

核子工程與科學研究所研究生畢業論文格式規範

99年8月25日所務會議通過

106年9月12日所務會議通過

一、論文次序：

- (一)封面。
- (二)論文授權書(線上建檔完成印製)。
- (三)論文指導教授推薦書、學位考試委員審定書。
- (四)摘要(中文、英文)。
- (五)序言或誌謝詞。
- (六)目錄、表目錄、圖目錄。
- (七)符號說明(可免)。
- (八)論文正文。
- (九)參考文獻。
- (十)附錄(可免)。
- (十一)封底。

二、論文份數：

論文經學位考試委員審定後，應提繳完全相同之論文**兩冊**(平裝本)，一冊送本校總圖書館典藏、一冊繳交註冊組轉送國家圖書館。

三、封面：

格式如附件所示，碩士班為黃色、博士班為水藍色。

四、摘要：中、英文摘要應簡明扼要，包括：

- (一)論述重點。
- (二)方法或程序。
- (三)結果及結論，以不超過一頁為原則。

五、序言或誌謝詞：須另頁書寫。

六、目錄：

包括摘要、序言或誌謝詞、目錄、各章節之標題、參考文獻、附錄及其所在頁數，並應依次編排。表、圖目錄依序列出所有表、圖的標題與頁碼，表目錄在前，圖目錄在後。

七、編排：內容概以章節之項目順序編排，篇節分明。每一章由新頁開始編排。

八、紙張：論文除封底面用 150 磅模造紙外，均採用白色 A4 尺寸紙張(80 磅影印紙)。

九、字體：自左至右，電腦橫式打字排版，黑色標楷體(中文)與 Times New Roman(英文)12 點字型，標題字型可加大或粗體化，文內要加標點，全文不得塗污刪節。

十、版面：紙張頂、底端留邊 2.5 公分，裝訂側留邊 3 公分，非裝訂側留邊 2 公分，底端 1.5 公分處中央繕打頁次，雙面列印。

十一、論文正文：

(一)行距：**1.5倍行高**，章名下留雙倍行距。

~~(二)字距：中文為標準字距，每行最少32字；英文不拘。~~

(二)註腳：特殊事項及論點等，可使用註腳說明。註腳依順序編號，編號標於相關文字右上角。各章之內編號連續，各章之間不相接續。註腳號碼及內容應繕寫於同頁底端版面內，10點字型，與正文之間以橫線區隔，頁面不足可延用次頁底端版面。

(三)圖表：圖必須以儀器繪製或用照片(製版)，依序用號碼編示。表號及表名列於表上方，圖號及圖名列於圖下方，說明置於圖表下方。圖表編排可單獨一頁，或圖表文夾雜，依實際需要與指導教授討論後決定。

十二、頁次：

(一)摘要、序言或誌謝詞及目錄等，以 i, ii, iii, ... 等小寫羅馬數字連續編頁。

(二)論文正文、參考文獻及附錄，均以 1, 2, 3, ... 等阿拉伯數字連續編頁。

十三、參考文獻：

置於論文正文之後，另起新頁，頁次與本文接續。各類文獻格式如下：

(1)書籍：作者，書名，卷數，出版者，出版地，出版年，頁次。若書中各章節是由不同作者所寫，須加註章節名與編輯者。

(2)期刊論文：作者，“篇名”，期刊名，卷，發行年，頁次。

(3)會議論文：作者，“篇名”，會議(或論文集)名稱，編輯者(如無可免)，會議地名，國名，會議年，頁次。

(4)學位論文：作者，“篇名”，畢業校名，論文學位，畢業年。

外籍作者繕寫方式為名(縮寫). 姓；期刊名、書名為斜體字；中文篇名加「」號，西文篇名加“”。

十四、附錄：置於參考文獻之後，另起新頁，頁次與參考文獻接續。

十五、裝訂：論文本左端裝訂成冊，書背並標示如下：

國立清華大學
核子工程與科學研究所

碩(博)士論文(論文名稱)(畢業學年度之阿拉伯數字)(姓名)等字。

中文字體請用標楷體字型(黑色)，英文字形請用 Times New Roman 字型(黑色)
頂端留邊 1.5 公分，底端留邊 1 公分。

國立清華大學

碩士論文

利用蟻群最佳化演算法自動搜尋
沸水式反應器之升載路徑

Automatic Search of the Power Ascension Path for a
Boiling Water Reactor Using Ant Colony Optimization
Algorithm

