

gépén megírt program vezérelje egy mikroprocesszoros terepi műszer működését.

A programfejlesztésen kívül ez a mikroszámítógép arra is alkalmas, hogy a fejlesztendő műszer mikroprocesszorkártyáit a gépbe bedugva azokat szerelés után ellenőrizni lehessen. Sőt ezekhez a kártyákhoz a műszer többi egységét csatlakoztatva a műszer működését annak végleges összeszerelése előtt ellenőrizni lehet. Így a műszerek működésének előzetes szimulációjával a hibás műszerek végleges elkészítése ill. összeszerelése elkerülhető, ami a fejlesztés költségeit szintén jelentősen csökkenti.

Az előzőekből az is látható, hogy a fejlesztőrendszer kártyáiból azok univerzális volta miatt nem építhető minden egyes esetben minimális-mechanikai méretű mikroszámítógép. Ilyen esetekben a már működőképes prototípus mikroprocesszoros egységeit jobb helykihasználású egyedi kártyára kell áttervezni. Így is jelentős költségmegtakarítás érhető el, mivel biztosan működőképes áramköröknek kell kártyát tervezni és gyártani, nem pedig olyanoknak, amelyeknek működőképessége nem teljesen tisztázott.

A fent elmondottakat összefoglalva megállapítható, hogy egy mikroprocesszoros hardver- és szoftverfejlesztő rendszer nagymértékben lecsök-

kenti a műszerfejlesztések idő és anyagi ráfordításait, ami lényegesen megnöveli a kifejlesztett műszerek versenyképességét a piacon.

## IRODALOM

1. Trembeczki S.: Elektronikus számítógépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
2. Csákány A. — Vajda F.: Mikroszámítógépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
3. Sebestyén B.: Számítógépirányítású mérőrendszerek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
4. Rózsa L.: Mini és mikroszámítógépek az irányítástechnikában, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.

### Microprocessor system for development of geodetic instruments

I. Kaiser—Gy. Mentes  
Summary

Due to the development of the microprocessor techniques it is necessary to increase the intelligence of geodetic instruments with built-in microprocessors. For hardware and software design and test of such instruments a microprocessor system has been developed in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences.

The different parts of the system are very flexible to accomplish various kinds of microcomputers needed in geodetic instruments and are suitable to be built into field instruments, too.

