圖書資訊學刊　第13卷第2期　（2015.12）　頁67-97
doi:10.6182/jlis.2015.13(2).067

中高齡者使用公共運輸系統自動售票機之可使用性評估研究：以大眾捷運系統為例

A Usability Study of the Automatic Ticket Vending Machines for the Middle-aged and Elderly Patrons: The Case of the Taipei Mass Rapid Transit System

呂明心[1]　岳修平[2]

Ming-Hsin Lu[1], Hsiu-Ping Yueh[2]

摘　要

本研究旨在探討中高齡者在使用自動售票機時可能產生的可使用性問題，並以臺北捷運自動售票機為例，針對中高齡使用者進行操作觀察與分析。本研究共觀察32位中高齡使用者，男女性各半，並於完成購票操作後訪談6位男性及3位女性使用者。結果發現，中高齡使用者最常於購票首要步驟：觸碰螢幕開始購票便有操作錯誤的情況，且在語音輔助與系統回饋設計皆有使用問題存在。根據分析結果，本研究針對自動售票機之通用設計提出建議包括：(1)增強操作指示之可視性，需提高對比度、圖文相輔並搭配語音提示；(2)簡化介面資訊，若要顯示購票交易的資訊，應避免使用具觸控暗示之符號，並輔以語音說明；以及(3)強化多元的操作回饋設計，並符合使用者以往使用經驗。

關鍵字：中高齡者、可使用性、自動售票機、層級分析、人因失效模式與效應分析

[1,2]國立臺灣大學生物產業傳播暨發展學系
Department of Bio-Industry Communication and Development, National Taiwan University, Taipei, Taiwan
* 通訊作者Corresponding Author: 岳修平Hsiu-Ping Yueh, E-mail: yueh@ntu.edu.tw

臺灣大學學術期刊資料庫

Abstract

This study explores the usability problems for the middle-aged and elderly users of the automatic ticket vending machines of Taipei Mass Rapid Transit System. Thirty two middle-aged and elderly users (16 men and 16 females) were observed in their actual uses of the machines, and 9 of them (6 men and 3 women) were interviewed afterwards. The results show that, first, most senior users observed in this study made mistakes at the first step of touching the screen that initiates the ticket buying process. Second, the feedback and voice guidance design need further improvement to facilitate the senior users' operation of the machines. Based on the findings, this study recommends that: (1) the operation instruction may be improved by enhancing the color contrast and graphics complementing of caption and voice guidance; (2) the transaction interface should be simplified, avoiding using button symbol to show information, and the visual instruction should be supplemented with voice instructions; (3) operation feedback should be strengthened and in line with previous use experience.

Keywords: The Middle-aged and Elderly; Usability; Automatic Ticket Issuing Machines; Hierarchical Task Analysis (HTA); Human Failure Modes and Effects Analysis (HFMEA)

Extended Abstract

1. Introduction

Technology adoption to improve citizens' physical mobility in this rapidly aging society has become a policy priority in Taiwan (Ministry of the Interior, Department of House Registration, 2013). Studies have shown that, for the middle-aged and elderly citizens, convenient public transportation and greater physical mobility are of great concern (Institute for Information Industry, 2008; Ministry of the Interior, Department of Statistics, 2010). A major technology adoption in modern urban transportation systems is the installation of automatic ticket vending machines. However, previous studies have indicated that the middle-aged and elderly patrons may not be able to use the machines effectively due to physical degeneration or lack of confidence (Kasper & Scheiner, 2002; Siebenhandl, Schreder, Smuc, Mayr, & Nagl, 2013). As such, this study employed the hierarchical task analysis (HTA) and human failure modes and effects analysis (HFMEA) to observe the ticket buying behavior of the middle-aged and elderly patrons on the automatic vendors of the Taipei Mass Rapid Transit System (the Taipei MRT). Both of the analysis approaches aim at discovering and fixing

Note. This extended English abstract is supplied by the JLIS editors and approved by the author.
To cite this article in APA format: Lu, M.-H., & Yueh, H.-P. (2015). A usability study of the automatic ticket vending machines for the middle-aged and elderly patrons: The case of the Taipei Mass Rapid Transit System. *Journal of Library and Information Studies, 13*(2), 67-97. doi: 10.6182/jlis.2015.13(2).067 [Text in Chinese].
To cite this article in Chicago format: Ming-Hsin Lu and Hsiu-Ping Yueh. "A usability study of the automatic ticket vending machines for the middle-aged and elderly patrons: The case of the Taipei Mass Rapid Transit System." *Journal of Library and Information Studies* 13, no. 2 (2015): 67-97. doi: 10.6182/jlis.2015.13(2).067 [Text in Chinese].

臺灣學術期刊資料庫

the existing and potential problems in the use of a system. Via examining the use behavior on the machines, this study offers suggestions for improving the interface design of automatic ticket vending machines.

HTA systematically reveal the operational problems in the actual use of a system. Two analytic steps were involved in HTA: redescription and decomposition. The former is to define the main goal of the action under observation, and the latter is to delineate the associated sub-tasks under the main goal and to examine the performance of each sub-task (Ainsworth, 2001; Shepherd, 1998). HTMEA, instead, focuses on the possible errors or design failures of a system so as to help detect and identify the potential use problems. This study followed Fisk, Rogers, Charness, Czaja, and Sharit (2009) and analyzed user behaviors along the perception, cognition, and response dimensions.

2. Methodology

The observation was conducted at two locations: the Taipei main station and the National Taiwan University Hospital (NTUH) station. The locations were chosen because many middle-aged and senior citizens who regularly go to NTUH may use ticket vendors there. The ages of the subjects were set at 45 years old or above. Unobtrusive observations were first conducted behind the unknowing users when their appearances and physiques were judged to be middle-aged or elder (American College of Sports Medicine, 2004; Fried et al., 2001; He & Huang, 2006; Tsai & Chou, 2008). A task analysis diagram was used to systematically record the ticket buyers' behavior with the ticket vendors (Figure 1). A total of 32 ticket buyers were observed, among which six males and three females agreed to be interviewed after the researcher revealed the study purpose. The observation logs and interview data were analyzed with HTA and HFMEA procedures to generate the findings.

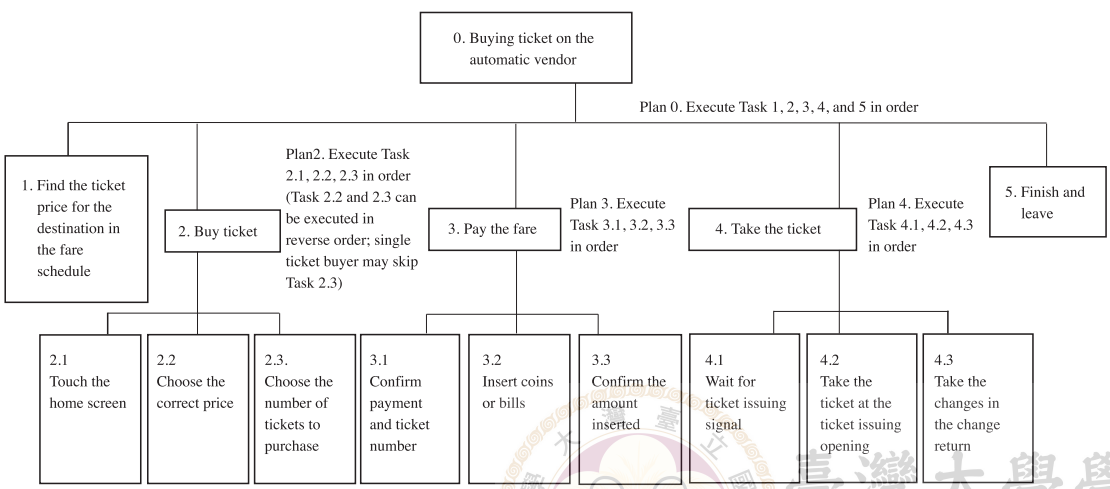


Figure 1. The Task Analysis Diagram for the Use of Taipei MRT's Ticket Vending Machines

臺灣大學學術期刊資料庫

3. Findings

3.1 The HFMEA of automatic ticket vending machines

Using Fisk et al.'s (2009) categorization of perception, cognition, and response, the HFMEA study showed the following weaknesses and strengths of the current ticket vendor design.

3.1.1 Visual design

Several design features contributed to the operation success of middle-aged and senior users, including the larger font size (larger than 12 pt.), contrasting colors of the text and background, appropriate visual signals directing user actions (e.g., lighting at the opening of bill insert). However, some pages contained too much information and colors, which may cause cognitive overload or diversion for the users.

3.1.2 Auditory design

The vending machine was designed to release a short beep when the buttons were touched. But the rather short and high-pitched sound may fail to alert the aging users effectively. By the end of the ticket purchase process, the voice message did not clearly indicate the ending of the task and some users may wonder if the ticket buying was completed.

3.1.3 Tactile design

The tactile buttons in combination with visual and audio feedback have made the process easy for the elder users.

3.2 The operation analysis

The HTA analysis of users' operation of the vending machines resulted in the following observations.

3.2.1 Many elder users made mistakes at the very beginning of ticket purchase process

16 of the 32 users made mistakes at the first step of the ticket purchase process, i.e., touching the home screen. The possible reasons for the operation errors may include the rather complicated screen layout, the users' failure in noticing instructions, or the users' touch wasn't hard enough to trigger the machine.

3.2.2 Repeating the purchase procedure was the most frequently observed operation errors

Eight observants made errors when they tried to repeat the ticket purchase process. The error was trying to repeat choosing ticket number after they have previously done that in choosing ticket price and numbers to purchase. It was probably due to the similarity of the buttons for ticket price, ticket number, and purchase.

3.3 Interview results

The interviews with the nine voluntary observants also resulted in some suggestions for improvement. First, four of them thought they had to insert ticket fares at the first step. This error occurred because the users failed to notice the operation instruction on the screen or did not know they had to touch the screen to begin ticket purchase. Enhancing the visual alert would help ease the situation. Second, many users who had used the vendors still made mistakes (i.e., trying to re-hit the ticking purchase button) at the step of inserting ticket fares. Simplifying the screen information and design would reduce the error occurrences. Third, some users did not know the tokens released from the vendors were the tickets to be used for riding the metro. Hence, they were confused and couldn't make sure if they had

臺灣大學學術期刊資料庫

successfully completed the purchase. Information showing the shape of the tickets or tokens on the screen may help solve the problem.

