

예산제약 하에서 운용가용도를 고려한 최적
동시조달수리부속품 소요 산출 모델

- The Computing Model of Demand Quantity
for Optimal Current Spare Parts considering
the Operational Availability under Budget -

나 인 성 *

Na In Sung

이 계 경 *

Lee Kye Kyong

박 명 규 **

Park Myeong Kyu

Abstract

This study expands limitation of OASIS(Optimal Allocation of Spares for Initial Supports) program, which calculates CSP(Concurrent Spare Part), not only availabilitybut also cost, and developed the program enabling run in WINDOW OS. By considering multi-step repair and logistics support system, repairingcapability at the time of deployment, and procurement period, this model is the first local model reflecting circumstances of the armed forces of the Republic of Korea. Furthermore, the programmed model was selected as the military standard software and has being essentially used for CSP calculation.

Keywords : CSP(Concurrent Spare Part), OASIS(Optimal Allocation of Spares for Initial Support)

* 명지대학교 산업공학과 박사과정

** 명지대 산업공학과 교수

2006년 9월접수; 2006년 10월 수정본 접수; 2006년 10월 게재확정

1. 서론

동시조달 수리부속(CSP ; Concurrent Spare Parts)[11][12]은 신규무기체계 배치시 주 장비와 함께 3년간(A/S 기간 제외) 소요되는 수리부속을 말한다.

과거에 군에서 사용되어온 CSP 소요모델은 개별품목의 효율만을 고려하여 산출함으로써, 소요의 과다예측, 필수 소요품목의 누락 및 소요량의 부족 등으로 신규장비의 운용 가용도 저하 및 예산 낭비를 초래해 왔으며, 이를 보완하기 위해 1994년 국방과학연구소에서는 미 육군 물자사령부(AMC : Army Materiel Command)에서 대외 군사판매 및 군사원조 장비의 CSP 소요를 결정할 때 적용하는 SESAME 모델[2][3]을 근간으로 한국의 현실에 맞도록 가용도중심 보급기법을 적용한 CSP 소요 모델을 개발하여 군에서 사용하였으나, 입출력 및 분석기능 부족 등과 같은 단순한 기능에서부터 민감도 분석 및 비용제한 하에서 CSP 소요산출 등과 모델자체의 개선요구가 점증되어 갔다.

이에 본 모델에서는 한국군의 운용개념에 맞도록 CSP 소요를 각 정비계단별, 지원부대별로 할당할 수 있도록 다단계 정비 및 보급체계와 신규 무기체계가 배치되는 시점의 정비능력 및 보급형태, 수리 가능품인 경우에는 정비업무를 통하여 재 사용할 수 있는 점을 고려하였고, CSP 운용기간은 정상 보급계통에서의 재 보급이 가능한 시점까지이므로 각 품목의 획득소요기간에 따라 재 보급되는 시점이 달라지는 점을 반영하고 CSP 품목들 간의 재고수량 할당은 각 품목의 단가와 각 품목이 체계의 운용가용에 미치는 효과 등을 종합적으로 고려하되 가용도 제약조건 뿐만 아니라 비용 제약하에서도 최적소요를 산출할 수 있도록 개발하였다. 또한 본 모델은 사용자 인터페이스를 대폭 향상시킨 윈도우용 프로그램으로 개발되어 모든 신규 무기체계의 CSP 소요 산출을 위해서는 필수적으로 사용되어야 하는 국방 표준 S/W[11][12]로 제정, 사용되고 있다.

2. 기존연구

CSP 소요량 결정과 관련된 기존연구는 다음과 같다.

2.1 McMaster와 Richard 모형[6]

1983년 McMaster와 Richard는 최초로 체계/장비에 대한 부품의 일괄구매시 적절한 재고량을 결정하는 모형으로 재고부족량 모형(units provisioning models), 시간가중

* 중기계부, 중기부문(Defence System Div.)

재고부족량 모형(time weighted units shorts models), 가용도 모형(availability models) 등의 세 가지 모형을 제시하였는데 이것이 CSP소요량을 결정하는 모형의 근간이 되었다.

