

# 국방핵심기술 연구개발의 제안서 평가를 위한 평가지표 개발에 관한 연구

김찬수<sup>1\*</sup> · 조규갑<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국방기술품질원 기술기획본부 기술평가부 / <sup>2</sup>부산대학교 산업공학과

## A Study on the Development of Evaluation Indicators for the Proposals of National Defense Core-Technology R&D Projects

Chan Soo Kim<sup>1</sup> · Kyu-Kab Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality, Seoul, 130-010

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Busan, 609-735

This paper proposes the systematic design approach for developing the evaluation indicators that evaluate the candidate proposals in the national defense core-technology R&D projects. To improve the validity and fairness of the evaluation indicators, the existing evaluation process in a military and a public sector are surveyed and also the existing evaluation system of the core-technology R&D programs for the national defense is analysed and discussed. A new system for the evaluation indicators is designed by using the axiomatic design, factor analysis and the analytic hierarchy process. It is expected that the proposed evaluation indicators contribute to enhance the fairness and the reliability of the evaluation process for the proposal of the national defense core-technology R&D projects.

**Keyword:** defense core-technology, evaluation indicators, axiomatic design, factor analysis, AHP

### 1. 서론

국가가 주도 대형 연구개발 사업은 장기간에 걸쳐 대규모의 인력과 자원이 투자되기 때문에 과제의 성공 또는 실패가 국가 경제에 미치는 영향이 크므로 과제 제안서의 평가에 대한 관심도 매우 높다(Sykes, 1990). 그러나 국가연구개발 사업은 그 목적이 포괄적이고, 효과가 광범위할 뿐만 아니라 장기간이 지나야 성과측정이 가능하기 때문에 평가에 어려움이 있다(Roessner, 1989). 최근 국방 분야에서도 점차 대형화되고 다양화되는 연구개발 사업에 대해 예산의 효율적 사용과 성공적인 사업추진을 위해서는 과제 선정평가에서 평가시스템의 공정성과 객관성이 중요한 문제로 등장하게 되었다. 따라서 국방

연구개발 분야의 공정성 및 전문성을 제고하는 것이 국방과학기술혁신의 시대적 요구로 부각됨에 따라 국방 연구개발 평가의 투명성에 대한 관심이 날로 증가하고 평가의 질적인 향상에 대한 요구가 높아져 평가시스템에 대한 지속적인 개선이 필요하다. 특히, 2007년에는 국가과학기술위원회 산하에 국방연구개발전문위원회를 신설하여 대형 국가 연구개발사업과 마찬가지로 국방 연구개발사업의 경우에도 평가시 비용 대 효과를 포함한 성과평가와 예산 집행의 효율성을 극대화하는데 주력하고 있다. 따라서 제한된 국방예산의 효율적 활용을 위한 국방핵심기술 연구개발의 제안서 평가는 미래 전장 환경 및 기술변화에 적극적으로 대응하는 성과를 창출하도록 최우선적으로 개선이 요구되고 있다.

\*연락처 : 김찬수, 130-010 서울특별시 동대문구 회기로 39번지 국방기술품질원 기술기획본부 기술평가부, Fax : 02-779-4879  
E-mail : hicskim@yahoo.co.kr

2007년 08월 접수, 1회 수정 후 2007년 09월 게재확정.

