

OTDK-DOLGOZAT

Katona Attila Imre

BA

2013

**ELLENŐRZŐ KÁRTYA-ILLESZTÉSI FOLYAMAT KIDOLGOZÁSA A
MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG FIGYELEMBEVÉTELÉVEL A
STATISZTIKAI FOLYAMATSZABÁLYOZÁSBAN**

**CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL CHARTS
CONSIDERING MEASUREMENT-UNCERTAINTY IN STATISTIC
PROCESS CONTROL**

Katona Attila Imre

Kézirat lezárva: 2011. október 20.

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés.....	1
1 A TÉMÁVAL KAPCSOLATOS HAZAI ÉS IDEGEN NYELVŰ SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁSA.....	2
1.1 A MINŐSÉG ÉS MEGFELELŐSÉG KAPCSOLATA	2
1.1.1 A megfeleléség.....	2
1.1.2 A minőség	2
1.2 A MINŐSÉGGKÖLTSÉGEK	3
1.2.1 A minőségköltségek strukturálása:.....	3
1.2.2 A költségek alakulása:.....	4
1.3 A STATISZTIKAI FOLYAMATSZABÁLYOZÁS	6
1.3.1 Stabilitás és képesség	6
1.3.2 A statisztikai folyamatszabályozás.....	7
1.4 AZ ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK.....	9
1.4.1 A méréses és minősítéses kártyák összevetése:	9
1.4.2 A méréses ellenőrzőkártyák alkalmazásának esetei:	10
1.4.3 A minősítéses ellenőrzőkártyák alkalmazásának esetei:	10
1.4.4 Az alkalmazhatóságot befolyásoló tényezők	11
1.4.5 Az ellenőrző kártyák használata az egyes alkalmazhatósági feltételek figyelembe vételével	13
1.5 A MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG	14
1.5.1 Miért fontos a mérési bizonytalanság figyelembevétele?	15
1.5.2 A mérési bizonytalanság kezelése.....	16
1.5.3 Mérési bizonytalanság kezelése mintavétel esetén	16
2 SAJÁT MÓDSZER BEMUTATÁSA	18
2.1 ELLENŐRZŐ KÁRTYA VÁLASZTÁSA A FIGYELEMMEL KÍSÉRT FOLYAMATHOZ	19

2.1.1	1. Lépés: A technológiai folyamat és az ellenőrzés tulajdonságainak összegyűjtése.....	21
2.1.2	2. Lépés: méréses és minősítéses ellenőrző kártyák közötti döntés	21
2.1.3	3. Lépés: bemenő paraméterek és korlátozó tényezők meghatározása az egyes kártyák esetében.....	22
2.1.4	4. Lépés: az eddigi információk figyelembe vételével a megfelelő kártya (kártyák) kiválasztása.....	22
2.1.5	5. Lépés: Állandó és változó paraméterek megválasztása	22
2.1.6	6. Lépés: a döntéshez társítható költség-, bevétel, és fedezeti értékek meghatározása.....	23
2.1.7	7. Lépés: A beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembevételével	24
3	A MÓDSZER ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK BEMUTATÁSA GYAKORLATI PÉLDÁN KERESZTÜL	26
3.1	A FOLYAMAT ISMERTETÉSE	26
3.1.1	A töltési folyamat jellemzői:	27
3.1.2	A mintavételezés tulajdonságai:	27
3.2	MÉRÉSES ÉS MINŐSÍTÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK KÖZÖTTI DÖNTÉS	28
3.3	BEMENŐ PARAMÉTEREK ÉS KORLÁTOZÓ TÉNYEZŐK MEGHATÁROZÁSA AZ EGYES KÁRTYÁK ESETÉBEN	28
3.3.1	Átlag kártya	28
3.3.2	Terjedelem kártya.....	29
3.3.3	Szórás kártya	29
3.3.4	Szórásnégyzet-kártya	29
3.3.5	Mozgó terjedelem-kártya (MR)	29
3.3.6	MA-EWMA-CUSUM.....	29
3.3.7	Több változós kártyák esete:	30
3.4	AZ EDDIGI INFORMÁCIÓK ALAPJÁN A MEGFELELŐ KÁRTYA KIVÁLASZTÁSA	30
3.5	AZ ÁLLANDÓ ÉS VÁLTOZÓ PARAMÉTEREK KIVÁLASZTÁSA	31

3.6	A VÁLASZTÁS HELYESSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE KÁRTYATERVEZÉSEL	33
3.6.1	Átlag-kártya:.....	33
3.6.2	A CUSUM kártya.....	34
3.6.3	Mozgó átlag kártya:.....	36
3.6.4	Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya (EWMA) tervezése:	37
3.7	A LEHETSÉGES DÖNTÉSEKHEZ TÁRSÍTHATÓ FEDEZETI ÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA ...	39
3.9	AZ ELLENŐRZŐ KÁRTYA BEAVATKOZÁSI HATÁRAINAK MÓDOSÍTÁSA A MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG FIGYELEMBEVÉTELÉVEL	43
4	KONKLÚZIÓ	50
	IRODALOMJEGYZÉK.....	53
	MAGYAR NYELVŰ SZAKIRODALOM.....	53
	IDEGEN NYELVŰ SZAKIRODALOM	54
	MELLÉKLETEK.....	56

TÁBLÁZAT-ÉS ÁBRAJEGYZÉK

1. táblázat: A statisztikai folyamatszabályozás alkalmazásának hatásai	8
2. táblázat: A méréses kártyák összefoglaló táblázata.....	11
3. táblázat: A minősítéses ellenőrző kártyák összefoglaló táblázata	11
4. táblázat: Az ellenőrző kártyák alkalmazhatósági feltételeinek vizsgálata.....	13
5. táblázat: A megfeleléség értékelésének esetei.....	15
6. táblázat: Az egyes döntésekhez társítható költség.....	24
7. táblázat: Az egyes döntésekhez társítható bevétel.....	24
8. táblázat: Az egyes döntésekhez társítható fedezet.....	24
9. táblázat: A beavatkozási határok módosításával kapott eredmények összefoglaló táblázata	48
1. ábra: A minőségköltségek alakulása	5
2. ábra: A mérés eredményét befolyásoló tényezők	14
3. ábra: A kártyaillesztési folyamat menete	20
4. ábra: A szóba jöhető ellenőrző kártyák számának változása az egyes lépések után.....	32
5. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Átlag-kártya	34
6. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett CUSUM-kártya.....	35
7. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Mozgóátlag-kártya.....	37
8. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya	39
9. ábra: A Mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosulása k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálásával	45
10. ábra: Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosulása k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálásával.....	46
11. ábra: Az Összes vett mintára vonatkozó profit értékének alakulása a k_{LSL} és k_{USL} paraméterek függvényében, Mozgóátlag-kártya alkalmazásakor, ha a vizsgált minőségjellemzők értékei Weibull eloszlást követnek	51

BEVEZETÉS

A statisztikai folyamatszabályozás széles körben elterjedt eszközei az ellenőrző kártyák (control charts), melyek a legtöbb esetben nem számolnak a várható pénzügyi kockázattal. Továbbá alkalmazhatóságuk korlátozódik, ha az eloszlás nem normális. Ez esetben az alkalmazott ellenőrző kártya nem alkalmas arra, hogy a fellépő kockázatokat kellő biztonsággal kezelhessük. E dolgozat célja, a módszer felülvizsgálata, illetve olyan megoldás kidolgozása, amely segítségével a szabályozó kártyák használata során a pénzügyi kockázatok nagyobb biztonsággal kezelhetővé válnak.

Munkám célja olyan kártyaillesztési folyamat kidolgozása a statisztikai folyamatszabályozásban, amely újítként tartalmazza a mérési bizonytalanság figyelembe vételét, és a vizsgált folyamatra kockázatalapon működő ellenőrző kártyát (kártyákat) illet. További cél volt a mérési bizonytalanság figyelembevételének és a beavatkozási határok módosításának bemutatása bonyolultabb méréses ellenőrző kártyára vonatkozóan.

Dolgozatom első részében feldolgozom a témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalmat, majd bemutatom a már említett, általam kidolgozott ellenőrző kártya-illesztési folyamatot. A kártyaillesztési folyamat bemutatása után annak alkalmazását szemléltetem egy gázpatron-töltési folyamaton keresztül, amely során bonyolultabb méréses ellenőrző kártyákra, nevezetesen a mozgóátlag-, és az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyára (MA, EWMA) vonatkozóan mutatom be a beavatkozási határok módosítását a mérési bizonytalanság figyelembevételével. Ezzel együtt megvizsgálom a folyamat során a profit változását a módszer alkalmazása előtt és után.

Végül a konklúzió megállapításakor 100000 vett mintát szimulálva megvizsgálom a profit alakulását az említett módszer alkalmazása után, ha a vizsgált minőségjellemző értékei Weibull eloszlást követnek.

Mivel a kártyák tervezésekor a megfelelőséget vizsgáljuk, lényeges tisztázni mi is a különbség a minőség, illetve a megfelelőség között. Ezért a következő fejezet ezzel a témával foglalkozik.

1 A TÉMÁVAL KAPCSOLATOS HAZAI ÉS IDEGEN NYELVŰ SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁSA

Az első fejezetben ismertetem a témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalmat. Ezen ismeretek alapul szolgálnak a megfogalmazott célok eléréséhez. A fejezetben bemutatom a minőség és megfelelés-fogalmak kapcsolatát, a minőségköltségek fajtáit és jelentőségét, továbbá statisztikai folyamatszabályozás módszerét és annak eszközeit: az ellenőrző kártyákat. A fejezet foglalkozik ezen kívül a döntés témakörével, valamint a mérési bizonytalanság fogalmával és figyelembevételének fontosságával.

Végül ismertetem kutatómunkám eredményét, mely az ellenőrző kártyák alkalmazhatósági feltételeinek vizsgálatára irányuló munkákat figyelembe véve meghatározza a kártyák azon szegmensét, ahol még hiányosságok fedezhetők fel, ezzel további kutatási irányvonalat definiálva.

1.1 A MINŐSÉG ÉS MEGFELELŐSÉG KAPCSOLATA

A piaci versenyben a fogyasztói igényeknek való megfelelés, a minőség és az ezek eléréséhez szükséges tényezők biztosítása elengedhetetlen az adott vállalat számára. Joggal állíthatjuk, hogy a minőség kulcsszerepet játszik a versenyképesség elérésében és megtartásában. De mit is értünk a megfelelés, illetve minőség fogalmak alatt?

1.1.1 A megfelelés

A megfelelésen azt értjük, hogy meghatározzuk a termék, rendszer, illetve folyamat bizonyos mérhető, megfigyelhető tulajdonságainak értékét, majd a tulajdonságértékre követelményeket írunk elő és megvizsgáljuk, hogy a termék vagy tevékenység kielégíti-e a követelményrendszer által előírt követelményeket. A megfelelés tehát egy megfigyelhető, objektív jellemző. Ezzel szemben a minőség már sokkal inkább egy szubjektív szempont.

1.1.2 A minőség

A minőség általános filozófiai értelmezése szerint adott dolog minősége a dolog azon tulajdonságainak összessége, melyek azzá teszik a dolgot ami.

Fogyasztói szemszögből a fogyasztási folyamat minőségét azok a funkciók határozzák meg, amelyek alkalmassá teszik a gyártmányt vagy szolgáltatást a fogyasztás során a fogyasztó által igényelt funkciók kielégítésére.

Termelői szemszögből az igény kielégítési folyamat minősége pedig attól függ, hogy a termelési folyamat és a termék a termelői érdekek szempontjából megfelelő-e. Vagyis a termelés folyamata az érdekeltek számára hasznos-e, gazdaságos-e?

A minőség és megfelelés ugyanannak az objektumnak a két különféle szempontú értékelése. Ezért a két fogalom egymástól függetlenül nem is értelmezhető. Míg a minőség szubjektív, általában nehezen mérhető és érték dimenziójú, addig a megfelelés objektív, könnyen értékelhető és természetes dimenziójú fogalom. A két megközelítés közül az előbbi alapvető, az utóbbi pedig másodlagos jelentőséggel bír. Ahhoz, hogy egy vállalat a megfelelés, illetve a minőség magas színvonalát érjen el, különböző célok definiálása, és feladatok ellátása szükséges. (Veress, 1999, pp.17-18, 40-42.)

A dolgozat fő témája olyan ellenőrző kártya létrehozása, amely segítségével nagy biztonsággal kezelhetőek a termelési folyamat során fellépő pénzügyi kockázatok is. Kockázati tényezőként a termelésben fontos szerepet játszanak a minőségköltségek is. Az alábbi alfejezetben a minőségköltségek struktúráját, alakulásukat mutatom be.

1.2 A MINŐSÉ GKÖLTSÉGEK

A minőségmenedzsment célja a lehető legmagasabb színvonalú termékminőség elérése, a lehető legalacsonyabb költségek mellett. A megfelelő termék-, és szolgáltatásminőség együtt jár a megfelelő termék-, és szolgáltatásköltségekkel.

Feigenbaum szerint: „A nem megfelelő minőség egyben nem megfelelő erőforrás felhasználást is jelent. Ez pedig maga után vonja az anyagpazarlást, a munkaerőpazarlást és a berendezésidő pazarlását is és következésképpen magasabb költségekhez vezet. Ezzel szemben a megfelelő minőség megfelelő erőforrás hasznosítást és így alacsonyabb költségeket jelent.” (Feigenbaum, 1991, pp. 118)

1.2.1 A minőségköltségek strukturálása:

Az egyik széles körben elfogadott megkülönböztetés a Feigenbaum által meghatározott PAF-modell. Eszerint a minőségköltségeket a következőképpen csoportosíthatjuk:

- 1) megelőzési költségek
- 2) minősítési költségek
- 3) hibaköltségek

1. A témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozása

A megelőzési költségek a hibák és a nemmegfelelőségek előfordulásának elkerülésére tett erőfeszítésekből származnak és tartalmazzák azokat a kiadásokat is, amelyek azon termékek előállításának a megelőzéséből fakadnak, amelyek nem teljesítik a minőségkövetelményeket.

A minősítési költségek magukba foglalják mindazon költségeket, amelyek a vállalat minőségszíntvonalának megtartásához kapcsolódnak (ellenőrzés, vizsgálat, külső jóváhagyás, minőség-felülvizsgálat).

A hibaköltségek azok a költségek, melyek az egyes minőségi követelmények nem teljesülésekor keletkeznek. A modell megkülönböztet belső és külső hibaköltségeket. A belső hibaköltségek jelentik az üzemben belül jelentkező, nem kielégítő minőség költségeit. Nagyobb kárt okozhatnak azonban a külső hibaköltségek, melyek a vállalaton kívül észlelt nemmegfelelőség hibaköltségei. Ebben az esetben a vevők akár el is pártolhatnak, ami komoly károkat jelenthet a vállalat számára. (Parányi, 1999, 280-284.)

Meg kell említenünk azonban, hogy az egyes felmerülő költségek besorolása sok esetben nehéz feladatnak bizonyulhat, főleg a megelőzési költségek esetében, mert az egyes menedzsmenthez tartozó költségek nem minősülnek megelőzési költségnek.

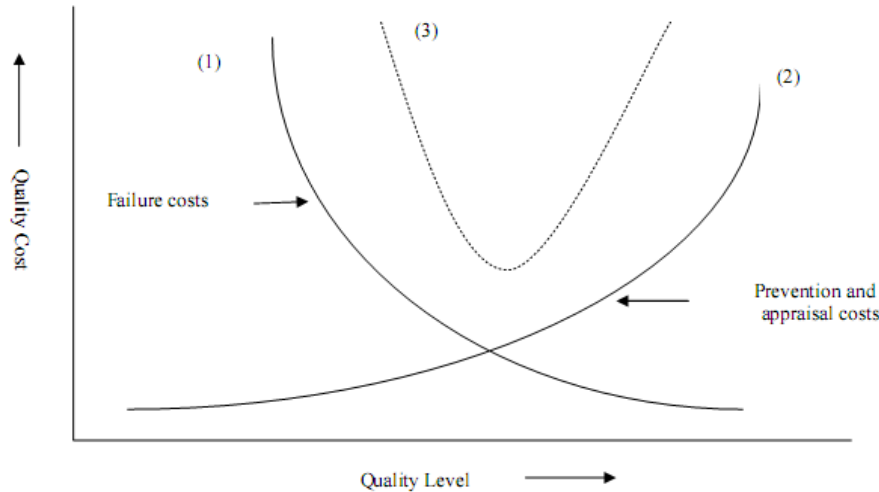
Egy másik strukturálási mód (Process-Cost Modell) a minőségköltségeket két csoportra bontja, a megfelelés költségeire (cost of conformance: COC) és a nemmegfelelés költségeire (cost of non-conformance: CONC).

A megfelelés költségei alatt azokat a költségeket értjük, melyek azon folyamatok kapcsán merülnek fel, amelyek biztosítják, hogy az előállított termék eleget tegyen az előírt minőségi követelményeknek. A nemmegfelelés költségei pedig azokkal a hibákkal járó költségek, amelyek miatt a gyártási folyamat nem tud az előírásoknak megfelelően működni. A teljes minőségköltséget e kettő komponens összege adja, vagyis $COQ = COC + CONC$. A gyakorlatban a vállalatok általában a hangsúlyt a nemmegfelelés költségeinek vizsgálatára helyezik.

1.2.2 A költségek alakulása:

Az alábbiakban vizsgáljuk meg, hogy hogyan alakulnak az egyes költségek bizonyos esetekben. Az 1. ábrán látható koordináta rendszerben a megelőzési-, a hiba-, és az összes minőségköltség változása került ábrázolásra, a minőségi színvonal alakulásának függvényében. (Dadi He, 2010)

1. A témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozása



1. ábra: A minőségköltségek alakulása

(Feigenbaum, 1991)

Tegyük fel, hogy célul tűzzük ki egy adott termék, illetve gyártási folyamat minőségi szintjének növelését. Ez esetben a hibaköltség (egyes számú görbe) nyilván csökkenni fog, hiszen kevesebb selejtes termék fog keletkezni. ezzel szemben a megelőzésre és ellenőrzésre fordított kiadásaink növekedni fognak, melyet a kettesszámú görbe reprezentál. Figyeljük meg, hogy a görbék nem lineárisan változnak. Ennek oka, hogy az ellenőrzésbe és megelőzésbe történő beruházás időben nem állandó, hanem csökkenő mértékben redukálja a hibaköltségeket. Így az összes minőségköltség egy bizonyos pontig csökken, majd ez után a pont után a további beruházások már nem fogják csökkenteni az eredő költséget. (Dadi He, 2010, pp.102-104)

Ezért döntéseinket is úgy kell meghoznunk, hogy a költségek alakulását is figyelembe vegyük. A döntéshozatal azonban sok más területre is kiterjed, és a sikeresség elérésekor kulcsszerepet játszik.

1.3 A STATISZTIKAI FOLYAMATSZABÁLYOZÁS

A kitűzött minőségcélokat csak olyan folyamatok során lehet elérni, melyek az elvárásoknak megfelelően működnek. Ezért a termelési folyamatokat nem elég létrehozni, de ellenőrizni és szabályozni is kell őket. A negyedik nagy fejezet a folyamatszabályozás témakörével, azon belül részletesebben pedig a folyamat stabilitásával és képességével, statisztikai folyamatszabályozás módszerének bemutatásával, és a vele kapcsolatos tapasztalatokkal foglalkozik.

1.3.1 Stabilitás és képesség

Képzeljünk el egy gyártási folyamatot, például műanyag alkatrészek fröccsöntéssel történő előállítását. A folyamatból kikerülő termék-példányok nem tökéletesen egyformák. Ezen alkatrészek különböző jellemzőire (pl.: méret, felület, érdessége) számos tényező van hatással, ezért az ingadozás elkerülhetetlen.

A folyamat változásának okai két fő csoportba sorolhatók. Ezek az okok lehetnek rendszerezsek (szisztematikusak), vagy véletlenszerűek. Az előző példát tekintve rendszeres ok lehet, ha a gép beállítása nem megfelelő, ezért az előállított alkatrészek paraméterei is megváltoznak a várt paraméterekhez képest. Véletlenszerű ok lehet, ha a hiba emberi figyelmetlenség miatt lép fel. A rendszeres hatásokra jellemző, hogy nehezen számszerűsíthetők, viszont könnyebben kiküszöbölhetők. Ezek ok esetben a vizsgált sokaság heterogenitásából adódnak. Ezzel szemben a véletlenszerű hatások könnyebben számszerűsíthetők, viszont kiküszöbölésük nehezebb.

1.3.1.1 A folyamat stabilitása:

Egy folyamatot akkor nevezünk stabilnak vagy statisztikailag kézben tartottnak (angolul: in statistical control), ha az ingadozás csak véletlenszerű, időben állandó, és nincsenek jól felismerhető okai. Az ilyen véletlenszerű ingadozásnak a határai normál eloszlás esetén a $\pm 3\sigma$ szabállyal adhatók meg, mert a normál eloszlású valószínűségi változó 0,9973 (azaz 99,73%) valószínűséggel a várható értéke körül $\pm 3\sigma$ szélességű intervallumban vesz fel értéket. Ezen határokat nevezzük a természetes ingadozás alsó (LNTL: lower natural tolerance limit) illetve felső (UNTL: upper natural tolerance limit) határának. A stabil folyamat jellemzője, hogy a kimenet eltérései előre meghatározhatók. Ez azt jelenti, hogy bármely stabil folyamat esetén a folyamat kimenetének átlagértékét és szórását előre meghatározhatjuk. (Grøn, Hansen, Magnusson, Nordbotten, Krysell, Jebjerg, Lund, 2007, pp. 7-8)

1.3.1.2 A folyamat képessége:

Tegyük fel, hogy az általunk vizsgált fröccsöntő folyamat stabil, vagyis statisztikailag kézben tartottnak tekinthető. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a legyártott alkatrészek megfelelnek a minőségi követelményeknek vagyis, hogy a minőségi mutatók az előírt tűrésmezőn belül helyezkednének el. A tűréshatárok megnevezésére az LSL (alsó specifikációs határ, angolul: lower specification limit), illetve az USL (felső specifikációs határ, angolul: upper specification limit) jelölések alkalmazandóak. Előfordulhat az is, hogy a folyamatunk stabil, mert csak véletlenszerű ingadozás lép fel, de ez olyan mértékű, hogy az ingadozás centruma olyannyira eltér az előírt értékektől, hogy a termékek nagy hányada selejtes lesz. Ekkor a folyamat stabil ugyan, de nem mondható képesnek.

