

Graviméter állomások telepítésével kapcsolatos vizsgálatok a mintavétel-elmélet alapján

KOVÁCS FERENC

A gravitációs anomáliaterек egyértelmű előállításának követelménye felveti a szabályos hálózatba történő állomástelepítés, valamint az optimális mintavételi távolság megválasztásának szükségességét. A dolgozat szabályos 500 m oldalú négyzethálózattal bemért terület vizsgálatával foglalkozik. A vizsgálat lényege, hogy különböző mintavételi távolságokkal szelvényeket és térképeket állítottunk elő, ahol a kieső mért adatokat számított értékekkel helyettesítettünk. Ennek hatását vizsgáltuk az előállítandó függvényre. A többértelműség problémájának illusztrálására a viszonylag nagy mintavételi távolsággal előállított térképeket különböző argumentumú mintavételezéssel is megszerkesztettük.

Проблема достижения однозначности получаемых аномальных полей при изучении поля силы тяжести вызывает необходимость размещения пунктов наблюдения по равномерной сети и выбора оптимального расстояния между ними. В настоящей работе описываются работы по району работ, заснятому по квадратной сети правильной формы, длинной сторон в 500 м. Исследования были проведены путем построения разрезов и карт при различных расстояниях между пунктами, причем недостающие данные измерения заменялись расчетными величинами и изучалось влияние последних на получаемую функцию. Для иллюстрации проблемы многозначности, карты, полученные при сравнительно больших расстояниях между пунктами были построены для различных выборов.

Die Forderung der eindeutigen Darstellung von gravitationellen Anomalienfeldern bringt die Notwendigkeit mit sich, die Beobachtungstellen an den Punkten eines regelmäßigen Netzes anzulegen und eine optimale Probenentnahme-Distanz auszuwählen. Der Aufsatz beschäftigt sich mit der Untersuchung eines Gebietes, welches mit der Benützung eines Quadratnetzes von 500 m Seitenlänge vermessen wurde.

Im Laufe der Untersuchung wurden Profile und Karten mit verschiedenen Probenentnahme-Distanzen hergestellt, die ausfallenden Messdaten durch errechnete Werte ersetzt und die Wirkung dieses Vorgehens auf die darzustellende Funktion diskutiert. Das Problem der Mehrdeutigkeit wurde dadurch beleuchtet, dass die mit verhältnismässig grosser Probenentnahme-Distanz konstruierten Karten auch mit Benützung von Probenentnahmen mit unterschiedlichen Argumenten dargestellt wurden.

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzem 1968. évtől kezdődően végez graviméter méréseket, részben a szeizmikus mérések tervezéséhez, részben a geofizikai kutatás komplexitásának fokozása érdekében.

Főleg ez utóbbi megfontolás alapján került sor a Pér-i kutatási terület szabályos négyzethálózatban történő felmérésére. A mérések tervezéséhez rendelkezésünkre álltak a kutatási területre eső országos másodrendű gravitációs bázis-állomások adatai, valamint a MAELGI 1966-ban végzett áttekintő mérései alapján készült, területünket is magába foglaló Bouguer-izoanomália térkép. Mivel a területen található másodrendű bázisállomások megadott értékeit viszonylag nagy, $\pm 0,1$ mgl körüli eltéréssel tudtuk egymásból reprodukálni, méréseinket a 187-es péri bázisállomáshoz kapcsoltuk. A 187-es bázisállomásból kiindulva a területen 10 állomásból álló harmadrendű bázishálózatot hoztunk létre, amelynek értékeit többszörös észleléssel határoztuk meg. Ezek képezték az alappontjait a terület hálózatos bemérésének. A mérések személyi és tárgyi feltételei a $\Delta g \pm 0,05$ mgl pontossággal történő meghatározását biztosították.

A szabályos hálózatba telepített mérés lényegesen nagyobb mennyiségi és minőségi követelményeket támaszt a geodéziai előkészítő tevékenységgel és a graviméter észleléssel szemben, mint a hagyományos, főleg utak menti

telepítéssel végzett mérés. Ennek ellenértékeként azonos adatsűrűséget és ekvidistans adatokat biztosít a térkép előállításához, lehetővé téve azt, hogy a térkép további átalakítása során a mért értékek kombinálódjanak a szűrő vagy egyéb az átalakításban felhasználandó függvény adataival.

