兩階層供應鏈油料中心最適存量策略之研究

繆紹昌

摘 要

本研究在探討國軍油料中心及二個地區油庫的二階層供應鏈最適存量與撥補的策略。油料是一種退化性物品，其具有高揮發性且隨時間而產生耗損的液體，所以，考慮油料退化性的損失下，訂定最適存量策略是必要的。本文運用馬可夫決策過程與線性規劃法，以建構供應鏈模式及油料中心與地區油庫之間的互動分析，經策略修正法求得馬可夫決策過程的最優策略，此法的關鍵優點是它的效率非常高，因爲只要幾次反覆就能獲得最佳策略〈更優於簡捷法〉。本研究所推導的理論結果，期藉由策略修正法以一數例的討論及敏感性分析，盼能提升國軍的效率及降低後勤成本。

關鍵詞：馬可夫決策過程、二階層供應鏈、退化性物品、策略修正法。

繆紹昌：修平技術學院軍訓室
投稿日期：971006 接受刊登日期：971027

Study on the Optimal Inventory Policies of Oil Distribution Center in a Two-Echelon Supply Chain

Shao-Chang Miao

Abstract

This study seeks to investigate the optimal inventory and replenishment policies in the military two-echelon supply chain with one distribution center and two local stores for oil items. Oil is a deteriorating commodity. Highly volatile liquids undergo physical depletion over time through the process of evaporation. Therefore, it is indispensable for oil items to consider the loss due to deterioration while determining the optimal inventory policies. Markov Decision Process (MDP) is employed to formulate the structure of supply chain and analyze interactions between the distribution center and oil stores in this paper. The key advantage of Policy Improvement Algorithm (PIA) is that it tends to be very efficient, because it usually reaches an optimal policy in a relatively small number of iterations (far fewer than for the simplex method with a linear programming formulation). Some fundamental theoretical results are derived and discussed through a numerical example and sensitivity analyses. By applying the policy improvement algorithm to solve military two-echelon supply chain problems, I hope to improve distribution efficiency and to decline logistic cost.

Keywords：Markov Decision Process (MDP), deteriorating commodity, two-echelon supply chain, Policy Improvement Algorithm (PIA).

Shao-Chang Miao, Department of Military Training Office, HIT.

壹、導論

油料是國軍執行戰備或演訓任務中，不可欠缺之重要物資，然國防預算逐年不足，軍備更新之需求日增，且面臨匯率波動，使軍事投資之預算壓力更是雪上加霜，就油料而言，陸海空軍之戰車、彈藥車、重砲、飛彈、重型機具、戰機、軍艦油料的價格昂貴，若能確實評估用油需求，妥善控管油料存量撥補，實可節約預算，減少財力捉襟見肘之困境。今油料中心之撥補作業即爲滿足戰備、演訓與行政支援等任(勤)務，然因作業龐雜、補給量大，對此具有生命週期與退化性之物資，Dong 等人 [6]認爲若仍沿襲一般之存貨政策模式來管理，將產生缺貨或損耗之現象，易致成本徒增。

Goyal 和 Giri[9]、Manna 和 Chaudhuri [15]認爲商品退化性的影響在存量策略中視爲一項重要的因素，所謂退化性，乃指物資隨時間變動，呈現週期性之壽命而變成無用的物資。例如：膠卷、藥劑、血液、水果、油料、油劑、酒精、電子零件、穀物等，與時間呈一持續性或隨機性敗壞、耗損的現象。然而影響存量策略的因素眾多，許多學者僅針對單一的零售商或倉儲批發商考慮，Shah [3]、Chung 和 Huang [18]在空間設備有限或延遲付款條件下，探討退化性商品的存量策略，Chang[2]、Hou 和 Lin[12]、Jaggi 等作者[14]他們則是考慮退化性商品在現金價值與通貨膨脹率下，最佳的存量管理模式，Dye 等作者[8]、Yang[26]他們探討二個批發倉儲有關退化性商品的存貨系統，Papachristors 和 Skoui[16]、Yang[27]等人研究具有採購折扣的情形下，對退化性商品存量策略的影響，Du 等作者[7]其研究著重在供應商管理存量系統，對內部退化性商品的訂購補貨與載運等規劃。

Yu 等作者[28]的研究中說明供應鏈管理 SCM(Supply chain management)是涵蓋自需求單位至起始的供應商中間，各種商業程序之整合，它可以提供產品、服務以及資訊，以增加整體系統的效益與價值，供應鏈(SC)最早在 Shaw[20]的研究中被提出來，他認爲顧客需求與生產者間之整合，可使系統變得完善而易於管理。美國供應鏈管理專業協會(Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP) [5] 指出 SCM 是有效整合供應鏈的方法，然而，SCM 需藉由資訊化的能力，尤其整合的效用取決於系統中供應鏈其計量模式的有效性，所以，一個能真實反應儲運現況的供應鏈計量模式，更扮演著舉足輕重的角色，Anderson 等作者[1] 、Shapiro[19]研究中指出處理成本函數時，採用簡化的固定數字或是一種線性函數，可藉由一般的線性規劃法求解最適存量撥補策略。