Rosszabb esetben olyan helyzet is felmerülhet, hogy egy későbbiekben azonosítható ok nagyobb mértékű véletlenszerű változást idéz elő (pl.: a fröccsöntő gép beállítása megváltozik). Ilyenkor a folyamatot instabilnak, statisztikailag nem kézben tartottnak nevezzük (angolul: out of statistical control).

Ahhoz, hogy ezeket a hatásokat kiküszöbölhessük, és biztosíthassuk a folyamat stabilitását, a folyamat vizsgálatára van szükségünk. (Kemény, Papp, Deák, 1998, pp. 81-82)

1.3.2 A statisztikai folyamatszabályozás

A statisztikai folyamatszabályozás (Statistical Process Control) a minőségirányítás területén tömeggyártás esetében alkalmazott statisztikai módszerek egyik legelterjedtebb alkalmazása. Célja a megnövekedett minőségi szint biztosítása. A statisztikai folyamatszabályozás során a folyamat jellemzésére alkalmas statisztikai módszerek segítségével elemezzük a folyamat paramétereit és beállításait úgy, hogy ellenőrzőkártyák segítségével, illetve a beavatkozási határok figyelembe vételével elemezzük a folyamatot és ha szükséges, beavatkozunk. Mindez legtöbbször a termékek mintavételes ellenőrzési eredményei alapján gazdaságos. (Balogh, 2010, pp. 5-15) (Koczor, 1999, pp. 299-300)

Statisztikai következtetésre csak a véletlen minta alkalmas. Ez azt jelenti, hogy véges sokaság bármelyik eleme egyenlő eséllyel rendelkezik arra, hogy kiválasszuk. A mért paraméterek eloszlásának ismeretében képet alkothatunk a folyamat eredményeiről (pl.: a selejtarányról). A teljes sokaságra jellemző eloszlás paramétereire a matematikai statisztika módszereivel, a sokaságból vett minta statisztikai jellemzőiből következtethetünk. A következtetéseknek két fő módja van, a pontbecslés és a hipotézis vizsgálat. A statisztikai próbáknál kétféle hibát

1. A témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozása

követhetünk el. Az egyik az, hogy elvetjük a nullhipotézist, pedig igaz, a másik esetben pedig elfogadjuk, holott nem igaz. Az előbbi esetben első-, az utóbbiban másodfajú hibáról beszélünk. (Kemény, Papp, Deák, 1998, pp. 37-38)

A statisztikai folyamatszabályozás alkalmazásának konkrét hatásai 3 csoportba oszthatóak a témával kapcsolatban végzett kutatások alapján, melyek eredményét a 2. táblázat reprezentálja. (Rungtusanatham, 2000)

1. táblázat: A statisztikai folyamatszabályozás alkalmazásának hatásai

A módszer alkalmazásának hatásai		
A folyamat minősége	A termék minősége	Egyéb hatások
Termelékenység nő	Selejtmennyiség csökken	Szervezeti munkavégzés
Költségek csökkennek	Kevesebb vásárlói panasz	minősége javul
Pontosság javul	Hiba ráta csökken	Piaci részesedés növekedhet
Folyamat ideje nő	Külső hiba költsége csökken	Munkahelyi megelégedettség nő
Stabilitás nő		Javul a kapcsolat a fogyasztókkal
Folyamat képessége javul		

1993-ban Benneyan és Chute az Egyesült Államokbeli Digital Equipment Corporation-nél végzett kutatásaik alapján a rakományok selejtaránya 27%-ról 21%-ra csökkent.

Chaudhry és Higbie 1989-ben a Norplex-Oak – nál végzett megfigyelései alapján a termelés hatékonysága, a termékminőség és a fogyasztói megítélés is javult.

Sower 1990-ben végzett kutatásai során arra az eredményre jutott, hogy a statisztikai folyamatszabályozás alkalmazása pozitív hatással van a termelékenységre, a termékminőségre, és használatával csökkent a fogyasztók által beérkezett panaszok száma. (Rungtusanatham, 2000, pp. 243- 264)

Az előbbieken szó esett a statisztikai folyamatszabályozás alkalmazásáról, hatásairól, előnyeiről. A következőkben ismertetném a módszer stabilitásának vizsgálatára szolgáló eszközöket, az ellenőrző kártyákat.

1.4 AZ ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK

A statisztikai folyamatszabályozás eszközei a folyamatok elemzésére az ellenőrző kártyák (angolul: control charts). Az ellenőrző kártyák használatának célja a folyamat stabilitásának vizsgálata. Segítségükkel azt vizsgáljuk, hogy az ingadozások csak a véletlennek tulajdoníthatóak-e (stabil folyamat), vagy pedig olyan rendszeres hatások lépnek fel, amelyek a folyamat jellegét megváltoztatják, és kiküszöbölésük beavatkozást igényel (instabil folyamat). Ekkor pontosabban azt elemezzük, hogy az eloszlás nem változott-e meg, illetve, hogy a paraméterei változatlanok-e?

A statisztikai döntéshez a stabil folyamat véletlen ingadozására fennálló paraméterek (pl.: normális eloszlás esetén m várható értéke és s^2 varianciája) ismerete szükséges. Ezeket a paramétereket a vett mintából becsülhetjük.

Az ellenőrző kártyára berajzoljuk az $x_0 = \mu_0$ középvonalat (CL), és az alsó (LCL) illetve felső (UCL) beavatkozási határokat. Itt azonban meg kell jegyeznünk, hogy a beavatkozási határokat nem a tűrésmező szabja meg, hanem az eloszlás terjedelme. A kártya megrajzolásakor nem azt vizsgáljuk, hogy a gyártott termékek eleget tesznek-e az előírásoknak, hanem azt, hogy milyen a vizsgált minőségi jellemzőjük ingadozása.

Aszerint, hogy a vizsgált minőségi jellemzőt milyen skálán mérjük, megkülönböztetünk méréses (pl.: méret, tömeg, hatóanyag tartalom stb.) és minősítéses (pl.: selejtarány, fajlagos hibaszám stb.) ellenőrző kártyákat. A méréses ellenőrző kártyák jellemzőit a következő táblázat foglalja össze. (Kemény, Papp, Deák, 1998, pp. 87-88)

1.4.1 A méréses és minősítéses kártyák összevetése:

Az alapvető különbség a méréses és a minősítéses kártyák között az, hogy, míg a méréses ellenőrző kártyák folytonos valószínűségi változóval dolgoznak, addig a minősítéses ellenőrző kártyák diszkrét valószínűségi változóval. További különbség a két kártyatípus között, hogy a méréses ellenőrzőkártyák több információt adnak, érzékenyebbek, és mivel méréses kártya alkalmazása esetén a növekvő eltolódás kimutatásához annak nem kell elérnie a tűréshatárt, nagyobb selejtarány megjelenése előtt jelzi a veszélyesebb hibákat. A méréses kártyák nem igényelnek akkora minta elemszámot, mint a minősítéses kártyák, azonban figyelembe kell vennünk azt is, hogy a mérés sok esetben költségesebb, mint a minősítés.

1.4.2 A méréses ellenőrzőkártyák alkalmazásának esetei:

- új folyamat esetén
- ismert a folyamat, de új terméket vezetünk be
- ha a minősítéshez sok mintára van szükség
- szigorú tűréshatárok esetén
- ha a termék minőségi előírásai megváltoznak
- abban az esetben, ha a folyamat stabilitását és képességét állandóan bizonyítani kell (pl.: gyógyszeriparban)

1.4.3 A minősítéses ellenőrzőkártyák alkalmazásának esetei:

- bonyolult folyamat esetén
- ha a termék minőségét csak a hibák számával tudjuk jellemezni
- ha nincs mérésre lehetőség
- ha a folyamat működésének nyilvántartása szükségeltetik (a nyilvántartás a minősítéses ellenőrző kártya alkalmazása esetén kevésbé költséges). (Kemény, Papp, Deák, 1998, pp. 205-206)

1. A témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozása

Az 2-es, illetve 3-as számú táblázatok a mérések, illetve minősítéses ellenőrző kártyák paramétereit foglalják össze. (Kemény, Papp, Deák, 1998)

2. táblázat: A mérések kártyák összefoglaló táblázata

A mérések kártyák összefoglaló táblázata		
$\bar{x}$ -R	$\bar{x}$ -s	$\bar{x}$ -s ²
$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$	$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$	$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$
$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + \frac{3\bar{R}}{d_2 - \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + 3\frac{\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s}$	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + 3\frac{\sqrt{s^2}}{\sqrt{n}}$
$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - \frac{3\bar{R}}{d_2 - \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$	$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3\frac{\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3\frac{\sqrt{s^2}}{\sqrt{n}}$
$CL_R = \bar{R}$	$CL_s = \bar{s}$	$CL_{s^2} = \bar{s}^2$
$UCL_R = \bar{R} + 3\frac{d_3\bar{R}}{d_2} = D_4\bar{R}$	$UCL_s = \bar{s} + 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} = B_4\bar{s}$	$UCL_{s^2} = \frac{\bar{s}^2\chi_{felső}^2}{v}$
$LCL_R = \bar{R} - 3\frac{d_3\bar{R}}{d_2} = D_3\bar{R}$	$LCL_s = \bar{s} - 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} = B_3\bar{s}$	$UCL_{s^2} = \frac{\bar{s}^2\chi_{alsó}^2}{v}$

Forrás: (Kemény, Papp, Deák, 1998)

3. táblázat: A minősítéses ellenőrző kártyák összefoglaló táblázata

np	p	c	u
$CL_{np} = n\bar{p}$	$CL_p = \bar{p}$	$CL_c = \bar{c}$	$CL_u = \bar{u}$
$UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$	$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$	$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$
$LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$	$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$	$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$
$\bar{p} = \frac{\sum_i^m \hat{p}_i}{m} = \frac{\sum_i^m D_i}{mn}$	$\bar{p} = \frac{\sum_i^m \hat{p}_i}{m} = \frac{\sum_i^m D_i}{mn}$	$\bar{c} = \frac{\sum_i^m c_i}{m}$	$u_i = \frac{c_i}{n_i}$ $\bar{u} = \frac{\sum_i^m c_i}{\sum_i n_i}$

Forrás: (Kemény, Papp, Deák, 1998)

Azok a feltételek, melyek mellett alkalmazhatjuk az egyes kártyákat, nem mindig adóttak. Vizsgáljuk meg, hogy az egyes feltételek hiányában milyen módon járhatunk el.

1.4.4 Az alkalmazhatóságot befolyásoló tényezők

A gyakorlatban sokszor kell számolnunk olyan tényezőkkel, melyek az ellenőrző kártyák alkalmazhatóságát befolyásolják.

Sok esetben előfordul, hogy a minőséget egyszerre több megkülönböztethető jellemző határozza meg. Ilyenkor célunk a több minőségjellemző egyidejű nyomon követése. Ha a jellemzők függetlenek, akkor lehet több ellenőrző kártyát alkalmazni az egyes jellemzőkre, de ez megnövelné a téves riasztások számát. Ha mindegyik jellemzőre a $\pm 3\sigma$ határt alkalmazzuk, akkor minden esetben 0,003-et engedünk meg a téves riasztásnak, és az együttes ellenőrzésnél túl nagy lesz ennek valószínűsége. Ilyen esetekben nyújt segítséget a T^2 kártya, amelyen a megjelenített érték a változók átlagtól vagy előírástól való eltérését egyetlen számmal jellemzi adott elemre vagy mintára vonatkozóan. Kétdimenziós esetben kontrollellipszisek is alkalmazhatóak. Az ellipszis középpontjának (tengelyei metszéspontjának) koordinátáit a minőségjellemzők középértékei adják, és az ellipszisen kívül eső pontok váltanak ki riasztást. (Ittész, 1999, pp. 226-231)

Az eddig ismertetett ellenőrző kártyákra igaz, hogy használatuk akkor indokolt, ha a mért x változó ingadozása normális eloszlást követ. Ha a feltétel nem teljesül, akkor ez a kártya paramétereit befolyásolja. A kérdéssel 2004-ben H. Chen és Y Cheng foglalkozott. A kutatás során Johnson eloszlást feltételeztek, mivel ezzel a normális eloszlás több változata is közelíthető.

Az egyes paraméterek értékének változását elsősorban α_3 (az eloszlásgörbe ferdeségét kifejező paraméter) és α_4 (az eloszlásgörbe csúcsosságát kifejező paraméter) változásának függvényében vizsgálták. A megfigyelések alapján azt mondhatjuk, hogy α_3 értékének növekedése általában k (a középvonaltól (CL) számított szórás) növekedését, illetve n (minta elemszám) és h (a mintavételek közt eltelt idő) csökkenését vonja maga után. α_4 értékváltozásának hatásait vizsgálva a következőket állapíthatjuk meg:

1. Alacsony α_3 esetén α és β értéke nő, ha α_4 értéke is növekszik.
2. Ha α_3 értéke alacsony, és $p_1=p_2=.01$, akkor α_4 értékének növekedésével együtt n' és k' értéke monoton nő. ennek oka, hogy a gazdasági statisztikai tervezésnél alacsony p_1 és p_2 értékek esetén az első- és másodfajú hibák elkövetésének valószínűségei hatással vannak n' -re és k' -re nézve. Ha azonban a torzulás mértéke magas, akkor ez a növekedés fenn áll ugyan, de nem monoton.
3. A költségek tekintetében azt mondhatjuk, hogy α_4 növekedésével az óránkénti szabályozási költség is szintén növekszik. (Chen, Cheng, 2007, pp. 986–998)

A fent említett alkalmazhatóságot korlátozó tényezők nagy fontossággal bírnak a használandó ellenőrző kártya típusának kiválasztásakor. Az ellenőrző kártyákkal foglalkozó szakirodalom

1. A témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozása

feldolgozása során az egyes kártyák használhatóságát vizsgáltam, a témával kapcsolatosan megjelent publikációk alapján. Vizsgálataim eredményét az 5.4.1-es alfejezet ismerteti.

1.4.5 Az ellenőrző kártyák használata az egyes alkalmazhatósági feltételek figyelembe vételével¹

A témával kapcsolatos vizsgálataim eredményét a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: Az ellenőrző kártyák alkalmazhatósági feltételeinek vizsgálata

		Ellenőrző kártyák			
		Megbízhatóság alapú		Kockázatalapú	
		Azonos mintaelemszám, azonos mintavételi időköz	Különböző mintaelemszám/különböző mintavételi időköz	Azonos mintaelemszám, azonos mintavételi időköz	Különböző mintaelemszám/különböző mintavételi időköz
Egydimenzió	Normáeloszlás	p, np, x, s, r, CUSUM, EWMA, u, c, MA	CUSUM, x, EWMA, T ² , MA, p, np, s	x,	
	Normálistól eltérő eloszlástípus	x, CUSUM, R, EWMA, MA	x, CUSUM, EWMA, MA		
Többdimenzió	Normáeloszlás	T ² , kontrolllellipszis (2 változónál), CUSUM, EWMA	T ² , CUSUM, EWMA		
	Normálistól eltérő eloszlástípus	CUSUM, EWMA			

A táblázat összeállításakor, azt vizsgáltam, hogy az egyes ellenőrző kártyák tervezésekor mely területekkel foglalkoztak mélyrehatóbban. A szempontok az eloszlás fajtája (normális, vagy attól eltérő eloszlás), a megfigyelt a változók száma (egy változó, több változó) és a mintaelemszám, illetve a mintavételi időköz jellemzője (állandó, illetve változó). A napjainkban alkalmazott ellenőrző kártyák szinte mind megbízhatóság alapúak. A táblázat alapján is látható, hogy egyes területek még hiányosak. Célszerű lehet olyan kártya fejlesztése, amely képes kezelni a többváltozós eseteket, emellett alkalmazható normálistól eltérő eloszlás és változó mintaelemszám, illetve mintavételi időköz esetén. A Taguchi féle

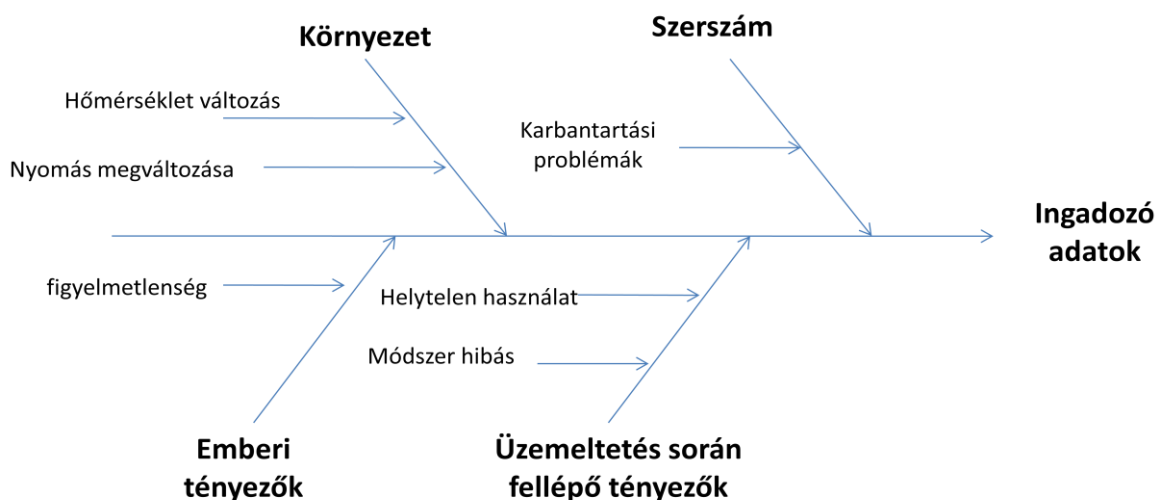
¹ Alexander S, (1995), Chen Y. S., (2002), Chen Y. S., Yang Y. M., (2002), Chen, Y. K, (2006), Chou C.-Y., (2006), Epprecht E. K, (2010), Haridy Abdellatif M: A., (1996), He David, (2005), Kao S.-C.,

veszteségfüggvény figyelembevételével történő kártyatervezés az átlag, szórás, EWMA, illetve CUSUM kártyák esetében történt. Kockázatalapú ellenőrző kártyáról csak az átlag kártya esetében beszélhetünk. Véleményem szerint a jövőben érdemes lehet ezekkel a területekkel mélyrehatóbban foglalkozni, illetve fejleszteni őket.

Egy folyamat elemzésekor, az általunk mért adatokat azonban nem adhatjuk meg teljes megbízhatósággal a különböző zavaró hatások megléte miatt. A következő fejezet a mérési bizonytalanság témakörével foglalkozik.

1.5 A MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG

A folyamat szabályozása során a minta elemein bizonyos méréseket kell elvégeznünk. Elméletileg a mérések eredménye ugyanarra az objektumra nézve többszöri mérés után is megegyezne. Ez a gyakorlatban azonban nem valósul meg, mert számos tényező van hatással a mérések eredményére. Ezen hatások reprezentálására szintetizáltam a 2. ábrán látható Ishikawa diagramot (Kegel T., 2001 alapján).



2. ábra: A mérés eredményét befolyásoló tényezők

A kapott eredményt nagymértékben befolyásolhatja a mérőműszer állapota, ugyanis ha a karbantartás nem megfelelő, akkor az pontatlansághoz vezethet. ezen kívül számolnunk kell az üzemeltetés során fellépő befolyásoló tényezőkkel, (mint például a helytelen használat vagy az alkalmazási módszer), a környezeti hatásokkal és az emberi tényezőkkel. (Kegel, 2001)

1.5.1 Miért fontos a mérési bizonytalanság figyelembevétele?

A mérési bizonytalanság fontos szerepet játszik a termékek ellenőrzésekor. Ha az általunk mért értékek szórása nagy, akkor a folyamatról rosszabb képet kapunk, mint amilyen az valójában. Egy termék vizsgálatakor a döntésünk helyességét (selejtnek minősül-e a termék vagy sem?) az határozza meg, hogy a tényleges és a mért megfelelés valójában megegyezik-e. A döntés klasszikus modelljét mutatja be az 5. táblázat. (Kovács, Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2010)

5. táblázat: A megfelelés értékelésének esetei

		Tényleges	
		Megfelelő	Nem megfelelő
Mért	Megfelelő	Helyes elfogadás	Helytelen elfogadás
	Nem megfelelő	Helytelen visszautasítás	Helyes visszautasítás

Forrás: (Kovács, Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2010)

A megfelelés értelmezésekor helyesen döntünk abban az esetben, ha a termék ténylegesen is megfelel és a mérés alapján is megfelelőnek minősítjük. Döntésünk ellenkező esetben is helyes, ha a tényleges nem megfelelés áll fenn és a mérések alapján sem nyilvánítjuk megfelelőnek a terméket. A fennmaradó másik két esetben első-, illetve másodfajú hibát követünk el. Elsőfajú hibát akkor, ha visszautasítjuk a megfelelő terméket, másodfajút pedig akkor, ha tovább engedjük azt, holott valójában nem megfelelő.

A már korábban elvégzett kísérletek alapján a döntésre hatással van:

- a mérési bizonytalanság megváltozása
- a folyamat szórásának módosulása
- az elfogadási határok módosítása
- a leolvasási pontosság határa
- a kerekítés mérési hibával, illetve mérési hiba nélkül.

A kísérletekből származó következtetések megállapítják, hogy a jelentős bizonytalanságot tartalmazó mérés meghamisíthatja a termék megfeleléséről hozott döntést. Első-, és másodfajú hiba egyaránt léphet fel az átadás-átvételi, gyártásközi, illetve statisztikai folyamatszabályozásnál, melyek természetesen költségekkel járnak együtt. A mérési

bizonytalanság figyelembe vételével az első-, és másodfajú hibák száma és ezzel a velük járó költségek is csökkenthetők. (Kovács, Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2010, pp. 87-93). A következőkben bemutatásra kerül a mérési bizonytalanság kezelésének egy módszere.

