

# AHP와 평점법 및 TOPSIS를 활용한 K계열 전차 성능개량 우선순위에 대한 연구

나재현\* · 박찬현\*\* · 김동길\*\*\*

A Study on the Ranking Strategy for the Product Improvement of the K Series Tank  
using AHP, Scoring Method, and TOPSIS

Jae-Hyun Na\* · Chan-Hyeon Park\*\* · Dong-Gil Kim\*\*\*

## 요약

현대의 무기체계는 복잡한 체계로 구성되어 있기 때문에 성능개량 요소의 우선 순위를 도출하는 것은 상당한 어려움이 있다. 또한, 이해관계자들의 의견을 고려한 정량적 성능개량 요소 우선순위 선정 방법론에 대한 연구도 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 K1계열 전차와 K2전차의 성능개량 요소 우선순위를 정량적으로 도출하기 위해 전차 개발 경험을 보유한 전문가들을 대상으로 설문을 수행하고 AHP, 평점법, TOPSIS 기법을 이용하여 서문 데이터를 분석하고 분석 결과로 우선순위를 정량적으로 도출하였다. 본 연구의 결과는 향후 무기체계 개발 및 성능개량 단계에서 이해관계자들의 의사결정 지표로 활용될 것으로 기대된다.

## ABSTRACT

Since the modern weapon system is composed of a complex system, it is quite difficult to derive the priority of performance improvement factors. In addition, research on the method for prioritizing quantitative performance improvement factors considering the opinions of stakeholders is insufficient. In this study, in order to quantitatively derive the priorities of performance improvement factors for K1 tanks and K2 tanks, a survey was conducted with experts with experience in tank development, and the preface data was analyzed using AHP, scoring method, and TOPSIS methods. As a result, priorities were quantitatively derived. The results of this study are expected to be used as decision-making indicators for stakeholders in the future weapon system development and performance improvement stage.

## 키워드

Analytic Hierarchy Process(AHP), Product Improvement Program(PIP), Scoring Method, Technique of Order of Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS)  
의사 결정 계층(AHP), 성능 개량(PIP), 평점법, TOPSIS

\* 국방기술진흥연구소 선임연구원(njh1222@dtq.re.kr) · Received : Jul. 31, 2021, Revised : Sep. 08, 2021, Accepted : Oct. 17, 2021  
\*\* 에스앤에스이앤지(주) 대리(jamespark@snseng.co.kr) · Corresponding Author : Dong-Gil Kim  
\*\*\* 교신저자 : 경일대학교 자율로봇공학과 조교수 Dept. of Robotics Engineering, Kyungil Univ.  
· 접수일 : 2021. 07. 31 Email : eastroad@gmail.com; dgkim@kiu.kr  
· 수정완료일 : 2021. 09. 08 · 본 논문은 제1저자의 2015년도 석사 학위논문에서 발췌 및 보완 하였음  
· 게재확정일 : 2021. 10. 17

## I. 서 론

무기체계 성능개량은 개발 및 운용 중인 무기체계의 성능과 기능이 변경되거나 개선을 통하여 능력을 향상시키고 야전 배치 이후에 운용 유지 측면에서 무기체계의 신뢰성과 가용성을 증가시키는 것을 뜻한다 [1, 2]. 그러나 성능개량 사업의 비용은 한정되어 있어 무기체계의 모든 기능을 성능개량 할 수는 없는 실정이다. 따라서 한정된 예산이 주어진 무기체계 성능개량 사업을 보다 효율적 수행을 위해서는 성능개량 요소의 우선순위를 도출할 필요가 있다. 그러나 무기체계의 성능개량을 위한 성능변경 대안의 우선순위를 선정하여 시급한 대안 순서를 결정하는 것은 상당히 어려운 과정이다. 이해관계자들의 의견을 고려한 정량적 성능개량 요소의 우선순위 선정 방법론 및 가치평가방법에 관한 연구도 미흡한 실정이며[3], 전문가 회의의 통해 결정하거나 결정권자의 주관적인 성향으로 판단하는 경우가 대부분이었다.

본 논문에서는 한국 지상군 K계열 전차 중 K1계

열과 K2전차의 성능개량 우선순위를 정량적으로 결정하는 방안에 관한 연구를 수행하였다. 우선 선행연구 조사를 통하여, 한국 지상군의 주력전차인 K1계열 전차와 K2전차의 성능개량 필요성 및 요소에 관한 선행연구 조사를 통하여, 표 1과 같이 전차의 주요 성능인 정보통신, 기동성, 화력, 생존성, 운용편의성, 신뢰성, 정비성, 내구성 총 8대 요소와 성능개량 요소 선정 결과를 확인하였다[4-6]. 선행연구를 통해 제시된 성능개량 요소 중 상대적으로 중요한 요소를 AHP 기법을 활용하여 가중치 값을 산출하였다. 산출한 가중치 값을 평점법과 TOPSIS(Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)기법으로 활용할 수 있도록 전차 개발 경험자들을 대상으로 설문조사를 수행하여 성능개량 요소의 우선순위를 정량적으로 도출하였다.

