

Üledékföldtani adatok számítógépes kiértékelése

Virágh Károly

(4 ábrával, 1 táblázattal)

Összefoglalás: Korábbi földtani vizsgálatok kimutatták, hogy a mecseki urán-érclelőhely bonyolult ércesedése sok változó tényező egymásra hatása következtében alakult ki. Munkahipotézisünk szerint az ércépződés sztochasztikus folyamatnak tekinthető, melyben a földtani és ércesedési jelenségek valószínűségi jellegűek. Elektronikus számítógép segítségével vizsgáltuk a földtani tényezők és az ércesedés közötti összefüggéseket. Ennek keretében földtani szemléleten nyugvó eredeti programrendszert alakítottunk ki, mely több önálló, de szervesen egymáshoz kapcsolódó programból áll.

Az érckutató fúrások üledékföldtani szelvényezése során nyert elemi alapadatokból statisztikai paramétereket képeztünk, majd a megfelelő földtani és matematikai elemzésel megállapítottuk az ércépződéssel függvénykapcsolatban levő tényezőket.

Többváltozós regressziószámítással meghatározott függvénybe behelyettesítve az aktuális földtani paramétereket magas valószínűségi szinten, szoros korrelációval kiszámítottuk a lineáris fémvagyon értékét, mely jellemző a kutatófúrások környezetére. Így lehetőség nyílt a fúrások ipari minősítésének felülvizsgálatára, ezen keresztül az ércvagyon növelésére.

A regressziós egyenlet földtani értelmezése lehetővé teszi genetikai kapcsolatok feltárását és az ércesedési tényezők mennyiségi meghatározását.

A kidolgozott rendszer értelemszerű módosítással felhasználható a különböző anyagi összetételű és genetikájú ásványi nyersanyagok gyakorlati kutatásában és az elméleti földtani vonatkozások tanulmányozásában.

Általános adottságok és a célkitűzés ismertetése

A mecseki uránérc lelőhely a bonyolult lelőhelyek típusába tartozik. Ércesedése azzal tűnik ki, hogy az ércmorfológiai elemek helyileg sűrűbb előfordulásából álló ipari ércetek, lencsék megjelenése a produktív összleten belül meglehetősen „véletlenszerű” a külszíni kutatófúrások adatai alapján az ércetek nem geometrizálhatók. Az érc- és fémvagyon számítása földtani tömbökre osztottan statisztikai módszerekkel történik. A készletek számbavételénél egy fúrást egy mintának tekintünk. A növekvő mélység szükségszerűen maga után vonta a kutatóhálózat ritkítását, következésképpen az egy fúrára eső hatóterület növekedését.

Az adott teleptani sajátosságok között a kutatófúrás egyaránt eshet az ércmorfológiai elem dús koncentrációjú, avagy elmeddülő részébe. Tehát a fúrásban megállapított *lineáris fémvagyon nagysága valószínűségi jellegű*. Egy bányamező nagyságrendjében vizsgálva a *fúrások érces, vagy meddő volta is valószínűségi jellegű*, mivel ipari érces területen belül is előfordulnak meddő foltok, másrészt egészében műrevonásra nem alkalmas területrészekben is harántolhatunk különálló érclelőhelyeket. Ennek valószínűségi szintje a kutatás során sokszor ismeretlen ércesedési tényezőtől függ.

A mecseki uránérclelőhely genetikájával kapcsolatos vizsgálataink (BARABÁS—VIRÁGH 1966, VIRÁGH—VINCZE 1967, VIRÁGH—SZOLNOKI, 1970) szerint az ércesedést több szakaszban egymásra halmozódó folyamat hozta létre. Az ércesedési folyamat az üledékfelhalmozódással kezdődött alluviális medencében. Erőteljesen fejlődött a diagenézis és a katagenézis szakaszaiban, majd újból felélénkült a permi képződmények felbontozódásával, kiemelkedésével, a tektonikai törésvonalak megjelenésével és a részleges lepusztulással együtt járó hipergenezis mai napig is tartó szakaszában.

A lelőhely földtani fejlődéstörténete különböző szakaszaiban lejátszódó folyamatok — SZTRACHOV (1960) értelmezésében vett — mozgató ereje más és más. Ezért nem kétséges, hogy az ércképződés folyamatában érvényesülő földtani, ősföldrajzi, geokémiai, biológiai és tektonikai hatótényezők sokaságának együttes eredménye a jelenlegi érceloszlás. A földtanban általánosan ismert tény az, hogy az egymást követő fejlődési szakaszok eredményei tompítják, gyakran elfedik, esetenként megsemmisítik az előző szakaszok bélyegeit.

A fentiekből logikusan következik az, hogy a több földtörténeti időszakra kiterjedő és minőségében élesen elütő sok változó tényező egymásra hatása következtében kialakult földtani és ércesedési jelenségek valószínűségi jellegűek.

