

自動化光學檢測設備評選模式

An Evaluation Model for the Selection of Automatic Optical Inspection System

余銘忠¹

國立高雄應用科技大學 企業管理系 副教授
yminchun@cc.kuas.edu.tw

陳捷安²

國立高雄應用科技大學 企業管理系 研究生
e12319@yahoo.com.tw

摘要

近年來由於科技技術的進步以及產業環境的改變，企業對於產品的品質要求越來越重視，在生產自動化的發展下，品管的趨勢原先以人工檢驗的方式也走向了自動化。而企業在進行檢測設備上的選擇的決策變的須慎重考慮，正確設備的選擇會為企業帶來正面的效益。自動光學檢測設備是近年來相當具有市場潛力的檢測設備，主要用於產品的品管檢測。

本研究透過文獻探討，並以專家訪談及問卷方式進行評估與建立層級架構，應用分析層級程序法計算權重，以建立自動化光學檢測設備評選模式。可為企業在評選檢測設備時能更有效與客觀的評估。

關鍵字：自動化光學檢測設備、品管、分析層級程序法、設備評選

Keywords: Automated Optical Inspection; Quality Management; Analytic Hierarchy Process; Equipment Selection

1. 緒論

1.1 研究背景

現今由於科技發展下和各個產業環境的快速的變遷，企業對於產品的品質要求已不同以往，現階段為了追求產品品質的良率以及產品產量上的需求，以人力手段來進行品質管理的方式已不符合現在的需求，在生產自動化的發展下，產品產出的速度也越來越快，品管檢驗方式也從人工檢驗的方式也走向了自動化檢測。

而在生產的過程當中，產品的品質檢測通常需要耗費許多人力，造成了人力成本的上升，也因為人為的不確定因素，如檢測人員身體、精神上的疲勞容易造成對於檢測產品時，對於產品規範出現不同判斷的結果，這些因素皆可能影響對於產品檢驗的可靠度。現在的企業著重要求人力成本的降低、產品的品質提升、增加生產的效率等因素的要求下，則需要檢測設備的導入，來減少人為所發生的錯誤，並且提高生產上的效率。檢測設備的發展主要是因為人工檢驗缺乏效率和可重複性，較早使用於包裝、紡織、汽車和機械等的傳統產業的品質管理檢測上(張振堉、金美敬，2002)，主要功能在於檢測效率的提高，而檢測設備的使用使得檢測速度快速的提升，隨著科技的進步檢測設備現在也用於印刷電路板、半導體、顯示器等產業。

自動化光學檢測設備(Automated Optical Inspection, AOI)是近年來相當具有市場潛力的檢測設備，檢測設備具有以下特性：具有安全性、提高效率、降低產品不良率的能力(劉效忠、許地申，2012)，所以可用於較大量高品質產品的品管檢測。AOI的應用以檢測應用最為廣泛，尤其在生產管理與製程方面的檢測，檢測設備逐漸取代人工檢驗，不但能大幅的提升產品的生產速率，也降低生產成本和提高產品的良率。AOI檢測設備目前大量運用在平面顯示器、印刷電路板、半導體產業，其產業關聯性如圖 1-1 所示。

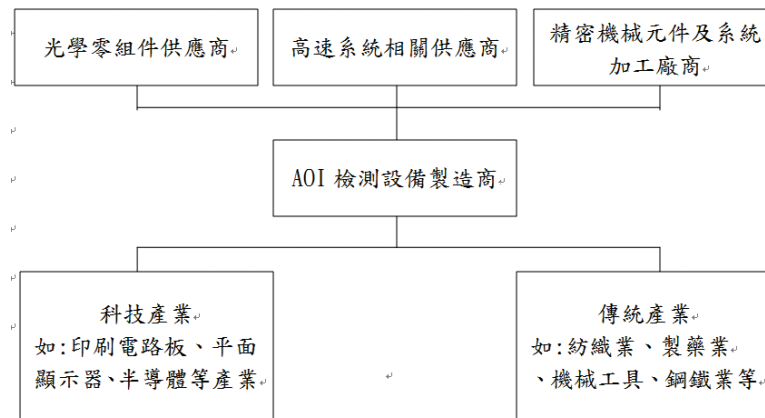


圖 1-1 AOI 檢測設備產業關聯圖

資料來源：公開資訊觀測站(2013)

傳統與科技產業為了提高生產的品質與效率下，選用檢測設備可改善以人力為主的檢測方式，檢測設備可減少人力成本的支出、減少生產時間、增加企業競爭力、降低企業在營運上的風險，相對的檢測設備的選擇應用更為重要，自動化的檢測設備取代人力也成為未來的一種趨勢。對於以人力作為主要品質管制的檢測方法，可能引發的問題如人力成本過高、生產效率低下、產品品質不良率較高、交貨時間的延遲等問題，也是企業在營運當中所遇決策問題中非常重要且待解決的問題。

1.2 研究動機

近年來印刷電路板產業、半導體晶圓產業、面板產業以及食品、紡織、汽車、鋼鐵工業都使用檢測設備來提高品質檢驗的品質，而用人力的方式來進行品質管理的方法早已不適用於現代，檢測設備在生產的流程當中佔相當重要的一部份，使用檢測設備可以提升產品品質、提高生產率、增加效率、提升人員工作安全性等。選用檢測設備不但可以增加產品的穩定性、競爭力，也可以使企業達到節省能源、避免災害等益處。

AOI檢測設備的選擇對於企業來說具有量測及品質管制等功能，而AOI檢測設備可以提升產品檢測的速度、降低人工的成本、減少人員檢測誤差，而對於選擇AOI檢測設備也相當的重要，有助於為企業達到節省人力、提高效率、減少成本、提高品質等目標。

AOI檢測設備在各種產業中均佔有重要的地位，在產業的生產製造過程當中，AOI檢測設備是大量採用的機器設備，在現今許多產業都為了節省成本和效率改善下，而利用自動化檢驗來完成工作，檢測設備在成本上也是重大的考量，使得企業在進行檢測設備上的選擇的決策變的必須慎重的去考慮，正確設備的選擇決策會為企業帶來正面的效益，而選擇光學檢測設備相關因素很少有文獻探討研究，選擇AOI檢測設備是一種多屬性的複雜的問題，對於如何選擇評估檢測設備等相關因素，可運用分析層級程序法(Antalytic Hierarchy Process, AHP)來做相關方面之研究，而本研究將用AHP法來建置光學檢測設備評估模式。

1.3 研究目的

由於上述的研究背景與研究動機，本研究將對於AOI檢測設備評選模式進行探討，研究目的如下：

- (1)探討對於AOI檢測設備選擇之評選構面與屬性。
- (2)使用AHP法建置AOI檢測設備選用評估構面與屬性並計算權重。
- (3)研究的結果可為廠商評選AOI檢測設備之參考依據。

2. 文獻探討

檢測設備選擇相關因素因研究文獻較少，故以機器設備、系統設備等設備相關因素進行尋找檢測設備相關因素，以作為研究之參考因素，最後再運用這些相關因素，設計專家問卷，並且給予專家評估和找出其他檢測設備之因素，用以建立光學檢測設備選擇的評估準則。

2.1 設備與系統選擇相關研究探討

Lin & Yang (1996)提到 AHP 法，可用來評估選擇哪種機械設備適合用於機械加工，並以傳統機械設備、數控

機械(numerical control *machine*, *NC*)設備、彈性製造單元(Flexible manufacturing cell, *FMC*)機械設備選擇為例，其取決於許多因素，如相關的勞動成本、機器設備所佔面積、機器效率、生產效能。

Chan & Yaung (1987)則是以淨現值(Net Present Value, *NPV*)的方式對生產量、產品品質、操作方便性來進行設備評估。王泰裕(2000)提到在設備選擇時，須考慮設備的特性、準確度、操作方式、所佔空間大小、生產率、成本高低等因素，並以多評準決策(Multiple Criteria Decision Making, *MCDM*)解決此類問題。