## II. 의사결정 방법론

### 2.1 계층적 분석

표 1. K1 계열과 K2 전차의 성능개량 요소  
Table 1. The Product Improvement Factors of the K1 Series and the K2 Tank

| Num | K1 Tank   |        | K2 Tank  |        |
|-----|---|--------|--|--------|
|     | description   | symbol | description  | symbol |
| 1   | Expansion of drivers real space   | a      | Integration of GPS and inertial navigation         | a'     |
| 2   | Install auxiliary power unit  | b      | Body power distribution box integration            | b'     |
| 3   | Installation of air conditioner   | c      | Booster optimization of DC voltage                 | c'     |
| 4   | Installation of positive pressure device                                | d      | Optimization of energy storage                     | d'     |
| 5   | Improvement of Gunner's sighting  | e      | identification friend or foe(IFF) Integration      | e'     |
| 6   | Increase penetration of 105mm tank ammunition                           | f      | Tactical Multiband Multirole Radio Replacement     | f'     |
| 7   | Increase protection   | g      | New application of active destruction device       | g'     |
| 8   | Improvement of driver thermal observation device                        | h      | Commander's Operational Display                    | h'     |
| 9   | Improvement of transmission steering                                    | i      | Gunner's Operational Display                       | i'     |
| 10  | Performance improvement of power pack                                   | j      | Driver Integrated display                          | j'     |
| 11  | Installation of 360° Situation awareness device                         | k      | New application of 360° situation awareness device | k'     |
| 12  | Improvement of Automatic Fire Fighting Equipment self-checking function | l      | Gun and Turret driving power amplifier integration | l'     |
| 13  | Installation of Neutron Screen Liner                                    | m      | Gun and Turret driving controller optimization     | m'     |
| 14  | -   |        | Automatic Loading servo amp integration            | n'     |
| 15  | -   |        | Additional Cooling device                          | o'     |
| 16  | -   |        | Hydraulic / Suspension Device optimization         | p'     |
| 17  | -   |        | Improvement of Neutron Screen Liner                |        |

계층적 분석(Analytic Hierarchy Process, AHP) 모형은 대안과 평가 기준이 복수인 경우의 의사결정(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)을 지원하기 위해 개발된 평가기법의 하나로 1980년대 초 Saaty에 의해 제안된 후, 널리 활용되고 있는 방법이다[7]. 본 연구에서 AHP 기법을 적용한 이유는 가중치 선정에 일반적으로 활용되는 기법으로서 상대적인 비교를 통해 중요도를 도출할 수 있기 때문이다. AHP 기법은 최종 대안의 우선순위를 선정하기 위함이 아닌, 가중치 값을 도출하기 위해서 사용하였다(그림 1). 특히, 평점법과 TOPSIS기법에는 가중치 값을 선정하는 명확한 방법론이 제시되어 있지 않아, AHP를 이용한 가중치 적용은 매우 효과적이다.

AHP에서는 우선순위 선정을 위한 가중치 도출을 위해 요소 간의 쌍대비교를 실시하고 분석한다. 아래의 식(1)은 전차의 주요 8대 성능 요소에 대해 쌍대비교한 데이터로  $a_{ij} = w_i/w_j$ 와 같은 수식으로 각 행렬 요소값을 계산하여 행렬을 생성하는 방법을 나타낸 것이다.  $w$ 는 쌍대비교 시에 두 요소를 비교하면서 부여한 점수이다.

$$A = [a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{23} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$= \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_m \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_m \end{pmatrix}$$

AHP 기법은 상대적인 중요도를 쌍대비교를 통해 도출하기 때문에 설문결과에 일관성이 있어야 한다. 예를 들어, 대안 A, B, C가 있다고 가정했을 때 대안 A가 대안 B보다 우수하고 대안 B가 대안 C보다 우수하다면 A는 C보다 우수하다는 결론이 도출된다. 하지만, 설문을 수행하는 과정에서 대안 A가 B보다 우수하고 대안 B가 대안 C보다 우수하다고 체크했음에도 불구하고 대안 C가 대안 A보다 우수하거나 동일하다고 평가하는 사례가 있으면 이를 일관성이 저하된 설문조사 결과라고 한다. 다수의 대안이 있을 때 발생할 수 있는 문제이며 일관성이 떨어지는 데이터

는 설문을 재수행하거나 자료로 활용하지 못하는 것이 일반적인 견해다.

|                           | pairwise comparison       |                 |            |               |                      |             |                 |            | Weight |     |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|------------|---------------|----------------------|-------------|-----------------|------------|--------|-----|
|                           | Information Concentration | Maneuverability | Fire Power | Survivability | Operational Coesence | Reliability | Maintainability | Durability | a10    | b11 |
| Information Concentration | 1                         | a12             | a13        | .             | .                    | .           | .               | .          | a10    | b11 |
| Maneuverability           | a21                       | 1               | .          | .             | .                    | .           | .               | .          | a20    | b12 |
| Fire Power                | a31                       | .               | 1          | .             | .                    | .           | .               | .          | a30    | b13 |
| Survivability             | a41                       | .               | .          | 1             | .                    | .           | .               | .          | a40    | b14 |
| Operational Coesence      | .                         | .               | .          | .             | 1                    | .           | .               | .          | a50    | b15 |
| Reliability               | .                         | .               | .          | .             | .                    | 1           | .               | .          | a60    | b16 |
| Maintainability           | .                         | .               | .          | .             | .                    | .           | 1               | .          | a70    | b17 |
| Durability                | .                         | .               | .          | .             | .                    | .           | .               | 1          | a80    | b18 |
| Total                     | A01                       | A02             | A03        | A04           | A05                  | A06         | A07             | A08        |        |     |

그림 1. AHP의 가중치 값  
Fig. 1 The AHP weight value

### 2.2 평점법

평점법은 우선순위 결정에 사용되는 일반적인 방법 중 하나로 체크리스트를 논리적으로 확장시킨 모형이다[8, 9]. 평점법은 평가 기준별 점수항목과 가중치 점수항목을 동시에 제시한 후에 각 항목에 3등급 또는 5등급 등의 점수를 부여하고 기본 점수에 가중치를 곱하여 최종 점수를 산정해서 최종점수를 상호 비교하여 높은 점수 순으로 우선순위를 결정하는 방법론이다.

