

# A tellurikus mérések kiértékeléséről

NEMESI LÁSZLÓ

A tanulmány a különböző tellurikus kiértékelési eljárások kritikai vizsgálatát nyújtja. A kritikai vizsgálat eredményeire támaszkodva a szerző két új kiértékelési eljárást ismertet. Az egyik a relatív ellipszis módszeren alapuló eljárás, amelynél a bázis-, és mozgáállomáson regisztrált változásvektorok közötti lineáris összefüggés állandóinak numerikus vagy grafikus meghatározásából áll. A másik közelítő módszer abból a megfigyelésből indul ki, hogy a  $b$  és  $c$  értéke  $a$  és  $d$  mellett általában elhanyagolható.

В работе дается критическое обсуждение различных способов интерпретации материалов, получаемых методом теллурических токов. Опираясь на результаты критического рассмотрения указанных способов, автор описывает два новых метода интерпретации. Один из них является численным способом, основывающимся на методе относительных эллипсов и состоявшим в графическом определении постоянных линейной зависимости между векторами вариаций, регистрируемых на базисной и полевой станциях. Другой приближенный метод исходит из вывода о том, что при значениях  $a$  и  $d$ , величинами  $b$  и  $c$  в основном можно пренебречь.

Die Abhandlung bietet die kritische Prüfung der verschiedenen tellurischen Auswertverfahren. Sich auf die Ergebnisse der kritischen Prüfung stützend gibt der Verfasser zwei neue Auswertverfahren bekannt. Das eine ist das auf der relativen Ellipsenmethode basierende numerische Verfahren, das aus der graphischen Bestimmung der Konstanten des linearen Zusammenhangs von zwischen Basis- und sich bewegenden Stationen registrierten Veränderungsvektoren besteht. Die zweite Annäherungsmethode geht aus der Beobachtung aus, dass die Werte von  $b$  und  $c$  neben  $a$  und  $d$  im allgemeinen vernachlässigt werden können.

A tellurikus kiértékelési eljárások közül legelterjedtebb a relatív ellipszis módszer és emellett használnak országonként egy-két más eljárást is a tellurikus mérések kiértékelésére.

E vizsgálat célja egyrészt a módszerek összehasonlítása, előnyeik, hátrányaik szembe, illetve párhuzamba állítása volt, hogy a szerzett tapasztalatok alapján növelhessük a tellurikus kiértékelések pontosságát, megbízhatóságát, másrészt, hogy kialakíthassunk olyan (elsősorban terepi) módszert, melynél a kiértékelés munkaigényessége csökken és ez lehetőleg nem jár a pontosság nagyobb mértékű csökkenésével.

A feladatot több fázisban oldottuk meg.

Az első fázisban (diplomaterv keretében) Verő József, Dr. Sebestyén Károly és Dr. Ádám Antal útmutatása alapján kilenc eljárást tanulmányoztunk és hasonlítottunk össze előzetesen. Ennek alapján eldönthető volt, hogy mely módszerekkel érdemes behatóbban foglalkozni.

A második fázisban az „érdemesebb” módszerek részletesebb vizsgálata következett az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Tellurikus Csoportjában Dr. Sebestyén Károly és Erkel András irányítása mellett.

A harmadik fázisban kialakítottunk két módszert, amelyek közül az egyik, közelítő kiegyenlítés a relatív ellipszis módszer pontosságának növelésére, a másik, közelítő módszer és elsősorban terepi gyors kiértékelésre alkalmas.

# I. A MÓDSZEREK ELŐZETES ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A) A vizsgálat tárgyát képező eljárások:

1. Relatív ellipszis módszerek:

- a) Relatív ellipszis módszer
- b) Egy pulzációt felhasználó relatív ell. módszer
- c) Vektorszorzat módszere
- d) „A” meghatározása szigorú kiegyenlítéssel

2. Abszolút ellipszis módszerek:

- a) Tangens (Állomás ellipszis) módszer
- b) Totális módszer

3. Egyéb módszerek:

- a) „A” meghatározása vektordiagram sokszögekkel való megközelítésével
- b) Bondarenko egypulzációs módszere
- c) Bergyicsevskij módszere lineárisan polarizált feltételek kiértékelésére.

