

Magyarország gravitációs lineamenstérképe — első eredmények¹

KISS JÁNOS²

Az országos földtani, szerkezetföldtani térkép elkészítésekor gyakran felmerülő kérdés, hogy vajon a fúrásokban jelentkező képződmény-változások milyen folyamathoz kapcsolhatók, és a kapcsolatot mivel lehet igazolni? Hogyan lehet megfogni egy vető, egy feltolódás pontos irányát és a hatásának következményeit? Ilyenkor vesszük elő a földtani információk megértéséhez a geofizikai adatokat, amelyek a felszín alatti térrészről hordoznak információt. A geofizikai adat sokféle lehet, s mivel nincs mindenhol 3-D szeizmika, így sok helyütt az országos gravitációs adatbázis is hasznos ismeretekkel szolgál. A cikk ennek igazolására mutat be „fantázia-ingerlő” térképeket, szűrési feldolgozásokat és a feldolgozások eredményeképpen kapott gravitációs lineamenseket, amelyek megfelelő sűrűségkontraszt esetén jól kijelölik a képződményhatárokat, illetve tektonikai szerkezetek helyét.

J. Kiss: Gravity lineament map of Hungary — first results

When compiling geological or structural maps of the country it is a frequently arising question what kind of geological process can be connected to lithological changes known from borehole cores? How can we catch the real direction of a tectonic structure, or a thrust fault and what are the consequences of tectonic movements? To answer those questions one may turn to the geophysical data providing information about the deep geological structures. There are a lot of different geophysical methods and if no 3D seismic data are available on the task area then also the gravity database of Hungary may turn out very useful. To prove that this paper is going to present some „fantasy-incentive” gravity maps and filtering processes and as a result some gravity lineaments which indicate lithological changes or tectonic structures if eligible density-contrasts are connected to those.

Bevezetés

A Magyarországon — többek között az ELGI-ben — végzett gravitációs kutatások történetét és eredményeit az MGE 50 éves jubileumára SZABÓ Zoltán állította össze [SZABÓ 2004]. Mindenkinek, akit a gravitációs kutatások érdekelnek, melegen ajánlom ezt a részletes összefoglalást! Ebben a cikkben a gravitációs kutatások történeti hátterét csak néhány mondatban érdemes összefoglalni.

A cikkben felhasznált adatok az ELGI sokéves adatbázis-építési és -karbantartási munkájának köszönhetően az országos gravitációs adatbázisból származnak (ez természetesen tartalmazza a kőolajipar — OKGT, MOL — gravitációs mérési anyagát is). Az adatbázis-kezelés előzménye a „nagy-számítógépes” időszakra, 1968-ra nyúlik vissza, de csak 1984-re véglegesedett a tárolt gravitációs adatok máig alkalmazott szabvány formátuma és vált általánossá a digitális adatbázis használata [KOVÁCSVÖLGYI 1993].

Országos gravitációs térkép 1:500 000 méretarányban először 1978-ban készült [SZABÓ 2004]. 1984-ben SZABÓ Zoltán és SÁRHIDAI Attila [SZABÓ 1989] készítette el a következő változatot, amelynek szűrt térképe nyomtatásban is megjelent. 1996-ban KOVÁCSVÖLGYI Sándor és STICKEL János készített újabb Bouguer-anomália-térkép változatot — ez utóbbit belső használatra (az ELGI bejáratánál megtekinthető). 1999-ben SZABÓ Zoltán és PÁNCICS Zoltán publikált országos változó sűrűséggel számolt Bouguer-anomália-térképet gravitációs lineamens kijelöléssel. Ez szakmai szempontból cikkünk közvetlen előzményének tekinthető [SZABÓ, PÁNCICS 1999].

A legújabb gravitációs Bouguer-anomália-térkép elkészítése során az adatbázisból kiszűrtük a hibás és duplán szereplő pontokat, többszöri interpolálással teszteltük, hogy adott felmértég mellett milyen rácsméret és pont kifizési távolság alkalmazható [KISS 2002].

Az adatbázis készülsége és a feldolgozási és megjelenítési kapacitásunk fejlődése [VÉRTESY 2002], valamint a „Magyarország gravitációs lineamenstérképe” című OTKA téma (T-043100) finanszírozásának köszönhetően elkészülhetett az 1:500 000 méretarányú Bouguer-anomália-térkép új változata [KISS, GULYÁS 2005]. Ezen előzményekre alapozva közvetlen (belső és külső) igényként fogalmazódott meg, hogy az országos adatrendszer földtani hasznosításához készítsük el a magyarországi gravitációs lineamenstérképet.

A lineamenstérkép elkészítése több szempontból is aktuális:

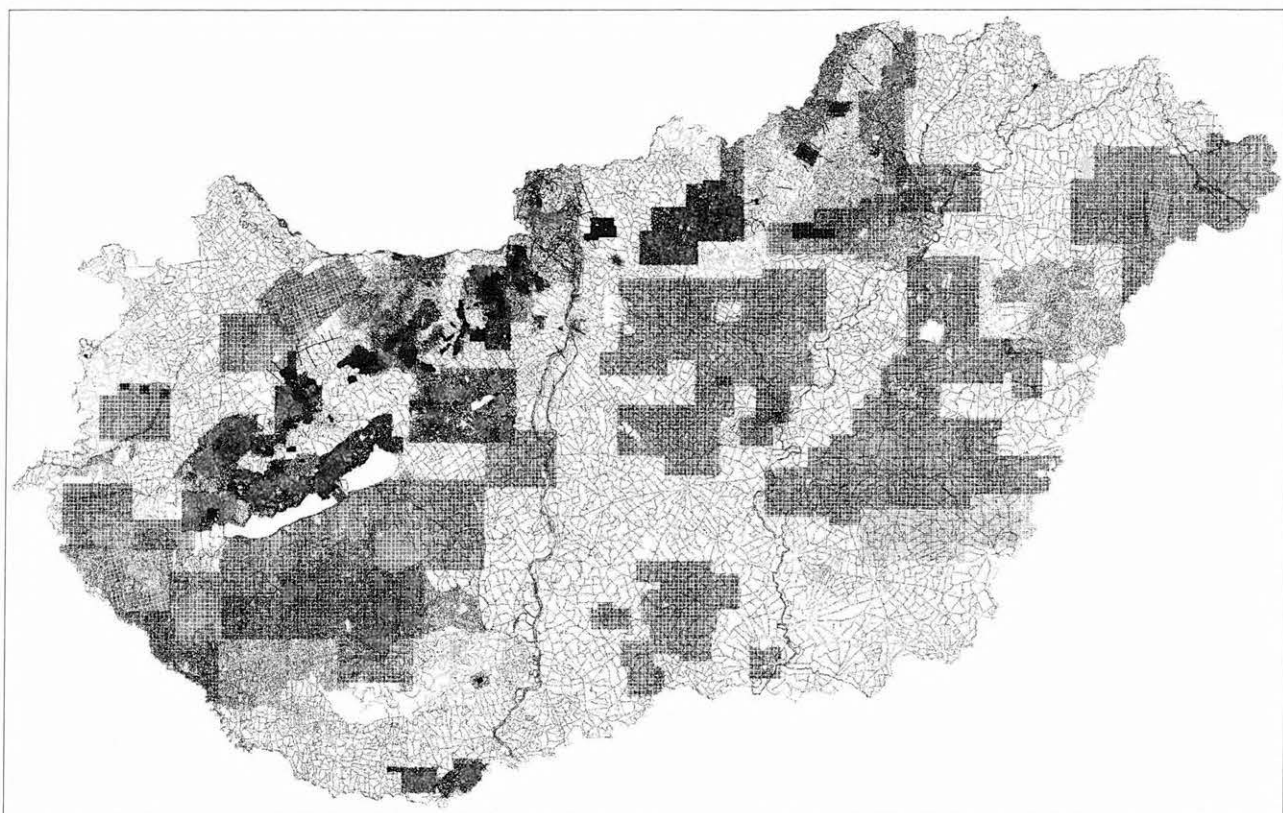
- az országos gravitációs adatbázis digitális adatrendszere rendelkezésre áll;
- nagy mennyiségű légi geofizikai adatrendszer feldolgozásának köszönhetően megfelelő tapasztalatunk van;
- az új nagy kapacitású számítógépek és feldolgozó (pl. képfeldolgozó) programok segítségével már országos adatrendszereken végzett szűrések és transzformációk sem okoznak problémát;
- szubjektivitástól mentes feldolgozási eljárásokkal lehet eljutni a gravitációs lineamensekig;
- készülnek az új 500 000-es méretarányú földtani térképek, amelyek geofizikai támogatást igényelnek.

