

# K-1 戰車의 經濟 壽命 決定에 관한 研究

## ( A Study on Determination for An Economic Life-cycle of the K-1 Tank )

문형선, 김충영\*

### Abstract

The life-cycle of the K-1 tank has been 10 years simply applying that of the U.S. M-1 tank. Therefore, this paper is focused on determination of an economic life-cycle for the K-1 tanks. The current operation cost is adjusted by interest rate and the depreciation cost is applied in this study for more reliable estimation of the life-cycle cost. The Equivalent Annual Method is utilized and then various regression techniques are applied for deriving an effective economic life-cycle. The economic life-cycle of the K-1 tank results in 13 years in this study. considering 95 % confidence interval, the life cycle of the K-1 tank is between 10.5 years and 15.5 years.

---

\* 국방대학원

# 1. 서 론

창군이래 70년대까지 우리 군이 사용했던 장비는 미국의 원조에 의해 충당되었다. 이를 탈피하기 위해 우리 군은 70년대부터 자주국방의 의지로 장비 국산화 계획을 실시하여 K-1전차를 개발하였다. 개발 당시 K-1전차는 정교한 사통 장치와 탁월한 기동성으로 전세계를 놀라게 하였다. 그러나 그 이면에는 당시의 북한과의 전차 보유 비율이 1:3의 열세였던 상황에서 조기에 야전 배치에 주력하다 보니 장비 개발의 중요한 단계인 시험 평가를 제대로 하지 않은 결함을 내포하고 있었다.

현재 육군에서 K-1전차의 수명은 보급된 후 10년 또는 기동거리 9600km 중에서 선도래 장비를 재생하는 것으로 적용하고 있으나 이것이 어떠한 과학적 분석에 의해 나온 결과가 아니고 미국의 M-1전차의 수명이 10년 또는 9600km인 점을 그대로 적용한 것이다.

따라서 본 연구에서는 장비의 수명이 정확하게 산출을 못해서 장비의 수명 도래 후에 계속 사용하므로 해서 들어가는 운용 유지비나 수명 도래 이전에 재생 또는 교체를 함에 따라 들어가는 불필요한 비용의 낭비를 최소화하기 위하여 K-1전차의 경제 수명을 산출하고자 한다.

## 2. 기존 경제 수명 결정 이론

본 연구에서는 K-1전차의 수명결정에 직접적인 영향을 주는 요소는 장비의 노후화됨에 따라 소요되는 비용의 증가이므로 경제 수명 결정이 요구되며,

이에 적합한 경제적 수명 결정 모형인 등가 연간법(equivalent annual method)을 사용한다.

본 연구에서 두 가지의 제한 사항을 전제로 하여 연구를 실시한다.

첫째, 장비의 재생 주기를 수명으로 간주한다. 육군 규정<sup>1)</sup>에서 장비를 재생하여 신장비와 같은 성능을 발휘하도록 한다는 것은 재생 후의 장비의 잔여 수명은 처음부터 다시 적용한다는 것을 의미한다. 따라서 장비의 재생 주기를 수명으로 보아도 무방하다.

둘째, 장비의 수명을 산출할 때 고려하여야 할 요소 중에서 비용 요소만을 고려한다. 장비의 수명을 판단하기 위한 요소는 성능 요소와 비용 요소가 있는데 앞에서 언급한 것과 같이 K-1전차는 시험 평가 단계를 제대로 하지 않으므로 해서 성능 요소에 대한 자료를 획득하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 K-1전차의 비용 요소만으로 수명을 판단한다.

비용 요소만을 고려하여 장비의 경제 수명을 결정할 수 있는 대표적인 모형에 대해 고찰해 보면 다음과 같다.

### 2.1 평균 시스템 비용법 (average system cost method)

평균 시스템 비용법은 평균 투자비와 평균 유지비의 합계로 이루어지는 평균 시스템 비용(average system cost)이 최소가 되는 시점을 장비의 경제 수명으로 결정하는 방법이다<sup>2)</sup>.

여기에서 평균 투자비란 초기 투자비(구입비용)를 사용 기간으로 나눈 값으로 초기 투자비는 사용 기

간이 증가함에 따라 단위 기간당 투자비가 감소하므로 평균 투자비는 사용 기간의 증가에 따라 감소하며, 평균 유지비는 누적 유지비를 사용 기간 나눈 값으로 장비를 사용함에 따라 장비의 노후화로 인하여 단위 기간당 소요되는 유지비가 점차적으로 증가하므로 평균 유지비는 사용 기간 증가에 따라 증가한다. 평균 시스템 비용을 수식으로 표현하면 예상되는 총비용의 가치TC(n)은 식(2-1)과 같다<sup>3)</sup>.

$$TC(n) = I + \sum_{j=1}^{\infty} C_j. \quad (2-1)$$

따라서 n기말까지의 연간 평균 시스템 비용을 ASC(n)이라 하고, 식(2-1)을 사용 기간(n)으로 나누면 식(2-2)이 된다.