2.3 김과 박 모형[13]

김성호와 박삼준은 황의 모형에서 고려하지 않은 군의 정비/보급체계의 다단계 구조를 고려하였고, 평균보급지연시간 대신 기대재고고갈량을 반영한 모형을 제시하였다.

이 모형은 최초에 배치되어 운용되는 무기체계가 수리부속의 재고고갈로 인한 체계의 불가동시간이 허용치 이하가 되도록 하면서 최소의 비용이 소요되는 각 정비단계별, 품목별 보급량을 구하는 모형이다. 따라서 이것은 CSP 품목의 구매비용의 합을 최소화하는 것을 목적함수로 하고 체계의 운용가용도를 일정 수준 이상으로 유지하는 것을 제약식으로 한 모형이다.

3. 모형의 설정

3.1 기본가정

본 연구 모형은 다음과 같은 가정하에 유도되었다.

- (1) 부품의 고장은 포아송과정(Poisson Process)를 따르며 고장발생은 독립적이다.
- (2) 동일한 정비계단에서 각 정비부대가 지원하는 하부 정비부대수는 동일하며 각 정비부대의 정비 및 보급능력은 동등하다.
- (3) 일반지원 정비계단 이하에서의 재고정책은 수요량 발주(one for one ordering)를 하고 창정비계단에서의 재보급은 초도보급 운용기간이 끝나는 시점에 이루어진다.
- (4) 각 정비계단의 단위정비 부대에서의 보급 요청은 차 상위 정비부대에만 가능하다.
- (5) 보급량은 동일한 시점에서 배치되는 장비대수를 기준으로 결정한다.

3.2 기 호

본 모형에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

$S(i, j)$: j번째 정비계단상의 단위정비 부대에 보급할 품목 i의 보급량

$N(j)$: j번째 정비계단의 정비 부대수 $UP(i)$: 품목 i의 단가

$EBQ(i, j)$: j번째 정비계단상의 단위 정비부대에서 품목 i의 기대부재고량

(Expected Backorder Quantity)

$RTD(i, j)$: 품목 i 의 j 번째 정비계단에서의 교체업무 분포(Replacement Task Distribution)

$\lambda(i)$: 품목 i 의 부재고에 따른 벌과비용 A_T : 목표 운용가용도

$A_o(S)$: 재고량 $S(i, j)$ 로 성취될 수 있는 운용가용도

C_r : 실 발생 총비용

C_i : 목표 총비용(제한된 예산)

n : 품목갯수

m : 정비계단수

$$S = \begin{bmatrix} S(1.1) & S(1.2) & \cdots & S(1.n) \\ S(2.1) & S(2.2) & \cdots & S(2.3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S(n.1) & S(n.2) & \cdots & S(n.m) \end{bmatrix} \text{인 } n \times m \text{ matrix}$$

A_o : 운용가용도(Operational Availability)

A_s : 보급운용가용도(Supply Availability)

A_i : 고유가용도(Inherent Availability)

EMF : 실정비계수(Effective Maintenance Factor)

SFF : 체계 고장빈도(System Failure Frequence)

MCTBF(Mean Calender Time Between Failure) : 고장간 평균 카렌다시간

MTTR(Mean Time To Repair) : 주장비의 평균수리시간

MLDT(Mean Logistic Down Time) : 평균군수지연시간으로 주장비의 불가동에 영향을 주는 수리부속의 대기시간

i : 품목실별 첨자(Subscript)

3.3 모형의 설정

3.3.1 CSP 결정 모형

초도 보급량을 결정하는 문제는 최초배치 운용되고 있는 무기체계의 고장 발생시 수리부속의 재고 고갈로 인한 체계의 비 가동시간이 허용치 이하가 되도록 하면서, 최소의 비용이 소용되는 각 정비계단별, 품목별 보급량을 구하고자 하는 문제로 표현될 수 있다. 따라서 초도 보급량 결정 문제의 목적함수는 재고구매에 따른 모든 품목의 구매비용의 합을 최소화하는 것이 되며 여기에 제약조건 식으로는 각 품목의 고장빈도에 따라 달라지게 되는 정비 및 보급소요에 근거한 완제품의 운용 가용도를 목표수준으로 유지하여야 한다는 것이 될 것이다. 이를 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Minimize } Z(S) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S(i, j) \cdot N(j) \cdot UP(i)$$

(7)

$$s.t \quad A_o(S) \geq A_T \text{ 또는 } C_r \leq C_t$$

따라서 초도 보급량 산출문제는 행렬 S의 각 성분 S(i, j) 즉 정비계단 j의 각 단위 부대에 보급할 n개의 품목 각각에 대한 재고량을 결정하는 문제가 된다.

