

미래무기체계의 성능평가모형 (Performance Evaluation Model for Future Weapon Systems)

김의환, 최규명, 정창모, 김종윤*

Abstract

In this paper we suggested a performance evaluation model for future weapon systems. Weapon Performance Index(WPI) model transform the characteristics of alternatives as indices. We can easily obtain WPIs of alternatives with the model. The highest WPI is recommended as the best solution. The performance elements in hierachy for future weapon systems are determined by systems engineering procedure. Priorities in hierachy can be determined through survey of experts and statistical analysis. Utility function is formulated as a probability model and utility score is predicted on the basis of historical data about the same category of weapon systems in the world. WPI is calculated from sum of product of priorities and utility scores. The model can be applied to trade-off analysis, cost and effectiveness analysis, war game model.

* 국방과학연구소

1. 서 론(Introduction)

현재 개발과정에 있는 무기체계라면 이것은 미래의 전장환경에서 운영될 무기체계이므로 체계설계대안들은 미래의 운영시점에서 전투능력 및 군사력측면을 고려하여 체계차원에서 평가되어야 한다. 특히 연구실에서 수행하는 체계개념연구에 있어서 체계차원의 성능평가는 무기체계의 설계방향을 결정하므로 매우 중요한 의미를 가진다. 무기체계는 일반적으로 수많은 부체계와 구성품으로 구성되어 있으므로 수없이 많은 체계대안들이 존재한다. 이 대안들에 대하여 일일이 정성적으로 체계성능을 비교한다는 것은 불가능하므로 체계설계에 관한 입력자료에 의하여 성능예측치를 지수화하여 비교할 수 있다면 최적대안을 찾는 문제는 단순히 지수를 비교하는 문제로 간단하게 될 것이다.

지수 (Index)에 의하여 무기체계의 성능을 비교하는 기존의 연구로는 비육군 개념 분석 연구소 (Concept Analysis Agency ; CAA, 1979) 가 개발한 WEI(Weapon Effectiveness Index) III와 Rajiv와 Navneet[4]가 제안한 전차체계의 성능평가모델이 있다. WEI III는 성능지수, 기본지수, 무기지수를 계산하여 위 게임의 입력자료로 사용하며 주로 무기별 성능, 전투력가치등을 비교하기 위하여 개발되었다. 또한 Rajiv와 Navneet 모델은 AHP방법에 의하여 전차체계간의 성능을 정성적으로 비교하는 방법이다. 두가지 방법 모두 현존하는 무기체계에 대하여 적용할 수 있는 방법이나 미래의 전장환경과 기술수준을 예측하는 모델을 포함하고 있지 않으므로 개발장비의 대안분석에는 적용 할 수 없다.

무기체계가 운용될 미래 전장환경측면에서의 성

능평가구조는 체계공학직 절차에 의하여 결정될 수 있다. 이 구조속의 평가요소들에 대한 상대적 중요도는 무기체계를 설계하는 철학이라 할 수 있는 것으로 전문가집단에 대한 설문조사에 의하여 통계적 방법으로 결정할 수 있다. 또한 미래에 출현할 무기체계의 각 기능요소에 대한 성능은 현재와 과거를 바탕으로한 기술의 도약이라는 점에서 과거데이터에 의하여 확률적으로 예측이 가능하다. 기능요소에 대한 성능발전의 추세선을 회귀분석방법에 의하여 추정하고 이로부터 체계대안들을 점수화하기 위한 활용함수를 공식화(Formulation) 한다.

성능평가구조의 최하위 Level마다 공식화되는 활용함수로 부터 Bottom up으로 계산되는 무기체계성능지수(Weapon Performance Index;WPI)에 의하여 미래전장환경차원에서의 설계대안에 대한 타당성 및 적합성을 검토하여 그 결과를 설계과정에 반영시키는 반복적인 절차를 거친다면 최적 무기체계설계에 접근하는 시간과 비용을 상당부분 줄일 수 있을 것이다.