## Geodéziai típusú La Coste-Romberg graviméter leolvasóberendezésének vizsgálata

Dr. Csapó Géza

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tudományos munkatársa

DK 528.563.089.6

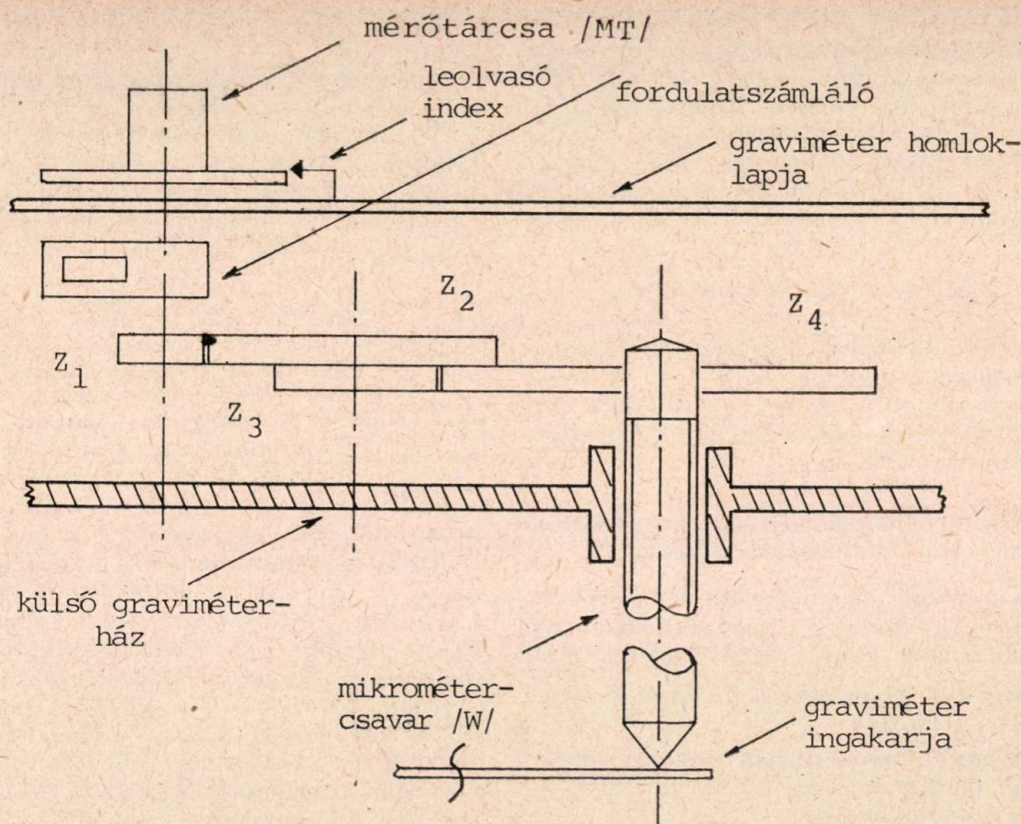
A nagy pontosságú graviméteres mérésekhez a nyugati országokban ma már kizárólag La Coste-Romberg (LCR) gravimétereket alkalmaznak. Ennek oka, hogy ezekkel a műszerekkel valamely nehézséggyorsulás-különbség ( $\Delta g$ ) egyszeri mérésénél  $\pm 10^{-2}$  nms<sup>-2</sup> (= 0,01 mgal) megbízhatóság érhető el szemben a Worden, vagy Sharpe graviméterekkel, amelyeknél ez az érték mintegy  $\pm 2-3 \cdot 10^{-2}$  nms<sup>-2</sup>.

A nagy pontosságú gravimetria feladatai közül csupán példaként említem a nehézségi erőter nem luniszoláris okokból származó változásainak tanulmányozását. Ezek a feltételezett változások — elméleti modellszámítások és a lehetséges kiváltó okok hatásainak nagyságrendi becslése alapján — a szeizmikusan „nyugodt” területeken néhányszor  $10$  nms<sup>-2</sup>/év nagyságrendűek lehetnek.

Abban az esetben, amikor ezeket a változásokat viszonylag kis területeken kívánjuk tanulmányozni (lokális hatások), akkor gondosan kiválasztott ponthelyekre telepített ún. mikrohálózatok komplex módszerekkel végzett ismételt méréseinek eredményeiből következtetünk a változásokra [1]. A mikrohálózatokon végzett graviméteres mérésektől néhányszor  $10$  nms<sup>-2</sup> megbízhatóságot követelnek.

Ilyen szigorú feltétel teljesítésénél számos olyan műszerhiba hatását kell — minden, a mérésben alkalmazott graviméterre külön-külön — meghatározni, amelyektől a szokásos gravimetriai mérések-nél eltekinthetünk, vagy elegendő az adott műszertípusra megadott átlagos értékekkel számolni.

Ebben a dolgozatban LCR graviméterek leolvasóberendezésének vizsgálatával, illetve a leolvasóberendezés áttételeinek pontatlanságaiból származó szabályos hibarész meghatározási módszerével foglalkozunk. Amennyiben a méréseknél az optikai leolvasóberendezést használjuk (e gravimétereknél más megoldás is lehetséges) és ún. nullázó módszerrel határozzuk meg a mérési pontokhoz tartozó műszerleolvasási értékeket, akkor a graviméter leolvasó mikroszkópjának látómezejében megjelenő mérőjelet — az 1. ábrán MT-vel jelölt mérőtárcsa forgatásával — a leolvasási pontra állítjuk, és a leolvasóberendezéshez tartozó fordulatszámoló és a leolvasó index segítségével határozzuk meg a műszerleolvasási értéket. A mérőtárcsa többszörös áttételen keresztül kapcsolódik az ingakarhoz, amelynek vízszintes helyzete jelöli ki a helyes leolvasási értéket. A LCR graviméterek leolvasóberendezésének áttételeit az 1. ábrán vázoltuk.



