

MATEMATIKAI MÓDSZEREK ÉS GÉPI ADATFELDOLGOZÁS A FÖLDTANI KUTATÁSBAN

BARABÁS ANTAL—GELLERT FERENC*

Arra a feladatra vállalkoztunk, hogy összefoglalóan értékeljük a matematikai módszerek és elektronikus számítógépek földtani—geofizikai feladatok megoldására történő alkalmazásának jelenlegi helyzetét, a hazánkban elért eredményeket, a fejlődés várható irányát és rövid tájékoztatást nyújtunk a nemzetközi szinten előjáró országokban folyó munkáról.

A szocialista országok között az elektronikus számítástechnika alkalmazásában jelenleg csak a Szovjetunió éri el, ill. egyes ágazataiban meg is haladja a világszínvonalat. A többi szocialista országban is nagy intenzitással folynak a munkálatok, és egyes szakterületeken jelentős eredményeket érnek el. Általánosan jellemző a szocialista országokra, hogy a saját fejlesztésű elektronikus számító berendezéseket, számítási megoldásokat mind szélesebb körben és egyre gyorsuló ütemben alkalmazzák a minket közelebbről érdeklő szakterületen is.

A geonómia, mely a földtani tudományok valamennyi ágazatát felöleli a gépi adatfeldolgozás számára tág teret biztosít. Alkalmazásának lehetőségeit már korán felismerték, de általánosabb bevezetésére csak a gazdaságossági szemlélet előtérbe helyezésével került sor.

Bizonyos területek vagy egyes ásványi nyersanyagelőfordulások prognózisainak elkészítésekor, továbbá a felderítő és részletes kutatások gazdasági kockázatának csökkentésére irányuló erőfeszítésekkor az objektív matematikai módszerek és számítógépek igénybevétele egyre nagyobb jelentőségűvé vált. Ma már általános felfogás, hogy a szénhidrogénkutatásban nélkülözhetetlen a matematikai módszerek alkalmazása. A Szovjetunióban pl. a szénhidrogén-tárolószerkezetek morfológiai paramétereinek statisztikai elemzése révén gépi úton nyert kvantitatív jellemzőkkel lehetővé vált a különböző típusú gyűrődések kimutatása, tájegységenként térbeli eloszlásuk és felépítésük közötti összefüggések tisztázása. Ugyancsak a Szovjetunióban széles körben alkalmazzák a gépi adatfeldolgozást a repedezett kőzetek tulajdonságainak elemzésénél, a tároló tulajdonságainak tisztázásánál és a kőzetretegek feszültségviszonyainak, deformációinak minősítésénél, valamint rugalmasságuk és plaszticitásuk vizsgálatánál is. A litogenetikai folyamatokat (a rétegzőződés mechanizmusát, a kőolajelőfordulások kialakulását) matematikai módszerek segítségével kívánják tanulmányozni.

Az ásványi nyersanyagok prognosztikus becsléséhez, valamint ezek kutatásának további megtervezéséhez — gépi úton — különböző fáciestérképeket készítenek. Matematikai — statisztikai-módszerekkel paleontológiai problémákat oldanak meg. Ezen a téren Romániában is jelentős eredményeket értek el.

A Lengyel Népköztársaságban a barnaköszén-, az ón- és cinkelőfordulások készletszámítását végzik elektronikus számítógépeken.

A Német Demokratikus Köztársaságban a nagy adattömeget feldolgozó barnaköszén készletszámítások készülnek ilyen módon. Ezenbelül az izovonalas térképek szerkesztését és rajzolását is automatikusan kordinatográfon, gépi vezérléssel készítik.

* Előadva az MFT Gazdaságföldtani Szakosztályának 1967. V. 29-i előadóiülésén.

Csehszlovákiában barnaköszén- és érckészletek számítása céljából Minszk-22 számítógépre matematikai—statisztikai programokat dolgoztak ki. Megoldották: az izovonalak interpolálását, az effektív vastagságmeghatározást, az inklinométerrel mért adatok értékelését és az eredmények izovonalas ábrázolását.

Példamutató egyszerűséggel, világosan és jól áttekinthetően oldották meg a Német Demokratikus Köztársaságban a földtani kutatás céljait szolgáló geodéziai mérési adatok tárolását, feldolgozását és a különböző méretarányú, országos fúrási alaptérképek elkészítését. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a Német Demokratikus Köztársaság földtani viszonyait jól jellemző (zechstein, mezozoikum, harmadidőszak) képződmények egymásra illeszthető fúrási térképei napra kész állapotban állnak rendelkezésre.