4. Design Suggestions

Based on the findings, this study made a number of specific suggestions to improve the ticket vendors including its operation instruction and interface design. In short, the effective operation instruction should be offered in both still posters and dynamic vendor screen with appropriate visual, audio, and tactile design. The ticket purchase interface should both manifest the principles of information design and operation feedback so as to facilitate the use by the elder citizens. This study recommends that: (1) the operation instruction may be improved by enhancing the color contrast and graphics complementing of caption and voice guidance; (2) the transaction interface should be simplified, avoiding using button symbol to show information, and the visual instruction should be supplemented with voice instructions; (3) operation feedback should be strengthened and in line with previous use experience.

壹、研究背景與目的

聯合國世界衛生組織將老年人口（年滿65歲）總數達全國總人口數7%之社會結構定義為高齡化社會，超越14%的則稱為高齡社會，人口高齡化已經是全球的趨勢問題。尤其是戰後嬰兒潮世代，即出生在1946與1964年間者，目前已邁入中高齡人口，未來老人族群將因此而急遽攀升。臺灣在1993年進入高齡化社會，行政院經濟建設委員會預估台灣將於2018年及2025年分別邁入高齡社會及超高齡社會，即老年人口總數達全國總人口數14%及20%，未來十年內，45歲以上中高齡人口將達千萬人（內政部戶政司，2013）。

因應高齡化社會的到來，無論國內外政府都持續關切與高齡社會相關之醫療、福利、生活與科技等多項議題，並提出政策規劃及執行策略。如高齡者使用資通訊科技（Information and Communication Technology, ICT）的數量正快速上升，使探討資通訊科技的可及性（accessibility）與意義如何影響高齡使用者的使用效益成為重要的議題（Subasi, Leitner, Hoeller, Geven, & Tscheligi, 2011）。Bouma與Graafmans（1992）將高齡科技分為四個類別：行動（包括交通與動作表現）、溝通（包括資訊處理與認知表現）、住家（空間設計）以及居家健康照護科技等。在高齡科技的行動議題上，財團法人資訊工業策進會（2008）十大關鍵科技化服務市場報告指出，中高齡消費者相較於年輕族群的消費者更注重「交通便利」的議題，而且男性消費者關心「交通便利」議題的比例高於女性，北部的消費者關心此議題的比例又高於中、南部的消費者。內政部統計處（2010）老人狀況調查結果摘要分析報告中發現，對於未來退休生活已有規劃的55至65歲的中高齡者中，以「四處旅遊」為主要規劃項目，但是在65歲以上老人日常生活與自我照顧能力的調查項目中，以「不能外出活動」的比例最高。有鑑於此，內政部戶政司（2013）人口政策白皮書在高齡化變遷趨勢之問題分析中提出，友善高齡者的居住環

臺灣大學學術期刊資料庫

境與交通運輸仍需加強，未來應以關注高齡者生理與心理特性、交通與行動需求暨行為特質、行動與交通運輸安全問題等為基礎，透過科技應用、民間參與、社區營造、教育宣導等面向，共同建立高齡者友善住宅與行動環境。所以在因應高齡化的對策中，提供高齡者友善之交通運輸與住宅環境的政策目標之一，即在強調建構友善高齡者的運輸環境，確保高齡者自主活動之獨立性，並計畫於2013年至2016年間完成交通運輸通用設計之系列研究並加以落實。Kasper與Scheiner（2002）指出60歲以上的高齡乘客在使用公共交通設備時可能因個人身體狀態、獨自行動與各種問題，因此在面對複雜的時間表、自動售票機和缺乏溝通資訊輔助等問題時，便容易成為其在使用公共交通系統之具體障礙。尤其高齡者可能因為過往使用科技技術的負面經驗，導致在使用科技產品上缺乏信心，而使其在操作自動服務機時更會遇到重重障礙（Siebenhandl, Schreder, Smuc, Mayr, & Nagl, 2013）。

基於國家政策對於高齡者運輸環境規劃的重視，加上中年者在邁入高齡後對於自由行動的期待，過往研究指出中高齡者可能因生理退化與缺乏信心而導致難以有效使用自動售票機（Kasper & Scheiner, 2002; Siebenhandl et al., 2013），以及北部中高齡者對於交通便利議題的相對關心（財團法人資訊工業策進會，2008）與對大眾運輸工具（如捷運）之高度需求，本研究以臺北捷運自動售票機之設計為例，採用層次任務分析結合人因失效模式與效應分析進行可使用性評估。一般而言，當設計加強中高齡者的可使用性時，年輕一點的使用者之可使用性也能得到改善，進而達到通用設計的目的（Fisk, Rogers, Charness, Czaja, & Sharit, 2009）。雖然過往已有研究者針對臺北大眾捷運系統自動售票機全適化設計進行研究（如：李惠麗，2005），且其研究對象亦包含高齡使用者，但是臺北捷運於2007年後，自動售票機已經全面更新為單程票電子晶片代幣（IC TOKEN）系統，且為通用之售票系統，因此本研究以此為例，對其設計進行操作評估，並聚焦於購票行為上進行探討。本研究具體研究目的如下：

(1) 以中高齡者之生理特性檢視自動售票機之設計，探討潛在人因失效與可能形成的影響。
(2) 探討中高齡者操作自動售票機之行為，並提出自動售票機之設計建議。

貳、文獻探討

一、中高齡者與自動售票機

Riley與Clausen（1972）以社會學觀點提出「年齡階層論（age stratification theory）」，認為中高齡期應當是一個人生的轉變階段，個人年齡與身心能力介於成年期與老年期之間，是個需要再適應的時期。Morrell、Mayhorn與Bennett（2000）在中高齡者網路使用研究中，則將中老年人區分為三階段，依序為中年人（40-59歲）、年輕老人（60-74歲）與高齡老人（75-92

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

歲）。而根據行政院勞工委員會「中高齡勞工統計」（行政院勞工委員會，2013），以45-64歲為中高齡者。

Fisk等人（2009）指出科技有助於中高齡者的日常生活，除了健康照護外，也包括能促使中高齡者有能力在家中工作、在地老化、工作、交通運輸、溝通及進行休閒活動。只要這些科技產品符合以下三項原則，中高齡者將會願意使用，包括(1)具清楚的使用效益；(2)具如何使用系統的教學指示；(3)系統容易操作。而在交通運輸系統中的科技產品方面，以自動售票機而言，過往的科技使用經驗、科技自我效能以及高齡者的感覺與知覺退化乃是影響中高齡者是否能順利操作機具的重要關鍵。李惠麗（2005）曾針對臺北捷運站舊型自動售票機進行研究，以高齡者、身心障礙者及一般民眾為研究對象，採用非參與式觀察、問卷調查、訪談等方法了解研究對象對捷運自動售票機的使用經驗，再以觀察結果進一步設計實驗。結果發現，使用者確實會依照過往操作其他自動售票或自動販賣機之經驗進行操作，如先投幣再選取購票金額與張數，而忽略操作指示，導致操作錯誤，因此建議應增加標示的可視性。

國外亦有許多研究探討中高齡者使用自動售票機的行為，如英國西南鐵路（South West Trains）與Passenger Focus合作，針對11個英國主要車站的售票情況進行研究，於此11個車站的售票窗口與自動售票機前發放問卷；結果發現看似能操作自動售票機的乘客卻依然決定至人工售票口購票，尤其高齡者更是不傾向於使用自動售票機，推論這是由於這些乘客對於自己操作自動售票機的能力（包含選擇正確價格與路線）缺乏信心（Passenger Focus, 2008）。另外，Siebenhandl等人（2013）則以奧地利聯邦鐵路（Austrian Federal Railway）的自動售票機為研究範圍，以實地調查、錄影及觀察日誌記錄與分析各車站中的自動售票機使用情況。在實地調查中發現中高齡者較容易在操作自動售票機時遇到嚴重的障礙，受訪者表示過往不好的使用經驗、對自我能力的懷疑、以及對科技的不信任，使他們逃避使用自動售票機。該研究分析錄影資料亦發現，購票者必須彎腰才能從取票孔中取出票券，這可能會對高齡者造成困擾；而觀察日誌分析則發現，觀察對象中有近43%的使用者有放棄購票的行為，其中54%於購票首頁即已放棄，26%的使用者於後續的選擇流程中放棄，推論購票首頁上過多的選擇按鍵（共有25個）可能是造成購票者放棄購票的原因。

由前述研究可發現，過往使用經驗是影響中高齡者使用自動售票機意願的主要原因之一。若自動售票機的設計不符合中高齡者的需求，將有可能發生操作失誤，進而影響後續的使用意願。如Schreder、Siebenhandl、Mayr與Smuc（2012）認為設計者應注意中高齡者在視覺與聽覺上的整體變化，以及運動技能、記憶及知覺的改變，並將這些生理特質運用於設計符合中高齡者需求的自動售票機，同時也應將中高齡者過往使用科技產品的習慣納入設計考量。

臺灣大學學術期刊資料庫

二、老化與科技產品介面設計

從生理學的角度看，40歲可說是生理發展的轉捩點，許多生理機能於此時開始逐漸退化（Merriam & Caffarella, 1991），不僅影響日常生活習慣與便利性，也常造成科技使用上的障礙。好比隨著年齡的增長，中高齡者運動機能、感官知覺與認知能力皆會隨之退化，設計不良的科技產品不僅使操作過程容易產生錯誤，也可能造成負擔。首先，運動機能方面，由於高齡者的肌力退化與手指的靈敏度降低，因此不容易操作較小的按鍵（Lee & Kuo, 2001）。其次，在知覺機能方面，由於高齡者感覺與知覺能力的退化，也會使他們不容易看清楚產品的操作介面、或聽不清楚產品所發出的聲音（Namba, Sasaki, & Hosoito, 1995）。第三，在認知機能方面，由於高齡者記憶力的退化，可能影響認知學習與提取，而使之不易學會操作功能複雜的產品（Lee & Kuo, 2001）。如Kausler（1985）的研究發現，記憶力的退化會影響學習電腦及概念模式的建立能力，尤其工作記憶的衰退會影響作業績效，當作業過程需要推論（inference）時，會運用到較多的工作記憶，中高齡者的表現會較差。而且中高齡者比較難改變已學習過的程序記憶，當他們處於多任務與壓力的情境下，這種順向抑制會更明顯。但語意記憶並不會因年紀增加而產生影響，所以在設計上須減少工作記憶的使用，增加使用語意記憶（Ferreira & Pithan, 2005）。除了記憶力的衰退，注意力、空間認知、語言理解等能力也都會隨著年紀增長而逐漸退化，因此在設計便於中高齡者使用的科技產品時都須多加注意。

