BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK
KOHÁSZAT
AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA
102. évfolyam 9. szám 1969. szeptember

A matematikai statisztika alkalmazása a vaskohászatban

GÁRDONYI SÁNDOR okl. kohómérnök — Dr. GYIRES BÉLA egyet. tanár
MVAE Számítóközpont Debrecen, Kossuth Lajos Tudományegyetem

DK 519.272 : 668.3 : 669

Az elektronikus számológép használati lehetőségei különböző kohászati összefüggések meghatározására. Korrelációsszámítás a stochasztikus kapcsolatok kimutatására. Kokillatartóssági vizsgálatok konkrét üzemviszonyok között; ezek eredménye szerint a kokilla vegyi összetétele a megszokott határok között nincsen hatással az élettartamra. Stochasztikus folyamatelmélet alkalmazása egy koksztároló kapacitásának kiszámítására.

A matematikai statisztika a valószínűségszámítás egyik fejezete. Napjainkban gyorsan fejlődő tudomány, amelyet a legkülönbözőbb szaktudományokban — mint a fizikában, a kémiában, a biológiában, a társadalom- és gazdaságtanban stb. — nagy sikerrel alkalmaznak. Kohászati alkalmazásaira egy sor külföldi folyóiratban megjelent cikk, közlemény hívja fel a figyelmet. Oktatása már több külföldi kohászati egyetem tematikájában szerepel. A leobeni kohászati főiskola matematikai tanszéke — a téma jelentősége miatt — a közelmúltban a „matematikai és matematikai statisztikai tanszék" nevet vette fel.

Ennek a rövid beszámolónak az a célja, hogy néhány példa segítségével tájékoztasson a matematikai statisztika kohászati alkalmazási lehetőségeiről. A bemutatott példák legtöbbjét a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés Elektronikus Számolóközpontja dolgozta ki azoknak az adatoknak a felhasználásával, amelyeket üzemeink bocsátottak rendelkezésünkre.

Példák a regressziós analízis köréből

Minden tudomány feladata az ok és okozat között fennálló összefüggés feltárása. Két változó mennyiség között háromféle kapcsolat lehetséges.

1. Ha az egyik változó adott értékéhez a másik változó meghatározott értéke tatrozik, akkor a két változó függvénykapcsolatban van egymással. Melegítsünk például vasrudat. Jelöljük hosszúságát 0 °C-on l_0-val, t °C-on l_t-vel. Ekkor $l_t = l_0 \cdot (1+\alpha t)$, ahol $\alpha = \frac{1}{273}$ állandó. Ez az összefüggés az l_t és t között érvényes függvénykapcsolatot írja le.

2. A gyakorlati életben sűrűn találkozunk olyan mennyiségekkel, ún. *valószínűségi változókkal* (pl. egy próbapálca szakítószilárdsága, az acél karbontartalma stb.), amelyeknek az értéke a véletlentől is függ. Valószínűségi változók között függvénykapcsolat nincs, mivel — két változót véve tekintetbe — mind x, mind y értéke ingadozik. Tulajdonképpen arról van szó, hogy az egyik változó rögzített értékéhez a másik változó több lehetséges értéke tartozhat és fordítva. Ilyen esetben a két változó között fennálló összefüggést *stochasztikus kapcsolat*nak nevezzük. Stochasztikus kapcsolat áll fenn pl. az acél szakítószilárdsága és karbontartalma között.

3. Végül vannak olyan esetek, amikor a két változó között egyáltalán nincs kapcsolat, függetlenek egymástól, azaz az egyik értékéből semmi következtetést nem tudunk levonni a másik értékére vonatkozólag. Így pl. a nagyolvasztó napi koksz-fogyasztása nem határozza meg a napi középhőmérsékletet vagy megfordítva.

A stochasztikus kapcsolatok feltárásával a matematikai statisztika egyik fejezete, a *korrelációszámítás* foglalkozik. Itt lényegében két problémára kell választ adni:

a) Az első kérdés, amit meg kell vizsgálni, hogy miként lehet következtetni az egyik változó adott értékből a másik változó valódi értékére, vagy másképpen: az egyik változónak milyen függvényével közelíthetjük meg legjobban a másikat. Azt a függvényt, amely a legjobban illeszkedő, az ún. *regressziós* görbét adja, a legkisebb négyzetek módszerével határozhatjuk meg. Ennek lényege az, hogy legjobban az a görbe illeszkedik, amelynek pontjai és a ponthalmaz megfelelő pontjai között fennálló különbségek négyzeteinek összege minimális. Ebből a feltételből a görbét jellemző paraméterek az analízis szabályainak az ismeretében már meghatározhatók.

b) A másik kérdés a két változó közötti fennálló *kapcsolat erősségének* a mérése. A stochasztikus kapcsolat lehet szorosabb, vagy gyengébb, aszerint, hogy az egyik változó milyen mértékben határozza meg a másikat. Anélkül, hogy a részletekbe bocsátkoznánk, megemlítjük, hogy ezt az ún. *négyzetes korrelációs együtthatóval* mérhetjük. Ha ez 0 és 1 közé esik, akkor a két változó között stochasztikus kapcsolat van, amely annál szorosabb, minél közelebb esik ez a számérték az egyhez.