여기서 식(7)의 제약조건식은 재고량에 따라 결정되는 성취운용가용도 A_o 가 목표운용가용도 보다는 커야한다는 것을 의미하므로

$$A_o = \frac{MCTBF}{MCTBF + MTTR + MLDT}$$

(8)

로 표현하면

$$MLDT \leq \frac{MCTBF}{AT} - MCTBF - MTTR$$

(9)

로 쓸 수 있다. 식(9)의 MLDT는 재고량 S(i, j)에 따라 달라지는 값이고 우변은 분석 대상체계에 대해 일정한 값으로 고정되어 상수로 취급될 수 있다.

그러므로 원문제는 제약조건식을 갖는 분리 가능한 비선형(Seperable Nonlinear) 최적화문제이므로 일반적인 라그랑즈 승수(Lagrange Multiplier)기법으로 해결 가능하다.[4] 따라서 원문제를 라그랑즈 승수 기법을 사용하여 제약조건 식을 갖지않는 최적화 문제로 변형하면 식(10)과 같다.

$$\text{Minimize} \quad Z(S) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S(i, j) \cdot N(j) \cdot UP(i) + \lambda \cdot MLDT$$

(10)

그리고 MLDT값은 다시 평균 부재고 개수로 표현될 수 있으므로 운용시의 정비개념 및 지원구조를 반영하면 원문제는 최종적으로 식(11)의 해를 찾는 문제가 된다.

$$\text{Min.} \quad Z(S) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S(i, j) \cdot N(j) \cdot UP(i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m EBQ(i, j) \cdot RTD(i, j) \cdot N(j) \cdot \lambda(i)$$

(11)

식(11)의 첫 번째 항은 모든 품목의 재고구매비용의 합이되며 둘째항은 전체 무기체계 지원구조상의 모든 정비계단에 대한 시간 가중 기대 부재고 벌과비용을 의미한다. 완제품의 가동율을 높이기 위하여 많은 재고를 보유하게되면 그에 따른 재고구매 비용이 커지지만 부재고량은 줄어들게 되어 목적함수의 두 번째항인 기대 부재고 벌과비용은 감소하게 된다. 역으로 적은량의 재고를 보유하게 되면 그에 따른 재고구매 비

용은 줄어들지만 두 번째 항은 커지게 된다.

그러므로 $S(i, j)$ 는 이러한 상호관계를 따져서 식(11)을 최소화 시킬수 있도록 구해져야하며, 그 값은 완제품의 목표 운용가용도를 만족시킬 수 있는 범위에서 결정되어 지거나 완제품의 목표비용을 만족하는 범위에서 결정되어 져야 하는 것이다.

식(11)의 $\lambda(i)$ 는 품목 i 의 부재고 단위당 벌과 비용을 의미하는데 이는 품목 i 의 부재고 단위당 완제품의 운용가용도에 얼마만한 영향을 미칠 수 있는가를 나타낼 수 있는 척도로써 이 값을 얼마로 주는냐에 따라 목적함수의 첫 번째항과 두 번째 항이 전체 목적함수 값에 주는 영향이 달라지게 된다. 즉 $\lambda(i)$ 값이 큰 경우에는 전체 목적함수 값을 최소화하기 위해서는 EBQ(i, j)를 줄여야 하므로 $S(i, j)$ 값을 키움으로써 상당한 재고비용을 부담할 것이고 $\lambda(i)$ 값이 작은 경우에는 그 역으로 변화 할 것이다.