Pénzürtékben nehezen fejezhető ki az a megakartítás, amely a földtani kutatás komplex tervezésénél, az ipari értékű nyersanyagok feltárásánál az összegyűjtött és rendszerezett adatok birtokában keletkezik. A Szovjetunióban a műrevalósági feltételek (kondíciók) megállapítására is alkalmaztak már gépi számítást.

A geokémia, köztant és ásványtan problémáinak megoldására statisztikai — korrelációs és regressziós — módszereket alkalmaznak. Ezekkel vizsgálják az elemek és az ásványok közetbeli megoszlásának jellegét, hogy adatokat nyerjenek a közetképződési folyamatokról. Regressziós számításokkal tisztázzák az elemek és ásványok közötti összefüggéseket. Több dimenziós statisztikai módszerekkel a magmás összetételekben közetkémiai vizsgálatokat végeznek a kutatott területen végbement magnetizmus hasonlóságára, ill. eltérő voltára vonatkozóan. Diszkriminációs elemzéssel osztályozási problémákat oldanak meg.

Kísérleti jelleggel számításokat végeznek az ásványképződési folyamatok fizikai, kémiai, matematikai modellezésére. Az NDK-ban metallogén térképek és ércek előrejelzésének kidolgozása keretében a geokémiai kutatások statisztikai adatfeldolgozását tervezik.

A víz- és építésföldtan terén a legkülönbözőbb feladatok megoldására alkalmaznak matematikai módszereket.

A Szovjetunióban statisztikai módszerekkel végzik a földalatti vízelőfordulások mennyiségének becsléséhez és kitermeléséhez szükséges optimális paraméterek megállapítását. Analóg számítógépeket szerkesztenek a legkülönbözőbb vízföldtani folyamatok modellezésére. Ezekkel sikeresen oldják meg vízszint-süllyesztő fúrások optimális mennyiségének és elhelyezésének megválasztását a bányák és aknák aktív víztelenítésének tervezésekor. A berendezéseket tovább fejlesztve, digitális analóg berendezéseket szerkesztenek, amelyek bonyolultabb feladatok megoldására is alkalmasak lesznek.

A Szovjetunióban a felszíni nagy létesítmények építésénél elektronikus számítógépek segítségével határozzák meg a talaj deformációit, a várható süllyedés mértékét.

A Német Demokratikus Köztársaságban, Romániában és Csehszlovákiában a talaj fiziko-mechanikai tulajdonságainak figyelembevételével számítógépek segítségével határozzák meg a tervezett, vagy tényleges építkezési terhelést, töltések és gátak stabilitását. Csaknem valamennyi szocialista országban a talaj fizikai és mechanikai jellemzőinek statisztikus feldolgozása révén igyekeznek csökkenteni a szükséges feltárások mennyiségét, ill. a feldolgozási időt. Ezenkívül egyes területekre és talajtípusokra reprezentatív átlagértékeket, ezek szórásainak határait és hibahatárait matematikai eljárásokkal vizsgálják.

A geofizika területén valamennyi szocialista ország messzemenően igyekszik automatizálni a mérési eredmények feldolgozását. Ezt a törekvést az jellemzi, hogy az egyes részfeladatok megoldására sajátkészítésű speciális berendezéseket és az elektronikus számítógépek ki- vagy bemenetéhez csatlakozó konvertereket, segédberendezéseket készítenek.

A szeizmikus kutatásban széles körben alkalmazzák a mágneses regisztrálást és a feldolgozáshoz olyan berendezéseket használnak, amelyek az eredeti felvételek visszajátszását a különböző szelektációs paraméterekkel teszik lehetővé (szűrés, amplitúdó szabályozás, jelalak, regisztrálási lépték stb.).

Az R. N. P. módszerre szintén kidolgoztak magnetofonos regisztráló berendezést, mágneses szummátort és automatikus szelvényszerkesztésre szolgáló készüléket. Széles körben alkalmazzák a korrekciók bevitelére, az útidő-görbék kiegyenlítésére, a szeizmogramok szintetizálására szolgáló berendezéseket.

A szeizmikus kutató és adatfeldolgozó berendezések fejlődése az utóbbi években annyira meggyorsult és a fejlesztés annyira sokrétűvé vált, hogy a legkorszerűbb berendezések pusztá felsorolása is meghaladná ennek a cikknek a keretét.

