

2 MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS

2.1.1 Háromdimenziós szeizmikus mérések programrendszerének fejlesztése*

Az ELGI 1981. Évi Jelentésében már bemutattuk a térbeli mérések feldolgozására szolgáló alpprogramokat és a zsámbéki területi mérési anyag feldolgozását.

1982-ben a feldolgozó programrendszert bővítettük a 3D migráció és a vízszintes időmetszet-készítés programjával. Mindkét program az SzCSz—3 szovjet feldolgozó programrendszerhez kapcsolódik.

A migrációs program a kétlépéses hullámegyenlet migráció megvalósítása (Prakla—Seismos Information No. 31, 1981). A megoldáshoz az alapötletet a differenciál-egyenletek elméletéből ismert szétválasztás módszere adta (CLAERBOUT: Fundamentals of Geophysical Data Processing, 1976). Ennek lényegét foglaljuk össze a következőkben.

A 3D hullámegyenlet:

$$U_{xx} + U_{yy} = \frac{4}{c^2} U_{tt},$$

ahol: $U(x, y, z, t)$ a hullámteret leíró függvény

$c(x, y, z)$ a sebességfüggvény

x, y a felszíni koordináták

z a mélység

t az idő változó

Az egyenletet szétválaszthatjuk a két felszíni koordináta szerint két egyenletre:

$$U_{xx} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz},$$

$$U_{yy} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz}.$$

A teljes megoldást a két egyenlet megoldásának összege adja. Ebből az elvből kiindulva adódik a kétlépéses módszer alapötlete: első lépésben bemenő ada-

* Drahos D.-né, Kilyényi É., Kovács E.-né, Märle R., Sipos J.

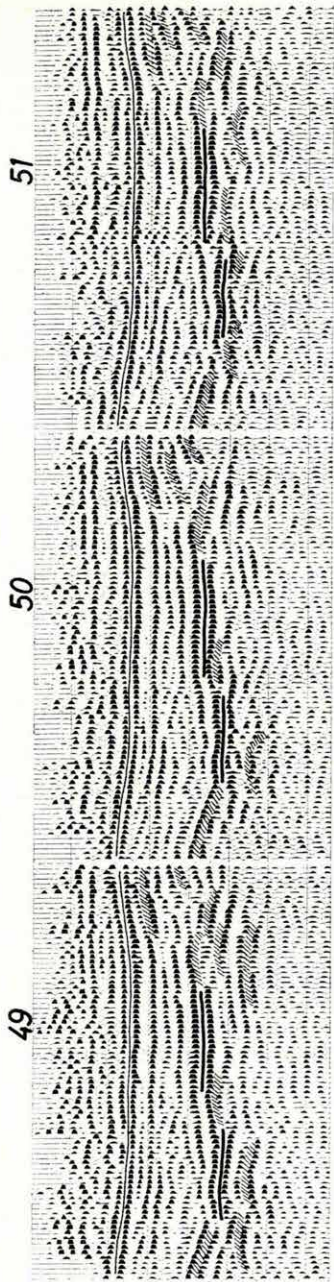
toknak tekintjük a térbeli mérési hálózat x irányú összeg-szelvényeit és ezeket külön-külön az x koordináta szerint, mint 2D szelvényeket migráljuk. A második lépésben a bemenő adatok az első lépés eredmény-szelvényei (az x szerint migrált adatrendszer) és az y koordináta szerint hajtjuk végre a 2D migrációt, így megkapva a 3D migráció eredményét.

Az egzakt szélvázasztásos módszer algoritmusa és a közelítő két lépéses módszer algoritmusa között a különbség a következő: a szétválasztásos módszernél minden lefelé folytatási lépésben végre kell hajtani egy $x \leftrightarrow y$ koordináták szerinti adatátrendezést, míg a kétlépéses módszernél ezt az átrendezést csak egyszer kell elvégezni, lényeges számítógép időt takarítva meg. Az irodalomban közzétett adatok szerint [GIBSON—LARNER—LEVIN 1982: Efficient 3D migration in two steps Geoph. Prosp. 31. 1] a módszer a legnagyobb hibát akkor adja, ha az x vagy az y tengely a dőlésiránnyal 45° -os szöget zár be. Ha ez a szög 0° -os, vagy 90° -os, a hiba — ha a migrációnál alkalmazott sebesség hibájaként fejezzük ki — nem nagyobb, mint 5% .

Megírtuk a vízszintes időmetszeteket készítő programot, mely lehetővé teszi tetszőleges időpontokhoz tartozó metszetek kiválogatását (GSI 3D Technology, 1980). Ezek a megfelelő időpontokhoz tartozó amplitúdó értékeket tartalmazák. A metszeteket szeizmikus csatornákként visszük fel mágnesszalagra: az y koordinátát megfeleltetjük a t időváltozónak. Így az SzCSz—3 programrendszer eljárásait alkalmazhatjuk az eredmény megjelenítésére, vagy további átalakítására.

Példáinkat a zsámbéki területi mérések eredményei közül választottuk ki. Három párhuzamos É—D irányú időszelvényt mutatunk be a 62. ábrán (E—49, 50, 51). A 0,2 és 0,3 s közötti időtartományban bejelölt határfelület a miocén tufa szint, vagy annak közvetlen közelében fekvő reflektáló réteghatár (vékony vonal). A 0,4—0,5 s időtartományban bejelölt töredezett határfelület a triász időszaki aljzattal azonosítható (vastag vonal). Az időszelvényeken igen sok diffraktált beérkezés jelölhető ki (sraffozással jelölve), amelyek felhívják a figyelmet az aljzat töredezett voltára, de a vetők pontos helye, elvetési magasságuk az időszelvényekből nem határozható meg. Még a szelvények közepe táján (kérdőjelesen) jelölt vető is inkább csak a felső, megszakadás nélkül tovább korrelálható reflexió energiájának fokozatos elhalásából következik. Ugyanezen három szelvény 3D migrált változatát a 63. ábrán mutatjuk be. A szelvények jobb oldalán a kusza diffrakciós képből kibontakozott egy nagy elvetési magasságú vető, majd előterében kisebb árok. Sőt a migrált szelvényekből nyilvánvalóvá válik, hogy kis mértékben a miocén tufa szintet is érinti a vető. A vető elvetési magasságát ugyancsak meghatározhatjuk a 3D migráció eredményeképpen.

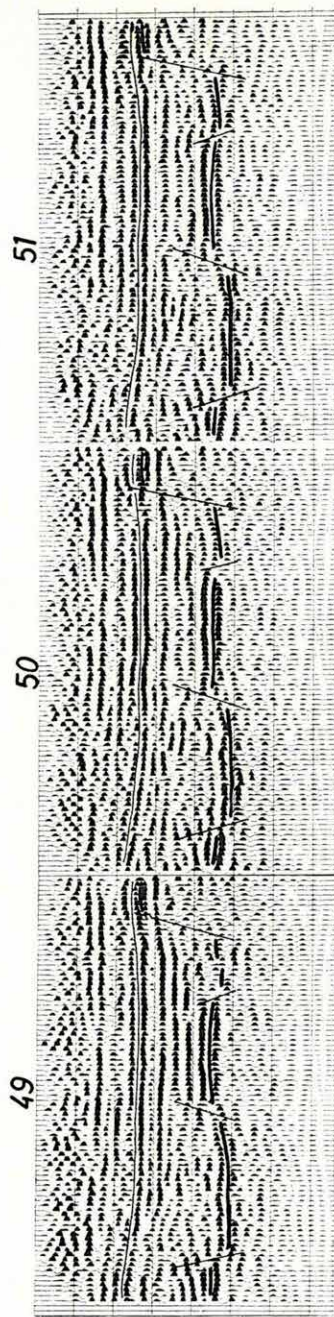
Az időmetszetek a reflexiós határfelületek térképszerű megjelenítését teszik lehetővé (64. ábra). A 20 ms-onként készített É-i tájolású időmetszeteken bejelöltük a szelvényeken követett miocén tufa szintet (vastagabb vonal) és az



62. ábra. A területi szeizmikus mérés három É—D irányú időszelvénye (E—49, 50, 51)