所 別：核子工程與科學研究所

學號姓名：961503 顏維廷 Wei-Ting Yen

指導教授：林強 博士 Dr. Chiang Lin

中華民國九十八年七月

目錄

摘要	i
誌謝	v
目錄	vi
表目錄	ix
圖目錄	xi
第一章 緒論	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究方法及目的	3
第二章 文獻回顧	5
第三章 功率控制與運轉限制要求	6
3.1 反應度控制	7
3.1.1 控制棒	8
3.1.2 爐心流量	9
3.1.3 分裂產物—氙	11
3.2 控制棒序列	13
3.3 運轉限值	14
3.3.1 最大平均平面線性熱產生率	14
3.3.2 最大線性熱產生率	16

以
三
目
編
頁

以
1, 2, 3
編
頁

本研究主要使用蟻群最佳化演算法來搜尋電廠的升載路徑，本章先詳細說明此演算法的特性與演算方法。顧名思義，蟻群最佳化演算法即是以現實螞蟻的行為而得到靈感；藉由路徑與費洛蒙有限集合的建立、費洛蒙濃度與路徑挑選機率之間的關係、不斷更新費洛蒙濃度來達到傳遞各個路徑的優劣程度、以及為了避免盲目地搜尋而耗費許多時間，而有經驗法則的參數設定，讓整個演算法搜尋路徑的過程更加人性化，也更符合實際的狀況。詳細介紹蟻群最佳化演算法後，接著以旅行推銷員問題說明如何應用該演算法。

4.1 蟻群最佳化演算法

蟻群最佳化(Ant colony optimization, ACO)演算法，在 1990 初期由 Marco Dorigo [9] 及其團隊提出。其靈感來自於現實中蟻群覓食的行為，將此法利用人工蟻群(artificial ant colony)來模擬現實中螞蟻搜尋食物來源的行為與費洛蒙蹤跡之間的關係，並將其應用在尋找離散最佳化問題的近似解、連續最佳化問題的近似解及一些電信上重要的問題。

現實中，螞蟻如何能在食物來源與巢穴間找到最短的路徑？將螞蟻的覓食行為的動作大致分為下列幾個步驟：

1. 最初以隨機方法探勘巢穴周圍的環境。
2. 移動時，在地上留下費洛蒙的蹤跡。
3. 找到食物來源後，評估食物並帶一些回巢穴。
4. 回程中，螞蟻根據食物在地上留下相對應的費洛蒙，此費洛蒙將引導其他螞蟻找到食物來源。
5. 其後派出的蟻群選擇路徑時，根據機率選擇傾向選擇費洛蒙濃度較大的路徑。

以下用圖形來解釋上述的步驟，假設一模型中由兩個節點組成，即 v_s (螞蟻巢穴) 和 v_d (食物來源)； v_s 和 v_d 之間的路徑假設有 e_1 和 e_2 兩條， e_1 和 e_2 的路徑長度分別為 l_1 和 l_2 ，如圖 4-1 所示 [8]：

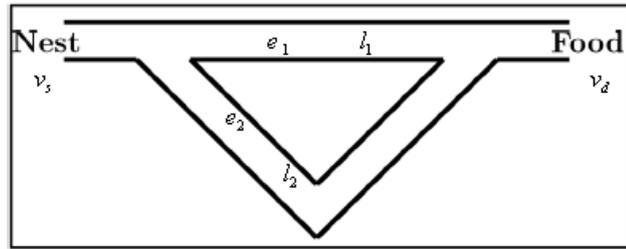


圖 4-1 基本模型

最初僅有背景費洛蒙，且其濃度於各路徑皆相同，故此二路徑被選取中的機率分別為 50%和 50%；因此一群螞蟻在經過路徑選取後，兩路徑上的螞蟻數量比例相等，如圖 4-2 所示：

