

Ismeretlen paraméterezésű valódi kúpvetületen készült térkép térinformatikai rendszerbe integrálása

Timár Gábor¹, dr. Varga József², dr. Székely Balázs^{1,3}

¹ELTE Geofizikai Tanszék, Úrkutató Csoport

²BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék

³Földtudományi Intézet, Tübingeni Egyetem, Németország



1. Bevezetés

A térinformatikai (GIS) gyakorlatban időről időre előfordul, hogy olyan térképeket vagy azok adattartalmának egy részét kell rendszerünkbe integrálni, amelyeknek nem pontosan ismerjük a vetületét. A térkép georeferenciája ilyen esetben általában csak a földrajzi fókálózat vonalaival adott. E cikkben Közép-Európa geológiai térképének (a készítőbizottság elnöke után a térképművet gyakran Mahel'-térképként említik, és a továbbiakban így is hivatkozunk rá) példáján mutatjuk be ilyen térképművek térinformatikai integrációjának lehetséges lépéseit.

Az adatillesztés első lépése természetesen a térkép vetületének megállapítása. Amennyiben a meridiánok egy pontba futó egyenesek, és az általuk bezárt szög a nominális szöghelyértéknél kisebb, a paralelek pedig a közös pont körüli körívek, úgy a térkép valódi kúpvetületben (a továbbiakban: kúpvetület) készült. Megjegyezzük, hogy a térkép ettől eltérő esetben is lehet – normálistól eltérő helyzetű – kúpvetület, ebben az esetben a fel nem tüntetett segédfókálózatú vonalak felelnek meg a fenti kritériumoknak.

Térinformatikai rendszerünk számára azonban a kúpvetület pontos paramétereit is meg kell adni, emellett általában szükséges az alapfelület ellip-

szoidi paramétereinek és elhelyezésének ismerete is. Kis méretarányú térképművek (a Mahel'-térkép méretaránya 1:1000000) esetén ez utóbbiak pontatlan beállítása sem okoz észrevehető hibát.

Itt jegyezzük meg, hogy a vonatkozó vetülettani irodalom igen kiterjedt, a kúpvetületek tulajdonságait és egyenleteit illetően *Snyder* (1987) és *Varga* (2000) munkáira támaszkodtunk.

2. A Mahel'-térkép

A példaként használt térképet 1973-ban közösen adta ki az UNESCO és a pozsonyi Dionýz Štur Geológiai Intézet. A topográfiai alapot a prágai Kartografie cég készítette, és ugyanitt végezték a térképészeti és nyomdai előkészítő munkákat is, *S. Kuchal'* és *J. Meixner* szerkesztésében. A grafikai munkák a pozsonyi geológiai intézetben készültek. A térképészeti szerkesztők *R. Púchy* és *J. Varga*⁴ voltak (UNESCO–DSGI, 1973).

A térkép eredetileg 9 szelvényből álló sorozat formájában készült el, és a „Tectonic map of the Carpathian–Balkan Mountain System and adjacent areas” (A Kárpát–Balkán térség és a szomszédos területek tektonikai térképe) címet viseli. A szelvények mindegyike egy négy szélességi és hat hosszúsági fok kiterjedésű foktrapézt ábrázol, a térkép méretaránya 1:1000000, a közepe három szelvény középméridiánja a 21. keleti hosszúsági fok.

⁴ Nem azonos a szerzővel

Később azonos topográfiai alap felhasználásával megjelent a térképnek a metamorf képződményeket bemutató változata is, 4 szelvényen (Map of metamorphites of the Carpatho-Balkan-Dinaride area; *Szádeczky-Kardoss et al., 1976*; lásd hátsó belső borítón). E sorozat középmeridiánja a 22. keleti hosszúsági fok, a kiterjedés pedig, az előző sorozattól eltérően, vetületi négyszögek szerinti.

A térképeken megadott fokhálózat a kúpvetületnek megfelelő.

3. A térkép kúpvetületi paramétereinek meghatározása

A térinformatikai integráció számára meg kell adni a kúpvetület fajtáját és paramétereit is. A vetület pontos fajtájának meghatározására használható az Érdi-Krausz-féle vetületanalízis (ld. pl. *Stegená, 1986*). A jelen esetben azzal a feltételezéssel élünk, hogy a térkép Lambert-féle szögtartó valódi kúpvetületben készült. A vetület fajtájára vonatkozó hipotézist minden esetben a következő pontban ismertetett térinformatikai illesztés pontossága igazolja, vagy cáfolja.