본 연구에서 K1 계열 및 K2 전차 성능개량요소 우선순위 결정에 평점법을 적용한 이유는 정해진 점수 범위 내에서 대안요소들에게 절대적인 점수를 부여할 수 있기 때문이다. 전차의 성능개량으로 인해 일부 주요 성능에 부정적인 영향이 있을 수 있는데 상대적으로 평가는 요소의 부정적인 영향을 나타낼 수 없고 부정적 요소로 인하여 전체적 평점이 감점되는 효과를 나타낼 수 있기 때문이다.

### 2.3 TOPSIS

TOPSIS는 다중 대안 결정 분석 방법이다. 각 기준에 정의된 가중치 값과 점수를 정규화한 값 그리고 각 대안과 이상적 해결책 사이에 기하학적인 거리 계산을 이용해 여러 대안들을 비교하는 보완적인 방법론이다. 본 연구에 TOPSIS 기법을 적용한 이유는 대안이 이상적인 해결책에 기하학적으로 근접해야 하고 비이상적인 해결책으로부터 멀어져야 하기 때문에 절대적으로 점수화한 값을 수치로 충분히 활용이 가능하기 때문이다[10, 11].

TOPSIS 기법은 가능한 대안들을 정의하고 각 속성이 이상적인지 부정적인지 구분한다. 그림 2에서 모

델은  $j_1, j_2, j_3, j_4$ 로 4가지다. 가중치(w)를 선정한 속성중  $i_1, i_2, i_3$ 는 이상적인 속성이고  $i_4$ 는 부정적인 속성으로 구분하였다. 속성에 부여할 가중치를 적절하게 결정해야 하나, TOPSIS 기법에서는 가중치 결정 방법은 언급하고 있지 않다. 본 연구에서의 AHP 기법을 통해 도출한 가중치를 TOPSIS 데이터 분석에 적용하였다. 아래의 그림 3에서 식(2)를 적용하여 각 대안들의 값을 제공하고 제공된 대안들의 합을 구한다. 도출된 합에 식(3)을 대입하여 각 대안들의 기존 데이터 값을 식(2)의 값으로 나누면 r값이 도출된다. 도출된 r값과 가중치(w)를 곱하여 v값을 산출한다.

$$sum_{ij} = \sum_{i=1}^m x_{ij}^2, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$v_{ij} = weight_i * \frac{x_{ij}}{sum_{ij}} \quad (3)$$

|       | $i_1$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| w     | 0.1   | 0.4   | 0.3   | 0.2   |
| $j_1$ | 7     | 9     | 9     | 8     |
| $j_2$ | 8     | 7     | 8     | 7     |
| $j_3$ | 9     | 6     | 8     | 9     |
| $j_4$ | 6     | 7     | 8     | 6     |

|       | $i_1$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| w     | 0.1   | 0.4   | 0.3   | 0.2   |
| $j_1$ | 49    | 81    | 81    | 64    |
| $j_2$ | 64    | 49    | 64    | 49    |
| $j_3$ | 81    | 36    | 64    | 81    |
| $j_4$ | 36    | 49    | 64    | 36    |
| Sum   | 230   | 215   | 273   | 230   |

그림 2. TOPSIS 1차 연산 절차  
Fig. 2 First of method procedure for TOPSIS

|       | $i_1$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| w     | 0.1   | 0.4   | 0.3   | 0.2   |
| $j_1$ | 0.046 | 0.246 | 0.163 | 0.106 |
| $j_2$ | 0.053 | 0.191 | 0.145 | 0.092 |
| $j_3$ | 0.059 | 0.164 | 0.145 | 0.119 |
| $j_4$ | 0.040 | 0.246 | 0.163 | 0.079 |
| Max   | 0.059 | 0.246 | 0.163 | 0.079 |
| Min   | 0.040 | 0.164 | 0.145 | 0.119 |

|       | $i_1$    | $i_2$    | $i_3$    | $i_4$    | Sum      | $s'$     |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| w     | 0.1      | 0.4      | 0.3      | 0.2      |          |          |
| $j_1$ | 0.000043 | 0.006698 | 0.000330 | 0.000174 | 0.007245 | 0.085116 |
| $j_2$ | 0.000174 | 0.000744 | 0        | 0.000696 | 0.001614 | 0.040172 |
| $j_3$ | 0.000391 | 0        | 0        | 0        | 0.000391 | 0.019781 |
| $j_4$ | 0        | 0        | 0        | 0.001565 | 0.002309 | 0.048056 |
| Min   | 0.040    | 0.164    | 0.145    | 0.119    |          |          |

그림 3. TOPSIS 2차 연산 절차  
Fig. 3 Second method procedure for TOPSIS

### III. 설문 항목 설계

AHP 기법을 이용한 가중치 도출을 위한 설문은 전차 개발 경험자 30명을 대상으로 수행하였다. 전차 개발 경험자는 기존 K1계열 및 K2전차 개발에 직접 참여한 경험이 있거나 참여 중인 경력 5년 이상인 사람들로 설정하였다. 설문 문항은 1번부터 5번까지 총 5문항으로 제작하였으며, 설문의 각 문항은 평점법과 계층적 분석방법 그리고 TOPSIS 기법을 활용할 수 있도록 구성하였다.

설문 1번 문항은 선행 연구 및 참고 문헌에서 발췌한 일반적인 전차의 주요 성능 8가지에 대해 상대적인 중요도 측정을 목적으로 한다. 측정방법으로는 AHP기법에 기본인 쌍대비교를 할 수 있도록 설계하였고, 쌍대비교 대상 A와 B를 가정했을 때 두 대상의 중요도가 같다고 생각하면 ①, 그렇지 않고 A와 B 중 더 중요하다고 생각하는 대상에 가깝게 ②부터 ⑨까지 표시하도록 하였다. 아래의 표 2는 계층적 분석방법을 활용하기 위해 설문지 내에서 제시한 전차의 주요성능 8가지 중 일부를 쌍대 비교한 예시이다.