1.5.2 A mérési bizonytalanság kezelése

Minél pontosabb méréseket tudunk elvégezni az általunk vizsgált folyamattal kapcsolatban, nyilvánvaló, hogy annál precízebb képet alkothatunk magáról a folyamatról.

Tegyük fel, hogy adott egy olyan mérőműszer, melynek jellemezni tudjuk a mérési bizonytalanságát. Ha a mérési eredményeket nem pontokra, hanem mérési intervallumokra vonatjuk, a következő szabályt állítható fel: megfelelő a termék $[y(t) - k_{LSL} \cdot u] > LSL$ és $[y(t) + k_{USL} \cdot u] < USL$ $k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbb{R}$ esetén, és nemmegfelelőnek nyilvánul, ha $[y(t) - k_{LSL} \cdot u] \leq LSL$ vagy $[y(t) + k_{USL} \cdot u] \geq USL$ reláció áll fenn. Ez esetben a kérdés pedig az, hogy mekkora legyen $k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbb{R}$ értéke.

A k konstans tényezők meghatározására szimulációs módszerek alkalmasak. Ezek alkalmazhatóak különböző eloszlások és költségparaméterek esetén is. A vizsgálatok alapján megállapították normális eloszlás feltételezése mellett, hogy a k értékek szimmetrikusan viselkednek abban az esetben, ha a folyamat és a mérési bizonytalanság eloszlása is szimmetrikus, valamint a folyamat várható értéke a tűrésmező közepén helyezkedik el. Továbbá arra a következtetésre jutottak, hogy a mérési bizonytalanság növekedéséhez képest megközelítőleg lineárisan csökken a profit. Fordított esetben pedig k értékének csökkentésével növelhető az összes haszon (ha az általunk vizsgált termék olyan, hogy kis hiba esetén csökkentett áron értékesíthető vagy olcsón javítható a később detektált nemmegfelelőség).

1.5.3 Mérési bizonytalanság kezelése mintavétel esetén

Sok esetben nem végezhető el a mindendarabos ellenőrzés, egyrészt mert az túlságosan költséges lenne, másrészt pedig olyan termékek esetén ahol az ellenőrzés csak a termék roncsolódásával mehetne végbe (pl.: szakítószilárdság vizsgálata). Egy mintavételes mérés költsége a $c_M = c_{fr} + c_m \cdot m$ képlettel számítható, ahol c_m egy mintadarab lemérésének költsége, c_{fr} az egy minta kiválasztásával és mérésre való előkészítésére vonatkozó költség, m pedig a minta elemszám. m_{fr} jelöli a mintavételezés gyakoriságát. Így Egy mintavételes mérés költsége minden m_{fr} -edik termék legyártása után jelentkezik. A következtetések alapján az

összes mérési költség a minta elemszám szerint lineáris (vagyis minden újabb minta esetén egységnyiével nő), m_{fr} függvényében pedig hiperbolikus (tehát ha a gyakoriság értéke a felére csökken, akkor ugyanabból a sokaságból kétszer gyakrabban veszünk mintát). Ha a profitot a gyakoriság és a minta elemszám függvényében vizsgáljuk, mégpedig úgy, hogy a mérési bizonytalanságot is figyelembe vesszük, akkor megállapítható szimulációs módszerek segítségével, hogy pontosabb mérőeszköz használatakor nem tapasztalható nagy különbség. Ellenben nagyobb szórással mérő műszerek esetében a bizonytalanság figyelembevételével növelhető a profit. (Kosztján, Csizmadia, Hegedűs, 2008)

A következő fejezetben ismertetem az általam kidolgozott módszert, amely segítségével a vizsgált folyamathoz kiválasztjuk a megfelelő ellenőrző kártyát, majd a döntéshez társított fedezeti értékek meghatározása után a kiválasztott ellenőrző kártya határait módosítjuk a mérési bizonytalanság figyelembe vételével.

2 SAJÁT MÓDSZER BEMUTATÁSA

Az eddig alkalmazott ellenőrző kártyák nagy része megbízhatóság alapú. Ezt láthatjuk az általam készített „Az ellenőrző kártyák alkalmazhatósági feltételeinek vizsgálata”-című táblázatból is. Ezért a kockázatalapú ellenőrző kártyák fejlesztése további kutatási lehetőségeket jelent.

Az átlag-kártya esetében már voltak újítások ezen a területen. Ahogy azt láthattuk a korábbi fejezetben, a Pannon egyetem munkatársai a mérési eredményeket már nem mérési pontokra, hanem mérési intervallumokra vonatkoztatták. Továbbá megfelelő termék esetén az $[y(t) - k_{LSL} \cdot u] > LSL$ és $[y(t) + k_{USL} \cdot u] < USL$ $k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbf{R}$, nemmegfelelő termék esetén pedig az $[y(t) - k_{LSL} \cdot u] \leq LSL$ vagy $[y(t) + k_{USL} \cdot u] \geq USL$ $k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbf{R}$ relációt állították fel. A k_{LSL}, k_{USL} konstansok meghatározásával, pedig az ellenőrző kártya beavatkozási határai a mérési bizonytalanság figyelembe vételével optimalizálhatóak (Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2008).

Dolgozatomban a vizsgált folyamatra egy olyan tovább fejlesztett kártyaillesztési módszert határozok meg, amely magába foglalja az ellenőrző kártya kiválasztását és a beavatkozási határainak módosítását a mérési bizonytalanság figyelembe vételével. A mérési és minősítési kártyák közötti döntési mód megjelenik a Shah, Gobil és Shridar által kidolgozott folyamatban is. Az általam kidolgozott módszer annyiban jelent újítást, hogy nemcsak a mért jellemzők kategorizálásával indul, hanem figyelembe veszi a technológiai folyamat jellemzőit, az ellenőrzés mélyebben elemzi, továbbá megjelenik benne a bemenő paraméterek vizsgálata, és lehetőséget nyújt a változó paraméterek kiválasztására is. A Pannon Egyetem munkatársai, Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Dr. Csizmadia Tibor, Hegedűs Csaba is foglalkozott korábban az átlag kártyára vonatkozóan a mérési bizonytalanság figyelembe vételével a beavatkozási határok számításakor. Az általam kidolgozott módszer itt abban jelent újdonságot, hogy a mérési bizonytalanság figyelembe vétele egy kártyaillesztési folyamattal fonódik egybe. Ezen kívül dolgozatomban én a bonyolultabb mérési ellenőrző kártyákra vonatkozóan mutatom be a mérési bizonytalanság figyelembe vételét a beavatkozási határok számításakor.

2.1 ELLENŐRZŐ KÁRTYA VÁLASZTÁSA A FIGYELEMMEL KÍSÉRT FOLYAMATHOZ

A módszer alapján a megfelelő ellenőrző kártya kiválasztásához az alábbi 7 lépésben juthatunk el:

1. A technológiai folyamat és az ellenőrzés tulajdonságainak összegyűjtése
2. méréses vagy minősítéses ellenőrző kártyák közötti döntés
3. bemenő paraméterek és korlátozó tényezők meghatározása az egyes kártyák esetében
4. az eddigi információk figyelembe vételével a feltételeknek eleget tevő kártya (kártyák) kiválasztása
5. az állandó és változó paraméterek kiválasztása
6. a döntéshez társítható költség-, bevétel, és fedezeti értékek meghatározása
7. beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembe vételével.

A kártyaillesztés folyamatát mutatja be a 3. ábra:



3. ábra: A kártyaillesztési folyamat menete

A következőkben részletesen is ismertetem a kártyaillesztés folyamatának egyes lépéseit.

2.1.1 1. Lépés: A technológiai folyamat és az ellenőrzés tulajdonságainak összegyűjtése

A kártya illesztéséhez először az adott technológiai folyamatot, és az ellenőrzési módot kell elemezni. Ez a lépés nagyon fontos, mivel a következő lépések is erre épülnek, és a későbbi döntések alapjául szolgálnak az itt kinyert információk. Az első lépésben az alábbi kérdésekre keressük a választ:

Folyamatra vonatkozó kérdések:

- Mekkora a tervezett gyártási volumen?
- Mi a vizsgált technológiai folyamat célja?
- Milyen technológiai lépésekből áll a folyamat?
- Melyek a specifikációs határok? (LSL, USL)
- Mennyi a vizsgált termék minőségjellemzőjének célértéke?
- Mekkora a tervezett gyártási volumen?
- A kismértékű eltolódás jelentős következményekkel jár-e, mind gazdasági, mind egészségügyi szempontból?²

A mintavételre és ellenőrzésre vonatkozó kérdések:

- Az ellenőrzés milyen módon megy végbe?
- Roncsolásos-e a vizsgálat?
- Mindendarabos, vagy adott mintaelemszámmal történik az ellenőrzés?
- Függetlenek-e a minták egymástól?
- A mintavételezés költsége alacsonynak, vagy magasnak ítéltető meg?
- Milyen elv alapján sorolhatók csoportba a minták?

2.1.2 2. Lépés: méréses és minősítéses ellenőrző kártyák közötti döntés

Ha a felsorolt kérdésekre választ kapunk, akkor elegendő információval rendelkezünk ahhoz, hogy a 2. lépést megtegyük, vagyis eldöntsük azt, hogy méréses, vagy minősítéses ellenőrző kártyát alkalmazzunk. Itt elsősorban azt kell megvizsgálnunk, hogy az adott terméket pontos mért adatokkal tudjuk-e jellemezni. Ha, a technológiai folyamat vizsgálatakor lehetőségünk nyílik pontos mérések elvégzésére, hogy a termék vizsgált minőségjellemzőit konkrét, mért adatokkal jellemezhessek, tehát nem csak azt tudjuk megmondani, hogy a termék megfelel-e

² Az egészségügyi következmény alatt azt értem, hogy a gyártott termék veszélyessé válik-e, ha a vizsgált minőségjellemzőjének értéke kis mértékben eltolódik.

a minőségi előírásoknak vagy sem, hanem azt is, hogy pontosan mennyivel tér el a jellemző értéke a kívánt célértéktől, akkor méréses ellenőrző kártyát célszerű alkalmazni. Ha valamely okból a termékjellemzők értékének mérése nehézségekbe ütközik, akkor a minősítéses ellenőrző kártyák alkalmazása indokolt.

2.1.3 3. Lépés: bemenő paraméterek és korlátozó tényezők meghatározása az egyes kártyák esetében

A következő lépés a bemenő paraméterek és alkalmazhatóságot korlátozó tényezők meghatározása. Ezt sorra mindegyik kártyánál meg kell határozunk, majd megállapítani, hogy melyek azok a kártyák, amelyek esetében meghatározhatóak a szükséges bemenő adatok és nincsenek alkalmazhatóságot korlátozó tényezők. Itt azonban meg kell jegyeznünk, hogy a mért adatok valószínűségi eloszlás vizsgálata nagy jelentőséggel bír. A bemenő paraméterek vizsgálatához tudnunk kell, hogy a mért értékek milyen valószínűségi eloszlást követnek, ugyanis, ha a normalitás nem teljesül, akkor az a méréses ellenőrző kártyák közül transzformáció nélkül csak a mozgóátlag-, és az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya alkalmazható, mert a centrális határeloszlás tételének megfelelően a mozgóátlagolt értékek akkor is normális eloszlást követnek, ha az eredeti mért értékek attól eltérő eloszlásból származnak.

A mellékletben található blokkdiagram ismerteti az egyes méréses kártyák bemenő és kimenő paramétereit.

2.1.4 4. Lépés: az eddigi információk figyelembe vételével a megfelelő kártya (kártyák) kiválasztása

Ha minden kártyát megvizsgáltunk a szükséges bemenő paraméterek és alkalmazhatóságot befolyásoló tényezők szempontjából, ki kell választanunk a lehetséges alternatívákat. Így tovább szűkül a szóba jöhető ellenőrző kártyák száma. Célszerű megtervezni a fennmaradó kártyákat a rendelkezésre álló mérési adatok felhasználásával. Így képet kaphatunk arról, hogy az egyes kártyák mennyire illeszkednek a figyelemmel kísért technológiai folyamathoz.

2.1.5 5. Lépés: Állandó és változó paraméterek megválasztása

Ötödik lépésként határozzuk meg, hogy a használt kártya, nevezetesen az átlag-kártya mely paraméterei legyenek állandóak, és melyek változóak. Ily módon változtathatjuk a mintavételi időközt (h), a mintaelemszámot (n), és a beavatkozási határokat (k). Így a kártyákat különböző hierarchia szintekre sorolhatjuk be aszerint, hogy a három paraméter közül

mindegyik állandó (FP), egy (VSI, VSL, VSS), kettő (VSSI, VSSL, VSIL) illetve az összes paraméter változik (VP).

Az egyes kártyák teljesítményét mérhetjük oly módon, hogy meghatározzuk azt az időintervallumot, amely a folyamat „nem stabil állapotba” kerülésétől egészen a riasztásig terjed (AATS, angolul: average time out of control until a signal). M. De Magalhaes, A. Costa és F. Moura Neto kutatási alapján az átlag kártyára igaz az alábbi összefüggés.

$AATS_{FP} > AATS_{VSI} > AATS_{VSSI} > AATS_{VP}$ ha $0 < \delta \leq 1$, ahol δ paraméter jelöli az értékek eltolódásának nagyságát (M. De Magalhaes, A. Costa, F. Moura Neto, 2009, pp. 271-283).

Ez alapján azt mondhatjuk, hogy ha $0 < \delta \leq 1$, akkor a változó paraméterű kártya reagál leggyorsabban a szisztematikus hatásokra. Ezen kívül azért is lehet célszerűbb változó paraméterekkel dolgozni, mert a későbbiek során, ha valamely paramétert állandóként szeretnénk kezelni, akkor csak rögzítenünk kell. Fordított esetben azonban nehezebben tudnánk csak eljárni. (

2.1.6 6. Lépés: a döntéshez társítható költség-, bevétel, és fedezeti értékek meghatározása

Mint említettem, a kártyaillesztési folyamatban számolunk annak a kockázatával is, hogy az általunk mért értékek eltérnek a valós értékektől. Ahhoz, hogy a későbbiekben a mérési bizonytalanságot figyelembe vehessük a kártya beavatkozási határainak számításakor, először is ismernünk kell a kockázat nagyságát. Ezt pedig az adott döntéshez társítható költségvonzzattal fejezhetjük ki. Ha ismerjük az egyes döntésekhez társítható költségvonzatot, akkor azt is kalkulálhatjuk, hogy a mérési bizonytalanság az első-, és másodfajú hiba elkövetésének valószínűségét mennyiben befolyásolja, vagyis a rossz döntés a termék tovább engedésekor, illetve visszatartásakor mekkora költséget is jelent számunkra.

Döntéseinket tekintve négy alapeset lehetséges. Az adott terméket vagy tovább engedjük, mert az megfelel a minőségi követelményeknek, vagy pedig visszatartjuk, mert nem tesz eleget nekik. Mindkét esetben hozhatunk helyes és helytelen döntést is, tehát a négy lehetőség a következő:

- D1: helyesen engedjük tovább a terméket
- D2: Helyesen tartjuk vissza a terméket
- D3: Helytelenül tartjuk vissza a terméket
- D4: Helytelenül engedjük tovább a terméket

A számítások három lépésben elvégezhetők. Először meghatározzuk az egyes esetekhez társítható költséget, majd ugyanígy a bevételt, végül a kettő különbségeként a fedezetet. A fenti logika alapján táblázat állítható fel:

6. táblázat Az egyes döntésekhez társítható költség

Költség			
		Ítélet	
		Megfelelő	Nemmegfelelő
Tény	Megfelelő	K_{D1}	K_{D2}
	Nemmegfelelő	K_{D3}	K_{D4}

7. táblázat: Az egyes döntésekhez társítható bevétel

Bevétel			
		Ítélet	
		Megfelelő	Nemmegfelelő
Tény	Megfelelő	B_{D1}	B_{D2}
	Nemmegfelelő	B_{D3}	B_{D4}

8. táblázat: Az egyes döntésekhez társítható fedezet

Fedezet			
		Ítélet	
		Megfelelő	Nemmegfelelő
Tény	Megfelelő	F_{D1}	F_{D2}
	Nemmegfelelő	F_{D3}	F_{D4}

A táblázatokban az egyes döntésekhez tartozó költséget K_{D1} , K_{D2} , K_{D3} , K_{D4} , a bevételt B_{D1} , B_{D2} , B_{D3} , B_{D4} , a bevétel és költség különbségeként számítható fedezetet pedig F_{D1} , F_{D2} , F_{D3} , és F_{D4} jelöli. A számítás az alábbi alakban írható fel:

$$\begin{bmatrix} B_{D1} & B_{D2} \\ B_{D3} & B_{D4} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} K_{D1} & K_{D2} \\ K_{D3} & K_{D4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{D1} & F_{D2} \\ F_{D3} & F_{D4} \end{bmatrix}$$

2.1.7 7. Lépés: A beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembevételével

Ahogy azt a 6. fejezetben láthattuk, a gyakorlatban nem mindig valósul meg az egyes mérések állandósága egy adott termékre vonatkoztatva, mert a mérésre számos tényező van hatással. Ezért azt mondhatjuk, hogy az általunk mért érték a ténylegesen mért értéknek és a mérési hibának az összege, mely képlettel az alábbi módon fejezhető ki:

$$y_i(t) = x_i(t) + m_i(t)$$

Ahol $x_i(t)$ a vizsgált jellemző t időpontban lemért értéke a termék gyártásának i -edik fázisában, $m_i(t)$ a t időponthoz tartozó mérési hiba. Az általunk t időpontban mért érték pedig e kettő összegeként számítható.

A megfelelőség értékelésekor megfelelőnek ítéljük a terméket, ha az $y_i(t)$ mért érték az elfogadási határokon belülre esik, vagyis $LSL \leq y_i(t) \leq USL$. Abban az esetben, ha a termék vizsgált minőségjellemzőjének tényleges $x_i(t)$ értéke a tűrésmező határának közelébe esik, a mérési mérőműszer mérési bizonytalanságának nagyságától függően, első-, illetve másodfajú hibát ejthetünk. Elsőfajú hibát követünk el abban az esetben, ha az $x_i(t)$ érték a tűrésmezőn belül helyezkedik el, de a tűréshatárokhoz közel, ennek ellenére az általunk mért $y_i(t)$ érték ezt nem támasztja alá. Ellenkező esetben, ha $x_i(t)$ a tűrésmezőn kívülre esik, viszont a mért $y_i(t)$ érték alapján megfelelőnek ítéljük meg a terméket, és másodfajú hibát vétünk. Ha a mért értékeket mérési intervallumokkal helyettesítjük, akkor az adott intervallum hosszát úgy kapjuk meg, hogy a mérőműszer kalibrálásakor megállapított szórást szorozzuk egy k konstanssal. A k konstans értéke szimulációs módszerek segítségével meghatározható. Ha ismerjük a használt mérőműszer mérési bizonytalanságát, eloszlását, valamint a mérési hiba várható értékét, akkor ha a mérési pontokat mérési intervallumokkal helyettesítjük, a következő relációt állíthatjuk fel a beavatkozási határookra vonatkozóan:

Megfelelő termék esetén:

$$[y(t) - k_{LSL} \cdot u] > LSL \text{ és } [y(t) + k_{USL} \cdot u] < USL \quad k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbf{R}$$

Nemmegfelelő termék esetén:

$$[y(t) - k_{LSL} \cdot u] \leq LSL \text{ vagy } [y(t) + k_{USL} \cdot u] \geq USL \quad k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbf{R}$$

Az előző lépésben meghatároztuk a döntéshez társítható profitot. Ha minden hibatípushoz társítjuk a hozzá tartozó fedezeti (vagy profit) értéket, akkor a kapott értékeket összegezve a vizsgált folyamatra vonatkozóan a teljes fedezeti értéket. Célunk a vizsgált folyamatra vonatkozóan az összegzett fedezeti érték maximalizálása. Szimulációs módszerekkel úgy optimalizáljuk k_{LSL} és k_{USL} értékét, hogy az összegzett fedezeti érték maximális legyen. Ha k_{LSL} és k_{USL} értékét növeljük, akkor szűkül az intervallum, amelyen belül megfelelőnek ítéljük meg a terméket. Úgy kell meghatároznunk k_{LSL} és k_{USL} értékét, hogy a másodfajú hibák számát minimálisra csökkentsük, de emellett lehetőleg ne növekedjen jelenősen az elkövetett elsőfajú hibák száma.

3 A MÓDSZER ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK BEMUTATÁSA GYAKORLATI PÉLDÁN KERESZTÜL

Az előző fejezetben ismertettem az általam kidolgozott ellenőrző kártya-illesztési folyamat menetét, illetve azon elemeket, amelyek újdonságként jelennek meg ebben a módszerben.

A harmadik fejezetben szemléltetem a módszer alkalmazását egy gázpatron-töltési folyamaton keresztül is. Elemzem a töltési folyamat, és a mintavételezés jellemzőit, megvizsgálom mérési ellenőrző kártyák esetén, hogy rendelkezésünkre állnak-e a szükséges bemenő paraméterek. Ezt a vizsgálatot a következő kártyákra vonatkozóan végeztem el:

- Átlag-kártya
- Szórás kártya
- Szórásnégyzet-kártya
- Terjedelem-kártya
- Mozgó terjedelem-kártya
- Bonyolultabb mérési ellenőrző kártyák (CUSUM, MA, EWMA)
- Több változós ellenőrző kártyák

Utolsó lépésként a bonyolultabb mérési ellenőrző kártyák, nevezetesen a mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyákra vonatkozóan mutatom be a beavatkozási határok módosítását a mérési bizonytalanság figyelembevételével.

A következőkben vegyük sorra a kártyaillesztési folyamat egyes lépéseit!