A hasznosítható ásványi nyersanyagok lelőhelyeinél, de különösen az érclelőhelyeknél általános tapasztalatnak mondható, hogy az ércparaméterek változékonysága sokkal nagyobb, mint a földtani közegé annak ellenére, hogy közöttük szűkebb, vagy tágabb értelemben véve kétségtelen a genetikai kapcsolat fennállása. Következésképpen logikus az a feltevésünk, mely szerint a kevésbé változékonny földtani közeg állapot, illetve tendenciái jobban jellemzők a területi ércesedésre, mint az egyedi fúrásokban meghatározott ércesedési adatok. Ennek alapján *célul tűztük ki az érchordozó összlet üledékföldtani sajátosságai, litológiai bélyegei, geokémiai állapota, valamint az ércesedés mértéke közötti összefüggés felderítését és mennyiségi meghatározását.*

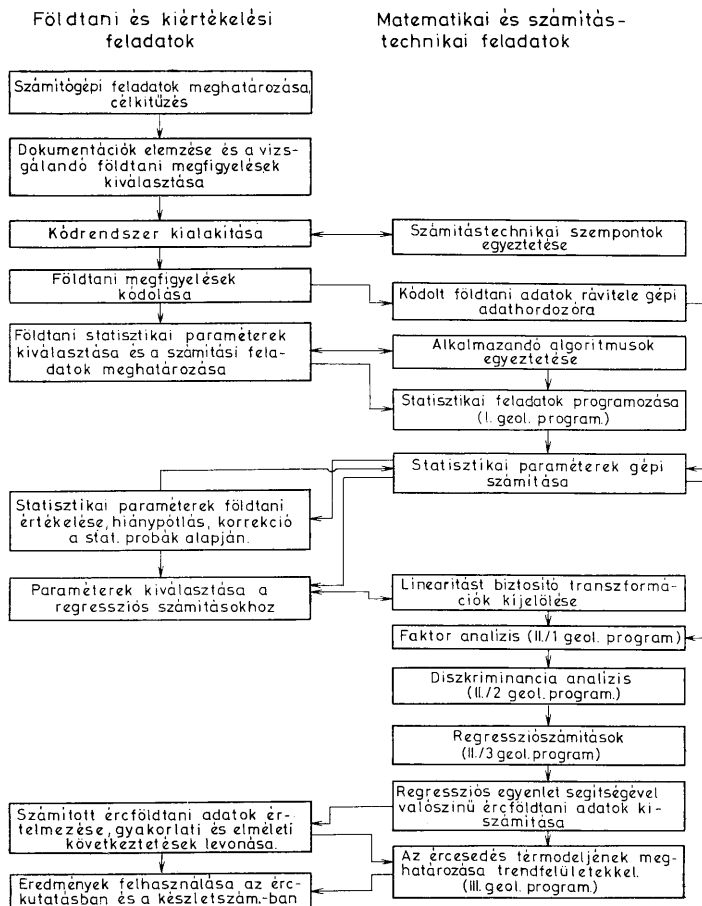
A földtani jelenségeket, mint lehetséges ércesedési tényezőket valószínűségi változóknak tekinthetjük, melyek együttes vizsgálatát számítógép segítségével célszerű végezni.

A feladat megoldásának módszere

A földtani jelenségek sztochasztikus jellegéből következik, hogy érdemes vizsgálat alá vonni mindazon földtani és ércföldtani információkat, melyek feltételezhetően valamilyen kapcsolatban állnak az ércesedéssel. Ebben a tekintetben egyaránt támaszkodhattunk az U-ércleleptan általános ismereteire és a mecseki lelőhelyen végzett korábbi vizsgálatok konkrét eredményeire.

A számítógép nagy műveleti sebessége szinte korlátlan lehetőséget nyújt a különböző megfigyelések, ill. alapadatok vizsgálatba történő bevonására és a magasabb rendű matematikai eljárások alkalmazására. A feldolgozás menetét az 1. ábra mutatja be.

Az 1. ábra annyiban tér el a szokásos szervezési blokkdiagramoktól, hogy külön mutatja be a földtani és a matematikai, ill. számítástechnikai feladatokat, bár ezek elválaszthatatlanok a munkában. Az ábrán nem tüntettük fel, azonban kiegészítésképpen meg kell jegyeznünk, hogy a szokatlan dimenziók miatt asztali számológépen menetközben kiszámítottuk az I. geol. programhoz



tartozó feladatok prototípusait (a számításokat DRAVECZ J. matematikus és ELEK I.-NÉ geol. végezte).

A matematikai és programozási feladatokat a NIM Ipargazdasági és Üzem-szervezési Intézetében MÁRIAI P. tudományos csop. vez. segítségével RÉVÉSZ B. és ESZTERHÁS S. végezték el.