$$ASC(n) = \frac{I}{n} + \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n}. \quad (2-2)$$

앞의 식에서  $\frac{I}{n}$ 는 투자 정도에 따른 연간 평균

투자 비용이며  $\frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n}$ 는 사용 기간 동안의 유지 비용을 사용 기간(n)으로 나눈 연간 평균 유지 비용이 되며, 경제 수명(N)은 식(2-3)과 같은 조건을 만족시켜야 한다.

$$ASC(N-1) > ASC(N) < ASC(N+1). \quad (2-3)$$

즉,  $\text{Min}\{ASC(n)\} = \text{Min}\left\{\frac{I}{n} + \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n}\right\}$ 을 만

족하는 n을 N이라 하면 이것이 경제 수명이 된다. 따라서 평균 시스템 비용법이란 평균 시스템 비용이 최소가 되는 시점을 장비의 경제 수명으로 결정하는 방법이다.

## 2.2 누적 유지비에 의한 방법<sup>4)</sup>

이 방법은 군용장비 중 일반 차량의 경제 수명을 결정하기 위하여 개발된 모형으로 장비획득 후 장비에 투입된 총누적비용(y)을 최초 투자비(I), 잔존 가치(R), 주행 거리(x)에 비례하는 유류비(ax) 그리고 주행 거리(x)의 증가로 장비의 노후화가 가속됨으로써 발생하는 수리 부족비(bx<sup>2</sup>) 등 4가지의 합을 가지고 장비의 경제 수명을 결정하는 방법이다. 여기서 단위거리당 평균 유지비(bx)는 주행 거리(x)의 선형 함수로 가정한다. 따라서 장비에 대한 총누적비용(y)은 식(2-4)와 같다.

$$y = I - R + ax + bx^2. \quad (2-4)$$

식(2-4)에서 단위거리당 총비용은 식(2-5)과 같다.

$$\frac{y}{x} = \frac{I-R}{x} + a + bx. \quad (2-5)$$

이때 장비 수명은 단위거리당 총비용( $\frac{y}{x}$ )이 최소

가 되는 시점으로 볼 수 있기 때문에 식(2-5)를 x에 관해 미분한 후, 이것을 0으로 두면 다음과 같이 된다.

$$\frac{d}{dx} \left[ \frac{y}{x} \right] = -\frac{I-R}{x^2} + b = 0.$$

위 식을 다시 정리하면

$$I - R = bx^2. \quad (2-6)$$

이 된다. 따라서 식(2-6)에서 잔존 가치(R)가 0이면  $I=bx^2$ 가 된다. 즉, 장비의 수리 부속비와 최초 투자비가 같아지는 시점이 곧 경제 수명이 된다.

이 방법은 누적 유지비(장비의 수리 부속비)에 관한 자료만 있으면 장비 획득시에 소요되는 최초 투자비와 비교하여 쉽게 수명을 결정할 수 있는 가장 간단한 방법이다.

### 2.3 Morris 모형

Morris 모형<sup>5)</sup>은 기술적으로 진보된 장비가 출현해서 현재 사용 중인 장비와 교체를 고려하게 될 때 교체 여부를 결정할 수 있는 모형을 설정하기 위하여 다음의 두 가지 사항을 가정한다. :

- (1) 장비의 운용 계획 기간은 T기까지이며 기술적으로 진보된 장비가 출현해서 이 신장비가 T기 이전에 구입되면 신장비는 T기까지 운용된다.
- (2) j기에서의 현장비 및 신장비의 잔존 가치는 없다. 현장비를 j기 후에 신장비로 교체하여 이 신장비를 T기까지 사용했을 때 장차 소요될 총비용의 현재 가치 TC(n)은 식(2-7)과 같이 설정된다.

$$TC(n) = \left[ I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{C_{0j}}{(1+i)^j} \right] + \left[ \frac{I_1}{(1+i)^n} + \sum_{j=1}^{T-n} \frac{C_{1j}}{(1+i)^{n+j}} \right]. \quad (2-7)$$

여기에서

- i : 이자율,
- $C_{0j}$  : j기말에서의 현장비 운용 유지비,
- $C_{1j}$  : j기말에서의 신장비 운용 유지비,
- $I_0$  : 현시점에서 현장비 잔존 가치,
- $I_1$  : 신장비 획득 비용.