3.1 A FOLYAMAT ISMERTETÉSE:

A vizsgált technológiai lépés célja, hogy a már legyártott, acél-lemezből kialakított patronhüvelybe 8 grammnyi gázt töltsünk. A vállalat, mely a gáztöltetű patront előállítja, többféle gázt alkalmaz a töltésre. A titoktartás megőrzése végett nevezzük ezeket „A”, „B” illetve „C” típusú gáznak! A művelet során a „B” típusú gázt töltjük a patronba, és a betöltött gázmennyiség 0,40 g értékkel térhet el a célértéktől mindkét irányban (USL; LSL). A töltett tömeg ellenőrzése roncsolásos vizsgálattal történik. Az operátor ráhelyezi a terméket egy, erre a célra kialakított mérlegre, feljegyzi elektronikus úton az adatokat, majd a megfelelő eszközzel kiszúrja a záróelemet. A gáztöltet nélküli terméket újra lemérve, a kiszúrás előtti, illetve utáni tömegek értékének különbségeként megkapjuk a gáztöltet tömegét.

A továbbiakban sorra vesszük külön a töltési folyamat, illetve az ellenőrzés sajátosságait.

3.1.1 A töltési folyamat jellemzői:

- A gyártási folyamat rutinjellegűnek tekinthető, mivel minden rendelés esetén ugyanezt a folyamatot alkalmazzák a gázpatronok töltésére. Ez azért fontos, mert bonyolultabb mérési kártyák esetén (MR; MA; EWMA; CUSUM) a korábbi értékek is szerepelnek az egyes pontok ábrázolásában. Ezért ezek a kártyák a hosszabb időtávban fennálló folyamatok esetén a vizsgált minőségjellemző kis eltéréseit is kimutatják.
- Maga a töltés rövid idő alatt megy végbe és a selejtes termékek esetén a kis eltérés nem jár nagy következményekkel, mert a termék ebben az esetben is működőképes, továbbá kismértékű eltolódás hatására sem válik veszélyessé a termék.
- Az egymás utáni minták egymástól függetlenek.
- A vizsgálatkor viszonylag nagyszámú, hasonló tulajdonságokkal rendelkező terméket állítunk elő, ezért nem egyedi értékeket veszünk figyelembe. (tehát a vett minta elemszáma mindig nagyobb 1-nél.)

Ezek a felsorolt tulajdonságok a kártya kiválasztásakor nagy jelentőséggel bírnak. A továbbiakban vizsgáljuk meg a mintavételezés tulajdonságait!

3.1.2 A mintavételezés tulajdonságai:

- A minták hasonló körülmények közül kerülnek ki
- a vett minták egymástól függetlenek
- a minták csoportokba sorolása időbeliség, valamint a töltőgép fajtája alapján történik
- a mintavételezés költsége viszonylag alacsony, de a vizsgálat roncsolással történik, ezért gazdaságossági szempontból indokolt lehet a mintaelemszám minimalizálása.

Ezen információk birtokában vegyük figyelembe, hogy az egyes kártyák esetében a bemenő paraméterek rendelkezésre állnak-e, illetve milyen korlátozó tényezők játszanak szerepet az alkalmazhatóság vizsgálatakor.

3.2 MÉRÉSES ÉS MINŐSÍTÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK KÖZÖTTI DÖNTÉS:

Ebben a lépésben el kell döntenünk, hogy méréses, illetve minősítéses ellenőrző kártyát használunk-e a folyamat ellenőrzésekor. Az általunk vizsgált folyamatra jellemző, hogy:

- nem bonyolult, így a termék minőségét nem csak azzal lehet jellemezni, hogy megfelel, vagy nem felel meg a minőségi előírásoknak
- lehetőség van a mérésre, és a termék számszerű adatokkal történő jellemzésére.

Továbbá számunkra kívánatos az is, hogy az eltolódás mértékét ismerjük. Igaz, a méréses ellenőrző kártyák alkalmazása költségesebb, mint a minősítéses kártyák esetében, számunkra azonban kívánatos az eltolódás mértékének ismerete is. A mérések elvégzése után a szükséges bemenő paramétereket meg tudjuk határozni.

A fenti logika alapján a választás a méréses ellenőrző kártyákra esik.

Következő lépésben vegyük sorra az egyes kártyatípusokat, és vizsgáljuk meg, hogy teljesülnek-e az alkalmazhatósági feltételek, illetve, hogy számunkra melyiknek a használata járna a legnagyobb előnnyel!

3.3 BEMENŐ PARAMÉTEREK ÉS KORLÁTOZÓ TÉNYEZŐK MEGHATÁROZÁSA AZ EGYES KÁRTYÁK ESETÉBEN:

A termelő folyamat ismertetésénél már említettem, hogy a töltés egy nyolc töltőfejjel rendelkező berendezésen megy végbe. Ezért a normalitás vizsgálatát mind a nyolc töltőfejre külön el kell végezni. Erre a célra Kolmogorov-Smirnov próbát alkalmaztam, melyet SPSS program segítségével végeztem el. Minden egyes fej esetén kétszáz mért értéket vettem figyelembe. Ennyi adat elegendő ahhoz, hogy belőlük az alapsokaságra vonatkozóan statisztikai következtetéseket vonhassunk le. A próba eredményeként arra jutottam, hogy a mért adatok egyik töltőfejre vonatkozóan sem követnek normális eloszlást.

Ennek tudatában már tovább léphetünk a következő lépésre, vagyis a bemenő adatok meghatározhatóságának, illetve a korlátozó feltételeknek a vizsgálatára.

3.3.1 Átlag kártya

Ahogy az a táblázatból is látszik, az átlag-kártya alkalmazásához szükséges bemenő adatok mind meghatározhatóak volnának, azonban a normalitás feltétele nem teljesül. Ebben az esetben a varianciát becsülhetjük a terjedelemből, a szórásból, és a szórásnégyzetből is.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Alkalmazását indokolná, hogy a minta mindig hasonló körülmények között vett több elemből áll, és a folyamatban az előzetes elemzések alapján viszonylag nagy ($\Delta > 2\sigma$) mértékű eltérések várhatók.

3.3.2 Terjedelem kártya

A terjedelem-kártya alkalmas arra, hogy az ingadozás mértékére vonatkozóan becslést végezhessünk. A szükséges bemeneti paraméterek ez esetben is kiszámíthatóak. A probléma azonban az, hogy ha a normalitás nem teljesül, akkor a módszer helyessége statisztikailag megkérdőjelezhető. Továbbá a szórás becslése csak abban az esetben hatásos, ha $n < 10$.

3.3.3 Szórás kártya

Ez esetben a varianciát a szórásból becsüljük. A probléma azonban itt is a normalitás nemteljesülésénél adódik. További gond lehet, hogy $n < 6$ esetén az alsó határ zérus lesz³, ezért csak hatnál kisebb mintaelemszám esetén észleljük azt, hogy ha a variancia megváltozott.

3.3.4 Szórásnégyzet-kártya

A szórásnégyzet-kártya esetében is megjelenik a szórás kártyánál taglalt probléma. Az egyes bemenő paraméterek meghatározhatóak, de itt is a normalitás hiányának problémájába ütközhetünk.

3.3.5 Mozgó terjedelem-kártya (MR)

A mozgó terjedelem-kártyát egyedi értékekre alkalmazzák. Esetünkben azonban nem beszélhetünk egyedi értékekről a viszonylag magas termelési volumen miatt. Ezért e kártya alkalmazása nem indokolt.

3.3.6 MA-EWMA-CUSUM

A mozgó átlag-, exponenciálisan súlyozott mozgó átlag-, és a halmozott összegek ellenőrző kártyája esetében a kisebb eltolódások jól kimutathatóak lennének. Hátrány lehet azonban, hogy a folyamat kezdeti szakaszán csak bizonyos késés után alkalmazhatóak megfelelő pontossággal ezek a kártyák, mivel a mért értékekből számított i-edik halmozott összeg,

³ Ennek oka, hogy az első beavatkozási határt a $LCL_s = \bar{s} - 3\hat{\sigma}_s = \bar{s} - 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} = B_3\bar{s}$ képlettel számítjuk, ahol c_4 a mintaelemszámtól függő konstans, B_3 pedig a mintaelemszámtól függő konstansból számított állandó. B_3 értéke 0 abban az esetben, ha az $n < 6$ reláció áll fenn, így a $B_3\bar{s}$ szorzat értéke is zérus.

illetve a mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyánál, az i -edik mozgóátlag számításakor az azt megelőző értékeket is figyelembe kell vennünk.

A halmozott összeget ellenőrző kártyájának (CUSUM) esetében ez felgyorsítható a gyorsított kezdeti válasz (FIR) módszerével. A táblázatból láthatjuk, hogy a szükséges bemenő paraméterek meghatározhatók, ennek ellenére abba a problémába ütközünk, hogy az előzetes vizsgálatok alapján várható nagyobb ($\Delta > 2\sigma$) eltolódásra a CUSUM kártya lassabban reagál, mert a nagyobb eltérések összegzéséhez hosszabb időre van szükség.

A mozgó átlag-kártya is hasonlóan a CUSUM- kártyához a kis eltolódások kimutatására lenne előnyös. Hasznos volna számunkra, hogy a mozgó átlag akkor is közelít a normál eloszláshoz, ha a mért adatok nem követik a normál eloszlást. Kedvezőtlen viszont, hogy a mozgóátlag-kártyán ábrázolt értékek nem függetlenek egymástól, így még akkor is trendet mutathatnak, ha a mért adatok esetében ez nem áll fenn. Ez esetben hatékonyabb lenne exponenciálisan súlyozott mozgó átlag-kártyát (EWMA) alkalmazni, hogy a korábbi pontok kisebb, az újabbak nagyobb súllyal szerepeljenek.

Bármely bonyolultabb méréses ellenőrző kártyát választjuk, előfeltételük a véletlenszerű ingadozás varianciájának konstans jellege.

3.3.7 Több változós kártyák esete:

Mivel ahogy az a táblázatból is kitűnik, a bonyolultabb méréses ellenőrző kártyák esetében a szükséges bemenő paraméterek a több változó kezeléséhez szükséges adatokkal bővülnek ki. Számunkra azonban ez az eset elvethető, ugyanis a szabályozás során csak a töltettömegre, mint minőségi jellemzőre koncentrálnunk.

Hasonlóan nyilatkozhatunk a T^2 kártyáról (2 változó esetén a kontrollellipsziszről) is. További problémát jelent a T^2 kártyánál, hogy a szükséges bemenő paraméterek sem mind állnak rendelkezésünkre.

3.4 AZ EDDIGI INFORMÁCIÓK ALAPJÁN A MEGFELELŐ KÁRTYA KIVÁLASZTÁSA

Összegezve az eddigi megállapításokat arra jutottam, hogy a célszerű választás a mozgóátlag-, illetve exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya, mivel a vizsgált folyamat esetén a mért adatok nem követnek normáeloszlást. A centrális határeloszlás tétel értelmében pedig a mozgóátlagolt értékek akkor is normáeloszlást követnek, ha az eredeti átlagértékek ettől eltérő eloszlásból származnak.

3.5 AZ ÁLLANDÓ ÉS VÁLTOZÓ PARAMÉTEREK KIVÁLASZTÁSA

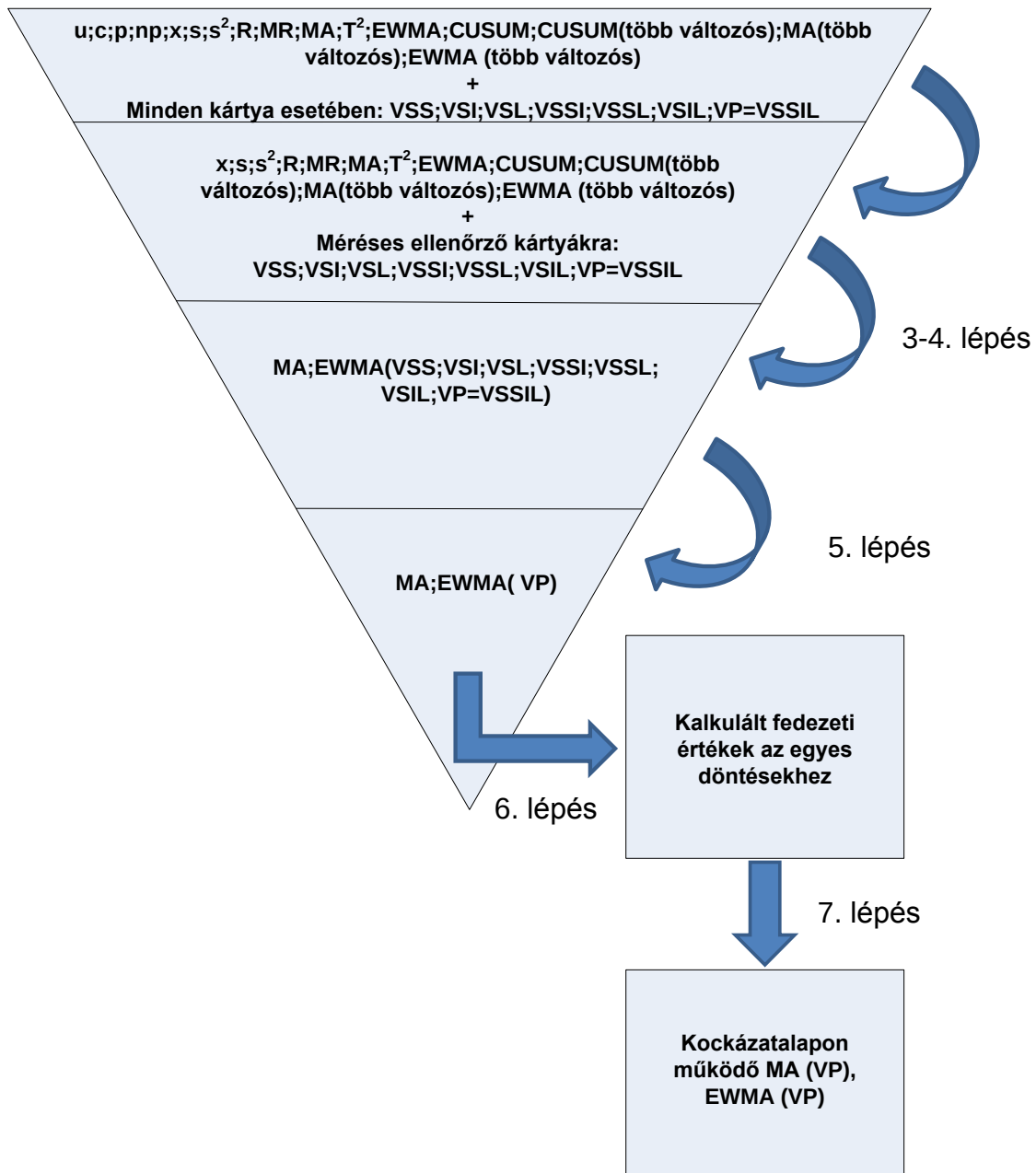
Ötödik lépésként határozzuk meg, hogy a használt kártya, nevezetesen a mozgóátlag-kártya, valamint exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya mely paraméterei legyenek állandóak, és melyek változóak. Ily módon változtathatjuk a mintavételi időközt (h), a mintaelemszámot (n), és a beavatkozási határokat (k).

Dolgozatomban a folyamat ismertetésére és a kártya beavatkozási határainak számításakor a mérési bizonytalanság figyelembevételére szorítkozom. A változó paraméterek értékének meghatározása oly pontosságot és részletességet követel meg, hogy azt egy újabb dolgozat keretein belül volna célszerű megvalósítani.

Mindent összevetve vizsgálódásom eredményeként arra jutottam, hogy a folyamat tulajdonságait és a bemenő paramétereket, valamint korlátozó tényezőket figyelembe véve a mozgó átlag, illetve az exponenciálisan súlyozott mozgó átlag kártya alkalmazhatóságának további vizsgálata lenne a legcélszerűbb.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A 4. alábbi ábrán látható, hogy a kártyaválasztási folyamat során a lehetőségek száma hogyan változik, illetve ,hogymely kártyák azok amelyeket elvetünk, és melyek a kritériumoknak megfelelőek az egyes lépések után.



4. ábra: A szóba jöhető ellenőrző kártyák számának változása az egyes lépések után

A döntéshez azonban további vizsgálódásra van szükség ahhoz, hogy nagyobb megbízhatósággal jelenthessük ki azt, hogy mely kártya alkalmazása lenne a legmegfelelőbb számunkra. Ezért a meglévő adatok felhasználásával célszerű volna tervezni az adott folyamatra átlag, CUSUM, mozgó átlag, és az exponenciálisan súlyozott mozgó átlag kártyát, majd meg kell állapítanunk, hogy melyik kártya illeszthető legjobban az adott folyamatra. Így

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

megbizonyosodhatunk afelől, hogy igaz-e az eddigi megállapítás a mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyákra, illetve, hogy a gyakorlatban is meg valósul-e. Ehhez először ki kell választani, hogy melyik töltőfejre vonatkoztatott adatok alapján tervezzük meg a kártyákat. A Kolmogorov-Smirnov próba alapján leginkább a hetes számú töltőfej esetében közelít a mért értékek eloszlása a normális eloszláshoz, ezért erre a fejre terveztem a kártyákat. Nézzük az átlag kártya esetét először!

3.6 A VÁLASZTÁS HELYESSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE KÁRTYATERVEZÉSEL

3.6.1 Átlag-kártya:

Az ellenőrzés során 45-ször veszünk állandó, $n=5$ elemű mintát. A várható értéket (μ) az átlagok átlagából számítottam. A szórást a terjedelemből becsüljük a $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$ képlet felhasználásával, ahol $\bar{R}$ az átlagos terjedelem, d_2 pedig a mintaelemszámtól függő konstans. A következőkben meg kell határozni a középvonalat (CL), valamint az alsó és felső beavatkozási határokat (LCL; UCL). A középvonalat a minták átlagának átlagával számítottam az alábbi képlet segítségével: $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_i \bar{x}_i$ (m a minták száma, $\bar{x}_i$ pedig az i-edik minta átlaga).

A beavatkozási határok:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + u_{\alpha/2} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}};$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - u_{\alpha/2} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

$u_{\alpha/2}$ az u-próbastatisztika értékét adja meg, melyhez α szignifikanciaszint tartozik. Esetünkben $u_{\alpha/2}$ értéke 3, ez azt jelenti, ekkor α pedig 0,0027. Ez azt jelenti, hogy ezer esetből nagyjából 3-szor követünk el elsőfajú hibát.

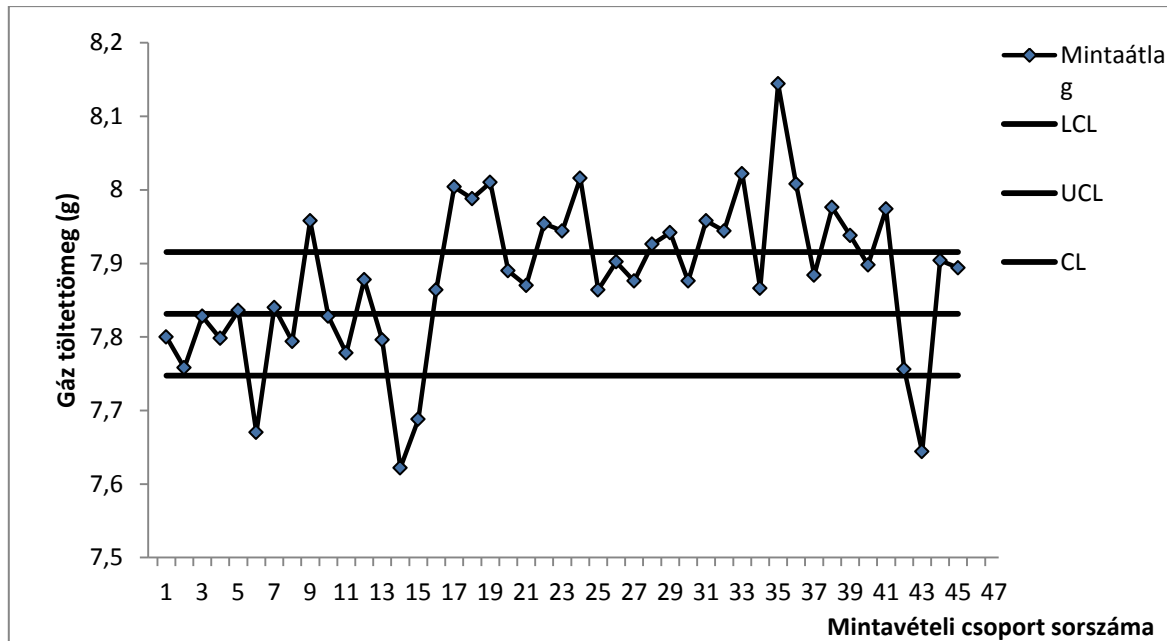
A számítások eredménye a mért adatok behelyettesítése után:

$$CL_{\bar{x}}=7,8314$$

$$UCL_{\bar{x}}=7,915324$$

$$LCL_{\bar{x}}=7,747476$$

A folyamat várható értéke $\mu = 7,8314$, a terjedelemből becsült szórása pedig $\sigma = 0,062554$. Az eredményeket ábrázolva az alábbi ábrán látható átlag-kártyát kapjuk.



5. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Átlag-kártya

A korábbi megállapítások is igazolódni látszanak, az ábrázolt átlag-értékek nagy hányada a beavatkozási határokon kívülre esik. Feltehetően két okból fordulhat ez elő, egyrészt a normalitás hiánya, másrészt a nagy szórás következtében. A vizsgálódást folytassuk a halmozott összegek ellenőrző kártyájával.

