

# E-CONOM

**Online tudományos folyóirat**  
***Online Scientific Journal***

**Tanulmányok a gazdaság- és társadalomtudományok területéről**  
***Studies on the Economic and Social Sciences***





# E-CONOM

Online tudományos folyóirat | Online Scientific Journal

**Főszerkesztő | Editor-in-Chief**  
JUHÁSZ Lajos

**Kiadja | Publisher**  
Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó |  
University of West Hungary Press

**A szerkesztőség címe | Address**  
9400 Sopron, Erzsébet u. 9., Hungary  
e-conom@nyme.hu

**A kiadó címe | Publisher's Address**  
9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4., Hungary

**Szerkesztőbizottság | Editorial Board**  
CZEGLÉDY Tamás  
JANKÓ Ferenc  
KOLOSZÁR László  
SZÓKA Károly

**Tanácsadó Testület | Advisory Board**  
BÁGER Gusztáv  
BLAHÓ András  
FÁBIÁN Attila  
FARKAS Péter  
GILÁNYI Zsolt  
KOVÁCS Árpád  
LIGETI Zsombor  
POGÁTSA Zoltán  
SZÉKELY Csaba

**Technikai szerkesztő | Technical Editor**  
TARRÓ Adrienn

**A szerkesztőség munkatársa | Editorial Assistant**  
TARRÓ Adrienn

**ISSN 2063-644X**



## Tartalomjegyzék | Table of Contents

**CSUGÁNY Julianna**

**Az intézmények szerepe a technológiai haladás gazdasági növekedésre gyakorolt hatásának érvényesülésében**

*The Role of Institutions in Realising the Effects of Technological Progress on Economic Growth* ..... 1

**ÚR Norbert**

**B2B kapcsolatok az üzleti hálózatban**

*B2B Relationship in Business Network* ..... 12

**GYÖRKÖS Rita**

**Gyártósor-konfigurációk elemzése gyártósor-kiegyenlítési modellekkel egy alkatrész összeszerelő üzem példáján**

*Analysis of Assembly Line Configurations with Assembly Line Balancing Models in Case of a Part Manufacturer* ..... 22

**KATONA Attila Imre**

**A beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság, valamint a termékparaméterek megváltozásának figyelembevételével a statisztikai folyamatszabályozásban**

*Modification of the Control Lines Considering the Measurement Uncertainty and the Product Characteristic Change in Statistical Process Control* ..... 35

**KATONA Attila Imre**

**Ellenőrző kártya-illesztési folyamat kidolgozása a mérési bizonytalanság figyelembevételével a statisztikai folyamatszabályozásban**

*Construction and Implementation of Control Charts Considering Measurement-Uncertainty in Statistical Process Control* ..... 46

**KURBUCZ Marcell**

**Emberi erőforrások optimális kiválasztásának vizsgálata a projekttervezésben**

*Impacts of Human Resources on Project Planning* ..... 58

**NÉMETH Anikó**

**Berendezések karbantartásának mátrixos projekttervezése**

*Matrix-Based Planning of Maintenance Projects* ..... 79

**NÉMETH Kristóf**

**GARCH modellek a pénzügyi kockázatok észlelésében**

*GARCH Models in the Perception of Financial Risks* ..... 99

**Kiss Ágota**

**A valós értékelés létjogosultsága a tőzsdei vállalatok éves és a konszolidált beszámolóiban**

*The Role of Fair Value in Annual and Consolidated Report of Stock Firms* ..... 116

**CZELLENG Ádám**

**Flexibilitás hatása a tőkeszerkezetre**

*The Impact of Flexibility on the Capital Structure* ..... 128

**ÉKES Szeverin Kristóf**

***A vállalati szektor csődelőrejelzésének „relativitás elmélete”***

*The Theory of Relativity of the Bankruptcy Forecast in the Company Sector.....* 141

**DURKÓ Emília**

***Földgáz- és megújuló energia alapú fűtési rendszerek beruházás***

***gazdaságossági vizsgálata egy 100 m<sup>2</sup>-es családi ház példáján keresztül***

*Examining the Investment Economy of Heating System Using Natural Gas and  
Renewable Energy Resources through the Example of a 100 m<sup>2</sup> Detached House.....* 156