Fig. 62. Three N—S oriented time section (E—49, 50, 51) of the 3D seismic survey

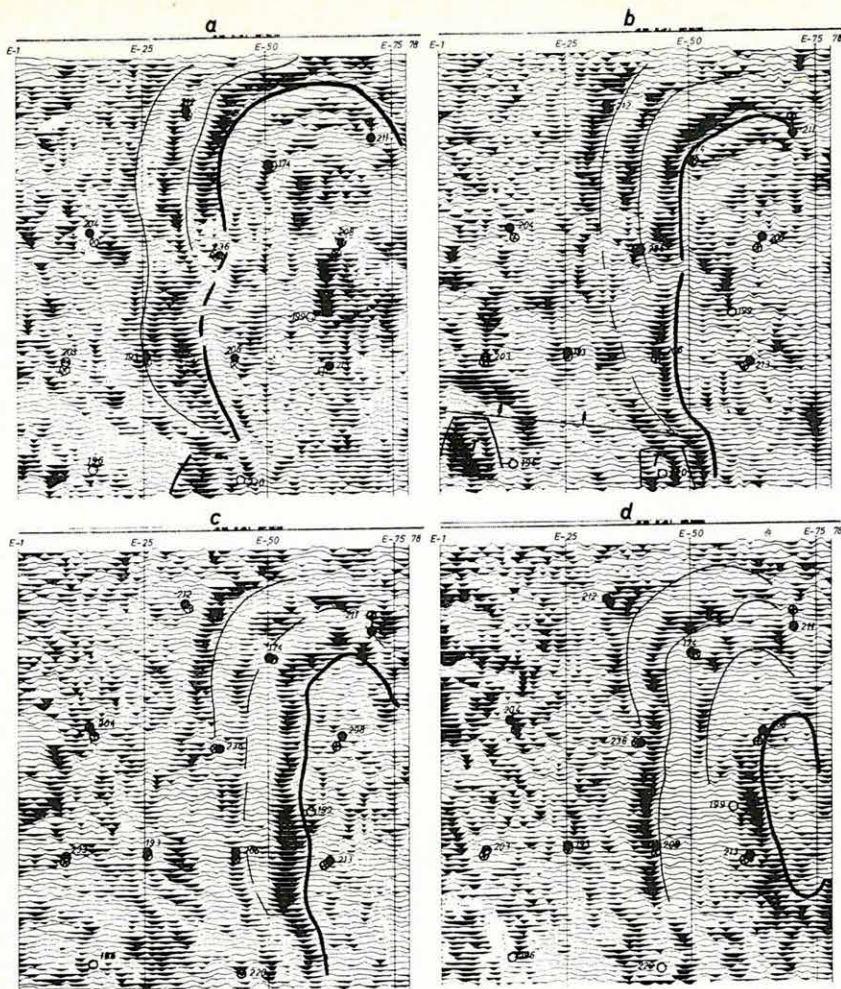
Рис. 62. Три меридиональных временных разреза площадной сейсмической съемки (E—49, 50, 51)



63. ábra. A 62. ábra három időszelvénye 3D migráció után

Fig. 63. Time sections of Fig. 62, after 3D migration

Рис. 63. Три временных разреза, приведенных на рис. 62, после трехмерной миграции



64. ábra. É-i tájolású vízszintes időmetszetek

a) $t = 240$ ms, b) $t = 260$ ms, c) $t = 280$ ms, d) $t = 300$ ms

T — triász időszaki aljzat-blokk. A fúrások ferdesége felszíni- és talphelyzetükkel van ábrázolva; a körök teljes ill. részleges betöltése az ipari- ill. nem ipari értékű kőszénharántolást jelöli

Fig. 64. N-S oriented horizontal time slices

a) $t = 240$ ms, b) $t = 260$ ms, c) $t = 280$ ms, d) $t = 300$ ms

T — Triassic basement block. Deviation of the holes are marked by the positions of their top and bottom, respectively; filling of circles is proportional with coal occurrences (industrial or non-industrial)

Рис. 64. Горизонтальные временные сечения с ориентацией к С

a) $t = 240$ мс, b) $t = 260$ мс, c) $t = 280$ мс, d) $t = 300$ мс

T — блок основания триасового возраста. Наклонность скважин изображена при помощи положения устья и забоя; полное или частичное заполнение кружок означает пересечение промышленных запасов угля или залежей, не имеющих промышленного значения, соответственно

ennek közelében jelentkező reflexiók „szintvonalait” (vékonyabb vonal). Ahol a korreláció bizonytalan, szaggatott vonalat használtunk. Az időmet-szet-sorozatból kitűnik a miocén tufa szint KDK irányú dőlése (amit a fúrási adatok is alátámasztanak) és az a jelenség, hogy a szintvonalak nem követik konformisan egymást. Ebből az egymás alatt települő üledékes rétegek kissé eltérő dőlésére következtethetünk. A miocén tufa szint közelében levő jó reflexiók alatt nem látható az egész területen követhető reflexiók határfelület, csak itt-ott jelenik meg kisebb területre kiterjedő energia-koncentráció. A 240 ms-os időmetszeten — a terület D-i részének közepén — megjelenő „energia blokk” a szelvények D-i végén megjelenő triász dolomit sasbércel, a 260 ms-os időmetszet DNY-i sarkában kierősödő energia egy másik dolomit sasbércel kapcsolatos. Az ezeket határoló vető folytatásában élesen irányt változtat a miocén tufa szint szintvonala, jelezvén, hogy a vető azt is érintette.

2.1.2 R—10 számítógépre alapozott expedíciós szeizmikus feldolgozó rendszer*

1982-ben befejeztük az R—10-re alapozott expedíciós rendszer szeizmikus programcsomagjának mintegy 5 évig tartó fejlesztését. Bár a fejlesztés egyes lépéseit 1978 óta rendszeresen közöltük az Évi Jelentésekben, indokoltnak tartjuk a jelenlegi konfiguráció és programrendszer áttekintését, annál is inkább, mert rendszerünk a DEP Görög Nemzeti Olajvállalattal kötött szerződés keretében immár több mint 2 éve folyamatosan üzemel Görögországban és jelentősen megkönnyíti a terepen dolgozó szakemberek munkáját.

A hardware konfigurációt a terepi felhasználhatóság (gépkocsiba szerelhetőség, minimális áramfogyasztás stb.) szabta meg, ennek megfelelően a jelenlegi felépítettség a következő:

- R—10 központi egység 64 Kbyte memóriával,
- konsol display,
- 800 Kbyte-os fixfejes rendszerdisk,
- sornyomtató,
- lyukszalagos bemenet/kimenet,
- terminál display,
- 2 db 800 Kbyte-os fixfejes disk demultiplexáló, multiplexáló fokozattal bővítve,
- 2 db 800 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység,
- 1 db 1600 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység,
- 21 sávós beadóegység,
- speciális processzor (tömbáthelyezés, skálázás, normálkorrekció, konvolúció műveletekkel),
- COROLLPRESS off-line színes plotter.

* Korvin G., Molnár I., Petrovics I., Rác I.

A software-rel kapcsolatos elvárások a fejlesztés során jelentősen megnöttek. Első terveinkben a terepi anyagok demultiplexálását, minőségellenőrzését, egy egyszerű összeg szelvény elkészítését tűztük ki célul és a következő programrendszert alakítottuk ki:

Beadó programok

21 vagy 9 sávós (1600 bpi vagy 800 bpi jelrögzítésű) terepi felvevők anyagának demultiplexálása, a kívánt feldolgozási (számítógépes) formátum kialakítása.