본 연구에서는 국방핵심기술 제안서 평가에서 연구개발 목표에 부합하고 국방핵심기술의 실질적인 성과를 달성하는 최적의 제안과제를 선정하는 평가지표의 항목 설계와 가중치 배점 도출에 중점을 두었다. 연구개발 평가제도와 관련하여 대형 국가연구개발과제의 평가업무 개선과 비교에는 기존연구(Hong, 2001)가 있었으나 국방 분야는 사업의 특수성과 폐쇄성으로 인해 체계적인 연구가 거의 없는 실정이다. 국방핵심기술 연구개발과제 제안서 평가지표는 평가관련 이해 당사자의 입장에 따라 의견을 달리하는 민감한 문제로 모두가 만족하는 최적의 평가지표를 도출하는데 한계를 내포하고 있지만, 체계적이고 합리적인 접근방법에 의한 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국방획득업무 개선의 일환으로 국방핵심기술 연구개발사업의 평가시스템을 고찰하고, 특히 제안서 평가의 객관성과 공정성을 확보하기 위한 방안으로 평가지표 설계에 처음으로 공리적 설계(Axiomatic Design)를 적용(Suh, 2001)하여 제안서 평가항목이 상호 독립적이면서 전체적으로는 집합적 완결성을 가지도록 설계하였으며, 공리적 설계 결과를 검증하고 설계된 평가항목 전체의 관계를 효율적으로 분석하기 위하여 상호 관련성이 있는 항목들을 계층적으로 분류하는 요인분석(FACTOR ANALYSIS)을 실시하였다. 그리고 평가지표 항목의 가중치 배점을 객관적으로 도출하도록 그룹의사결정을 위한 계층분석기법(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 적용(Saaty, 1980)하는 등 평가지표 개발에 전문가의 의견을 체계적으로 수렴하는 실증연구를 수행하였다. 끝으로 개발된 평가지표를 기존의 평가지표와 비교분석하여 유효성과 시사점을 기술하였다.

## 2. 국방핵심기술 연구개발 제안서평가 현황 및 문제점 분석

### 2.1 국방핵심기술 연구개발 평가의 현황

국방연구개발 사업은 크게 주요 무기체계 연구개발과 핵심기술 연구개발로 나누어 볼 수 있다. 무기체계 연구개발은 전력화를 위한 대규모의 체계사업이며 핵심기술 연구개발은 무기체계 개발에 적용할 새로운 기술의 연구개발이다. 방위사업청의 방위력개선사업관리규정에 따르면 국방핵심기술이라 함은 합동군사전략목표기획서에 수록된 무기체계 또는 미래 무기체계의 국내개발 또는 생산에 필요한 고도·첨단기술 및

이러한 기술들이 집약되어 생산되는 중요부품으로서 국내생산을 위한 관건이 되며, 선진외국에서 이미 개발되어도 기술이전이나 판매를 회피하는 사항 또는 새로운 기술을 말한다. 국방핵심기술 연구개발 사업은 1980년 기초, 응용연구로부터 출발하여 최근 약 600억 원 규모의 중형연구개발프로그램으로 발전하였다. <표 1>에서 보는 바와 같이 국방연구개발의 중요성, 제품 수출위주의 선진국 방위산업전략 등 환경변화 측면에서 국방핵심기술 연구개발 사업은 지속적으로 확대되고 있으며 정부 주관에서 산학연 주관으로 과제수행 역할이 변화되고 있다.

국방핵심기술 연구개발 선정평가는 국방부산하 방위사업청에서 주관하는 사업으로 국방과학연구소에서 관리하며 국방기술품질원이 평가에 참여하고 있다. 국방핵심기술 연구개발 과제는 국방중기계획에 의거 국방과학연구소에서 제안서 공모가 이루어지며 국내 방산업체 및 학계에서 제안서를 제출한다. 국방기술품질원에서 연구개발 제안서의 주관기관 선정평가 지원업무를 수행하고 있으며 최종적으로 방위사업청에서 심의, 선정하고 있다. 일반 연구개발의 선정평가와 형식면에서는 차이가 없으나 수행기관의 업무분장에 따라 역할이 나누어져 있다.

