



# The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance

作者：WILLIAM H. WOODALL

出處：American Society for Quality

Vol. 38, No. 2, April 2006

報告者：賴璟瑞

指導教授：童超塵 教授

# Premise

有許多管制圖應用在衛生保健監測和公共衛生監測。將討論所提出的管制圖方法之優缺點，並提供研究機會，在使用控制圖對健康有關的監測。

## Comparisons

League Tables

Comparison Charts

Funnel Charts

## Some general differences

## The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance

## Performance of control charts

## Sections on various Types of methods

CUSUM and EWMA

RSPRT

Sets Method and Modifications

Risk-Adjusted Charts

## Prospective detection of clusters of disease

# Contents

Introduction

Some General Issues

Performance Evaluation Issues

Various types of Methods

Conclusions

# Introduction

- Standard control charts 經常建議用於**監測**和**改進**醫院性能。例如，人們可以監測感染率，住院率下降，或等待時間。

Alemi and  
Neuhauser  
(2004)

- 還沒有討論個別病人的監測與衛生相關的變量。

Thacker et al.  
(1995)

- 慢性疾病和傳染性疾病在監測上的差異。但不討論監測方法在傳染性疾病。因為這些方法往往涉及使用時間序列模型來解釋季節影響。

# Some General Issues



# Issues I

- Attribute data
  - in health-care applications
- Geometric distribution
  - SPC工業管制圖，在高產出工業過程且很少有不符合要求項目。
- 在Montgomery書中更提及 Geometric chart 並利用 MINTAB軟體。

# Issues II

## ■ Risk adjust

- 在建造管制圖之前Risk adjust數據結果是必要的。

## ■ Example

- logistic regression model經常去預測病人死亡率。
  - 有一件不合理的事，對以心臟外科廣泛不同的年齡和衛生條件的病患有相同的短期生存的可能性。
- 在建構管制圖是利用風險調整機率評估，其相對於假設管制內失效機率是固定的。

# Issues III

## ■ Periodic intervals

- 醫療與在工業SPC相比較，有更少的關注在定期間隔的部分的重點，而只取樣一個過程的產量。
- 許多研究人員在醫療方面已經研究了監測率隨著時間的推移。但是基於取樣方法的大部分工作在工業SPC裡在公共衛生領域不容易適用。



# Issues IV

## ■ Fist alarm

- In many public-health applications a control chart might continue to provide alarms after its first alarm.

Kenett and  
Pollak (1983)  
and Chen et  
al. (1993)

- 即使期望時間是主要問題，直到第一次信號產生。

# Performance Evaluation Issues

Phase I & Phase II

Average run length (ARL)

Average time to signal (ATS)

False alarm

False detection rate (FDR)

# Performance I

## ■ Phase I & Phase II

- With Phase I data, one is interested in checking for **stability of the process** and in estimating **in-control parameter values** for constructing Phase II methods.

Woodall (2000)

- 階段一評估的方法通常是由整體機率信號，而連串長度的性能通常用於比較目的於階段二，在連串長度樣本數之前給出一個信號的管制圖。

Steiner et al.  
(2000)

- 利用階段一數據去建立階段二性能基礎，但在一般情況下，在健康有關的管制圖往往會有不明確區分兩個階段。

# Performance II

## ■ Average run length (ARL)

- 在最佳化所提出快速偵測，是評估在管制內狀態，以及評估過程中單一偏移。然而，評估唯一的方法是透過個案研究分析。

Sonesson and  
Bock (2003)

- 在公共健康監測提出階段二方法中極少使用穩態的運轉長度的性能。

# Performance III

- Average time to signal (ATS)
  - 平均失控時間是直到管制圖出現第一個警訊所經過的時間，若樣本在經過 $h$ 時間就抽樣一次。
- The ATS is useful when the time between the samples or between the points plotted on the control chart varies, as it would, for example, with **exponential data**.