Terepi előfeldolgozás programrendszere

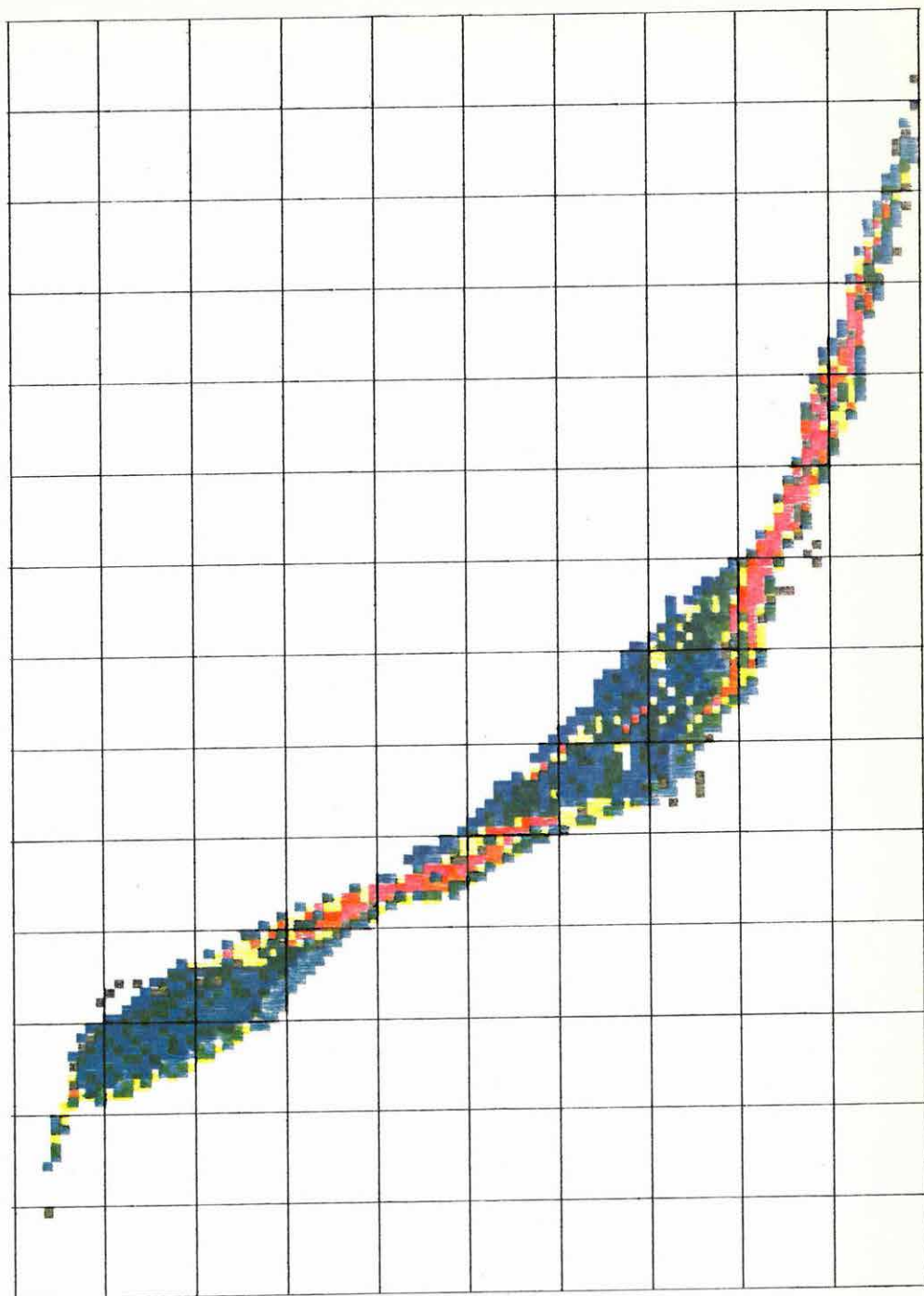
- a felvételi adatokat rögzítő és a feldolgozáshoz szükséges paraméterek előkészítése, ellenőrzése, felírása diszkre;
- mágnesszalagos bemeneti/kimeneti rutinok;
- szeizmogram szerkesztő eljárások (mute, kill stb.);
- statikus korrekció;
- dinamikus korrekció;
- dekonvolúció;
- sávszűrés;
- összegzés;
- megjelenítő programok (COROLLPRESS)

A terepi anyagok minősítésénél, a vibrojel és egyéb terepi paraméterek megválasztásánál jelentősen kihasználtuk a COROLLPRESS lehetőségeit (l. 1981. évkönyv 70. ábra).

Az első expedíciós évek tapasztalatai alapján 1982-ben a következő programfejlesztést valósítottuk meg:

- egyszerűsítettük a geofizikus-kiértékelő és a gép közötti dialógust;
- lényegesen meggyorsítottuk a feldolgozást a multiprogramozás bevezetésével: jelenleg 2 szelvény egyidejű feldolgozása mellett egy további szelvény paramétereinek előkészítése és ellenőrzése is elvégezhető;
- az előfeldolgozó programrendszert olyan eljárásokkal bővítettük, amelyek általában csak nagy centrumok programcsomagjaiban találhatók (automatikus statikus korrekció javítása* 45°-os dőlésekig alkalmas hullámegyenlet migráció*; görbevonalú mérések feldolgozásának programjai) és így az anyag teljes feldolgozása terepen elvégezhető.

* A fenti programok az OKGT GKV fejlesztési eredményei. Az automatikus statikus korrekció programját Sággy Gy., Szilágyi Lné, Zelei A. és Zsellér P., a GKV munkatársai; a hullámegyenlet migráció programját pedig Göncz G., Késmárki I., Szulyovszky I. és Vermes M., a GKV GEOSOFTWARE Vállalati Gazdasági Munkaközösségének tagjai adaptálták az ELGI R—10 számítógépére.



65. ábra. Görbevonalú szeizmikus mérés mélységpontjainak helyzete a fedésszámnak megfelelő színezéssel (legnagyobb fedésszám: piros, legkisebb: szürke)

Fig. 65. Depth-point scatterogram for a crooked line seismic survey. Colours denote fold number: maximum — red, minimum — gray

Рис. 65. Положение глубинных точек криволинейной сейсморазведки с раскраской по кратности перекрытий (максимальная кратность: красный, минимальная: серый)

Példaképpen a 65. ábra egy görbevonalú mérés esetére számított scatterogramot közöl. A léptékhelyes ábrán (amely pauszra készítve térképre helyezhető) a kis négyzetek a mérés geometriai elrendezéséből adódó közös mélységpontokat jelölik, a négyzetek színe a mélységpontok fedésszámára utal. A scatterogramot a geofizikus célszerűen már a mérés előtt elkészítheti, vagy a feldolgozás első lépéseként használhatja fel a (tetszőleges törtvonallal leírható) kiértékelési vonal meghatározására.

Az expedíciós központtal a terepen nyert anyagok beadása és minőségellenőrzése naprakészen végezhető, az anyagok expressz feldolgozása 2—3 nap alatt elkészül.

1976-ban a „Time Break” lap riportere körkérdést intézett az amerikai geofizika vezető egyéniségeihez a geofizika aktuális és perspektivikus lehetőségeiről. Legellentmondóbb válaszok a „mi a jövője a terepi számítógépnek?” kérdésre érkeztek be. [Time Break, Spring 1974 pp. 6—19.] Az ELGI hosszú évek óta bízik a terepi számítógépek jövőjében. Az R—10 expedíciós eredményei igazolják ezen elképzeléseket. Reméljük, hogy néhány év múlva hasonló sikerekről írhatunk — már az R—11 számítógépre alapozott rendszer alkalmazásáról.

2.1.3 Lebegőpontos geofizikai speciális processzor*

Az R—10 kisszámítógépre alapított real-time feldolgozó rendszerhez tervezett speciális processzort (SP) az igényeknek és tapasztalatoknak megfelelően továbbfejlesztettük. Lebegőpontos szorzó és összegző aritmetikával láttuk el, belső operatív memóriáját bővítettük. Az új típusú berendezésben a műveletek végrehajtása mikroprogramozott. Opcióként a speciális processzorhoz lebegőpontos osztó és gyökvonó aritmetika, valamint diszk háttértároló is rendelhető.

A lebegőpontos speciális processzor belső tárolója alapkiépítésében $8K \times 40$ bit. Ciklusideje kb. 70 ns. A mikroprogramtár $1K \times 32$ bit PROM. A műveletek mikroprogramozott vezérlése lehetővé teszi, hogy a speciális processzor által végezhető műveletek körét könnyen és gyorsan tudjuk bővíteni. A speciális processzort eddig az R—11 és az R—35 számítógéphez illesztettük és az SD—20 terepi felvevőrendszerünkhöz is illesztjük.

A lebegőpontos speciális processzor illesztése az R—11-es számítógéphez egy-utasításos (monocommand) jellegű és lehetővé teszi, hogy az SP parancsokat önállóan vagy egymás után, azaz parancsláncolást hajtson végre.

A speciális processzor indítása egy normál utasítással történik. Az utasítás vétele után az SP a parancs második és harmadik szavában megadott címtől kezdődően 9 szóból álló listablokkot olvas ki az R—11 számítógép memóriá-

* Komjáthy J., Páhi L., Rajnai R., Méry T., Lazarovits Gy., Rác I., Molnár I.

jából. Ez a blokk tartalmazza a processzor számára, hogy milyen művelet végrehajtása következik; mekkora adattömbön kell ezt a műveletet elvégezni; hol található ez az adattömb az R—11 számítógép memóriájában és hová kell elhelyezni az eredménytömböt.

