

給電梯一個大腦——電梯邏輯之研究

高中組應用科學科第三名

臺北市立建國高級中學

作者：蔡彰豪、高榮駿、林肇基

指導教師：林祢堂

一、研究動機

「搭電梯」已經成為日常生活的一部份：從走出家門、進入辦公室、出外洽公、甚至停車塔內，無一處不使用電梯，但是您可能會對電梯的「不夠聰明」感到不耐。舉例說：明明電梯內已經擠滿了人，但它還是一層層地開門接客；明明只差幾步就可跨進電梯，但它還是無情地閉門而去。一般人可能認為這個情況並無法改善……。

美國奧的斯電梯公司（Otis Elevator Co.）為此利用「模糊邏輯」（Fuzzy Logic）及「神經網路」等形式的人工智慧，重新設計電梯的邏輯控制，使其提供更好的服務。原本認為電梯的邏輯沒什麼好發展的我們也想嘗試看看，要如何改進電梯的效率。

二、研究目的

找出並改進現有之電梯邏輯，利用電腦作為實驗分析的工具，針對各種搭乘電梯的情況進出評估，找出更有效率的邏輯控制，嘗試設計出一套能夠「自我學習」「自我成長」的電梯控制系統，以減少人們「等待電梯」、「搭乘電梯」的時間。

三、研究設備器材

- (一)硬體環境：INTEL i486DX-33, 8MB RAM
- (二)作業系統：Microsoft MSDOS 5.0
- (三)程式語言：Turbo Pascal 6.0

四、研究過程摘要

- (一)分析現有之電梯邏輯。
- (二)探討如何預測搭乘者所在之樓層的方法，做為日後電腦分析的架構。
- (三)利用個人電腦及Turbo Pascal語言進程式設計。

五、研究結果

程式設計與執行結果

(一)建立程式基本架構

程式之基本架構由下列四項構成：

- 1.模擬器：模擬器為整個電梯架構的核心，也就是整個程式的總控制台。
- 2.事件佇列：在電梯系統中包含有數種事件，如：搭乘事件（人搭乘電梯）、移動事件（移動電梯的位置）、門的事件（改變電梯門的開關）。事件的共同特徵是都具有一個唯一的發生時間，而事件佇列是一個能自動依發生先後排序功能的佇列，記錄未發生的事件。
- 3.電梯集合：電梯集合顧名思義包含了許多電梯，而電梯其實也是一種搭乘事件的集合，也就是正在電梯中的人。
- 4.樓層集合：與電梯集合相似，樓層集合包含了許多樓層，每一層樓也分別是一個搭乘事件的集合，也就是正在該樓層等待電梯的乘客。

在這個架構之下，所有的動作皆由「事件」的方式來完成：

- 1.搭乘事件：「乘客搭乘電梯」這個動作被稱之為一個搭乘事件。當程式開始執行時，在資料庫中所有的事件會被讀取至事件佇列中。當時間到達時，這個搭乘事件被搬移至它的來源樓層。當電梯將它接走時，又被搬移至電梯中，而在到達目的地後移出本系統。
- 2.移動事件：命令電梯向上／下移動一層的動作稱之為一個移動事件。
- 3.門的事件：控制電梯門開／關的事件稱之為門的事件，如果電梯決定要開門，就會發出一個開門事件，在兩秒鐘後事件發生時，門就會被打開。

(二)建立人工智慧電梯

只需要改變電梯的決定程序，其餘一切不變即可。在人工智慧電梯的決定程序中列入了十一項「參數」，決定這台電梯對每一層樓的分數，並且以分數最高的樓層為電梯的目的地。

每一項分數的比重都不一樣。也就是說每一項給分的重要性皆不相同，如果比重是零則表示該項分數毫無重要性，可以刪除。因此，我們若要使某一項參數不發揮作用，則將該參數的比重調整為零即可。

(三)人工智慧

在以配分法為中心的人工智慧裡，最常被使用的方法就是「爬山法」（Hill-Climbing），我們可以想像橫軸為參數值，縱軸高度為在該值下乘客所需的總時間（等待時間加上搭乘時間），因此，改變參數值的結果可以得到不同的「海拔高

