

# Szeizmikus információk feldolgozása az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzemben és az E. L. Geofizikai Intézetben\*<sup>2</sup>

VARGA EDE – ZILÁHI-SEBESS LÁSZLÓ

*Az előadás a szeizmikus adatok gépi feldolgozása során alkalmazott néhány eljárást ismerteti.*

*A reflexiós analog időszelvények előállítására egy erre a célra készült berendezéssel történik, de az analog kiértékelés folyamatában részletadatok megoldására digitális elektronikus számítógépet is felhasználtak. Program készült a statikus korrekció kiszámítására. Az analog kiértékelő központ által készített időszelvények adatainak további előkészítése az értelmezés céljára szintén digitális számítógéppel történik.*

*A terjedési sebesség területi változásának meghatározására reflexiós-sebesség-mérések szolgáltatják az alapinformációkat, melyeket elektronikus számítógép igénybevételével értékelnek is. Az időszelvények alapján időtérképek készíthetők, amelyeket a terjedési sebesség horizontális változásának tekintetbevételével korrigálnak. Az időszelvények nagyobb dőlésű szakaszait a számítógépes program által határolt transzformációval alakítják át mélységszelvényévé és ezt digitális vezérlésű rajzológéppel ábrázolják.*

*Az előadás vázlatosan foglalkozik továbbá a digitális szeizmikus információközlés és adatfeldolgozás néhány eljárásával is.*

*В докладе описываются некоторые известные методы, применяемые при машинной обработке сейсмических данных.*

*Аналоговые временные разрезы по методу отраженных волн составляются при помощи устройства, изготовленного специально для этой цели, но в процессе аналоговой интерпретации для решения частных задач применялась и ЭЦВМ. Составлена программа для вычисления статических поправок. Дальнейшая подготовка данных временных разрезов, построенных аналоговым вычислительным центром, к интерпретации осуществляется также при помощи цифровой вычислительной машины.*

*Для определения пространственного изменения скорости распространения упругих волн исходная информация получается по измерению скорости отраженных волн, результаты которых интерпретируются также с использованием электронной вычислительной машины. По временным разрезам строятся карты времен, в которые вводятся поправки за изменение скорости распространения волн в горизонтальном направлении. Отдельные участки временных разрезов, характеризующиеся большими углами наклона, преобразуются в разрезы глубин посредством трансформации, определяемой программой и затем они изображаются чертежным устройством, работающим с программным управлением.*

*Кроме этого в докладе рассматриваются некоторые методы передачи цифровой информации и обработки данных.*

*Im Vortrag werden die Verfahren besprochen, welche im Gange der maschinellen Bearbeitung der seismischen Daten angewendet wurden.*

*Die analoge Reflexions-Zeitprofile werden durch eine Einrichtung geliefert, die für diesen Zweck speziell hergestellt wurde, aber im Gange der analogen Auswertung benutzen wir auch digitale Rechenmaschinen für die Lösung von gewissen Teilaufgaben. Ein Programm für die Errechnung der statischen Korrektur wurde angegeben. Die weitere Vorbereitung der von der analogen Auswertezentrale gelieferten Zeitprofildaten für die Interpretationszwecke geschieht auch mittels einer digitalen Rechenmaschine.*

*Für die Bestimmung der arealen Veränderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit die Grundinformationen werden durch Reflexions-Geschwindigkeitsmessungen geliefert, die mit Hilfe einer elektronischen Rechenmaschine ausgewertet werden. Auf Grund der Zeitprofile können Zeitkarten verfertigt werden, die mit Rücksicht auf die horizontalen Änderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit korrigiert werden. Die Abschnitte des Zeitprofils mit grösserer Neigung werden mit einer durch das Maschinenprogramm begrenzten Transformation zu Tiefenprofil umgestaltet, welches durch eine digital gesteuerte Zeichenmaschine graphisch dargestellt wird.*

*Weiter werden im Rahmen des Vortrags einige Verfahren der digitalen Informationsübertragung und Datenverarbeitung besprochen.*

A következőkben rövid áttekintést kívánunk nyújtani az alkalmazott szeizmikus digitális eljárásokról és programrendszeréről.