## Ellenőrző kártya-illesztési folyamat kidolgozása a mérési bizonytalanság figyelembevételével a statisztikai folyamatszabályozásban<sup>1</sup>

KATONA Attila Imre<sup>2</sup>

A statisztikai folyamatszabályozás (Statistical Process Control), széles körben elterjedt eszközei az ellenőrző kártyák (Control Charts). Segítségükkel azt vizsgáljuk, hogy a mért értékek ingadozásai csak a véletlennek tulajdoníthatók-e (stabil folyamat), vagy olyan rendszeres hatások lépnek fel, amelyek a folyamat jellegét megváltoztatják, és kiküszöbölésükhöz beavatkozás szükségeltetik (instabil folyamat). A napjainkban alkalmazott ellenőrző kártyák sok esetben nem számolnak az alkalmazott mérőműszer mérési bizonytalanságával.

Munkám első részében ismertetem a témával kapcsolatos hazai és idegen nyelvű szakirodalmat, valamint az általam végzett kutatás eredményét, amely 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. A második részben bemutatom az általam kidolgozott kártyaillesztési módszert, mely a megfelelő ellenőrző kártya kiválasztása mellett újítként tartalmazza többek közt a mérési bizonytalanság figyelembevételét a kártya beavatkozási határainak számításakor. Végül a kártyaillesztési módszer alkalmazhatóságát mutatom be egy gázpatron-töltési folyamaton keresztül, amely során a mozgóátlag (MA)-, és az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag (EWMA)-, kártyákra vonatkozóan ismertetem a beavatkozási határok módosításának menetét a mérési bizonytalanság figyelembevételével.

*Kulcsszavak: folyamatszabályozás, mérési bizonytalanság, ellenőrző kártyák*  
*JEL-kód: C15*

## Construction and Implementation of Control Charts Considering Measurement-Uncertainty in Statistical Process Control

The control charts are widely used instruments of the statistical process control (SPC). By using this method we can analyse the fluctuation of the measured values spawn from random shift or systematic effects. In most cases this control charts do not consider the measurement uncertainty.

Firstly, in this paper I paraphrase the result of the literature research. During my work, I investigated the segments of the control charts, where incompleteness can be found considering the applicability criterions.

In the second part, I present an improved method for control chart fitting, which takes the measurement uncertainty into consideration at the calculation of control lines.

At the end of my paper, I summarise the practical applicability of this control chart fitting method. The practical example is a stencil filling procedure. During the process of the practical example I apply the improved control chart fitting method, considering the measurement uncertainty in case of moving average (MA) – and exponential weighted moving average (EWMA) chart.

*Keywords: process control, measurement uncertainty, control charts*  
*JEL-code: C15*

<sup>1</sup> A tanulmány a XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Közgazdaságtudományi Szekciójának Termelésmenedzsment, logisztika II. Tagozatában első helyezést elért dolgozat alapján készült. Az OTDK-pályamunka konzulensei Prof. Dr. Telcs András egyetemi tanár és Dr. Kosztyán Zsolt Tibor egyetemi docens.

<sup>2</sup> A szerző a Pannon Egyetem Gazdaságtudományi Karának hallgatója.

## 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 újításként tartalmazza a mérési bizonytalanság figyelembe vételét, és a vizsgált folyamatra kockázatalapon működő ellenőrző kártyát (kártyákat) illeszt. További cél volt a mérési bizonytalanság figyelembe vételének és a beavatkozási határok módosításának bemutatása olyan ellenőrző kártyára vonatkozóan, mely alkalmazása a kockázatalapú kártyák területén újdonságnak tekinthető.

## Az ellenőrző kártyák használata az egyes alkalmazhatósági feltételek figyelembe vételével

Ahogy azt a fentiekben is említettem, a témával kapcsolatban irodalomkutatást végeztem, melynek eredményét az 1. táblázat foglalja össze.