3.6.2 A CUSUM kártya

Ebben az esetben is 45-ször veszünk $n=5$ elemű mintát. Itt a varianciát a szórásból becsültem. A kártya középvonalának az átlagok átlagát vesszük, a beavatkozási határokat pedig a következő képletek alapján számítottam:

$$UCL = \frac{h\sigma}{\sqrt{n}} \quad , \quad \text{illetve} \quad LCL = -\frac{h\sigma}{\sqrt{n}} \quad ; \quad \text{ahol } h \text{ értéke az első-és másodfajú hiba valószínűségét határozza meg. Mivel adott } \beta \text{ esetén } h=4\text{-nél } \alpha \text{ nagyobb lesz, mint } h=5\text{-nél, ezért gyakrabban van riasztás. Adott } \alpha \text{ esetén pedig azt mondhatjuk, hogy } h=5\text{-nél } \beta \text{ értéke kisebb, mint } h=4\text{-nél, ezért többszöri mintavétel kell a hiba megjelenése után ahhoz, hogy azt kimutassuk. Ezért a } h \text{ paraméter értékének 4-es értéket választottam a tervezéskor.}$$

A halmozott összegek értéke meghatározható a $Q_m = \sum_i^m (x_i - T)$ képlettel. A T (Target) célértékre jelen esetben az átlagok átlagát vettem. A tervezés további lépéseire meg kell határoznunk, hogy milyen módszert alkalmazunk. CUSUM kártyához használható táblázatos

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

és grafikus módszer is. Esetünkben a táblázatos módszer alkalmazása mellett döntöttem. Ekkor két statisztikát kell kiszámítanunk minden pontra. Egyik a pozitív, másik pedig a negatív irányba történő eltéréseket mutatja. A két próbastatisztika értékét az alábbi módon határozzuk meg.

Pozitív eltérésekre:

$$S_{H,i} = \max \left[0, \bar{x}_i - \left(T + \frac{k\sigma}{\sqrt{n}} \right) + S_{H,i-1} \right]$$

Negatív eltérésekre:

$$S_{L,i} = \min \left[0, \bar{x}_i - \left(T - \frac{k\sigma}{\sqrt{n}} \right) + S_{L,i-1} \right]$$

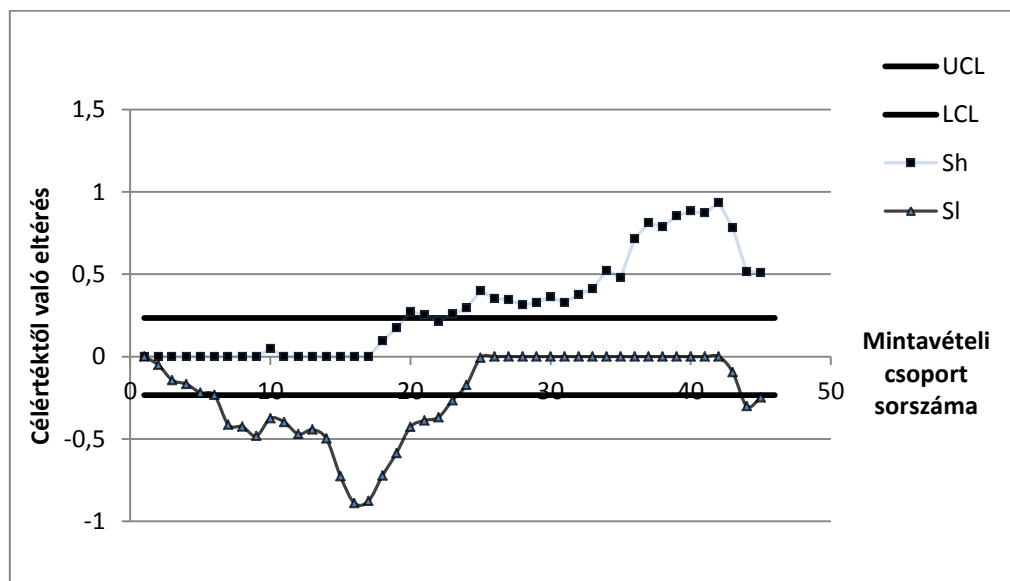
A k tényező értékétől függ az, hogy mekkora eltérést tudunk majd kimutatni. Általában 0,5-nek választják, ezért én is így jártam el. A számítások elvégzése után a következő eredményt kaptam:

CL=7,880178

UCL=0,235001

LCL=-0,235001

Ábrázolva az értékeket a következő CUSUM kártyát kapjuk:



6. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett CUSUM-kártya

Látható, hogy ez esetben is sok pont kerül a beavatkozási határokon kívülre. A normalitás hiánya itt is gondokat okoz, mivel a CUSUM kártyán a halmozott összegek nem követnek normáloszlást, ha az eredetileg mért értékekről sem mondhatjuk el, hogy normális eloszlásúak. Más a helyzet a mozgó átlag és az exponenciálisan súlyozott mozgó átlag kártyánál, ugyanis a mozgó átlag értékek függetlenül az alapértékek eloszlásától, normális eloszlásúnak mondhatók (centrális határeloszlás-tétel). Következő lépésként vizsgáljuk meg a mozgó átlag kártya esetét!

3.6.3 Mozgó átlag kártya:

Az eddig alkalmazott mintavételi módszer itt is érvényes (45 csoport, $n=5$). A varianciát szintén a mért értékek szórásából becsültem, a folyamat várható értéke pedig a mintaátlagok átlaga. A mozgó átlagok számításakor mindig a megelőző 5 értéket vettem figyelembe. Így az i -edik mozgó átlagot az $MA_i = \frac{1}{5} \sum_{j=i-4}^i \bar{x}_j$ képlettel számítottam, ahol w az átlagoláshoz felhasznált adatok száma (esetünkben $w=5$). Felmerül azonban a probléma a kezdeti periódusban, mivel ekkor még nincs 5 megelőző átlagunk. Ekkor az $MA_i = \frac{1}{i} \sum_{j=1}^i \bar{x}_j$ képlet használható.

A mozgóátlag-kártya kártya beavatkozási határai:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3\sigma/\sqrt{nw}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3\sigma/\sqrt{nw}$$

A határok számításakor 3σ -t alkalmaztam, de ez persze az elsőfajú hiba megengedett valószínűségének meghatározásával változhat. A fenti két képletre is igaz, hogy akkor alkalmazhatóak, ha már rendelkezésünkre áll 5 megelőző adat. Ezért a folyamat kezdeti szakaszára az $UCL = \bar{\bar{x}} + 3\sigma/\sqrt{ni}$, és $LCL = \bar{\bar{x}} - 3\sigma/\sqrt{ni}$ képlet használható.

A számítások eredménye:

$$CL = 7,880178$$

$$UCL = 7,959$$

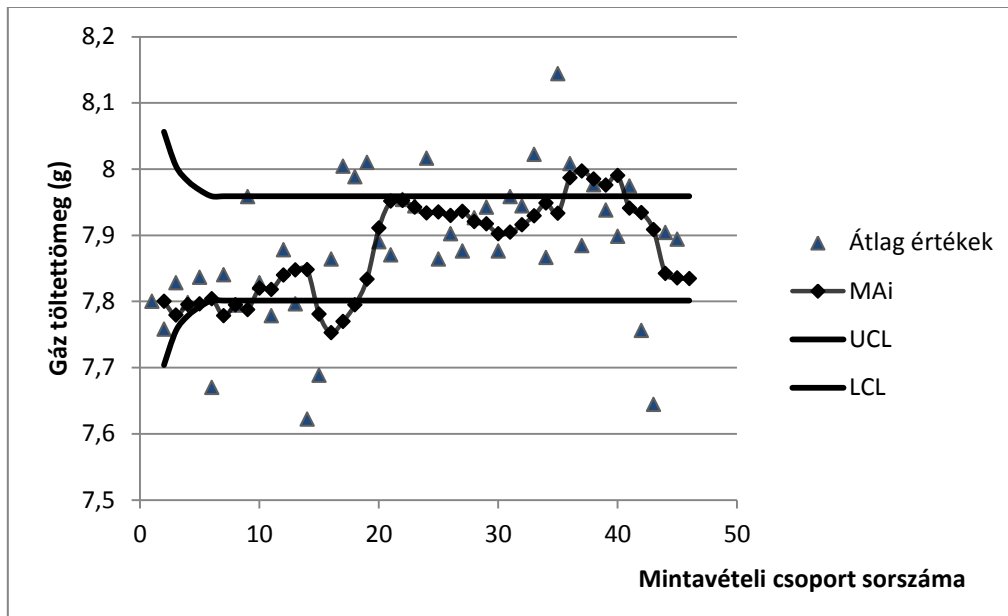
$$LCL = 7,801356$$

$$\mu = 7,880178, \text{ és } \sigma = 0,131369722$$

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A beavatkozási határookra a folyamat kezdeti szakaszában természetesen más értékeket kapunk, ezek az értékek a mellékelt táblázatban megtekinthetők.

A számítások elvégzése és a kapott értékek ábrázolása után a mozgóátlag-kártya:



7. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Mozgóátlag-kártya

Amint az ábrán is látszik, a mozgóátlag-kártya esetében több ábrázolt pont esik a beavatkozási határok közé. Eddig az ábrázolt pontokat azonos súllyal vettük figyelembe. Az ábrázolt mozgóátlag-értékek egymástól azonban nem függetlenek, éppen ezért célszerű lehet azt is figyelembe venni, hogy egy adott érték ábrázolásakor nagyobb jelentőséggel bírnak számunkra a frissebb mérések adatai, mint azoké, melyeket korábban végeztünk. Nézzük meg, hogy ez hogyan valósítható meg a vizsgált folyamatra vonatkozóan.

3.6.4 Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya (EWMA) tervezése:

Méréskor ismét az eddigiekben alkalmazott módon járunk el (45 csoport, $n=5$ elemű minta). A szórás, illetve a várható érték megegyezik az előző esetben meghatározott értékekkel.

Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya tervezésekor λ paramétert alkalmazunk a súlyozáshoz, és az i -edik pont értékét az alábbi képlettel számíthatjuk:

$$z_i = \lambda \bar{x}_i + (1 - \lambda)z_{i-1}, \text{ ahol } z_i \text{ jelöli az } i\text{-edik mozgóátlagot.}$$

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Ha a képletet minden i -edik pontra alkalmazzuk, akkor ennek eredményeképpen az ábrázolt pontokra igaz lesz, hogy időben visszafelé haladva $\lambda, \lambda(1-\lambda), \lambda(1-\lambda)^2 \dots \lambda(1-\lambda)^i$ értékkel súlyozva vesszük őket figyelembe.

Az exponenciális súlyozásnál szükség van egy 0-dik értékre is, melyre a mintaátlagok átlagát vettem. A középvonal értéke szintén a mintaátlagok átlagából adódik. Az alsó és felső beavatkozási határokat más módon számítjuk, mint a mozgóátlag-kártyánál.

A beavatkozási határok:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)}} [1 - (1-\lambda)^{2i}]$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)}} [1 - (1-\lambda)^{2i}]$$

A határok számításakor itt is 3σ -val számoltam, mint a mozgóátlag-kártya esetében. $\lambda=0,5$ paramétert alkalmazva, a számítások elvégzése után a következő eredményeket kaptam:

$$UCL = 7,821428$$

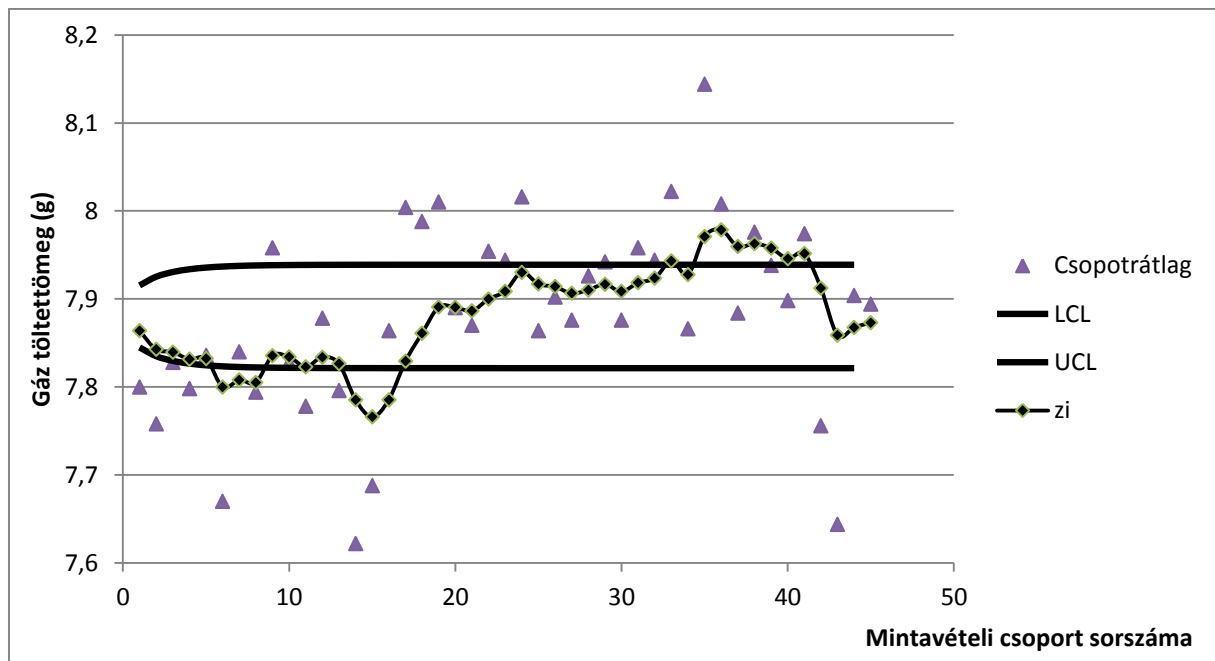
$$LCL = 7,938928$$

$$CL = 7,880177778$$

$$\mu = 7,880177778; \sigma = 0,13137$$

A folyamat kezdeti szakaszában a beavatkozási határookra most is más értékeket kapunk, melyek a mellékelt táblázatban megtekinthetők.

A vizsgált folyamatra tervezett EWMA kártyát az alábbi ábra reprezentálja:



8. ábra: A gáztöltési folyamatra tervezett Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya

Ahogy azt már korábban is láthattuk, a normalitás hiánya miatt az átlag-, illetve a CUSUM kártya nem alkalmazható transzformáció nélkül. A korábbi állítás látszik igazolódni a tervezés után is, hiszen látható, hogy a folyamat leginkább a mozgóátlag-, illetve exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyához illeszkedik.

3.7 A LEHETSÉGES DÖNTÉSEKHEZ TÁRSÍTHATÓ FEDEZETI ÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA

Eddig a megbízhatóság alapú kártyákat vizsgáltam. Tovább lépést azonban az jelentene, ha ezek az ellenőrző kártyák már kockázatalapon működhetnének. Kockázatalapú kártyáknál pedig figyelembe vesszük annak a lehetőségét is, hogy a mérés elvégzésekor egy adott mérőműszerrel mért értékek ugyanazon termékekre vonatkoztatva sem mindig állandók. Ezért a következőkben úgy kell a tervezést kiegészíteni, hogy a mérési bizonytalanságot is figyelembe vegyük.

A kockázat nagyságát annak költségvonzatával fejezhetjük ki. Ha ismerjük az egyes döntésekhez társítható költségvonzatot, akkor azt is kalkulálhatjuk, hogy a mérési bizonytalanság az első-, és másodfajú hiba elkövetésének valószínűségét mennyiben befolyásolja, vagyis a rossz döntés a termék tovább engedésekor, illetve visszatartásakor mekkora költséget is jelent számunkra.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Döntéseinket tekintve négy alapeset lehetséges. Az adott terméket vagy tovább engedjük, mert az megfelel a minőségi követelményeknek, vagy pedig visszatartjuk, mert nem tesz eleget nekik. Mindkét esetben hozhatunk helyes és helytelen döntést is. A számításokat három lépésben végeztem el. Először meghatároztam az egyes eseteket társítható költséget, majd ugyanezen a módon a bevételt, végül a kettő különbségeként a fedezetet. Az egyes esetek vizsgálatakor felmerülő költség-tényezők a következők lehetnek egy darab termékegyedre lebontva:

1. a termék előállításának költsége (K_e)= 24,11 Ft/db
2. a minőségellenőrzés költsége (K_m)=0,815 Ft/db
3. az értékesítés során felmerülő költségek. ($K_{ér}$)= 0,355 Ft/db

A profit alapvetően kétféle lehet. Megfelelő termék esetén a profit a termék értékesítési árát (B_e) jelenti. Ha azonban a termék nem felel meg a minőségi követelményeknek, akkor is jelenthet minimális bevételt (bár ez nem fedezi az előállításához szükséges költségeket sem), mert a termék még mindig értékesíthető fémhulladékként (B_h). Ezen két lehetőségen kívül figyelembe kell még vennünk azt, hogy a patronhüvely gyártásához használt acéllemezt nem használják fel teljes mértékben. Így a megmaradt lemez is értékesíthető fémhulladékként (B_l). Ez a bevétel pedig mindkét esetben jelentkezik függetlenül attól, hogy az adott termék megfelelő-e vagy sem. Így a bevételt alkotó tényezők értékei a következők:

$$P_e=79,2 \text{ Ft/db.}$$

$$P_h=1,155 \text{ Ft/db.h}$$

$$P_l=0,5665 \text{ Ft/db.}$$

A költség-és bevételi tényezők ismeretében a számítások elvégzéséhez vegyük sorra a lehetséges eseteket.

D1: Helyesen engedjük tovább a terméket:

Ez azt jelenti, hogy a termék töltettségének értéke a specifikációs határokon belülre esik, vagyis $LSL < m_p < USL$ (ahol m_p a patron töltettségének értéke). Ekkor nem vétünk sem első, sem másodfajú hibát. A fellépő költségek az előállítás költségei, a minőség-ellenőrzés költségei és az értékesítés során felmerülő költségek. A teljes költség (K_{D1}) ezek összegeként számítható, tehát: $K_{D1}=K_e+K_m+K_{ér}=25,28 \text{ Ft/db}$

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A bevételt ebben az esetben az értékesítési ár, valamint a maradék acéllemez hulladékként való értékesítési ára teszi ki. $B_{D1}:B_e+B_f=79,77$ Ft/db

D2: Helytelenül tartjuk vissza a terméket:

Ekkor a termék vizsgált minőségjellemzője az elfogadási határokon belülre esik, ennek ellenére visszatartjuk a terméket, vagyis elsőfajú hibát ejtünk. A költséget az előállítás, a minőség-ellenőrzés költsége adja ki, valamint ebben az esetben hozzáadtam a termék eladásából származó elmaradt bevételt is, amelyhez akkor juthatnánk, ha helyesen döntöttünk volna. Ezért a D2 döntéshez tartozó összes költség: $K_{D2}=K_e+K_m+B_e=104,13$ Ft/db.

A termék eladásából nem származik bevétel, de a gyártáshoz felhasznált acéllemezéből megmaradt anyag még értékesíthető. Ezen kívül a hibás terméket is értékesíthetjük hulladékként, így $B_{D2}=B_f+B_h=1,72$ Ft/db.

D3: Helytelenül engedjük tovább a terméket:

Kijelenthetjük, hogy ez a hiba jár a legnagyobb következménnyel, ugyanis a vásárló elpártolhat, ha rossz minőségű terméket kap kézhez, és e hibának a sorozatos elkövetése a továbbiakban a vevőkör szűkülésével járhat. Másodfajú hiba elkövetése miatt értékesítés nem történik, vagyis a terméket helytelenül tartjuk vissza. Így a költség az előállítás, valamint a minőség-ellenőrzés költségéből számítható. Itt nem adtam hozzá azt a bevételt, amihez helyes döntéshozattal jutnánk, mivel a terméket nem tudnánk értékesíteni akkor sem, ha jól döntöttünk volna. Ezért: $K_{D3}=K_e+K_m=24,93$ Ft/db.

Ez a kiszámított érték megegyezne azzal az esettel amikor a terméket helyesen tartjuk vissza. Itt azonban komoly jelentőséggel bír a presztizs veszteség. Ennek kalkulációja igencsak nehéz, mivel az egyes ügyfelek reakciója változó lehet a hibás termékekre vonatkozóan. Például egy adott vevő megelégszik azzal, hogy új szállítmányt küld neki a vállalat, de egy másik vásárló a termék visszaszállítását is követeli, melynek költségét a vállalat állja. Az említett két példában sem azonos a termékegyedre számított költség. Ezen okok miatt a másodfajú hiba fedezeti összegéről feltételeztem, hogy a vizsgált folyamatnál megegyezik az elsőfajú hiba fedezeti összegének kétszeresével.

Gyakorlati alkalmazásnál a vásárló preferenciáitól is függ a másodfajú hibával járó költség értéke. Természetesen különböző vásárlói csoportoknál eltérően számítjuk az értékét.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A bevétel kalkulációnál a legkedvezőtlenebb esetet vettem figyelembe, vagyis azt feltételeztem, hogy a vásárló nem veszi át a kiszállított termékeket. Így a bevételt csak a hulladéklemész és a selejtpatron értékesítéséből számíthatjuk, vagyis: $B_{D3}=B_h+B_l=1,72$ Ft/db.

D4: Helyesen tartjuk vissza a terméket

Ez esetben a töltetmennyiség értéke a specifikációs határokon kívülre esik, vagyis $m_p < LSL$, vagy $m_p > USL$. Költséggént csak az előállítás és a minőség-ellenőrzés költségével számolhatunk, mert értékesítés nem történik. $K_{D4} = K_e + K_m = 24,92$ Ft/db

A bevétel itt is megegyezik az előző (D3) döntésnél megállapított értékkel, tehát $B_{D4}=B_{D3}=B_l+B_h=1,72$ Ft/db.

A költség-és bevétel párok definiálása után már meghatározó a különbségükként számított fedezet értéke. A költségekre, bevételekre egy-egy mátrix írható fel. Ha kivonjuk a bevételi mátrixból a költségmátrixot, akkor a fedezeti mátrixhoz jutunk. A műveletet a következőképpen írhatjuk fel:

$$\begin{bmatrix} 79,77 & 1,72 \\ 1,72 & 1,72 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 25,28 & 104,13 \\ 24,93 & 24,93 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 54,49 & -102,40 \\ -23,20 & -23,20 \end{bmatrix}$$

Látható, hogy a presztizs-veszteség figyelembevétele nélkül a másodfajú hiba elkövetésekor a fedezet megegyezik azzal az esettel, mikor a termék nem megfelelő és mi is így ítéljük meg. A presztizs-veszteség számítási nehézségei miatt a D3 döntésnél leírt módon járunk el a másodfajú hibához társítható fedezeti érték meghatározását illetően. Ekkor az eredmény mátrixa a következőképpen módosul:

$$\begin{bmatrix} 54,49 & -102,40 \\ -204,80 & -23,20 \end{bmatrix}$$

A döntési lehetőségekhez társított fedezeti értékek és a mérési bizonytalanság ismeretében a következőkben optimalizáljuk a k_{LSL} és k_{USL} paramétereket.