A számítások ICL-1903/A típusú gépen történtek. A programot FORTRAN nyelven írták. Az input információhordozók-lyukkártyák.

A munka során önálló programrendszer született. Az alkalmazott matematikai módszert és a regressziószámítást más helyen ismertettük (VIRÁGH – ESZTERHÁS – RÉVÉSZ 1972). Rendszerünk egyéb matematikai és számítástechnikai vonatkozásaival az Információ – Elektrotechnika c. folyóirat 1973. évi kötetében ismerkedhet meg az olvasó. Jelen közleményben arra törek-szünk, hogy az adott lehetőség keretein belül minél jobban megvilágítsuk a földtani gondolkodás menetét a kitűzött feladat megoldásában; bár sok érdekes kérdés taglалása így is csak érintőleg történhet.

A tárgyalás menetének vezérfonalál szolgáljon az 1. ábra.

A fentebbiekben körvonalazott célkitűzés sikeres megvalósításában döntő szerepet játszik a *vizsgálandó földtani megfigyelések* kiválasztása.

A Mecseki Ércbányászati Vállalat érckutató fúrásainak földtani dokumentálása a BARABÁS A. által kezdeményezett és kidolgozott, majd JÁMBOR Á. által bevezetett üledékföldtani szelvényezéssel, ún. fácies-dokumentációval történik. Az alluviális főfáciesre részletezett dokumentációs előírás biztosítja a kijelölt földtani jelenségek és litológiai bélyegek azonos sorrendben történő rögzítését. A fogalmi besorolásokra (pl. álfáciesekre), ill. az osztályozásokra előírt kritériumok állnak a dokumentáló rendelkezésére. Mind a közvetlen földtani megfigyeléseket, mind a fogalmi besorolásokat grafikusán ábrázoljuk, meghagyva a lehetőséget a szöveges kiegészítésre. A grafikus módszer azon túlmenően, hogy már a terepi munka időpontjában konkrét állásfoglalásra készítje a geológust, biztosítja a *fúrómagok azonos szemléletű és folyamatos dokumentációját*, mely kiválóan alkalmas a kódolásra.

Munkánk másik alapfelvételét az teremtette meg, hogy a kővágószőlősi antiklinális permi képződményeiben számos érckutató fúrás mélyült, melyek ércföldtani kiértékeléséhez népgazdasági érdek fűződik.

A fúrómagok fáciesdokumentációiban rendelkezésre álló adatokból számítógépes feldolgozásra azokat a földtani megfigyeléseket választottuk ki, melyek: – dokumentálása objektíve végezhető és ezen keresztül bizonyos diagnosztikai értéket képviselnek;

- megfelelő gyakorisággal dokumentálhatók a fúrómagokban;
- elméleti megfontolásból valamilyen kapcsolatban vannak az ércesedéssel;
- gyakorlati tapasztalat mutatja az ércesedéssel való kapcsolatukat.

A fentiekhez szükséges döntések után következett a *kódrendszer kialakítása*. Jelen keretek között nincs lehetőségünk részletesen taglалni a kódszámrendelés sokoldalú elvi és gyakorlati kérdéseit, azonban a továbbiak megértéséhez szükséges, hogy a földtani jelenségek bizonyos nagyságrendjét diszkrét jelenségnek tekintjük és ennek megfelelően alakítottuk ki rendszerünket. A kódszámok jelképesen helyettesítik a jelenségeket, de a számításoknál mérőszá-mokkal dolgoztunk. Például kódszámokkal helyettesítettük a köztészíneket, de a továbbiakban az egyes köztészínhez tartozó, kémiaiilag megállapított, tényleges vasoxidációs fokot kifejező O_{Fe} -értékekkel számoltunk.

A kódolás 20 cm-es leolvasással kézi úton történt, melyet KERÉKES J.-NÉ

geol. techn. végzett el. 180 érckutató fúrási ág került feldolgozásra. Ez mintegy 250 000 adat rögzítését jelentette.

Kódolásra érdemesnek ítélt földtani megfigyelések az alábbiak: rétegvastagság, szemcsenagyság, osztályozottság, kötőanyag minősége, kőzet színe, rétegzettség, kimosási felület jellege, földtani kifejlődés (faciestípus), kavicsok megjelenése, azok nagysága, minősége, konkréciók, növénymaradványok, ércék geokémiai típusa és a közvetlen ércadatok. Ezek közül ritka előfordulásuk miatt a további feldolgozásból ki kellett hagynunk a konkréciókat és a növénymaradványokat, valamint a makroszkóposan bizonytalanul megállapított ércék geokémiai típusbesorolását.

