

군용 기동장비의 가용도 분석을 통한 교체시기
결정에 관한 연구
- 2 $\frac{1}{2}$ 톤 차량을 중심으로 -

(A Study on the Determination of Replacement Time
for Military Vehicle Using Availability Analysis)
- Focused on 2 1/2 Ton Cargo-

하형호, 강성진 *

Abstract

This paper propose a method determining life cycle for military vehicle using availability analysis. Many studies determining life cycle for military equipments have been done recently. However, those studies focused on economic life such as average system cost method, equivalent annual cost method and cumulative operations cost method. In many case, those results are not appropriate in deciding replacement in the field situation, we consider an effective life cycle method using availability concept.

In order to determine an equipment life cycle. Two kinds of availability is considered. One is equipment yearly availability, the other is operational availability with operating distance per year. The life cycle is determined by achieving unit target availability level. The result using this concept for K-511 military vehicle life cycle is about 19 years, which is longer than previous studies.

(Keyword : Life Cycle, Availability, Replacement)

* 국방대학교 운영분석학과

1. 서 론

장비에 대한 수명관리는 실제 운용되는 환경에서 요구되는 기간동안 장비성능을 유지하면서 운용 가능 상태를 유지토록 효율적이면서 경제적으로 관리해야 하는 것을 말한다. 만약 수명이 초과된 노후된 장비를 운용함으로써 발생되는 장비유지비가 신장비를 도입하여 사용할 때의 유지비를 초과한다면, 노후된 장비를 계속 사용하는 것은 경제적으로 손해일 것이다. 그러나 예산의 제약으로 전투장비는 기준수명을 초과하여 운용하고 있다. 기준수명을 초과한 장비는 운영유지비의 증가뿐만 아니라, 고장의 증가로 인해 임무 달성을 제한을 초래한다. 장비의 노후화로 인한 사고의 부담은 신장비의 운용횟수의 증가로 신장비의 조기마모현상이 발생하여 일정기간이 지나면 신장비와 노후된 장비의 고장빈도가 같아져 부대장비 운용가용도를 단기간에 급격하게 저하시킬 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 예산제약으로 기준수명 및 경제수명을 초과하여 운용하고 있는 K-511 차량의 고장률과 신뢰성 분석을 통해 군의 요구 성능을 만족시킬 수 있는 최대 수명을 산출하여 노후화된 장비의 도태계획의 수립에 기여하고자 한다.

본 연구는 육군의 편성부대자원관리시스템(FRMS :Formation Resource Management System)의 자료를 토대로 장비의 운용연차별, 주행거리별로 고장 시간과 정비시간을 분석하여 개별장비의 연차별 가용도를 산출하여, K-511차량을 운용하는 부대의 장비가용도를 확률값으로 분석하여, 군의 요구성능을 만족할 수 있는 장비의 최대유효수명을 산출한다.

1) 합참, 군용장비 교체시기에 관한 정량적 연구, 1978. pp. 5 ~ 7

2) 원찬권, 최봉학, 현대군수관리, 병학사, 1989. p.362

2. 수명결정에 관한 기존연구 고찰

2.1 장비 수명결정 기준

장비의 수명이란 장비가 고유의 운용목적을 유지하면서 사용되는 지속기간, 즉, 장비 본래의 기능을 효율적으로 수행할 수 있는 지속기간을 말한다. 이러한 장비수명에는 해당장비의 특성에 따라 경제수명과 유효수명 등으로 구분된다.¹⁾

장비의 경제수명이란 장비의 성능에 대한 군의 요구를 가장 경제적으로 충족 시킬 수 있는 지속기간을 말하는 것으로 이 경제수명을 지나서 계속 장비를 운용한다는 것은 결국 고장률의 증가로 인한 유지비의 증가로 비경제적인 장비관리가 된다는 것을 의미한다. 즉, 장비의 경제수명을 분석하는 것은 장비교체기준 수립에 기여하고, 장비의 재생활동에 대한 경제성을 평가하여 예산낭비 요인을 억제하며, 현 장비 보유수준에 대응하는 운영유지비 소요산정시 적정예산규모를 제시하는데 그 목적이 있다.²⁾

장비 유효수명이란 장비의 운용특성상 경제적인 면을 고려할 필요가 없이 장비의 성능이 군의 요구를 충족시킬 수 있는 지속기간을 말하는 것으로, 일반적으로 비록 경제수명이 초과하여 경제적 손실이 있다하더라도 그 장비를 계속 운용하는 것이 군의 요구를 효과적으로 충족시킬 수 있는 장비의 경우에 이를 적용한다.

일반적으로 장비의 수명이 성능에 의해 좌우되는 유효성 장비는 유효수명이 그 장비의 수명이 되고, 장비의 수명이 유지비에 의해 좌우되는 장비는 경제수명이 장비의 수명이 된다.³⁾

2.2 경제수명 결정모형

장비의 경제수명을 결정하는 연구는 여러 가지 방법으로 연구되어 왔다. 일반적으로 무기체계는 초기투자비가 높을 뿐 아니라, 도입 후 장비 운영 시 운영기간이 증가함에 따라 운영유지비가 증가한다. 장비의 운영연수에 따라 장비의 노후화가 진행되고, 이로 인한 수리부속비의 증가로 유지비의 증가가 발생한다. 따라서 장비의 운영기간에 따라 평균적으로 소요되는 비용은 변화한다. 이러한 비용의 변화의 추세를 분석하여 최적의 운영기간을 설정하는 것이 장비의 경제수명 결정방법인에 주로 다음 세가지 방법들이 연구되어 있다.

첫째는 평균체계 비용법(ASCM: Average System Cost Method)으로 연간평균투자비와 연간평균유지비의 합계로 이루어지는 연간평균체계비용이 최소가 되는 시점을 그 장비의 경제수명으로 결정하는 방법이다. 연간평균투자비란 최초 투자비를 장비운용년수로 나눈 값으로 장비운용기간이 증가하면 단위 기간당 부담비용이 감소된다. 연간 평균유지비란 누적유지비를 장비운용년수로 나눈 값으로 대부분의 장비의 경우 고장률이 시간에 따라 증가하므로 단위 기간당 소요되는 유지비는 증가한다. 결국, 평균 체계비용은 장비운용 초기부터 어느 시점까지는 감소하다가 다시 증가하는 형태가 되므로 평균 체계비용이 최소가 되는 시점이 곧 장비의 경제수명이 된다.

둘째는 누적유지비에 의한 경제수명 산출방법으로 장비의 경제수명이란 단위거리당 총비용이 최소가 되는 시점으로, 장비의 최초 투자비와 장비에 사용

된 수리부속비가 같아지는 시점을 경제수명으로 결정하는 방법이다.⁴⁾

셋째는 등가연간비용에 의한 방법(EACM : Equivalent Annual Cost Method)으로 총비용 요소인 투자비와 누적 유지비의 합인 총비용을 연차별 지불되는 등가로 환산하여 산출한 자본회수비와 등가유지비의 합인 등가연간비용이 최소가 되는 시점을 장비의 경제수명으로 결정하는 방법이다. 즉, 장비의 수명기간 중에 매 기간 말의 등가연간비용을 환산하여 산출한 결과비용이 최소가 되는 시점을 경제수명으로 결정하는 방법이다.

