A MINŐSÉG FOGALMA, A MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI ELVEK ÉS RENDSZEREK FEJLŐDÉSE

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az előadás témakörei

- Alapfogalmak definíciói
- A minőségügy fejlődési lépcsői
- A minőség forrásai
- A minőséghurok

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőség fogalma

- Aggregált fogalom
- Műszaki-jogi értelemben a specifikáció alapozza meg
- Üzletpolitikailag a vevői elégedettség a döntő
- A kiterjedt nemzetközi kooperáció követelményei

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőség fogalma

Minőség (Quality): Egy termék, vagy szolgáltatás minősége az a tulajdonsága, hogy mennyire felel meg a felhasználás pillanatában a vevői igényeknek, vagy egy rögzített követelményrendszernek, és mennyire marad ilyen állapotában meghatározott élettartam és igénybevétel után.

MINŐSÉG
=
a kimondott és kimondatlan vevői igényeknek való megfelelés

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Fokozatai

- A termék lássa el alapfunkcióját
- Feleljen meg a specifikációnak
- Legyen a vevő elégedett
- A vevő latens igényeit is jelenítse meg

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Kik irányítják a piacokat?

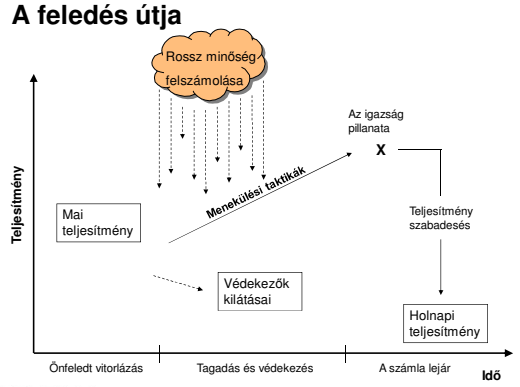
A 21. században a vevők még többet akarnak azokból, ami fontos számukra

- Ha az alacsony árakat értékelik, akkor még olcsóbbat akarnak
- Ha a kényelmet és a sebességet értékelik, akkor még egyszerűbbet és gyorsabbat akarnak
- Ha a legújabb technológiákat értékelik, már látni akarják a következő modelleket
- Ha szaktanácsra van szükségük, azt akarják érezni, hogy ők az egyetlen ügyfél

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

A feledés útja



BMEETT

A piaci verseny új szabályai

Az ügyfél szükségleteinek teljes mértékű kielégítése jövedelmező módon

Fontos észben tartani:

- Az elégedettség és az érték mértéke tekintetében az ügyfél rendelkezik minden szavazattal
- Ami ma jó, az nem jó holnap!

BMEETT

A módszerek történeti fejlődése

- Manufaktúra, kisipar: a munka végzője ellenőriz, dönt (használhatatlan, javítható, egy része felhasználható…)
- Ipari forradalom, szalagszerű termelés: elkülönült szervezet (MEO)
- Nagy sorozatok gyártása: megjelennek a statisztikai módszerek (SPC)
- Automatizált tömeggyártás: nélkülözhetetlen a szabályozás

BMEETT

A módszerek történeti fejlődése

A minőségmenedzsment fejlődésének fontosabb szakaszai:

1. Minőségellenőrzés (Quality Check)
2. Minőségszabályozás (Quality Control)
3. Minőségbiztosítás (Quality Assurance)
4. Teljes körű minőségbiztosítás (TQM)

BMEETT

A minőség forrásai

- A vevő-eladó „nyertes-nyertes” helyzetét kell kiindulási alapnak tekinteni
- Kompetencia=jártasság+motíváltság
- Általános és műszaki kultúra
- Vezetői szándék és tudás

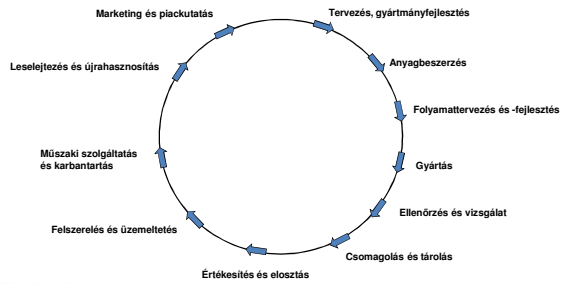
BMEETT

A minőséghurok

- Tervezés
- Gyártás-előkészítés
- Gyártás
- Az ellenőrzés eszközei, módszerei
- A csomagolás, szállítás
- A garanciális időszak, a vevőszolgálat
- A piaci jelenlét külső információi

BMEETT

A minőséghurok



BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Ellenőrző kérdések

- Melyek a sikeres piaci jelenlét alapfeltételei?
- Melyek voltak a minőségügy legfontosabb történeti lépcsői?
- Mit jelent a latens igények kielégítése?
- Melyek a minőség legfontosabb forrásai?
- Mi a minőséghurok lényege?

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

A TQC, TQM és ISO 9xxx KELETKEZÉSE, ALAPELVEI, EGYÉB MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI RENDSZEREK

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az előadás témakörei

- Az elterjedt alapvető minőségbiztosítási rendszerek
- A TQM alapjai
- Az ISO 9xxx alapjai
- A minőségügyi dokumentációs rendszerek
- Egyéb rendszerek

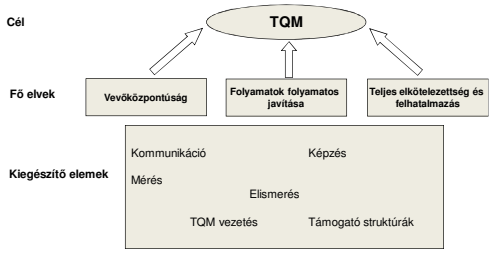
BMEETT

Az alapvető rendszerek eredete, filozófiai alapja

- TQC: II. világháború utáni Japán, maximális lojalitás a céghez, dolgozói kezdeményezés, minőség-körök alapítása, nincs adminisztráció.
- TQM: rohamosan fejlődő USA, vezetői kezdeményezés, irányítási filozófia, alapvető az állandó fejlesztés (PDCA ciklus), jutalmaz-büntet, nincs előírt adminisztráció, nincs audit.
- ISO 9xxx: egységesülő Európa, vezetői kezdeményezés, szabvány, ellenőrzött követelmények (audit) , sok adminisztráció.

BMEETT

A TQM alapelemei



BMEETT

A TQM alapjai

- Cél: hosszútávú sikerek a vevői megelégedettség útján.
- Alapelemek: vevőközpontúság, a folyamatok állandó javítása és fejlesztése, az alkalmazottak bevonása.
- Támogató elemek: képzett vezetés, rugalmas szervezet, képzés, kommunikáció, motiváció, értékelés, elemzés.

BMEETT

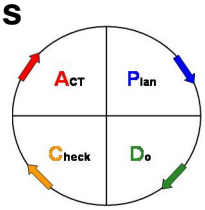
A vevői megelégedettség alapelemei

- Minőség
- Mindig elérhető mennyiség (nincs hiány)
- Pontosság, gyorsaság, udvariasság
- Rendelkezésre állás, kiegészítő információk
- Rugalmasság
- Reagálási (válaszadási) gyorsaság
- Tartósság
- Megbízhatóság
- Tartozékok, szervizelhetőség

BMEETT

Állandó fejlesztés, a PDCA ciklus

- Tervezz (Plan)
- Csináld (Do)
- Ellenőrizd (Check)
- Cselekedj (Act)



- A négy elem folyamatos, egymásból következő alkalmazása.

BMEETT

Az ISO 9xxx szabványcsalád

- Történeti előzménye: BS 5750 (1979-ben jelent meg)
- 1987 első kiadás, 1994 és 2000 jelentős változások, 1992: 1994: 1995: 1996: 1998 klf. Kiegészítések
- A szervezeteknek a bevezetett intézkedéseket tanúsíttatni (auditáltatni) kell

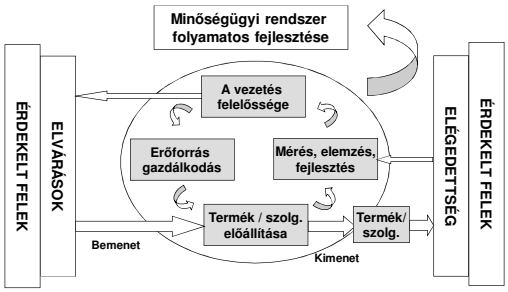
BMEETT

Az ISO 9xxx követelményeinek legfontosabb területei

- Világos értékrend rögzítése.
- Olyan rendszer kialakítása, amely hibamegelőzésre, folyamatszabályozásra alkalmas.
- A felelősségi körök pontos rögzítése.
- A belső szervezeti kapcsolatok pontos szabályozása.
- A vevői kapcsolatok szabályozása.
- A szállítói kapcsolatok szabályozása.
- Számszerűsített termék- és gyártás-biztonság.

BMEETT

Az ISO 9xxx követelményeinek legfontosabb területei



BMEETT

Az ISO 9xxx dokumentációs hierarchiája

- Vezetői nyilatkozat.
- Minőségi célok és tervek (minőségpolitika).
- Minőségbiztosítási kézikönyv (követelmények, felelősök).
- Eljárások és termékek kézikönyve (műveletek szabályozása).
- A rendszer működtetési utasításai (munkautasítások).
- Bizonylatok, nyilvántartások, űrlapok gyűjteménye.

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

ISO 9000:2000 szabvány rendszer dokumentációjának felépítése

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Vállalatirányítási rendszerek gyakorlati működtetése 1.

Hatékony vállalatirányítás (benne minőségszabályozás) csak jól kiépített információs rendszerrel lehetséges.

Két fontos szintje:

1. ERP (Enterprise Resource Planning)

A vállalat erőforrás tervezését lehetővé tevő hardver-szoftver rendszer. Gyakori alrendszerei: pénzügy, munkaügy, beruházás, anyaggazdálkodás, logisztika, minőségügy, karbantartás. Elsősorban a közép- és hosszabb távú tervezést támogatja.

BMEETT

27

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Vállalatirányítási rendszerek gyakorlati működtetése 2.

2. MES (Manufacturing Execution System)

A gyártás napi, „műhely” szintű támogatását végző rendszer. Bemenő információit a termelésben telepített szenzorok és különböző dolgozói adatbevitelek szolgáltatják (beállítási paraméterek, ellenőrzések adatai, javítóállomások információi, karbantartási információk stb.). A minőségügyi folyamatok valós időben történő figyelemmel kísérésének fontos eszköze, adatait feladja az ERP szintre is.

BMEETT A BME-ETT a SIITME 2009-ért 28/10

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Egyéb ismertebb minőségügy rendszerek

- QS 9000, autóipari specialitások
- SHMS (Safety and Health Management System), munkabiztonsági rendszer
- HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points), kritikus pontok kockázatelemzése.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Ellenőrző kérdések

- Hasonlítsa össze a TQC, a TQM és az ISO 9xxx legfontosabb jellemzőit!
- Melyek a TQM legfontosabb elemei?
- Mi a PDCA ciklus?
- Mely legfontosabb elemeket szabályozza az ISO 9xxx?
- Mi az auditor feladata?
- Melyek az ISO 9xxx dokumentációs rendszerének legfontosabb részei?
- Mire szolgálnak az ERP-MES rendszerek?

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPC 1

1. A Statisztika alapjai

Dr. Illés Balázs

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- **Valószínűség számítás és statisztika**
- **Valószínűség algebrai alapok**
- **Valószínűségi változó**
- **Folytonos valószínűségi változók**
- **Az ingadozás egyéb paraméterei**
- **Nagyszámok törvényei**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűség számítás és statisztika

- Alapfeltevés: tekintsünk egy többféle kimenetelű eseményt, egy ***A*** kedvező esettel.
- Ha kísérletet **többször és azonos körülmények** között hajtjuk végre, ***A*** a kísérletek egy részében bekövetkezik, más részében nem.
- Ha ***n*** kísérletből ***A*** pontosan ***k***-szor következik be, akkor ***k*** az ***A*** esemény gyakorisága ***k/n*** pedig a relatív gyakorisága.
- Példa: automata csavargyártó berendezés, ***A*** esemény ha a termék selejtes. Azt fogjuk tapasztalni, hogy az ***A*** relatív gyakorisága minden sorozatban más és más (pl. 3/100 és 5/100). **MIÉRT??**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűség számítás és statisztika

- **MIÉRT:** Változnak a gyártási körülmények? -> nem feltétlenül!
- Ha a gyártás körülményei **állandóak maradnak**, a selejt **relatív gyakorisága akkor is ingadozik** egy meghatározott érték körül!
- Ha gyártás körülményei megváltoznak, akkor ez az érték **megváltozhat**, az új érték körül azonban ismét ingadozást tapasztalunk.
- Az ingadozások általában annál kisebbek lesznek minél több kísérletet hajtunk végre. *(előző példában minél nagyobb az n minta szám.)*
- Azt a számot, amely körül egy esemény relatív gyakorisága ingadozik, az illető esemény **valószínűségének** nevezzük.

BMEETT

Valószínűség számítás és statisztika

- **Kísérletek megismételhetősége:** ha a kísérlet körülményei megváltoznak általában változik a valószínűség is!
- Párhuzamosan sok kísérlet = egymás utáni egyes kísérletek
- Egy esemény **valsége, mindig a megfigyelőtől független,** objektív érték kell legyen. (pl. mit tekintünk selejtnek?)
- Szubjektivitás kizárása: ***A*** esemény pontos definiálásával!
- Objektív valség éppúgy mérhető, mint a fizikai mennyiségek, amihez a valószínűség számítás és a matematikai statisztika módszereit alkalmazzuk.
- Többnyire indirekt módszerek, és a relatív gyakoriság megfigyelésén alapszanak.
- Valség fogalma élesen elválik a relatív gyakoriságtól! A valség egy szám, míg a relatív gyakoriság a véletlen függvénye!

BMEETT

Valószínűség algebrai alapok

- **Klasszikus valószínűségalgebra esetén, A valsége:**

  $P(A) = \frac{k}{n}$ mindig igaz: $0 \le P(A) \le 1$

- ***Valószínűségalgebrai alaptételek:***
- Ha $B \subseteq A$ (azaz ***B*** részhalmaza ***A***-nak) -> $P(B) \le P(A)$
- Minden ***A*** eseményre: $P(A) + P(\overline{A}) = 1$
- Ha ***A1, A2…An*** események egymást páronként kizárják:

  $P(A1 + A2 + ... + An) = P(A1) + P(A2) + ... + P(An)$

BMEETT

Valószínűség algebrai alapok

- Legyen ***A*** és ***B*** tetszőleges esemény:

  $P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB)$

- Ha $B \subseteq A$ (azaz ***B*** részhalmaza ***A***-nak):

  $P(A-B) = P(A) - P(B)$

- ***Feltételes valószínűség fogalma***: ha *N* kísérletet végezve ***B*** esemény *n*-szer fordul elő, és e közül az *n* kísérlet közül *k*-szor ***B***-vel együtt ***A*** is bekövetkezik, akkor ***k/n*** az ***A*** eseménynek ***B*** feltétel melletti *feltételes relatív gyakorisága.*

- *Feltételes valség definíciója:* $P(A|B) = \dfrac{P(AB)}{P(B)}$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűség algebrai alapok

- ***Függetlenség fogalma:*** a legtöbb statisztikai tétel alapkövetelménye a megfigyelt események (minták) függetlensége!

- Ha ***A*** esemény független ***B***-től: $P(A|B) = P(A)$

- Ha A és B események függetlenek egymástól:

  $P(AB) = P(A)P(B)$ (függetlenség szükséges és elégséges feltétele)

- *Sajnos a gyakorlati életben a tényleges függetlenség csak ritkán biztosítható, így a statisztikák által szolgáltatott eredmények legtöbbször némileg torzítottak.*

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Klasszikus valószínűségi eloszlások

- ***A binomiális eloszlás:*** két kimenetelű esemény esetén, B_k legyen ***A*** esemény ***k***-szori bekövetkezése ***n*** kísérlet esetén:

  $$P(B_k) = \binom{n}{k} P(A)^k (1 - P(A))^{n-k}$$

- A binomiális eloszlás általánosítás több kimenetelű eseményekre a **polinomiális eloszlás**:

  $$P(B_{k1,k2,\ldots,kr}) = \frac{n!}{k1!k2!\ldots kr!} P(A1)^{k1} P(A2)^{k2} \ldots P(Ar)^{kr}$$

- Egyéb klasszikus eloszlások: *hipergeometrikus* (urna húzás), *polihipergeometrikus, negatív binomiális* eloszlás.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi változó

- Sokszor nem elég a kvalitatív megállapítás, hogy egy esemény bekövetkezik vagy sem.
- Véletlen tömegjelenségek jellemzéséhez kvantitatív számadatokra van szükség.
- Egy véletlen számadat jellemzéséhez tudnunk kell milyen értékek és mekkora valószínűséggel jöhetnek számításba.
- Az ilyen véletlentől függő mennyiségeket **valószínűségi változóknak** nevezzük.

- Legyen $\xi(w) = x_1, x_2, ... x_r$ valségi változó, akkor x_n érték bekövetkezésének valsége:

$$P(\xi = x_n) = P(A_n)$$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi változó

- Valószínűségi változó eloszlás függvénye:

$$F(x) = P(\xi < x)$$

- A valségi változós véletlen ingadozását az eloszlás függvény írja le. Ennél azonban egyszerűbb jellemzés kell.
- Diszkrét valószínűségi változó várható értéke:

$$M(\xi) = \sum_k p_k x_k$$ ahol p_k az x_k érték valsége

- Varható érték = átlag ? Igen, ha $p_1 = p_2 = ... = p_k$
- Probléma: legtöbbször p_k-k ismeretlenek.
- Az átlag a várható érték megfigyeléseken alapuló becslése.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi változó

- **Néhány tétel a várható értékre:**
- Feltéve, hogy a lent említett várható értékek léteznek:

$$M(\xi + \eta) = M(\xi) + M(\eta)$$

$$M(c\xi) = cM(\xi)$$ ahol c konstans szorzó

$$M(M(\xi|\eta)) = M(\xi)$$ nagyon erős kijelentés

- Feltéve, hogy a lent említett valségi változók függetlenek:

$$M(\xi\eta) = M(\xi)M(\eta)$$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi változó

- **Valószínűségi változós szórása:**
- Egy valségi változó a várható értékek körül ingadozik, de mekkora az ingadozás mértéke?

$$D(\xi) = \sqrt{M((\xi - M(\xi))^2)}$$

- „A várható értéktől való várható eltérés mértéke”
- **Néhány tétel a szórásra:**

$$D^2(\xi) = M(\xi^2) - M(\xi)^2$$ (legegyszerűbb kiszámítási mód)

- Ha $\eta = a\xi + b$ (a és b konstansok), akkor: $D(\eta) = |a| D(\xi)$
- Páronként független valségi változókra: $D^2\left(\sum_k \xi_k\right) = \sum_k D^2(\xi_k)$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A korrelációs együttható

- A korreláció két valségi változó függőségéről ad **„bizonyos”** felvilágosítást:

$$R(\xi,\eta) = \frac{M([\xi - M(\xi)]\cdot[\eta - M(\eta)])}{D(\xi)D(\eta)}$$

- A korrelációs együttható értéke: $-1 \le R(\xi,\eta) \le 1$
- Egyéb kiszámítási mód**:**

$$R(\xi,\eta) = \frac{M(\xi\eta) - M(\xi)M(\eta)}{D(\xi)D(\eta)}$$

- **Tételek a korrelációs együtthatóra:**
- Ha a valségi változók függetlenek, akkor $R(\xi,\eta) = 0$ **de ennél még fontosabb, hogy az állítás visszafelé nem igaz!**
- Ha $|R(\xi,\eta)| = 1$ akkor biztosan: $\eta = a\xi + b$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Binomiális eloszlás közelítései

$$P(x = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

- Ha *n* nagyon nagy és *p* nagyon kicsi a binomiális eloszlás közelíthető egy *λ* paraméterű **Poisson** eloszlással:

$$P(x = k) = \frac{\lambda}{k!} e^{-\lambda} \qquad (\lambda = np)$$

- A **Normális** eloszlás függvénye: $\Phi(x = k) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^{k} e^{-x^2/2} dx$
- A műszaki életben talán a legtöbbet használt két eloszlás típus.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Folytonos valószínűségi változók

- Eddig csak diszkrét valségi változókkal foglalkoztunk, a való életben viszont sokkal gyakoribbak a folytonos esetek.
- Legyen $F(x) = P(\xi < x)$ ξ valségi változó eloszlás függvénye

- **Eloszlás függvények jellemző tulajdonságai:**
- F(x) monoton nem csökkenő függvény
- Bármely eloszlásra: $F(-\infty) = 0 \quad és \quad F(\infty) = 1$
- F(x) balról folytonos

- **Folytonos valségi változó sűrűségfüggvénye:** $f(x) = F'(x)$

BMEETT

Folytonos valószínűségi változók

- **Eloszlás függvény és sűrűség függvény kapcsolata:**
- Minden valségi változónak létezik eloszlás függvénye de nem minden eloszlás függvényhez rendelhető sűrűség függvény! (F(x) nem mindig deriválható)

- Ha létezik $f(x) = F'(x)\ akkor\ F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$

- Statisztikai kérdéseknél a leggyakoribb probléma, hogy nem ismert az eloszlás függvény. Valamint még ha ismert is nem elég „informatív”.
- Sűrűségfüggvény mérhető és informatív (pl. normális eloszlás haranggörbéje).

BMEETT

Folytonos valószínűségi változók

- Várható érték folytonos esetben:

$$M(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} xdF(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$ f(x) általában ismert

- Szórás folytonos esetben:

$$D^2(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 dF(x) - \left(\int_{-\infty}^{\infty} xdF(x) \right)^2 =$$

f(x) általában ismert

$$= \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x)dx - \left(\int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x)dx \right)^2$$

BMEETT

Normális eloszlás

- Eloszlás függvénye:

$$F(x) = \Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^{k} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx$$

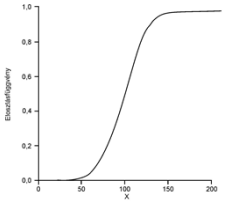
- Sűrűség függvénye:

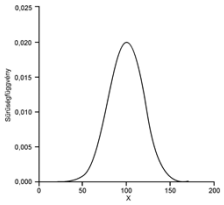
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

- Várhatóérték és szórás:

$$M(x) = m \text{ és } D(x) = \sigma$$

(Nagy számú független valségi változó összege közel normális eloszlású!)





BMEETT

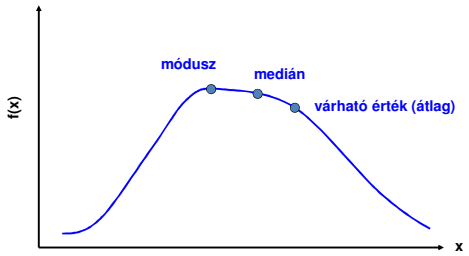
Az ingadozás egyéb paraméterei

- Bizonyos esetekben a várható értéken és a szóráson kívül más jellemzőkre is szükségünk van (lehet) a statisztikák elemzése során
- **Átlag:** $\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$ (az átlag a várható érték legjobb becslője)
- **Medián:** $F(x) = 0.5$ (az eloszlásfüggvény „súlypontja”)
- **Módusz:** $\max f(x)$ (sűrűség függvény legnagyobb értéke = a a valségi változó leggyakoribb értéke)
- Szimmetrikus normális eloszlás esetén, a medián és a módusz egybe esik a várható értékkel (átlaggal).

