



GPS-navigáció történeti topográfiai és kataszteri térképeken

Dr. Timár Gábor

ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Úrkutató Csoport

Bevezetés

Az elmúlt évtizedben, különösen a GPS-rendszer pontosságát szándékosan lerontó SA (*Selected Availability*) technológia lekapcsolása óta az abszolút navigációra tervezett kézi (hobby) GPS-ek használata nagyon elterjedt, e technika igen népszerűvé vált. A hobbi-célú GPS-vevők pontossága – amely a látható műholdak számától függően akár 10 méter alatti is lehet – lehetővé tette a gyors helymeghatározást a nem-geodéziai pontosságigényű terepi felmérésekben, pl. a geológiai, geofizikai, botanikai, katonai alkalmazásokban. A fenti pontosság megfelelt az 1:25 000, sőt ma már az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeken történő navigáció térképi leolvasási pontosságának.

Az álláspont térképi azonosítása kezdetben a GPS-műszerről leolvasott koordináták és a térkép koordináta-rendszere alapján történt. A GPS által, annak saját, WGS84 rendszerében szolgáltatott koordinátákat a felhasználónak kellett átszámítani a térkép vetületi rendszerébe. Később, ahogy a GPS-vevőkbe egyre több nemzeti vetület és geodéziai dátum adatait építették be, ezekkel, vagy a felhasználó által definiált paraméterekkel a kívánt térképi koordináták megjeleníthetővé váltak a GPS kijelzőjén (*Takács*, 2001a; 2001b). Ez valósággal kikényszerítette a használatos térképi vetületek és dátumaik paramétereinek egyszerű, nem geodéziai pontosság-igényű meghatározását a GPS-gyakorlat számára (*Ádám*, 2004). A hazai gyakorlatban használt EOV (*Busics*, 1996; *Mihály*, 1996; *Timár et al.*, 2002; *Molnár és Timár*, 2002) és katonai Gauss-Krüger (*Timár et al.*, 2003) paraméterezése is évek óta rendelkezésre áll.

Körülbelül ezen információk publikálásával egyidőben a GPS-gyártók olyan készülékeket dobtak piacra, amelyek már képesek voltak a térképi jellegű információk megjelenítésére is. A legtöbb ilyen modell vektoros volt, pontokat, vonalobjektumokat és poligonokat tartalmazó

térképi állományt tudott megjeleníteni. Néhány gyártó támogatta a felhasználói térképtervezés lehetőségét is. Ebben az esetben a helyi vetületben digitalizált vektoros adatállomány pontjait, töréspontjait kellett átszámítani a WGS84 rendszerbe, majd az így áttranszformált térképet a GPS-vevőbe tölteni. Ez azonban mindenképp súlyos generalizációt jelentett, hiszen a térkép információtartalmának csak kis részét lehetett így módon használni.

Ezen a helyzeten a szkennelt térképek használatát támogató GPS-ek megjelenése változtatott. Miközben az ezt lehetővé tevő célműszerek indokolatlanul drágák maradtak, a gyorsan terjedő PDA (*Personal Digital Assistant*) tenyér-számítógépek megteremtették mindazokat a technikai feltételeket, amelyek a valósidejű térképi navigációhoz, álláspontunknak a szkennelt térképre vetítéséhez szükségesek. A PDA-kon olyan operációs rendszer fut, amelyen keresztül az eszköz könnyen programozható. Emellett – elsősorban a vektorbázisú gépjármű-navigációs szoftverek elterjedése miatt –, ma már sok PDA beépített GPS-t is tartalmaz, vagy Bluetooth kapcsolaton keresztül külső GPS-hez csatlakoztatható. A szkennelt térképek alapján történő navigáció így a hobbi-célú GPS-műszerek jellemző árszintjén, néhány tízezer forintos eszközökkel megvalósítható.