즉, 재고비용은 재고량에 따라 선형적으로 증가하고 재고고갈비용은 단조감소함수이므로 목적함수는 이들 두 함수를 더한 것으로 그림 1과 같이 볼록함수(convex function)가 된다. 따라서 구하려는 각 품목의 최적해는 재고구매비용과 재고부족량에 대한 벌과비용의 합이 최소가 되는 점이라고 할 수 있다.

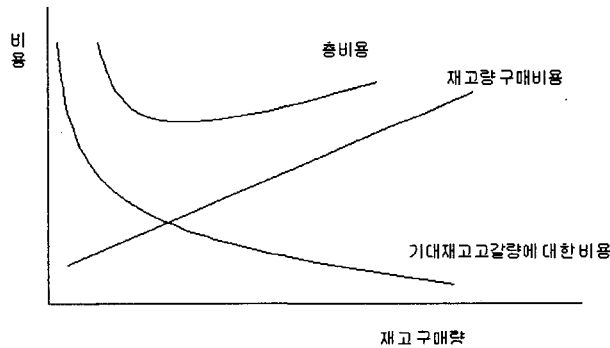


그림 1. 최적해 결정절차

3.3.2 운용가용도

체계의 운용가용도[1][8][9]는 체계를 구성하는 구성품의 고장이 어떤 형식으로 발생하는가에 따라 두 가지가 있다. 즉 부품 i 의 고장으로 인해 완제품이 고장나 있는 동안 다른 부품의 고장이 발생할 수 없는 경우와 다른 부품이 발생할 수 있는 경우에 따라 체계 운용 가용도는 다르게 계산될 수 있다. 실제 장비운용시에는 위와 같은 두 가지에 대응하는 상황들이 혼합적으로 발생하나 본 모델에서는 운용가용도 계산시 첫 번째 경우를 적용하였다. 이때 보다 간편한 수식전개를 위하여 각각의 고장은 독립적으로 발생하고 동시에 두 개 이상의 부품이 고장나는 현상은 없다고 가정하며 여기서 고장이란 어떤 품목이 정상인 부품으로 교환되어야 하는 사건을 말한다.

1) 실정비 계수(EMF)

일반적으로 체계의 고장분포함수가 연속인 경우에 대하여 다음 관계가 성립한다.

$$MCTBF = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{MCTBF_i}}$$

(12)

$$SFF = \frac{A_o}{MCTBF} = A_o \cdot \sum_i \frac{1}{MCTBF_i}$$

(13)

각 구성품의 고장률은 구성품 $MCTBF_i$ 의 역수($1/MCTBF_i$)이므로 식(12)에서는 체계의 고장율은 하부 구성품 고장율의 합이며, 체계의 MCTBF는 체계의 고장률의 역수로 표현될 수 있음을 보여준다.

식(13)에서는 체계고장빈도는 체계가 운용가능상태로 있는 시간을 고장간 평균시간(MCTBF)으로 나눔으로써 구해진다는 것을 나타낸다. 단 여기서 시간 단위를 연(Year)으로 표현할 경우 A_o 는 운용가능시간의 비율이므로 A_o 값 자체를 연단위의 운용가능상태 시간으로 사용하기 위해서는 MCTBF의 단위를 2년으로 통일해야 한다.

또한 식(13)의 두 번째식은 체계의 고장빈도에 미치는 각 구성품의 고장은 독립적이며 상호 상대적임을 나타낸다. 즉, 부품 A의 고장율이 부품 B의 고장율의 2배라면, 부품 A로 인한 체계의 고장은 부품 B로 인한 고장횟수의 2배가 된다.

따라서 실정비계수는 다음과 같이 표현된다.

$$EMF = SFF = \frac{A_o}{MCTBF}$$

(14)

2) 운용가용도 및 보급가용도

체계가 운용불가능 상태에서는 고장이 발생되지 않는 경우이므로 운용가용도 및 보급가용도는 다음식으로 표현할 수 있다.

$$A_o = \frac{MCTBF}{MCTBF + MLDT + MTTR}$$

(15)

$$A_s = 1 - \frac{LDT}{MCTBF + MLDT + MTTR} = \frac{MCTBF}{MCTBF + MLDT}$$

(16)

