

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以形狀辨識為基礎的診斷訓練對時間壓力下失效偵測與診斷之影響

Pattern recognition-based training aid for fault detection and diagnosis under time-constrained environment

計畫編號：NSC90-2218-E009-021

執行期間：2001年8月1日至2002年7月31日

主持人：許尚華教授 國立交通大學工業工程與管理學系

計畫參與人員：博士班研究生李豐良 國立交通大學工業工程與管理學系

碩士班研究生沈剛誼

碩士班研究生周鈺傑

1. 中英文摘要：

急迫時間的壓力事複雜系統常附加於作業人員的重大負荷。許多研究發現人員在時間壓力之下，資訊處理的能力變得很脆弱。為了輔助作業人員在急迫時間壓力下的作業，一些法則型專家系統因應而生，但恐緩不濟急。因次另一改善方法可從訓練著手。本研究提出以辨識情境為主的訓練方法，此訓練方法利用整合型顯示將症狀之主要線索呈現出來，教導人員如何辨識主要線索型態，以促進其情境與症狀知配對，而增加其診斷績效。

關鍵詞：物體顯示、生態介面、數字顯示、時間壓力、組件層級、系統層級

Complex systems often require operators to respond in a timely fashion. Previous studies found that human information processing capabilities are quite vulnerable when they are under time stress. One way to enhance operator's fault diagnosis performance is

to provide expert system based diagnosis aids. Operators learn the pairing between observed data and symptoms of malfunction so that can quickly match the observed data with the template of malfunction states and their diagnosis performance can be enhanced.

Keywords：object display、ecological display、digital display、time stress、component level、system level

2. 研究動機及目的：

操作員在作業時，常常會受到時間限制的壓力，必須在限定時間內，完成一些偵檢、診斷的工作；而有時造成作業的錯誤並不是單獨由一種原因造成，可能因為多種不同的錯誤導致系統的故障，這將有可能造成操作員的心智負荷更高，而對於這種狀況，不能把這壓力、責任完全的由作業員來承受，在顯示器或操作器具等，也必須作適當的設計來協助操作員做最正確、快速的作業。

因此適時與正確的系統失效偵測與診斷，仰賴於作業者能夠擷取相關的組件與系統的資訊，正確的了解系

統的狀況，但是作業人員在時間壓力下因過度自信而偏離最佳的作業模式，而採取經驗法則來做診斷與決策。所以如何在時間壓力下能夠將症狀的主要線索呈現出來，以此來增進績效是本研究的主要目標。

3. 研究方法

3.1 受試者

此研究的受測者主要為交通大學大學部與研究所的學生，人數為三十人。受試者對於本實驗中所模擬的汽車冷卻系統均不具備相關知識。

3.2 實驗裝置

此實驗使用一部 AMD Duron 1000 的個人電腦及 19 吋 VGA 螢幕顯示，實驗情境的模擬是利用 VB 6.0 所撰寫。在實驗過程中系統狀態是隨機選取的，受試者根據系統的狀態進行偵測與診斷，電腦並同時紀錄診斷結果與診斷時間。

3.3 實驗材料

在此實驗中所模擬的系統為汽車冷卻系統的監控作業。實驗中電腦螢幕上呈現三種顯示型態(物體顯示、生態顯示、數字顯示)之一，受試者必須觀察螢幕中所呈現的系統變數，以判斷系統目前的狀態。而所顯示出的系統變數有：水壓、水量、水溫、機身溫度。

3.4 實驗程序

3.4.1 實驗程序簡介

在每次實驗進行前，對受試者說明本次實驗的流程。

3.4.2 系統知識訓練

對受試者介紹本實驗所模擬的汽車冷卻系統中系統的功能、運作流程、各子系統的功能以及各屬性的意義。

3.4.3 訓練成果評估

讓受試者操作系統，以熟悉系統的操作介面及系統狀態的判別法則，接著進行模擬訓練。接著進行模擬訓練，每題均要在一分鐘內完成的，預計題目有 12 題，其中兩題屬於系統層級，十題屬於組件層級。當受試者答對百分之八十以上的問題，便可以開始進行實驗。

3.5 實驗設計

3.5.1 獨立變數

在本實驗中有兩個獨立變項，第一個獨立變項是顯示型態的類別，分別為物體顯示、生態顯示、數字顯示三種；第二個獨立變項為問題型態，分別為組件層級與系統層級兩種，第三個變項為答題題數，為 between variable。如此構成 3 X 2 X 1 的三因子重複實驗設計。