표 2. K2 전차의 주요 성능에 대한 쌍대비교 예  
Table 2. Example of 8 pairwise comparisons for main performance of a tank

| Contents                    |   |
|-----------------------------|---|
| A assessment item           |   |
| Information & Communication |   |
| A Absolutely Important      | ⑨ |
|                             | ⑧ |
| A Very Important            | ⑦ |
|                             | ⑥ |
| A Important                 | ⑤ |
|                             | ④ |
| A Slightly Important        | ③ |
|                             | ② |
| A and B same                | ① |
|                             | ② |
| B Slightly Important        | ③ |
|                             | ④ |
| B Important                 | ⑤ |
|                             | ⑥ |
| B Very Important            | ⑦ |
|                             | ⑧ |
| B Absolutely Important      | ⑨ |
| Maneuverability             |   |
| B assessment item           |   |

설문 2번 문항은 선행연구조사를 통해 수집한 K1 계열 전차 성능개량 요소들이 전차 주요성능 8대 요소에 각각 얼마나 영향을 미칠 수 있는지 표 3과 같이 점수를 부여하도록 구성하였다. 평점법과 TOPSIS 기법으로 데이터를 분석하기 위한 설문이며 점수의 범위는 -5부터 +5까지 0을 포함한 총 11단계이다. 음이 정수 값은 부정적인 영향의 기준이고, 양의 정수 값은 긍정적이 영향의 기준이다. 표 3은 K1계열 전차의 13가지 성능개량 요소 점수 부여 예시를 보여준다.

설문 3번 문항은 선행연구조사를 통해 수집한 K2전차의 전차성능개량 요소들이 전차 주요 성능 8대 요소에 얼마나 영향을 미칠 수 있는지 점수를 부여하도록 구성하였다. 평점법과 TOPSIS 기법으로 데이터를 분석하기 위한 설문이며 점수의 범위는 -5부터 +5까지 0을 포함한 총 11 단계이다. 설문 방식은 제2문항과 동일하게 설계하였다.

표 3. K1 계열의 13가지 성능개량 요소에 대한 점수 부여 예

Table 3. Example of Scoring of 13 performance improvement factor of K1 series tank

| Pairwise Comparison                      |                           |    |
|--|---------------------------|----|
| Installation of positive Pressure Device | Information Communication | 0  |
|  | Maneuverability           | -2 |
|  | Fire Power                | 0  |
|  | Survivability             | 4  |
|  | Operational Convenience   | 2  |
|  | Reliability               | -1 |
|  | Maintainability           | 3  |
|  | Durability                | 0  |
| Sum                                      |                           | -  |

#### IV. 설문 결과 및 분석

##### 4.1 AHP를 적용한 평점법 데이터 분석 결과

표 4는 편의를 위하여 각 성능개량 요소에 대한 약어를 정리한 것이다. 설문 1번은 전차의 기본 주요 성능 8대 요소에 대한 가중치를 산출하기 위해 수행하였

다. 도출된 설문결과를 아래의 표 5와 같이 AHP기법을 적용하여 쌍대비교 행렬 값에 대입 이후에 1.00값을 기준으로 정규화 하였다. 전차의 주요 성능 8대 요소에 대해 상대적인 중요도 값을 도출하였으며, 설문 대상자들은 성능 8대 요소 중 화력을 0.35로 가장 중요하게 생각하였다. 정보/통신이 기능이 0.02로 중요도가 제일 낮았다. 설문 2번의 K1계열 전차 성능개량요소 13가지에 대한 영향성 점수와 표 6의 가중치를 함께 계산하여 표 7과 같이 평점법의 결과 값을 산출하였다.

표 4. 성능개량 요소 8가지에 대한 약어  
Table 4. Abbreviation a 8 Improvement Factor

| abbrev | Improvement Factor        |
|--------|---------------------------|
| A      | Information Communication |
| B      | Maneuverability           |
| C      | Fire Power                |
| D      | Survivability             |
| E      | Operational Convenience   |
| F      | Reliability               |
| G      | Maintainability           |
| H      | Durability                |

표 5. AHP 변환에 적용한 정규화 가중치 값  
Table 5. Normalize matrix values to convert weights in the AHP

| Normalization |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|               | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | Prio rity |
| A             | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02      |
| B             | 0.08 | 0.06 | 0.11 | 0.03 | 0.02 | 0.10 | 0.03 | 0.08 | 0.06      |
| C             | 0.18 | 0.26 | 0.43 | 0.77 | 0.21 | 0.21 | 0.35 | 0.38 | 0.35      |
| D             | 0.18 | 0.26 | 0.06 | 0.11 | 0.32 | 0.04 | 0.41 | 0.38 | 0.24      |
| E             | 0.13 | 0.19 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.10 | 0.02 | 0.02 | 0.08      |
| F             | 0.13 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.04      |
| G             | 0.13 | 0.13 | 0.07 | 0.02 | 0.16 | 0.14 | 0.06 | 0.04 | 0.09      |
| H             | 0.15 | 0.06 | 0.09 | 0.02 | 0.21 | 0.17 | 0.12 | 0.08 | 0.11      |
| Sum           | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00      |