**1. táblázat: A méréses ellenőrző kártyák csoportosítása alkalmazhatósági feltételek alapján**

		Ellenőrző kártyák			
		Megbízhatóság alapú		Kockázatalapú	
		Állandó paraméter	Változó paraméter	Állandó paraméter	Változó paraméter
Egydimenzió	<b>Normáleloszlás</b>	p, np, X-bar, s, R, CUSUM, EWMA, u, c, MA	CUSUM, X-bar, EWMA, $T^2$ , MA, p, np, s	X-bar,	-
	<b>Normálistól eltérő eloszlástípus</b>	X-bar, CUSUM, R, EWMA, MA	X-bar, CUSUM, EWMA, MA	-	-
Többdimenzió	<b>Normáleloszlás</b>	$T^2$ , kontrollellipszis (2 változónál), CUSUM, EWMA	$T^2$ , CUSUM, EWMA	-	-
	<b>Normálistól eltérő eloszlástípus</b>	CUSUM, EWMA	-	-	-

Források: Alexander S, (1995), Chen Y. S., Yang Y. M (2002), Chen Y. S., Yang Y. M., (2002), Chen, Y. K Hsieh, K. L, (2006), Chou C.-Y., (2006), Epprecht E. K, (2010), Haridy Abdellatif M: A., (1996), He Dadi, (2005), Kao S.-C., (2007), Luo Z., Li Z., Wang Z (2009), Maravelakis P. E., (2005), Serel Dog'an A., Moskowitz H, (2008), Wang, H.,(2007), Yu F.-J., Wu H. H (2004), Zhou W., Lian Z., (2011). Hegedűs Cs., Kosztján Zs., (2008)

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 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.

### Javasolt módszer bemutatása

Az eddig alkalmazott ellenőrző kártyák nagy része megbízhatóság alapú. Ezt láthatjuk fenti táblázatból is. Ezért a kockázatalapú ellenőrző kártyák fejlesztése további kutatási lehetőségeket jelent. 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  $[y(t) + k_{USL} \cdot u < USL]$   $k_{LSL}, k_{USL} \in \mathbf{R}$ , nem megfelelő 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 optimalizálhatók (Kosztján, Csizmadia, Hegedűs, 2008).

A következőkben egy olyan kártyaillesztési folyamatot mutatok be, amely magába foglalja a mérési bizonytalanság figyelembe vételét, valamint a beavatkozási határok módosítását is  $k_{USL}, k_{LSL}$  paraméterek optimalizálásával.

A mérési és minősítési kártyák közötti döntési mód megjelenik a Shah, Gohil 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 ellenőrzést mélyebben elemzi, továbbá megjelenik benne a bemenő paraméterek vizsgálata, és lehetőséget nyújt a változó paraméterek kiválasztására is. Korábbi kutatásokban már foglalkoztak 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 mozgóátlag, illetve exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyákra vonatkozóan mutatom be a mérési bizonytalanság figyelembe vételét a beavatkozási határok számításakor (Shah, Shridhar, Gohil, 2010).

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

1. A technológiai folyamat és az ellenőrzés tulajdonságainak összegyűjtése.
2. Mérési vagy minősítési 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. A beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembe vételével.

Vizsgáljuk meg e lépéseket részletesebben is!

### *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 olyan kérdésekre keressük a választ, mint például:

- Mekkora a tervezett gyártási volumen?
- Melyek a specifikációs határok? (LSL, USL)
- Roncsolásos-e a vizsgálat?
- A mintavételezés költsége alacsonynak, vagy magasnak ítéltető meg?

A kérdések alapvetően a folyamat, illetve a mintavételezési-ellenőrzési eljárás jellegére vonatkoznak.

### *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 jellemezhesük, tehát nem csak azt tudjuk megmondani, hogy a termék megfelel-e 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.

### *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 határoznunk, 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.

### *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.

### *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



időköz (h), a mintaelemszámot (n), és a beavatkozási határokat (k). Így a kártyákat különböző hierarchia szintekre sorolhatjuk be aszerint, hogy a három paraméter mindegyik állandó (FP), egy (VSI, VSL, VSS), kettő (VSSI, VSSL, VSIL) illetve az összes paraméter változik (VP).