Ha műszerünkbe be tudunk tölteni egy szkennelt mai térképet, miért ne tehetnénk meg ezt egy régi, történeti állapotot mutató térképpel is? Ha a régi térkép koordináta-rendszerét a GPS saját rendszerébe tudjuk transzformálni, akkor ennek semmi akadálya nincs. Az elmúlt évben, pl. az Arcanum Adatbázis Kiadó jóvoltából megjelent néhány, régi, topográfiai térképszelvényt tartalmazó georeferált DVD-adatbázis (*Timár et al.*, 2006), és a kínálat egyre bővül. Semmi műszaki akadálya nincs tehát annak, hogy GPS-ünket „időgépként” használjuk, és virtuálisan bejárjuk a korabeli tájat, várost, vidéket (*Timár és Fehér*, 2005).

Szkennelt térképek PDA-n

A valósidejű történeti navigáció PDA-környezetben történő megvalósításához a MyGPS_PDA szabadon használható szoftvert (Ragani, 2004) használtam fel. E szoftver – hasonlóan más, szkennelt állományokat PDA-GPS-sel használó programokhoz – valójában két részből áll. Az egyik modul személyi számítógépen (PC), a másik pedig a PDA-n fut. Az első modullal lehet a szkennelt térképet előkészíteni és georeferálni (a rasterpontokhoz egy ismert koordináta-rendszerben adott koordinátákat rendelni), majd az így előállt, a szoftver saját formátumában levő állományt fel kell tölteni a PDA-ra. A második modul ezt a térképi állományt használja háttérképként, és erre helyezi rá a pozíciókat jelző szálkeresztet, illetve mozgás esetén egy kis nyilat.

A szoftver PC-modulja a szabványos képformátumokban (pl. JPG-formátumban) levő szkennelt állományt beolvassa. Ezután következik a georeferálás, vagyis az az eljárás, amelynek során a szkennelt állomány képi koordináta-rendszeréről áttérünk a WGS84 rendszerre; valamely matematikai módszerrel a szkennelt állomány minden pontján kiszámíthatóvá tesszük a GPS által is használt koordinátákat. A MyGPS nagyon egyszerű módszert használ erre: két ismert terepontra kell rákattintani a képen, majd megadni ezen pontok WGS84-koordinátáit. Ebből a többi pixel koordinátáit a szoftver kiszámítja.

Ez az eljárás valójában egy jelentős egyszerűsítés, ami bizonyos esetekben nagyon komoly hibaforrást jelent. A fenti módon csak akkor lehetne hibamentesen georeferálni, ha a szkennelt állomány maga is (a vetületi szempontból nehezen értelmezhető) WGS84-rendszerben, vagyis földrajzi koordináta-rendszerben lenne. Ez azonban nem igaz (a térképeket épp azért készítik vetületi koordináta-rendszerekben, hogy a *terephez* képest vett torzulás minimális legyen). Ha az ilyen, nagyon leegyszerűsített georeferálás hibáját akarjuk megbecsülni, akkor a szkennelt állomány legtávolabbi sarkait (a fent említett, nem vetülethelyes) WGS84-rendszerbeli síkon összekötő egyenes pontjait kell a térkép vetületi síkjában ábrázolni. Ez egy görbe vonal lesz, amelynek húrmagassága adja a georeferálás módszeréből származó hibát.

Természetesen ez a hiba annál kisebb, minél kisebb az ábrázolt terület. Egy 20 km kiterjedésű térképszelvény, vagy egy ennél jóval kisebb kataszteri lap esetén a hiba nem fogja túllépni a tér-

képi leolvasás, vagy a korabeli georeferencia pontosságát. A második katonai felmérés 1:28 800 méretarányú budapesti szelvényén például ez a húrmagasság kb. 16 méter. Ennél sokkal nagyobb területen azonban a módszer nem alkalmazható.

