

기술성숙도 위험도 평가지표 개선 및 사례적용 연구

허우녕*, 배정훈, 안단
국방기술진흥연구소 획득연구부

The study on Advanced Risk Management Index and Applied Research for Technology Readiness Assessment(TRA)

Woo Nyoungh Heo*, Jeong Hoon Bae, Dan An

Division of Acquisition Analysis, Korea Research Institute for defense Technology planning and advance

요약 현재 국내에서 기술성숙도평가는 관련 규정에 따라 국내기술수준을 도출하여 연구개발 진입단계를 판단하거나, 미성숙기술을 식별함으로써 기술적인 측면에서 사업추진을 위한 의사결정 및 위험관리에 활용되고 있다. 국내 기술이 이미 충분히 성숙되어 있는 경우 국내연구개발 방안, 혹은 반대로 거의 없는 경우는 국외구매 방안 등과 같이 기술성숙도 평가결과를 활용한 의사결정이 명확하게 가능하지만, 단계전환 기준(탐색개발 진입기준 : TRL 4/체계개발 진입기준 : TRL 6)을 충족하지 못하는 기술(TRL 3 또는 5)이 일부 식별된 경우는 위험성에 대한 객관적인 판단이 어려워 보수적인 계획수립을 수행하고 있으며, 이에 따라 비용 및 일정 부분의 효율성 확보가 어려운 실정이다. 본 연구에서는 'ITAM'이라는 위험관리 방안을 기반으로 '기술개발 난이도', 사업추진 위험도'에 대한 지표의 개선을 통해, 기술성숙도 위험도 평가에 대한 개선된 방안을 제시하였다. 또한 개선된 방안을 시범적으로 2개 무기체계에 적용하였고, 각 체계에서 동일한 결과를 확보하여 미성숙기술을 보유한 체계의 위험도 평가 방안의 객관성과 활용성을 확인하였다. 개선된 위험도 평가를 통해 미성숙 기술을 보유한 타 체계의 위험도를 사전에 평가하여 연구개발 사업의 추진방안의 보조 자료로써 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract Technology readiness assessment Technology readiness assessment has been used in decision making to promote program development and implementation and to manage risk through identifying and producing results on immature technology. For example, When the domestic technology level is enough to develop weapon systems, the solution is domestic R&D. On the contrary, If it is not enough to develop, the solution is overseas purchasing. But, Some special case, identifying immature technology (Technology Readiness Level 3 or 5, failure to meet the reference for program phase-shifting), Clear decision has been restricted for program phase-shifting. As a result, rising costs and delays in schedule are caused. In this paper, based on one of the risk management measures, ITAM (integrated technology analysis methodology), we analyze the problem and suggest an improved ITAM's risk index (research and development degree of difficulty, technology need value). To improve the risk management measure, Advanced risk index is added supplementary explanation about countries with technology and status of technology development. Additionally, advanced risk standard is proposed for risk classification through absolute evaluation. This novel advanced risk index was applied to pilot programs to verify objectivity and reliability for the program phase-shifting. The risk assessment results for each pilot program confirmed the methodology's usability and effectivity. The findings of this study can be used for reference to determine the phase-shifting of programs with immature technologies.

Keywords : Technology Readiness Assessment, Technology Readiness Level, Integrated Technology Analysis Methodology, Technology Index, Risk Management

*Corresponding Author : Woo-Nyoungh Heo(Korea Research Institute for defense Technology planning and advance)
email: gjdnsud123@krit.re.kr

Received January 26, 2023

Revised February 21, 2023

Accepted March 3, 2023

Published March 31, 2023

1. 서론

기술성숙도평가(TRA, Technology Readiness Assessment)란 무기체계에 적용되는 핵심기술들이 현재 시점에서 어느 수준까지 성숙되어 있는지를 정량적인 지표로 산출하는 프로세스로 정의된다[1-3]. 평가 프로세스는 무기체계 연구개발사업의 범위 내에서 사업 목표 달성에 결정적인 영향을 미치는 핵심기술요소(CTE, Critical Technology Element)를 선정하고 선정된 핵심기술요소에 대해 기술성숙도(TRL, Technology Readiness Level)를 평가하여 수행된다. 기술성숙도는 작전운용성능(ROC, Required Operational Capability)을 기준으로 개발능력이 어느 정도 확보되어 있는지를 Fig. 1과 같이 1부터 9단계로 구분한 정량지표이다.