등가연간비용에 의한 방법은 등가연간비용(EAC)이 장비운용기간 중 최소의 값이 되는 시점을 경제수명으로 결정한다. 즉, 다음과 같은 조건을 만족시키는 시기(n)가 해당장비의 경제수명으로 결정된다.

$$EAC(n-1) > EAC(n) < EAC(n+1)$$

따라서 장비를 n년 사용할 때의 등가 연간비용이 n년 이전이나 이후의 등가 연간비용보다 적은 값일 때 n년이 해당장비의 경제수명으로 결정되는 것이다.

2.3 군용 기동장비 경제수명결정 기준 연구 고찰

군용 기동장비의 수명에 대한 연구는 경제수명 결정 기준을 적용하여 다양하게 진행되었다. 경제수명결정기준에 의하여 평균체계비용법, 누적유지비에 의한 방법, 등가연간법 등을 적용하여 최적 경제수명을 결정하는 연구들이 있었다.

3) 한국국방연구원, 장비경제수명연구, 1992. p.18

4) 국방관리연구소, 군용 장비 수명 결정 연구, 1980. p.11

평균체계비용법을 이용한 M-602차량의 경제수명결정 연구는 평균체계비용을 최소화하기 위해 누적주행거리를 독립변수로 하고 유지비를 종속변수로 하여 평균체계비용을 최소화하기 위한 운용기간을 경제수명으로 산출하였다.[8]

대상지역을 전선의 동부와 서부로 구분하여 지형 특성에 의한 유지비의 차이를 고찰하기 위해 동, 서부지역의 연평균 주행거리인 7,015km, 6,835km을 1년으로 하는 단위환산을 실시하고, 장비 운용수명을 6년~13년까지 변화시키면서 평균체계비용이 최소가 되는 연수를 산출하였다. 모형의 적용 결과 전선의 동부지역에서는 주행거리 68,000~77,000km, 서부지역에서는 78,000~85,000km의 구간을 95% 신뢰구간으로 경제적 수명을 산출하였다.

등가연간법을 이용하여 지형형태에 따른 2 1/2 톤 트럭의 수명 연구는 차량의 수명 결정을 위해 차량이 운용되는 지형의 특성에 따라 해안지역, 산악지형, 내륙지역으로 구분하여 장비의 사용기간을 독립변수로 하고 연간 등가유지비를 종속변수로 하는 모형을 설정하여 등가연간 비용이 최소가 되는 시점을 경제수명으로 결정하였다.[5]

연구결과에 의하면, 지형형태의 차이에 따라 장비의 경제수명의 차이가 발생하는데 해안지역을 운행하는 차량의 평균수명은 9.75년, 산악지역을 운행하는 차량의 평균수명은 11.25년 내륙지역을 운행하는 차량의 평균수명은 14년이 산출되었다. 또한 지형의 형태를 고려하지 않는 K-511차량의 평균수명은 11년이며 95% 신뢰수명은 8.7~13.2년으로 산출되었다.

K-511차량의 운행지역에 따라 강원도지역, 경기도지역으로 구분하여 2 1/2톤 군용차량의 경제수명으로 산출하는 연구에서는 차량운행 지역을 강원도지역, 경기도지역으로 구분하여 등가연간법을 적용한 결과, 강원도지역 운행차량은 경제수명은 11.4년으로 산출하고, 경기도지역 운행차량의 경제적 수명은 16.3년으로 분석되었다. 연구결과 차량의 교체시기는 강원도지역 약 12년, 경기도지역 약 16년을 의사결정기준으로 제시하였다.[13]

이상의 2 1/2톤 차량의 경제수명 결정 모형들은 공통적으로 장비수명의 결정요인을 비용으로 간주하여, 경제수명을 산출하였다.

그러나 현실에서는 국방예산의 제약으로 기동장비에 대한 전력투자는 다른 무기체계에 비해 상대적으로 감소하고 있으므로, 경제수명의 분석만으로는 설득력이 부족하다. 군의 전투력을 유지하기 위해서는 유지비가 증가하더라도 신장비로 교체되기 전까지 노후된 장비를 운용해야 한다.

따라서, 군용장비의 특성상 장비의 획득가격이 높고, 장비의 수명이 사용장비에 비해 길고, 군의 전투력 발휘와 직접 관련이 있는 군용장비의 수명 결정 기준으로 경제수명에 의한 접근 방법은 현실성이 떨어진다. 현재 K-511차량은 기준수명(12년)을 초과하여 운용하고 있으며 경제수명을 적용한 각 연구결과에서 제시한 11년~16년을 초과하여 운용하고 있다. 따라서 예산제약 하에서 군의 전투력 발휘에 필요한 군용장비의 수명결정기준은 경제수명보다는 장비의 성능이 수명의 고려요소가 되는 유효수명결정 방법을 고려해야 한다.

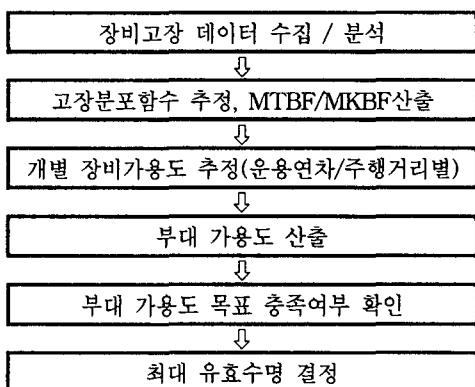
3. 군용 기동장비의 유효수명 결정 모형

3.1 모형설정을 위한 일반사항

군용 장비처럼 복잡한 시스템의 고장분포는 일반적으로 지수분포를 따르지만, 운용기간이 증가하고, 장비에 대하여 Stress가 지속적으로 가해지면, 시스템의 고장간격은 점차 단축되므로 와이블분포가 더 적합하다. [6]

본 연구의 대상인 기동장비체계는 수리 가능한 IFR 특성을 갖는 체계로써 경제적 수리한계를 적용하여 운용되고, 운용 중 고장이 날 때마다 최소 수리가 수행된다.

군용 기동장비의 유효수명을 결정하기 위한 절차를 그림으로 표현하면 그림<2-1>과 같다.



<그림 3-1> 장비의 유효 수명 결정 절차

본 연구에서 사용되는 용어는

- MTBF : 평균 고장간 간격(기간)
- MKBF : 평균 고장간 주행거리 [2]
- A_o : 개별장비 가용도
- A_{oj}^I : 운용연차별 개별장비 가용도
- A_{oj}^J : 주행거리별 개별장비 가용도

- A_u : 부대 가용도로 부대의 총 장비중 정상적으로 작동중인 장비의 비율

본 연구에서는 신장비에 비해 노후된 장비의 운행횟수는 감소되기 때문에 단순하게 장비의 운용연수만을 독립변수로 취급하면, 운용연수가 증가함에 따라 고장의 증가로 인한 운행의 제한은 오히려 고장률의 감소현상이 발생할 수 있다. 따라서 장비의 누적주행거리와 운용연수를 동시에 고려해야 한다.

3.2 개별장비의 가용도 추정

가용도는 어떤 주어진 시간에 있어서 장비가 작동상태에 있을 확률로서 임무가 요구된 어떤 시간(임무시간을 제외하고 운용시간, 실수리시간, 행정 및 군수지연 시간을 포함)에서 장비의 임무수행 및 운용가능한 정도의 척도이다. 또한 가용도는 장비의 전투준비태세를 평가해 주는 척도로서, 운용환경에 따라 고유가용도, 성취가용도, 운용가용도 등으로 분류된다.

