

KARBANTARTÁS SZEREPE AZ ÜZLETI FOLYAMATOK ÚJRAGONDOLÁSÁBAN

NEMZETKÖZI KONFERENCIA
KIADVÁNYA



2014. június 2–3.
Veszprém

Szerkesztő:
Dr. Balogh Ágnes

Lektorálta:
Dr. Gaál Zoltán

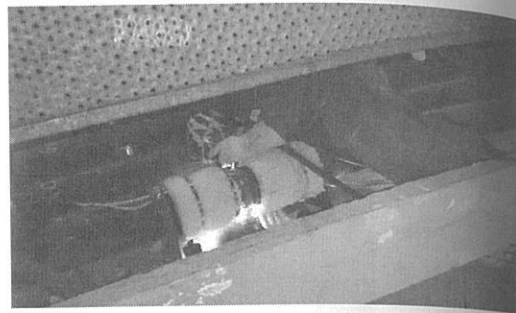
ISBN 978-963-396-012-7

TARTALOM

Korunk általános ipari trendjei, hatásuk az ipari berendezések kenőanyagaira.....	1
<i>Kisdeák Lajos kenéstechnikai szolgáltatás vezető, MOL-LUB Kft.</i>	
Karbantartási stratégia fejlődése a Budapesti Erőműnél.....	13
<i>Nagy József termelési vezérigazgató helyettes, Budapesti Erőmű Zrt.</i>	
Kísérlet országos karbantartási stratégia kialakítására	21
<i>Dr. Gaál Zoltán egyetemi tanár, Pannon Egyetem</i>	
<i>Nyeste Zsolt támogató folyamatok vezetője, Grundfos Magyarország Gyártó Kft.</i>	
<i>Magyar Lajos ügyvezető igazgató, Trans Lex Work Kft.</i>	
Berendezésadatok online adatgyűjtése és kiértékelése az AUDI motorgyárában	29
<i>Szollár Lajos forgácsoló megmunkálás vezető, AUDI Hungária Motor Kft.</i>	
<i>Tollas György szolgáltatásvezető, AUDI Hungária Motor Kft.</i>	
SKF Asset Management.....	37
<i>Szabó Lóránd szervíz menedzser, SKF Svéd golyóscsapágy Zrt.</i>	
A mágneses memória anyagvizsgáló eljárás alkalmazása ipari objektumok kockázat alapú ellenőrzésénél.....	55
<i>Dr. Ladányi Péter ügyvezető igazgató, Interprojekt Europe Kft.</i>	
A MMM hazai alkalmazása olaj- és gáziparban, valamint sínvizsgálatoknál?	65
<i>Magyar Lajos ügyvezető igazgató, Trans Lex Work Kft.</i>	
<i>Dandé Kristóf laborvezető, Trans Lex Work Kft.</i>	
Legfőbb kincsünk a víz - Tömítéstechnika a vizes alkalmazásokban.....	73
<i>Peter Haselbacher alkalmazástechnikai főmérnök, EagleBurgmann Németország</i>	
<i>Kintzly Péter ügyvezető igazgató, EagleBurgmann Hungaria Kft.</i>	
Virtuális „karbantartás”.....	83
<i>Szutor Péter szakértő, MVMI Informatika Zrt.</i>	
<i>Vajna Zoltán fejlesztési osztályvezető, MVMI Informatika Zrt.</i>	
<i>Dr. Molnár Attila műszaki igazgató-helyettes, Geoview Systems Kft.</i>	
Elektro-hidraulikus kompresszor szabályzó rendszer karbantartási tapasztalatai – karbantartási szempontok figyelembe vétele a továbbfejlesztés során	91
<i>Regős Gábor szervizmérnök, Hoerbiger Service Hungaria Kft.</i>	
A döntésorientált hibamód és hatáselemzés módszertanának tapasztalatai az AUDI Motor Hungaria Kft-nél	101
<i>Dr. Bognár Ferenc egyetemi adjunktus, Pannon Egyetem</i>	
<i>Meilinger Zsolt műszaki menedzser, Pannon Egyetem</i>	
Fermentációipari technológiák speciális karbantartási területei és tapasztalatai	109
<i>Szilágyi Gyula műszaki vezető, EVONIK Agroferm Zrt.</i>	

5. KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

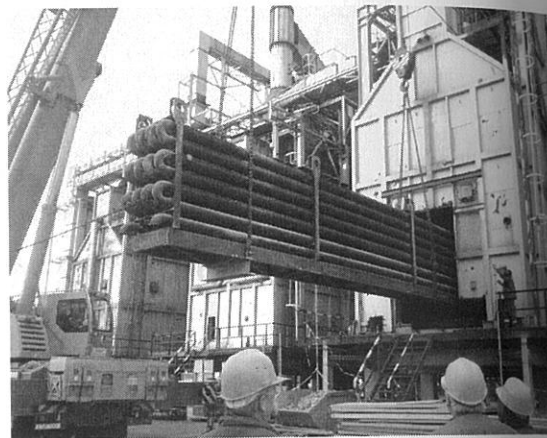
A készülék belsejében bontási por, leesés veszély, hegesztésnél hőterhelés, köszörülésnél szikra, fokozott zajterhelés köszörüléskor és falbontáskor, törmelék-leesés veszély, Állandó felügyelet a légköri viszonyok ellenőrzése.