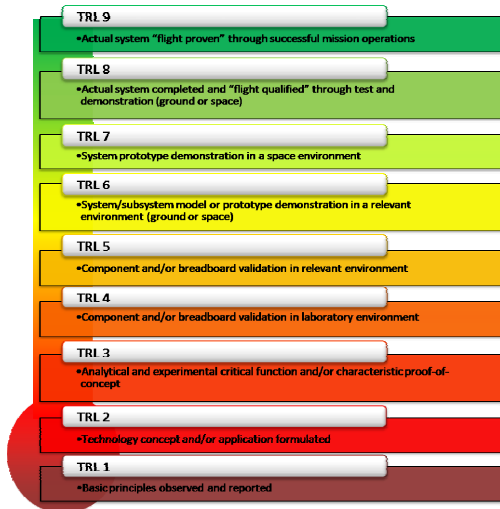


Fig. 1. Technology readiness levels

국내에서는 방위사업청 예규 제725호 기술성숙도평가 업무지침에 따라 국내기술수준을 도출하여 연구개발 진입단계를 판단하거나, 미성숙기술을 식별함으로써 기술적인 측면에서 사업추진을 위한 의사결정 및 위험관리에 활용되고 있다. 기술성숙도(TRL)가 4로 평가된 경우 탐색개발 진입, 6으로 평가된 경우 체계개발 진입이 가능하도록 규정되어 있어, 일부 핵심기술요소(CTE)가 단계전환을 위한 기술성숙도를 충족하지 못한 경우에는 미성숙기술에 대해 기술성숙계획 및 확보방안을 검토하여 다음 단계로의 진입 여부를 판단할 수 있도록 한정하고 있다[2]. 다만, 현재는 단계진입이 제한되는 미성숙기술(TRL 3 또는 5)에 대해 단계 진입 가능성을 판단할 수

있는 객관적인 자료가 부재하여 단계 진입 판단이 제한되고 있다. 이에 본 연구에서는 미성숙기술의 위험도를 객관적으로 평가하는 방안을 제시하고, 시범적으로 2개 무기체계에 적용하여 적절성을 확인하였다.

이후, 2장에서는 현재 기술성숙도평가(TRA)에서 미성숙기술 적용 시 한계와 이를 보완할 수 있는 기술적 위험도 평가방안을 소개하고 3장에서는 국내 무기체계 획득 프로세스에 적용하기 위해 개선된 위험도 지표 방안을 도출한다. 4장에서는 무기체계에 위험도 평가를 적용하여 결과를 분석하고 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. TRA 제도 및 위험도 평가의 제한사항

2.1 현 TRA 제도 위험관리의 한계

미 회계감사원(GAO, Government Accountability Office)은 2005년 54개의 국방 프로그램 중 미성숙기술이 식별되었음에도 다음 단계로 진입한 프로그램의 비용과 일정에 대해 검토하였다. 그 결과, 평균적으로 비용은 42%, 일정은 13개월이 증가하였다. 또한, 주요 설계 검토(Critical Design Review)에서 프로그램의 58%에서 설계 불완전성이 식별되었으며, 설계가 완전하지 않은 프로그램은 46%의 비용증가와 29개월의 일정 지연이 발생한 것으로 집계되었다. 비용증가와 일정 지연의 주요 원인은 미성숙기술의 파급효과에 대한 분석이 적절하게 수행되지 않았고 프로젝트의 일정 준수와 문제 해결을 위해 지속적인 조정 단계가 없었으며, TRL의 정의가 막연하고 추상적이기 때문이라고 분석되었다[4].