#### 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 költségvonattal fejezhetjük ki. Ha ismerjük az egyes döntésekhez társítható költségvonatot, 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 elvégezhetőek. Először meghatározzuk az egyes esetekhez társítható költséget, majd ugyanígy a bevételt, végül a kettő különbségeként a fedezetet.

#### 7. lépés: A beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembevételével

A gyakorlatban nem mindig valósul meg az egyes mérések állandósága egy adott termékre vonatkoztatva, hiszen a mérésre számos tényező gyakorol hatást. 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 (Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2008).

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:

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

Nem megfelelő 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 megkapjuk a vizsgált folyamatra vonatkozóan a teljes fedezeti értéket. Célunk a vizsgált

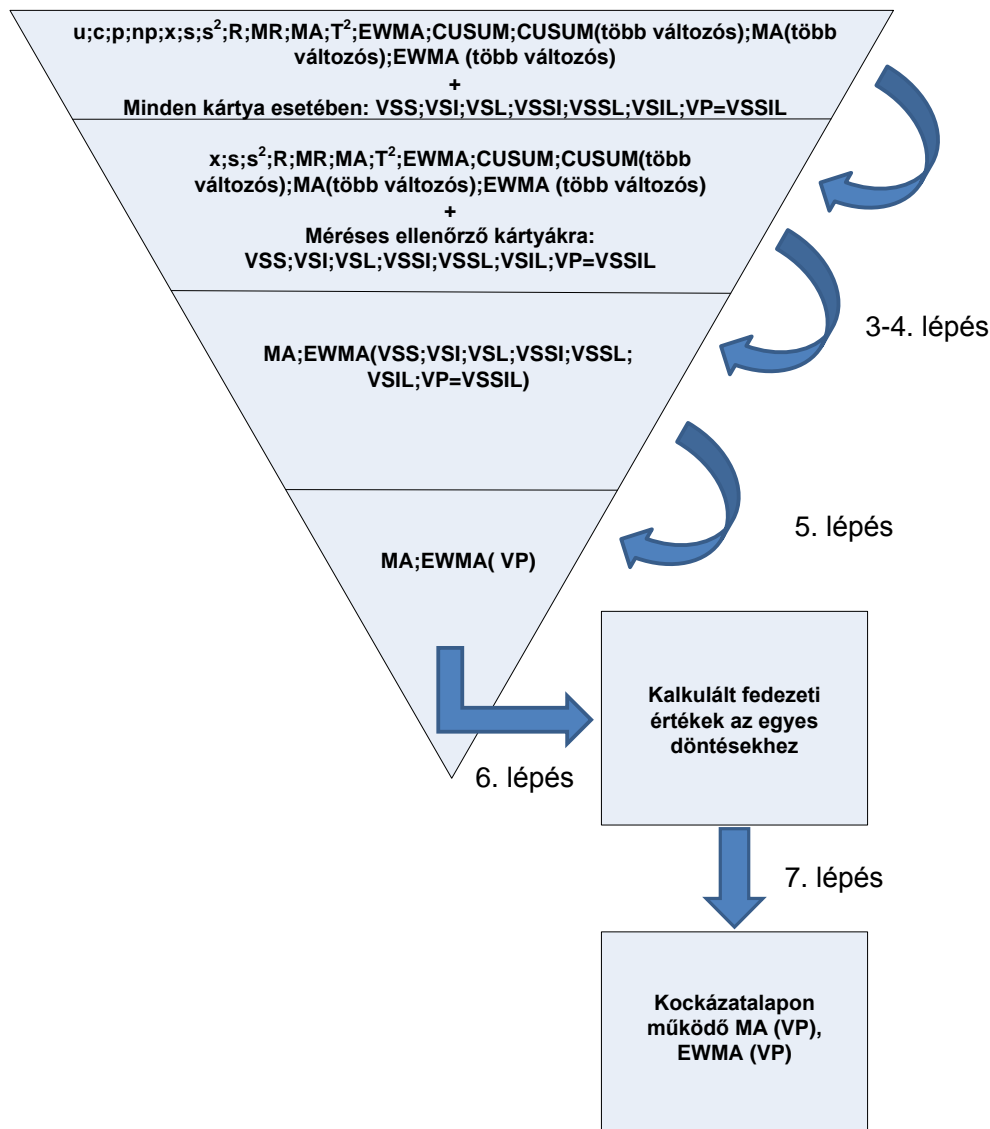
folyamatra vonatkozóan az összegzett fedezeti érték maximalizálása. Szimulációs módszerekkel úgy optimalizáljuk  $k_{LSL}$  és  $k_{USL}$  értékét, hogy az összegzett fedezeti érték maximális legyen. Ha  $k_{LSL}$  és  $k_{USL}$  értékét növeljük, akkor szűkül az intervallum, amelyen belül megfelelőnek 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 jelentősen az elkövetett elsőfajú hibák száma (Kovács, Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2010).