표 6. K1 계열 분석에 적용한 평점법 AHP 가중치

Table 6. The Application of Weight(AHP) and Scoring Method of K1 series tank

| Num |   | A  | B  | C | D | E  | F  | G  | H  | Sum |
|-----|---|----|----|---|---|----|----|----|----|-----|
| 1   | a | 0  | 0  | 0 | 2 | 3  | 1  | 2  | 2  | 10  |
| 2   | b | 0  | 0  | 0 | 3 | 1  | -1 | -1 | -1 | 1   |
| 3   | c | 0  | -1 | 0 | 1 | 1  | -1 | -1 | -1 | -2  |
| 4   | d | 0  | -1 | 0 | 2 | 1  | -1 | -1 | -1 | -1  |
| 5   | e | -2 | 0  | 2 | 2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -3  |

|        |   |       |       |      |      |       |       |       |       |      |
|--------|---|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6      | f | -1    | 0     | 4    | 4    | 2     | 0     | -2    | -1    | 8    |
| 7      | g | 0     | -2    | 0    | 3    | -1    | -1    | 0     | -2    | -5   |
| 8      | h | 0     | 3     | 0    | 3    | 2     | 0     | -2    | 0     | 8    |
| 9      | i | 0     | 1     | 0    | 1    | 1     | 0     | 0     | 0     | 4    |
| 10     | j | 0     | 4     | 0    | 3    | 0     | -1    | 1     | 2     | 10   |
| 11     | k | -1    | 2     | 0    | 2    | 2     | 0     | 0     | -1    | 4    |
| 12     | l | 0     | 0     | 0    | 2    | 0     | -1    | 2     | -1    | 2    |
| 13     | m | 0     | -2    | 0    | 3    | -2    | 0     | 0     | 0     | -1   |
| weight |   | 0.02  | 0.06  | 0.35 | 0.24 | 0.08  | 0.04  | 0.09  | 0.11  | -    |
| 1      | a | 0     | 0     | 0    | 0.49 | 0.24  | 0.04  | 0.18  | 0.23  | 1.18 |
| 2      | b | 0     | 0     | 0    | 0.73 | 0.08  | -0.04 | -0.09 | -0.11 | 0.57 |
| 3      | c | 0     | -0.06 | 0    | 0.24 | 0.08  | -0.04 | -0.09 | -0.11 | 0.02 |
| 4      | d | 0     | -0.06 | 0    | 0.49 | 0.08  | -0.04 | -0.09 | -0.11 | 0.26 |
| 5      | e | -0.04 | 0     | 0.70 | 0.49 | -0.08 | -0.04 | -0.18 | -0.11 | 0.73 |
| 6      | f | -0.02 | 0     | 1.39 | 0.98 | 0.16  | 0     | 0     | -0.11 | 2.39 |
| 7      | g | 0     | -0.13 | 0    | 0.73 | -0.08 | -0.04 | -0.18 | -0.23 | 0.08 |
| 8      | h | 0     | 0.19  | 0    | 0.73 | 0.16  | 0     | 0     | 0     | 1.08 |
| 9      | i | 0     | 0.06  | 0    | 0.24 | 0.08  | 0     | 0.09  | 0     | 0.48 |
| 10     | j | 0     | 0.25  | 0    | 0.73 | 0     | -0.04 | 0.18  | 0.23  | 1.35 |
| 11     | k | -0.02 | 0.13  | 0    | 0.49 | 0.16  | 0     | 0     | -0.11 | 0.64 |
| 12     | l | 0     | 0     | 0    | 0.49 | 0     | -0.04 | 0     | -0.11 | 0.52 |
| 13     | m | 0     | -0.13 | 0    | 0.73 | -0.16 | 0     | 0     | 0     | 0.45 |

표 7. K1 계열의 AHP를 적용한 평점법 분석 결과  
Table 7. Total analysis results of K1 series tank the scoring method applied with the AHP

| Num | K1 Product Improvement Factors | 1    | 31   | SUM   | RANK |
|-----|--------------------------------|------|------|-------|------|
| 1   | a                              | 1.18 | 0.64 | 10.05 | 10   |
| 2   | b                              | 0.57 | 1.79 | 6.71  | 12   |
| 3   | c                              | 0.02 | 2.36 | 1.12  | 13   |
| 4   | d                              | 0.26 | 2.60 | 8.62  | 11   |
| 5   | e                              | 0.73 | 3.28 | 20.85 | 4    |
| 6   | f                              | 2.39 | 3.35 | 23.35 | 1    |
| 7   | g                              | 0.08 | 3.35 | 14.28 | 8    |
| 8   | h                              | 1.08 | 2.55 | 22.36 | 2    |
| 9   | i                              | 0.48 | 1.60 | 16.95 | 6    |
| 10  | j                              | 1.35 | 2.36 | 20.21 | 5    |
| 11  | k                              | 0.64 | 1.56 | 20.90 | 3    |
| 12  | l                              | 0.52 | 1.76 | 14.76 | 7    |
| 13  | m                              | 0.45 | 2.67 | 10.16 | 9    |

최종 설문대상 30인의 종합 설문 결과, 13명의 데이터는 쌍대비교를 수행하는 중 일관성이 없었고 일관성이 있는 17인의 데이터를 최종 결과로 도출하였다. 표 7은 K1계열 전차 성능개량요소 13가지에 대해 일관성이 있는 설문대상 17인의 종합결과이다. 105mm 전차포탄 관통력 증대의 우선순위는 23.35로

가장 높았고 냉방장치 장착의 우선순위는 1.12로 가장 낮았다.

K2 전차 성능개량요소 17가지에 대해서도 동일한 방법을 적용하였고, 표 8은 일관성이 있는 설문대상 17인의 종합적인 결과이다. GPS와 관성항법통합이 우선순위 26.08로 가장 높았고, 냉방장치 추가 장착의 우선순위가 4.58로 가장 낮았다.

#### 4.2 AHP를 적용한 TOPSIS 데이터 분석 결과

TOPSIS분석을 위해 설문 2번 및 3번의 결과에 그림 2와 그림 3을 적용하여 최종 결과값을 도출하였다.