1. ábra

Az MT mérőtárcsa felső lapját 100 osztásvonásból álló körosztással látták el, s közös tengelyre erősítették a  $Z_1$  hajtó-fogaskerékkal. Ugyancsak ehhez a tengelyhez rögzítették a fordulatszámoló szerkezetet, amelyet úgy szabályoztak, hogy a mérőtárcsa teljes körülfordulását számlálja. A  $Z_1$  fogaskerék a  $Z_3$ -mal közös tengelyre ékelte  $Z_2$  fogaskereket hajtja. Végül  $Z_3$  hajtó-fogaskerék mozgatja a  $W$  mikrométercsavarral együtt forgó  $Z_4$  fogaskereket. Az egyes fogaskerek fogszámát az I. táblázatban foglaltuk össze.

A korábban gyártott LCR gravimétereknél (458-G gyári számig) a „régibbi változat” szerint lehet kiszámítani az egyes kapcsolódások áttételeit, amelyek segítségével meghatározzuk az egyes fogaskerek egy teljes körülfordulásához ( $Z_i E$ ) tartozó mérőtárcsa-fordulatok (MTE) számát [2]. Az egyes fogaskerek külpontos felékeléséből periodikus hibák származnak, amely hibák szabályos jelleggel terhelik a graviméteres mérések eredményeit. A LCR gravimétereket úgy szerkesztették, hogy a mérőtárcsa egy körülfordulásának  $\sim 1$  MTE — mintegy  $10 \mu\text{ms}^{-2}$  ( $=1$  mgal) nehézséggyorsulás-változás felel meg. Ennek megfelelően a fogaskerek excentricitása miatti különböző periódusú szabályos hibákat olyan hitelesítő vonalon végzett mérésekkel lehet meghatározni, amelyek  $\Delta g$  tartománya az adott periódushoz tartozó MTE számával ekvivalens. Kiviniemi vizsgálatai szerint az I. táblázatban feltüntetett periódusokon kívül olyan fél-periódusok is létezhetnek, melyek hossza 3,94, 35,47 és 603 MTE értéknek felelnek meg [3].

I. táblázat

| fogaskerék<br>száma<br>( $Z_i$ ) | fogszám     |     | $Z_i E$<br>fordulat | MTE<br>(régibbi változatnál) |
|----------------------------------|-------------|-----|---------------------|------------------------------|
|                                  | régebbi     | új  |                     |                              |
|                                  | változatnál |     |                     |                              |
| $Z_1$                            | 17          | 30  | 1                   | 1                            |
| $Z_2$                            | 134         | 220 | 1                   | 7,88                         |
| $Z_3$                            | 20          | 30  |                     |                              |
| $Z_4$                            | 180         | 300 | 1                   | 70,94                        |

$$17 Z_1 E = 153 Z_2 E =$$

$$1206$$

### A periodikus hibák meghatározási módszere

A periodikus hibák meghatározásának általunk választott módszerét a  $Z_1$  fogaskerék pontatlanságaiból származó hiba kimutatásával szemléltetjük. Miután korábban végzett kísérletek eredményeinek tanúsága szerint e hibák néhányszor  $10 \text{ nms}^{-2}$  nagyságúak, olyan meghatározási eljárást kellett választani, amelynek alkalmazása esetén a lehető legnagyobb mérési megbízhatóság érhető el. A módszer lényege a következő: a periodikus hibákat a mérőtárcsa osztásvonásaihoz rendeljük, és a körosztás egyenlő szakaszaihoz tartozó skálaosztások hibáit határozzuk meg. Megjegyezzük, hogy bár az így kiszámított hibák a skálaosztások ún. körosztási hibáit is tartalmazzák, ez a hibatér nem választható szét a fogaskerek excentricitásából származó hibáktól. Ez azonban nem is lényeges, mert célunk olyan függvény meghatározása, amellyel tetszőleges műszerleolvasási értékhez tartozó periodikus hiba nagyságát kiszámíthatjuk, és mérési eredményeinket ezzel az értékkel megjavíthatjuk.