A számításba vont földtani megfigyelések felsorolásából feltűnhet, hogy a közvetlen ércadatokon kívül minden alapadat makroszkópos meghatározásból származik. Ennek oka: egyrészt a fúrómagok által reprezentált rétegsorok folyamatos dokumentációi százezres nagyságrendű elemi alapadatot tartalmaznak, másrészt a hasadóanyagok kutatásában az ércadatok megállapítása — köztudottan — in situ műszeresen, esetünkben lyukgeofizikai módszerrel történik, ezért a laboratóriumi vizsgálatok csak kiegészítő szerepet kapnak. Megjegyzendő, hogy az érchordozó összletre vonatkozó széleskörű ismereteink mellett nélkülözhetjük a költséges laboratóriumi sorozatelemzéseket. Ki kell hangsúlyoznunk, kialakított módszerünk szemléletében olyan, melyben az elemi alapadatnak tekinthető bármilyen sorozatelemzés, avagy karottázsadat előnyösen felhasználható.

A többszáz méter mélységű kutatófúrásaink olyan képződménycsoportokat is harántolnak, melyek semmiképpen sem hozhatók kapcsolatba az ércesedéssel, tehát feladatunk megoldásában szükségtelen ezek tanulmányozása. Elvileg elegendő az érchordozó ún. produktív összletre vonatkozó alapadatok feldolgozása. Azonban, amint az alábbiakban látni fogjuk, szükségszerűen kódoznunk kellett a vörös homokkőből felépített fedőképződmények alsó szakaszát és a szürke homokkőből álló fekvő, fúrással átharántolt felső részét.

A földtani statisztikai paraméterek kiválasztása és a számítási feladatok meghatározása nagyon felelősségteljes munkát kíván a geológustól. A földtani statisztikai paraméterek képzésében hármas célt követtünk: 1. Az elemi földtani megfigyelések adathalmazának sűrítése; 2. Az adathalmaz és az ércesedés kapcsolata többoldalú vizsgálatának biztosítása; 3. A földtani értelmezés lehetőségének megtartása.

Az előzőekben említettük, hogy az ércesedés mértékének vizsgálata szempontjából egy kutatófúrás egy mintának tekinthető (ez általában akkor érvényes, ha az érchordozó összlet méretei és a földtani felépítés azonos jellege megengedi). Következésképpen egy-egy fúrással dokumentált elemi adathalmazt földtani megfigyelésenként egy-egy mutatóval kell kifejezni. A statisztikai mutatók matematikai értelme kifejez földtani értelmet is és természetesen matematikai korlátja a földtani értelmezés korlátját is jelenti. Számtalan példával bizonyítható, hogy egy-egy földtani megfigyelés numerikusan kifejezett elemi adathalmazából képzett átlagérték nem mutat kapcsolatot az adott függő változóval, de a szórás, avagy más magasabbrendű statisztikai mutató, igen.

A földtani megfigyelések, mind a független változók és az ércesedés mind a függő változó közötti függvénykapcsolat sokoldalú vizsgálatának lehetőségét az alábbi statisztikai mérőszámok jellemző értékeinek kiszámításával biztosítottuk: darabszám (X_n), várható érték (\bar{X}), logátlag ($\overline{\lg X}$), minimum ($X_{i \min}$),

maximum ($X_{i\max}$), medián (Me), módus (Mo), kvartilisek (Q_1, Q_3), Trask együttható ($H = \sqrt{Q_3/Q_1}$), szórás (σ), relatív szórás (V), ferdeségi együttható (a harmadik momentumból számolva $-\gamma_1$) csúcsossági együttható (negyedik momentumból számolva $-\gamma_2$). Tapasztalati összefüggésekre támaszkodva normális, lognormális, ill. egyikbe sem tartozó eloszlásba soroljuk az adathalmazokat. A nem normális eloszlású halmazok esetén logaritmikussá transzformációval számolt értékekkel dolgoztunk.

A halmazok eloszlástípusainak figyelembevételével számítottuk az alábbi statisztikai próbákat, ill. ellenőriztük a hipotéziseket: a t (Student) próba az $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$, az F próba a $\sigma_1 = \sigma_2$ hipotézis ellenőrzésére szolgál, a χ^2 próba két független halmaz homogenitására ad választ. A próbák és hipotézisek teljesülését 95, 99 és 99,9%-os kétoldali szignifikancia szinten vizsgáltuk. Minden egyes földtani megfigyelés mélység szerinti változásának vizsgálatára *trendszámítást* végeztettünk.

A felsorolt számítási feladatok algoritmusai könnyen megtalálhatók a matematikai statisztikai szakkönyvekben, ezért ismertetésétől eltekintünk. Meg kell jegyeznünk, hogy a földtani tartalom biztosítása érdekében mindenkor geológus feladatnak tekintendő a legmegfelelőbb statisztikai mutatók és a szükséges statisztikai próbák, hipotézis-ellenőrzések kiválasztása. A számítási feladatok kijelölése földtani megfigyelésenként differenciált megítélést kíván a geológustól. Részletezés és bizonyítás nélkül belátható, hogy értelmetlen lenne előírni ugyanazon számítási feladatokat, például a csak numerikus értékekkel jellemzett rétegvastagságok, ill. a számszerű értékekkel kifejezett és egzaktul értelmezhető geokémiai közeg, valamint a földtani fogalmat jelentő faciestípus statisztikai vizsgálatára.