이후에도 다양한 연구를 통해 TRA는 일차원적인 정보를 바탕으로 개별 기술에 대한 기술성숙도를 평가할 수 있으나 체계 구조나 설계, 통합과 관련된 다차원적인 정보 제공은 제한되므로 겉으로 식별되지 않은 미성숙기술을 내재하고 있으며, 기술성숙 방안과 가능성 및 난이도 등 실질적인 위험관리 정보를 제공하지 못하는 한계가 제기되었다. 현재는 이러한 한계와 문제점을 개선하기 위해 비용 증가, 일정 지연, 성능 저하 등과 같은 위험요소들을 제공할 수 있는 지표나 모델이 활발하게 연구되고 있다. 이러한 연구들은 체계 전체 관점에서 성숙도를 판단하거나 통합/제조 측면에서 성숙도를 평가하고, 복수의 평가지표를 통합 및 확장하여 다차원적인 정보를 제공하고 있다[5].

2.2 ITAM 위험지표

ITAM(Integrated Technology Analysis Methodology) 지표는 주요 기술의 기술개발 난이도와 사업에 미치는 영향 등 추가 정보를 제공하여 무기체계 연구개발 사업의 기술적 관리를 지원하기 위해 개발되었다[6]. ITAM은 기술적 난이도와 사업적 영향성이 고려된 개별 기술 지표 TI(Technology Index)를 활용하여 통합 위험지표 ITI(Integrated Technology Index)를 산출하고 무기체계 연구개발 사업의 기술적 위험도를 종합적으로 판단한다. 개별 기술지표 TI는 목표로 하는 TRL과 현재 시점에서의 TRL 차이로 규정되는 ΔTRL , 기술개발의 난이도를 나타내는 $R\&D^3$ (Research and Development Degree of Difficulty), 해당 기술의 가치(사업에 미치는 영향)를 의미하는 TNV(Technology Need Values)로 구성되며, 각 요소의 곱으로 정의된다.

$$TI = \Delta TRL \times R\&D^3 \times TNV \quad (1)$$

개별 기술지표 TI를 산출하기 위해서는 무기체계 연구개발사업의 CTE에서 TRL을 비롯한 $R\&D^3$ 와 TNV 값을 도출해야 한다. 기술적 위험도를 판단하기 위한 지표인 $R\&D^3$ 는 연구개발 목표 달성에 예상되는 난이도(사업 성공확률)에 따라 1에서 5까지 수준으로 정의되고, 사업적 위험도를 판단하기 위한 지표인 TNV는 사업 목표 달성을 위한 난이도에 따라 40%부터 120%까지의 가중치를 부여하고 있다[7,8]. 세부적인 $R\&D^3$ 와 TNV 정의는 Table 1과 2와 같다. 기술 및 사업관리 측면에서 판단이

Table 1. $R\&D^3$ level definitions

$R\&D^3$	Definition	R&D effort
1	A <u>very low degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology.	99%
2	A <u>moderate degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology.	90%
3	A <u>high degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology.	80%
4	A <u>very high degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology.	50%
5	The degree of difficulty anticipated in achieving R&D objectives for this technology is <u>so high that a fundamental breakthrough is required.</u>	20%

완료되면 ΔTRL 을 제외한 TI는 최소 0.4부터 최대 6.0 사이의 값으로 정의할 수 있으며, 목표 기술성숙도와 현재 기술성숙도의 차이가 클수록 개별 위험지표는 배수로 상승하게 된다.

Table 2. TNV level definitions

TNV No.	Weighting factor	Definition
1	40%	The technology effort is <u>not critical</u> at this time to the success of the program
2	60%	The technology effort is <u>useful</u> to the success of the program
3	80%	The technology effort is <u>important</u> to the success of the program
4	100%	The technology effort is <u>very important</u> to the success of the program
5	120%	The technology effort is <u>critically important</u> to the success of the program at present

통합위험지표 ITI는 개별 위험지표 TI의 평균값으로 구해진다. 즉, ITAM은 전체 체계관점에서의 위험도를 고려하기 위해 개별 위험지표의 평균값을 활용하여 통합 위험지표를 도출한다.

$$ITI = \frac{\sum(\Delta TRL \times R\&D^3 \times TNV)}{\text{Total Number of Technologies}} \quad (2)$$

위험도는 개발 위험지표 TI와 해당 사업의 통합 위험지표인 ITI의 비교를 통해 수행된다. Table 3과 같이 기술의 TI가 사업의 ITI보다 큰 경우 고위험군으로 기술의 TI가 사업의 ITI보다 작은 경우 저위험군으로 분류한다.