Az említett módszerek az  $1/d$  kivételével az irodalomból ismertek, ezért csak az utóbbi ismertetésére térünk ki röviden. Az  $1/d$  módszer is a tellurikus tér változásvektorai között fennálló lineáris összefüggésből indul ki:

$$u = ax + by \quad (1)$$

$$v = cx + dy$$

Ahol  $x, y$  a bázisállomás két vektorkomponense:  $u, v$  a mozgó állomás megfelelő vektorának két komponense, az

$$\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = A^{-1} \text{ tenzor az ún. relatív ellipszisztenzor, melynek meg-}$$

határozása a tellurikus kiértékeléseknek legtöbbször végcélja.

E módszer abból indul ki, hogy a lineáris összefüggés (1) egyenlőségei egy adott regisztrátumból kiolvasott vektorpár esetén a kiolvasási és mérési hibák miatt nem állnak fenn. Az (1) összefüggés első egyenletére tehát a következőket írhatjuk:

$$u_i + \lambda_i = ax_i + by_i \quad (2)$$

ahol  $\lambda_i$  az említett hibák értéke.

Mivel „A” értékét 15–20 vektorpár alapján szokás meghatározni, lehetőségünk nyílik kiegyenlítésre, hisz  $a$  és  $b$  paraméterek meghatározására 2 vektorpár is elegendő lenne.

Gauss nyomán  $a$  és  $b$  legmegbízhatóbb értékét úgy határozzuk meg, hogy a  $\Sigma \lambda_i^2 = \text{minimum}$  legyen, azaz:

$$\frac{\partial \Sigma \lambda_i^2}{\partial a} \text{ és } \frac{\partial \Sigma \lambda_i^2}{\partial b} = 0 \quad (3)$$

Ha a (2) típusú javítási egyenleteken elvégezzük a (3)-ban kijelölt műveleteket, a következő egyenletrendszer adódik  $a$  és  $b$  meghatározására:

$$\Sigma x^2 a + \Sigma xyb = \Sigma xu \quad (4)$$

$$\Sigma xy a + \Sigma y^2 b = \Sigma yu$$

Teljesen analóg módon járhatunk el (1) összefüggés második egyenletével és így  $A$ ,  $c$ ,  $d$  értékekre kapunk egyenletrendszert:

$$\Sigma x^2 c + \Sigma xyd = \Sigma xv \quad (5)$$

$$\Sigma xy c + \Sigma y^2 d = \Sigma yv$$

(4) és (5) egyenletek megoldásából pedig:

$$A^{-1} = ad - bc$$

*B) A módszerek összehasonlításának szempontjai:*

A tellurikus kiértékelések első szakasza az adatok kiolvasása a regisztrált felvételekből. A felvételek tulajdonságai azonban befolyással vannak a kiértékelés eredményére. Nézzük meg tehát a tellurikus felvételek néhány igen gyakori negatív tulajdonságát és vizsgáljuk meg, hogy reagálnak ezekre az egyes módszerek?

A regisztrátumok negatív tulajdonságai:

- a) Elektroda polarizáció
- b) Potenciálugrások (kompenzálás stb.)
- c) Filmelőtolás sebességingadozásai
- d) Regisztrátum kedvezőtlen amplitúdó viszonyai
- e) Fázistolás szerepe
- f) Lineáris polarizáció

a) Elektroda polarizáció:

A jelenség, amennyiben észrevehető, általában korrekcióba vehető. Sokszor azonban nehezen vagy egyáltalán nem hámozható ki a különböző nagy periódusokból. Ilyenkor elsősorban az egypulzációs módszereknél okoz hibát, de a totális kiolvasásnál is jelentős lehet.