Gravitációs adatok — a gravitációs adatbázis

Az országos gravitációs adatbázis több mint 380 000 mérési adatot tartalmaz. Az 1. ábrán ezeknek a pontoknak a síkbeli elhelyezkedését mutatom be.

¹ Beérkezett: 2006. május 24-én

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.



1. ábra. Magyarország gravitációs felmértésége

Fig. 1. Gravity coverage of Hungary

Az ország felmértésége nem egyenletes, de csak kevés olyan terület van, ahol adathiány miatt nem lehet a gravitációs adatokból földtanilag is hasznosítható információt kinyerni (a felmértéség több mint 4 pont/km² az ország egészére, de vannak olyan területek, ahol a felmértéség az 1 pont/km²-t sem éri el). Az ország egészére a kvázihálózatú felmérés a jellemző, amelyek elsősorban az utak mentén végzett mérésekből állnak. A szabályos hálózatú, sűrű gravitációs terepi mérések az ipari nyersanyagkutatásokhoz kapcsolódnak, elsősorban kőolaj-, földgáz-, kőszén- és bauxitkutatásokhoz.

Bouguer-anomália-térkép

A térképszerkesztéshez az adatbázis valamennyi mérési pontjára Bouguer-anomália értéket számítottunk az alábbi paraméterek mellett:

- MGH-50 bázishálózat (Potsdami alapszint)
- Adriai magassági rendszer
- Cassinis-féle normálképlet
- Korrekciós sűrűség: 2000 kg/m³.

A felmértéség inhomogenitása miatt országosan az 500 m, illetve 1000 m-es rácsba interpolált adatok jelentetik a kiindulási adatállományt Magyarország gravitációs lineamenstérképének elkészítéséhez. Ennél kisebb rács kiválasztása esetén az interpolálás álanomáliákat eredményez és feldolgozásainkkal a mérések nyomvonalát (a mintavételezés sűrűségét) fogjuk kimutatni a földtani hatások helyett. Vizsgálatainknál is a felmértéség egyenetlensége miatt végül az 1 km-es rácsot használtuk.

A Bouguer-anomália-térkép szerkesztésénél fontos paraméter a korrekciós sűrűség, amely medence területekre 2000 kg/m³, míg a kibúvások területekre 2670 kg/m³. Mivel alapvetően az üledékes medencével fedett területek szerkezeti viszonyait kutatjuk — a kibúvások területeken a felszínen is jól azonosíthatóan jelentkeznek a vetők és képződményhatárok — így a feldolgozás további lépéseiben a 2000 kg/m³ korrekciós sűrűséggel kiszámolt Bouguer-anomália-térképet használtuk — a térkép nyomtatásban megjelent [KISS, GULYÁS 2005].

A térkép további feldolgozásaival a vonalas jellegzetességek kiemelésére, azaz a gravitációs lineamensek kontrasztosabb megjelenítésére, kimutatására törekszünk. A kapott gravitációs lineamenseket (1. táblázat) nem feltétlenül kapcsoltuk földtani szerkezethez, bár néhol teljesen egyértelmű a kapcsolat — ezért ugyanazt a nevet alkalmaztuk. Ennek ellenére a „vonal” nem tektonikai vonalat jelent, csak egy vonalszerűen megjelenő változást, azaz lineamenset, ami a gravitációs feldolgozásokból meghatározható.

Mi a gravitációs lineamens?

A lineamens fogalmát a távérzékelésben geomorfológiai értelemben használják legelterjedtebben:

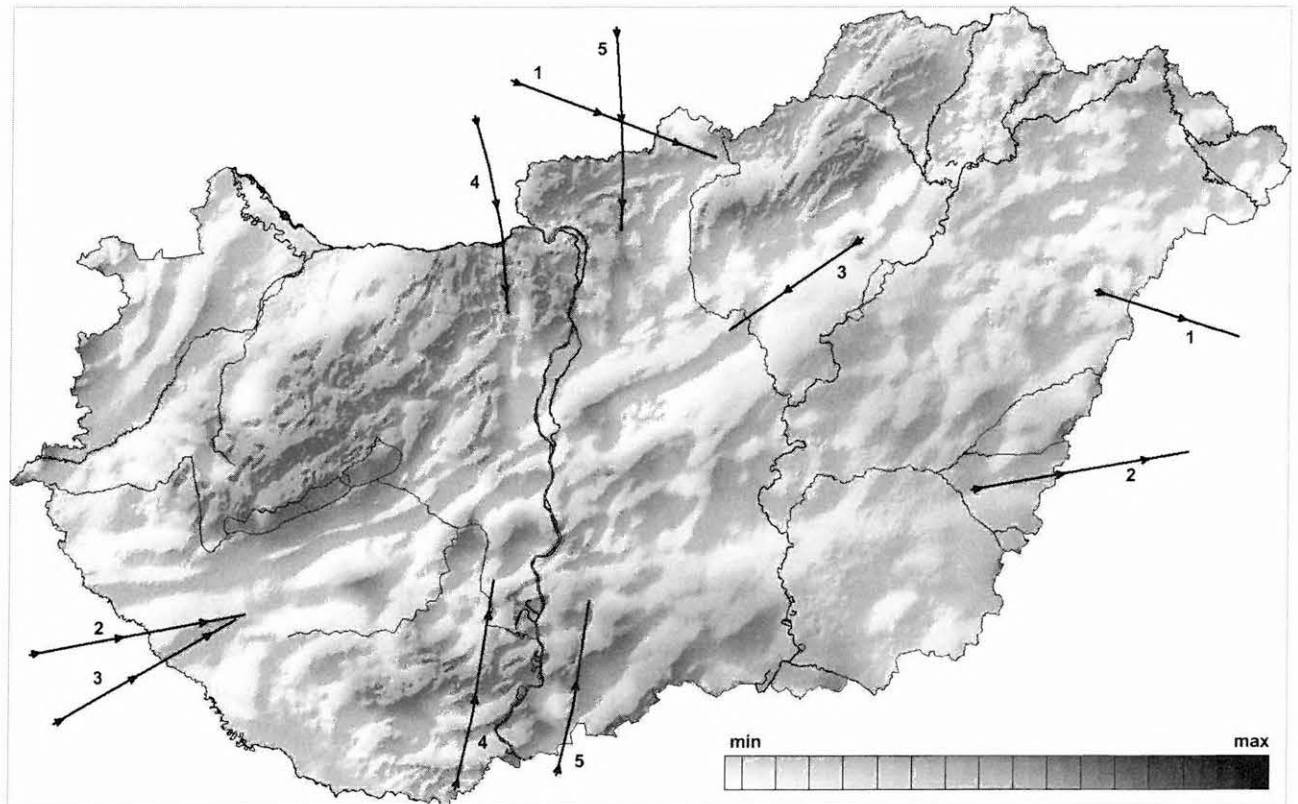
„A lineamens a földfelszínnek olyan térképezhető, vagy az űrfelvételnek olyan egyszerű vagy összetett lineáris jelensége, ami egyenes vonalú, vagy enyhén görbe vonalú alakzattá áll össze, a környezetétől jól elkülönül, és feltehetően felszín alatti jelenséget tükröz” [O’LEARY 1976].