Mrualidhar (1990)提到系統選擇須有三種條件為(1)須考量多個因素(2)可衡量有形和無形的因素(3)對於每項考慮之因素給予建立其相對的重要性。Min (1992)提到在系統選擇整理出多個因素如：成本、相容性、使用者介面、可變更性、品質、功能多樣性，並且運用 *AHP* 法對於系統選擇上須評估定性與定量因素的問題，而 *AHP* 法可適用於多準則決策的環境。Knott et al. (1982)運用淨現值(*NPV*)方式將設備成本、間接成本、員工薪資列入考慮因素，用來做為系統設備評估。

Noble (1990)則是以成本因素評估電腦整合製造系統在規劃、市場與操作功能來做評估。粘珊珊(2005)以 *AHP* 法探討 *CRM* 系統選擇之相關因素，系統選擇為一種多屬性的問題，其匯集專家意見，並經由文獻探討歸納出系統選擇上重要的因素有成本價格、維修費用、訓練成本、使用者介面、相容性、人員訓練、廠商協助安裝、保固等相關性的因素。

陳文亮等(2009)提出以應用 *AHP* 法獲得開飲機選購之相關因素，透過資料收集與專家訪談方式，歸納出以價格、功能性、安全、售後服務、能源耗用、外形等因素作為評估因素。陳泰良、薛建宏(2010)以習慣理論(Habitual Domain, *HD*)及 *AHP* 法做為理論之參考，探討工廠機械設備評選準則，以個人觀點並客觀的量化評估並找出各項準則，彙整出考慮因素有設備產能、與其他設備之相容性、價格、保固、售後服務、教育訓練、品牌、良率提升、操作介面便利性、零配件取得等因素。

2.2 檢測系統相關研究探討

Garcia and David (1999)提出了可檢測生產 3D 機械零件的新系統，這個系統主要著重於測量的精準度、檢測的速度和效率，在研究過程當中主要用來對於機械設備和影像校正區域的改善。蔡瑞鴻等(2006)在 *AOI* 檢測系統上與儀器科技研究中心設計出背光模組檢測機台，而檢測設備由許多系統模組所組成，檢測設備的內部規格不容易變更，在生產過程中降低成本和增加檢測設備的彈性也相對重要，故檢測設備功能和可檢測產品種類、產品尺寸大小、檢測時間、檢測精準度、成本等因素也是考量的重點。

Park et al. (2006)提出新的檢測方式並使用 *AOI* 檢測系統應用在印刷電路板上，使其提高其工作的效率，減少了檢測工作的時間。劉孝忠、許地申(2012)在 *AOI* 檢測之應用中使用光學影像及影像辨別並運用 *LabVIEW* (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)軟體建立一套自動化檢測系統，目的是導入光學影像到自動化檢測系統上可以用來提升產出的效能和提高良率，並運用在品管的分析中，在導入自動光學檢測系統當中所提到重要的相關因素有可提升檢測準確率、縮短檢測時間、減少誤判率、提高品質、影像解析度等因素。Guerra and Villalobos (2001)運用 *AOI* 檢測系統在電路板上的表面黏著元件(*Surface Mount Technology*, *SMT*)進行檢測，以用來改善產品生產的過程當中品質的控管，對於產品的尺寸大小及顏色等特性進行檢測，並縮短檢測時間。

Lin et al. (2007)發展關於 *TFT-LCD* 面板的量測方法，運用不同檢測方式來檢測面板缺陷，且運用影像灰階不同及圖案解析度來辨別瑕疵，並著重檢測速度。李柏蒼(2009)光學檢測設備國產化策略中提到 *TFT-LCD* 自動化光學檢測設備之檢測技術，檢測設備須在有限時間內提升生產效率與操作介面之提升，且在現今製程的發展中，產品小型化的趨勢也日益增加，設備在檢測中準確率也必備的要素，在光學檢測系統中，操作介面讓使用人員對於缺陷判讀的方式和使用方便性都有相互的關聯性，檢測系統之成本與替換的零組件價格也列入設備所須注意的眾多要素之一。

吳志凌(2007)在隱形眼鏡自動光學檢測系統的設計研究當中，對於隱形眼鏡在產出的過程中必須運用到品管的地方，設計出自動化光學檢測系統。過程當中針對檢測速度、影像解晰度、準確度、誤判率等方面來改善，在研究的結論表示在系統硬體建立時的成本並不高，並提到品質檢測設備需要有高速和穩健性，才能夠足以應用在生產線的品質檢測上。

何秉彥(2008)設計一種線上光電檢測系統，主要檢測圓柱型零件的缺陷，並自行開發檢測系統，加快了檢驗的速度也降低了誤判率並解決物料有混合到不良品的問題。系統設計也考慮到了成本的問題，而操作介面為視覺化使用上也相當的方便，對於使用者不需太多的人員教育訓練。

2.3 AHP 法相關文獻

一、AHP 法介紹

分析層級程序法是由Thomas L. Saaty於1971年所提出的一種多屬性評估方法。AHP法主要是用層級的結構並且將複雜的問題系統化，並且將許多問題用以層級分解和建立架構，AHP法是由評估屬性再來進行屬性之間的成對比較(pairwise comparison)用以建立成對比較矩陣，可以了解決策者想法與主觀性進而建立架構，再運用特徵向量(eigenvector)間的運算來確定各種準則的權重(weight)分數(Saaty, 1980)。

AHP法的特色如下(曾國雄、鄧振源，1989)：

- (1)AHP法的理論較為簡單，而且操作起來容易，並且能夠有效率的採取許多專家和擁有具有決策能力人員的想法或意見。
- (2)AHP法可以將影響決策目標的相關元素，都能放入到模型當中，能夠將研究的目標相互配合，並且考慮到各個層面的分析方法。
- (3)在相關元素方面，經過專家評估和運用數學運算處理後，以量化的數值來表示出各個元素的順序。
- (4)將許多複雜的問題元素經分析評估後，建立能夠讓人易懂的層級結構，並讓具決策能力人員所能夠接受。

AHP法可以應用在許多決策問題上，包含設備選擇、供應商評選、區位選擇、系統選擇等方面的決策問題(Lin & Yang, 1996; Wei et al., 2005)

Saaty(1980)歸納出用以應用AHP問題類型以及運用範圍，類型如下所示：

- (1)決定優先順序(Set priorities)
- (2)產生一組方案(Generate a set of alternatives)
- (3)選定最佳方案(Choose a best policy alternative)
 - (4)分配資源(Allocate resource)
 - (5)預測結果(Predict outcomes)
 - (6)確定需求 (Determine requirements)
 - (7)系統設計(Design system)
 - (8)最佳化(Optimization)
 - (9)確保系統穩定性(Ensure system stability)
 - (10)規劃 (Planning)
 - (11)解決衝突(Resolve conflict)
 - (12)衡量績效 (Measure performance)
 - (13)風險評估(Risk assessment)

3. 研究方法

3.1 研究架構

本研究由文獻探討中分析AOI檢測設備選擇之構面與屬性，再利用專家訪談與專家問卷調查，以建置AOI檢測設備層級架構，並取得各項評估準則和屬性權重，發展出AOI檢測設備選擇之評估模型。