Az egyedi értékeket felhasználó relatív és állomás ellipszis módszereket kevésbé zavarja.

b) Potenciálugrások:

A potenciálugrások meghamisítják eredményeinket, azonban rendszerint észrevehetőek és így az ilyen szakaszokat kihagyhatjuk. Az észre nem vehető potenciálugrások relatív ellipszis vagy tangens módszernél egyetlen hamis adatot jelentenek és így figyelmen kívül hagyhatók. Totális módszernél már szerepe van, de jelentős hibát nem okoz. Az egypulzációs módszereket döntően befolyásolja.

c) A filmelőtolás sebességingadozásai:

A filmelőtolás megváltozásának nincs szerepe, míg biztosítható, hogy a tellurikus felvétel jellegzetes pontjaihoz (pl. a görbe szélsőértékhelyeihez) kötjük a kiolvasást, mint a totális és relatív ellipszis kiolvasások esetén. Abban a pillanatban zavart okoz, mihelyt akár változásvektorokat, akár változásebbséget egyenletes időközönként akarunk kiolvasni.

Mivel egypulzációs módszereknél más lehetőségünk nincs és tg kiolvasásnál is ez utóbbi módszert alkalmazzák, ezen módszereknél már jelentős szerepe lehet az egyenetlen filmtovábbításnak, hisz nem ritkaság a 10–15%-os sebességingadozás.

d) A regisztrátum kedvezőtlen amplitúdó viszonyai:

A túl kis amplitúdók igen kedvezőtlenek (néhány mm), hisz egyrészt kis meredekségű görbe tangense közelítőleg zérus, másrészt a gradiensvektor komponenseit csak kb. 1 mm pontosan olvashatjuk ki. Ez azt jelenti, hogy 5 mm-es változásvektor komponensét 20%; 10 mm-es változásvektort 10%; 50 mm-est 2% hibával tudunk kiolvasni.

Az eddigiek tehát azt mutatják, hogy minél nagyobbak a változásvektorok, annál pontosabb lesz a kiértékelés. Ez azonban csak látszat, mert nagy meredekségű görbe iránytangensének kiolvasásánál ismét nagy hibát követhetünk el, de hasonló a helyzet a gradiensvektor komponensek kiolvasásánál is (az inflexiós pontok környezetében igen bizonytalanul határozható meg a komponens végpontja).

e) Fázistolás szerepe:

Fázistolásról akkor beszélünk, ha pl. a bázisállomás regisztrátumának egy tetszés szerinti szakaszán a két komponens között  $\varphi_0$  fáziskülönbséget észlelünk, a mozgó állomás felvételének megfelelő szakaszában a két komponens között  $\varphi_0$ -tól különböző fáziskülönbséget észlelünk.

Mindenekelőtt le kell szögeznünk, hogy fázistolás mindig van, legfeljebb elhanyagolható. (Ezt Bergyicsevskij és Veró is igazolta.)

Veró feltette, hogy a bázis állomáson a tellurikus komponensek az alábbi függvények:

$$\begin{aligned}x &= x_0 \sin \varphi \\y &= y_0 \sin (\varphi + \varphi_0)\end{aligned}\tag{6}$$

Ha ezeket az  $x$ ,  $y$  értékeket (1)-be helyettesítjük, akkor

$$\begin{aligned}u &= \sqrt{a^2 x_0^2 + 2abx_0 y_0 \cos \varphi_0 + b^2 y_0^2} \sin \left( \varphi + \operatorname{arctg} \frac{by_0 \sin \varphi_0}{ax_0 + by_0 \cos \varphi_0} \right) \\v &= \sqrt{c^2 x_0^2 + 2cdx_0 y_0 \cos \varphi_0 + d^2 y_0^2} \sin \left( \varphi + \operatorname{arctg} \frac{dy_0 \sin \varphi_0}{cx_0 + dy_0 \cos \varphi_0} \right)\end{aligned}\tag{7}$$

Ebből az is látszik, hogy a regisztrátumok pl.  $x$  komponensei nem azonos időpillanatban veszik fel szélső értékeiket, pedig a felvételek egyeztetésénél ezeket azonos időpontoknak tekintjük. A fázistolás vizsgálata kapcsán tehát egy új probléma, a felvételek helyes egyeztetésének problémája is felvetődik.