A gravitáció esetében sincs szó másról, a különbség csak annyi, hogy itt a felszíni vagy felszín alatt lévő különböző sűrűségű kőzetek kontaktusa — képződményhatárok és szerkezeti vonalak — okozzák a gravitációs térkép vonalasságát, azaz a gravitációs lineamenseket.

N°	A lineamens leírása, azonosítása
1	Cserhát–Mátra–Debrecen tengely (ÉNy–DK)
2	Kapos–Körös-vonal (NyDNy–KÉK)
3	Közép-magyarországi vonal (DNy–ÉK)
4	Pilis–Mórágy ívelt vonal (É–D)
5	Galga–Mohács-vonal (É–DDNy)
6	Balaton-vonal (NyDNy–KÉK)
7	Tamási-vonal (DNy–ÉK)
8	Darnó-vonal (DNy–ÉK)
9	Nyírségi gyűrű
10	Kisalföld DK-i pereme (Rába-vonal?)
11	Alpokalja-vonalak (ÉÉK–DDNy)
12	Tisza-vonal (É–D)
13	Körös-vonal (NyÉNy–KDK)
14	Telegdi-Roth-vonal (NyÉNy–KDK)

1. táblázat. Vonalas elemek, lineamensek a gravitációs térkép alapján

Table 1. Linear features, lineaments from gravity map



2. ábra. Árnyékolt gravitációs Bouguer-anomália-térkép (korrekciós sűrűség: 2 t/m^3)

Fig. 2. Shaded map of gravity Bouguer-anomaly (reduction density: 2 t/m^3)

Gravitációs térgradiens lineamensei

A Bouguer-anomália-térképből könnyű kiszámítani a gravitációs térgradienst (analitikus jel) [NABIGHIAN 1972], ami gradiens jellegénél fogva a felszíni inhomogenitásokra érzé-

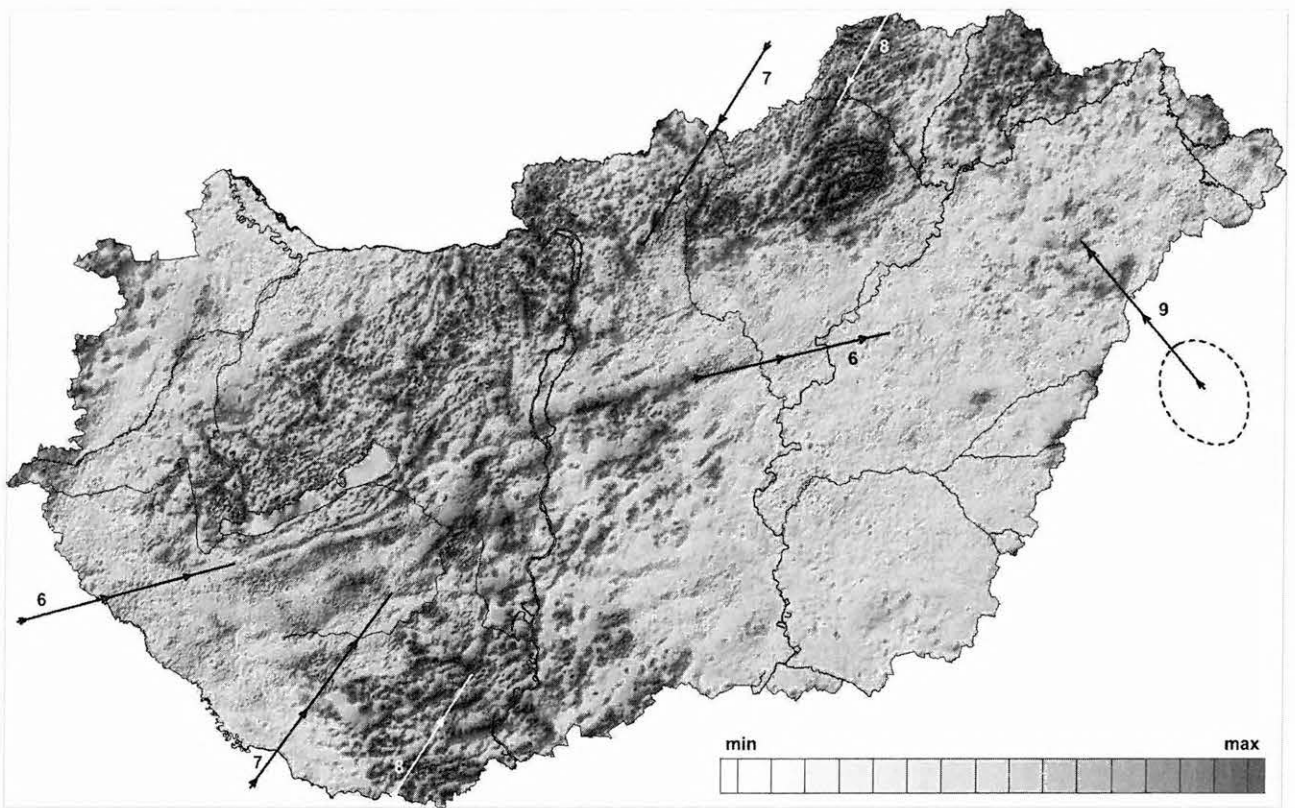
Adatfeldolgozás, megjelenítések

Többféle eljárást kipróbáltunk ezeknek a lineamenseknek a kimutatására, mint pl. szűrések, képfeldolgozás, textúraelemzés.

