
Aki Taanila

TILASTOLLINEN LAADUNVALVONTA

31.10.2008

TILASTOLLINEN LAADUNVALVONTA

Tasalaatuisuus on hyvä tavoite, jota ei yleensä voida täydellisesti saavuttaa:

- asiakaspalvelun laatu vaihtelee, vaikka tavoitteena on tasaisen hyvä laatu
- valmistettujen tuotteiden ominaisuudet vaihtelevat, vaikka tavoitteena on valmistaa täsmälleen tietynlaisia tuotteita.

Hyvän laadun tunnusmerkkinä on mahdollisimman pieni vaihtelu, mutta vaihtelusta ei täysin päästä eroon. Vaihtelun syyt voidaan jakaa yleisiin ja erityisiin syihin.

Vaihtelun yleiset syyt (common causes, chance causes)

Vaihtelun yleiset syyt liittyvät vaihteluun, joka kuuluu prosessiin luonnostaan. Yleiset syyt ovat lukuisia pieniä vaihtelun aiheuttajia, jotka toimivat satunnaisesti. Yleisistä syistä johtuva vaihtelu on hyväksyttävä osaksi asiakaspalvelu- tai tuotantoprosessia. Yleisistä syistä johtuva vaihtelu on seurausta ihmisistä, koneista, materiaaleista, menetelmistä, mittaussysteemeistä jne.

Vaihtelun erityiset syyt (special causes, assignable causes)

Vaihtelun erityiset syyt aiheuttavat vaihtelua, joka ei luonnostaan kuulu prosessiin. Erityisistä syistä johtuva vaihtelu on merkki siitä, että prosessissa on häiriöitä, jotka pitäisi korjata. Erityisiä syitä voivat olla esimerkiksi väärin säädetyt koneet, kuluneet koneen osat, huonolaatuiset raaka-aineet, puutteellisesti koulutetut työntekijät jne. Laadunvalvonnan tavoitteena on tunnistaa erityisistä syistä johtuvan vaihtelun ilmaantuminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tilastollisia menetelmiä tarvitaan erottamaan erityisistä syistä aiheutuva vaihtelu yleisistä syistä aiheutuvan vaihtelun seasta.

Prosessin valvonta

Prosessin sanotaan olevan hallinnassa (in control), jos läsnä on vain yleisistä syistä johtuvaa vaihtelua. Prosessia kutsutaan hallitsemattomaksi (out of control), jos läsnä on myös erityisistä syistä johtuvaa vaihtelua.

Tilastollisella prosessin valvonnalla pyritään tunnistamaan, jos prosessiin ilmaantuu erityisistä syistä johtuvaa vaihtelua. Prosessin valvonta sisältää seuraavia vaiheita:

1. Otetaan otoksia tuotanto- tai palveluprosessista.
2. Mitataan otoksista tarkastelun kohteena olevat muuttujat.
3. Lasketaan mitatuista muuttujista tunnuslukuja erikseen kullekin otokselle.
4. Tarkkaillaan tunnuslukuja otoksesta toiseen. Apuvälineenä käytetään nk. kontrollikaaviota.
5. Jos tunnusluvut vaihtelevat enemmän kuin yleisistä syistä johtuva vaihtelu, niin selvitetään mahdollisen häiriön syy.

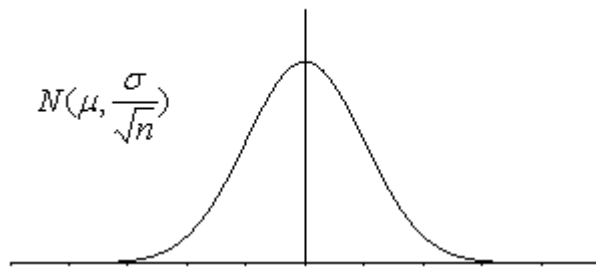
Tunnuslukuina käytetään mm. seuraavia:

- keskiarvo
- vaihteluväli (maksimi - minimi)
- viallisten prosenttiosuus.

Tunnusluvun virhemarginaali määrittää vaihtelurajat, joiden sisällä tunnusluvun pitäisi olla tietyllä todennäköisyydellä. Jos virhemarginaalin laskennassa käytetty luottamustaso on tarkoituksenmukaisesti valittu, niin virhemarginaalien ulkopuolelle joutumista voidaan pitää osoituksena siitä, että prosessiin on ilmaantunut erityisistä syistä johtuvaa vaihtelua.