식(16)에서의 근사식은 MTTR값을 알 수 없을 때 적용되는 식이며, 이 식을 적용하여 보급가용도를 산출할 경우 근사식과 참값의 비율은 다음과 같다.

$$Ratio = 1 + \frac{MTTR \times MLDT}{MCTBF(MCTBF + MLDT + MTTR)}$$

(17)

운용가용도가 높은 체계의 경우에는 MTBF 값이 MLDT나 MTTR의 값에 비해 상당히 커지게 되어 Ratio는 1에 가까운 값을 갖게 될 것이므로 근사값의 오차가 거의 무시될 수 있을 것이다. 예를들어 MTTR/MCTBF와 LDT/MCTBF가 각각 5%라면 Ration값은 1.0025가 된다.

이들 식을 사용하여 A_o 및 A_s 를 구하기 위해서는 먼저 각 품목의 $MLDT_i$ 가 계산되어야 한다. 각 품목의 $MLDT_i$ 가 구해지면 완제품의 MLDT는 각 품목의 고장률로 $MLDT_i$ 를 가중하여 계산하면 되므로 다음식으로 구한다.

$$MLDT = \frac{\sum_i \frac{MLDT_i}{MTBF_i}}{\sum_i \frac{1}{MCTBF_i}}$$

(18)

3.3.3 기대부재고량

식(11)에서와 같이 최적 초도보급량 결정문제는 분리가능한 최적화 문제이므로 기대부재고량은 각 품목별로 독립적으로 계산되며 본 연구에서는 최적 초도보급량을 결정하기 위해 기존의 다단계 재고모형에서의 기본적인 변수의 조정과 추가 변수의 삽입이 이루어져야 하므로 기대 부재고량 계산에 두모수처리법(TWOPT)모델을 이용하였고 품목별 후불 예약량은 해당정비 계단과 재고를 요청할 수 있는 상위 계단 및 재고를 요청하는 하위계단의 관계를 창정비, 일반정비, 직접정비, 부대정비 순으로 순차적으로 LDT_i 를 계산하여 최종 MLDT값이 결정될 수 있도록 하였다.

3.3.4 기대 발주획득시간

초도보급량 결정 문제에서는 외부업체로의 발주를 통하여 수요를 충족시키기 위해서는 CSP 운용기간이 끝나는 시점까지 기다려야 하므로 각 수요가 외부업체로의 발주를 통하여 만족되는데 소요되는 시간은 $(T - t_i)$ 가 된다. 따라서 기대 발주획득시간은 $(T - t_i)$ 값들의 기대치라고 할 수 있으므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{기대 발주획득시간} = E[T - t_i]$$

(19)

그런데 수요발생이 일양포아송 분포(Homogeneous Poisson Process)를 따를때는 어떤 시점 t에

수요가 발생할 확률분포는 일양분포(Uniform Distribution)이므로[7] 식(19)는 다음과 같이 계산된다.

$$E[T - t_i] = T - \int_0^T t_i f(t_i) dt_i = T - \int_0^T t_i \frac{1}{T} dt_i = \frac{T}{2}$$

(20)

따라서 국내 및 국외 조달 품목 공히 CSP 운용기간을 3년으로 정의하였기 때문에 각 품목의 기대 발주획득시간은 1.5년이 된다.

3.3.5 정비계단별 최적재고량 결정

다단계 재고모형에서 목적함수식은 각 정비계단의 재고량에 대하여 볼록함수가 아니므로 각 정비계단의 최적재고량을 결정하기 위해서는 먼저 각 계단에서의 최적재고량의 상한을 결정한 다음에 각 경우에 대하여 목적함수값을 비교하여 최적값을 결정해야 한다.