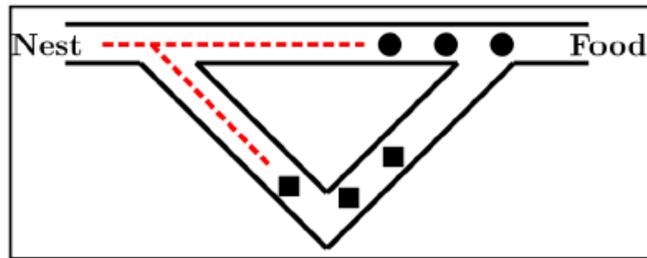


圖 4-2 背景費洛蒙濃度下的路徑選取

第一群螞蟻找到食物來源後，則攜帶食物回到巢穴，此時上方的路徑殘留有來時的費洛蒙，而下方僅有背景費洛蒙的濃度，如圖 4-3 所示：

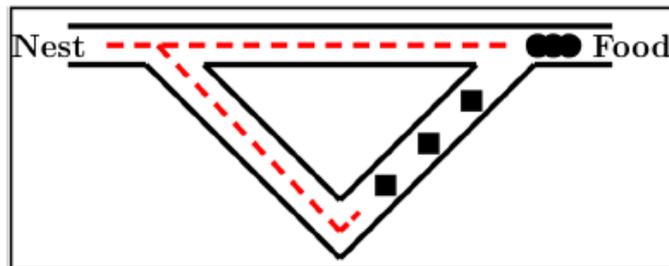


圖 4-3 由食物來源回到巢穴的路徑判斷

第一群搜尋到食物來源的螞蟻，在回程路徑上的選擇根據費洛蒙的濃度來決定，費洛蒙濃度愈高則表示被選中的機率愈大；因此選擇上方路徑的機率會高於選擇下方的路徑，如圖 4-4 所示：

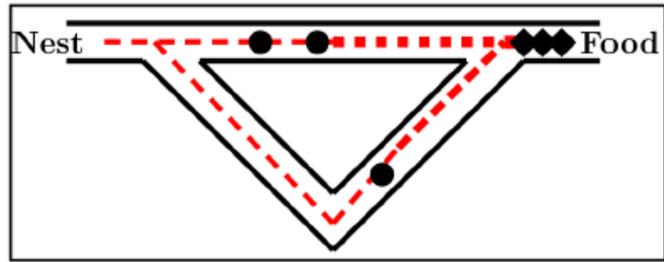


圖 4-4 回程路徑選取結果

當第一批蟻群完成搜尋後回到巢穴，則後續派出的蟻群則根據先前留下的費洛蒙濃度繼續對路徑的決定做機率性選取。在任何路徑上的費洛蒙濃度隨時間增加而下降；因此對於費洛蒙累積及揮發的總體效果而言，較短的路徑所能累積的費洛蒙濃度高於較長的路徑。如此下去，經過足夠長的時間¹便可搜尋到巢穴以及食物來源之間的最短路徑。

¹ 依費洛蒙濃度揮發情形而定

第五章 研究原理

本研究主要使用蟻群最佳化演算法來搜尋電廠的升載路徑，本章先詳細說明此演算法的特性與演算方法。顧名思義，蟻群最佳化演算法即是以現實螞蟻的行為而得到靈感；藉由路徑與費洛蒙有限集合的建立、費洛蒙濃度與路徑挑選機率之間的關係、不斷更新費洛蒙濃度來達到傳遞各個路徑的優劣程度、以及為了避免盲目地搜尋而耗費許多時間，而有經驗法則的參數設定，讓整個演算法搜尋路徑的過程更加人性化，也更符合實際的狀況。詳細介紹蟻群最佳化演算法後，接著以旅行推銷員問題說明如何應用該演算法。