A Szeizmikus Kutatási Üzemben a szelvénymérések már kizárólag mágneses jelerősítési műszerekkel történnek, amelyek eredményeit egy analóg számológép, ún. „kiértékelő központ” időszelvények alakjában állítja elő. A szelvények közös vonatkozási szintre korrigáltan készülnek és a felszín, valamint a vonatkozási szint közötti terjedési időre vonatkozó sztatikus korrekciót elektronikus számítógéppel határozzuk meg és táblázatban, illetve rajzban közöljük. A táblázat szerinti adatokkal készül a korrigált időszelvény. A korrekciós menetet a szelvényen is ábrázoljuk lyukszalagvezérlésű rajzológéppel. Az elkészült időszelvényen a kiértékelő geofizikusok kijelölik a szerkezeti vázlatok, térképek alapjául szolgáló időszinteket. Ezek kijelölésénél felhasználják az elektromos karottázs mérések ellenállás- és természetes potenciál görbéit, amelyeket az időszelvényen ábrázoltunk. E célból digitalizálják és lyukszalagra viszik a görbék amplitudóit egy 0,5 mm-es mintavételi távolságonkénti olvasóberendezéssel. Ez a berendezés a Szeizmikus Kutatási Üzem és az ELGI közös fejlesztése.

A lyukszalagon tárolt adatok alapján a helyi terjedési sebesség – mélység szerinti változások ismeretében a számítógép transzformálja időfüggvényre a karottázsgörbe mélységadatait és elkészíti az időszelvény méretaránya szerinti rajz Graphomat-vezérlő szalagját. Jól megfigyelhető, hogy az ellenállásgörbék jelentősebb változásai határozottan kijelölhető időszintekre jutnak. Ez a tény jelentős segítséget nyújt az időszintek kijelölésében.

A kijelölt időszintek egy részéből időtérképek készülnek. Amennyiben a terjedési sebességnek területi változása van – ami hálózatos sebességmérés eredményeként határozható meg –, sebességtérképet kell készíteni és ennek változásai szerint az időtérképet korrigálni kell. Az időtérképek ilyen jellegű korrigálására a program elkészítése folyamatban van. A nagyobb dőlésű visszaverő felületek időszintjeit felületszelvényre transzformáljuk, a sebesség-mélység összefüggés szelvénymenti változását számításba véve.

Az időszelvény – amint tudjuk, – az idő-sebességfüggvényrel dinamikusan korrigált formában áll rendelkezésünkre. Így az időszintek pontjai robbantóponti időknak tekinthetők és bármely időérték fele a hozzátartozó szelvénymenti koordinátájú pontból a reflektáló felületig haladó hullám terjedési ideje. Adott időszint egy pontjában a differenciál-hányados a sebesség-mélység összefüggés számításbavételével meghatározza a kiinduló sugár hajlásszögét. Ennek ismeretében numerikus integrálással oldhatók meg a visszaverődési pont koordinátáit szolgáltató differenciál-egyenletek.

A gépi adatfeldolgozás számára meg kell adni,

1. a robbantópontok koordinátáit.

2. az időszintek töréspontjainak a koordinátáit.

(A robbantópontok és töréspontok koordinátáinak nem kell megegyezni.)

A gép először a robbantópontok koordinátajegyzéke alapján elkészíti a Graphomat-vezérlőszalagot, amely tartalmazza a tengerszint, a felszín, a robbantópontok helye és feliratainak rajzolási utasításait. Ezután áttér az időszelvény-adatok mélységi transzformálására és az időgörbe két töréspont közti részéhez tartozó mélységi pontokat összeköti egymással. Meg kell jegyeznünk, hogy az időgörbe töréspontjaiban nincs egyértelmű derivált, s így a töréspontokból két mélységi pontot kapunk, amelyek összekötése nem indokolt.

A program elkészült és az ellenőrzés több időszelvényen folyamatban van.

Az időszelvényből készült mélységszelvény a mélységzintek térképezésének alapjául szolgál. Megfigyelhető, hogy a folytonos időszintek nagyobb irányváltozásának nem folytonos felületek felelnek meg. A mélységszelvény felhívja a figyelmet az időszintek esetleges hibás kijelölésére is, mert az ezeknek megfelelő felületszakaszok gyakran földtanilag nem indokolhatóan helyezkednek el a mélységszelvényen.