科技產品的介面應如何設計才能符合中高齡使用者的需求，是國內外研究皆關注的焦點。許多研究指出，中高齡者在使用科技產品時，偏好簡單清楚的功能與操作指示，如Opalinski（2001）針對60歲以上的中高齡者進行電腦與數位產品使用研究，結果發現中高齡使用者偏好指令及操作指引簡單、低成本、好適應以及易於維修的產品。岳修平等人（2010）針對高齡者使用智慧藥盒的研究也指出，數位化產品經常有許多附加功能，但高齡者通常會希望產品的功能越簡單越好。李傳房（2006）提出過去在身心障礙使用者的研究或設計較偏向特定的對象（如重度障礙者）為主；當高齡化的問題逐漸浮現時，其研究或設計的對象逐漸從身心障礙者轉移到高齡者。針對高齡者除了考慮無障礙設計之外，還需考慮產品的普及化與價格一般化；而近年隨著人口結構的高齡化，設計的觀點亦逐漸轉換到「通用設計」（universal design）取向。

另一方面，選單、按鍵呈現以及過往生活經驗也會影響中高齡使用者的操作績效，Siebenhandl等人（2013）對奧地利聯邦鐵路的自動售票機研究，即發現中高齡使用者認為自動售票機之首頁應簡單清楚，且偏好搜尋輸入欄（如google search bar）的設計優於地圖式選單，並指出將日常生活的經驗融入科技產品的操作將有助於中高齡者的操作績效，例如在自動售票機選擇購買張數時，畫

臺灣大學學術期刊資料庫

面顯示出一列空車箱，指引使用者將符合購票人數的乘客圖示移入空車箱中。另如Sears（1991）的研究指出，按鍵的尺寸會影響使用者的操作績效，且大尺寸的按鍵比起小尺寸的按鍵有較好的操作績效。Yueh、Lin、Lu與Chou（2013）研究55至75歲中高齡者使用數位相框的操作績效，結果發現中高齡使用者對按鍵尺寸的大小與數量多寡偏好有差異，且是否有使用數位相機的經驗也會影響其對不同選單配置型態的偏好。

本研究綜整過去研究（如：李傳房、郭辰嘉，2004；周蓓珍，2009；岳修平等人，2010；Fisk et al., 2009; Hawthorn, 2000; Kline & Scialfa, 1997; Schreder et al., 2012），對應中高齡者之感官知覺（視覺、聽覺、觸覺）、認知能力之退化情形，提出科技產品介面與操作設計上須注意之事項，整理如表一。

三、層次任務分析及人因失效模式與效應分析

層次任務分析（hierarchical task analysis, HTA）以及人因失效模式與效應分析（human failure modes and effects analysis, HFMEA）的應用目的皆在於排除系統現存或潛在的使用問題。前者可透過任務階層的分解，從實際的操作紀錄觀察問題所在；後者則可基於操作行為的分類，先評估使用者可能遇到的操作困難，再經過觀察以驗證預設的操作問題並進一步探討其他問題，兩種方法皆能提出系統設計建議，以解決使用問題。同時運用此兩種任務分析方式可以更全面地發現問題並解決問題，本小節詳細介紹此兩種方法為何，以及於過往研究中如何運用。

任務分析（task analysis, TA）的應用範圍廣泛，從核安和國防等國家決策，到協助評估食品菜單、管理用藥錯誤、評估智能障礙兒童購物與打電話的技能、了解如何排除障礙皆可應用，所以任務分析方法會因為各研究所關注的任務階段、目標、結果與建議呈現的不同而有所差異（Adams, Rogers, & Fisk, 2013）。當單一個目標無法有效描述和檢視時，此目標可以在其下屬的子目標和隨行的計畫中被複檢，而此種任務分析方法則被定義為層次任務分析法（以下簡稱HTA）（Sharit, 2008）。

HTA基於其通用性而被廣泛運用（Annett & Stanton, 2000），該方法為一個結構化的方法，用於描述使用者如何藉由多層次的計畫與操作以完成任務（Reagan & Kidd, 2013）。透過HTA所組織的資料，需經過重述（redescription）與分解（decomposition）。重述即定義主要目標，並將主要目標依序分解為較低層次的子目標，直到達到預定的停止準則；分解則是依循著每個分類中的子目標進行檢查，例如輸入要求、行動、取得回饋、完成時間或錯誤記錄（Ainsworth, 2001; Shepherd, 1998），而分析結果最好以表格形式呈現（Shepherd, 1998）。過去研究也針對HTA的子目標數提出建議，如Stanton與Young（1999）認為子目標數應為4或5個，Ainsworth（2001）認為需小於10個，Stanton（2006）則認為可介於

臺灣大學學術期刊資料庫

表一　中高齡者科技產品介面與操作設計原則

項目	退化情形	科技產品介面與操作建議
視覺	(1) 判斷物體的形狀、深度、動態有困難 (2) 對短波長的色彩區辨能力差	(1) 盡量避免會反光的材質 (2) 字體須大於12 pt、避免草寫 (3) 中高齡者對黑底白字或白底黑字的辨識度較佳，須避免使用藍綠色 (4) 在介面設計上應使用簡單、高解析度相片並避免裝飾性動畫和圖片、花俏的背景樣式和跳動的文字，以避免中高齡者注意力分散 (5) 圖示意義愈清楚、簡單，愈能幫助中高齡者辨識與記憶
聽覺	(1) 65~70歲後只能聽見4,000Hz以下的聲音 (2) 損失高頻聽力 (3) 容易被環境中的噪音干擾	(1) 用其他感官彌補聽覺退化，如震動、閃示 (2) 500~2,000Hz的聲音較適合中高齡者 (3) 和中高齡者說話時有足夠的空間和暫停，放慢說話速度 (4) 語音設計中應採用中高齡者熟悉的語彙
觸覺	(1) 動覺敏感度（kinesthetic sensitivity）會隨前庭平衡覺退化而衰退 (2) 觸覺退化影響肢體感，使得他們在日常生活中可能會意外跌倒或是姿勢不穩定 (3) 皮膚的表皮與真皮層萎縮、觸覺感受器退化、與皮膚內的血液流量減少，使得手的靈敏度降低	(1) 讓觸覺符號按下去時會震動，且使用低頻率25Hz的震動 (2) 凸型的觸覺符號比凹型的觸覺符號容易辨識 (3) 按鍵尺寸應有足夠的觸及面積，用手指輸入時最小按鍵尺寸建議為9 mm x 9 mm
認知能力	(1) 工作記憶衰退 (2) 注意力、空間認知、語言理解能力退化	(1) 不要讓中高齡者一次需要操作多種任務 (2) 設計中應採用中高齡者熟悉的語彙與標示 (3) 介面階層數以不超過三層為最佳

3至10個之間。在應用方面，Reagan與Kidd（2013）曾以層次任務分析法針對四個廠牌的汽車視覺與語音介面進行評估，他們認為層次任務分析法是進一步研究使用者凝視行為或生理測量的第一步。該研究結果發現，在轉換廣播頻道與撥打電話簿中儲存的電話時，語音介面大多可減少操作步驟與認知負荷。

另一方面，Shepherd（2000）對HTA的使用提出建議，認為HTA雖可用於研究人們的行為模式，但是無法提供更多使用者的操作資訊，而這樣的情況是相當危險的。因為HTA以任務操作中「被省略」或「顯而易見的」操作錯誤為辨識失誤的標準，這將使研究被侷限於「看得見的人因失效」，無法充份預測可能的後果（Sharit, 2008）。因此，

臺灣大學圖書館·人文社會科學資料庫
臺灣大學學術期刊資料庫

Mills（2007）建議HTA應與其他方法一起使用，才得以發揮其最佳效益。

人因失效模式與效應分析（以下簡稱HFMEA）即是從失效模式與效應分析（failure modes and effects analysis, FMEA）發展出來。失效模式與效應分析方法原是一種工程技術，應用於問題真正發生之前，能幫助辨識和減少系統潛在問題或設計缺陷（Omdahl, 1988）；而其中的失效模式是指產品或製造過程中無法呈現出所設計的功能（General Motors Corp, 2008）。Yang與El-Halik（2009）指出失效模式與效應分析企圖達成以下行動目標：(1)了解和評估產品與設計過程的潛在失誤，以及失誤所造成的影響；(2)辨別可以排除或減少潛在失誤發生的行動；(3)記錄整體過程。

在這些方法當中，FMEA強調系統中子系統或組件發生失效的可能性，其與HFMEA的目的皆為找出系統中所有可能發生的失誤，但HFMEA則是強調「人」在系統中的失誤或所遇到的操作困難。HFMEA以分類系統來廣泛考慮人與系統的互動中可能發生的可推論性失誤，如Sharit（2008）提出分類系統可以依據四種行為類別為基礎，包括：(1)感覺歷程（perceptual processes），即尋找與獲得訊息，並能辨識目標、行動與事件；(2)中間歷程（mediational processes），包含訊息處理、問題解決及決策選擇；(3)溝通歷程（communication processes），評估訊息的判斷結果，如正確性、速度、是否符合需求；(4)動作歷程（motor processes），回應訊息的行動結果，如重複操作、太早或太晚回應導致錯誤的操作行為。Sharit（2008）另強調HFMEA分類系統中的類目間是相互關聯的，而類目也可依據研究目的不同而有所調整。而Fisk等人（2009）曾結合HTA及HFMEA，並針對高齡使用者之需求，進行自助結帳系統的人因失效模式與效應分析，並以三種類目執行HFMEA，包含：(1)感覺活動、(2)認知活動、(3)回應執行活動。該研究指出HFMEA可用以探討任何人們在與系統互動中可能遭遇的困難、造成困難的原因、及操作困難所形成的結果等，並提出建議以排除或降低這些困難。

