



MÅL MED MENING: STATISTISK KVALITETSUDVIKLING MED SERIEDIAGRAMMER

AF OVERLÆGE JACOB ANHØJ / Diagnostisk Center / RIGSHOSPITALET



Seriediagrammet er et nyttigt og enkelt redskab til at studere udviklingen af kvalitet over tid og til at afgøre, om den proces, man studerer, indeholder andet end blot tilfældig variation.

Se fig. 1, 2 og 3 side 9.

Seriediagrammet er det klassiske kontrol-diagramms oversete fætter, men stiller, i modsætning til kontrol-diagrammet, ingen krav om datas normalfordeling.

Seriediagrammet kan konstrueres med enkle redskaber som papir og blyant og analysen kræver ingen statistiske kundskaber ud over, dem der gives i folkeskolens matematikundervisning.

SERIEDIAGRAMMETS ANATOMI OG FYSIOLOGI

Seriediagrammet er et kurvediagram med indikatorværdien på y-aksen og tiden eller rækkefølgen på x-aksen (Figur 1).

Midt i diagrammet markerer en vandret linje medianen, som deler datapunkterne, så halvdelen ligger over medianen og halvdelen ligger under.

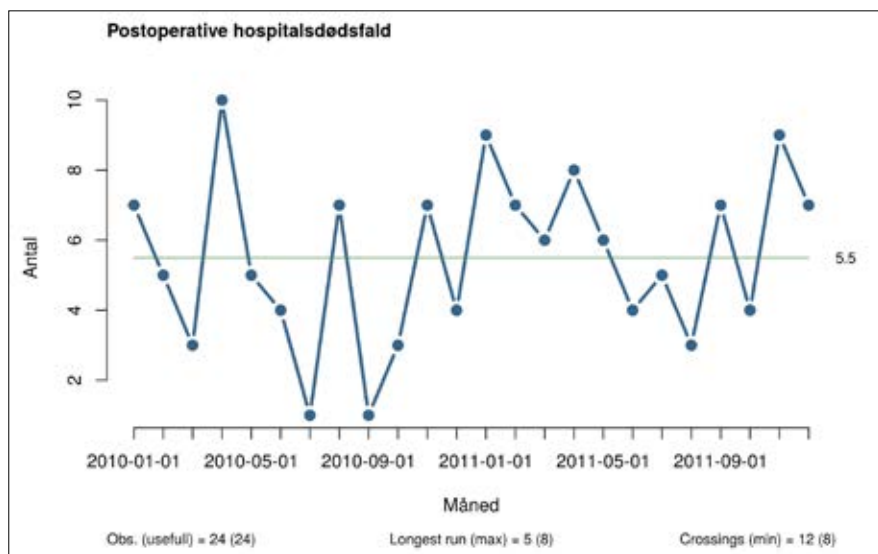
Hvert datapunkt repræsenterer indikatorværdien i en enkelt stikprøve.

Hvis den proces, man studerer, kun udviser tilfældig variation, vil datapunkterne fordele sig tilfældigt omkring medianen.

Ved "tilfældigt" forstås, at man aldrig på forhånd kan vide, på hvilken side af medianen det næste punkt vil falde, men at sandsynligheden for begge udfald er lige stor, 50 %, og at datapunkterne er indbyrdes uafhængige, dvs. at placeringen af ét datapunkt ikke påvirker placeringen af det næste datapunkt.

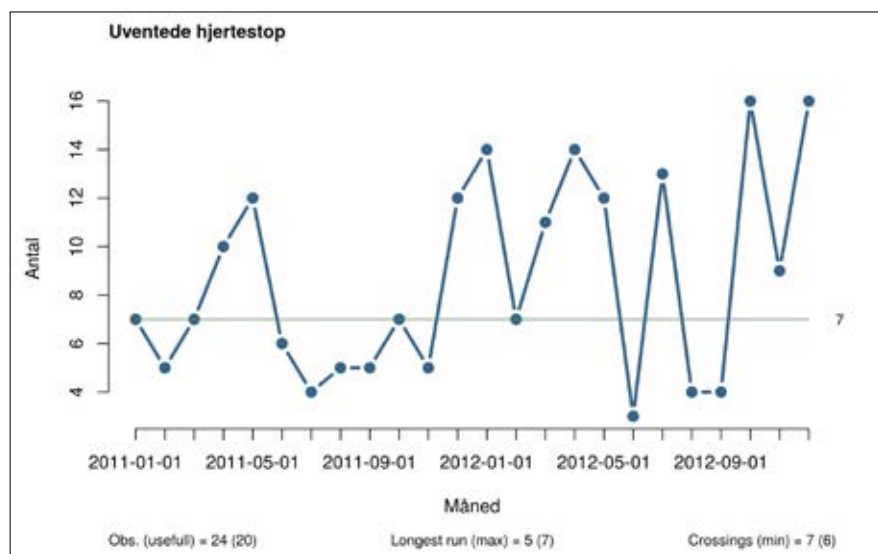
Hvis processen på et tidspunkt begynder at ændre sig, så niveauet stiger eller falder betydeligt, ændres disse forudsætninger, og der opstår særlige mønstre i datapunkternes fordeling. Disse mønstre kalder vi signaler.