Előrebocsátjuk, hogy a következő számításokban gömbi alapfelületet tételeztünk fel. Ezt az egyszerűsítést megtehetjük, hiszen a térképről vonalzóval lemért hosszúságadatok leolvasási hibája a gömb-ellipszoid különbségből származó eltérésnél nagyobb, az egyenletek vizsont így lényegesen egyszerűbbek.

A Lambert-féle szögtartó kúpvetület lehet érintő vagy metsző helyzetű. A térinformatikai szoftverek az első esetben az érintési (normál-) paralelkörnek, második esetben a két metszési (standard) paralelkörnek paraméterkénti megadását igénylik. Mivel e vetület normál-paralelköre az, ahol a lineármódulus minimális (ld. *Varga, 2000*), ezért ez a két metszési paralel között helyezkedik el. Lássuk először e normálparalel meghatározását.

A meghatározás két módon is megtehető: a meridiánok képi vonalai által bezárt szög megméréseivel, illetve a paralelkörök képei közötti távolságok elemzésével.

Az első esetben megmérjük két meridián térképi egyenesének szögét, és elosztjuk a két meridián valódi szögműködésével – gyakorlatilag meghatározzuk, hogy egységnyi hosszúságkülönbséget milyen szög alatt ábrázol a térkép. A normálparalel szélessége:

$$\varphi_n = \arcsin a \quad (1)$$

ahol a az 1 fok szögműködésű meridiánok képe által bezárt szög; a vizsgált térkép esetén

$a=0,74$ fok, így $\varphi_n=47,73$ fok. Természetesen ilyen kis szögműködés mellett a leolvasást nem szögműködés, hanem vonalzóval, ill. szkennelt térképek esetén pixel-számolással és arcus tangens-számítással végezhetjük el. A kapott eredmény hibája a leolvasásból és a nem gömbi alapfelületből származó hiba eredőjeként áll elő. A következő pontban tárgyalt térinformatikai illesztést már önmagában e paraméterrel is megtehetjük, amennyiben érintő helyzetű kúpvetületet feltételezünk, és nem foglalkozunk a térkép méretarányával.

A második esetben megvizsgáljuk, hogy hogyan változik az 1 fok szögműködésű paralelkörök egymástól mért távolsága a meridiánok mentén. Mivel a normálparalelen minimális a lineármódulus, ezért ahol e térképi távolság a legkisebb, ott találjuk a normálparalelt. 1 fokos hálózatot feltüntető térképen az így elérhető pontosság véges, ezért a két módszer együttes használata ajánlott.

A Mahel'-térkép esetén a paralelkörök közti leolvasott térképi távolságokat az *1. ábra* mutatja. E módszerrel a normálparalelkör szélességére 48,2 fokos becslést kapunk. A két módszer együttes alkalmazásával úgy becsülhetjük, hogy a Mahel'-térkép kúpvetületének normálparalelköre a 48 fokos szélességhez tartozik.

A következő lépés a metszési (standard) paralelkörök meghatározása. Ehhez az *1. ábráról* leolvasott, a paralelkörök közötti minimális távolság értékét használjuk, mely ez esetben 106860 méter. Ezt összevetve az 1 fok szélességkülönbséghez a meridián mentén tartozó földi (ez esetben gömbi) távolsággal, a 111300 méterrel, a két szám hányadosából megbecsülhetjük a meridián menti lineármódulus minimumát:

$$l_{m,\min} = \frac{106860}{111300} \approx 0,96 \quad (2)$$

A standard paralelkörök és a normálparalel közti szögműködés (gömb alapfelület esetében ez a két irányban egyenlő):

$$\vartheta = \arccos(l_{m,\min}) \approx 16,26^\circ \quad (3)$$

Így a két standard paralelkör szélességére az alábbi becslés adható:

$$\varphi_1 = 31,74^\circ \pm 0,5^\circ$$

$$\varphi_2 = 64,26^\circ \pm 0,5^\circ$$

Ez igen közel esik az 1:2500000 méretarányú világtérkép (Ginzburg, 1969; MÉM-OFTH, 1983)

vetületének két standard paraleljéhez, a 32. és 64. északi szélességi fokhoz. A Mahel'-térkép méretaránya ugyan nem ennyi, azonban feltehető, hogy a nemzetközi 1:1000000 méretarányú világtérkép e lapjainak kartográfiai alapja is hasonló vetületben készült. Ennek vetületeként korábban a Clarke-ellipszoidon értelmezett módosított polikónikus vetület (*Érdi-Krausz*, 1935) szerepelt. Miután számos állam javasolta a szögtartó kúpvetület bevezetését (*Érdi-Krausz*, 1964), 1962-ben áttértek a Hayford-ellipszoidon értelmezett Lambert-Gauss-féle szögtartó kúpvetületekre, hasonlóan az 1:1 millió méretarányú légiforgalmi (ICAO) térképekhez.