BMEETT

Az ingadozás egyéb paraméterei

- „Aszimmetrikus” normális eloszlás esetén (pl. Rayleigh) a fenti paraméterek eltérő értékeket adnak



BMEETT

Az ingadozás egyéb paraméterei

- **Példa:** egy termék statisztikai elemzése során a következő eredményeket kapjuk
- **A várható érték és a módusz közel azonos de a medián eltérő:**
  - Kisebb probléma, a gyártó eszköz + vagy – irányban kissé több selejtet termel, mint az ellenkező irányban. Beavatkozás nem feltétlen szükséges, viszont érdemes megfigyelni a berendezés további működését
- **A várható érték és a medián közel azonos de a módusz eltérő:**
  - **Nagy probléma,** a gyártóeszköz leginkább selejtet termel (még ha azt szimmetrikusan is teszi)
- **Mind a három paraméter különböző**
  - **Nagy probléma,** a gyártóeszköz leginkább selejtet termel (aszimetrikusan)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az ingadozás egyéb paraméterei

- **Kvantilisek:** Q(q) q-kvantilis azon *x* érték ahol $F(x) = q$
- A medián ezzel a jelöléssel a Q(1/2) kvantilis
- Speciálisan használt az *„alsó kvartilis" Q(1/4) és „felső kvartilis" Q(3/4)*
- Alkalmazás: a megfigyelt jelenség mely értékei esnek az alsó (alacsony) és felső (magas) valószínűségi tartományba.
- Normális eloszlás esetén:
  $Q(1/4) = m - 0.6745\sigma$ *és* $Q(3/4) = m + 0.6745\sigma$
- **Terjedelem:** $\max(x) - \min(x)$ az iparban szórás helyett gyakran alkalmazott mutató, mivel szemléletes

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az ingadozás egyéb paraméterei

- **A terjedelem a szórás egyfajta (gyenge) becslője, tulajdonságai:**
- Semmilyen statisztikai alapja nincs, olykor nagyon félrevezető lehet! (Pl. óriási terjedelem esetén is lehet nagyon alacsony a szórás)
- A terjedelem általában aszimmetrikus, a szórás nem
- A terjedelem általában nagyobb mint a tényleges szórás
- **Átlagos abszolút eltérés:** $d(\xi) = M(|\xi - M(\xi)|)$
- Az átlagos abszolút eltérés a szórás egy „jobb" becslője
- Normális eloszlás esetén: $d(\xi) = \sqrt{2/\Pi}\, D(\xi)$

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nagyszámok törvényei

- Statisztikák készítése és elemzése során a legalapvetőbb probléma, hogy általában nem ismerjük sem a vizsgált valségi változó(k) eloszlását, sem azok várható értékét és szórását.
- Csak tapasztalati (mért) eredményekből tudjuk becsülni a vizsgált jelenséget.
- Mit tudunk mérni: tapasztalt relatív gyakoriság, ***átlag, átlagos abszolút eltérés*** és sűrűségfüggvény.
- A fentiek segítségével különféle „erősségű" becslések tehetők a vizsgált jelenség statisztikai paramétereire, **a nagyszámok gyenge (sztochasztikus) és erős törvényeivel**.
- Definiáljuk a tapasztalati átlagot: $\zeta_n = \frac{\xi_1 + \xi_2 + \ldots + \xi_n}{n}$

BMEETT

Nagyszámok törvényei

- **Sztochasztikus konvergencia tételek** (nagy számok gyenge törvényei):
- Független kísérlet sorozatban az ***A*** esemény relatív gyakorisága sztochasztikusan konvergál a ***P(A)*** valséghez, ha a kísérletek száma minden határon túl nő:

$$\lim_{n\to\infty} P(|\zeta_n - p| \geq \varepsilon) = 0$$

- Egy kísérlet sorozat tapasztalati átlaga (ha a kísérletek páronként függetlenek) sztochasztikusan konvergál a kísérletsorozat várható értékéhez:

$$\lim_{n\to\infty} st\left(\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\xi_k\right) = M$$

BMEETT

Nagyszámok törvényei

- Hogyan „javul" a várható érték és a szórás becslése ha növeljük a mintaszámot?
- A várható érték becslése *n*-el arányosan javul:

$$M(\zeta_n = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\xi_k) = \frac{M_1 + M_2 + \ldots + M_n}{n}$$

- A szórás becslése viszont csak gyök *n*-el (definícióból levezethető):

$$D(\zeta_n) = \frac{D_n}{\sqrt{n}}$$

- A mintaszám növelése egy határon túl nem hozza meg a kívánt javulást!

BMEETT

Nagyszámok törvényei

- **Nagyszámok erős törvényei**:
- Valamely valségi változók sorozata 1 valséggel 0-hoz tart ha:

$$P(\lim_{n\to\infty} \eta_n = 0) = 1$$

- Teljesen független kísérlet sorozat tapasztalati átlaga 1 valséggel konvergál a kísérletsorozat várható értékéhez:

$$P\left[\lim_{n\to\infty}\left(\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\xi_k\right) = M\right] = 1$$

- Kiegészítés: ha biztosítani tudjuk a teljesen független mintavételt akkor a minták átlaga nagy mintaszám esetén erősen konvergál a várható értékhez.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nagyszámok törvényei

- **A matematikai statisztika alaptétel**:
- Egy statisztikai sokaságból vett, azonos eloszlású, független valségi változók eloszlásfüggvénye legyen *F(x)*. Jelöljük $F_N(x)$-el a minta tapasztalati eloszlásfüggvényét. Ekkor $F_N(x)$ 1 valséggel (erősen) konvergál *F(x)*-hez:

$$P\left[\lim_{N\to\infty}\left|F_N(x) - F(x)\right| = 0\right] = 1$$

- E fontos tétel azt jelenti számunkra, hogy elég nagy mintából 1 valséggel kimerítő információt nyerhetünk a megfigyelt jelenség eloszlás függvényéről. (Az előző tételek alapján pedig az összes többi statisztikai paraméteréről is.)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Centrális határeloszlás tétele

- A matematikai statisztika talán egyik leggyakrabban alkalmazott tétele:
- Sok független valségi változó összege igen általános feltételek mellett közelítőleg normális eloszlású.
- Legyen: $\eta_n = \xi_1 + \xi_2 + ... + \xi_n$
- Legyen $\eta_n{}^* = \dfrac{\eta_n - M(\zeta_n)}{D(\zeta_n)}$ un. standardizált. Ekkor:

$$\lim_{n\to+\infty} P(\eta_n{}^* < x) = \Phi(x)$$

- Ezen tétel világít rá arra, hogy a műszaki életben miért találkozunk leginkább normális vagy közel normális eloszlásokkal. Megszorításokkal véges mintaszám és gyengén összefüggő mintákra is érvényes a tétel.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPC 2

2. Az adatok grafikai reprezentációi és hibatípusok fajtái

Dr. Illés Balázs

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- Statisztikai adatok és grafikai reprezentációjuk
- Normális eloszlás és Normalitás-vizsgálat
- Idősorok
- „Bar chart" oszlop diagramok
- Poisson és Weibul eloszlások
- Hiba típusok

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Statisztikai adatok és grafikai reprezentációjuk

- **Legalapvetőbb statisztikai adatok:**
- Diszkrét mérési eredmények
- Tapasztalati átlag és szórás
- Tapasztalati sűrűségfüggvény
- Tapasztalati eloszlás függvény (ritkán alkalmazott)

- **Egyéb mérhető paraméterek:**
- Medián
- Módusz,
- Terjedelem,
- Mozgó átlag és terjedelem.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Statisztikai adatok és grafikai reprezentációjuk

- **Ábrázolási módok:**
- Gauss hálózatos diagram (Normalitás vizsgálat)
- Hisztogramok (Normalitás vizsgálat)
- Szár-levél diagram (Normalitás vizsgálat)
- Idősorok
- „Bar chart" (oszlop) diagramok
- „Box plot" diagram

- **Az adatok ábrázolásával a célunk:**
- Az ábrák „alakjából" tudunk azonnali következtetéseket levonni a megfigyelt jelenségre vonatkozólag. Statisztikai folyamat irányítás esetén döntést hozni a beavatkozásról.

BMEETT

IVE CONVECT CHIPS AND SYSTEMS

Átlag és szórás számítás

- **Mérési adatok alapján számított statisztikai paraméterek**
- Átlag: $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k$
- Szórás: $\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$
- Korrigált szórás: $\sigma^{*2} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\right]^2\right)$
- (Bizonyítható, hogy normális eloszlás esetén a korrigált szórás négyzet jobb becslő.)

BMEETT

IVE CONVECT CHIPS AND SYSTEMS

Normális eloszlás

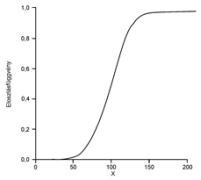
- Eloszlás függvénye:

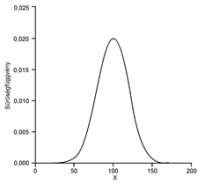
$$F(x) = \Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}}\int_{-\infty}^{k} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}\,dx$$

- Sűrűség függvénye:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

- Grafikai reprezentációk egyik alapvető célja, hogy megállapítsuk, hogy a megfigyelt jelenség ***normális eloszlású*** vagy nem, ún. Normalitás-vizsgálattal.





BMEETT

IVE CONVECT CHIPS AND SYSTEMS

Normalitás-vizsgálat

- A mért adatsorok speciális felbontásával és ábrázolásával, megállapítható, hogy a vizsgált jelenség normális eloszlású vagy sem.
- **Miért lényeges a normalitás vizsgálat?**
- Érdemi következtetéseket csak akkor tudunk levonni a mért eredményekből, ha ismerjük a vizsgált jelenség eloszlását.
- A legtöbb ipari statisztikai módszer (pl. SPC (Statistic Process Control)), arra épül, hogy a vizsgált vagy modellezett jelenség normális eloszlású.
- **Mi a teendő ha a normalitás vizsgálat eredménye negatív?**
- Más eloszlással kell modellezni a mért eredményeinket, gyakran alkalmazottak pl. Poisson vagy Weibull eloszlás

BMEETT

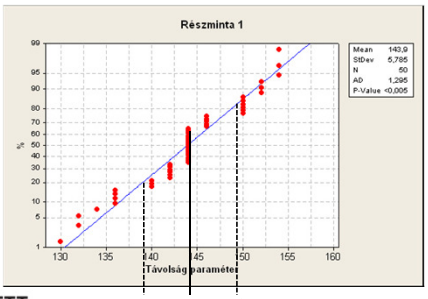
Normalitás-vizsgálat

- **Gauss „hálózatos papír”:**
- Egy speciális logaritmikus léptékű grafikon, amelyen a normális eloszlás függvény *„S alakú”* jelleggörbéje kiegyenesedik
- *x* tengelyen a minta értékek, *y* tengelyen pedig a relatív gyakoriság található
- Ha a mért adatokat ábrázoljuk és azok megközelítőleg egy egyenesen helyezkednek el, akkor a vizsgált jelenség nagy valséggel normális eloszlású
- Ha a vizsgált jelenség normális eloszlású akkor egyéb információk is nyerhetők a Gauss hálózatos papírról:
  - 50%-os pontban található az átlagérték
  - 16 és 84% pontokban pedig a $\pm\sigma$

BMEETT

Normalitás-vizsgálat

- **Gauss „hálózatos papír” példa:**



-σ x +σ

BMEETT

Normalitás-vizsgálat

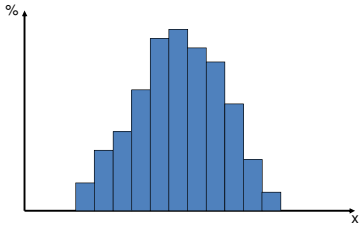
- **Hisztogram:**
- A mért értékekből ábrázoljuk a tapasztalati sűrűség függvényt.
- A Gauss eloszlás sűrűségfüggvénye jellegzetes (haranggörbe) alakú, így nagy valséggel becsülhető a jellegéből, hogy a vizsgált jelenség normális eloszlású-e.

- **A hisztogram felvétel:**
- A mért értékek terjedelmét 7-11 egyenlő nagyságú intervallumra bontjuk.
- az *x* tengelyen az intervallumokat, az *y* tengelyen pedig az intervallumokba eső mért értékek gyakoriságát ábrázoljuk

BMEETT

Normalitás-vizsgálat

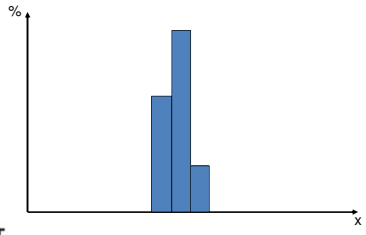
- **Hisztogram példa:**
- Megfelelő felbontás (intervallumok száma) esetén a normális eloszlás sűrűségfüggvényét kapjuk.



BMEETT

Normalitás-vizsgálat

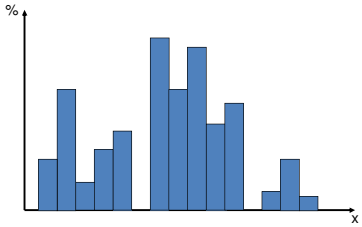
- **Példák hibásán felvett hisztogramra:** Túl kevés intervallum
- Túl alacsony a felbontás, más eloszlások is produkálhatnak hasonló sűrűség függvényt



BMEETT

Normalitás-vizsgálat

- **Példák hibásán felvett hisztogramra:** Túl sok intervallum
- Túl nagy a felbontás, egy normális eloszlású minta is produkálhat teljesen jellegtelen hisztogramot



BMEETT

Normalitás-vizsgálat

- **Szár-levél (stem and leaf) diagram készítése:**
- Nagyszámú minta értékeinek áttekintése és rendszerezése
- A hisztogram ábrázolás egy speciális módszere
- A mért értékek alapján „szárakat" definiálunk és megszámoljuk a rájuk eső „levelek" számát.

Mért adatok:

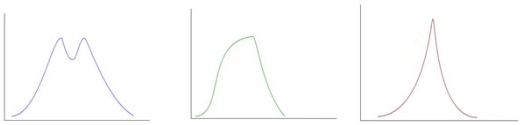
76, 78
83, 81, 87, 82
97, 93, 92
102

Szár	Levél
70	6, 8
80	3, 1, 7, 2
90	7, 3, 2
100	2

BMEETT

Normalitás-vizsgálat

- **Jellegzetes hisztogram alakok:**



bimodális **aszimmetrikus** **„tűhegyes"**

BMEETT

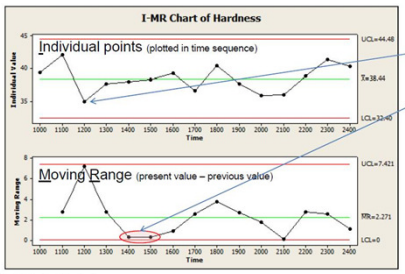
Idősorok

- A mért értékeket vagy valamely statisztikai jellemzőjüket az idő függvényében ábrázoljuk.
- Az SPC legalapvetőbb ábrázolási módszere.
- Az időfüggés bevezetése miatt a rendszer dinamikája vizsgálható, a „jövő becsülhetővé válik”.
- Leggyakrabban ábrázolt mennyiségek:
- **I-MR:** Maga a mért érték és mozgó terjedelem (nagyon kevés minta esetén, nincs értelme más statisztikai paraméternek)
- **X-bar-R:** A mért érték átlaga és terjedelme (közepes mintaszám esetén, a szórás még csalóka lehet)
- **X-bar-S:** A mért érték átlaga és szórása (nagy mintaszám esetén, a statisztikai paraméterek biztosan jól reprezentálják a megfigyelt jelenséget)

BMEETT

Idősorok

- **Példák idősorokra: I-MR (**Maga a mért érték és mozgó terjedelem)



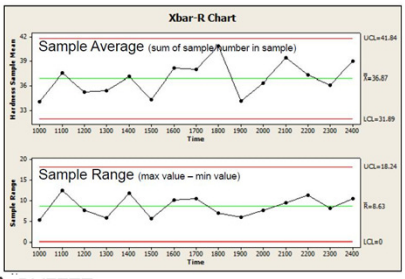
Time	Hardness	MR
1000	39.3	
1100	42.1	2.8
1200	34.9	7.2
1300	37.7	2.8
1400	38	0.3
1500	38.3	0.3
1600	39.2	0.9
1700	36.6	2.6
1800	40.4	3.8
1900	37.7	2.7
2000	35.9	1.8
2100	36	0.1
2200	38.8	2.8
2300	41.4	2.6
2400	40.3	1.1
Average	**38.44**	**2.27**
StDev	**2.08**	**1.84**
UCL	**44.68**	**7.78**
LCL	**32.20**	**0.00**

N.B. UCL & LCL are calculated

BMEETT

Idősorok

- **Példák idősorokra: X-bar-R** (A mért érték átlaga és terjedelme)

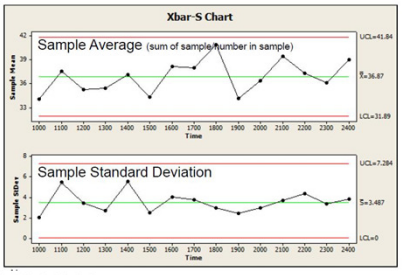


Time	Hardness	R
1000	34.05	5.32
1100	37.55	12.48
1200	35.26	7.55
1300	35.41	5.71
1400	37.15	11.80
1500	34.31	5.62
1600	38.14	10.18
1700	37.96	10.42
1800	40.87	7.01
1900	34.08	6.02
2000	36.34	7.65
2100	39.45	9.53
2200	37.31	11.39
2300	36.09	8.19
2400	39.05	10.46
Average	**36.87**	**8.62**
StDev	**2.05**	**2.43**
UCL	**43.02**	**15.91**
LCL	**30.72**	**0.00**

BMEETT

Idősorok

- **Példák idősorokra: X-bar-S (**A mért érték átlaga és szórása)



Time	Hardness	S
1000	34.05	2.06
1100	37.55	5.49
1200	35.26	3.46
1300	35.41	2.74
1400	37.15	5.54
1500	34.31	2.50
1600	38.14	4.08
1700	37.96	3.76
1800	40.87	2.99
1900	34.08	2.43
2000	36.34	2.99
2100	39.45	3.73
2200	37.31	4.37
2300	36.09	3.41
2400	39.05	3.85
Average	**36.87**	**3.56**
StDev	**2.05**	**1.02**
UCL	**43.02**	**6.63**
LCL	**30.72**	**0.00**

BMEETT

„Bar chart" oszlop diagramok

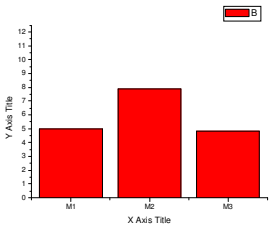
- Legfőbb alkalmazási terület: ***különböző minták statisztikai paramétereinek összehasonlítása egy diagramon***

- **Leggyakrabban ábrázolt mennyisége**:
- Átlagérték
- Átlagérték + szórás
- Átlagérték + terjedelem
- Átlagérték + terjedelem + kvartilisek („Box plot")

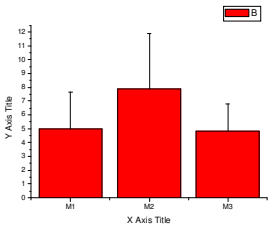
BMEETT

„Bar chart" oszlop diagramok

Átlag



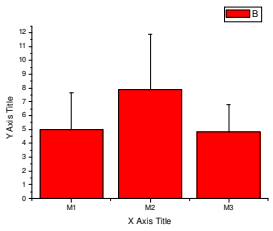
Átlag + szórás



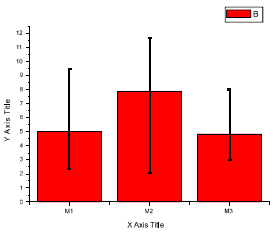
BMEETT

„Bar chart” oszlop diagramok

Átlag + szórás



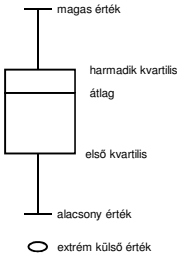
Átlag + terjedelem

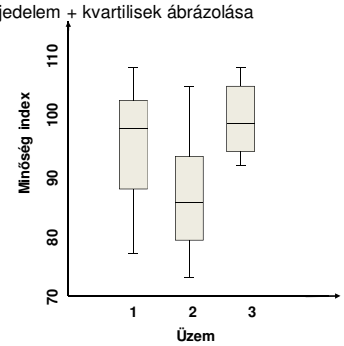


BMEETT

„Bar chart” oszlop diagramok

- **Box plot:** átlag + terjedelem + kvartilisek ábrázolása

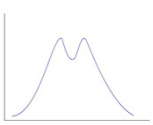




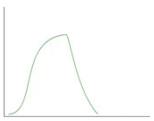
BMEETT

Normalitás-vizsgálat

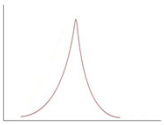
- **Jellegzetes hisztogram alakok:**



bimodális



aszimmetrikus



„tűhegyes”

BMEETT

Poisson és Weibul eloszlások

- Ha a normalitás vizsgálat eredménye negatív, a folyamat nagy valséggel modellezhető ***Poisson*** vagy ***Weibull*** eloszlással.
- **Poisson eloszlás:** ha egy binomiális esemény (pl. egy termék selejtes) bekövetkezésének ***p*** valsége nagyon nagy ***n*** mintaszám esetén is kicsi, akkor az jól közelíthető Poisson eloszlással:

$$P(x=k)=\frac{\lambda}{k!}e^{-\lambda} \qquad (\lambda = np > 0)$$

- Poisson eloszolás egy paraméteres eloszlások családjába tartozik.

BMEETT

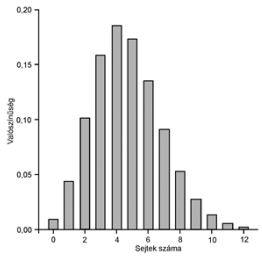
IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Poisson eloszlás

- Poisson eloszolás várható értéke és szórása a lambda paraméterrel megadható:

$$E(x)=\lambda \qquad D(x)=\sqrt{\lambda}$$

- A Poisson eloszlás sűrűségfüggvénye:



BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Weibull eloszlás

- **Weibull eloszlás:** a kétparaméteres (*λ, k*) Weibull eloszlás megbízhatóság elmélet leggyakrabban alkalmazott eloszlása. Sűrűségfüggvénye:

$$f(x)=\begin{cases}\frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k} & (x \geq 0)\\ 0 \quad (x<0)\end{cases}$$

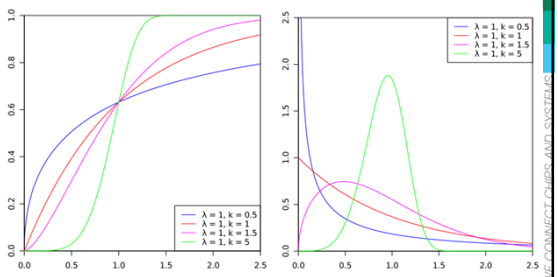
- ***k*** az alak míg ***λ*** *a skálaparaméter*
- A Weibull eloszlás több más nevezetes eloszlással is kapcsolatban áll: ***k=1*** esetén az exponenciális, ***k=2*** esetén a Rayleigh, ***k>5*** esetén normális eloszlásba megy át.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Weibull eloszlás

- **Weibull eloszlás- és sűrűségfüggvénye:**



BMEETT

Weibull eloszlás

- a ***k*** paraméter megbízhatósági értelmezése:
- ***k*<1**, a meghibásodási gyakoriság idővel csökken. Ez akkor fordul elő, ha a kezdeti meghibásodás jelentős, és idővel ezért csökken a meghibásodás, mert a potenciálisan hibás elemek már kiestek a rendszerből.
- ***k*=1**, a meghibásodási gyakoriság időben állandó. A hibákat véletlenszerű külső események okozzák.
- ***k*>1,** a meghibásodási gyakoriság időben növekszik. Ez akkor fordulhat elő, amikor a vizsgálat tárgya az öregedési tartományba kerül, a rendszer alkotóelemei az elöregedés, és az elhasználódás miatt egyre gyakrabban hibásodnak meg.

