



國立高雄應用科技大學  
企業管理系  
高階經營管理研究所  
碩士論文

AHP 探討液化天然氣(LNG)接收站廠址選擇之研究

Using Analytic Hierarchy Process Approach for  
Liquefied Natural Gas Terminal Sites Selection

研究生：吳義芳

指導教授：余銘忠 博士

中華民國 102 年 6 月

# AHP 探討液化天然氣(LNG)接收站廠址選擇之研究

## Using Analytic Hierarchy Process Approach for Liquefied Natural Gas Terminal Sites Selection

研究生：吳義芳  
指導教授：余銘忠 博士

國立高雄應用科技大學  
企業管理系高階經營管理研究所  
碩士論文

A Thesis  
Submitted to  
**Institute of Executive Master of Business Administration**  
**Department of Business Administration**  
**National Kaohsiung University of Applied Sciences**  
**In Partial Fulfillment of Requirements**  
**For the Degree of Master of Business Administration**

June 2013  
Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國 102 年 6 月

# AHP探討液化天然氣(LNG)接收站廠址選擇之研究

學生：吳義芳

指導教授：余銘忠

國立高雄應用科技大學高階經營管理研究所

## 摘要

由於天然氣蘊藏量豐富、環保、安全又經濟，已成為能源主流，但為了儲存與運輸，必須建造液化天然氣接收站與氣化站等設施。但過去廠址選擇主要考慮民眾的抗爭，供氣的急迫性及政策等關鍵因素。如何藉由科學的研究方法，找出關鍵因素成為本研究的主要動機。本研究採分析層級程序法(Analytic Hierarchy Process)進行，先透過專家會議確認目標層級架構，再進行專家問卷，以找出關鍵因素之權重及重要性順序。

本研究之專家問卷分為整體評估組、規劃設計專家組、建造維護專家組、生產操作專家組、工安環保專家組、船務港務專家組及其他專家組。以整體評估組之研究結果，發現影響廠址選擇之四個構面中關鍵構面為經濟面與工安保全面。在十九個因素對廠址選擇影響之研究上，發現前五個關鍵因素及重要性順序為(1)建廠成本、(2)運輸成本、(3)專用港口、(4)環境敏感區域衝擊程度、(5)可靠泊船型大。

在整體評估組與不同專家分組的評估結果，發現各專家群組有專家偏好，尤其在工安環保專家與規劃設計專家群組特別明顯，同時由高階主管群組的評估結果，發現對總體的權重與重要性順序影響相對顯著，可以提供未來廠址選擇之參考。

**關鍵字：**液化天然氣、液化天然氣接收站、分析層級程序方法、廠址選擇

# Using Analytic Hierarchy Process Approach for Liquefied Natural Gas Terminal Sites Selection

Student : Yi-Fang Wu

Advisor : Dr. Min-Chun Yu

Institute of Executive Master of Business Administration

National Kaohsiung University of Applied Sciences

## ABSTRACT

Natural Gas has become a major energy resource due to its abundant reserve, safety of use, friendly to environment, and economy. In order to store and transport the liquefied natural gas (LNG), terminals for reception and gasification must be build. Previous selection of LNG terminal sites has mainly focused on mitigating nearby habitant's protest, meeting gas supply schedule, and fulfilling energy policy. The study aims at using Analytic Hierarchy Process (AHP) to identify the decision structure to locate an appropriate LNG terminal in Taiwan.

In this study, experts familiar with LNG terminal operations are invited for focus group interview in order to determine the means objectives and evaluating attributes. The questionnaires of pairwise comparison are distributed to six groups of experts, namely planning and design group, construction and maintenance group, production and operation group, safety and environment group, shipping and port administration group, and not-in-the-above group. The results of AHP show that Economy as well as Safety and Security are the two most important objectives when all responds' opinions are taken into consideration. In addition, among the 19 attributes, facility cost, transportation cost, equipped with dedicated port, environmental impact, and port capacity.

It is also found that difference exists between the perceived importance among different expert groups. The difference is especially obvious between safety and environment group and planning and design group based on their dissimilar focus. The results are useful for the selection of LNG terminal sites in the future.