Bár a rendelkezésre álló adatokból nem tudtuk eldönteni, hogy a Mahel'-térkép vetülete a fentiek közül pontosan melyik, feltételeztük, hogy jól közelíthető Lambert-féle szögtartó kúpvetülettel, ha a két standard paralelt a 32 fokos és a 64 fokos északi szélességi körön definiáljuk. E hipotézis helytállósága a következő pontban leírt adatillesztés során méretik meg.

4. A térkép térinformatikai rendszerbe integrálása

A térkép vetületi (és nagyobb méretarány mellett: alapfelületi) paraméterei megadásával lehetőség nyílik arra, hogy annak digitális (szkennelt) változatát georeferenciával lássuk el, térinformatikai rendszerbe illesszük, amelyben ahhoz tetszőleges vetületben adott más térképeket és vektoros adatállományokat kapcsolhatunk, azokkal együtt használhatjuk.

A térinformatikai rendszerek, pl. az általunk használt ER Mapper® 5.5 szoftver a szkennelt kép néhány pixelének térképi koordinátákkal való megjelölését igényli. Az összes többi képpontra érvényes koordináta-rendszer lineáris meghatározásához természetesen a térképre érvényes vetületi koordináták megadása szükséges. Ehhez először definiálnunk kell a térkép vetületét; jelen esetben ez

⁵ A metamorf képződményeket bemutató 4 szelvényes sorozat esetén ez 22 foknak is vehető, hogy a középpont hosszúsága a térkép középvonalát adó meridiánvonallal egybeessen.

⁶ Ettől eltérő értékek is adhatók – a lényeg, hogy azokat következetesen alkalmazzuk.

⁷ Az ED50 az 1:1 millió méretarányú világtérkép Hayford-ellipszoidi alapfelületének, az S42 az 1:2,5 millió méretarányú világtérkép Kraszovszkij-ellipszoidi alapfelületének felel meg.

⁸ Ez az eltérés nem szisztematikus, vagyis nem a helytelen alapfelület-választás következménye

a kúpvetület standard paraleljeinek megadásán túl a vetületi középpont földrajzi és térképi koordinátáinak definiálását jelenti. A Mahel'-térkép esetében a középpontot a 46 fokos északi szélességgel és 21 fokos keleti hosszúsággal⁵ adott ponton vetjük fel, a pont vetületi koordinátáinak a (0,0) értékeket adtuk⁶. Alapfelületnek megvizsgáltuk az ED50 és S42 (Pulkovo) dátumokat⁷, a dátumváltoztatás hatására 50 m körüli horizontális eltérések adódtak, ami pixelméret alatti hibát jelent. Az alábbi koordinátákat a Kraszovszkij-ellipszoidon értelmeztük. A térkép középső szelvényén megadjuk néhány fokhálózati metszéspont koordinátáit a kúpvetületen, a fenti origó választásával:

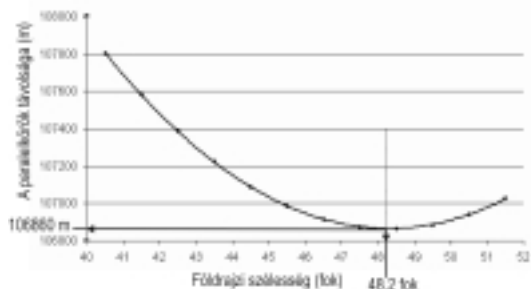
szélesség	hosszúság	x (E)	y (N)
48	18	-215109	218031
48	21	0	213787
48	24	215109	218031
46	18	-223542	4410
46	21	0	0
46	24	223542	4410
44	18	-231985	-209500
44	21	0	-214077
44	24	231985	-209500

1. táblázat

A fenti vetületi koordinátaértékek megadásával (1. táblázat) a térképi fokhálózati vonalak illesztése mintegy 300 méter pontossággal történt meg, ami ilyen méretarány mellett igazolja a térkép vetületére felállított hipotézisünket. A térképi tartalom egyéb – síkrajzi – elemeinek illeszkedése helyenként 6-700 méter hibával⁸ is terhelt, mivel azonban a fokhálózat illeszkedése pontos, így ezt a topográfiai alap hibájaként értékeljük.