Table 3. Risk classification of technology

Classification	condition
High risk group	$TI \geq ITI$
Low risk group	$TI < ITI$

2.3 ITAM 위험지표의 제한사항

ITAM은 전체 체계관점에서 기술적 난이도와 사업관리 난이도를 고려하여 위험도를 파악할 수 있는 유용한 모델이지만, 크게 2가지 보완이 가능한 항목이 있다.

첫 번째는 개발 기술지표의 정성적인 정의이다. 기술적 위험도 고려 시 연구개발 성공확률 및 목표 달성 난이

도를 평가자가 주관적인 견해에 따라 가늠해야 하며, 사업관리 위험도 평가는 목표 달성을 위한 노력이 얼마나 필요한지 유용함(useful), 중요함(important) 등의 개념으로 정의되어있다. 즉, 개별 기술들의 위험지표를 구성하는 R&D³와 TNV는 평가 주체에 따라 결과가 달라질 수 있다는 문제가 있다.

두 번째는 위험군 분류가 상대적이라는 점이다. ITAM은 TI와 ITI의 비교를 통해 위험군을 분류하기 때문에, 상대적으로 위험도가 높은 기술인지 낮은 기술인지에 대한 결과만을 확보할 수 있다. Table 4에는 특정 무기체계에 대해 TRA를 수행하여 5개의 CTE를 도출하였고, TRL 평가결과, 전체 TRL이 5로 제시된 예시가 있다. 연구개발을 위한 단계전환에 요구되는 체계 기술성숙도는 6이므로, CTE-01과 CTE-02가 미성숙기술로 식별되었으며, 위험도 평가 대상 기술이라고 할 수 있다. CTE-01의 TI가 1이고, CTE-02의 TI가 2라고 가정하면, 통합 기술지표 ITI는 1.5가 된다. TI와 ITI의 비교를 통해 위험군을 분류하면, CTE-02는 고위험군으로 정의된다. 즉, 위험군의 구분이 절대적인 기준이 아닌 상대적인 기준에 의해 구분되므로 실제 위험도 값이 크지 않더라도 고위험으로 분류되는 문제가 발생한다.

Table 4. TRA result example

CTE No.	condition	TRL	TI
CTE-01	Tech A (Low risk group)	5	1
CTE-02	Tech B (High risk group)	5	2
CTE-03	Tech C	6	-
CTE-04	Tech D	6	-
CTE-05	Tech E	6	-
Result		5	1.5

이러한 문제를 해결하기 위해서는 TI를 구성하는 기술 측면과 사업관리 측면의 위험도 평가지표의 구체화가 필요하며, TI 값이 낮음에도 불구하고 상대 평가에 따라 고위험군으로 분류되지 않도록 개별 위험지표 TI에 대한 절대적인 기준이 요구된다.

3. 개선된 위험도 지표 및 평가방안

3.1 위험도 평가지표 개선방안

3.1.1 기술개발 난이도 지표

기존 기술개발 난이도 지표는 연구개발 목표 난이도의 높낮이와 연구개발 성공확률 등의 보조적 지표가 제공되어 객관적인 평가가 제한되었으나, 개선된 안에서는 기술을 보유한 국가에 대한 기준을 보조적으로 추가하였다. 기술 보유국은 최고선진권 국가, 선진권 국가, 중진권 국가로 구분하며 그 외에 범용적인 기술로 판단되거나 기술 보유국이 식별되지 않은 경우로 구분하였다.

Table 5에서 볼 수 있듯 연구개발 목표 달성 난이도가 '매우 낮음'으로 예상되는 경우 대부분 국가에서 보유하거나 무기체계에 범용적으로 활용된다는 보조 지표를 추가하였고, 기술개발 난이도가 커지는 순서대로 중진권/선진권/최고선진권/기술 보유국 미식별의 보조 지표를 추가하여 기술개발 난이도에 대한 조건을 구체화하였다.