本文將上述方法作了部分的修訂，除以線性規劃法求解系統的撥補策略外，並

將各地區油庫與油料中心互動的需求作業，視爲一種隨機過程，且申請撥補與存量控管符合馬可夫特性，故改變上述學者所採用的啓發式演算法或積分法來解決系統的存量策略，而採行馬可夫決策過程及策略修正法，來決定國軍油料中心與各地區油庫的最佳存量策略。

在現今企業電子化的競爭環境中，SCM 的應用已是必要且不可或缺的，當上、中、下游協同的過程中，任何部分些微的儲運或生產計畫的改變，都將牽動整個供應鏈的效能，有關此類的研究已有廣泛的書籍與文獻可供參考，諸如 Handfield 和 Nichol[10]、Ross[17]、Tayur 等作者[24]Vidal 和 Goetschalckx[25]、Sodhi[21]、Holmstrom 等作者[13]、Tan 等作者[22]及 Taylor [23] 。

貳、問題描述

在傳統之存貨管理理論中，已有廣泛地探討有關退化性商品之存貨管理策略，過往學者在探討此類問題時，大部分是就單一油料中心、單一商品或需求單位分別作探討，較少針對整體系統多層級、多商品等作探討，若屬機率性亦以某機率分配函數行之，而以馬可夫決策模式與實際之統計觀察者，實屬少見。本研究在探討國軍油料中心及二個地區油庫的二階層供應鏈最適存量與撥捕的策略，前述文獻中指出油料是一種退化性物品，其具有高揮發性且隨時間而產生耗損，原因來自於設備本身外，以及加油撥補作業中所產生，本文運用馬可夫決策過程，建構供應鏈模式及油料中心與地區油庫之間的互動分析，經策略修正法求得馬可夫決策過程的最優策略，本研究有以下之假設：

一、油料之發放採用先進先出方式(first in first out： FIFO)。

二、油料生命週期(life cycle time)約爲六個月，是指油料生產到儲存、運送、消耗與使用的過程(Well-to-Wheel)[8]。

三、允許缺貨不補足（油料未完全滿足時，地區油庫可於下次訂購點再行申請補充）。

四、不考慮與其它油料中心或各地區油庫間之交互調撥

五、不考慮途程時間（油料中心海陸空道路網發達）

六、訂購油料之數量單位可依實際儲存設備予以訂定

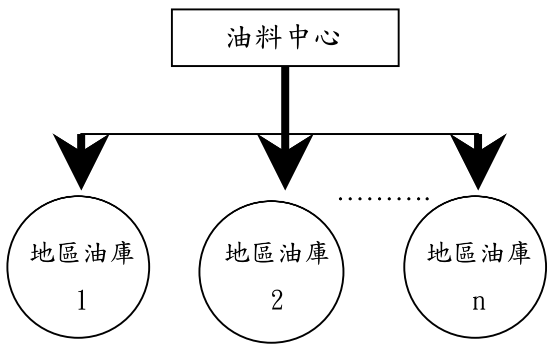

圖1：本研究二階層供應鏈油料系統

本研究是以圖 1 二階層供應鏈油料系統存量管理模式為主要之研究對象，針對二階層供需系統利用馬可夫鏈發展一套決策模式，俾求得其最適存量策略，根據地區油庫反映至油料中心之需求統計，運用馬可夫決策過程、策略修正法求得油料中心、地區油庫最佳存量政策，再利用線性規劃方法以試算表（規劃求解）求出油料中心分配油料至各使用單位之分配模式。

上述文獻所提的發放策略主要有四種：先進先出法 FIFO、後進先出法(last in first out ：LIFO)、修正式先進先出法(modified first in first out： MFIFO)及修正式後進先出法(modified last in first out ：MLIFO)等。我們所要研究的退化性物品(如油料、燃煤等)，在過期前使用效率是相同的，在此前提下最佳發放策略，就是使過期率降至最小的發放策略。已有研究者證明在任何狀況下，先進先出的策略可以使存貨的過期率降至最低，本研究亦假設發放策略為先進先出。

本文根據國軍油料需求量及各使用單位的存量，可求得該階段的狀態最適策略，而油料具有有限壽命必須有一個向量來表示存量狀態，依據目前的油料狀況及單位的需求找出最適申請量。而部分的研究者以整數規劃或動態規劃法來尋求最適申請量，動態規劃法雖可求得最適申請量，但因其複雜度高，解決之維度無法太大，是其美中不足的地方，另有藉助整數規劃(integer programming)來求得油料中心分配至各使用單位油料之最佳解，此模式以 m(n+s)個變數，形成(2m+n+s)個限制式，故此法求解具有相當難度。

由於前述方法之計算複雜且管理者不易瞭解，因此一些學者就建議將研究方向轉為近似最佳解 (myopic optimal solution)。因此便發展出啓發式(heuristic)解法，不僅使用方便且誤差很小。但在近似最佳解的研究中，所面臨的問題是，如何在精確度及計算難易程度上做取捨。Hiller 和 Lieberman[11]將存貨狀態視為馬可夫特性，求出其存量狀態的穩態機率矩陣(matrix of steady state probability)，以馬可夫決策過程探討供需系統的存量管理模式。