研究架構如下所示：

(1) 確認問題與說明目標：

確定以AOI檢測設備評選模式作為此研究之方向。

(2) 相關文獻探討整理：

主要針對設備、系統選擇與檢測系統相關文獻進行整理歸納並找出AOI檢測設備評選所應考量的構面與屬性。

(3) 專家訪談：

利用專家問卷調查進行第一階段AOI檢測設備評選之構面與屬性之確立是否合適。

(4) 建立層級架構：

經由第一階段問卷調查與專家意見之整合，確立研究AOI檢測設備評選之構面與屬性，並建立AOI檢測設備評選之層級架構。

(5) 設計AHP問卷：

依照AOI檢測設備評選之層級架構進行AHP各個題項之問題設計。

(6) AHP問卷發放及回收：

針對對於AOI設備評選時具有決定性影響力之實務界專家或是對檢測設備具有相關經驗之人員進行專家問卷調查與樣本回收。

(7) 計算特徵值與一致性檢定

檢定一致性時，進行篩選時 $C.R. \leq 0.1$ 為符合標準； $C.R. \geq 0.1$ 時則給予刪除。

(8) 選擇最佳方案：

得到各個構面與屬性權重時進行分析比較，並進行重要性之排序，可用來對於評選項目進行評估及考量。

3.2 專家訪談

本研究主要針對有AOI設備需求之企業，考慮或實際對於AOI設備需面臨選擇之決策之專家或對設備具有相關經驗人員，先經由經專家訪談與文獻探討後修改並建立AHP層級之架構和AOI設備評估的準則，待AHP架構和設備評估準則確定無誤後，再進行專家問卷用來確定AHP法的各項評估準則的權重標準。希望能夠反映出對於AOI設備選擇決策行為的真實性，並作為用來考量AOI設備評估準則參考。

3.3 AHP法

AHP法可處理複雜問題所用的一種系統分析的方法，它由不同的層面將問題分解，透過量化來進行判別，並加以綜合評估，且可提供決策者選擇之資訊，可以減少對於決策者判斷錯誤的風險，並集結專家的意見，以名目尺度來對各種評估來做比較(畢威寧，2005)。

一、定義問題和找出決策相關元素

層級分析法在處理多屬性決策問題的時候，首先要定義問題、了解問題，並找出問題間相互關聯的決策元素。

決策的元素：(1)選擇的方案 (2)相關屬性(3)可做決策的人員(4)受到決策所影響的人員(5)決策的最終目標。AHP法主要是利用層級架構來分析問題，並且將複雜決策人員想解決的決策問題結構轉化成變為不同決策的元素和層級下的較小的問題。AHP法可用來觀察了解不同層級的決策元素上下間的關係，和在相同層級結構裡不相同的元素間的相對影響關係，但並非直接由各個層級的元素來評估分析。

二、定訂目標和建立目標層級架構

在建立目標層級架構前，必需先找出目標為何，將目標分之為2種。

(1) 根本目標(fundamental objective)：主要是為了決策人員想達到的最終目的。

(2) 工具目標(means objective)：幫助決策人員完成期望目的的方法或是想完成的階段性目標，工具目標可用來

替決策人員發展出選擇之方案 (Clemen, 1996)。

目標層級之架構可以由組織原來就產生之根本目標，並且由上往下之分解的方式(top-down decomposition)或是由下往上結合的方式(bottom-up synthesis)，將目標之層級構造一層一層的發展出來，如圖3-2所示(Saaty, 1980)。層級的數量須由決策問題的評估分析來決定，如分析的決策問題較為複雜時，垂直展開是為較多目標層級，在考慮成對比較的複雜度時，建議每一個層級當中的元素，最好在7個元素以下。

目標層級架構的每個層級當中都有屬性的集合，以上一個層級目標來當作參考，可進行不斷的修正且評估原有選出屬性，來確定是不是達到完整性解構性衡量性不重複性和最少性的五種原則，來增加其有效程度(Keeney & Raiffa, 1993)。層級架構當中所選擇的屬性須與目標具有一致性，用來當作AHP模型的架構和權重計算的依據。

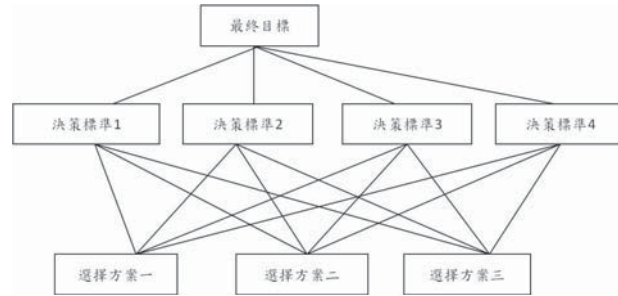


圖3-2層級結構

資料來源：Saaty (1980)

三、進行屬性成對比較並評估相對之權重

層級分析法之評估以每個層級中上個階層的屬性，用來分析下個階層屬性關係。將屬性的成對比較之結果，與建立的成對比較矩陣來運算屬性的相對權重。相對權重建立過程包含有(1)以評估尺度來收集衡量值(2)建立方案的成對比較矩陣(3)計算特徵值與特徵向量(4)驗證一致性(簡禎富，2005)，過程之內容以下說明：

(1) 以評估尺度來收集衡量值

AHP使用名目尺度的方式來進行比較，尺度區分為同等重要到絕對重要9個尺度，主要針對每個層級的元素進行兩兩比較，從重要性的不同並給予分數權重，用來判斷決策人員的想法。

將評估尺度分為同等重要、稍重要、重要、很重要、絕對重要，並給予1、3、5、7、9的衡量值；另有四項介於五個基本尺度之間，並給予2、4、6、8的衡量值。各尺度所代表的意義，如表3-1所表示(Saaty, 1986)：

表 3-1 AHP 法的評估尺度與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩比較方案的貢獻度具同等重要。等強 (Equal)
3	稍微重要 (Weak Importance)	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方案。稍強 (Moderately)
5	重要 (Essential Importance)	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案。頗強 (Strongly)
7	相當重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案。極強 (Very Strong)
9	極為重要 (Absolute Importance)	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案。絕強 (Extremely)
2、4、6、8	相鄰尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷值時。

資料來源：Saaty (1986)

(2) 建立方案的成對比較矩陣

在相同的階層的屬性當中，建立成對比較矩陣而可作決策的人員可以對其任何2種屬性的相對重要性來做判

定。主要是以上一個階層的屬性作為評估的標準，而下一階層級裡的任何2種屬性來作為評估上一個階層相對的重要性。把較為複雜的問題分為多個成對屬性進行比較，可以著重於2個屬性的相對關係。

依據層級分析法建立的層級架構，劃分為兩兩屬性間的相對重要性來進行屬性間的成對比較，成對比較矩陣間的評比如下所示：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

A:代表矩陣

a_{ij} :代表決策人員對決策屬性i和j兩兩相對比較後的比較值

1:代表自己與自己比較，衡量值都是為1表示

(3)算出特徵值(eigenvalue)和特徵向量(eigenvector)

在找出成對矩陣後，並運用數值分析來特徵值(eigenvalue)，求出特徵向量(eigenvector)。矩陣A表示為nxn一致性矩陣，A特徵向量為X和特徵值λ和矩陣A的關係式，如下所表示(1)：

$$AX = \lambda X \cdots \cdots \cdots (1)$$

在移項之後，可得到關係式(2)：

$$(A - \lambda I)X = 0 \cdots \cdots \cdots (2)$$

關係式(2)成立的要件<1>特徵向量X非零向量

$$\langle 2 \rangle \det(A - \lambda I) = 0$$

關係式進行求解後，可以求出矩陣A的n個特徵值λ，最大特徵值表示為 λ_{\max} 。

(4)驗證一致性

決策人員對於各種決策屬性在做重要性判別時，可能會發生不一致的狀況，所以為了找出判斷是否具有一致性，就須對成對比較矩陣做驗證的檢查，是否符合一致性，可以運用一致性指標(Consistent Index, C. I.)來做驗證。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

λ_{\max} : 矩陣A的最大特徵值

n: 矩陣階數

<1>C. I. = 0, 前後判斷具完全一致性

<2>C. I. > 0.1, 前後判斷不具一致性

<3>C. I. ≤ 0.1, 前後判斷雖然不具完全一致性，仍然是可以接受的偏誤範圍

決策問題變的複雜時，兩兩成對比較矩陣所需的判斷也變的較多，會產生判斷較不具一致性的結果，Saaty(1986)提出隨機指標(random index, R. I.)，用來調整不同階層數而出現不同程度C. I. 值的變化，產生一致性比率(consistency ratio, C. R.)，如下所表示：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