A következő részben szemléltetem a módszer alkalmazását egy gázpatron-töltési folyamaton keresztül is.

### **A gyakorlati alkalmazhatóság bemutatása**

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 betöltött gázmennyiség 0,40 g értékkel térhet el a célértéktől mindkét irányban (USL; LSL). A töltettömeg 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 záró elemet. A gáztöltet nélküli terméket újra lemérve, a kiszúrás előtti, illetve utáni tömegek értékének különbségeként megkapjuk a gáztöltet tömegét.

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



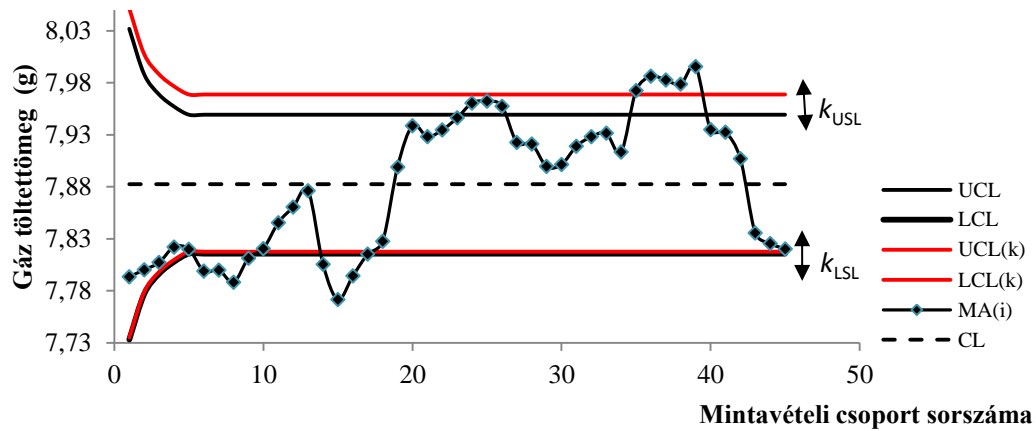
**1. ábra: A folyamatra illeszthető ellenőrző kártyák számának alakulása a gyakorlati alkalmazás során**

Forrás: saját szerkesztés

A gyakorlati alkalmazás során is végighaladtam a korábbiakban említett hét lépésen. Láthatjuk, hogy minden lépés után csökken azon ellenőrző kártyák száma, amelyek illeszthetők az általunk szabályozni kívánt folyamatra. Így a kártyaillesztési folyamat végén kockázatalapon működő mozgóátlag(RBMA), illetve kockázatalapon működő exponenciálisan súlyozott mozgóátlag(RBEWMA) kártyát kaptam.