A  $Z_1$  fogaskerék egy teljes fordulatának 1 MTE, ill. 100 skálaosztás felel meg. Miután a vizsgált graviméter műszerszorzója mintegy  $10^2 \text{ nms}^{-2}/\text{sk. o.}$ , olyan hitelesítő vonalat kellett telepíteni, amelynek teljes  $\Delta g$  tartománya  $10 \mu\text{ms}^{-2}$ . A hiba-függvényt a körosztás kerek tízes osztásvonásai közelében végzett mérésekkel kívántuk előállítani, tehát a szomszédos vonalpontok közötti  $\Delta g$  értékekre a:

$$\Delta g_{P_{i+1}, P_i} = c(n_{i+x} - n_i) = 1 \mu\text{ms}^{-2} \quad (1)$$

feltételt kellett kielégíteni. Az (1) összefüggésben „c” a graviméter műszerszorzója, „x” a skálaosztási intervallumok száma (esetünkben 10),  $n_i$  a  $P_i$  ponthoz,  $n_{i+x}$  pedig a  $P_{i+1}$  ponthoz tartozó műszerleolvasási érték.

### A mérési eredmények megbízhatóságát befolyásoló legfontosabb tényezők elemzése

A hitelesítő vonal telepítése előtt elemeztük azokat a hatásokat, amelyek a nagypontosságú mérések eredményeit kedvezőtlenül befolyásolják:

- a környezet hőmérsékletváltozásai és egyéb meteorológiai tényezők
- a műszerszállításnál fellépő vibrációs hatások és a mérési pontok környezetében jelentkező ún. civilizációs rezgések hatása
- a graviméternek az ismételt méréseknél végzett pontraállítási különbségeiből származó hibák
- az észlelési módszerből származó hibák.

A hőmérsékletváltozások hatásai kedvezőtlenül befolyásolják a műszer járását, megváltoztatják a libellák helyzetét, a műszerleolvasási értékeket és a graviméter léptékegyütthatóját is. Részben a termosztát működése, részben a graviméter hőszigetelése miatt a hőmérsékleti hatások figyelembevétele nagyon bonyolult. Irodalmi forrásokból [1], [4] kiderül azonban, hogy olyan esetben, amikor a napi méréseket 4–5 óra alatt elvégzik, s ezen idő alatt a környezet hőmérsékletváltozásai nem haladják meg a  $\pm 8$ – $10^\circ\text{C}$  értéket, a hőmérséklet-változásokból származó hiba kisebb, mint  $10 \text{ nms}^{-2}$ .

Az említett léptékegyüttható ( $\lambda$ ) esetleges kismértékű megváltozása kísérleti mérésünk megbízhatóságát nem befolyásolja, mert a  $\lambda$  relatív megbízhatósága  $10^{-4}$ – $10^{-5}$ , ami a mérendő  $\Delta g = 10 \mu\text{ms}^{-2}$  érték esetén csak 1– $10 \text{ nms}^{-2}$  hibát jelent.

Lényeges hibát okozhatnak a vibrációs hatások. Ezek minden graviméteres mérés egyik legjelentősebb hibaforrásai [5]. Az LCR műszerek különösen a 35–70 Hz frekvenciatartományú rezgésekre érzékenyek, tapasztalatok szerint a szállítás során ilyen paraméterű rezgések esetén a műszerjárás  $\pm 20 \mu\text{ms}^{-2}/\text{óra}$  értéket is elérhet. A mérési ponton felállított graviméter szabadon lengő ingakarját elsősorban az 5–10 Hz frekvenciájú rezgések zavarják, s ezek a hatások a műszerleolvasási értékek  $\pm 10 \text{ nms}^{-2}$  megváltozását okozhatják [6].

Az ismételt pontraállítási különbözőségeiből származó hiba három összetevőből áll:

1. a külpontos felállítás lineáris mértékének eltéréseiből,

2. a graviméter érzékelő rendszerének a központi jel feletti eltérő magasságából,

3. a graviméter-ingakar tengelyének az északi irányhoz képesti változó szögéből.