# Performance IV

## ■ False alarm

- 若在窄的管制界限使管制圖對 $p$ 的小變動較敏感，但代價是有較多的錯誤預警。

**Sonesson and  
Bock (2003)**

- 在管制過程中ARL的錯誤預警，為了使用這些方法，必須指定大小偏移在將發生時間偏移和時間分布偏移。
- 這樣的強大的假設通常需要在經濟性設計的管制圖。

# Performance V

Aylin et al.  
(2003)


- 如果將上下管制界限增加，並沒有解決被期望的錯誤預警數量減少，在整體健康管理監測並沒有有效處理多變量的監控或散佈較大的保健資料。

若隨著時間的比例計算的所有警報是假的，稱之the false detection rate (FDR)，反之，the successful detection rate (SDR)。

# FDR

- 誤檢率是指一個過程，研究人員和統計人員，使用時需要進行許多統計測試，所有都對應到一個重疊的假設。在這種情況下，一些研究人員應用 Bonferroni adjustment，以確保型一錯誤不超過0.05。
- 反而，研究員應該試圖控制誤檢率，這是預期數量的虛假重大影響有顯著影響。誤檢率有時被概念化作為在Bonferroni調整和沒有調整之間的妥協。



- 
- 若錯誤預警的數量的顯著增加，且過度分散計數資料發生，則利用negative binomial model替換Poisson model。
  - Woodall (1.997)、Fang (2003) and Christensen et al. (2003)、Hawkins and Olwell (1998, p. 120)
  - Still, many issues on how to best adjust control charts for over-dispersion remain unresolved.

# Various types of Methods

**CUSUM and  
EWMA Methods**

**Sequential  
Probability Ratio  
Test**

*Method*

**Variable Life  
Adjusted Display**

**Cumulative Risk-  
Adjusted Mortality**

# CUSUM and EWMA Methods

- CUSUM chart
  - 更常使用在醫療方面之應用=>attribute date
- Change-point methods
  - Have much better detection capability in Phase I.
- Phase II
  - CUSUM charts have advantages
  - 偵測效能上持續偏移

# CUSUM and EWMA Methods

**Ewan and Kemp  
(1960)**

- 利用Poisson-based CUSUM在有關健康醫療文獻，在部份案例中，將Bernoulli-type data依據時間間隔去近似Poisson random variables。

**Reynolds  
Stoumbos  
(1999)**

- 提出案例中，利用geometric or Bernoullibased CUSUM chart 為更有效的法方。

**Barbujani  
(1987)**

- 提出CUSUM有兩個缺點，但這兩個缺點對geometric or Bernoullibased CUSUM chart 並沒有造成影響，只對Poisson-based CUSUM有影響。

# CUSUM and EWMA Methods

## ■ Mortality-rate monitoring

- allow **varying** in-control parameter values
- 在管制內平均值是利用 mortality table 和個人特性，和利用 Poisson 隨機變量去建立模型。

## ■ Example

- 允許改變年紀
- 改變人口組成

# CUSUM and EWMA Methods

Rossi et al.  
(1999)

- 提出利用Poisson CUSUM在標準化數值減去管制內平均值，和除以管制內標準差，來克服不變的管制內參數。

Hawkins  
and  
Ohvell  
(1998)

- 提出weighted Poisson CUSUM method來改變管制內參數。

**But no performance comparisons of these two methods  
have been made**

# CUSUM and EWMA Methods

## ■ Equal weight

- 在許多學者總結提出，不管是過去歷史資料或現有隨機資料，都給予相等權重在CUSUM chart。

## ■ CUSUM chart 文獻

- 偵測藥物治療過程中，所造成的負面影響。
- <http://www.bt.cdc.gov/surveillance/ears/>

# Sequential Probability Ratio Test

- Abraham Wald提出是一個特定的順序假設檢驗
- 如果某些條件得到滿足，在數據收集方面作出決定，繼續在數據收集和解釋所收集的數據順序。





# Variable Life Adjusted Display

- 變量生活調整顯示器(怪)
  - 提供了一個圖形顯示的風險調整後的數字為個別醫生的生存或單位隨著時間的推移，可以進行修改，以監視性能超過範圍的治療和結果。
  - 顯示了(預期和實際差異的累積死亡率)和(是否一個外科醫生的表現可能高於或低於預期)。
- Example
  - 監測心臟手術的結果於變量生活調整顯示器

