

### 3.4. A Shewhart-kártya érzékenyebbé tétele az időbeliség vizsgálatával

Láttuk, hogy a kis eltolódásokat az átlag-kártyával csak sok minta vétele után tudjuk kimutatni, vagyis a Shewhart-típusú kártyák nem túlságosan érzékenyek. A következőkben bemutatjuk a Western Electric algoritmikus szabályait a véletlenszerű viselkedés ellenőrzésére (3-11a...3-11h. ábra), ezek alkalmazása megkönnyíti a vizuális helyett ma már igényelt számítógépes kiértékelést. A kártyán bejelöltük a  $\pm 3\sigma$  konvencióval kapott határok mellett a  $\pm 2\sigma$  és a  $\pm \sigma$  vonalakat is, ezek az elfogadási tartományt három zónára (A, B, C) osztják<sup>1</sup>.

A vázolt vizsgálatok két csoportra oszthatók: egyeseket csak normális eloszlás esetén lehet használni (ún. paraméteres próbák), mások nem feltételeznek eloszlást (ún. nem-paraméteres próbák). Szokás ezeket a próbákat run teszteknek nevezni.

#### *A nem-paraméteres (a normális eloszlást nem feltételező) próbák*

Ha az  $\bar{x}$  értékek többször egymás után a középső vonal egyik oldalán vannak, gyanút kell fognunk. Annak valószínűsége, hogy egy véletlenszerűen ingadozó valószínűségi változó pozitív irányban térjen el a mediánjától (szimmetrikus eloszlás esetén a várható értékétől), ugyanannyi, mint hogy negatív irányban eltérjen, vagyis 0.5. Hogy kétszer egymás után pozitív irányú legyen az eltérés,  $0.5 \cdot 0.5 = 0.25$ , hogy háromszor, 0.125 s.i.t. Annak valószínűsége, hogy 8 egymást követő pont a középső vonal egyik oldalán legyen,  $0.5^8 = 0.0039$ , vagyis tényleg véletlen ingadozás esetén kb. az esetek négy ezredrészében fordul elő (3-11b. ábra). Ez az érték jó összhangban van a kieső értékre vonatkozó elsőfajú hiba 0.0027 valószínűségével a  $\pm 3\sigma$  konvenció ( $\pm 3\sigma / \sqrt{n}$  határ) választása esetén. Ha a kártya pontjai ilyen szakaszokat tartalmaznak (8 egymás utáni pont a középső vonal egyik oldalán van), feltehetőleg megváltozott a várható érték (eltolódott a beállítás). A 8 egymást követő pont helyett nézhetjük például, hogy 20 közül 16 pont egy oldalon van-e, ennek is kicsi a valószínűsége.

Hasonlóan kicsi annak esélye, hogy 6 egymást követő pont monoton növekvő (vagy csökkenő) menetű legyen (3-11c. ábra). Ha ezt látjuk, feltételezhetjük, hogy a várható érték egy irányban változik, pl. kopik a szerszám.

Hogyha az adatok véletlenszerűen ingadoznak, igen kicsi a valószínűsége annak, hogy az egymást követő pontok oszcilláljanak, vagyis egymás után lefelé-fölfelé változzanak (3-11d. ábra).

#### *A paraméteres (a normális eloszlást feltételező) próbák*

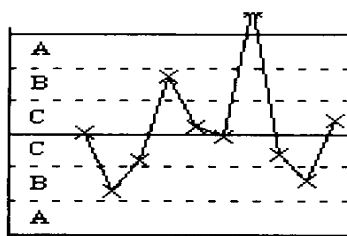
Az ingadozás feltételezett (normális) eloszlásának felhasználásával további kritériumokat kaphatunk. Számítsuk ki annak valószínűségét, hogy három egymást követő pont közül kettő a kétszeres  $\sigma$  határon túl (vagyis az ábra szerinti A zónában vagy azon kívül) legyen, a középső vonal egyik oldalán! Az u-eloszlás táblázatának felhasználásával annak valószínűsége, hogy egy pont az A zónában vagy azon túl legyen, 0.0455, hogy egy másik pont a középvonal ugyanazon oldalán az A zónában

<sup>1</sup> Itt  $\sigma$  az ábrázolt jellemző (egyedi érték vagy átlag) varianciájának négyzetgyöke.

legyen, 0.02275, hogy ne legyen a B zónán kívül, de a középvonal ugyanazon oldalán legyen, 0.47725, hogy három közül kettő az A zónában legyen:  $0.0455 \cdot 0.02275 \cdot 0.47725 = 0.0005$  (3-11e. ábra). Hasonlóan, annak esélye, hogy öt pontból négy a B zónában vagy azon kívül legyen, de a középvonal ugyanazon oldalán, 0.0011 (3-11f. ábra). A két utóbbi esetben is az eltolódás korai jelzését kapjuk.

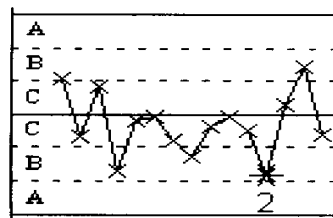
Ugyancsak alig hihető, hogy a pontok egy részének szórása túlságosan nagy legyen, pl. 8 egymást követő pont a C zónán kívül helyezkedjék el, a középvonal mindkét oldalán (3-11h. ábra). Ugyanígy a szórás túl kicsi sem lehet, pl. nem valószínű,