Pontossági követelményeket a teret leíró függvény előállításánál csak a mérési pontokon támaszthatunk, egyéb argumentumoknál csak bizonyos feltételezésekkel élhetünk a függvény értékére vonatkozóan. Az azonban nyilvánvaló, hogy minél nagyobb adatsűrűséggel rendelkezünk, vagyis minél nagyobb a függvényből vett minták egységnyi területre eső halmaza, annál egyszerűbb feltételezésekkel kielégíthető a bizonyos hibahatárok között értelmezett egyértelműség követelménye.

Célszerűnek látszik tehát vizsgálat tárgyává tenni az adatsűrűség, illetve a mintavételi távolság változtatásának hatását az előállítandó függvény egyértelműségére szabályos hálózattal viszonylag rövid mintavételi távolsággal bemért területén.

A szénhidrogén-kutatásban alkalmazott graviméter-mérések elsődleges célja az anomáliateret leíró függvény előállítása. A graviméter-állomások telepítésénél alapvető feladat tehát olyan mérési intervallum (mintavételi távolság) megválasztása, amely a mérendő tér egyértelműségét a mérési hibahatárokon belül biztosítja. Korszerű graviméterek lehetővé teszik a nehézségi erőter század mgl pontossággal történő meghatározását. Hogy a gravimétereink által biztosított pontosságot az anomáliater meghatározásában realizálni tudjuk, a mintavételi távolság megválasztására komoly figyelmet kell fordítani.

Az *OKGT Geofizikai Kutatási Üzem* graviméter-méréseit a jelenlegi kutatási területen 500 m állomásközü szabályos négyzethálózatban telepítette. Az 500 m állomástávolság megválasztásában elsősorban a hagyományos, főleg utak mentén végzett graviméter-mérések állomásainak 500 m-es szelvénymenti távolsága játszott döntő szerepet. A helyes mintavételi távolság megválasztásának alapvető feltétele a mérendő függvény spektrumának ismerete. Általában azonban maga a függvény sem ismeretes. Egy teljesen ismeretlen függvény digitális megadásánál sohasem tudhatjuk, hogy helyes mintavételi távolságot alkalmaztunk-e. Mindezekből helytelen lenne azt a következtetést levonni, hogy mivel a helyes mintavételi távolság meghatározása előre lehetetlen, az ilyenirányú törekvések értelmetlenek.

A probléma megközelítésére az alábbi megfontolásokból lehet kiindulni: a gravitációs anomáliaterек azon tulajdonsága, hogy bizonyos frekvencia-értékeket meghaladó változások amplitúdói elenyészőek, elvben lehetővé teszi véges mintavételi távolsággal meghatározott adatrendszerből olyan függvény előállítását, amely a teret egyértelműen leírja. Helyes a mintavételi távolság akkor, ha az

$$S < \frac{L_f}{2} \quad (I)$$

egyenlőtlenség fennáll, ahol

L_f — a térben még mérhető amplitúdóval rendelkező leghosszabb változás hullámhossza,

S — a mintavételi távolság.

Ha a térben előforduló legrövidebb hullámhossz egyenlő vagy kisebb, mint $2S$, az egyértelműség követelménye nem teljesül. Ez többek között azzal a következménnyel jár, hogy ha a függvényt más argumentumoknál mintavéte-

lezzük, ezek eredményeiből egy másik függvényt kapunk ugyanazon tér leírására.

Ha azonban az említett egyenlőtlenség fennáll, akkor a mintavételezés eredményeit képező számsorozatból a folytonos függvény egyértelműen előállítható.

Digitális adatokból a folytonos függvény előállításához végzendő művelet:

$$g_x = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} g_{ks} \frac{\sin \frac{\pi(x-ks)}{s}}{\frac{\pi(x-ks)}{s}} \quad (II)$$

A g_x , illetve g_y irányában is elvégezve a számítást a g_{ks} és $g_{ks, Ls}$ a mért adatokon átmenő görbét, illetve felületet adnak meg, amelyekben $1/2S$ -nél nagyobb frekvenciák nem szerepelnek. Ha a teret leíró függvényben voltak az $1/2S$ -nél nagyobb frekvenciák, az előállított görbe, illetve felület a térrel nem lehet azonos.