본 연구에서는 국방 분야의 핵심기술연구개발 제안서 평가지표 개발에 한정하고 평가지표의 특성을 비교하기 위해 국내 민간분야로 산업자원부 및 과학기술부와 국외 방산분야의 사례로 미국과 일본의 연구개발평가에 적용하는 지표를 비교 분석하여 <표 2>에 나타내었다. 대부분의 기관에서 평가방법으로 평점법(Scoring Method)을 사용하고 있으며, 평가지표도 사업의 특성에 따라 10개 내외이나, 국내 무기체계 연구개발에서는 사업의 규모에 따라 다수의 평가항목을 사용하고 있으며, 과제의 특성에 따라 외부인원을 적절히 평가에 참여하고 있는 것으로 분석되었다. 국내 국방 핵심기술 연구개발과 유사한 일본의 경우와 국내 민간분야의 산업자원부, 과학기술부의 경우 평점법에 의한 평가를 위해 10개 내외의 평가지표 항목을 사용하고 있으며 사업특성에 따라 수행과제 또는 수행기관을 선정평가하고 있다.

현재까지 운용된 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가지표는 <표 3>에 나타낸 바와 같이 10가지의 평가항목으로 구분하고, 항목별 가중치를 설정하여 평가점수를 계산하는 방식으로 총괄평가 형식을 취하고 있다. 각 항목은 다섯 단계의 등급

표 1. 국방핵심기술 연구개발 사업 현황(국방백서 2004, 2006 기준 자료 조사)

사업구분		연 도					
		2001	2002	2003	2004	2005	2006
정부주관	건수	50건	51건	44건	45건	41건	36건
	금액	493.62억 원	471.89억 원	457.53억 원	429.82억 원	513.82억 원	560.47억 원
산학연주관	건수	1건	1건	1건	1건	3건	13건
	금액	5.44억 원	6.76억 원	2.79억 원	0.16억 원	15.7억 원	236.26억 원

표 2. 핵심기술연구개발사업과 국내외 선정평가시스템 비교

비 교		국 방 분 야				민 간 분 야	
		핵심기술 <sup>(1)</sup>	무기체계 <sup>(2)</sup>	미국 <sup>(3)</sup>	일본 <sup>(4)</sup>	특연사 <sup>(5)</sup>	공동핵심 <sup>(6)</sup>
과제의 동질성		다양	동질적	다양	다양	다양	동질적
평가위원	인원	8명	8명 이상	10명 이상	-	7명 이상	7명
	구성	국방과학연구소 외부 인력 50% 참여	국방과학연구소 외부 인력 50% 참여	관련기관 전문가	기술성평가에 외부인력 참여	산학연 전문가	산학연 전문가
평가대상		수행기관	수행기관	수행과제	수행과제	수행과제/기관	수행과제/기관
평가방법		평점법	평점법	정성적 방법	평점법	평점법	평점법
평가항목 갯수		10~12	65~74	-	9	8~13	10
평가기준의 상대적 객관성		낮음	높음	매우 낮음	낮음	낮음	낮음

주) \*1: 방위사업청 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가, \*2: 방위사업청 무기체계 연구개발 주관기관 선정평가, \*3: 미국 국방연방획득규정, \*4: 일본 방위성 선정평가, \*5: 과학기술부 특정연구개발사업 평가지침, \*6: 산업자원부 공동핵심기술개발사업 선정평가.

표 3. 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가지표(국방과학연구소, 핵심기술연구개발 기본지침, 2004)

평가 항목	가중치	평가 등급(해당란에 O)					평가 점수 [가중치× 평가 등급]
		아주우수(5)	우수(4)	보통(3)	불량(2)	극히불량(1)	
1. 연구개발 실적	1						5
2. 소요기술 식별 및 기술적 접근방법의 적절성	3						15
3. 추진계획 및 일정의 합리성	3						15
4. 연도별 목표 및 연구내용의 적절성	2						10
5. 연구책임자의 전문성, 연구팀 구성 및 참여 연구팀원의 적절성	2						10
6. 연구시설 및 장비 확보 정도	1						5
7. 연구개발 기대성과 및 파급효과	2						10
8. 시험평가 및 입증 방안	3						15
9. 소요예산 산출 근거 및 예산운용의 적정성	1						5
10. 기타(재무구조 및 경영상태, 투자계획 등)	2						10
종합 평점							100점

으로 평가하고 항목별로 중요도에 따라 가중치가 다르게 배정되어 있다. 핵심기술의 특성상 소요기술 식별 및 기술적 접근 방법, 추진계획 및 일정, 시험평가 및 입증방안 등의 중요한 항목에 대해서는 높은 가중치를 할당하고 있다.