Mesterséges megvilágítás lineamensei

A modern megjelenítési lehetőségek, pl. az árnyékolás egészen új dimenziókat nyitott meg a térképek elemzéséhez, azok értelmezésénél. Ez a megjelenítés felhívja a figyelmünket a vonalasan jelentkező változásokra és azokra a kisebb anomáliákra, amelyeket vizuálisan, a hagyományos megjelenítés mellett nem lehet észrevenni. Különböző irányú árnyékolást alkalmazva mindig más szerkezeti vonal hatását emelhetjük ki — legelősebben az jelentkezik, amelyik helyzete merőleges a megvilágításra (árnyékolás irányára). Változtatva a megvilágítás irányát sok vonal kijelölhető — ismert vonalak, kevésbé ismert vonalak és nagyon sok meglepő új vonal (1. táblázat, 1–5 vonalak, 2. ábra). Nem jelöltünk több olyan vonalat, amelyek teljesen általánosak és ismertek — feleslegesnek éreztük. Ezeknél a vonal menetének esetleges pontosítása végezhető el a gravitációs lineamensek alapján.

keny. A legérdekesebb a Balaton- és Tamási-vonalak helyzete (1. táblázat, 6–7 vonalak, 3. ábra), ami már a felszínközeli összletekben is megjelenő sűrűség inhomogenitásokra utal az említett vonalak mentén. Meg kell említeni a Darnó-vonalat is, amelynek irányítotttsága a Tamási-vonallal megegyező (1. táb-



3. ábra. Gravitációs térgradiens térkép

Fig. 3. Analytical signal map of gravity

lázat, 8 vonal, 3. ábra) és a Duna–Tisza között is tapasztalunk ilyen jellegű irányítottságot a Közép-magyarországi (Balaton-) vonaltól D-re. Érdekes lokális gyűrűs ható jelentkezik térgradiens maximumokból a Nyírség területén, valószínű vulkáni eredetű (1. táblázat, 9-es gyűrűs szerkezet).

A gravitáció horizontális gradiense

A gravitációs anomáliák inflexiós pontjai a sűrűség megváltozásának meredek, közel függőleges határai felett jelentkeznek. A horizontális gradiens térkép (4. ábra) maximumai a Bouguer-anomália-térkép inflexiós pontjainak felelnek meg, azaz könnyen kijelölhetők. A kijelölés érzékenysége a mintavételi pontok sűrűségétől függ és általában a rácsháló kétszerese. A horizontális gradiens térkép a vonalas jellegű változások térképi megjelenítésére igen alkalmas.

A horizontális gradiens térkép arra hívja fel a figyelmet, hogy vannak olyan változások, amelyeket a nagyobb gradiensű hatások elnyomnak. Ezek a kisebb hatások is adhatnak olyan irányokat, amelyek hosszan nyomon követhetők, tehát a horizontális gradiensnek nemcsak a nagyságát, az irányát is érdemes vizsgálni, vagy fel kell erősíteni a kis hatásokat is a feldolgozás folyamán.

AGC feldolgozás

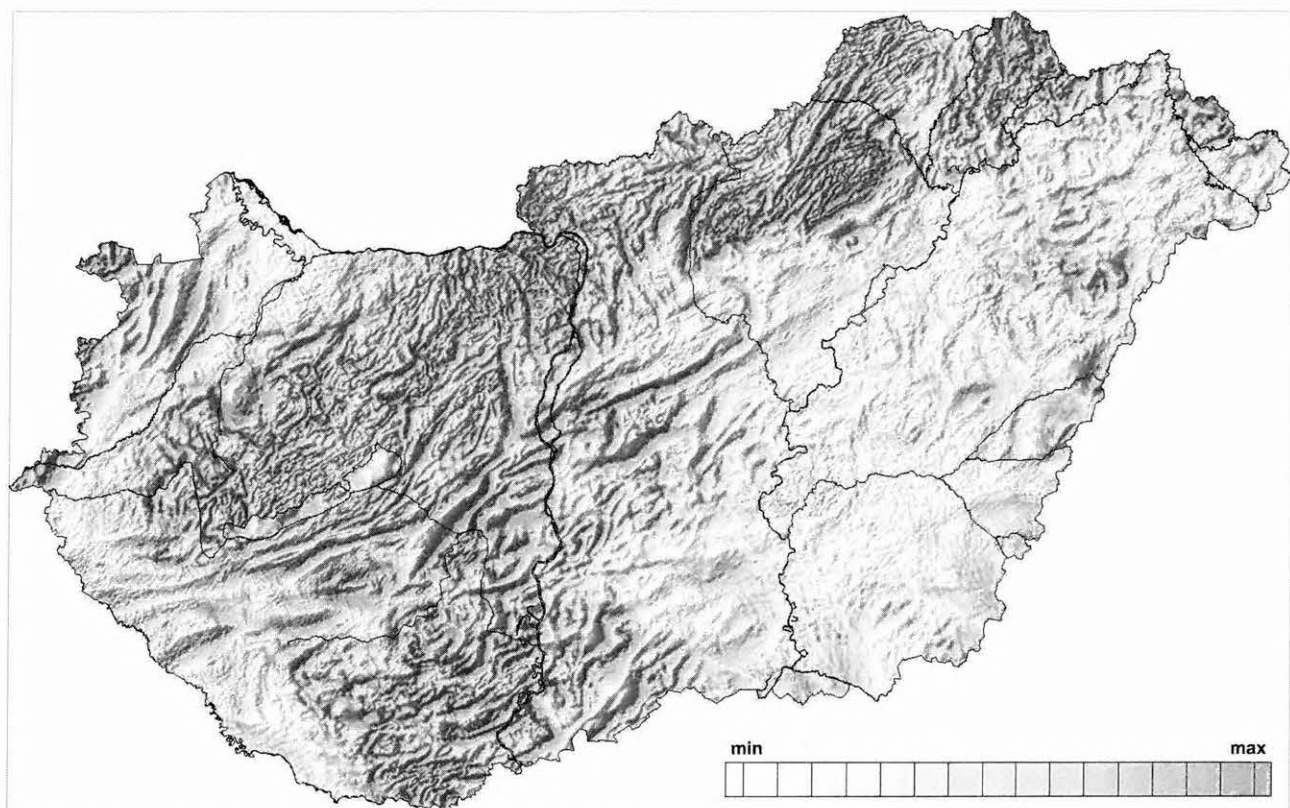
A nagy gradienssel jelentkező hatások elnyomják a kisebb amplitúdójú, de esetleg hasonló fontosságú változások hatását. Ennek kiküszöbölése és az összefüggő vonalak kinyerése céljából alkalmaztuk az AGC feldolgozást

[RAJAGOPALAN, MILLIGEN 1955] a horizontális gradiens térképi adatrendszerén (5. ábra), amely azonos amplitúdóra hozza a kis és nagy maximumokat. Az AGC¹ „szűrt” térkép lehetővé teszi a lineáris térképi jelenségek követését az amplitúdó változástól függetlenül.