9. ábra: Helyszíni hegesztés

6. ÖSSZEFOGLALÁS

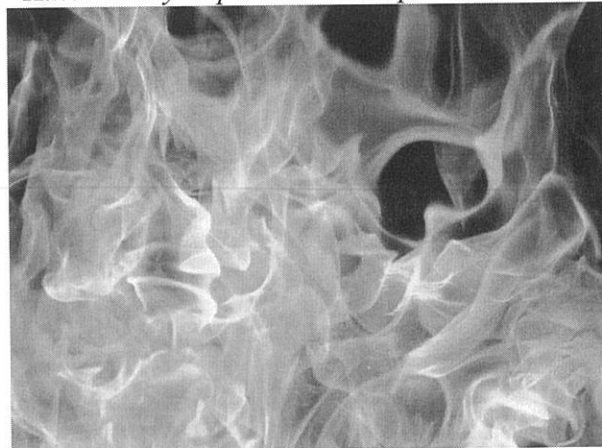
A hatékony előgyártást követően az egymásra épülő helyszíni munkák két műszakban történő koordinálása által a kemence határidőre elkészült.



10. ábra: „Lassan, de biztosan”

Ha az „arany-kaput” korábban kinyitjuk, akkor hamarabb is zárjuk.

Kinek arany-kapu kinek a pokol tornáca!



Kockázatkezelés a rezgésdiagnosztikában többváltozós szabályozó kártya segítségével

Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Pannon Egyetem, Kvantitatív Módszerek Intézeti Tanszék

Katona Attila Imre, Pannon Egyetem, Kvantitatív Módszerek Intézeti Tanszék

1. Bevezetés

A gyakorlatban a preventív karbantartást és a folyamatszabályozást a legtöbb esetben elkülönítik egymástól. E két terület esetén különböző szempontok alapján gyűjtenek adatokat a vizsgált folyamatra vonatkozóan. Míg egyik esetben a kigyűjtött adatok elsősorban a gép állapotára vonatkoznak, addig a másik esetben arra kíváncsiak, hogy a detektált eltérés szisztematikus hatás vagy pedig a véletlen ingadozás eredménye. Azonban mindegyik területen az egyéni optimumra törekednek a rendelkezésre álló információk és célfüggvény alapján.

A karbantartás, illetve a folyamatszabályozás együttes kezelésére több megoldás is született, amely során egy szabályozó kártyát alakítottak át. A gyakorlatban alkalmazott szabályozókártyák azonban nem számolnak a mérések bizonytalanságával. Állapotfüggő karbantartási stratégia esetén azonban a teljesítőképesség és a gépre ható terhelés mérésekor fellépő mérési hiba egyaránt ingadozik. Ezek az ingadozások döntési hibákat okoznak, melyek többletköltséget jelentenek a vállalat számára. A többletköltség csökkenthető, ha a szabályozókártya tervezésekor figyelembe vesszük a mérések bizonytalanságát.

2. Elméleti áttekintés

A minőségsszabályozás egyik legelterjedtebb módszere a statisztikai folyamatszabályozás (SPC), melynek segítségével megtudhatjuk, hogy a mért értékek ingadozása szisztematikus hatás(ok) eredménye, vagy pedig a véletlennek tudható be. A statisztikai folyamatszabályozás eszközei a szabályozó kártyák. Az első szabályozó kártyák tervezése W. A. Shewart nevéhez fűződik, aki 1924-ben publikálta munkáját.

A karbantartás illetve a folyamatszabályozás együttes kezelése során általában a megfelelőség értékelését igazítják az egyes karbantartási stratégiákhoz. Ezt korábbi kutatásokban úgy érték el, hogy a Shewart-féle átlagkártyát módosították, hogy minimalizálni tudják az átlagköltséget a minta elemszám, a mintavételi időköz illetve a beavatkozási határok változtatásával. (Ben-Daya, Rahim, 2000, Lee, Rahim, 2001, Cassady et al. 2000).

Chen és Yang mozgóátlag-kártyát alkalmazott a probléma kezelésére. Az alkalmazás során a berendezés öregedésével növelték a mintavételek gyakoriságát. (Hegedűs, 2014, Hegedűs, Vastag, 2013)

Gyakorta előfordul az iparban, hogy egy termék megfelelőségét egyidejűleg több minő-

ségjellemző határozza meg, illetve egy berendezés állapotát egyidejűleg több paraméterrel is tudjuk jellemezni. Ez esetben felmerül a kérdés, hogy érdemes-e minden jellemzőt külön szabályozó kártya segítségével figyelemmel kísérni. Ha a változók nem függetlenek, akkor a külön szabályozó kártyán történő vezetésük jelentősen megnövelheti a téves riasztás valószínűségét. Tegyük fel, hogy átlag kártyát alkalmazunk mindegyik paraméter szabályozására. Ha a szokásos $\pm 3\sigma$ határokat alkalmazzuk, akkor a téves riasztásra mindegyik változónál $\approx 0,003$ valószínűséget engedünk meg. Az együttes ellenőrzésnél már $1 - 0,997^2 = 0,006$ ennek a valószínűségnek az értéke. kettőnél több változó esetén még erőteljesebben növekszik a téves riasztás valószínűsége. (Ittész, 1999).