최적 교체 시점을 N이라고 하고 장비의 잔존 가치가 0이라면 현장비를 계속 사용할 것인지 신장비를 구입할 것인지를 결정하는 식을 아래와 같이 구할 수 있다.

$$C_0(N+1) > I_1 \cdot i + \sum_{j=1}^{T-N} \frac{C_{1j}}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^{T-N-1} \frac{C_{0j}}{(1+i)^j}, \quad (2-8A)$$

$$C_0(N+1) < I_1 \cdot i + \sum_{j=1}^{T-N} \frac{C_{1j}}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^{T-N-1} \frac{C_{0j}}{(1+i)^j}. \quad (2-8B)$$

식(2-8A)와 (2-8B)에서  $C_0(N+1)$ 은 N시점에서 교체하지 않고 1주기 더 사용함으로써 드는 운용 유지비이고, 식(2-8A)와 (2-8B)는 현장비를 1주기 더 사용함으로써 드는 비용  $C_0(N+1)$ 이 신장비를 도입하여 1주기 운용함으로써 소요되는 금액보다 클 때 현장비를 신장비로 교체해야 하며, 반대의 경우에는 교체하지 말아야 한다는 것을 의미한다. 즉,  $N=0$ 이면 신장비를 즉시 도입하고  $N=T$ 이면 신장비의 도입을 고려해 볼 필요가 없다는 것이다.

### 2.4 등가 연간법

등가 연간법<sup>6)</sup>은 동일 장비를 n기마다 교체 또는 재생하면서 계속 사용할 경우 예상되는 총비용의 현재 가치를 연차별 지불되는 비용을 등가로 환산하여 비용을 계산하는 방법으로 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점이 장비의 경제 수명이 된다. 등가 비용은 현재로 환산된 총비용에 자본 회수 계수의 곱으로 표현된다. 자본 회수 계수는 현재 투자비용을 년차 등액으로 회수할 때 사용되며, 매년 비용을 회수함에 따라 투자된 비용의 잔액은 점차 감소하고 있으며 이자는 비용 잔액에 대하여 계산되므로 이자도 이에 따라서 감소한다. 그러므로 수입 이자와 회수비의 관계가 복잡하나 자본 회수 계수를 이용하면 간단히 년차등액을 구할 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} EAC(n) &= \left[ I + \sum_{j=1}^n c_j (1+i)^j \right] \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \\ &= \left[ I + \sum_{j=1}^n c_j (1+i)^j \right] \frac{A}{P} \\ &= \left[ I \times \frac{A}{P} \right] + \left[ \sum_{j=1}^n c_j (1+i)^j \times \frac{A}{P} \right] \\ &= CR(n) + EMC(n), \quad (2-9) \end{aligned}$$

$$CR(n) = I \times \frac{A}{P}, \quad (2-10)$$

$$EMC(n) = \sum_{j=1}^n C_j (1+i)^j \times \frac{A}{P}, \quad (2-11)$$

여기서 CR(n) : 자본 회수비,

EMC(n) : 등가 유지비.

식(2-9)에서 계산되는 등가 연간 비용 EAC(n)은 장비 구입비(I)에 대한 자본 회수비 즉, 장비 구입비(I)에 자본 회수 계수(A/P)의 곱과 당해 년도까지의 유지비의 현재 누계에 자본 회수비의 곱, 즉 등가

유지비와의 합이다. 따라서, 교체 또는 재생 결정 시기는 아래의 부등식을 만족하는 시기가 된다.

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

위의식은 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점n\*에서 장비의 적정 수명을 결정한다는 것을 의미한다.

이상에서 살펴본 장비의 수명 결정에 관한 4가지 모형을 살펴보면 다음과 같은 사항을 알 수 있다.

첫번째 모형인 평균 시스템 비용법에서 전차의 수명이 평균 투자비와 평균 유지비를 합한 평균 시스템 비용이 최소가 되는 점을 수명이라고 보기가 어렵다.

왜냐하면 장비의 사용 기간이 증가됨에 따라 소요되는 유지비에 대한 시간적 가치의 변화와 투자비에 대한 감가상각비를 고려하지 않았기 때문에 합리적인 가치의 비교라고 하기는 곤란하다. 화폐의 시간에 대한 가치는 시간의 경과에 따라 떨어지게 된다. 따라서 매년 소요되는 유지비의 가치는 시간이 지나감에 따라 떨어지게 된다. 또한 장비는 사용 기간이 경과함에 따라 노후화 되므로 장비의 가치도 떨어지게 된다. 따라서 비용에 대한 이자율과 장비의 감가상각비를 고려한다면 이 모형에서 산출된 수명보다 수명이 낮게 판단이 될 것이다.

두 번째 모형인 누적 유지비에 의한 방법은 장비의 수명이 누적 유지비가 최초 투자비와 같아지는 점이 장비의 수명으로 결정된다고 말하기는 어렵다. 왜냐하면 단위거리당 소요된 평균 유지비가 주행 거리에 선형 함수라는 가정에 대한 평가가 선행되어야 하기 때문이다.

세 번째 모형인 Morris모형<sup>6)</sup>은 신장비가 개발되자

마자 도입하여 사용한다는 가정은 현실적이지 못하다. 동종의 장비를 기술 발전에 의해 신장비가 개발되었다고 해서 교체를 할 수는 없다. 특히 우리의 경우에 50年代 말에 개발된 전차도 현재까지 다른 전차와 병행해서 사용하고 있는 실정이다.