Texturális szűrés

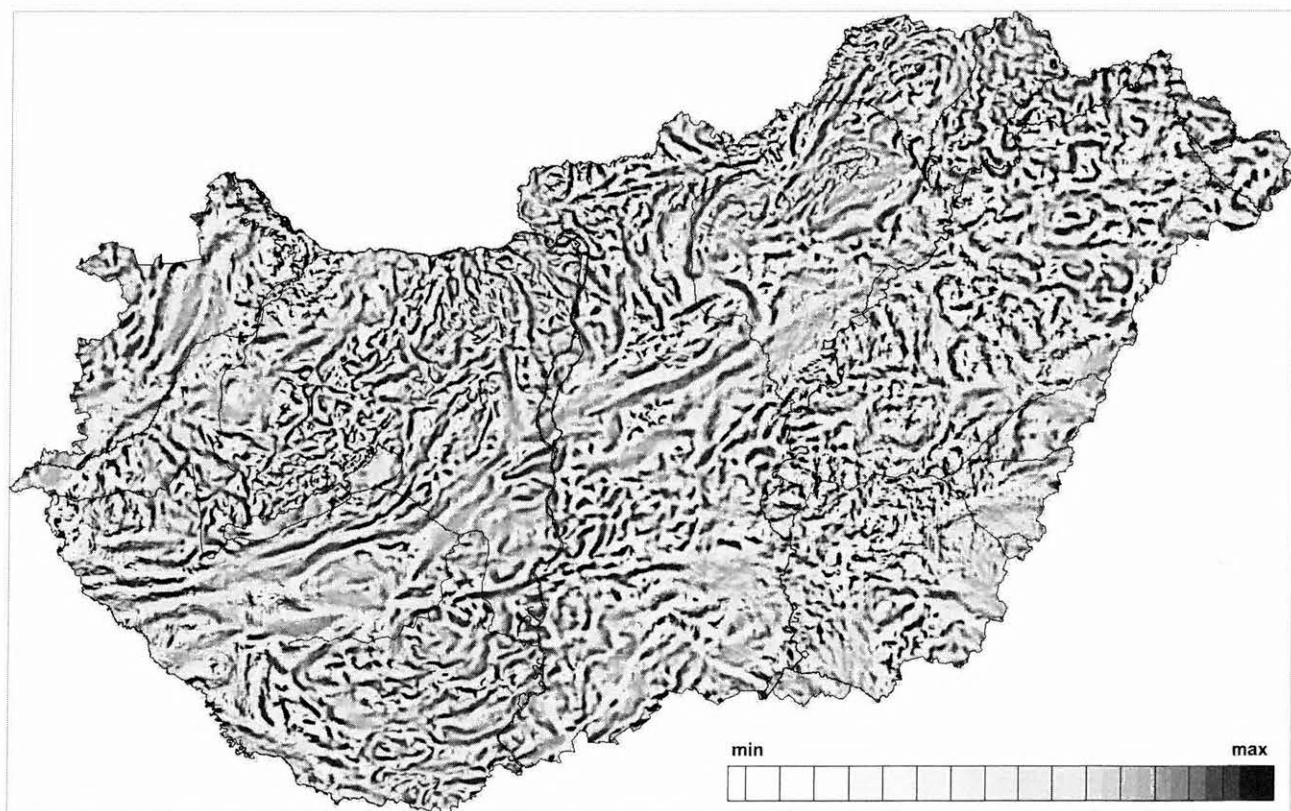
A texturális szűrők a textúra jellegének változását emelik ki. A szűrés az eredeti gravitációs térképen — annak enyhe vonalú lefutása miatt — nem alkalmazható eredményesen, de a gradienstérkép szűrése meglepően jó eredményt ad (6. ábra). Jól kiemeli az egészen kicsi változásokat és azok menetét a térben, a spektrális jelleg a behatolási mélységgel van kapcsolatban, minél szélesebb a vonal, annál nagyobb mélységű a ható. Az alkalmazott szűrő az ún. texturális egységű szűrő vagy texturális spektrum [DENTITH 1995]. A gravitációs tér egészen kicsi változásait is nagyon érzékenyen jelzi a textúra. Rengeteg vonalasan irányított változás figyelhető meg, amelyek földtani beazonosítása nagyon komoly feladat lenne. Van vonal, amelyik a többi térképi feldolgozásból nem jelenik meg, de a

¹ Az AGC (Automatic Gain Control, illetve automatikus erősítésszabályozás) fogalma a szeizmikus feldolgozásból jól ismert, de alkalmazható a térképi adatrendszereken is, ahol egy adott környezetben (szűrőmátrix) vizsgáljuk a mértani közép értékét, majd az eredeti rácserőértéket a kapott mértani középérték reciprok értékével megszorozva módosítjuk a térkép értékét.



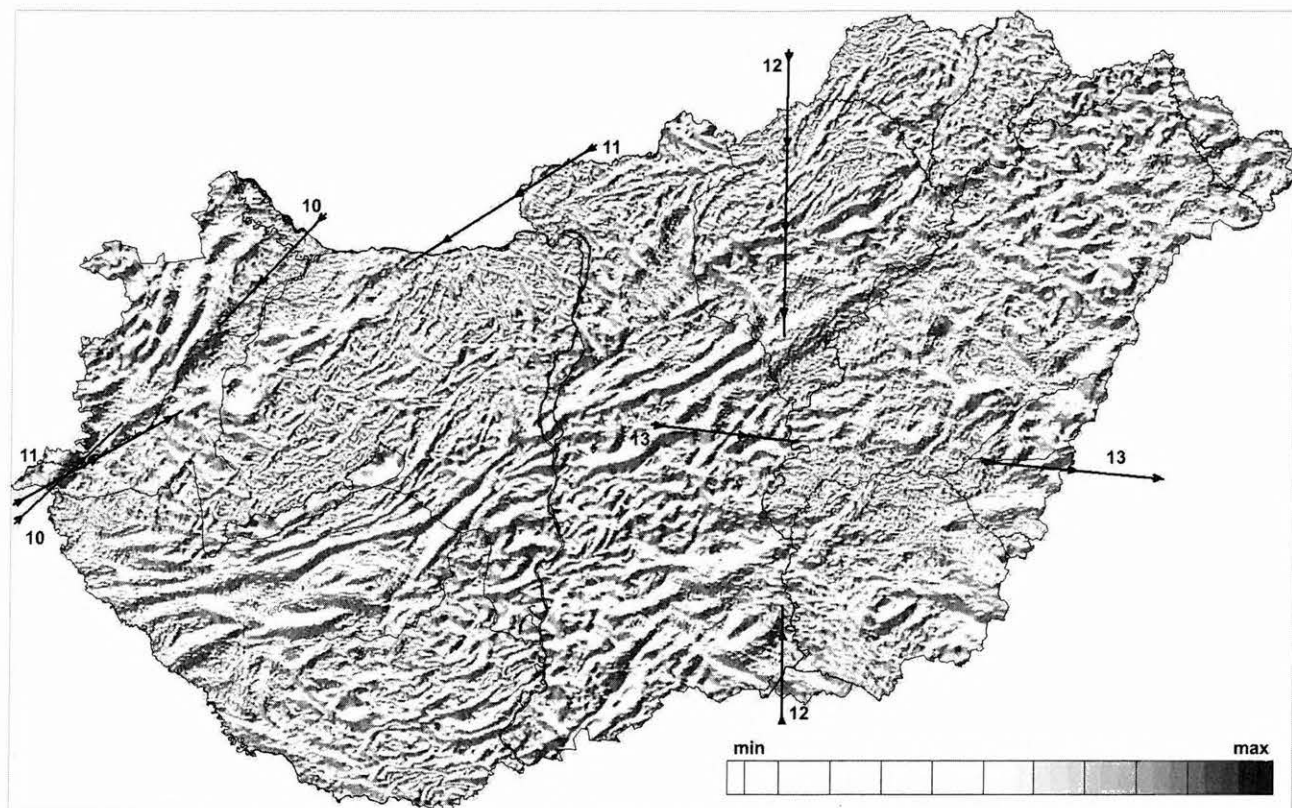
4. ábra. A gravitáció horizontális gradiense

Fig. 4. Horizontal gradient map of gravity



5. ábra. AGC szűrt gradienstérkép

Fig. 5. AGC filtered gradient map



6. ábra. A gradiens térkép texturális szűrése (egységsszűrő)

Fig. 6. Textural filtering of gradient map („unit filter”)

texturális jelleg változás határvonalaként itt jól látható, ez a Tisza-vonal (1. táblázat, 12. vonal, 6. ábra) és a Körös-vonal (1. táblázat, 13. vonal, 6. ábra), amelynek a nevét a következő szűrt térkép alapján máshogy is nevezhetnénk.