A helyes egyeztetés problémájának vizsgálatához különböző tenzorokat vehetünk fel és  $x_0$ ,  $y_0$  valamint  $\varphi_0$  értékét változtatva a reális határok között, max. 20–25°-os fáziskülönbséget lehet előállítani.

A használt 2–4 cm-es percenkénti filmelőtöltést és 20–30 sec-os pulzációnkat tekintve a 20–25°-os fáziskülönbség kb. 1 mm-es hullámhossz eltolódást eredményez, ami hasonló vastagságú fényjeleket tekintve és a kiolvasás pontosságát figyelembe véve, elhanyagolható.

Az eredményekből azt szűrhattuk le, hogy jelentős fáziskülönbség csak igen ritkán adódik elő és így a regisztrátumok szokásos egyeztetése is helyesnek mondható.

A 20° körüli fáziskülönbségekről még a vizsgálatok alapján elmondhatjuk, hogy legfeljebb az egypulzációs módszereknél lehet szerepük.

Nagyobb, 90° körüli, mesterségesen előállított fáziskülönbségek azonban már teljesen hamis eredményeket nyújtottak.

E probléma vizsgálata azonban nem meríthető ki ilyen egyszerű eszközökkel. Az észrevehető fázistolások kérdése ugyanis elméletileg nem tisztázott, különösen ha megemlítjük, hogy a fázistolások gyakran alaki deformációkkal együtt jelentkeznek. Egyes kutatók szerint ilyen esetekben a lineáris összefüggés helyett valamilyen magasabb rendű összefüggés írná le a tellurikus térvektorai közti kapcsolatot. Más kutatók szerint a lineáris összefüggés komponensei komplex értékek.

#### f) Lineáris polarizáció:

A kiértékelési eljárások egyike sem tud vele megbirkózni. Szerencsére szigorú értelemben vett polarizáció (mikor a tellurikus vektor nem forog körbe, hanem csak egy egyenes mentén változik) igen ritkán fordul elő.

Ha a polarizációnak ionoszférikus okai vannak, tehát ha mindkét állomáson azonos mérvű, valamint a vektor által pásztázott terület 80–90°-os szögtartománynál nem kisebb, az abszolút ellipszis módszerek még sok esetben jól használhatók, hasonlóan a kiegyenlítéses módszerhez. Bondarenko és Bergyicsevszkij módszere ilyen polarizált felvételek kiértékelésére készült. A relatív ellipszis módszert viszont már kisebb polarizáltság is lehetetlenné teszi.

Ha a polarizáltságnak geológiai okai vannak (csak az egyik állomáson tapasztaljuk), akkor lényegében semmit sem tudunk mondani és a felvételek kiértékelhetetlenek.

#### C) Az eredmények összefoglalása

Végeredményben az eddigi szempontokat még néhány praktikus szemponttal kiegészítve (időszükséglet, minél több adatot szolgáltatson a módszer az adott felvételből) a következőket mondhatjuk az egyes módszerekről:

Egypulzációs módszereknél annyiféle hibalehetőség lép fel, hogy alkalmazásukról le kell mondani. Sőt Bondarenko módszerénél a már tárgyalt szempontokon kívül az esetek nagy százalékában a Fourier-analízis alkalmazhatóságának más feltételei sem teljesülnek.

A relatív ellipszis módszer főleg a lineáris polarizációval szemben tehetetlen. Legfőbb hibája azonban a relatív ellipszis tengelyeinek grafikus becslése, ami 5–8% hibát okoz  $A$  értékében (ha feltesszük, hogy a tengelyeket  $\pm 1$  mm-es pontossággal tudjuk megbecsülni), de előfordul, hogy az elkövetett hiba ennél is nagyobb. E két hibáján kívül azonban alig emelhetünk kifogást a mód-

szer ellen, ami indokolttá teszi nagy elterjedtségét. A kiértékelés időszükséglete kb. 1,5–2 óra.