Úgyisntén a geológus feladata a jellegében diszkrétnek, vagy folyamatosnak tekinthető megfigyelések elkülönítése, az egyes adatok súlyozhatóságának elbírálása, továbbá ezek matematikai konzekvenciáinak feltárása a számítástechnikai szakember részére.

A matematikus, ill. a számítástechnikai szakember sokrétű matematikai, szervező és programozó feladata közül esetünkre konkretizáltan az alábbiakat soroljuk fel:

- adatlapokon levő elemi alapadatok átvitele lyukkártya adathordozóra, majd mágnesszalagra;
- előírt matematikai feladatok programozása földtani megfigyelésenként;
- számítások elvégzése, az eredmények kinyomtatása eredménylapokra és egyidejű tárolása mágnesszalagon a későbbi számítások céljából.

Ezt követően az eredménylapokon megfigyelésenként és fúrásoként földtanilag ellenőriztük a statisztikai paraméterek helyességét. Az ellenőrzés, tulajdonképpen az esetenként kevés elemi alapadat miatt torz, vagy egyes fúrások bizonyos mélységközeiben adódó alacsony magkihozatal miatti hiánypótlásra, ill. megbízhatatlan mérőszámok korrekciójára irányul. A korrekció az összes körülményt figyelembe vevő matematikai szigorral történik. Kiküszöbölésre és későbbi helyettesítésre kerül a fúrás azon földtani megfigyelése, melynél a statisztikai paraméter értéke meghaladta a fúrási csoportra számított mérőszám szórásának háromszorosát.

A 3 σ -ás hibakorlátón túl eső paraméterek behelyettesítése valószínűbb értékekkel az összes földtani körülményt szem előtt tartva a statisztikai próbák eredményei alapján történt. Teljesülni kell a következő feltételeknek: I. A produktív összlet adott paramétere földtani tartalommal azonosítható a fedő, vagy

fekvő összletével; 2. A hasonló földtani kifejlődésű produktív összletet harántolt fúrások csoportján belül a statisztikai próbák (t , F , χ^2) eredményei 95%-os valószínűségi szinten megengedik a behelyettesítést; 3. A mélységtrend értéke nem zárja ki a behelyettesítést. Bármelyik feltétel nem teljesülése esetén a fúrási csoportra számított átlagértéket helyettesítjük be. Ezt követi a korrigált értékek átvezetése az adathordozókra.

Ezzel a lépéssel tekinthetjük befejezettnek az I. geol. programot. Ennek keretében tehát „sűrítettük” a földtani megfigyelések elemi alapadatait és előkészítettük a további számításokhoz.

A II. geol. programon belül végzett *diszkriminancia- és faktoranalízis*ről itt mindössze annyit említünk meg, hogy az előbbivel azokat a fúrásokat választjuk külön csoportokba, melyek jellegében hasonló földtani körülményeket tükröznek; az utóbbi a regressziószámításba vonandó, egymástól független valószínűségi változók kiválasztására szolgál.

Az előzőek szerint számított és értékelt földtani megfigyelések derivátumai, mint független valószínűségi változók a továbbiakban *többszörös regressziószámítás* (VIRÁGH—ESZTERHÁS—RÉVÉSZ, 1972) alá kerültek.

A fent hivatkozott cikkből célszerűnek tartjuk kiemelni a következőket: A regressziószámítás alapfeladata olyan többszörös regressziós függvény létrehozása, melyben a valós földtani paraméterek, mint egymástól független valószínűségi változók együttesen meghatározzák az ércesedés mértékét kifejező függő változó valószínű értékét. A regressziószámítás programja lineáris függvénykapcsolatot tételez fel, melyet egyes földtani paraméterek értékeinek transzformációjával közelítettünk meg. Leggyakrabban a logaritmikusság és az exponenciális transzformációt alkalmaztuk. E tekintetben messzemenően nem merítettük ki a lehetőségeket. A regressziós egyenlet kiszámításakor a program a Student-kritérium alapján, a megadott valószínűségi szint mellett válogatja ki a függő változóval kapcsolatban álló független változókat. A rendelkezésre álló gépkonfiguráció egyszerre mintegy 110 valószínűségi változó közötti válogatást tesz lehetővé.

Eredmények

A lelőhely egyik érces területéhez földtani megfontolások alapján sorolt fúrások közül 38 db-ról állt rendelkezésre üledékföldtani szelvény. A regressziós egyenlet meghatározásához ércföldtani és tapasztalati alapon 53 lehetséges valószínűségi változót tápláltunk be. 80%-os valószínűségi szinten kiszámított egyenlet 12 független változóból és egy konstansból állt.