A 9 szó kiolvasása után az SP végrehajtja a kijelölt műveletet, majd megszakítást (IT) generál a központi egység felé. Abban az esetben, ha parancsláncolás van előírva, IT generálása helyett újabb 9 szóból álló listablokkot olvas ki a processzor, és az ebben megadott utasítást is végrehajtja. Így tetszőleges számú parancsláncolás válik lehetővé. IT generálása csak a műveletsor végén, vagy valamilyen hiba esetén következik be. A 9 szavas listablokkoknak parancsláncolás esetén folyamatosan egymás után kell a memóriában elhelyezkedniük.

Az R—35 számítógéphez való illesztést a későbbiekben részletesen ismertetjük.

A speciális processzor (SP) műveletei:

MOV

A MOV utasítás duplaszavas lebegőpontos adattömbök áthelyezésére szolgál. Az utasítás végrehajtása során az adattömb a számítógép memóriájából az SP belső memóriájába, majd onnan a számítógép megadott memória-területére kerül. Az egy utasítással megadható maximális szószám 8K dupla szó.

STACK

A STACK utasítás két lebegőpontos adattömb összegzésére alkalmas. Az egyik tömböt MOV utasítással kell az SP belső tárolójába juttatni, a másik tömböt STACK utasítással kell az SP ugyanazon memóriaterületére küldeni. Az utasítás hatására az SP bemeneti címére a két tömb összege kerül.

AVE

Az AVE utasítás dupla szavas adattömbök 32 dupla szavanként vett átlagabszolútértékének számítására alkalmas. A kimeneti tömb szószáma a bemeneti tömb szószámának harmincketted része.

$$A_m = \frac{\sum_{n=32}^{32m+31} |A_n|}{32}, \quad m = \frac{n}{32},$$

A_n = a bemeneti tömb n -edik eleme
 A_m = a kimeneti tömb m -edik eleme

m = kimeneti tömb szószáma
 n = bemeneti tömb szószáma

FLL

Az FLL utasítás paraméterek betöltésére alkalmas az SP belső tárába. Az

utasítás hatására a paraméterek darabszáma a paraméterszám számlálóba, a kezdő címe pedig a paraméter címszámlálóba kerül.

SCL

Az SCL (skálázás) művelet szeizmikus csatorna-adatok programszabályozására alkalmas. A 32 mintánként megadott skála függvényt az FLL művelettel előzőleg az SP belső memóriájába kell tölteni. Az SCL művelet ezt a függvényt a végrehajtás során lineárisan interpolálja, és a megfelelő interpolált értékekkel szorozza meg a bemeneti tömb megfelelő elemét.

$$K_m = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad \begin{array}{l} l=0 \dots 32 \\ i=0 \dots I \\ m=0 \dots M \end{array}$$

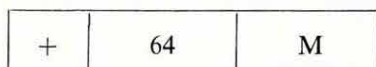
$$Y_m = X_m \cdot K_m$$

ahol:

X_m = a bemeneti tömb m -edik eleme K_i = a 32 mintánként megadott skálafüggvény i -edik eleme
 Y_m = a kimeneti tömb m -edik eleme K_m = az m -edik interpolált érték

NMO

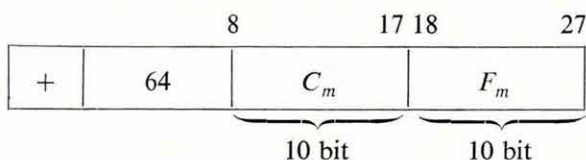
A művelet szeizmikus csatornák normálkorrekciójának végrehajtására szolgál. A művelet minden kimenő értékhez lineáris interpolációval határozza meg a korrekció diszkrét értékét, amelyet a 32 mintánként megadott korrekciós függvényből számít ki. A korrekciós függvényt az NMO műveletet megelőzően egy FLL utasítással kell az SP belső tárolójába juttatni. A korrekciós függvény adatformátuma:



A mantissza első 10 bit-je a C_m címkorrekciós tag, a következő 5 bit az F_m szorzófüggvény. Az m -edik kimeneti elemhez tartozó korrekció értékét jelöljük K_m -mel.

$$K_m = \frac{K_i(32-l) + K_{i+1} \cdot l}{32} = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad l=0,1 \dots 31$$

Az interpoláció alatt az összegző aritmetika a végeredményt nem normalizálja. Interpoláció után a K_m korrekciós érték adatformátuma:



A kimeneti tömb m -edik elemének értéke:

$$D_m = A_n \cdot (1 - F_n) + A_{n+1} \cdot F_n = A_n - A_n \cdot F_n + A_{n+1} \cdot F_n,$$

ahol: $n = m + C_m$, A_n = a bemeneti tömb n -edik eleme

A végeredmény normalizált lebegőpontos szám.

REK

A művelet szeizmikus csatornák rekurziós szűrésére alkalmas. A szűrőfüggvény értékeit FLL utasítással kell a belső tárba tölteni. Jelöljük Y_k -val ($k=0, 1, \dots$) a kimenő adatokat, x_k -val a bemenő adatokat, C_i -vel a szűrő értékeit ($i=1, 2, \dots I$). A megvalósított függvénykapcsolat:

$$Y_k = X_k + \sum_{i=1}^{I-1} Y_{k-i} \cdot C_i.$$

CNV

A művelet szeizmikus csatornák konvolúciós szűrésének elvégzésére szolgál. A konvolúciós függvény diszkrét értékeit FLL utasítással kell betölteni a belső tárba.

Jelöljük Y_k -val ($k=0, 1, \dots$) a kimenő adatokat, X_k -val a bemenő adatokat, C_i -vel a szűrő értékeit ($i=0, 1 \dots I$).

A megvalósított függvénykapcsolat:

$$Y_k = \sum_{i=0}^{I-1} X_{k-i} \cdot C_i.$$

Ez a művelet használható korreláció számítására is.

OTT

A művelet az SP belső memóriájának törlésére szolgál. A törlést megadott címtől végzi el megadott memóriaterületen.

ORE

Az utasítás megfelel egy OTT és egy REK utasításnak.

OCN

Az utasítás megfelel egy OTT és egy CNV utasításnak.

FFT

A gyors Fourier-transzformációs művelet az adatokat időtartományból komplex frekvenciatartományba alakítja át az alábbi formula alapján:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n)W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n+1)W_N^{(2n+1)k},$$
$$W_N^2 = [e^{-j(2\pi/N)}]^2,$$

ahol:

$X(k)$ = komplex frekvencia adatsor

$x(n)$ = adat sorozat az n időközökben

n = 0, ... $N/2$

N = adat szószáma

Opcionálisan a lebegőpontos speciális processzorhoz rendelhető egy diszk csatoló, amely a (rázásálló) 2,5 Mbyte-os diszket a belső buszra illeszti. Így a 2,5 Mbyte-os diszket a speciális processzor háttértárolóként kezeli. Nagy adattömbök feldolgozása során a részeredményeket tárolhatjuk a diszken, így az R—11 számítógép monobuszát és operatív memóriáját nem terheli adatátvitel. Ha a speciális processzor a részeredményt diszkre írja, vagy onnan kéri be az adattömböt, akkor ezt indításkor a parancsblokkban közöljük.

Diszk művelet esetén a speciális processzor foglalt és mindaddig foglalt marad, míg a diszk be nem fejezi az adatátvitelt. A diszken tárolt adatok formátuma duplaszavas lebegőpontos 2's komplementű szám.

2.1.4 A speciális processzor illesztése R—35 számítógéphez*

R—35 bázisú földtani—geofizikai számítóközpontunkhoz 1982-ben illesztettük saját fejlesztésű, lebegőpontos speciális processzorunkat.

A geofizikai adatfeldolgozás egyes szakaszaiban különösen nagy adattömegben kell korrelációs analízis jellegű feladatokat végrehajtani. Közismert, hogy — azonos integráltsági fokú elemeket feltételezve — az ilyen műveletek elvégzése tisztán hardware úton kb 20—100-szor gyorsabb, mint a programozott számítás.

Ezért az ismétlődő feladatokat cél-hardware-rel (mátrix processzor) ésszerű elvégeztetni. Ezért — az eredetileg kis számítógéphez kifejlesztett — mátrix processzor jellegű speciális geofizikai processzorunkat (SP) illesztettük az R—35 géphez.