3.5.2 相依變數

本實驗有三個相依變數，分別為診斷時間、錯誤率、主觀偏好，分別定義如下：

3.5.2.1 診斷時間

受試者對問題診斷所花費的時間，即由顯示畫面呈現出系統狀態開始，至受試者選擇異常原因的時間。

3.5.2.2 診斷的錯誤率

受試者診斷的正確比率，即受試者診斷錯誤的題數除以答題總數。

3.5.2.3 主觀偏好

透過設計問卷的方式，來給受試者作問卷調查。

4. 結果與討論：

4.1 ANOVA 實驗分析結果：

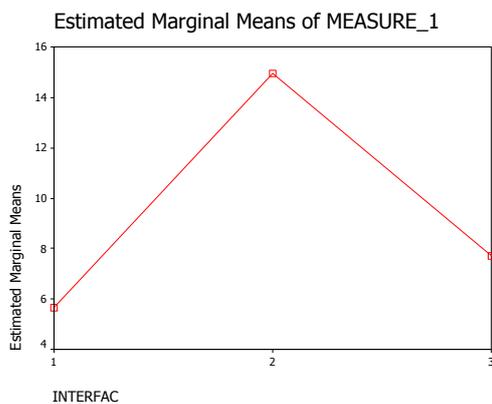
4.1.1 反應時間

經由三因子重複實驗 ANOVA 分析結果得知，不論在反應時間或錯誤率上，介面型態和問題型態的 P-Value 皆小於 0.05，所以可知道介面型態和問題型態對於反應時間或錯誤率都有顯著的影響。

由表一可知，所有因子均顯著；且經事後檢定可以看出物體與生態、物體與數字在顯示在反應時間上均有顯著差異。

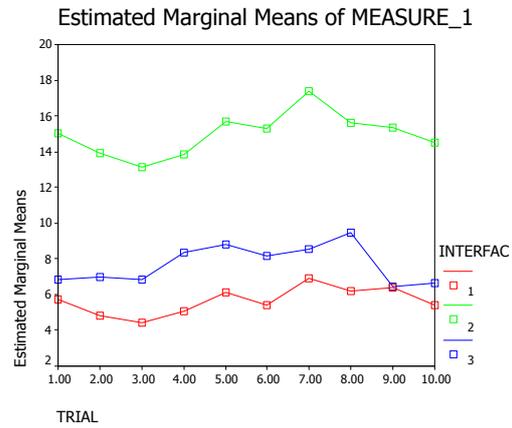
表一.反應時間 ANOVA

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
INTE	28773.130	2	14386.565	1584.604	.000
RFAC	130.65	2	65.325	7.14	.002



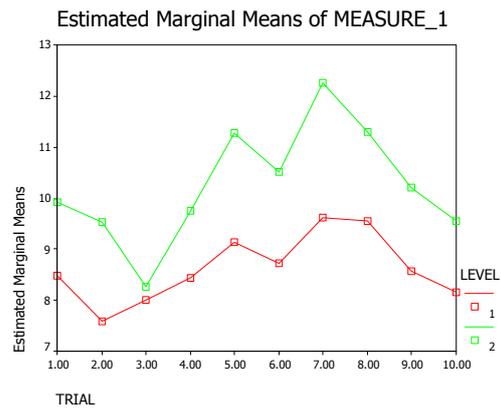
圖一.三種介面的反應時間

從上圖一可以看出三種 interface 的反應時間，其中物體 < 數字 < 生態。



圖二. 在十個 trail 三種介面間反應時間的關係

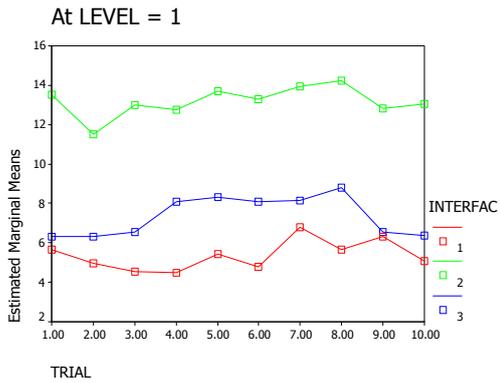
從上圖二可看出物體與生態在每個人經過 10 個 trial 之後，時間皆有些微下降趨勢，其中以生態的反應時間最長，數字次之，物體顯示最短。