BMEETT

Hiba típusok

A hibák eredete:

- ***Gyártási eredetű***, észlelhető hibák (gondatlanság, felületesség = valami elfedte a dolgot). Ezek rendszerint korán jelentkező hibák.
- ***Rejtett hibák:*** Általában anyagszerkezetbeli elváltozások miatt bekövetkező hibák. Jó minőségű terméknél időben egyenletesen mutatnak.
- ***Terhelés eredetű hibák***: Mindenféle szerkezet lehet terhelni egy magadott értékig. Nagyon kevés olyan eset van, ahol a határ átlépése azonnali romlást okoz, viszont a határ fele haladva a meghibásodás valószínűsége egyre nő.

BMEETT

Hiba típusok

A hibák jellegük szerint:

- *Katasztrofális:* egyik pillanatról a másikra teljes működésképtelenség következik be.
- *Elfajuló, (degradálódó hiba):* nem azonnal szűnik meg a funkció ellátása. Valamelyik paraméter jellemzője elfajul, ami fokozatosan vezet el a meghibásodáshoz.

A hibák terjedelme:

- *Részleges:* Nem sérül minden, csak néhány elem.
- *Teljes:* A specifikációból semmi sem teljesül.

BMEETT

Hiba típusok

Életszakasz szerinti hibafajták*:*

- *Korai hibák:* Gyakoriak és gyártási eredetűek
- *Hasznos élettartam alatt jelentkező hibák:* Ritkák és egyenletes eloszlásúak.
- *Elhasználódott szakaszban jelentkező hibák:* gyakoriak. Különösen az elhasználódó, elkopó készülékekre jellemző. (pl. fényemittáló eszközök)

BMEETT

Hiba típusok

A hibatípusok osztályozása:

- *Véletlen:*
  - A gyártásban keletkezett olyan hiba, melynek keletkezése (oka) determinisztikus, de fellépése véletlenszerű
  - Időben egyenletesen jelentkeznek. Eloszlás- és sűrűségfüggvényük normális .
  - Névleges érték körül ingadoznak
- *Rendszeres:*
  - Hosszabb időn keresztül, állandóan jelentkezik. Származhat pl. rossz eszköz-beállításból.
- Alapfeladat:a rendszeres és a véletlen hibák felismerése és elkülönítése.

BMEETT

Hiba jellemzői

Véletlen hibák*:*

- *több apró tényezőből tevődnek össze,*
- *kis eltéréseket eredményeznek,*
- *a folyamatokban állandóan jelen vannak,*
- *a folyamatok paraméterei előre vetíthetők.*

Rendszeres hibák:

- egy-két jelentős tényező okozza,
- nincsenek állandóan jelen a folyamatban,
- a folyamat alakulása nem vetíthető előre,
- beavatkozás hiányában fennmaradnak.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

3. Mintavételezés alapjai és a mintavételes ellenőrzés

Dr. Illés Balázs

BMEETT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- **Mintavételezés alapjai**
- **Valószínűségi mintavételezés**
- **A mintanagyság meghatározása**
- **Mintavételes ellenőrzés**
- **AQL Mintavételes ellenőrzés**
- **AQL Mintavételes példa**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Minőségbiztosítás a mikroelektronikában

A mikroelektronika sajátosságai minőségbiztosítási szempontból:

- **Tömeggyártás,** nincs lehetőség minden termék ellenőrzésére
- **Nagy hozzáadott értékű** gyártás
- **Komplex termékek** előállítása komplex gyártástechnológiák alkalmazásával
- Nehézkes gyártás alatti ellenőrzés
- Magas minőségi követelmények

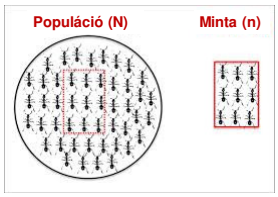
Megoldás: Statisztikai minőség-ellenőrzés és szabályozás ***mintavételes ellenőrzéssel*** és statisztikai módszerekkel

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételezés alapjai

- **Statisztikai mintavétel:** egy **populációból** egyedeket (**mintákat**) választunk ki, hogy statisztikai előrejelzéseket (**becsléseket**) tehessünk a populációval kapcsolatban.

- A teljes populáción ritkán végzünk felmérést:
  - a költségek magasak lennének,
  - a **populáció dinamikus**, idővel változhat.
- A mintavétel előnyei:
  - alacsony költségek,
  - gyors adatgyűjtés,
  - kicsi és homogén adathalmazok létrehozása



Mintavételezés alapjai

A mintavételi eljárás (elméleti) lépései a mintavételes ellenőrzés során:

- Definiáljuk a vizsgálandó populációt
- Meghatározzuk a mintavételi keretet
- Meghatározzuk a mintavételi eljárást
- Meghatározzuk a minta nagyságát
- Létrehozzuk a mintavételi tervet
- Mintát veszünk, és kiértékelést végzünk
- Felülvizsgáljuk a mintavételi eljárásunkat

Mintavételezés alapjai

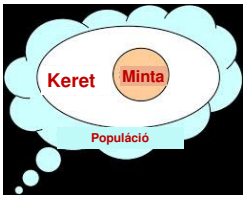
A populáció meghatározása:

- **Populáció** = egyedek halmaza, amelyek **rendelkeznek azzal a jellemzővel, amelyet meg akarunk határozni.**
- A területünkön a populáció fizika objektumokból áll.
- Egyszerű esetekben nyilvánvaló, hogy mi határozza meg a populációt. (pl. adott idő alatt gyártott termékek)
- Összetett esetekben mintát kell gyűjtenünk az időről, a helyről és ezek kombinációjáról (pl. gyártósor, műszak).
- A sikeres statisztika alapja a fókuszált probléma-meghatározás.
- Az objektumok nem szükségszerűen hozzáférhetők (pl. kiszállított termékek), -> ***mintavételi keret*** alkalmazása.

Mintavételezés alapjai

A mintavételi keret meghatározása:

- **Mintavételi keret** = a kiválasztásnál figyelembe vehető (elérhető) egyedek összessége.
- A mintavételi keretnek reprezentatívnak kell lennie a populáció tekintetében.
- A mintavételi keret problémái:
  - Elveszett egyedek: a populáció némely tagja nem kerül bele a keretbe.
  - Idegen egyedek: olyan elemek kerülnek a keretbe, melyek nem tagjai a populációnak.
  - Duplán szereplő egyedek: a populáció tagja egynél többször kerül be.



Mintavételezés alapjai

A mintavételi keret meghatározása:

- Egyszerű esetekben: mint pl. egy legyártott tétel minősége, **Populáció = mintavételi keret**
- Összetett esetekben nem lehetséges: pl. már elszállított termékek esete, **Populáció ≠ mintavételi keret**
- A keret definiálása során figyelembe kell venni:
  - Gyakorlati szempontok
  - Gazdasági szempontok
  - Műszaki szempontok
- Szükséges, hogy adott időn belül eredményre jussunk
- **Gyakorlatban általában:**

Populáció = Mintavételi keret

Mintavételezés alapjai

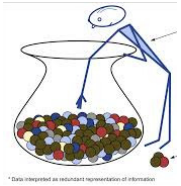
A mintavételi eljárás meghatározása:

- ***Valószínűségi mintavételi eljárás:*** a populáció valamennyi egyedének lehetősége van (nullánál nagyobb **valószínűsége**) bekerülni a mintába.
- Ha minden elem azonos valószínűséggel választható a **mintába**, azonos valószínűséggel történő kiválasztásról (***"Equal Probability of Selection" (EPS)***) beszélünk.
- ***Nem valószínűségi mintavételi eljárás:***
  - a populáció bizonyos elemeinek nincs lehetősége bekerülni a mintába,
  - vagy a kiválasztás valószínűségét nem lehet meghatározni.

Mintavételezés alapjai

A mintavételi eljárás meghatározása:

- ***A valószínűségi mintavételi eljárások:***
  - Egyszerű véletlen mintavétel
  - Szisztematikus mintavétel
  - Rétegzett mintavétel
  - Többlépcsős mintavétel
- Mintavételi eljárások megegyeznek:
  - Minden elemnek van egy nullától nagyobb valószínűsége a bekerülésre
  - Valamilyen tekintetben magukban foglalják a random kiválasztást
  - *Az emberi tényező miatt nehezen kivitelezhetők*



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételezés alapjai

A mintavételi eljárás meghatározása:

- **A nem valószínűségi mintavételi eljárások:**
  - Önkényes mintavétel
  - Koncentrált mintavétel
  - Kvótás mintavétel
  - Hólabda módszerű mintavétel

- ***A műszaki életben általában a valószínűségi mintavételi eljárásokat alkalmazzuk!***

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi mintavételezés

Definíciók a valószínűségi mintavételezés területén:

- ***Reprezentativitás:*** ha a mintába került elemek ugyanolyan arányban vannak jelen, mint a populációban. (egy minta csak bizonyos szempontok alapján nevezhető reprezentatívnak.)
- **Megbízhatósági szint:** a minta alapján tett becslések milyen valószínűséggel lesznek igazak. (Műszaki életben gyakori a 95%-os szint használata)
- **Mintavételi hiba (torzítás):** a minta alapján becsült paraméter milyen mértékben ingadozik a valós érték körül.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Valószínűségi mintavételezés

Egyszerű véletlen mintavételezés:

- A tétel minden tagja ugyanakkora valószínűséggel kerülhet kiválasztásra (P=n/N)
- A tétel minden tagjának ismerni kell „az elérhetőségét”, az elemeket listába kell tudnunk rendezni.
- A listáról n (a minta elemszáma) darab, véletlenül kiválasztott egyedet választunk be a mintába.

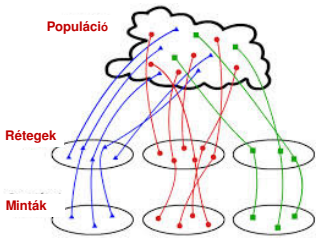
Szisztematikus mintavételezés:

- Mint az egyszerű mintavétel, csak az elkészült listát véletlenszerűen rendezzük és utána szisztematikusan választjuk a minta elemeit.

Valószínűségi mintavételezés

Rétegzett mintavételezés:

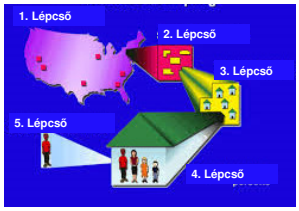
- ***Célja:*** a minta adott változók szerinti közel teljes reprezentativitásának elérése, a homogenitás növelésével
- ***Módszere:*** Egy nagy minta helyett számos kisebb, homogén részcsoport (réteg) vizsgálata
- A részcsoportok kiválasztása előzetes feltételezéseken alapul
- Nem megfelelő rétegképzés nagyobb mintavételi hibával jár



Valószínűségi mintavételezés

Többlépcsős csoportos mintavételezés:

- **Alkalmazás:** nem áll rendelkezésre teljes populáció (vagy nem célszerű az alapján dolgozni)
- **Módszere:** az egyedek több lépcsőben történő kiválasztása valószínűségi alapon
- Az elsődleges mintavételi egységen belül egy újabb kialakítása mintavétellel.
- További lépcsők is képezhetők.
- Minden egyes lépcső esetén újabb mintavételi hiba jelentkezik!



Mintavételezés alapjai

A mintanagyság meghatározása:

- *Gazdasági szempont:* annyi egyedet válasszunk ki, amennyi feltétlenül szükséges
- *Statisztikai szempont:* minimális egyedszám, ami még statisztikailag szignifikáns eredményt tud hozni
- A mintavételes ellenőrzés fő problémaja:
  - **Elsőfajú hiba:** a minta alapján fals pozitív döntést hozunk (rossz tételt jónak minősítünk)
  - **Másodfajú hiba:** a minta alapján fals negatív döntést hozunk (jó tételt rossznak minősítünk)

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Mintavételezés alapjai

A mintanagyság meghatározása:

- Normális eloszlás esetén a legegyszerűbb módszer:

$$n = \left(\frac{2\sigma}{\Delta}\right)^2$$

Δ a minta pontossági követelménye, ***σ*** a tétel szórása

- Finomított módszer, elsőfajú kockázati tényező (elsőfajú hiba) figyelembevételével:

$$n = \left(\frac{u_\alpha 2\sigma}{\Delta}\right)^2$$

u_α az elsőfajú hiba kritikus értéke az adott szignifikancia-szinten

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Mintavételezés alapjai

A mintanagyság meghatározása:

- Finomított módszer, első- és másodfajú kockázati tényező (első- és másodfajú hiba) figyelembevételével:

$$n = \left(\frac{(u_\alpha + u_\beta)2\sigma}{\Delta}\right)^2$$

ahol u_β a másodfajú hiba kritikus értéke az adott szignifikancia-szinten

- **Gyakorlatban: AQL táblázatok és módszer** használata a mintanagyság meghatározásához

SINGLE SAMPLING PLAN FOR NORMAL INSPECTION, ANSI/ASQ STANDARD Z1.4-2003

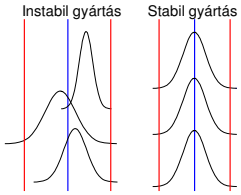
Lot Size	General Inspection Levels			Special Inspection Levels			
	I	II	III	S1	S2	S3	S4
2 to 8	A	A	B	A	A	A	A
9 to 15	A	B	C	A	A	A	A
16 to 25	B	C	D	A	A	B	B
26 to 50	C	D	E	A	B	B	C
51 to 90	C	E	F	B	B	C	C
91 to 150	D	F	G	B	B	C	D
151 to 280	E	G	H	B	C	D	E
281 to 500	F	H	J	B	C	D	E
501 to 1200	G	J	K	C	C	E	F
1201 to 3200	H	K	L	C	D	E	G
3201 to 10000	J	L	M	C	D	F	G
10001 to 35000	K	M	N	C	D	F	H
35001 to 150000	L	N	P	D	E	G	J
150001 to 500000	M	P	Q	D	E	G	J
500001 and over	N	Q	R	D	E	H	K

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

Mintavételes ellenőrzés a gyakorlatban

Mikor alkalmazhatunk mintavételes ellenőrzést:

- **Csak stabilizálódott gyártás esetén!**
- **Ismert gyártási paraméterek** (várható érték és szórás)
- Ingadozás esetén a mintánk nem lesz reprezentatív
- Stabil gyártás esetén ismert: **az elfogadható selejtarány (Acceptable Quality Level, AQL)**



- AQL függ: termék ára, valószínűsíthető hiba súlyossága
- Döntés a gyártás stabilitásáról -> **stabilitás vizsgálatok**

Mintavételes ellenőrzés

- Milyen valószínűséggel tükrözi a minta selejtaránya a tétel selejtarányát, kombinatorikai módszerekkel meghatározható:

$$P = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

n a minta elemszáma
k a mintában lévő selejtek száma
p a minta tényleges selejtaránya

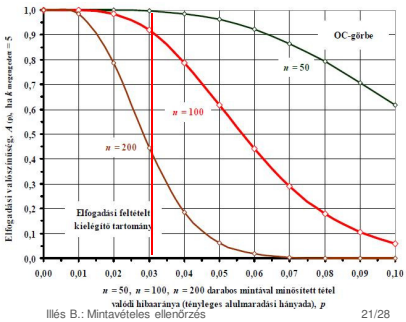
- Probléma: a tényleges selejtarány nem ismert, azt akarjuk becsülni! A képlet mindig implicit marad.
- Ezért a mintavételes ellenőrzés működési jelleggörbéje **(Operating Characteristic, OC görbe)** nem ideális.

Mintavételes ellenőrzés a gyakorlatban

- **Operating Characteristic, OC görbe:**

A mintavételes ellenőrzés ***„működési hatékonysága”***

Minél nagyobb a mintaszám, annál kisebb az első- vagy másodfajú hiba valószínűsége.



AQL Mintavételes ellenőrzés

- Az AQL a leggyakrabban alkalmazott „automatizált” mintavételes ellenőrzés.
- Az AQL mintavételi tervet és az elfogadási kritériumokat a MIL-STD-105E, ANSI/ASQ Z1.4 és az ISO 2859-1 szabványok szabályozzák. (26 különféle AQL szint).
- ***AQL Mintavételes ellenőrzés lépései:***
- AQL szint meghatározása a hiba súlyosságától függően
- Szigorúsági fok meghatározása
- Tétel meghatározása
- Kulcsjel meghatározása
- ***n*** és ***k*** meghatározása
- A mintavételezés és a kiértékelés végrehajtása

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **AQL szint meghatározása a hiba súlyosságától függően:**

Osztályozás	Kis és közepes értékű termék	Nagy értékű termék
Kritikus hiba	AQL 0.0	AQL 0.0
Súlyos hiba	AQL 2.5	AQL 1.0 / AQL 1.5
Enyhe hiba	AQL 4.0	AQL 2.0 / AQL 4.0

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **AQL szint meghatározása a hiba súlyosságától függően:**

- A hibák meghatározása a következő:
- ***Kritikus hiba:*** olyan hiba mely feltehetően veszélyezteti a felhasználót
- ***Súlyos hiba:*** a termék használhatóságát csökkentő, vagy megakadályozó funkcionális hiba, vagy olyan kozmetikai hiba, ami a termék eladhatóságát csökkenti
- ***Enyhe hiba:*** nem befolyásolja a termék használhatóságát, de az elvárt minőségi jellemzőknek nem felel meg, így csökkentheti a termék eladhatóságát

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Szigorúsági fok meghatározása:**

- A szabványok három általános és négy speciális ellenőrzési szintet határoznak meg.
- I. Enyhített: a normál szint 40%-át határozza meg a mintavételnél, akkor használatos, ha nem szükséges a hiba szigorú felügyelete
- II. Normál: ez az általános ellenőrzési szint, ha máshogy nem kérik, eszerint végezzük a mintavételezést
- III. Szigorított: a normál szint 160%-át kéri a mintavételnél, így nagyobb lehetőséget ad a hibák meglelésére

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Szigorúsági fok meghatározása:**

- Speciális ellenőrzési szintek:
- S-1,2,3,4 speciális ellenőrzési szinteket akkor használunk, ha kis mintavételi arányra van szükség, jellemzően roncsolásos, vagy költséges vizsgálatoknál használják, illetve olyankor, amikor a minta megfelelően reprezentálja a teljes gyártási folyamatot, pl. csavargyártás, stancolás.

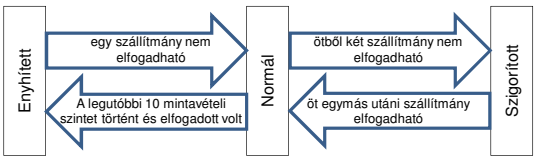
BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Szigorúsági fok meghatározása:**

- Váltási lehetőség az ellenőrzési szintek között:
- „ökül szabályok” alapján lehetőség van az ellenőrzési szintek közötti váltásra bizonyos esetekben:



BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Tétel meghatározása:**

- A tételt gyakorlatias okok alapján jelöljük ki, sokszor ***iteratív módon*** (oda-vissza lépésekkel).
- Általában ***praktikus szervezési, üzemi szempont*** alapján döntünk. (termék, műszak, gyártósor, operátor, berendezés stb.)
- A tétel meghatározásánál fontos **a folyamat visszacsatolása.** Ha nem elég reprezentatív a választott tételünk akkor korrigálunk, és újra meghatározzuk.

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Kulcsjel meghatározása:**
- A kulcsjelet a tétel és a hatályos ellenőrzési szint alapján megadott táblázatból választhatjuk.

1. TÁBLÁZAT MINTAVÉTEL KÓDJA A VIZSGÁLATI SZINT SZERINT

Lot vagy Batch szerinti osztályozás		Speciális vizsgálati szint				Általános vizsgálati szint		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I (enyhített)	II (normál)	III (szigorított)
2 -től	8 -ig	A	A	A	A	A	A	B
9 -től	15 -ig	A	A	A	A	A	B	C
16 -tól	25 -ig	A	A	B	B	B	C	D
26 -tól	50 -ig	A	B	B	C	C	D	E
51 -től	90 -ig	B	B	C	C	C	E	F
91 -től	150 -ig	B	B	C	D	D	F	G
151 -től	280 -ig	B	C	D	E	E	G	H
281 -től	500 -ig	B	C	D	E	F	H	J
501 -től	1200 -ig	C	C	E	F	G	J	K
1201 -től	3200 -ig	C	D	E	G	H	K	L
3201 -től	10000 -ig	C	D	F	G	J	L	M
10001 -től	35000 -ig	C	D	F	H	K	M	N
35001 -től	150000 -ig	D	E	G	J	L	N	P
150001 -től	500000 -ig	D	E	G	J	M	P	Q
500001 -től		D	E	H	K	N	Q	R

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- ***n*** **(mintaszám) és** ***k (megengedhető selejt arány)*** **meghatározása:**
- Az AQL szint és a szigorósági fok alapján történik egy megadott táblázatokból:

2. TÁBLÁZAT EGYSZERŰ MINTAVÉTELEZÉSI TERV NORMÁL VIZSGÁLAT ALAPJÁN (MESTER TÁBLÁZAT)

Mintaindód szerinti besorolás	Minta mennyiség	ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMÁL VIZSGÁLAT)																									
		0,065		0,10		1,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5	
		Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu
A	2																						0	1
B	3																			0	1	↑		
C	5																	0	1	↑				
D	8															0	1	↑		↓		1	2	
E	13													0	1	↑		↓		1	2	2	3	
F	20											0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	
G	32									0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	
H	50							0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	
J	80					0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	
K	125			0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	
L	200	0	1	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	
M	315	↑		↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑		
N	500	↓		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑				
P	800	1	2	2	3	3	4	5	6	7	9	10	11	14	15	21	22	↑						
Q	1250	2	3	3	4	5	8	7	8	10	11	14	15	21	22	↑								
R	2000	3	4	5	8	7	8	10	11	14	15	21	22	↑										

↓ A nyíl alatt legelőször található mintavételi tervet kell használni. Ha a szállítmány mennyisége kevesebb, vagy egyenlő azzal, akkor 100%-os ellenőrzést kell végezni

↑ A nyíl fölött legelőször található mintavételi tervet kell használni.