1. Egy pont az A zónán kívül



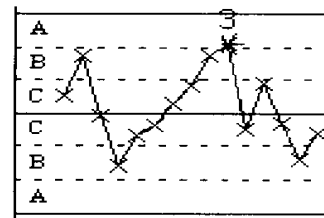
3-11a. ábra

2. Kilenc egymást követő pont a középvonal egyik oldalán



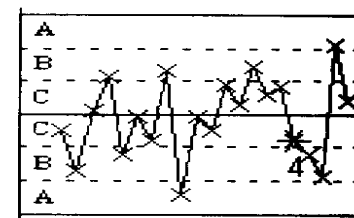
3-11b. ábra

3. Hat egymást követő pont növekvő vagy csökkenő menetű



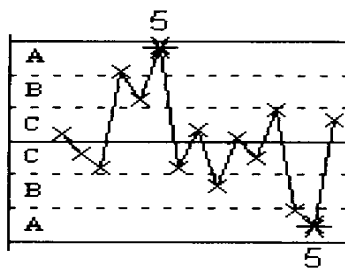
3-11c. ábra

4. Tizennégy egymás utáni pont le-föl váltakozik



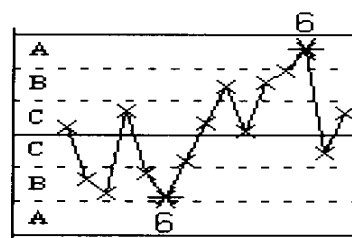
3-11d. ábra

5. Három egymást követő pont közül kettő az A zónában vagy azon túl



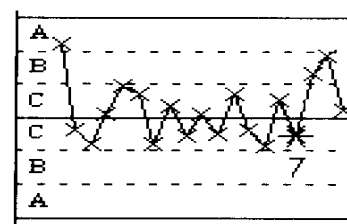
3-11e. ábra

6. Öt egymást követő pont közül négy a B zónában vagy azon túl (a középső vonal egyik oldalán)



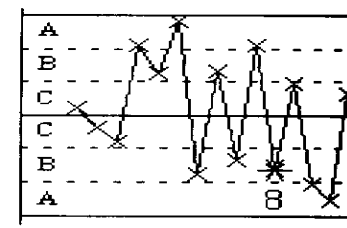
3-11f. ábra

7. Tizenöt pont egymás után a B zónában (a középvonal bármelyik oldalán)



3-11g. ábra

8. Nyolc egymást követő pont a C zónán kívül (a középvonal bármelyik oldalán)



3-11h. ábra

3-11. ábra. A Western Electric algoritmikus szabályai



hogy 15 egymást követő pont a C zónán belül legyen (3-11g. ábra). E jelenségek ugyancsak nem homogén, de legalábbis nem a feltételezett folyamatnak megfelelő eloszlásra utalnak.

Megjegyzendő, hogy ha egyszerre többféle vizsgálatot végzünk (több nullhipotézist vizsgálunk) ugyanazokra az adatokra, mindegyiknél elkövethetünk elsőfajú hibát (téves riasztást okozva ezzel). Ennek az egyes vizsgálatoknál külön-külön kicsi az esélye, az együttes vizsgálatnál azonban annak valószínűsége, hogy valamelyik próbának nem felel meg a ténylegesen csak véletlen ingadozást mutató adatsor, lényegesen nagyobb. Márpedig a 3-11. ábra szerinti vizsgálatokkal ténylegesen több próbát végzünk egyszerre, ugyanazokra az adatokra. Az ilyen elsőfajú hiba konzervatív (felső határt adó) becslése (feltételezve, hogy a vizsgálatok egymástól függetlenek)  $\alpha = 1 - \prod_i (1 - \alpha_i)$ , ami azt jelenti, hogy az együttes vizsgálat elsőfajú hibájának (a hamis riasztásnak) a valószínűsége jóval nagyobb, mint az egyedi vizsgálatoké.

A centrális határeloszlási tétel értelmében a mintaelemek átlaga akkor is (legalább közelítőleg) normális eloszlású, ha maguk a mintaelemek nem normális eloszlásúak, tehát a paraméteres próbák joggal használhatók az átlag-kártyáknál. Ilyen minőségellenőrző kártyát (és elemzést) nemcsak a mintaelemek átlagára, hanem más jellemzőire (pl. a szórásra) is készíthetünk, bár ezek sokszor nem követnek normális eloszlást, így a "rendellenes viselkedés" vizsgálatára csak a nem-paraméteres próbákat jogos használni, a paraméteres próbák legfőljebb közelítőleg érvényesek, és a közelítés jóságát nehéz megítélni. E kártyákról a későbbiekben lesz szó.

### 3.5. Az ellenőrző kártyák fajtái

Aszerint, hogy a vizsgált minőségi jellemzőt milyen skálán mérjük, megkülönböztetünk méréses és minősítéses ellenőrző kártyákat.

E könyv 4. fejezetében az alapvető méréses ellenőrző kártyákat tárgyaljuk:

- átlag- és medián-kártya az ingadozás centrumának (várható értékének) vizsgálatára;
- terjedelem-, szórás- és szórásnégyzet-kártya az ingadozás mértékének (varianciájának) vizsgálatára;
- egyedi érték és mozgó terjedelem kártya, amelyek akkor alkalmazandók, ha a minta elemei nem alkotnak csoportokat.

Az 5. fejezetben mutatjuk be a bonyolultabb méréses ellenőrző kártyákat:

- CUSUM-kártya a várható érték eltolódásának érzékenyebb vizsgálatára;
- mozgóátlag-kártya és az exponenciálisan súlyozott mozgó átlagot ábrázoló (EWMA) kártya ugyanerre a célra;
- trend esetén alkalmazható kártyák
- párhuzamos termékfolyamok és folytonos áramok ellenőrző kártyái

A 6. fejezet a minősítéses ellenőrző kártyákról szól:

- $np$  és  $p$  kártyák a selejtszám ill. selejtarány ellenőrzésére;
- $c$  és  $u$  kártya a hibaszám vizsgálatára