A mélységszelvények korrelálható felületszakaszairól térképek készülnek. Ezek gépi előállításával kapcsolatos problémák már általánosabb érdeklődésre tarthatnak számot, mert minden geofizikai, geológiai térkép előállítása hasonló számítási és rajzolási feladatok megoldását igényli.

A térképek megszerkesztése általában gyakorlott kiértékelők feladata.

A gép által szerkesztett térképek, bár nem adják az izovonalak lesimított görbéit (ezért általában utólagos korrekciót kívánnak), alkalmasak gyors tájékoztatásra.

A térképszerkesztés két fokozatban történik.

1. A rendezetlen pontokra megadott függvényértékek alapján interpolációval meghatározzuk a függvényértékeket szabályos hálózati pontokban.

2. Feltételezzük, hogy a szabályos hálózati pontokból kialakítható háromszög hálózaton belül az értékek már csak lineárisan változnak, s ennek megfelelően meghatározzuk egy-egy izovonal metszését a háromszög oldalain. A megfelelő metszéspontokat egyenes szakaszokkal összekötjük.

A gyakorlatban számos probléma merül fel:

1. Milyen sűrűre válasszuk a hálózatot.

2. Milyen hálózatot válasszunk: négyzethálózatot, egyenlő oldalú háromszögekből állót stb.

3. Milyen interpolációt alkalmazzunk a függvényértékek meghatározására.

A fenti problémák egyrészt programozástechnikai kérdések, másrészt a rajzolható térkép tartalmával vannak szoros összefüggésben.

Meg kell oldani még az összekötendő pontok rajzolási sorrendjének optimalizálását, a szintvonal-értékek gépi beírását, a töréspontok kisimítását.

Vannak elvi problémák is, pl. megvizsgálandó, hogy milyen mértékű eltérés engedélyezhető annak érdekében, hogy az izovonalak szép analitikus jellegűek legyenek.

A szeizmikus információk automatikus feldolgozásának megvalósítása műszerépítési problémákat vet fel. Ezeknek a berendezéseknek a feladata a mérési információknak a számítógépi feldolgozás számára történő átalakítása, tárolása, a felhasznált számítógép olvasóberendezésének megfelelő impulzusok kibocsátása, továbbá a már tárolt információanyag ellenőrzés céljából történő megjelenítése a számítógépből nyert impulzusok alapján.

Ezen a téren az elektronikus számítógépre hárul a műszerek tervezésével kapcsolatban felmerülő számítások elvégzése, illetve az elkészített berendezések működésének ellenőrzése. A digitális információ fogadásához különleges olvasó programra van szükség. Ugyanis a kódkonverterekkel történő adatbeolvasásnál nem biztosíthatók ugyanazok a körülmények, mint a papírszalagos beolvasásnál. A szeizmogramok digitált adatainak feldolgozásához az ELGI-ben az ún. DSKZK programrendszer készült.

A kódkonverterekkel a gépbe juttatott információk ellenőrzésére s a transzformált adatok megjelenítésére gépi görberajzoló program szolgál. Az

ábrázolandó függvényt equidistance pontokban kell megadni. A pontok távolsága változtatható s a függvényértékek is nyújthatók vagy zsugoríthatók. A gépbe juttatott információk szűrése digitális úton hajtható végre. A szűrőprogram számára egy külön lyukszalagon lehet megadni a digitálási távolságot, a kiemelendő frekvenciasáv alsó és felső határát, a szűrő és szűrendő függvény hosszát. A sávkimelítő program a DSZK programrendszer számos szubrutinját használja fel. Ilyenek pl. két „ $n$ ” dimenziós vektor skaláris szorzatának a kérdése, egy „ $n$ ” elemű számhalmaz minimális és maximális elemének kiválasztása, lyukszalagról vagy mágnesszalagról „ $n$ ” darab gépi szó beolvásása, előre meghatározott tároló terület törlése, két pontot összekötő egyenes rajzolását vezérlő lyukszalag készítése. A szeizmikus csatornák ábrázolása előtt digitális amplitúdószabályozás alkalmazható. Területi idő-sebesség összefüggés ismeretében pedig a digitált szeizmogram dinamikus korrelációja valósítható meg.