SOBEL szűrés

Távérzékelési adatok feldolgozásában általánosan elterjedt a különböző irányszűrők alkalmazása. Az egyik ilyen szűrő az élkítűző „SOBEL” szűrő [ÁLLÓ 1989]. A szűrt térképeket fekete-fehér megjelenítésben szoktuk alkalmazni, akkor a leginformatívabbak, a különböző irányú változásokat akkor mutatják ki legjobban. A SOBEL szűrés az eredeti képet sehol nem adja vissza — mivel a szűrőmátrix összege 0 — de az éleket kiemeli (7. ábra). Ilyen például a Telegdi-Roth-vonal megjelenése egy ÉNy-i megvilágítású Sobel-szűrt térképen (1. táblázat, 14. vonal, 7. ábra), meglepő eredmény, hogy a Duna-Tisza közébe belenyúlik egy, a Telegdi-Roth vonalnak megfelelő irányítottágú lineamens! Az előző feldolgozásból a texturális szűrés kimutatott egy vonalat (1. táblázat, 13. vonal, 6. ábra), amelynek nagyon hasonló irányítottága volt. Ha alaposan megvizsgáljuk, a Körös-vonal és a Telegdi-Roth vonal ugyanazt az irányt mutatja, és egymás folytatásaként kezelhetjük őket! Itt a Kapos-Körös (2. ábra, 2. vonal) és a Telegdi-Roth vonalnak megfelelő irányok (6. ábra, 13. vonal és 7. ábra 14. vonal), az országhatár közelében egy pontba futnak össze.

Ha jól megfigyeljük, ezek az információk (vonalak) egy jól megjelenített horizontális gradiens térképen (4. ábra) is

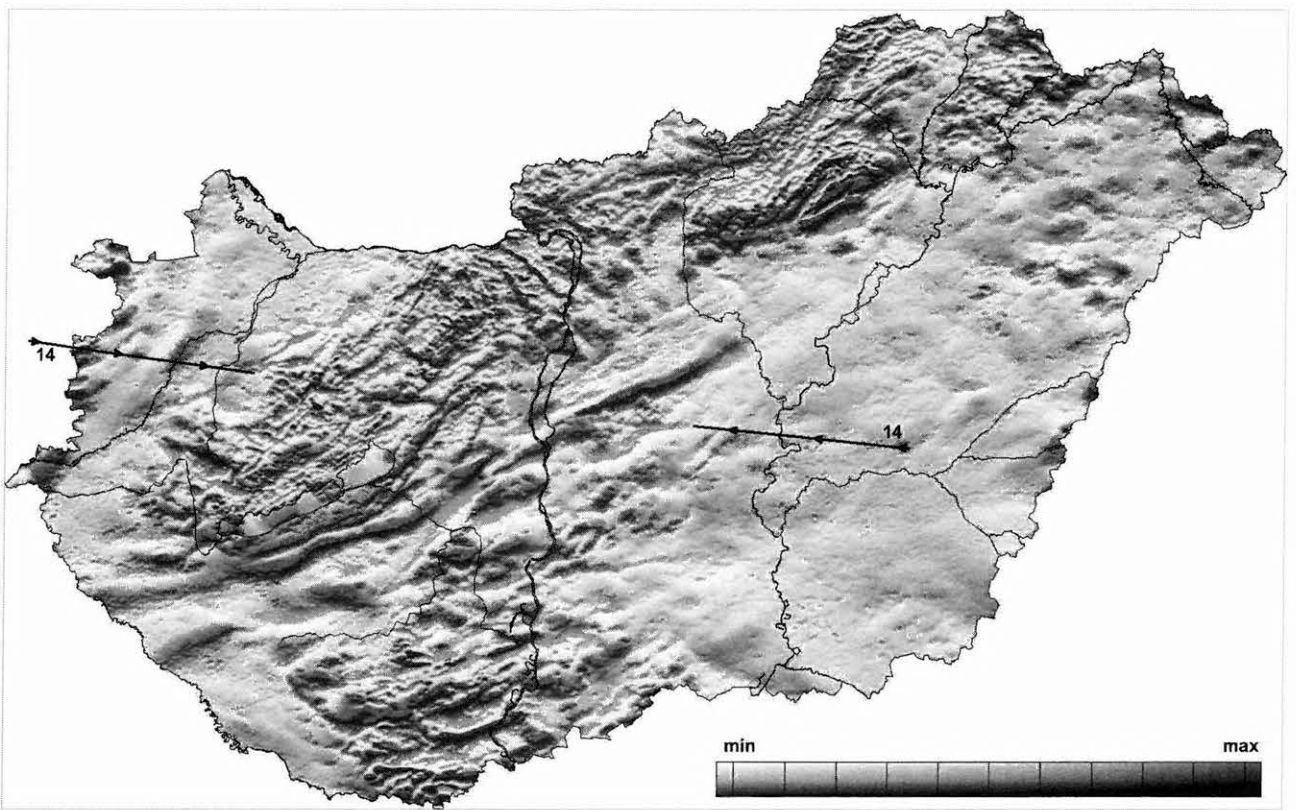
látszanak (így utólag), de azért a különböző feldolgozásokra szükség volt az azonosítás és a biztos kijelölés miatt.

Hatóperem-kijelölés — horizontális gradiens módszer

A hatóperem-kijelölés során az Amerikai Geológiai Szolgálat által kidolgozott eljárást alkalmaztuk [BLAKELY, SIMPSON 1986], ami a közel függőleges határfelületek kimutatására alkalmas. A feldolgozási módszer alapja, hogy a horizontális gradiens maximuma, azaz a gravitációs tér legnagyobb mértékű változása, ott jelentkezik, ahol két különböző sűrűségű képződménynek kontaktusa van. A maximumok helye pontosan meghatározható, térképi adatrendszer esetén a lokális gravitációs hatót a maximumok körberajzolják. A maximumok nagysága arányos a jelölésben alkalmazott szimbólum (kör) nagyságával (8. ábra). A megjelenítés hiányossága, hogy a pontok nem vonalak, tehát a belőle manuálisan készített lineamenstérképnél a szubjektivitás nehezen kerülhető el.