Elf Elfogadható hibaszám

Elu Elutasítandó hibaszám

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **A mintavételezés és kiértékelés végrehajtása:**

- A táblázatban általában egy ***k*** és egy ***k'***, elfogadás és elutasítás érték szerepel.
- Ha a megadott ***n*** mintaszám selejtaránya a <***k*** akkor a tétel elfogadható.
- Ha tartósan és jóval ***k*** alatt vagyunk, akkor érdemes felülvizsgálni az AQL-t, mert sokkal jobb a gyártásunk, és feleslegesen sok mintát veszünk.

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

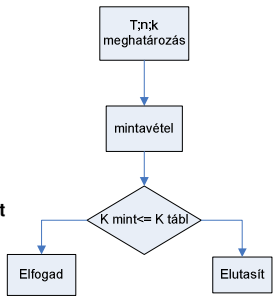
- **Egyszeres és többszörös mintavételezés:**

Az egyszeres mintavételezés folyamat ábrája:

„Minél nagyobb az *n* annál pontosabb a becslés, de annál drágább az ellenőrzés."

Mit tehetünk??

Többszörös mintavételezését alkalmazunk!

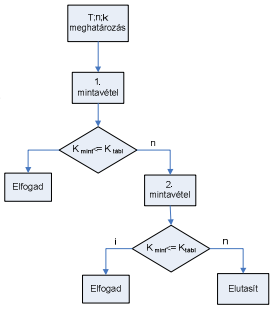


BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes ellenőrzés

- **Kétszeres mintavételezés:**
- Kisebb ***n*** mintaszámból egy szűkebb ***k***-t ír elő.
- Ha ez teljesül, akkor vége a vizsgálatnak. Ha nem, akkor újabb mintavétel az eredeti ***n*** és ***k*** szerint.
- Szigorúságban nincs különbség (csak virtuális tételcsökkentés történik).
- A kétszeres mintavétel bonyolultabb, de hosszabb távon gazdaságosabb.



BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes példa

- **Feladat 1:** 2000 db-os tétel esetén hány db mintát kell vennünk, és azokban mekkora a megengedhető selejtek száma, adott AQL szint esetén?

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **AQL szint meghatározása a hiba súlyosságától függően:**

Osztályozás	Kis és közepes értékű termék	Nagy értékű termék
Kritikus hiba	AQL 0.0	AQL 0.0
Súlyos hiba	AQL 2.5	**AQL 1.0** / AQL 1.5
Enyhe hiba	AQL 4.0	AQL 2.0 / AQL 4.0

- ***A termék nagy értékű termék és a nem megfelelő működése súlyos hibát okozhat.***

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **Szigorúsági fok meghatározása:**

- I. Enyhített: a normál szint 40%-át határozza meg a mintavételnél, akkor használatos, ha nem szükséges a hiba szigorú felügyelete
- ***II. Normál: ez az általános ellenőrzési szint, ha máshogy nem kérik, eszerint végezzük a mintavételezést (a gyártásunk stabil nem indokolt a váltás sem felfelé sem lefelé)***
- III. Szigorított: a normál szint 160%-át kéri a mintavételnél, így nagyobb lehetőséget ad a hibák meglelésére

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **Kulcsjel meghatározása:**
- A kulcsjelet a tétel és a hatályos ellenőrzési szint alapján megadott táblázatból választhatjuk, ***esetünkben K***

1. TÁBLÁZAT MINTAVÉTEL KÓDJA A VIZSGÁLATI SZINT SZERINT

Lot vagy Batch szerinti osztályozás		Speciális vizsgálati szint				Általános vizsgálati szint		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I (enyhített)	II (normál)	III (szigorított)
2 -től	8 -ig	A	A	A	A	A	A	B
9 -től	15 -ig	A	A	A	A	A	B	C
16 -tól	25 -ig	A	A	B	B	B	C	D
26 -tól	50 -ig	A	B	B	C	C	D	E
51 -től	90 -ig	B	B	C	C	C	E	F
91 -től	150 -ig	B	B	C	D	D	F	G
151 -től	280 -ig	B	C	D	E	E	G	H
281 -től	500 -ig	B	C	D	E	F	H	J
501 -től	1200 -ig	C	C	E	F	G	J	K
1201 -től	3200 -ig	C	D	E	G	H	K	L
3201 -től	10000 -ig	C	D	F	G	J	L	M
10001 -től	35000 -ig	C	D	F	H	K	M	N
35001 -től	150000 -ig	D	E	G	J	L	N	P
150001 -től	500000 -ig	D	E	G	J	M	P	Q
500001 -től		D	E	H	K	N	Q	R

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- *n* (mintaszám)és *k (megengedhető selejt arány)* meghatározása: ***125 db-ban 3-4 hiba megengedett***

2. TÁBLÁZAT EGYSZERŰ MINTAVÉTELEZÉSI TERV NORMÁL VIZSGÁLAT ALAPJÁN (MESTER TÁBLÁZAT)

Mintakód szerinti besorolás	Minta mennyiség	ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMÁL VIZSGÁLAT)																					
		0,065		0,10		1,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5	
		Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu
A	2																					0	1
B	3																	0	1	0	1	↑	↓
C	5															↓	↓	0	1	↑	↓		
D	8													↓	↓	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2
E	13											↓	↓	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3
F	20											0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4
G	32							↓	↓	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6
H	50					↓	↓	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8
J	80			↓	↓	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11
K	125			0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15
L	200	0	1	↑	↓	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22
M	315	↑	↓	↑	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑	↓
N	500	↓	↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑	↓	↓	↓
P	800	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1250	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2000	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

↓ A nyíl alatt legelőször található mintavételi tervet kell használni. Ha a szállítmány mennyisége kevesebb, vagy egyenlő azzal, akkor 100%-os ellenőrzést kell végezni

↑ A nyíl fölött legelőször található mintavételi tervet kell használni.

Elf Elfogadható hibaszám

Elu Elutasítandó hibaszám

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **Feladat 2:** a legutóbbi 10 tételünkben csak 3 vagy annál kevesebb hiba volt így visszatérhetünk „enyhített" szigorúsági fokra. Hogyan alakul az AQL módszerünk?

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **AQL szint meghatározása a hiba súlyosságától függően:**

Osztályozás	Kis és közepes értékű termék	Nagy értékű termék
Kritikus hiba	AQL 0.0	AQL 0.0
Súlyos hiba	AQL 2.5	**AQL 1.0** / AQL 1.5
Enyhe hiba	AQL 4.0	AQL 2.0 / AQL 4.0

- ***A termék nagy értékű termék és a nem megfelelő működése súlyos hibát okozhat.***

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes példa

- **Szigorúsági fok meghatározása:**
- ***I. Enyhített: a normál szint 40%-át határozza meg a mintavételnél, akkor használatos, ha nem szükséges a hiba szigorú felügyelete***
- II. Normál: ez az általános ellenőrzési szint, ha máshogy nem kérik, eszerint végezzük a mintavételezést
- III. Szigorított: a normál szint 160%-át kéri a mintavételnél, így nagyobb lehetőséget ad a hibák meglelésére

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes példa

- **Kulcsjel meghatározása:**
- A kulcsjelet a tétel és a hatályos ellenőrzési szint alapján megadott táblázatból választhatjuk, ***esetünkben H***

1. TÁBLÁZAT MINTAVÉTEL KÓDJA A VIZSGÁLATI SZINT SZERINT

Lot vagy Batch szerinti osztályozás		Speciális vizsgálati szint				Általános vizsgálati szint		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I (enyhített)	II (normál)	III (szigorított)
2 -től	8 -ig	A	A	A	A	A	A	B
9 -től	15 -ig	A	A	A	A	A	B	C
16 -tól	25 -ig	A	A	B	B	B	C	D
26 -tól	50 -ig	A	B	B	C	C	D	E
51 -től	90 -ig	B	B	C	C	C	E	F
91 -től	150 -ig	B	B	C	D	D	F	G
151 -től	280 -ig	B	C	D	E	E	G	H
281 -tól	500 -ig	B	C	D	E	F	H	J
501 -tól	1200 -ig	C	C	E	F	G	J	K
1201 -tól	3200 -ig	C	D	E	G	H	K	L
3201 -tól	10000 -ig	C	D	F	G	J	L	M
10001 -tól	35000 -ig	C	D	F	H	K	M	N
35001 -tól	150000 -ig	D	E	G	J	L	N	P
150001 -tól	500000 -ig	D	E	G	J	M	P	Q
500001 -tól		D	E	H	K	N	Q	R

BMEETT

WE CONNECT CHAOS AND SYSTEMS

AQL Mintavételes példa

- *n* (mintaszám) és *k (megengedhető selejt arány)* meghatározása: ***50 db-an 1-2 hiba megengedett!***

2. TÁBLÁZAT EGYSZERŰ MINTAVÉTELEZÉSI TERV NORMÁL VIZSGÁLAT ALAPJÁN (MESTER TÁBLÁZAT)

Mintakód szerinti besorolás	Minta mennyiség	ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMÁL VIZSGÁLAT)																					
		0,065		0,10		1,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5	
		Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu
A	2																					0	1
B	3																			0	1		
C	5																	0	1				
D	8															0	1					1	2
E	13													0	1					1	2	2	3
F	20											0	1					1	2	2	3	3	4
G	32									0	1					1	2	2	3	3	4	5	6
H	50							0	1					1	2	2	3	3	4	5	6	7	8
J	80					0	1					1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11
K	125			0	1					1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15
L	200	0	1					1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22
M	315					1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		
N	500			1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22				
P	800	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22						
Q	1250	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22								
R	2000	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22										

↓ A nyíl alatt legelőször található mintavételi tervet kell használni. Ha a szállítmány mennyisége kevesebb, vagy egyenlő azzal, akkor 100%-os ellenőrzést kell végezni

↑ A nyíl fölött legelőször található mintavételi tervet kell használni.

Elf Elfogadható hibaszám

Elu Elutasítandó hibaszám

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **Feladat 3:** az 1. feladat megoldása kétszeres mintavételezéssel.

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- **Kulcsjel meghatározása:**
- Ha úgy teszünk mintha csak 500-as tételünk lenne, akkor a kulcsjel: ***H***

1. TÁBLÁZAT MINTAVÉTEL KÓDJA A VIZSGÁLATI SZINT SZERINT

Lot vagy Batch szerinti osztályozás		Speciális vizsgálati szint				Általános vizsgálati szint		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I (enyhített)	II (normál)	III (szigorított)
2 -től	8 -ig	A	A	A	A	A	A	B
9 -től	15 -ig	A	A	A	A	A	B	C
16 -tól	25 -ig	A	A	B	B	B	C	D
26 -tól	50 -ig	A	B	B	C	C	D	E
51 -től	90 -ig	B	B	C	C	C	E	F
91 -től	150 -ig	B	B	C	D	D	F	G
151 -től	280 -ig	B	C	D	E	E	G	H
281 -től	500 -ig	B	C	D	E	F	H	J
501 -tól	1200 -ig	C	C	E	F	G	J	K
1201 -től	3200 -ig	C	D	E	G	H	K	L
3201 -től	10000 -ig	C	D	F	G	J	L	M
10001 -től	35000 -ig	C	D	F	H	K	M	N
35001 -től	150000 -ig	D	E	G	J	L	N	P
150001 -től	500000 -ig	D	E	G	J	M	P	Q
500001 -tól		D	E	H	K	N	Q	R

BMEETT

AQL Mintavételes példa

- *A kétszeres mintavétel 1. lépcsőjén*: ***50 db-an 1-2 hiba megengedett, ha nem teljesül 125db minta /3-4 hiba!***

2. TÁBLÁZAT EGYSZERŰ MINTAVÉTELEZÉSI TERV NORMÁL VIZSGÁLAT ALAPJÁN (MESTER TÁBLÁZAT)

Mintakód szerinti besorolás	Minta mennyiség	ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMÁL VIZSGÁLAT)																			
		0,065		0,10		0,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5	
		Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu	Elf	Elu
A	2																					0	1
B	3																			0	1		↑
C	5																	0	1		↑		↑
D	8															0	1		↑		↑	1	2
E	13													0	1		↑		↑	1	2	2	3
F	20											0	1		↑		↑	1	2	2	3	3	4
G	32									0	1		↑		↑	1	2	2	3	3	4	5	6
H	50							0	1		↑		↑	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8
J	80					0	1		↑		↑	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11
K	125			0	1		↑		↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15
L	200	0	1		↑		↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22
M	315		↑		↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		↑
N	500		↓	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		↑		
P	800	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		↑				
Q	1250	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		↑						
R	2000	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		↑								

↓ A nyíl alatt legelőször található mintavételi tervet kell használni. Ha a szállítmány mennyisége kevesebb, vagy egyenlő azzal, akkor 100%-os ellenőrzést kell végezni

↑ A nyíl fölött legelőször található mintavételi tervet kell használni.

Elf Elfogadható hibaszám

Elu Elutasítandó hibaszám

BMEETT

SPC 4

4. Mintaértékelés: mintavételes becslésének pontossága, hipotézis vizsgálatok, összefüggőség vizsgálatok

Dr. Illés Balázs

BME ETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- Becsléselmélet
- Mintavételes becslések pontossága
- Mintavételes becslések
- Mintavétel példák
- Hipotézisvizsgálatok
- Hipotézisvizsgálatok példa
- Összefüggőség vizsgálatok
- Összefüggőség mintapéldák

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintaértékelés

- A mintavételes ellenőrzéssel nyert mintánk kiértékelése, következtetések levonás

- Alkalmazott módszerek:
- ***Becslés:*** pont- és intervallumbecslés
- ***Hipotézis vizsgálatok:*** feltételek, felvetések ellenőrzése
- ***Összefüggőségi vizsgálatok:*** különböző minták összefüggőségének vizsgálata

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Becsléselmélet

- **Műszaki statisztika** alapelve, hogy mindig egy bizonyos **minta** alapján **becsüljük** a szükséges információt**.**
- Mivel a minta sosem 100%-osan reprezentatív, ezért a becslésünknek mindig van egy bizonytalansága, hibája.
- Cél: a bizonytalanság, hiba elfogadható szinten belül tartása. (Hogy hol mi az elfogadható az mindig alkalmazás specifikus.)
- **Pontbecslés:** egy konkrét értéket (pl. várható értéket) akarjuk megbecsülni egy megadott bizonytalansággal.
- **Intervallum becslés (konfidencia intervallum):** adott bizonytalansági szinten a becsült változó alsó és felső értékét akarjuk meghatározni. Gyakrabban használt.

BMEETT

Becsléselmélet

- **Becsléselméleti alapfogalmak:**
- ***Becslő:*** egy statisztikai becslés eredménye
- ***Torzítatlanság:*** „pontosság”, a becslés értéke valóban a tétel várható értéke körül ingadozzon! (A legalapvetőbb követelmény egy becslő esetén)
- ***Hatékonyság:*** A becslő standard hibája (szórása) legyen kicsi. (Standard hiba = S)
- ***Konzisztencia:*** konzisztens becslés esetén a minta elemszámának növelésével a hatékonyság növekszik, (csökken a standard hiba)

BMEETT

Mintavételes becslések pontossága

- **Pontbecslés:**
- **Csebisev egyenlőtlenség:** annak a valószínűsége, hogy egy valószínűségi változó értékének az eltérése a várható értéktől nagyobb, mint egy megadott epszilon hiba, kisebb, mint a szórásnégyzet osztva a hiba négyzetével:

$$P\left(\left|x - M(x)\right| \geq \varepsilon\right) \leq \left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)^2$$

- Ez az egyenlőtlenség bármilyen eloszlásból származó adatsorokra igaz.
- Nagyon pesszimista becslés. (Minden a legrosszabbul alakul az adatgyűjtés során).

BMEETT

Mintavételes becslések pontossága

- **Pontbecslés:**
- **Bernulli tétel:** : egy mérés alapján megállapított relatív gyakoriság és a kis *p* elméleti várható valószínűsége eltérése kisebb, mint a teljes eseményrendszer osztva a hibanégyzet * kísérletek száma:

$$P\left(\left|\frac{k}{n}-p\right|\geq\varepsilon\right)\leq\frac{p\cdot(1-p)}{\varepsilon^2\cdot n}$$

- Csak diszkrét eloszlású valószínűségi változókra vonatkozik.
- Mintavételnél jól alkalmazható
- Nagyon pesszimista: „Kevés ismeret de nagy biztonság”

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételes becslések pontossága

- **Pontbecslés:**
- Pontbecslés standard hibája:
  - σ a tétel elméleti szórása
  - N a tétel nagysága
  - n a minta nagysága

$$S_e=\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\sqrt{1-\frac{n}{N}}$$

- Sajnos a becslésünk hibája csak gyök n-nel javul!
- Emlékeztetőül: csak úgy mint a minta szórás is csak gyök n-nel csökken!

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételes becslések

- **Intervallumbecslés (konfidencia intervallum):** adott bizonytalansági szinten a becsült változó alsó és felső értékét akarjuk meghatározni.
- Egy konkrét érték becslése általában nehéz (a becslés könnyedén torzítottá válik), vagy csak nagy standard hibával lehetséges.
- Ezért sok esetben jobb egy intervallumot becsülni, mint egyetlen becsült értéket adni.
- Előre megszabott *α* paraméterre (*α<<1*) a becsült paraméter 1-*α* valószínűséggel esik a becslés során kapott intervallumba. (Ezt az 1-*α* szintet sokszor százalékban adják meg; például 95%.)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételes becslések

- **Konfidencia intervallum meghatározása:**
- ***Szükséges feltétel:*** a becslés hibája normális eloszlású kell legyen!
- A megbízhatósági intervallumot egy adott adathalmaz alapján konstruáljuk.
- Jelölje *x* a mintahalmazon mért eredményt. Legyen *X* az a mennyiség, ami az alapsokaságból vett mintákból adódhat. *X*-et valségi változóként kezeljük, aminek mért értéke *x*.
- A megbízhatósági intervallum határait az *u*, *v* függvénypáros határozza meg; az adott *x* eredményre (*u*(*x*), *v*(*x*)) adja a megbízhatósági intervallumot.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételes becslések

- **Konfidencia intervallum meghatározása:**
- Itt az *u*(*X*) és a *v*(*X*) végpontok statisztikák (megfigyelhetők), és az adathalmazból származtathatók.
- Egy adott 0 és 1 közötti α számra *X* konfidencia-intervalluma (*u*(*X*),*v*(*X*)), ahol:

$$P(u(X) < X < v(X)) = 1 - \alpha$$

- *X*-et több különböző paraméter is jellemezheti. Mivel *u(X)* és *v(X)* statisztikák, a paraméterek ismerete nem szükséges.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavételes becslések

- **Konfidencia intervallum meghatározása:**
- **Három lehetséges alkalmazás létezik:**
- 1. Megadott konfidencia szinthez és mintaszámhoz meghatározzuk a konfidencia intervallum nagyságát. Ez a leggyakrabban alkalmazott, általánosan használt konfidencia szint a 95%.
- 2. Megadott intervallumhoz és mintaszámhoz meghatározzuk a konfidencia szintet.
- 3. Megadott intervallumhoz és konfidencia szinthez meghatározzuk a mintaszámot. (Ritka)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavétel példák

- 2000 ezres tétel közül kiválasztott 60 db-os minta egyszerű véletlen minta alapján becsülni kívánjuk a terméken lévő mikrohuzal kötések minőségét 95 %-os biztonsággal.
- **Feladat 1:** *Sokasági átlag konfidencia intervallumának meghatározása adott biztonsággal* (Feltételek: ismeretlen sokasági eloszlás és szórás, nagy $n \rightarrow$ z eloszlás)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavétel példák

- **Feladat 1:**
- Ismert adatok, mintaátalag és mintaszórás: $\bar{x} = 1400\ cN$, $s = 100\ cN$
- Standard hiba: $S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \frac{100\ cN}{\sqrt{60}} = 12.91$
- Hibahatár: $\Delta = z \cdot S_x$ ahol:

$$z = 1.96 \longleftarrow \Phi(z) = 0.975$$

$$\Delta = 1.96 \cdot 12.91 = 25.32\ cN$$

$$h_1 = \bar{x} - \Delta = 1400 - 25.32 = 1374.67\ cN$$

$$h_2 = \bar{x} + \Delta = 1400 + 25.32 = 1425.32\ cN$$

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavétel példák

- **Feladat 1:**
- 95%-os konfidencia intervallum határai:

$$h_1 = \bar{x} - \Delta = 1400 - 25.32 = 1374.67\ cN$$

$$h_2 = \bar{x} + \Delta = 1400 + 25.32 = 1425.32\ cN$$

- Relatív hibahatár:

$$V_\Delta = \frac{\Delta}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{25.32}{1400} \cdot 100\% = 1.80\%$$

- Teljes megfigyelés esetén (2000 db) a minták átlaga 95% valséggel ebbe a tartományba esik.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavétel példák

- **Feladat 2:** *Rögzített (pontosabb) konfidencia határokhoz tartozó biztonság meghatározása*
- *Kérdés: Milyen biztonsággal tudnánk 1 %-os relatív hibahatárt megadni? Feladat: z érték és az ahhoz tartozó biztonsági szint megállapítása.*

- Hibahatár: $\Delta = 0.01 \cdot \bar{x} = 14\ cN$

$$z = \frac{\Delta}{s_X} = \frac{14}{12.91} = 1.085 \rightarrow \Phi(z) = 0.86$$

- A keresett biztonsági szint:

$$1 - 2\left[1 - \Phi(z)\right] = 0.72 \rightarrow 72\%$$

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintavétel példák

- **Feladat 3:** *Hány mintát kellene megfigyelni az 1380 – 1420 cN-os intervallum 95%-os biztonságú becsléséhez.*

- Mintaszám: $n = \left(\frac{z \cdot s}{\Delta}\right)^2 = \left(\frac{1.96 \cdot 100}{20}\right)^2 = 96.04\ db$

- Az adott feltételekhez 97 db-os mintára lenne szükség. (Mindig felfelé kerekítünk!)

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **Hipotézis:** az alapsokaság (tétel) paramétereire vagy eloszlására tett feltételezés.
- A hipotézis ellenőrzősére mintát vagy mintákat alkalmazunk.
- Hipotézisek megfogalmazása:
- **Nullhipotézis H0** (alapfeltevés) és vele szemben az **alternatíva H1** hipotézis.
- A H0 nullhipotézist vetjük statisztikai próba alá, az eredmények alapján elvetjük vagy elfogadjuk.
- A H1-ről csak következtetve döntünk.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **Mire lehet hipotézist felállítani:**
- Egy valószínűségi változó sorozat a várható értékhez konvergál, vagy nem.
- Összegyűjtött adatok normális eloszlásból származnak, vagy nem.
- Két minta megegyezik, vagy nem.
- Két minta szórása azonos, vagy nem.

- Mivel statisztikus jellegűek a vizsgálataink 100%-os kijelentéseket nem lehet tenni, ε kis valószínűséggel tévedünk a vizsgálataink során.

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Próbafüggvény:**
- Észleléseink x valószínűségi változókra: x_1, x_2, x_3, ... x_n
- Ha ezekből felírunk egy H próbafüggvényt, akkor ez eleme lesz egy T tartománynak, mégpedig a H0 hipotézis mellett, ennek a P valószínűsége lehet nagyobb vagy egyenlő, mint az (1-ε) valószínűség:

$$P\left(H(x_1, x_2, ..., x_n) \supset T \middle| H0\right) \geq 1 - \varepsilon$$

- A próbafüggvény értéke mintáról-mintára ingadozhat!
- Elméletileg minden feladatra külön-külön megoldani nehézkes. Gyakorlati módszerek terjedtek el.

