

GPS-navigáció történeti és modern földtani térképeken

GALAMBOS Csilla¹, TIMÁR Gábor², SZÉKELY Balázs^{3,2}

¹Magyar Állami Földtani Intézet Geoinformatikai Osztály, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

³Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, 1040 Wien Gußhausstr. 27–29.

GPS navigation on historical and modern geological maps

Abstract:

The usage of georeferenced maps in GIS applications provides the possibility to apply geological maps in real-time GPS-navigation. In these tasks, both historical and modern geological maps can be applied. A georeferenced raster file of a geological map can be rendered as a background image in GPS software on a Personal Digital Assistant (PDA). The software shows the actual position provided by the GPS-navigation on this background. Thus, the information on a geological map can be interpreted directly in the field at exactly the position of the observer. Using this procedure with modern maps, it provides an interesting new form of application for users. The usage of historical maps is also a possible application for the mapping geologists, too. This study, gives an algorithm of such an application and tackle the problem of the characteristic errors associated with it.

Keywords: geological maps, georeference, GPS, map projection, projection computations

Összefoglalás:

A georeferált térképi alkalmazások elterjedése a térinformatikában lehetőséget teremt arra, hogy a geológiai térképeket valós idejű GPS-navigációs feladatokban is felhasználjuk. Az alkalmazásban lehetséges mind a történeti, mind pedig a modern földtani térképek integrálása. A raszteres geológiai térkép georeferálásával, vagyis az egyes képpontokhoz földrajzi információ rendelésével azok zsebszámítógépen (PDA-n) GPS-szoftverek háttérképét képezhetik. Erre a háttérre a szoftver rávetíti a GPS által meghatározott pozíciót, így lehetővé válik, hogy a földtani térképek által hordozott információt a terepen összevegyjük álláspontunkkal. Modern térképek alkalmazásakor ez elsősorban a térképek felhasználói, míg a történeti térképek esetében akár a térképező geológus számára jelent érdekes új felhasználási lehetőséget. Munkánkban a fenti folyamat egy megvalósítását és annak hibáit tárgyaljuk.

Tárgyszavak: geológiai térkép, georeferencia, GPS, térképi vetületek, vetületi átszámítások

Bevezetés

Napjainkban a műholdas navigáció, a GPS-technika egyre nagyobb helyet kap mindennapi életünkben. Már nem számít különcségnak, sőt egyre inkább természetessé válik, hogy ismeretlen vagy akár többé-kevésbé ismerős területeken műholdas navigációs rendszerbe épített autóstérkép alapján tájékozódunk, aktuális pozíciónkat mindig rávetítve a megjelenített térképre. Természetjárásakor, terepi tájékozódáskor ez a technológia töredékére csökkenti az eltévedés lehetőségét.

A műholdak által kibocsátott elektromágneses jelek feldolgozásán alapuló helymeghatározáson, a szűkebb értelemben vett GPS-technikán túl mi is ezen alkalmazások

igazi újdonsága? Az, hogy a mások által felhalmozott, helyekhez kapcsolódó és térképi formában megjelenített tudásbázison aktuális pozíciónkat e térkép megfelelő helyére vetítjük. A jelen munkában annak a lehetőségeit keressük, hogyan alkalmazható ez a módszer speciálisan a földtani ismeretanyag és a terepi pozíció összekapcsolásával. A földtani térképek esetében geológiai ismereteink térképi formába öntésére az adott korban érvényes, meglehetősen kötött szabályok vonatkoznak, amelyeket a térkép jelkulcsa és a magyarázó egészít ki. Hogyan bővítheti ezek alkalmazását a terepen, valós időben a GPS-technika? Úgy, hogy a digitalizált, vagy eleve digitális formában elkészített térképet egy GPS-eszköz képi megjelenítésre is használt memóriájába töltve aktuális pozíciónkat erre vetíthetjük. A

szűken vett probléma megoldása természetesen nem földtani jellegű ismereteket igényel, alkalmazása viszont a geológiában, a terepi felvételezésben és adott esetben a kész geológiai térképek felhasználóinak támogatásában nyújt új lehetőségeket.