A meghatározott egyenletbe behelyettesítve az adott fúrások aktuális földtani paramétereit számunkra is meglepő eredmények születtek. Az egyenlet segítségével a fúrásonként kiszámított és a természetes gamma-karottázs szerinti lineáris fémvagon közötti multikorrrelációs együtthatóra $R = 0,90$ értéket kaptunk. Összehasonlításképpen említhető, hogy korábban egy független változóval végzett korrrelációs vizsgálatok maximálisan $R = 0,56$ értéket adtak.

1. Ipari eredmények

A lineáris fémvagon nagyságától függően ipari érces (I), nem ipari érces (Ni) és meddő (M) fúrásokat különböztetünk meg. Ezen sorolás szerint szemlélve, számításaink az alábbi táblázatban foglalt átminősítéseket tették lehetővé.

Karottázs szerint		Földtani adatok szerinti minősítés (áb)		
Minősítés	db	I	Ni	M
I	24	23	0	1
Ni	4	2	2	0
M	10	3	5	2
Összes	38	28	7	3

A földtani paramétereiből számított és a karottázs szerint megállapított lineáris fémvagyvon átlaga közötti különbség 12%.

Legfontosabb ipari jelentőségű eredmény az, hogy *megnöveltük az ércesnek minősíthető kutatófúrások számát.*

A meddő fúrásokból ipari, vagy nem ipari ércessé átminősített fúrások területi elhelyezkedését vizsgálva három változatot különítettünk el: 1. Az átminősítés a készletszámítási tömbön belül megerősítette a készlet hitelét. 2. Az átminősítés a tömb közelében lehetővé tette az érces terület és vele együtt az ásványvagyvon növelését. 3. Az átminősítés a ritka hálózatban kutatott területen újabb perspektívát nyit a további kutatásra, ill. újabb ércvagyvon valószínű kimutatására.

A kutatófúrásokra meghatározott lineáris fémvagyvon területi változása trendfelületek segítségével modellezhető (KRUMBEIN—GRAYBILL, 1965). Az ércesedés térmodelljének meghatározása és a földtani értelmezéssel megszerkesztett ún. trendprognózis térképek elkészítése az egyes érces területekre igen hasznosnak bizonyult a további kutatási irányok kijelölésénél.

2. Földtani következtetések

Az ásványi nyersanyagok kutatásában általában a legnagyobb elméleti és gyakorlati problémát jelenti az érckontrolláló tényezők felderítése. A grafikus, avagy egy, ritkán néhány független változóval végzett korrelációs vizsgálatok a legtöbb esetben nem hozták meg a kívánt eredményt. De nem is hozhatták meg, mivel az ásványképződési folyamatban egyidejűleg mindig több tényező játszik szerepet. Erre meggyőző példával szolgálhat az elméletileg és kísérletesen is sokoldalúan tanulmányozott hidrotermális ércesedés, melynek funkcionális kifejezése leegyszerűsítve is csak az együttesen ható nyomás, hőmérséklet, időtartam, oldatkoncentráció, Eh, pH, mellékkőzet minősége stb függvényében lehetséges.

Az üledékes ásványi nyersanyagoknál is a földtani és geokémia közeg sok-sok változója együttesen határozza meg a felhalmozódás, ill. a későbbi helybenmaradás feltételeit.

A földtan tudományágai ma már a vizsgálati módszerek sokaságát alkalmazzák a felderítendő állapotok kimutatására. A klasszikus terepi megfigyelésektől kezdve a legkorszerűbb ásványtani, kémiai, fizikai laboratóriumi módszerek számtalan alapadatot szolgáltatnak a geológus számára.

Ezen „információrobbanás” eredményeként óriási adathalmazok állnak rendelkezésre, melyek egyaránt tartalmazták a keresett függő változóval ténylegesen kapcsolatban levő és arra befolyást nem gyakorló alapadatokat.

A röviden ismertetett eljárásunkkal kialakítottunk egy olyan földtani szemléleten nyugvó több lépcsős rendszert, melynek segítségével a rendelkezésre álló elemi alapadatok földtani-matematikai feldolgozásával kiválaszthatók a hasznosítható ásványi nyersanyag képződésére ténylegesen ható tényezők és elkülöníthetők a háttérjelenségek, ill. a véletlenszerűek. A keresett függő változóval függvénykapcsolatban levő független változókat ható tényezőknéknékin tekinthetjük. Ennek megfelelően, az ércesedés mértékét kifejező regressziós egyenlet független változóiként szereplő földtani megfigyelések ércesedési tényezőknéknékin tekintendők.