圖三. 兩種層級 l 在十個 trail 下的反應時間

由上圖三可知，在每個 trial 中，系統層級的時間均高於組件層級。

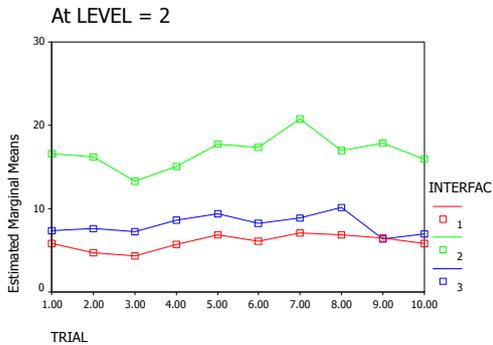
Estimated Marginal Means of MEASURE_1



圖四.在組件層級中三種顯示反應時間的比較

從上圖四可知在組件層級時，反應時間的關係為 物體 < 數字 < 生態。

Estimated Marginal Means of MEASURE_1



圖五.在系統層級中三種顯示反應時間的比較

從上圖五可知在系統層級時，反應時間的關係為 物體 < 數字 < 生態。從圖可以看出，物體顯示和數字顯示所需的反應時間較少於生態顯示。

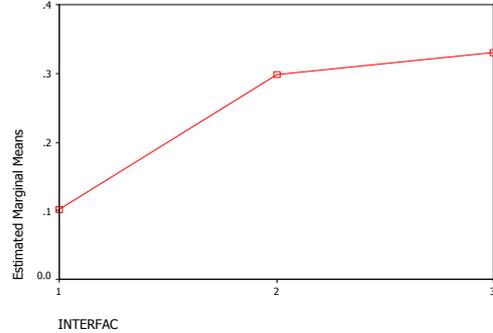
4.1.2 錯誤率

從表二可得知顯示型態為顯著因子，從事後檢定可以看出物體與生態在錯誤率上有差異，而物體與數字也有顯著差異。

表二. 錯誤率 ANOVA

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
INTERFAC	18.363	2	9.182	66.484	.000
E					

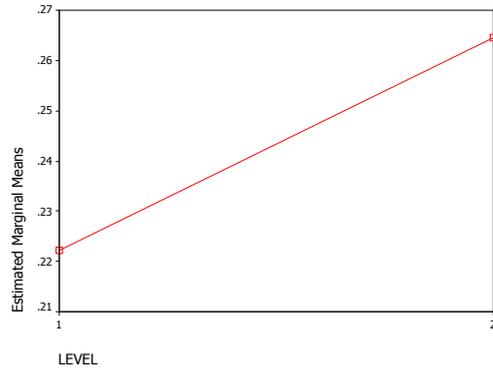
Estimated Marginal Means of MEASURE_1



圖六.三種界面的錯誤率

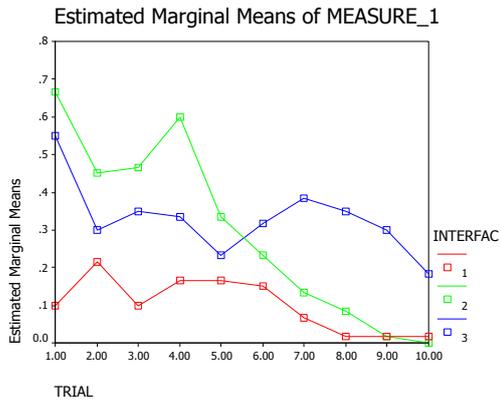
從上圖六可以看出三種界面的錯誤率，其中物體 < 生態 < 數字。

Estimated Marginal Means of MEASURE_1



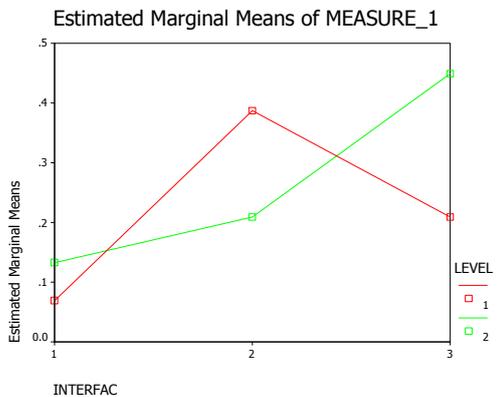
圖七.兩種不同level錯誤率的比較

之前從表二可得知層級為顯著因子，再從上圖七中得知，組件層級的錯誤率要比系統層級來的低。



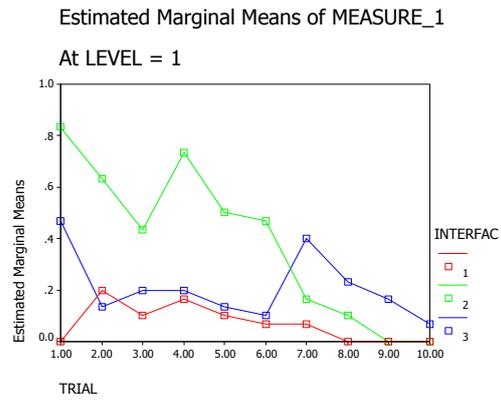
圖八.在十個 trail 三種介面間錯誤率的關係

從上圖八可看出物體與生態在每個人經過 10 個 trial 之後，錯誤率皆有下降趨勢，而已物體顯示的錯誤率最低，但是我們發現生態顯示在 trail 6 之後錯誤率會直線下降，錯誤率和物體一樣好。