3.9 AZ ELLENŐRZŐ KÁRTYA BEAVATKOZÁSI HATÁRAINAK MÓDOSÍTÁSA A MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

A k_{USL} és k_{LSL} paraméterek optimalizálására szimulációs módszerek alkalmasak. A mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyára vonatkozó k_{USL} és k_{LSL} paramétereket Microsoft Excel program segítségével optimalizáltam. Az optimalizálás menete a következő:

A 3.6.3-as alpontban megtervezett mozgóátlag-kártyára vonatkozó mérési eredményekről feltételezzük, hogy tényleges mérési eredmények. A tényleges mérési eredményekhez hozzáadjuk a mérési hibát, így pedig az általunk mért értékeket kapjuk meg, melyekről pontosan meg tudjuk mondani, hogy mekkora mérési hibával dolgoztunk.

A mérési hiba generálásához először pontosan annyi véletlen számot generálunk 0 és 1 közötti értékkel, mint ahány mérésünk volt eredetileg, majd a normális eloszlás eloszlásfüggvényének inverz értékeit számítjuk ki a megadott várható értékkel és szórással mindegyik generált valószínűségre. Az így kapott mérési hibák és a feltételezett pontos mért értékek összegeként megkapjuk a szimuláció során nyert mérési adatokat.

A szimulált értékekre kiszámítjuk a középvonalat, az alsó, illetve felső beavatkozási határt, az ábrázolt mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag értékeket, valamint a $D1$, $D2$, $D3$, $D4$ döntésekhez tartozó fedezeti értékeket. A fedezeti értékek összegeként, megkapjuk, hogy az elkövetett első és másodfajú hibákat figyelembe véve mennyi a teljes fedezet a vett összes mintára vonatkozóan. Ennek ismeretében úgy módosíthatjuk a kártya beavatkozási határait, hogy az elkövetett másodfajú hibák számát a minimálisra csökkentjük, lehetőleg úgy, hogy az elsőfajú hibák száma ne növekedjen nagymértékben. Ezt úgy érhetjük el, hogy a teljes fedezeti összeget maximalizáljuk. A módosítást úgy végezzük el, hogy megadjuk k_{LSL} és k_{USL} azon értékeit, amelyek mellett a teljes fedezet maximális. A k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálását Microsoft Excel 2010 program Solver bővítményének segítségével, genetikus algoritmusok alkalmazásával oldottam meg.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A mozgóátlag-, és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyára vonatkozóan az alábbi eredményeket kaptam:

Mozgóátlag-kártya:

A mérési hibák normális eloszlásfüggvényének paraméterei: $\mu_m=0$; $\sigma_m=0,078$.

Emlékeztetőül az eredeti közép vonal és beavatkozási határok:

- CL= 7,880178
- UCL= 7,959
- LCL= 7,801356

A szimuláció során számított közép vonal és beavatkozási határok:

- CL= 7,88202
- UCL= 7,946996
- LCL= 7,817044

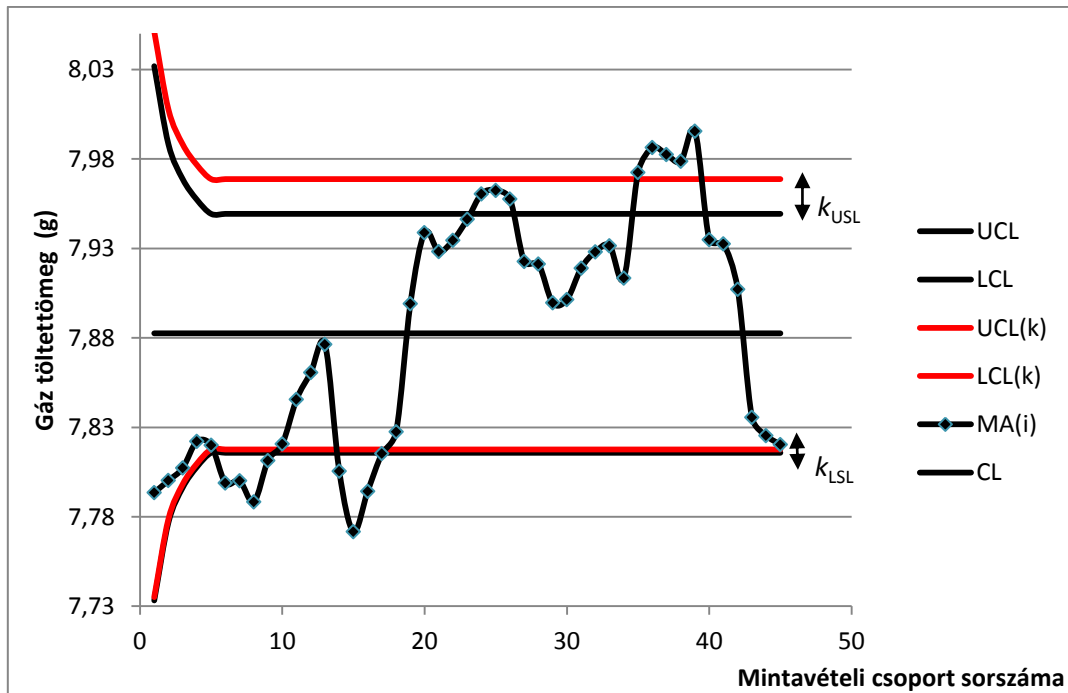
Alapesetben ($k_{LSL}, k_{USL}=0$) a teljes fedezeti érték 674,25 Ft. Ekkor nem követünk el másodfajú hibát, viszont az elsőfajú hibák száma négy. A k_{LSL}, k_{USL} paraméterek optimalizálása után a fedezeti érték 1144,92 Ft. Ekkor a k_{LSL}, k_{USL} paraméterek optimalizálásával a következőképpen módosítottuk a beavatkozási határokat:

- $k_{LSL}= 0,001937737$
- $k_{USL}= -0,013457857$
- UCL= 7,962785
- LCL= 7,817699

Ez esetben sem követünk el másodfajú hibát, viszont az elsőfajú hibák száma 1-re redukálódik.

A beavatkozási határok módosítása után a profit 470,67 Ft, vagyis a szimuláció során a vett mintákra vonatkoztatott profit 68,9%-al nőtt.

A mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosítását szemlélteti az alábbi ábra:



9. ábra: A Mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosulása k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálásával

Az ábrán fekete vonal jelöli az eredeti, piros vonal pedig az optimalizálás után kapott beavatkozási határokat, a pontok pedig a csoportátlagokból számított gáz töltettség mozgóátlag-értékeit jelölik.

A következőkben vizsgáljuk meg a beavatkozási határok módosításának hatását az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya esetében:

Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya:

A mérési hibára vonatkozó paraméterek ez esetben is megegyeznek a mozgóátlag-kártyánál megadott értékekkel ($\mu_m=0$; $\sigma_m=0,05$).

Emlékeztetőül az eredeti középvonal és beavatkozási határok:

- CL= 7,880177778
- LCL= 7,821427
- UCL= 7,938928

A szimuláció során meghatározott középvonal és beavatkozási határok:

- CL= 7,882544478
- LCL= 7,811973
- UCL= 7,953116

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

A beavatkozási határok módosítása nélkül a vett összes mintára vonatkoztatott fedezeti érték (profit) 819,59 Ft. k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálása után a kapott értékek a következők:

$$k_{LSL} = 0,002838852$$

$$k_{USL} = 0,027272311$$

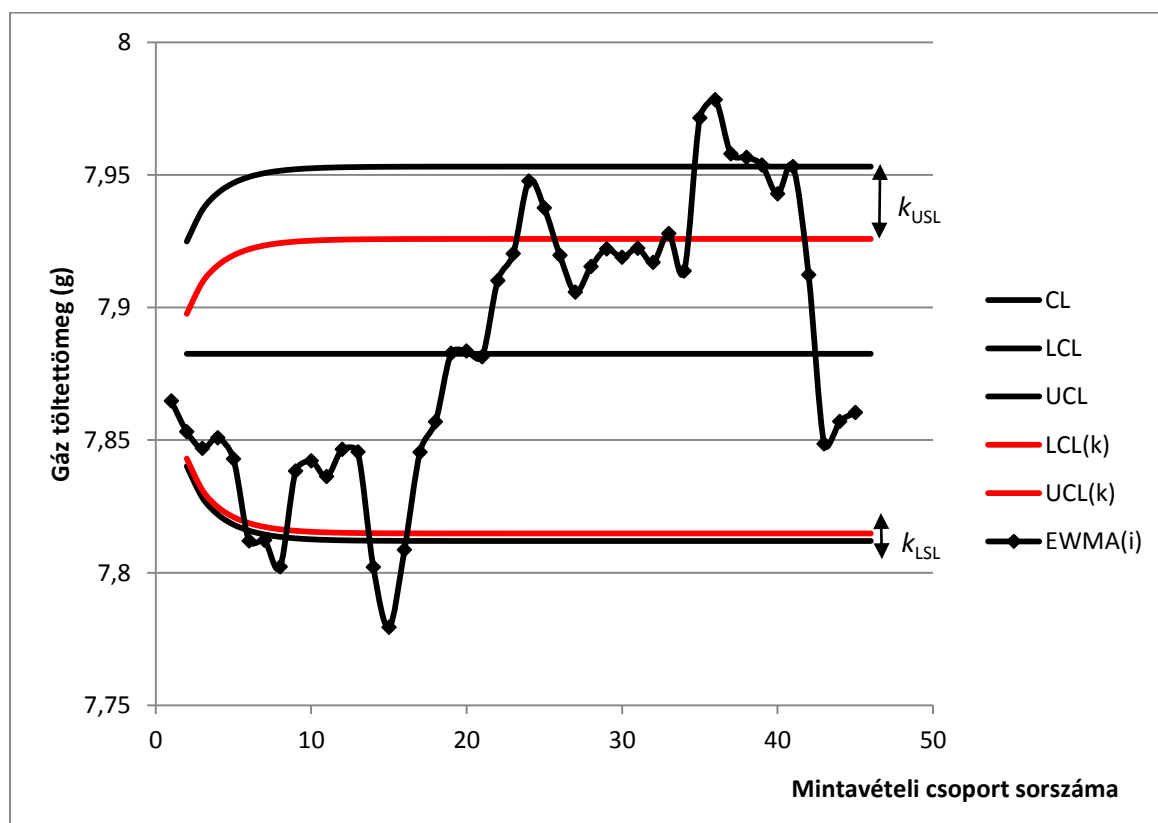
Ekkor a beavatkozási határok:

$$LCL_{(k)} = 7,814812$$

$$UCL_{(k)} = 7,925844$$

A beavatkozási határok módosítása után a teljes fedezeti érték az összes vett mintára vonatkoztatva 1050,61 Ft. Az optimalizálás után a fedezet 231,02 Ft-tal nőtt.

A mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosítását szemlélteti a 10. ábra:



10. ábra: Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya beavatkozási határainak módosulása k_{LSL} és k_{USL} paraméterek optimalizálásával

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Az ábrán fekete vonal jelöli az eredeti, piros vonal pedig az optimalizálás után kapott beavatkozási határokat, a pontok a gáz töltettségére vonatkozóan a csoportátlagokból számított exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-értékeket jelölik.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Mindkét kártyára (MA, EWMA) vonatkozóan a szimuláció és optimalizálás eredményét az alábbi táblázat foglalja össze:

9. táblázat: A beavatkozási határok módosításával kapott eredmények összefoglaló táblázata

			MA	EWMA
Beavatkozási határok módosítása előtt	Beavatkozási határok, középvonal	LCL	7,817044	7,811973
		UCL	7,94700	7,953116
		CL	7,882544478	7,882544478
	Mérési hiba paraméterei	σ_m	0,078	0,078
		μ_m	0	0
	Első-, és másodfajú hibák száma	n_α	4	0
		n_β	0	3
	Fedezet/Profit		674,25 Ft	819,59 Ft
Beavatkozási határok módosítása után	Beavatkozási határok, középvonal	LCL _(k)	7,817699	7,814812
		UCL _(k)	7,962785	7,925844
		CL _(k)	7,882544478	7,882544478
	Optimalizált paraméterek	k_{LSL}	0,001937737	0,002838852
		k_{USL}	-0,013457857	0,027272311
	Mérési hiba paraméterei	σ_m	0,078	0,078
		μ_m	0	0
	Első-, és másodfajú hibák száma	n_α	1	2
		n_β	0	0
	Fedezet/Profit		1 144,92 Ft	1 050,61 Ft
Profit növekedés			470,67 Ft	231,02 Ft

A táblázat tartalmazza a beavatkozási határok módosítása előtti, és a módosítás (k_{LSL} , k_{USL} paraméterek optimalizálása a profit maximalizálásával) utáni beavatkozási határokat, közép vonalat, első-, és másodfajú hibák számát és összes vett mintára vonatkozó fedezeti értéket külön a mozgóátlag-, és külön az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyára. σ_m , μ_m a mindkét esetben változatlan, mivel mindkét kártyánál ugyanakkora mérési hibával dolgoztunk. A mozgóátlag kártya esetére azt mondhatjuk, hogy a beavatkozási határok módosítása előtt az összes vett mintára számított fedezeti érték 674,25 Ft volt, ekkor egyszer sem követünk el másodfajú hibát és négyszer követünk el elsőfajú hibát. A k_{LSL} , k_{USL} paraméterek optimalizálásával a fedezeti érték 470,67 Ft-tal nő, így értéke 1144,92 Ft. Így az elsőfajú hibák száma 1-re csökken miközben továbbra sem követünk el másodfajú hibát.

3. A módszer alkalmazhatóságának bemutatása gyakorlati példán keresztül

Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya alkalmazásakor a beavatkozási határok módosítása előtt az összes vett mintára számított fedezeti érték 819,59 Ft, elsőfajú hibát nem követünk el, a másodfajú hibák száma viszont három. A k_{LSL} , k_{USL} paraméterek optimalizálása után a másodfajú hibák száma zérus, de az elkövetett elsőfajú hibák száma 2. A fedezeti érték 231,02 Ft-tal nő, így értéke 1050,61 Ft.

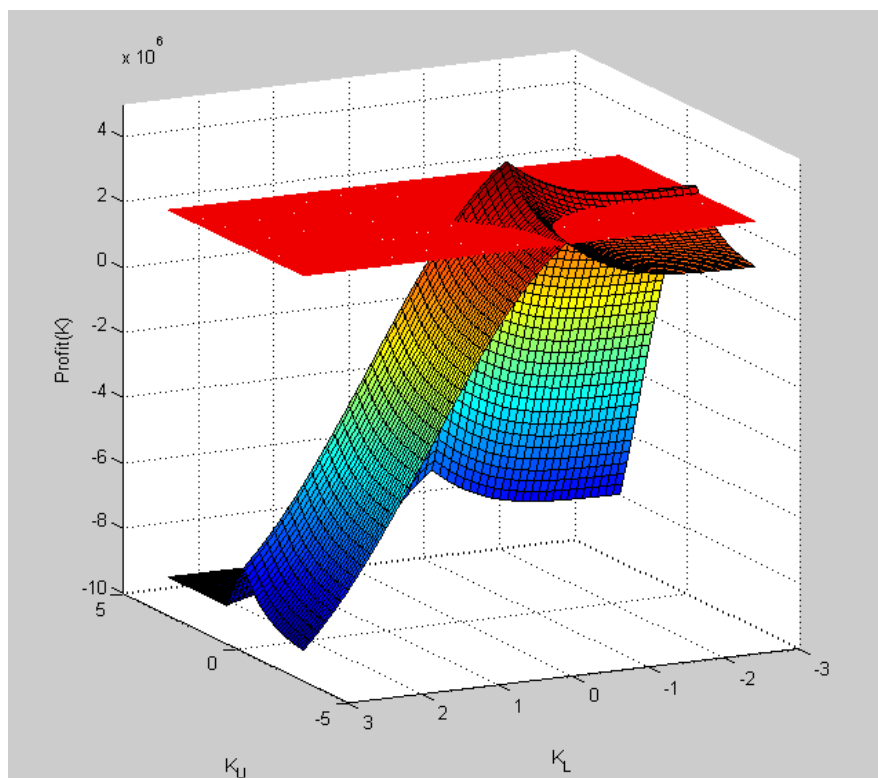
4 KONKLÚZIÓ

Dolgozatomban a hazai és idegen nyelvű irodalom feldolgozása után kutatást végeztem, mely az ellenőrző kártyák alkalmazhatósági feltételeinek vizsgálatára irányuló munkákat figyelembe véve meghatározza a kártyák azon szegmensét, ahol még hiányosságok fedezhetők fel, ezzel további kutatási irányvonalat definiálva. Ennek eredményeként megállapítottam, hogy az ellenőrző kártyák kockázatalapon történő működésére vonatkozó kutatási terület még hiányosságokat mutat. E következtetések után bemutattam az általam kidolgozott ellenőrző kártya-illesztési folyamatot, mely újítként tartalmazza többek közt a folyamat előzetes vizsgálatát, a kártyák állandó és változó paramétereinek kiválasztását és a mérési bizonytalanság figyelembevételével a beavatkozási határok módosítását.

A módszer lépéseinek ismertetése mellett főként a bemenő paraméterek vizsgálatára, a döntéshez társítható fedezeti érték kalkulációjára, és a mérési bizonytalanság figyelembevételével az ellenőrző kártya beavatkozási határainak módosítására helyeztem a hangsúlyt.

A kártyaillesztési folyamat bemutatása után annak alkalmazását szemléltettem egy gázpatron-töltési folyamaton keresztül, amely során bonyolultabb méréses ellenőrző kártyákra, nevezetesen a mozgóátlag-, és az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártyára (MA, EWMA) vonatkozóan mutattam be a beavatkozási határok módosítását a mérési bizonytalanság figyelembevételével. A beavatkozási határok módosításának hatására mindkét esetben nőtt az összes vett mintára számított profit. A vizsgált folyamatot tekintve a Mozgóátlag-kártya alkalmazásakor a profit 674,25 Ft-ról 1144,92-Ft-ra, az Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag-kártya esetében pedig 819,59 Ft-ról 1050,61 Ft-ra növekedett.

A módszer eredményességét nagy mennyiségben 100000 szimulált minta alapján is modelleztem Matlab program segítségével. A 11. ábra a profit értékének alakulását mutatja be a k_{USL} és k_{LSL} paraméterek függvényében Mozgóátlag-kártya (MA Chart) alkalmazásakor, ha a vizsgált minőségjellemzők értéke Weibull eloszlást követ.



11. ábra: Az összes vett mintára vonatkozó profit értékének alakulása a k_{LSL} és k_{USL} paraméterek függvényében, Mozgóátlag-kártya alkalmazásakor, ha a vizsgált minőségjellemzők értékei Weibull eloszlást követnek

A profit értéke változatlan abban az esetben, ha nem alkalmazzuk a beavatkozási határok módosítását a mérési bizonytalanság figyelembe vételében. Ezt szemlélteti az ábrán a vízszintes piros sík. Láthatjuk, hogy k_{LSL} és k_{USL} értékének változásával a profit is változik, valamint k_{USL} és k_{LSL} paraméterek optimális megválasztása mellett nagyobb profit érhető el, mint a módszer alkalmazása nélkül.

Munkám célja olyan kártyaillesztési folyamat kidolgozása volt a statisztikai folyamatszabályozásban, amely újítként tartalmazza a mérési bizonytalanság figyelembe vételét, és a vizsgált folyamatra kockázatalapon működő ellenőrző kártyát (kártyákat) illet. További cél volt a mérési bizonytalanság figyelembevételének és a beavatkozási határok módosításának bemutatása bonyolultabb méréses ellenőrző kártyára vonatkozóan.

Az elért eredmények alátámasztják a kidolgozott módszer alkalmazhatóságát és működőképességét. Az ellenőrző kártya-illesztési folyamatot tekintve új fejlesztési irányvonalat jelentene, a kiválasztott ellenőrző kártyára vonatkozóan nemcsak az állandó és változó paraméterek kiválasztása, de azok optimális értékének meghatározási módja a vizsgált folyamat függvényében.

IRODALOMJEGYZÉK

MAGYAR NYELVŰ SZAKIRODALOM

1. Veress, G. (1999): A minőségügy alapjai, Budapest, Műszaki Könyvkiadó. oldalszám: 40-42, 259-261. ISBN: 963 16 3049 8
2. Parányi, Gy. (2001): Minőséget gazdaságosan, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, oldalszám: 280-284. ISBN 963 16 3033 1
3. Kemény S., Papp L., Deák A., (1998): Statisztikai minőség-(megfelelőség) szabályozás, Budapest, Műszaki könyvkiadó. oldalszám: 37-38, 81-82, 87-88, 205-206.. ISBN: 963 16 3006 4
4. Koczor Z., (1999): Bevezetés a minőségügybe: a minőségügy gyakorlati kérdései, Budapest, Műszaki könyvkiadó, oldalszám: 299-300.
5. Dr. Kosztyán Zs. T., Dr. Csizmadia T, Hegedűs Cs.' (2008. december 5-13.): A mérési bizonytalanság kezelése mindendarabos és mintavételes mérések esetén, International Joint Conferences on Computer, Information, and System Sciences, and Engineering
6. Dr. Kovács Z., Dr. Kosztyán Zs., T., Dr. Csizmadia T., Hegedűs Cs., (2010): Mérési bizonytalanság figyelembe vétele a megfelelőség értékelésekor. Minőség és Megbízhatóság, 43.évf. 8. sz. oldalszám: 87-93.
7. Hegedűs Cs., Dr. Kosztyán Zs., (2008): Mérési bizonytalanság kezelése a mintavételes minőség szabályozásban. V. Jedlik Ányos Szakmai Napok, Veszprém, 2008. március 27-29.
8. Balogh A. (2010): A folyamatteljesítmény és a folyamatképesség statisztikai mutatói (1. rész). Magyar minőség, 19. évf. 4. sz. oldalszám: 5-15, ISSN: 1789-5502
9. Feigenbaum A. V. (1991): Teljes körű minőség szabályozás. 3. kiadás, Budapest, ExQualitas Libri Kft., oldalszám: 68-72, 118. ISBN: 963-02-6564-8
10. Ittész András, (1999): Többváltozós statisztikai folyamatszabályozás, Minőség és megbízhatóság, 33. évf., 5. sz., oldalszám: 226-231.