A geofizikán belül a gravitációs kutatás az, ahol a legrégebben alkalmaznak számítógépeket. Ennek magyarázata, hogy a gravitációs kutatás eredményeinek értékeléséhez mindig nagy mennyiségű adatot kell feldolgozni. Meggyorsította a fejlődést az, hogy részben a műholdak, részben az interkontinentális rakéták pályaelemeinek számításához a föld alakjának, ill. a geoid modulációknak igen pontos ismeretére van szükség. Ez nagy mennyiségű gravitációs adat bonyolult matematikai módszerekkel történő feldolgozását igényli. Valamennyi szocialista országban a gravitációs kutatás adatainak feldolgozásánál gépi úton számítják a tér analitikus felfelé és lefelé folytatását, meghatározzák a magasabb deriváltakat, kijelölik a regionális és lokális komponenseket.

A Német Demokratikus Köztársaságban olyan feldolgozási módszert dolgoztak ki, amelyben a kiegyenlítés a hálózat csomópontjaira való előzetes interpolálás nélkül a mérési pontok eredeti eloszlása szerint történik.

A mágneses kutatásban a gravitációs méréseknél alkalmazott módszerekhez analóg számításokat programoznak.

Az obszervatóriumi és az országos mágneses felmérések eredményeit részben elektronikus számítógépeken dolgozzák fel hazánkban, a Német Demokratikus Köztársaságban és Csehszlovákiában.

A geoelektromos kutatás területén elektronikus számítógépek használata első sorban az elméleti görbék és görbeseregek kiszámítására összpontosul.

A tellurikus méréseket elektronikus számítógépeken dolgozzák fel a Német Demokratikus Köztársaságban, Csehszlovákiában és a Lengyel Népköztársaságban. Megjegyezzük, hogy inverz feladatok megoldására alig van program.

A geofizikai fúróluk-vizsgálatok kiértékelésére már olyan programokkal rendelkezünk, amelyek lehetővé teszik az értékelő munkafolyamat egyes szakaszainak elektronikus számítógépek útján történő feldolgozását: a rétegek kijelölését és réteghatárok kimutatását különböző karottázs módszerekkel, a fúróluk rétegorának rétegtani taglalását, a szemcsés tároló kőzetek kijelölését, a fajlagos ellenállás meghatározását BKZ laterológ és indukciós karottázs alapján külön-külön, ill. komplex módon (SzU) és az agyagos tároló kőzetek kőolaj- és gáztartalmának becslését (SzU), káliumos szintek K_2O -tartalmának meghatározását (NDK).

A szeizmikus adatok sokrétű gépi adatfeldolgozásához hasonlóan a karottázs vizsgálatoknál is erős a törekvés a geofizikai információknak mágneses szalagra történő rögzítésére, digitális átalakítók és nagy teljesítményű számítógépekhez közvetlenül csatlakoztatható ki- és beadagoló készülékek szerkesztésére, továbbá a számítógépes adatfeldolgozás eredményeinek gépi úton való grafikus ábrázolására. Ebben a tekintetben hazánk — a Szovjetunió mellett — előrehaladott kísérleteket folytat.

Nyugaton, első sorban az Egyesült Államokban a geonómia területén a számítási gépesítésének magas színvonalát nemcsak számító konstrukciók fejlesztésével érték el

hanem erősen hatott a szénhidrogénkutatásban kb. 10 évvel ezelőtt bekövetkezett telítettség, ami azt jelenti, hogy az Egyesült Államokban 20 évre előre, megfelelően felderített szénhidrogénlelőhelyek állnak a termelés rendelkezésére. Emiatt a kutatási igény nagy mértékben megcsappant, s ennek következtében a tőkeerős kutatóvállalatok csak úgy tudták jövőjüket biztosítani, hogy jelentős beruházásokkal a legkorszerűbb kutatási és feldolgozási módszerekre tértek át. Ezek közé tartozott a földtani adatok gyors (gépi) feldolgozása is.

A szükséges szakgárda a megszűnő vállalatok felszabaduló, legjobb képességű geológusaiból és geofizikusaiból — megfelelő átképzés után — alakult ki. A földtani kutatásban a fokozott ütemű gépi számításra való áttérés és a nagy teljesítményű berendezések gyors üzembe állítása különösebb nehézséget nem jelentett, mert az Egyesült Államokban a számítástechnikára 1958-ban 0,7 milliárd dollárt, 1965-ben pedig már 7,0 milliárd dollárt fordítottak. Ez az összeg 1968-ra megkétszereződik. Szakember-utánpótlásuk is biztosított, mert már 1964-ben a főiskolákon és a szakközépiskolákban 400 elektronikus számítógép szolgálta az oktatás céljait.