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Gyakorlati megvalósítás:**
- 1. Az észlelési adatokból, kiszámolunk egy statisztikai paramétert. Ez egy olyan H függvény, amely függ az átlagtól, a szórástól és a mérések számától.
- 2. Megnézzük, hogy a számított H paraméter milyen relációban van egy elméleti úton meghatározható H paraméterrel (táblázatból származik):

$$H_{szám} < / > / = (?) H_{elm}$$

- 3. Egy meghatározott konfidencia szint mellett, a reláció alapján döntünk a hipotézis elfogadásáról vagy elutasításáról.

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Hipotézis vizsgálat hibája:**
- Minden statisztikai vizsgálatnál két féle hiba fordulhat elő:

H_0	Döntés: H_0-t	
	elfogadjuk	elutasítjuk
igaz	helyes	Másodfajú hiba
nem igaz	Elsőfajú hiba	helyes

- **Igazi probléma az elsőfajú hiba esetén van**, az másodfajú hiba leginkább csak gazdasági hátrányt okoz.

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Próbafüggvények típusai:**
- u vagy más néven z-próba
- t-próba
- *f*-próba stb.

- ***A kidolgozóik neve alapján:***
- Kolmogorov-Smirnov-próba
- Wells-próba
- Bartlett-próba
- (ANOVA)

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **u-próba:**
- Létezik egy és kétmintás verzióban is.
- ***Egymintás u-próba*** megmondja a minta átlag várható értékkel való egyezőséget.
- A legegyszerűbb próba: $u = \frac{\bar{x} - M(x)}{\sigma}\sqrt{n}$

- **Feltételek:**
- normális eloszlású a minta
- ismert a minta szórása
- Ismert az alapsokasági átlag

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **u-próba:**
- ***Kétmintás u-próba:*** két külön minta egy-egy átlagai egymástól szignifikánsan különböznek-e. A próbafüggvénye:

$$u = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_x} + \frac{\sigma_y^2}{n_y}}}$$

- **Feltételek:**
- normális eloszlásúak a minták
- ismert a minták szórása
- ismertek az alapsokasági átlagok
- **a minták függetlenek!**

BME**ETT**

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **t-próba** (más néven Student próba):
- Létezik egy és kétmintás verzióban is.
- ***Egymintás t-próba***: egy minta átlaga szignifikánsan különbözik-e egy előre megadott m értéktől.
- Próbafüggvénye: $t = \frac{\bar{x} - m}{s}\sqrt{n}$
- Becsült szórás: $s = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}}$
- **Feltételek:**
- normális eloszlású a minta

BME**ETT**

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- ***Kétmintás t-próba***: két külön minta átlagai egymástól szignifikánsan különböznek-e.
- Próbafüggvénye:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(n_1 - 1)s_x^{*2} + (n_2 - 1)s_y^{*2}}}\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

- Korrigált becsült szórás: $s^* = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n - 1}}$
- **Feltételek:**
- normális eloszlásúak a minták
- **A minták függetlenek**!

BME**ETT**

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- ***f-próba***:
- Kétmintás próba
- Két külön minta szórásai egymástól szignifikánsan különböznek-e.
- Próbafüggvénye: $f = \frac{s_x^2}{s_y^2} \quad (s_x > s_y)$
- Becsült szórás: $s = \sqrt{\frac{\sum \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}}$
- **Feltételek:**
- normális eloszlásúak a minták
- **A minták függetlenek**!

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Egymintás u-próba:**
- Adott nyomtató esetén a berendezésünk ismert nyomtatási paraméterei: $M(x) = 250\ \mu m \quad \sigma = 40\ \mu m$
- 10 db minta alapján ellenőrizni szeretnénk a gépünk nyomtatási paraméterét, a vett minták átlaga 262 µm.
- Szignifikancia szint 95%.
- H0 hipotézis átlag = M(x)
- H1 hipotézis átlag ≠ M(x)
- U próba: $u = \frac{\bar{x} - M(x)}{\sigma}\sqrt{n} = \frac{262 - 250}{40}\sqrt{10} = 0.94$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok példa

1.táblázat

A standard normális eloszlású változó eloszlásfüggvényének táblázata (folytatás)

z	$\Phi_{(Z)}$	z	$\Phi_{(Z)}$	z	$\Phi_{(Z)}$	z	$\Phi_{(Z)}$
1,36	0,9131	1,70	0,9554	2,08	0,9812	2,76	0,9971
1,37	0,9147	1,71	0,9564	2,10	0,9821	2,78	0,9973
1,38	0,9162	1,72	0,9573	2,12	0,9830	2,80	0,9974
1,39	0,9177	1,73	0,9582	2,14	0,9838	2,82	0,9976
1,40	0,9192	1,74	0,9591	2,16	0,9846	2,84	0,9977
1,41	0,9207	1,75	0,9599	2,18	0,9854	2,86	0,9979
1,42	0,9222	1,76	0,9608	2,20	0,9861	2,88	0,9980
1,61	0,9463	1,95	0,9744	2,58	0,9951	3,65	0,9999
1,62	0,9474	1,96	0,9750	2,60	0,9953	3,70	0,9999
1,63	0,9484	1,97	0,9756	2,62	0,9956	3,75	0,9999
1,64	0,9495	1,98	0,9761	2,64	0,9959	3,80	0,9999
1,65	0,9505	1,99	0,9767	2,66	0,9961		
1,66	0,9515	2,00	0,9772	2,68	0,9963		

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Egymintás u-próba:**
- Táblázatból kikeressük a megfelelő u_p értéket.
- 95%-s szig. szinten: $-1.96 < u < 1.96$
- **Tehát H0 igaz! (Még erősebb szignifikancia mellett is)**
- Mi történne ha 100-as mintára ugyanezt az eredményt kapnánk?

$$u = \frac{\bar{x} - M(x)}{\sigma}\sqrt{n} = \frac{262 - 250}{40}\sqrt{100} = 3$$

- **H0 hipotézis akkor már nem igaz!**

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Egymintás t-próba:**
- Adott nyomtató esetén a berendezésünk ismert nyomtatási paraméterei: $M(x) = 250\ \mu m$
- 10 db minta alapján ellenőrizni szeretnénk a gépünk nyomtatási paraméterét, a vett minták átlaga 262 µm, a minta szórása s=56 µm
- Szignifikancia szint 95%. (Szabadsági fok f=n-1=9)
- H0 hipotézis átlag = M(x)
- H1 hipotézis átlag ≠ M(x)
- t próba: $t = \frac{\bar{x} - m}{s}\sqrt{n} = \frac{262 - 250}{56}\sqrt{10} = 0.66$

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

4. táblázat
A Student-féle t-eloszlás táblázata

szf	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,975	0,9775	0,99	0,995
1	0,158	0,325	0,727	1,376	3,08	6,31	12,71	14,12	31,82	63,66
2	0,142	0,289	0,617	1,061	1,89	2,92	4,30	4,55	6,96	9,92
3	0,137	0,277	0,584	0,978	1,64	2,35	3,18	3,32	4,54	5,84
4	0,134	0,271	0,569	0,941	1,53	2,13	2,78	2,88	3,75	4,60
5	0,132	0,267	0,559	0,920	1,48	2,02	2,57	2,66	3,36	4,03
6	0,131	0,265	0,553	0,906	1,44	1,94	2,45	2,52	3,14	3,71
7	0,130	0,263	0,549	0,896	1,41	1,89	2,36	2,44	3,00	3,50
8	0,130	0,262	0,546	0,889	1,40	1,86	2,31	2,37	2,90	3,36
9	0,129	0,261	0,543	0,883	1,38	1,83	2,26	2,33	2,82	3,25
10	0,129	0,260	0,542	0,879	1,37	1,81	2,23	2,29	2,76	3,17

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Egymintás t-próba:**
- Táblázatból kikeressük a megfelelő t_p értéket.
- 95%-s szig. szinten: $-2.26 < t < 2.26$
- **Tehát H0 igaz!**
- Mi történne ha 100-as mintára ugyan ezt az eredményt kapnánk?

$$t = \frac{\bar{x} - M(x)}{s}\sqrt{n} = \frac{262 - 250}{56}\sqrt{100} = 2.14$$

100	0,126	0,254	0,526	0,845	1,29	1,66	1,98	2,03	2,36	2,63

- **H0 hipotézis már nem igaz!**

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

- ***Kétmintás t-próba***:
- Pim2-es típusú termék esetén a berendezésünk nyomtatási paramétereit vizsgáljuk a gép beállítása után.
- 100-100 mintát veszünk gép beállítása előtt és után. Átlag előtte = 273 µm (minta szórás 22 µm), átlag utána = 237 µm (minta szórás 45 µm).
- Szignifikancia szint 95%. (Szabadsági fok f=2n-2=198)
- H0 hipotézis átlag előtte = átlag utána
- H1 hipotézis átlag előtte ≠ átlag utána

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(n_1 - 1)s_x^{*2} + (n_2 - 1)s_y^{*2}}}\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = 6.94$$

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Kétmintás t-próba:**
- Táblázatból kikeressük a megfelelő t_p értéket.

100	0,126	0,254	0,526	0,845	1,29	1,66	1,98	2,03	2,36	2,63

- 95%-s szig. szinten: $-1.98 < t < 1.98$
- **Tehát H0 nem igaz!**
- Mi történne ha 10-es mintára ugyanezt az eredményt kapnánk?

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(n_1 - 1)s_x^{*2} + (n_2 - 1)s_y^{*2}}}\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = 2.27$$

9	0,129	0,261	0,543	0,703	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250

- **H0 hipotézis még mindig nem igaz!**

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

- ***f-próba***:
- Adott nyomtató esetén a berendezésünk nyomtatási paramétereit vizsgáljuk a gép beállítása után.
- 100-100 mintát veszünk gép beállítása előtt és után. Átlag előtte = 263 µm (minta szórás 48 µm), átlag utána = 255 µm (minta szórás 41 µm).
- Szignifikancia szint 95%. (Szabadsági fok f1=99, f2=99)
- H0 hipotézis szórás1 = szórás2
- H1 hipotézis szórás1 ≠ szórás2
- Próbafüggvénye: $f = \frac{s_x^2}{s_y^2} = 1.37 \quad (s_x > s_y)$

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok példa

3. táblázat

Az F-eloszlás táblázata (folytatás)

P = 0,975

10	15	20	30	40	50	100	120	∞	szf_1 / szf_2
968,63	984,87	993,08	1001,4	1005,6	1008,1	1013,2	1014,0	1018,2	1
39,40	39,43	39,45	39,46	39,47	39,48	39,49	39,49	39,50	2
14,42	14,25	14,17	14,08	14,04	14,01	13,96	13,95	13,90	3
8,84	8,66	8,56	8,46	8,41	8,38	8,32	8,31	8,26	4
6,62	6,43	6,33	6,23	6,18	6,14	6,08	6,07	6,02	5
5,46	5,27	5,17	5,07	5,01	4,98	4,92	4,90	4,85	6
4,76	4,57	4,47	4,36	4,31	4,28	4,21	4,20	4,14	7
4,30	4,10	4,00	3,89	3,84	3,81	3,74	3,73	3,67	8
3,96	3,77	3,67	3,56	3,51	3,47	3,40	3,39	3,33	9
3,72	3,52	3,42	3,31	3,26	3,22	3,15	3,14	3,08	10
2,39	2,18	2,07	1,94	1,88	1,83	1,74	1,72	1,64	40
2,32	2,11	1,99	1,87	1,80	1,75	1,66	1,64	1,55	50
2,18	1,97	1,85	1,71	1,64	1,59	1,48	1,46	1,35	100
2,16	1,94	1,82	1,69	1,61	1,56	1,45	1,43	1,31	120
2,05	1,83	1,71	1,57	1,49	1,43	1,30	1,27	1,00	∞

BME

Hipotézisvizsgálatok példa

- **Kétmintás t-próba:**
- Táblázatból kikeressük a megfelelő f_p értéket.
- 95%-s szig. szinten: $-1.48 < f < 1.48$
- **Tehát H0 igaz! Valójában nem csökkent a szórásunk!**
- Mi történne ha 10-es mintára ugyan ezt az eredményt kapnánk?

$$f = \frac{s_x^2}{s_y^2} = 1.37 < 3.72 \quad (s_x > s_y)$$

- **H0 még inkább igaz! (De valójában valószínűleg fals pozitív az eredmény a kicsi minta szám miatt)**

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Kolmogorov-Smirnov-próba:**
- ***Egy mintás:*** a tapasztalati eloszlás függvénye ($F_n(x)$) normális eloszlású-e.
- A matematikai statisztika alaptétele szerint (ismétlés):

$$\lim_{n\to\infty} D_n = \sup_x \left|F_n(x) - F(x)\right| = 0$$

- Kolmogorov-Smirnov próba szerint:

$$\lim_{n\to\infty} \sqrt{n} D_n = \sup_t \left|B(F(t))\right|$$

- B(t) = „Brown bridge”, folytonos idejű sztochasztikus folyamat, a Brown mozgás modellje.

BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **Kétmintás Kolmogorov-Smirnov-próba:**
- Két minta tapasztalati eloszlás függvénye különbözik-e (nem feltétele, hogy normális eloszlásúak legyenek).
- A próbafüggvény:

$$KS = \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \sup_x \left|F_{n1}(x) - F_{n2}(x)\right|$$

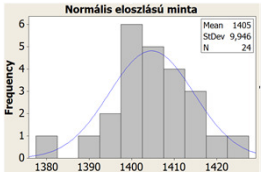
- Feltétel:
- **A minták függetlensége!**

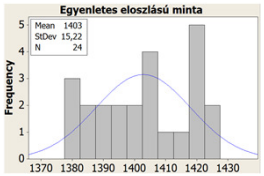
BMEETT

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIPOTÉZIS VIZSGÁLAT – KOLMOGOROV-SMIRNOV ANALÍZIS (HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA)

Normális	Egyenletes
1403	1399
1398	1391
1412	1407
1401	1422
1406	1421
1393	1383
1400	1400
1405	1411
1411	1421
1401	1419
1409	1378
1398	1381
1397	1413
1403	1419
1390	1397
1405	1382
1409	1423
1426	1404
1417	1390
1382	1383
1398	1423
1414	1404
1413	1393
1421	1403

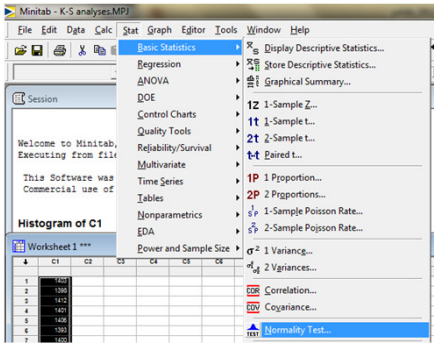




BMEETT

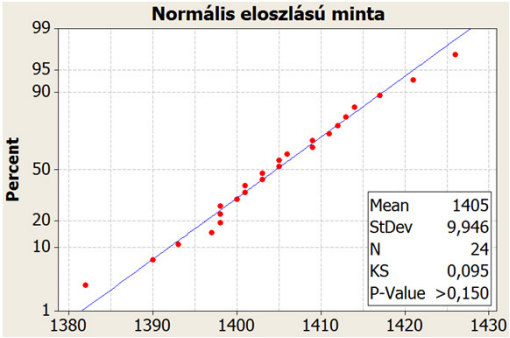
IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIPOTÉZIS VIZSGÁLAT – KOLMOGOROV-SMIRNOV ANALÍZIS (HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA)



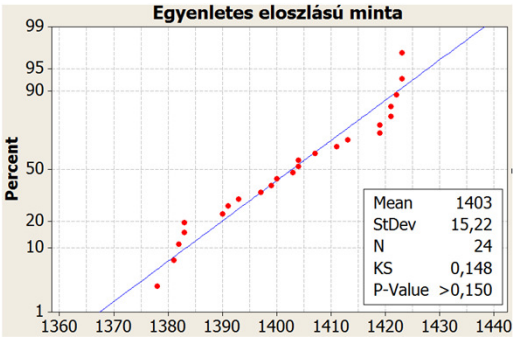
BMEETT

HIPOTÉZIS VIZSGÁLAT – KOLMOGOROV-SMIRNOV ANALÍZIS (HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA)



BMEETT

HIPOTÉZIS VIZSGÁLAT – KOLMOGOROV-SMIRNOV ANALÍZIS (HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA)



BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **ANOVA = AN**alysis **O**f **VA**riance (Variancia analízis)**:**
- Ha kettőnél több minta várható értékeit kívánjuk összehasonlítani.
- Eltérő módon lerögzített varianciák segítségével viszonyítja egymáshoz a populáció különböző középértékeit.
- Az adatmennyiség összvarianciáját analizálja abból a nézőpontból, hogy az előforduló ingadozások mögött a véletlen vagy egy másik magyarázó tényező hatása bújik-e meg. (Ilyen tényezőnek tekinthető adott populáción belüli csoportok átlagai közti eltérést.)

BME**ETT**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **ANOVA = AN**alysis **O**f **VA**riance (Variancia analízis)**:**
- **Mire ad választ**:
- Van-e eltérés a minták várható értéke között.
- ***Van-e hatása a kísérlet „manipulációjának" a minták várható értékére.*** (Faktor(ok) hatása a várhatóértékre, R&R study alapja az ANOVA)

- Feltételei:
- A minták normális eloszlásúak,
- A minták elemszáma „közel" azonos,
- A minták szórása „közel" azonos (stabil gyártás),
- **A minták függetlensége!**

BME**ETT**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **Egytényezős ANOVA (one-factor):**
- Számos csoport átlagát veti össze, ezen belül csak egy szempont eltérésére fókuszál.
- A csoportosító változót faktornak nevezzük.
- Kiindulópontja az F-próba, ami az átlagok eltérésére karakterisztikus »csoportok közötti« varianciát veti össze a random ingadozást leíró »csoportokon belüli« varianciával.
- Példa: Egy gyártási beállítás változtatásának eredményeit hasonlítjuk össze egy adott termékre nézve.

BME**ETT**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hipotézisvizsgálatok

- **Többtényezős ANOVA (multi-factor):**
- A csoportok többféle szempont szerinti vizsgálata esetén két- vagy több szempontos varianciaanalízissel vetjük össze az átlagokat.

- ***Két szempontos varianciaanalízis:***
- Két *független* szempontból elemzünk, a két szempont kölcsönhatása (interakció) is vizsgálható.
- Példa: A két (független) gyártási paraméter változtatása együtt másképpen hat-e, mint külön-külön.

BMEETT

Hipotézisvizsgálatok

- **Többtényezős ANOVA (multi-factor):**
- ***Több szempontos varianciaanalízis:***
- Az egy szempontos varianciaanalízis általánosításának tekinthető arra a helyzetre, amikor több faktornak a függő változóra gyakorolt hatását vizsgáljuk.
- Lényeges: *A faktorok között többszörös kölcsönhatások is előadódhatnak. (Amit nem tudunk vizsgálni!)*
- Példa: Egyes termékek és gyártási paraméterek szerinti elemzést végzünk.

- ***Mintapélda később, a mérőműszer képesség vizsgálatánál.***

BMEETT

R&R STUDY – OE BONDER

AIAG R&R study

Ismételhetőség – mérőeszköz (EV):

$EV = \overline{\overline{WR}} \cdot K_1$ $\quad K_1 = 4,56 / r = 2$

$K_1 = 3,05 / r = 3$

Reprodukálhatóság – mérőszemély (AV):

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X}_{diff} \cdot K_2\right)^2 - \frac{EV^2}{n \cdot r}}$$

$K_2 = 3,65 / k = 2 \quad K_2 = 2,7 / k = 3$

Mérendő minta (PV):

$PV = R_p \cdot K_3$

$K_3 = 2,08 / n = 5 \quad K_2 = 1,62 / n = 10$

$$\%R\&R = \frac{\sqrt{EV^2 + AV^2}}{\sqrt{EV^2 + AV^2 + PV^2}}$$

%R&R < 10% elfogadható

10% < %R&R < 30% feltételesen elfogadható

Korrigált R&R study

Ismételhetőség – mérőeszköz becsült szórása:

$$\hat{\sigma}_{repeat} = \frac{\overline{\overline{WR}}}{c_1} \qquad c_1 = 1,693 / r = 3, k = 3, n = 10$$

$\overline{\overline{WR}} \rightarrow$ mérőszemélyek terjedelem átlaga

Reprodukálhatóság – mérőszemély:

$$\hat{\sigma}_{reprod} = \sqrt{\left(\frac{\overline{X}_{diff}}{c_1}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}^2_{repeat}}{n \cdot r}}$$

$\overline{X}_{diff} \rightarrow$ mérőszemélyenkénti mérésátlag terjedelme

Mérendő minta becsült szórása:

$$\hat{\sigma}_{part} = \frac{R_p}{c_2} \qquad c_2 = 3,078 / n = 10$$

$R_p \rightarrow$ mintánkénti átlag terjedelme

$$\%R\&R = \frac{\hat{\sigma}^2_{repeat} + \hat{\sigma}^2_{reprod}}{\hat{\sigma}^2_{repeat} + \hat{\sigma}^2_{reprod} + \hat{\sigma}^2_{part}}$$

BMEETT Tj=150 °C alumínium huzalkötések vizsgálata 51/10

R&R STUDY – OE BONDER

3 mérőszemély háromszor, 10 db kerámia minta a közepén mérve a magasságot.