2. 개발배경(Motivation)

체계공학직 절차에 의하여 무기체계를 개발할 경우 거치는 단계로는 요구구조진분석, 기능식별 및 기능흐름블럭선도 작성, 요구조건 식별 및 할당, 체계종합, 대안분석, 체계요소설명서/설계서 작성, 체계규격서 작성등이다.[1,2] 특히 대안분석은 무기체계 개발의 체계개념연구단계, 탐색개발단계, 체계개발단계에서 최적설계대안을 선정하기 위하여 수행되는 것으로 대안의 성격은 각 단계마다 상이하다. 대안 분석과정에서 나타나는 현안문제로는 수많은 구성품

과 부체계의 조합으로 이루어지는 체계차원에서의 대안분석방법론이 없다는 점과 개발초기의 개념대안들에 대하여 미래 진장환경에서의 성능을 예측하여 개념안의 타당성을 비교평가 및 분석할 수 있는 무기체계체계 성능평가모델이 아직 없다는 점이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 2가지 문제를 해소하기 위하여 체계적 측면에서의 대안분석방법을 단순화하고 쉽게하기 위하여 체계성능을 지수(Index)화하여 무기체계체계대안을 비교하는 대안분석방법론을 개발하였다.

3. 접근방법(Approach)

미래무기체계의 성능평가모델개발을 위한 일반적인 접근방법으로 다음과 같은 4단계를 제시한다.

3.1 필수기능 및 성능요소 정의

군 요구조건분석을 위하여 수행되는 기술현황분석 및 발전추세분석, 미래 진장환경분석, 위협분석, 전술운용개념분석 등과 기능흐름블럭선도(Function Flow Block Diagram ; FFBD)와 요구성능할당표(Requirement Allocation Sheet ; RAS)로 부터 미래 무기체계의 필수기능 및 성능요소를 정의한다.

3.2 평가모델 구조 및 가중치 설정

기능흐름블럭선도(FFBD)와 요구성능할당표(RAS)로 부터 미래무기체계의 성능을 평가할 수 있는 평가요소간의 관계와 구조를 설정한다. 각 Level의 평가요소간의 상대적 중요도는 군과 개발자로 구성된 전문가집단에 대한 설문조사와 통계적 분석에 의하여 결정한다.

3.3 활용함수 개발

활용함수란 무기체계 성능평가모델에서 기능요소의 성능수준에 따라 활용점수(Utility Score)를 0과 1사이의 점수로 계량화하는 함수이다. 활용점수와 가중치를 곱하여 가중합을 구하면 무기체계 성능평가지수를 산출할 수 있다. 활용함수는 기능요소의 기술속성장 연속적으로 변화하는 경우와 기능요소의 보유/미보유에 의하여 결정되는 2가지의 경우로 구분하여 연속형 활용함수(Continuous Utility Function)와 이산형 활용함수(Discrete Utility Function)로 구분한다. 활용점수는 미래의 기술수준에서 평가되어야하므로 활용함수는 무기체계에 대한 과거의 데이터로 부터 미래의 기술수준을 예측하는 확률모델에 의하여 공식화(Formulation)된다.

3.4 적용 및 평가

모델의 타당성을 검증하기위하여 현재 운용중인 세계각국의 동종 무기체계에 대하여 무기체계 성능평가모델을 적용하여 그 변별력을 평가한다. 결국 좋은 모델이란 무기체계가 가진 성능특성치를 잘 반영하고 변별력이 우수한 것을 의미한다.

4. 모델(The Model)

4.1 성능평가 구조(Hierachical Structure)

미래에 운영될 무기체계에 대한 성능을 예측하기 위해서는 미래의 진장환경, 기술수준등을 고려하여 성능평가요소를 결정하여야 한다. 이를 위해서는 기술현황분석, 미래진장환경분석을 수행하여야 하며 만약 무기체계 개발을 체계공학절차에 따른다면

기능흐름블럭선도 (FFBD ; Functional Flow Block Diagram) 및 RAS(Requirement Allocation Sheet)를 이용하여 성능평가 구조를 결정할 수 있다. 예를들어 그림 1은 Rajiv와 Navneet[4]가 제안한 전차 성능평가 구조를 보여준다. 미래의 무기체계에 대한 성능을 예측하여 지수화하기 위해서는 FFBD와 RAS를 바탕으로 미래무기체계의 환경과 시대적 배경등에 따라 적절히 조정되어야 한다.