1. 고유가용도(A_i : Inherent Availability)

고유가용도는 계획정비없이 규정된 조건(규정된 공구, 수리부속, 정비인원, 교범, 지원장비등) 하에서 운용이 될 때, 장비가 가동상태에 있을 확률이다. 이는 장비자체 요인의 고장만을 반영한 값이다. (준비기간, 예방정비 자연시간, 행정 및 군수지연시간을 고려하지 않음) 따라서, 고유가용도는 탐색 개발 단계에서 장비의 설계개념을 설정할 때 이용된다.

$$A_i = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 고장정비시간}} \quad (3-1)$$

2. 성취가용도(Aa : Achieved Availability)

성취가용도는 고유가용도에 계획정비 시간을 추가로 고려한 것으로 장비 자체의 직접적인 원인이 아닌 비가동 시간을 제외한 값이며, 이상적인 지원 환경(공구, 시설, 준비상태)과 규정된 조건 하에서 사용될 때 장비가 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률로서 장비의 개발이 활발히 수행되는 체계개발 단계로부터 최초 운용능력 확인 단계까지 적용된다.

$$A_a = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 고장정비시간} + \text{총 예방정비시간}} \quad (3-2)$$

3. 운용가용도(Ao : Operational Availability)

운용가용도는 장비가 실제의 운용환경과 규정된 조건 하에 사용될 때 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률이며 장비가 만족해야 할 운용가용도는 운용형태 종합 및 임무유형(OMS/MP : Operational Mode Summary/ Mission Profile) 또는 전투준비태세(Readiness)로부터 산출된다.

$$A_o = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}} \quad (3-3)$$

$$\text{총 불가용시간} = \text{총 고장정비시간} + \text{총 행정 및 군수지연 시간}$$

개별장비의 운용가용도는 현실적으로 발생할 수 있는 모든 비가동 시간을 고려한 값으로 장비가 실제의 운용환경과 규정된 조건 하에 사용될 때 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률을 의미한다.

장비의 가용도를 운용연차별로 고려하는 이유는 특정운용기간에 장비의 가용도 조건을 만족여부를 판단함으로써 장비의 수명을 결정하기 위함이다.

즉, 연구의 대상은 장비가 성능을 발휘할 수 있는 최대 운용기간을 산출하는 것이므로 운용연차별 가용도를 독립변수로 하고, 장비의 운용가용도를 종속변수로 하여, 조건을 만족하는 최대 수명을 산출한다.

개별 장비의 가용도를 연차별로 분석하므로 1년 = 총 운용시간+총 불가용시간의 관계가 성립하여 식(3-3)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

개별장비의 가용도 (A_o)는

$$\begin{aligned} A_o &= \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}} \\ &= \frac{1\text{년} - \text{총 불가용시간}}{1\text{년}} \\ &= \frac{1\text{년} - \text{고장에 의한 정비시간}}{1\text{년}} \\ &\quad - \frac{\text{계획 및 예방정비시간}}{1\text{년}} \end{aligned} \quad (3-4)$$

여기에서,

$$\begin{aligned} \text{총 불가용시간} &= \text{총 고장정비시간} + \text{총 행정 및 군수지연 시간} \\ \text{총 고장 정비시간} &= \text{고장에 의한 정비시간} + \text{계획 및 예방정비시간} \end{aligned}$$

기동장비에 대한 정비는 야전정비로 종결되므로 일정량의 수리부속을 항상 보유하고 있으므로 고장 발생시 즉시 정비가 실시되므로 행정 및 군수지연 시간은 고려하지 않는다. 그러나 기동장비에 대하여 사용부대로부터 획득 가능한 자료는 고장간기 간, 고장간주행거리, 정비시간 등이다. 따라서 세 가지 자료를 Regression을 한 후 추정값 \widehat{MTBF} , \widehat{MKBF} , \widehat{MTTR} 를 이용하고, 계획 및 예방정비 시간은 장비정비규정에 따라 주간정비, 월간정비, 반년 정비를 적용하여 식(3-4)를 정리하면 다음과 같다.

장비의 운용기간 j 연차의 개별장비의 가용도를 A_{0j}^1 이라 하면

$$\begin{aligned}
 A_{0j}^1 &= \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}} \\
 &= \frac{1\text{년} - \widehat{MTTR}_j \times \text{연간 고장수} - \text{계획 및 예방정비시간}}{1\text{년}} \\
 &= \frac{\text{연간 총 운행가능시간} - \widehat{MTTR}_j \times \frac{1\text{년 운행가능일}}{MTBF}}{\text{연간 총 운행가능시간}} \\
 &\quad - \frac{\text{계획 및 예방정비시간}}{\text{연간 총 운행가능시간}}
 \end{aligned} \tag{3-5}$$

여기에서

\widehat{MTTR}_j : j 연차의 고장 1건당 평균정비 시간

\widehat{MTBF}_j : j 연차의 평균 고장간 간격

기동장비는 그 특성상 장비의 운용연도와 주행거리는 밀접한 관련을 갖고 있다. 즉 운행기간이 증가함에 따라 주행거리는 증가하지만 그 관계가 선형으로 증가하지는 않는다. 기동장비는 운용시간의 노후화가 진행되면 신장비의 운행횟수를 증가하므로 노후화된 장비의 운행횟수는 감소한다. 따라서 <표 3-1>과 같이 운용연차가 증가할수록 장비의 운행거리는 점점 감소한다.

장비의 주행거리와 고장간의 관계는 현실적인 운용결과를 바탕으로 장비가 노후되면 도태계획에 의해 도태되는 정상적인 운용환경에 적용하기 위해서 운용연차별 실제 주행거리에 의한 고장발생 데이터를 바탕으로 연차별 평균 주행거리와 연평균고장 횟수간의 관계를 선형회귀방법으로 분석한다. 총 누적거리를 이용하여 연평균 주행거리를 산출하고, 운용연차별로 누적주행거리별 \widehat{MTBF} 를 추정한다.

표<3-1>은 운용실적 데이터가 20년까지 축적된 장비의 주행거리와 운용연차별 MTBF를 Regression 한 결과이다.

장비의 $j(20)$ 연도까지의 총 누적주행거리가 $x_t(92,163\text{km})$ 인 장비에 대하여, 연평균주행거리 x_j 는 $x_t/j(4608.2=92163/20)$ 가 된다.

누적주행거리와 MTBF간의 관계를 선형회귀분석을 하여 연평균주행거리 x_j 에 대하여 \widehat{MTBF} 로 추정할 수 있다.

이를 표로 요약하면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> K-511 차량의 운행현황(현재 vs 정상적 운행)

운용 연수	현재(신장비 운행횟수 증가)			\Rightarrow	장비마다 동일하게 운용		
	연평균주행 거리 $x_j(\text{km})$	누적 주행거리 x_t (km)	MTBF (일)		연평균 주행거리 $\widehat{x}_j(\text{km})$	누적 주행거리 $\widehat{x}_t(\text{km})$	\widehat{MTBF} (일)
1	6,530	6,530	47.3		4,608.2	4,608.2	43.25
2	9,110	15,640	38.4		4,608.2	9,216.3	41.70
3	8,678	24,318	39.2		4,608.2	13,824.5	40.15
4	7,183	31,501	37.8		4,608.2	18,432.6	38.61
5	7,913	39,414	30.6		4,608.2	23,040.8	37.06
6	6,448	45,862	31.1		4,608.2	27,648.9	35.51
:	:	:	:		:	:	:
20	891	92,163	18.1		4,608.2	92,163.0	13.83
계	92,163				92,163		