C. R. : 一致性比率(consistency ratio)

R. I. : 為隨機指標(random index)

C. I. : 一致性指標(Consistent Index)

當 $C.R. \leq 0.1$ 時，矩陣的一致性程度是在可接受的範圍內

表 3-2 隨機指數表

階數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R.I.$	N.A.	N.A.	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

資料來源：Saaty, 1986

4. 研究結果分析

4.1 AOI設備選擇構面與評估屬性分析

透過設備系統選擇和檢測系統相關文獻，本研究將AOI設備選擇相關評估準則進行整合，初步歸納出「技術層面」、「成本層面」、「設備建置層面」、「使用者層面」四項準則，在四項準則下有十二種屬性，在技術層面準則下的相關屬性有：誤判率、準確率、檢測速度、可檢測產品尺寸、可檢測產品種類。成本層面準則下的相關屬性有：機台價格、維護費用、教育訓練費用。在設備建置層面下的相關屬性有：與其他設備相容性、設備所佔空間。在使用者層面下的相關屬性有：教育訓練時間、操作方便性。

經設備系統相關文獻整理後，找出AOI設備評估準則與相關屬性共有四項準則與十二種屬性，定義與說明如下所述。

(一)技術層面：AOI設備可用於品質管理等應用，主要針對線路和外觀等項目之檢查，其中也包含了影像處理技術，影像處理速度與解析度的提升下，對於產品的品質的提升也有莫大的助益，也使得設備對於產品檢測的能力也大幅的提升。Min(1992)的技術準則下提到系統功能的多樣性，依據作者相關的實務經驗以及光學檢測系統相關文獻的探討下整理出以下五種屬性及其定義：

- (1)誤判率：對於品質良好的產品，所產生判別錯誤的比率。(劉孝忠、許地申，2012)
- (2)準確率：對於產品具有缺陷，而能夠檢測出缺點的比率。(Garcia & David, 1999)
- (3)檢測速度：開始檢測到產品檢測結束時，每小時可檢測產品的數量。(Park et al., 2006)
- (4)可檢測產品尺寸：對於許多不同類型產品，其大小尺寸不同，可檢測最大與最小產品尺寸的範圍。(Guerra & Villalobos, 2001)
- (5)可檢測產品種類：可依據產品規格、類別、模組的不同進行品質的檢測(蔡瑞鴻，2006)

(二)成本層面：AOI檢測設備須整合多項技術，如機械控制、影像技術、光學和系統軟體等技術而組成的精密檢測設備，在價格上必也比一般性機器設備昂貴，而在維護與耗用零件的成本也須在考量當中，檢測設備操作上也須耗用人力進行相關的訓練如程式的設計。Min(1992)在成本層面的準則下所提出的屬性，價格、維護費用、人員訓練費用來作為成本評估的屬性。定義如下所示：

- (1)機台價格：每台設備購入的成本。(Knott et al, 1982)
- (2)維護費用：維修與相關耗用零件所需花費的成本。(Min, 1992)
- (3)人員訓練費用：在設備購入時，所需程式設計或相關技術訓練之成本。(粘珊珊，2005)

(三)設備建置層面：檢測設備須與其他製程之生產設備相互配合，達到穩定並與產能上能夠維持一定的水準，工廠所規劃的空間能否足夠的放置檢測設備，而在產線在生產當中流程上是否順暢都是須考慮到的。李毓璋(2009)在設備建置層面準則提到相容性與設備擴充性，故將設備與其他設備相容性與設備所佔空間二種屬性納入設備建置層面之評估準則當中。其定義如下：

- (1)設備與其他設備相容性：檢測設備是否能夠與其他設備之系統有相容性如硬體設備與軟體ERP、Windows等(粘珊珊，2005)。
- (2)設備所佔空間：檢測設備所需佔用工廠空間大小(Lin & Yang, 1996)。

(四)使用者層面：對於精密檢測的設備，通常在學習上通常也須耗費許多時間去接受訓練及學習，而檢測設備的不同相對的操作介面也不盡相同。Min(1992)在使用者層面的準則下提出人員訓練與習慣使用的特性。故將教育訓練

時間與操作的方便性納入使用者層面之評估準則。定義如下所示：

- (1)教育訓練時間：在人員的訓練上所需花費的時間如程式設計學習上所花費時間與設備操作適應的程度(陳泰良、薛建宏，2010)。
- (2)操作方便性：在系統操作介面上是否能夠讓使用者容易了解及操作方便(Chan & Yaung ,1987)。

透過文獻探討與個人實務上之經驗初步歸納出 AOI 設備選擇構面和評估準則之相關屬性，再經由專家訪談請專家評估構面與評估準則之屬性是否合適，再針對評估準則屬性適當的作調整與刪除，以下表 4-1 為初步歸納的評估屬性和定義，給予專家參考。

表 4-1 AOI 設備選擇之構面與評估屬性之定義

構面	構面屬性	評估之屬性定義
技術層面	誤判率	對於品質良好的產品，所產生判別錯誤的比率。
	準確率	對於產品具有缺陷，而能夠檢測出缺點的比率。
	檢測速度	開始檢測到產品檢測結束時，每小時可檢測產品的數量。
	可檢測產品尺寸	對於許多不同類型產品，其大小尺寸不同，可檢測最大與最小產品尺寸的範圍。
	可檢測產品種類	可依據產品規格、類別、模組的不同進行品質的檢測。
成本層面	機台價格	每台設備購入的成本。
	維護費用	維修與相關耗用零件所需花費的成本。
	教育訓練費用	在設備購入時，所需程式設計或相關技術訓練之成本。
設備建置層面	與其他設備相容性	檢測設備是否能夠與其他設備之系統有相容性如硬體設備與軟體。
	設備所佔空間	檢測設備所需佔用工廠空間大小。
使用者層面	教育訓練時間	在人員的訓練上所需花費的時間如程式設計學習上所花費時間與設備操作適應的程度。
	操作方便性	在系統操作介面上是否能夠讓使用者容易了解及操作方便。

4.2 確認 AOI 設備選擇構面與評估屬性與建立層級架構

對於 AOI 設備選擇上的考量，並透過文獻所歸納整理具影響對於 AOI 設備選擇上的構面與屬性，採取對於 AOI 設備應用上具有實際需求相關產業進行專家訪談和問卷調查，透過訪談與問卷的方式調整構面和屬性項目，達到問卷的效度，並用來作為第二個階段層級架構的構面與屬性。

一、專家訪談對象基本資料

第一階段專家訪談與問卷調查對象男性 67%，女性 33%；最高學歷：碩士 17%，大學 83%；職位：經理 16%，課長 17%，組長 17%，工程師 50%(圖 4-1)；工作所待部門：製程研發部門 34%，品質管理部門 33%，生產製造部門 33%；工作性質類別：管理類 50%，生產製造類 17%，研發類 33%(圖 4-2)；檢測設備相關工作經驗：年資 3~5 年 50%，7~9 年 17%，9 年以上 33%，本研究所訪談之專家對象均對檢測設備有相當程度之了解或具有實際使用經驗。