A munkában nem geodéziai, hanem csak térinformatikai pontosságra törekszünk: a geokódolás elvi hibája (a különböző vetületek önkényes választásából adódó hiba) ne haladjon meg a térképi leolvasás egyébként méretarányfüggő hibáját, vagyis a fél milliméter térképi távolsághoz tartozó terepi hosszt, illetve az abszolút GPS-mérés átlagos, horizontálisan 5, maximálisan 15 méter középhibáját (ÁDÁM et al. 2004)

Georeferencia: kapcsolat a térkép és a GPS között

Amikor a bevezetésben azt írjuk, hogy a digitális térképet a GPS képi megjelenítésére is használt memóriájába töltjük, ezzel egy összetett munkafolyamatot említünk, amelynek a földtani kutatásban dolgozók számára is érthető kifejtése a jelen munka fő célja. Ahhoz, hogy pontosan lássuk az ehhez elvezető lépéseket, először meg kell értsük, milyen koordinátarendszereket használ a GPS-műszer, milyen szerepelnek a térképeinken, és hogyan kapcsolható össze e kettő.

A GPS-műszerek — itt nem tárgyalva a belső számításaik során valójában használt adatformátumokat — pozícióikat a WGS84 geodéziai dátumon érvényes földrajzi szélesség és hosszúság formájában adják meg. A WGS84 egyrészt egy forgási ellipszoidot jelent annak jellemzőivel (nagytegyelg, lapultság), másrészt azt, hogy ennek az ellipszoidnak a geometriai centruma a Föld tömegközéppontjába van elhelyezve.

Ez az utóbbi tulajdonság az, amellyel a hagyományos geodéziai eljárásokkal (csillagászati mérések és háromszögelés, illetve ezen forrásból származó koordináták kiegyenlítése) létrehozott alapfelületek nem rendelkeznek. Ezek a helyi, egy-egy országra vagy régióra elkészített geodéziai dátumok — így a hazánkban az EOV alapfelületeként alkalmazott, és a MÁFI térinformatikai (GIS) környezetében is használt HD72 dátum is — a geoidnak az adott területen vett darabjához illeszkednek, így geometriai centrumuk a Föld tömegközéppontjától néhány tíz vagy néhány száz méter nagyságrendben eltér.

A fentiekből az következik, hogy egy adott tereppont földrajzi koordinátái az egyes geodéziai dátumokon néhányszor tíz, néhányszor száz méteres nagyságrendben eltérnek egymástól. A térinformatikai szoftverek — illetve korlátozott mértékben maguk a GPS-műszerek is — képesek a különböző dátumokon érvényes földrajzi koordináták közti átszámításra. Ehhez az szükséges, hogy a dátum-ellipszoidok középpontjait összekötő vektor komponenseit a Földhöz rögzített koordináta-rendszerben megadjuk. A MÁFI-ban használt ESRI térinformatikai

környezetben pontosan ez történik a HD72 alapfelület leírásakor, amikor a HD72 és a WGS84 dátumok középpontjai, tehát a HD72 centruma és a Föld tömegközéppontja közötti vektor komponenseit adjuk meg a szakirodalmi adatok (TIMÁR et al. 2002) felhasználásával.

A térképek koordináta-rendszere síkban értelmezett. A térképi síkkoordináták és a készítéséhez felhasznált geodéziai dátumon értelmezett földrajzi koordináták közt a térkép vetülete által meghatározott ún. vetületi egyenletek teremtenek kapcsolatot. Az alkalmazott térinformatikai szoftverek természetesen ismerik ezeket az egyenleteket. A vetületek definiálása a GIS-programokban a vetület típusának (pl. ferdetengelyű szögterítő hengervetület) és vetületi paramétereinek (vetületi kezdőpont helye, skálátényező, stb.) megadásával történik.

Egy digitális térkép georeferálása azt jelenti, hogy a térkép minden elemének megadjuk a koordinátáit, és definiáljuk azt is, hogy ezek a koordináták milyen vetületi rendszerben és melyik geodéziai dátumon érvényesek. Mindezen információk alapján a térinformatikai rendszerek ki tudják számítani a térképi elemeknek a WGS84-rendszerben már egyedi földrajzi koordinátáit. Ennek eredményeként a térkép és a GPS koordináta-rendszere kölcsönösen egyértelmű kapcsolatba hozható.