$A_{o,j}^2$ 를 주행거리별 개별장비의 가용도라 정의하면,
 $j = 1$ 은 장비가 $1 \times x_j$ (0~4,608km)를 주행할 때의
개별장비의 가용도
 $j = 2$ 는 장비가 $2 \times x_j$ (4,608~9,216km)를 주행할
때의 개별장비의 가용도
⋮
 $j = n$ 은 장비가 $n \times x_j$ ($(n-1) \times 4608$ ~ $n \times 4608$ km)
를 주행할 때의 개별장비의 가용도

이를 식(3-2)을 이용하여, 연평균 주행거리를
 x_j (4608km)를 각각 주행한 장비에 대하여, 주행거
리별 개별 장비가용도($A_{o,j}^2$)는 다음과 같이 산출
된다.

$$\begin{aligned} A_{o,j}^2 &= \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}} \\ &= \frac{1\text{년} - MTTR \times \text{연간 고장수} - \text{계획 및 예방정비시간}}{1\text{년}} \\ &= \frac{1\text{년} - MTTR \times \text{연간 고장수} - \text{계획 및 예방정비시간}}{\text{연간 총 운행가능시간} - \widehat{MTTR}_j \times \frac{j\text{연도 주행거리}}{MKBF}} \\ &= \frac{\text{연간 총 운행가능시간} - \frac{\text{계획 및 예방정비시간}}{\text{연간 총 운행가능시간}}}{\text{연간 총 운행가능시간}} \end{aligned} \quad (3-6)$$

여기에서

\widehat{MTTR}_j : j 연차의 고장 1건당 평균정비 시간

\widehat{MKBF} : j 연차의 평균 고장간 주행거리

따라서 구하고자 하는 운용기간 j 연도의 신뢰성
있는 개별장비의 가용도($A_{o,j}^*$)는 운용연차별 가용
도($A_{o,j}^1$)와 누적주행거리($A_{o,j}^2$)에 의한 가용도 중
작은 값이다.

$$A_{o,j}^* = \min(A_{o,j}^1, A_{o,j}^2)$$

3.3 기동장비의 부대가용도 추정

장비의 부대 가용도(A_u)란 요구된 어떤 시간에
서 어떤 장비의 임무수행 및 운용가능한 정도의 척
도로서 단위부대의 총 장비 가운데 정해진 시간에
운용 가능한 상태의 장비의 비율을 말한다. 따라서
기동장비의 부대가용도는 편제된 장비수에 대하여
현재 운용 가능한 장비의 수의 비율로 계산할 수
있다.

총 장비수 n 대 중 각 개별장비가 1년차 y_1 대,
2년차 y_2 대, …, r년차 y_r 대를 보유하고 있는 부대의
가용도는 n 대의 장비중 운용 가능한 상태의 장비
의 수의 비율로 산출할 수 있다. 따라서 부대장비
가용도(A_u)는

$$A_u = \frac{\text{운용 가능한 장비 수}}{\text{총 장비 수}}$$

그러나 부대가 보유한 장비는 서로 독립적으로
운용가능 또는 고장의 상태에 있다. 따라서 각각의
장비의 운용가능 또는 고장의 상태는 다음과 같이
Indicator Random Variables을 이용하여 표현할
수 있다.

$$I_k = \begin{cases} 1, & k \text{ 번째 장비가 운용 가능} \\ 0, & k \text{ 번째 장비가 고장} \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, n$$

장비의 작동률은 임의의 시간에 장비가 작동
상태에 있을 확률을 의미하고, 개별장비에 대하여
임의의 시점에서 작동여부는 상호독립이므로 개별
장비 가용도($A_o[k]$)와 난수를 이용하여 Indicator
Random Variables로 표현하면,

$$I_{A_o[k]} = \begin{cases} 1, & A_o[k] \geq RAND(): \text{작동} \\ 0, & A_o[k] < RAND(): \text{고장} \end{cases}$$

k : 장비의 일련 번호 ($k = 1, 2, 3, \dots, n$)

$A_o[k]$: k 번째 장비의 운용연차에 의한

개별 장비 가용도

$RAND()$: [0,1] 구간의 균일 난수

따라서 구하고자 하는 부대장비 가용도(A_u)는

$$A_u = \frac{\sum_{k=1}^n I_K}{n} = \frac{\sum_{k=1}^n I_{A_o[k]}}{n} \quad (3-8)$$

즉, 부대전체의 장비는 운용가능 또는 고장의 상태를 각각의 장비별로 상호독립적인 확률 값으로 갖고 있으므로 전체 부대장비 중 사용 가능 상태의 장비 수는 확률변수의 기대값으로 산출할 수 있다.

그러나, 이에 대한 수학적 해를 구하는 것은 불가능하므로 난수를 이용한 시뮬레이션으로 해를 구한다.

```

for iter = 1 to a
    m = 0
    for k = 1 to n
        if A_o[k] ≥ RAND()
            m = m + 1
        end if
    next k
    l = l + m/n
next iter
여기에서
iter : 시뮬레이션 반복 횟수 (총:a회)
k : 부대장비 일련번호
A_o[k] : k 번째 장비의 운용연차에 의한
        개별장비가용도
RAND() : [0,1] 사이의 균일난수
m : n 대중 운용가능 상태의 장비 수
l : 시뮬레이션 1회당 부대가용도
부대전체의 장비 가용도는 l/a로 산출된다.

```

위의 시뮬레이션의 수행결과 l/a 가 구하려는 부대가용도로 산출된다.

3.4 군용 기동장비의 유효수명 결정

군용 기동장비의 유효수명을 결정하는 것은 군의 요구성능을 만족시킬 수 있는 장비의 최대수명을 판단하는 것으로, 장비의 운용연수에 따른 장비의 부대가용도를 구하여 군이 요구하는 목표가용도의 달성을 여부를 판단함으로써 최대수명을 산출한다.

장비의 최대수명을 판단하기 위해서 장비의 운용연수를 독립변수로 하고, 장비의 부대가용도를 종속변수로 하여 최대 운용가능기간을 산출한다. 여기에서 수명을 운용연수에 의한 결과로 결정할 것인가, 누적주행거리에 의한 결과로 결정할 것인가를 판단해야 한다. 기동장비의 고장을은 장비의 특성상 운행연수 보다 주행거리가 큰 변수로 작용을 한다. 기동장비의 주행거리는 부대훈련이나 장비사용 횟수에 따라 주행거리의 변동이 있으므로 평균주행거리에 의한 운행연차와 장비의 주행거리는 운용연수가 증가할수록 MTBF와 MKBF의 차이가 발생할 수 있다. 그러나 결정하고자 하는 독립변수는 장비의 운용연수이기 때문에, 장비의 주행거리에 의한 가용도 판단시는 이를 운용연차로 환산하여 수명을 결정해야 하며, 장비의 신뢰성이 작동을 보장하기 위해서는 두 가지 값 중 최소값을 운용연차별 가용도로 적용한다. 즉, $A_{o,j}^* = \min(A_{o,j}^1, A_{o,j}^2)$ 이다.

또한 군의 요구성능을 만족시킬 수 있는 기동장비의 최대수명은 장비의 부대 가용도 90% 이상을 만족시킬 수 있는 최대운용기간을 말한다.

현재 부대장비 전체에 대하여 시뮬레이션을 실시하고, 시뮬레이션의 결과 부대가용도가 목표를 만족하기 위한 장비의 최대 운용연수를 산출하는 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 현재 운용연수가 각각 상이한 장비로 구성된 상태의 부대가용도를 산출한다.

단계 2 : $A_u \geq 0.9$ 이면 단계 5로, $A_u < 0.9$ 이면 단계 3으로 간다.