정비계단 n 에서 최적재고량의 상한을 결정하기 위해서 먼저 정비계단 n 에 재고를 갖고 있지 않을때의 비용인 $TC_{n-1}^*(0)$ 과 정비계단 n 이 항상재고를 보유하고 있을때의 비용인 $TC^*(\infty)$ 를 계산한다. 그러면

$$S^* \cdot UP + TC_{n-1}^*(S_n^*) \leq 0 \cdot UP + TC_{n-1}^*(0)$$

(21)

$TC_{n-1}^*(\infty) \leq TC_{n-1}^*(S_n^*)$ 이므로 식(21)은

$$S^* \cdot UP + TC_{n-1}^*(\infty) \leq TC_{n-1}^*(0)$$

(22)

이식을 다시 정리하면

$$S_n^* \leq \frac{TC_{n-1}^*(0) - TC_{n-1}^*(\infty)}{UP}$$

(23)

의 관계가 도출된다. 이것이 S_n^* 에 대한 첫 번째 상한(Upper bound)이다. 따라서 n 번째 정비계단의 재고는 0부터 S_n^* 까지를 고려하여 그 중에 최소의 목적함수 값을 주는 S_n 을 최적값으로 선정하게 된다. 또한 $0 \leq S'_n \leq S_n^*$ 을 평가하는 과정에서

$$S'_n \cdot UP + TC_{n-1}^*(S'_n) \leq TC_{n-1}^*(0)$$

(24)

를 만족하는 임의의 S'_n 을 구했다고 가정하면

$$S_n^* \cdot UP + TC_{n-1}(\infty) \leq S'_n \cdot UP + TC_{n-1}(S'_n) \tag{25}$$

이 성립하므로 이를 정리하면

$$S_n^* \leq \frac{S'_n \cdot UP + TC_{n-1}(S'_n) - TC_{n-1}(\infty)}{UP} \tag{26}$$

S_n^* 에 대한 새로운 상한을 구할 수 있으며 식(26)에서의 상한 값은 식(23)의 상한 값보다 작으므로 식(24)를 만족하는 S'_n 이 구해질 때마다 상한 값을 줄여 나갈 수 있게 되므로 보다 빠른 시간내에 최적해에 도달하게 된다.

여기서 n 이 최상위 계단이라 하면 $n-1$ 번째의 계단에서도 위와 동일한 절차로 각 S_n 값에 대하여 $TC_{n-1}^*(S_n)$ 을 결정할 수 있으므로 $n-1$ 계단에서의 최적재고의 상한값을 결정할 수 있다.

또한 가장 낮은 계단인 부대정비 계단에서는 상위의 재고값이 결정된 상태이므로 이때의 비용함수는 S_1 에 대하여 볼록함수(Convex Function)이다.[5]

따라서 S_1^* 는 S_1 값을 하나씩 증가시키면서 현단계의 목적함수가 전단계의 목적함수보다 커지는 시점에서 구해진다.

목적함수가 볼록함수가 아닌 문제에서 최적해를 구하기 위해서는 앞서 구한 상한값 각각에 대하여 모든 경우를 고려하여야 하므로 많은 계산시간이 소요된다. 따라서 상한값이내의 재고 수량중 최적이 될 수 없는 것을 식별하여 고려대상에서 제외할 수 있는 경우에는 계산시간을 상당히 단축시킬수 있게 된다.

4. 컴퓨터 프로그램

4.1 운용환경 및 구성파일

CSP 소요산출 소프트웨어인 OASIS(Optimal Allocation of Spares for Initial Support)모델은 Microsoft Window 95/98/2000 호환기종에서 운용가능하도록 개발되었고 프로그래밍 언어는 Microsoft Visual Basic Ver 6.0과 데이터베이스 체계를 관리하기 위해 Microsoft Access Ver 7.0을 사용하였다.

4.2 수정/보완 사항

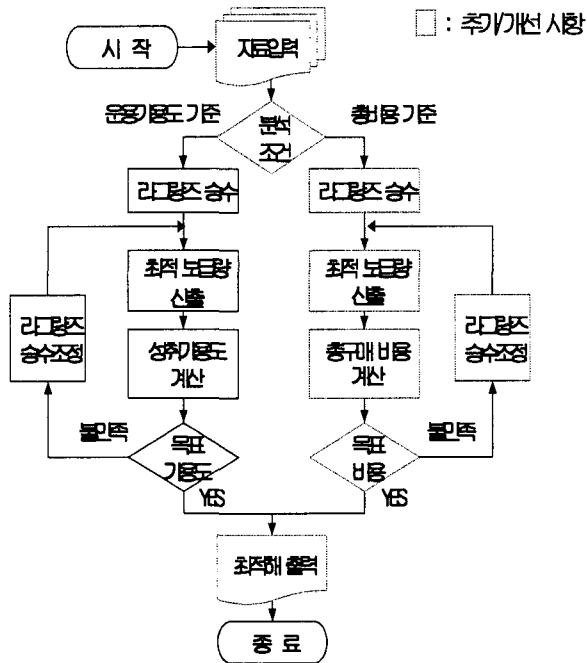
기존에 국과연에서 개발된 S/W의 개선 및 보완사항을 요약정리하면 다음 표 1과 같다.