Az elsőnek említett összetevő különbségeiből származó hiba abból adódik, hogy a nehézségi erő horizontális gradiensének nagysága a hely függvénye:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial N} = 8 \cdot 1 \sin 2\Phi \quad [\text{E}] \quad (2)$$

ahol  $\gamma$  a nehézségi gyorsulás normál értéke,  $N$  az északi iránytól mért ún. műszerazimut,  $\Phi$  a mérési pont földrajzi szélessége. A horizontális gradiens egysége  $1\text{E} = 1 \text{ nms}^{-2}/\text{m}$ . Tekintettel azonban arra, hogy a Budapestre vonatkozóan a (2) összefüggéssel számítható  $10 \text{ nms}^{-2}/\text{m}$  értéktől a gyakorlatban több száz E eltéréssel is számolni lehet, a hitelesítő vonal több pontján a gradiensmérést közvetlen  $\Delta g$  méréssel helyettesítve meghatároztuk a tényleges változásokat. A mérési eredmények  $16$ – $63 \cdot 10 \text{ nms}^{-2}/\text{m}$  között változtak az egyes pontokon az azimut és a hely függvényében. A legnagyobb változást véve alapul a központos felállítás feltételeként  $\pm 1 \text{ cm}$  maximális külpontos-ságot és  $\pm 5^\circ$  irányeltérést kellett előírunk ahhoz, hogy a külpontos felállításból származó hiba kisebb maradjon  $10 \text{ nms}^{-2}$  értéknél.

A vertikális gradiens normális értékének kiszámítása a (3) összefüggés segítségével történik.

$$\frac{\partial \gamma}{\partial H} = -3086 \quad [\text{E}] \quad (3)$$

A (2) összefüggéssel kapcsolatban említett okból a vertikális gradiens meghatározását ennél az összetevőnél is közvetlen graviméteres méréssel helyettesítettük, értékére  $250 \text{ nms}^{-2}/\text{m}$  adódott. Következésképpen az ismételt felállított graviméternél a műszermagasságot  $\pm 3 \text{ mm}$  pontosan kell meghatározni ahhoz, hogy a magasságkülönbségből származó hiba  $10 \text{ nms}^{-2}$  körüli érték legyen.

A földi mágneses térnek a fémrugós LCR graviméterek műszerleolvasási értékeire gyakorolt hatása — a műszerazimut függvényében — külföldi kísérletek eredményei alapján maximálisan  $40$ – $50 \text{ nms}^{-2}$ .

Az észlelési módszerből származó hibák közül elsősorban az indexbeállítás és leolvasás együttes hibáját kell kiemelni, amely az optikai leolvasóberendezés használata és nullázó módszer alkalmazása esetén — kétszeres ismétlést feltételezve  $\pm 3$ – $5 \cdot 10 \text{ nms}^{-2}$ .

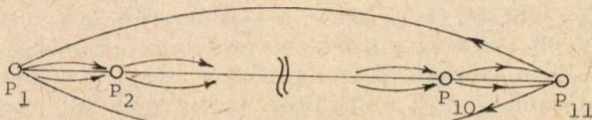
A graviméter lengőrendszerének rugalmas utóhatásaiból származó hibák vizsgálatával Gerstenekker foglalkozott részletesen, és kimutatta, hogy a legkedvezőbb eredményhez akkor jutunk, ha a lengő szabaddá tétele után 15–20 perccel végezzük a graviméter műszerleolvasását [7]. A napi mérési program lebonyolíthatósága érdekében mi az első műszerleolvasást négy perccel a lengő szabaddá tétele után végeztük, majd három percenként két ismétlést hajtottunk végre. Ezzel az eljárással az említett hiba kisebb, mint  $\pm 4$ – $5 \cdot 10 \text{ nms}^{-2}$ .