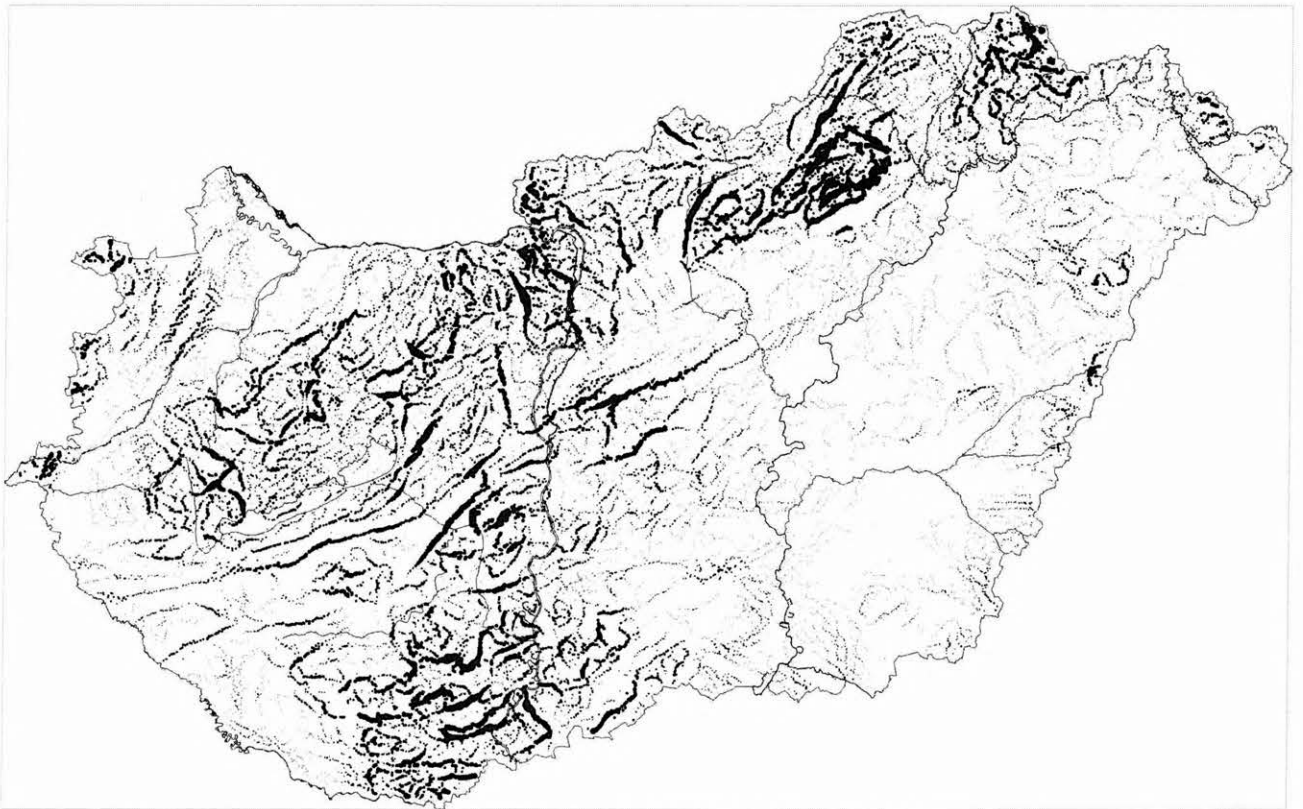
A horizontális gradiens kiszámításánál nemcsak az amplitúdó, hanem a gradiens iránya is informatív, amit analitikusan könnyen megkaphatunk. A kellően sok rácspont ellenére a vonalak azonosításához nem áll össze a kép, és egy nehezen használható anyagot kapunk.

Lehetőség van a ponttérképet úgy megjeleníteni, hogy figyelembe vesszük a horizontális gradiens változásának irányát is, továbbá nem köröket (pontszerű szimbólumot) alkalmazunk, hanem kis vonalakat, amelyeknek hossza a horizontális gradiens amplitúdójával arányos nagyságú, iránya merőleges a gradiens irányára, azaz adott esetben a szerkezeti vonal csapásirányát adja (9. ábra).



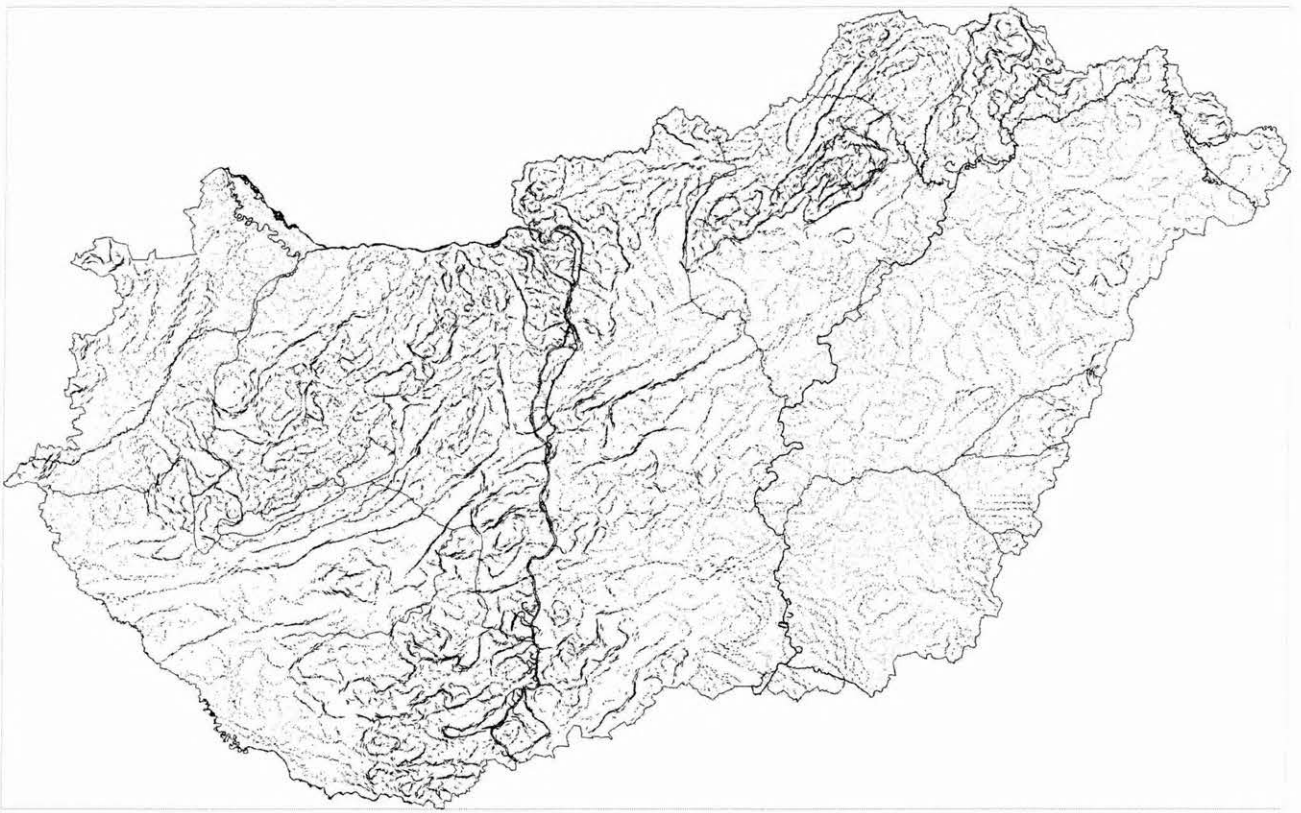
7. ábra. SOBEL szűrt térkép árnyékolt megjelenítésben

Fig. 7. SOBEL filtered shaded relief gravity map



8. ábra. Gravitációs hatóperemek (pontszerű megjelenítés)

Fig. 8. Gravity edge detection from gravity (by dots)



9. ábra. Gravitációs hatóperemek (vonalas megjelenítés)

Fig. 9. Gravity edge detection from gravity (by lines)

Az így kapott vonalak gyakorlatilag már egy lineament-terképet adnak. Vizsgálhatjuk a vonalak irányítottságát (10. ábra), és tetszőlegesen válogathatunk a különböző irányú és amplitúdójú gradiens maximumok között.

Az irányítottságok nem a fő szerkezeti irányokat adják vissza. Ez részben annak köszönhető, hogy a minden egyes gradiens maximum megjelenítése során a kicsi, de gyakori irányok túlsúlyba kerülhetnek. Azt is észre kell venni, hogy a fő szerkezeti irányok mentén megjelenő gradiensek iránya sem mindig merőleges a csapásirányra (9. ábra), ami — vagy másodlagos szerkezetek megjelenését is jelzi, vagy pedig arra utal, hogy a nyomás, elmozdulás és törési irányok közt bonyolult összefüggésben jelentkeznek.