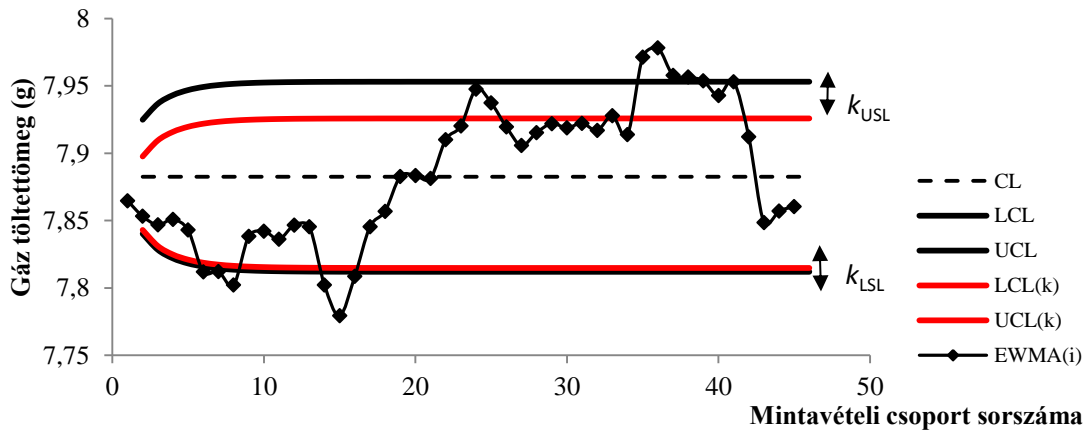
A következőkben ismertetem a kapott eredményeket.

Az alábbi ábrán látható a folyamatra tervezett Mozgóátlag,- és Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya. Az ábrán a piros vonalak jelölik a  $k_{USL}$ , illetve  $k_{LSL}$  paraméterek optimalizálásával számított módosított beavatkozási határokat.



**2. ábra: A folyamatra tervezett Mozgóátlag-kártya**

Forrás: Saját forrás



**3. ábra: A folyamatra tervezett Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya**

Forrás: saját szerkesztés

A beavatkozási határok módosítását első körben 45-szöri mintavétel során végeztem el. A mintaelemszám 5, tehát összesen 225 mért adatra vonatkoznak ezen megállapítások.

A szimuláció eredményét az alábbi táblázat foglalja össze mindkét ellenőrző kártyára vonatkozóan.



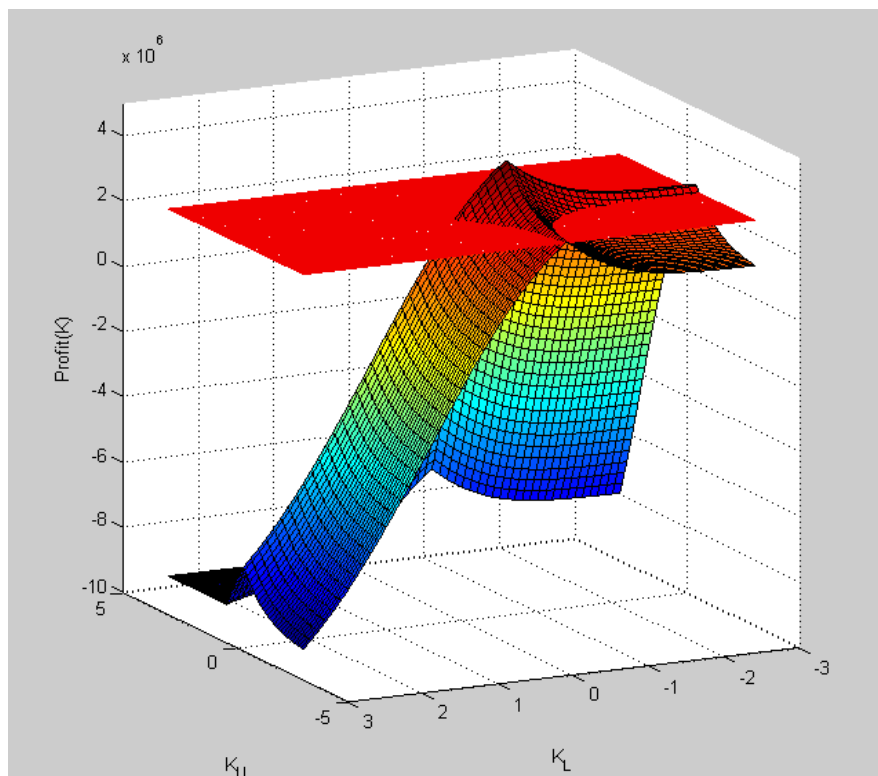
2. táblázat: A kapott eredmények összefoglaló táblázata