Történeti térképek georeferálása

A fennmaradó egyetlen problémánk az, hogy a történeti térképek rendszerében adott pont koordinátáit hogyan számítsuk át a WGS84-rendszerbe. Hazai történeti topográfiai térképeink (Varga, 2002), így a példaként bemutatott, a második katonai felmérésből származó szelvény georeferálása megoldott (Timár és Molnár, 2003; Timár et al., 2006), a vetületi és alapfelületi paraméterek alkalmazásával az átszámítás megtehető. A fent már említett, az Arcanum által forgalmazott DVD-k szoftvereibe ez a számítás már be van építve, és e térképek minden pontjának közelítő pontosságú WGS84 koordinátája kiiratható.

A történeti kataszteri lapok esetén azok saját rendszerének paramétereit kell használnunk (Varga, 2003). A példaként használt budapesti 1895-ös kataszteri szelvény például a gellérthegyi kezdőpontú, örendszertű hálózattal van ellátva. A georeferálást a vetületi hálózati vonalak kereszteződései alapján tehetjük meg a legegyszerűbben.

A GPS-mérés és a georeferencia pontossága

A georeferencia pontosságát három összetevő szabja meg:

- a számításhoz használt vetületi és dátumparaméterek, illetve alkalmazási módszerük (Timár és Molnár, 2002) hibája;
- a két pont WGS84-koordinátája alapján történő georeferálás (kétpontos módszer) hibája;
- az eredeti térképszelvény torzulásából (gyűrődés, száradás) és a szkennelésből adódó esetleges hibák.

Ezen hibák mértékét kell összevetnünk az abszolút GPS-mérés jellemző horizontális hibájával. Napjainkban az SBAS- (*Satellite-Based Augmentation System*) pl. az EGNOS-rendszer alkalmazása (pl. Ádám et al., 2004) eredményeképp hasonló vételi körülmények között ez a hiba gyakorlatilag 10 méter alatti. A vetületi- és dátumparaméterek hibája a második katonai felmérés magyarországi szelvényei esetén max. 50 méter körüli (Timár et al., 2006), de Budapest

nagy részén ez alatt marad. Ezt a bizonytalanságot növeli a kétpontos módszer 16 méteres hibája. Így a georeferálás hibája meghaladja az abszolút GPS-észlelés hibáját.

A szkennelt kataszteri papírtérképek illesztési hibája nem haladja meg az egy méter értéket, és hasonló nagyságú a kétpontos georeferálási módszer egy szelvényre eső hibája is. Ily módon a kataszteri térképek esetén a pozícióhibát inkább az abszolút GPS-mérés bizonytalansága okozza, semmint a térképi állomány georeferálása.