Az elmondottak természetesen kiterjeszthetők tetszőleges számú változóra. Ha természetesen a változók száma háromnál több, akkor a regressziós görbe csak a változók számával azonos dimenziójú térben ábrázolható, paramétereinek meghatározásához pedig lineáris inhomogén egyenletrendszert kell megoldani. Ez régen nagy nehézséget jelentett, ma azonban az elektronikus számológépekkel már könnyen megoldható feladat.

Lássunk már most az elmondottakra egy konkrét példát. A folyékony acél első formaadását szolgáló kokillának 1 t acéltuskóra eső költsége az önköltségnek nem jelentéktelen hányadát képezi. A kokillafogyasztás csökkentése minden acélmű elsőrendű érdeke.

A kokillák élettartamát meghatározó okok három csoportba sorolhatók, amelyek rendre a következők:

1. Az öntvény geometriai viszonyai (a kokilla alakja, méretei, falvastagsága, dőlése, a falvastagság, a keresztmetszet viszonya a tuskósúlyhoz, a különféle öntéstechnikai módosítások stb.).

2. Az acélmű üzemi körülményei. Ide tartozik az öntés sebessége, hőmérséklete és módja, az öntés és lehúzás között eltelt idő, a tuskónak a kokillában való tartózkodási ideje, a hőkezelés stb.

3. Az öntvénygyártás metallurgiai sajátosságai (a betét összetétele, az olvasztás fajtája, a csapolási és öntési hőmérséklet, az alapanyag kémiai összetétele stb.).

Visszagondolva az előbb leírtakra észrevehetjük, hogy itt pl. a kokilla élettartama és az alapanyag összetétele között tipikus stochasztikus kapcsolattal van dolgunk. Végeredményben ez adott ösztönzést arra, hogy megvizsgáljuk a matematikai statisztika módszereivel a kokilla tartósságának változását a kémiai összetétel és a pihentetési idő függvényében. A vizsgálatokban a kokilla tartósságára hatással levő elemek közül a karbont, a foszfort, a szilícium- és a mangán-, illetve a mangán- és a kéntartalom hányadosát választottuk. Független változónak vettük fel még a telítettségi fokot és a pihentetési időt is.

A statisztikai vizsgálat elvégzéséhez szükséges adatokat, nevezetesen az Fk-38 jelű kokillából 1347, a B-33-as jelűből 1499 bizonylatot az Ózdi Kohászati Üzemek bocsátotta rendelkezésünkre.

A statisztikai vizsgálat keretében mindenekelőtt azt tisztáztuk, hogy a kokillatartósságot meghatározó — általunk kiválasztott — tényezők függnek-e egymástól, vagy sem. Ezt az ún. *függetlenségvizsgálatot* a következő csoportosításban végeztük el:

1. Megvizsgáltuk a tartósság — vagyis a karbontartalom, a szilícium-mangán, a mangán-kénviszony, a foszfortartalom, a telítettségi fok és a pihentetési idő, mint valószínűségi változók között fennálló kapcsolat — létezésének lehetőségét.

2. Ezután a tartósság — vagyis a karbontartalom, a szilícium-mangán-, a mangán-kénviszony, a foszfortartalom, a telítettségi fok és a pihentetési idő közötti kapcsolatok — létezésének lehetőségét azzal a feltételezéssel vizsgáltuk, hogy az utóbbiakat egyetlen független változónak tekintettük.

3. A következőkben a tartósság és az alábbiakban részletezett tényezők között fennálló összefüggések lehetőségeit elemeztük:

a) karbontartalom,

b) szilícium-mangánviszony,

c) a mangán-kénviszony,

d) foszfortartalom,

e) a tellítettségi fok,

f) a pihentetési idő,

g) a szilícium-mangán, a mangán-kénviszony (e kettő egyetlen független változó),

h) a szilícium-mangán, a mangán-kénviszony, és a foszfortartalom (e három egyetlen független változó),

i) a karbontartalom, a szilícium-mangán, a mangán-kénviszony és a forszfortartalom (e négy egyetlen független változó),

j) a szilícium-mangán, a mangán-kénviszony, a foszfortartalom, és a pihentetési idő (e négy egyetlen független változó).

A függetlenségvizsgálat eredményeit az *1.* és *2 táblázat* tartalmazza. Ebből kiolvasható, hogy mindkét kokillatípusban az említett $N=12$ esetben az esetek legnagyobb részében legalább $P=90\%$-os valószínűséggel egyértelmű kapcsolat tételezhető fel a valószínűségi változók között. Ott, ahol a valószínűségre 90%-nál kisebb érték adódott, a kis valószínűségi szintet a változók rendkívül kis szórásával magyaráztuk.