A vektorszorzat módszer a relatív ellipszis módszer két fő hibáját küszöbölne ki, numerikus módszer. Azonban a vektorpárok megválasztásától függ az eredmény és időszükséglete is kb. 2,5 óra.

A szigorú kiegyenlítés a kiolvasott adatokból a legmegbízhatóbb értéket adja, de igen hosszadalmas, egy állomás kiértékelése 3,5 óra. Hibája, hogy a nem véletlen jellegű hibák (tévedések a kiolvasásnál vagy számolásnál) nehezen, vagy egyáltalán nem vehetők észre.

A tangens (állomás ellipszis) módszer legfőbb előnye, hogy a 0,1 pontossággal leolvasott tg érték pontossága olyan, mint a 0,02 mm pontosan leolvasott változásvektor komponensé.

Hibája, hogy a filmsebesség ingadozásaira érzékeny és időszükséglete kb. 3,5 óra. E módszerrel azonban nemcsak az  $A$  értéket, hanem magát a tenzorkomponenseket, időszakos és állomásellipszisek tengelyeit és azok azimutját is kiszámíthatjuk.

A totális módszer ugyancsak nagy teljesítőképességű módszer. (Hasonló adatok birtokába juthatunk, mint a tg módszerrel.) Legfőbb előnye azonban, a Takács-féle kiolvasó felhasználásával, gyorsaságában rejlik (kb. 1 óra).

Hátránya a relatív ellipszis módszerrel szemben, hogy elektróda polarizációra és potenciál ugrásra érzékeny és hosszabb összefüggő, hibátlan felvételszakaszra van szükség.

A vektordiagram módszer Magyarországon nem terjedt el (nem vektorírókkal regisztrálunk).

Bergyicsevszkij módszere csak a Szovjetunióban, lineárisan polarizált felvételek kiértékelésére alkalmazott módszer.

Az előzetes vizsgálatot tehát azzal az eredménnyel zárhattuk le, hogy részletesebb vizsgálatra lényegében három módszer: a relatív ellipszis, a totális és, a tg módszer érdemes.

## II. Az „ÉRDEMESEBB” MÓDSZEREK RÉSZLETESEBB VIZSGÁLATA

A Geofizikai Intézet több mint tíz éve végez tellurikus méréseket. A mérések zömét relatív ellipszis és totális módszerrel is kiértékeltek és a sok száz mérés és kiértékelés eredménye, hogy a két módszer kb. 10%-on belül egyező eredményt ad.

Hasonlókat mondhatunk a relatív ellipszis és állomás ellipszis módszerre is a Soproni MTA Geofizikai Kutató Laboratórium eredményeire hivatkozva.

Ezekon az igen értékes eredményeken túl, általában azonban nem vizsgálták meg, hogy egy adott mérés esetén melyik módszer adta a megbízhatóbb értéket, hogyan függnek az egyes eredmények a kiértékelő szubjektivitásától.

A fenti kérdések eldöntéséhez 1962-ben Hajdúszoboszló környékén végzett mérésekből 4 pontot választottunk ki, melyek közül 3 ponton három jó méréssel is rendelkezünk. Minden felvételt két kiértékelő, két különböző szakaszt felhasználva kiértékelte az említett három módszerrel és ezenkívül a relatív ellipszis kiolvasások adataiból szigorú kiegyenlítéssel is meghatároztuk  $A$  értékét. Ez utóbbi alapján eldönthettük a relatív ellipszis grafikus (szubjektív) hibáinak mértékét.

Az 1. táblázatban láthatjuk az eredményt.