**Key words: Liquefied Natural Gas; LNG Terminal; AHP; Sites Selection**

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景

在經歷多次能源危機之後，全世界無不全力投入新能源的研究發展；如水能、風能、太陽能、生質能、再生能及氫能等。但是受制於經濟規模與生產成本，仍以核能、煤炭、原油及天然氣等傳統能源為主。但在 2011 年日本大海嘯所引起的福島核能電廠災變後，大量在現貨市場搶購液化天然氣，使得能源配置問題又成為各國關切的議題，尤其是天然氣能源。

以全球油氣蘊藏量分析，依據 BP Statistical Review of World Energy (June, 2011)顯示(表 1-1)，原油為 13,832 億桶，可再使用 46 年；煤炭為 860,938 百萬噸，可再使用 118 年；而傳統天然氣之蘊藏量為 187.1 兆立方米，約可再使用 58.6 年。另外再依據美國 AEO Early Release Overview 產能預測非傳統氣源頁岩氣(Shale Gas)，其蘊藏量可與煤炭相當。

表 1-1 全球油氣蘊藏量

地區	原油		天然氣		煤炭	
	億桶	使用年限	兆立方米	使用年限	百萬噸	使用年限
中東	7,525	81.9	75.8	>100	1,203	>500
亞太	452	14.8	16.2	37.0	265,843	57
北美	743	14.8	19.9	12.0	245,088	231
非洲	1,321	35.8	14.7	70.5	31,692	>500
中南美	2,394	93.9	7.4	45.9	12,508	148
歐洲蘇聯	1,397	21.7	63.1	60.5	304,604	257
總計	13,832	46.2	187.1	58.6	860,938	118

註：使用年限以當地區之使用量估計

資料來源：BP statistical review of world energy (2011)

以國際能源署(IEA)2010 年估計(圖 1-1)，至 2035 年全球總初級能源需求為

18,048 萬公噸油當量，平均年成長率為 1.44%。其中各能源比率，煤碳將由 27% 增加為 29.3%，石油則將由 33% 降為 27.8%，天然氣由 21% 增加為 22.4%。

單位:百萬噸油當量(MMTOE)