표 8. K2 계열의 AHP를 적용한 평점법 분석 결과  
Table 8. Total analysis results of K2 series tank the scoring method applied with the AHP

| Num | K2 Product Improvement Factors | 1    | 31   | SUM   | RANK |
|-----|--------------------------------|------|------|-------|------|
| 1   | a'                             | 1.11 | 1.40 | 26.08 | 1    |
| 2   | b'                             | 0.93 | 0.51 | 12.02 | 14   |
| 3   | c'                             | 0.21 | 0.43 | 10.05 | 16   |
| 4   | d'                             | 0.84 | 0.34 | 15.04 | 13   |
| 5   | e'                             | 1.02 | 1.92 | 23.57 | 3    |
| 6   | f'                             | 0.84 | 1.38 | 18.64 | 8    |
| 7   | g'                             | 1.57 | 2.76 | 18.12 | 10   |

|    |    |      |      |       |    |
|----|----|------|------|-------|----|
| 8  | h' | 1.14 | 0.34 | 21.05 | 5  |
| 9  | i' | 1.67 | 0.34 | 21.22 | 4  |
| 10 | j' | 1.13 | 0.34 | 19.40 | 7  |
| 11 | k' | 0.81 | 1.80 | 19.59 | 6  |
| 12 | l' | 1.48 | 0.94 | 16.54 | 12 |
| 13 | m' | 1.87 | 1.50 | 18.11 | 11 |
| 14 | n' | 1.49 | 0.82 | 18.25 | 9  |
| 15 | o' | 0.00 | 1.11 | 4.58  | 17 |
| 16 | p' | 2.39 | 1.15 | 25.97 | 2  |
| 17 | q' | 0.32 | 1.50 | 11.98 | 15 |

도출한 TOPSIS 최종 결과값은 표 9와 같으며, AHP의 가중치를 함께 적용하여 결론을 도출하였다. 표 10은 K1계열 전차 성능개량요소 13가지에 대해 일관성이 있는 설문대상 17인의 종합 결과이다.

105mm 전차포탄 관통력 증대의 우선순위가 8.84로 가장 높았고, 냉방장치 장착의 우선순위가 4.30로 가장 낮았다.

K2 전차 성능개량요소 17가지에 대해서도 동일한 방법을 적용하였고, 표 11은 일관성이 있는 설문대상 17인의 종합 결과이다. GPS와 관성항법통합이 우선 순위 9.11로 가장 높았고, 냉방장치 추가 장착의 우선 순위가 4.74로 가장 낮았다.

### 4.3 평점법과 TOPSIS 데이터 분석 결과 비교

실문결과를 종합 분석하여 AHP 기법을 적용한 평점법과 AHP 기법을 적용한 TOPSIS의 우선순위 결정 결과를 비교하였다.

표 9. K1 계열 분석에 적용한 TOPSIS AHP 가중치  
Table 9. Application of the AHP weighting to the TOPSIS of K1 series tank

| Num |                    | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     | H     |
|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | a                  | 0.291 | 0.254 | 0.254 | 0.263 | 0.365 | 0.348 | 0.361 | 0.387 |
| 2   | b                  | 0.291 | 0.254 | 0.254 | 0.296 | 0.284 | 0.249 | 0.225 | 0.242 |
| 3   | c                  | 0.291 | 0.212 | 0.254 | 0.230 | 0.284 | 0.249 | 0.225 | 0.242 |
| 4   | d                  | 0.291 | 0.212 | 0.254 | 0.263 | 0.284 | 0.249 | 0.225 | 0.242 |
| 5   | e                  | 0.194 | 0.254 | 0.338 | 0.263 | 0.203 | 0.249 | 0.180 | 0.242 |
| 6   | f                  | 0.242 | 0.254 | 0.423 | 0.329 | 0.325 | 0.299 | 0.271 | 0.242 |
| 7   | g                  | 0.291 | 0.170 | 0.254 | 0.296 | 0.203 | 0.249 | 0.180 | 0.194 |
| 8   | h                  | 0.291 | 0.382 | 0.254 | 0.296 | 0.325 | 0.299 | 0.271 | 0.290 |
| 9   | i                  | 0.291 | 0.297 | 0.254 | 0.230 | 0.284 | 0.299 | 0.316 | 0.290 |
| 10  | j                  | 0.291 | 0.424 | 0.254 | 0.296 | 0.244 | 0.299 | 0.361 | 0.387 |
| 11  | k                  | 0.291 | 0.339 | 0.254 | 0.263 | 0.325 | 0.099 | 0.271 | 0.242 |
| 12  | l                  | 0.292 | 0.254 | 0.254 | 0.263 | 0.244 | 0.249 | 0.361 | 0.242 |
| 13  | m                  | 0.291 | 0.170 | 0.254 | 0.296 | 0.162 | 0.299 | 0.271 | 0.290 |
|     | weight             | 0.291 | 0.06  | 0.35  | 0.24  | 0.08  | 0.04  | 0.09  | 0.11  |
| 1   | a                  | 0.006 | 0.016 | 0.088 | 0.064 | 0.029 | 0.014 | 0.033 | 0.044 |
| 2   | b                  | 0.006 | 0.016 | 0.088 | 0.072 | 0.023 | 0.010 | 0.021 | 0.027 |
| 3   | c                  | 0.006 | 0.013 | 0.088 | 0.056 | 0.023 | 0.010 | 0.021 | 0.027 |
| 4   | d                  | 0.004 | 0.013 | 0.088 | 0.064 | 0.023 | 0.010 | 0.021 | 0.027 |
| 5   | e                  | 0.005 | 0.016 | 0.118 | 0.064 | 0.016 | 0.010 | 0.017 | 0.027 |
| 6   | f                  | 0.006 | 0.016 | 0.147 | 0.080 | 0.026 | 0.010 | 0.017 | 0.027 |
| 7   | g                  | 0.006 | 0.011 | 0.088 | 0.072 | 0.016 | 0.012 | 0.017 | 0.22  |
| 8   | h                  | 0.006 | 0.024 | 0.088 | 0.072 | 0.026 | 0.010 | 0.025 | 0.033 |
| 9   | i                  | 0.006 | 0.019 | 0.088 | 0.056 | 0.023 | 0.012 | 0.029 | 0.033 |
| 10  | j                  | 0.005 | 0.027 | 0.088 | 0.072 | 0.019 | 0.010 | 0.033 | 0.044 |
| 11  | k                  | 0.006 | 0.021 | 0.088 | 0.064 | 0.026 | 0.010 | 0.025 | 0.027 |
| 12  | l                  | 0.006 | 0.016 | 0.088 | 0.064 | 0.019 | 0.012 | 0.033 | 0.027 |
| 13  | m                  | 0.006 | 0.011 | 0.088 | 0.072 | 0.013 | 0.012 | 0.025 | 0.033 |
|     | Ideal Max          | 0.006 | 0.027 | 0.080 | 0.080 | 0.029 | 0.014 | 0.033 | 0.044 |
|     | Negative Max(-Min) | 0.004 | 0.011 | 0.088 | 0.056 | 0.013 | 0.010 | 0.017 | 0.022 |