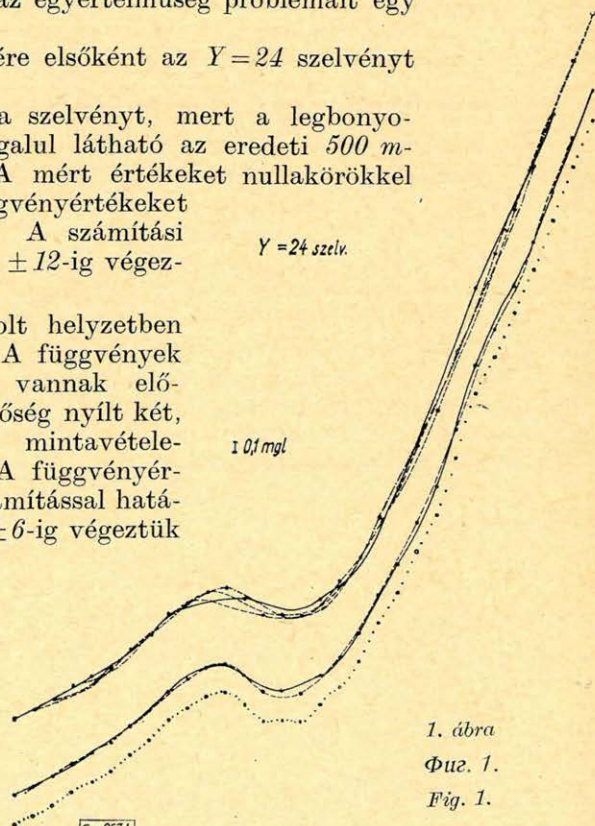
Ezen megfontolások, valamint az a körülmény, hogy rendelkezünk szabályos hálózatba telepített graviméterállomások mérési adatrendszerével, felkínálják a lehetőségét annak, hogy a mintavételezési távolság változtatásának hatását tanulmányozva, különböző mintavételi távolságokkal szelvényeket és térképeket állítsunk elő, amelyeken bemutatjuk a mintavételi távolság változtatásának hatását, valamint az egyértelműség problémáit egy adott kutatási területen.

A probléma érzékeltetésére elsőként az $Y=24$ szelvényt mutatjuk be (1. ábra).

Azért választottuk ezt a szelvényt, mert a legbonyolultabbak egyike. A rajzon legalul látható az eredeti 500 m-enként mért adatrendszer. A mért értékeket nullakörökkel jelöltük, a ponttal jelölt függvényértékeket számítástal határoztuk meg. A számítási műveletet a (II) képlettel, $k = \pm 12$ -ig végeztük el.

Fölötte függőlegesen eltoltt helyzetben ugyanez a szelvény látható. A függvények 1000 m-es mintavételezéssel vannak előállítva. Itt ugyanis már lehetőség nyílt két, különböző argumentumokkal mintavételezett függvény előállítására. A függvényértékek 500 m-kénti értékeit számítással határoztuk meg. Számításnál $k = \pm 6$ -ig végeztük el a műveletet. A két függvény között a legnagyobb eltérés $\pm 0,1$ mgl körüli érték.

Ugyanez a szelvény látható legfelül is, ahol a függvény 2000 m-es mintavételezési távolságokkal készült. Itt már négy



1. ábra
Фиг. 1.
Fig. 1.

különböző argumentumú mintavételezéssel készült függvényt állítottunk elő. Az 500 m-kénti függvényértékek számításához a műveleteket már csak $k = \pm 4$ -ig tudtuk elvégezni. A különböző függvények közötti legnagyobb eltérés $\pm 0,2 \text{ mgl}$ körüli érték.

A függvényértékek számításához a (II) képlet az alábbiak szerint írható fel, az előállítandó függvény bármely, $k \cdot S$ és $(k+1)S$ intervallumának tetszőleges pontjára;

$$g_x = a_1 g_k + a'_1 g_{k+1} + a_2 g_{k-1} + a'_2 g_{k+2} + \dots + a_n g_{-n} + a'_n g_{+n},$$

ahol az: $a_1, a'_1, a_2, a'_2, \dots$

értékek a $\text{sinc } x$ függvény megfelelő értékei; ha például

$$x = k \cdot S + S/4,$$

akkor

$$a_1 = \frac{\sin \frac{\pi}{4}}{\pi/4}; \quad a'_1 = \frac{\sin \frac{3\pi}{4}}{3\pi/4}; \quad a_2 = \frac{\sin \frac{5\pi}{4}}{5\pi/4}, \quad a'_2 = \frac{\sin \frac{7\pi}{4}}{7\pi/4}.$$