綜合而言，藉由HFMEA的類目系統能縝密地推論出可能發生的錯誤，可以彌補HTA忽略任務中潛在的失效及其影響，而HFMEA推論失效的縝密程度可依據HTA的任務設計來決定。因此本研究結合此兩種研究方法，首先依據HTA設計出任務流程，結合中高齡者之生理需求；再以HFMEA推論捷運自動售票機潛在的人因失效。接著進行實地觀察與訪問，以驗證先前的人因失效推論，並提出建議。

參、研究方法

本研究旨探討中高齡者使用臺北捷運自動售票機之潛在人因失效與可能形成的影響，並檢驗中高齡科技之設計議題。本研究為一探索性研究，考量捷運乘客多不願駐足接受訪問，因此本研究主要使用結構式非參

臺灣人文學術期刊資料庫

與觀察法，並輔以半結構性訪談法，初探中高齡者操作捷運自動售票機的情形與所遇到的困難。進行觀察前，研究者首先分析操作流程，並設計任務分析圖，以便結構性地記錄使用者的操作過程。在整理觀察資料後，以人因失效模式與效應分析推估造成操作錯誤的可能因素，並提出改善建議。

一、場域與研究對象

臺北捷運系統自動售票機已於2007年全面更新為發售IC代幣單程票之觸控機型。本研究首先對臺北捷運自動售票機之設計，以中高齡者科技產品介面與操作設計原則（表一）進行分析，探討設計之優缺點，並提出建議。在場域方面，研究者選擇臺北車站及臺大醫院捷運站進行觀察，會選擇臺北車站為觀察地點的原因除其為捷運系統中運量最高的車站外，也因為臺北車站連接高鐵、臺鐵、客運，因此會有較多來自外地以及中高齡的使用者。而選擇臺大醫院站，則是推估許多患有慢性疾病的中高齡者須定期回診與取藥，預計在該站能觀察到較多中高齡使用者。

Nielsen與Molich（1990）曾指出，藉由5-8名的受試者即可發現75%至80%的使用性問題。本研究之研究對象為45歲以上之中高齡者，並依據Morrell等人（2000）之中高齡者網路使用研究，將中高齡者分為三個階段，45-59歲之中年人、60-74歲之年輕老人、75-92歲之高齡老人。但由於捷運乘客多不願駐足受訪，較難以直接獲得被觀察者的年齡資訊，因此大部份的研究對象以由研究者觀察外觀特徵進行篩選。研究者參考相關研究（何詩慈、黃久秦，2006；蔡政霖、周峻忠，2008；American College of Sports Medicine, 2004; Fried et al., 2001）對不同中高齡者之外觀體態所提出之評估建議，採用走路緩慢、駝背、皮膚鬆弛有皺紋、髮量稀疏且灰白為篩選標準，共觀察到32位、男女各半之中高齡或高齡使用者，經研究者邀請共有6位男性及3位女性於購票操作完成後接受訪問，其中5位為45-59歲之中年人，2位為60-74歲之年輕老人，2位為75-92歲之高齡老人，受訪者詳細年齡資料參見表四。

二、觀察與訪談法

研究自然行為的最好方式之一，就是透過行為觀察，將行為發生的原貌紀錄下來，並提供評鑑者一個直接的經驗（Korn, 1989）。結構式非參與觀察法（structured and non-participation observation）即是針對研究主題有相當明確要觀察的項目，並且不會讓研究對象意識到有人在旁注意其行為，而能獲得研究者想要得到的資料（Liu & Maitlis, 2010）。另一方面，半結構訪談（畢恆達，1996）的特點是有一定主題，提問問題雖相對為非系統化結構，但仍可經由訪問前擬定訪談大綱或訪談要點，配合較有彈性之提問方式和順序，而可蒐集受訪者在自然狀態下的反應。結合以上評估，本研究期望從中高齡使用者的自述中瞭解操作問題與改善建議，因此採用非參與觀察法與半結構訪談法，設計訪談問題乃以自動售票機操

臺灣大學學術期刊資料庫

作上的普遍性問題為主，進行本研究之觀察評估。

為能即時觀察中高齡者如何操作自動售票機，研究者先站在能看到整排自動售票機的位置，當有中高齡者走向自動售票機時，隨即移動至使用者斜後方約2至3公尺處（圖一）進行觀察，此距離可清楚觀察操作過程。觀察中若看到有錯誤操作行為之使用者，待其完成購票操作後，研究者便向使用者表明身份與說明正在進行的研究，並詢問是否能接受訪談。若使用者願意受訪，研究者則進一步詢問是否可以錄音記錄，若使用者表示不方便，僅使用紙筆進行訪談記錄。研究過程為尊重被觀察者隱私，並未拍照與攝影。

三、資料分析

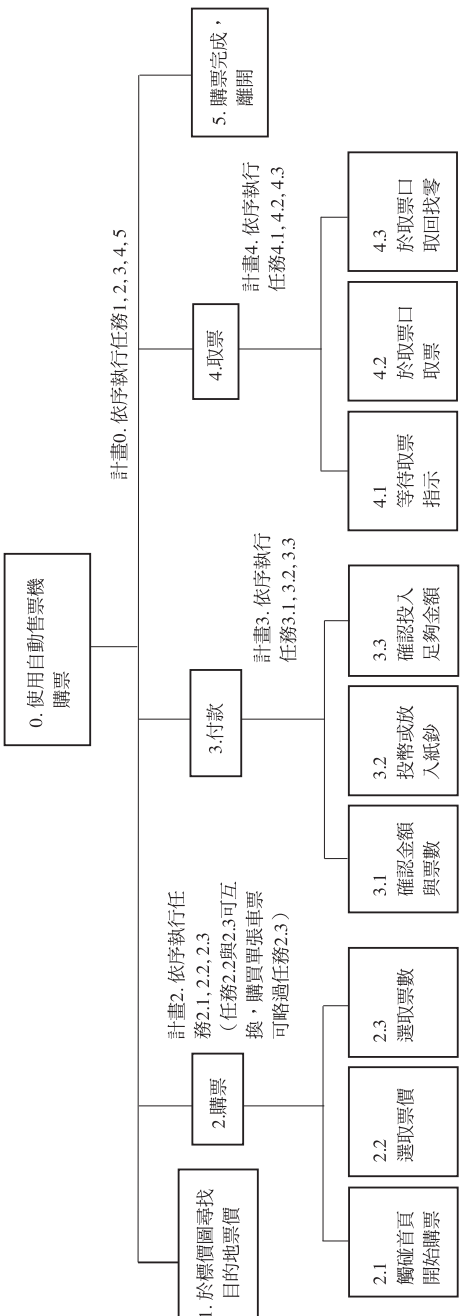
本研究將觀察與訪談所收集到的資料應用兩種方法進行分析，分別為層次任務分析，以及人因失效模式與效應分析。在層次任務分析的部分，本研究之研究者在前往研究場域進行使用者操作觀察前，便先完成捷運自動售票機之設計與操作流程分析，並設計層次任務分析圖（圖二），以利後續於現場進行結構式非參與觀察之記錄。層次任務分析使研究者更能了解使用者完成目標所需的需求，其目的在於透過結構化的任務清單，分析並描述使用者為達到目的而與系統互動的過程。研究者可使用不同的觀點和方法進行分析，例如可以從工具或系統輸入的清楚度及完整度；系統顯示資訊的編碼、分類、結果；以及使用者是否有充分的時間執行操作等角度切入。本研究將依據使用者是否達成層次任務分析圖中的各項任務，來檢驗使用者於操作過程中是否遇到困難，並記錄其反應與決策，以利後續以HFMEA整合分析結果。

如文獻探討所述，HFMEA主要用於記錄與分析使用者操作時的錯誤或所遇到的困難，分析過程中也會探討是否是因為系統設計不良而導致操作錯誤。在進行HFMEA的過程中，首先要發現需檢視的工作流程，接著組成分析團隊，第三步為繪製任務分析流



圖一　結構式非參與觀察位置與研究者視角示意圖

臺灣大學學術期刊資料庫



圖二　捷運自動售票機層次任務分析

程圖，並規劃類目系統，預想可能的人因失效。第四步為觀察與紀錄使用者操作過程，最後對所觀察到的問題提出評論與改善建議。本研究參考Sharit（2008）之分類系統基礎與Fisk等人（2009）的分類系統類目，在研究中將HFMEA的分類系統分為以下三個類目：(1)感覺活動：獲得、辨識訊息；(2)認知活動：訊息呈現與處理；(3)回應執行活動：問題解決與行動決策；並以此作為研究資料分析架構，於現場進行觀察前先依據前述類目與層次任務分析圖（圖二）對系統介面進行評估，在實際觀察使用者操作行為後，進一步分析資料以驗證評估結果，希望可提出更實際的使用問題與設計建議。

肆、研究結果

本研究結果共分為三部份，第一個部份為依據文獻探討中，中高齡者知覺與認知退化情形，以視覺、聽覺、觸覺三方面，對捷運自動售票機（圖三）之設計進行分析，並參考Fisk等人（2009）以感覺活動、認知活動及回應執行活動共三種類目執行HFMEA分析，推論中高齡者在與系統互動過程中可能發生的失誤和問題。第二部份則為使用者操作自動售票機之觀察結果，依照層次任務分析圖進行紀錄，也依據第一部份的HFMEA推測導致操作錯誤之原因，並提出改善建議，第三部份為訪談結果分析，綜合整理受訪者之回饋意見。