* Kaszás M., Csontos F., Gyurasits T., Zong L.

Egy ilyen jellegű processzor géphez illesztésének 3 fő útja ismert:

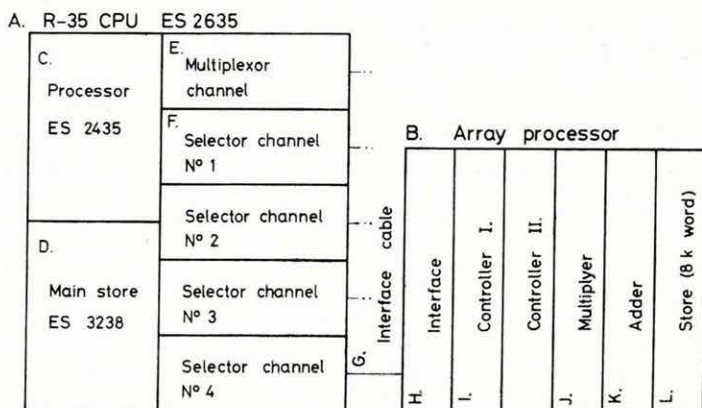
- a gép utasításválasztékának bővítése mátrix-műveletekkel (ilyen pl. az R—55 mátrix modulja). E megoldás előnye, hogy csak a központi processzor utasítás-választékának bővítését igényli, hátránya, hogy a mátrix-műveletek végzése alatt a processzor és az operatív tár foglalt, más műveletek végzésére nem használható;
- saját tárat nem tartalmazó mátrix processzor alkalmazása (ilyen az IBM 2938, az R—35-höz kapcsolható ESz 2335, stb.). E megoldás hátránya, hogy működése idején az operatív tárat lefoglalja, így a központi processzor más munkákra csak kis mértékben alkalmazható. Ezen kívül külön DMA csatorna beépítését igényli;
- saját táras mátrix processzor alkalmazása, amely perifériaként csatlakozik a nagy géphez (ilyen pl. az IBM 3838, de nagy számú hasonló megoldás ismert kis gépekhez csatolva is). Itt a saját tár — ma már nem túl nagy — többlet költségét bőségesen ellensúlyozza, hogy a gép processzora csak a meghívás idejére, az operatív tár csak egyszeri adat ki/bevitel időtartamára foglalt; a teljes gép minden erőforrásával más programok futtatására használható.

Az ELGI-ben kifejlesztett speciális processzor R—35-höz való illesztésénél mi az utolsó változatot választottuk. A megoldás univerzális: az illesztés az ESzR I. és II. sorozat, az IBM 360 és 370 rendszereinek bármely szelektor csatornájára csatlakoztatható. Mi a saját R—35 gépünknel annak 4. szelektor csatornájához csatlakoztattuk a 66. ábra blokkdiagramja szerint. Megoldásunk olyan, hogy az adatsere több, mint 1 Megabyte/s sebességgel végezhető. Célszerűnek láttuk, hogy ezen a szelektor csatornán más periféria ne legyen.

A speciális processzor aktiválása szabványos IBM perifériameghívási eljárással történik (SIO, TIO, TCH utasításokkal). A meghívás lebonyolítása után a vezérlést a csatorna veszi át; a csatorna-parancsokat a csatorna és az illesztő kártya is értelmezi. Ez azonban még csak az SP mint periféria bemenet/kimenet műveleteit biztosítja. Egyetlen meghívással (EXCP) egyszerre legfeljebb 256 tagú csatorna-parancs láncot (CCW) lehet kiadni, azaz egyetlen meghívással legfeljebb 256 különböző művelet végeztethető el az SP-vel. A csatorna-parancs szavak a bemenet/kimenet műveletek elvégzéséhez szükséges minden információt tartalmaznak: a műveletek típusait, a kiküldendő/behazandó adatok virtuális tárbeli kezdő címeit, blokkhosszukat stb. A ténylegesen végzendő műveletek utasítás-kódját, az SP működtetéséhez szükséges minden információt (az SP leírásánál ismertetett lista-szavakat) a szelektorcsatorna normál írásművelettel küldi ki az SP-hez. Az illesztőegység választja szét a kiküldött információt vezérlő- és adattömbre.

Az adatkiviteli folyamat végét az illesztő jelzi az SP-nek, ami után az SP önállóan végrehajtja a megadott műveleteket a saját tárában levő adatokon.

Ezalatt a processzor és az R—35 minden más erőforrása egyéb munkák végzésére szabadon felhasználható. Amikor az SP a megadott összes művelet elvégezte, az interface megszakítást kezdeményez a 4. szelektor csatornában és a vezérlés az IBM perifériákkal teljesen megegyező módon kerül vissza a felhasználói programhoz.



66. ábra. A geofizikai speciális processzor csatlakoztatása az R—35 számítógéphez

A — R-35 központi egysége; B — mátrix processzor; C — processzor; D — központi memória; E — multiplexer csatorna; F — szelektor csatorna; G — interface kábel; H — interface; I — vezérlő; J — szorzó; K — összegző; L — 8 Kszó memória

Fig. 66. Interfacing of the geophysical special processor to the R-35 computer

Рис. 66. Подключение геофизического специального процессора к ЭВМ ЕС—1035

A — Центральное устройство ЕС—1035; B — матричный процессор; C — процессор; D — центральная память; E — мультиплексорный канал; F — селекторный канал; G — кабель интерфейса; H — интерфейс; I — устройство управления; J — устройство умножения; K — устройство сложения; L — память 8K слов

A speciális processzor illesztésének programtámogatása

A speciális processzor az R—35-ön az alábbi 4 programozási szinten hívható:

- fizikai bemenet/kimenet kezeléssel (nem ajánlott),
- az ELGI-ben készült handler segítségével,
- az ELGI GVPS (Geophysical Vector Processing System) rendszerének alkalmazásával,
- az Internyeftyegez Koordinációs Központ SzCSz—3 programrendszerén keresztül.

- a) Mint minden periféria, a speciális processzor is vezérelhető közvetlen fizikai bemenet/kimenet kezeléssel. Ilyenkor a felhasználó maga gondoskodik a periféria vezérléséhez szükséges összes teendő elvégzéséről, ami szükségtelenül sok programozási munkát igényel, ezért alkalmazását nem ajánljuk.
- b) Az ELGI-ben elkészült handler kapcsolatot biztosít az SP és a felhasználó között, azaz elvégzi mindazon funkciókat, amelyek egy periféria vezérléséhez szükségesek, azaz
- felállítja és aktiválja az operációs rendszer által igényelt vezérlő blokkokat (processzor vezérlő blokk, berendezés vezérlő blokk stb),
 - összeállítja a felhasználó által megadott adatok alapján a csatorna parancs-szó láncot,
 - ellenőrzi, hogy a feldolgozó program nem olyan művelet elvégzését kéri-e, amelyet az SP nem tud végrehajtani (túl nagy blokkokon végzendő művelet, túl- vagy alulcsordulás, nem létező tárcím, nem létező utasításkód stb.),
 - a „művelet vége” helyzetet érzékeli, a vezérlést visszaadja, hibaellenőrzést végez,
 - a handler olyan funkciókat is tartalmaz, melyek a fenti paraméterellenőrzési funkciókhoz segítséget nyújtanak.

A handler működésének logikájáról a következőket kell megjegyezni:

- a handler bázis operációs rendszere OS/VS1,
- a handler változtatás nélkül használható a következő operációs rendszerekben: OS/MFT, OS/MVT, OS/VS2,
- a handler csekély változtatással felhasználható a DOS és a DOS/VS operációs rendszerben is,
- a handler multiprogramozott üzemet valósít meg az SP szempontjából (egyidőben több program is használhatja az SP-t).

Ha a handlert közvetlenül nem kívánja használni a programozó, akkor maga a handler a felhasználó számára „nem látszik”. Az SP minden műveletét rövid lebegőpontos számokkal végzi (szabványos IBM R*4 formátum). A rendszer számítási rutinjai FORTRAN nyelvűek.