度」，海拔越低的地方，也就是山谷的地方，電梯的表現越好，因此若能找到谷底，也就找到一個最佳值了。

爲了以較客觀的數據來進行調整，我們讓電梯系統在每經過一天之後才進行一次演進，雖然所需時間較長，但可增加實驗的準確度。在目前的程式中，先以20%爲調整幅度，並以絕對值的大小爲調整順序的依據，當該項參數 $\pm 20\%$ 處的結果都較不理想時，才調整下一項參數。如果所有的參數皆經過20%的考驗，則降低調整幅度爲10%。如果該項參數值與調整幅度的乘積不到0.01則不再調整以節省時間，若所有的參數都足夠精密，則再回到20%進行下一個循環。

(四)增加資料數量

因爲原來的400筆資料庫，無法精密的反應出兩種不同電梯的好壞，且我們推測在利用頻率不高的情況下人工智慧電梯較不易表現出它的優點（或說傳統電梯的缺點不易顯現），因此再製作出一個含有2000筆資料的模型進行測試。

(五)檢討程式中使用的參數

雖然在參數表中有「順向」及「有人」兩項參數，但卻沒有「順路」的參數，也就是說：

如果我們現在有兩項參數A與參數B，在它們分別成立時可以獲得n分及m分的效應。但在A與B同時成立時，所獲得的效應不只是 $n+m$ 。

也就是說，單純的列入基本參數（元素），而不列入組合參數（化合物）的配分表，並不能完全正確的控制電梯的運作，進一步分析可以發現：

當A與B兩項參數相依時，同時發生產生的效應會較大於 $n+m$ 。

當A與B兩項參數互斥時，同時發生產生的效應會較小於 $n+m$ 。

因此，我們重新檢討基本參數的項目，以及組合參數的選擇。

(六)再建立一新電梯，使用14項參數。

在討論過新的參數表後，即據此建立一台新的電梯，新的參數表內容如下：

- 1.該樓層是否電梯內的人的目的地；
- 2.該樓層是否有人的等電梯；
- 3.該樓層在電梯的運動方向；
- 4.該樓層在電梯所在的位置；
- 5.該樓層在電梯的遠離方向；
- 6.該樓層與電梯的距離；
- 7.該樓層是否有乘客可順路載送；
- 8.其他電梯的運動的方向；
- 9.其他電梯所在的位置；

- 10.其他電梯的遠離方向；
- 11.其他電梯與該樓層的距離；
- 12.該樓層是否有乘客對其他電梯是可順路載送的；
- 13.其他電梯對該樓層的給分；
- 14.區域趨勢。

其中，順路的意義是：「在電梯的運動方向上」，且「該層樓有乘客欲前往的方向與電梯的運動方向相同」。初步測試的結果發現，加上了「順路」因素的電梯，的確可以提高效率。不敢加太多參數的原因的是擔心模擬的時間會拉長太多。

(七)測試結果

測 試 環 境		所 需 時 間 總 和 (單 位 : 秒)		
資 料 數 量	電 梯 數	傳 統 電 梯	人 工 智 慧 電 梯	進 步 幅 度
400	1	96.57357	88.49377 *	8.37 %
400	2	72.39152	62.64339 *	13.47 %
400	3	63.29177	55.03990 *	13.04 %
400	4	58.36409	51.93267	11.02 %
400	5	55.30923	49.66833	10.20 %
400	6	54.17456	49.11222	9.34 %
400	7	52.29676	47.80299	8.59 %
400	8	51.69576	47.28678	8.53 %
400	9	51.16459	47.07481	7.99 %
1000	1	123.51600	121.88100	1.32 %
1000	2	87.48200	80.09700	8.44 %
1000	3	72.77000	64.73000	11.05 %
1000	4	64.99600	58.78800	9.55 %
1000	5	61.16700	55.24600	9.68 %
1000	6	56.98600	53.75700	5.67 %
2000	1	156.70680	156.69380 *	0.01 %
2000	2	110.39820	101.25210 *	8.28 %
2000	3	93.16933	82.83648 *	11.09 %
2000	4	82.16207	73.65264	10.36 %

- 僅有標「*」號者經過完整的人工智慧程序，其餘因運算時間不足，僅使用預設值執行。

由以上的結果我們可以發現，在四百筆資料時，隨著電梯數量的增加，所需的時間也隨之減少，但三台人工智慧電梯的表現比五台傳統電梯的表現為佳，則是我們始料未及的。在兩千筆資料時，我們發現若僅有一台電梯時，傳統電梯與人工智慧電梯相差無幾，而增加到兩台電梯時，人工智慧電梯就表現得比傳統電梯好多了。我們由此發現電梯的數量與資料量的相關性極高。