A (II) képlet gyakorlati alkalmazásánál a legnagyobb problémát az jelenti, hogy a $\text{sinc } x$ függvény túlságosan sok periódusát és ennek megfelelő sok mérési adatot kell számításba venni, ha a tér dinamikája viszonylag nagy, mint pl. esetünkben is. Mivel a számításba vonható adatok számát erősen korlátozza az adatrendszer véges kiterjedése, számításainknál a kényszerűségből elhagyott periódusok hatását megkíséreltük egy korrekciótaggal figyelembe venni. Ezt a korrekciós tagot két tényező szorzataként állítottuk elő;

$$R = b \cdot \varrho.$$

ahol

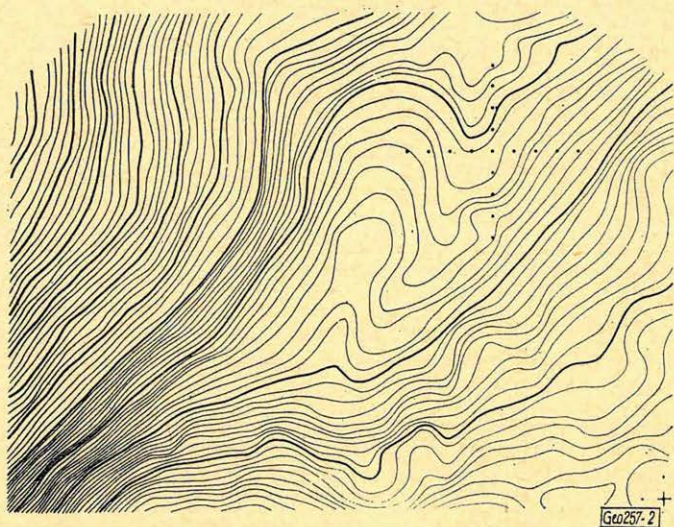
$$b = \frac{g_{-n} + g_{+n}}{2}, \quad \varrho = \left(1 - \sum_{k=-n}^{+n} \frac{\sin \frac{\pi(x - ks)}{s}}{\pi(x - ks)} \right)$$

és g_{+n} a számításba még bevont legtávolabbi mért érték. A korrekciós tag alkalmazása miatt le kellett mondanunk arról, hogy a mért értékeken átmenő „ideális” sima vonalat állítsunk elő. A korrekció alkalmazása miatt az előállított függvényben az $1/2S$ -nél nagyobb frekvenciák is megjelennek. Ezek amplitúdói azonban csak a 2 km -es mintavételezésnél haladják meg a $\pm 0,1 \text{ mgl}$ -t.

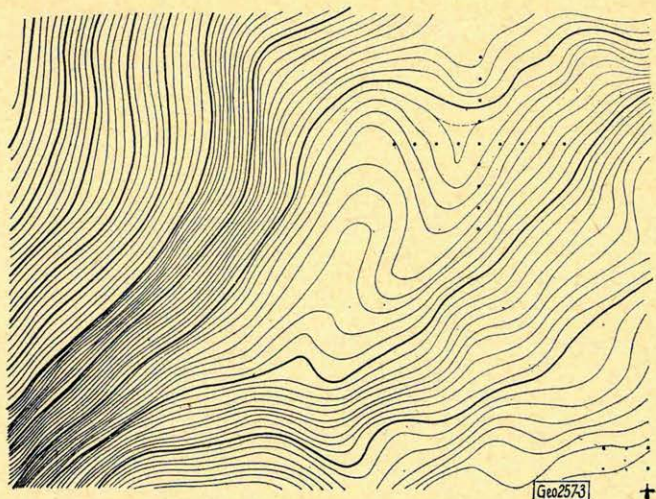
Kétdimenziós esetben a mintavételi távolság változtatását úgy valósítottuk meg, hogy a térképet leíró függvény előállításához adatrendszerünknek csak minden második érték sorát és értékoszlopát vettük figyelembe. Ezáltal az 500 m -esből 1000 m oldalhosszúságú hálózatot állítottunk elő. A 2 km oldalhosszúságú hálózat előállításához csak minden negyedik érték sorát, illetve értékoszlopát vettük figyelembe. Az elhagyott mérési adatokat a fentiek alapján a (II) képlet két egymásutáni alkalmazásával számított értékkel helyettesítettük.