Nagy kihívást jelent a kapott feldolgozások földtani azonosítása, a kimutatott vonalak nyomon követése és lehatárolása (hol a határa egy kezdetben megbízhatóan követhető vonalnak?). Ezeknek a feladatok elvégzése részben folyamatban van, másrészt a közeljövőben kell elvégeznünk.

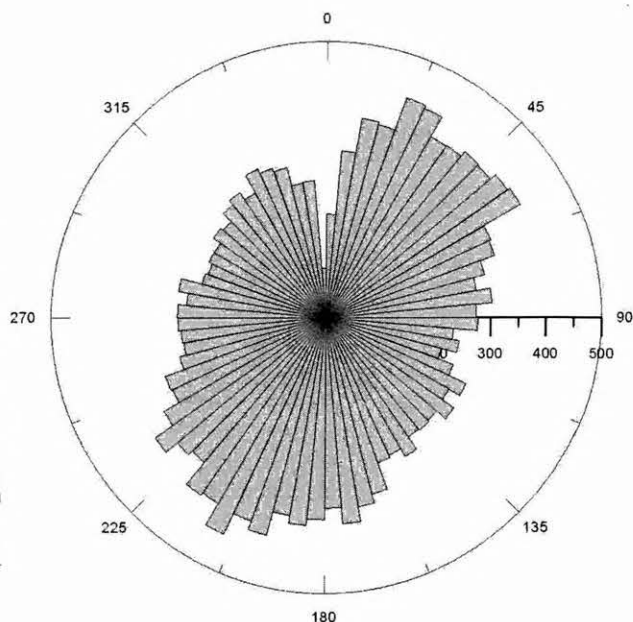
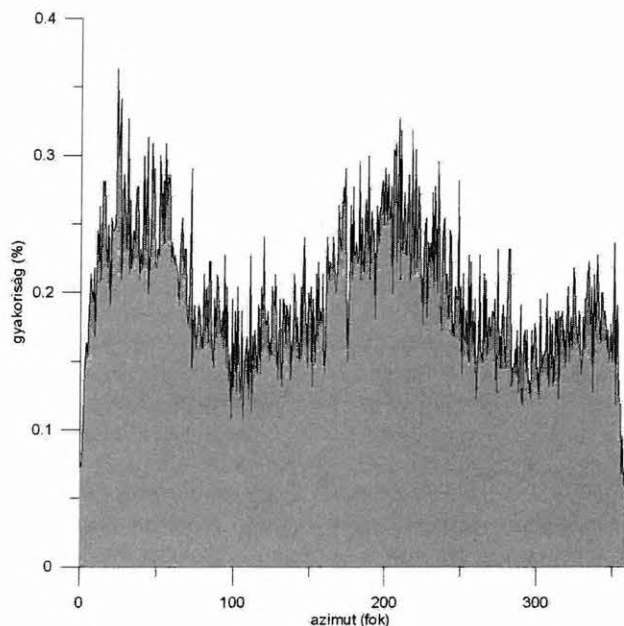
Megbízhatóság

Felmerül a kérdés, hogy mennyire megbízhatók ezek a feldolgozások, mennyi bennük a szubjektívizmus? Természetesen nem lehet azt mondani, hogy akárki leülhet a számítógép elé és már kész is a munka, ilyen szempontból a feldolgozás tartalmaz némi szubjektívizmust. Az eredményben benne van a személyes tapasztalat, az adatokkal

való sokéves „birkózás” és rengeteg előkészítő munka, mert nincs egy állandó bevált séma, vagy feldolgozási sor — az eljárásokat meg kellett ismerni, adaptálni (ez nem egyszer programozást jelent) és ki is kell próbálni. A szűrések többi része objektív feldolgozási lépésekből áll, amit viszont a szubjektív színezések és megvilágítások még jobban kiemelhetnek (de ami nincs ott, azt nem lehet kiemelni sem). A feldolgozási részben tehát nincs semmi szubjektívizmus. A kapott vonalak kijelölése, amit az 1. táblázat mutat természetesen szubjektív, de az ábrákon annak megítélése, hogy tényleg ott van-e az a lineament, viszonylag könnyű. A megjelenítések során soha nem került lineamentet jelölő vonal arra a térképi jelenségre, amit azonosítani akartunk. A jelölések vagy előtte, vagy utána vannak elhelyezve.

Köszönetnyilvánítás

A munka elvégzését a 2003–2006. időszakra elnyert OTKA pályázat (T-043100, témavezető: BODOKY Tamás) tette lehetővé, amelynek célja Magyarország gravitációs lineamentterképezésének megszerkesztése. Az ismertetett feldolgozási eredmények az adatbázis fejlesztéséhez, felhasználáshoz kapcsolódó módszertani munkák, valamint az országos Bouguer-anomália-terkép nyomdai változatának elkészülése az OTKA és természetesen az ELGI finanszírozásának köszönhető.



10. ábra. A gradiens irányítottságok statisztikája (hisztogram és rózsadiagram)

Fig. 10. Diagrams of directions of horizontal gradients (histogram, rose diagram)

HIVATKOZÁSOK

- ÁLLÓ G. et al. 1989: A digitális képfeldolgozás alapproblémái, Akadémiai kiadó
- BLAKELY R. J., SIMPSON R. W. 1986: Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics* **51**, p. 1494–1498
- DENTITH M. 1995: Textural filtering of aeromagnetic data, *Exploration Geophysics* **26**, p. 209–214
- KISS J. 2002: Jelentés a „Gravitációs és mágneses adatbázisok és paramétertérképek” téma 2002. évi munkáiról. Kézirat, ELGI adattár
- KISS J., GULYÁS Á. 2005: Magyarország gravitációs Bouguer-anomália térképe, M=1:500 000-es nyomtatott térkép, *Geophysical Transactions* (kiadás alatt), ELGI
- KOVÁCSVÖLGYI S. 1993: Jelentés a gravimetriai adatbázis létrehozásáról. Kézirat, ELGI adattár
- NABIGHIAN M. N. 1972: The analytical signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics* **37**, 3, p. 507–517
- O’LEARY D. W. et al. 1977: Remote Sensor Applications to Tectonism and Seismicity in the Northern Part of the Mississippi Embayment. *Geophysics* **42**, 3, p. 542–548
- RAJAGOPALAN S., MILLIGEN P.: 1955, Image Enhancement of Aeromagnetic Data using Automatic Gain Control. *Exploration Geophysics* **25**, p. 173–178
- SZABÓ Z. 1989: Magyarország szűrt gravitációs anomália térképe, *Geophysical Transactions* **35**, 1–2, p. 135–142
- SZABÓ Z. 2004: A gravitációs és földmágneses kutatások története Magyarországon. *Magyar Geofizika* **45**, különszám, p. 3–21
- SZABÓ Z., PÁNCICS Z. 1999: Magyarország változó sűrűséggel korrigált Bouguer-anomália térképe, *Geophysical Transactions* **42**, 1–2, p. 29–40
- VÉRTESY L. 2002: Geofizikai adatbázisok az ELGI-ben. *Földtani Kutatás* **XXXIX**, 3, p. 22–24