표 11. K2 계열의 AHP를 적용한 TOPSIS 분석 결과

Table 11. Total analysis results of K2 series tank the TOPSIS applied with the AHP

| Num | K2 Product Improvement Factors | 1     | 31    | SUM  | RANK |
|-----|--------------------------------|-------|-------|------|------|
| 1   | a                              | 0.474 | 0.474 | 9.11 | 1    |
| 2   | b                              | 0.088 | 0.088 | 5.51 | 15   |
| 3   | c                              | 0.079 | 0.079 | 5.22 | 16   |
| 4   | d                              | 0.072 | 0.727 | 6.24 | 14   |
| 5   | e                              | 0.683 | 0.683 | 8.73 | 2    |
| 6   | f                              | 0.471 | 0.471 | 7.41 | 6    |
| 7   | g                              | 0.879 | 0.879 | 8.21 | 4    |
| 8   | h                              | 0.068 | 0.068 | 7.23 | 7    |
| 9   | i                              | 0.068 | 0.068 | 7.19 | 8    |
| 10  | j                              | 0.068 | 0.068 | 6.95 | 10   |
| 11  | k                              | 0.664 | 0.664 | 7.59 | 5    |
| 12  | l                              | 0.249 | 0.249 | 6.62 | 13   |
| 13  | m                              | 0.482 | 0.482 | 7.10 | 9    |
| 14  | n                              | 0.254 | 0.254 | 6.93 | 11   |
| 15  | o                              | 0.454 | 0.454 | 4.74 | 17   |
| 16  | p                              | 0.283 | 0.283 | 8.43 | 3    |
| 17  | q                              | 0.640 | 0.640 | 6.82 | 12   |

표 12. K1 계열의 13가지 성능개량 요소에 대한 우선순위 비교

Table 12. Comparison of priority data of 13 performance improvement factors on K1 series tanks

| Num | K1 Product Improvement Factors | Scoring Method AHP Weight | TOPSIS AHP Weight |
|-----|--------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1   | a                              | 10                        | 11                |
| 2   | b                              | 12                        | 12                |
| 3   | c                              | 13                        | 13                |
| 4   | d                              | 11                        | 10                |
| 5   | e                              | 4                         | 5                 |
| 6   | f                              | 1                         | 1                 |
| 7   | g                              | 8                         | 7                 |
| 8   | h                              | 2                         | 2                 |
| 9   | i                              | 6                         | 8                 |
| 10  | j                              | 5                         | 3                 |
| 11  | k                              | 3                         | 6                 |
| 12  | l                              | 7                         | 9                 |
| 13  | m                              | 9                         | 4                 |

아래의 표 12는 K1계열 전차의 13가지 성능개량 요소에 대해 우선순위 데이터를 종합 비교한 결과이다. 데이터들을 비교해보면 아래의 그림 4와 같이 평

점법과 TOPSIS 간에는 우선순위 오차를 앞·뒤로 2위를 하였을 경우에 84%이상 일치하는 것을 확인할 수 있다(Fig 4).

아래의 표 13은 K2 전차의 17가지 성능개량 요소에 대해 우선순위 데이터를 종합한 비교 결과이다. 데이터를 비교해보면 그림 5와 같이 평점법과 TOPSIS 간에는 우선순위 오차를 앞·뒤로 2위씩 하였을 경우 77%이상 일치하는 것을 확인하였다(Fig 5).

표 13. K2 전차의 17가지 성능개량 요소에 대한 우선순위 비교

Table 13. Comparison of Priority data of 17 performance improvement factors on K2 tanks

| Num | K2 Product Improvement Factors | Scoring Method AHP Weight | TOPSIS AHP Weight |
|-----|--------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1   | a                              | 1                         | 1                 |
| 2   | b                              | 14                        | 15                |
| 3   | c                              | 16                        | 16                |
| 4   | d                              | 13                        | 14                |
| 5   | e                              | 3                         | 2                 |
| 6   | f                              | 8                         | 6                 |
| 7   | g                              | 10                        | 4                 |
| 8   | h                              | 5                         | 7                 |
| 9   | i                              | 4                         | 8                 |
| 10  | j                              | 7                         | 10                |
| 11  | k                              | 6                         | 5                 |
| 12  | l                              | 12                        | 13                |
| 13  | m                              | 11                        | 9                 |
| 14  | n                              | 9                         | 11                |
| 15  | o                              | 17                        | 17                |
| 16  | p                              | 2                         | 3                 |
| 17  | q                              | 15                        | 12                |