Ezután megkíséreltük a tartósság és a többi változó közötti függvénykapcsolat jellegét tisztázni. Itt azzal a feltételezéssel éltünk, hogy egy-egy ilyen vizsgálatban a figyelembe nem vett többi változó állandó. Ebből a célból először *polinomális illeszkedési vizsgálatot* végeztünk. Ez azonban nem vezetett célhoz, mert igen rosszul illeszkedő polinomokat kaptunk. Ezután úgy jártunk el, hogy az illeszkedést különböző elemi (racionális egész, tört, exponenciális, logaritmikus) függvényekkel valósítottuk meg. A kapott eredmények ismertetése túl sok időt venne igénybe, ezért csak a végeredményt közöljük. Az általunk elvégzett igen sokféle vizsgálatból az derült ki, hogy a négyzetes korrelációs együttható mindenkor túl kicsiny volt. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy az Ózdi Kohászati Üzemekben használt Fk-38-as és B-33-as kokillák kémiai összetétele a fennálló összetételi határok között, továbbá a szokványos pihentetési idő csak kis mértékben módosítja a kokillatartósságot.

Az előbbiekben már volt szó a valószínűségi változókról. A valószínűségi változó lehet *diszkrét,* *1. táblázat*

Az FK-38-as jelű kokilla függetlenségvizsgálatának eredményei

N	*T*	C	Si/Mn	Mn/S	P	*T*	idő	*P*
1	X	X	X	X	X	X	X	99,95
2	X	X	X	X	X	X	X	99,95
3	X	X						60
4	X		X					90
5	X			X				80
6	X				X			85
7	X					X		60
8	X						X	99,95
9	X		X	X				90
10	X		X	X	X			95
11	X	X	X	X	X			90
12	X		X	X	X		X	99

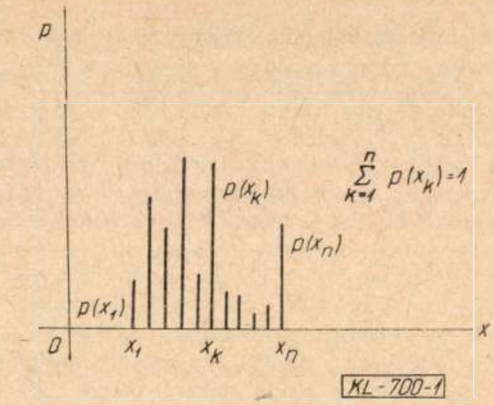
2. táblázat

A B-38-as jelű kokilla függetlenségvizsgálatának eredményei

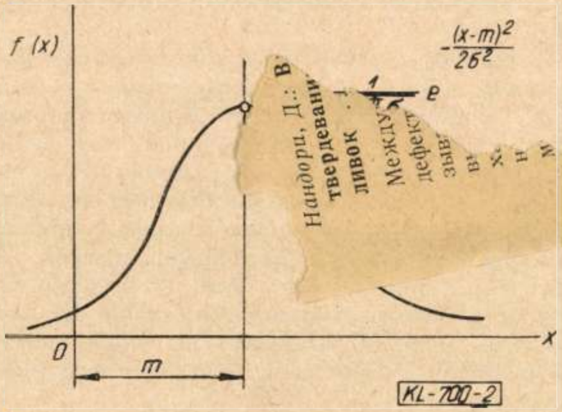
N	*T*	C	Si/Mn	Mn/S	P	*T*	Idő	P
1	X	X	X	X	X	X	X	99,95
2	X	X	X	X	X	X	X	99,95
3	X	X						99,95
4	X		X					95
5	X			X				10
6	X				X			90
7	X					X		99,5
8	X						X	99,95
9	X		X	X				90
10	X		X	X	X			95
11	X	X	X	X	X			99,95
12	X		X	X	X		X	99,95

vagy *folytonos*. A diszkrét valószínűségi változó eloszlását azzal jellemezzük, ha megadjuk, hogy értékeit milyen valószínűséggel veszi fel *(1. ábra)*.

A folytonos valószínűségi változónál a *sűrűségfüggvény* ismeretes, amely hasonlóan értelmezhető,



1. ábra. Diszkrét valószínűségi változó eloszlása



2. ábra. A normális eloszlás sűrűségfüggvénye

mint pl. a tömegeloszlás tömegsűrűsége. A *2. ábra* a normális eloszlás sűrűségfüggvényét mutatja.

Minden valószínűségeloszlásnak két jellemző paramétere van:

1. a várható érték,

2. a szórás.

A *várható érték* az a szám, amely körül a valószínűségi változó ingadozik. Mechanikai analogonja a súlypont. A *szórás* viszont a valószínűségi változó ingadozásának mérésére szolgál. Ennek is van mechanikai megfelelője: a tehetetlenségi nyomaték.

A matematikai statisztika alapfeladata a statisztikai adatok feldolgozása és az azokból való következtetés. A megfigyelési adatok esetről esetre véletlenszerűen változnak s így egy valószínűségi változó megfigyelt értékeinek foghatók fel. Egy valószínűségi változó értékeire vonatkozó egymástól független megfigyelési adatok összességét az *eloszlásból vett mintának*, az adatok megfigyelését *mintavételnek* nevezzük. Ilyen mintát kaptunk pl. akkor, amikor az előbb tárgyalt feladatban az Fk-38-as kokillák közül megmértük jónéhány karbontartalmát és élettartamát. Az így kapott számértékek összege alkotja a *mintát*.