	rel.	sz. kiegy.	k. kiegy.	tot.	köz.	tang.
1	0,60	0,65	0,65	0,64	0,69	0,74
2	0,61	0,60	0,58	0,62	0,64	0,63
3	0,61	0,53	0,53	0,56	0,58	0,63
4	0,61	0,59	0,59	0,63	0,59	0,75
5	0,66	0,65	0,66	0,67	0,70	0,82
6	0,59	0,60	0,59	0,65	0,68	0,64
7	0,36	0,34	0,34	0,33	0,33	0,31
8	0,35	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34
9	0,31	0,38	0,37	0,35	0,31	—
10	0,28	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28
11	0,33	0,33	0,32	0,35	0,35	0,25
12	0,34	0,34	0,35	0,34	0,36	0,40
13	0,58	0,62	0,61	0,58	0,50	0,48
14	0,55	0,54	0,55	0,56	0,55	0,56
15	0,54	0,54	0,54	0,50	0,51	—
16	0,58	0,59	0,58	0,50	0,50	—
17	0,56	0,58	0,58	0,64	0,58	0,54
18	0,61	0,71	0,70			
19	0,49	0,53	0,52	0,44	0,54	0,21
20	0,41	0,36	0,36	0,41	0,57	0,41

Az első oszlopban a relatív ellipszis, másodikban a szigorú kiegyenlítés, a harmadikban a következőkben ismertetésre kerülő közelítő kiegyenlítés, a negyedikben a totális, az ötödikben a szintén később ismertetésre kerülő, a totális adatokat felhasználó közelítő és az utolsó oszlopban a tg módszerrel kapott  $A$  értékeket találjuk.

Az első két oszlop összehasonlításából kitűnik, hogy a relatív ellipszis módszer grafikus részénél, még gondos kiértékelés esetén is 5–10% hibát követhetünk el, sőt a 3. és 18. sor tanúsága szerint még ennél is többet.

A totális, relatív és kiegyenlítéses módszerek (1., 2., és 4. oszlop) összehasonlítása ez esetben is igazolja a kb. 10%-on belüli egyezést. Érdemes azonban megfigyelni, hogy a 3. és 18. sor esetén a totális módszer inkább a szigorú kiegyenlítéssel egyezik, mint a relatív ellipszis módszerrel. Ez érthető is, hisz a totális, numerikus módszer, jó felvételek esetén, mint a jelen esetben is, megbízhatóbb eredményt ad, mint a relatív ellipszis módszer.

Az 1. 2. 3. és 6. oszlop összehasonlításából kitűnik, hogy a tg módszer eredményei csak esetenként egyeznek a többi módszer eredményével. Ennek a meglepő jelenségnek az az oka, hogy a felhasznált mérések olyan műszerekkel készültek, melyeknél a filmsebességben 50% ingadozás is tapasztalható két perc leforgása alatt. Ez az eredmény az állomás ellipszis módszernek legnagyobb hibáját, a figyelembe nem vehető sebesség-ingadozások problémáját dokumentálja.

Ha a táblázatot megfigyeljük még egy jelenséget vehetünk észre, hogy az egy sorban levő értékek egyezése sokszor szembetűnőbb, mint az egy oszlopba tartozó, azonos ponton végzett mérések eredményeivé. Szembetűnő pl. a 10. sor, melynek eredményei feltűnően kiugranak a 7–12. sorok értékei közül.

E jelenségnek két oka van: az egyik, hogy elkerülhetetlenül különböző frekvenciájú szakaszokat értékeltünk ki, noha csak 20–60 sec-ú periódusokat használtunk fel. A másik ok, mely határozottan kimutatható volt és melynek

jelen esetben nagyobb szerepe van, mint az előző oknak, a mérőkör ellenállásának megváltozása a mérés folyamán.

A vizsgálatok fő eredménye tehát az, hogy a rutin méréseknél a relatív és totális ellipszis módszerek használata indokolt, valamint az, hogy az értékes relatív ellipszis kiolvasásokból a szigorú kiegyenlítésnél egyszerűbb módszerrel kell  $A$  értékét pontosabbá tenni.