本文探討離散時間的馬可夫鏈，即只在不連續的時點觀察〈譬如每天下班前〉，Chazan and Gal[4]對存量的控管如同在馬可夫鏈的每個可能狀態中，決定某一決策方案，此種決定將影響轉換機率與系統成本，若能對各狀態中選擇最優的決策，以使系統成本達到最小化，這種決策過程稱為馬可夫決策過程(Markov decision process)。

參、模式之建立

馬可夫決策過程模式：

本文所探究的國軍油料中心系統，是設定於各軍種油料中心及所屬各單位之地

設定於各軍種油料中心及所屬各單位之地區油庫，故可視爲整合性的二階層油料存量系統，如圖 1 所示。由於對儲油變化的時間觀測是不連續的時間點(譬如每天早、晚)，而需求單位產生需求的時點，僅與現在狀態有關，而與過去的事件無關，故此隨機過程$\{x_i\}$具有馬可夫特性[11]，x_i表示在狀態i時的存量,若以每週或每月爲期間此種觀測的狀態數目是有限的，而國軍除部分單位每年須參加大型演習訓練外，對其餘多數單位而言，皆爲一般駐地訓練任務，於國軍整體系統中，單位存有一穩定的轉換機率，而經長期的用油資料蒐集，亦可獲單位的啓始機率，即是可能會發生各狀態 i 的機會。

本文的目的在對馬可夫鏈中的每個可能狀態，於有限的決策點 n 中將採取最佳的策略，使整體的總成本最小，此種過程已符合馬可夫決策過程。說明如下

一、馬可夫決策過程之步驟如下：

(一)在每次轉換後，觀測馬可夫鏈的狀態$i(i=0,1,......,S)$

(二)在每次觀測後,從($S-i$)個可能決策的集合中選定一個策略Q，$S-i$=0 表示不需作決策。

(三)若在狀態i作決策$d_i=Q$，可求得期望成本$C(i,Q)$

(四)在狀態i用決策$d_i=Q$，決定轉換機率，以$P_{ij}(Q)$表示，$j=0,1,.......,S$

(五)各單位的決策集合$(d_0,d_1,.....,d_N)$即是馬可夫決策過程的策略。

(六)目標是依各成本函數來找出最佳策略，此決策決定於期望總成本最小化者。

二、符號定義如下：

d：國軍單位編號，d=0,1,2,……,N，0 表示油料中心，1,2,…,N表示地區油庫

$D_{d,e}$：表示d單位e油料的需求狀態 0,1,2,…,$S_{d,e}$

$S_{d,e}$：表示d單位e油料的最大存量

$Q_{d,e}$：表示d單位e油料的決策(所需撥補的量)

$C_{d,e}$：表示d單位e油料的單位採購成本

$h_{d,e}$：表示d單位e油料的單位儲存成本

$R_{d,e}$：表示d單位e油料的整備成本

$b_{d,e}$：表示d單位e油料的單位短缺成本

$L_{d,e}$：表示d單位e油料的單位退化成本

$\theta_{d,e}$：表示d單位e油料的單位退化率

$P_{ij}(Q_{d,e})$：表示d 單位e油料在狀態 i 執行決策$Q_{d,e}$而成爲狀態j的機率

三、模式建構：

$P_{ij}(Q_{d,e})$將隨遞移後，轉變爲穩態無條件的$P_{i,Qd,e}$

$P_{i,Q_{d,e}}=\{Q_{d,e}$決策$\mid$狀態 $i\}$可得一隨機策略機率矩陣

$$
\begin{array}{cc}
 & \text{決策 } Q_{d,e} \\
\text{狀態} \begin{array}{c} 0 \\ \vdots \\ i \\ \vdots \\ S \end{array} &
\begin{bmatrix}
P_{0,Q_{d,e}} & \cdots & \\
\cdots & P_{i,Q_{d,e}} & \cdots \\
\cdots & & P_{S,Q_{d,e}}
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

$$
P_{Q_{d,e}} = P_{i,Q_{d,e}} =
\begin{cases}
P(D_{de} > i + Q_{de}) \\
if \quad j = 0, \quad 0 \le i \le S_{d,e} - Q_{d,e} \\
P(D_{d,e} > i + Q_{d,e} - j) \\
, \quad if \quad 0 < j < i + Q_{de} \\
\quad ,0 \le i \le S_{d,e} - Q_{d,e} \\
0 \quad , \quad otherwise
\end{cases}
$$

………………... (1)

$$
\begin{cases}
\sum_{i=0}^{S_{d,e}} \sum_{Q_{d,e}=0}^{S_{d,e}-i} p_{i,Q_{d,e}} = 1 \\
\qquad \forall \quad j \\
P_{Q_{d,e}} \ge 0
\end{cases}
$$

.... (2)