네번째 모형인 등가 연간법은 장비의 운용기간이 증가함으로써 투입되는 유지비의 시간적 가치의 변화와 노후화로 인한 장비의 가치하락 즉, 감가상각이 각각 발생한다. 또한 등가 연간법에서 수명을 결정하는 요소인 등가유지비와 자본회수비는 비용의 변화와 장비의 가치의 변화를 고려하여 산출한다. 즉, 여기서 고려하는 자본 회수비는 감가 상각비와 미회수 자본이자의 합이다<sup>7)</sup>. 따라서 감가상각비를 고려한 자본회수비와 이자율을 고려한 등가 유지비를 가지고 수명을 산출하는 등가연간법이 K-1전차의 경제 수명을 산출하는 모형으로 타당하다. K-1 전차의 경우 장비를 운용하여 사용기간이 증가함에 따라 장비가 노후화 되므로 시간의 경과에 따른 감가상각과 단위기간당 소요되는 유지비가 증가된다. 이것은 장비를 운용하는데 비용이 얼마나 소요되는가에 따라 장비의 수명이 결정되므로 경제성만을 고려하여 수명을 결정할 수 있다. 또한 K-1전차의 경우에 수명결정에 유효성은 무관하다. 왜냐하면 K-1 전차가 운용중 고장이 발생하면 즉각적인 수리가 가능하며, 장비의 운용기간에 따른 비용에 관계되므로 장비의 성능요소보다는 장비를 운용하는데 소요되는 비용에만 영향을 받는다. 즉, 수집된 비용 자료로부터 시간의 변동에 의한 가치의 변화를 고려하여 단위 기간당 소요되는 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점, 즉, 이자율을 고려한 등가 연간 비용은 장비 운용에 소요되는 총비용을 현가로 환산하여 산출한

등가 유지비와 자본 회수비를 합한 것이며, 이 비용이 최소가 되는 점을 경제 수명으로 하는 등가 연간법이 K-1 전차의 경제 수명을 결정하는 것이 타당하다.

### 3. 비용 함수 추정

본 연구에서는 앞의 장에서 검토된 바와 같이 K-1전차에 가장 적합하다고 판단된 수명 결정 모형인 등가 연간법(EAM)을 사용하여 수집된 자료로부터 경제 수명을 산출하고자 한다. K-1전차의 경제 수명 산출은 등가 연간법에 의하여 당해 년도 자본 회수비와 당해 년도 등가 유지비의 합인 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점을 이 장비의 경제 수명으로 결정한다.

K-1전차의 경제 수명을 결정하기 위하여 수집된 자료는 전차의 구입 년도 및 구입 비용 그리고 총운용 기간 및 연도별 소요된 수리 부속비와 유류비의 자료이다. 수집된 비용 자료로부터 자본 회수비는 장비 구입 비용을 현가로 환산한 후에 자본 회수 계수를 곱하여 산출한다. 그리고 수집된 비용 자료를 현가로 환산한 후에 당해 년도까지 유지비의 현가 누계를 구한다.

당해 년도의 현가 누계에 당해 년도에서의 자본 회수 계수를 곱하여 EMC(n)를 계산한다. 추정된 등가 유지비(EMC(n)) 함수의 타당성을 검토하여 등가 유지비 함수가 타당하다고 판단되면 계산된 장비 구입비(I)와 자본 회수 계수( $\frac{A}{P}$ )의 곱값인 CR(n)과 등가 유지비(EMC(n))를 합하여 연도별 등가 연간 비용(EAC(n))을 구한 후 이중 최소인 시점을 발견

하여 K-1전차의 경제 수명을 결정한다.

### 3.1 자료의 수집 및 처리

전차는 장비 특성상 기동이 많은 부대에 배치되어 있다. 각부대의 임무, 도로 조건, 차량 상태, 기후 조건, 정비 능력에 따라 운용 유지비가 상이할 수가 있다. 그러나 운용 유지비를 각각의 조건에 따라 산출한다는 것은 불가능하므로 운용 유지비는 동일한 조건에서 산출되었다고 가정한다. 따라서 K-1전차의 경제 수명 연구에 필요한 자료는 이 장비가 최초 군에 배치된 이후(80年代 中반)에 현재까지 발생한 것을 장비 운용이나 정비 능력이 우수한 기계화 부대의 전차 대대에서 필요한 자료를 수집하였다.

수집된 자료는 장비의 보급 시기가 충분히 경과되어 많은 운행 하였으며 이로 인해 장비의 성능이 제대로 발휘됨으로서 유류비와 수리 부속비가 적정하게 도출된 장비의 자료를 산출하였다. 또한 수집 과정에서 기록이 미비한 자료, 다른 장비에 비해 현저히 주행 거리 및 유지비가 차이가 나는 자료는 제외시켰다. 자료는 장비 종합 이력부, 장비 정비 기록부, 검사/작업 지시서 등에서 다음 사항을 수집하였다.