1. Alexander S. M., Dillman M. A., Usher J. S., Damodaran B., (1995): Economic design of control charts using the Taguchi loss function, *Computers and Industrial Engineering*, Vol.28. Issue 3, pp. 671-679, ISSN: 0360-8352
2. Chen Y. S., Yang Y. M., (2002): Economic design of $\bar{x}$ -control charts with Weibull in-control times when there are multiple assignable causes, *International Journal of Production Economics*, Vol. 77, Issue 1, pp. 17–23, DOI:10.1016/S0925-5273(01)00196-7
3. Chen Y. S., Yang Y. M., (2002): An extension of Banerjee and Rahim's model for economic design of moving average control chart for a continuous flow process, *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, Issue 3, pp. 600–610, DOI:10.1016/S0377-2217(01)00341-1
4. Chen H., Cheng Y., (2007): Non-normality effects on the economic–statistical design of $\bar{X}$ charts with Weibull in-control time, *European Journal of Operational Research*, Vol. 176, Issue 17, pp. 986–998, DOI:10.1016/j.ejor.2005.08.022
5. Chou C.-Y., Chen C.-H., Chen C.-H., (2006): Economic design of variable sampling intervals T2 control charts using genetic algorithms, *Expert Systems with Applications*, Vol. 30, Issue 2, pp. 233–242, DOI:10.1016/j.eswa.2005.07.010
6. Dadi He. (2010): *Engineering Quality Systems: Cost of Quality*. Modern Applied Science, Vol.4. Issue5, pp.102-104, ISSN: 1913-1852
7. Epprecht E. K, Simões B. F. T. Simões, Mendes F. C. T., (2010): A variable sampling interval EWMA chart for attributes, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 49. Issue. 1-4., pp. 281-292, DOI: 10.1007/s00170-009-2390-3
8. Grøn, Hansen, Magnusson, Nordbotten, Krysell, Andersenand, Lund. (2007): Uncertainty from sampling, *A Nordtest Handbook for Sampling Planners on Sampling Quality Assurance and Uncertainty Estimation*, pp. 7-8.
9. Haridy Abdellatif M: A., El-Shabrawy Adel Z. (1996): The economic design of cumulative sum charts used to maintain current control of non-normal process means, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 35, Issue 3-4, pp. 783-790, DOI:10.1016/S0360-8352(96)00242-2
10. He David, Grigoryan Arsen, (2005): Multivariate multiple sampling charts, *IIE Transactions*, pp. 509–521, DOI: 10.1080/07408170490507837

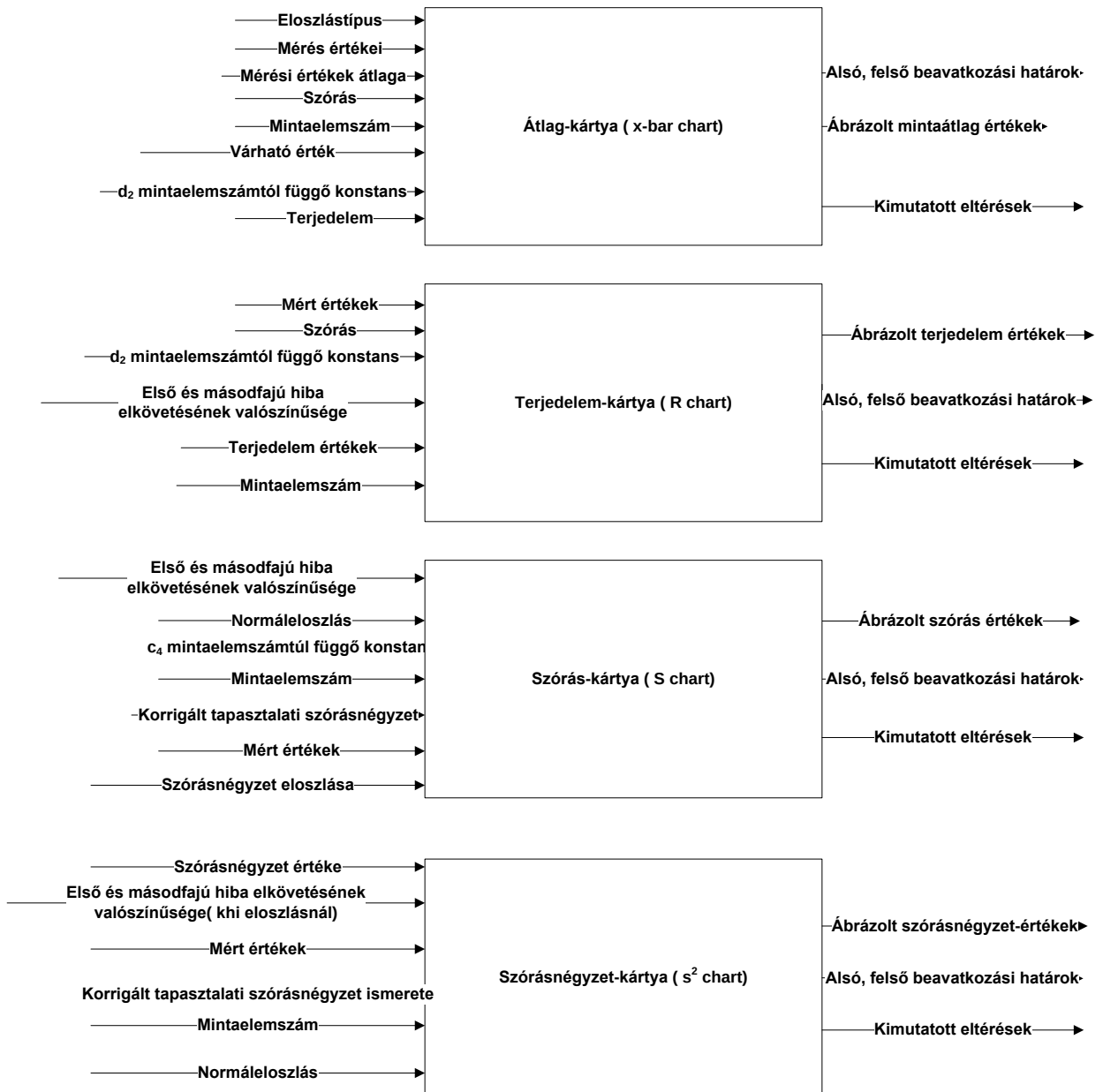
11. Kao S.-C., Chuanching H., (2007): Robustness of R-Chart to Non Normality, Communications in Statistics—Simulation and Computation, Vol. 36, Issue 5, ISSN: 0361-0918, pp. 1089–1098.
12. Kegel T. (2001): Statistical control of the measurement process, Congreso Internacional de Ductos, Mérida, Yucatán, 14 – 16 Noviembre del 2001
13. Luo Z., Li Z., Wang Z., (2009): Adaptive CUSUM control chart with variable sampling intervals, Computational Statistics and Data Analysis, Vol. 53, Issue 7, pp. 2693-2701, DOI: 10.1016/j.csda.2009.01.006
14. M. De Magalhaes, A. Costa, F. Moura Neto, (2009): A hierarchy of adaptive X control charts, Vol. 119, Issue 2, pp. 271-283, DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.10.017
15. Maravelakis P. E., Panaretos J., Psarakis S., (2005): An Examination of the Robustness to Non Normality of the EWMA Control Charts for the Dispersion, Communications in Statistics - Simulation and Computation, Vol. 34, Issue 4, pp. 1069 – 1079, ISSN: 0361-0918, DOI: 10.1080/03610910500308719
16. Rungtusanatham. M. (2000): The Quality and Motivational Effects of Statistical Process Control, Journal of Quality Management, Vol. 4, Issue 2, pp. 243- 264.
17. Serel Dog˘an A., Moskowitz H., (2008): Joint economic design of EWMA control charts for mean and variance, European Journal of Operational Research, Volume 184, Issue 1, pp. 157–168, DOI: 10.1016/j.ejor.2006.09.084
18. Wang, H.,(2007): Comparison of p control charts for low defective rate, Computational Statistics and Data Analysis, Vol. 53, Issue 12, pp. 4210-4220, DOI: 10.1016/j.csda.2009.05.024
19. Yu F.-J., Wu H. H., (2004): An economic design for variable sampling interval MA control charts, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 24, Issue 1-2, pp. 41–47, DOI: 10.1007/s00170-003-1625-y
20. Zhou W., Lian Z., (2011): Optimum design of a new VSS-NP chart with adjusting sampling inspection, International Journal of Production Economics, Vol. 129, Issue 1, pp. 8–13.

MELLÉKLETEK

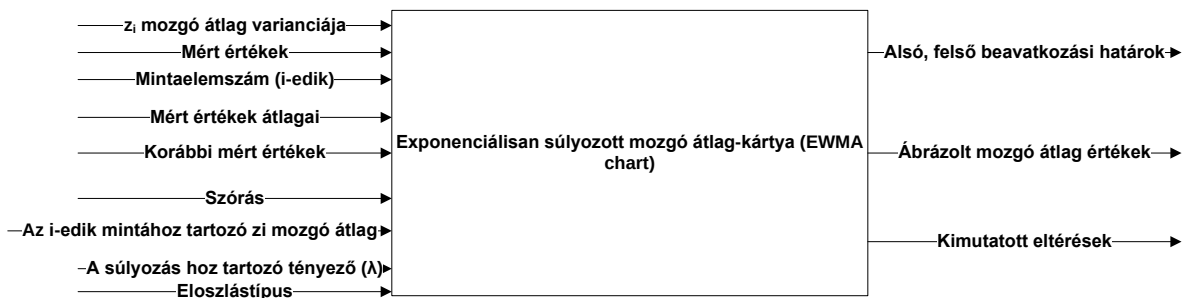
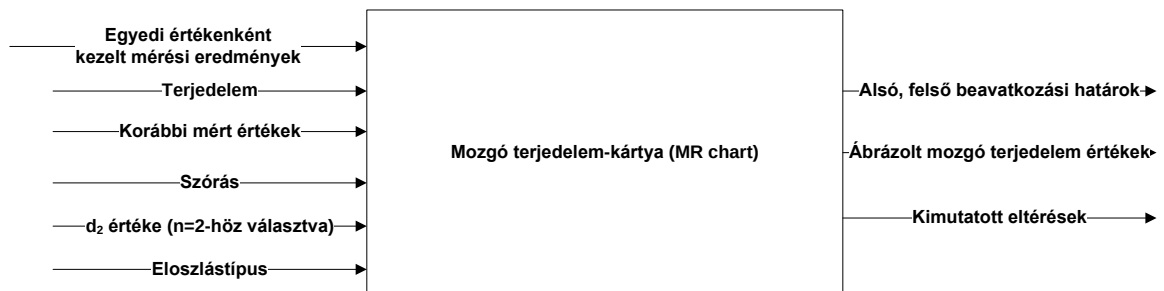
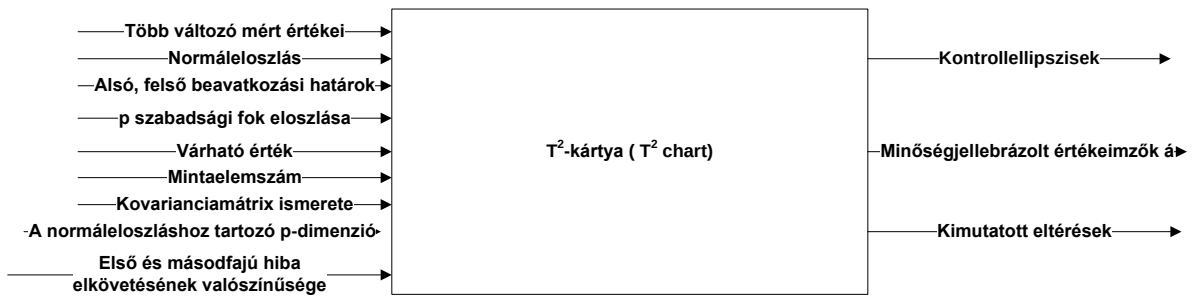
TARTALOMJEGYZÉK

AZ EGYES MÉRÉSES KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-1.....	II
AZ EGYES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-2	II
AZ EGYES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-3	II
A MÉRÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK SZÜKSÉGES BEMENŐ PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA A GYAKORLATI PÉLDÁBAN.....	II
A MÉRÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK SZÜKSÉGES BEMENŐ PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA A GYAKORLATI PÉLDÁBAN (FOLYTATÁS).....	II
A CUSUM-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ BEAVATKOZÁSI HATÁROK, A HALMOZOTT ÖSSZEG-ÉRTÉKEK ÉS A POZITÍV ILLETVE NEGATÍV IRÁNYÚ ELTÉRÉSEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA	II
A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ BEAVATKOZÁSI HATÁROK ÉS MINTAÁTLAGBÓL SZÁMÍTOTT MOZGÓÁTLAG-ÉRTÉKEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA	I
AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS ELŐTT A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN	I
AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS UTÁN A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN	I
AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ BEAVATKOZÁSI HATÁROK ÉS AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-ÉRTÉKEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA	I
AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS ELŐTT AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN	I
AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS UTÁN AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN	I
A KHI-NÉGYZET PRÓBA EREDMÉNYE A HETEDIK TÖLTŐFEJRE VONATKOZÓAN	I

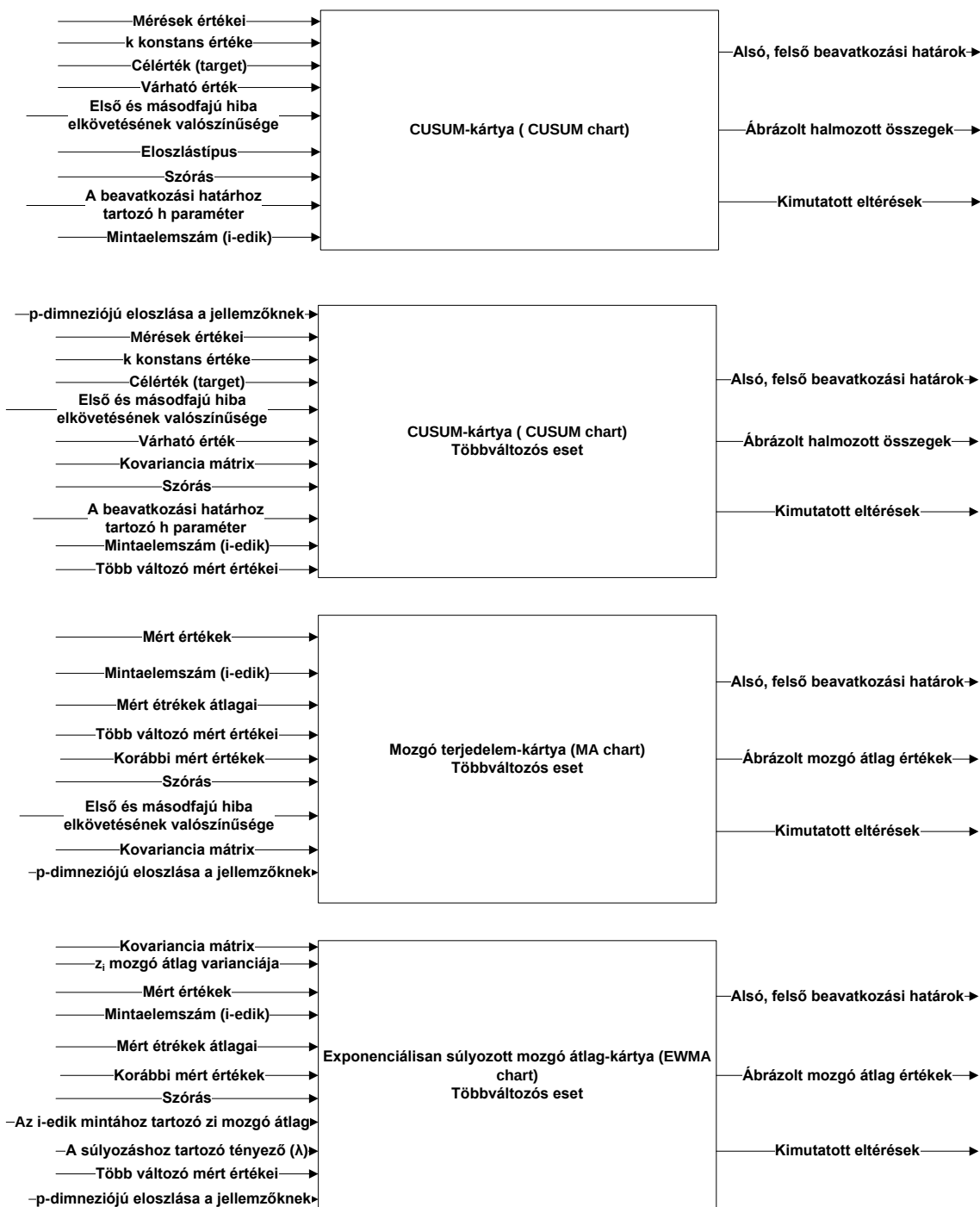
AZ EGYES MÉRÉSES KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-1



AZ EGYES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-2



AZ EGYES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK BEMENŐ PARAMÉTEREI-3



**A MÉRÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK SZÜKSÉGES BEMENŐ PARAMÉTEREINEK
VIZSGÁLATA A GYAKORLATI PÉLDÁBAN**

		A kártya típusa	A szükséges bemenő paraméterek	Teljesülés
Shewart kártyák	Egy változó	x	normális eloszlás	nem teljesül
			mérés értékei	meghatározható
			mérési értékek átlaga	meghatározható
			várható érték	meghatározható
			szórás	meghatározható
			mintaelemszám	meghatározható
			terjedelem	meghatározható
			d2 mintaelemszámtól függő konstans	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége	meghatározható
		R	mért értékek	meghatározható
			szórás	meghatározható
			d2 mintaelemszámtól függő konstans	meghatározható
			mintaelemszám	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége	meghatározható
		s	normáloszlás	nem teljesül
			c4 mintaelemszámtól függő konstans	meghatározható
			mintaelemszám	meghatározható
			korrigált tapasztalati szórásnégyzet	meghatározható
			mért értékek	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége	meghatározható
			szórásnégyzet eloszlása	meghatározható
		s ²	szórásnégyzet értéke	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége(khi eloszlásnál)	meghatározható
			mért értékek	meghatározható
			korrigált tapasztalati szórásnégyzet ismerete	meghatározható
			mintaelemszám	meghatározható
			normáloszlás	nem teljesül
	Több változó	T ²	több változó mért értékei	nem ismert
			normáloszlás	nem teljesül
			várható érték	meghatározható
			kovarianciamátrix ismerete	meghatározható
			mintaelemszám	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége	meghatározható
			a normáloszláshoz tartozó p-dimenzió	nem ismert
			p szabadsági fok eloszlása	nem ismert

**A MÉRÉSES ELLENŐRZŐ KÁRTYÁK SZÜKSÉGES BEMENŐ PARAMÉTEREINEK
VIZSGÁLATA A GYAKORLATI PÉLDÁBAN (FOLYTATÁS)**

		A kártya típusa	A szükséges bemenő paraméterek	Teljesülés
Bonyolultabb mérés ellenőrző kártyák	Egy változó	MR	egyedi értékenként kezelt mérési eredmények	nem ismert
			terjedelem	meghatározható
			korábbi mért értékek	meghatározható
			szórás	meghatározható
			d2 értéke (n=2-höz választva)	meghatározható
			eloszlástípus	meghatározható
		MA	mért értékek	meghatározható
			az i-edik mintához tartozó zi mozgó átlag	meghatározható
			mintaelemszám (i-edik)	meghatározható
			mért értékek átlagai	meghatározható
			korábbi mért értékek	meghatározható
			szórás	meghatározható
			átlagoláshoz figyelembe vett pontok száma (w)	meghatározható
			eloszlástípus	meghatározható
			első és másodfajú hiba valószínűsége	meghatározható
		EWMA	mért értékek	meghatározható
			mintaelemszám (i-edik)	meghatározható
			mért értékek átlagai	meghatározható
			korábbi mért értékek	meghatározható
			szórás	meghatározható
			átlagoláshoz figyelembe vett pontok száma (w)	meghatározható
			eloszlástípus	meghatározható
			első és másodfajú hiba valószínűsége	meghatározható
			az i-edik mintához tartozó zi mozgó átlag	meghatározható
			súlyozás hoz tartozó tényező (λ)	meghatározható
			zi mozgó átlag varianciája	meghatározható
		CUSUM	mérések értékei	meghatározható
			célérték (target)	meghatározható
			várható érték	meghatározható
			normális eloszlás	nem teljesül
			szórás	meghatározható
			mintaelemszám (i-edik)	meghatározható
			első és másodfajú hiba elkövetésének valószínűsége	meghatározható
			k konstans értéke	meghatározható
			a beavatkozási határhoz tartozó h paraméter	meghatározható
	Több változó	CUSUM	a bemenő paraméterek esetben úgy alakulnak, hogy az egyváltozós eset kibővül a több változó mért értékeivel, valamint a p-dimenziójú normáloszlású és S kovariancia mátrixú valószínűségi változók ismeretével	normáloszlás hiánya
		EWMA		a valószínűségi változók meghatározhatók
		MA		

**A CUSUM-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ BEAVATKOZÁSI HATÁROK, A HALMOZOTT
ÖSSZEG-ÉRTÉKEK ÉS A POZITÍV ILLETVE NEGATÍV IRÁNYÚ ELTÉRÉSEK
ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA**