단계 3 : 가장 오래된 장비의 운용연수를 1년 감하여 부대장비 가용도를 산출한다.

단계 4 : $A_u \geq 0.9$ 이면 단계 6으로, $A_u < 0.9$ 이면 단계 3으로 간다.

단계 5 : 전체 장비의 수명을 각각 1년씩 증가 시켜 부대 장비 가용도를 산출하고 단계 2로 진행한다.

단계 6 : 전체 장비 중 운용기간이 가장 긴 장비의 수명이 유효수명이 된다.

부대 장비가 1년차 장비로부터, 최대 r 년차까지의 총 k 대의 장비로 구성된 부대의 부대장비 가용도를 산출하는 절차는 <표 3-3>와 같다.

각 장비에 대한 운용연차를 조사하고, 장비별로 운용연차별 개별 장비가용도를 적용하여 부대장비 가용도(A_u)를 산출한다. 현재의 운용상태에서 부대 장비 가용도를 산출하여 부대가용도 목표 0.9이상 을 만족하면 현재의 운용상태는 아직 최대수명에 이르지 않았음을 판단할 수 있다.

그러나, 부대가용도 목표를 만족하지 않으면 현재 장비에서 수명이 가장 오래된 장비부터 제거하여 부대 가용도 목표 이상이 될 때까지 과정을 반복하여, 목표가용도를 만족하는 운용기간이 장비의 최대 수명으로 산출된다.

<표 3-3> 장비의 최대수명 산출 과정

장비 일련 번호	장비 운용 연차	개별장비 가용도	장비수명 r 인 경우	장비수명 $r-1$ 인 경우	장비수명 $r-2$ 인 경우	장비수명 $r-3$ 인 경우
1	2	A_{o2}^*	A_{o2}^*	A_{o2}^*	A_{o2}^*	A_{o2}^*
2	4	A_{o4}^*	A_{o4}^*	A_{o4}^*	A_{o4}^*	A_{o4}^*
3	7	A_{o7}^*	A_{o7}^*	A_{o7}^*	A_{o7}^*	A_{o7}^*
:	:	:	:	:	:	:
$k-3$	$r-3$	A_{or-3}^*	A_{or-3}^*	A_{or-3}^*	A_{or-3}^*	A_{or-3}^*
$k-2$	$r-2$	A_{or-2}^*	A_{or-2}^*	A_{or-2}^*	A_{or-2}^*	A_{or-2}^*
$k-1$	$r-1$	A_{or-1}^*	A_{or-1}^*	A_{or-1}^*	A_{or-2}^*	A_{or-3}^*
k	r	A_{or}^*	A_{or}^*	A_{or-1}^*	A_{or-2}^*	A_{or-3}^*
부대 장비 가용도			0.855	0.870	0.905	0.910

현재 상태의 부대장비 구성으로 산출한 부대가 용도가 <표 3-3>와 같으면, 구성된 부대장비에 대하여 부대가용도 목표를 충족하는 장비의 최대 운

용기간은 $r-2$ 년이 된다. 따라서 장비의 최대 수명은 $r-2$ 년을 유효수명으로 결정할 수 있다.

그런데, 장비의 유효수명 결정에 대한 의사결정

권자의 의도가 장비의 운용연수를 우선적으로 고려한다면 개별장비의 가용도 적용시 누적주행거리에 의한 가용도(A_o ,²)를 우선 적용하여 유효수명을 결정한다. 그러나, 장비운용시 장비의 운용 횟수가 증가하여 운용연차보다 주행거리가 먼저 유효수명에 도달할 경우, 장비의 누적 주행거리에 의한 부대가용도를 우선 적용해야 한다. 그러나, 장비의 고장 증가 등의 원인으로 인하여 장비의 누적 주행거리가 유효수명의 누적 주행거리에 도달하지 않더라도 운용연차별 개별장비 가용도에 의한 장비의 유효수명으로 판단하여야 한다. 결국, 군용 장비는 군의 요구성능을 만족하는 최대 운용기간 내에서 운용해야 하며, 부대의 전투준비태세를 만족할 수 있는 최대운용기간은 부대 가용도 목표를 충족할 수 있는 최대 운용기간이며, 장비의 최대 유효수명이다.

4. 모형의 적용

4.1 자료의 획득 및 처리

현재 육군에서 운용중인 K-511 차량에 대한 자료의 획득은 00년도부터 육군에서 운용하고 있는 편성부대자원관리시스템(FRMS)상의 정비기록 자료와 월장비운행증, 장비종합이력부를 대상으로 하였으며 대상장비의 표본은 지형과 운행거리를 고려하여 5개부대 316대의 차량의 자료를 이용하였다. 장비정비기록은 1999년 1월~2003년 8월까지의 정비기록을 바탕으로 장비의 고장함수를 추정하였다.

본 연구에서는 신뢰도 산출에 대한 완전한 기초자료의 수집 및 처리가 제한되므로 최적의 신뢰도 산출을 위해 다음과 같이 가정을 수립하였다.

첫째, 연평균 운행거리 1000km미만 운행장비는 제외한다.

둘째, 고장정의 판단 기준은 단순 수리부속교체와 장비에 DL을 유발하는 수리부속의 교체로 한정한다.

기동장비의 고장종류에 대하여 정의된 규정이 없고, 장비운용 및 정비에 대한 기록은 상기의 문서로 기록되고 있으므로, 장비에 대한 고장정의는 분석가능한 고장데이터에 의해 단순수리부속 교체(단순고장)와 DL을 유발하는 고장에 대한 수리부속의 교체(DL유발고장)로 정의하였다.

단순고장은 부대의 계획/예방정비에 의한 수리부속의 교체 시 수리부속이 장비의 운용에 직접적인 영향을 미치지 않는 경우를 포함한 고장을 말한다.

DL을 일으키는 고장이란 부대의 계획/예방정비에 의한 수리부속의 교체 시, 수리부속이 장비의 운용에 중대한 영향을 미치는 경우를 말한다. 예를 들어 브레이크 마스터 실린더 교환이 그 예이다. 이러한 유형의 고장은 그 즉시 고장을 수리하지 않으면 장비운용에 심각한 영향을 미치는 경우이므로, 계획/예방정비로 수리부속을 교체하지 않았을 경우 운행 중 고장을 일으켜, 장비의 DL을 유발시킬 수 있는 고장을 말한다.

4.2 고장 및 정비 데이터 분석

4.2.1 운용연차별 평균고장간 시간

평시의 장비의 운용가용도를 산출하기 위해서는 DL유발 고장뿐만 아니라, 단순고장에 의한 수리부속의 교체도 포함하여 고장자료를 분석한다.

K-511차량의 평균 고장간 시간은 표본으로 추

출된 부대의 고장데이터로부터 장비의 운용연차별로 고장간 간격의 평균값으로 산출한다. 평균 고장간 간격을 산출하기 위해 표본으로 추출된 부대의 장비에 대한 고장 및 정비기록을 분석한 결과 연차별 MTBF는 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> K-511차량의 운용연차별 MTBF

운용연차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MTBF(일)	47.3	38.4	39.2	37.8	30.6	31.1	33.7	32.6	30.9	31.3
운용연차	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MTBF(일)	29.7	33.4	30.3	26.1	24.1	23.4	18.9	17.6	13.4	12.1

K-511차량의 고장자료에 대한 ARENA 패키지 Input Analyser를 이용한 고장분포의 추정결과, K-511 차량의 고장분포함수($\lambda_a(t)$)는

$$\lambda_a(t) = \left(\frac{1.14}{36.7}\right) \left(\frac{t}{36.7}\right)^{1.14-1} = \left(\frac{1.14}{36.7}\right) \left(\frac{t}{36.7}\right)^{0.14}$$

(4-1)

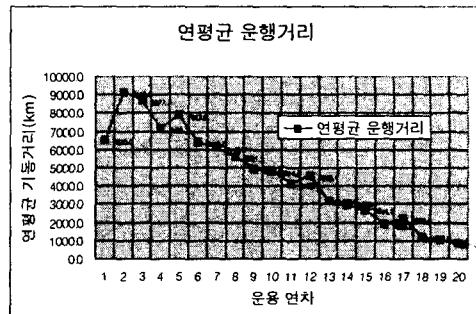
로 표현된다.