Az eleve digitális formában elkészült térképművek, így pl. a MÁFI 1:100 000 méretarányú digitális földtani térképe esetében a georeferencia eleve adott. Amennyiben papírtérképet szeretnénk digitalizálni és georeferálni, akkor először szkener segítségével létrehozzuk a térkép digitális raszteres változatát. A térinformatikai rendszereink lehetővé teszik, hogy e képen néhány pontot (ún. illesztőpontok) kijelölve, ezen pontok térképvetületi koordinátáit megadva ezt a képet egy adott vetülettel/dátummal definiált koordináta-rendszerbe transzformáljuk.

Ebben a munkafázisban megtehetjük azt is, hogy a térképen olyan pontokat jelölünk ki, amelyek térképi koordinátái más forrásból ismertek. Ennél egyszerűbb az az eljárás, amikor a térkép hálózata vagy kerete (örkeresztek, hálózati vonalak keresztesződése) által definiált koordinátákat használunk. Mindkét esetben fontos azonban, hogy a pontok koordinátáit a térkép saját vetületében adjuk meg!

Amennyiben GIS-szoftverünkbe nincs beépítve valamely régebbi vetület, a szakirodalmi adatok alapján azt (az ahhoz használt geodéziai dátummal együtt) nekünk kell definiálnunk. A korábbi, budapesti sztereografikus vetületben készült geológiai térképek (így pl. LÓCZY 1920; VADÁSZ 1935; KREYBIG 1940; NOSZKY 1940; SCHRÉTER 1940; SZENTES 1943a, b; SÜMEGHY 1944) esetén pl. e vetület definiálását TIMÁR et al. (2003) megadja. A GIS-szoftver arra is képes, hogy az illesztőpontok kijelölésekor az általunk ismert vagy leolvasott koordinátákat átszámítsa a térkép saját vetületének megfelelő koordináta-rendszerbe. Amennyiben az illesztőpontok koordinátáit nem a térkép saját vetületében adjuk meg, ez hibát okoz, amely annál nagyobb, minél nagyobb a térkép földrajzi kiterjedése. 20 kilométer alatt az ebből származó

hibák mértéke elég alacsony ahhoz, hogy a térinformatikai gyakorlat azokat figyelmen kívül hagyja, de már egy 1:100 000 méretarányú földtani térképszelvény méretét elérő vagy azt meghaladó térkép esetén ezt nem tehetjük meg.

A GPS-navigációhoz használt hardver és szoftver

A georeferált térképen, mint raszteres háttérképen történő GPS-navigáció legegyszerűbben olyan PDA-n valósítható meg, amelyben vagy beépített GPS-vevő van, vagy ilyet tudunk hozzákapcsolni. Az alább ismertetett módszer bármilyen, néhány tízezer forintos, GPS-szel együttműködő PDA-n alkalmazható. Az általunk használt modellben beépített, *Global Locate* GL20000 SiRF-II GPS-vevő van, elektronikus jelátvitellel pedig egy *MSI StarFinder* SF200 SiRF-III GPS-vevővel is kipróbáltuk. A két vevő közül az utóbbi valamivel pontosabb, azonban az alkalmazott térképi méretarány és georeferencia mellett ennek nincs jelentősége.

A valós idejű navigáció PDA-környezetben történő megvalósításához a MyGPS_PDA szabadon használható szoftvert (FAURE-RAGANI 2004) használtuk fel. E szoftver — hasonlóan más, szkennelt állományokat PDA-GPS-sel használó programokhoz — valójában két részből áll. Az egyik modul személyi számítógépen, a másik pedig a PDA-n fut. Az első modullal lehet a szkennelt térképet előkészíteni és georeferálni (a raszterpontokhoz 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 szátkeresztet, illetve mozgás esetén egy kis nyilat.

Az előkészítés lépései:

1. A JPG, GIF vagy BMP raszteres képformátumban levő térkép beolvasása a MyGPS_PDA PC-szoftverbe. Amennyiben térképünk nem ilyen formátumban adott, valamely képfeldolgozó vagy — megjelenítő szoftverrel azt ilyenbe kell alakítanunk.

2. A beolvasott térkép georeferálása. A MyGPS szoftverben ezt úgy végezhetjük el, hogy ki kell válasszunk 2 pontot, azokat a kurzorral megjelöljük, és megadjuk azok WGS84-koordinátáit, amelyből a szoftver elkészíti a georeferált állományt.