Ez a probléma nagymértékben járul hozzá a többdimenziós szabályozókártyák alkalmazásának létjogosultságához. Így több változó együttesen kísérhető figyelemmel egy szabályozókártya alkalmazásával. Igaz, W.A. Shewart is foglalkozott több korreláló változó együttes kezelésével, a többváltozós szabályozás csak a későbbiek folyamán indult fejlődésnek. Az első nagy áttörés a területen H. Hotelling nevéhez kötődik, aki a Student-féle telosztláson alapuló szabályozó kártyát dolgozott ki. A továbbiakban megjelentek a CUSUM és az exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyák többváltozós változatai is, az MCUSUM és az MEWMA kártyák is. (Lawry, Woodwall, 1992, Mason, Tracy, 1997).

A több változó együttes kezelése azonban nem az egyetlen felmerülő probléma a szabályozó kártyák területén. Komoly problémákat okozhat a mérési bizonytalanság is a kártyák alkalmazása során hozott döntésekkor. Ha az általunk mért értékek szórása nagy, akkor a folyamatról pontatlanabb képet kapunk, mint amilyen az valójában.

3. A javasolt módszer bemutatása

Különbségek a folyamatszabályozás és a preventív karbantartási terület között a módszer alkalmazásakor

Bár a szabályozó kártyák alkalmazhatók egyaránt a preventív karbantartás és a folyamatszabályozás területén, néhány lényeges különbséget azonban szükséges már az elején leszögeznünk. Míg a folyamatszabályozás során fedezeti értékek kalkulálhatók, a preventív karbantartásnál csak költségértékekről beszélünk. Ebben az esetben olyan költségeket tudunk megbecsülni, mint például a felesleges szerszámcseré költsége, vagy a kimaradt javítás miatti váratlan leállás költsége. Ezeket célszerű relatív költségekként megadni, mert a másodfajú hiba következtében fellépő költség sok esetben csak nagyon nehézkesen kalkulálható.

Másik lényeges különbség, hogy a folyamatszabályozás területén általában stacioner folyamatokról beszélünk. Karbantartási területen viszont kvázi-stacioner folyamatok a jellemzők, melyeket valamilyen trendhatás jellemez. Éppen ezért a módszer alkalmazásakor nem elegendő csak azt megvizsgálni, hogy a véletlen ingadozás hogyan alakul, hanem azt is folyamatosan felül kell vizsgálni, hogy nem változtak-e meg a folyamatra trendjét leíró függvény paraméterei. Ha ez a változás fennáll, akkor ez esetben is szükséges a folyamatba történő beavatkozás. A preventív karbantartás esetében a bizonytalanság így három tényezőtől is fakad. Egyrészt a méréseinknek is van bizonytalansága, másrészt a mintavételezés bizonytalanságával is számolnunk kell, harmadrészt pedig az illesztett trend is bizonytalan-ságot rejt magában, hiszen a valós trend is eltérhet az általunk feltételezettől.

A kockázatalapon működő T^2 kártya illesztését a következő lépések segítségével végeztük el.

- Adatgyűjtés
- Megbízhatóság alapú T^2 kártya tervezése
- Az egyes döntéstípusokhoz társítható költségértékek meghatározása
- Beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembe vételével (szimuláció segítségével)

A következőkben vegyük sorra az egyes lépéseket!

Adatgyűjtés

Ahhoz, hogy megtervezhessük először a megbízhatóság alapú T^2 kártyát, majd pedig a mérési bizonytalanság figyelembevételével kockázatalapú szabályozó kártyává alakítsuk, bizonyos adatokra van szükségünk. A kártya tervezéséhez szükségünk van előzetes adatfelvételre, amely során a mért értékek felhasználásával elegendő információ áll rendelkezésünkre a kártya tervezéséhez. A mérési adatokon kívül a mérőműszer mérési bizonytalanságát is szükséges megállapítanunk. Ha ezek az adatok rendelkezésre állnak, a következő lépésre haladhatunk.

Megbízhatóság alapú T^2 kártya tervezése

Ahogy a korábbiakban arról szó esett gyakori jelenség az iparban, mikor egy termék megfelelőségét egyidejűleg több minőségjellemző határozza meg. Ilyen esetben célszerű a többváltozós szabályozó kártya alkalmazása. Többek közt a Hotelling által meghatározott, ún. T^2 kártya is alkalmas a probléma kezelésére.