- 장비의 보급 년도.
- 장비 구입 가격.
- 연도별 장비의 운행 거리 및 유지비.

자본 회수비는 다음과 같이 산정한다. 자본 회수비란 초기 장비 구입비 I를 투자하여 종년에 장비의 가치가 '0'이 된다면, 매년마다 투자비에 대해 CR<sub>t</sub>만큼 자본을 회수된다고 가정한다.

그러면 말년에는 그 장비에 투자한 모든 자본이 회수되는 것으로 생각할 수 있다. 다시 말하면 장비에 투자된 자본은 그 장비가 제공하는 서비스에 의해 획득되는 수익과 최종 사용 기간 말의 폐기 장비의 매각 수익에 의해 회수된다고 할 수 있다. 그러나 K-1전차의 경우 부여된 임무를 수행할 수 없다면 폐기 장비로서 잔존 가치가 0이 되며 서비스 가치란 매년마다 회수되는 자본 회수비와 같다.

따라서 자본 회수비는 식(2-14)에 의해 장비 구입비와 자본 회수 계수의 곱으로 나타난다.

$$CR(n) = I \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right], \quad (3-1)$$

$$= I \times \frac{A}{P}$$

여기에서 CR(n) : 매년말 균등하게 지불되는 비용,

- I : 투자비(장비 구입비),
- i : 연간이자율('86~'95까지의 이자율을 산술 평균한 값),
- n : 운용기간,
- $\frac{A}{P}$  : 자본회수계수.

여기에서 이자율 i는 매년마다 다르므로 '86부터 '95까지의 이자율의 산술평균을 사용하였다.

본 연구에서 장비 구입비는 86년도 구입 가격을 95년 기준으로 설정한 현가(I)는 평균 이자율을 적용하여 계산하면 4,902,680,225원이 된다. 또한 년이자율이 12.35%를 적용하여 당해 년도 n에서의 자본 회수비(CR(n))는 식(3-2)로 계산할 수 있다.

$$CR = 4,902,680,225 \times \left[ \frac{0.1235(1+0.1235)^n}{(1+0.1235)^n - 1} \right]. \quad (3-2)$$

식(3-2)를 적용하여 운용기간별 자본 회수비를 계산한 결과는 <표 3-2>에서 보여주고 있다.

<표 3-2> 運用 期間別 資本 回收費

운 용 기 간	자본 회수비
1	5,508,161,233
2	2,914,254,366
3	2,053,513,782
4	1,626,045,075
5	1,371,863,271
6	1,204,301,810
7	1,086,213,862
8	999,022,690.6
9	932,405,126.7
10	880,164,978.4
11	838,357,321
12	804,350,652.2
13	776,321,904.6
14	752,967,884.4
15	733,332,136.3
16	716,696,732.6
17	702,512,251.4
18	690,351,092.3
19	679,875,528.7
20	670,815,339

### 3.2 등가 유지비 함수의 추정

등가 연간법(EAM)을 적용하기 위해 수집된 비용 자료를 현재 가치액(95년기준)으로 환산한 후 당해

년도까지의 유지비의 현재 누계에 자본 회수 계수를 곱하여 당해 년도까지의 등가 유지비를 산출한다.

여기에서 현재 가치액이란 이자율이  $i$ 일 때 당해 년도에 소요된 유지비용과 등가가 되는 현재의 금액을 말한다. 따라서 이자율이  $i$ 일 때  $j$ 기말에서 당해 연도 유지비의 현재는 다음의 식(3-3)과 같다.

$$P = C_j(1+i)^j. \quad (3-3)$$

여기에서 P : 현재 가치(present worth)

$i$  : 연간 이자율

$j$  : 운용 기간

$C_j$  :  $j$ 기말의 운용 유지비

식(3-3)에 의해 산출한 유지비의 현재들을 누적하여 누적 유지비를 구한다.

앞에서 구한 누적 유지비에 자본 회수 계수를 곱하면 등가 유지비를 구할 수 있다. 즉, 식(2-15)에 의해 구할 수 있다.

식(2-15)에 의해 산출된 등가 유지비 자료를 가지고 추정한 유지비함수는 1개의 독립변수와 1개의 종속변수로 구성되어 있다. 독립변수는 운용 기간으로서 기간의 단위는 1년이며, 종속변수는 수리 부족비와 유류비를 합한 유지비이며, [부록1]에서 보는 바와 같이 함수의 형태를 여러 가지로 추정해 보았다. 그러나 모든 회귀선이 1차식에 근사하게 회귀선이 나타남을 알 수 있다. 따라서 이를 SPSS를 가지고 회귀분석을 하면 <표 3-3>의 형태로 추정할 수 있다. 그리고 추정된 회귀선의 타당성 검토를 통해 가장 타당한 회귀선을 결정한다.