A matematikai statisztikának azt a részét, amely azzal foglalkozik, hogy mikét lehet egy valószínűségi változó eloszlásának jellemzőit, nevezetesen várható értékét és szórását a valószínűségi változó értékeire vonatkozó mintavétel útján jól becsülni, továbbá ezeknek a becsléseknek a tulajdonságait vizsgálja, *becsléselméletnek* nevezzük.

Becsléselmélet alkalmazása

Igen sokszor a következő kérdést kell megválaszolni: feltételezhetjük-e, hogy két adott minta ugyanabból az eloszlásból származott, vagy sem? Ilyen esettel találkozunk pl. valamilyen technológiai változtatás eredményességének eldöntésekor. Ilyenkor a változtatás előtti és utáni helyzet vizsgálata során tulajdonképpen két sokaságot vetünk egybe, amelyek közül az egyik a régi, a másik az új eljárással gyártott termékeket jellemzi. A technológiaváltoztatás eredményességének az a feltétele, hogy a két sokaság egymástól erősen elkülönüljün. Ha ez bekövetkezik, biztosak lehetünk abban, hogy a mért értékek változása nem a véletlen tényezők hatásának következménye. Ezt a vizsgálatot a *Student*-féle *t*-próbával hajtjuk végre.

Az iparnak — ezen belül a kohászatnak is — elsőrendő érdeke, hogy a felhasználók jó minőségű, lehetőleg selejtmentes áruhoz jussanak. Ennek egyik eszköze a minőségellenőrzés. Előfordulhat, hogy minden egyes gyártmányt megvizsgálnak. Igen sokszor azonban valamely sok darabból álló tétel tulajdonságaira csupán a tétel egy részének vizsgálata alapján következtetnek. Ezt azért teszik, mert minden darab átvizsgálása általában igen költséges, fárasztó és időtrabló, az anyagi ráfordítás nem áll arányban az általa elérhető eredménnyel, sokszor pedig egyenesen megvalósíthatatlan.

A statisztikai minőségellenőrzés lehet:

1. a gyártásközi ellenőrzés,

2. késztermék ellenőrzés.

A gyártásközi ellenőrzés módszerei nemcsak a selejt felfedezésére nyújtanak segítséget, hanem segítségükkel megakadályozható a selejt gyártása is. A végellenőrzés lehet:

1. minősítéses,

2. méréses.

A következőkben csak a *minősítéses* végellenőrzést érintjük.

A végellenőrzésnél mindenekelőtt valamilyen eljárást rögzítünk. Ez lehet pl. a következő: Az N számú gyártmányból álló tételből, amelyben M db selejtes áru van, kiválasztunk véletlenszerűen n db-ot. Ha ezek között a selejtes darabok száma nem nagyobb c-nél, a tételt elfogadjuk, ellenkező esetben nem vesszük át.

Annak a valószínűsége, hogy M számú selejtes gyártmányt tartalmazó N darabos tételből vett n elemű mintában k db selejt fordul elő:

$$P_k = \frac{\binom{M}{k}\binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

Ugyanis, ha az n elemű mintát egyszerre választjuk ki, az összes lehetséges eset $\binom{N}{n}$. Továbbá az M számú selejtes darab közül k számút $\binom{M}{k}$ különböző módon vehetünk ki. Minden ilyen k darabból álló csoporthoz $(n—k)$ jó gyártmány tartozik, amelyre $\binom{N-M}{n-k}$ lehetőségünk van. A kedvező esetek száma $\binom{M}{k}\binom{N-M}{n-k}$ és így a keresett valószínűség éppen az előbbi.

P_k hipergeometrikus eloszlást követ. Ha azonban $N \gg n$, akkor ismert módon a hipergeometrikus eloszlás a binomiális eloszlással jól közelíthető. Erre való hivatkozással

$$P_k \approx \binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$$

alakban is írható, hol $p=M/N$-t selejtaránynak mondjuk.

Állapodjunk meg abban, hogy egy bizonyos p_1 (vagy ennél kisebb) selejtarányú tételt az átvevő legfeljebb ε_1 valószínűséggel utasíthat vissza. Az átadó viszont egy p_2 (vagy ennél nagyobb) selejtarányú tételt legfeljebb ε_2 valószínűséggel adhat át. p_1, p_2, ε_1 és ε_2 értékét az átadó, illetve átvevő közösen állapítja meg.

Már most az átvétel valószínűsége p selejtarány és c átvételi küszöbszám mellett:

$$V(p) = \sum_{k=0}^{c} \binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$$

Könnyen kimutatható, hogy $V(p)$ p monoton csökkenő függvénye. Ezért n és c megválasztható oly módon, hogy a

$$V(p_2)=\varepsilon_2 \tag{1}$$

egyenlőség teljesül. $V(p)$ monotonitása miatt azonban ekkor minden $p > p_2$, $V(p) < \varepsilon_2$, ami más szóval annyit jelent, hogy p_2-nél nagyobb selejtarányú tétel átvételének valószínűsége kisebb ε_2-nél.