그림 1에서 전차의 화력[2]이란 최소의 시간에 표적을 향해 탄을 발사하여 치명적 타격을 줄 수 있는 능력을 의미하며 주무장, 사격통제, 장전장치등에 의하여 결정된다. 기동성이란 도로 및 야지에서 무기체계를 여러가지형태의 장애물을 극복하면서 장거리를 신속히 이동시킬 수 있는 능력과 짧은 시간에 위치를 변화시키기 위한 민첩성을 의미한다. 생존성이란 적의 탐지 및 공격을 회피하거나 방호할 수 있는 능력으로 정의되며 향후 능동방호에 의한 급격한 진보가 예상된다. 그림에서의 각 성능요소에 표시된 수치는 상대적 가중치를 의미하며 본 논문에서는 임의의 수치만을 제시하였다. 이것은 실제적으로 전문가집단에 대한 설문조사와 통계적분석을 통하여 결정되어야할 상대적 가중치를 의미한다.

4.2 가중치의 결정(Priority in Hierachies)

성능평가구조에서 평가요소간의 상대적 중요도라 할 수 있는 가중치는 무기체계에 대한 개발자 또는 평가자의 설계철학이라이라 할 수 있으므로 실제 사용자인 장비운용자장교 및 개발자를 대상으로한 설문조사에 의하여 집단의견으로 결정 하여야한다. 평가구조상의 각 Level마다 평가요소간의 상대적 중요도를 결정하기 위하여 Saaty[6]의 AHP기법인

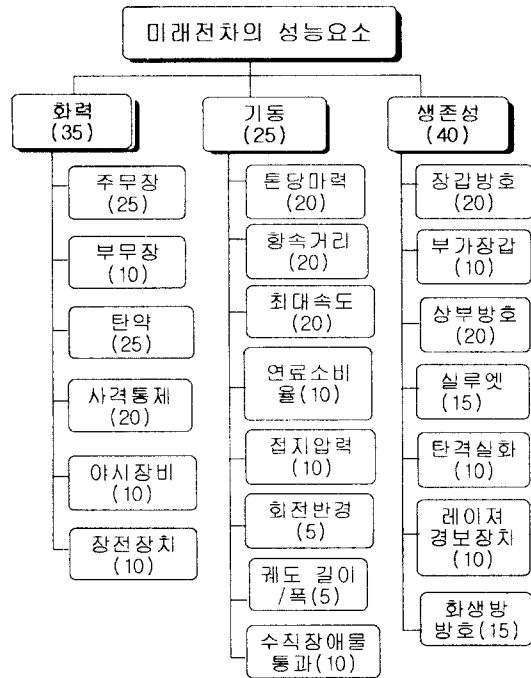


그림 1. 전차의 성능평가 구조 및 가중치 예시

PCM(Pairwise Comparison Method)을 적용할 수 있다. 이 방법은 결정기준이 여러개인 의사결정문제에 대하여 그 분야의 전문가집단에 의한 정량적 평가를 통하여 해를 구하는 방법이다. 설문결과와 분석을 위하여 설문자별로 쌍비교행렬을 작성하고 특성값(Eigen Value)을 찾아 설문자의 일관성을 검증한다. 만약 일관성이 없으면 그 데이터는 폐기한다. 전문가 집단에 의한 가중치는 지수산정에 매우 중요하기 때문에 심층적인 통계분석을 요구한다. 예를들어 사용자와 개발자간, 사용자집단간 성능요소에 대한 의견차이가 있는지 없는지를 다변량분산분석(MANOVA)모형[5]에 의하여 검증할 수 있는데 이것은 다음절에서 다룬다. 최종적으로 다변량 다집단 분산분석에 의한 집단의견 검증결과를 반영하여 Consensus방법으로 집단의견을 결정한다.