<표 1> 수정/보완사항

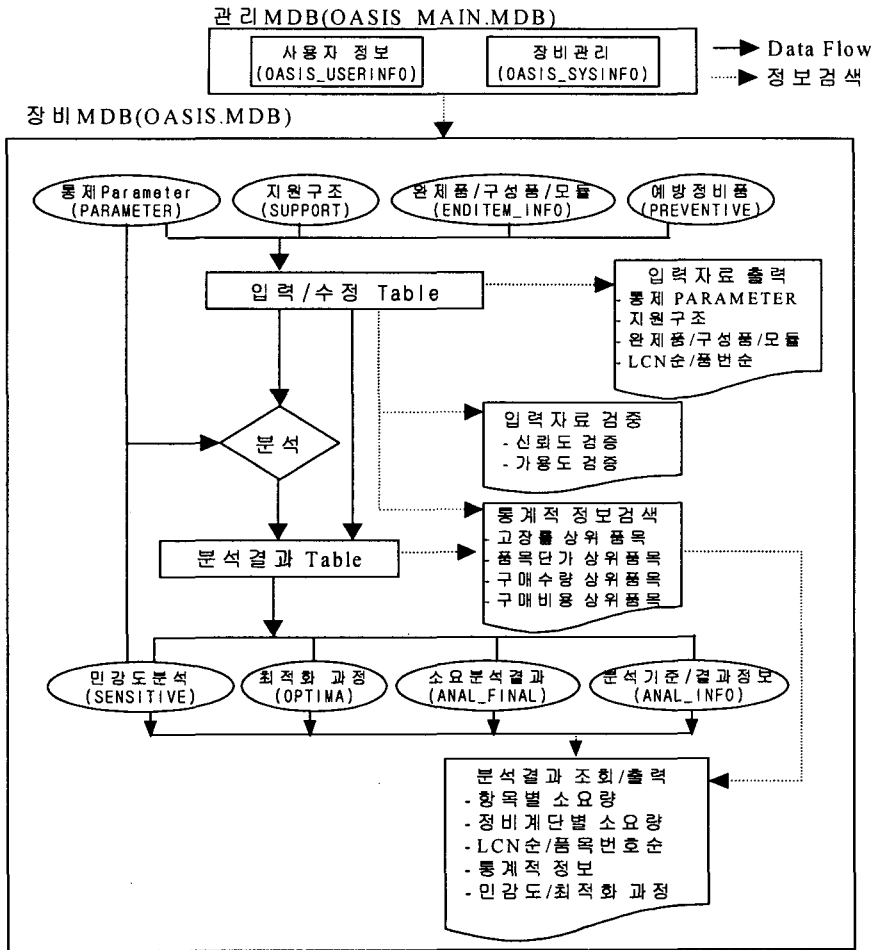
개선사항	보완사항
<ul style="list-style-type: none"> · 지원구조에 관한정보 · 완제품/구성품/모듈에 관한정보 · 윈도우용 운용체제로 UPGRADE 	<ul style="list-style-type: none"> · 수리/교체 업무분포의 SMR코드 추가 · LCN 외에 NSN(국가재고번호) 추가 · 최적해에 대한 정비계단별/대상품목별 분류 산출 · 도움말 기능 · 비용제한 소요분석 · 고장률 비교분석 · 통계적 정보 제공

4.3 흐름도

CSP 소요 판단 흐름도 및 데이터베이스 관리 흐름도는 그림 2 및 3에서 보는 바와 같다.