2.2 국방핵심기술 제안서 평가지표의 문제점 분석

국방핵심기술 연구개발사업의 제안서 평가와 관련하여 검토한 결과에서 평가지표의 주요 문제점은 다음 두 가지로 분석되었다.

2.2.1 제안서 평가의 목적에 부합하는 평가지표 항목의 체계적 구성 문제

기존 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가에 사용해온 평가지표는 10개의 평가항목으로 간결하고 적용하기 쉬운 장점을

가지고 있지만 10여년 이전에 개발되어 연구개발의 시대적 요구와 환경변화를 잘 반영하지 못하는 문제점이 있다고 판단되었다. 특히, 핵심기술 연구개발에서 가장 중요한 첨단 핵심기술에 대한 보유수준과 무기체계에 적용을 목표로 하는 국산화 개발능력에 대한 평가가 포함되어 있지 않으며, 연구개발이 복잡하고 대형화됨에 따라 연구개발 관리방안에 대한 내용도 평가항목으로서 포함되어야 할 문제점으로 분석되었다. 그리고 연구개발 결과의 기대성과와 파급효과는 제안서 평가의 지표로서는 부적합한 것으로 판단된다. 그러므로 제안서 평가단계에서 평가에 필요한 지표를 완전하고, 중복 없이 설계하는 것이 요구된다.

2.2.2 평가지표 배점의 객관성 및 공정성 문제

현재 사용하고 있는 제안서 평가방법으로 평점법은 타 국가 연구개발 사업에서도 사용하고 있으며, 현실적으로 다른 대안

을 찾기는 어렵다고 판단된다. 그러나 평가항목에서 목적성이 뚜렷하지 않고 가중치에 대한 객관성이 결여된 항목이 존재하고 있다는 내부 지적이 제기되고 있다. 특히, 평가결과에 대해 피평가 기관으로부터 평가의 공정성과 객관성에 대한 불신을 초래하는 경우가 발생하고 있어 개선이 요구된다. 따라서 핵심 기술개발 능력이 우수한 제안서를 선정할 수 있도록 평가항목 및 가중치의 객관성과 변별력 제고가 필요하다.

### 3. 국방 핵심기술 연구개발 제안서의 평가지표 개발

#### 3.1 평가지표 개발 절차

본 연구에서는 국방핵심기술 제안서 평가지표의 두 가지 문제점을 개선하기 위하여 평가의 목적에 맞도록 평가항목을 설계하고, 배점의 가중치를 객관적이고 공정하게 도출하도록 체계적인 기법을 적용하였다. 연구의 주요 절차는 <그림 1>에 나타낸바와 같이 국방핵심기술 연구개발사업의 제안서 평가지표 개발에서 제안서 평가 요구목표 분석을 통한 평가지표 항목을 설계하기위하여 공리적 설계(Axiomatic Design) 개념(Suh, 2001)을 도입하였다. 공리적 설계에서 기능적 요구사항(Functional Requirements: FRs)을 제안서 평가의 요구목표로 정의하고 체계적인 사상과정(Mapping process)으로 FRs에 대응하는 설계변수(Design Parameter: DPs)를 평가항목으로 대응시켜 체계적인 의사결정방법으로 제안서 평가의 목적에 맞는 평가지표 항목을 설계한다. 설계된 제안서 평가지표 항목을 검증하고 평가지표 전체를 보다 효율적으로 분석하며 그 관계를 간결하고 명확하게 보여주도록 상호 밀접한 관련성이 있는 평가항목들끼리 분류하여 평가항목의 계층분류를 위한 요인분석을 실시하였으며, 최종적으로 평가항목의 가중치 배점을 객관적으로 도출하기 위해 계층분류 결과를 이용한 그룹의사결정 방법으로 널리 활용되는 AHP기법을 적용하였다(Ho, 2007). 특히, 본 논문은 설문조사 표본을 연구개발, 관리 및 평가를 직접 수행하는 평가기관과 제안서를 제출한 피평가 기관의 담당자를 균등하게 포함시키는 등 제안서평가 이해관계자 모두의 의