4.3 통계적 분석(Statistical Analysis)

평가구조의 가중치는 체계성을 지수화하는 과정에서 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 그 수치가 가지는 의미가 매우 크고 민감하므로 신중하게 결정되어져야 하며 통계적 방법에 의한 철저한 분석이 요구된다. 설문자 또는 전문가 그룹은 사용자 집단과 개발자집단으로 분류할 수 있고 또한 사용자 집단은 부대단위로 분류할 수 있다. 사용자집단은 기술적 측면을 간과할 수 있고 기술자는 사용자측면을 과소평가할 수 있으므로 두 집단에서 평가하는 미래의 성능평가요소에 대한 가중치는 크게 다를 수도 있다. 각 집단간 설문결과에 차이가 있다면 이것은 가중치에 대한 최종적인 집단의견을 산출할 때 민감하게 작용할 것이다. 여러집단에 대한 설문결과에 의하여 각 집단간에 평가요소를 보는 시각내지 의견에 차이가 클 경우 최종적인 가중치를 산정할 때 한 집단의 의견을 반영하는가 또는 반영하지 않는가는 기하학적인 평균의 이동을 가져오기 때문에 매우

중요한 결정이 될 것이다. 이러한 세밀한 분석을 위하여 집단간의 평균벡터차에 대한 가설검정을 실시하여야 한다. 가설검정은 다변량 다집단분산분석(MANOVA)에 의하여 수행하며 SAS[6]와 같은 S/W에 의하여 수행가능하다. 집단간 평균벡터차 가설검정을 위하여 MANOVA모형을 적용한다. $X_{1l}, X_{2l}, \dots, X_{n_l}$ 을 평균 $\mu_l, l=1, 2, \dots, g$ 인 모집단으로 부터의 크기 n_l 인 확률표본이라 하자. 각 모집단은 같은 분산-공분산행렬 Σ 를 갖는 것으로 가정한다. g 개의 모집단 평균 벡터를 비교하기 위한 MANOVA 모델은 다음과 같다.

$$X_{ij} = \mu + \tau_l + e_{ij}, \quad (1)$$

여기서 $j=1, 2, \dots, n_l, l=1, 2, \dots, g$ 이며 e_{ij} 는 $N(0, \Sigma)$ 분포를 따르는 확률변수이다. 파라미터

<표 1> 모집단의 평균벡터를 비교하기위한 MANOVA Table

Source of Variation	Matrix of sum of squares and cross products	Degree of freedom(d.f.)
Treatment	$B = \sum_{l=1}^g n_l (\bar{x}_l - \bar{x})(\bar{x}_l - \bar{x})'$	$g - 1$
Residual(Error)	$W = \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x}_l)(x_{lj} - \bar{x}_l)'$	$\sum_{l=1}^g n_l - g$
Total(corrected for the mean)	$B + W = \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x})(x_{lj} - \bar{x})'$	$\sum_{l=1}^g n_l - 1$

벡터 μ 는 전체평균, τ_l 은 $\sum_{i=1}^k n_i \tau_l = 0$ 을 만족시키는 l 번째 처리효과(Treatment Effect)이다. 처리효과가 없다는 가설은

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0 \quad (2)$$

이며 이것은 처리, 잔차제곱합, 총제곱합의 상대적 크기를 고려하여 검정하게 된다. 공식적으로 검정통계량을 계산하기위한 MANOVA 표는 <표 1>과 같이 정리할 수 있다[4].

검정하고자하는것은 $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$ 이며 일반화 분산(generalized variance)의 비율에 의하여 검정통계량(Test Statistic)을 식 (3)과 같이 Wilks lambda로 정의한다.

$$\Lambda^* = \frac{|W|}{|B+W|} \quad (3)$$

$$= \frac{|\sum_{l=1}^g \sum_{i=1}^{n_l} (x_{li} - \bar{x}_l)(x_{li} - \bar{x}_l)'|}{|\sum_{l=1}^g \sum_{i=1}^{n_l} (x_{li} - \bar{x})(x_{li} - \bar{x})'|}$$

각 Level별로 MANOVA에 의하여 사용자와 개발자간 평균벡터차 가설검정을 수행한다. 가설검정결과 사용자와 개발자간의 의견차이가 없는 경우에는 2집단의 설문결과를 통합하여 최종적인 가중치를 노출하고 의견차이가 있는 경우에는 사용자의 의견만을 최종적인 가중치산정에 적용하는 것이 사용자위주의 장비를 설계한다는 철학에 부합될 것이다.