Date of measurements: 29th of July, 2011.
Measured equipment: OE bonder
Panel type and measuring loc.: Alumina sample measured on its center — All data in microstep

	Operator 1					Operator 2					Operator 3					Average
Sample	1	2	3	Average	Range	1	2	3	Average	Range	1	2	3	Average	Range	
1	5864	5865	5865	5864,67	1,00	5866	5865	5866	5865,67	1,00	5868	5867	5868	5867,00	2,00	5865,78
2	5859	5859	5859	5859,00	0,00	5860	5859	5860	5859,67	1,00	5861	5861	5860	5860,67	1,00	5859,78
3	5855	5855	5855	5855,00	0,00	5856	5856	5856	5856,33	1,00	5859	5858	5857	5857,67	1,00	5856,33
4	5862	5862	5862	5862,00	0,00	5861	5862	5863	5862,00	2,00	5863	5864	5863	5863,33	1,00	5862,44
5	5865	5866	5865	5865,33	1,00	5865	5866	5865	5865,33	1,00	5865	5865	5866	5865,33	1,00	5865,33
6	5861	5861	5861	5861,00	0,00	5860	5861	5862	5861,00	2,00	5862	5863	5863	5862,67	1,00	5861,56
7	5861	5861	5861	5861,00	0,00	5861	5862	5862	5861,67	1,00	5863	5862	5862	5862,67	1,00	5861,78
8	5864	5864	5864	5864,00	0,00	5864	5866	5864	5865,00	2,00	5867	5866	5866	5866,33	1,00	5865,11
9	5860	5860	5860	5860,00	0,00	5860	5861	5861	5860,67	1,00	5862	5863	5862	5862,33	1,00	5861,00
10	5863	5864	5865	5864,67	1,00	5865	5868	5865	5866,00	2,00	5868	5868	5868	5868,67	2,00	5865,78
				5862,87	0,30				5863,33	1,40				5864,47	1,20	5863,49

	σ^2	% in R&R	% in whole
σ^2_{repeat}	0,326	22,55%	5,45%
σ^2_{reprod}	1,120	77,45%	18,72%
$\sigma^2_{repeat}+\sigma^2_{reprod}$	1,446	100,00%	24,17%
σ^2_{part}	4,536		75,83%
$\sigma^2_{repeat}+\sigma^2_{reprod}+\sigma^2_{part}$	5,982		100,00%

Op2 -> Op3	σ^2	% in R&R	% in whole
σ^2_{repeat}	0,373	72,31%	7,60%
σ^2_{reprod}	0,143	27,69%	2,91%
$\sigma^2_{repeat}+\sigma^2_{reprod}$	0,515	100,00%	10,52%
σ^2_{part}	4,384		89,48%
$\sigma^2_{rep}+\sigma^2_{repr}+\sigma^2_{p}$	4,899		100,00%

Op1 -> Op3	σ^2	% in R&R	% in whole
σ^2_{repeat}	0,155	50,85%	3,53%
σ^2_{reprod}	0,150	49,15%	3,41%
$\sigma^2_{repeat}+\sigma^2_{reprod}$	0,305	100,00%	6,94%
σ^2_{part}	4,087		93,06%
$\sigma^2_{rep}+\sigma^2_{repr}+\sigma^2_{p}$	4,391		100,00%

BMEETT

Tj=150 °C alumínium huzalkötések vizsgálata

52/10

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Összefüggőség vizsgálatok

- Egy széles skálájú ismeretkör, melynek egyik része belenyúlik a hipotézis vizsgálatokba (pl. kétmintás t próba, vagy ANOVA).
- Valószínűségi változók között hagyományos értelemben vett függvénykapcsolatokat eddig nem definiáltunk.
- A gyakorlat megköveteli, hogy keressünk olyan ***közelítéseket***, amik ***függvény formájában*** mutatja meg, hogy milyen kapcsolat van valószínűségi változók között.
- Fajtái: ***Kvantitatív és Kvalitatív***

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Összefüggőség vizsgálatok

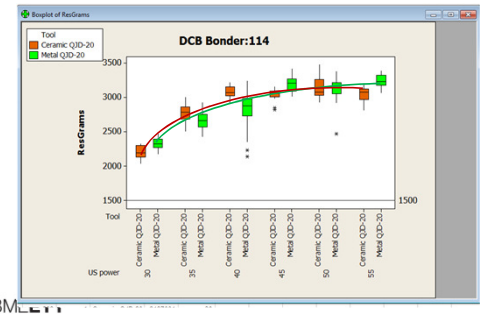
- **Kvantitatív (számszerű) összefüggőségi vizsgálatok:**
- **Regresszió (görbeillesztés):**
- A mért valószínűségi változó pontokra próbál a legkisebb hibával függvényt illeszteni.
- Válfajai: ***lineáris és polinomiális*** regresszió
- Célfüggvény = min ($\Sigma\Delta^2$) (az illesztési hiba minimális)
- *n db ponton átmenő (n-1)-ed fokú polinom mindig felírható!*
- Harmad, negyed fokú polinomnál nagyobbal történő illesztés értelmetlen. (Természetellenes)
- Ha nem illeszthető harmad- negyedfokú görbe -> nincs függvénykapcsolat.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

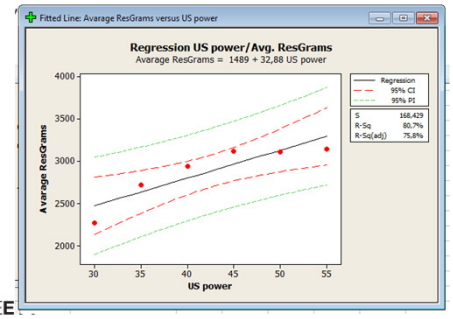
Összefüggőségi mintapéldák

- **Regresszió: US power vs. Bond force**



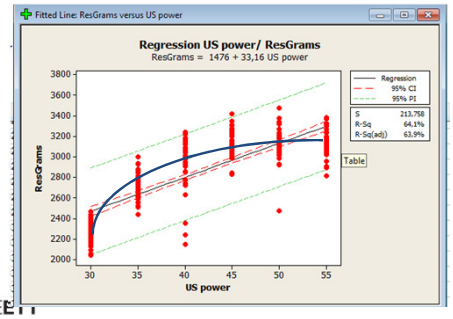
Összefüggőségi mintapéldák

- **Lin. Regresszió: jó vagy sem a kapott eredmény?**



Összefüggőségi mintapéldák

- **Lin. Regresszió: NEM! A görbe szaturációs jellegű!**



Összefüggőség vizsgálatok

- **Kvantitatív (számszerű) összefüggőségi vizsgálatok:**
- **Korreláció analízis:**
- Valószínűségi változók ha összefüggenek, akkor összefüggéseinek szorosságát jelzi.
- A regressziós függvényből is lehet következtetni, milyen szoros az összefüggés. Minél jobban illeszkednek a regressziós görbére, annál szorosabb az összefüggés. De ezek csak empirikus megfigyelések.
- Korrelációs együttható kiszámítása (ismétlés):

$$R(\xi,\eta)=\frac{M\left(\left[\xi-M(\xi)\right]\cdot\left[\eta-M(\eta)\right]\right)}{D(\xi)D(\eta)} \qquad -1\le R(\xi,\eta)\le 1$$

BMEETT

Összefüggőség vizsgálatok

- **Kvantitatív (számszerű) összefüggőségi vizsgálatok:**
- **Korreláció analízis:**
- R = +1: merev egyenes arányosság (amennyit nő az egyik, annyit nő a másik)
- R = -1 : merev fordított arányosság
- R = 0 : csak azt tudjuk kijelenteni, hogy korrelálatlanok az együtthatók. Sajnos ettől még lehetséges, hogy köztük merev arányosság álljon fel. ***Nem szabad kijelenteni, hogy nincs kapcsolat***, részletesebb vizsgálat szükséges.
- Ha nem pont nulla, de közel van hozzá, akkor már meg lehet állapítani, hogy a kapcsolat nagyon laza.

BMEETT

Összefüggőség vizsgálatok

- **Kvalitatív (minőségi) összefüggőségi vizsgálatok:**
- Sokszor összefüggéseket keresünk minőségi jellemzők között is.
- Sokszor nem számszerű eredményekkel, hanem minősítő megjegyzésekkel kell dolgozunk:
  - Üveg: karcos vagy nem karcos. Biztos lehetne képfeldolgozó eljárással számszerű adatokat kapni, de bonyolult, gyakorlatban inkább nem alkalmazzuk
  - Felületi szennyeződés: kicsi, közepes, nagy
  - Egy termék: jó vagy nem jó. Mindegy, mitől nem jó, vagy mennyire; elég, hogy nem jó.

BMEETT

Összefüggőség vizsgálatok

- **Kvalitatív (minőségi) összefüggőségi vizsgálatok:**
- Módszer:
- Tapasztalati kontingencia tábla felvételi
- Elméleti kontingencia tábla felvétele
- Különbségi táblázatok képzése
- Kszí négyzet próba alapján döntés a hipotézisről

BMEETT

Összefüggőség mintapéldák

- **Kvalitatív példa:**
- **Adott termék esetén, huzalkötés (bond) nyírási szilárdság (shear teszt) vizsgálata**
- Van-e összefüggés a nyírási erő és az UH teljesítmény, valamint a nyírási erő és a kötési (bondolási) erő növelése miatt bekövetkező átlagérték növekedés között.

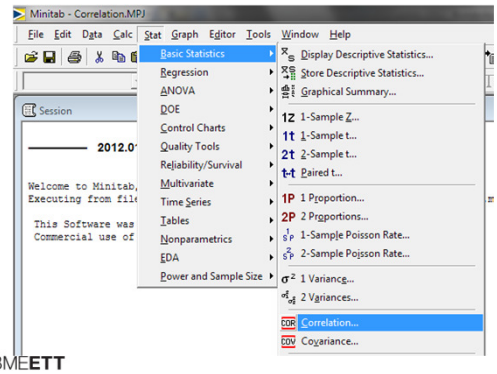
BMEETT

HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA (KORRELÁCIÓ ANALÍZIS)

Shear erő [cN]	Alap	UH telj növ	Bond F növ		Alap (rendezve)	UH telj növ (rendezve)	Bond F növ (rendezve)
Mérés1	1401	1420	1421		1400	1409	1411
Mérés2	1420	1460	1432		1401	1410	1418
Mérés3	1411	1437	1411		1403	1415	1421
Mérés4	1403	1421	1440		1411	1420	1421
Mérés5	1414	1410	1421		1413	1420	1427
Mérés6	1418	1450	1430		1414	1421	1428
Mérés7	1413	1420	1418		1417	1437	1430
Mérés8	1422	1444	1428		1418	1444	1432
Mérés9	1400	1409	1427		1420	1450	1435
Mérés10	1417	1415	1435		1422	1460	1440
Átlag	**1411,90**	**1428,60**	**1426,30**		**1411,90**	**1428,60**	**1426,30**
Szórás	***8,01***	***17,86***	***8,64***		***8,01***	***17,86***	***8,64***

BMEETT

HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA (KORRELÁCIÓ ANALÍZIS)



BMEETT

HUZALKÖTÉSEK NYÍRÁSI SZILÁRDSÁGA (KORRELÁCIÓ ANALÍZIS)

This Software was purchased for academic use only.
Commercial use of the Software is prohibited.

Correlations: Alap; UH telj növ

Pearson correlation of Alap and UH telj növ = 0,629
P-Value = 0,051

R érték	
Alap – UH telj növ	0,629
Alap – Bond F növ	0,082
Alap – UH telj rendezve	0,122
Alap – Bond F növ rendezve	0,307
Alap rendezve – UH telj rendezve	0,906
Alap rendezve – Bond F növ rendezve	0,950

Következtetés: Rendezni tilos!!! Sértjük a minták páronkénti függetlenségét!

BMEETT

SPC 5

5. Az SPC (Statistic Process Control) módszer

Dr. Illés Balázs

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az SPC alapjai

- **SPC (Statistical Process Controll)** = Statisztikus Minőség Szabályozás
- Sokszor a termékek rendkívüli nagy száma, más esetben a technológia jellege (folytonos technológiák, pl. tejüzem vagy kénsavgyártás) vagy gazdasági megfontolások nem teszik lehetővé a folytonos ellenőrzést, vizsgálatot (roncsolásos vizsgálatok).
- Egy gyártás összességét jelentő tételből teszünk kijelentéseket a minta ismeretében.
- Mintavétel: a kiválasztás ***pszeudo jellegű*** „majdnem véletlen”. Gépi úton nehéz teljesen véletlent előállítani.

Az SPC alapjai

- A gyakorlatban vannak a ***mintavételt nehezítő tényezők***:
- Csomagolás: csomagolási egységeket nem lehet ésszerűtlenül bárhol megbontani. (pl. pólók csomagolása: konténerbe – dobozba – méret szerint – színek szerint)
- Emberi tényező: „Az emberek szeretik a szisztematikus dolgokat”, nehezen tudunk ténylegesen véletlen mintavételt végezni. Emellett befolyásoló lehet sok egyéb tényező (fáradság, lelki állapot stb…)
- ***Ezért sokszor erősen befolyásolt a mintavétel véletlensége!***

Az SPC alapjai

- **SPC alapmennyiségei:**
- Minta átlag: $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$
- Minta szórás: $s_x = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}}$

  Korrigált: $s_x{}^* = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$
- Terjedelem: $x_{ter} = \left|x_{\max} - x_{\min}\right|$
- Mozgóátlag: $\bar{x}_{n_1}^{n_2} = \frac{1}{n_2 - n_1}\sum_{n_1}^{n_2} x_i$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Adatgyűjtés és osztályozás

- Mely adatokat gyűjtjük: ***a termék szempontjából szignifikáns adatokat***
- Szignifikáns adat lehet, minden olyan jellemző, ami a ***termék minőségét (vagy megbízhatóságát)*** befolyásolhatja. (Nagymértékben alkalmazásfüggő)
- A gyűjtött adatok nem csak ***kvantitatívak*** (számszerűek) lehetnek, hanem ***kvalitatívak*** (minősítéses) típusúak.
- Gyűjtendő adatok meghatározásának lépései:
  - 1. Elméleti meghatározás, specifikáció alapján
  - 2. ***Gyakorlati meghatározás próbagyártással***
  - 3. Éles gyártás közbeni próba (tapasztalatszerzés)
  - 4. Eredményesség visszacsatolása

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Adatgyűjtés és osztályozás

- Gyűjtendő adatok meghatározásának lépései:
- ***1. Elméleti meghatározás, specifikáció alapján:***
- Sorra vesszük a specifikáció teljesüléséhez elengedhetetlen paramétereket, amelyek változását érdemes lehet megfigyelni.
- Az összes szignifikás paraméter általában nem vizsgálható.
- Paraméterek szűkítésének 1. lépése: Csak olyan paramétert érdemes figyelni amelyre ***„Befolyásunk" van***, olyan adatot fölösleg gyűjteni amit a gyártásunk nem befolyásol (pl. beszállított alkatrészház mérete).

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Adatgyűjtés és osztályozás

- **2. Gyakorlati meghatározás próbagyártással**
- Az elméletileg meghatározott paraméterek szűkítésének 2. lépése:
- Milyen adatokat érdemes gyűjteni:
- ***Gyártás során ingadozást mutat***, kvázi állandó értékek gyűjtése felesleges.
- ***Kritikus a gyártás szempontjából***: kritikus gyártási lépés eredménye, ami gyakori hibát okozhat
- ***Kritikus a termék szempontjából:*** olyan jellemző amely értéke nem kompromisszum képes

BMEETT

Adatgyűjtés és osztályozás

- **3. Éles gyártás közbeni próba (tapasztalatszerzés)**
- AZ SPC egyik legfontosabb alapelve a tapasztalat szerzés a gyártásról
- Az elméletileg és a próbagyártás során megalkotott SPC sok esetben módosulhat az éles gyártás során
- A nagyobb tétel-minta szám miatt a statisztika javul, előre nem várt eredményeket kaphatunk
- **4. Eredményesség visszacsatolása**
- Az éles gyártás során szerzett tapasztalatokat folyamatosan vissza kell csatolni az SPC-be!
- Az idő előrehaladásával a gyártási körülmények, paraméterek és elvárások módosulhatnak

BMEETT

Adatgyűjtés és osztályozás

- ***Adatok súlyozása***: gazdasági és egyéni okok miatt sokszor rákényszerülünk, hogy a lényeges adatok között is sorrendet állítsunk fel. (Pareto analízis)
- ***Az adatok osztályozása:*** az adatokat kezelhető osztályokba kell sorolni,
- Az osztályokat különféle kritériumok, szempontok alapján határozzuk meg. (pl. gyártósor, műszak, gép, stb.)
- Az adatokat idősorok szerint kell minősíteni.
- A véletlen és rendszeres hibák elkülöníthetőségét biztosítani kell. (Hisztogram analízis)

BMEETT

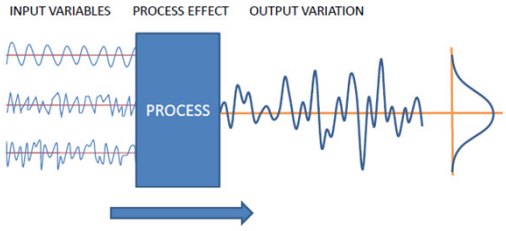
Adatgyűjtés és osztályozás

- ***Hibakép vagy hibaok?***
- A gyakorlatban fontos: hibakép vagy hibaok statisztikát csinálunk-e.
- Hibakép: megmutatja, hogy egy szerelvénynél pl. hiányzik egy forrasztás, alkatrész, stb…
- Hibaok: pl. kifogyott a forrasztóanyag, vagy odaadagolta, de elromlott a hőközlő, stb...
- *Egy hibaképhez több hibaok is tartozhat!*
- Általában hibaképeket vizsgálunk
- Egy ellenőrző pont egy hibaképet vizsgál, ehhez akár 30 hibaok is tartozhat

BMEETT

Folyamatparaméterek

- ***Mik azok a folyamatparaméterek amik befolyásolják a gyártásunkat?***



BMEETT

Folyamatparaméterek példa

- **Chip beültetés folyamat paraméterei:**

- **Bemenő paraméterek:**
- A lemezen lévő Cu rajzolat pontossága
- A chip geometria pontossága

- **Process paraméterek:**
- Mozgató motor pontossága
- Pipetta „pontossága”
- Beültető gép „off set”-je

BMEETT

Folyamatparaméterek

- A bemenő paraméterek ingadozása + gyártás ingadozása okozza a végtermék minőségének ingadozását.
- A szűk keresztmetszet itt is érvényes: a bemenő paraméterek (beépülő alkatrészek) ingadozásánál nem lehetséges kisebb ingadozású végterméket létrehozni.
- A bemenő paraméterek nem feltétlenül vannak hatással egymásra, de szélsőséges esetben erősíthetik is egymás negatív hatását! (Az ilyen esetekkel feltétlenül foglalkozni kell, korreláció analízis)
- ***Célunk a gyártás ingadozásának alacsonyan tartása.***

BMEETT

Folyamatparaméterek

- **Gyártás ingadozásának alacsonyan tartása:**
- Minőségért felelős személyek kiválasztása
- „Minőségpontok” definiálása a gyártásban
- A gyártás folyamatos monitorozás (SPC)
- Az eredmények rendszeres (napi/heti kiértékelése)
- Hiba vagy „negatív tendenciák” esetén beavatkozás
- A berendezések rendszeres szervizelése
- A berendezések rendszeres képességvizsgálata és kalibrálása
- A mérőműszerek rendszeres kalibrációja

BMEETT

Szabályozókártyák

- Az SPC legfőbb eszközei az ún. **szabályozókártyák.**
- A mért értékeket vagy valamely statisztikai jellemzőjüket az idő függvényében ábrázoljuk.
- Az időfüggés bevezetése miatt a rendszer dinamikája vizsgálható, a „jövő becsülhetővé válik”.

- ***Leggyakrabban használt szabályozókártyák:***
- **I-MR:** Maga a mért értékek és mozgóterjedelem
- **X-bar-R:** A mért érték átlaga és terjedelme
- **X-bar-S:** A mért érték átlaga és szórása

BMEETT

Szabályozókártyák

- Az SPC legfőbb eszközei az ún**. szabályozókártyák.**
- A mért értékeket vagy valamely statisztikai jellemzőjüket az idő függvényében ábrázoljuk. Az időfüggés bevezetése miatt a rendszer dinamikája vizsgálható. Leggyakrabban használt szabályozókártyák:
- **I-MR:** Maga a mért érték és mozgó terjedelem (nagyon kevés minta esetén, nincs értelme más statisztikai paraméternek)
- **X-bar-R:** A mért érték átlaga és terjedelme (közepes mintaszám esetén, a szórás még csalóka lehet)
- **X-bar-S:** A mért érték átlaga és szórása (nagy mintaszám esetén, a statisztikai paraméterek biztosan jól reprezentálják a megfigyelt jelenséget)

BMEETT

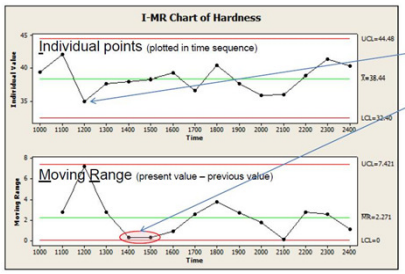
Szabályozókártyák

- **I-MR (Maga a mért értékek és mozgóterjedelem)**
- ***Alkalmazása:*** ha a gyártás jellegéből adódóan a mintavétel nem lehetséges (pl. folyamatos üzemű gyártás, tejüzem) vagy csak nagyon kevés minta áll rendelkezésre (pl. kisszériás manufakturális gyártás)
- Kevés mintából nincs értelme más statisztikai paramétert számolni, mivel nagyon nagy lenne a bizonytalanság
- A legalacsonyabb reprezentációs értékkel rendelkező szabályozókártya, ritkán alkalmazott (kivéve fenti esetek)

BMEETT

Szabályozókártyák

- **I-MR (**Maga a mért érték és mozgó terjedelem)



Time	Hardness	MR
1000	39.3	
1100	42.1	2.8
1200	34.9	7.2
1300	37.7	2.8
1400	38	0.3
1500	38.3	0.3
1600	39.2	0.9
1700	36.6	2.6
1800	40.4	3.8
1900	37.7	2.7
2000	35.9	1.8
2100	36	0.1
2200	38.8	2.8
2300	41.4	2.6
2400	40.3	1.1
Average	**38.44**	**2.27**
StDev	**2.08**	**1.84**
UCL	**44.48**	**7.78**
LCL	**32.20**	**0.00**

N.B. UCL & LCL are calculated

BMEETT

Szabályozókártyák

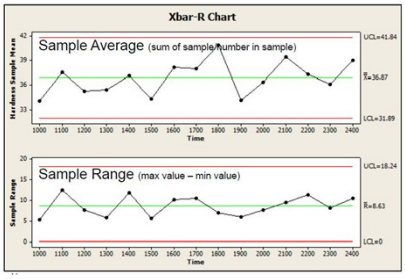
- **X-bar-R** (A mért érték átlaga és terjedelme)

- ***Alkalmazása:*** ha a gyártás jellegéből adódóan csak kis számú mintavétel lehetséges, tipikusan n<10 (pl. kisszériás manufakturális gyártás).
- Ilyen esetekben az átlag már bír egy bizonyos reprezentativitással, de a szórás még nem.
- Az esetleges kiugró értékek miatt a terjedelem még jobban jellemez, mint a szórás.
- Az I-MR-nél nagyobb a reprezentációs értéke de kisebb mint az X-bar-S-nek

BMEETT

Szabályozókártyák

- **X-bar-R** (A mért érték átlaga és terjedelme)



Time	Hardness	R
1000	34.05	5.32
1100	37.55	12.48
1200	35.26	7.55
1300	35.41	5.71
1400	37.15	11.80
1500	34.31	5.62
1600	38.14	10.18
1700	37.96	10.42
1800	40.87	7.01
1900	34.08	6.02
2000	36.34	7.65
2100	39.45	9.53
2200	37.31	11.39
2300	36.09	8.19
2400	39.05	10.46
Average	**36.87**	**8.62**
StDev	**2.05**	**2.43**
UCL	**43.02**	**15.91**
LCL	**30.72**	**0.00**

BMEETT

Szabályozókártyák

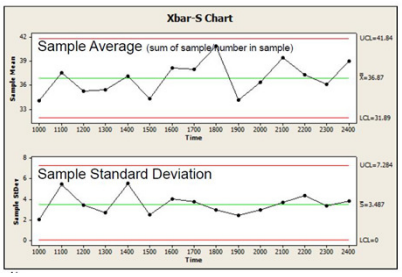
- **X-bar-S (**A mért érték átlaga és szórása)

- ***Alkalmazása:*** ha a gyártás jellegéből adódóan lehetőség van elégséges mintavételére, tipikusan n>10 (tömeggyártási technológiák, ***Mikroelektronika***).
- Ilyen esetekben mind az átlag mind a szórás megfelelően reprezentatív.
- A legnagyobb reprezentációs értékkel bíró szabályozókártya.
- Az elektronikai iparban általánosan alkalmazott szabályozókártya.

