

3-7. ábra. Nem-véletlen jelenségek

Ha egy (a példában 5 elemű) minta átlagértéke a beavatkozási határokon kívülre kerül, elutasítjuk azt a nullhipotézist, hogy  $E(x)=\mu_0$ , vagyis megállapítjuk, hogy a feltételezett folyamathoz képest kiugró az  $\bar{x}$  érték (3-7a. ábra). Ez az előzőekben ismertetett hipotézisvizsgálat grafikus formában. Az ellenőrző kártya többre is képes. Észlelhetjük rajta a folyamat időbeli változásait, ill. előre jelzi a csak később egyértelművé váló hibás működést.

Az ellenőrző kártyákat a század húszas éveiben javasolta W.S. Shewhart, és grafikus eszközként eredetileg a vizuális szemléltetést szolgálták ki, ma is igen gyakran használják őket. Észrevehetővé teszik:

- kiugró értékeket (3-7a. ábra);
- a beállítás esetleges elállítódását (3-7b. ábra);
- vagy a például kopásból eredő folyamatos eltolódást (3-7c. ábra), méghozzá jóval azelőtt, hogy csak egy mintán vizsgálva a mért jellemző a beavatkozási határokon kívülre kerülne;
- ciklusokat, melyek magyarázata lehet a műszak, a különböző kezelők, az időjárás változása stb. (3-7d. ábra);
- keverék-eloszlást (3-7e. ábra), ilyen többek között akkor adódik, ha az egyik minta az egyik gépről, a másik minta a másik gépről kerül le, vagy pedig ha a kezelő túlszabályozza a berendezést, látván, hogy nagyok a mért értékek, csökkenti a beállított cél-értéket, majd amikor ettől a mért értékek kicsik lesznek, növeli;
- észrevehető, ha az ingadozás kisebb mértékű, mint amit a határok kiszámításához használt variancia indokolna (3-7f. ábra), ez például akkor lehetséges, ha a varianciát túlbecsülték.

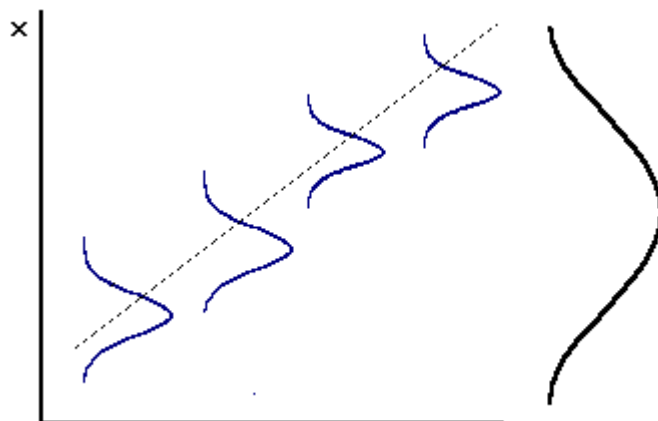
### 3.3. Az ellenőrző kártyák használata

#### 3.3.1. Előzetes adatfelvétel és gyártásközi ellenőrzés

##### *Előzetes adatfelvétel*

Igen gyakran előfordul, hogy a folyamat  $\mu$  várható értéke és  $\sigma^2$  varianciája nem ismert előzetesen és pontosan, akkor ezeket is a mintából kell becsülni. A becsléshez előzetes adatfelvétel (ún. nagy minta) szükséges. Szokás már erre a továbbiak szempontjából előzetes vizsgálatra is a kártya-módszert alkalmazni. Ekkor ugyanis ellenőrizhetjük, hogy a becsült  $\mu$  és  $\sigma^2$  olyan folyamatból származik-e, amely stabil, tehát csak véletlenszerű ingadozásokat mutat, és így megfelel a feltételezéseknek. Ha például trend

van (fokozatos elállítódás), az egyetlen nagy mintából kapott szórásnégyzet túl nagy lesz, amint ezt a 3-8. ábra mutatja.



3-8. ábra. Trend hatása a nagyminta szórásnégyzetére

A kártyákon való ábrázoláshoz fölvevett adatok átlaga és szórásnégyzete lesz a folyamat  $\mu$  várható értékének ill.  $\sigma^2$  variáciájának becslése. Természetesen a becslés csak akkor használható, ha az a folyamat, amelyből a mintát vettük, stabil, vagyis csak véletlenszerű ingadozásokat tartalmaz. Ha nem, vagyis ún. veszélyes hibák (3-1. ábra) is előfordultak a mintavétel során, akkor a folyamat nem az, amelyre a becslést alapozni akarjuk, és amelyhez a későbbi ellenőrzések során a folyamatot hasonlítani kívánjuk. Ezért a veszélyes hibák okát meg kell keresni. Ha megtaláltuk, ki kell küszöbölni és biztosítani kell, hogy a jövőben ne forduljon elő, a hozzá tartozó pontokat pedig a becslésnél nem kell figyelembe venni.