- c) A Geophysical Vector Processing System (GVPS) az ELGI olyan software rendszere, mely magasabb szintű kapcsolatot létesít a felhasználói program és az SP között és így nagyon egyszerűsíti a speciális processzor kifejezetten geofizikai célra történő alkalmazását. A rendszert fokozatosan építjük ki minden olyan geofizikai műveletre, melynél az SP célszerűen felhasználható. 1982. végéig az alábbi funkciók készültek el:

Vektor—vektor összeg (ADV VH)

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A tömbök együttes mérete az SP jelenlegi kiépítésében 8K szó. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = X(i) + Y(i) \quad i = 1, 2, 3, \dots n.$$

Korrelációs szorzás (COR FH)

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A műveleti tömbök méretét az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$K = N + M - 1,$$

ahol:

N — a szűrőfüggvény hossza

M — az időfüggvény hossza

K — az eredmény hossza

tárigény = $K + N + M = 2 \cdot (N + M) - 1$

vagyis $2 \cdot (N + M) - 1$ legyen kisebb mint 8K.

A megvalósított matematikai művelet:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(j) \cdot A(i+j-1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

Konvolúciós szorzás (CON VH)

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök.

A művelet tárigénye:

$$2 \cdot (N + M) - 1,$$

ahol:

N — a szűrőfüggvény hossza

M — az időfüggvény hossza

A megvalósított matematikai művelet:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(i) \cdot A(i-j+1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

Vektor-skalár osztás (DV SH)

A művelet operandusai: egy lebegőpontos normalizált tömb és egy lebegőpontos skalár változó. Az operandus tömb mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) : P.$$

Vektor-skalár szorzás (MVSH)

A művelet operandusai: egy lebegőpontos normalizált tömb és egy lebegőpontos skalár változó. Az operandus tömb mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) \cdot P.$$

Vektor—vektor kivonás (SVVH)

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A tömbök össz-mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) - P(i).$$

Megjegyezzük, hogy az SP működése alatt

- a processzor minden hardware erőforrása szabad más partíciókban végzett munkákhoz,
- a WAIT művelet aszinkron működésű, azaz abban a partícióban is végezhető más (pl. a következő műveletet előkészítő) munka, amely az SP-t használja,
- egyetlen paraméter megváltoztatásával az SP helyett hasonló algoritmust végrehajtó szubrutin kapcsolódik be.

d) A GVPS rutinok paraméterezési módja megegyezik az Internyeftegaz Koordinációs Központ SzCSz—3 szeizmikus feldolgozó programrendszerének paraméterezésével, így a GVPS rutinok SzCSz—3-ban történő felhasználásra közvetlenül alkalmasak. A c) pontban vázoltak szerint tehát a felhasználó egyetlen kártya cseréjével kérheti az SzCSz—3 programrendszerrel a GVPS—SP alrendszer automatikus felhasználását.

A feldolgozás hatékonyságának növekedése speciális processzor alkalmazása esetén:

A rendszer működése SP-vel alapvetően különbözik az SP nélküli esettől:

- SP alkalmazása esetén (az SP mint periféria kezelésével kapcsolatos) többlet rendszertevékenység szükséges,
- kismérvű többletidő igényt jelent a bemeneti/kimeneti műveletek elvégzése is,
- az SP tényleges működése során viszont a teljes rendszer — a processzor és az operatív tár is — akár más, akár hasonló geofizikai feldolgozó programok futtatására is szabad. A hatékonyság növekedésére tehát a processzor-idő csökkenés mértéke jellemzőbb, mint a gépben tartózkodás idejének csökkenése.

Az alábbiakban közlünk néhány mért adatot, de ezeket a fentiek figyelembevételével kell értékelni.

A hardware sebességére jellemző, hogy tipikus konvolúciót (103 szűrőpont, csatornánként 2000 adat) az SP kb. 73-szor gyorsabban végez el, mint az R—35 software-je. Megjegyezzük, hogy ez csak a hardware gyorsítást tartalmazza, és nem veszi figyelembe sem a rendszeridő szükségletet, sem azt, hogy az SP alkalmazásakor a teljes rendszer szabad más munkák elvégzésére. Az SzCSz—3 programrendszer FILVTX elnevezésű szűrő programja hasonló adatsorokon az SP alkalmazásával 26-szor kevesebb processzor idő igénybevételével végez el egy szűrést. E szám már figyelembe veszi a szűrés nem SP-vel végzett műveleteit, a többlet rendszertevékenységet, és a bemeneti/kimeneti műveleteket is.

2.1.5 Kőzetfeszültség vizsgálatok a Csordakúti alsó telepben*

Az ún. „eocén szénmedencék” szénvagyónának jelentős része közvetlenül vastagpados édesvízi mészkő alatt helyezkedik el. A tapasztalatok szerint a vastagpados rideg mészkő jelenléte a fedőben nagyon megnöveli a művelés során bekövetkező kőzetrengések valószínűségét. A kőzetrengés-veszély elhárítása a megfelelő biztosításon túl olyan fejtési megoldást követel, amely vagy elkerüli a kőzetfeszültségek veszélyes mértékű felhalmozódását, vagy lehetővé teszi a felhalmozott feszültségek irányított áthelyezését. Mindkét lehetőség a fejtési front tágabb előterében a kőzetfeszültségek alakulásának olyan pontos ismeretét kívánja meg, amelyet a korábban alkalmazott feszültség-vizsgáló eljárásokkal nem lehet elérni.

A probléma megoldását az a felismerés tette lehetővé, hogy a kőzetfeszültségek mértéke és a kőzetekben terjedő szeizmikus hullámok sebessége között szoros összefüggés van. Ismételt szeizmikus sebességmérések segítségével nyomon követhetjük a kőzetek feszültségviszonyaiban bekövetkező változásokat. Ezen az elven a kőzetek feszültségviszonyainak ellenőrzésére az ELGI a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztályával közösen kifejlesztette a „szeizmikus átvilágítások” módszerét, mint ahogyan erről már 1980. Évi Jelentésünkben is említést tettünk.

A szeizmikus átvilágítások módszerének lényege, hogy a vizsgálandó terület-részen nagyszámú, egymást keresztező sugárút mentén mérjük a szeizmikus hullámok terjedési idejét. Mind a hullámforrások, mind az észlelési pontok a terület peremén helyezkednek el, így az egyes hullámutak mentén mért terjedési sebességeket úgy kezelhetjük, mint a vizsgálandó terület sebességeloszlásának vetületeit. A vetületekből valamely képrekonstrukciós módszerrel

* Bodoky T., Dianiska L., Hermann L., Körmendi A.

meghatározható a sebességeloszlás. Megoldásunkban az iteratív ART (Algebraic Reconstruction Technique) eljárást alkalmazzuk azzal a kiegészítéssel, hogy a sugárutak nem tekinthetők egyenesnek, ezért az iterációs eljárás egyes lépéseihöz szükséges számított terjedési időket a számított sebességeloszlásoknak megfelelő görbült sugárutak mentén számítjuk.

Az ún. „eocén területeken” kőzetfeszültség megfigyelésre a szeizmikus átvilágítást először a Csordakúti Bányauzemben alkalmaztuk. A mérés alapelve az volt, hogy a frontelőkészítő vágatok kihajtása után, még a termelés indulása előtt, az előkészített fejtési mező sebességeloszlás térképét előkészítettük, majd a front megindulása után rendszeresen, rövid időközönként a front 50 m-es előterében a szállító és légvágat között végzett mérésekből ismételt sebességeloszlás résztérképeket számítottunk. Az ismételt mérések eredményeit összehasonlítva a termelés megindulása előtt mért alapeloszlással, világosan elkülöníthető volt a földtani tényezők és a bányaműveletek hatása.

A mérőrendszer megtervezését és felépítését az ELGI a Tatabányai Szénbányák Bányaföldtani Osztályával és Csordakúti Bányauzemével közösen végezte. A rezgésérzékelők NDK gyártmányú piezo-kristályok, amelyeket beépítettünk az előerősítőkkel együtt egy hengeres fémházba. Az érzékelőket a vágat oldalfalán a telep középvonalába fúrt, kb. 0,5 m mély lyukakba telepítettük. Az érzékelők és a gerjesztőpontok horizontális távolsága 4 m volt. A bánya és a felszín közötti jelátvitelre egy 1800 m hosszú, 54 eres, szabványos bányatelefon kábelt használtunk. A regisztrálást a felszínen az ELGI ESS—01—24 típusú mérnökszeizmikus berendezésével végeztük.