臺灣大學學術期刊資料庫



圖三　臺北捷運系統自動售票機外觀

一、捷運自動售票機與人因失效分析

本研究根據過往研究針對中高齡者之生理特性所提出的介面設計建議（表一），依循購票層次任務步驟，以視覺、聽覺及觸覺檢視捷運自動售票機之設計，並列出未符合設計建議之情況。同時藉由感覺、知覺與回應活動等三項類目，推論中高齡者在操作任務中可能遇到的困難與操作失誤，作為實地觀察中高齡者操作自動售票機之基礎。分析結果整理如表二。

於表中可見，在視覺設計的部份，呈現字體皆大於12pt、未使用草寫、配色對比強烈、介面與機台設備（如放鈔口亮燈）的反饋機制相互呼應、按鍵形狀為凸型符號，這些設計皆有助於中高齡使用者的操作績效。但是在介面設計方面，許多頁面多同時呈現多種資訊，例如購票首頁同時出現「操作步驟指示」與「觸控螢幕開始購票」的訊息（圖四），以及購票後的頁面顯示購買張數、票價、已發售票數、應付與已付金額、操作圖示，這些訊息容易造成注意力分配與

臺灣大學學術期刊資料庫

表二　自動售票機之介面與人因失效評估分析表

主要任務	子任務階層1	子任務階層2	視覺	聽覺	觸覺	感覺活動	認知活動	回應執行活動
使用自動售票機購買捷運車票	於標示圖尋找目的地票價(圖六)		(1) 路線顏色繁多 (2) 路線複雜，未有圖示說明	無聽覺輔助	無觸控設計	找不到目的地在圖上的位置與標價	資訊過於複雜而導致選擇失敗	選擇錯誤的標價或放棄操作
		觸碰首頁	(1) 螢幕反光 (2) 介面配色豐富，可能有礙辨識 (3) 圖示意義不明確 (4) 按鍵選擇反饋不明顯	語音指示須觸碰首頁螢幕後才開始，為女性配音，購票過程僅有國語語音指示		忽略系統訊號要求，不知道要觸碰螢幕才能開始購票	(1) 操作說明版面配置複雜，使用者可能不會注意到 (2) 複雜的操作說明圖文使工作記憶超載，而無法記住操作步驟	觸控力道不足，系統無法偵測
	購票	選取票價 選取票數		(1) 按下按鍵後音效反饋短促且高頻 (2) 無觸覺輔助 (3) 操作語音複誦不及時		(1) 按鍵的顏色轉換可能因不夠明顯而被忽視 (2) 語音複誦選擇項目延遲，可能讓使用者疑惑是否已完成操作步驟	使用者忽視操作指示，而執行錯誤規則，例如想先投入購買金額	(1) 不知道要按下票價與票數按鍵 (2) 選擇錯誤的金額與票數 (3) 可能誤觸重選鍵
	付款	確認金額與票數 投幣或放入紙鈔 確認投入足夠金額	(1) 螢幕反光 (2) 介面配色豐富，可能有礙辨識 (3) 圖示意義不明確 (4) 資訊過多，螢幕同時顯示應付、已付金額的說明，以及投入現金圖示（圖五） (5) 收鈔孔旁的黃色顯示燈會亮起，插入鈔票時呈現紅色的閃光（圖七），	(1) 語音僅有操作指令（請投入現金），無購票資訊複誦 (2) 無觸覺輔助	大部份的機台用指腹輕觸即可感應，但還是有靈敏度較差的機台，觸控反饋皆為視覺及聽覺反饋，	(1) 忽視系統訊號，不知道要進行付款動作，或者還是投入多少金額 (2) 放鈔孔的亮燈太小，不明顯，可能不知道要如何付款	(1) 太多資訊在同一個頁面，對使用者的訊息處理歷程形成負擔 (2) 太多訊息導致判斷錯誤，以為要再執行其他觸控操作	重複執行不必要的購票行為 投入過多或過少金額

臺灣大學學術期刊資料庫

表二　自動售票機之介面與人因失效評估分析表（續）

主要任務	子任務階層1	子任務階層2	視覺	聽覺	觸覺	感覺活動	認知活動	回應執行活動
			但只有收鈔孔有亮燈顯示，投幣孔沒有		無觸覺（如震動）反饋			
	取票	等待取票指示 於取票口取票 於取票口取回找零	(1) 螢幕反光 (2) 介面配色豐富，可能有礙辨識 (3) 圖示意義不明確 (4) 資訊過多，螢幕同時顯示應付、已付金額的說明，以及投入現金圖示（圖五）	(1) 結束操作的語音指令為：請取出車票與零錢，無操作結束提醒 (2) 無觸覺輔助		忽略或對系統訊息感到不解而不知如何取票		(1) 不知道從何取票 (2) 忘記拿回找零
	購票完成，離開		螢幕回首頁			對系統跳回首頁的訊息感到困惑，不知道操作是否已完成	以為還有其他操作指示	不知道操作已經完成，而未離開

臺灣大學學術期刊資料庫



圖四　自動售票機螢幕首頁操作順序解說圖

重要資訊辨識等問題。此外，資訊與版面配色較複雜的介面對於認知能力衰退的中高齡者而言將形成負擔，也會分散其注意力。

在聽覺設計方面，一般而言，複誦與提醒操作有助於中高齡者檢視自己是否操作正確。然而捷運自動售票機在按鍵操作的聽覺反饋設計為按下按鍵符號會有嗶一聲的音效，但卻過於短促、且音頻偏高，中高齡使用者可能因為聽覺退化而無法即時感受到回饋。再者，購票完成時除圖形（圖五）輔助外，雖也搭配語音說明：「請取出車票與零錢」，但未透過任何訊息告知使用者已完成購票程序，如此可能因為回饋不夠直接，而讓使用者以為還沒完成操作。

在觸覺設計方面，使用者若能於適當的時間中觸及正確目標乃是能否完成購票任務的關鍵。臺北捷運自動售票機的觸控按鍵皆為凸型觸覺符號，易於中高齡使用者辨識。在觸控後也會輔以視覺及語音回饋，但若在觸控按鍵時，系統能同時發出低頻率（如25赫茲）的震動，將對視覺與聽覺皆退化的中高齡使用者有所幫助。

二、操作行為分析

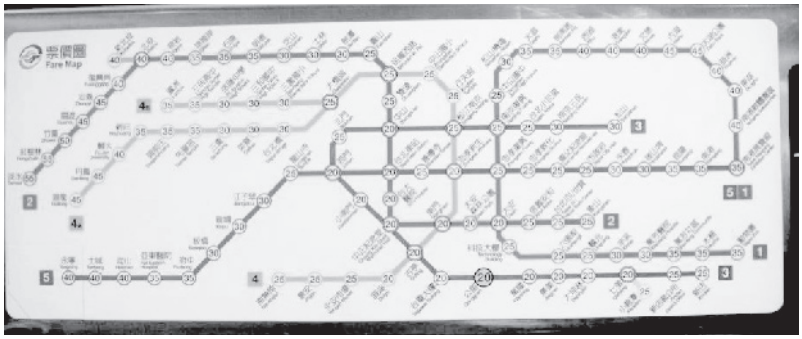
本文前節依循中高齡者的需求與層次任務分析步驟，檢視臺北捷運自動售票機潛在的人因失效，已發現層次任務分析上可能忽略任務中潛在的失誤及其影響。接著以HFMEA結合層次任務分析，紀錄中高齡使用者操作錯誤的行為或遇到困難的情況，推估可能造成錯誤的原因，並提出建議。紀錄與分析整理如表三。

由表三可知，中高齡使用者最多於購票的第2.1個步驟「觸碰首頁」即發生錯誤，在被觀察的32位中高齡者中，共有16位中高齡使用者於此步驟發生操作失誤。推論此步驟犯錯的原因包含表三所提及的三項原因：(1)操作說明版面配置複雜，使用者可能不會注意到操作指示；(2)使用者忽視操作指示，想先投入購買金額；與(3)觸控力道不足，系統無法偵測。研究者在觀察後更發現步驟1「於標價圖尋找目的地票價」，圖示容易誤導使用者觸碰步驟1操作圖示（圖三），進而導致使用者發生操作錯誤與困惑，延長操作時間。在步驟2.2「選取票價」與2.3「選

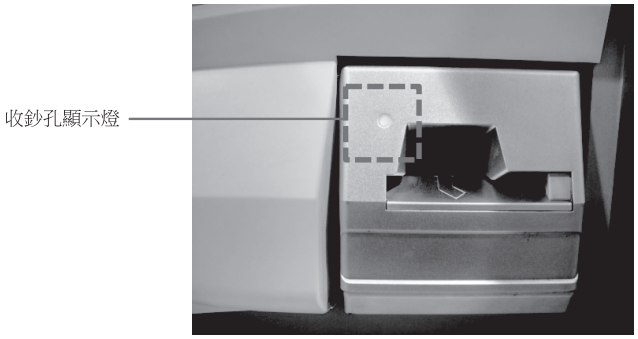
臺灣人學學術期刊資料庫



圖五　自動售票機購票資料頁面與操作圖



圖六　捷運目的地票價圖



圖七　收鈔孔顯示燈

取票數」，也同樣出現使用者忽視操作指示，想先投入購票金額的錯誤操作表現。

中高齡使用者發生操作錯誤次多的步驟則是在選取票價與張數後，於購票資訊介面上重複選擇張數的動作，共有8位中高齡使用者於此步驟發生操作失誤。使用者會出現猶豫的表情或動作，如手指在螢幕上游移，這可能與介面中購票資訊的顯示圖文設