			MA	EWMA
Beavatkozási határok módosítása előtt	Beavatkozási határok, közép vonal	LCL	7,817044	7,811973
		UCL	7,94700	7,953116
		CL	7,882544478	7,882544478
	Mérési hiba paraméterei	$\sigma_m$	0,078	0,078
		$\mu_m$	0	0
	Első-, és másodfajú hibák száma	$n_\alpha$	4	0
		$n_\beta$	0	3
	Fedezet		674,25 Ft	819,59 Ft
Beavatkozási határok módosítása után	Beavatkozási határok, közép vonal	LCL <sub>(k)</sub>	7,817699	7,814812
		UCL <sub>(k)</sub>	7,962785	7,925844
		CL <sub>(k)</sub>	7,882544478	7,882544478
	Optimalizált paraméterek	$k_{LSL}$	0,001937737	0,002838852
		$k_{USL}$	-0,013457857	0,027272311
	Mérési hiba paraméterei	$\sigma_m$	0,078	0,078
		$\mu_m$	0	0
	Első-, és másodfajú hibák száma	$n_\alpha$	1	2
		$n_\beta$	0	0
	Fedezet		1.144,92 Ft	1.050,61 Ft
	Fedezet növekedés		470,67 Ft	231,02 Ft

Forrás: saját szerkesztés

A mozgóátlag-kártya esetében, az elkövetett elsőfajú hibák száma 4-ről egyre csökkent a módszer alkalmazása során. A másodfajú hibák tekintetében nem következett be változás, hiszen az érték mindkét esetben nulla. Az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya esetében ugyan megnövekedett az elkövetett elsőfajú hibák száma 2-vel (0-ról 2-re nőtt az érték), ezzel szemben az elkövetett másodfajú hibák száma 3-ról nullára redukálódott. Így a mozgóátlag, kártyánál 470,67 Ft-nyi fedezeti érték növekedést értem el, míg az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártya esetén ez az érték 231,02 Ft.

E szimuláció azonban csak 225 mérési adatra vonatkozik. A módszer eredményességét nagy mennyiségben 100000 szimulált minta alapján is modelleztem Matlab program segítségével. Az alábbi 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.



**4. ábra: A profit értékének alakulása a  $k_{LSL}$  és  $k_{USL}$  paraméterek függvényében, Mozcóátlag-kártya alkalmazásakor, ha a vizsgált minőségjellemzők értékei Weibull eloszlást követnek**

Forrás: saját szerkesztés

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

## Összefoglalás

Munkám célja olyan kártyaillesztési folyamat kidolgozása volt a statisztikai folyamatszabályozásban, amely újításként 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 mérések ellenőrző kártyára vonatkozóan.

E cikkben ismertettem a módszer lépéseit, a folyamat menetét. Bemutattam, a módszer alkalmazhatóságát egy gyakorlati példán keresztül, melynek során a mozgóátlag és exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyákra vonatkozóan alkalmaztam a mérési bizonytalanság figyelembevételét a beavatkozási határok módosításakor. ezzel kockázatalapon működő ellenőrző kártyákat (RBMA, RBEWMA) létrehozva.

Az általam továbbfejlesztett módszerben újdonságként jelenik meg a korábban kidolgozott kártyaillesztési módszerekkel szemben a mérési bizonytalanság figyelembe vétele a kártyák beavatkozási határainak számításakor. Így a vizsgált folyamatra kockázatalapon működő

ellenőrző kártyát (kártyákat) illeszthetünk. A módszert a gyakorlatban is sikerrel tudtam alkalmazni egy gázpatron-töltési folyamaton. Az alkalmazhatóságot alátámasztja a 100000-szeri mintavétellel lefuttatott szimuláció, hiszen ennek során is fedezeti érték növekedést tapasztalhattunk.