Tegyük fel, hogy a szabályozni kívánt folyamat során a vizsgált termék megfelelőségét két minőségjellemző határozza meg. Legyenek ezek X_1 és X_2 ! Ha a változóink mért értékeit egy kártyán szeretnénk ábrázolni, akkor célszerű standardizálnunk a mért értékeket, így összehasonlíthatóvá válnak a különböző mértékegységekkel rendelkező változók. Így a következő egyenlet írható fel:

$$\frac{(\bar{X}_1 - \mu_1)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(\bar{X}_2 - \mu_2)^2}{\sigma_2^2} = SD^2 \quad (1)$$

Ahol X_1, X_2 az egyes és a kettes változónk mért értékei, μ_1, μ_2 az egyes változók várható értékei σ_1^2 és σ_2^2 az egyes változók varianciái. A fenti egyenlet egy olyan ellipszis egyenlete, amelyen belül az összes pont statisztikai távolsága (a (μ_1, μ_2) középponttól számítva) kisebb, mint SD értéke. Vektorokkal a következő formában adható meg az összefüggés:

$$(X - \mu)' \Sigma^{-1} (X - \mu) = SD^2 \quad (2)$$

A fenti összefüggést felhasználva a Hoteling-féle T^2 statisztika a következőképpen írható fel:

$$T^2 = n(\bar{X} - \mu)' S^{-1} (\bar{X} - \mu) \quad (3)$$

Az egyenletben n jelöli a minta elemszámot, S^{-1} pedig a becsült kovarianciamátrix inverzét. A statisztika a T^2 eloszlást követi, ami kifejezhető az F-eloszlás transzformáltjaként:

$$T^2 \sim \frac{(n-1)p}{n-p} F(p, n-p) \quad (4)$$

Ahol p a változók számát jelöli, $F(p, n-p)$ pedig a p és $n-p$ szabadságfokú F-eloszlást. Az eloszlás ismeretében, az elsőfajú hiba (α) valószínűségének rögzítésével megadható a T^2 -re vonatkozó kritikus érték, így megadható az a határérték (UCL_{T^2}) ami felett már beavatkozunk a folyamatba.

Mért adatok birtokában először megtervezhetjük a megbízhatóság alapon működő T^2 kártyát. Ehhez először meg kell bizonyosodnunk arról, hogy a vizsgált változók p -dimenziós normális eloszlást követnek, hiszen ez a T^2 kártya alkalmazhatósági feltétele. A mért adatokból elsőként kiszámítjuk a T^2 értékeket a 2-es számú egyenlet alapján, majd emellett az alábbi képlettel megadjuk a beavatkozási határ értékét:

$$UCL_{T^2} = \frac{p(m-1)(n-1)}{m(n-1)-p+1} F(p, m(n-1)-p+1) \quad (5)$$

Ahol p a változók száma, m a teljes minta sokasága, n a minta elemszám, $F(p, m(n-1)-p+1)$ pedig a p és $m(n-1)-p+1$ szabadságú F-eloszlást jelöli.

A kártyamegtervezésekor azonban ciklikusság figyelhető meg az ábrázolt értékek tekintetében. Ennek oka a gép kopása, hiszen a kopás következtében trendhatás figyelhető meg. Ha a mért értékek elérik egy bizonyos értéket, akkor javítás miatt újra megfelelő réteket mérünk.

A T^2 kártya hiányosságai

E szabályozó kártya hatékonyan alkalmazható több változó egyidejűleg történő vizsgálatára, azonban a mérések bizonytalanságából eredő kockázatokkal nem számol. További hiányosság, hogy amint azt a fentiekben is láthattuk, a beavatkozási határok számításakor nem találkozunk olyan paraméterrel, amely a mért értékekre vonatkozna (sem szórás sem várható érték). Ebből adódóan a beavatkozási határ a kovarianciamátrix megváltozására sem reagál. Az alkalmazás során feltétele, hogy a változók több dimenziós normál eloszlást kövessenek. Ez a feltétel a gyakorlat során sok esetben nem teljesül, így a kártya alkalmazhatósága korlátozódik. Így célszerű lehet a beavatkozási határ számításakor analitikus módszer helyett szimulációs módszerekre hagyatkozni. A kockázatalapú T^2 kártya beavatkozási határának meghatározását Monte Carlo szimuláció segítségével fogjuk elvégezni.

Ha megszerkesztettük a megbízhatóság alapú szabályozókártyát, ki kell számítanunk az egyes döntési kimenetekhez társított fedezeti értékeket. Ezt részletesen a következő lépésben tárgyaljuk.

Az egyes döntéstípusokhoz társítható fedezeti értékek meghatározása

Egy termék vizsgálatakor a döntésünk helyességét (selejtnek minősül-e a termék vagy sem?) az határozza meg, hogy a tényleges és a mért megfeleléség valójában megegyezik-e. A döntés klasszikus modelljét mutatja be az 1. táblázat. (Kovács, Kosztyán, Csizmadia, Hegedűs, 2010)

1. táblázat: A megfeleléség értékelésének lehetséges esetei

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

A fenti táblázat ismerteti a döntési mátrixot. A megfeleléség 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 megfeleléség 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, másodfajú pedig akkor, ha tovább engedjük azt, holott valójában nem megfelelő. Ebben a lépésben a fentiekben meghatározott négy esetre vonatkozóan kalkulálnunk kell a döntések költségvonzatát. Ez azért nagyon lényeges, mert a szimuláció során a mintavételekkor számított összes költséget minimalizáljuk. A szabályozó kártya beavatkozási határának értékét úgy fogjuk megválasztani, hogy amellett minimális legyen a a döntésekre vonatkoztatott összegzett költség.

A mátrixot összeállítva, a döntésekhez társított költségértékeket kiszámítva már elegendő információ áll rendelkezésünkre ahhoz, hogy a mérési bizonytalanság figyelembevételével kockázatalapú szabályozó kártyát tervezzünk. Ezt a következő lépésben ismertetjük.