7.1 Kontrollikaavio keskiarvolle

Keskiarvoja otoksesta toiseen seuraavan kontrollikaavion lähtökohtana on hallinnassa olevaan prosessiin liittyvä keskiarvo ja keskihajonta. Jos kiinnostuksen kohteena olevan muuttujan keskiarvo μ ja keskihajonta σ ovat tiedossa, niin voidaan osoittaa, että eri otoksista lasketut keskiarvot noudattavat normaalijakaumaa, jonka keskihajonta on tarkasteltavan muuttujan keskihajonta jaettuna otoskoon neliöjuurella:



On syytä olla tarkkana sen suhteen kumpaa keskihajontaa kulloinkin käytetään: tarkasteltavan muuttujan keskihajontaa vai otoskeskiarvojen keskihajontaa!

Kontrollikaavioissa käytetään yleisesti virhemarginaalina kolmea keskihajontaa (otoskeskiarvojen keskihajonta). Normaalijakaumasta voidaan laskea todennäköisyys 3 keskihajonnan virhemarginaalin rajoissa pysymiselle:

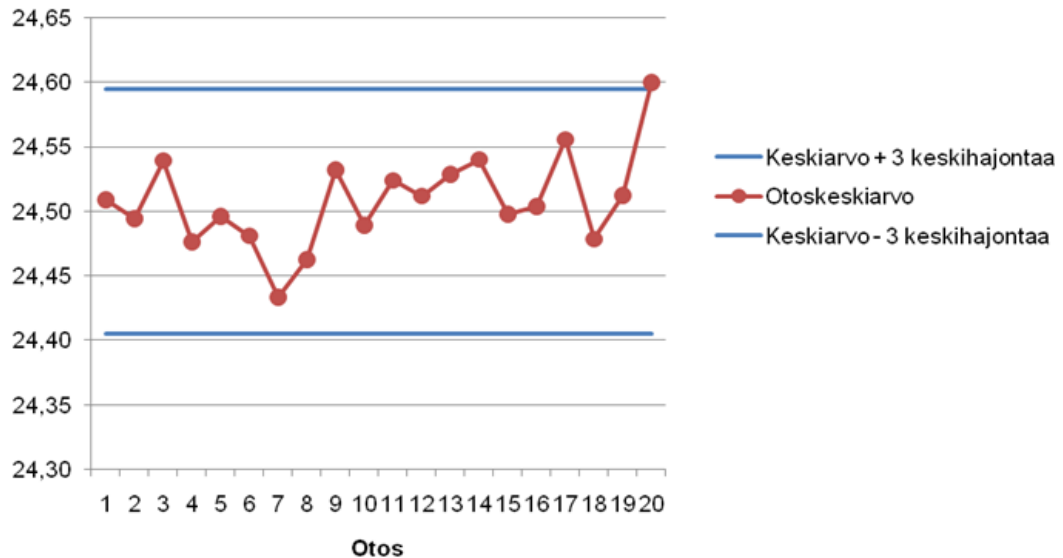
- 99,73 % todennäköisyydellä välillä $\mu \pm 3$ keskihajontaa

Yllä mainittu pätee, jos prosessi on hallinnassa (vain yleisistä syistä johtuvaa vaihtelua). Jos havaitaan virhemarginaalien ulkopuolelle joutuva keskiarvo, niin tämä johtaa toimenpiteisiin mahdollisen häiriön selvittämiseksi.

Esim. Hallinnassa olevan tuotantoprosessin tiedettiin tuottavan koneenosia, joiden pituuden keskiarvo on 24,500 mm ja keskihajonta on 0,100 mm. Jos tuotannosta otetaan 10 kappaleen otoksia, niin otoksista lasketut keskiarvot noudattavat normaalijakaumaa $N(24,500;0,0316)$. Jakauman keskihajonta 0,0316 (otoskeskiarvojen keskihajonta) saadaan jakamalla keskihajonta 0,100 otoskoon neliöjuurella. Virhemarginaalina voidaan käyttää

- 99,73% virhemarginaali $3 \times 0,0316$ (3 keskihajontaa)

Piirtämällä virhemarginaalien määrittämät rajat samaan kuvioon otoksista saatavien keskiarvojen kanssa voimme seurata, pysykö prosessi hallinnassa. Jos otoksen keskiarvo on virhemarginaalien ulkopuolella, niin voidaan päätellä, että prosessiin on ilmaantunut erityisistä syistä johtuvaa vaihtelua.



Yllä olevassa kontrollikaaviossa on esitetty 20 otoksen keskiarvot. Viimeisin otoskeskiarvo ylittää ylemmän rajan ja johtaisi näin ollen toimenpiteisiin mahdollisen häiriön etsimiseksi ja korjaamiseksi.