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

- 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*, 28(3), pp. 671-679, ISSN: 0360-8352
- Chen H., Cheng Y., (2007): Non-normality effects on the economic–statistical design of X charts with Weibull in-control time, *European Journal of Operational Research*, 176(17), pp. 986–998, DOI:10.1016/j.ejor.2005.08.022
- Chen Y. S., Yang Y. M., (2002)<sup>a</sup>: Economic design of x-control charts with Weibull in-control times when there are multiple assignable causes, *International Journal of Production Economics*, 77(1), pp. 17–23, DOI:10.1016/S0925-5273(01)00196-7
- Chen Y. S., Yang Y. M., (2002)<sup>b</sup>: 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*, 143(3), pp. 600–610, DOI:10.1016/S0377-2217(01)00341-1
- Chen, Y. K., Hsieh, K. L., (2006): Hotelling’s  $T^2$  charts with variable sample size and control limit, *European Journal of Operational Research*, 182 (3), pp. 1251-1262, DOI:10.1016/j.ejor.2006.09.046
- Chou C.-Y., Chen C.-H., Chen C.-H., (2006): Economic design of variable sampling intervals  $T^2$  control charts using genetic algorithms, *Expert Systems with Applications*, 30(2), pp. 233–242, DOI:10.1016/j.eswa.2005.07.010
- Dadi He. (2010): Engineering Quality Systems: Cost of Quality. *Modern Applied Science*, 4 (5), pp.102-104, ISSN: 1913-1852
- 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*, 49 (1-4), pp. 281-292, DOI: 10.1007/s00170-009-2390-3
- 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.
- 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*, 35 (3-4), pp. 783-790, DOI:10.1016/S0360-8352(96)00242-2
- Hegedűs Cs., Kosztyán Zs., (2008): Mérésbizonytalanság kezelése a mintavételes minőségsszabályozásban. V. Jedlik Ányos Szakmai Napok, Veszprém, 2008. március 27-29.
- Kao S.-C., Chuanching H., (2007): Robustness of R-Chart to Non Normality, *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 36 (5), ISSN: 0361-0918, pp. 1089–1098.
- Kosztyán Zs. T., Csizmadia T., Hegedűs Cs. (2008): A mérésbizonytalanság kezelése mindendárbos és mintavételes mérések esetén, *International Joint Conferences on Computer, Information, and System Sciences, and Engineering*, 2008. december 5-13.
- Kovács Z., Kosztyán Zs., T., Csizmadia T., Hegedűs Cs., (2010): Mérésbizonytalanság figyelembe vétele a megfelelőség értékelésekor. *Minőség és Megbízhatóság*, 43(8). pp.: 87-93.

- Luo Z., Li Z., Wang Z., (2009): Adaptive CUSUM control chart with variable sampling intervals, *Computational Statistics and Data Analysis*, 53 (7)., pp. 2693-2701, DOI: 10.1016/j.csda.2009.01.006
- 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*, 34 (4), pp. 1069 – 1079, ISSN: 0361-0918, DOI: 10.1080/03610910500308719
- Serel Dog˘an A., Moskowitz H., (2008): Joint economic design of EWMA control charts for mean and variance, *European Journal of Operational Research*, 181 (1)., pp. 157–168, DOI: 10.1016/j.ejor.2006.09.084
- Shah, S., Shridhar, P., Gohil, D. (2010), Control chart : A statistical process control tool in pharmacy, *Asian Journal of Pharmaceutics*, 4(3), pp.: 184-192
- Wang, H.,(2007): Comparison of p control charts for low defective rate, *Computational Statistics and Data Analysis*, 53 (12)., pp. 4210-4220, DOI: 10.1016/j.csda.2009.05.024
- Yu F.-J., Wu H. H., (2004): An economic design for variable sampling interval MA control charts, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 24 (1-2)., pp. 41–47, DOI: 10.1007/s00170-003-1625-y
- Zhou W., Lian Z., (2011): Optimum design of a new VSS-NP chart with adjusting sampling inspection, *International Journal of Production Economics*, 129 (1)., pp. 8–13.