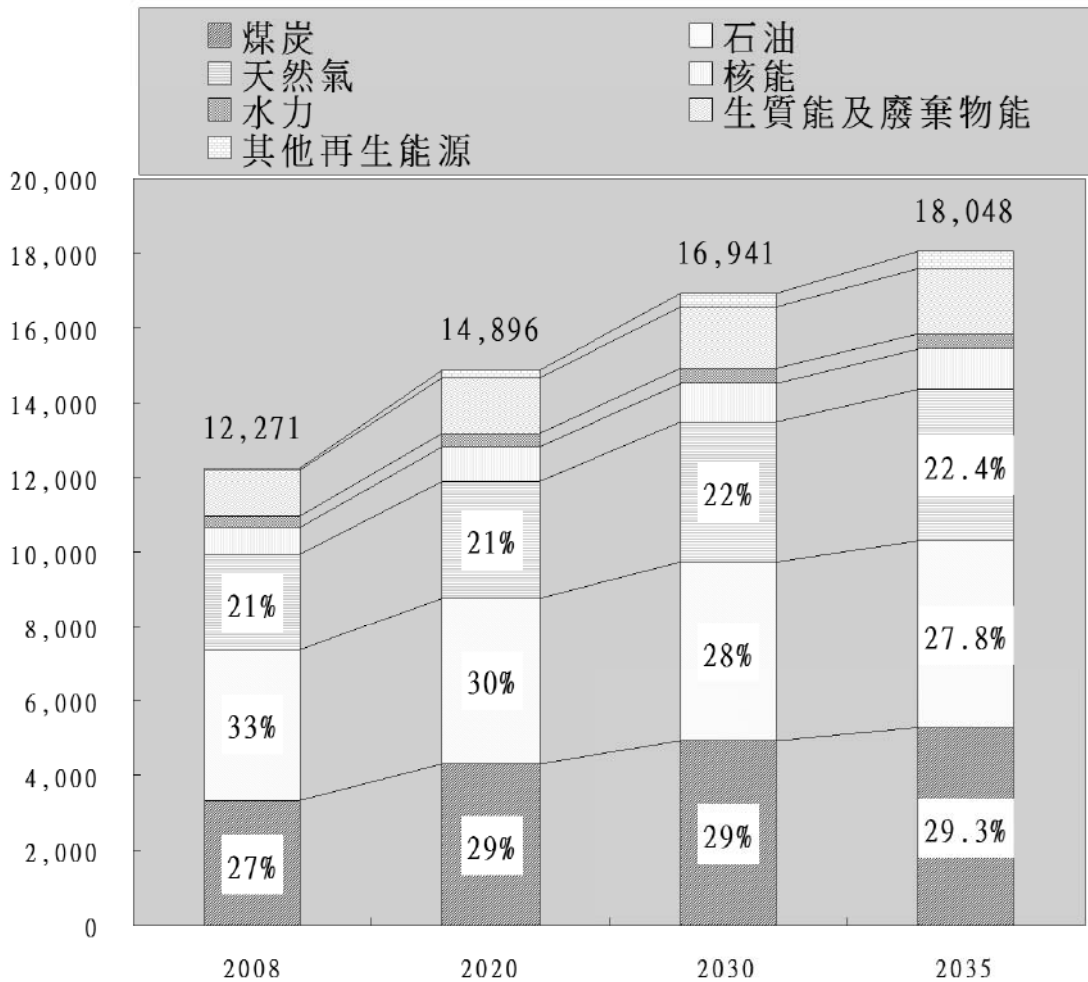


圖 1-1 全球能源需求

資料來源：IEA, World Energy Outlook (2010)

以環保角度探討，依據台灣電力公司民國 99 年統計年報及 2011 年永續報告書中，每生產一度電(KWH)，使用不同燃料所排放的二氧化碳分別為燃煤 0.924 公斤，燃油 0.796 公斤，燃燒天然氣只有 0.422 公斤。也就是天然氣排放的二氧化碳只有燃煤的 46%，燃油的 53%。從蘊藏量、環保、安全、的角度思考，天然氣確實為節能減碳最好的能源之一。

天然氣(Natural Gas)是存在於自然界中最基本的化石能源之一，它主要的組成為甲烷氣(CH<sub>4</sub>)，在常溫(25°C)及常壓(一大氣壓)下為氣態，在使用上非常方便，所以又被稱為自來瓦斯，也是化石能源的一環。

天然氣主要用於發電、工業原料及民生家用，但由於天然氣之組成主要為甲烷(CH<sub>4</sub>)氣體，在常溫下為氣態不利於儲存與輸送，必須加以冷卻至攝氏零下 162°C使成為液化天然氣(LNG)，在液化的同時可將體積縮小為六百分之一以利儲存與運送。

美國是最早開發 LNG 的國家，早在 1917 年第一座 LNG 工廠就開始操作，1941 年第一座商業化液化天然接收廠開始營運，1959 年第一艘 LNG 船正式運送大量 LNG,但由於能源充足而未加以持續引進。近年來，美國受能源價格飆漲及頁岩氣開發成功，已開始大規模建立接收站，2009 年底已完成 11 個接收站，目前興建中有 5 座，未來計畫中有 13 座。日本則是在 1969 年啟用第一座的 LNG 接收站，至 2010 年含正在興建中的接收站總計達 29 座，2011 年進口液化天然氣達 7800 萬噸，約占全球進口量的 31.6%，是全球最大進口國。如加上韓國 3600 萬噸、台灣 1200 萬噸等，亞洲國家之進口量佔全球進口量之 63.6%，另外目前大陸、印度也正如火如荼的興建接受站，未來也將是亞洲地區天然氣的主要市場，未來需求也將方興未艾。

台灣於 1981 年開始規劃進口液化天然氣，1984 年在高雄縣永安興建第一座 LNG 接收站，並於 1990 年開始商轉；初期年輸儲能力為 150 萬噸，經擴建後，2012 年已達 900 萬噸。另外為配合台電公司大潭電廠之用氣，又於 2004 年在台中港興建第二接收站，並於 2008 年開始商轉，期初供氣為每年 168 萬噸，至 2012 年卸收量已達 450 萬噸。