	Mintaátlag	Q	S _n	S _i	UCL	LCL
0	-----	-----	0	0	0,235001304	-0,235001304
1	7,8	-0,080177778	0	-0,050802615	0,235001304	-0,235001304
2	7,758	-0,202355556	0	-0,14360523	0,235001304	-0,235001304
3	7,828	-0,254533333	0	-0,166407844	0,235001304	-0,235001304
4	7,798	-0,336711111	0	-0,219210459	0,235001304	-0,235001304
5	7,836	-0,380888889	0	-0,234013074	0,235001304	-0,235001304
6	7,67	-0,591066667	0	-0,414815689	0,235001304	-0,235001304
7	7,84	-0,631244444	0	-0,425618304	0,235001304	-0,235001304
8	7,794	-0,717422222	0	-0,482420919	0,235001304	-0,235001304
9	7,958	-0,6396	0,048447059	-0,375223533	0,235001304	-0,235001304
10	7,828	-0,691777778	0	-0,398026148	0,235001304	-0,235001304
11	7,778	-0,793955556	0	-0,470828763	0,235001304	-0,235001304
12	7,878	-0,796133333	0	-0,443631378	0,235001304	-0,235001304
13	7,796	-0,880311111	0	-0,498433993	0,235001304	-0,235001304
14	7,622	-1,138488889	0	-0,727236608	0,235001304	-0,235001304
15	7,688	-1,330666667	0	-0,890039222	0,235001304	-0,235001304
16	7,864	-1,346844444	0	-0,876841837	0,235001304	-0,235001304
17	8,004	-1,223022222	0,094447059	-0,723644452	0,235001304	-0,235001304
18	7,988	-1,1152	0,172894119	-0,586447067	0,235001304	-0,235001304
19	8,01	-0,985377778	0,273341178	-0,427249682	0,235001304	-0,235001304
20	7,89	-0,975555556	0,253788237	-0,388052297	0,235001304	-0,235001304
21	7,87	-0,985733333	0,214235296	-0,368854911	0,235001304	-0,235001304
22	7,954	-0,911911111	0,258682356	-0,265657526	0,235001304	-0,235001304
23	7,944	-0,848088889	0,293129415	-0,172460141	0,235001304	-0,235001304
24	8,016	-0,712266667	0,399576474	-0,007262756	0,235001304	-0,235001304
25	7,864	-0,728444444	0,354023533	0	0,235001304	-0,235001304
26	7,902	-0,706622222	0,346470593	0	0,235001304	-0,235001304
27	7,876	-0,7108	0,312917652	0	0,235001304	-0,235001304
28	7,926	-0,664977778	0,329364711	0	0,235001304	-0,235001304
29	7,942	-0,603155556	0,361811771	0	0,235001304	-0,235001304
30	7,876	-0,607333333	0,32825883	0	0,235001304	-0,235001304
31	7,958	-0,529511111	0,376705889	0	0,235001304	-0,235001304
32	7,944	-0,465688889	0,411152948	0	0,235001304	-0,235001304
33	8,022	-0,323866667	0,523600008	0	0,235001304	-0,235001304
34	7,866	-0,338044444	0,480047067	0	0,235001304	-0,235001304
35	8,144	-0,074222222	0,714494126	0	0,235001304	-0,235001304
36	8,008	0,0536	0,812941185	0	0,235001304	-0,235001304
37	7,884	0,057422222	0,787388245	0	0,235001304	-0,235001304
38	7,976	0,153244444	0,853835304	0	0,235001304	-0,235001304
39	7,938	0,211066667	0,882282363	0	0,235001304	-0,235001304
40	7,898	0,228888889	0,870729423	0	0,235001304	-0,235001304
41	7,974	0,322711111	0,935176482	0	0,235001304	-0,235001304
42	7,756	0,198533333	0,781623541	-0,094802615	0,235001304	-0,235001304
43	7,644	-0,037644444	0,5160706	-0,30160523	0,235001304	-0,235001304
44	7,904	-0,013822222	0,51051766	-0,248407844	0,235001304	-0,235001304
45	7,894	7,4607E-14	0,494964719	-0,205210459	0,235001304	-0,235001304

**A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ BEAVATKOZÁSI HATÁROK ÉS
MINTAÁTLAGBÓL SZÁMÍTOTT MOZGÓÁTLAG-ÉRTÉKEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA**

	Átlag értékek	MA _i	UCL	LCL
0				
1	7,8	7,8	8,056428755	7,7039268
2	7,758	7,779	8,004806039	7,755549516
3	7,828	7,795333333	7,981936327	7,778419228
4	7,798	7,796	7,968303267	7,792052289
5	7,836	7,804	7,958999611	7,801355944
6	7,67	7,778	7,958999611	7,801355944
7	7,84	7,7944	7,958999611	7,801355944
8	7,794	7,7876	7,958999611	7,801355944
9	7,958	7,8196	7,958999611	7,801355944
10	7,828	7,818	7,958999611	7,801355944
11	7,778	7,8396	7,958999611	7,801355944
12	7,878	7,8472	7,958999611	7,801355944
13	7,796	7,8476	7,958999611	7,801355944
14	7,622	7,7804	7,958999611	7,801355944
15	7,688	7,7524	7,958999611	7,801355944
16	7,864	7,7696	7,958999611	7,801355944
17	8,004	7,7948	7,958999611	7,801355944
18	7,988	7,8332	7,958999611	7,801355944
19	8,01	7,9108	7,958999611	7,801355944
20	7,89	7,9512	7,958999611	7,801355944
21	7,87	7,9524	7,958999611	7,801355944
22	7,954	7,9424	7,958999611	7,801355944
23	7,944	7,9336	7,958999611	7,801355944
24	8,016	7,9348	7,958999611	7,801355944
25	7,864	7,9296	7,958999611	7,801355944
26	7,902	7,936	7,958999611	7,801355944
27	7,876	7,9204	7,958999611	7,801355944
28	7,926	7,9168	7,958999611	7,801355944
29	7,942	7,902	7,958999611	7,801355944
30	7,876	7,9044	7,958999611	7,801355944
31	7,958	7,9156	7,958999611	7,801355944
32	7,944	7,9292	7,958999611	7,801355944
33	8,022	7,9484	7,958999611	7,801355944
34	7,866	7,9332	7,958999611	7,801355944
35	8,144	7,9868	7,958999611	7,801355944
36	8,008	7,9968	7,958999611	7,801355944
37	7,884	7,9848	7,958999611	7,801355944
38	7,976	7,9756	7,958999611	7,801355944
39	7,938	7,99	7,958999611	7,801355944
40	7,898	7,9408	7,958999611	7,801355944
41	7,974	7,934	7,958999611	7,801355944
42	7,756	7,9084	7,958999611	7,801355944
43	7,644	7,842	7,958999611	7,801355944
44	7,904	7,8352	7,958999611	7,801355944
45	7,894	7,8344	7,959	7,8013559

AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS ELŐTT A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN

									4	0	674,25
	Átlag(k)	MA(k)	UCLk	LCLk	Tényleges	Helyes	Helyes elfogadás	Helyes visszautasítás	Elsőfajú h.	Másodfajú h.	Fedezet
1	7,793564	7,793564	8,031875	7,733214	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
2	7,806945	7,800255	7,988137	7,776952	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
3	7,821248	7,807252	7,968761	7,796328	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
4	7,866825	7,822145	7,95721	7,807879	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
5	7,811425	7,820001	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
6	7,688046	7,798898	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
7	7,813014	7,800112	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
8	7,76216	7,788294	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
9	7,982775	7,811484	7,949327	7,815762	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
10	7,857485	7,820696	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
11	7,81268	7,845623	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
12	7,887835	7,860587	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
13	7,841234	7,876402	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
14	7,628601	7,805567	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
15	7,688267	7,771723	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
16	7,925518	7,794291	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
17	7,993019	7,815328	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
18	7,902489	7,827579	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
19	7,986184	7,899096	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
20	7,886505	7,938743	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
21	7,872985	7,928237	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
22	8,024844	7,934602	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
23	7,960927	7,946289	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
24	8,057069	7,960466	7,949327	7,815762	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
25	7,896792	7,962523	7,949327	7,815762	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
26	7,84831	7,957588	7,949327	7,815762	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
27	7,850295	7,922678	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
28	7,953935	7,92128	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
29	7,948392	7,899545	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
30	7,906561	7,901498	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
31	7,935673	7,918971	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
32	7,895977	7,928107	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
33	7,970935	7,931507	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
34	7,857726	7,913374	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
35	8,2022	7,972502	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
36	8,005293	7,986426	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
37	7,876686	7,982568	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
38	7,951406	7,978662	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
39	7,941856	7,995488	7,949327	7,815762	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
40	7,899197	7,934887	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
41	7,993913	7,932611	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
42	7,749487	7,907172	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
43	7,593326	7,835556	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
44	7,891225	7,82543	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
45	7,873675	7,820325	7,949327	7,815762	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49

**AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS
UTÁN A MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN**

									1	0	1144,92
	Átlag(k)	MA(k)	UCL(k)	LCL(k)	Tényleges	Helyes	Helyes elfogadás	Helyes visszautasítás	Elsőfajú h.	Másodfajú h.	Fedezet
1	7,793564	7,793564	8,045333	7,735151	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
2	7,806945	7,800255	8,001595	7,778889	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
3	7,821248	7,807252	7,982219	7,798266	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
4	7,866825	7,822145	7,970668	7,809817	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
5	7,811425	7,820001	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
6	7,688046	7,798898	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
7	7,813014	7,800112	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
8	7,76216	7,788294	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
9	7,982775	7,811484	7,962785	7,817699	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
10	7,857485	7,820696	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
11	7,81268	7,845623	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
12	7,887835	7,860587	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
13	7,841234	7,876402	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
14	7,628601	7,805567	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
15	7,688267	7,771723	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
16	7,925518	7,794291	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
17	7,993019	7,815328	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
18	7,902489	7,827579	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
19	7,986184	7,899096	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
20	7,886505	7,938743	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
21	7,872985	7,928237	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
22	8,024844	7,934602	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
23	7,960927	7,946289	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
24	8,057069	7,960466	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
25	7,896792	7,962523	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
26	7,84831	7,957588	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
27	7,850295	7,922678	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
28	7,953935	7,92128	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
29	7,948392	7,899545	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
30	7,906561	7,901498	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
31	7,935673	7,918971	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
32	7,895977	7,928107	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
33	7,970935	7,931507	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
34	7,857726	7,913374	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
35	8,2022	7,972502	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
36	8,005293	7,986426	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
37	7,876686	7,982568	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
38	7,951406	7,978662	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
39	7,941856	7,995488	7,962785	7,817699	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
40	7,899197	7,934887	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
41	7,993913	7,932611	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
42	7,749487	7,907172	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
43	7,593326	7,835556	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
44	7,891225	7,82543	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
45	7,873675	7,820325	7,962785	7,817699	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49

**AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYÁRA VONATKOZÓ
BEAVATKOZÁSI HATÁROK ÉS AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-
ÉRTÉKEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA**

	Mintaátlag	MA _(i)	EWMA _(i)	LCL	UCL
0	-----		7,879863636	7,880177778	7,880177778
1	7,8		7,863890909	7,915427973	7,844927582
2	7,758		7,842712727	7,925320054	7,835035501
3	7,828		7,839770182	7,930643453	7,829712103
4	7,798		7,831416145	7,933773657	7,826581899
5	7,836	7,804	7,832332916	7,935684426	7,82467113
6	7,67	7,778	7,799866333	7,936873532	7,823482023
7	7,84	7,7944	7,807893066	7,937621644	7,822733911
8	7,794	7,7876	7,805114453	7,938095365	7,822260191
9	7,958	7,8196	7,835691563	7,938396523	7,821959033
10	7,828	7,818	7,83415325	7,938588449	7,821767106
11	7,778	7,8396	7,8229226	7,938710952	7,821644604
12	7,878	7,8472	7,83393808	7,938789219	7,821566336
13	7,796	7,8476	7,826350464	7,938839256	7,8215163
14	7,622	7,7804	7,785480371	7,938871256	7,821484299
15	7,688	7,7524	7,765984297	7,938891728	7,821463828
16	7,864	7,7696	7,785587438	7,938904826	7,82145073
17	8,004	7,7948	7,82926995	7,938913207	7,821442349
18	7,988	7,8332	7,86101596	7,93891857	7,821436985
19	8,01	7,9108	7,890812768	7,938922002	7,821433553
20	7,89	7,9512	7,890650214	7,938924199	7,821431357
21	7,87	7,9524	7,886520172	7,938925605	7,821429951
22	7,954	7,9424	7,900016137	7,938926504	7,821429051
23	7,944	7,9336	7,90881291	7,93892708	7,821428475
24	8,016	7,9348	7,930250328	7,938927449	7,821428107
25	7,864	7,9296	7,917000262	7,938927684	7,821427871
26	7,902	7,936	7,91400021	7,938927835	7,82142772
27	7,876	7,9204	7,906400168	7,938927932	7,821427624
28	7,926	7,9168	7,910320134	7,938927994	7,821427562
29	7,942	7,902	7,916656107	7,938928033	7,821427522
30	7,876	7,9044	7,908524886	7,938928059	7,821427497
31	7,958	7,9156	7,918419909	7,938928075	7,821427481
32	7,944	7,9292	7,923535927	7,938928085	7,82142747
33	8,022	7,9484	7,943228742	7,938928092	7,821427464
34	7,866	7,9332	7,927782993	7,938928096	7,821427459
35	8,144	7,9868	7,971026395	7,938928099	7,821427457
36	8,008	7,9968	7,978421116	7,938928101	7,821427455
37	7,884	7,9848	7,959536893	7,938928102	7,821427454
38	7,976	7,9756	7,962829514	7,938928102	7,821427453
39	7,938	7,99	7,957863611	7,938928103	7,821427453
40	7,898	7,9408	7,945890889	7,938928103	7,821427452
41	7,974	7,934	7,951512711	7,938928103	7,821427452
42	7,756	7,9084	7,912410169	7,938928103	7,821427452
43	7,644	7,842	7,858728135	7,938928104	7,821427452
44	7,904	7,8352	7,867782508	7,938928104	7,821427452
45	7,894	7,8344	7,873026007	7,938928104	7,821427452

AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS ELŐTT AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN

									0	3	819,59
	Átlag(k)	Z(k)	LCL(k)	UCL(k)	Tényleges	Helyes	Helyes elfogadlyos visszautas		Elsőfajú h	Másodfajú h	Fedezet
0	-----	7,882544	7,882544478	7,8825445							
1	7,793564	7,864748	7,840201424	7,9248875	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
2	7,806945	7,853188	7,828318911	7,93677	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
3	7,821248	7,8468	7,821924366	7,9431646	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
4	7,866825	7,850805	7,818164319	7,9469246	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
5	7,811425	7,842929	7,815869075	7,9492199	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
6	7,688046	7,811952	7,814440703	7,9506483	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
7	7,813014	7,812165	7,81354206	7,9515469	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
8	7,76216	7,802164	7,81297302	7,9521159	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
9	7,982775	7,838286	7,812611264	7,9524777	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
10	7,857485	7,842126	7,812380719	7,9527082	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
11	7,81268	7,836237	7,812233568	7,9528554	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
12	7,887835	7,846556	7,812139552	7,9529494	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
13	7,841234	7,845492	7,812079447	7,9530095	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
14	7,628601	7,802114	7,812041007	7,9530479	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
15	7,688267	7,779344	7,812016417	7,9530725	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
16	7,925518	7,808579	7,812000684	7,9530883	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
17	7,993019	7,845467	7,811990616	7,9530983	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
18	7,902489	7,856871	7,811984173	7,9531048	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
19	7,986184	7,882734	7,811980051	7,9531089	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
20	7,886505	7,883488	7,811977412	7,9531115	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
21	7,872985	7,881388	7,811975723	7,9531132	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
22	8,024844	7,910079	7,811974643	7,9531143	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
23	7,960927	7,920248	7,811973951	7,953115	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
24	8,057069	7,947613	7,811973509	7,9531154	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
25	7,896792	7,937448	7,811973225	7,9531157	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
26	7,84831	7,919621	7,811973044	7,9531159	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
27	7,850295	7,905756	7,811972928	7,953116	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
28	7,953935	7,915391	7,811972854	7,9531161	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
29	7,948392	7,921991	7,811972806	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
30	7,906561	7,918905	7,811972776	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
31	7,935673	7,922259	7,811972756	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
32	7,895977	7,917002	7,811972744	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
33	7,970935	7,927789	7,811972736	7,9531162	1	0	HAMIS	HAMIS	0	1	-204,8
34	7,857726	7,913776	7,811972731	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
35	8,2022	7,971461	7,811972727	7,9531162	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
36	8,005293	7,978227	7,811972725	7,9531162	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
37	7,876686	7,957919	7,811972724	7,9531162	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
38	7,951406	7,956617	7,811972723	7,9531162	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
39	7,941856	7,953664	7,811972723	7,9531162	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
40	7,899197	7,942771	7,811972722	7,9531162	1	0	HAMIS	HAMIS	0	1	-204,8
41	7,993913	7,952999	7,811972722	7,9531162	1	0	HAMIS	HAMIS	0	1	-204,8
42	7,749487	7,912297	7,811972722	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
43	7,593326	7,848503	7,811972722	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
44	7,891225	7,857047	7,811972722	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
45	7,873675	7,860373	7,811972722	7,9531162	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49

**AZ EGYES DÖNTÉSEK KÖLTSÉGEI ÉS A TELJES FEDEZETI ÉRTÉK AZ OPTIMALIZÁLÁS
UTÁN AZ EXPONENCIÁLISAN SÚLYOZOTT MOZGÓÁTLAG-KÁRTYA ESETÉBEN**

									2	0	1050,61
	Átlag(k)	Z(k)	LCL(k)	UCL(k)	Tényleges	Helyes	Helyes elfogadás	Helyes visszautasítás	Elsőfajú h.	Másodfajú h.	Fedezet
0	-----	7,882544	7,88538333	7,8552722							
1	7,793564	7,864748	7,843040276	7,8976152	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
2	7,806945	7,853188	7,831157763	7,9094977	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
3	7,821248	7,8468	7,824763218	7,9158923	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
4	7,866825	7,850805	7,821003171	7,9196523	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
5	7,811425	7,842929	7,818707927	7,9219476	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
6	7,688046	7,811952	7,817279555	7,9233759	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
7	7,813014	7,812165	7,816380912	7,9242746	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
8	7,76216	7,802164	7,815811872	7,9248436	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
9	7,982775	7,838286	7,815450116	7,9252054	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
10	7,857485	7,842126	7,815219571	7,9254359	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
11	7,81268	7,86237	7,81507242	7,9255831	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
12	7,887835	7,846556	7,814978404	7,9256771	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
13	7,841234	7,845492	7,814918299	7,9257372	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
14	7,628601	7,802114	7,814879859	7,9257756	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
15	7,688267	7,779344	7,814855269	7,9258002	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
16	7,925518	7,808579	7,814839536	7,925816	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
17	7,993019	7,845467	7,814829468	7,925826	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
18	7,902489	7,856871	7,814823025	7,9258325	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
19	7,986184	7,882734	7,814818903	7,9258366	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
20	7,886505	7,883488	7,814816264	7,9258392	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
21	7,872985	7,881388	7,814814575	7,9258409	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
22	8,024844	7,910079	7,814813495	7,925842	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
23	7,960927	7,920248	7,814812803	7,9258427	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
24	8,057069	7,947613	7,814812361	7,9258431	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
25	7,896792	7,937448	7,814812077	7,9258434	0	1	HAMIS	HAMIS	1	0	-102,4
26	7,84831	7,919621	7,814811896	7,9258436	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
27	7,850295	7,905756	7,81481178	7,9258437	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
28	7,953935	7,915391	7,814811706	7,9258438	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
29	7,948392	7,921991	7,814811658	7,9258438	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
30	7,906561	7,918905	7,814811628	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
31	7,935673	7,922259	7,814811608	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
32	7,895977	7,917002	7,814811596	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
33	7,970935	7,927789	7,814811588	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
34	7,857726	7,913776	7,814811583	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
35	8,2022	7,971461	7,814811579	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
36	8,005293	7,978227	7,814811577	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
37	7,876686	7,957919	7,814811576	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
38	7,951406	7,956617	7,814811575	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
39	7,941856	7,953664	7,814811575	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
40	7,899197	7,942771	7,814811574	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
41	7,993913	7,952999	7,814811574	7,9258439	0	0	HAMIS	IGAZ	0	0	-23,2
42	7,749487	7,912297	7,814811574	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
43	7,593326	7,848503	7,814811574	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
44	7,891225	7,857047	7,814811574	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49
45	7,873675	7,860373	7,814811574	7,9258439	1	1	IGAZ	HAMIS	0	0	54,49

A KHI-NÉGYZET PRÓBA EREDMÉNYE A HETEDIK TÖLTŐFEJRE VONATKOZÓAN

	x_{ia}	x_{if}	n_i	n_i/n	u_{ia}	u_{if}	$F(x_{ia})$	$F(x_{if})$	p_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2 / np_i$	
1	7,55	7,722	26	0,115556	-2,14205	-0,832764186	0,016095	0,20248887	0,186394	41,93865	-15,9386	6,057430476	
2	7,722	7,808	28	0,124444	-0,83276	-0,178123235	0,202489	0,4293131	0,226824	51,03545	-23,0355	10,39732207	
3	7,808	7,894	76	0,337778	-0,17812	0,476517715	0,429313	0,68314721	0,253834	57,11267	18,88733	6,246092951	
4	7,894	7,98	42	0,186667	0,476518	1,131158666	0,683147	0,87100584	0,187859	42,26819	-0,26819	0,001701697	
5	7,98	8,066	40	0,177778	1,131159	1,785799617	0,871006	0,96293415	0,091928	20,68387	19,31613	18,03883782	
6	8,066	8,152	9	0,04	1,7858	2,440440568	0,962934	0,99266532	0,029731	6,689514	2,310486	0,798016713	
7	8,152	8,238	3	0,013333	2,440441	3,095081519	0,992665	0,99901621	0,006351	1,428949	1,571051	1,727283396	
8	8,238	8,324	0	0	3,095082	3,74972247	0,999016	0,99991148	0,000895	0,201438	-0,20144	0,201437744	
9	8,324	8,41	1	0,004444	3,749722	4,404363421	0,999911	0,9999947	8,32E-05	0,018722	0,981278	51,43082086	
												94,89894372	12,59158724

Nullhipotézis (Az adatok normális eloszlású sokaságból származnak):

ELVETVE

Az elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvény értékeinek eltérése