Képezzük $V(p)$ ellentett eseményét: $1—V(p)$-t ami nem más, mint a p selejtarányú tétel visszautasításának a valószínűsége. Hasonlóan könnyen beigazolható, hogy $1—V(p)$ viszont p monoton növekvő függvénye. n és c másrészről is megválasztható, hogy fennálljon az

$$1—V(p_1)=\varepsilon_1 \tag{2}$$

egyenlőség. Ekkor $p < p_1$-re teljesül, hogy az átvevő p_1-nél kisebb selejtarányú tételt ε_1-nél kisebb valószínűséggel utasíthat csak vissza.

(1) és (2) n és c-re egyenletrendszert szolgáltat, melyből n és c meghatározható.

Abban az esetben, ha p kicsi, még tovább egyszerűsíthetünk. Ilyenkor ugyanis a binomiális eloszlást *Poisson* eloszlással közelíthetjük, és n, c meghatározására felhasználhatjuk a *Poisson* eloszlás függvénytáblázatát.

Stochasztikus folyamatok elmélete

A matematikai statisztika igen fontos fejezete a stochasztikus folyamatok elmélete. Ez *Kolmogrov* 1941-ben végzett vizsgálataitól kezdve óriási fejlődést mutat. Az alkalmazásokkal sok könyv és egy sereg dolgozat foglalkozik. Az alábbiakban ebből a témakörből egy általunk megvizsgált esetet említenénk meg.

Az Ózdi Kohászati Üzemek nagyolvasztóihoz egy koksztároló üzembeállítását tervezték (*3. ábra*). A kohókhoz folyamatosan többféle kohókoksz érkezik, amely részben a nagyolvasztók előtt levő tárolókba (pufferekbe) kerül, a felesleget pedig a külső rakodón helyezik el. Az itt lerakott kokszot természetesen újra meg kell mozgatni, hiszen azt a felhasználás előtt a kohókhoz továbbítják. Feltehető, hogy a koksztároló létesítésével a lerakási és felrakási, azaz az anyagmozgatási költségek csökkennek. Jelöljük T (Ft/év)-vel az eredeti, t (Ft/év)-vel a koksztároló létesítése utáni anyagmozgatási költségeket, B (Ft)-vel pedig a koksztároló létesítésének költségét. Ekkor a berendezés

$$a=\frac{B}{T-t}\ (\text{év}) \tag{3}$$

idő alatt amortizálódik. (3)-ban B és T ismert, t ismeretlen.

t meghatározásához azt kellene tudni, hogy a koksztároló létesítése után mennyi kokszot kell a külső rakodótéren elhelyezni. Tegyük fel, hogy ez b (t/év), akkor ismerve c (Ft/t)-t, c az *1* t koksz le- és felrakási költsége):

$$t=b\cdot c\ (\text{Ft/év})$$

b meghatározása végett kísérletsorozatot hajtottunk végre elektronikus számológépen, azaz lejátszottuk azokat a viszonyokat, amelyek a kohó kokszmozgatásakor érvényben lesznek akkor, ha a koksztárolót megépítették. A koksz útja ilyenkor a következő:

Az ózdi külső vasútállomásról

1. vagy a vagonbuktatóra kerül,

2. vagy a külső rakodón lerakják.

A vagonbuktatóra került koksz sorsa:

1.1. a szállítószalag a pufferekbe továbbítja,

1.2. a szállítószalag a koksztárolóba viszi,

1.3. a vagonbuktatón a kocsiban marad.

Mind a pufferekben, mind a koksztárolóban a kohókokszot minőség szerint (cseh, lengyel, szovjet stb.) tárolják. Feltehetjük, hogy a nagyolvasztók kokszfogyasztása egyenletes. Mivel azonban a szállítások az időben változnak, a pufferekben és a koksztárolóban fajtánként meg kell állapítani egy biztonsági szintet, amely alá a koksz mennyisége nem süllyedhet. Ennek megfelelően a vagonbuktatóra került koksz továbbításakor a fent jelzett programban változások lehetségesek. Így előfordulhat, hogy nem következik be sem *1.1.*, sem *1.2.*, mert a szállítószalag a tárolóban, ill. a pufferekben azokat a rendszereket tölti fel, ahol egy másik kokszfajtában hiány mutatkozik. Továbbá az is előfordulhat, hogy *1.3.* sem következik be, mert a kocsiknak oly sokáig kellene várniuk, hogy átlépnék a megengedett kocsitartózkodási időt.

Eddig a kokszérkezés esetét vizsgáltuk. Ha viszont nem jön kokszszállítmány, figyeljük a pufferekben, ill. a koksztárolóban a szintváltozást. Ha a kokszníyó a pufferekben elérte a biztonsági szintet, a puffert töltjük a koksztárolóból, a koksztárolót a külső rakodóról. Megemlítjük, hogy a külső rakodón is felvettünk egy biztonsági szintet.

Ezzel a feltöltési eljárást jól definiáltuk.