A szeizmogramok frekvenciaviszonyainak tanulmányozása céljából a Fourier-transzformált közelítő értékét meghatározó programot dolgoztunk ki. Az integrálás trapéz-szabállyal történt. Az általánosság érdekében a program lehetőséget nyújt mind az idő-, mind a frekvenciatartományban a mintavételi távolság tetszőleges megválasztására.

Az általános jellegű Fourier-spektrumot meghatározó program mellett készült gyorsított működésű program is arra az esetre, ha az ordináták száma 4 egész számú többszöröse. A kétdimenziós általános frekvenciaanalizáló programok jelenleg kidolgozás alatt állnak. Program készült mind az elméleti, mind a szeizmikus csatornából számítható jelalak meghatározására. A programok Ricker-wavelet formákat számítanak, illetve Robinson eljárásával az autokorrelációs függvény spektrumából határozzák meg a legvalószínűbb jelalakat.

A szeizmogramok értelmezését zavaró reverberációk és ghostok gyengítésére, valamint az altalaj szűrőhatásának kiküszöbölésére a szakirodalomban az ún. dekonvolúciós szűrés alkalmazását ajánlják.

Külön program készült a dekonvolúciós szűrés folyamatára. A dekonvolúciós szűrőfüggvény értékeit a kívánt diszkrét pontokban egy lineáris egyenletrendszer gyökeiként kapjuk, amelynek baloldalát a szeizmikus csatorna kovariancia értékei alkotják, s jobboldalát annak az elméleti feltevésnek alapján írhatjuk fel, hogy a transzformált szeizmikus csatorna fehér zajszerű viselkedése miatt az autokorrelációs függvény csak az origóban különbözik a zérustól.

A vázolt elméleti megfontolások alapján kapott egyenletrendszert a Levinson által javasolt algoritmussal oldja meg a program.

Elméleti modellen kísérleti számítást végeztünk a vertikális és horizontális stacking eljárás tanulmányozására.

Az elméleti szeizmogramokat Neuman eljárása szerint generált véletlen számok szűrésével és Ricker-waveletek szuperponálásával állítottuk elő. Az elméleti szeizmikus csatornákat, valamint a dinamikus korrekció, a vertikális és horizontális stacking után a feldolgozás eredményeként kapott csatornákat Zuse Graphomat-tal ábrázoltattuk. Elméleti szeizmogramon ellenőriztük a kétdimenziós sebességszűrés programjának működését is. A kétdimenziós szűrőfüggvény mérete s a látszólagos sebesség paraméterszalagon oldható meg.

A sebességszűrés folyamatát sávkimelítő szűréssel kombináltuk. A frekvencia-határok ugyancsak paraméter-szalagon adhatók meg.

Az elkészült és ellenőrzött programok alapján megállapítható, hogy a szeizmikus információ-feldolgozás rendkívül munkaigényes folyamat. A feldolgozási idő jelentős csökkenése várható az alkalmazott szűrőfüggvények célsze-

rű átalakításától (ablakolások, rekurzív szűrők). Az új matematikai és programozástechnikai eljárások mellett jelentős eredményeket ígér a műszeres fejlesztés is.

Külön berendezés készül pl. a konvolúciós szorzatösszegek képzésére, a dinamikus és sztatikus korrekció végrehajtására. A szeizmikus digitális információ feldolgozása széleskörű szervező munkát igényel. Magas követelményeket támaszt a számítógéppel szemben. A szeizmikus információk gépi feldolgozásának ipari szintű alkalmazása előtt még számos problémát kell megoldani.

Az eddigieket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy bár a digitális szeizmikus eljárás mint önálló kutatási lehetőség még csak kísérleti állapotban van, mind a Szeizmikus Kutatási Üzemben, mind az *ELGI*-ben az elektronikus számítógép és rajzológép kiterjedt és rutinszerű alkalmazására máris sor került a reflexiós adatok feldolgozása terén. Ez lehetővé teszi a hasznos információk kiemelését és segíti a kiértékelőket és értelmezőket feladatuk végrehajtásában.