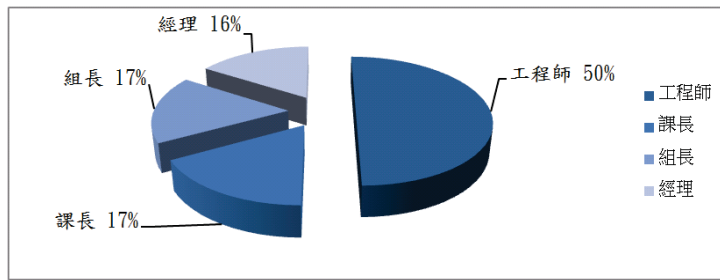


圖 4-1 專家訪談職位分析

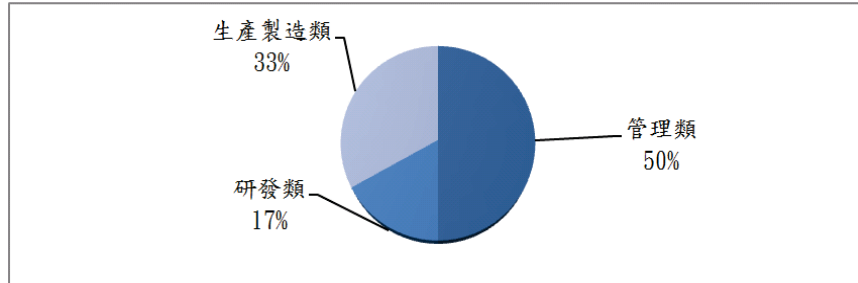


圖 4-2 專家訪談工作性質分析

二、問卷的發放與回收情況

本研究屬於專家問卷，主要訪談對象為 AOI 設備具有使用上之相關經驗與對於設備選擇上有影響的部門主管人員，針對相關具實務經驗人員一共發放 6 份問卷進行調查訪問，並回收 6 份問卷，有效問卷 6 份，回收率為 100%。

三、建立 AOI 設備選擇評估構面與屬性之層級架構

此 AOI 檢測設備選擇研究，以專家訪談與專家問卷的方法作為考量依據，並且以非常重要、重要、普通、不重要、非常不重要五尺度量表評分，並以 5 分、4 分、3 分、2 分、1 分的計算分數方式。對於各種屬性項目計分方式，分數 20 分(含)以上屬於較重要之屬性將列入層級架構中，20 分以下之屬性項目將予以剔除不列入層級層級架構之中。

收集 6 位實務上之專家問卷並予以分析，以「技術層面」構面的 5 項屬性當中，得分高低依序為「準確率」、「誤判率」、「可檢測產品尺寸」、「可檢測產品種類」、「檢測速度」，並且以準確率分數最高(29 分)；「成本層面」構面 3 項屬性中，得分高低依序為「人員訓練費用」、「維護費用」、「機台價格」，並且以人員訓練費用分數最高(26 分)。「設備建置層面」構面的 2 項屬性中，得分高低依序為「與其他設備相容性」、「設備所佔空間」，並且以與其他設備相容性分數最高(25 分)；「使用者層面」構面的 2 項屬性中，得分高低依序為「操作方便性」、「教育訓練時間」，並且以操作方便性分數最高(25 分)。在專家訪談問卷中得出，實務專家對於「準確率」、「人員訓練費用」、「與其他設備相容性」、「操作方便性」四項屬性重視程度最大。針對以上 AOI 檢測設備評估準則分析結果，各項屬性均列入層級架構之中，本研究建立之層級架構如圖 4-3。

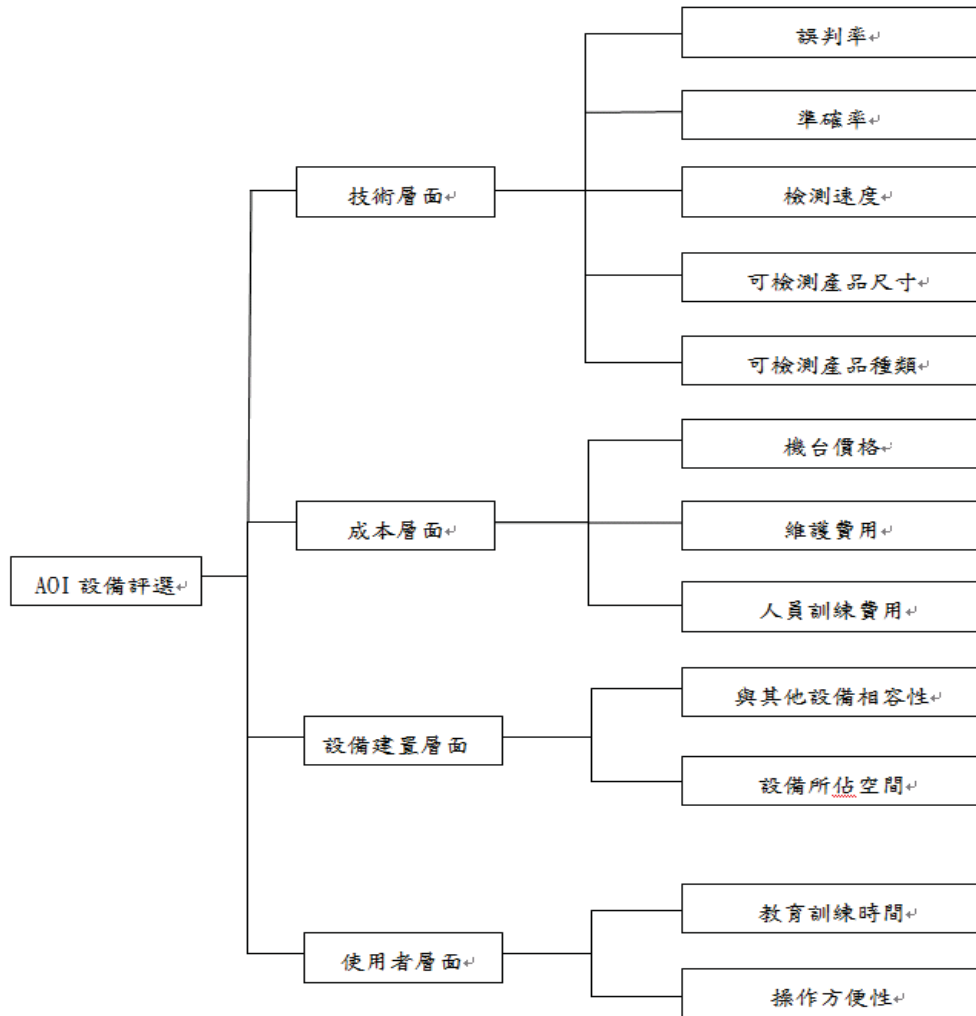


圖4-3 AOI檢測設備選擇層級架構圖

4.3 AOI檢測設備評選模式評估準則分析

經由第一階段的專家訪談及問卷調查後建立了AOI檢測設備評估架構，並在第二階段的專家問卷訪談後，使用AHP法來進行各項評估準則的權重分析，最後則是完成AOI檢測設備評選模式之建立，並希望能夠作為企業選擇AOI檢測設備之參考依據。

一、專家訪談對象基本資料

第二階段問卷專家與第一階段專家不全然相同，問卷內容增加了產業類別分析，希望透過不同的產業類別專家所提供的意見，能夠給予AOI檢測設備評選模式更完善的評估參考。

第二階段專家訪談與問卷調查對象男性70%，女性30%；最高學歷：碩士20%，大學80%；職位：經理10%，主任10%，課長20%，組長10%，工程師50%；產業類別：半導體10%，電子零件50%，塑膠10%，其他電子10%(圖4-4)，電腦及週邊設備20%，工作所待部門：製程研發部門30%，品質管理部門30%，生產製造部門40%；工作性質類別：管理類40%，生產製造類30%，研發類30%(圖4-5)；檢測設備相關工作經驗：1~3年30%，年資3~5年30%，5~7年10%，7~9年10%，9年以上20%。