식에서 알 수 있듯이 장비의 운용연차별 고장분포함수는 와이블분포를 따르면서 $\beta > 1$ 이므로 기간이 지남에 따라 고장률이 증가하는 신뢰성 감소 모형임을 알 수 있다.[6]

<표 4-2>에서 알 수 있듯이 K-511차량의 고장간 간격은 점점 감소하고, 장비의 기준수명(12년)을 초과하면서 장비의 고장률이 점점 감소함을 알 수 있다.

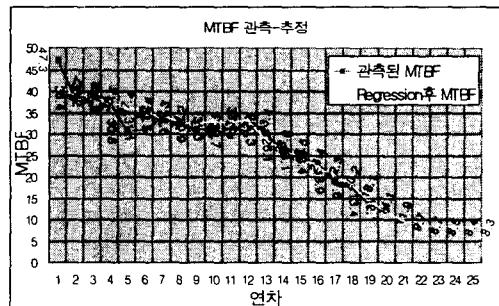
장비가 노후화됨에 따라 장비의 고장 발생 가능성이 높기 때문에 장비의 운행횟수를 제한하게 되고, 장비의 고장과 사고를 줄이기 위해 신장비를 많이 운행함으로써 신장비의 초기 마모현상이 나타난다. 이를 그래프로 나타내면 <그림 4-1>과

같다.



<그림 4-1> 운용연차별 K-511차량의 연평균운행거리

장비의 고장 데이터는 장비의 기준수명(12년)을 기준으로 고장률의 변화에 차이가 있으므로 장비의 기준수명을 중심으로 1~12년, 12년 이상 장비에 대하여 구분하여 회귀분석을 실시하여 그래프로 표현하면 <그림4-2>와 같다.



<그림 4-2> MTBF의 관측치와 추정치 관계

4.2.2 주행거리에 따른 평균고장간 주행거리

평균 고장간 주행거리를 추정하기 위해 표본으로 추출된 부대의 장비에 대한 연차별 평균고장간 주행거리는 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> K-511차량의 고장-고장간 평균주행거리

운용연차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MKBF(km)	846.4	958.6	932.3	744.9	663.1	548.0	564.2	502.5	415.5	413.0
운용연차	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MKBF(km)	398.3	416.4	265.3	233.6	207.8	142.0	158.3	75.1	56.3	43.7

$$\lambda_s(a) = \left(\frac{1.14}{180}\right) \left(\frac{x}{1820}\right)^{1.14-1} = \left(\frac{1.14}{180}\right) \left(\frac{x}{180}\right)^{0.14}$$

위 식에서 알 수 있듯이 장비의 운용연차별 고장분포함수는 와이블분포를 따르면서 $\beta > 1$ 이므로 주행거리가 증가함에 따라 고장률이 증가하는 신뢰성 감소 모형임을 알 수 있다.

4.2.3 정비시간 확률분포

장비의 정비시간 분포는 고장에 의한 정비 1건당 소요되는 시간을 의미한다. 같은 일자에 동일장비에 대하여 실시된 정비는 정비 1건으로 처리하고, 정비시간은 개별 부품의 정비시간을 합한 값으로 계산한다.

K-511차량의 육군 FRMS 전산자료의 정비데이터에서 Outlier를 제외한 정비데이터를 바탕으로 Input Analyzer 분석결과 지수분포를 따름을 확인할 수 있다.

이는 대부분의 정비가 고장에 의한 정비보다는 계획/예방 정비에 의한 고장의 발견과 수리부속의 교체로 이루어지기 때문이다.

4.3 K-511 차량의 가용도 추정

4.3.1 K-511 차량의 개별장비 가용도

개별장비의 가용도는 운용연차에 의한 고장률과

누적주행거리에 의한 고장률이 있는데 이 중 큰 고장률을 적용하여 운용가용도를 구한다.

개별장비의 가용도를 구하기 위해 운용연차별 MTBF를 구하여 식(3-5)에 적용하여 개별장비의 가용도를 구한다. <표 4-2>의 자료를 이용하여 선형회귀 분석을 실시하면 운용연차별 \widehat{MTBF} <표 4-4>과 같다.

<표 4-4> 운용연차별 \widehat{MTBF}

운용연차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MTBF(일)	40.71	39.62	38.53	37.44	36.35	35.26	34.17	33.08	32.30	33.02
운용연차	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MTBF(일)	32.5	33.44	28.6	26.5	24.4	22.3	20.2	18.1	14.1	11.9

표본에서 추출한 고장자료를 이용하여 MTBF, MTTR 등을 구하고 그 결과를 식(3-2)에 적용하면,

운용연차별 개별장비 가용도 ($A_{o,j}^{-1}$)는

$$A_{o,j}^{-1} = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}}$$

$$= \frac{2024 h - \widehat{MTTR}_j \times j \text{ 연도 연간 고장수} - 208 h}{2024 h}$$

$$= \frac{2024 h - \widehat{MTTR}_j \times \frac{j \text{ 연도 총 운행가능 일}}{MTBF}}{2024 h}$$

$$- \frac{208 h}{2024 h}$$

여기에서

\widehat{MTTR}_j : j 연도의 고장 1건당 평균 수리시간

\widehat{MTBF}_j : j 연도의 평균 고장간 시간

2024 h : 276일 \times (44h/6일), 276일 $=$ 365-연간 평

균 공휴일 수(토요일 오후 포함)

위 식을 이용하여 실제 K-511차량의 개별 가용도를 구하면 다음 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 운용연차별 개별장비 가용도

운용 연차	\widehat{MTBF} (일)	정비시간	개별장비 가용도 (A_{oj}^1)
1	40.71	61.28	99.50%
2	39.62	60.14	98.89%
:	:	:	:
19	14.10	174.57	92.12%
20	11.90	211.93	90.21%
21	9.70	248.43	88.56%
22	8.70	271.94	85.79%
23	8.50	292.73	84.05%
25	8.30	294.01	83.17%

둘째로, 주행거리에 따른 개별장비의 운용가용도를 추정해 보자

연차별 고장간 주행거리와 정비시간 데이터를 이용하여 식(3-6)에 적용하여 장비의 누적 주행거리별 개별장비의 가용도(A_{oj}^2)는 다음과 같이 구할 수 있다.

누적 주행거리별 개별장비의 가용도(A_{oj}^2)

$$A_{oj}^2 = \frac{\text{총 운용시간}}{\text{총 운용시간} + \text{총 불가용시간}}$$

$$\approx \frac{2024 h - \widehat{MTTR}_j \times j \text{ 연도 연간 고장수} - 208h}{2024 h}$$

$$\approx \frac{2024 h - \widehat{MTTR}_j \times \frac{j \text{ 연도 총 주행거리}}{MKBF}}{2024 h}$$

$$= \frac{208h}{2024h}$$

여기에서

\widehat{MTTR}_j : j 연도의 고장 1건당 평균 수리시간

\widehat{MKBF}_j : j 연도의 평균 고장간 주행거리

그 결과를 적용하여 주행거리에 따른 장비의 개별가용도를 추정한 결과는 <표 4-6>과 같다.