## A hitelesítő vonal telepítése

A periodikus hiba kimutatására szolgáló 11 pontból álló hitelesítő vonalat a budapesti Mátyás barlang egyik zárt, közel vízszintes járatába telepítettük. A vonal pontjait a sziklaalapba cementezett magassági jellel állandósítottuk. A vonalpontok egymástól 2–6 m távolságra kerültek, a szomszédos pontok magasságkülönbsége  $\pm 1$ –2 cm, az 1. és 11. ponttá 12 cm. A járat hőmérséklete a három hónapos mérési időszak alatt  $+8\text{ °C} \pm \pm 0,5\text{ °C}$  volt. A graviméteres mérésekhez merevített fém műszerállványt szerkesztettünk, amelynek magassága és lábainak „terpesztése” nem változtatható. A műszerlábak helyét a központi jelhez képest minden mérési ponton megjelöltük, s hasonlóan rögzítettük a graviméter talpcsavarjainak helyét is az állvány fejezetén. A gravimétert mindig két ua. talpcsavarja segítségével színteztük. Ezzel a megoldással sikerült a központos felállítást az említett határokon belül tartani. A barlangban folyamatosan regisztráltuk a légnyomás-változásokat, a műszerleolvasások előtt mértük a környezet hőmérsékletét a műszermagasságban. A mérési időszakban folyamatos árapályregisztrálás történt. A regisztrátum segítségével ellenőriztük, hogy az adott napi mérések idején — távoli földrengések hatásaként — nem lépnek-e fel olyan lengések, amelyek a mérési eredmények megbízhatóságát kedvezőtlenül befolyásolják. A városi forgalomból származó vibrációs hatásoktól eltekintettünk a Mátyás barlang kedvező földrajzi fekvése miatt. A gravimétert kézben szállítottuk a mérési pontok között, és éjszakánként a barlangban tároltuk. A biztonságos tartás érdekében a graviméter külső házára fogantyút szerkesztettünk, így az egyes pontok között nem volt szükség a szállítódoboz használatára, és csökkentettük a homloklap kedvezőtlen deformációs lehetőségeit is.

### A graviméteres mérések végrehajtása és a mérési eredmények feldolgozása

A napi mérések megkezdése előtt elvégeztük a szükséges műszervizsgálatokat, és ellenőrző méréseket végeztünk részben a műszerjárás „normalizálása”, részben a hosszúperiódusú műszerjárás meghatározása céljából. Az ellenőrző mérések eredményei alapján a graviméter hosszúperiódusú műszerjárása  $+1\text{ }\mu\text{ms}^{-2}/\text{hét}$  volt a vizsgált három hónap alatt.



2. ábra

A mérések kivitelezését a 2. ábra segítségével ismertettük. Az első észlelési sorozatot akkor kezdtük mérni, amikor a  $P_1$  kezdőponton a mérőtár-

csa valamely kerek tízes  $n_i$  osztásvonása közelében tudtunk műszerleolvasást végezni (ezeknél a műszereknél nincs mód a méréstartomány-határok egyszerű áthelyezésére). A többi  $P_i$  ponton folyamatosan mértünk a  $P_{11}$  vonalvégpontig, majd ismét  $P_1$  ponton olvastunk le a graviméteren. Ezután az előbbi sorrendben megismételtük a vonal mérését, és a napi sorozatot a  $P_1$  pontra történő harmadszori visszaméréssel fejeztük be. A 2. észlelési sorozatnál  $P_1$  ponton a kezdő műszerleolvasáshoz  $n_{i+10}$  skálaosztási értéknek kell tartoznia, a harmadiknál  $n_{i+20}$ -nak stb. Az utolsó, 11. sorozatnál a kezdő műszerleolvasási érték  $n_{i+100}$ , vagyis egy teljes mérőtárca-fordulat után az első sorozathoz tartozó  $n_i$  skálaosztási érték.

Valamely hálózatban mért  $P_i$  pont „ $g$ ” értékét a (4) összefüggéssel számíthatjuk:

$$g_{P_i} = G + g'_{P_i} + v_{P_i} + Z(t_i) \quad (4)$$

ahol  $g_{P_i}$  az  $i$  pont nehézséggyorsulási értéke,  $G$  a kezdőpont ismert nehézséggyorsulási értéke,

$g'_{P_i} = l_{P_i} \cdot c + k$ , vagyis az  $i$  ponthoz tartozó  $l_i$

műszerleolvasási értéknek a „ $c$ ” műszerszorzóval mgal-ban kifejezett és „ $k$ ” árapály korrekcióva javított értéke,  $v_{P_i}$  az  $i$  pont javítási értéke az adott  $t_i$  időpontban végzett észlelésnél,  $Z(t_i)$  pedig a műszerjárás meghatározására szolgáló polinom segítségével a  $t_i$  időpontra számított korrekció. Miután a skálaosztási értékeket hibásnak tételezzük fel, és méréseinket nem kötjük be más hálózatba, a (4) összefüggést módosítva alkalmazzuk:

$$g_{P_i} = g'_{P_i} + dg'_{P_i} + v_i + Z(t_i) \quad (5)$$

Az (5) összefüggésben:

$$dg'_{P_i} = A \cdot \sin 360^\circ \frac{n_i}{\Delta} + B \cdot \cos 360^\circ \frac{n_i}{\Delta} \quad (6)$$

