

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

利用擬陣理論設計自動化工廠偵查員

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 009 - 168 -
執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：梁高榮
共同主持人：無

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學工業與工程學系

中 華 民 國 90 年 8 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

利用擬陣理論設計自動化工廠偵查員

Monitor Design in Automated Factory Using Matroid Theory

計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 009 - 168

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：梁高榮 國立交通大學工業與工程學系

電子郵件：grliang@cc.nctu.edu.tw

共同主持人：無

計畫參與人員：馮龍瑞、施重豪 國立交通大學工業與工程學系

一、中文摘要

本計畫建議利用擬陣理論來解現場監控裡的偵查員設計問題。而研究對象則包括可畫圖擬陣及可表達擬陣等項目。研究結果顯示擬陣理論是解偵查員設計問題一項非常有效的數學工具。

關鍵詞：現場監控、偵察程式、擬陣理論、可畫圖擬陣、可表達擬陣

Abstract

Matroid theory is proposed for solving the monitor design problem in the shop floor. This study involves how to represent a monitor using graphic matroid, representable matroid, etc. The research results show matroid theory is powerfully as a mathematical tool for solving the monitor design problem.

Keywords: Shop Floor Control, Monitor Program, Matroid Theory, Graphic Matroid, Representable Matroid

二、緣由與目的

自動化工廠的運作是非常複雜的，工程師為了達成現場監控的目的因此必須撰寫數量龐大的偵察程式來判斷其運作是否正常。過去的經驗顯示這些偵察程式常有重覆撰寫的現象出現，這除了造成資源的浪費外並會造成管理上的困擾。本計畫提出利用擬陣理論來作為撰寫這些複雜偵察程式的理論基礎。實驗顯示依據擬陣理論

寫出的偵察程式不只避免了程式重覆撰寫的可能性並大量降低了偵察程式的數量，偵察程式設計複雜度的降低同時亦減輕自動化工廠管理上的負擔。

擬陣的種類很多，當法則可用狀態方程式(State Equation, SE)表達時，對應的擬陣為可表達擬陣(Representable Matroid, RM)。當法則可用裴氏圖(Petri Net, PN)表達時，對應的擬陣為可畫圖擬陣(Graphic Matroid, GM)。而不變量的破壞代表外來故障因素的發生，因此偵察程式如果是利用不變量來設計，則現場監控系統正常運作的偵察就很容易進行。因此研究重點就成為如何利用擬陣理論來找出不變量。擬陣理論在現場監控系統應用的研究源起於民國 84 年作者與工研院機械所的建教合作計畫[3]中發現的，並在隨後的深入研究[4]裡加以推廣。過去的研究常集中在分析何類型的擬陣最適合現場監控系統使用。而最近的研究成果可在[1, 2]中找到。

三、結果與討論

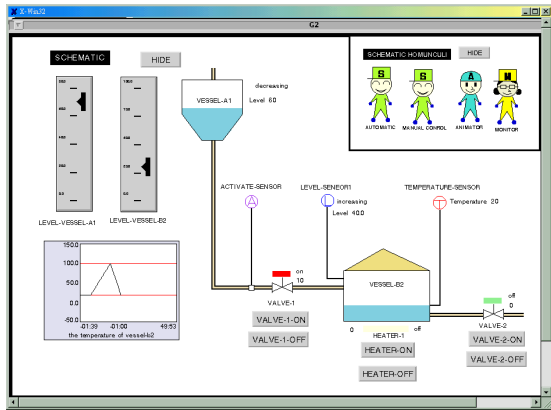
本計畫導出很多的數學定理，例如下述的平面加註圖定理[1]就是其中之一。

定理：平面加註圖

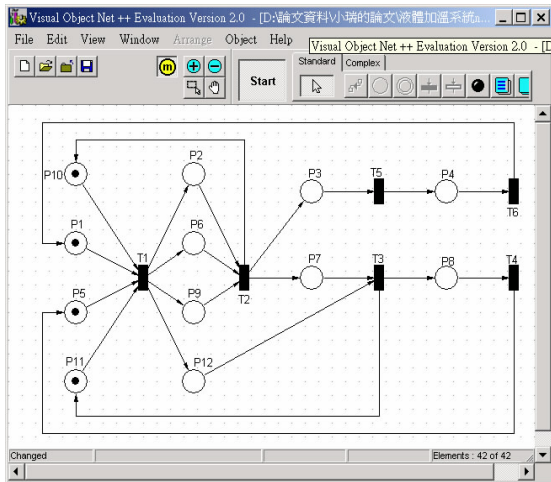
對平面加註圖(Marked Graph)的裴氏圖而言，這是可畫圖擬陣；其對偶擬陣亦為可畫圖擬陣且可用其基底來計算偵察法則M。對浮標而言，這是覆點擬陣；同理，其對偶擬陣亦可用來計算偵察法則。