A következőkben azt kellett tisztáznunk, hogy a napi kokszbeérkezés, mint valószínűségi változó, milyen eloszlást követ. Most három lehetőség között választhattunk:

1. Az adatokat nem dolgozzuk fel matematikai statisztikai módszerekkel, hanem közvetlen szimulálunk velük.

2. Az eloszlás hisztogramjából elkészítjük a tapasztalati eloszlásfüggvényt és abból veszünk véletlen mintát a számológépes szimuláló programhoz

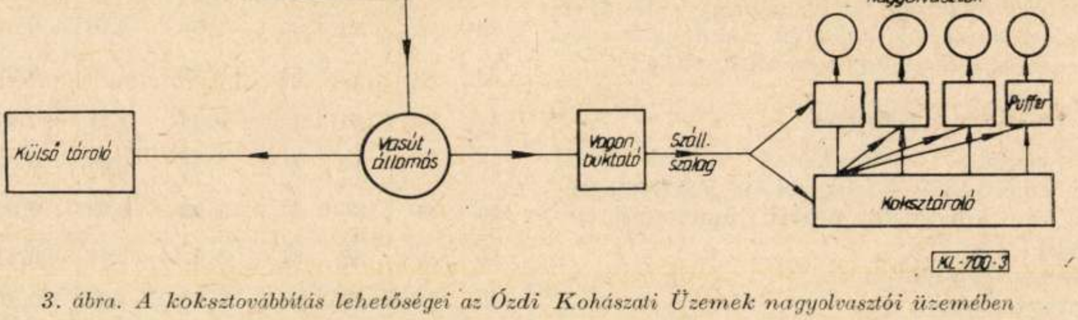
3. Ismert típusú eloszlásfüggvényhez meghatározzuk a jellemző paramétereket és ebből az eloszlásból veszünk véletlen mintát.

Arról persze, hogy az ismert típusú és számolt paraméterű eloszlás reális-e, mindig meg kell győződni ún. *illeszkedésvizsgálattal*.

Jelen példában *1.*-et és *2.*-t nem követhettük, mivel a kokszbeékezésekre csak néhány évvel ezelőtti statisztikai adatokat ismertünk. Bebizonyítottuk, hogy az eloszlás jellege az idővel nem változik, de a kokszfogyasztás időközben létrejött megnövekedése miatt a paraméterek módosulnak.

Ezért nem maradt más hátra, mint ismert eloszlásfüggvénnyel próbálkozni. Először *Poisson* eloszlással kísérleteztünk, de kiderült, hogy ez még nagy hibával sem alkalmazható. Végül is — számos próbálkozás után — arra jutottunk, hogy a kokszbeérkezésnek kevert eloszlása van. Az illeszkedésvizsgálat kielégítő eredménnyel járt. Az eloszlásfüggvény meghatározását követően az előbbiekben leírt stratégiával szimulációt hajtottunk végre. A szimulációs idő 4 hónapra terjedt ki.

A számítás végeredménye az volt, hogy koksztároló létesítésével a külső rakodón a kokszmennyiségnek csak kb. 6%-át kell tárolni, így a beruházási költség igen rövid idő alatt amortizálódik. Érdekesség kedvéért megemlítjük, hogy a feladat megoldása során, ami nem egész egy hónapot vett



3. ábra. A koksztovábbítás lehetőségei az Ózdi Kohászati Üzemek nagyolvasztói üzemében igénybe, kb. 3 és fél év, azaz mintegy 4 millió Mp kokszszállítmányra vonatkozó adatot dolgoztunk fel.

Konfidencia vizsgálatok

A matematikai statisztika felhasználható különféle ipari kutatási problémák vizsgálatára is. Az alábbi példán érzékeltetjük vázlatosan, hogy ez milyen módon történhet és milyen sikerrel kecsegtet.

A kohászati üzemekben, különösen az öntödékben a portartalom csökkentése elsőrendű munkavédelmi probléma. Jelenleg a KGM Szilikózis Kutató Intézetben folynak ilyen portalanítási kísérletek. A portalanítást úgy hajtják végre a kísérleti berendezéssel, hogy levegővel megfelelő nyomáson vizet porlasztanak, amelyhez felületaktiváló anyagot adnak. A porlasztóból kikerülő vízcseppek mérete igen kicsi. Ezek a vízcseppek, miközben áthaladnak a porral teli téren, a porszemeket magukkal ragadják és a porszemekkel eredményesen összeütközött vízrészecskék a helyiség talaján gyűlnek össze.

Ezzel kapcsolatban a következők tisztázandók:

1. Milyen törvényszerűség írja le a porszemek számának időbeli alakulását.

2. Ha egy ilyen összefüggés ismert, ebben milyen szerepet játszanak azok a tényezők, amelyek a portartalom csökkenését befolyásolják.

Az elvégzett elméleti megfontolások az alábbi egyenlethez vezettek:

$$m(T)=\int_0^t f(x)e^{-\lambda(x)ps\bar{t}} \qquad (3)$$

(3)-ban $m(T)$ jelenti a T időpontban a térben jelenlevő, még nem lekötött porszemek számának várható értékét, $f(x)$ a portartalom kezdeti eloszlását, $\lambda(x)$ az x átmérőjű porszemek ütközési hajlandóságát, p a tapadás valószínűségét az ütközés bekövetkezése után, s az időegységben a porlasztás során keletkező vízcseppek számának várható értékét, $\bar{t}$ a vízcseppeknek a térben való tartózkodási átlagidejét.