견이 다양하게 수렴되어 평가지표 개발의 객관성과 신뢰성을 제고하도록 하였다. 최종적으로 평가항목과 가중치 배점이 체계적으로 도출되어 새롭게 개발된 평가지표의 효과와 의미를 파악하기위해 기존의 평가지표와 비교하여 분석하였다.

#### 3.2 평가 요구목표 분석 및 평가항목 설계

##### 3.2.1 공리적 설계과정

기존의 평가지표 설계는 문헌조사와 다수 평가자의 경험에 기초하여 평가지표를 설계하였다. 그러나 본 논문에서는 체계적인 설계방법론을 적용하여 평가항목을 설계하도록 공리적 설계 개념 적용을 처음으로 시도하였다. 공리적 설계는 미국 MIT의 Suh(2001)에 의해 개발된 설계공학의 창의적이며, 체계적인 설계이론으로 제품설계의 최적화에 많이 응용되고 있다(Suh, 1999). 이 이론은 설계의 초기 단계부터 공리 이론을 적용하여 복잡한 문제를 단순화 시키고, 설계의 성공 확률을 높이는 방향으로 설계를 진행한다. 공리적 설계는 다음의 두 가지 공리에 기초하고 있다.

- 독립공리(The Independence Axiom): 기능적 요구의 독립성을 유지하라.

설계과정 중 기능적 영역의 FRs로부터 물리적 영역의 DPs로 진행되는 사상과정에서 특정한 DP가 다른 FR에 영향을 미치지 않고 상응하는 FR에만 영향을 주도록 정의해야 한다는 것을 의미한다.

- 정보공리(The Information Axiom): 설계의 정보량을 최소화하라.

공리를 만족하는 모든 설계 중에서 최소한의 정보량을 가진, 기능적으로 비연성(Uncoupled)된 설계가 가장 좋은 설계라는 것을 의미한다.

공리설계에서 일반적으로 기능적 요구사항과 설계변수의 수는 같고 이때 기능적 요구사항 벡터와 설계변수 벡터의 관계는 다음 식으로 표현된다.

$$\{FR\} = [A]\{DP\} \quad (1)$$

식 (1)에서 {FR}는 기능적 요구사항 벡터로 어떤 특정한 요구를 만족시키기 위해 설계목적의 특성을 기술하는 최소 개의 독립적인 기능적 요구사항 요소이다. {DP}는 설계변수 벡터로 기능적 요구사항을 수행하기 위한 물리적 요소가 된다. [A]는 설계 행렬(Design Matrix)로서 관계가 깊은 요소끼리는 X로 표현하고 관계가 없거나 약한 요소는 0으로 표현한다. 한편, 설계 행렬의 형태는 비연성(Uncoupled) 설계, 연성화(Decoupled) 설계, 연성(Coupled) 설계로 구분할 수 있다. 설계 행렬이 대각행렬(Diagonal Matrix)이 되면 완전하게 기능적 독립 공리가 만족되어 각 기능적 요구가 하나의 설계변수에 독립적으로 영향을 주는 비연성 설계가 된다. 설계 행렬이 삼각행렬(Triangular Matrix)이면 적합한 설계이지만 설계 요소들은 기능적 요구를 만족시키기 위하여 반드시 특별한 순서로 재배치되어야 하는 연성화 설계를 나타낸다. 설계 행렬이 일반적인 행렬(Full Matrix)