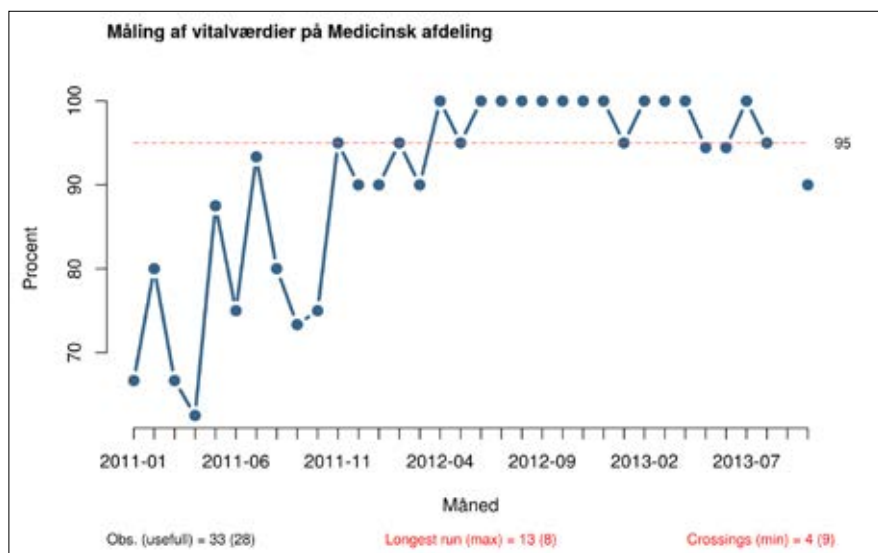
FIGUR 1

Seriediagrammet viser forekomsten af hospitalsdødsfald efter kirurgi på et dansk sygehus og indeholder i alt 24 datapunkter. Medianen er 5,5. Den længste serie af datapunkter på samme side af medianen er 5 (punkt 13-17), og kurven krydser medianen 12 gange. Ifølge tabel 1 er den øvre grænse for længste serie 8 og nedre grænse for antal kryds 8. Diagrammet viser således kun tilfældig variation.



FIGUR 2

Seriediagrammet viser det månedlige antal uventede hjertestop på et dansk sygehus. Diagrammet indeholder i alt 24 datapunkter, hvoraf 4 ligger på medianen. Antallet af brugbare observationer er altså 20, som benyttes til beregning eller tabelopslag af grænseværdier for længste serie og antal kryds. Den længste serie er 5 (punkt 6-11 og 12-17), idet punkterne 10 og 14 ligger på medianen og derfor ikke tæller med. Ligeledes består den første serie kun af ét punkt (punkt 2) og den anden serie af 2 punkter (4, 5), idet punkterne 1 og 3 ligger på medianen. Diagrammet viser tilfældig variation.



FIGUR 3

Seriediagrammet viser, hvor mange procent af indlæggelsesdøgnene på en stor medicinsk afdeling, hvor patienterne fik målt vitalværdier korrekt efter indførslen af en ny vejledning. Den længste serie er længere end forventet og antallet af kryds er for lavere end forventet. Diagrammet viser således ikke-tilfældig variation i den "rigtige" retning og blev af afdelingen opfattet som bevis på tilfredsstillende implementering og fastholdelse af de nye retningslinjer.



SIGNALER OM IKKE-TILFÆLDIG VARIATION

I teorien kan man opfinde mange signaler til identifikation af ikke-tilfældig variation.

Men i praksis har særligt to signaler vist sig anvendelige:

- **Skiftsignal:** Der optræder usædvanlig lange serier af datapunkter på samme side af medianen.
- **Krydssignal:** Kurven krydser medianen usædvanlig få gange.

De to signaler udtrykker to sider af samme sag, nemlig at processen bevæger sig væk fra medianen, og ofte vil man se dem sammen. Men tilstedeværelsen af blot det ene signal er diagnostisk for ikke-tilfældig variation.