臺灣大學學術期刊資料庫

表三　自動售票機操作之人因失效模式與效應分析結果摘要表

遇到困難或犯錯的步驟	累積人數	操作錯誤與導致錯誤的原因	結果	建議
步驟2.1 觸碰首頁開始購票	16	(1) 操作說明版面配置較複雜，使用者可能不會注意到操作指示。 (2) 使用者忽視操作指示，想先投入購買金額。 (3) 觸控方式不正確，系統無法偵測。 (4) 步驟1圖示誤導使用者觸碰步驟1操作圖示（圖三）。	(1) 請旁人教導。 (2) 發現操作指示，重新操作。 (3) 換一台機器重新操作。 (4) 直接至服務台購票。	(1) 機台上的步驟圖示的數字可將顏色改得更顯眼，或在操作時依步驟亮光。 (2) 機台上步驟1的圖示（圖三）可加註文字說明，如請碰觸下方螢幕。 (3) 改善觸控靈敏度。
步驟2.2與2.3 選取票價金額與張數	5	使用者忽視操作指示，想先投入購買金額。	請旁人教導或自行重新操作。	機台上的步驟圖示的數字可將顏色改得更顯眼，或在操作時依步驟亮光。介面操作標題應更顯眼，可以於標題處加註方框閃示。
步驟3.2 依顯示金額投幣或插入鈔票	8	購票資訊的介面上，票價與張數的顯示和購票的按鍵雷同，可能因此造成混淆，導致操作者以為要再重複操作一次（圖五）。	以為要再選擇一次購買票數，按下顯示購買張數的圖示後便等待取票並無發現自己操作錯誤。	購票資訊的票價及張數不要做成按鍵圖示，直接將購票資訊以簡明的表格狀陳述。
步驟4.2 於取票口取票	3	使用者可能對於代幣單程票不熟悉，取票時須花時間辨識。	詢問旁人單程票的使用方式。	介面中取票的操作圖示應顯示單程票的樣式。
步驟4.3 於取票口取回找零的零錢	2	語音與操作介面指示早於車票與零錢的出現，使用者於出票口一直尋找。	在原地等待。	語音、操作介面指示應與機械作業同步。

計不良有關。而票面的形式、指示訊息與機械作業的不同步，也造成使用者後續操作的失誤，各有3位與2位出現問題。詳細觀察記錄、分析結果與改善建議請參見表三。

三、訪談分析

如前所述，研究者在觀察過程中，挑選適合進行追蹤訪談之對象，嘗試進一步瞭解其操作行為之原因與相關回饋建議，最後共有6位男性及3位女性於購票操作完成後接受隨後訪談（follow-up interview），研究者進

臺灣大學學術期刊資料庫

一步將訪談分析結果比對自動售票機操作之人因失效模式與效應分析結果（表三）進行檢驗與說明。本研究為探索性研究，研究者以半結構訪談方法之開放性問題進行訪問，並將操作錯誤的行為加以編碼，以利資料呈現。編碼方式根據自動售票機操作之人因失效模式與效應分析結果摘要表（表三）中，操作錯誤與導致錯誤的原因記錄進行編碼。其中0代表無操作錯誤；1為以投幣為第一個操作步驟；2為購票時觸控方式不正確；3為於表三中的步驟3.2「投幣或放入紙鈔」重複操作購票程序，即在圖五所示之購買票券單價、購票張數、已發售張數資訊顯示的介面上，再次點選按鍵形狀中所顯示的單價和購票張數，但其實按鍵形狀中的資訊無需也無法再次點選；4則是無法辨識車票，整體結果整理如表四。

完成受訪的9位使用者中，即有4位使用者以投幣為第一個操作步驟，佔步驟2.1「觸碰首頁開始購票」之操作錯誤人數的四分之一。而且不管是第一次使用或曾經使用過自動售票機的使用者，皆會發生此錯誤操作行為。受訪者認為操作錯誤的原因多半是因為沒有注意到介面首頁有操作指示，以及觸碰螢幕以開始購票的提示，可見捷運自動售票機應改善其操作指示。受訪者同時建議自動售票機應加強改善操作指示的可視性。若在購票的首要步驟便讓使用者遇到困難，將會延長操作時間，使操作效率降低，不僅讓使用者感到挫折與焦慮，也會浪費其他購票者的時間。如其中一位52歲的男性受訪者即提到：「買票的時候都要停頓想一下要怎麼買票，指示不夠清楚，要有人帶過（教學）才知道怎麼使用，一開始也是有人教，才會使

表四　訪問結果分析

年齡階段	編號	年齡	性別	使用經驗	操作錯誤	使用者建議
中年人（45-59歲）	A	45	男	第一次使用	4	應在機台或操作介面上附註票面樣式
	B	48	男	很少，多用悠遊卡	3	很方便，不需改善
	C	52	男	很少	0	指示不夠清楚，要有人教過才會操作
	D	57	女	很少	1、3	無改善建議
	E	59	女	第一次使用	1	操作指示不容易被看見，應改善
年輕老人（60-74歲）	F	60	女	第一次使用	4	應在機台或操作介面上附註票面樣式
	G	66	男	很少	1	操作指示應更顯眼
高齡老人（75-92歲）	H	76	男	第一次使用	1	沒注意到操作指示，應更顯眼
	I	79	男	經常使用	2、3	好用，無需改善

臺灣大學學術期刊資料庫

用。」（C-01）因此，自動售票機的操作指示應為首要改善目標。因此本研究提出機台上步驟圖示之步驟數字可改為更顯眼的顏色，或依操作順序提供視覺的燈光提醒，以及增加文字說明等具體建議。

此外，有3位使用者於步驟3.2「投幣或放入紙鈔」，發生重複購票的操作，但在此步驟犯錯的使用者，皆曾使用過自動售票機購票，但對自己的操作錯誤卻渾然不覺，也不認為自動售票機有何需要改進之處。本研究推論可能因資訊呈現與按鍵形式雷同，因而誤導使用者重複進行購票操作。針對此問題，本研究提出具體建議，包括需在此步驟介面中應排除使用按鍵式符號，及簡化資訊呈現形式與內容等。

從表四也可發現，於步驟4.2「於取票口取票」，出現操作錯誤的使用者多為第一次使用捷運自動售票機的中高齡者。由於捷運IC票券與一般大眾運輸的紙質票券不同，導致第一次使用自動售票機的中高齡者對於捷運票的樣式感到困惑，而無法確定自己是否已操作成功。如一位45歲的男性受訪者即提出：「沒用過，不知道票長這樣，應該要有標示。」（A-01）雖然當介面顯示出「取出車票」的文字時，會伴隨著一張取出圓形車票的圖示（圖五），但這樣的資訊對於第一次使用的人來說，顯然仍是不夠明確，因此本研究亦於表三中提出應於介面中提供單程票券樣式資訊的具體建議。

伍、結論與建議

本研究以中高齡使用者操作科技產品的需求特點切入，以臺北捷運自動售票機為例，針對其購票介面進行分析，並提出改善建議。一般而言，若能對中高齡者所遇到的介面操作問題進行改善，也可幫助較年輕使用者（Fisk et al., 2009），具其他與中高齡者具有類似身心障礙的失能者的使用需求也能獲得幫助。例如中高齡者的聽覺退化，需用其他感官彌補聽覺退化，如震動、閃示，這可透過餘備資訊（redundant information）設計來解決，即訊息可透過視覺、聽覺與觸覺等多重方式來呈現（Fisk et al., 2009）。而餘備資訊的設計除了滿足中高齡者的需求，也適用於一般人，更可滿足聽障者、視障者的需求。

對照表一本研究所整理出之設計原則，研究者進一步整理介面評估結果如表五，由表中可見，臺北捷運自動售票機的視覺設計問題包括於操作螢幕反光、機台上操作步驟圖示的設計不良、首頁操作指示介面的可視性不足、以及購票資料畫面資訊過多，這些不良設計讓使用者無所適從，導致操作失敗或重複不必要的程序，或對票券樣式產生認知困惑。在聽覺設計上，語音操作輔助僅有國語發音，這對於不熟悉國語的中高齡使用者而言，未達到輔助操作的效用。而按鍵反饋音效高頻短促，中高齡使用者無法及時感受此回饋；購票完畢後，語音系統未有任何提示回饋，此時螢幕又自動跳回首頁；且在取票的步驟上，語音操作指示與機械作業

臺灣大學圖書館・學術期刊資料庫

表五　捷運自動售票機介面評估結果

項目	科技產品介面與操作建議	評估結果
視覺	(1) 盡量避免會反光的材質	(1) 螢幕反光影響視覺
	(2) 字體須大於12 pt、避免草寫	(2) 字體皆大於12 pt，未使用草寫
	(3) 中高齡者對黑底白字或白底黑字的辨識度較佳，須避免使用藍綠色	(3) 介面配色複雜，對比度較黑白顯示低，可能有礙資訊辨識
	(4) 在介面設計上應使用簡單、高解析度相片並避免裝飾性動畫和圖片、花俏的背景樣式和跳動的文字，以免增加中高齡者注意力的分散	(4) 介面資訊複雜，不必要的跑馬燈歡迎詞也會影響注意力
	(5) 圖示意義愈清楚愈簡單，愈能幫助中高齡者辨識與記憶	(5) 操作指示與購票資訊介面之圖示意義不明確，未能達到輔助效果
聽覺	(1) 用其他感官彌補聽覺退化，如震動、閃示	(1) 未有觸覺輔助，降低操作反饋效果
	(2) 500~2,000Hz較適合中高齡者	(2) 按鍵操作反饋音效短促高頻，容易被忽略
	(3) 和中高齡者說話時有足夠的空間和暫停、說話速度適中	(3) 語音說明速度適中，但回應速度不及時
	(4) 語音設計中應採用中高齡者熟悉的語彙	(4) 僅有國語語音操作輔助，對於較少講國語的中高齡者可能幫助不大；並非操作全程皆有語音指示輔助，購票完成後應有操作結束之提示語音
觸覺	(1) 讓觸覺符號按下去時會震動，且使用低頻率25Hz的震動	(1) 未有觸覺輔助，降低操作反饋效果
	(2) 凸型的觸覺符號比凹型的觸覺符號容易辨識	(2) 凸型觸覺符號可協助辨識
	(3) 按鍵尺寸應有足夠的觸及面積，用手指輸入時，最小按鍵尺寸建議為9 mm × 9 mm	(3) 按鍵皆大於9 mm × 9 mm，有足夠的觸及面積，但機台觸控靈敏度不一
認知能力	(1) 不要讓中高齡者一次需要操作多種任務	(1) 介面資訊複雜導致任務失敗或重複
	(2) 設計中應採用中高齡者熟悉的語彙與標示	(2) 僅國語語音操作輔助，圖示辨識不易
	(3) 介面階層數以不超過三層為最佳	(3) 操作階層小於三層，但購票資訊畫面（圖三）應可簡化以減少認知錯誤與負荷