<表 3-3> 等價 維持費 函數의 推定 結果

區 分	回 歸 式	檢 定 統 計 量	
		相 關 係 數 R <sup>2</sup>	F-test
1 次 式	24189144.3X - 7937733.195	0.70338	995.29
2 次 式	-122234X <sup>2</sup> + 13702907.334X - 114253828	0.66033	522.94
3 次 式	3382.76X <sup>3</sup> - 501963.8X <sup>2</sup> + 17637008.3x - 19684695.8	0.65433	338.2

### 3.3 회귀식의 타당성 검토

결정 계수(R<sup>2</sup>)는 총변동 중에서 회귀선에 의해 설명되는 비율이며, 회귀 계수(R<sup>2</sup>)의 범위는 0<R<sup>2</sup><1사이이며 1에 가까울수록 높은 상관관계가 있음을 의미한다. 차수별로 추정된 등가 유지비 함수에 대한 결정 계수 R<sup>2</sup>는 위의 <표3-3>과 같다. 그 중에서 1차식이 0.70338로 가장 적합하다.

자료를 적합시키는 데 있어서 추정된 회귀 직선이 유의(significant)한가에 대한 검정을 하여보면 귀무 가설은 Ho : β<sub>i</sub>=0이며, 대립 가설은 Ha : β<sub>i</sub>≠0일 때, 유의 수준 α=0.05에서의 기각치는 F<sub>1-α, k-1, n-k</sub> = 3.84 (α=0.05, k=2, n=621)이다. 따라서 <표 3-3>으로부터 검정 통계량 F\*는 기각치 F=6.63보다 크므로 귀무 가설은 기각된다. 따라서 1차식이 유의하다.

회귀함수가 적합하느냐 적합하지 않느냐에 대한 문제는 회귀함수를 추정하고 잔차를 독립변수(운용기간)에 대해 그려봄으로써 쉽게 알 수 있다.

잔차는 회귀직선 모형이 타당하고 오차의 등분산성이 성립된다면 독립변수에 대하여 산포도를 그려보았을 때 완전히 random하게 나타나야 할 것이다. 왜냐하면 회귀분석을 통하여 나타난 식은  $y = \beta_0 + \beta_1x + \epsilon(t)$ 이다.

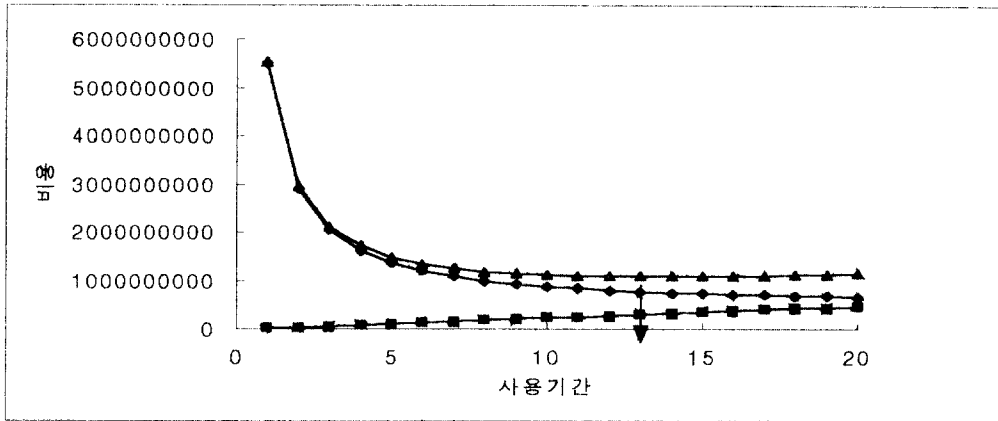
여기서 E[e(t)]=0 일 때 이 회귀선의 오차의 추세가 없다. 그러나 실제로 ε(t)를 알 수 없으므로 대신해서 e(t)를 가지고 E[e(t)]=0을 밝혀내면 이 회귀선의 잔차의 추세가 없음을 알 수 있다. 따라서 이것을 가지고 잔차 분석을 해보면 (그림 3-1)과 같다. (그림 3-1)은 운용기간과 비용에 대한 잔차의 분포를 나타내는 그림이다. 이 그림에서 분포가 random하게 분포되어 있으므로 잔차의 등분산성이 증명이 된다. 따라서 추정된 회귀선은 타당하다고 할 수 있다.

추정한 1차,2차,3차식 중에서 R<sup>2</sup>, F-test 와 잔차 분석을 한 결과를 보면 1차식이 가장 적합한 것으로 나타났다.

따라서 <표 3-3>에서 보여준 세 개의 회귀식 중에서 타당성 검토를 통해 1차식이 가장 적합함을 알 수 있다. K-1잔차의 등가 유지비 함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\text{등가유지비함수} = 24189144.3X - 7937733.195 \quad (3-5)$$

여기서 X는 운용 기간(年) 이다.