上式爲其限制條件。根據公式(1)、(2)穩態的機率矩陣可求得期望的短缺數 $A_{d,e}$ 及期望的存量 $B_{d,e}$，其公式如下：

$$
A_{d,e} =
\begin{cases}
\sum_{D=i+}^{S_{d,e}} [P_D(D-i) \\
+ \sum_{k=Q_{de}+1}^{S_{de}-Q_{de}} P_k(k - Q_{d,e}) \;], j = 0 \\
0 \qquad ,otherwise
\end{cases}
$$

.... (3)

$$
B_{d,e}
\begin{cases}
\sum_{D=0}^{i} P_D[(i-D) + \sum_{j=1}^{S_{d,e}} \sum_{k=0}^{i+Q-j-D} (Q_{d,e} + i - D - k)] \\
+ \sum_{D=i+1}^{S_{de}} \sum_{j=1}^{S_{de}} \sum_{k=0}^{i+Q-j-D} P_k(Q_{d,e} + S_e - D - k) \\
\quad ,0 < j < i + Q_d, 0 \le i \le S_d - Q_d \\
\quad P_{i+Q_{d,e}}(i + Q_{d,e}) \qquad ,otherwise
\end{cases}
$$

.... (4)

由上述公式(3)、(4)可求得狀態 i 下執行決策 $Q_{d,e}$ 得期望成本函數 $C(i, Q_{d,e})$ 如公式(5)

$$
C(i, Q_{d,e}) = \sum_{j=0}^{S_e} [C_{i,j}(Q_{d,e}) \cdot P_{i,Q_{d,e}}] =
$$

$$
C_{d,e} \cdot Q_{d,e} + b_{d,e} \cdot A_{d,e}
+ B_{d,e} \cdot (h_{d,e} + \theta_{d,e} \cdot L_{d,e})
$$

……… (5)

四、策略修正法(Policy Improvement Algorithm)

本文於執行整體系統之線性規劃求解前，先以策略修正法在總成本最小化下，求解 d 單位油料 e 之最佳策略，採用此過程的目的在處理大量資料的問題，此法具有其優越性，若與窮舉法及線性規劃相比較，窮舉法較無法處理大型的問題，線性規劃的簡捷法雖已廣泛被使用，但策略修正法只需反覆幾次便能達到最佳策略(簡捷法的步驟多也較費時)。本文針對此法各步驟說明如下：

(一)初步關係

系統中心的決策者於狀態 i 採取策略

Q 的決策 $d_i(Q_e)=Q_{d,e}$ ，此時產生了期望成本 $C(i,Q_{d,e})$ ，若下一個狀態 j 影響到成本，則可表示成公式(6)

$$C(i,Q_{d,e})=\sum_{j=0}^{n} q_{i,j}(Q_{d,e})\cdot P_{i,j}(Q_{d,e})$$

$P_{i,j}(Q_{d,e})$ 爲一轉換機率，$q_{i,j}(Q_{d,e})$ 表示狀態 i 執行決策 $Q_{d,e}$ 至下一狀態 j 的成本，經馬可夫決策過程，可以證得對任何策略 $d_i(Q_e)=Q_{d,e}$，皆存在有公式(7)的反覆方程式：

$$V_i^{n}(Q)=C(i,Q_{d,e})+\sum_{j=0}^{n} P_{i,j}(Q_{d,e})V_j^{n-1}(Q),\quad \forall i=0,1,2.....,\ n \qquad \text{..........................} (7)$$

$V_i^n(Q)$ 表示系統自狀態 i 經過 n 個時間週期的成本，當 $n=1$ 時，$V_i(Q)=C(i,Q_{d,e})$ ，經啓發式演算[27]可得策略修正方程式如公式(8)

$$g(Q_n)=C(i.Q_{d,e})+\sum_{j=0}^{n} P_{ij}(Q_{d,e})V_j(Q_n)-V_i(Q) \qquad \text{..........................} (8)$$

(二)策略修正法之步驟：

啓始：令 $n=1$，任選擇一個起始策略 Q_1，進行策略修正步驟 n

步驟 1：對 Q_n 策略用 $P_{ij}(Q_{d,e}),C(i,Q_{d,e})$ 及 $V_n(Q)=0$ 去解公式(8)， $n+1$個方程式，則可解出$n+1$個未知數

$$g(Q_n),V_0(Q_n),V_2(Q_n),.......V_{n-1}(Q_n)$$

步驟 2：由步驟 1 之解代入公式(8)對每個狀態 i 下的 $Q_{d,e}$ 計算 $g(Q_n)$ 之極小化，便可找出 $d_i(Q_{n+1})=Q_{d,e}$ 爲最佳解，此法找出新策略 Q_{n+1} 。

判斷條件：目前策略 Q_{n+1} 爲最佳，若它與策略 Q_n 相同，則停止演算。否則令 $n=n+1$ ，進行策略修正步驟 n 。

此法具有兩個關鍵特性：

1、 $g(Q_{n+1})\le g(Q_n),\forall n=1,2,.......$

2、經過有限次數的反覆，就可以找到最優策略而停止。國軍油料中心系統即求得最佳解，於狀態 i 下執行 $S_{d,e}$ 策略。

肆、撥補任務線性規劃模式

油料中心聯合機率分配

對於地區油庫而言，地區油庫之各節點經由馬可夫決策模式所得之最佳政策爲存量上限 S_d ，對狀態 $i=0,1....,S_d,d=1,......,N$

$\sum_{i=0}^{S_d} P(S_i)=1$，$P(S_i)$ 爲狀態 i 出現之機率表示地區油庫反應至油料中心之需求機率故油料中心所得到地區油庫需求之機率分配爲對