Beavatkozási határok módosítása a mérési bizonytalanság figyelembe vételével

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:

$$y_i(t) = x_i(t) + m_i(t) \quad (6)$$

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 mértértékeket mérési intervallumokkal helyettesítjük, akkor az adott intervallum hosszát úgy kapjuk meg, hogy a mérőműszer kalibrálásakor megállapított szórászt 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:

$$[y(t) + k_{USL} \cdot u] < USL \text{ és } [y(t) - k_{LSL} \cdot u] > LSL, k_{USL}, k_{LSL} \in \mathbf{R} \quad (7)$$

Nem megfelelő termék esetén:

$$[y(t) + k_{USL} \cdot u] \geq USL \text{ vagy } [y(t) - k_{LSL} \cdot u] \leq LSL, k_{USL}, k_{LSL} \in \mathbf{R} \quad (8)$$

A beavatkozási határok módosítása szimulációs módszerekkel történik. A szimuláció a következő lépések elvégzésével történik. A k paraméter segítségével tudjuk a beavatkozási határ értékét változtatni. A paraméter értékének azt az értéket választjuk, amely mellett az összegzett költségérték minimális.

4. Gyakorlati alkalmazhatóság bemutatása

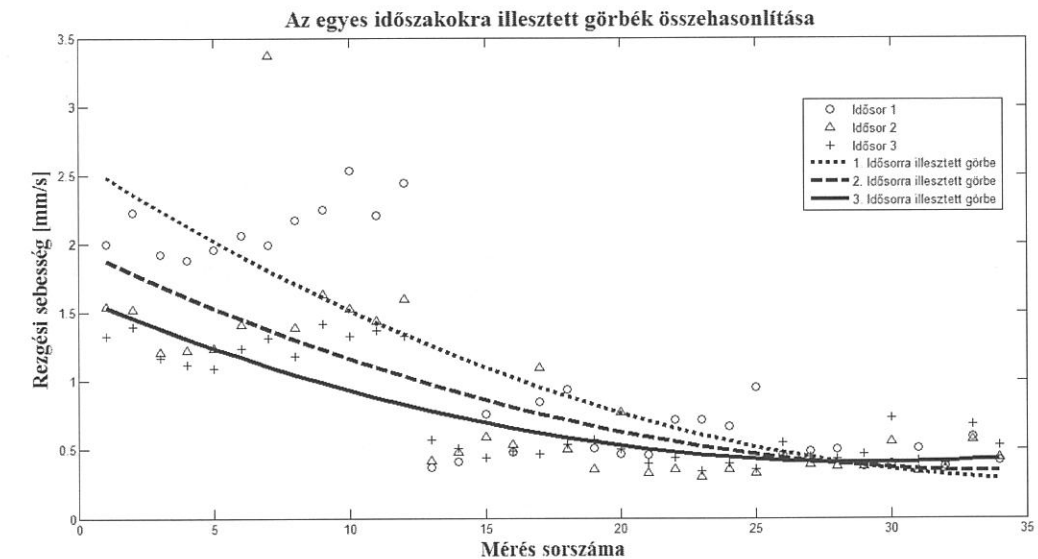
Az eddigiekben bemutatott a szabályozó kártya tervezésének elméleti hátterét. Ebben a részben egy vállalati példán keresztül mutatjuk be a módszer alkalmazhatóságát.

A vállalati példát részletesen az előadás anyagában fogjuk ismertetni.

A módszer alkalmazása során a rezgések sebességét mérjük három dimenzióban. Így mindegyik irányra vonatkozóan egy-egy értékkel számolunk. A folyamatba három esetben avatkozunk be:

1. Az idősorra illeszthető függvény paraméterei eltérnek a korábban meghatározottól (újraszámolás is szükséges ekkor).
2. A rezgés sebesség értéke elér egy kritikus értéket.
3. A trendhatástól megfosztott értékek a szabályozó kártya beavatkozási határán kívülre kerülnek.

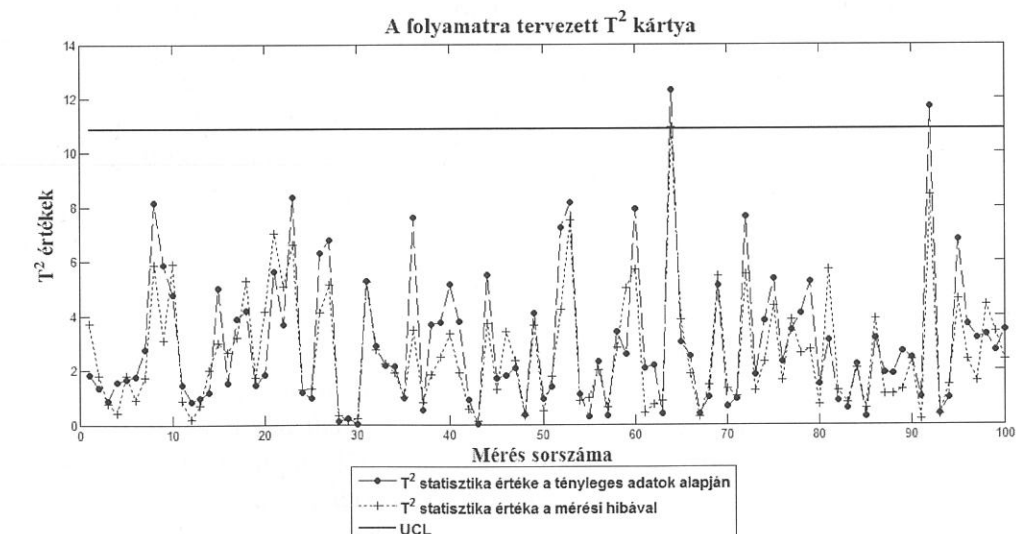
A karbantartási területre alkalmazott T^2 kártya ábrázolt értékei három változóból számíthatódnak. Első körben az előzetes adatfelvétel során meg kell tudnunk, hogy milyen trendet követ a mért értékek eltolódása. A mért adatokra a következő függvényt illesztettük ennek vizsgálata során.