<그림 3-1> K-1 戰車의 等價 年間 費用 曲線

<표 3-4> 等價 年間 費用

#### 4. 경제 수명 산출

K-1전차의 경제 수명은 추정된 유지비 함수와 <표 3-2>에서 계산된 자본 회수비와 이 두 가지의 합인 등가 연간 비용은 다음<표3-4>와 같고, 이를 그림으로 나타내면 <그림 3-1>과 같으며, <표3-4>와 <그림 3-1>에서 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점에서 최소수명을 발견할 수 있다.

등가 연간 비용 = 등가 유지비 + 자본 회수비.

등가 연간법을 이용한 경제 수명의 산출은 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점 n\*이 장비의 경제 수명이 된다. 즉, 다음 식에서 K-1전차의 경제수명을 도출하게 된다.

유·용 기간	자본 회수비	등가 유지비	등가 연간 비용
1	5,508,161,233	16,251,411	5,524,412,644
2	2,914,254,366	40,440,555	2,954,694,921
3	2,053,513,782	64,629,700	2,118,143,482
4	1,626,045,075	88,818,844	1,714,863,919
5	1,371,863,271	113,007,988	1,484,871,259
6	1,204,301,810	137,197,133	1,341,498,943
7	1,086,213,862	161,386,277	1,247,600,139
8	999,022,691	185,575,421	1,174,598,112
9	932,405,127	209,764,566	1,142,169,692
10	880,164,978	233,953,710	1,114,118,688
11	838,357,321	258,142,854	1,096,500,175
12	804,350,652	282,331,998	1,086,682,651
13	776,321,905	306,521,143	1,082,843,047
14	752,967,884	330,710,287	1,083,678,171
15	733,332,136	354,899,431	1,088,231,568
16	716,696,733	379,088,576	1,095,785,308
17	702,512,251	403,277,720	1,105,789,971
18	690,351,092	427,466,864	1,117,817,957
19	679,875,529	451,656,009	1,131,537,537
20	670,815,339	475,845,153	1,146,660,492

즉,

$$\text{MIN EAC}(n) = \text{MIN} \{ \text{CR}(n) + \text{EMC}(n) \}, \quad (3-6)$$

여기에서 EAC(n) : 등가 연간 비용,  
EMC(n) : 등가 유지비,  
CR(n) : 자본 회수비.

식(3-6)이 성립하기 위해 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점은 <표 3-4>와 <그림 3-1>에서 13년 부근에서 나타났다. 즉,

$\hat{X}_{\min} = 13$ 이며, 이 시기가 바로 K-1전차의 경제 수명이다.

자본 회수비의 분산이 0 이므로 등가 연간 비용의 분산은 등가 유지비의 분산만을 고려하면 된다. 따라서 신뢰구간(confidence interval)의 추정은 등가 유지비의 분산을 사용하여 구하면 식(3-7)과 같다.

$$\hat{X}_{\min} \pm t(1-\alpha/2; n-1)s(\hat{X}_{\min}), \quad (3-7)$$

여기에서

$$s^2(\hat{X}_{\min}) = \frac{\text{MSE}}{\beta_1^2} \left[ 1 + \frac{1}{n} + \frac{(\hat{X}_{\min} - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \right].$$

이며, 식(3-7)에 의해 등가 연간 비용이 최소가 되는 시점 $n^*$ 을 추정한 후, 신뢰구간(confidence interval)을 산출한다.

$n=13$ 시점에서의 신뢰 구간의 추정하면 다음과 같다.

$$\hat{X}_{\min} = 13, \quad \beta_1 = 24189144.3,$$

$$\text{MSE} = 559,905,323,206,578 \quad \bar{X} = 5.5,$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 82.5 \quad s^2(\hat{X}_{\min}) = 1.611, \\ s(\hat{X}_{\min}) = 1.239$$

따라서 이 장비의 수명에 관한 95%의 신뢰 수명은 식(3-7)로부터 다음과 같이 된다.

$$\hat{X}_{\min} \pm t(0.975; 530)s(\hat{X}_{\min}) \\ = 13 \pm (1.96)(1.269) \\ = 13 \pm 2.5 \\ = (10.5 \sim 15.5)$$

이 된다. 즉, 95%의 신뢰를 가지고 K-1전차의 수명이 10.5년에서 15.5년 사이라고 할 수 있다.