Ezenkívül azt találtuk, hogy

$$s=\frac{6Q}{\pi M(r^3)} \qquad (4)$$

$$\bar{t}=lM\left(\frac{1}{r_3}\right) \qquad (5)$$

ahol Q az időegységben felhasznált vízmennyiség, l a porlasztó magassága a talajszinttől, r a vízcseppek sugara, M a várható érték jele.

A *3.* és *4. táblázat* azt mutatja, hogy a számítási és mérési eredmények különféle felületaktivizáló anyagok esetén milyen egyezést mutatnak.

Befejezés

A matematikai statisztikának vannak olyan fejezetei, amelyekkel kapcsolatban már csak felsorolásra szorítkozhatunk példák bemutatása helyett. Ezek:

1. információelmélet,
2. döntéselmélet,
3. játékelmélet,
4. operációkutatás.

Általában úgy tűnik, hogy a statisztikai (valószínűségelméleti) modellek igen jól írják le a való-

3. táblázat

Portalanítási kísérlet számított és mért eredményei 0,2% Sandovit felületaktiváló anyag jelenlétében

T : az idő mp-ben
$b(T)$: a mért portartalom, %-ban
m_0 : számított portartalom %-ban, ha λ = áll.
m_1 : számított portartalom %-ban, ha λ lineárisan növekvő függvény
$b-m_0$, $b-m_1$: a mért és számított értékek absz. eltérése
$\frac{b-m_0}{m_0}$, $\frac{b-m_1}{m_1}$ a mért és számított értékek relatív eltérése

T	$b(T)$	m_0	m_1	$b-m_0$	$b-m_1$	$\frac{b-m_0}{m_0}$	$\frac{b-m_1}{m_1}$
5	95	95	95	0,11	—0,40	0,00	—0,00
10	89	90	91	—1,03	—2,01	—0,01	—0,02
15	84	85	86	—1,43	—2,06	—0,02	—0,02
20	79	81	82	—2,06	—2,75	—0,03	—0,03
25	75	77	78	—1,91	—2,65	—0,02	—0,03
30	71	73	74	—1,98	—2,75	—0,03	—0,04
35	67	69	70	—2,25	—3,06	—0,03	—0,04
40	63	66	67	—2,70	—3,55	—0,04	—0,05
45	60	62	63	—2,34	—3,21	—0,04	—0,05
50	57	59	60	—2,16	—3,15	—0,04	—0,05
55	55	56	57	—1,13	—2,04	—0,02	—0,04
60	53	53	54	—0,26	—1,18	—0,00	—0,02

4. táblázat

Portalanítási kísérlet számított és mért eredményei 0,2% SzV-102 felületaktiváló anyag jelenlétében

A jelölések ugyanazok, mint a 3. táblázatban.

T	$b(T)$	m_0	m_1	$b-m_0$	$b-m_1$	$\frac{b-m_0}{m_0}$	$\frac{b-m_1}{m_1}$
5	93	90	91	2,74	1,72	0,03	0,02
10	83	81	82	1,54	0,76	0,02	0,01
15	74	74	74	0,47	—0,43	0,01	—0,01
20	65	66	67	—1,37	—2,36	—0,02	—0,04
25	59	60	61	—0,90	—1,97	—0,02	—0,03
30	53	54	55	—1,06	—2,19	—0,02	—0,04
35	48	49	50	—0,80	—1,96	—0,02	—0,04
40	44	44	45	—0,04	—1,22	—0,00	—0,03
45	41	40	41	1,25	0,06	0,03	0,00
50	38	36	37	2,12	0,93	0,06	0,03
55	36	32	34	3,62	2,44	0,11	0,07
60	35	29	30	5,77	4,61	0,20	0,15

ságot. Az ismeretek növekedésével egyre több tényező hatását tudjuk figyelembe venni és következményeiket rögzíteni. Az adatok feldolgozása az elektronikus számológépek segítségével egyre inkább mechanizálódik, a kiértékelés pontossága nő és az állítások élesednek. Csodálattal állapíthatjuk meg, hogy a véletlen éppen olyan szigorú törvényeknek van alávetve, mint a tiszta determinizmus. Ezeknek a törvényszerűségeknek a kutatása a matematikai statisztika eszközeivel az emberi tudást minden területen, így a metallurgiában is a jövőben kétségtelenül jelentősen előbbre viszi.

IRODALOM

[1] *Bartlett, M. S.:* An Introduction to Stochastic Processes Cambridge. 1955.
[2] *Dobb, J. L.:* Stochastic processes. New York, 1953.
[3] *Khintchine, A.:* Korrelationstheorie der stationär stochastischen Prozesse. Math. Annalen. 109. 1934.
[4] *Fisz, M.:* Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik. Berlin. 1965.