六、討論

(一)在研究開始時，我們先探討了「一般型」電梯難以克服的現象，以下舉出兩個例子：

- 1.若有一搭乘者位於十六層大樓之五樓，欲往下行至一樓，但六至十樓有許多乘客也要到一樓，那每一班由上而下的電梯經過五樓時，皆已客滿，五樓的乘客可能會等很久。
- 2.若在十六樓與四樓各有一名乘客要下至一樓，傳統型的電梯會先至十六樓再回四樓，但事實上可派兩部電梯，一部向十六樓，一部向四樓。如此不但十六樓的乘客不必在四樓稍等，四樓的乘客也省下了更多時間！

(二)目前有關電梯方面的資料極少，無法找到搭乘狀況的樣本，卻也沒有能力在大樓的每一層，派一位記錄員全天記錄乘客的「搭乘時間」、「目的樓層」等資料，故只能以預測之方式建立一樣本，以供模擬之用。

(三)在人工智慧電梯表現得比傳統電梯更為優秀之後，我們仍然覺得效率的提昇不夠顯著。由於程式的運作沒有錯誤，因此可以朝兩個方向再改進：

- 1.參數數量：目前的十四項參數可能不足，有許多可能有效的參數皆應列入，如果電腦的執行速度夠快，長期的演化之後，一些無用的參數值會逐漸趨近於零，不發揮作用。
- 2.如果在現有的模擬系統裡，在每個樓層的按鈕上，加上何時開始等待的計時器，則可優先服務等得較久的人，可能可以減少等待的時間。
- 3.如果將現有的電梯硬體改變，將每層樓外的上 / 下按鈕改為直接輸入目的樓層，則電梯的運作決定程序將會因為資訊的增加，而能夠在更短的時間內將乘客送達目的地。
- 4.人工智慧的演化法：爬山法只是人工智慧中較簡單的一種方法，在詳讀人工智慧（Rich，1991）一書後，發現了許多可能更有效率，更有可能大幅改進

的方法，如使用基因演化之方式等。如果還有時間希望能夠以各種人工智慧演化法分別建立電梯，並試著以此比較各種人工智慧方式的優劣。

(四)每一項參數並不是獨立的，因此目前一次只調整一項的一人工智慧可能不容易找到整體性的最佳參數。而在組合參數方面，如果讓電腦自行演化所有的一階組合參數（由兩個基本參數構成），可能需要再多花費數倍，甚至數十倍的時間，才能演化出優秀的電梯。但如果由人腦決定加入哪些組合參數，雖然較省時間，似乎又有欠公平。

七、結論

(一)在經過長時間的執行後，使用人工智慧電梯的確表現得比傳統電梯好，平均可以節省10%的時間，完全證明了傳統電梯之缺點。

如果將資料數量、電梯數量依現實狀況適度增加，運算的速度再加快，預計將可更明顯地看出人工智慧電梯的優異。

(二)由結果可以發現，增加電梯數量可以有效的減少人們搭乘的時間。在每天四百人次搭乘電梯時，兩台人工智慧電梯的表現甚至比三台傳統電梯的表現來得好。

(三)我們也可以利用這個模擬系統，來尋找載客人次、樓層數、電梯數量之間的最佳平衡。

(四)如電梯這一類安排路線，運轉時間的問題，在生活中還有許多例子，如：公車路線的規劃，火車班次的發車時間、停靠站、行駛速度、多工作業環境下的時間規劃、硬式磁碟機磁頭的路線安排等，皆是同一類的問題。一般大眾多數未曾想過這些交通工具可能浪費了許多時間在互相等待上，也許重新安排的結果能夠節省一些硬體的經費，也許可以節省燃料的使用，這些問題都可以再深入研究。

八、參考資料及其它

(一)王寵（1993），幫電梯裝個大腦如何？

經濟日報——經濟雜誌週刊，第四版 82年10月17日～10月23日 / 第277期

(二)Turbo Pascal

—User's Guide —Programmer's Guide

—Turbo Vision Guide —Library Reference

Borland International Inc., 1990

(三)Elaine Rich, Kevin Knight (1991), Artificial Intelligence

評 語

- 1.對於智慧型電梯的控制做了深入且完整的探討。
- 2.具有了符合人工智慧研究的方法及科學態度。特別是資料庫的建立，作者顯現了優秀的思考力，做資料模擬。
- 3.作者對作品的表達十分清楚，電腦操作熟練。
- 4.具有實用的價值（特別是多部電梯運轉的智慧型控制）。