<표 4-6> 주행거리별 개별장비 가용도

운용 연수	추정 누적주행 거리(km)	\widehat{MKBF} (km)	개별장비 가용도 (A_{oj}^2)
1	4,608.2	546	99.51%
2	9,216.3	526.7	99.46%
:	:	:	:
19	87,554.9	194.2	92.97%
20	92,163.0	174.6	92.13%
21	96,771.2	155.1	91.37%
22	101,379.3	135.5	90.21%
23	105,987.5	116.0	88.29%
24	110,595.6	96.4	86.09%

구하고자 하는 개별장비의 가용도는 A_{oj}^* = $\min(A_{oj}^1, A_{oj}^2)$ 에 의하여 <표 4-5>와 <표 4-6>를 이용하여 개별장비가용도(A_{oj}^*)를 구할 수 있으며 그 결과는 <표 4-7>와 같다.

<표 4-7> 개별 장비의 가용도

운용 연차	운용연차별 개별장비가 용도 (A_{oi}^1)	누적주행 거리 (km)	주행거리별 개별장비가 용도 (A_{oj}^2)	개별장비 가용도 (A_{oj}^*)
1	98.50%	4,608.2	99.50%	98.50%
2	98.29%	9,216.3	98.82%	98.29%
3	98.72%	13,824.5	98.77%	98.72%
4	98.67%	18,432.6	97.87%	97.87%
5	98.56%	23,040.8	97.63%	97.63%
6	98.34%	27,648.9	97.25%	97.25%
7	98.16%	32,257.1	96.97%	96.97%

8	97.93%	36,865.2	96.94%	96.94%
9	97.73%	41,473.4	96.80%	96.80%
10	97.51%	46,081.5	96.69%	96.69%
11	97.25%	50,689.7	96.72%	96.72%
12	96.79%	55,297.8	96.37%	96.37%
13	96.37%	59,906.0	96.11%	96.11%
14	95.98%	64,514.1	95.48%	95.48%
15	95.46%	69,122.3	95.22%	95.22%
16	95.12%	73,730.4	94.79%	94.79%
17	94.66%	78,338.6	94.20%	94.20%
18	93.85%	82,946.7	93.36%	93.36%
19	92.12%	87,554.9	92.79%	92.12%
20	90.21%	92,163.0	91.20%	90.21%
21	88.56%	96,771.2	90.36%	88.56%
22	85.79%	101,379.3	89.23%	85.79%
23	84.05%	105,987.5	85.79%	84.05%
24	83.35%	110,595.6	84.05%	83.35%
25	82.34%	115,203.8	83.35%	82.34%

4.3.2 K-511 차량의 부대가용도

부대가용도는 편제된 장비수(52대)에 대하여 현재 운용 가능한 장비의 수의 비율로 결정할 수 있기 때문에 식(3-8)을 이용하여 부대장비의 가용도(A_u)는 다음과 같이 구할 수 있다.

현재 육군 전체의 K-511 차량에 대하여 연차별 장비 구성비율을 부대장비 52대에 연차별로 할당하면 다음과 같다.

1년차(1대), 2년차(1대), 3(2), 4(1), 5(1), 6(3), 7(3), 8(3), 9(3), 10(3), 11(1), 12(3), 13(2), 14(5), 15(2), 16(3), 17(2), 18(3), 19(2), 20(3), 21(3), 22(2)

이 자료를 이용하여 3장에서 제시하였던 알고리즘에 적용하여 시뮬레이션을 실시하여 산출한 부대장비 가용도는 다음과 같다.

현재 상태에서 가용도는 88.81%이고 장비의 교체없이 1년이 경과하면 부대가용도는 87.21%, 2년이 경과하면 86.31%, 3년이 경과하면 81.61%, 4년이 경과하면 76.71%, 5년이 경과하면 74.90%로 감소한다.

현재 상태에서 장비가용도가 목표가용도 90%를 만족시키지 못하기 때문에 현재의 장비 운용은 유효수명을 지난 장비를 운용하고 있음을 예측할 수 있다.

4.4 K-511 차량의 유효수명 결정

총 장비수 52대를 보유하고 있는 부대의 K-511 차량의 유효수명을 결정하기 위해서는 장비의 운용연수에 따른 장비의 부대가용도를 구하여 군이 요구하는 목표가용도의 달성을 판단하는 최대수명을 산출한다.

52대의 장비에 대하여 장비의 부대 가용도를 산출하면 <표 4-8>와 같다.

<표 4-8> 개별장비의 수명의 변화에 따른

부대 가용도 변화(n=52)

운용연차	개별장비가용도	부대가용도
1	92.74%	100.00%
2	92.59%	97.20%
3	92.44%	96.90%
4	92.29%	96.12%
5	92.14%	95.30%
6	92.00%	94.30%
7	91.85%	93.87%
8	91.70%	93.54%
9	91.55%	93.15%
10	91.40%	92.71%
11	91.25%	92.56%

12	91.11%	92.48%
13	91.11%	92.48%
14	90.81%	92.08%
15	90.75%	91.97%
16	90.58%	91.89%
17	90.29%	91.60%
18	89.89%	90.93%
19	89.66%	90.61%
20	89.13%	89.41%
21	88.63%	89.21%
22	87.84%	88.61%
23	86.98%	87.21%
24	85.97%	86.31%
25	84.54%	76.71%
26	83.24%	74.90%

장비의 유효수명은 부대가용도를 90%이상 유지 시킬 수 있는 운용기간이므로<표 4-9>에서 최대 운용기간을 26년, 25년, …, 19년으로 변화시키면서 부대가용도목표 90%이상을 만족하는 최대유효수명을 산출하면 19년으로 산출된다.

따라서 K-511차량의 전투준비태세를 C₁범주에 이르게 하기 위해서 최소한의 운용가용도는 90% 이상으로 유지해야 하므로 장비의 최대 유효수명은 19년으로 산출된다.

4.5 민감도 분석

기동장비의 유효수명을 분석할 때, 수명결정에 가장 큰 변수는 장비의 운용기간과, 주행거리이다.

기동장비의 특성상 운용기간보다는 주행거리가 가장 큰 영향을 미치므로 주행거리의 변화에 따른 장비의 수명의 변화에 대해 민감도 분석을 해본다. 민감도 분석은 연평균 주행거리인 4608km를 기준으로 연간주행거리를 10% 증감시킬 때 수명의 변화를 살펴본다.

4장 3절에서 구한 것과 같은 방법으로 연간주행거리를 4,148km와 5,068km로 변화시킬 때 장비의 유효수명의 변화는 다음과 같다.