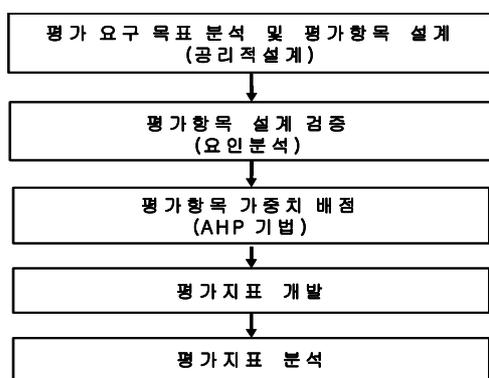


그림 1. 제안서 평가지표 개발 절차

이런 연성 설계로서 설계 요소의 변경에 따른 기능적 요구의 변경에 대해 효과적인 해결방법이 없기 때문에 바람직하지 않은 설계이다. 따라서 공리적 설계의 독립공리를 만족하기 위해서는 비연성 설계 또는 비연성화 설계가 되어야 한다(Suh, 2001).

공리적 설계에서 정보량(Information Content, I)은 명시된 FRs를 달성할 수 있는 성공률의 측정기준으로 FRs를 위한 설계범위(Design Range)와 FRs를 만족하기 위해 제안된 설계안이 제공하는 시스템범위(System Range)를 결정함으로써 계산될 수 있다. <그림 2>에 도시한 바와 같이 설계범위(Design Range)와 시스템범위(System Range)의 겹치는 부분은 공통범위(Common Range)를 형성하며, 공통범위의 면적(Acr)은 정의된 목표를 달성하기 위한 설계확률을 의미한다.

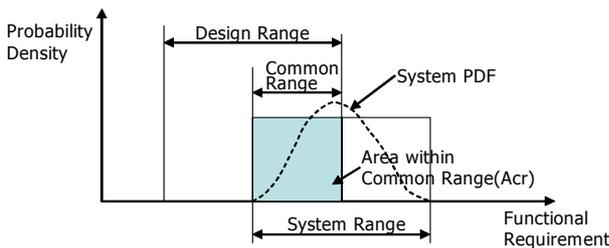


그림 2. FRs 영역 및 시스템 확률밀도함수

이때 정보량은 식 (3)과 같이 표현될 수 있다(Suh, 2001).

$$I = \log_2 (1 / Acr) \tag{2}$$

Acr은 공통범위가 클 때 커지는데 시스템범위가 설계범위에 포함될 때 공통범위는 시스템범위와 같아져 1이 되고 이때 정보량은 0이 되어 가장 좋은 설계가 된다. 시스템이 다수의 FRs를 가질 때의 정보량 계산에서는 시스템의 설계가 비연성 설계인 경우에는 전체 정보량은 만족되는 다수의 FRs에 상응하는 각각의 정보량을 모두 더함으로써 구해질 수 있으며, 비연성화 설계의 경우에는 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)의 기법을 이용하여 추정될 수 있다.

본 논문에서의 적용할 공리적 설계의 분해과정을 <그림 3>

에 나타내었으며 주요과정은 ① 초기 FRs의 결정, ② DP의 후보해의 결정, ③ 설계행렬의 평가, ④ 최적 DP의 선정, ⑤ 분해, ⑥ 시스템의 표현으로 구성된다(Linck, 2001).

따라서 본 연구에서는 평가지표 개발에 대한 공리적 설계를 위하여 <그림 3>의 절차와 같이 다음의 과정을 수행한다.

- ① 초기 FR의 결정: 최초의 FR을 결정한다.
- ② DP의 선정: FR을 만족하기 위한 가능성이 있는 DP를 선정한다.
- ③ 설계행렬의 평가: 설계 행렬을 평가하여 독립성을 판단한다. 독립성이 만족되지 않으면 FRs의 추가, 분해 순서의 변경 등을 결정한다.
- ④ 최적 DP의 선정: 정보량을 최소로 하는 DP의 집합을 선정한다. 평가지표 항목 설계에서는 정보량에 대한 측정이 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 합리적인 대안으로 기존의 연구결과 및 연구자의 경험 및 통찰에 따라서 적절한 DP를 선정한다.
- ⑤ 분해: 분해는 Zigzagging 과정을 따르며, FRs와 DP의 하위 수준이 없을 때까지 진행한다.
- ⑥ 시스템의 표현: 공리적 설계의 최종 결과를 시스템 구조로서 표현한다.