不同步；這些不良設計都將使使用者感到困惑，而延長操作時間。另在觸覺的設計上，按鍵為凸型觸覺符號，也有搭配語音與視覺的反饋，易於中高齡使用者辨識。但自動售票機之觸控靈敏度不足，也會增加使用者放棄操作的機率。而在認知能力方面，目前各頁面多同時呈現過多的資訊，因此造成中高齡者的認知負荷過高，進而導致操作錯誤的情況。

基於表五的評估結果，本研究整合中高齡使用者操作自動售票機時，在視覺、聽覺、觸覺與認知能力的需求，以及操作過程中所遇到的問題，從操作介面的順序，依操作指示與購票介面兩方面，針對自動售票機

臺灣人學學術期刊資料庫

提出適用於中高齡者之通用設計建議準則，整理如表六，並說明如下：

一、操作指示

友善的使用教學是讓中高齡者願意使用科技產品的關鍵之一，而從本研究的案例也發現，中高齡使用者在操作自動服務科技的第一步即可能遇到困難，導致操作錯誤，甚至放棄操作，因此自動售票機的設計應首先思考操作指示的可視性，尤其電子操作指示可透過聽覺、感覺輔助，加強操作指示的資訊接收。以臺北捷運自動售票機為例，有兩種操作指示，一種為平面式指示，貼於操作機台上；另一種則為系統介面中的電子指示，包含首頁呈現的照片步驟說明、各層操作介面中左上角的文字說明，以及於購票資料頁面（圖五）右邊的圖文動畫指示。本研究針對此兩種操作指示呈現方式分別提出設

表六　自動售票機中高齡者之通用設計建議準則

項目	操作指示		購票介面	
	平面操作指示	電子操作指示	資訊設計	回饋設計
視覺	(1) 提高指示資訊的對比度，與硬體色系明確區別 (2) 以實際圖形搭配文字說明	(1) 提高指示資訊的對比度，與介面背景色系明確區別 (2) 指示於介面中呈現的位置與形式統一，圖文於同一處呈現 (3) 以實際圖形搭配文字說明	(1) 簡化介面配色 (2) 避免使用動態圖文 (3) 避免使用按鍵符號於非輸入操作之資訊	透過明顯的顏色變化設計按鍵輸入回饋，例如按鍵變色或顯示選取方框
聽覺	-	(1) 提供語音操作指示 (2) 提供語音操作指示之語言選擇 (3) 若操作錯誤或操作行為延宕應重複語音指示	-	(1) 提供按鍵輸入反饋音效 (2) 避免使用高頻短促之音效於按鍵輸入反饋
觸覺	-	-	(1) 使用低頻率25Hz的震動 (2) 採用凸型觸覺符號設計 (3) 按鍵尺寸大於9 mm × 9 mm	
認知	圖示呈現需連結中高齡生活經驗	(1) 圖示呈現需連結中高齡生活經驗 (2) 移除其他非必要指示訊息（如歡迎語）	簡化資訊呈現，排除非任務需求之訊息	回饋訊息需連結中高齡者生活經驗

臺灣大學學術期刊資料庫

計建議，包括操作指示需有高顏色對比度，並且與硬體或介面背景色系明顯區別。而圖示指示的呈現應連結中高齡者的生活經驗，或輔以文字說明或語音指示，以提高圖示的指示效果，也可避免誘發錯誤操作。例如圖三中的步驟1「於標價圖尋找目的地票價」，操作指示以手指觸碰光暈圓圈代表觸碰螢幕，但其隱喻性（metaphor）卻難以與中高齡者的生活經驗產生連結，便容易誘發使用者產生直接觸碰步驟圖示的錯誤行為。若在購票操作過程中有取票的示意圖，應呈現實體票券樣式，而非線條圖示（如圖三與圖五），讓使用者能預期將取得的票券樣式，協助使用者辨別是否購票成功。而對於視覺功能漸漸退化的中高齡使用者來說，語音指示的輔助相當重要，若能於操作全程皆提供語音指示應有幫助，但也需評估如何為慣用語言不同的使用者提供語言選擇。

二、購票介面

本研究將購票介面的設計準則分為資訊設計與回饋機制設計兩方面進行說明。在資訊設計上，能讓使用者迅速理解必要的資訊（perceptible information）是通用設計的原則，能使操作更加容易。所以資訊的呈現應根據其重要性來安排，並以多元化的手法傳達必要的資訊。而不必要的資訊應去除，以降低操作過程中的認知負荷，避免引發錯誤的操作行為。根據研究結果，發現通過操作指示的系統首頁後，使用者將在購票輸入介面（圖八）與購票資料介面（圖五）進行操作。使用者在購票輸入介面操作錯誤歸因於必要資訊的設計不良，即操作指示設計不當，使大多數的使用者出現先投幣再購票的錯誤操作行為，由此可見操作指示設計對自動售票機系統設計之重要性，可依前一節建議之設計準則加以改善。而觀察在購票資料介面操作錯誤的原因，則包括整體資訊設計與配置不佳，這將提升操作困難。例如在本研究的案例中，購票選擇後的介面同時呈現步驟說明與圖示、已選擇的票價、已購買張數、已發售張數以及應付與已付金額，複雜的資訊讓使用者感到困惑，且已選擇的票價、已購買張數、已發售張數以按鍵符號呈現（圖五），更導致使用者認為需重複進行購票操作，延長操作時間。在此例中，建議在呈現購票資料時應該簡化介面資訊、避免使用具觸控暗示之符號以避免混淆，並可配合語音操作指示，將能提高中高齡使用者的購票效率。

在系統回饋機制上，自動服務科技若能有效提供操作回饋，將能使操作更簡易且直觀（simple and intuitive use）。多元化的回饋機制也可協助使用者更快理解必要資訊，提升操作績效。在視覺上，可透過強烈的顏色變化增強使用者的注意力，例如在本研究中，按鍵觸控後雖有顏色變化（圖八），但對於視覺功能退化的中高齡使用者而言，應提高顏色變化的對比度。在聽覺上，應以中高齡者熟悉的語言複誦操作行為或說明操作結果，並避免使用短促高頻的回饋。如在本研究案例中，購票完成時的回饋須更加直

臺灣大學學術期刊資料庫



圖八　按鍵觸碰後轉為深黃色

接，以符合以往使用經驗，例如於介面上僅顯示：謝謝光臨，或語音提示：為您服務是我們的榮幸。在觸覺上，按鍵設計建議以凸型觸覺符號呈現較有助於辨識，且需注意按鍵尺寸應大於手指面積，以避免觸控時手指阻擋操作視線，並增加低赫茲的震動回饋。

本研究為一探索性研究，在研究方法上，採用層級任務分析（HTA）與人因失效模式與效應分析（HFMEA）等方法搭配觀察與訪談，選取中高齡者為受試者，研究結果可提供中高齡者之通用設計自動服務系統之設計參考依據。其中層次任務分析法可讓任務的操作流程被明確定義，而進一步結合HFMEA過程中的人因失效分析，推論出更多操作失誤的可能，使後續的操作觀察能更詳盡。這些方法為介面使用行為研究中重要之分析方法，但國內學者較少使用，本研究應可作為未來類似研究選用研究方法時之重要參考。由於環境限制因素，本研究在研究對象的選取方面乃是由研究者主觀篩選被觀察者與受訪者，因此也是本研究一項主要限制，建議未來研究可採用更系統化與客觀方法進行研究對象的篩選。同時也建議未來研究可進一步進行實驗設計，或可嘗試以驗證改善準則是否實際符合使用者之需求。

參考文獻 References

內政部戶政司（2013）。*人口政策白皮書*。檢自http://www.ris.gov.tw/zh_TW/c/document_library/get_file?uuid=6ef3e274-b225-4b21-bcb2-5a24a03f562f&groupId=10157【Ministry of the Interior, Department of House Registration. (2013). *Population policy*. Retrieved from http://www.ris.gov.tw/zh_TW/c/document_library/get_file?uuid=6ef3e274-b225-4b21-bcb2-5a24a03f562f&groupId=10157 (in Chinese)】

內政部統計處（2010）。*老人狀況調查結果摘要分析*。檢自http://sowf.moi.gov.tw/stat/Survey/98old.doc【Ministry of the Interior, Department of Statistics. (2010). *[Lao ren zhuang kuang diao cha jie guo zhai*

臺灣大學學術期刊資料庫

yao fen xi]. Retrieved from http://sowf.moi.gov.tw/stat/Survey/98old.doc (in Chinese)】

行政院勞工委員會（2013）。*101年中高齡（45～64歲）人力資源統計提要分析*。檢自http://www.mol.gov.tw/upload/cht/attachment/5eb8a6442a7ecaae78bff037d4c31f52.pdf【Executive Yuan, Ministry of Labor. (2013). *[101 nian zhong gao ling (45-64 sui) ren li zi yuan tong ji ti yao fen xi]*. Retrieved from http://www.mol.gov.tw/upload/cht/attachment/5eb8a6442a7ecaae78bff037d4c31f52.pdf (in Chinese)】

何詩慈、黃久秦（2006）。女性抗老研究－年紀大的女性，較在意外表老化嗎？*美容科技學刊，3*(2)，51-70。【He, Shi-Tsi, & Huang, Chiu-Chin (2006). Women's attitude and behaviors toward anti-aging - Does age make a difference? *The Journal of International Esthetic Science, 3*(2), 51-70. (in Chinese)】

李惠麗（2005）。*臺北大眾捷運系統自動售票機全適化設計研究*（未出版之碩士論文）。國立臺北科技大學，臺北市。【Li, Hui-Li (2005). *An inquiry into the universal design principles to the automatic ticket issuing machines of Taipei Mass Rapid Transit System* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Technology, Taipei. (in Chinese)】

李傳房（2006）。高齡使用者產品設計之探討。*設計學報，11*(3)，65-79。【Lee, Chang-Franw (2006). Approaches to product design for the elderly. *Journal of Design, 11*(3), 65-79. (in Chinese)】

李傳房、郭辰嘉（2004）。高齡者使用小型觸控式螢幕之研究。*設計學報，9*(4)，45-55。【Lee, Chang-Franw, & Kuo, Chen-Chia (2004). A study on the operation of the elderly for a small touch-screen. *Journal of Design, 9*(4), 45-55. (in Chinese)】