A gépi úton meghatározott regressziós egyenlet független változói közül az alábbi földtani megfigyelések derivátumai mutatnak jelentősebb függvénykapcsolatot az ércesedéssel: közetszín, fácieskifejlődés, szemcsenagyság, rétegzettség, kötőanyag. Az ércesedéssel fennálló függvénykapcsolat egyben genetikai kapcsolatot jelent.

A mecseki uránérc ásványparagenetikai részleteinek ismeretében (VIRÁGH—VINCZE 1967, VIRÁGH—SZOLNOKI 1970) nem jelenthetjük ki, hogy csak a felsorolt tényezők határozzák meg az ércfelhalmazódást. Nyilvánvalóan nem dokumentáltunk tömegesen, vagy makroszkóposan egyáltalán nem dokumentáltunk egy sor olyan tényezőt, amelyek közvetlen összefüggésben vannak az ércesedési folyamattal. Másrészt, bizonyosan vannak a dokumentált földtani megfigyelések között is olyanok, amelyeknek még nem találtuk meg az ércesedéssel — kellően magas valószínűségi szinten — függvénykapcsolatban levő mérőszámát, avagy a kiszámított statisztikai mutató linearitását biztosító helyes transzformációt.

Mindezen lehetőség fenntartásával bemutatjuk a regressziós egyenlet földtani értelmezésének néhány numerikus és elméleti vonatkozását.

Az értelmezésnél induljunk ki a regressziós egyenlet általános alakjából:

$$Y = f(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + a_0)$$

Vizsgáljuk meg az x_1 valószínűségi változó hatását az Y függő változóra. Ennek érdekében $x_2, x_3 \dots x_n$ értékeit rögzítsük az érvényességi határukon belüli tetszőleges szinten, pl. az átlagértékükön és legyen:

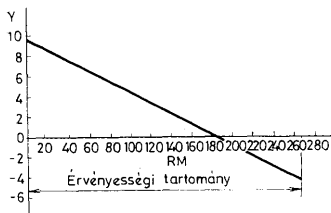
$$A_0 = a_2\bar{x}_2 + a_3\bar{x}_3 + \dots + a_n\bar{x}_n$$

Feltételünk szerint az általános alak

$$Y = a_1x_1 + A_0 + a_0$$

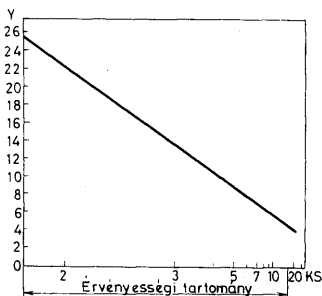
formában írható fel, mely lehetővé teszi az x_1 , ill. értelemszerűen bármelyik független változó hatásának numerikus vizsgálatát. Ezzel az eljárással tulajdonképpen az egyenlet által meghatározott hiperfelületből képzünk metszetet a kitüntetett független változó tengelye mentén. Kérésünkre DRAVECZ J. matematikus végezte el a fentiek szerinti elemzést. Az A_0 értékének kiszámításához az aktuális független változók átlagértékét és ehhez közelálló eseteket helyettesítette be.

Az alábbi ábrákon három földtani megfigyelés különböző módon képzett és transzformált valós adatokkal számított mérőszámának, valamint a lineáris fémvagyon — Y (feltételes egységek) összefüggését mutatjuk be.



2. ábra. A lineáris fémvagyron (Y) és a rétegzettség mérőszámának (RM) összefüggése

Fig. 2. Linear metal reserves (Y) versus stratification index (RM)

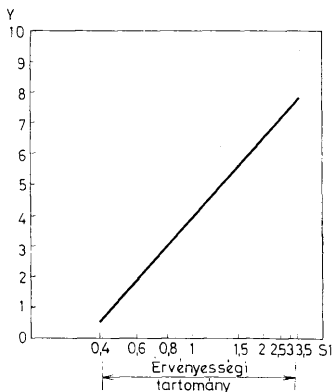


3. ábra. A lineáris fémvagyron (Y) és a kőzetzín-kifejlődés átlagos vastagságának (KS) összefüggése

Fig. 3. Linear metal reserves (Y) versus average ore-bearing rock thickness (KS)

A 2. ábra független változójaként szereplő RM a produktív összleten belül dokumentált rétegzett és rétegzetlen homokkő %-ban kifejezett vastagságának aránya. Az ábrából leolvasható, hogy az RM és az Y értékei között fordított kapcsolat áll fenn. Figyelemre méltó, hogy az RM egy bizonyos értéken túl negatív hatást gyakorol az ércesedés megjelenésére, azaz kedvezőtlen viszonyokat tükröz az érc kifejlődés szempontjából.