5. Összefoglalás

A vizsgált térkép (a közép-európai térség tektonikai-geológiai térképe, az ún. Mahel'-térkép) belső torzulásainak vizsgálatából megbecsülhető, hogy az alkalmazott szögtartó kúpvetület két metsző (standard) paralelköre az 1:2500000 méretarányú világtérképével megegyezően a 32° és 64° északi szélesség. A gyakorlatban a Mahel'-térkép vetülete jól közelíthető a fenti 2 standard paralel-körrel jellemzett Lambert-féle szögtartó kúpvetülettel. E paraméterek felhasználásával a térkép digitális (szkennelt) állománya a fokhálózat tekintetében 300 méter, a topográfiai alapot tekintve pedig 600 méter pontossággal térinformatikai rend-



1. ábra A Mahel'-térkép 1 fokos paralellköreinek térképi távolsága, szorozva a méretarányal. A minimális érték kb. 48,2 fok szélességnél lép fel, ez a módszer szerinti becslésünk a normálparalellkör szélességére. Itt az 1 fokos paralellkörök távolságkülönbsége kb. 106860 méter. A térkép méretarányában a leolvasás pontossága azonban legjobb esetben is néhány száz méter!

szerbe integrálható volt, megteremtve ezzel a térkép adattartalmának más georeferált adatokkal (pl. a hátsó belső borítólapon a GTOPO30 globális domborzati modellel; GLOBE Task Team, 1999) való közös feldolgozásának lehetőségét.

Köszönetnyilvánítás

A jelen dolgozatban vázolt munka a T034928 számú, „A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza: Euro-konform térképsorozat és magyarázó” című OTKA-pályázat keretében készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki *Dunkl Istvánnak* (Tübingen) a probléma felvetéséért és a megvalósításban nyújtott segítségével.

IRODALOM

- Érdi-Krausz György* (1935): A nemzetközi 1:1000000 méretarányú világtérkép vetületének számítása. *Térképészeti Közlemények* 3: 208–222.
- Érdi-Krausz György* (1964): Az 1:1000000 méretarányú világtérkép helyzete. *Geodézia és Kartográfia* 16: 134–136.
- Ginzburg, G. A.* (1969): Az 1:2500000 méretarányú nemzetközi világtérkép matematikai elemei. *Geodézia és Kartográfia* 21(3. különszám): 20–30.
- GLOBE Task Team (*Hastings, D. A.–Dunbar, P. K.–Elphinstone, G. M.–Booth, M.–Murakami, H.–Maruyama, H.–Masaharu, H.–Holland, P.–Payne, J.–Bryant, N. A.–Logan, T. L.–Muller, J.–P.–Schreier, G.–MacDonald, J. S.*, eds., 1999): The Global Land One-kilometer Base Elevation (GLOBE) Digital Elevation Model, Version 1.0. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center, Boulder,

Co. Digital database on the World Wide Web (URL:

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/topo/globe.shtml>)
 MÉM-OFTH (1983): Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: Általános szerkesztési utasítás az 1:2500000 méretarányú világtérkép 2. kiadásához. Földmérési Intézet, Bp., 59 o.

Snyder, John P. (1987): Map Projections – A Working Manual. *USGS Prof. Paper* 1395: 1–261.

Stegena Lajos (1988): Vetülettan. Tankönyvkiadó, Bp., 221 o.

Szádeczky-Kardoss, E.–Árkai, P.–Balázs, E.–Beck-Mannagetta, P.–Bercea, I.–Boyadijev, S. G.–Danilovich, Yu. R.–Dimitrievic, M.–Giuscã, D.–Juhász, Á.–Kamenický, J.–Karamata, S.–Kräutner, H.–Kovách, Á.–Nagy, E.–Ravasz-Baranyai, L.–Savu, H.–Semenenko, N. P.–Szederkényi, T.–Szalay, Á.–Štelcl, J.–Tkachuk L. G.–Wieser, T. and Weiss, J. (1976): Map of metamorphites of the Carpatho-Balkan-Dinaride area, 1:1,000,000. Az MTA Geokémiai Kutatóintézete és a Központi Földtani Hivatal, Budapest, kiadványa

UNESCO-DSGI (1973): UNESCO-Dionýz Štur Geological Institute: Tectonic map of the Carpathian-Balkan Mountain System and adjacent areas. Map, scale: 1:1000000

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

GIS integration of a map drawn in real conic projection with unknown parameters

G. Timár–J. Varga–B. Székely

Summary

The 'Tectonic map of the Carpathian-Balkan Mountain System and adjacent areas' (the so-called 'Mahel Map'; scale=1:1000000) has been investigated to determine the undefined parameters of its conformal conic projection. As the result of the analysis, the two standard parallels can be defined as the 32 and 64 degrees of northern latitudes, the same values as in the International World Map (scale=1:2500000). Using the Lambert Conformal Conic projection with these parameters the scanned map has been integrated to a GIS database with a horizontal error of 300 m (concerning the grid lines) or 600 m (concerning the topographic base).