2006 年 12 月 5 日，台灣經濟永續發展會議中核定實施擴大國內天然氣使用



方案，規劃供需目標於 2010 年達 1050 萬噸，2020 年達 1600 萬噸，2025 年達 2000 萬噸。我國政府於 2011 年 11 月 3 日宣布新能源政策：「確保核安、穩定減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」。減核部分包括既有核能電廠不再延役、核四必須確保安全才能商轉，如核四兩部機組能於 2016 年前穩定商轉，核一將配合提前停轉。再生能源部分則為「推動千架海陸風力機」、「陽光屋頂百萬座」、預計於 2030 年再生能源總裝置容量達 12,502 MW，再生能源發電達 356 億度，占總發電裝置容量的 16.1%。而天然氣部分則是「促進低碳天然氣的合理使用以保障供電安全、建構智慧電網以及高效率電力系統、並擴張新能源及節能科技研發能量、擴展綠能產業發展」。因此，以目前二座 LNG 接收站之規模已經無法供應未來台灣天然氣的需求量，設置第三接收站有其必要性與急迫性。

## 第二節 研究動機

天然氣雖為潔淨能源，但液化天然氣接收站之廠址選擇涉及層面甚廣，如港口碼頭設施、海氣象條件、儲槽安全、交通運輸、產業聚落、土地與產能、擴建能力、社區量化風險、環境影響衝擊等。其中又以儲槽安全、環境影響衝擊、社會風險為最，因為一旦發生 LNG 外洩被火源引燃，極有可能產生擴散性液體蒸氣雲爆炸(BLEVE)，衝擊到鄰近設施與社區之範圍可能達到 3 公里以上。尤其在 2011 年 3 月 11 日日本發生大地震，引發海嘯造成福島核能發電廠之災變後，接收站廠址也成鄰避設施，民眾反對聲浪不斷。未來台灣天然氣的需求量，設置第三接收站雖有其必要性與急迫性，但反對聲浪將會不小。

危險設施如核能電廠、化學工廠、液化天然接收站、加油站、變電站等在建廠的決策過程中通常都採取風險分析(Risk Analysis)與政策分析(Policy Analysis)兩種分析工具(Kunreuthur et al., 1984)，風險分析用以估計災害發生的機率，但其估計結果常常誤差很大且不符合反對人士的期待。而液化天然氣接收站的設置會面臨政府政策及法律層面、經濟財務面、居民抗爭、環保團體的反對、及安全與

社會風險等問題。

美國西方液化天然氣公司(Western LNG Terminal)於 1974 年選擇三個經過聯邦電力委員會允許進行評估的天然氣接收站廠址。由於 LNG 為危險性氣體，一旦儲槽破損傾覆、瓦斯外洩，極有可能發生嚴重爆炸，這些地點又都面臨人口稠密的地區，與設廠有關的人士、團體分別委任分析小組進行評估，但不同小組的評估結果卻南轅北轍，造成決策的困擾、紛爭與衝突。以 The LNG Industry (2011) 統計資料，2011 年全球天然氣接收站總數為 46 個液化站及 91 氣化站。其廠址選擇都是考量港灣碼頭、遠離地震斷層帶及人口密集地區為優先。

但是，台灣地少人稠、優良港灣碼頭又是屈指可數、又處地震頻繁區域，可供選擇廠址非常有限。目前兩處廠址均位於中、南部，但市場卻大部分在中、北部，而興建第三接收站勢在必行。本研究是要利用針對該問題進行探討適合廠址選擇之決策方法，以提供未來接收站廠址選擇的決策參考。

### 第三節 研究目的

本研究期望藉助於國際上液化天然氣接收站或氣化站廠址選擇的技術面、法規面、社會面、經濟面、風險面、天然氣接收站設置等相關文獻收集，鄰避設施意涵研討、及區位選擇文獻探討，針對台灣天然氣接收站建廠之可行性評估報告與環境影響評估報告等進行天然氣接收站廠址之相關研究。

本研究採分析層級程序方法(Analytic Hierarchy Process, AHP)，透過專家問卷以找出天然氣接收站場址選擇之關鍵因素，其研究目的如下：

1. 探討天然氣接收站廠址選擇因素的目標層級架構。
2. 應用 AHP 計算各因素之權重，以找出關鍵因素。
3. 研究成果做為天然氣第三接收站廠址選擇之決策參考。