1. ábra: Az egyes időszakokra illesztett görbék összehasonlítása

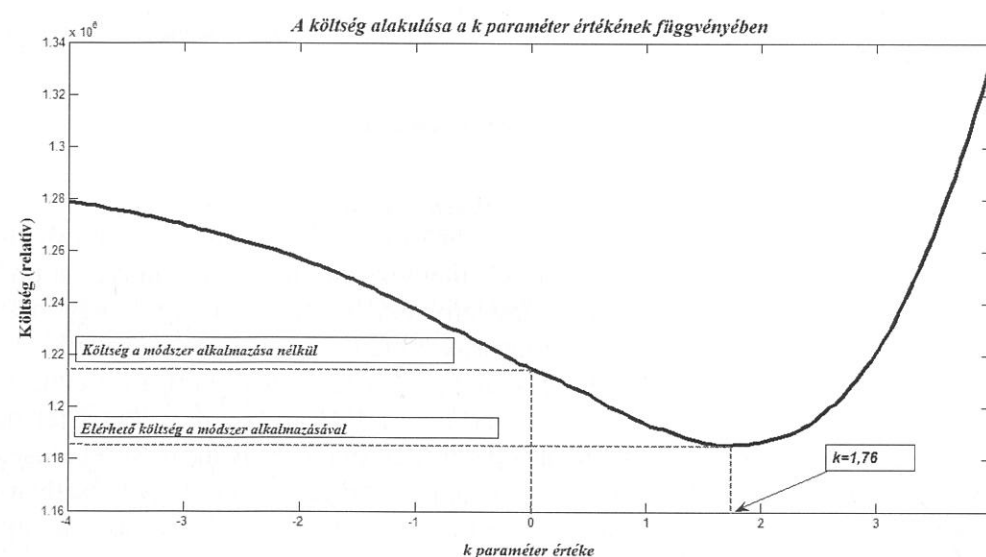
A függvényillesztés során nem csak azt kell megvizsgálnunk, hogy melyek a pontos paraméterei az idősor értékeire illesztett függvénynek, hanem az is egy nagyon lényeges szempont, hogy időben egymást követő idősorok esetén megváltoznak-e az idősorra illesztett függvény paraméterei. Ennek felülvizsgálata azért lényeges, mert a feltételezett trend megváltozása esetén korábbi számításaink már nem állnák meg a helyüket a jelenleg időpontra vonatkozóan. A trend megváltozása pedig egy újabb beavatkozási lehetőséget ad a folyamatba. A fenti ábrán látható, hogy a csökkenő trend ugyan mindegyik esetben fennáll, a görbék meredeksége azonban változik. Ezért a paramétereket célszerű az alkalmazás során meghatározott időközönként újraszámolni.

Az idősorra illesztett függvény paramétereinek meghatározása után szimuláció segítségével megterveztük megbízhatóság alapú T^2 kártyát, melyet a következő ábra mutat be:



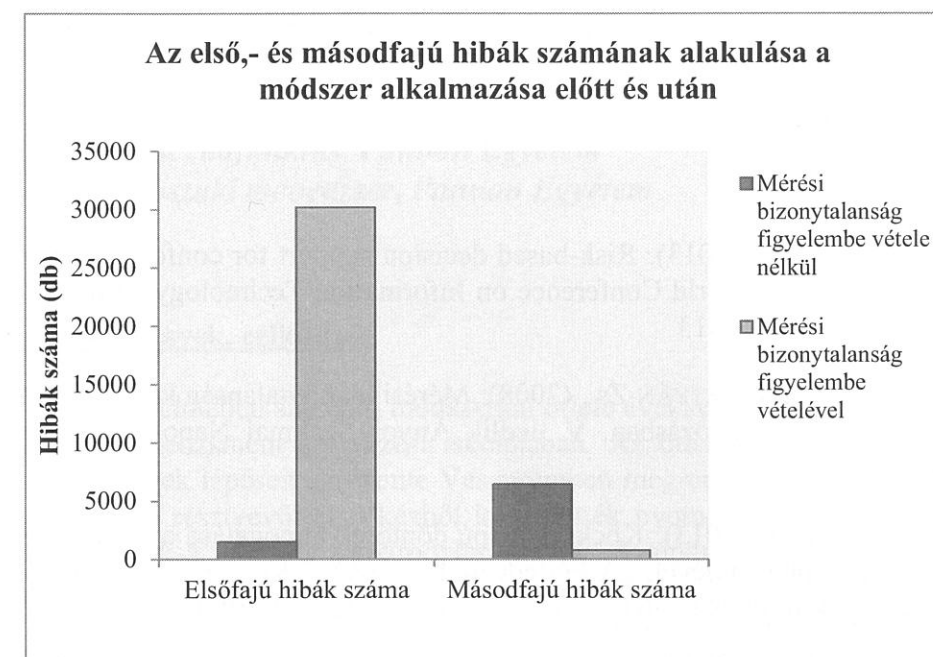
2. ábra: A folyamatra tervezett T^2 kártya