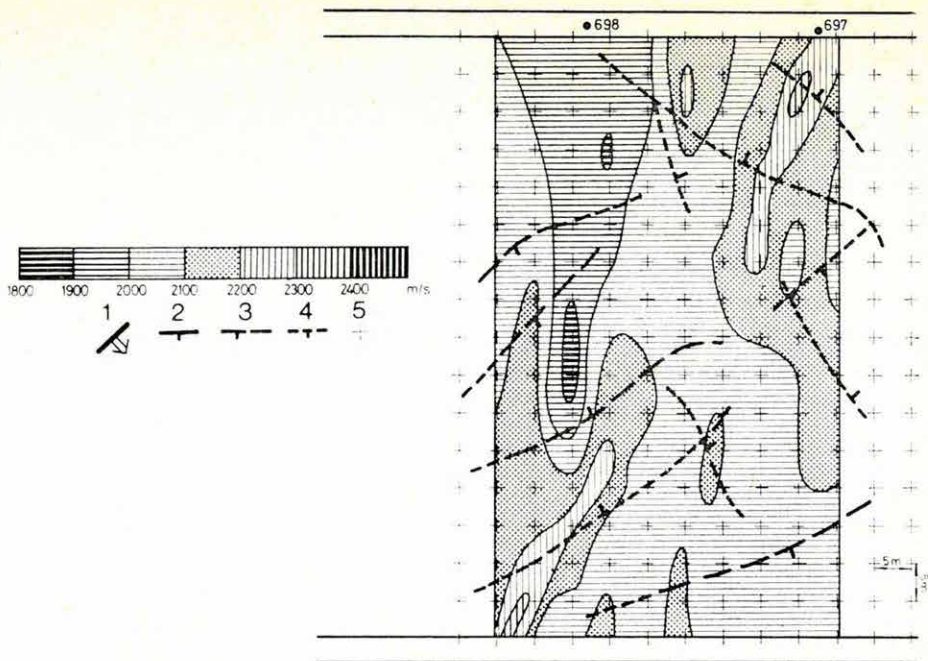
A jelgerjesztés a telep közepébe helyezett közethorgonyokra mért kalapácsütésekkel történt, ugyancsak 4 m-es közzel. Egy felvétel általában 16—20 egyedi ütés összegeként állt elő. A mérésekhez a termelést nem kellett leállítani, mert egy 50 m-es szakaszt egy műszakváltás nyugalmi ideje alatt le tudunk mérni.

A mérések feldolgozása során a beérkezési idők meghatározása kézi úton történt, minden további műveletet — a térképrajzolást is beleértve — számítógéppel végeztettünk.

A mérések eredményeként nyert sebességeloszlás térképek anomáliáinak földtani és bányaművelési okai vannak. Az eredményeket és értelmezésüket a következőkben néhány jellemző példa segítségével illusztráljuk:

a) Sebességanomáliák földtani okok miatt:

A fejtési mező alapsebesség-eloszlási térképének egy szakaszát mutatja be a 67. ábra. A front kb. 50 m-rel a bemutatott szakasz előtt húzódik. A sebességeloszlás és a későbbiekben a fejtés során megállapított mikrotektonika között összefüggés ismerhető fel, pl. a bal alsó sarokban levő sebesség maximum egy kis amplitúdójú sashérbéhez, a mező közepe táján levő minimum pedig egy hasonlóan kis árokhoz kapcsolódik.



67. ábra. Alapmérésből (1982. I. 16.) számított sebességeloszlási térkép, a fejtés során meghatározott mikrotektonikával

1 — front. Vetőmagasság: 2 — >1m, 3 — 0,5—1m, 4 — <0,5m. 5 — a térképszámítás rácsálózata

Fig. 67. Reference velocity field (as of January 16, 1982), showing the microtectonics encountered during subsequent winning

1 — coalface. Fault of throw: 2 — >1m, 3 — 0.5—1m, 4 — <0.5m. 5 — grid of mag computation

Рис. 67. Карта распределения скоростей, вычисленная по основному измерению (16. 01. 1982 г.) с микро тектоникой, определенной в процессе разработки

1 — передний фронт. Вертикальная амплитуда смещения: 2 — >1м, 3 — 0,5—1м, 4 — <0,5м, 5 — решетка вычисления карт

b) Sebességanomáliák fejtési hatásokra:

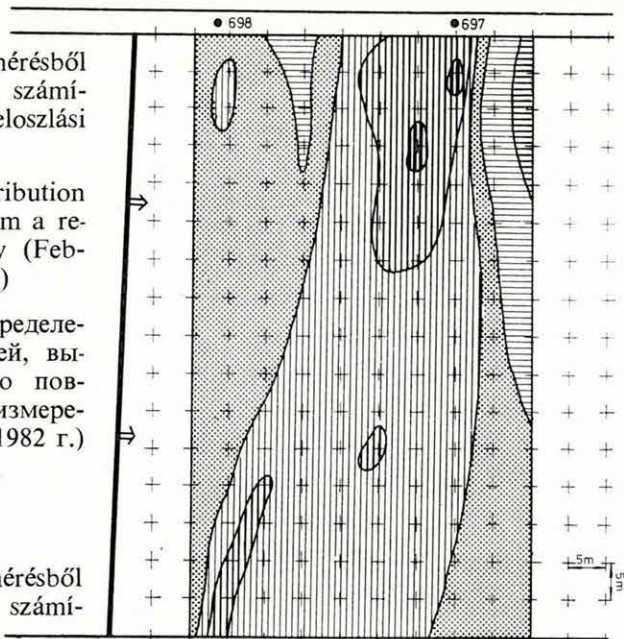
A 68. és 69. ábra két, az előző alapméréssel azonos helyen végzett ismétlődő mérést mutat. Összehasonlítva a 3 térképet jól látható, hogy a fronthomlok távolabbi előterében a sebességek — azaz a feszültségek — a bányászati tapasztalatokkal jól egyezően megnövekednek, vagyis a front egy növelt feszültségű zónát tol maga előtt, míg a fronthomlok közvetlen előterében a feszültségek gyorsan csökkennek. A 70. ábrán bemutatott mérés sebességeloszlás térképén a fronthomlaktól kb. 17 m-re éles sebesség csúcsot figyelhetünk meg, itt a sebességnövekedés az alapeloszláshoz képest csaknem 30%-os. Ez a sebesség (feszültség) maximum egy kb. 1 m-es vető mellett van, tipikus példája a bányászati szakirodalom által kőzetrendésveszélyes helyek közé sorolt úgynevezett „telep-beccsípődés”-nek. A 71. ábra sebességeloszlás térképe arra mutat

példát, hogy milyen sebesség (feszültség) anomáliák alakulnak ki akkor, amikor a front egy vágathoz közeledik. A fronthomloktól kb. 15 m-re kihajtott kutatóvágat mindkét oldalán egyértelmű sebességnövekedés tapasztalható.

68. ábra. Ismételt mérésből (1982. II. 1.) számított sebességeloszlási térkép

Fig. 68. Velocity distribution computed from a repeated survey (February 1, 1982)

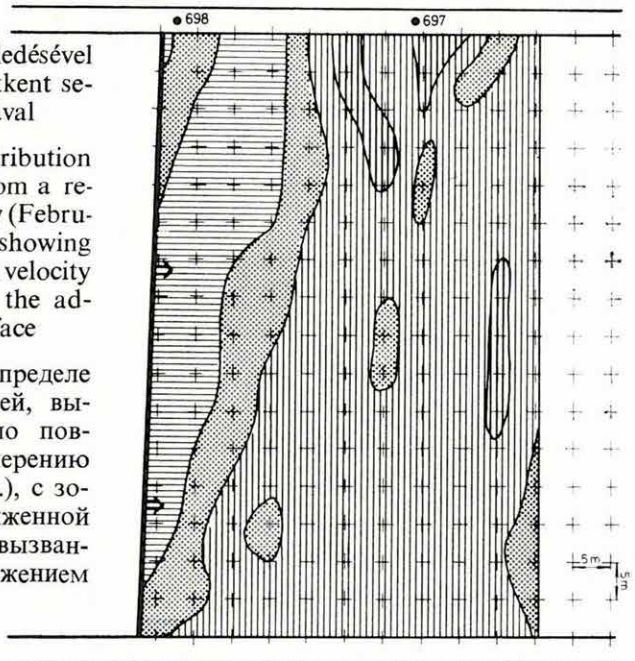
Рис. 68. Карта распределения скоростей, вычисленная по повторному измерению (1. 02. 1982 г.)