# 監測心臟手術於變量生活調整顯示器

- 心臟外科的結果在傳統的評價通常採取回顧的死亡率數字的形式。
- 制定了完善的累計總和的方法，權重死亡和生存空間，每個病人的風險狀況，並提供了顯示手術性能。
- 這種死亡率，累積計分制對每個死亡的懲罰和獎勵為每一位倖存者的基礎上，固有風險在手術期死亡的每一個案件涉及。

# Cumulative Risk-Adjusted Mortality

- 累積風險調整後的死亡率
  - 為了檢測失敗率的變化序列中的試驗，但絕對不是失敗的風險在每個試驗後得知。
  - 在任何控制程序中，最終信號的改變是否真正改變。
  - 估計失敗的風險在下次的試驗，我們紀錄下這估計的性能。
- Example
  - 手術死亡率可監測並考慮到病人的異質性和程序。

# 住院時腎臟損傷增加出院後死亡率

- 住院時發生急性腎臟損傷（AKI）會增加出院後早期死亡風險，即使腎臟功能已經恢復。
  - 過去探討AKI與死亡率的研究大多數僅檢驗住院死亡率，且並未提起出院後的發病與死亡率。
- 檢驗出院後死亡率的研究主要針對需要洗腎的AKI重症病患；因此，不需要洗腎的AKI是否與所有原因死亡風險較高有關仍然未知。
  - 作者：Nancy Fowler Larson  
出處：WebMD醫學新聞

# Conclusions

- RSPRT是依據錯誤機率和Wald's逼近法去建立的方法，但和CUSUM chart相比，偵測持續偏移於階段二更為方便。
- CUSUM chart除了可以應用在任何指定的機率分配下，更透過risk adjusted和optimality properties去偵測製程偏移。

# Conclusions

- Rogers et al. (2004) 提出管制圖有相同效果。
  - CUSUM、RSPRT、CRAM/VLAD
- Poloniecki et al. (2004) 偏好使用 CRAM chart。
  - 因為在 CRAM and VLAD 畫圖時，不需要決定限制，固然比 CUSUM chart 更直觀。
  - 但當趨勢顯著時，依然利用 CUSUM chart 指出較佳。

# Conclusions

- Reynolds and Stoumbos (2001)
  - 使用RSPRT設計依據串連長度的性能，如同ARL、ANOS、ATS。
  - 在畫階段二管制圖，利用ANOS、ATS來取代錯誤機率。
  - 因為錯誤機率僅能用在少數監測在管制內參數情況。
    - a single SPRT、 a Shewhart chart

有許多管制圖應用在衛生保健監測和公共衛生監測。將討論所提出的管制圖方法之優缺點，並提供研究機會，在使用控制圖對健康有關的監測。

## The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance

### Comparisons

League Tables

Comparison Charts

Funnel Charts

### Some general differences

### Performance of control charts

### Sections on various Types of methods

CUSUM and EWMA

RSPRT

Sets Method and Modifications

Risk-Adjusted Charts

### Prospective detection of clusters of disease



# 探 討

- 全民健康保險實施以來，對醫療體系逐漸重視
  - 提升用藥安全
  - 提升手術部位、病人及手術程序正確性
- 針對管制圖偵測
  - 監測心臟手術、或癌症化療過程
  - 住院時某種疾病增加出院後死亡率
- 促進國內醫療品質