### III. A RELATÍV ELLIPSZIS MÓDSZER PONTOSABBÁ TÉTELE

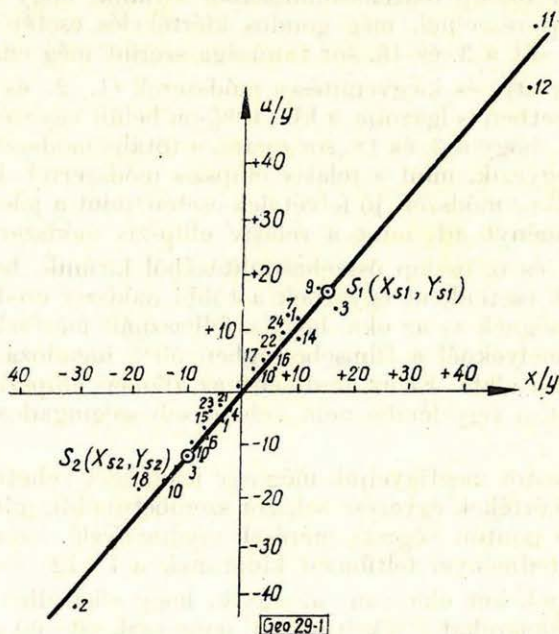
Láttuk már, hogy a kiolvasott változásvektor komponensekből, kiegyenlítéssel meghatározhatjuk  $A$  értékét, azonban a módszer nagyon munkaigényes.

Osszuk el a lineáris összefüggés első egyenletét  $y \neq 0$ -val, a másodikat  $x \neq 0$ -val. Ekkor az elsőre kapjuk, hogy:

$$\frac{u}{y} = \frac{x}{y} a + b \quad (8)$$

Ez egy  $Y = aX + b$  alakú egyenes egyenlete.

És valóban, ha egy 1962-ben végzett mérés változásvektoraival elvégezzük a (8)-ban kijelölt műveletet és az egyes  $u/y$ ,  $x/y$  koordinátájú pontokat ábrázoljuk, az 1. ábra egyenesét kapjuk. A kapott egyenes meredeksége a lineáris összefüggésben szereplő  $a$  értéket adja és az egyenesnek az  $u/y$  tengellyel való metszete a  $b$  értéket határozza meg,  $a$  és  $b$  értékét numerikusan, közelítő kiegyenlítéssel is meghatározhatjuk, ha az 1. ábra egyenesének pontjait két azonos pontszámot tartalmazó csoportba osztjuk és az egy csoportba tartozó



1. ábra



pontoknak meghatározzuk a súlypontját, a pontok koordinátáinak közepelésével:

$$\frac{\sum X_1}{n} = X_{s1} \quad \frac{\sum Y_1}{n} = Y_{s1} \quad (9)$$

$$\frac{\sum X_2}{n} = X_{s2} \quad \frac{\sum Y_2}{n} = Y_{s2}$$

ahol  $n$  az egy csoportba tartozó pontok száma.

$S_1(X_{s1}, Y_{s1}), S_2(X_{s2}, Y_{s2})$  értékét (8)-ba helyettesítve  $a$ -ra és  $b$ -re kapunk egyenletrendszert.

$c$  és  $d$  esetében teljesen hasonlóan járhatunk el, csak (1) második egyenletéből kell kiindulnunk.

$a, b, c, d$  ismeretében pedig már meghatározható  $A$  értéke.

Egyenesek ilyen módszerrel történő kiegyenlítésének helyességét a kiegyenlítőszámítás irodalma igazolja, de fényes bizonyítékot nyújt az 1. táblázat 2. és 3. oszlopának kitűnő egyezése is.

Az eredmény azt jelenti, hogy kb. a relatív ellipszis módszerrel azonos munkaigényességű numerikus módszerrel állunk szemben, amelynek pontossága logarléc pontosságon belül egyezik a szigorú kiegyenlítés pontosságával. A módszernek azonban még a szigorú kiegyenlítéssel szemben is van egy előnye, mert ha az egyenes pontjait ábrázoljuk, a kiolvasási s mérési hibákból származó hibák felismerhetők és a rossz értékek kihagyhatók.

#### Közelítő módszer

A kiegyenlítéses módszerek alkalmazása során feltűnt, hogy a „ $b$ ” és „ $c$ ” értékek általában „ $a$ ” és „ $d$ ” értékei mellett elhanyagolhatók.