## 第四節 研究流程

本研究將以「分析層級程序法」(Analytic Hierarchy Process, AHP)的研究方法，並結合區位理論進行液化天然氣接收站廠址選擇決策研究。先透過專家問卷及訪談以建立總目標(Goal)、根本目標(Fundamental Objectives)及屬性(Attributes)或準則(Criteria)之相關層級架構。再經由專家問卷，將下一層級的任二個屬性，以上一層的屬性為目標分別評估其相對重要性兩兩比較以建立相對權重，建立成對比較矩陣，計算特徵質與特徵向量，並驗證其一致性後透過屬性權重計算進行方案選擇。本研究流程如圖 1-2 所示：

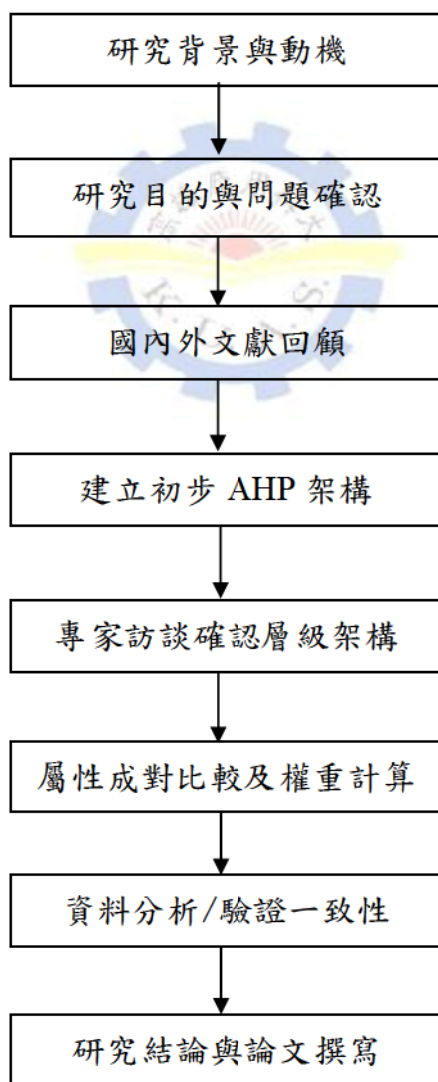


圖 1-2 研究流程

# 參考文獻

## 一、中文部份

1. 李健胡(2010)。美日中 LNG 接收站建設綜述。天然氣技術，4(2)，67-80。
2. 李健胡、蕭彤(2010)。日本 LNG 接收站的建設。加工利用，30(1)，109-113。
3. 黃營方、林文慶(2008)。以 AHP 法分析海生館委外經營模式之關鍵因素。工程科技與教育學刊，5(2)，200-222。
4. 余明助、李國慧、陳婉清等(2005)。以階層程序分析法探討中小企業開發成功關鍵因素研究。中華管理學報，6(4)，1-18。
5. 吳清松、石素娟(2007)。以 AHP 群體決策法選擇企業在特定區位之進入模式。交大管理評論，27(1)，195-219。
6. 林文淵、趙家民(2001)。垃圾焚化廠回饋金制度之探討。環境管理研究，9(2)，24-46。
7. 簡禎富(2008)。決策分析與管理。台北，雙葉書廊。
8. 王子文(2001)。液化天然氣冷能傳輸之第二定律效率及熱經濟分析。國立中山大學碩士論文。
9. 錢銘貴(2000)。台灣地區花卉產業生產區位選擇之研究。國立中山大學碩士論文。
10. 陳鴻榮(2003)。營建材料供應商立地選址研究-以預拌混凝土廠為例。國立雲林科技大學碩士論文。
11. 吳金照(2001)。應用模糊理論於火力電廠場址評選研究。國立台北科技大學碩士論文。
12. 梁順治(2011)。以 AHP 探討石化安事件防制關鍵因素之研究。國立高雄應用科技大學碩士論文。
13. 李和曉(2002)。台中港船舶進港尖峰疏解之研究。