3. Ezt az állományt egy vagy több további ismert pont segítségével még mentés előtt ellenőrizzük, megállapítjuk az ellenőrző pontokon a hiba mértékét.

4. Az elkészült és ellenőrzött állományt a szoftver saját formátumában (*.mygps kiterjesztéssel) elmentjük.

5. Ezt a file-t töltsük a szoftver PDA-n futó moduljába. Legegyszerűbb, ha a PDA-hoz memóriakártya csatlakoztatható, ez esetben elegendő az állományt erre másolnunk. Ha ez a lehetőség nem áll fenn, akkor a PDA saját PC-

kommunikációs szoftverét kell használnunk, amely modelleként eltérő.

6. A MyGPS PDA-n futó modulját elindítva, abban a georeferált térképet megnyitva megkezdhetjük a navigációt a térképen.

A műveletsor kulcspontja az, hogy a fenti 2. és 3. lépésben említett illesztőpontok és ellenőrző pontok koordinátáit WGS84-rendszerben adjuk meg. Ezt megtehetjük úgy is, ha magunk végzünk terepi GPS-mérést ismert pontokon, és ennek eredményét használjuk fel. Ez azonban a nem differenciális GPS-mérés szokásos, 5-15 méter középhibájával (ÁDÁM et al. 2004) lesz terhelt. Amennyiben térinformatikai szoftverek állnak segítségünkre, és térképünk eleve valamely ismert koordinátarendszerben van — pl. a MÁFI 1:100 000 méretarányú térképműve HD72 dátumon, EOVS koordinátarendszerben — akkor a szoftver a koordinátákat ebből képes WGS84-rendszerbe transzformálni. Az ehhez szükséges paramétersort budapesti sztereografikus vetületben ábrázolt régi geológiai térképek esetén TIMÁR et al. (2003) közlik. Ha a térkép EOVS-koordinátavonalakat is tartalmaz, úgy ezek metszéspontjain végezhető el legegyszerűbben az átszámítás (BUSICS 1996; MIHÁLY 1996; TIMÁR et al. 2002; MOLNÁR, TIMÁR 2002) és a georeferálás.

Itt kell megemlítenünk, hogy a MyGPS_PDA szoftver nem készíti utunkról útponti koordinátákat tartalmazó ún. *tracklogot*, amennyiben ilyenre szükségünk lenne, azt más ingyenes GPS-szoftverekkel (pl. VisualGPSce) tehetjük meg zsebszámítógépünkkel.

Itt jegyezzük meg azt is, hogy professzionális szoftverekkel (pl. ESRI ArcPad, OziExplorer, GeoExplorer/DigiTerra) a feladat pontosabban is megoldható azáltal, hogy a térképet a saját koordinátarendszerében lehet georeferálni. E szoftverek használata azonban nem ingyenes.

A geológiai térképek georeferálása, a georeferencia hibái

A fenti műveleti sor 2. lépésében megadott eljárás, a térkép 2 ismert pont WGS84-koordinátáival történő georeferálása 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 térkép kivágat esetén az ebből származó hiba a térkép vetületétől függően kb. 16-18 méter, vagyis kicsit nagyobb, mint a 1:25 000 méretarányhoz tartozó leolvasási pontosság (TIMÁR 2007). Ennél sokkal nagyobb területen azonban a módszer nem alkalmazható, a terület méretének növelésével a torzulási hiba gyorsan növekszik, ezért a gyakorlati alkalmazásnál nagyobb kivágatot nem használtunk. Megjegyezzük, hogy más szoftverek esetén a georeferálás módja ennél jobb, akár szabatos (térképvetület megadása és az illesztőpontok adatainak ebben a rendszerben történő definiálása) is lehet. Esetünkben az alkalmazott szoftver tekintetében a kiválasztás szempontja az ingyenes hozzáférhetőség volt.

A georeferálás során a fenti hibakritériumok figyelembevételével meghatározott méretű térképi kivágaton a két kiválasztott illesztőpontot úgy választjuk meg, hogy a lehető legmesszebb kerüljenek egymástól.

