

應用灰色系統理論於受限資料品質特性最佳化之研究 研究計畫成果報告

計畫編號：NSC90-2218-E-009-026-

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：國立交通大學工業工程學系 唐麗英教授

一、摘要

工業界在進行線外品管(off-line quality control)時常利用實驗計畫(Design of Experiments)或田口方法(Taguchi Methods)來研發或改善產品，但在實驗進行中，有時會發生一些狀況而無法蒐集到完整的實驗數據。此類無法蒐集到的數據稱之為『受限資料』(censored data)。實驗數據中若含有受限資料，則無法以傳統的變異數分析法(analysis of variance)找出因子水準的最佳組合。目前中外文獻針對受限資料所提出的分析方法，多是利用迴歸分析或類神經網路等方法來估計受限資料，但這些方法需要嚴謹的統計假設或相當繁雜的計算，對業界而言實用性不高。因此本計畫之主要目的是利用灰色預測法(grey prediction method)針對傳統實驗計畫或田口靜態及動態實驗數據中含有單一右側及左側受限資料提出最佳化的方法。由於灰色預測法較迴歸分析或類神經網路要簡單許多，計算過程亦不須使用軟體，一般工程人員容易應用，因此本計畫所提之方法實用性極高。本計畫最後並以一些實例來說明所提之受限資料分析法確實有效可行且與其它受限資料分析法所得最佳化結果相同或非常相似。

關鍵詞：受限資料、灰色預測法、最佳化

Abstract

Design of experiments (D.O.E) and Taguchi methods are widely used for product/process improvement in industry.

Sometimes censored data may occur in the experiments due to experimental limitations mechanical breakdowns, collecting data falsely, etc. Experiment results with censored data cannot be analyzed with analysis of variance (ANOVA) methods or Taguchi methods since the experimental data are no longer balanced. Various methods for estimating the censored observations were developed. These methods include estimating the censored data using statistical/neural networks model. However, these approaches require complicated computations or strict statistical assumptions. This study proposes a procedure to optimize the traditional and Taguchi experimental results with right-sided and left-sided censored data by employing grey prediction analysis. The proposed procedure is simple and requires no statistical assumptions. Two cases, one traditional experiment and one Taguchi experiment, are illustrated to demonstrate the effectiveness of the proposed procedure.

Keywords: censored data, grey prediction analysis, optimization

二、緣由與目的

工業界常藉由實驗設計或田口方法來研發新產品或改善產品品質，然而在某些情況下卻無法蒐集到完整的實驗數據，例如：為了使產品能早日上市，在實驗進行到一定程度後便得提前結束實驗進行分析；或者由於儀器、技術上的限制，或是

突如其來、不可控制的因素如地震、斷電等，使得實驗無法再進行。在這些狀況下所產生的不完整資料稱之為『受限資料』（censored data）。受限資料可由單一型態的受限樣本或數個型態的受限樣本[1]所組成。一般而言，受限樣本可分為下列四種[7]：單一左側受限樣本、單一右側受限樣本、區間受限、多重受限樣本，所謂單一右側受限樣本是只有 N 個樣品的實驗中，將反應變數大於某個預定值（terminal）的部分以受限觀測值看待。常見的例子有產品的壽命測試或可靠度測試。例如在燒機測試（burn in test）中當時間超過 3000 小時或其他限度時數時就結束測試，而未失效的樣品則以受限觀測值列入樣本資料中。單一左側受限樣本之定義與單一右側受限樣本相似，是將反應變數小於某個預定值的部份當作受限觀測值。對此類不完整的實驗資料，我們可使用受限資料分析法進行分析，以得到與完整資料非常接近的分析結果。目前已有許多文獻提出受限資料的分析方法[1][3][4][5][6]，但這些方法不是計算複雜，就是需要嚴謹的統計假設，這對於不具統計背景的工程人員而言，會造成應用上的困難。苗嘉利[2] 雖然提出以不需統計假設之類神經網路方法來分析重覆性實驗計畫單一右側的受限資料，但是由於網路結構需要以試誤法才能決定，這使得其分析過程過於繁瑣。因此本研究之主要目的即是針對傳統之實驗計畫及田口實驗的單一右側及左側受限資料，利用灰色系統理論中之灰色預測法提出一套不需考慮任何統計假設且計算過程簡易的分析程序，以有效地簡化分析受限實驗資料的問題。

參、受限資料分析法

本計畫所發展之受限資料分析法可分

為兩個階段。第一個階段使用灰色系統理論中的灰色預測法，以每個實驗因子組合重覆實驗的未受限資料所構成之數列，建立 GM(1,1) 模型對受限的資料作預測，接著將受限資料的預測值與未受限資料合併。第二個階段則是將第一階段所得之灰預測資料與未受限資料合併，當作完整數據，然後以傳統之實驗設計或是田口方法進行最佳化分析，以決定最佳之因子水準組合。