Finomhúzógépek üzemének elméleti és kísérleti vizsgálata

MARTON KORNÉL okl. kohómérnök, tud. munkatárs
Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

DK 621.778.1001

A tanulmány a csúszvahúzó finom dróthúzógépek csúszási viszonyainak elemzésével elméleti összefüggéseket állapít meg a húzógép konstrukciós adatai, valamint a húzószerszámok fogyásterve és a csúszások között; ill. a húzószerszámok kopása és a csúszások között; végül a drót kopása és a csúszások között. A nyert összefüggések kísérleti ellenőrzése céljából szerző üzemi méréseket végzett egy DHCF-17 típusú finom húzógépen. A mérési adatok jó egyezést mutatnak az elméleti összefüggésekkel számított értékekkel.

Jelölések

A a húzógép fokozatállandója;
D a húzótárcsák átmérője, mm;
F a fogyás, mm²;
N_{cs} a húzótárcsán való csúszás teljesítményszükséglete, mkp/s;
N_h a húzás teljesítményszükséglete, mkp/s;
N_R a húzószerszámban fellépő súrlódás teljesítményszükséglete, mkp/s;
Q a szerszám dolgozó felülete, mm²;
V az időegységben húzott drót térfogata, cm³/s;
Z a húzóerő, kp;
Z' az ellenhúzóerő, kp;
a a húzótárcsák áttétele;
d a drót átmérője, mm;
f a drót keresztmetszete, mm²;
k_φ a drót alakítási szilárdsága, kp/mm²;
k_k a közepes alakítási ellenállás, kp/mm²;
m a húzótárcsán levő drót menetszáma;
n a húzótárcsa fordulatszáma, 1/perc;
q_d a fogyás, %;
s a húzótárcsák és a drót közötti fajlagos csúszás;
v_d a drót sebessége, m/s;
v_g a húzótárcsa kerületi sebessége, m/s;
v_d' a drót közepes sebessége a húzószerszámban, m/s;
v_r a húzótárcsák és a drót közötti relatív sebesség, m/s;
t a drót tartózkodási ideje a húzótárcsán, s;
w_{cs} a drót kopása;
w_{cs}^* a drót fajlagos kopása;
α a húzószerszám félkúpszöge (radián);
Δd a drót átmérőjének változása a húzószerszám kopása miatt, mm;
Δd^* a drót átmérőjének fajlagos változása a húzószerszám kopása miatt;
Δs a fajlagos csúszás változása a húzószerszám kopása miatt;
μ a súrlódási tényező a húzóüregben;
μ_t a súrlódási tényező a húzótárcsán.

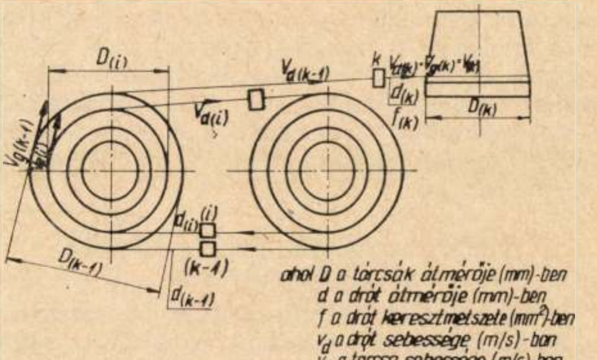
Bevezetés

Többszörös csúszvahúzó gépeknél a huzal a húzószerszámok egész sorozatán fut keresztül. Két-két húzóüreg között a huzalt egy-egy húzótárcsa szállítja tovább oly módon, hogy a tárcsán 1—3 menet van. A húzótárcsák felületén keletkező súrlódás viszi át a húzóerőt. A huzal folyamatosan növekedő sebességgel fut keresztül az egymás után következő üregeken, ami lépcsős tárcsák, vagy növekedő fordulatszámú tárcsasorozat segítségével érhető el. Minthogy lehetetlen az egymás után következő keresztmetszetcsökkenéseket és húzási sebességeket a meghosszabbodással pontosan összehangolni, az egyes húzótárcsák kerületi sebességét úgy kell megállapítani, hogy minden húzótárcsa mindig több drótot akarjon szállítani, mint amenynyit a következő üreg fel tud venni. Tehát az a szabály, hogy a két üreg között dolgozó *húzótárcsa kerületi sebessége néhány százalékkal nagyobb legyen, mint a két üreg között futó huzal sebessége.* Így tehát az egyes húzótárcsákon a drót csúszik. A csúszás mértékét a *húzótárcsák sebessége* és a *drótsebességek* szabják meg. Míg a húzótárcsák kerületi sebessége adott húzógép esetén állandónak tekinthető, a huzal sebessége az egyes fokozatokban a húzószerszámok kiképzésétől, azaz a fogyástervtől függ és a kopások következtében üzem közben is változik.

A húzótárcsák és a drót közötti fajlagos csúszás meghatározása

Az *1. ábra* jelöléseivel a kész dob az időegység alatt

$$V = v_{(k)} \cdot f_{(k)}$$



1. ábra. Csúszással többszörösen húzó dróthúzógépek elvi működése