Az ábrán a kék pontok jelölik a tényleges, a piros pontok pedig a mérési hibát tartalmazó adatokból számított T^2 statisztika értékeit. Az egyes döntésekhez társított költség tekintetében relatív értékekkel számoltunk. A helyes elfogadás költségét rögzítettük egynek. Ehhez képest ötszörös költség társul a helyes visszautasításhoz, tízszeres az elsőfajú hiba elkövetéséhez és húszszoros költség pedig a másodfajú hiba elkövetéséhez. Ezen relatív költségek felhasználásával és a megadott adatok segítségével 1 000 000 mintavételt szimulálva végeztük el a szimulációt, melynek során a T^2 kártya beavatkozási határait módosítottuk a mérések bizonytalanságának figyelembe vételével. A kapott eredményeket grafikusán szemlélteti az alábbi ábra:



3. ábra: A költség alakulása a k paraméter függvényében

Az ábra az elérhető összegzett döntési költséget mutatja a k paraméter függvényében. Láthatjuk, hogy alacsonyabb költség érhető el abban az esetben, ha módosítjuk a beavatkozási határokat. Ezt úgy tettük meg, hogy a szimuláció során úgy adjuk meg k értékét, hogy amellet minimális legyen a döntésekhez társított összes költség. A módszer alkalmazásával 2,44%-os költségcsökkenés volt elérhető. A k paraméter optimális értéke pedig ekkor 1,76. A módszer alkalmazásával csökkenthető az elkövetett másodfajú hibák száma. Ezt mutatja be az alábbi ábra.



4. ábra: Az első- és másodfajú hibák számának alakulása a módszer alkalmazása során

Láthatjuk, hogy a módszer alkalmazásával megnövekszik az elkövetett elsőfajú hibák száma, ugyanakkor lecsökken a másodfajú hibák száma. Ennek oka a következő: A módszer alkalmazása során úgy módosítjuk a beavatkozási határt, hogy minimálisra csökkentjük az elkövetett másodfajú hibák számát. Ez azonban maga után vonja annak lehetőségét is, hogy így többször követünk el elsőfajú hibát. Mivel az elsőfajú hiba költségvonzata jóval kisebb, mint a másodfajú hiba esetén, ezért még így is költségcsökkenést tapasztalhatunk.

Összefoglalás

A szabályozó kártyák egyidejűleg alkalmazhatók a preventív karbantartásban és a folyamatszabályozásban is. Munkánk során olyan kártyatervezési módszert mutattunk be, amely segítségével kockázatalapú többváltozós szabályozó kártya tervezhető, amely egyidejűleg alkalmazható mindkét területre vonatkozóan. A módszer alkalmazhatóságát gyakorlati példával bizonyítottuk, melynek során a mérési bizonytalanság figyelembevételével módosítottuk a T^2 kártya beavatkozási határát. A k paraméter optimális megválasztásával 2,44%-os költségcsökkenést értünk el az összes mintavételre számított döntési költség tekintetében. Az általunk javasolt módszer újdonságnak számít e területen, hiszen nemcsak, hogy egyidejűleg illeszti a szabályozó kártyát a preventív karbantartás és a folyamatszabályozás területére, hanem olyan többváltozós szabályozó kártyát tervez, amely figyelembe veszi a mérések bizonytalanságából eredő kockázatokat.