69. ábra. Ismételt mérésből (1982. II. 3.) számított sebességeloszlási térkép, a front közeledésével létrejött csökkent sebességű zónával

Fig. 69. Velocity distribution computed from a repeated survey (February 3, 1982), showing the decreased velocity zone due to the advancing coalface

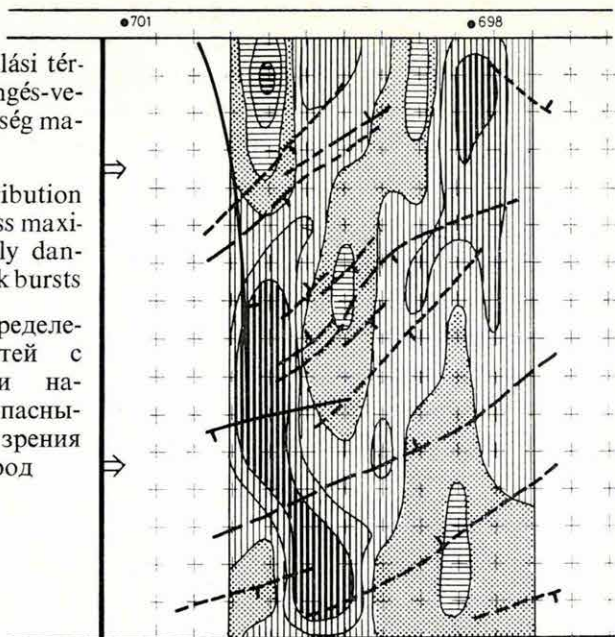
Рис. 69. Карта распределения скоростей, вычисленная по повторному измерению (3. 02. 1982 г.), с зоной пониженной скорости, вызванной приближением фронта



70. ábra. Sebességeloszlási térkép, kőzetregés-ve-szélyséves feszültség ma-ximumokkal

Fig. 70. Velocity distribution map with stress maxi-ma, potentially dan-gerous for rock bursts

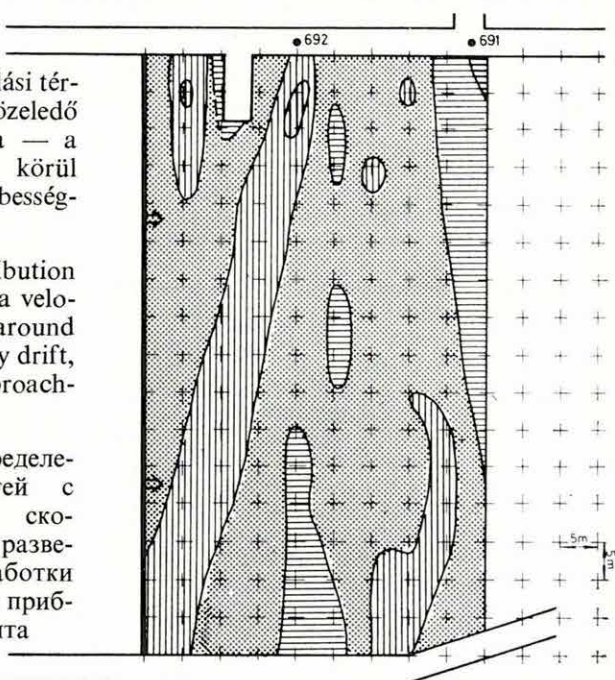
Рис. 70. Карта распределе-ния скоростей с максимами на-пряжения, опасны-ми с точки зрения трясения пород

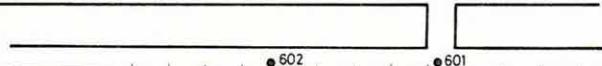
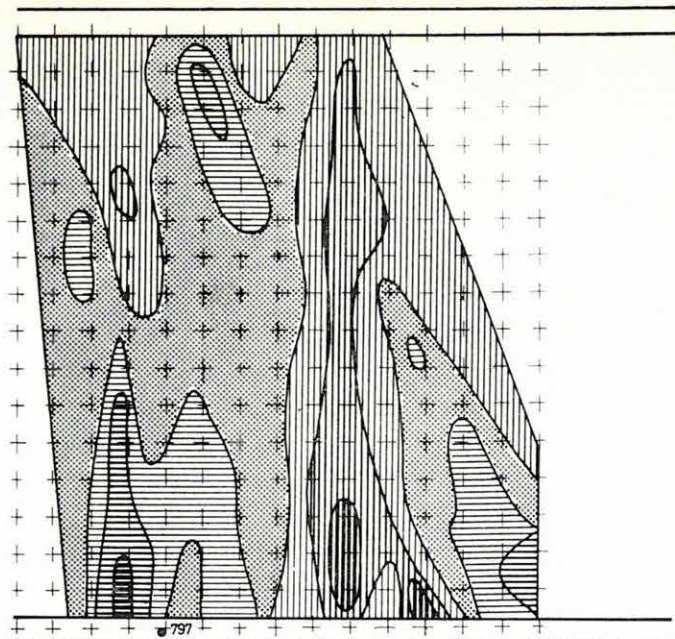


71. ábra. Sebességeloszlási térkép — a közeledő front hatására — a kutató vágat körül kialakult sebesség-növekedés:el

Fig. 71. Velocity distribution map showing a velo-city increase around the exploratory drift, due to the approach-ing coalface

Рис. 71. Карта распределе-ния скоростей с повышением ско-рости около развед-очной выработки под влиянием приб-лижения фронта

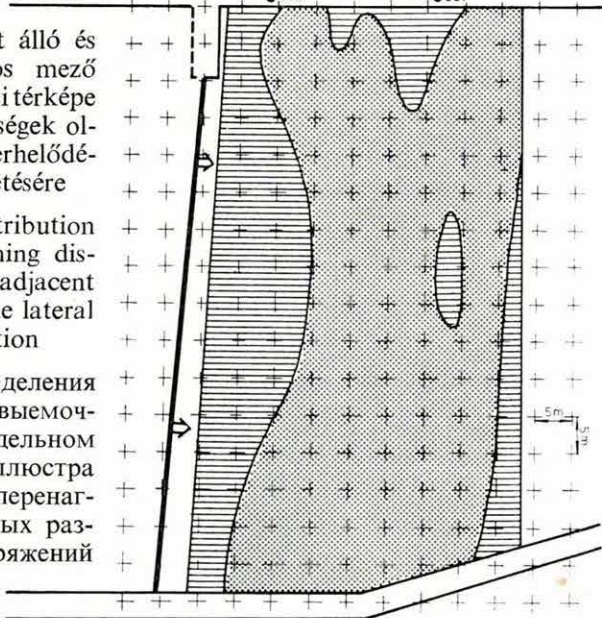




72. ábra. Egy fejtés alatt álló és egy szomszédos mező sebességeloszlási térképe a fejtési feszültségek oldalirányú áttelődésének szemléltetésére

Fig. 72. Velocity distribution maps of a winning district and of an adjacent one, to illustrate lateral stress translocation

Рис. 72. Карта распределения скоростей в выемочном и сопредельном полях для иллюстрации боковой перенатрузки вызванных разработкой напряжений



A 72. ábra egy olyan kettős mérés eredménytérképét mutatja be, amelynél a front előtt végzett méréssel egyidejűleg az előkészítés alatt álló szomszédos fejtési mező területén is mértünk. Bár a bemutatott kettős sebességeloszlás térképén egyéb tényezők — pl. felsőbb szinteken meghagyott pillérek — hatása is tükröződik, mégis felismerhető a fronthomlokkal egy vonalban az áttelhelt feszültségek hatására kialakuló megnövekedett sebességű zóna, amely a mérés utáni napon a vágat erős megrongálódását okozta. Amint ezt példánk is alátámasztja, a szeizmikus átvilágítások módszere a bányabeli feszültségviszonyok alakulásának megismeréséhez jól használható, eredményes eszköz. Az erre kialakított mérőrendszer azonban a bemutatottnál sokkal összetettebben is felhasználható, mert az alapmérések megfelelő mérési technika esetén tektonika-kutató telephullám méréseként is kiértékelhetők. Az érzékelő rendszer pedig, melynek egyes tagjait csak lassan, a front mozgásának megfelelően telepítjük tovább — megfelelő műszeres háttérrel — a spontán akusztikus emissziók megfigyelésére is alkalmas. Ezzel a kőzetrengés előrejelzése valósítható meg.