<그림 2> CSP 소요 판단 절차 흐름도



<그림 3> 데이터베이스 관리 흐름도

5. 결론

본 연구는 CSP 소요산출 모형에서 비용제한사항을 고려한 모형으로 확장하였고, 도스용 소프트웨어에서 개선사항으로 제시된 문제점들을 모두 반영하여 윈도우용으로 최신화하였으며 본 연구결과로 개발된 S/W는 현재 국방표준 S/W로 채택되어 모든 신규무기체계의 CSP 산출시 사용되고 있다. 본 모델/소프트웨어를 사용함으로써 사용군은 빠른 시간내에 제한된 예산하에서 군의 운용가용도를 만족시킬 수 있는 CSP 소요량을 보다 정확히 산출할 수 있게 되어 경제성 및 지원성이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡을 수 있는 계기가 되었다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 姜鎬臣, 2000, 固有可用度 制約下的 最適 修理回數 決定을 爲한 豫防保全모델, 建國大學校, 大學院, 博士學位論文.
- [2] Alan J. Kaplan, 1980, "Mathematics for SESAME Model", US AMSAA Inventory Office, Philadelphia.
- [3] DARCOM Pamphlet(1983) 700-18, User's Guide for the Selected Essential-Item Stockage for Availability Method(SESAME) Program.
- [4] Evrett Hugh, "Generalized Lagrange Multiplier Method for Solving Problems of Optimum Allocation of Resources", Operations Research, vol.11, (1963) pp.399-417.
- [5] Kotkin, Meyer, "On the Optimal Stock Levels in a Muti-Echelon Maintenance System", Army Inventory Research Office, Philadelphia.(1978)
- [6] Richards, A. R., and McMaster, A. W."Wholesale Provisioning Models", (1983) NPS55-83-026, Naval Postgraduate School.
- [7] U.S. Army, 1965, "Provisioning Techniques".
- [8] 강호신, 조남호, 유왕진, 가용도를 고려한 교체전 최소수리횟수결정 모델에 관한 연구, 공업경영학회지, 제21권, 제47집, (1998) pp. 47~55.
- [9] 강호신, 고장수기준 예방정비모델의 최적수리횟수 비교 분석, HYUNDAI MOBIS 기술논문집, 제1권, 제1호,(2000) pp. 21~33.
- [10] 국과연, 현대정공, 육군 CSP 소요산출 프로그램 개발 보고서. (1999)
- [11] 국방부, 동시조달 수리부속(CSP) 운영지침.(1995)
- [12] 군수사, 동시조달 수리부속(CSP) 업무지침 및 전산운영 절차.(1998)
- [13] 김성호, 박삼준, 동시조달 수리부속(CSP) 소요산출 모델연구, 한국과학기술원, ATRC-515-940243. (1994)
- [14] 황홍석, 초기보급 예비부품을 위한 예산결정 모델연구, 한국군사운영분석학회지, (1990) Vol.16, No.2.

저 자 소 개

나 인 성 : 건국대학교 대학원 산업공학과 석사, 현재 명지대학교 산업공학과 박사과정 재학중이며 현대자동차그룹 (주)로템 기술연구소 주임연구원으로 비용분석 업무 수행중. 주요관심분야는 품질공학, 신뢰성, 데이터마이닝, 산업안전

이 계 경 : 명지대학교 산업공학과 박사과정 재학중. 삼성중공업에서 6시그마 업무 ('00-'01)를 담당했으며, 현재 명지대학교에 재직중. 주요관심분야는 6시그마, 다구찌 품질공학, 경영혁신 방법론, QC분야

박 명 규 : 한양대학교 산업공학 학사, 미국 일리노이 공대 산업공학 석사, 건국대 산업공학 박사, 현재 명지대 산업공학과 교수, 주요 관심분야는 TQM, QE, METHODS ENG, 재고 물류관리, 확률모형, 의사결정론, FORECASTING, 시스템 분석

저 자 주 소

나 인 성 : 경기도 용인시 기흥구 마북동 180-11 승리빌 202호

이 계 경 : 경기도 화성시 태안읍 병점리 506 우남 드림밸리 1차 107동 1301호

박 명 규 : 경기도 용인시 남동 산38-2 명지대학교 산업공학내