Így (1) összefüggés a következő egyszerűbb alakot ölti:

$$u = ax \quad (10)$$

$$v = dy$$

$$\text{ahonnan } a = u/x \text{ és } d = v/y \quad (11)$$

a totális kiolvasásokat felhasználva:

$$a = \frac{\sum u}{\sum x} \quad d = \frac{\sum v}{\sum y} \quad (12)$$

$$\text{és} \quad A^{-1} \cong ad \quad (13)$$

A totális kiolvasások felhasználásával kb. 10 perc alatt meghatározhatjuk a közelítő értéket.

A közelítő  $A$  értékről közel 300 mérés alapján megállapíthattuk, hogy az esetek 85%-ában 5–10%-on belül egyezik a totális módszerrel nyert  $A$  értékkel, ahogy táblázatunk 5. oszlopában levő értékek esetében is láthatjuk.

A maradék 15%-ban  $a$  és  $b$  értéke jelentősebb, vagy a lineáris összefüggés fennállása is vitatható.

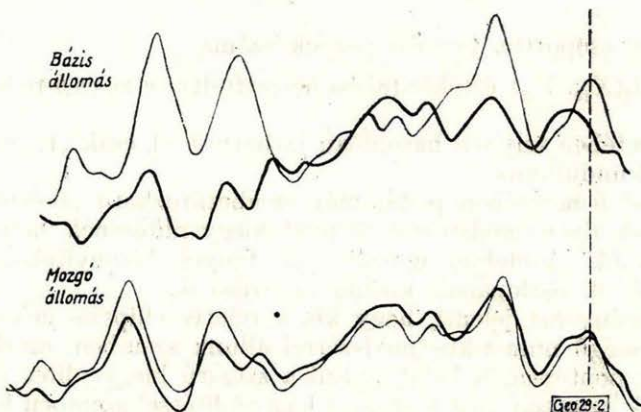
Az említett 15%-ból 2/3 részben megállapítható a felvételből, hogy a közelítő módszer nem lesz alkalmazható.

Tekintsük ugyanis a (7) összefüggést. Ha  $b = c = 0$ , a következő egyszerűbb alakot veszi fel:

$$u = ax_0 \sin \varphi$$

$$v = dy_0 \sin (\varphi + \varphi_0)$$
(14)

vagyis nem tapasztalunk fázistolást.



2. ábra

E gondolatmenet megfordítása közelítő módszer alkalmazhatóságának felismerését teszi lehetővé: ha van észrevehető fázistolás, akkor van számottevő  $b$  és  $c$  (esetleg csak  $b$  vagy  $c$ ) és a közelítő módszer nem alkalmazható.

A 2. ábrán ilyen észrevehető fázistolást láthatunk (a fázistolás különösen a szaggatott vonallal megjelölt részben szembevetendő).

E módszer, rendkívüli gyorsaságánál fogva, terepi kiértékelésre alkalmas.

#### B E F E J E Z É S

A kiértékelési eljárások vizsgálatát pillanatnyilag azzal zárhatjuk le, hogy nincs tökéletes tellurikus kiértékelési eljárás, de a numerikussá tett relatív ellipszis és totális módszerek rutin feladatok megoldásánál jól kiegészítik egymást. A közelítő módszernek akkor lehet szerepe, ha a kiértékelés nem terepen folyik, és így terepen megelégszünk hozzávetőleges eredménnyel is.

Végül köszönetet kell mondanom Verő Józsefnek, Dr. Sebestyén Károlynak, Dr. Ádám Antalnak és Erkel Andrásnak, akik munkámat irányították és hasznos tanácsaikkal állandóan elláttak.

Ugyancsak köszönetet kell mondanom Hobot József, Varga Józsefné és Ruzsicska Mária munkatársaimnak, akik szintén sok problémánál segítségemre voltak és a sok munkát igénylő kiértékelések és számolások zömét elvégezni voltak szívesek.

#### I R O D A L O M

- Bergycsevskij:* Elektriceszkája Razvedka Metodom...  
*Porstendorfer:* Tellurik. Grundlagen und Anwendungen.  
*Verő:* Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen.  
*L'Auné:* Kiegyenlítőszámítás.