Az adatokat célszerű formanyomtatványon, ún. adatfelvételi lapon gyűjteni, ezen az azonosító adatoknak és a megjegyzéseknek is bőséges helye kell legyen (MSZ246/2-56 és MSZ246/3-57).

Az előzetes adatfelvétel a kártya-módszer alkalmazásakor abban különbözik a későbbi időszakos vagy folyamatos (gyártásközi) ellenőrzéstől, hogy az előzetes adatfelvételnél csak az egész mintavételi sorozat végrehajtása után számolhatunk, vagyis csak ilyenkor rajzolhatjuk be az alapvonalat és az ellenőrzési határokat. Az előzetes adatfelvétel adataiból kiszámított beavatkozási határok ideiglenesek (trial control limit), mert ha a megtalált veszélyes hiba okok miatt kihagyunk pontokat, új beavatkozási határokat kapunk.

Ugyancsak szokás a folyamat statisztikai paramétereit felülvizsgálni, az előzetes adatfelvétel óta végzett vizsgálatok eredményeinek felhasználásával (ha a folyamat közben stabilnak bizonyult), mert így nagyobb adattömegből kapott (tehát pontosabb) becslésekkel dolgozhatunk. Ez nem jelenti azt, hogy minden egyes mintavételi sorozat

után újraszámoljuk és megváltoztatjuk a kártya paramétereit (a középvonalat és a beavatkozási határokat), hanem bizonyos hosszabb időszakok után.

Az előzetes adatfelvétel célja tehát az, hogy a gyártásközi ellenőrzéshez használandó kártyák paramétereit (középvonal és beavatkozási határok) meghatározzuk.

## Gyártásközi ellenőrzés

Célja, hogy megállapítsuk, nem állt-e be olyan változás, amely miatt a folyamat statisztikai jellege (eloszlásának típusa és/vagy annak valamely paramétere) megváltozott volna. Az esetleges változást az előzetes adatfelvételkor nyert statisztikai jellemzőktől való eltérés mutatja meg. Az adatokat sokszor nem rögzítik adatfelvételi lapra, hanem közvetlenül a kártyára viszik föl (MSZ246/2-56).

Az üres kártyák paramétereit (középvonal és beavatkozási határok) az előzetes adatfelvétel alapján határozzuk meg. Az ellenőrzés során azt vizsgáljuk, hogy a vett minta statisztikai jellemzői (pl. átlaga) hogyan viszonyulnak a beavatkozási határokhoz. Vagyis azt a nullhipotézist vizsgáljuk, hogy a gyártás során vett minták ugyanabból az eloszlásból származnak-e, mint amelyeket az előzetes adatfelvétel során vettünk, tehát a folyamat statisztikai paramétereit (pl. várható értéke) nem változtak meg, a folyamat statisztikailag kézbentartott (stabil).

### 3.3.2. A mintavétel megszervezésének szempontjai

#### *A veendő minták elemszáma*

A mintaelemszám növelésével a statisztikai próba tetszőlegesen érzékeny és biztonságossá tehető. Egy-egy minta szükséges elemszámát az első és másodfajú hiba megengedhető valószínűsége alapján határozhatjuk meg. Az elsőfajú hiba költsége a gyártósor indokolatlan megállítása. Ha az elsőfajú hiba költsége nagyon magas (pl. sokba kerül feleslegesen leállítani a gépsort),  $\alpha$ -ra kicsiny értéket kell választani, vagyis a beavatkozási határokat ( $LCL$ ,  $UCL$ )  $\pm 3\sigma$  helyett pl.  $\pm 3.5\sigma$ -val kell megadni. Ha a másodfajú hiba (nem vesszük észre, hogy selejtet gyártunk) a költséges és ehhez képest az esetleg mutatkozó eltérés okát kis költséggel és gyorsan meg lehet találni, akkor, hogy adott mintaelemszám mellett  $\beta$ -t csökkentjük,  $\alpha$  nagyobb értéke javasolható (a határokat  $\pm 3\sigma$  helyett  $\pm 2.5\sigma$ -hoz vagy  $\pm 2\sigma$ -hoz adjuk meg).

A veendő minták szükséges elemszámát adott  $\alpha$  és  $\beta$  értékhez, a kimutatandó  $\Delta = \mu_1 - \mu_0$  eltérés ismeretében a működési jelleggörbéből kapjuk meg. Pl. ha  $\alpha = 0.0027$ , vagyis  $\pm 3\sigma$  határokkal dolgozunk, és  $\beta = 0.78$ , a kimutatandó különbség  $\Delta = \sigma$ , a szükséges mintaelemszám a 3-5. ábrából  $n = 5$ . Jól látszik, hogy kis különbségek észleléséhez viszonylag nagy mintaelemszám szükséges, ezért a Shewhart-kártyák csak nagy eltérések kimutatására használhatók. Például 5 elemű mintákkal annak valószínűsége, hogy a  $\Delta = \sigma$  nagyságú elállítódást már az azt követő első mintavételnél észrevegyük, csak  $1 - \beta = 1 - 0.78 = 0.22$ . Ha nem a kis különbség (elállítódás) észlelése a fő cél, a pontok menetének elemzése lényeges információt nyújt.