Grænsen for hvor mange datapunkter, der skal til et skiftsignal, eller hvor få kryds, der skal til et krydssignal, afhænger af det totale antal datapunkter i diagrammet og kan beregnes eller slås op i Tabel 1.

Seriediagrammet i Figur 1 på side 9 viser tilfældig variation.

Datapunkter, som falder direkte på medianen, indgår ikke i analysen. De hverken bryder eller bidrager til en serie.

Datapunkter, som ikke falder på medianen kaldes **brugbare observationer**, og det er antallet af disse, som benyttes ved beregning af grænseværdierne eller opslag i tabellen.

Medianen bør beregnes, så snart man har nok datapunkter, som kun udviser tilfældig variation.

I praksis bør man have mindst 12, helst 20 eller flere, datapunkter til at fastlægge medianen.

Medianen bør genberegnes, hvis processen ændrer sig.

Figur 2 på side 9 viser et eksempel på analyse af et seriediagram, hvor flere datapunkter falder på medianen.

ANTAL DATAPUNKTER SOM IKKE FALDER PÅ MEDIANEN	ØVRE GRÆNSE FOR LÆNGSTE SERIE	NEDRE GRÆNSE FOR ANTAL KRYDS
10	6	2
11	6	2
12	7	3
13	7	3
14	7	4
15	7	4
16	7	4
17	7	4
18	7	4
19	7	4
20	7	4

Hent hele tabellen og det fulde kompendium på www.dfk.dk/memberservice/magsinet-kvalitet

Tabel 1: Grænseværdier for længste serie og antal kryds i seriediagrammer Ikke-tilfældig variation findes, hvis den længste serie er længere end grænseværdien eller hvis antallet af kryds er lavere end grænseværdien. Formlerne til beregning af grænseværdierne med regneark er angivet i teksten.

I Figur 3 på side 9 er begge signaler i aktion i et lokalt forbedringsprojekt om implementering af nye retningslinjer for observation af indlagte patienter på en medicinsk afdeling.

SKIFTSIGNALLET

Skiftsignalet bygger på theory of long runs [4]. En serie (run) er en række af ens elementer i en sekvens.

Det kan fx være plat og krone, plus og minus, mænd og kvinder eller datapunkter over og under medianen.

Kaster man fx en mønt 12 gange kunne udfaldet være dette: P K K K P K P P K K K K. Der er i alt 6 serier, og den længste serie er på 4 elementer.

Ifølge teorien er den forventede længste serie lig med $\log_2(n)$, hvor n er antallet af brugbare observationer.

I eksemplet med 12 kast med en mønt forventer vi altså, at den længste serie er $\log_2(12) = 4$ (efter afrunding til nærmeste heltal).

Den længste serie har i praksis naturligvis ikke altid præcis den forventede længde. Det kan vises, at spredningen er uafhængigt af antallet af elementer, og at det omtrentlige 95 % prædiktionsinterval er $\log_2(n) \pm 3$.

Dvs. at det vil være ”udsædvanligt” at finde flere end 7 plat eller krone i rækkefølge, hvis vi kaster en mønt 12 gange. Kaster vi mønten 23 gange, er grænsen 8. Den øvre grænse for længste serie i en tilfældig proces kan beregnes i et regneark med formlen $”=ROUND(LOG(n;2))+3”$.

KRYDSSIGNALLET

Krydssignalet bygger på den teoretiske fordeling af antallet af kryds i en tilfældig sekvens [5], dvs. antallet af gange sekvensen skifter.

Plat og krone-eksemplet ovenfor indeholder 5 kryds. Antallet af mulige kryds i en sekvens ligger mellem 0 og n-1 og følger en binomialfordeling.

Det betyder, at grænseværdier for det forventede antal kryds kan beregnes eller slås op i en tabel over binomialfordelingens kumulerede sandsynligheder.

Til vores formål, at identificere ændringer i processers niveau, er vi interesserede i den nedre grænse.

Den nedre grænse for antal kryds i en tilfældig proces kan beregnes i et regneark med formlen $”=CRITBINOM(n-1;0,5;0,05)”$.

Med 12 datapunkter er grænseværdien 3. Det vil således være ”usædvanligt” at finde færre end 3 kryds i et seriediagram med 12 datapunkter.

ANDRE SIGNALER

Foruden skift- og krydssignalet bør man også foretage en visuel (og subjektiv) vurdering seriediagrammet for andre tegn på ikke-tilfældig variation.

Det kan fx være **cykliske mønstre** pga. sæson- eller døgnvariation eller **oplagt afvigende enkeltmålinger**. Man skal dog være forsigtig med at dømme en enkeltmåling ude, blot fordi den er den højeste eller laveste i et datasæt. En afvigende enkeltmåling er normalt en, som alle vil undre sig over.