A 3. ábrán bemutatott fordított függvénykapcsolat linearitását $\frac{1}{\lg KS}$ transzformáció biztosította. Az összefüggés határozott genetikai kapcsolatot tükröz,



4. ábra. A lineáris fémvagyron (Y) és a homokkőrétegek vastagságának szórása (SI) közötti összefüggés

Fig. 4. Linear metal reserves (Y) versus scatter of sandstone layer thickness (SI)

mivel a közetszínkifejlődések átlagvastagságának csökkenésével nő a produktív összlet geokémiai kontrasztossága, ami kedvező az uránérc felhalmozódására.

A 4. ábrán látható függvénykapcsolat linearítását $\frac{1}{e^{SI}}$ transzformációval értük el. Mivel a többváltozós regressziós egyenletben az $\frac{1}{e^{SI}}$ változó negatív előjellel szerepel, ezért az SI és az Y között egyenes összefüggés áll fenn. A függvénykapcsolat ércföldtani tartalma könnyen értelmezhető. Az SI értéke az alluviális medence üledékfelhalmozódási sajátosságaival függ össze, másrészt a diagenézis és a katagenézis fejlődési szakaszokban kihatással van a pórusolatok vándorlására, ezen keresztül az „ércsapdák” kialakulására. Ugyanilyen kapcsolatot mutat a produktív összlet felépítő homokkő átlagos szemcsenagysága és a szemcsenagyság szórása is.

A 2., 3., 4. ábrákon látható, hogy az egyes független változók érvényességi tartománya különböző nagyságú Y intervallumokat ölelnek át. Legkisebbet az SI , legnagyobbat a KS . Ez szemléletesen érzékelteti azt a tényt, mely szerint a különböző ércesedési tényezők különböző mértékben hatnak az érckifejlődésre. Hasonló gondolatmenettel számszerűen vizsgálható a regressziós egyenlet változóinak egymáshoz és az A_0 -hoz viszonyított „súlya” is, mely további lényeges információkat nyújt a bonyolult földtani folyamatok értelmezéséhez.

Végezetül még egy érdekes kérdésre mutatunk rá. A hasznosítható ásványi nyersanyagok mintázása és minőségvizsgálata során általában a kerestett elem dúsulását, tehát a pozitív vektort állapítják meg. A többváltozós regressziós egyenlet független változóinak sztochasztikus jellegéből következik, hogy a függő változó számított értéke esetenként negatív előjelű. Esetünkben ez azt jelenti, hogy az adott fúrásban az ércesedési tényezők olyan sztochasztikus együttesben vannak jelen, mely kedvezőtlen a hasznosítható ásványi nyersanyag kifejlődésére. Mivel a negatív érték számszerűen fejezi ki a kedvezőtlen viszonyok mértékét, a geológus fontos támpontot kap a további irányvételhez.

Irodalom — References

- Барабаш, А. Вираг, К. (1966): Механизм образования осадочных урановых руд на примере Мечекского месторождения. Литол. и пол. изк. № 2.
 VIRÁGH K.—VINCE J. (1967): A Mecseki uránérclelőhely képződésének sajátosságai. Földt. Közl. 97. 1.
 VIRÁGH K.—SZOLNOKI J. (1970): Baktériumok szerepe a mecseki uránérc keletkezésében és későbbi áthalmozódásában. Földt. Közl. 100. 1.
 СРЯКОВ, Н. М. (1960): Основы теории литогенеза. Т. 1. Москва.
 VIRÁGH K.—ESZTERHÁS S.—RÉVÉSZ B. (1972): Érckutató fúrások geológiai elemzése statisztikai programmal. Számológép 72/3.
 KRUMBEIN, W. C.—GRAYBILL, F. A. (1965): An introduction to statistical models in geology. New York

Computerized evaluation of lithological data

K. Virágh

As shown by earlier geological investigations, the complex ore mineralization of the Mecsek uranium ore deposit had been produced by the interaction of many variables. According to the author's working hypothesis, the formation of the ore can be considered to have been a stochastic process in which the geological and ore mineralization phenomena were of probability nature. The relationships between the geological agents and ore mineralization were examined by the aid of electronic computer. In this connection

a geologically-based original system of programs consisting of several independent, though intimately interconnected programs has been developed.

The elementary data obtained in the course of lithological logging of ore exploratory drill-cores were developed into statistical parameters and then appropriate geological and mathematical analyses were carried out in order to determine the factors functionally interrelated with ore mineralization.

Substituting, at a high variability level, the actual geological parameters, into a function obtained by multi-variable regression computing, the linear metal reserve value characteristics of the surroundings of exploratory boreholes were calculated by means of a close correlation. This procedure has made it possible to supervise and check the industrial value ascribed to any drilling and, consequently, to increase the explored ore reserves. The geological interpretation of the regression equation permits one to disclose genetic relationships and determine the factors of ore mineralization quantitatively.

With some reasonable modification, the newly developed system can be used for the exploration of mineral deposits of different composition and genesis and for investigating the theoretical geological circumstances.