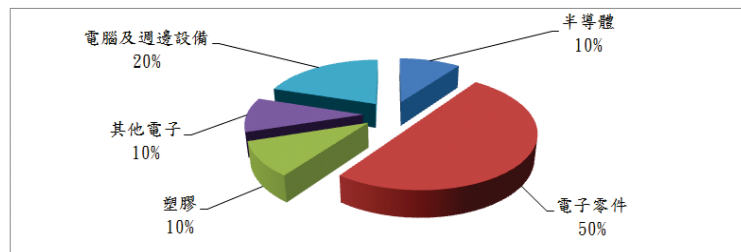


圖4-4 專家所屬產業類別分析

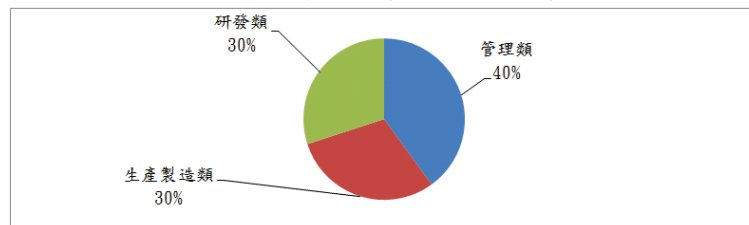


圖 4-5 專家訪談工作性質分析

二、問卷的發放與回收情況

在第二階段的專家問卷當中，主要對於不同產業的專家並對於檢測設備具有一定程度的了解或具使用上經驗之專家進行問卷調查，一共發出了 10 份專家問卷，回收 10 份專家問卷，有效樣本問卷為 10 份，有效問卷回收率為 100%。

三、AHP專家問卷權重計算

在問卷權重計算上主要運用AHP分析軟體：Power Choice來進行問卷分析與運算的工作，計算各項評估項目最大特徵值和權重，並同時計算一致性的檢定。

(1)第二層級「AOI設備選擇構面」分析

本研究架構中AOI設備選擇主要分為四個構面：技術層面、成本層面、設備建置層面、使用者層面四項為評估準則，並經由此四項構面進行兩兩成對的比較，透過Power Choice軟體進行專家問卷資料運算與權重分析結果如表4-2所示。

相對權重透過表4-2，可知道四個構面的相對權重分別是：技術層面 0.4542、成本層面 0.2329、設備建置層面 0.1469、使用者層面 0.1658。在一致性方面C. I.=0.0073，C. R.=0.0081，兩者都小於0.1表示符合一致性。透過四項構面相對權重結果得知，專家意見認為在四項構面中以「技術層面」為最重要，依序為「成本層面」、「使用者層面」、「設備建置層面」。

以技術層面來看，專家認為在選擇檢測設備時，應當以設備之實用性為主，在做檢測設備評選決策時，設備能否達到滿意效率，並有效的控管產品品質為其重要考量，所以「技術層面」重要性所佔比重最重。重要性排名第二即為「成本層面」，對於檢測設備所需要的成本的支出，可能會影響到公司整體營運，並且是否能夠符合在設備支出預算範圍內，為第二重要考量因素。重要性排名第三為「使用者層面」、第四為「設備建置層面」，相較於技術層面與成本層面二個構面來說，使用者層面與設備建置層面構面重要性較為接近，可解釋為專家在這二個構面中在做決策時，所重視的程度相近。

表4-2 AOI設備評選構面相對權重和重要性次序

構面	相對權重	重要性次序
技術層面	0.4542	1
成本層面	0.2329	2
設備建置層面	0.1469	4
使用者層面	0.1658	3

(1) $\lambda_{max} = 4.0220$ (2) C. I. = 0.0073 (3) C. R. = 0.0081

(2)第三層級「技術層面」構面之屬性分析

在技術層面構面中包含了五項衡量項目，樣本分析結果及相對權重透過表4-3所示，可知道五項屬性的相對權重分別是：誤判率0.0565、準確率0.1976、檢測速度0.0661、可檢測產品尺寸0.0571、可檢測產品種類0.0766。在一致性方面C.I.=0.0027，C.R.=0.0024，兩者都小於0.1表示符合一致性。透過五項屬性相對權重結果得知，專家意見認為在五項評估屬性中以「準確率」為最重要，依序為「可檢測產品種類」、「檢測速度」、「可檢測產品尺寸」、「誤判率」。

由技術層面之評估屬性權重來看，專家認為「準確率」重要程度最高，對於檢測設備的考量上，設備在檢測的過程中，是否能夠精確的發現產品的缺失，而檢測設備是否能夠有助於品質提升是專家們所重視的。重要性排名第二為可檢測產品種類，當設備做檢測時，並不只是能檢測單一規格及單一產品，而檢測設備可依據不同產品規格、類別等進行品質的檢測，也列入考量的重點之一。重要性排名第三為檢測速度，對於在產品的檢測時，檢測速度如果無法達到一定的標準時，將會延遲產品的產品速度，進而影響到企業成本支出。

表4-3 技術層面之評估屬性相對權重和重要性次序

屬性	相對權重	重要性次序
誤判率	0.0565	5
準確率	0.1976	1
檢測速度	0.0661	3
可檢測產品尺寸	0.0571	4
可檢測產品種類	0.0766	2
(1) $\lambda_{max} = 5.0111$ (2) C. I. = 0.0027 (3) C. R. = 0.0024		

(3) 第三層級「成本層面」構面之屬性分析

在成本層面構面中包含了三項衡量項目，樣本分析結果及相對權重透過表4-4所示，可知道三項屬性的相對權重分別是：機台價格0.1028、維護費用0.0749、人員訓練費用0.0551。在一致性方面C.I.=0.0014，C.R.=0.0024，兩者都小於0.1表示符合一致性。透過三項屬性相對權重結果得知，專家意見認為在三項評估屬性中以「機台價格」為最重要，依序為「維護費用」、「人員訓練費用」。

由成本層面之評估屬性權重來看，專家認為「機台價格」重要程度最高，在檢測設備購入時，檢測機器須整合多項技術較不同於一般機器設備，相對而言機台之價格也比一般性機器價格上較為昂貴，在機台價格也是影響企業對於檢測設備選擇上首要考慮的因素。重要性排名第二為維護費用，檢測設備須定期保養並可能須更換其零組件，在故障時也須進行維修，故維修時所需支出成本為第二優先考量的項目。

表4-4 成本層面之評估屬性相對權重和重要性次序

屬性	相對權重	重要性次序
機台價格	0.1028	1
維護費用	0.0749	2
人員訓練費用	0.0551	3
(1) $\lambda_{max} = 3.0028$ (2) C. I. = 0.0014 (3) C. R. = 0.0024		

(4)第三層級「設備建置層面」構面之屬性分析

在設備建置層面構面中包含了二項衡量項目，樣本分析結果及相對權重透過表4-5所示，可知道二項屬性的相對權重分別是：與其他設備相容性0.1130、設備所佔空間0.0339。在一致性方面C.I.=0，C.R.=0，兩者都小於0.1表示符合一致性。透過二項屬性相對權重結果得知，專家意見認為在二項評估屬性中以「與其他設備相容性」為最重要，再來是「設備所佔空間」。

由設備建置層面之評估屬性權重來看，專家認為「與其他設備相容性」重要程度最高，與其他設備相容性重要性遠大於設備所佔空間，主要是因為檢測設備在製程上為產線生產過程重要的一環節，檢測設備是否能夠與其他生

產設備相互配合，並保持在生產時順暢，間接會影響到產出速度。

表4-5 設備建置層面之評估屬性相對權重和重要性次序

屬性	相對權重	重要性次序
與其他設備相容性	0.1130	1
設備所佔空間	0.0339	2
(1) $\lambda_{max}=2$ (2)C. I.=0 (3)C. R.=0		

(5)第三層級「使用者層面」構面之屬性分析

在使用者層面構面中包含了二項衡量項目，樣本分析結果及相對權重透過表4-6所示，可知道二項屬性的相對權重分別是：教育訓練時間0.0683、操作方便性0.0974。在一致性方面C. I.=0, C. R.=0，兩者都小於0.1表示符合一致性。透過二項屬性相對權重結果得知，專家意見認為在二項評估屬性中以「操作方便性」為最重要，再來是「教育訓練時間」。

由使用者層面之評估屬性權重來看，專家認為「操作方便性」重要程度最高，檢測設備不同在操作介面也未必一樣，對於使用者是否容易使用及了解其操作內容以利作出判斷，故操作方便性為第一考量的項目。

表4-6 使用者層面之評估屬性相對權重和重要性次序

屬性	相對權重	重要性次序
教育訓練時間	0.0683	2
操作方便性	0.0974	1
(1) $\lambda_{max}=2$ (2)C. I.=0 (3)C. R.=0		