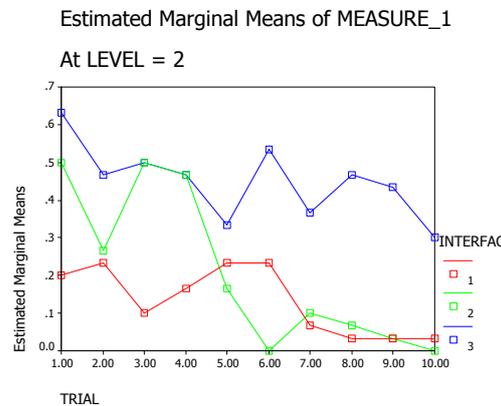
圖九.三種介面與兩種層級對於錯誤率的關係

從上圖九可以看出，物體和數字顯示在組件層級下錯誤率比系統層級來的低。但是生態卻有所不同，生態在系統層級的錯誤率卻比組件層級下來的低。由此可知生態適合在系統層級下做偵測及診斷作業。



圖十.在組件層級中三種顯示錯誤率的比較

從上圖十可知在組件層級時，錯誤率的關係為 物體 < 數字 < 生態。



圖十一.在系統層級中三種顯示錯誤率的比較

從上圖十一可知在系統層級時，錯誤率的關係為 物體 < 生態 < 數字。並且從圖可以看出，生態顯示有良好的學習效果，錯誤率會有明顯的降低，而物體與數字顯示卻沒有明顯趨勢。

4.2 問卷調查結果：

(1) 物體顯示器：

由面積的狀況來直覺性地判斷系統狀況，當其中的指標有明顯地突出或凹入，表示系統出現狀況，判斷容易，但只能判斷正常或異常，無法真

正了解系統的運作狀況。

(2)生態介面：

由面積的邊界變化來判斷系統狀況，當指標有明顯地偏向時，再檢查節溫器及風扇，是否有正常開啟或關閉；一開始時，並無法快速、正確地判斷出系統狀況，以至反應時間、正確性均較差，但經幾次測試，皆有越來越好的趨勢；大部分的受試者皆認為此種介面較能夠了解系統運作狀況及系統的功能。

(3)數字顯示器：

由指標的數字直接做判斷，組件指標的判斷快速、正確，但多個指標異常時，須一個一個比較，就較費時；且只能獲知哪些指數不符標準，但是無法真正確實了解系統的運作。

5.計劃成果自評

本研究計劃的進度與預期的目標是一致的，而結果也符合我們的預期的假設。

本研究的目的是在於探討不同整合型顯示在時間壓力診斷訓練之效果。而研究的成果將可以應用於診斷訓練，以提昇複雜系統作業人員的應變能力，來增加作業的正確性以及績效。如此一來可以減少不必要的危害產生。此外本研究還有一個繼續研究的價值，因為顯示型態的種類相當的多，而且陸續有新的介面開發出來，因此這方面可以在繼續做後續的研究。

6.參考文獻：

1. Coury, B.G. & Boulette, M.D.

(1992). Time stress and the processing of visual displays. *Human Factors*, 34(6), 707-725.

2. Carswell, C.M. & Wickens, C.D. (1987). "Information integration of task demands and display superiority". *Ergonomics*, 30(3), 511-527.

3. Howie, D.E. (1998). "Making the most of ecological interface design: the role of self-explanation". *Human - Computer Studies*, 49, 651-674.

4. Rasmussen, J. & Vicente, K.J. (1989). "Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design". *Man - Machine Studies*, 31, 517-534.

5. Vicente, K.J. (1992). "Ecological interface design: Theoretical foundations". *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics*, 22(4), 589-606.

6. Vicente, K.J. (2002). "Ecological interface design: Progress and challenges". *Human Factors*, 44(1), 62-78.

7. Christoffersen, K., Hunter, C.N. C & Vincente, K.J. (1998). "A longitudinal study of the effects of ecological interface design on deep knowledge". *Human - Computer Studies*, 48, 729-762.

8. Terrier, P. & Cellier, J.M. (1999). "Depth of processing and design - assessment of ecological interfaces: Task analysis". *Human - Computer Studies*, 50, 287-307.

9. Pawlak, W.S. & Vicente, K.J. (1996). "Inducing effective operator control through ecological interface design". *Human-Computer Studies*, 44, 653-688.
10. Rasmussen, J. (1986). Ecological interface: A technological imperative in high-tech systems? *International Journal of human-computer Interaction*, 2, 93-110
11. Zakay, D. & Wooller, S. (1984). Time pressure, training, and decision effectiveness. *Ergonomics*, 27, 273-284