BMEETT

Szabályozókártyák

- **X-bar-S (**A mért érték átlaga és szórása)



Time	Hardness	S
1000	34.05	2.06
1100	37.55	5.49
1200	35.26	3.46
1300	35.41	2.74
1400	37.15	5.54
1500	34.31	2.50
1600	38.14	4.08
1700	37.96	3.76
1800	40.87	2.99
1900	34.08	2.43
2000	36.34	2.99
2100	39.45	3.73
2200	37.31	4.37
2300	36.09	3.41
2400	39.05	3.85
Average	**36.87**	**3.56**
StDev	**2.05**	**1.02**
UCL	**43.02**	**6.63**
LCL	**30.72**	**0.00**

BMEETT

Elfogadási és beavatkozási határok

- A szabályozókártyákhoz minden esetben tartoznak **elfogadási és beavatkozási határok**
- **Beavatkozási határok:** ha a mért vagy számított érték az átlép a beavatkozási határokat akkor a folyamat működése nem megfelelő, (még nem feltétlen gyártunk selejtet)
- **Elfogadási határok:** ha a mért vagy számított érték az elfogadási határok között van akkor a termék minősége megfelelő, de a folyamat működése mutathat rossz tendenciát.
- **Elfogadási határ ≥ Beavatkozási határ**

BMEETT

Elfogadási és beavatkozási határok

- **Elfogadási és beavatkozási határok között tartomány:**
- Az SPC jelzést ad, hogy a folyamat tendenciája esetlegesen nem megfelelő.
- Ha tartósan itt tartózkodik az adott érték akkor dönthetünk a beavatkozás mellett.
- Elfogadási és beavatkozási határok lehetnek azonosak is! (Gyártás specifikus)
- Elfogadási és beavatkozási határok nem feltétlenül szimmetrikusak ± irányban

BMEETT

Elfogadási és beavatkozási határok

- **Elfogadási és beavatkozási definiálása:**
- Nincsenek egzakt szabályok, gyártás és termék specifikus.

- Általánosan (ökölszabály):
- Beavatkozási tartomány átlag és egyéni értékeknél:

$$\bar{x} \pm (1.5 \sim 2s)$$

- Elfogadási tartomány átlag és egyéni értékeknél

$$USL = \bar{x} + 3s \quad LSL = \bar{x} - 3s$$

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Elfogadási és beavatkozási határok

- **Elfogadási és beavatkozási definiálása:**
- Általánosan (ökölszabály):
- Beavatkozási tartomány szórás, terjedelem és mozgóterjedelem esetén általában nem definiált
- Elfogadási tartomány szórás, terjedelem és mozgóterjedelem esetén:

$$USL = \bar{s} + 3D(s) \quad USL = \bar{R} + 3D(R) \quad USL = \overline{MR} + 3D(MR)$$

$$LSL = 0 \quad LSL = 0 \quad LSL = 0$$

- (Szórás esetén abszolút értéket számolunk)

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric szabályok:**

- A szabályozókártyákon nem szabályozott és random viselkedések elkülönítésére és kiszűrésre alkotott szabályok.
- Az alkalmazandó irányelveket Western Electric cég dolgozta ki 1956-ban.
- A WE módszer megpróbál különbséget tenni a szabályozó kártyákon bekövetkező természetes és nem természetes sorminták között, különféle kritériumok alapján.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric szabályok:**
- **WE kritériumok:**
- Középvonal környéki minták hiánya (minta keveredés)
- Kontrol limit körüli minták hiánya (minta rétegződés)
- Kontrol limiten kívüli minták (instabilitás)
- Egyéb természet ellenes viselkedés (szisztematikus ismétlődés és trendek a mintákban)

- A WE a szabályozókártyákat a középvonal és a kontrol limitek között a standard szórás alapján három zónára osztja.

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric szabályok:**

- A WE zónák:
- ***A zona:*** a kontrol limit (általában 3σ) és a 2σ közötti terület.
- ***B zona:*** a 2σ és 1σ közötti terület.
- ***C zona:*** a 1σ és a középvonal közötti terület.

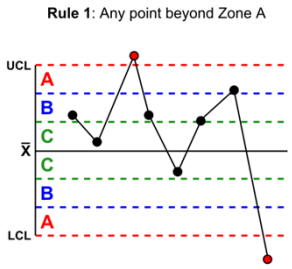
- A WE legfontosabb szabályai a 4 db. ún. zóna szabály amelyek segítségével a folyamat instabilitása és természetellenes viselkedése kiszűrhető.

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric zóna szabályok:**

- 1. zóna szabály:
- ***Ha akár 1 pont is kilép az UCL vagy LCL határokon akkor beavatkozunk.***



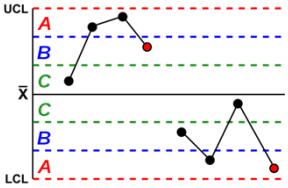
BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric zóna szabályok:**

- 2. zóna szabály:
- ***Ha három egymást követő érték közül kettő az „A” zónába (2 és 3 σ közötti rész) vagy azon kívül kerül, azonos oldalon, akkor beavatkozunk***

Rule 2: two out of three consecutive points fall Zone A or beyond



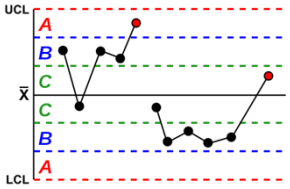
BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric zóna szabályok:**

- 3. zóna szabály:
- ***Ha öt egymást követő érték közül négy a „C” zónán (1σ középvonal közötti rész) kívül esik, azonos oldalon, akkor beavatkozunk***

Rule 3: Four out of five consecutive points fall Zone B or beyond



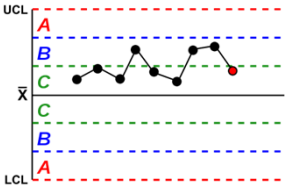
BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric zóna szabályok:**

- 4. zóna szabály:
- ***Ha 9 egymást követő pont a középvonal azonos oldalára esik, akkor beavatkozunk***

Rule 4: Nine consecutive points on the same side of center line (mean)



BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric szabályok:**
- Az előző 4 zóna szabály szimmetrikus kontrol limitek esetére vonatkozott.
- Ha kontrol limitek nem szimmetrikusak más szabályokat alkalmazunk a beavatkozásra:
- 1. Ha akár 1 pont is kilép az UCL vagy LCL
- 2. Két egymás utáni pont a felső *„A”* tartományba esik
- 3. Három egymás utána pont a felső *„B”* tartományba esik
- 4. Hét egymás utána pont a középvonal fölé esik
- 5. Tíz egymás utána pont a középvonal alá esik
- 6. Négy egymás utána pont az alsó *„A”* tartományba esik

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric „sorminta” szabályok:**
- *1. Tizenöt egymást követő pont a C zónába esik:* lehetséges, hogy a minta rétegzetté vált (túl kicsi a változás).
- *2. Nyolc egymást követő pont bármely oldalon a „C” zónán kívül esik:* lehetséges, hogy a minta keveredett (heterogén a minta).
- 3. *Középvonal alatti pontok sorozata középvonal feletti pontok sorozatára vált vagy fordítva:* negatív trend következett be (pl. középérték eltolódás)

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **„Western Electric „sorminta” szabályok:**
- Szabályok nélkül szűrendő jelenségek:
- „Ismétlődés”: egy kártya jellege az előzőleg mért kártya jellegét követi
- „Szisztematikusság”: alternáló minták sorozata

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson szabályok:**

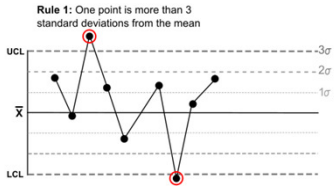
- A szabályozókártyákon nem szabályozott és random viselkedések elkülönítésére és kiszűrésre alkotott szabályok.
- Az alkalmazandó irányelveket ***Lloyd S Nelson*** dolgozta ki 1984-ben.
- A WE módszer 4 zóna szabályán túl még 4 szabályt fogalmazott meg.
- A WE nem szabályozott vagy „sorminta" szabályait írja le zónaszabályokkal.

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 1. zóna szabály:
- ***Ha akár 1 pont is kilép az UCL vagy LCL határokon, akkor beavatkozunk.***

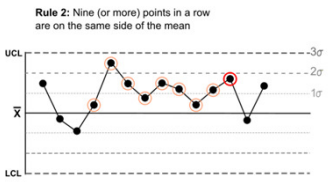


BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 2. zóna szabály:
- ***Ha 9 egymást követő pont a középvonal azonos oldalára esik, akkor beavatkozunk.***



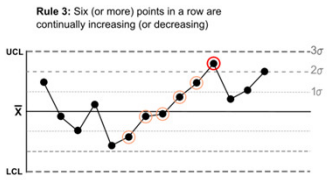
Gyanús tendencia a mintákban, átlag eltolódás

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 3. zóna szabály:
- ***Ha 6 egymást követő pont folyamatosan növekszik, akkor beavatkozunk.***



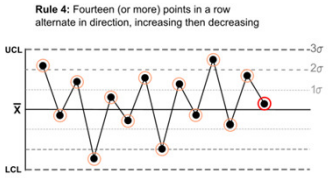
Gyanús tendencia a mintákban

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 4. zóna szabály:
- ***Ha 14 egymást követő pont a középvonal körül alternál, akkor beavatkozunk.***

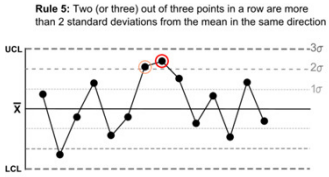


BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 5. zóna szabály:
- ***Ha három egymást követő érték közül kettő az „A" zónába kívül kerül, azonos oldalon, akkor beavatkozunk***

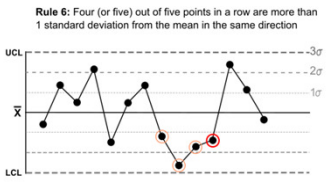


BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 6. zóna szabály:
- ***Ha öt egymást követő érték közül négy a „C” zónán kívül esik, azonos oldalon, akkor beavatkozunk***

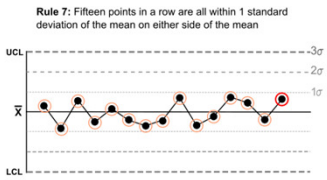


BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 7. zóna szabály:
- ***Ha tizenöt egymást követő érték a „C” zónába esik, akkor beavatkozunk***



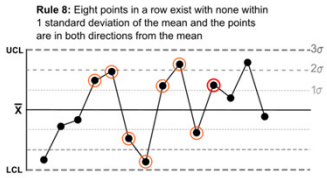
Rétegzett (túl homogén) a minta

BMEETT

SPC döntési szabályok

- **Nelson zóna szabályok:**

- 8. zóna szabály:
- ***Ha nyolc egymást követő érték közül egy sem esik a „C” zónába, akkor beavatkozunk***



Keveredett (heterogén) a minta

BMEETT

SPC döntési szabályok

- Melyiket alkalmazzuk? **WE vagy Nelson?**
- Ha jobban megvizsgáljuk őket az eltérés elég kicsi.
- A mai SPC szoftwerek pl. (Minitab) a WE és Nelson szabályokat általában együttesen alkalmazzák és nem is feltétlenül mindet.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPC példa

- **Pasztanyomtatásának ellenőrzése:**

- **Specifikáció:**
- Célérték = 250 µm
- Beavatkozási határok = 230 – 270 µm
- Elfogadási határok = 210 – 290 µm
- Mérések száma = 5 db (30 kártyánként)

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁSSAL FELVITT FORRASZPASZTA MAGASSÁGA (PÉLDA 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mérés1	255	243	203	266	255	265	190	250	268	256	234	266
Mérés2	225	265	222	280	234	233	272	265	234	244	265	276
Mérés3	262	244	232	256	265	210	260	221	255	260	243	234
Mérés4	276	222	221	261	233	290	187	270	259	250	276	256
Mérés5	234	227	199	240	267	211	278	268	275	200	275	234
Átlag	**250,4**	**240,2**	**215,4**	**260,6**	**250,8**	**241,8**	**237,4**	**254,8**	**258,2**	**242**	**258,6**	**253,2**
Szórás	***20,77***	***16,90***	***13,90***	***14,59***	***16,44***	***35,00***	***45,12***	***20,46***	***15,61***	***24,25***	***19,11***	***18,90***
Terj.	*51*	*43*	*33*	*40*	*34*	*80*	*91*	*49*	*41*	*60*	*42*	*42*

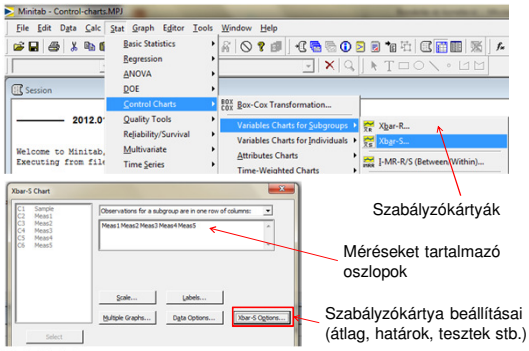
Beavatkozási határok (pl.)	Átlag	Szórás	Terjedelem
UCL	270	30	50
LCL	230	—	—

Elfogadási határok	Átlag
USL	290
LSL	210

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-S -> OPCIÓK)



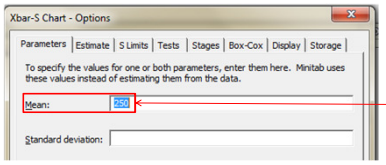
Szabályzókártyák

Méréseket tartalmazó oszlopok

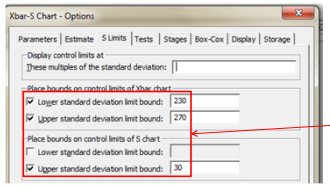
Szabályzókártya beállításai (átlag, határok, tesztek stb.)

BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-S - OPCIÓK)



Elméleti átlag megadása

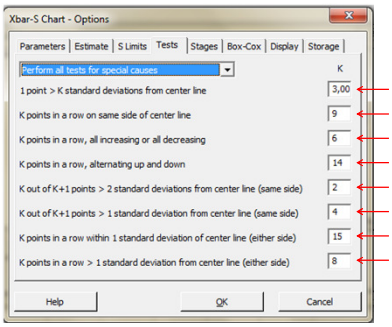


Saját beavatkozási határok megadása

Egyébként ±3σ a határ

BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – (XBAR-S – JELZÉSI SZABÁLYOK TESZTELÉSE)



Western El. + Nelson

Western El. + Nelson

Nelson

Nelson

Western El. + Nelson

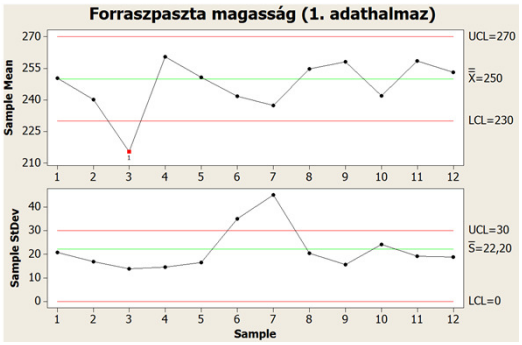
Western El. + Nelson

Nelson

Nelson

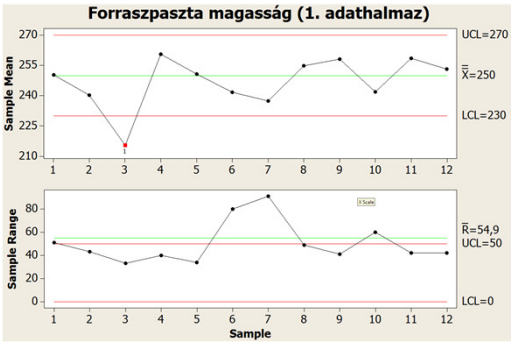
BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-S/1)



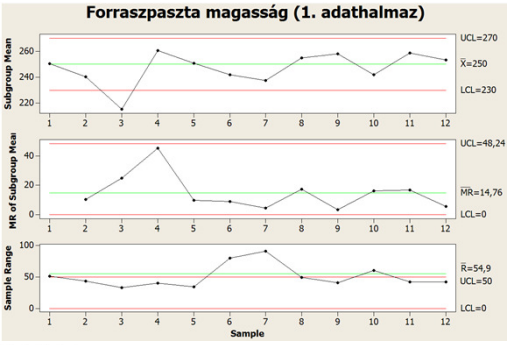
BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-R/1)



BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (I-MR)



BMEETT

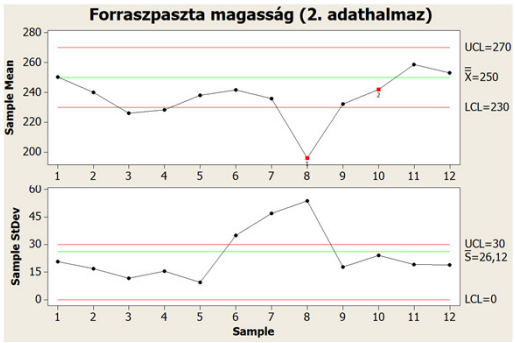
SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁSSAL FELVITT FORRASZPASZTA MAGASSÁGA (PÉLDA 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mérés1	255	243	231	241	236	265	190	177	243	256	234	266
Mérés2	225	265	222	231	234	233	272	190	234	244	265	276
Mérés3	262	244	244	245	233	210	260	270	255	260	243	234
Mérés4	276	222	221	215	233	290	180	124	220	250	276	256
Mérés5	234	227	213	210	255	211	278	220	210	200	275	234
Átlag	***250,4***	***240,2***	***226,2***	***228,4***	***238,2***	***241,8***	***236***	***196,2***	***232,4***	***242***	***258,6***	***253,2***
Szórás	***20,77***	***16,90***	***11,82***	***15,49***	***9,47***	***35,00***	***47,14***	***53,93***	***17,90***	***24,25***	***19,11***	***18,90***
Terj.	*51*	*43*	*31*	*35*	*22*	*80*	*98*	*146*	*45*	*60*	*42*	*42*

Beavatkozási határok (pl.)	Átlag	Szórás	Terjedelem	Elfogadási határok	Átlag
UCL	270	30	50	USL	290
LCL	230	—	—	LSL	210

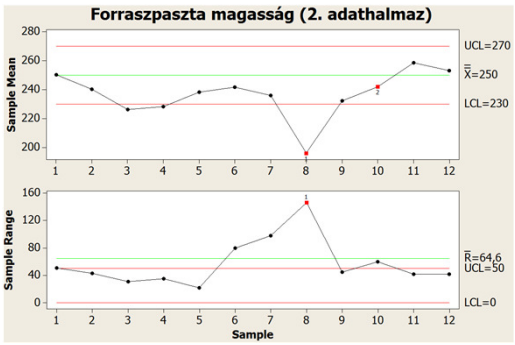
BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-S/2)



BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-R/2)



BMEETT

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁSSAL FELVITT FORRASZPASZTA MAGASSÁGA (PÉLDA 3)

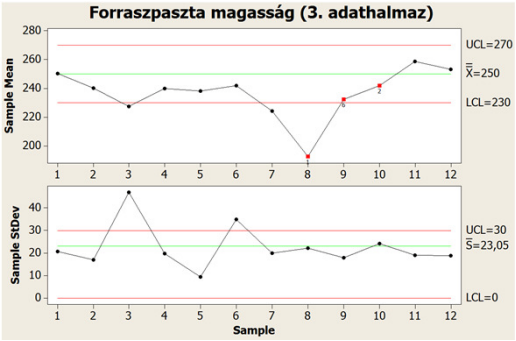
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mérés1	255	243	160	255	236	265	210	177	243	256	234	266
Mérés2	225	265	222	231	234	233	255	190	234	244	265	276
Mérés3	262	244	244	245	233	210	234	210	255	260	243	234
Mérés4	276	222	221	258	233	290	210	167	220	250	276	256
Mérés5	234	227	290	210	255	211	212	220	210	200	275	234
Átlag	***250,4***	***240,2***	***227,4***	***239,8***	***238,2***	***241,8***	***224,2***	***192,8***	***232,4***	***242***	***258,6***	***253,2***
Szórás	***20,77***	***16,90***	***46,92***	***19,72***	***9,47***	***35,00***	***19,98***	***22,13***	***17,90***	***24,25***	***19,11***	***18,90***
Terj.	*51*	*43*	*130*	*48*	*22*	*80*	*45*	*53*	*45*	*60*	*42*	*42*

Beavatkozási határok (pl.)	Átlag	Szórás	Terjedelem	Elfogadási határok	Átlag
UCL	270	30	50	USL	290
LCL	230	—	—	LSL	210

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

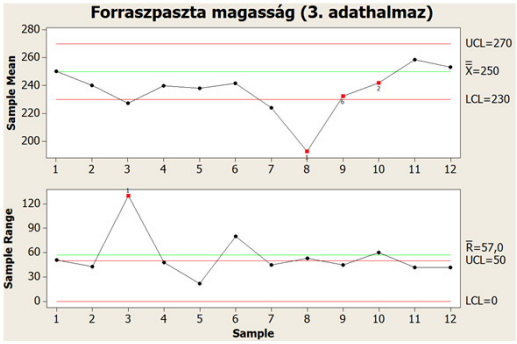
SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-S/3)



BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABÁLYZÓKÁRTYÁK TÍPUSAI – STENCILNYOMTATÁS (XBAR-R/3)



BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Pareto elemzés

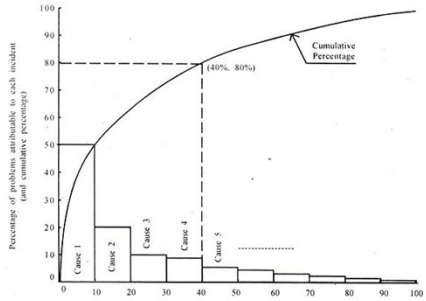
- ***Vilfredo Pareto*** sejtelemzéssel foglakozó matematikus módszere: ***melyik hibával érdemes foglalkozni?***
- Számoljuk össze az előforduló hibaképek (hibaokok) gyakoriságát és rendezzük azokat nagyságszerinti csökkenő sorrendbe.
- ***Ha kumulatív görbe exponenciális szaturációt mutat a gyártásunk megfelelő.*** Ez praktikusan azt jelenti, hogy a hibák 80%-át 3-4 hibakép jelenti.
- A Hibakép Pareto egyszerűbb, egyszerűbben lehet belőle a termelésre következtetni. A Hibaok Pareto sokkal összetettebb elemzést igényel (ritkábban használt).

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Pareto elemzés

- Ahhoz hogy akár 80%-al csökkenjen a selejtek száma elég az első 3-4 hibaképpel foglalkozni!



BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Pareto-Lorenz elemzés

- **A Pareto módszer kiegészítése a hibaképek költségének elemzésével.**
- Nem biztos, hogy a leggyakoribb hiba okozza a legtöbb veszteséget!
- A sorba rendezett hibaképek gyakorisága alá ábrázoljuk azok összes költségének százalékos arányát is.
- Hibaok költsége:
  - a selejt költségéből,
  - javítási költségből,
  - osztályos áruk költségéből.