$A$  és  $B$  a periodikus függvény ismeretlen együtthatói,  $\Delta = 10$ , mert 10 skálaosztásonként vizsgáljuk a hibákat, végül  $n_i = 10 \cdot \text{FRAC}(l_{P_i})$ . Az (5) kifejezés javításra rendezett alakja az első észlelésre vonatkozóan:

$$v_1 = 0 - (l_1 \cdot c) - \left( A \cdot \sin 360^\circ \frac{n_i}{10} + B \cdot \cos 360^\circ \frac{n_i}{10} \right) - Z(t_1) \quad (7)$$

A javítási egyenletet a többi észleléshez hasonlóan írva fel, olyan egyenletrendszer állítottunk elő, amelyben minden napi észlelési sorozathoz 23 javítási egyenlet tartozik.  $g_{P_i}$  nehézséggyorsulási értékekhez a következő megfontolás alapján jutottunk: az első pontra önkényesen  $g_1 = 0$  értéket vettünk fel. A további  $P_i$  vonalpontok  $g_{P_i}$  értékeit úgy kaptuk, hogy a napi mérési eredmények felhasználásával, a gravimetriai mérések feldolgozásának ismert módszerét alkalmazva meghatároztuk a szomszédos pontok közötti  $\Delta g$  értékeket. Ezekkel azután 1 kényszerpontos hálózati kiegyenlítést végeztünk a legkisebb négyzetek elve alapján, minden  $\Delta g$  mérést egyenlő megbízhatósá-

gúnak tételezve fel. A mérések elrendezése miatt az egyes vonalpontok kiegyenlítés utáni legvalószínűbb „ $g$ ” értékét a periodikus hibáktól mentesnek tekinthettük. A hálózati kiegyenlítésből az egyes pontok legvalószínűbb értékeit  $\pm 4-8 \cdot 10 \text{ nms}^{-2}$  négyzetes középhibával kaptuk, egy mérés kiegyenlítés utáni középhibája pedig  $\pm 4 \cdot 7 \cdot 10 \text{ nms}^{-2}$ . A (7) egyenletek alapján felállított normál-egyenletrendszer megoldása után az ismeretlen  $A$  és  $B$  együtthatókra a következő értékek számíthatók:

$$A = 3 \cdot 6 \text{ nms}^{-2}$$

$$B = 18 \text{ nms}^{-2}$$

Ezekkel a paraméterekkel a vizsgált LCR graviméter  $Z_1$  fogaskerek egy teljes körülfordulása szerinti periodikus hiba valamely két pont közötti relatív nehézségysorulási érték meghatározásában maximálisan  $18 \text{ nms}^{-2}$  ( $\sim 2 \mu\text{gal}$ ) hibát okoz, tehát nagy pontosságot igénylő méréseknél figyelembe kell venni. Hangsúlyozzuk, hogy a bemutatott módon meghatározott hiba a tárcsaosztás hibáinak szabályos részét is tartalmazza.

Befejezésül megemlítjük, hogy a La Coste-Romberg graviméterek áttételeiből nagyobb hullámhosszúságú periódusokkal jelentkező hibák meghatározása hasonló elvek szerint végezhető nagy megbízhatósággal, ismert „ $g$ ” értékű pontok közötti mérésekkel. Hosszabb periódusok vizsgálatánál azonban figyelembe kell venni a graviméter léptékegyütthatójának változásait is [8].