Table 5. Advanced R&D³ level definitions

R&D ³	Definition
1	A <u>very low degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology. (The technology possessed in most countries or used in worldwide)
2	A <u>moderate degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology. (The technology possessed in middle-ranking countries or used in many countries)
3	A <u>high degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology. (The technology possessed in advanced countries only)
4	A <u>very high degree</u> of difficulty is anticipated in achieving R&D objectives for this technology. (The technology possessed in the most advanced country)
5	The degree of difficulty anticipated in achieving R&D objectives for this technology is <u>so high that a fundamental breakthrough is required</u> . (No technology possessed in anywhere)

단, 신뢰성 있는 평가를 위해서는 해당 기술을 보유하고 있는 기술 보유국과 기술 현황에 대한 사전 조사가 선행되어야 하며, 기술별로 보유국과 수준 등이 상이하므로 최고선진권/선진권/중진권 국가에 대한 정의가 필요하다. 단, 평가위원이 기술적 범용성을 확인할 수 있도록 '국가별 국방과학기술 수준조사서' 등의 보고서를 활용하여 평가를 보조한다.

3.1.2 사업수행 위험도 가중치 지표

기존 사업수행 위험도 지표는 사업 목표 달성을 위한 노력이 얼마나 필요한지 추상적인 개념으로 정의되었으나, 개선된 안에서는 국내 연구개발 사업 실정에 맞게 개발사업(핵심기술 등) 착수 여부 및 사업의 종료 기간에

대한 구체적인 보조 지표를 추가하였다.

Table 6에서 볼 수 있듯 1년 이내 시험평가 및 개발 완료, 1~2년 내, 3~4년 내, 5~7년 이후, 기획되지 않은 사업 등 5가지 조건을 추가하여 개발사업 및 핵심기술 개발현황 등 객관적인 자료를 통해 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있도록 지표를 개선하였다.

Table 6. Advanced TNV level definitions

weighting factor	Definition
40%	The risk of program is <u>very low</u> , because prototype (almost) had completed (The program will be completed operating test or development within 1 year)
60%	The risk of program is <u>low</u> , because the critical technology will be acquired before starting program (The program is in progress and will be completed operating test or development within 1 ~ 2 year)
80%	The risk of program is <u>normal</u> (The program is in progress and will be completed operating test or development within 3 ~ 4 year)
100%	The risk of program is <u>high</u> , because the program only planned (The program isn't in progress and will be completed operating test or development within 5 ~ 7 year)
120%	The risk of program is <u>very high</u> , because of no planning and no budget for program (The program is no planning)

3.2 위험도 평가방법

ITAM을 활용한 위험군 분류는 개별 기술지표 TI와 통합 기술지표 ITI를 비교하여 전체 체계대비 위험성을 상대적으로 분류할 수 있는 모델이었다. 상대 비교를 통한 위험군을 분류로 발생하는 문제를 해결하기 위해 개선된 위험도 평가는 상대 비교 대신 절대적인 기준을 제시하였다.

위험도 지표 TI는 ΔTRL , $R\&D^3$, TNV의 요소로 구성되어 있는데, 목표 TRL과 2단계 이상 차이가 발생하는 경우 위험도 지표 값이 기하급수적으로 상승하므로 ΔTRL 이 1인 미성숙기술들을 대상으로 기준을 설정하였다. 먼저, 기술위험도 '매우 높음' 수준은 기술을 보유한 국가도 없고 개발사업도 기획되지 않은 상태인 기술을 기준($R\&D^3 : 5$, $TNV : 120\%$, $TI : 6.0$)으로 수립했고, 기술위험도 '높음'은 최고선진권 1~2개 국가에서만 기술을 보유하고 개발사업이 미착수된 기술을 기준($R\&D^3 : 4$, $TNV : 100\%$, $TI : 4.0$)으로 수립했다. 기술위험도 '보통'은 기술개발 난이도와 사업수행 위험도 가중치의 중간값을 기준으로 선진권 국가에서만 기술을 보유했으