底下顯示如何在平面加註圖定理下把

可表達擬陣用求解一個偵查員設計問題 [1]。圖二是用來控制圖一自動化製造系統的監控員(Supervisor)，而此監控員可用裴氏圖代表。



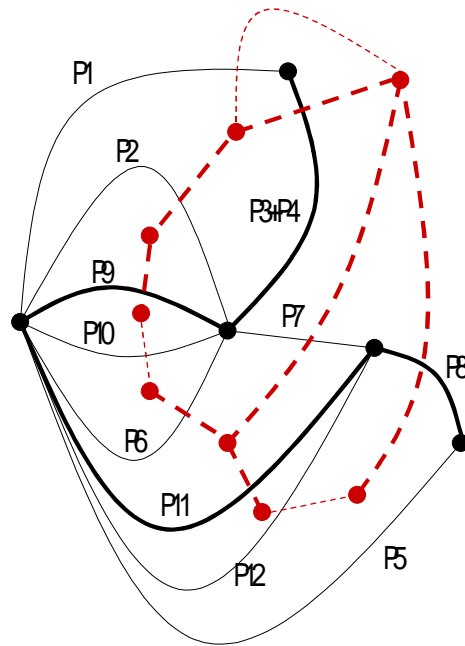
圖一 自動化製造系統



圖二 裴氏圖

對可畫圖擬陣而言，這有兩種解法。第一是直接從其對偶圖算出答案，第二是把可畫圖擬陣轉成可表達擬陣間接求解。對直接求解而言，圖二的裴氏圖是加註圖故可畫成圖三的實線圖，其中的粗實線代表展開樹，也就是其基底。這裡為了畫圖方便已把P3及P4合併成同一線段，故總共有11個線段，由基底可看出秩為4。接著畫出其對偶圖，這是虛線圖共有8個節點，故其秩為7。根據實線圖的基底可構建對偶圖的基底並用粗虛線代表。這時可得額外的邊P2、P6及P7，由實線圖的基底再代入浮標初始值可得偵察法則為P2 - P9 = 0, P6 -

P9 = 0, P7 + P9 + P11 = 1。故其偵查員為一具有三條法則的專家系統。



圖三 可畫圖擬陣與其對偶圖

對間接求解而言，由於可畫圖擬陣可透過展開樹轉成標準表達矩陣，而標準表達矩陣亦透過基底集合與迴路集合來計算。對基底集合的計算而言，圖三的實線圖對應的標準表達矩陣則如下所示。

$$[|D|] = \begin{matrix} & P3+P4 & P8 & P9 & P11 & P1 & P2 & P5 & P6 & P7 & P10 & P12 \\ \begin{matrix} P3+P4 \\ P8 \\ P9 \\ P11 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

當考量物件的屬性方程式時，代入公式 $M = SRM^2(R)$ 可得如下矩陣。

$$[|I-M|] = \begin{matrix} & P3+P4 & P8 & P9 & P11 & P1+P2 & P5+P6+P7 & P10 & P12 & P2 & P6 & P7 \\ \begin{matrix} P3+P4 \\ p8 \\ p9 \\ p11 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

將圖二裴氏圖的浮標初始值(1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0)代入，便得到下列七個不變量。其中有四個是屬性方程式，例如式子(3)代表閥1的on、off兩種屬性，式子(4)式亦代表閥2的on、off兩種屬性。另外三個不

變量則是偵察程式的法則。

$$\begin{aligned} P1+P2+P3+P4 &= 1\dots(1) \\ P5+P6+P7+P8 &= 1\dots(2) \quad \dots\text{四條屬性方程式} \\ P9+P10 &= 1\dots(3) \\ P11+P12 &= 1\dots(4) \\ \\ P2 = P9\dots(5) \\ P6 = P9\dots(6) \quad \dots\text{三條偵察法則} \\ P7+P9+P11 &= 1\dots(7) \end{aligned}$$

這兩種解法算出的答案是相同的。

四、計畫成果自評

擬陣理論是我國自行發展出來解現場監控裡偵查員設計問題的一個數學工具。上述的例子可以看出此方法求解的速度非常快。因此本計畫可定位於一個非常成功的計畫。

五、參考文獻

- [1]. 梁高榮，「擬陣理論在現場監控的應用」，機械工業，六月，176-188 頁，2001。
- [2]. 馮龍瑞、李承勳、梁高榮，「製造執行系統裡計算不變量方法的比較」，機械工業，六月，206-220 頁，2001。
- [3]. Liang, G. R., "Computer-Integrated Manufacturing System Design Using Calculus of Communicating Systems," Proceedings of National Computer Symposium, pp. 130-137, 1995.
- [4]. Liang, G. R., "A Transversal Matroid Model for Interactive Manufacturing Devices," Proceedings of Automation'98 and ICPR Asia Meeting, pp. 1-6, 1998.