Az alkalmazott számítógépek skálája viszonylag széles, a földtan tudományában mindenekelőtt az IMB cég által gyártott gépeket alkalmazzák, mert ezekhez a berendezésekhez nagyszámú periféria és segédkészülék (automatikus kiolvasó és rajzoló készülék) kapcsolható.

A számítógépeket 4–5 évi használat után elavultnak tekintik a technika gyors fejlődése miatt.

A földtani kutatás által szereshető profitért kialakult rendkívül kielezett verseny következtében a kutatás eszközeinek fejlesztése olyan mértékben meggyorsult, hogy ezt a színvonalat még a nagyobb európai gyártócégek is csak egy-egy vagy többéves késéssel tudják követni, emiatt egyes alapszerek fejlesztését le is állították.

A nyugati országokban a földtani kutatás legfontosabb matematikai problémájának a hasznosítható ásványi nyersanyagtelepek meghatározására szolgáló paraméterek sztohasztikus modellezését tekintik.

A mélyfúrásos ásványi nyersanyagkutatásban az optimális hálótávolság kiszámítása a sztohasztikus optimalizáció, a játékelmélet, valamint az információelmélet módszereit alkalmazzák.

A programozásnál különös súlyt helyeznek a felderített ásványi nyersanyag jellemző paraméterei megbízhatósági határértékeinek kiszámítására, valamint az átlagértékek eltéréseinek ellenőrzésére.

A készletszámításoknál figyelembe veszik az előfordulások feltárási és kitermelési feltételeit, és a földtani készletek számbavétele mellett rögtön meghatározzák az ipari értékű mennyiséget is. Ezeket a számításokat nagy teljesítményű elektronikus számítógépeken alternatív következtetések levonására alkalmas programok segítségével végzik.

Az eddig vázolt fő fejlesztési irányok mind azt bizonyítják, hogy a gépi adatfeldolgozás túlnyomó többsége földtani-gazdasági és szervezési feladatok megoldására irányul.

A nem közvetlenül gazdasági érdekeket szolgáló tudományos-földtani kutatás területén, ahol az információ forrását közzettették, ezek fiziko-kémiai tulajdonságai, laboratóriumi elemzések eredményei, vagy a különböző műszerekkel nyert méréseredmények képezik, újabban a matematikai statisztika módszereit továbbfejlesztve, mindinkább olyan programokat dolgoznak ki, amelyekkel az adatok időbeli és térbeli sorrendjét modellezhetik. Ennek olyan esetekben van jelentősége, amikor a mintákat, elemzéseket geofizikai adatokat folyamatosan szolgáltatathatják és a gépi feldolgozás eredményeit közvetlenül használhatják fel termelési folyamatok vezérlésére (pl. igen nagy mélységű fúrás kivitelezése).

A számítógépek havi bérleti díja rendkívül magas. Egy kis teljesítményű (IBM 360/20 típus) berendezése 1800 dollár, egy közepesé (360/60 típus) 35 000 dollár, a nagy teljesítményűé (360/70 típus) pedig 80 000 dollár havonta. A magas bérleti díj ellenére a számítógépek rohamosan terjednek. Jellemzésül említjük meg, hogy 1966 májusában az IBM cég a 360/20-as típusból 6400 db, a 360/50 típusból pedig 640 db megrendelését nem tudta teljesíteni.

Ezek a számadatok azt bizonyítják, hogy a gépi adatfeldolgozás a tudományos munka hatékonyságának elősegítésén kívül az ásványi nyersanyagok gazdaságos kutatásában és termelésében ma már nem nélkülözhető.

A földtani tudományok területén dolgozó szakemberek érdeklődése egyre inkább arra irányul, hogy miként lehetne saját szakterületükön a matematikai módszereket és a gépi adatfeldolgozást a magasabb szintű eredmények elérése érdekében alkalmazni. E témakörben megjelent cikkek, elhangzott előadások nagy száma is azt bizonyítja, hogy az érdekelt földtani szakemberek és matematikusok spontán együttműködése már idáig is értékes eredményekre vezetett és minden bizonnyal a jövőben is vezetni fog.

A földtani kutatás különböző területein, szinte egyidejűleg több helyen megindult hazánkban is az adatok gépi tárolása és feldolgozása. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy laboratóriumi vizsgálati eredmények gépi feldolgozásától egészen a kutatások eredményeit magába foglaló készletszámításig, számos példát találhatunk a számítások gépesítésére.