周蓓珍（2009）。*以通用設計探討中高齡者ATM操作之介面設計研究*（未出版之碩士論文）。大同大學，臺北市。【Chou, Pei-Chen (2009). *The research of ATM interface design for middle-aged from the universal design* (Unpublished master's thesis). Tatung University, Taipei. (in Chinese)】

岳修平、楊燿州、陳俊宇、李宜儒、周彥良、呂姿儀、徐暐智（2010）。高齡者使用數位化產品之使用性初探研究－以「智慧藥盒與服藥提醒系統」為例。*理工研究學報，44*(1)，35-49。【Yueh, Hsiu-Ping, Yang, Yao-Joe, Chen, Jun-Yu, Lee, Yi-Ru, Chou, Yen-Liang, Lu, Tzu-Yi, & Hsu, Wei-Chih (2010). A usability study of elders use of digital products: Smart pill box system. *Journal of Scientific and Technological Studies, 44*(1), 35-49. (in Chinese)】

財團法人資訊工業策進會（2008年6月27日）。*FIND十大關鍵科技化服務市場報告！！居家安控、遠距照護、NFC近距離無線感應應用－最具市場潛力！*檢自http://www.iii.org.tw/(X(1)S(by331puttb3hhp45j3xwno55))/m/News-more.aspx?id=466&AspxAutoDetectCookieSupport=1【Institute for

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

Information Industry. (2008, June 27). *[FIND shi da guan jian ke ji hua fu wu shi chang bao gao!! Ju jia an kong, yuan ju zhao hu, NFC jin ju li wu xian gan ying ying yong - Zui ju shi chang qian li!]* Retrieved from http://www.iii.org.tw/(X(1)S(by331puttb3hhp45j3xwno55))/m/News-more.aspx?id=466&AspxAutoDetectCookieSupport=1 (in Chinese)】

畢恆達（1996）。詮釋學與質性研究。在胡幼慧（主編），*質性研究－理論、方法及本土女性研究實例*（頁27-45）。臺北市：巨流。【Bih, Herng-Dar (1996). [Quan shi xue yu zhi xing yan jiu]. In You-Hui Hu (Ed.), *[Zhi xing yan jiu - Li lun, fang fa ji ben tu nu xing yan jiu shi li]* (pp. 27-45). Taipei: Chuliu. (in Chinese)】

蔡政霖、周峻忠（2008）。老年人從事阻力訓練的原則與處方。*體育學報，22*(4)，40-48。【Tsai, Cheng-Lin, & Chou, Chun-Chung (2008). [Lao nian ren cong shi zu li xun lian de yuan ze yu chu fang]. *Physical Education Journal, 22*(4), 40-48. (in Chinese)】

Adams, A. E., Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (2013). Skill components of task analysis. *Instructional Science, 41*(6), 1009-1046. doi:10.1007/s11251-013-9270-9

Ainsworth, L. (2001). Task analysis. In J. Noyes & M. Bransby (Eds.), *People in control* (pp. 117-132). London, England: Institution of Electrical Engineers. doi:10.1049/PBCE060E_ch8

American College of Sports Medicine. (2004). Position stand on the recommended physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*(11), 1985-1996. doi:10.1249/01.MSS.0000142662.21767.58

Annett, J., & Stanton, N. A. (2000). Research and developments in task analysis. In J. Annett & N. A. Stanton (Eds.), *Task analysis* (pp. 1-8). London, England: Taylor & Francis.

Bouma, H., & Graafmans, J. A. M. (1992). *Gerontechnology*. Amsterdam, Netherlands: IOS.

Ferreira, S. M., & Pithan, N. D. (2005). Usability of digital libraries: A study based on the areas of information science and human-computer-interaction. *OCLC System & Services, 21*(4), 311-323. doi:10.1108/10650750510631695

Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Czaja, S. J., & Sharit, J. (2009). *Designing for older adults: Principles and creative human factors approaches*. London, England: Taylor & Francis.

Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *Journal of Gerontology: Medical Sciences, 56*(3), 146-156. doi:10.1093/gerona/ 56.3.M146

General Motors Corp. (2008). *Potential failure modes and effects analysis (FMEA) reference manual*. Detroit, MI: AIAG.

臺灣人文學術期刊資料庫

Hawthorn, D. (2000). Possible implications of aging for interface designers. *Interaction with Computers, 12*(5), 507-528. doi:10.1016/S0953-5438(99)000 21-1

Kasper, B., & Scheiner, J. (2002). *Leisure mobility and mobility problems of elderly people in urban, suburban and rural environment: Preliminary results from the research project FRAME*. Paper presented at the 42nd Congress of the European Regional Science Association, Dortmund, Germany. Retrieved from http://www-sre.wu-wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa02/cd-rom/papers/264.pdf

Kausler, D. H. (1985). Episodic memory: Memorizing performance. In N. Charenss (Ed.), *Aging and human performance* (pp.101-136). New York, NY: John Wiley & Sons.

Kline, D. W., & Scialfa, C. T. (1997). Sensory and perceptual functioning: Basic research and human factors implications. In A. D. Fisk & W. A. Rogers (Eds.), *Handbook of human factors and the older adult* (pp. 27-54). San Diego, CA: Academic Press.

Korn, R. (1989). Introduction to evaluation: Theory and methodology. In D. Bery & S. Mayer (Eds.), *Museum education history, theory and practice* (pp. 219-238). Reston, VA: The National Art Association.

Lee, C. F., & Kuo, C. C. (2001). *A pilot study of ergonomic design for elderly Taiwanese people*. Paper presented at the 5th Asian Design Conference International Symposium on Design science, Seoul, Korea.

Liu, F., & Maitlis, S. (2010). Nonparticipant observation. In A. Mills, G. Durepos, & E. Wiebe (Eds.), *Encyclopedia of case study research* (pp. 610-612). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. doi:10.4135/9781412957397.n229

Merriam, S. B., & Caffarella, R. (1991). *Learning in adulthood*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Mills, S. (2007). Contextualising design: Aspects of using usability context analysis and hierarchical task analysis for software design. *Behaviour & Information Technology, 26*(6), 499-506. doi:10.1080/01449290600740835

Morrell, R. W., Mayhorn, C. B., & Bennett, J. (2000). A survey of World Wide Web use in middle-aged and older adults. *Human Factors, 42*(2), 175-182. doi:10.1518/001872000779656444

Namba, S., Sasaki, A., & Hosoito, T. (1995). Study of sound signal interface. *Toshiba Review, 55*(6), 471-474.

Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. In J. Carrasco & J. Whiteside (Eds.), *Proceedings of the ACM CHI 90 human factors in computing systems conference 1990* (pp. 249-256). New York, NY: ACM Press. doi:10.1145/97243.97281

Omdahl, T. P. (1988). *Reliability, availability, and maintainability dictionary*. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.

臺灣大學學術期刊資料庫

Opalinski, L. (2001). Older adults and the digital divide: Assessing results of a web-based survey. *Journal of Technology in Human Services, 18*(3), 203-221. doi:10.1300/J017v18n03_13

Passenger Focus. (2008). *Buying a ticket at the station*. Retrieved from http://www. passengerfocus.org.uk/research/publications/buying-a-ticket-at-the-station

Reagan, I. J., & Kidd, D. G. (2013). Using hierarchical task analysis to compare four vehicle manufacturers' infotainment systems. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2013 Annual Meeting* (pp. 1495-1499). Thousand Oaks, CA: Sage. doi:10.1177/1541931213571333

Riley, W. M., & Clausen, A. J. (1972). *A sociology of age stratification*. New York, NY: Russell Sage Foundation.

Schreder, G., Siebenhandl, K., Mayr, E., & Smuc, M. (2012). The ticket machine challenge: Social inclusion by barrier-free ticket vending machines. In E. F. Loos, L. Haddon, & E. A. Mante-Meijer (Eds.), *Generational use of new media* (pp. 129-148). London, England: Ashgate.

Sears, A. (1991). Improving touchscreen keyboards: Design issues and a comparison with other devices. *Interacting with Computers, 3*(3), 253-269. doi:10.1016/0953-5438(91)90016-U

Sharit, J. (2008). A methodology for promoting reliable human-system interaction. In B. K. Misra (Ed.), *Handbook of performability engineering* (pp. 641-665). London, England: Springer London. doi:10.1007/978-1-84800-131-2_40

Shepherd, A. (1998). HTA as a framework for task analysis. *Ergonomics, 41*(11), 1537-1552. doi:10.1080/001401398186063

Shepherd, A. (2000). HTA as a framework for task analysis. In J. Annett & N. A. Stanton (Eds.), *Task analysis* (pp. 9-24). London, England: Taylor & Francis.

Siebenhandl, K., Schreder, G., Smuc, M., Mayr, E., & Nagl, M. (2013). A user-centered design approach to self-service ticket vending machines. *IEEE Transactions of Professional Communication, 56*(2), 138-159. doi:10.1109/TPC. 2013.2257213

Stanton, N. A. (2006). Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. *Applied Ergonomics, 37*(1), 55-79. doi:10.1016/j.apergo.2005.06.003

Stanton, N. A., & Young, M. (1999). What price ergonomics? *Nature, 399*(6733), 197-198. doi:10.1038/20298

Subasi, O., Leitner, M., Hoeller, N., Geven, A., & Tscheligi, M. (2011). Designing accessible experiences for older users: User requirement analysis for a railway ticketing portal. *Universal Access in the Information Society, 10*(4), 391-402. doi:10.1007/s10209-011-0223-2

Yang, K., & El-Halik, B. (2009). *Design for six sigma : A roadmap for product development*. New York, NY: McGraw-Hill.

Yueh, H.-P., Lin, W., Lu, T. Y., & Chou, Y. L. (2013). Examining older users'

臺灣大學學術期刊資料庫

performance on and preference for menu designs of digital photo frames. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 14*(3), 273-289. doi:10.1080/1463922X.2011.617113

（投稿日期Received: 2014/12/17　接受日期Accepted: 2015/2/26）

臺灣大學學術期刊資料庫