#### IRODALOM

1. Weichel, B. C.: Methoden zur Genauigkeitssteigerung in der Präzisionsgravimetrie-Deutsche Geod. Kom. Reihe: C, Heft Nr. 260. München, 1980.
2. Krieg, L. A.: Mathematical modelling of the behavior of the La Coste and Romberg „G” Gravity Meter for use in gravity network adjustments. The Ohio State University. Report No. 321. Columbus, 1981.
3. Kiviniemi, A.: High precision measurements for studying the secular variation in gravity in Finland. Publications of the FGI. No: 78. Helsinki, 1974.
4. Gerstenecker, C.: Instrumental Improvements on a La Coste-Romberg Model G Gravimeter for  $\mu\text{Gal}$  Measurements-Boll. di Geofisica Teorica ed Appl. Vol. XX. 6. 80. Trieste, 1978.
5. Csapó G.: Vibration experiments with Sharpe gravimeters-Studia Geoph. et. Geod. Vol. 18. Praha, 1974.
6. Mc Connell, R. K. et al.: An Evaluation of the La Coste-Romberg Modell D Microgravimeter-Bull. D'Inform. Nr. 36. Bureau Grav. Internat. Paris, 1975.
7. Gerstenecker, C.: Die genaue Messung von kleinen Schwereunterschieden-Deutsche Geod. Kom. Reihe: C, Heft Nr: 191. München, 1973.
8. Nakagawa, I.—Satomura, M.: An accuracy of scale constant of La Coste-Romberg gravimeters (Model G) revealed by internat. and dom. gravimetric connections-Bull. D'Inform. Nr. 42. Bureau Grav. Internat. Paris, 1978.

#### Investigation of the reading device of a geodetic type La Coste-Romberg gravimeter

Dr. G. Csapó

##### Summary

In recent years the number of high precision gravimetric measurements has been increasing all over the world. For such measurements mainly La Coste-Romberg gravimeters are used. The required high precision demands detailed examination of the gravimeters which in the course of routine mineral exploration are not necessary.

The paper deals with the periodical errors due to imperfections of the transmissions of the reading dial. Examples are given for the errors caused by the imperfections of the reading device.

## A földgömbök szerkesztése és készítése

Dr. Rátóti Benő

a Kartográfiai Vállalat osztályvezetője

DK 528.951

A térképészeti gyakorlatban a földgömbök szerkesztése, rajza — a hagyományos eljárás szerint — nem egy darabban készül, hanem rendszerint  $30-30^\circ$ -os gömbkétszögeket (másnevrükön glóbuszszegmenseket, meridiánokat, földgömbcikkeket) készítünk, melyeket sokszorosítás után az északi és a déli pólus között ragasztunk fel gömbökre. A gömbkétszögeket megfelelő vetületben kell megszerkeszteni. Azok a vetületek alkalmasak erre, amelyek a meridiánt és az Egyenlítőt hossztartóan ábrázolják. Ilyenek a transzverzális hengervetületek. Ha egy hengert merőlegesen a gömb forgástengelyére (gömb-felszínre) fektetünk, ezen az a meridián, amelyen érint a henger, hossztartóan ábrázolódik. A rá merőleges irány, gömbi főkör, azaz az Egyenlítő képe is hossztartó. Ezért főként a transzverzális helyzetű négyzetes hengervetületet szokás gömbkétszögek ábrázolására alkalmazni. Ezt a vetületfajtát Cassini—Soldner vetületnek nevezik. Egyenletei egyszerűek:

$$\varphi = \frac{R}{M} \text{ arc}$$

$$Y = \frac{R}{M} \text{ arc } \lambda$$

ahol  $R$  a Föld sugara,  $M$  a térkép méretaránya,  $\lambda$  a földrajzi hosszúság és  $\varphi$  a földrajzi szélesség.

A képletek révén nyert értékeket  $x$  esetében az Egyenlítőtől,  $y$  esetében a kezdőmeridiántól mérjük ill. szerkesztjük fel. (A vetületek megszerkesztésében (felrakásában) segítséget nyújt a mellékletben megadott fokhálózati metszéspont-táblázat, melynek értékeit a méretaránynak megfelelően szorozni kell a felszerkesztéshez). A teljes földgömb ábrázolásakor 12 ilyen transzverzális négyzetes hengervetületet készítünk. Egy-egy vetítéssel egy  $30^\circ$ -os gömbkétszög vetítése történik meg.

A vetületen a maximális torzulások természetesen a érintő meridiántól legtávolabb, a tőle