- 14.黃宇賢(2009)。何處是我家？變電所選址之研究。國立政治大學碩士論文。
- 15.台灣世曦(2007)。台灣中油公司台中港LNG儲槽風險評估報告(第四次)。台北，中油。
- 16.台灣世曦(2010)。台中接收站港外碼頭及擴建計畫可行性研究與環境評估工作。台北，中油。
- 17.台灣世曦(2011)。天然氣事業部台中廠二期投資計畫可行性研究報告。台北，中油。
- 18.台灣世曦(2008)。永安廠第五期擴建計畫可行性研究及環境影響評估報告。台北，中油。
- 19.台灣電力公司統計年報(2010)。台灣電力公司編製。
- 20.台灣電力公司永續報告書(2010)。台灣電力公司編製。



## 二、英文部份

1. Bubbico, R., Cave, S.D., & Mazzarota, B., (2009). Preliminary risk analysis for LNG tankers approaching a maritime terminal. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 22, 634-638.
2. Dadkhah, K.M. & Zahedi, F. (1993). Mathematical Treatment of Inconsistency in the Analytic Hierarchy Process, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 17, No. 4/5, 111-122.
3. Fesharaki, F., Fesharaki, S., Hosoe, T., & Shimabukuro (2004). Evaluating Liquefied Natural Gas (LNG) Options for the State of Hawaii. The Hawaii Energy Policy Project, University of Hawaii, U.S.A.
4. Foss, M.M. (2007). Introduction to LNG, An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties organization of the LNG industry and safety.
5. Gyles J.L. (1992). Safety Requirements at LNG Terminals. Shell Marine International Ltd. LNG 10 Conference Proceedings.
6. Gyles J.L. (1992). Criteria for Selection of Sites for LNG Terminals. Shell Marine International Ltd. SIGGTO Panel Paper.
7. Havens, J. & Spicer, T. (2007), United states regulations for siting LNG terminals: Problems and Potential, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 140, 439-443.
8. Kunreuthur, J., Linnerooth, H. & Vaupel, J.W. (1984). A Decision-Process Perspective on Risk and Policy Analysis. Vol. 30, No. 4, 475-485.
9. Licari, F.A. & Weimer, C.D. (2011). Risk-based site considerations for LNG terminal – Comparative perspectives of United States & Europe. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, 736-752.
10. Noble, P.G. (2009). A Short History of LNG Shipping 1959-2009. United States: SNAME.

11. Raj, P. K. & Lemoff, T. (2009). Risk analysis based LNG facility siting standard in NFPA 59A. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 22, 820-829.
12. Robin M., Pitblado, J. & Woodward, (2011). Highlight of LNG risk technology. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, 827-836.
13. Skipper, C., Wallingford, H.R., & McConnell, K. (2005). *LNG Marine Terminals – Sites Selction, Design & Operation*. United Kingdom: LWI.
14. Sunne, T.R., Bomba, G.J., & Technip. P.E. (2008). *Critical Parameters for LNG Terminal Site Selection*. Paper presented at 2008 offshore technology conference, Houston, Texas, U.S.A.
15. Saaty, T.L. (1980), *the Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting Resource, Allocation*. McGraw-Hill, N.Y., Lodon.
16. Saaty, T.L. (1986), *Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process*, *Management Science*, Vol.32, No.7, 841-855.
17. Saaty, T.L. (2010), *the Analytic Hierarchy Process and the Theory Measurement*, *Management Science*, Vol. 56, 699-711.
18. *Worldwide Marine Technology, SIGGTO(1997). Sites Selection and Design for LNG Ports and Jetties(Rep.2)*. United Kingdom: SIGTTO
19. Zellouf, Y. & Yacine Portannier Y. (2011). First step in optimizing LNG storages for offshore terminals. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 3, 582-590.
20. Zahedi, F. (1986), *Simulation Study of Estimation Methods in the Analytic Hierarachy Process*. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.20, No.6, 347-354.
21. Zahedi, F. (1987), *Utility Approach to the Analytic Hierarchy Process*, *Marhematical Modelling*, Vol. 9, No. 3-5, 387-395.
22. Zahedi, F. (1988), *Note on Input Consistency in the Application of AHP*, *Decision Sciences*, Vol.19, No.3, 708-710.