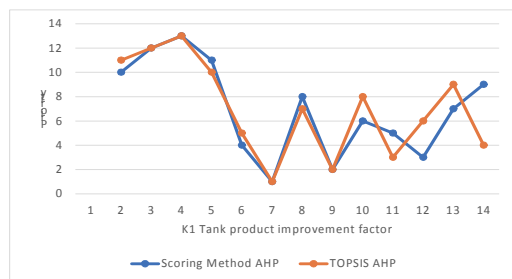


그림 4. K1 계열의 성능개량 요소에 대한 평점법과 TOPSIS 분석 결과  
Fig. 4 Scoring Method and TOPSIS Method of K1 series tank for product improvement factor



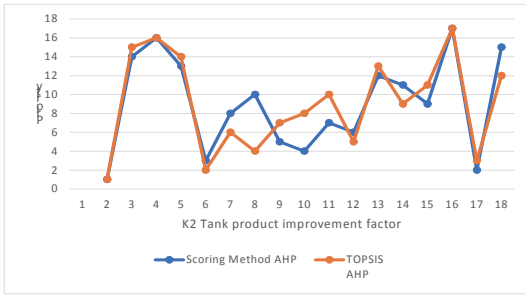


그림 5. K2 계열의 성능개량 요소에 대한 평점법과 TOPSIS 분석 결과

Fig. 5 Scoring Method and TOPSIS Method of K2 tank for product improvement factor

### V. 결론

본 논문에서는 K1 계열 전차 및 K2전차의 성능개량 요소의 우선순위 결정을 위해 AHP, 평점법 그리고 TOPSIS 기법을 활용할 수 있도록 전차 개발 경험을 보유한 전문가들을 대상으로 설문을 수행하고, 그 결과를 정량적으로 분석하여 성능개량 요소별 우선순위를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 방법은 직관적인 우선순위 선정에 대한 문제를 정량적으로 표현하여 객관적인 판단이 필요한 상황에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 논문의 데이터 분석은 전차 개발 경험 전문가로 한정하여 우선순위를 도출하였으나 획득관리자, 소요군(사용자)의 의견을 모두 반영하지 못한 한계가 있다. 향후, 전차 개발 사업에 포함된 모든 이해관계자들을 대상으로 설문을 진행하여 데이터를 정량적으로 분석한다면 이해관계자들 간의 견해 차이를 확인할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 본 논문의 결과는 전차를 비롯한 유사 무기체계 성능개량 항목의 우선순위를 결정하는데 정량적인 지표로써 활용될 것으로 기대된다.

### References

[1] Y. Jang, K. Kang, and S. Choi, "A Study of Improving Performance Improvement in Weapon Systems - Focused on the decision point of PIP for the ship weapon systems," *Journal of the Korean Association of Defense Industry Studies*, vol.

21, no. 2, 2015, pp. 53-71.  
 [2] S. Kim, W. Paik, D. Kim, and H. Kim, "A Study on Cost Avoidance and Total Life Cycle Cost to Analysis of Effectiveness of the Management of DMSMS," *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 15, no. 5, Oct. 2020, pp. 791-798.  
 [3] B. Lee, K. Kim and N. Choi, "Power Interruption Cost Calculation based on Value-based Methodology," *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 16, no. 2, Apr. 2021, pp. 293-300.  
 [4] E. Kim, "A Study on the Technical Aspects of and the Strategy for the K1 Series Tank Recapitalization and the K2 Tank Product Improvement," *J. of the Korean Association of Defense Industry Studies*, vol. 21, no. 1, Mar. 2014, pp. 1-26.  
 [5] R. Hilmes, *Main Battle Tanks*. London and Washington: Brassey's Defence publication, 1987.  
 [6] R. Ogorkiewicz, *Technology of Tanks*. Jane's Information Group, 1991.  
 [7] K. Lee, "Healthcare Service Technology Standardization in the Home Network using AHP Model," *J. of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, vol. 30, no. 4, Dec. 2007, pp. 21-29.  
 [8] A. Jadhav and R. Sonar, "Analytic Hierarchy Process (AHP), Weighted Scoring Method (WSM), and Hybrid Knowledge Based System (HKBS) for Software Selection: A Comparative Study," *In Proc. of International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*, Nagpur, India, Dec. 2009  
 [9] I. Kim and N. Park, "Quantitative Cyber Security Scoring System Based on Risk Assessment Model," *J. of the Korea Institute of Information Security and Cryptology*, vol. 29, no. 5, Oct. 2019, pp. 1179-1189.  
 [10] A. Assari, T. Mahesh, and E. Assari, "Role of public participation in sustainability of historical city: usage of TOPSIS method," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 3, Apr. 2012,

pp. 2289-2294.

- [11] K. Kim, "Priority Decision for Energy Selection Using Fuzzy TOPSIS," *New & Renewable Energy*, vol. 13, no. 3, Sep, 2017, pp. 73-84.

## 저자 소개



### 나재현(Jae-Hyun Na)

2012년 서원대학교 컴퓨터교육과 졸업(이학사)

2015년 아주대학교 대학원 시스템공학과 졸업(공학석사)

2015년~2020년 국방기술품질원 연구원

2020년~현재 국방기술진흥연구소 선임연구원

※ 관심분야 : 레이더 RF system, 통신시스템, 요구도 분석



### 박찬현(Chan-Hyeon Park)

2016년 충남대학교 기계공학과 졸업(공학사)

2019년 아주대학교 일반대학원 시스템공학과 졸업(공학 석사)

2016년~2019년 국방 RAM 특화연구실 연구원

2019년~현재 에스앤에스이엔지(주) 비용분석팀 대리

※ 관심분야 : 체계공학, 비용분석, 목표비용관리, 비용대 효과



### 김동길(Dong-Gil Kim)

2006년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 졸업(공학사)

2008년 경북대학교 대학원 전자학과 졸업(공학석사)

2015년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2015년~2016년 국방기술품질원 선임연구원

2017년~현재 경일대학교 자율로봇공학과 조교수

※ 관심분야 : 고장진단, 고장대처 제어, 건전성 관리