---

#### EGYESÜLETI HÍREK

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 1968. szeptember 23 – 27. között lezajlott XIII. Szimpóziumán mintegy 60 külföldi és csaknem 300 magyar résztvevő előtt 3 szekcióban 40 előadás hangzott el.

Az előadások anyaga 1969. év során a Magyar Geofizikában és a Geofizikai Közleményekben jelenik meg.

A Szimpóziumhoz kapcsolódó tanulmányi kiránduláson 130 résztvevő előtt 2 szakmai ismertető hangzott el.

A Szimpózium ideje alatt nagy sikerű magyar műszerbemutatót rendeztünk, melyen a geofizikai műszerek fejlesztésével foglalkozó valamennyi intézmény képviseltette magát.

---

A Magyar Geofizika 4 – 5. számában megjelenő cikkek közül az alábbi jelzések magyarázata adjuk:

\*1. jelű cikkek előadásként az 1968. március 26 – 27-i „Tavaszi Ankéton” hangzottak el. Ezen az ankéton olyan fiatal geofizikusok adtak elő, akiknek ez volt az első előadásuk ilyen szinten. A lapban való megjelentetésük az elhangzott előadás szakmai elismerését jelenti.

\*2. jelű cikkek előadásként az 1968. június 3-i „Automatizálási és Információfeldolgozási Ankéton” hangzottak el.

*Hegymegi L. – Körmenői A. – Szulyovszky I.:* A „Tavaszi Ankéton” elhangzott előadásának anyaga helyhiány miatt a IX. évf. 6. számában jelenik meg.

rű átalakításától (ablakolások, rekurzív szűrők). Az új matematikai és programozástechnikai eljárások mellett jelentős eredményeket ígér a műszeres fejlesztés is.

Külön berendezés készül pl. a konvolúciós szorzatösszegek képzésére, a dinamikus és sztatikus korrekció végrehajtására. A szeizmikus digitális információ feldolgozása széleskörű szervező munkát igényel. Magas követelményeket támaszt a számítógéppel szemben. A szeizmikus információk gépi feldolgozásának ipari szintű alkalmazása előtt még számos problémát kell megoldani.

Az eddigieket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy bár a digitális szeizmikus eljárás mint önálló kutatási lehetőség még csak kísérleti állapotban van, mind a Szeizmikus Kutatási Üzemben, mind az *ELGI*-ben az elektronikus számítógép és rajzológép kiterjedt és rutinszerű alkalmazására máris sor került a reflexiós adatok feldolgozása terén. Ez lehetővé teszi a hasznos információk kiemelését és segíti a kiértékelőket és értelmezőket feladatuk végrehajtásában.

---

### EGYESÜLETI HÍREK

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 1968. szeptember 23 – 27. között lezajlott XIII. Szimpóziumán mintegy 60 külföldi és csaknem 300 magyar résztvevő előtt 3 szekcióban 40 előadás hangzott el.

Az előadások anyaga 1969. év során a Magyar Geofizikában és a Geofizikai Közleményekben jelenik meg.

A Szimpóziumhoz kapcsolódó tanulmányi kiránduláson 130 résztvevő előtt 2 szakmai ismertető hangzott el.

A Szimpózium ideje alatt nagy sikerű magyar műszerbemutatót rendeztünk, melyen a geofizikai műszerek fejlesztésével foglalkozó valamennyi intézmény képviseltette magát.

---

A Magyar Geofizika 4 – 5. számában megjelenő cikkek közül az alábbi jelzések magyarizációját adjuk:

\*1. jelű cikkek előadásként az 1968. március 26 – 27-i „Tavaszi Ankéton” hangzottak el. Ezen az ankéton olyan fiatal geofizikusok adtak elő, akiknek ez volt az első előadásuk ilyen szinten. A lapban való megjelentetésük az elhangzott előadás szakmai elismerését jelenti.

\*2. jelű cikkek előadásként az 1968. június 3-i „Automatizálási és Információfeldolgozási Ankéton” hangzottak el.

*Hegymegi L. – Körmenői A. – Szulyovszky I.:* A „Tavaszi Ankéton” elhangzott előadásának anyaga helyhiány miatt a IX. évf. 6. számában jelenik meg.