以下是本計畫利用灰預測方法針對傳統實驗及田口實驗所提出之受限資料分析程序：

一、傳統實驗計畫受限資料分析程序

階段一：估計每一因子水準下的受限觀測值

步驟一 區分重覆實驗中每一因子水準組合之受限觀測值 Y_C 與非受限觀測值 Y_U 。

步驟二 分別對實驗中每一個因子水準組合下的非受限觀測值 Y_U 建立原始序列 $x^{(0)}$ ，並檢查其級比的合理性。

步驟三 對步驟二所建立的原始序列進行 AGO 生成與建模以獲得各個因子水準組合下的 GM(1,1) 模型

步驟四 以步驟三所建立的 GM(1,1) 模型對各實驗因子組合的受限資料做預測。

步驟五 將估計的受限觀測值與未受限觀測值合併，視為完整的資料作下一步的分析。

階段二：決定顯著因子與最佳因子水準組合

步驟六 以實驗設計法作分析以找出顯著

的因子與最佳的因子水準組合。

二、田口實驗計畫的受限資料分析程序

對於田口實驗受限資料的處理方式，本研究將先利用灰色預測法來估計受限資料，然後再將估計的觀測值帶入 SN 比公式中，如此可應用一般田口技巧來設定因子之最佳水準組合。而針對望大、望小與望目特性，其 SN 比公式也不一樣，望小特性的 SN 比公式如下：

$$SN_{STB} = -10\log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right)$$

對於望大特性實驗的處理方式則是將反應變數作倒數處理以轉成望小特性，再以望小特性的 SN 比公式作分析。望目特性的 SN 比公式如下：

$$SN_{NTB} = -10\log\left(\frac{\bar{y}^2}{s^2}\right)$$

以下則是分析程序的介紹：

階段一：估計每一因子水準組合下的受限觀測值

*步驟一至步驟五*同研究程序階段一的步驟一至五，以灰預測方法對受限觀測值做估計。

階段二：決定顯著因子與最佳因子水準組合

步驟六 對於靜態及動態實驗中望大特性的反應變數值作倒數處理，使實驗轉為望小特性，對於望目與望小特性的實驗則不對數據作先處理。求算各因子水準組合下的 SN 比值。

步驟七、對各因子水準組合下的 SN 比值進行變異數分析，以找出對反應變數影響顯著之因子；計算每個因子各水準下的平均 SN 比及繪製因子效果圖，再依此設定最佳因子水準組合；在望小特性的實驗中，SN 比為越大越好，而望目特性的實驗則是應用兩階段最佳化法來設定。

本計畫分別以傳統實驗計畫與田口實驗計畫靜態單一右側及靜態單一左側受限資料的兩個實例，利用上述受限資料分析程序，驗證本研究流程之可行性。最後並與原始實驗資料的分析結果作比較，證明了本計畫所提出之方法分析結果與現有受限資料分析結果以及完整資料分析結果均相同或非常接近。

肆、結論

以往文獻利用統計方法（如最大概似估計法、疊代最小平方法等等）或是類神經網路法來分析受限實驗資料，這些方法在使用上需要符合常態分佈假設或計算過程複雜，實用性不高；本研究利用灰色預測方法，直接於重複未受限的反應值間找出規律建立預測模型以預測受限數據，並分別以傳統實驗和田口實驗的實例說明其有效性與可行性。

本研究所提出的受限資料分析程序有下列幾個成果：

1. 本研究所採用的灰色系統理論不需任何統計假設且計算過程比現有文獻之方法均簡單，即使無統計背景的工程人員也能夠輕易使用本研究程序。
2. 本研究分析程序可針對傳統實驗計畫與田口靜態及動態實驗計畫的單一受限資料進行分析，應用範圍廣。
3. 工程人員利用本研究所發展出的受限資料分析法處理不完整數據的能力，在必要時可以減少實驗次數以得到與完整實驗數據相同或很接近的分析結果，如此可以節省時間與成本。
4. 本研究結果已寫成電腦程式，對

業界作受限資料分析時更具應用價值。

五、參考文獻

- [1] 劉喬輝 “重覆性實驗計畫中型 受限資料分析方法” 交通大學工業工程所碩士論文, 1997。
- [2] 苗嘉利 “應用類神經網路於實驗計畫中受限資料分析之研究” 交通大學工業工程所碩士論文, 1998。
- [3] Hahn, G. J. and Nelson, W., “A Comparison of Methods for Analyzing Censored Life Data to Estimate Relationships Between Stress and Product Life,” IEEE Transactions on Reliability, Vol. 23, No. 1, pp. 2-11, April 1974.
- [4] Hahn, G. J., Morgon, C. B., and Schmee, J., “The Analysis of a Fractional Factorial Experiment With Censored Data Using Iterative Least Square,” Technometrics, Vol. 23, pp. 33-36, February 1981.
- [5] Hamada, M., and Wu, C. F. J., “Analysis of Censored Data From Highly Fractionated Experiments,” Technometrics, Vol. 33, No.1, pp. 25-38, February 1991.
- [6] Lu, J. C. and Cemal Unal, “Process Characterization & Optimization Based on Censored Data From Highly Fractionated Experiments,” IEEE Transactions on Reliability, Vol. 43, No. 1, pp. 145-155, March 1994.
- [7] Nelson, W., Applied Life Data Analysis, New York : John Wiley & Sons.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

應用灰色系統理論於受限資料 品質特性最佳化之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC90-2218-E-009-026-

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：唐麗英

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系

中華民國 91 年 10 月 30 日