A számítások eredményeit térképeken ábráztuk: 2., 3. és 4. ábra. Az 1. térkép 500 m , a 2. térkép 1000 m , a 3. térkép 2000 m távolsággal mintavételezett adatokból készült. Az izoanomál-vonalak értékköze $0,1$, a térkép jobb alsó részén $0,2 \text{ mgl}$.

A különböző mintavételezéssel készült térképeket összehasonlítva az 500 m állomásközű alaptérképpel a nagyfrekvenciás komponensek eltűnése figyelhető meg. Ki kell azonban hangsúlyozni, hogy az így, tehát a nagyobb mintavételi távolsággal előállított függvény nem azonos azzal, amit az eredetiből az $1/2S$ -nél nagyobb frekvenciák elhagyása után kapnánk. A mérés minden frekvenciára egyformán érzékeny, nem tünteti el az $1/2S$ -nél nagyobb frekvenciákat, hanem azok átranzformálódnak a $(-1/2S, +1/2S)$ tartományba, a spektrum torzul. A torzulás legnagyobb az $1/2S$ körüli tartományban.

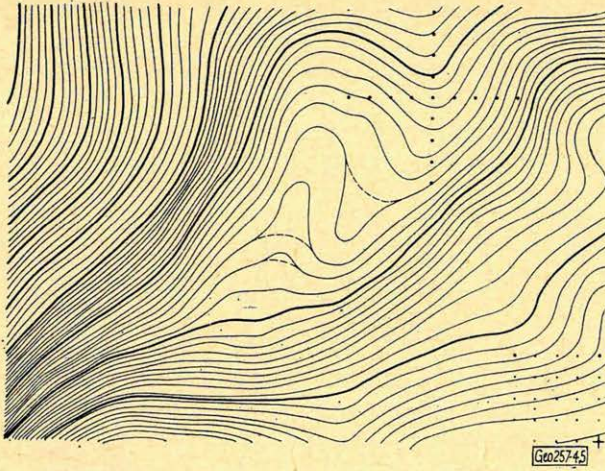


2. ábra
 $\Phi_{uz. 2.}$
 Fig. 2.

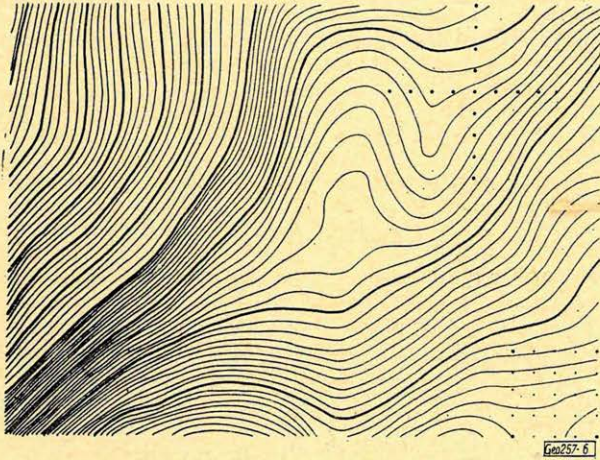


3. ábra
 $\Phi_{uz. 3.}$
 Fig. 3.

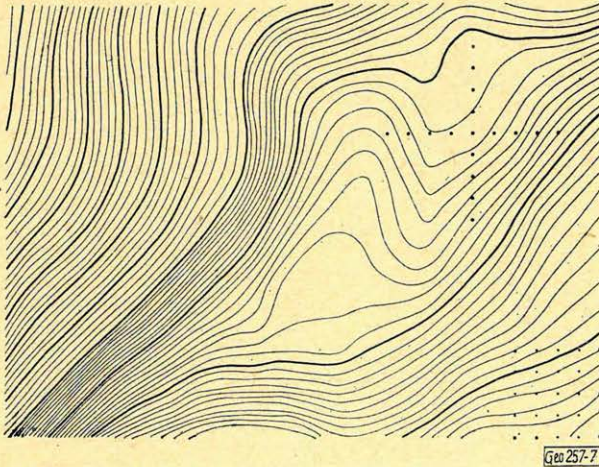
Az egyértelműség problémájának bemutatására különböző argumentumoknál a 2 km-ként mintavételezett függvényeket állítottuk elő. Ezáltal összehasonlíthatók a $(0,0)$, $(2,0)$, $(2,2)$ és $(3,3)$ kezdőpontú mintavételezéssel készült térképek (5., 6., 7., 8. ábrák). Az eltérések jobb összehasonlíthatósága érdekében kereszt-alakban azonosítási pontokat helyeztünk el a térképen.