BMEETT

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Pareto-Lorenz elemzés

- ***Ha mind a két görbe kumulatív exponenciális szaturációt mutat a gyártásunk megfelelő.***
- ***Praktikusan:*** az első 3-4 hibára esik a jelentkező hibák 2/3-a és a hibák költségeinek 2/3-a.
- Probléma: az egyes hibaképek direkt - indirekt költség sokszor nehezen meghatározható és sok más paraméter is befolyásolja.

BMEETT

Pareto elemzés PÉLDA 1

- Előforduló hibaképek:
  - Zárványos forrasztás: 33 %
  - Nyíltkötés: 12 %
  - Elemelkedő alkatarészláb: 4%
  - Forrasz golyósodás: 25%
  - Egyéb: 26 %

BMEETT

Pareto elemzés PÉLDA 2

- Előforduló hibaképek:
  - Zárványos forrasztás: 33 %
  - Rövidzár: 8 %
  - Nyíltkötés: 12 %
  - Hiányzó alkatrész: 16 %
  - Elemelkedő alkatarészláb: 4%
  - Forrasz golyósodás: 25%
  - Egyéb: 2%
    - Alkatrész törés: 0.5%
    - Hordozó vetemedése: 1.5%

BMEETT

Pareto-Lorenz elemzés PÉLDA

- Előforduló hibaképek:
  - Zárványos forrasztás: 33 % — költsége: 22%
  - Rövidzár: 8 % — költsége: 24%
  - Nyíltkötés: 12 % — költsége: 6%
  - Hiányzó alkatrész: 16 % — költsége: 10%
  - Elemelkedő alkatarészláb: 4% — költsége: 2%
  - Forrasz golyósodás: 25% — költsége: 34%
  - Egyéb: 2% — költésge: 2%
    - Alkatrész törés: 0.5%
    - Hordozó vetemedése: 1.5%

BME**ETT**

SPC 6

6. Gép- és folyamatképesség vizsgálatok

Dr. Illés Balázs

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

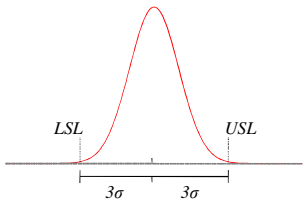
Tartalom

- Standard Normális eloszlás
- Szabályozott és szabályozatlan folyamat
- A hibaráta: PPM és DPMO
- Gép-, folyamatképesség
- Gépképesség (példa)
- Stabilitás
- Minőség kapacitás
- Minőségkapacitás (példa)

A STANDARD NORMÁLIS ELOSZLÁS

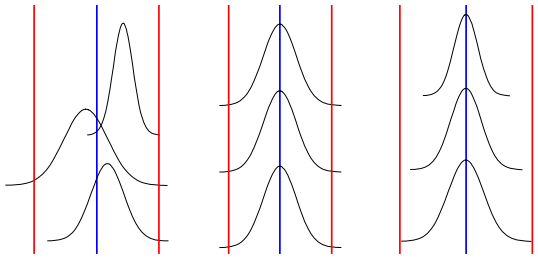
Sűrűségfüggvénye: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$

Intervallum-szélesség	±σ	±2σ	±3σ	±4σ	±5σ	±6σ
P valószínűség	0,68268	0,9545	0,9973	0,999936	0,9999994	0,999999998



A SZABÁLYOZOTT ÉS SZABÁLYOZATLAN FOLYAMAT

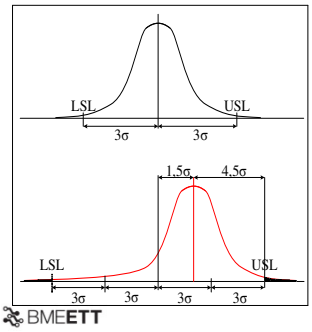
Szabályozatlan folyamat | Szabályozott folyamat | Szabályozott folyamat és kielégíti az elvárásokat



BMEETT 4/21

A HIBARÁTA: PPM ÉS DPMO

PPM (Part per million) és DPMO (Defects per million opportunity) az 1 millió hibahelyre vetített hibaarány



	Középpontos eloszlás (ppm)
1 σ	317 311 hiba/10^6
2 σ	45 500 hiba/10^6
3 σ	2700 hiba/10^6
4 σ	63 hiba/10^6
5 σ	0,574 hiba/10^6
6 σ	0,002 hiba/10^6

	Eltolt (1.5) eloszlás (ppm)
1 σ	697 672 hiba/10^6
2 σ	308 770 hiba/10^6
3 σ	66 811 hiba/10^6
4 σ	6210 hiba/10^6
5 σ	233 hiba/10^6
6 σ	3,4 hiba/10^6

BMEETT 5/21

GÉP-, FOLYAMATKÉPESSÉG

Alapértelmezés (ha a célérték megegyezik a gyártott tétel mért jellemzőjének átlagával μ-$T = 0$):

$$C = \frac{FTH - ATH}{2k \cdot s}$$

C_p, folyamatképesség	1 (s=σ)	1.33 (s=3σ/4)	2 (s=σ/2)
Hibaráta, PPM (középpontos)	2700	63	0,002

C = *capability* képesség

FTH = USL felső tűréshatár

ATH = LSL alsó tűréshatár

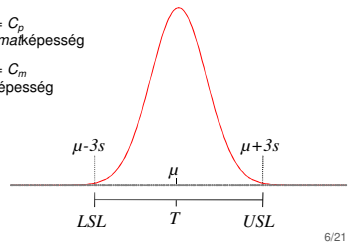
s = minta szórása

μ = minta átlaga

T = *target* Gyártási célérték

k=3 = C_p *folyamat*képesség

k=4 = C_m *gép*képesség

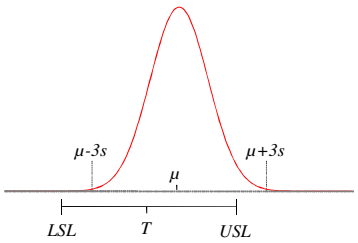


BMEETT 6/21

KORRIGÁLT KÉPESSÉGI INDEX

Ha a célérték nem feltételen egyezik meg a gyártott tétel mért jellemzőjének átlagával $\mu\text{-}T \neq 0$) ezenkívül $C_K \leq C$ mindig igaz:

$$C_{PU} = \frac{FTH - \mu}{k \cdot s}; \quad C_{PL} = \frac{\mu - ATH}{k \cdot s}; \qquad C_{PK} = \min\left(C_{PU}, C_{PL}\right)$$



BMEETT 7/21

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

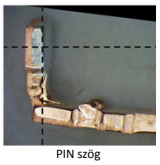
GÉPKÉPESSÉG – PINBEÜLTETÉS VIZSGÁLATA

a) PIN illesztése vízszintes szálkereszthez

b) PIN mélység mérése

PIN mélység	
Célérték	3,925 mm
Felső beavatkozási határ	4,0 mm
Alsó beavatkozási határ	3,85 mm
Felső specifikációs határ	4,05 mm
Alsó specifikációs határ	3,8 mm

a) PIN illesztése vízszintes szálkereszthez



PIN szög meghatározása

PIN szög	
Célérték	95,25 °
Felső beavatkozási határ	95,75 °
Alsó beavatkozási határ	94,75 °
Felső specifikációs határ	97 °
Alsó specifikációs határ	93,5 °

BMEETT 8/21

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Gépképesség (példa)

- **Pin illesztés mélység:** 100 db mérés alapján a minták átlaga 3.9 mm, 0.025 mm-es szórással.
- Mekkora a Cm értéke?

$$C_m = \frac{FTH - ATH}{2k \cdot s} = \frac{4.05 - 3.8}{2 \cdot 4 \cdot 0.025} = 1.25$$

- Mekkora a korrigált Cmk?

$$C_{MU} = \frac{FTH - \mu}{k \cdot s} = \frac{4.05 - 3.9}{4 \cdot 0.025} = 1.5; \quad C_{MK} = \min\left(C_{PU}, C_{PL}\right) = 1$$

$$C_{ML} = \frac{\mu - ATH}{k \cdot s} = \frac{3.9 - 3.8}{4 \cdot 0.025} = 1;$$

BMEETT 9/21

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Gépképesség (példa)

- **Pin illesztés szög:** 100 db mérés alapján a minták átlaga 95.2° 0.3º-os szórással.
- Mekkora a Cm értéke?

$$C_m = \frac{FTH - ATH}{2k \cdot s} = \frac{97 - 93.5}{2 \cdot 4 \cdot 0.3} = 1.45$$

- Mekkora a korrigált Cmk?

$$C_{MU} = \frac{FTH - \mu}{k \cdot s} = \frac{97 - 95.2}{4 \cdot 0.3} = 1.5; \quad C_{MK} = \min\left(C_{PU}, C_{PL}\right) = 1.42$$

$$C_{ML} = \frac{\mu - ATH}{k \cdot s} = \frac{95.2 - 93.5}{4 \cdot 0.3} = 1.42;$$

BMEETT 10/21

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

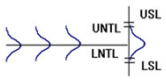
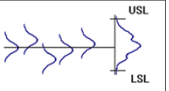
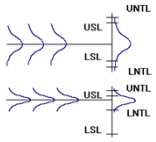
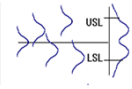
Stabilitás

- **Stabilitás:** azt mutatja meg, hogy a gyártás mennyire egyenletesen produkálja a C_{MK} vagy C_{PK} értékeket.
- Ha több folyamatból tevődik össze a gyártás, akkor a részfolyamat-képességek eredője határozza meg a **minőségkapacitást.** statikus / dinamikus
- Azt elemezzük, hogy vannak-e olyan **ingadozások**, amik nagyban veszélyeztetik egy átlagosan tudott minőségkapacitást.
- C_{MK} vagy C_{PK} értékeket nem elég csak egyszer megmérni, a folyamatokat folyamatosan meg kell figyelni!
- Figyelni kell a kiugró értékeket, a trendeket!

BMEETT 11/21

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

STABILITÁS ÉS KÉPESSÉG

		STABIL?	
		igen	nem
KÉPES?	igen		
	nem		

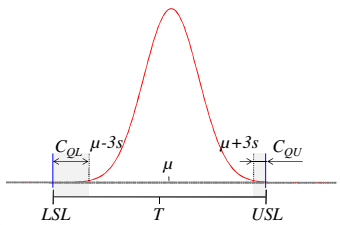
BMEETT 12/21

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MINŐSÉG KAPACITÁS

Ha a minta szórása jóval kisebb, mint az elfogadási határok távolsága (ha μ-$T = 0$, akkor C_Q szimmetrikus; ha μ-$T \neq 0$, akkor C_Q aszimmetrikus):

$$C_{QU} = FTH - \mu - 3s; \quad C_{QL} = \mu - 3s - ATH; \qquad C_Q = \min\left(C_{QU}, C_{QL}\right)$$



BMEETT

13/21

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőségkapacitás (példa)

- **Pin illesztés mélység:** 100 db mérés alapján a minták átlaga 3.9 mm, 0.025 mm-es szórással.
- Mekkora a Cq értéke?

$$C_{QU} = FTH - \mu - 3s = 4.05 - 3.9 - 3 \cdot 0.025 = 0.075;$$

$$C_{QL} = \mu - 3s - ATH = 3.9 - 3.8 - 3 \cdot 0.025 = 0.025;$$

$$C_Q = \min\left(C_{QU}, C_{QL}\right) = 0.025$$

BMEETT

14/21

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Minőségkapacitás (példa)

- **Pin illesztés szög:** 100 db mérés alapján a minták átlaga 95.2° 0.3º-os szórással.
- Mekkora a Cq értéke?

$$C_{QU} = FTH - \mu - 3s = 97 - 95.2 - 3 \cdot 0.3 = 0.9;$$

$$C_{QL} = \mu - 3s - ATH = 95.2 - 93.5 - 3 \cdot 0.3 = 0.8;$$

$$C_Q = \min\left(C_{QU}, C_{QL}\right) = 0.8$$

BMEETT

15/21

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőségkapacitás

- A minőségben meglévő tartalékok feltárására szolgál.
- A szórásképek elemzésén alapul.
- A tartalékokat az átlagok névleges értékhez közelítésével és a szórások csökkentésével mozgósíthatjuk.

- **Minőségkapacitás szintek**
  - SMK statikus mk.
  - DMK dinamikus mk.
  - SDMK stabilizált din. mk.
  - EMK elméleti mk.

BMEETT 16/21

A minőségkapacitás

- **Tartalékszámítás (Példa):**

1. Mintavételezéssel felvesszük az alaphelyzetet (statikus minőségkapacitás)
2. Megvizsgáljuk mennyivel javulna a helyzet, ha első lépésben a minták átlagait közelítenénk a gyártás célértékéhez (dinamikus minőségkapacitás)
3. Megvizsgáljuk mekkora lenne a javulás, ha a legkisebb elért szórást tudnánk minden időpontban biztosítani (stabilizált dinamikus minőségkapacitás)
4. Végül megvizsgálhatjuk milyen tartalékok vannak az elméletileg elérhető legjobb eredményekben (elméleti minőségkapacitás)

BMEETT 17/21

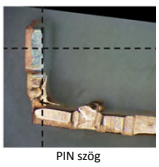
GÉPKÉPESSÉG – PINBEÜLTETÉS VIZSGÁLATA

a) PIN illesztése vízszintes szálkereszthez

b) PIN mélység mérése

PIN mélység	
Célérték	3,925 mm
Felső beavatkozási határ	4,0 mm
Alsó beavatkozási határ	3,85 mm
Felső specifikációs határ	4,05 mm
Alsó specifikációs határ	3,8 mm

a) PIN illesztése vízszintes szálkereszthez



PIN szög meghatározása

PIN szög	
Célérték	95,25 °
Felső beavatkozási határ	95,75 °
Alsó beavatkozási határ	94,75 °
Felső specifikációs határ	97 °
Alsó specifikációs határ	93,5 °

BMEETT 18/21

A minőségkapacitás (példa)

- **Pin illesztés mélység: Tekintsük az előzőekben kiszámolt minőség kapacitást a rendszer statikus SMK-jának! (0.025)**
- A 2. lépésben beavatkozunk és: 100 db mérés alapján a minták átlagát 3.92 mm-re javítjuk 0.027 mm-es szórással.
- Mekkora lesz a dinamikus minőség kapacitás?

$$DMK_U = FTH - \mu - 3s = 4.05 - 3.92 - 3 \cdot 0.027 = 0.049;$$

$$DMK_L = \mu - 3s - ATH = 3.92 - 3.8 - 3 \cdot 0.027 = 0.039;$$

$$DMK = \min\left(DMK_U, DMK_L\right) = 0.039$$

- A javulás 0.039-0.025=0.014!

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőségkapacitás (példa)

- **Pin illesztés mélység:**
- **A 3. lépésben:** 100 db mérés alapján a minták átlagát 3.918 mm-re rontjuk de a szórást 0.02 mm-re javítjuk.
- Mekkora lesz a stabilizált minőség kapacitás?

$$SDMK_U = FTH - \mu - 3s = 4.05 - 3.918 - 3 \cdot 0.02 = 0.072;$$

$$SDMK_L = \mu - 3s - ATH = 3.918 - 3.8 - 3 \cdot 0.02 = 0.058;$$

$$SDMK = \min\left(SDMK_U, SDMK_L\right) = 0.058$$

- További javulás SDMK-DMK=0.019!

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A minőségkapacitás (példa)

- **Pin illesztés mélység:**
- A 4. lépésben megvizsgáljuk mekkora lenne az elméleti minőség kapacitás ha a berendezés mindig tudná teljesíteni a „best case” specifikációját ami: 3.925 mm-es átlag, 0.015mm-es szórás mellett:

$$EMK_U = FTH - \mu - 3s = 4.05 - 3.925 - 3 \cdot 0.015 = 0.08;$$

$$EMK_L = \mu - 3s - ATH = 3.925 - 3.8 - 3 \cdot 0.015 = 0.08;$$

$$EMK = \min\left(EMK_U, EMK_L\right) = 0.08$$

- További javulás EMK-SDMK=**0.022** javulás lenne elméletileg lehetséges! (Ennél több már nincs a rendszerben.)

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TERMÉKEK MEGBÍZHATÓSÁGA

Dr. Illés Balázs

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az előadás témakörei

- A megbízhatóság fogalma
- A meghibásodás fajtái
- Az állományfüggvény, az élettartam jellegzetes szakaszai
- A „fürdőkád-görbe”
- Megbízhatósági függvények
- Elhasználódó és nem elhasználódó objektumok

Megbízhatóság

- **A megbízhatóság fogalma:**
- „Időfüggő minőség”
- „A megbízhatóság a minőség dinamikája”
- „A termék specifikációjának időben teljesülésének módja”

- Lényeges -> megbízhatóság egy időfüggő fogalom!

Meghibásodás

- **Meghibásodások fajtái:**

1. Meghibásodás közvetlenül a működtetés megkezdése utána (az élettartam kezdeti szakaszában).
2. Meghibásodás az élettartam hasznos szakaszában (az alkatrészek elöregedése előtt).
3. Meghibásodás az alkatrészek elöregedési szakaszban.

Meghibásodás

- **Meghibásodások okai:**

1. Kezdeti szakaszban történő meghibásodás esetén -> **főleg gyártási és alapanyag hibák miatt**
2. Hasznos élettartam alatti meghibásodások esetén -> **véletlen (sztochasztikus) hibák, esetleg nem megfelelő használat**
3. Elöregedési szakasz alatti meghibásodások esettén -> **anyagok elöregedése miatt**

Meghibásodás

- **Meghibásodások kezelése:**
- Kezdeti meghibásodások
  - Olcsó termék esetén: „nem foglalkozik vele a gyártó”, inkább cseréli az elromlott készüléket
  - Drága termék esetén: „Burn in” módszer
- Burn in módszer: „Túléletik” a kezdeti szakaszt a termékkel a gyártás helyén (pl. hűtőszekrényeket 2 napig járatják eladás előtt)

Meghibásodás

- **Meghibásodások kezelése:**
- Hasznos élettartam alatti meghibásodások
  - Garanciális szerviz (majd garanciális szerviz után sima szerviz)
- Elöregedési szakasz alatti meghibásodások
  - Generálozás, felújítás, kopó alkatrészek cseréje, főleg nagyon értékű készülékek esetén (pl. autó)

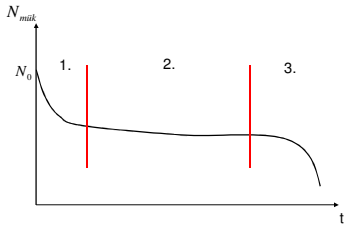
Meghibásodás

- **„Fizikai vs erkölcsi" elévülés**
- A tényleges fizikai és erkölcsi elévülés sok esetben nem esik egybe (pl. mobil kommunikációs eszközök).
- 20. századi megbízhatósági filozófia: nem igazán ismerte az erkölcsi elévülést „egy termék annál inkább eladható minél tovább működik", (pl. Hajdú mosógépek 20 évig is működtek).
- Mára nagy szerepe van az erkölcsi elvülésnek!

Meghibásodás

- **Élettartam tervezése:**
- Ha készülék tovább működik mint amíg úgy is lecserélik az sem a vevőnek sem a gyártónak nem érdeke.
- Termékeket úgy kell megtervezni, hogy az erkölcsi és fizikai elévülés közel egybe essen.
- Manapság gyakran alkalmazott üzletpolitika: *„Fizikai elévüléssel presszionált csere"* (pl. háztartási gépeket 6-8 éves élettartamra gyártják, ha akarom ha nem cserélni kell…)

Az élettartam jellegzetes szakaszai (az állomány függvény)

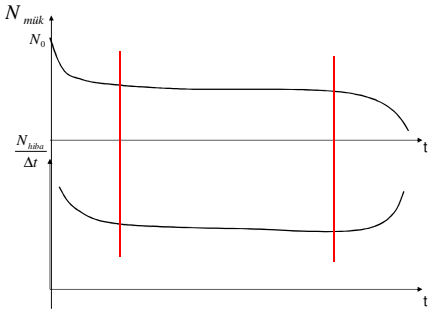


1. Kezdeti meghibásodások szakasza
2. Hasznos élettartam
3. Elhasználódás szakasza

BMEETT

10/19

A „fürdőkád-görbe„ és az állomány függvény kapcsolata



BMEETT

11/19

A megbízhatósági függvények

- A működés valószínűsége (sokszor egyszerűen, bár pontatlanul ezt nevezik megbízhatóságnak)
- A meghibásodás valószínűsége, vagy más megközelítésben a működési idő eloszlásfüggvénye
- A meghibásodás sűrűségfüggvénye
- A meghibásodási ráta

- Jellegzetességük, hogy bármelyikből bármelyik másik három kiszámítható!

BMEETT

12/19

A megbízhatósági függvények tetszőleges eloszlásra

Megbízhatósági függvény: $R(t) = \frac{N_t}{N_0}$

Hiba függvény: $F(t) = \frac{N_0 - N_t}{N_0}$

Meghibásodás sűrűség-függvénye: $f(t) = \frac{N(t) - N(t+\Delta t)}{N_0 \Delta t}$

Hibaráta függvény: $\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t+\Delta t)}{N(t)\Delta t}$

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A megbízhatósági függvények tetszőleges eloszlásra

Egymásból történő kiszámítás módjai:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$f(t) = F'(t)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A működés valószínűsége

- A működési valószínűség egy adott időpontban egyenlő az R(t) függvény értékével.
- A hasznos élettartam szakaszára:

$$\lambda(t) = -\frac{R'(t)}{R(t)} \longrightarrow \int_0^t \lambda(t)dt = \int_0^t -\frac{R'(t)}{R(t)}dt$$

$$\int_0^t \lambda(t)dt = -\ln R(t) \longrightarrow R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$$

IVE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nem elhasználódó objektumok

- Nem elhasználódó objektumok esetén exponenciális eloszlás használható
- Ekkor λ konstans értékű.
- A legtöbb elektronikai alkatrész ilyennek tekinthető!
- Ezen objektumok jellemzője az „örökifjúság”
- Örökifjúság: Nem számít mennyit működött már az objektum annak a valsége, hogy egy dt időn belül meghibásodik nem változik.

Nem elhasználódó objektumok

- Ha λ konstans értékű, akkor:

$$\lambda(t) = \lambda$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$

- Lényeges: anyagszerkezeti kopás mindenhol van, semmi sem működik örökké, csak emberi léptékben.

Elhasználódó objektumok megbízhatósági leírása

- Öregedő (leginkább mechanikailag kopó) objektumok a két paraméteres Weibull-eloszlással modellezhetők megbízhatósági szempontból:

$$R(t) = e^{-\alpha t^{\beta}}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\alpha t^{\beta}}$$

$$f(t) = \alpha \cdot \beta \cdot t^{\beta - 1} \cdot e^{-\alpha t^{\beta}}$$

$$\lambda(t) = \alpha \cdot \beta \cdot t^{\beta - 1}$$

A várható működési idő

- A megbízhatósági vizsgálatok egyik legfontosabb kérdése: mennyi a várható élettartam = várható működési idő
- A megbízhatósági függvény alapján becsülhető:

$$T_0 = \int_0^\infty R(t)dt$$

- Ha a λ konstans: $T_0 = \frac{1}{\lambda}$

BME ELECTRONICS DEVICES AND SYSTEMS