$\forall \quad i=0,1,2........,S_d,d=0,1,2......,N$

整個油料中心之聯合機率分配如下：

$$P(S_0S_1+S_0S_2+\cdots+S_0S_n)$$
$$=P(S_0S_1)P(S_0S_2)\cdots\cdots P(S_0S_N)$$
$$S_0S_1=0,1,2,\cdots\cdots,S_1$$
$$S_0S_2=0,1,2,\cdots\cdots,S_N$$
$$\vdots$$
$$\vdots$$
$$\vdots$$
$$S_0S_N=0,1,2,......,S_N$$

其中 S_0S_i 表示地區油庫之存量情形，S_i 表示地區油庫之存量上限，S_0 表油料中心之存量上限，可由實際收集資料後取得，地區油庫間存量之機率為獨立，且 $\sum P(S_0S_1+S_0S_2+...+S_0S_N)=1$

油料中心各種類 e 之庫存上限 $S_{d,e}$ 決定後，考慮如何將其分配至各地區油庫以儘量滿足各油庫之需求，並因而降低油量損耗數量，本研究利用網路理論（network theory）之觀念，以線性規劃模式來解決此問題。其限制條件為

(一)平衡油料中心各油料之可供應量

(二)平衡各地區油庫各種油庫之需求量

(三)油料中心各油料之可供應量不能超過目前之庫存油量。

(四)油庫各油料之撥補量＋現有存量不能超過最大庫存油量。

利用此一線性規劃模式本文可將油料中心所求得之存貨上限，再配合地區油料所反應之需求以求得油量中心分配各地區油庫之各油料之最佳分配量

其符號及模式如下：

k ：表示油料種類數

e ：表示 e 種類的油料，$e=1,2,...,k$ (1.汽油，2.柴油，3.煤油，4.特種機油，5.一般機油，6.乙烷，7.油劑)

$X_{d,e}$:d 單位撥補 e 油料的數量

$T_{d,e}$:d 單位 e 油料存量

$W_{d,e}$:表示 d 單位短缺 e 油料的影響程度，以金額大小表示，M 表極大影響，$W_{d,e}\geq 1$

$a_{d,e}$ ：表示 d 單位短缺 e 油料的次數，為一正整數

$0\leq S_{d,e}-T_{d,e}=Q_{d,e}$ 表 d 單位 e 油料需求量

模式建構：目標函數

$$Min \quad Z_e=\sum_{d=1}^{N}$$
$$\begin{bmatrix} R_{d,e}+(a_{d,e}+1)\cdot W_{d,e}\cdot b_{d,e}(Q_{d,e}-X_{d,e}) \\ +(h_{d,e}+L_{d,e}\cdot\theta_{d,e}+C_{d,e})\cdot X_{d,e} \end{bmatrix}$$

$$s.t$$

$$0\leq S_{d,e}-T_{d,e}=Q_{d,e}$$

$$0\leq\sum_{d=1}^{N}X_{d,e}\leq T_{o,e}$$

$$0\leq X_{d,e}+T_{d,e}\leq S_{d,e}$$

$$X_{d,e}\geq 0 \qquad d=1,2,.......,N$$
$$,e=1,2,.....,k$$

.... (9)

伍、實例驗證

本研究以國軍油料中心與中區兩個地區油庫之柴油需求資料作為驗證，單位成本因素如表 1、狀態機率如表 2、3

表 1 單位成本因素表

單位 / 因素	1	2	0
C	24	24	22
h	0.168	0.168	0.154
b	29	29	22
θ	0.05	0.05	0.02
L	10	10	5
R	3000	3000	30000

資料來源：本研究整理

表 2 地區油庫 1 狀態機率表

狀態	存量數	機率
0	0	0
1	1-1000	0.0667
2	1001-2000	0.1333
3	2001-3000	0.3667
4	3001-4000	0.2
5	4001-5000	0.2333

資料來源：本研究整理

表 3 地區油庫 2 狀態機率表

狀態	存量數	機率
0	0	0
1	1-1000	0
2	1001-2000	0.1333
3	2001-3000	0.2667
4	3001-4000	0.3
5	4001-5000	0.2
6	5001-6000	0.1

資料來源：本研究整理

求解步驟一：以地區油庫 1 爲說明

(一)將表 1、表 2 之數據代入公式(5)得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 285397 & 243622 & 210921 & 192845 & 204544 & 229436 \\ 197444 & 168907 & 15027 & 149964 & 17343 & M \\ 108882 & 97647 & 101994 & 121651 & M & M \\ 33795 & 50406 & 74451 & M & M & M \\ 12928 & 38264 & M & M & M & M \\ 12796 & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