4.4 무기체계 성능평가지수모델

무기체계 성능평가지수모델을 수식으로 표현하면 다

음식과 같다. 식 (4)에 의하여 최종적인 WPI를 계산할 수 있다.

$$WPI = 35F + 25M + 40S \quad (4)$$

여기서 F, M, S 는 각각 화력, 기동, 생존성을 나타내는 변수이다. 화력에 관한 세부 관계식은 아래식과 같다.

$$F = 25f_1 + 10f_2 + 25f_3 + 20f_4 + 10f_5 + 10f_6, \quad (5)$$

여기서 f_1 은 주무장, f_2 는 부무장, f_3 은 탄약, f_4 는 사격통제, f_5 는 야시장비, f_6 는 장전장치이다. 기동에 관한 세부 관계식은 다음과 같이 표현된다.

$$M = 20m_1 + 20m_2 + 20m_3 + 10m_4 + 10m_5 + 5m_6 + 5m_7 + 10m_8, \quad (6)$$

여기서 m_1 은 톤당마력, m_2 는 항속거리, m_3 은 최대속도, m_4 는 연료소비율, m_5 는 접지압력, m_6 는 회전반경, m_7 은 레도 길이/폭, m_8 은 수직장애물 통과능력을 의미한다.

그리고 생존성에 대한 관계식은 식 (7)과 같다.

$$S = 20s_1 + 10s_2 + 20s_3 + 15s_4 + 10s_5 + 10s_6 + 15s_7, \quad (7)$$

여기서 s_1 은 장갑능력, s_2 는 부가장갑, s_3 는 상부방호, s_4 는 실부엌, s_5 는 탄약 격실화, s_6 는 레이저 경보, s_7 은 화생방 방호를 나타낸다.

더욱이 f_i, m_j, s_k 는 세부적인 관계식이나 활용 함수에 의하여 추가적으로 정의되어야 한다.

4.5 활용 함수(Utility Function)의 결정

활용 함수(Utility Function)란 무기체계 성능평가 지수 모델에서 최하위 Level의 기능요소 성능수준에 따라 활용점수(Utility Score)를 0과 1사이의 값으로 할당해주는 함수이다. 활용함수의 값이 0과 1사이의 값이라는 점에서 누적분포함수(Cumulative Distribution Function ; CDF)와 그 특성이 같다. 미래의 관점에서 장비모델이나 체제설계대안을 평가하여야 하므로 확률적으로 가장 일어나기 쉬운 것을 평균으로 하는 확률모델에 의하여 활용함수를 공식화(Formulation)한다.

기능요소별 성능수준을 확률변수로 정의하면 미래 무기체계의 기능요소에 대한 성능수준은 확률적으로 변화하게 될 것이다. 활용함수는 기술속성상 연속적으로 변화하는 경우와 기능요소의 보유/미보유에 의하여 결정되는 2가지의 경우가 있는데 전자의

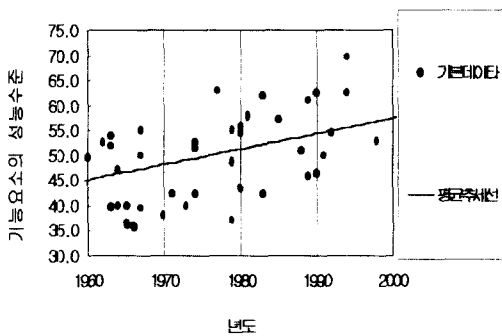


그림 2. 기능요소의 기술수준 예측을 위한 회귀선 추정

경우를 연속형 활용 함수 (Continuous Utility Function)라 하고 후자의 경우를 이산형 활용 함수 (Discrete Utility Function)이라 한다.

연속형 활용 함수를 도출하기 위하여 과거로부터 현재까지의 각종 무기체계의 성능 및 제원에 관한 DB를 이용하여 기능요소의 성능수준과 시간과의 회귀 선을 다음 그림 2와 같이 추정할 수 있다.