A vetületi koordináták WGS84-rendszerbe transzformálásának hibája EOV esetén 1 méter alatti (TIMÁR et al. 2002), budapesti sztereografikus vetület esetén a 4 métert elérheti (TIMÁR et al. 2003), amely az alkalmazott térképi méretarány mellett elhanyagolható, és a nem differenciális GPS-mérés hibatarományán is belül marad.

Gyakorlati terepi alkalmazás

A geológiai térképeken történő valósídejű GPS-navigáció célja kétféle lehet:

- meg szeretnénk állapítani, hogy álláspontunkat milyen földtani környezet jellemzi mások adatai, térképei alapján, illetve

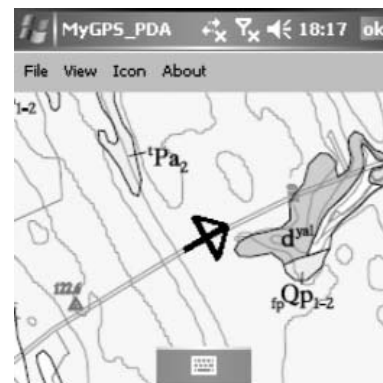
- meg szeretnénk keresni mások által térképezett, számunkra érdekes geológiai objektumokat.

Az első feladat során inkább a modern, a második során pedig inkább a történeti térképek alkalmazása elsődleges. A földtani kutatás gyakorlatában feltehetően a második feladat az érdekesebb, míg az első a frissen elkészült térképművek felhasználói számára jelent új és érdekes alkalmazási lehetőséget.

Az alábbiakban egy Siófok környéki terepbejárás példáján mutatjuk be a módszer gyakorlati alkalmazási lehetőségeit. Esetünkben a terep és a feladat kiválasztása egy konkrét feladathoz, az Enyingi-hátnak az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke és a Leeds University közös 2007. évi terepgyakorlatán végzett komplex geofizikai-földtani kutatásához kapcsolódott. A GPS-navigáció céljára LÓCZY 1:75 000 méretarányú Balaton-térképét (LÓCZY 1920) és a MÁFI digitális 1:100 000 méretarányú földtani térképművének síófoki szelvényét (CHIKÁN 2001; lásd még MAIGUT 2004, GYALOG 2005, TURCZI 2005) használtuk fel.

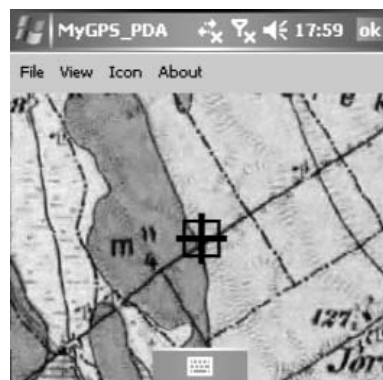
A térképek georeferálását a fenti pontokban megadott módon elvégeztük. A georeferálásba be nem vont hálózati metszéspontokon hibabecslést végeztünk; ennek alapján a

pozícióhiba mindkét térkép esetén kb. 30 méter volt. Ez magasabb az előző pontban megadott értéknél, viszont nem csak az eltérő vetület miatti torzulási hibát, de az illesztőpontok kiválasztásának a kis méretarány miatt fellépő hibáját is tartalmazza. Mindazonáltal ez az érték alatta marad mind a méretarányból származó térképi leolvasási pontosságnak (A LÓCZY-térképen ez 35-40 méter, a MÁFI-alaptérképen 50 méter), mind pedig az abszolút GPS-navigáció becsült középhibájának (ÁDÁM et al. 2004). A navigáció és a térképi illesztés pontosságát először úgy verifikáltuk, hogy úton haladáskor a műszer mennyire adja vissza pozíciókat (ismert pontra állás; 1. ábra). Miután ez a pontosság jónak bizonyult, a LÓCZY-térképen található pannóniai rétegek kibúvásának keleti peremét kerestük meg (2. ábra). A kibúvást a GPS-be



1. ábra. GPS-navigáció a MÁFI 1:100 000 méretarányú földtani térképműven Enying és Balatonszabadi között. A MyGPS_PDA szoftver képernyőképén látható, hogy az úton haladó autó helyzete a térképen is pontosan az útra kerül

Figure 1. GPS navigation on the 1:100 000 scale map of the Hungarian Geological Institute, between Enying and Balatonszabadi. The display of the MyGPS_PDA shows that the car moves on the road



2. ábra. A pannóniai rétegek kibúvásának keleti szélé LÓCZY 1920-as Balaton-térképén navigálva, Balatonszabadtól keletre

Figure 2. The eastern edge of the outcrop of the Pannonian layers, east of Balatonszabadi, navigating on the 1:75 000 geological map of LÓCZY (1920)

töltött régi térkép által előrejelzett helyen, úttalpi feltárás formájában meg is találtuk (3. ábra).