### 3.2.2 제안서 평가 프레임워크의 공리적 설계

공리적 설계 개념으로 국방핵심기술사업의 제안서 평가항목을 설계하기 위해서 공리적 설계에서 FRs를 제안서 평가의 요구 목표로 정의하고, 체계적인 사상과정(Mapping process)으로 대응하는 DP를 지표를 구성하는 평가항목으로 대응시켰다. 체계적인 의사결정방법으로 제안서 평가 목적에 부합하는 평가항목을 설계하도록 평가 결과를 활용할 고객의 요구분석(Requirements Analysis) 단계를 통하여 도출한다. 요구목표는 중복되는 내용은 공통항목으로 구성하고 중요도가 낮은 항목을 배제하여 평가의 요구목표를 상위 목표에서부터 하위목표로 계층 구조로 구성한다. 구성된 요구목표는 FRs의 최소한의 정보로 설명되는 비연성된 설계행렬에 의한 DP를 도출하도록 <그림 3>의 절차에 따라 설계한다. 각각의 FRs들은 제안서 평가 목표

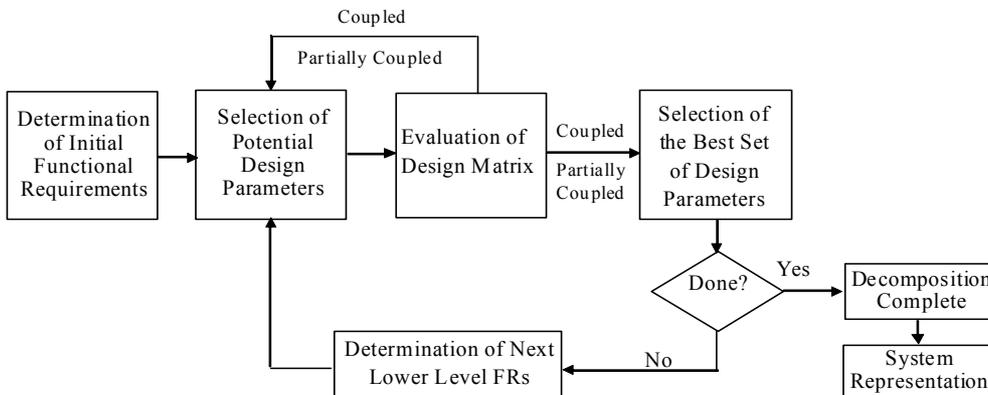


그림 3. 공리적 설계의 분해과정(Linck, 2001)

에 맞는 집합적 완결성에 중점을 두었으며, 설계 행렬 [A]는 비연성 설계 행렬이 되도록 DP를 최소한의 정보를 가지며 상호 독립적인 배타성을 가지도록 평가지표 항목을 설계하였다.

1) 최상위 단계의 FR 설계

<단계1: FR의 결정>

제안서평가의 평가지표 설계 프레임워크를 설계하기 위한 첫 번째 단계는 설계될 평가지표 항목의 최상위 FRs를 결정하는 것이다. 본 연구에서 최상위 FRs는 요구분석 결과에 따라 다음과 같이 정의한다.

- FR1 = 국방핵심기술 연구개발의 제안서 평가에 적합한 평가지표 개발

<단계2: FR에 대응하는 DP의 선정>

다음 단계로 최상위 수준의 DP의 선정으로 기능적 영역에서 물리적 영역으로 사상하는 것으로 FR1을 만족하는 DP1을 선정하도록 한다. 주어진 FR1에 대하여 다수의 DP가 존재할 수 있으나 본 논문에서는 평점법을 이용한 선정평가에 활용할 제안서 평가지표만을 고려한다.