Y_i 를 기능요소의 성능수준, x_i 를 시간 또는 년대, $i = 1, 2, \dots, n$, 이라할 때 선형회귀모델은 다음과 같다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad (8)$$

여기서 ε_i 는 정규분포 $N(0, \sigma^2)$ 을 따른다.

최우추정치에 의하여 회귀선은 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \quad (9)$$

여기서 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ 은 β_0 과 β_1 의 최소자승추정치이다. 만약 선형회귀모델로 기술발전추세가 적합이 되지 않는 경우에는 비선형 회귀분석모형에 의하여 적합시킬 수 있다. 대표적인 비선형모형으로는 다음식과 같은 콤포르츠 모형이 있다.

$$Y_i = \frac{C}{\exp(1 + \exp(A + Bx_i))} + e_i \quad (10)$$

여기서 C 는 포화값으로 기술발전의 한계를 나타내며 이것은 데이터에 의하여 추정하거나 이론적 한계치로서 주어질 수도 있다. 어떤 기능요소의 2000년

대 성능수준을 정규분포를 따르는 확률변수라 하자. 식 (9)를 이용하여 2000년의 무기체계의 각 기능요소에 대한 활용함수는 정규분포 $N(\hat{Y}_{2000}, \hat{\sigma}^2)$ 의 CDF 또는 1-CDF로 정의한다.

여기서 $N(\hat{Y}_{2000}, \hat{\sigma}^2)$ 의 확률밀도함수는

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hat{\sigma}^2}} e^{-\frac{(y - \hat{Y}_{2000})^2}{2\hat{\sigma}^2}} \quad (11)$$

이다. 그러면 개발중인 미래무기체계의 어떤 기능요소에 대한 형상이 정해졌을때 정규분포 $N(\hat{Y}, \hat{\sigma}^2)$ 의 누적분포함수(Cumulative Distribution Function ; CDF)로 부터의 확률값을 계산할 수 있는데 이것이 활용점수이다. 만약 기능요소의 형상수치가 커지면 커질수록 성능이 저하되는 것으로 정의될 때에는 1-CDF로부터 활용점수를 계산한다. 그림 3는 활용함수의 형태를 보여주고 있다. 그림에서 기능요소의 기술수준이 높을수록 활용점수가 1.0에 가까운 쪽으로 그래프가 이동함을 알수 있다. 무기체계 성능평가모델에서 최하위 Level은 활용점수가 정의된다.

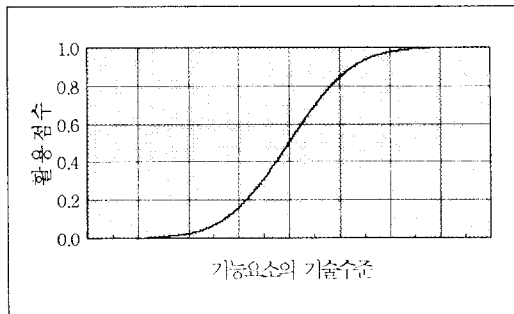


그림 3. 활용함수의 형태

4.6 무기체계성능지수(WPI)의 계산

어떤 무기체계모델이나 체계설계모델에 대한 무기체계성능지수(WPI)를 구하고자 할 때에는 다음과 같은 절차에 의하여 구한다.

- 1) 최하위 Level의 각 기능요소마다 활용함수를 추정한다. 추정방법은 선형 또는 비선형 회귀분석에 의한다.
- 2) 정규분포 $N(\hat{Y}, \hat{\sigma}^2)$ 의 CDF 또는 1-CDF로부터 활용점수를 구한다.
- 3) 각 Level의 가중치와 활용점수를 곱하여 가중합을 계산한다.
- 4) Bottom-up방식에 의하여 최상위 Level의 가중합으로부터 WPI를 구한다.

5. 수치예제(Numerical Example)

WPI의 계산과정을 보이기 위하여 가상의 전차 T1 및 T2에 대하여 본모델을 적용하여 본다.