(6)評估屬性權重結果分析

本研究主要對於AOI設備評選模式進行屬性項目分析，並以專家訪談之問卷統計整理後，透過AHP權重的運算得出各項評估屬性項目的相對權重，在計算的程序當中運用Power choice軟體進行運算，並以EXCEL軟體進行排序及整理資料後產生圖表，主要用來了解AOI設備評選模式各項屬性重要程度，並可針對各項評估屬性重要性之分析比較。如圖4-6所示。

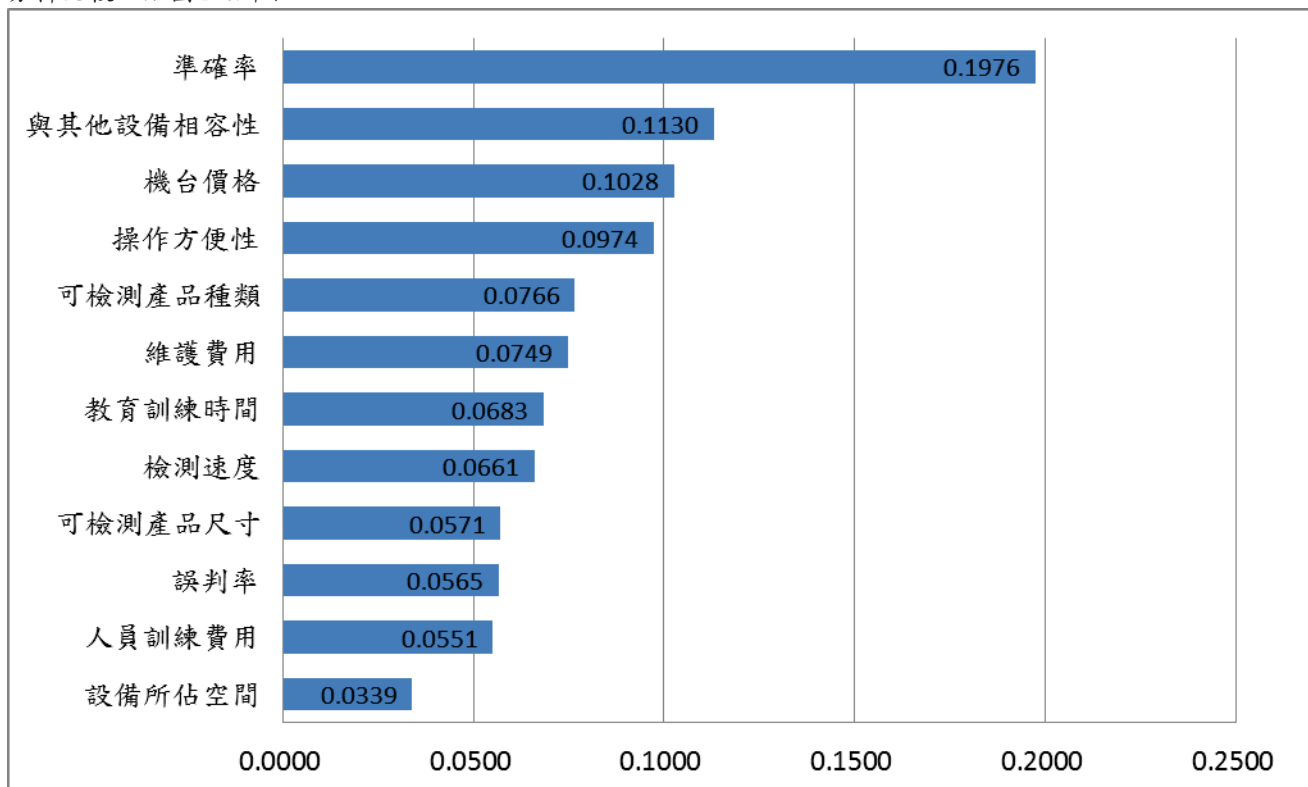


圖4-6 評估屬性相對權重分析圖

以圖4-6所有屬性項目權重的結果來看，在層級架構中所含的12項屬性中，以「準確率」為AOI設備評選模式

當中為各專家所考慮各項屬性中為重要的評估屬性項目，再來依序為「與其他設備相容性」與「機台價格」，三項屬性相對權重值均超過0.1，由此可看出這三項屬性對於檢測設備選擇來說具有相當的重要性，因為當企業在評估選擇檢測設備時，首先應當考慮的檢測設備是否能準確的測量出不良品，再來是「與其他設備相容性」，在製程當中能否與其他設備配合並在生產過程當中流程是否順暢也相當的重要，最後則是「機台價格」，AOI檢測設備必須整合多項技術而組成的精密設備，在價格上也比一般機器設備昂貴，而價格也須在企業中所需要去衡量成本方面的考量。在十二項評估屬性當中，專家重視程度最低的三項評估屬性為「誤判率」、「人員訓練費用」、「設備所佔空間」。結果表示專家在AOI評選模式進行檢測設備選擇的決策時，對於這三個屬性項目在當考量設備選擇決策時，影響程度比例較低。

5. 結論與建議

在科技進步與各種產業發展下，現今許多企業對於產品品質的要求更加的注重與提升，而AOI檢測設備則是用來作為品質管控具有相當效用的檢測設備，對於檢測設備的選擇上也須要考慮到各種的因素，如檢測設備技術、成本等，因此檢測設備的選擇決策則成為企業所需要去面臨到的問題。本研究透過機器、系統設備與AOI檢測設備等相關文獻的研讀並列出相關評估準則與屬性，將評估準則和屬性經由專家訪談與問卷調查彙整專家意見，利用AHP法建立層級架構並進而提出AOI檢測設備評選模式，希望企業對於AOI設備選擇時，可以利用這些評估準則、屬性和相對重要性作為檢測設備評估的考量依據。

5.1 結論

本研究在探討AOI檢測設備評選模式中，透了文獻探討匯整出對於影響AOI檢測設備評選的四個構面與十二個評估屬性，經由專家問卷調查後仍維持四構面與十二個評估屬性，在研究中過用AHP法建立AOI檢測設備評選模式之層級架構，並以權重衡量評估構面、屬性與重要性，在研究過程中得出以下之結論：

(一)AOI檢測設備評選模式之評估構面

研究發現四個評估構面當中，以技術層面(0.4542)的權重最高，然後依序為成本層面(0.2329)、設備建置層面(0.1469)、使用者層面(0.1658)，在這四個評估構面中以「技術層面」的權重所佔百分比最大接近五成，與其他三項構面差距最大，顯示專家對於技術層面上的考量最為重視，而「技術層面」是影響對於AOI設備評選模式最主要的構面。

(二)AOI檢測設備評選模式之評估屬性

在AOI設備評選模式中，『技術層面』構面之下的屬性，以「準確率」的重要性最高，準確率相對權重為(0.1976)和其他四種屬性差異最大，依序為可檢測產品種類(0.0766)、檢測速度(0.0661)、可檢測產品尺寸(0.0571)、誤判率(0.0565)；『成本層面』構面之下的屬性，以「機台價格」的重要性最高，機台價格相對權重為(0.1028)與其他二屬性差異最大，依序為維護費用(0.0749)、人員訓練費用(0.0551)；『設備建置層面』構面之下的屬性，以「與其他設備相容性」的重要性最高，與其他設備相容性相對權重為(0.1130)與另一屬性設備所佔空間(0.0339)兩者比較下與其他設備相容性遠大於設備所佔空間；最後『使用者層面』構面之下的屬性，以「操作方便性」的重要性最高，操作方便性相對權重為(0.0974)與另一屬性教育訓練時間(0.0683)兩者比較下操作方便性重要性大於教育訓練時間。