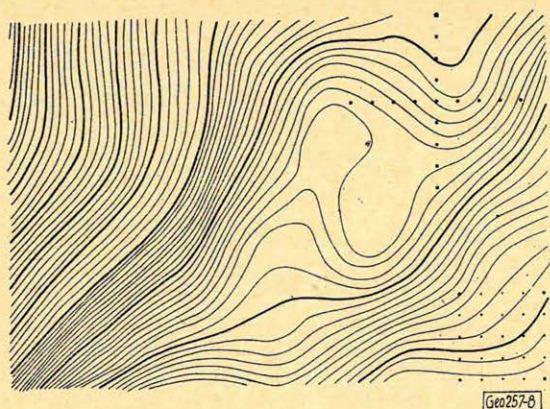
4-5. ábra
 Фиг. 4-5.
 Fig. 4-5.



6. ábra
 Фиг. 6.
 Fig. 6.



7. ábra
 Фиг. 7.
 Fig. 7.



8. ábra
 Фuz. 8.
 Fig. 8.

Így szembeütőbb a térkép közepén látható indikáció helyzetének és alakjának bizonytalansága.

Az 500 és 1000 m-es mintavételi távolsággal készült térképeken látható, hogy az említett indikáció változó amplitúdóval és jel-szélességgel ugyan, de követhetően végighúzódik a térképen. Ez a jelenség a 2 km-es mintavételezéssel készült térképeken nem tapasztalható. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a jelzélesség csökkenése következtében a jel domináns

frekvenciája nagyobb lesz, mint a 2 km-es mintavételezéssel meghatározott alap harmonikus frekvenciája, ami ebben az esetben $0,25 \text{ c}/\text{km}$.

Végül, néhány szempont a gazdaságosság kérdésével kapcsolatban.

Nyilvánvaló, hogy meghatározott nagyságú terület beméréséhez nagyobb mintavételi távolsággal kevesebb állomás telepítése szükséges, mint ugyanazon terület kisebb állomásközű beméréséhez. A mintavételi távolság növelésének pontossági követelmények, csökkentésének pedig gazdaságossági megfontolások szabnak határt. Ha megnézzük a szóban forgó területen a mért állomások mennyiségének alakulását 500, 1000 és 2000 m-es mintavételi távolságoknál, a következő számadatokat kapjuk.

A terület 2 km állomásközű beméréséhez mindössze 48, 1 km állomásközű beméréséhez 192, és 500 m állomásközű beméréséhez már 768 állomás telepítése, illetve bemérése szükséges. A mintavételi távolság felére, illetve negyedére való csökkentése négyszer, illetve tizenhatszor annyi állomás bemérését teszi szükségessé. A befektetett geodéziai munka mennyiségének növekedése azonban csak kétfő, illetve négyszeres vonalmenti kitűzés és szintezés esetén.

Összefoglalva az elmondottakat, megállapítható, hogy a mérési pontosság fokozásának csak akkor van értelme, ha a mintavételezési távolság megfelelő.

A megfelelő mintavételezési távolság viszont, főleg bonyolult széles-spektrumú függvények esetében nagyszámú állomás telepítését követeli meg. Ezért a pontossági követelmények előírásánál és a mérések tervezésénél nem hagyhatók figyelmen kívül a gazdaságossági szempontok sem.

IRODALOM

- (1) Darby, E. K.: Davies E. B.: The analysis and design of two dimensional filters for two dimensional data. Geophysical Prosp. 3. 1967.
- (2) K. Jung: Schwerkraftverfahren in der angewandten Geophysik, Leipzig, 1961. Ak. Verl.
- (3) Meskó A.: Szűrő-elmélet alkalmazása a gravitációs interpretációban. Magyar Geofizika, VIII. 1. 1966.
- (4) Meskó A.: Gravity interpretation and information theory I—II—III. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis De Rolando Eötvös Nominatae. Tom. IX—X—XI. Bp. 1966., 1967., 1968.
- (5) Zurfluch, E. G.: Applications of two dimensional linear wavelength filtering, Geophysics, XXXII. 6. 1967.