(二)進入策略修正法步驟 n=1，以啓始值 $(i,Q_n)=(0,5000)$ 代入公式(8)得

$$g(Q_n)=161317, V_0(Q_n)=21764,$$
$$V_1(Q_n)=169262, V_2(Q_n)=14251,$$
$$V_3(Q_n)=78658, V_4(Q_n)=32226$$

將上述數值代入公式(8)求解 Q_{n+1}，可得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 285397 & 243622 & 207694 & 181385 & 167519 & 378957 \\ 245822 & 214058 & 187188 & 161317 & 322951 & M \\ 180785 & 161317 & 140099 & 271172 & M & M \\ 161317 & 152363 & 223972 & M & M & M \\ 161317 & 187785 & M & M & M & M \\ 161317 & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

得 $(i,Q_{n+1})=(2,2000)\neq(0,5000)$ 再進行策略修正法步驟 n=2，以

$(i,Q_{n+1})=(2,2000)$ 代入公式(8)得

$$g(Q_n)=160579\ , V_0(Q_n)=230631,$$
$$V_1(Q_n)=176051\ , V_2(Q_n)=128081,$$
$$V_3(Q_n)=76493\ , V_4(Q_n)=39051$$

將上述數值代入公式(8)求解 Q_{n+2}，可得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 285397 & 243622 & 207281 & 178729 & 160579 & 378219 \\ 252024 & 219847 & 190734 & 160579 & 322213 & M \\ 207792 & 186081 & 160579 & 270434 & M & M \\ 173817 & 160579 & 223234 & M & M & M \\ 160579 & 187047 & M & M & M & M \\ 160579 & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

得 $(i,Q_{n+2})=(2,2000)=(i,Q_{n+1})$ 因此停止進行策略修正法，求得地區油庫 1 之最適存量策略：

申請撥補時機 $T_{1,e}\le 2000$，最適存量 $S_{1,e}=4000$，$C(i,Q_{d,e})$=160579。

因此，同法將表 1、表 3 之數據代入公式(5)可得地區油庫 2 之最適存量策略：$(i,Q_{n+2})=(1,4000)=(i,Q_{n+1})$

申請撥補時機 $T_{2,e}\le 1000$，最適存量 $S_{2,e}=5000$，$C(i,Q_{d,e})$=176556。

求解步驟二：

由地區油庫提出撥補申請之數量及該狀態下之次數，加以統計求算其機率，得地區油庫撥補申請機率如表 4。

求解步驟三：

經各地區油庫撥補申請之情形，統計後可得油料中心之聯合機率如表 5，在進一步求解油料中心之最適存量策略。

表 4 地區油庫撥補申請機率表

油庫 1	數量	油庫 2	數量
0	0	0	0
0.05	1-1000	0.003	1-2000
0.393	1001 -2000	0.562	2001 -3000
0.362	2001 -3000	0.31	3001 -4000
0.195	3001 -4000	0.125	4001 -5000

資料來源：本研究整理

表 5 油料中心聯合狀態機率表

狀態	存量數	機率
0	0	0
1	1-2000	0.04
2	2001-4000	0.083
3	4001-6000	0.263
4	6001-8000	0.304
5	8001-10000	0.21
6	10001-12000	0.1

資料來源：本研究整理

(一)將表 1、表 5 之數據代入公式(5)得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 538407 & 477115 & 42507 & 388702 & 390469 & 423923 & 471975 \\ 370603 & 34054 & 318911 & 312288 & 335663 & 379642 & M \\ 219833 & 21876 & 227384 & 250905 & 293042 & M & M \\ 107346 & 134353 & 169557 & 213114 & M & M & M \\ 55126 & 97652 & 144221 & M & M & M & M \\ 39882 & 85571 & M & M & M & M & M \\ 39629 & M & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

(二)進入策略修正法步驟 n=1，以啓始值

$(i, Q_n) = (0{,}12000)$ 代入公式(8)得

$g(Q_n) = 320668$, $V_0(Q_n) = 432346$,

$V_1(Q_n) = 392008$, $V_2(Q_n) = 280321$,

$V_3(Q_n) = 214073$, $V_4(Q_n) = 134846$,

$V_5(Q_n) = 69298.$

將上述數值代入公式(8)求解 Q_{n+1} ，可得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 538407 & 477115 & 423456 & 379273 & 358511 & 341661 & 753014 \\ 410941 & 379264 & 349820 & 320668 & 293739 & 660681 & M \\ 370244 & 361356 & 347451 & 320668 & 574081 & M & M \\ 316190 & 320668 & 305568 & 494153 & M & M & M \\ 320668 & 312890 & 425260 & M & M & M & M \\ 320668 & 368610 & M & M & M & M & M \\ 320668 & M & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