## 5. 결 론

K-1전차는 개발당시부터 많은 관심을 불러 일으켰다. 그러나 보급된 이후 10년이 지난 지금까지 미군의 M-1전차의 수명을 적용하여 K-1전차의 재생은 보급된 지 10년 또는 주행거리 9600km 중에서 선택 도래 장비를 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제에 착안하여 K-1전차의 경제 수명을 결정하기 위하여 경제 수명 결정 모형중 등가 연간법을 사용하였다. 이를 위하여 이 장비의 운용에 소요된 비용요소인 수리 부족비와 유류비의 자료를 수집하였다. 장비 구입비와 자본 회수 계수의 곱으로 자본 회수비를 산출하였으며, 수리 부족비와 유류비의 합인 운영 유지비를 현가로 환산하여 연도별로 누적하여 누적 유지비를 계산하였다. 누적 유지비에 자본 회수계수를 곱하여 등가 유지비를 산출하였다. 산출된

등가 유지비와 운용 기간을 가지고 회귀 분석하여 등가 유지비 함수를 산정하고, 이미 산출한 자본 회수비와 등가 유지비와의 합하여 등가 연간 비용을 구한다. 등가 연간 비용 중에서 최소점이 바로 K-1 전차 의 수명이 된다.

본 연구에서 분석한 결과를 요약해 보면 다음과 같다. 경제 수명이 13년일 때 등가 연간 비용이 최소가 되며, 이 시기에서 경제 수명은 10.5~15.5년이 고, 이 시기에서의 경제적 주행 거리 구간은 7,632.24~11,266.64km의 사이에 있다. 경제 수명 13년 은 군에서 적용하고 있는 10년보다는 3년을 더 운용 할 수 있으며, 주행거리 9600km 보다 150.56km 덜 주행한 것이다.

본 연구에서는 장비의 성능 요소를 고려하지 못하였다. K-1전차 개발 단계의 사정상 정확한 자료 산출이 불가능하여 이러한 자료가 없기 때문이다. 따라서 보다 정확한 수명을 결정하기 위해서는 성능 요소를 나타낼 수 있는 정확한 자료를 수집하여 수명을 결정하여야 할 것이다. 그러나 현실적으로 각종 군수품에 대한 지속적인 자료의 관리가 이루어지지 않으므로 수명 연구가 제대로 이루어지지 못하는 실정이다. 따라서 군수품에 대한 자료관리가 빨리 정착 되어야 하겠으며 또한 사용자 스스로도 장비 관리시 필요한 자료를 기재함에 있어 솔직하게 기록하는 마음 자세가 필요하다. 자료의 정확한 입력과 지속적인 관리를 통해 장비의 수명 산출의 정확도는 더욱 향상이 되어 불필요한 국방비의 지출을 막을 수 있고 나아가 군 전투력 향상에 크게 기여할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

1. 국방 관리 연구소, 군용 장비 수명 결정 연구, 1980.
2. 국방 관리 연구소, 장비 재생의 경제성 판단 기준의 실용화, 1984.
3. 김성집, 현대 경제성 공학, 창지사, 1982.
4. 김장현, 지형 형태에 따른 2 1/2톤 트럭의 수명 비교에 관한 연구, 국방대학원 석사 학위 논문, 1989.
5. 박경수, 신뢰성 공학 및 정비 이론, 1989.
6. 박성현, 회귀 분석, 대영사, 1984.
7. 박양수, 군용 차량에 대한 수명 주기 적용에 관한 연구, 국방대학원, 석사 학위 논문, 1985.
8. 양병희, 기동 장비의 경제 수명 결정 및 정비 유지비 소요 산출 모형 설정에 관한 연구, 국방대학원, 석사 학위 논문, 1987.
9. 육군 규정 420-1, 장비 및 물자 정비 규정 육군본부.
10. 원찬권, 현대 군수 관리, 병학사, 1983.
11. 한국 은행, 경제통계연보, 1996.
12. 허만형, SPSS와 통계분석, 1994.
13. 황지연, 군용 장비 수명 관리에 관한 연구, 국방대학원, 석사 학위 논문, 1985.
14. Blanchard, B. S. & Fabrycky, W. J., System Engineering And Analysis, 3rd ed., Prentice-Hall, 1981.
15. Neter, J., Wasserman, W. & Kutner, M. H. , Applied Linear Statistical Models, 2nd ed., Richard D. irwin, 1985.

16. Morris, William T. Engineering Economic Analysis Virginia Reston Publishing Company, 1976.
17. Shamblin, J. E. & Stevens, G. T. Jr., Operations Research. 2nd ed., McGraw-Hill, Inc., 1974

## 각 주

- 1) 육군본부, 장비 및 물자 정비 규정, 1991, p.1.
- 2) 국방 관리 연구소, 전계서, p.12.
- 3) Morris, William T. Engineering Economic Analysis(Virginia Reston Publishing Co. , 1976), pp.202-204.
- 4) 국방 관리 연구소, 전계서, p13
- 5) Morris, William T. Op.Cit. , pp.205-207.
- 6) Shamblin, J. E. & Stevens, G. T. Jr., Operations Research, 2nd ed. (McGraw-Hill, Inc., 1974), pp.108-112.
- 7) 김성집, 현대경제성공학, 창지사, 1982, p.343.