4.2 蟻群最佳化演算法

蟻群最佳化(Ant colony optimization, ACO)演算法，在 1990 年初期由 Marco Dorigo 及其團隊提出。其靈感來自於現實中蟻群覓食的行為，將此法利用人工蟻群(artificial ant colony)來模擬現實中螞蟻搜尋食物來源的行為與費洛蒙蹤跡之間的關係，並將其應用在尋找離散最佳化問題的近似解、連續最佳化問題的近似解及一些電信上重要的問題。

現實中，螞蟻如何能在食物來源與巢穴間找到最短的路徑？將螞蟻的覓食行為的動作大致分為下列幾個步驟：

1. 最初以隨機方法探勘巢穴周圍的環境。
2. 移動時，在地上留下費洛蒙的蹤跡。
3. 找到食物來源後，評估食物並帶一些回巢穴。
4. 回程中，螞蟻根據食物在地上留下相對應的費洛蒙，此費洛蒙將引導其他螞蟻找到食物來源。
6. 其後派出的蟻群選擇路徑時，根據機率選擇傾向選擇費洛蒙濃度較大的路徑。

以下用圖形來解釋上述的步驟，假設一模型中由兩個節點組成，即 v_s (螞蟻巢穴)和 v_d (食物來源)； v_s 和 v_d 之間的路徑假設有 e_1 和 e_2 兩條， e_1 和 e_2 的路徑長度分別為 l_1 和 l_2 ，如圖 4-1 所示。最初僅有背景費洛蒙，且其濃度於各路徑皆相同，故此二路徑被選取中的機率分別為 50%和 50%；因此一群螞蟻在經過路徑選取後，兩路徑上的螞蟻數量比例相等，如圖 4-2 所示。第一群螞蟻找到食物來源後，則攜帶食物回到巢穴，此時上方的路徑殘留有來時的費洛蒙，而下方僅有背景費洛蒙的濃度，如圖 4-3 所示。第一群搜尋到食物來源的螞蟻，在回程路徑上的選擇根據費洛蒙的濃度來決定，費洛蒙濃度愈

高則表示被選中的機率愈大；因此選擇上方路徑的機率會高於選擇下方的路徑，如圖 4-4 所示。當第一批蟻群完成搜尋後回到巢穴，則後續派出的蟻群則根據先前留下的費洛蒙濃度繼續對路徑的決定做機率性選取。在任何路徑上的費洛蒙濃度隨時間增加而下降；因此對於費洛蒙累積及揮發的總體效果而言，較短的路徑所能累積的費洛蒙濃度高於較長的路徑。如此下去，經過足夠長的時間²便可搜尋到巢穴以及食物來源之間的最短路徑。