Végül egy Balaton-parti vizsgálati területen ellenőriztük a régi és a mai térkép illesztési pontosságát (4. és 5. ábra). Ugyanitt a Habsburg Birodalom II. katonai felmérésének (HOFSTÄTTER 1989; JANKÓ 2001) georeferált



3. ábra. A pannóniai réteg (Lóczy térképe szerint „Homok, homokkő, agyag, márga, esetleg basalt-tufával. Pontusi [pannoniai- vagy congeria] emelet”; a MÁFI 1: 100 000 méretarányú térképműve siófoki szelvényén [CHIKÁN 2001] „Tihanyi Formáció”) úttalpi feltárásban a 2. ábra helyén. A PDA képernyőjén a 2. ábra látható

Figure 3. The Pannonian layer („Sand, sandstone, clay, marl, possibly with basaltic tuff” according of LÓCZY 1920; Tihany formation according to CHIKÁN 2001) in road outcrop. Location is the same as in Figure 2, which is shown on the PDA display

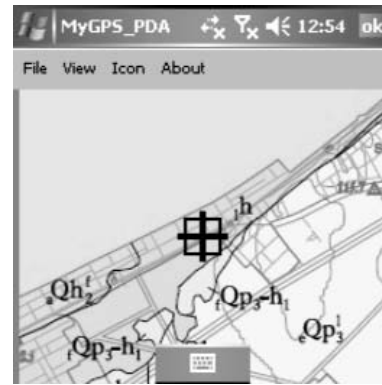
szelvényén, tehát nem geológiai, hanem topográfiai térképművön, vizsgáltuk a tó parti szintjeire vonatkozó információk tartalmi és pozícionális pontosságát.

A georeferálást TIMÁR et al. (2006) módszerével végeztük. A területen a mai partvonal feltöltés eredménye, az eredeti (a II. felmérés szerinti 1857-es) partvonal a maitól mintegy 150 méterre húzódik, ennek tő felőli határa a 6. ábrán „0. szint”-ként jelölt magasságú vonal, míg



4. ábra. A szabadifürdői MÁV-állomás peronjának nyugati végén állva látjuk, hogy LÓCZY 1920-as Balaton-térképén ez a korabeli stabil partvonal egy pontja volt

Figure 4. Standing at the western end of the platform at the Szabadifürdő railway station of the we recognize that it was a point of the stabile coastline of the Lake Balaton on the 1920 map of Lóczy



5. ábra. A 4. ábra helyszíne a MÁFI 1:100 000 méretarányú földtani térképművén. A két ábra összevetéséből látható, hogy a part egy részét itt feltöltötték

Figure 5. The location of Figure 4 on the 1:100 000 geological map of the Hungarian Geological Institute. Comparing the two figures it is obvious that this part of the coast is artificial

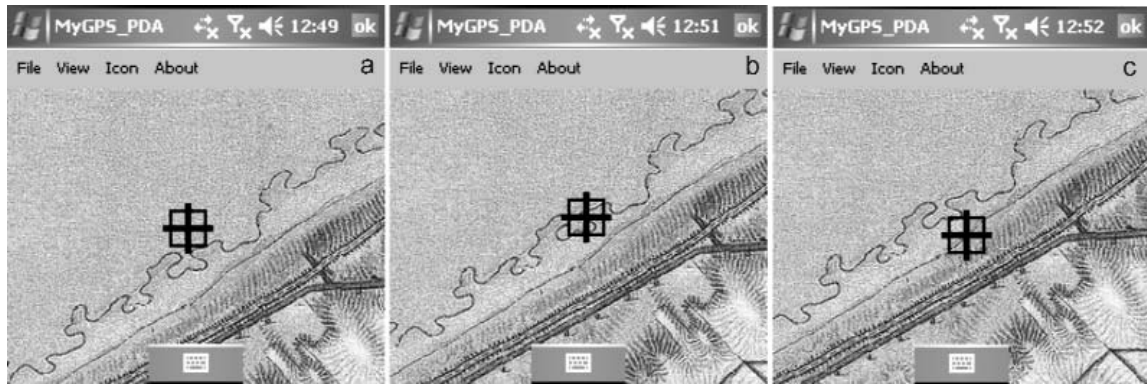
magas vízszintkor a part az „1. szint”-ig is kitolódott. A hullámzás által több-kevesebb rendszerességgel előtött terület felső határát a „2. szint” jelzi. A később, 1867-ben épült vasúti töltés ezen a szinten létesült. A 7. ábra a, b és