<표 4-9> 장비운행을 10% 증/감시 가용도 변화

운용 연차	현재보다 10% 감소 운행			현재보다 10% 증가 운행		
	누적 주행거리	개별장비 가용도 (4148km)	부대가용도	누적 주행거리	개별장비 가용도 (5068 km)	부대가용도
1	4148	97.37%	99.76%	5068	99.76%	99.80%
2	8296	97.22%	99.68%	10136	99.68%	99.76%
3	12444	97.06%	99.59%	15204	99.59%	99.77%
4	16592	96.91%	99.47%	20272	99.47%	99.70%
5	20740	96.75%	99.33%	25340	99.33%	99.56%
6	24888	96.60%	99.17%	30408	99.17%	99.61%
7	29036	96.44%	98.98%	35476	98.98%	99.41%
8	33184	96.28%	98.76%	40544	98.76%	99.35%
9	37332	96.13%	98.51%	45612	98.51%	99.09%
10	41480	95.97%	98.22%	50680	98.22%	98.93%
11	45628	95.82%	97.90%	55748	95.82%	97.90%

12	49776	95.66%	97.54%	60816	95.66%	97.54%
13	53924	95.51%	97.14%	65884	95.51%	97.14%
14	58072	95.35%	96.70%	70952	95.35%	96.70%
15	62220	95.11%	95.92%	76020	94.78%	93.75%
16	66368	95.12%	95.89%	81088	93.99%	92.30%
17	70516	95.12%	95.82%	86156	92.83%	85.42%
18	74664	95.07%	95.40%	91224	91.74%	73.30%
19	78812	94.48%	93.82%	96292	89.14%	53.63%
20	82960	93.73%	89.46%	101360	85.47%	21.39%
21	87108	92.91%	83.88%	106428	75.78%	0.68%
22	91256	91.59%	72.89%	111496	16.15%	0.00%
23	95404	89.82%	56.22%	116564	0.00%	0.00%
24	99552	87.46%	36.47%	121632	0.00%	0.00%
25	103700	82.62%	6.68%	126700	0.00%	0.00%

민감도 분석결과 운행거리의 10% 감소에 의한 수명의 변화는 거의 없지만 연간 운행거리를 10% 증가시 수명은 현저하게 짧아짐을 볼 수 있다. 이는 기동장비의 특성상 장비의 고장률을 결정하는 주요한 원인은 주행거리임을 확인시켜 준다. 따라서 기동장비에 대한 수명이 결정되지 않은 상태에서 야전부대의 부대 전체 장비의 안정적인 운행을 위해서는 신장비의 운용횟수를 증가하면 그만큼 신장비의 마모가 빠르게 진행되어 현재의 신장비는 다른 장비의 평균수명보다 짧은 기간에 한계점에 도달하게되어 주행거리에 의한 도태수명에 도달하고, 일정한 기간이 지나면 부대전체의 장비의 가용도가 신장비, 노후된 장비 구분 없이 낮아져 부대 전체의 가용도가 급격하게 떨어질 수 있음을 예상할 수 있다.

4.6 기존 연구와 비교

경제수명 결정 연구는 공통적으로 장비수명의 결정요인을 비용으로 간주하여, 경제수명을 제시하

였다. 그러나 국방예산의 제약으로 기동장비에 대한 전력투자는 다른 무기체계에 비해 상대적으로 감소하고 있으므로 경제수명의 분석만으로는 설득력이 부족하다. 군의 전투력을 유지하기 위해서는 추가비용이 들더라도 신장비로 교체되기 전까지 노후된 장비를 계속 운용해야 한다.

<표 4-10> K-511차량 경제수명

연구 기관	모델명	연 구 결 과		연평균 주행(km)
		수명(년)	주행거리 (km)	
AMSA	M35A2	15	98,149	6,436
합참본부	M35A2	19	128,207	6,700
국방과학연구소	M602	11.4	89,750	8,635
박양수 연구	M602	10.8	77,000	7,130
김장현 연구	K-511	11	80,344	7,304
이해영 연구	K-511	11.4/ [*] 16.3	44,722/ 59,903	3,923/ 3,675
본 연 구	K-511	19	101,360	4,608

* 강원도지역 / 경기도지역 운행차량

예산 제약하에서 기동장비는 신장비로의 교체가 제한되기 때문에 운영유지비가 증가하더라도 장비의 성능이 보장되는 최대수명까지 운용해야 한다. 따라서 예산제약 하에서 기동장비의 수명결정기준은 경제수명이 아니라 유효수명을 적용해야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 K-511차량에 대한 유효수명(도태수명)을 결정하는데 목적을 두었다. 이를 달성하기 위해 장비의 유효수명을 판단하기 위해 야전부대의 고장 및 정비자료를 바탕으로 장비의 고장률, 개별 장비의 가용도, 부대가용도를 산출하였다.

장비의 유효수명을 판단하기 위해, 장비의 고장 데이터 및 정비데이터를 수집하여 K-511차량의 개별장비에 대한 가용도를 산출하고, 장비의 운용연수와 누적주행거리를 독립변수로 하여 K-511차량의 부대가용도를 산출하고 보유하고 있는 장비의 최대 운용기간을 변화시키면서 장비에 대한 군의 요구성능을 만족시킬 수 있는 장비의 최대 유효수명을 결정하였다.

장비의 유효수명을 분석하는 목적은 예산제약하에서 기준수명과 경제수명을 초과한 장비에 대하여 군의 성능요구를 만족시킬 수 있는 최대 유효수명을 결정하는데 있다.

따라서 본 연구의 결과는 예산의 제약으로 신장비의 도입이 제한되어 기준수명 및 경제수명을 초과하여 운영하고 있는 기동장비뿐 아니라 다른 전투장비의 유효수명을 이용한 도태시기 산출에 대한 참고가 될 것이며, 이를 이용하여 노후된 장비의 장기적인 교체계획 수립의 자료로 활용할 수 있다.

본 연구를 이용하여 무기체계의 다른 전투장비에 대하여 적용할 때는 군용 장비 중 실험대상 부대에 대한 합리적이고 계획성 있는 표본추출과 데이터 축적, 분석, 장비운용환경, 장비의 수명에 영향을 주는 요소등을 분석하여 유효수명을 결정할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 국방관리연구소, 군용장비 수명 결정 연구, 1980
- [2] 국방대학교, 무기체계 RAM이론과 응용, 1995, p77~165
- [3] 국방대학교, 무기체계 신뢰성 개론, 2000, p35~60
- [4] 김영희 외 3역, 경제성 공학, 청문각, 1993. pp.47~49
- [5] 김장현, 지형형태에 따른 2 1/2톤 트럭의 수명 비교에 관한 연구, 국방대학교, 1983
- [6] 김치용외, 와이블과정을 적용한 수리 가능한 시스템의 평균고장간격시간에 대한 연구, 산업기술연구소 논문집 4. p.87~94 1998
- [7] 박경수, 신뢰도공학 및 정비이론, 1989
- [8] 박양수, 군용차량에 대한 수명주기적용에 관한 연구, 국방대학교, 1985
- [9] 양병희, 기동장비의 경제수명 결정 및 정비유지비 소요 산출모형 설정에 관한 연구, 국방대학교, 1987
- [10] 육군본부, 육군규정 432 장비정비 규정, p. 13
- [11] 육군본부, 종합군수지원 정량화 설정기준, 1998, p.251~253
- [12] 육군종합군수학교, 차량정비학, 2002

- [13] 이해영, 차량의 지형별 경제수명에 관한 연구,
성균관대학교, 1992
- [14] 한국국방연구원, 무기체계의 합리적인
정비유지비 산출, 1999, p12
- [15] 황지연, 군용장비의 수명관리에 관한 연구,
국대원, 1982
- [16] Blanchard, B. S. & Fabrycky, W. J., System
engineering And Analysis, 3rd ed.
Prentice-Hall, Inc. , 1981
- [17] John. Neter, applied Liner Statistical Models,
3rd ed. 1996.
- [18] Raymond, B., Vehicle Average Useful Life
Study for Trk. Cargo 2 1/2ton 6x6 M35A2,
AD 770433, 1973