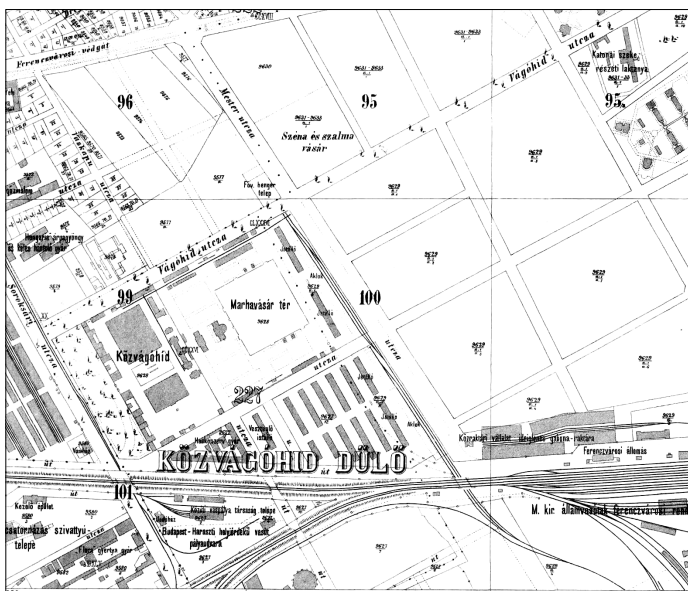
Gyakorlati alkalmazás

A gyakorlatban egy HP iPAQ 6915 típusú PDA-n telepített MyGPS_PDA szoftver alatt a második katonai felmérés budapesti szelvényét (1859; 1. ábra) és Ferencváros 1895-ből származó kataszteri felmérési lapját (2. ábra) használtam, georeferált változatban, a Vágóhid utca környékén. Bár ennek a PDA-nak van beépített GPS-műszere, egy MSI StarFinder SF200 BlueTooth, Sirf-III chipsettel ellátott külső GPS-egységet használtam. A két műszer közül az első nem, míg a második alkalmas az EGNOS korrekciós jelek vételére. Ellenőrzésképpen a felhasznált két vevőkészülék abszolút mérési pontosságát az ELTE GPS-bázisállomásán ellenőriztem. Optimálisnak mondható vételi körülmények között a PDA beépített vevője 3,3 méter, az MSI SF200 vevője 2,8 méter vízszintes hibával mérte a bázisállomás ismert koordinátáit. Kevésbé optimális körülmények között (magas beépítettségű városi utcában) a fellépő hiba tapasztalataim szerint elérheti a 35 métert is.

A második katonai felmérés szelvénye abból az időszakból származik, amikor itt még városszéli szántók és kertek voltak, a Vágóhid utca helyén akkor egy gyepes sáv húzódott. Mivel a térkép méretarányából származó, 5 méteres pixelméret nem jelent túl nagy felbontást, a navigáció (3. ábra) során a pozíció a vételi hibáktól (magasházak környezetben ez 30 métert is meghaladhatja) ke-



1. ábra A második katonai felmérés pest-budai szelvényének egy részlete a Gellértheggyel, a Műszaki Egyetem és az ELTE mai campusaival, és a ferencvárosi mérési területtel.



2. ábra Budapest 1895-ös kataszteri térképének egy részlete a ferencvárosi mérési területtel.

vessé zavart. Ilyen méretarányú térképen a navigáció stabilnak mondható.

Az 1895-ös kataszteri szelvényen már a mai utcahálózat látható. Kellő számú (7–8) hold vétele esetén a navigáció során nemcsak az utca látható, ahol épp vagyunk, hanem az is, hogy azon belül hol (pl. melyik járdán) állunk. Magasházak környezetben azonban pozíciónk könnyen lekerül még az utcáról is. Tapasztalataim szerint tehát a navigáció kataszteri térképeken csak jó vételi körülmények és működő SBAS-rendszer mellett stabil; a valós idejűséget korlátozza, hogy

nem mindenhol lehet pontosan mérni, illetve időnként a virtuális múltbeli séta útvonalát és megállóit a mai műholdvétel érdekében módosítanunk kell. A 4. ábrán mutatott képről pedig azt láthatjuk, hogy a mai nyolc emeletes szövetkezeti ház helyén a „Fővárosi Henger-telep”, délebbre, az Országos Élelmiszervizsgáló Intézet helyén 1895-ben még a vágóhid iparvágányai voltak.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a BME Általános és Felsőgeodéziai Tanszékén folyó, a szerző által hallgatott GPS navigációs szakmérnök-képzés, ezen belül a „GPS geodéziai és építőmérnöki alkalmazásai” c. tárgy keretében készült. A szkennelt állományokat a HM HIM Levéltár és a Fővárosi Levéltár anyagainak szkennelése eredményeképp az Arcanum Adatbázis Kiadó bocsátotta a szerző rendelkezésére. A munkát a GVOP-3.3.1-05/1.-2005-04-0009. sz. „Műholdas környezetvédelmi, havária-előrejelző és monitorozó szolgáltatás megvalósítása” című projekt támogatta.

IRODALOM

Ádám József (2004): Egységes európai geodéziai és geodinamikai alapok létrehozása. Akadémiai székfoglaló értekezés, MTA, Budapest, 39 o.

Ádám József–Kratochwilla Krisztina–Rick Farnworth–P. Bastiaan Ober–Rózsa Szabolcs–Santiago Soley–Takács Bence–Zaletnyik Piroska (2004): EGNOS monitorállomás kiépítése és működtetése a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszékén. Geomatika Továbbképző Szeminárium, Sopron.

URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/zaletnyik/poszter_Sopron.pdf

Busics György (1996): Közelítő transzformációk a GPS és az EOVS koordináta-rendszerei között. *Geodézia és Kartográfia* **48**(6): 20–26.



3. ábra Valósídejű abszolút GPS-navigáció a második katonai felmérés 1859-es szelvényén (Budapest, Ferencváros, a mai Vágóhid utca környéke)

Mihály Szabolcs (1996): Description directory of the Hungarian geodetic references. *GIS 4*: 30–34.

Molnár Gábor–Timár Gábor (2002): Az EOVS koordináták nagy pontosságú közelítése Hotine-féle ferdetengelyű Mercator-vetülettel. *Geodézia és Kartográfia* **54**(3): 18–22.

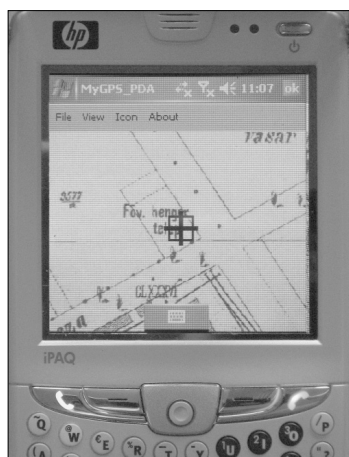
Ragani, Paolo Faure (2004): MyGPS_PDA software.

URL: <http://www.faureragani.it/mygps/>

Takács Bence (2001a): EOVS koordináták beállítása GARMIN vevőkön. URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/bence/eov_gar.html

Takács Bence (2001b): EOVS koordináták beállítása MAGELLAN vevőkön. URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/bence/eov_mag.html

Timár Gábor–Molnár Gábor (2003): A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformatikai alkal-



4. ábra Valósídejű GPS-navigáció Budapest 1895-ös kataszteri szelvényén (Ferencváros, Mester utca–Vágóhid utca sarka). A célkeresztrel jelzett pozíció pontos; a vétel a szerző lakásának ablakából készült.

mazások számára”. *Geodézia és Kartográfia* **55**(5): 27–31.

Timár Gábor–Fehér Gabriella (2005): Időutazás GPS-szel. *GPS Magazin* **4**(1): 56–58.

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

Timár Gábor–Kubány Csongor–Molnár Gábor (2003): A magyarországi Gauss-Krüger-vetületű katonai topográfiai térképek dátumparamétere. *Geodézia és Kartográfia* **55**(7): 20–24.

Timár Gábor–Molnár Gábor–Székely Balázs–Biszak Sándor–Varga József–Jankó Annamária (2006): Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest, 59 p.

Varga József (2002): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm

Varga József (2003): Geodéziai vetületek. URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetuletan/katvet.html

GPS navigation on historical topographic and cadastral maps

Timár, G.

Summary

Georeferencing of the scanned sheets of historical topographic (2nd military survey of the Habsburg Empire) and cadastral (1895 survey of Budapest) maps enables to accomplish real-time GPS navigation on these cartographic items. Using a Portable Digital Assistant (PDA) with a built-in or connected GPS receiver and a software to show the scanned maps and the GPS position it only needs the georeference of the map sheets. In the most simple PDA GPS softwares, the georeference requires/allows to use only two ground control points given by their WGS84 coordinates. The accuracy of the GPS navigation is significantly better than those of the georeferencing of the topographic maps (cca. 50 meters) but exceed the precisity of the fitting of the cadastral ones (1 meter). However, the method gives an opportunity to take a virtual tour to the past, to see, when was the environment at the time of the mapping at the point of the survey.

Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat, hogy
a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság programjairól
híreiről rendszeresen tájékozódhatnak honlapunkon is.

Címünk:

www.mfttt.hu

MFTTT Vezetőség