Et hyppigt anbefalet og meget brugt signal for ikke-tilfældig variation er trend-signalet.

En trend er en udsædvanlig lang serie af målinger, der stiger eller falder.

Trendsignalet er udviklet til at opdage små vedvarende skred (afdrift) i målingerne. I praksis har trendsignalet dog vist sig uegnet til formålet. Det tilføjer sjældent andet end falske alarmer til analysen og kan ikke anbefales [6].

SERIEDIAGRAMMETS SENSITIVITET OG SPECIFICITET

Som ved alle statistiske test er der risiko for, at seriediagrammet signalerer, selvom der reelt ingen forandringer er sket, eller omvendt ikke signalerer, selvom der er sket forandringer i processen. Risikoen for falske signaler (type 1-fejl) ligger for skift- og krydssignalet med de foreslåede grænseværdier omkring 5 %. Kombinerer man de to test, stiger risikoen for falske signaler en smule til gengæld for en højere følsomhed.

Hvis der derimod sker forandringer i processen, vil seriediagrammet på et eller andet tidspunkt signalere. Spørgsmålet er blot, hvor længe man skal vente på signalet (type 2-fejl).

Det afhænger naturligvis af, hvor stor forandringen (signalet) er i forhold til den tilfældige variation, som også findes i processen (støjen).

Med simulationsstudier kan man vise, at hvis forandringen er af en størrelse, der svarer til 1,5 standardafvigelse på den tilfældige variation, vil seriedia-

MINI CV: OVERLÆGE JACOB ANHØJ, DIAGNOSTISK CENTER, RIGSHOSPITALET



- Jeg blev læge i 1992 og deltog de første 9 år i udviklingen af flere kliniske forskningsdatabaser.
- I medicinfirmaet AstraZeneca som lægefaglig rådgiver med opgaver inden for klinisk forskning samt udvikling og implementering af sundheds-IT til patientinvolvering
- Fra slutningen af 2004 har jeg arbejdet med patientsikkerhed og kvalitetsudvikling – først ni år ved Dansk Selskab for Patientsikkerhed og siden august 2013 på Rigshospitalet.
- Min hovedinteresse er anvendelse af statistiske metoder til kvalitetsudvikling. Til hverdag underviser og vejleder jeg læger og andre sundhedsarbejdere i kvalitetsudvikling, og jeg deltager i udvikling af kvalitetsindikatorer og systemer til kvalitetsovervågning og -forbedring.

grammet med stor sikkerhed (> 90 %) signalere før der er gået 20 datapunkter. Er forandringen 2 standardafvigelser, vil seriediagrammet med stor sikkerhed signalere allerede inden, der er gået 10 datapunkter [7].

Det er vigtigt at understrege, at et seriediagram uden signaler aldrig kan bruges som bevis på, at der ingen ændring er sket i den undersøgte proces.

Viser seriediagrammet alene tilfældig variation, kan man blot konkludere, at eventuelle forandringer i processen en-

ten ikke er store nok eller har varet længe nok til at kunne påvises sikkert.

KONKLUSION

Seriediagrammet er et enkelt og nyttigt redskab til at påvise ikke-tilfældig variation indikatorenmålinger over tid. Ikke-tilfældig variation kan være tegn på ønskede forbedringer eller uønskede forværringer og findes, hvis den længste serie er længere end grænseværdien eller hvis antallet af kryds er lavere end grænseværdien. Grænseværdierne kan slås op i en tabel eller beregnes i et regneark. ■■■

REFERENCER

1. Jacob Anhøj, Brian Bjørn: Statistisk kvalitetsstyring i sundhedsvæsenet; Ugeskrift for Læger, 2009;171(21):1764-1768
2. Carey RG. How Do You Know That Your Care Is Improving? Part I: Basic Concepts in Statistical Thinking. J Ambulatory Care Manage 2002;25(1):80-87
3. Perla RJ, Provost LP, Murray SK. The run chart: a simple analytical tool for learning from variation in healthcare processes. BMJ Qual Saf 2011;20(1):46-51
4. Schilling MF. The Surprising Predictability of Long Runs. Mathematics Magazine, 2012;85(2):141-149
5. Chen Z. A note on the runs test. Model Assisted Statistics and Applications. 2010;5(2):73-77
6. Davis RB, Woodall WH. Performance of the Control Chart Trend Rule Under Linear Shift. Journal of Quality Technology 1988;20(4):260-262
7. Jacob Anhøj, Anne Vingaard Olesen. Run charts revisited: A simulation study of run chart rules for detection of non-random variation in health care processes. Under udgivelse