得 $(i, Q_{n+1}) = (1{,}8000) \neq (0{,}12000)$ 再進行策略修正法步驟 n=2，以

$(i, Q_{n+1}) = (1{,}8000)$ 代入公式(8)得

$g(Q_n) = 317425$, $V_0(Q_n) = 458268$,

$V_1(Q_n) = 370008$, $V_2(Q_n) = 285250$,

$V_3(Q_n) = 203902$, $V_4(Q_n) = 131997$,

$V_5(Q_n) = 74227.$

將上述數值代入公式(8)求解 Q_{n+2} ，可得成本矩陣：

$$\begin{bmatrix} 538407 & 477115 & 421540 & 374456 & 342721 & 317425 & 749771 \\ 458863 & 425270 & 392925 & 352800 & 317425 & 657438 & M \\ 389321 & 377532 & 352654 & 317425 & 570838 & M & M \\ 347466 & 340971 & 317425 & 490910 & M & M & M \\ 333649 & 317425 & 422017 & M & M & M & M \\ 367425 & 365367 & M & M & M & M & M \\ 317425 & M & M & M & M & M & M \end{bmatrix}$$

得 $(i, Q_{n+2}) = (1{,}8000) = (i, Q_{n+1})$ 因此停止進行策略修正法，求得油料中心之最適存量策略：

申請撥補時機 $T_{d,e} \leq 2000$ ，最適存量 $S_{0,e} = 10000$ ， $C(i, Q_{d,e}) = 317425$ 。

求解步驟四：

由步驟一至步驟三所得各單位最適存量策略後，依據各單位油料現況，當需求發生時，將申請撥補狀況代入公式(9)線性規劃模式中即可求解，油料存量現況及申請需求如表 6：

表 6 油料存量現況及申請需求表

單位	0	1	2
狀態	4	1	1
存量	7500	500	500
申請數	0	3500	4500
欠撥數	0	0	2
影響等級	M	1	2

資料來源：本研究整理

將表 1、表 6 之數值代入公式(9)，經求解後可獲得最適撥補策略如表 7：

表 7 最適撥補策略數量表

單位	品名	撥補量	
		第 1 次	第 2 次
油料中心	柴油	0	10000
1	柴油	3000	500
2	柴油	4500	0
總成本		199516	259050
系統總成本		458566	

資料來源：本研究整理

針對第一地區油庫申請 3500 介侖及第二地區油庫申請 4500 介侖時，所進行之

分配策略，然而油料分配中心，僅可撥補7500 介侖，經 LINGO 演算後，求得優先滿足第二地區油庫，而第一地區油庫欠撥500 介侖於第二次訂購需求再配送。

陸、敏感性分析

由公式(5)可發現 $P_{i,Q_{d,e}}$ 向高存量集中時，撥補申請狀態 i 及存量水準 $S_{d,e}$ 隨之上升，可謂安全存量上升，然而檢視的週期($j-i$)無明顯的改變，但當 $P_{i,Q_{d,e}}$ 向低存量集中時，除申請撥補的狀態 i 與存量水準 $S_{d,e}$ 下降外，檢視的週期($j-i$)有明顯拉長的改變，當儲存成本或退化成本上升時，將使申請撥補的狀態 i 與存量水準 $S_{d,e}$ 下降，且檢視的週期($j-i$)有明顯縮短，即撥補之次數增加，將有助於減緩成本的上升，當缺貨成本上升時，將使總成本及存量水準 $S_{d,e}$ 隨之上升，值得注意的是申請撥補的狀態 i 雖上升，但檢視的週期($j-i$)卻無明顯的改變。

柒、結論與建議

本文主要針對具有馬可夫性質的油料需求及其撥補策略加以研究，並考量兩階層供應鏈油料系統之採購、存量、整備、短缺與退化性成本的影響下，建構一馬可夫決策模式，並依據策略修正法來尋找最適之狀態申請點與申請量，以使系統總成本最低。

另考量實際的兩階層供應鏈油料存量，以撥補任務之線性規劃模式求解，在使系統總成本最低的情形下，完成兩階層供應鏈油料系統的撥補需求。

國軍油料中心之撥補作業，即為滿足部隊戰備存量之需求及地區勤務之用，今國軍藉由本研究之模式結果加以輔助與各油庫對儲油現況的掌握，便能制定最適之存量政策與分配策略，始可減少儲油量過與不及的現象發生，以降低國防總成本，並能適時達成地區性重點支援之任務，例如：撥補地區儲油單位、教育、行政機關、勤務支援部隊、計畫性演訓任務、重複性基地測考任務與軍團、旅戰備演訓任務等。後續研究之建議：

一、本研究以國軍油料系統為研究對象，以此模式可提供軍民通用相關研究之參考，後續之研究者可增加考量其他商品(如：食品、電子產品、蔬果、穀物等)，更能造福社會與民間企業。

二、本文僅針對二階層供應鏈系統為研究對象，未能考量製造業者之情形，實可成為本文與相關學者專家之後續研究，若能加入考量物料來源、半成品與成品之製造者，再結合本文之理論模式，發展多階層供應鏈系統模式，將可供國內外相關業者與學者專家探討及參考運用。

致謝

本研究承蒙兩位評審者的指正與提供寶貴的意見，得以完成，僅此致謝

參考文獻

[1]Anderson, D. R., Sweeney, D. J., and Williams, T. A., “Quantitative Methods of Business”, 9th ed., Cincinnati Ohio: International Thomson, 2004.