Irodalomjegyzék

1. CSABA HEGEDŰS (2013): Risk-based decision support for conformity control under uncertainty, 4th World Conference on Information Technology, Brussels, Belgium November 26-28 2013
2. HEGEDŰS Cs., KOSZTYÁN Zs., (2008): Mérési bizonytalanság kezelése a mintavételes minőségsszabályozásban. V. Jedlik Ányos Szakmai Napok, Veszprém, 2008. március 27-29.
3. HEGEDŰS Csaba (2013): Kockázatalapú döntések támogatása a mérési bizonytalanság figyelembevételével, „A Felfedező Tudomány” Konferencia, Győr, 2013. május 16. Elektronikus konferencia kötet: ISBN: 978-963-508-632-0
4. HOTELLING, H., (1947), “Multivariate Quality Control Illustrated by Air Testing of Sample Bombsights”, pp.111-184
5. ITTÉS A. (1999): Többváltozós statisztikai folyamatszabályozás. Minőség és megbízhatóság, 33 (5). pp. 226-231
6. LOWRY, C.A.; WOODALL, W. H. ;CHAMP, C.W. and RIGDON, S.E. , (1992), “A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart”, Technometrics, 34 (1) pp 46-53.
7. MASON, R.L., TRACY, N.D. and YOUNG, J.C., (1997), “A Practical Approach for Interpreting Multivariate T^2 Control Chart”, Journal of Quality Technology, 29 (4). pp. 396-406.
8. W.A. Shewhart (1931): Economic control of quality of manufactured product, D Van Nostrand Company, New York (Reprinted by ASQC Quality Press, 1980)
9. M. Ben-Daya, M.A. Rahim (2000): Effect of maintenance on the economic design of $\bar{x}$ -control chart, European Journal of Operational Research 120, pp. 131-143.
10. Lee, B. H., Rahim, M. A.(2001): An integrated economic design model for quality control, replacement, and maintenance, Quality Engineering, 13: 4, pp. 581 — 593
11. Cassady, C. R. , Bowden, R. O. , Liew, L. and Pohl, E. A.(2000) Combining preventive maintenance and statistical process control: a preliminary investigation, IIE Transactions, 32: 6, pp.471-478
12. Hegedus, Cs.: Risk-Based Decision Support for Conformity Control Under Uncertainty, Global Journal on Technology [Online]. 2014, 05, pp 78-84.
13. Hegedűs Csaba, Vastag Gyula: Kockázatalapú döntések a mintavételes minőségellenőrzésben a mérési bizonytalanság figyelembevételével, Vezetéstudomány XLIV, 6. Klsz. 2013. június, pp. 66-73.

A DOFMEA módszertan szoftverének kifejlesztése

Dr. Bognár Ferenc, adjunktus, Pannon Egyetem
Kolláth Attila, műszaki menedzser, Pannon Egyetem

1. Kutatási előzmények, célkitűzés

A jelen tanulmány címében szereplő módszertan ötlete évekkel ezelőtt fogalmazódott meg a karbantartás menedzsment szervezési iskolájában. Az ötlet módszerre változott, mely módszer fejlődésének lépéseit az évente Veszprémben megrendezett Nemzetközi Karbantartási Konferencia résztvevői első kézből követhették nyomon. Az idő előrehaladásával lefektetésre kerültek a módszer szakirodalmi alapjai. A módszertan alkalmazását számos vállalati esetpéldán keresztül bemutattuk, ahol a tradicionális FMEA elemzés alkalmazhatóságának feltételei nem teljesültek. Az Alcoa esetpéldáján keresztül a DOFMEA módszertan tapasztalatait mutattuk be egy a termelési folyamatba integrált hőkezelő berendezésen keresztül. (Bognár et al, 2010) A rá következő évben szerzőtársaimmal bemutattuk, hogy a módszer, milyen megfontolások mellett alkalmazható karbantartási projektek tervezésére. (Bognár et al, 2011; Kiss et al, 2011) A Continental esetpéldájának tanulságán keresztül belátható volt, hogy a tradicionális FMEA elemzés RPN számai mögött meghúzódó mögöttes tartalmak nem deríthetők ki egyértelműen és ezen tartalmak az elemzés hatékonyságát csökkenthetik. Ezzel szemben a DOFMEA módszertan alkalmazása során a szakértői döntéshozatal lépései visszakövethetők és hatékonyságuk ellenőrizhető. (Bognár-Gáspár, 2012) A módszertan mérés-, és skálaelméleti alapokra építkező továbbfejlesztését szintén elvégeztük. Ezen fejlesztés következménye, hogy a módszertan pontosabban képes megadni az elemzés végtermékeként előálló RPN számokat. (Bognár, 2013) Jelen kiadványban szerepel legfrissebb munkánk az AUDI HUNGÁRIA MOTOR Kft. esetpéldáján keresztül bemutatott tapasztalatokkal.

A korábbiakban elvégzett esettanulmányok elkészítése során, egyértelműen kirajzolódott, hogy az FMEA elemzések elvégzésének milyen elméleti és gyakorlati akadályai vannak. A módszerünkkel a tradicionális FMEA elemzés számos elvi problémája kiküszöbölhető, míg a gyakorlati alkalmazás tekintetében is számos pozitív hozadékról tudunk beszámolni. (Bognár-Gáspár, 2012) Az DOFMEA elemzés elvégzéséhez létrehoztuk a módszertan web szerveren keresztül működő szoftveres támogató programját, a további idő-, és költségcsökkentést helyezve a fókuszba. A szoftver használatával, nem kell egy időben egy helyen megjeleníteni az elemzés elvégzéséhez, automatikus eredményszámítás segítségével gyorsabban kaphatóak meg az elemzés eredményei, stb. Jelen tanulmány célja bemutatni a szoftver tulajdonságait, működését és felhasználhatóságának területét.

2. A szoftver elvi működése

A szoftver alkalmazói szintű használatához csak internetkapcsolatra és egy böngészőre van szükség. Mint alkalmazó két felület áll rendelkezésre ”projektmenedzser” és „felhasználó” kategóriákban. A „projektmenedzser” felületen keresztül végezhető el az egyes FMEA projektek teljes körű menedzsmentje, ide értve a projektek létrehozását, projekttenyezőök definiálását, mérési skálák megadását, projekttagok meghívását, elemzési módszerek elvégzését, robusztusság vizsgálatot, a projekt fázisainak nyomon követését, stb. A „felhasz-