Szokás a folyamat megismerése, a tapasztalatok alapján a mintaelemszámot változtatni is. Ha a folyamat hosszabb időn keresztül stabilnak mutatkozik, és ingadozása is kicsi, kisebb elemszámú minták is elegendőek az ellenőrzéshez, a mintavétel és a minta mérése ugyanis általában költséges. Az is előfordulhat, hogy

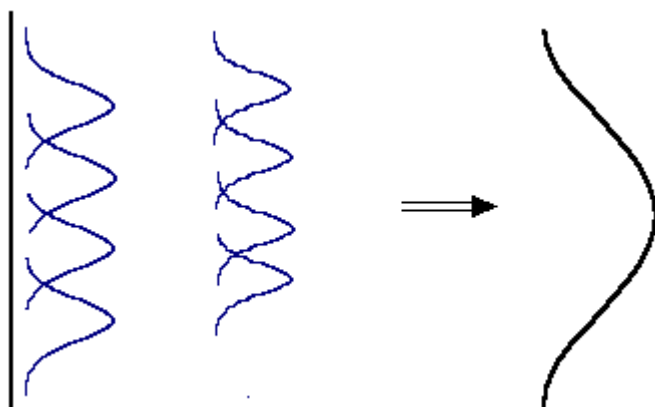
szándékunk ellenére változik a mintaelemszám, pl. egyes minták elszennyeződnek, tönkremennek, elvesznek; ezt a statisztikai vizsgálatnál figyelembe kell venni.

*A csoportok képzése: mit tekintünk egy mintának*

A mintavétel egyik kulcskérdése annak meghatározása, hogy mit tekintünk homogén csoportnak, vagyis mely adatok tartozzanak egy mintához. Az irányelv az, hogy amennyiben a folyamat jellegét megváltoztató okok vannak (ezek hatását akarjuk éppen észlelni, hogy kiküszöbölésükre intézkedhessünk), ezen okok a különböző minták között hassanak, a mintákon belül csak a folyamat belső ingadozása miatt legyen különbség.

Ha gyártási folyamatról van szó, kézenfekvő, hogy az egymáshoz közeli időpontban gyártott termék-példányok alkossanak egy mintát, ilyenkor azok a külső okok, amelyek az idővel hozhatók összefüggésbe, tényleg a minták között hatnak, nem a mintákon belül. Ilyenkor is vigyázni kell, mert esetleg nemcsak az idő folyása, hanem diszkrét időpontokban beálló változások okoznak eltéréseket. Például helytelen lenne egy mintába vonni az egyik műszak végén és a másik műszak elején gyártott termék-példányokat, így ugyanis nem tudnánk kimutatni a műszakváltás esetleges hatását, az csak a szórást növelné meg a mintákon belül.

Ha a termék-egyedek több gépen készülnek, külön-külön érdemes kezelni az egyes gépek termékeit. Ugyanez érvényes, ha egy gép több gyártófejről van szó. Ha nem így járunk el, két eset lehetséges. Amennyiben a különböző gépeken vagy fejeken készült példányok más-más mintába kerülnek, ez két gép vagy fej esetén oszcillációt okoz (3-7e. ábra). Ha viszont egy-egy mintán belül több forrásból származó termék-példányok vannak, keverék-eloszlást kapunk, amelynek nagy a szórása (3-9. ábra), és az minden esetleges változást elfed.



3-9. ábra. Keverék-eloszlás

Mivel ügyelünk arra, hogy a mintákon belül lehetőleg csak véletlen ingadozás legyen, mindenképpen indokolt, hogy a  $\sigma^2$  varianciát a mintákon belüli szóródásból becsüljük:

$$\sum_i^m \sum_j^n \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n-1}, \text{ ne pedig a teljes ingadozásból: } \frac{\sum_i^m \sum_j^n (x_{ij} - \bar{x})^2}{mn-1}, \text{ mert ez utóbbit más,}$$

nem-véletlen jellegű eltérések is terhelhetik, a feladatunk pedig éppen az instabilitást okozó, megnevezhető okok elválasztása a folyamat szokásos működését tükröző véletlenszerű ingadozástól.

Természetesen a mérőeszköznek alkalmasnak kell lennie arra, hogy a kimutatni kívánt eltérést egyáltalán észlelhessük, erről a 8. fejezetben lesz szó.

Ugyanakkora másodfajú hiba-valószínűség ( $\beta$ ) elérhető kisebb minták gyakoribb vételével és ritkább mintavételezéssel, de nagyobb mintákkal is (ld. később a 3-3. példát). A kisebb minták gyakoribb vétele azért jobb, mert rövidebb idő alatt észrevesszük az elállítódást, és a mintavétel közben, a mintákon belül nem játszik szerepet az eltolódás. Általában 4...6 elemű mintákat szoktak venni, leggyakoribb az 5-ös elemszám.