나 현재 기술개발 사업이 착수되어 3~4년 이내에 개발이 완료되는 기술을 기준($R\&D^3 : 3$, $TNV : 80\%$, $TI : 2.4$)으로 설정했다. 기술위험도 '보통'과 '낮음'은 각각 중진권 및 상당수 국가에서 보유하고 있는 기술 및 1~2년 이내에 개발 완료 예정인 기술($R\&D^3 : 2$, $TNV : 60\%$, $TI : 1.2$)과 1년 이내 완료 예정인 범용적 기술($R\&D^3 : 1$, $TNV : 40\%$, $TI : 0.4$)을 기준으로 만들었다. 위 기준을 바탕으로 Table 7과 같이 위험도에 따른 TI를 범위형으로 정의하였으며, ΔTRL 값에 따른 개별 위험지표 TI와 위험도를 Table 8, 9와 같이 정리하였다.

Table 7. Advanced Risk classification

TI	Risk Classification
$4.8 \leq TI$	Very High
$3.6 \leq TI < 4.8$	High
$2.4 \leq TI < 3.6$	Normal
$1.2 \leq TI < 2.4$	Low
$0 \leq TI < 1.2$	Very Low

Table 8. TI Index($\Delta TRL=1$)

TNV \ $R\&D^3$	1	2	3	4	5
40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0
80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0
100%	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
120%	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0

Table 9. TI Index($\Delta TRL=2$)

TNV \ $R\&D^3$	1	2	3	4	5
40%	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0
60%	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0
80%	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0
100%	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
120%	2.4	4.8	7.2	9.6	12.0

마지막으로, 개선된 위험평가 방안은 전체 체계관점에서 위험도를 낮추기 위해 미성숙기술이 전체 CTE 수의 50% 이하인 경우에만 적용을 권고하였다.

4. 무기체계 적용 결과

시험적으로 적용되는 무기체계는 TRA 수행 결과, 미성숙기술이 식별되었으며 그 수가 전체 CTE의 50% 미만인 무기체계를 선정하여 적용하였다.

4.1 무기체계 A

4.1.1 기술성숙도평가(TRA) 결과

체계 A에 대한 TRA 수행 결과, Table 10과 같이 'OO 경량화 설계/제작 기술', 'OOOO OO 설계/제작 및 성능평가 기술', 'OO OO가 가능한 OOO 감소기술' 등 3개의 핵심기술요소가 식별되었으며, 최종 TRL은 0으로 평가되었다[9]. 단계전환 기준은 탐색 개발 진입을 목표로 설정하여 TRA 결과를 검토한 결과, 'OO OO가 가능한 OOO 감소기술'이 미성숙기술로 선정되었다.

Table 10. TRA result of system A

CTE No.	condition	TRL
CTE-01	OO lightweight design and manufacturing technology	0
CTE-02	OOOO design/manufacturing and performance evaluation technology	0
CTE-03	OOO reduction technology	0
Result		0

4.1.2 미성숙 기술 개발현황 및 기술성숙계획

국내에서 'OO OO가 가능한 OOO 감소 기술'은 업체 자체 선행개발을 통해 관련된 추진체, 반동 보상 구성 물질 등에 대한 분석이 수행되었으며, 일부 제한적인 시험 등이 진행되었다. 또한, 현시점에서 미성숙기술에 대한 개발사업(핵심기술 등) 기획 및 계획은 미식별되었으며 기술개발을 위한 기획과 예산반영이 필요한 실정이다.

국외체계를 고려 시에도 요구조건(체계 중량, OOn능력 등)을 충족하는 체계는 미식별되었으나, 유사한 성능을 보유한 체계는 독일에서 개발한 무기체계가 유일한 것으로 검토되었다[9].

4.1.3 위험도 평가결과

전문 평가위원 5인을 대상으로 미성숙기술로 식별된 'OO OO가 가능한 OOO 감소기술'에 대해 탐색개발 진입을 위한 기준(TRL 4) 충족을 목표로 위험도 평가를 수행했다.