² 依費洛蒙濃度揮發情形而定

圖表單獨一頁
圖文不夾雜

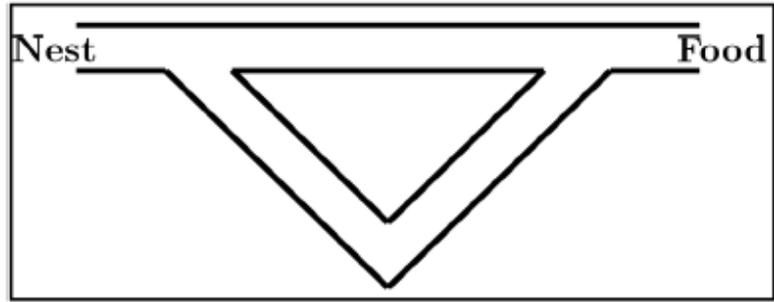


圖 4-1 基本模型

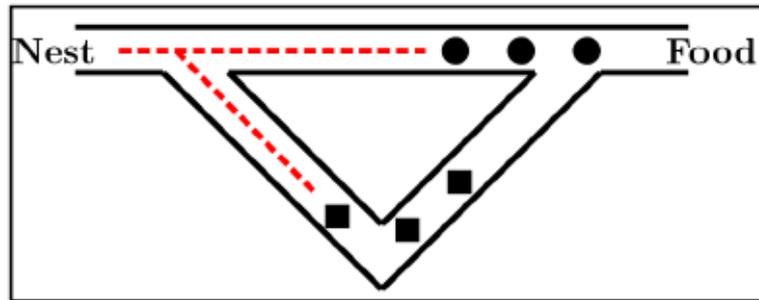


圖 4-2 背景費洛蒙濃度下的路徑選取

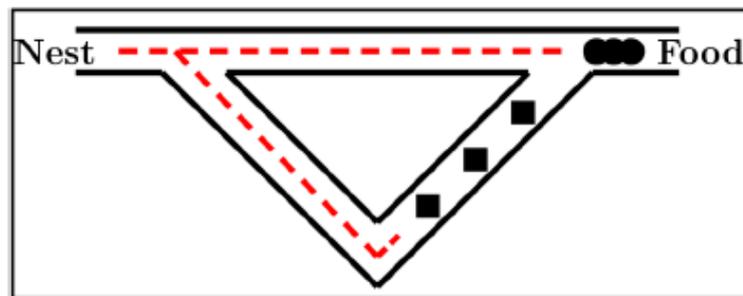


圖 4-3 由食物來源回到巢穴的路徑判斷

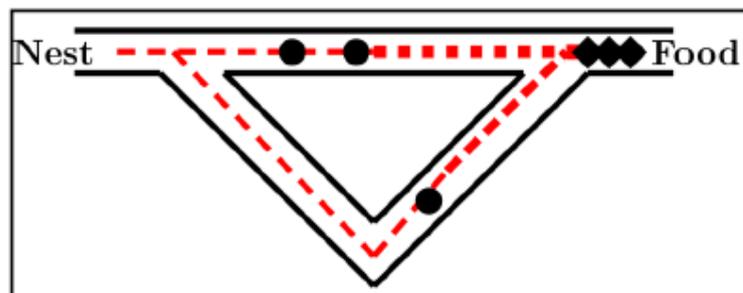


圖 4-4 回程路徑選取結果

參考文獻

期刊名、書名為斜體

1. 書籍：作者，書名，卷數，出版者，出版地，出版年，頁次。

沈芝慎、劉祖亮，洞悉 *UNIX* 入門篇，和碩科技，台灣，中華民國八十四年

S. Benita, *Microencapsulation: Methods and Industrial Application*, Dekker, New York, 1996

U. Hafeli, Magnetic Substances and Externally Applied Fields in *Magnetism in Medicine: A Handbook*, edited by W. Andra and H. Nowak, Wiley-VCH, Berlin, 1998

英文篇名用“”，中文篇名用「」，正體字

2. 學位論文：作者，「篇名」，畢業校名，論文學位，畢業年

李綺思，「結合基因演算法及類神經網路自動搜尋沸水式反應器升載路徑之研究」，

國立清華大學工程與系統科學所，博士論文，中華民國九十六年

期刊名為斜體字

3. 期刊論文：作者，“篇名”，期刊名，卷，發行年，頁次

J. Farquhar, J. Savarino, S. Airieau, *J. Geophys. Res.* 106, 32829, 2001

T. Tsuchiya, O. Tabata, J. Sakata, Y. Taga, “Specimen Size Effect on Tensile Strength of Surface Micromachined Polycrystalline Silicon Thin Films”, *J. Microelectromech. Syst.*, vol. 7, pp. 106-113, 1998

4. 會議論文：作者，“篇名”，會議名稱，會議地名，國名，會議年，頁次

邱太銘，「臺灣再生能源發展概況」，2008 兩岸能源、環境及經濟整合評估模型之理論與實務研討會，行政院原子能委員會核能研究所，台灣，中華民國九十七年

論文左側裝訂書背：如下圖範例所示

國
立
清
華
大
學
核
子
工
程
與
科
學
研
究
所

碩
士
論
文

符
合
反
符
合
核
輻
射
偵
測
系
統
數
位
化
研
究

∞

王
志
明