Level 2의 접지압력에 대한 활용점수를 구하기 위하여 1960년대 이후의 각국 전차의 접지 압력에 대한 과거데이터를 검토한 결과 선형회귀선에 의하여 추세선을 구할 수 있다고 판단되어 선형회귀모형으로 분석한 결과 추세선의 추정량이

$\hat{Y} = -50.76 + 0.03x$ 이었다고 하자, 여기서

\hat{Y} 은 접지압력, x 는 연대를 나타낸다. 그러면

2000년대의 접지압력의 기대치는 $\hat{Y}_{2000} = 9.819$

이며 분산의 추정치는 $\hat{\sigma}^2 = 0.588$ 이다. T1의 접지

압력이 8.65, T2의 접지압력이 8.66이라면 정규분포

$N(9.819, 0.588)$ 의 1-CDF로 부터 활용점수는

각각 0.976, 0.975이다. 같은방법에 의하여 기능요소

를 구성하고 있는 Level 2의 성능요소에 대하여 활용점수를 구하여 가중합을 구하면 이것이 <표 2>와 같이 기동요소의 가중합이 된다.

비슷한 방법에 의하여 1 Level의 전체적인 성능요소에 대하여 가중합을 구하여 보면 <표 3>과 같다 <표 3>으로 부터 T1, T2 전차에 대한 성능지수는

<표 2> 기동요소에 대한 가중합

평가요소	가중치*	점수	
		T1	T2
톤당마력	20	0.7	0.8
항속거리	20	0.7	0.6
최대속도	20	0.5	0.4
연료소비율	10	0.5	0.4
접지압력	10	0.976	0.975
회전반경	5	0.6	0.8
레도 길이/폭	5	0.7	1.0
수직장애물 통과	10	0.7	0.4
가중합		0.662	0.627

* 이표의 가중치는 계산예를 보이기 위한 가상의 수치임

0.4543, 0.5026이며 T1을 기준무기체계라 하면 기본지수는 각각 1.0, 1.10이다. 따라서 T2가 T1에 비하여 성능지수상 10% 우세한 것으로 판단할 수 있다.

<표 3> 무기체계체계에 대한 성능가중합

평가요소	가중치**	T1	T2
화력	35	0.3238	0.3973
기동	25	0.662	0.627
생존성	40	0.4383	0.5167
가중합	100.0	0.4543	0.5026

* 이표의 가중치는 계산예를 보이기 위한 가상의 수치임.

6. 결론(Concluding Remarks)

미래 전장환경에서 운용될 무기체계체계의 비용대 효과분석을 위한 방법으로 체계차원에서의 성능평가방법을 제안하였다. 성능평가구조는 체계공학적 차에 의하여 결정하고 각 level의 평가요소에 대한 상대적 가중치는 통계적 분석에 의하여 결정할 수 있음을 보였다. 무기체계의 각 기능요소가 갖는 성능특성치로부터 활용점수를 구하고 이에대한 가중합으로 무기체계체계에 대한 성능지수를 산출한다. 이 성능지수에 의하여 설계대안을 평가하여 최적안을 선정한다면 이것은 곧 미래의 전장환경 측면에서 설계대안을 평가하는 것이 될 것이다. 이 방법은 설계 방향을 결정하는데 기여할 수 있을 것이며 순기비용분석(LCC)과 연계된다면 비용대 효과분석을 완성할 수 있을 것이다.

참고문헌(References)

1. Benjamin S. B., "System Engineering Management," John Wiley & Sons, 1990.
2. Defense Systems Management College, "Systems Engineering Management Guide," 1989.
3. Hilmes, Rolf., "Main Battle Tanks-Development in Design Since 1945-Brassey's Defence Publishers," U.K., 1987.
4. Rajiv G. and Navneet B., "Performance Evaluation of Battle Tanks", Defence Science Journal. Vol. 46, No. 2, p 115-119, 1996,
5. Richard A.J. and Dean W.W., "Applied Multivariate Statistical Analysis," Prentice-Hall International Editions, 1989.

6. Saaty, T.L., *"The Analytic Hierarchy Process,"*
McGraw-Hill, New York, 1980.
7. SAS/STAT Guide for Personal Computers,
Version 6.12.