기술개발 난이도는 최고선진권 국가 1개국(독일)에서만 해당 기술을 보유한 것으로 판단하여 연구개발 목표 달성 난이도가 '매우 높음' 수준인 'Level 4'로 평가하였다. 사업수행 위험도 가중치는 현재 개발사업(핵심기술 등)의 기획 및 계획이 없는 상태로 사업수행 위험도가 '매우 높음' 수준인 '120%'로 평가하였다. 이에 따라 Table 11과 같이, 개별 기술에 대한 위험지표 TI는 4.8로 산출되었고 위험도 분류 기준에 따라 고위험 기술로 구분되었다.

Table 11. Result of risk assessment(System A)

Evaluator	R&D ³	TNV	TI
A	4	120%	4.8
B	4	120%	4.8
C	4	120%	4.8
D	4	120%	4.8
E	4	120%	4.8
Result			4.8

4.2 무기체계 B

4.2.1 기술성숙도평가(TRA) 결과

체계 B에 대한 TRA 수행 결과, Table 12와 같이 'OOO 추진기관 제어기술', 'OOO 추진기관 설계 및 시험평가 기술', 'OOOO 탐색기 설계기술', 'OOOO 알고리즘 설계 및 기동구현 기술', 'OOO/OO 기체구조 설계 및 제작 기술' 등 5개의 핵심기술요소가 식별되었으며, 최종 TRL은 0으로 평가되었다[10]. 단계전환 기준은 체계개발 진입을 목표로 설정하여 TRA 결과를 검토한 결과, 'OOO 추진기관 설계 및 시험평가 기술'이 미성숙기술로 선정되었다.

Table 12. TRA result of System B

CTE No.	condition	TRL
CTE-01	OOO engine control technology	0
CTE-02	OOO engine design and evaluation technology	0
CTE-03	OOOO seeker design technology	0
CTE-04	OOOO algorithm design and implement technology	0
CTE-05	OOO/OO structure design and manufacturing technology	0
Result		0

4.2.2 미성숙기술 개발현황 및 기술성숙계획

현재 다양한 핵심기술과제를 수행 중이며, '00년부터 000 추진기관에 대한 통합 성능시험이 추진되고 있다. 현재는 '00년 0월에 '000 000 비행체 적합성 비행시험'을 수행하여 000 연소기의 시동에 대한 성능을 확인하였고, '00년 00월에는 '000 000 흡입구 유동 및 엔진 연소 안정화 검증을 위한 로켓 발사시험'을 통해 고OO/고000 조건에서 엔진 성능을 검증할 예정이다.

4.2.3 위험도 평가결과

전문 평가위원 4인을 대상으로 미성숙기술로 식별된 '000 추진기관 설계 및 시험평가 기술'에 대해 체계개발 진임을 위한 기준(TRL 6) 충족을 목표로 위험도 평가를 수행했다.

기술개발 난이도는 미국, 러시아, 프랑스, 독일, 중국 등 일부 선진권 국가에서만 해당 기술을 보유한 것으로 식별되어 연구개발 목표 달성 난이도가 '높음' 수준인 'Level 3'로 평가하였다. 사업수행 위험도 가중치는 시험 일정('23년 완료) 및 핵심기술과제 일정('24년 종료 예정)을 고려하여 1~2년 이내에 핵심기술이 완료된다고 판단하였으며, 사업수행 위험도가 '낮음' 수준인 가중치 '60%'로 평가하였다. 이에 따라 Table 13과 같이 개별 기술에 대한 위험지표 TI는 평균 1.8로 산출되었으며, 위험도 분류에 따라 저위험 기술로 구분되었다.

Table 13. Result of risk assessment(System B)

Evaluator	R&D ³	TNV	TI
A	3	60%	1.8
B	3	60%	1.8
C	3	60%	1.8
D	3	60%	1.8
Result			1.8

5. 결론

현재 국내에서는 TRA 관련규정에 따라 기술성숙도평가를 수행하고 있으나, 미성숙기술에 대한 해결방안 및 구체적인 규정은 미비한 상황이다. 또한, 기술성숙도평가 수행결과로 미성숙기술이 식별되는 경우, 위험성을 판단할 수 있는 객관적인 자료가 충분하지 않아 단계진환 판단은 매우 어렵다.

