszéd” átmintavételezési módszerrel.

És itt bizony tényleg keresgelnünk kell, hogy megtaláljuk az azonos pontokat – szerencsére a QGIS megengedi, hogy a képen alul látható georeferálóba a fent megnyitott georeferált térképről emeljünk át leolvasott koordinátákat. Négy pont beírása után (amelyből három az alábbi képen kis piros pöttyként látható) immár egymásra van vetítve a két régebbi szelvény, amelyet most „szinkron” módban tanulmányozhatunk.



■ Somorja belterületének 1777. évi térképe és a település mai térképe az OpenStreet alkalmazásban

Bizony, itt észrevehetjük, hogy – bár a két térkép tényleg nagyon hasonló – korántsem minden épület azonos! Ekkor a „köztes” adatforrásnak használt kataszteri lapot levesszük, és az 1777. évi térképet a maival szinkronizálva látjuk, hogy sikerrel „helyére illesztettük” a régi lapot is – ez a mai térkép alapján gyakorlatilag lehetetlen lenne.

A fentiek alapján, a cikkben ajánlott további irodalom segítségével akár autodidakta módon is hozzákezdhet bárki saját térképeinek a georeferálásához.

21 Filep Antal összehasonlító tanulmányában az egyik vizsgált település Somorja volt. FILEP ANTAL: A városiasság építészeti jellegzetességei a településkutatásban. *Catastrum*, 8. (2021) 4:3–24. Kutatásaihoz szüksége volt Somorja térképeire, egyrészt a szakirodalomban rossz jelzettel hivatkozott és ezért „fellelhetetlen” 1777. évi műre, másrészt az egy évszázaddal később készült, ma Pozsonyban őrzött kataszteri felmérés szelvényeire. A „metakutatások” eredményeképpen mindkettőt biztosítani tudta számára a *Catastrum* szerkesztősége, ugyanakkor a szlovákiai források kézbe kerülése további vizsgálatokat inspirált.