6. ábra. A szabadifürdői, a partra merőleges Kodály utca aszfaltján jól észrevehetőek a feltöltés előtti parti szintek: „0. szint”: partvonal alacsony vízállásnál; „1. szint”: partvonal magas vízállásnál; „2. szint” a hullámzó zóna teteje, a stabil partvonal

Figure 6. Detecting the coastal levels, prior to the artificial filling up, on the tarmac of the Kodály street, Szabadifürdő. Level 0 was the coast at low gauge, Level 1 was it at high gauge, Level 2 is the stabile coast above the wave zone

c részén az egyes szintek térképre bejelölt határára történő terepi kitűzés térképi bizonyosságát láthatjuk, ezek a pontok egybeestek a 6. ábrára behúzott, és a terepen még ma is nyilvánvalóan felismert, az aszfaltút által ki emelt szintváltozások helyeivel.



7. ábra. GPS-navigáció a Habsburg Monarchia II. katonai felmérésének 1:28 800 méretarányú térképén, a 6. ábrán látható utca vonalában, (a) a 0. szinten (b) az 1. szinten (c) a 2. szinten. Látható, hogy a topográfiai térkép ezen a helyen fontos morfológiai-földtani információt is hordoz

Figure 7. GPS navigation on the 1:28 800 scale sheet of the second military survey of the Habsburg Empire, at the position of Figure 6, at Level 0 (a); Level 1 (b) and Level 2 (c). The topographic map bears important morpho-geological information at this location

Következtetések

A jelen munkában ismertetett módszerrel és megoldással egy, a terepi geológus, geofizikus által könnyen elsajátítható, elérhető áron és energiaráfordítással megvalósítható eljárást igyekeztünk létrehozni és bemutatni. Vizsgálatunk arra is kiterjedt, hogy az így létrehozott rendszer a terepen kiállja-e a gyakorlat próbáját: a régi geológiai térkép adattartalma alapján a GPS segítségével megtalálhatók-e a keresett objektumok, illetve álláspontunk a modern térképekre kellő pontossággal rávetíthető-e?

A tapasztalataink alapján mindkét kérdésre pozitívan válaszolhatunk. A módszert a LÓCZY-térkép tekintetében a jelen cikk kereteit meghaladóan teszteltük az Enyingi-hát környékén. A terepen (a fentiekben részletezett pontossággal) a keresett képződményt *minden esetben* megtaláltuk törmelékben a LÓCZY-térképen jelzett kiterjedésben. Terepi helyzetünket a MÁFI-térképre pedig ugyanezzel a pontossággal sikerült rávetítenünk.

Megállapíthatjuk tehát, hogy az ismertetett módszerrel egy a geodéziában nem jártas, térinformatikai szempontból

alapképzettséggel rendelkező szakember a maga számára képes kialakítani egy kielégítő pontossággal használható rendszert. Ugyanakkor itt is ismételten felhívjuk a figyelmet, hogy nagyobb pontosságot igénylő (pl. mérnökgeológiai, mérnökgeofizikai) tevékenységhez, ahol a pozicionálás mind földrajzi értelemben (pl. építési telken belül), mind pedig az egyes képződmények tekintetében sokkal lényegesebb, a módszerünk az ismert hibák miatt nem ajánlható, sőt egyes esetekben kifejezetten ellenjavallt, mivel a felhasználónak esetlegesen az a benyomása támadhat a rendszer használata közben, hogy elérte a szükséges pontosságot.