본 논문에서는 대표적인 위험도 관리방법 중 하나인 ITAM을 국내 무기체계 프로세스에 적용할 수 있도록 개선하여 식별된 문제점을 보완하는 방안을 제안하였다. 개선된 ITAM 위험도 지표는 목표 기술 수준과의 차이를 나타내는 ΔTRL, 기술 보유국에 대한 조건이 추가된 기술개발 난이도 지표와 기술개발 사업 현황에 대한 조건이 추가된 사업수행 위험도 지표로 구성되며 상대적 평가 대신 위험도를 분류할 수 있는 절대적인 기준을 제시하였다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 평가방법을 확인하기 위해 시범적으로 무기체계 A, B에 대해 개선된 위험지표를 적용하고 평가를 수행하였으며, 평가위원의 동일한 결과를 확보함으로써 향상된 신뢰성 및 객관성을 확인하였다.

무기체계 획득 시, 작전운용성과 함께 가장 중요한 요소는 비용과 기간이다. 미성숙기술이 식별된 체계의 위험도에 대한 객관적 정보가 없다면, 전력화 기간의 지연, 예상하지 못한 비용의 증가 등 사업을 추진하는 동안 지속적인 위험에 노출될 것이다. 현재 국내에서 위험도 평가는 적용된 실례가 없으며, 사업추진방안의 보조 자료로 사용하는 것은 시기상조일지도 모른다. 하지만, 위험도 평가를 통해 저위험과 고위험 체계를 분류하고, 저위험으로 평가된 체계가 성공적으로 연구 개발되는 사례가 늘어난다면 위험도 평가방안의 신뢰성뿐만 아니라 사용을 위한 당위성도 확보될 것이다. 이를 위해 유의미한 위험도 평가결과에 대한 데이터 확보가 요구되며, 국내 획득 프로세스에 적절하게 적용할 수 있도록 위험도 평가지표 및 프로세스에 대해 지속적인 보완 및 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

- [1] DoD, TRA(Technology Readiness Assessment) Deskbook, USA, 2009.
- [2] DAPA, Technology Readiness Assessment(TRA) Instruction, Republic of Korea, 2021.
- [3] DTaQ, Technology Readiness Assessment(TRA) Guidebook, Republic of Korea, 2016.
- [4] GAO, Defense Acquisitions: Assessments of Selected Major Weapon Programs, GAO-05-301, 2005.
- [5] S. H. Lee, M. J. Kim, "An Analysis of the Applicability of Technocal Risk Index in the Weapons System Research & Development Projects", *KIMST*, Vol. 20, No. 6, pp. 835-843, 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2017.20.6.835>

- [6] J. Mankins, "Approaches to Strategic Research and Technology(R&T) Analysis and Road Mapping", *ACTA Astronautica*, pp. 3-21, 2002.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00083-8](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00083-8)
- [7] J. Mankins, Research & Development Degree of Difficulty(R&D3), A White paper, 1998.
- [8] J. Mankins, Technology readiness and risk assessments : A new approach, *Acta Astronautica*, Vol. 65, pp 1208-1215, 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.059>
- [9] S. M. Jeon, Preliminary research report for short range rocket launcher, KRIT, 2022.
- [10] K. H. Kim, Preliminary research report for ship-to-air missile-II, KRIT, 2021.

안 단(Dan An)

[정회원]



- 2000년 2월 : 동국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 동국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 2007년 6월 : 동국대학교 연구교수
- 2017년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 담당원 및 팀장
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 팀장

<관심분야>

국방, 선행연구, 기반체계분야

허 우 녕(Woo-Nyoung Heo)

[정회원]



- 2017년 7월 : 중앙대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 2017년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

국방, 선행연구, 기술성숙도평가, 정보통신

배 정 훈(Jeong-Hoon Bae)

[정회원]



- 2009년 2월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학석사)
- 2015년 8월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학박사)
- 2017년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 선임연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 선임연구원

<관심분야>

국방, 선행연구, 함정분야