[2]Chang, C. T., “An EOQ model with deteriorating items under inflation when supplier credits linked to order quantity”, International Journal of Production Economics, 88(3), 307-316, 2004.

[3]Chung, K. J., Huang, T. S., “The optimal retailer’s ordering policies for deteriorating items with limited storage capacity under trade credit financing.”, International Journal of Production Economics, 106(1), 127-145, 2007.

[4]Chazan, D. and Gal, S., “A Markovian Model for A Perishable Product Inventory”, Management Science, Vol. 23, No. 5, January 1977.

[5]Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), Supply Chain Management/ Logistics Management Definitions, http: //www.cscmp.org/Website/ About CSCMP/Definitions/ Definitions asp, 2006.

[6]Dong, J. F., Du, S. F., Yang, S., Liang, L., “Competitive Pricing and Replenishment Policies in Distributed Supply Chain for a Deteriorating Item: A Game Approach,” Asia Pacific Management Review, 13(2), pp. 497-512, 2008.

[7]Du, S. F., Liang, L., Yang, J., Qiu, H., “Hybrid replenishment and dispatching policy with deteriorating items for VMI: analytical models and OSJCA approach”, Asia Pacific Management Review, 11(3), 177-185, 2006.

[8]Dye, C. Y., Duyang, L. Y., Hsieh, T. P., “Deterministic inventory model for deteriorating items with capacity constraint and time-proportional backlogging rate.”, European Journal of Operational Research, 178(3), 789-807, 2007.

[9]Goyal, S.K., Giri, B.C., “Resent trends in modeling of deteriorating inventory”, European Journal of Operational Research, pp. 134, 1-6, 2001.

[10]Handfield, R. B. and Nichols Jr., E. L., “Introduction to Supply Chain Management”, New Jersey: Prentice Hall, 2005.

[11]Hiller, F. S. and Lieberman, G. J., “Introduction to Operations Research”, 6th ed., Singapore: MCGRW-HiLL, 1997.

[12]Hou, K. L., Lin L. C. “An EOQ model

for deteriorating items with price and stock-dependent selling rates under inflation and tine value of money.”, International Journal of Systems Science, 37(15), 1131-1139, 2006.

[13]Holmstrom, J., Korhonen, H., Laiho, A., and Hartiala, H., “Managing product Introductions across the Supply Chain: Findings from a Development Project”, Supply Chain Management, Vol. 11, No 2, pp.121-130, 2006.

[14]Jaggi, C. K., Aggarwal, K. K., Goel, S. K., “Optimal order policy for deteriorating items with inflation induced demand.”, International Journal of Production Economics, 103(2), 707-714, 2006.

[15]Manna, S. K., Chaudhuri, K. S. “An EOQ model with ramp type demand rate, time dependent deterioration rate, unit production cost and shortages.”, *European Journal of Operational Research,* 171(2006), pp. 557-566.

[16]Papachristos, S., Skouri, K., “An inventory model with deteriorating items, quantity discount, pricing and time-dependent partial backlogging”, International Journal of Production Economics, 83(3), 247-256, 2003.

[17]Ross, D. F., “Competing Through Supply Chain Management”, Chicago: Chapman & Hall, 2005.

[18]Shah, N. H., “Inventory model for deteriorating items and time value of money for a finite time horizon under the permissible delay in payments.”, International Journal of Systems Science, 37(1), pp. 9-15, 2006.

[19]Shapiro, J. F., “Modeling the Supply Chain”, 2nd ed., Singapore: Duxbury, 2005.

[20]Shaw, A. W., “Some Problems in Market Distribution”, Cambridge: Harvard University Press, 1915, pp. 7-12.

[21]Sodhi, M. S., “Manageing Demand Risk in Tactical Supply Chain Planning for a Global Consumer Electronics Company ”, Production and Operations Management, Vol. 14, No. 1, pp. 69-79, 2005.

[22]Tan, E. N., Smith, G. and Saad, M., “Managing the Global Supply Chain: A SME Perspective “, Production Planning & Control, Vol. 17, No. 3, pp.238-248, 2006.

[23]Taylor, T. A., “Supply Chain Coordination under Channel Rebates with Sales Effort Effects “, Management Science, Vol. 48, No. 8, pp.992-1007,

2002.

[24]Tayur, S., Ganeshan, R., and Magazine, M., "Quantitative Models for Supply Chain Management", Boston: Kluwer, 2006.

[25]Vidal, C. J. and Goetschalckx, M., "A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and transportation cost Allocation ", European Journal of Operational Research, Vol. 129, No. 1, pp.134-158,2001.

[26]Yang, H. L., " Two-warehouse inventory models for deteriorating items with shortages under inflation " , European Journal of Operational Research, 157(2), 344-357, 2004.

[27]Yang, P. C. " Pricing strategy for deteriorating items using quantity discount when demand is price sensitive " , European Journal of Operational Research, 157(2), 389-397, 2004.

[28]Yu, C. S, Tsai, J. F, Li, H. L., "Optimize a Schedule under Variable Cost Functions " , Journal of Management & Systems, 15(2), 261-286, 2008.