Az úttörő munkával járó kezdeti nehézségek leküzdése után néhány szakterületen nemzetközi viszonylatban is figyelemre méltó eredményeket értünk el a barnaköszén, lignit, bauxit stb. kutatás területén.

Itt említjük meg azokat a gépi programok kidolgozására irányuló kísérleteket, melyek segítségével a karottázs vizsgálatok fizikai paramétereinek földtani értelmezése lehetővé válik. Többek között folyamatban van a homok, kőszénrétegek, víztartalom, hamutartalom és térfogatszűny meghatározásához szükséges gépi programok matematikai megalapozása is.

Már hosszabb idő óta kész programok állnak rendelkezésre gravitációs, földmágneses adatok gépi feldolgozásához, továbbá geoelektromos görbetípusok meghatározásához és szeizmogrammok többféle módszer szerinti feldolgozásához.

Rendkívül jelentős az a koordinált fejlesztő tevékenység, amelynek eredményeként várható, hogy a magyar geofizikai műszeripar nemzetközi színvonalat elérő automatizált eszközeivel jelenhet meg a külföldi piacokon. Példaként említhetjük meg a terepi digitális felvevő és visszajátszó berendezést, a szeizmikus jelek bináris kódolására szolgáló berendezést, a különböző célú korrekciós készülékeket és az analog-digitális konvertereket stb.

Összefoglalóan meg kell állapítanunk, hogy a földtani adatok gépi tárolása és feldolgozása központi irányítás nélkül is mutat fel néhány jelentős eredményt, de a nemzetközi színvonal megközelítésére a fejlesztés munkáját a geofizikai műszerfejlesztéshez hasonlóan kellene — a különböző tárcák között (esetleg KGST szinten is) — koordinálni, ill. megszervezni.

A földtani feladatok megoldása során a földtani információk gépi feldolgozásának hatékonyságát csak akkor biztosíthatjuk ha megvalósítjuk az adatok kezelésének teljesen zárt rendszerét, beleértve az adatok összegyűjtését, számítógépbe való betáplálásának előkészítését, a feldolgozott eredmények megfelelő összeállítását, valamint a gyakorlati felhasználást elősegítő formák kidolgozását és értékelését.

Ez a zárt rendszer azonban jelenleg egyáltalán nem felel meg a gépi számítás támasztotta követelményeknek. Figyelmünket arra kell összpontosítanunk, hogy az összes földtani feladatot, beleértve az ásványi nyersanyagok felderítő, előzetes és részletes kutatását földtani és geofizikai módszerekkel, a készletszámítást, az előfordulások előre-

jelzését, a kitermelés rendszerének és e munkák gazdasági hatásfokának kérdéseit: komplex módon oldjuk meg. Ezért célszerű lenne, ha erőfeszítéseinket koordináltan a következő feladatok megoldására összpontosítanánk:

1. a földtani nevezéktan országos egységesítésére és a kiindulásul szolgáló adatok szabványosítására,

2. a földtani feladatok gépi megoldásához kidolgozott matematikai módszerek és programok összegyűjtésére és széles körű cseréjének biztosítására.

A fejlődés ütemének meggyorsítása érdekében célszerűnek látszana földtani vonatkozású szaktanfolyamok indítása, amelyek résztvevőiből kialakulhatna hazánkban is a programozó gárda.

A sok megoldásra váró feladat közül a legfontosabb az új gazdasági szemléletnek megfelelő ásványvagyon-gazdálkodás. Ennek egyik alapfeltétele az, hogy a gazdaságossági számításokkal megalapozott művelő készleteinkben évről évre gazdasági okokból (határköltések) bekövetkező változásokat igen rövid idő alatt, szinte napra kész állapotban ki tudjuk mutatni. Ez azonban csak gépi adatfeldolgozással érhető el.

Az új szemléletű műszaki-gazdasági irányítás megköveteli azt is, hogy a készletmérés adatokat gazdasági döntésekhez az eddigieknél sokkal hamarabb bocsássuk a magasabb szintű irányítás rendelkezésére.

Ez csak úgy valósítható meg, ha ezt a sok manuális munkát igénylő éves ásványvagyon-mérleget gépi számítás útján készítjük el. Ennek szükségességét nálunk néhány évvel ezelőtt Mészáros M. és Zilahi-Sebes I. is már felvetették.