Hallinnassa olevan prosessin keskiarvo ja keskihajonta eivät ole tiedossa

Jos hallinnassa olevaan prosessiin liittyvä keskiarvo ja keskihajonta eivät ole tiedossa, niin keskiarvolle ja keskihajonnalle lasketaan arviot käyttämällä riittävää määrää (useita kymmeniä otoksia) hallinnassa olevasta prosessista otettuja otoksia. Keskiarvo saadaan laskemalla otoskeskiarvojen keskiarvo. Kontrollikaavion 3 keskihajonnan virhemarginaali voidaan arvioida vaihteluvälien avulla (vaihteluväli saadaan laskettua vähentämällä suurimmasta arvosta pienin arvo). Kontrollikaavion virhemarginaali arvioidaan kertomalla otoksista saatujen vaihteluvälien keskiarvo arvolla A_2 . Arvo A_2 riippuu otoskoosta Excel esimerkeistä löytyvän taulukon mukaisesti.

Otoskoko

Keskiarvojen yhteydessä käytetään laadunvalvonnassa pieniä 3-20 kappaleen otoksia.

7.2 Kontrollikaavio vaihteluvälille

Keskiarvon ohella on syytä tarkastella myös vaihtelua otoksesta toiseen. Yleensä tarkastellaan vaihteluväliä, jonka laskeminen on helpompaa kuin keskihajonnan. Jos vaihteluvälin keskiarvo ei ole tiedossa, niin se lasketaan käyttämällä riittävää määrää (useita kymmeniä otoksia) hallinnassa olevasta prosessista otettuja otoksia. Otosten vaihteluvälien keskiarvoa käytetään kontrollikaavion keskiarvona. Kontrollikaavion 3 keskihajonnan rajat voidaan laskea seuraavasti:

- Ylempi raja saadaan kertomalla otosten vaihteluvälien keskiarvo arvolla D_4 .
- Alempi raja saadaan kertomalla otosten vaihteluvälien keskiarvo arvolla D_3 .

Arvot D_4 ja D_3 riippuvat otoskoosta Excel esimerkeistä löytyvän taulukon mukaisesti.

Otoskoko

Vaihteluvälien yhteydessä käytetään laadunvalvonnassa pieniä 3-20 kappaleen otoksia.

7.3 Kontrollikaavio prosenttiosuudelle

Jos hallinnassa olevan prosessin viallisten prosenttiosuus p ei ole tiedossa, niin se arvioidaan seuraamalla hallinnassa olevan prosessin viallisten prosenttiosuutta riittävän pitkään. Kontrollikaavion 3 keskihajonnan virhemarginaalit voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Otoskoko

Prosenttiosuuden yhteydessä käytetään huomattavasti suurempia otoksia kuin keskiarvon ja vaihteluvälin yhteydessä. Mitä pienempi osuus tuotannosta on viallista, sitä isompia otoksia tarvitaan. Tyypilliset otoskoot vaihtelevat välillä 50 - 600.

7.4 Kontrollikaavioon liittyvä päätöksenteko

Jos vastaan tulee normaalista poikkeava otos, niin on tehtävä päätös siitä keskeytetäänkö prosessi mahdollisen häiriön korjaamiseksi vai jatketaanko mahdollisesta häiriöstä huolimatta. Kyseessä on hypoteesin testausta vastaava päätöstilanne, jossa nollahypoteesina on: ”Prosessi on hallinnassa”.

Päätöksentekijän kannalta on neljä vaihtoehtoa:

	Todellinen tilanne	
Testauksen tulos	Nollahypoteesi totta	Nollahypoteesi ei ole totta
Hyväksy nollahypoteesi	Oikea päätös	Hyväksymisvirhe
Hylkää nollahypoteesi	Hylkäämisvirhe	Oikea päätös

Hylkäämisvirhettä on pidettävä sitä vakavampana mitä kalliimmaksi prosessin keskeyttäminen ja häiriön etsiminen tulee. Toisaalta hyväksymisvirhettä on pidettävä sitä vakavampana mitä enemmän virheellisestä prosessista on haittaa (esim. tyytymättömiä asiakkaita). Vaikka hyväksymisvirhe tapahtuu, niin on huomattava, että seuraavissa otoksissa mahdollinen häiriö kuitenkin yleensä paljastuu. Hylkäämisvirheen ja hyväksymisvirheen väliltä on kussakin käytännön tilanteessa haettava sopiva kompromissi. On pidettävä mielessä että mitä pienempää hylkäämisvirheen todennäköisyyttä vaaditaan nollahypoteesin hylkäämiseksi sitä suuremmaksi kasvaa hyväksymisvirheen todennäköisyys. Edellä käytetty 3 keskihajonnan virhemarginaali sopii tilanteisiin, joissa kartetaan erityisesti hylkäämisvirhettä (hylkäämisvirheen todennäköisyys 0,27 %).