Köszönetnyilvánítás

A jelen munkában ismertetett vizsgálatok egy része a T47104 sz. OTKA pályázat munkálatainak is részét képezték. A terepbejárás során ZÁMOLYI András volt segítségünkre. A szerzők ezúton köszönik meg CSILLAG Gábornak és BÁNYAI Lászlónak a tanulmány szerkezetére vonatkozó tanácsait és megjegyzéseiket.

Irodalom — References

- ÁDÁM J., BÁNYAI L., BORZA T., BUSICS GY., KENYERES A., KRAUTER A. & TAKÁCS B. 2004: Műholdas helymeghatározás. — Műegyetemi Kiadó, Budapest, 458 p.
- BUSICS GY. 1996: Közelítő alkalmazások a GPS és az EOV-koordináták között. — *Geodézia és Kartográfia* **48/6**, 20–26.
- CHIKÁN G. (szerk.) 2001: *Magyarország földtani térképe, fedett földtani térkép, M=1: 100 000, L-34-37 Siófok*. — Magyar Állami Földtani Intézet.
- FAURE-RAGANI, P. 2004: MyGPS_PDA software. — Elektronikus dokumentu. URL: <http://www.faureragani.it/mygps/>.
- GYALOG L. (szerk.) 2005: *Magyarország fedett földtani térképéhez (az egységek rövid leírása), 1:100 000.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 188 p.
- HOFSTÄTTER, E. 1989: *Beiträge zur Geschichte der österreichischen Landesaufnahmen, I. Teil*. — Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 196 p.
- JANKÓ A. 2001: A második katonai felmérés. — *Hadtörténeti Közlemények* **114**, 103–129.
- KREYBIG L. [madari] 1944: *Magyar tájak tájismereti és termelésttechnikai leírása. I. A Tiszántúl*. — Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, VIII, 221 [3] p., 12 térk. mell.

- LÓCZY L. id. 1920: *A Balaton-tó környékének részletes geológiai térképe. M=1:75 000.* — Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, Budapest, 4 szelvény.
- MAIGUT V. 2004: Új digitális földtani térképmű a MÁFI-ban. — *Geodézia és Kartográfia* **55/7**, 22–26.
- MIHÁLY, SZ. 1996: Description Directory of the Hungarian Geodetic References. — *Geo-Information Systems* **4**, 30–34.
- MOLNÁR G. & TIMÁR G. 2002: Az EOV-koordináták nagy pontosságú közelítése Hotine-féle ferdetengelyű Mercator-vetülettel. — *Geodézia és Kartográfia* **54/3**, 18–22.
- NOSZKY J. 1940: A Cserhátság földtani viszonyai. — *A magyar tájak földtani leírása.* Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 283 [1] p., 5 t., 1 térk. mell.
- SCHRÉTER Z. 1940: Nagybátony környéke. — *A magyar tájak földtani leírása.*, Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 154 p., 3 mell., 2 térk. mell.
- SÜMEGHY J. 1944: A Tiszántúl. — *A magyar tájak földtani leírása.* Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 208 p., 39 mell., 2 térk. mell.
- SZENTES F. 1943a: Aszód távolabbi környékének földtani viszonyai. — *A magyar tájak földtani leírása.* Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 68 [2] p., 5 t., 2. térk. mell.
- SZENTES F. 1943b: Salgótarján és Péterváására közötti terület. — *A magyar tájak földtani leírása.* Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 57 [3] p., 5 t., 9 térk. mell.
- TIMÁR G. 2007: GPS-navigáció történeti topográfiai és kataszteri térképeken. — *Geodézia és Kartográfia* **59/5**, 22–26.
- TIMÁR G., MOLNÁR G. & PÁSZTOR SZ. 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 G., MOLNÁR G. & MÁRTA G. 2003: A budapesti sztereografikus, ill. a régi magyarországi hengervetületek és geodéziai dátumaik paraméterezése a térinformatikai gyakorlat számára. — *Geodézia és Kartográfia* **55/3**, 16–21.
- 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.
- TURCZI G. 2005: Földtani térmodell építése – adatbázisok az intra- és interneten. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése*, **2004**, 125–130.
- VADÁSZ E. 1935: A Mecsekhegység. — *A magyar tájak földtani leírása.* Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, 180, XXV, [2] p., 1 térk. mell.
- Kézirat beérkezett: 2008. 06. 15.