以整體評估屬性比較來看，重要性大小依序為「準確率」、「與其他設備相容性」、「機台價格」、「操作方便性」、「可檢測產品種類」、「維護費用」、「教育訓練時間」、「檢測速度」、「可檢測產品尺寸」、「誤判率」、「人員訓練費用」、「設備所佔空間」，研究結果發現對於AOI檢測設備之評選時，應當以『準確率』為首要考量之屬性。

由於AOI檢測設備結合了光電、影像處理與機械自動化等技術，並且可應用的領域非常廣泛，在製程上的監測控制與品管檢測上，對於許多產業領域均會使用到，而在電子產品小型化的趨勢下，對於檢測的需求具有無可取代的地位，主要可以提高品質和效率，進而提升產品的競爭力。而在學術上由於檢測設備評選的相關文獻較少，本研究發展對於AOI檢測設備評選評估準則、屬性與重要性次序，希望對於未來一般企業在評選AOI檢測設備能夠更有

效與客觀的評估，並可提供決策者對於決策上可能影響到的關鍵因子，在評選決策時上能夠有可參考之依據。

5.2 未來研究建議

科技的進步使得許多產業上必須應用到檢測設備，對於傳統人工視覺檢測已經無法有效的去管控產品品質，而人力成本的高漲下，對於自動化生產已然成為趨勢，未來AOI檢測設備的需求將逐步提升，企業對於自動化檢測設備的評選也將必須面臨的問題，在本研究中由於時間與資源上的限制，故還有許多研究不足之處，因此本研究提出以下建議以供未來研究者作為參考。

一、在AOI檢測設備評選上，可針對科技、傳統、醫療等產業進行比較，並可以瞭解在不同產業下專家們對於AOI檢測設備上有何不同之觀點。

二、本研究中所運用的AHP法主要著重於以專家們的意見為主，並利用AHP法進行AOI檢測設備評選構面與屬性進行衡量，未來可以考慮運用不同研究方法進行評估和分析。如以多屬性價值理論(multi-attribute value theory, MAV)

三、除AOI檢測設備外也有其他不同性質之檢測設備，如：可運用以在發展中的電子束檢測設備與AOI檢測設備進行差異性衡量比較。

參考文獻

一、中文部份

- [1] 王泰裕(2000)，彈性製造單元中設備選擇模式之研究。國立成功大學工業管理科學系。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告。
- [2] 李柏蒼(2009)TFT-LCD 高階光學檢測設備國產化策略。國立清華大學科技管理在職專班碩士論文。
- [3] 李毓璋(2009)AHP 設備評選作業模式-以 GPS 公車系統為例。私立義守大學土木與生態工程研究所論士論文。
- [4] 何秉諺(2008)圓柱型工件之新型線上光電檢測系統。國立雲林科技大學資訊工程研究所碩士論文。
- [5] 沈介宇(2003)半導體設備採購評準決策之研究。國立交通大學科技管理研究所碩士班。
- [6] 吳志凌(2007)隱形眼鏡自動光學檢測系統之設計與開發。國立交通大學工業工程與管理研究所碩士論文。
- [7] 周韶華(2012)。自動光學檢測設備。工商時報(10月12日)。
- [8] 張振堉、金美敬(2002)自動光學檢測(AOI)市場及技術發展趨勢調查。工研院 IEK 系統能源組。
- [9] 畢威寧(2005)。結合 AHP 與 TOPSIS 法於供應商績效評估之研究。科學與工程技期刊。1 卷 1 期 75-83 頁。
- [10] 粘珊珊(2005)以 AHP 法探討 CRM 系統遴選決策準則。國立中央大學企業管理研究所碩士論文。
- [11] 章明(2013)。自動化光學檢測(AOI)。台灣電路板協會(TPCA)。
- [12] 陳文亮、黃孝怡、張旭銘(2009)應用 AHP 法求算開飲機產品選購評價指標權重。機械技師學刊。vol. 2, no. 2。
- [13] 陳泰良、薛建宏(2010)應用習慣理論及層級分析法探討印製廠設備投資效益之研究。印刷科技。第二十六卷第三期。
- [14] 張秉鳳(2014)牧德 AFI 新機，獲 PCB 廠青睞。中時電子報(5月22日)
- [15] 曾國雄、鄧振源(1989)，層級分析法(AHP)的內涵與應用(上、下)，中國統計學報，27 卷 6、7 期。
- [16] 彭茂榮(2014)臺灣 IC 產業發展現況與趨勢。第 256 期 2014-12-9。
- [17] 劉美君(2014)全球大型面板產業發展現狀與展望。第 250 期 2014-1-16。
- [18] 蔡瑞鴻、魏子軒、溫仁佑、陳瑞杉(2006)自動化光學檢測-背光模組檢測機台。科儀新知。第二十八卷第三期。
- [19] 盧素涵(2006)TFT-LCD 檢測設備概況。經濟部技術處 ITIS 計畫/金屬工業研究發展中心。
- [20] 簡禎富(2005)。決策分析與管理：全面決策品質提升之架構與方法。雙葉書廊，台北。

二、英文部份

- [1] Clemen, R. T. (1996), Making Hard Decisions (2nd edition), Duxbury Press, Belmont, CA.
- [2] Chang(2007), Automatic inspection of the width and gap of etching transistors in TFT-LCD panels using sub-pixel accuracy estimation, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 35, pp. 127-134.

- [3] Garcia and David (1999), 3D inspection system for manufactured machine parts, Proc. SPIE Machine Vision Applications in Industrial Inspection VII, vol.3652, pp.250-260.
- [4] Hokey, M. (1992), Selection of software: The Analytic Hierarchy Process, International Journal of Physical Distribution Logistics Management, vol.22 No.1, pp42-52.
- [5] Knott, K. and Getto, R. D. (1982), A Model For Evaluating Alternative Robot Systems Under Uncertainty, International Journal of Production Research, Vol. 20, No. 2, pp.155-165
- [6] Krishnamurty, M. and Rick , L.W. (1990), Using the Analytic Hierarchy Process for Information system Project Selection, Information Managemet, vol.18, pp87-95
- [7] Keeney, R.L. and Raiffa, H. (1993), Decisions with Multiple Objectives: Preferences and value Tradeoffs, Cambridge University Press, New York.
- [8] Lin ,Z.C. and Yang ,C.B. (1996), Evaluation of machine selection by the AHP method, Journal of Materials Processing Technology, pp.253-258
- [9] Lu ,C.J. and Tsai ,D.M. (2005), Automatic defect inspection for LCDs using singular value decomposition, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol.25, pp.53-61.
- [10] Noble, J.L. (1990), Strategic Benefits of CIM in Cost Justification, CIM Review, pp.66-70
- [11] Park , T.L., Kim , H.J. and Nam , K. (2006), Path Planning of Automated Optical Inspection Machines for PCB Assembly Systems, International Journal of Control Automation and Systems.
- [12] Saaty ,T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- [13] Saaty ,T.L. (1986),” Axiomatic Foundation of Analytic Hierarchy Process “,
Management Science, Vol. 32, No. 7, pp.841-855
- [14] Villalobos, J.R. and Guerra , E. (2001), A three dimensional automated visual inspection system for SMT assembly, Computers Industrial Engineering.
- [15] Wei, J.C. , Chien , C. and Wang , M.J. (2005).” An AHP-based approach to ERP system selection, International Journal of Production Economics, vol.96, No.1, pp.47-62
- [16] Young, K.S. and Chan, S.P. (1987).Economic measure of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems J. Manuf. Syst. , vol.6, no.3 pp193-208.

三、網站部份

- [1] ITIS 智網(www.itis.org.tw)為經濟部技術處產業技術知識服務計畫。
- [2] DIGITIMES 電子時報(www.digitimes.com.tw) DIGITIMES 科技網。
- [3] LED 產業網(www.ledinside.com.tw) LEDinside 全球產業資訊平臺與研究機構。
- [4]經濟部全球台商服務網(<http://twbusiness.nat.gov.tw/home.do>)
- [5]全球半導體貿易統計組織(<http://wsts.org/>)