- DP1 = 평가목적에 맞는 객관적인 제안서 평가지표

2) 두 번째 단계 분해 수준

<단계1: FR1의 분해>

최상위 수준의 FR1과 DP1의 정의 후 다음단계로 FR1의 분해이다. FR1을 참고하고 요구분석 결과를 활용하여 독립성을 가지는 하위의 FRs를 설계하였다.

- FR11 = 연구계획이 합리적이고 논리적이여야 한다.
- FR12 = 연구개발 조직은 충분한 지식과 노하우를 보유하고 있어야 한다.
- FR13 = 연구개발 조직은 기술자립화를 위한 핵심기술을 보유하고 있어야 한다.
- FR14 = 연구개발 인력은 탁월한 연구개발 전문역량을 가지고 있어야 한다.

<단계2: DP의 후보 선정>

이 단계는 분해된 FR1을 만족하기 위한 DP의 후보를 선정하는 단계이다. DP11의 후보는 추진계획 일정의 타당성과 연구개발 관리방안, 연구개발 예산산정의 타당성, 시험평가계획 및 입증방안 등이 있으며, DP12의 후보는 유사연구개발 실적, 핵심 장비 또는 시설, 경영 상태와 연구 투자능력 등이 있을 수 있으며, DP13의 후보는 관련핵심기술 보유수준, 제안서 요구내용의 이해 및 개발방안, 소요기술의 식별과 기술적 접근방법, 국산화 연구개발 방안 등이 있을 수 있다. DP14의 후보는 연구책임자의 경력, 연구팀 구성의 역량 등이 있을 수 있다. FR11, FR12, FR13, FR14를 만족하기위한 최적의 DP 후보를 고려하여 다음과 같이 설계하였다.

- DP11 = 연구계획의 타당성
- DP12 = 기관의 실적 및 능력

- DP13 = 기술수준 및 전문성
- DP14 = 투입인력 전문성

<단계 3&4: 설계행렬 평가 및 최적 DP의 선정>

이 단계는 FRs의 독립성을 평가하기 위한 것으로 파악된 FRs와 DP의 관계를 나타내는 설계행렬의 형태로서 독립성 여부를 결정한다. FR1x → DP1x 사상 간의 설계 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{11} \\ FR_{12} \\ FR_{13} \\ FR_{14} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & X & X & 0 \\ 0 & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{11} \\ DP_{12} \\ DP_{13} \\ DP_{14} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

FR13은 DP12와 DP13에 상관관계를 가지고 있으며 FR14은 DP12, DP13 및 DP14에 관련되므로 이 설계는 비연성화(Decoupled) 설계로서 FRs와 DPs의 독립성을 만족하기 위해서는 DPs의 순차적 수행으로 FRs의 달성 요구수준과 제약이 만족하여야 한다. 따라서 본 설계의 효과성은 각 FR의 달성 요구수준과 제약의 만족에 달려있다.

3) 세 번째 단계 분해 수준

세 번째 분해 수준의 설계는 FR11, FR12, FR13, FR14의 분해 및 비연성 또는 비연성화된 DP의 선정과정으로 구성된다.

가. FR11의 분해

<단계1: FR11의 분해>

상위수준의 FR11과 DP11의 정의 후 다음단계로 FR11의 분해이다. FR11을 참고하고 요구분석 결과를 활용하여 독립성을 가지는 하위의 FRs를 다음과 같이 설계하였다.

- FR111 = 연구개발 성과가 공인되어야한다.
- FR112 = 연구개발 예산편성이 타당해야한다
- FR113 = 연구개발 계획서가 논리적이고 적절해야한다.

<단계2: DP의 후보 선정>

이 단계는 분해된 FR11을 만족하기 위한 DP의 후보를 선정하는 단계이다. DP111의 후보는 시험평가 계획, 절차 및 인증방법 등이 있으며, DP112의 후보는 소요예산의 산출타당성 분석, 소요 비용분석 등이 있을 수 있으며, DP113의 후보는 연구개발 추진 세부계획, 년도 별 일정계획, 연구개발 위험관리, 비용관리, 연구개발 진도관리 등이 있을 수 있다. FR111, FR112, FR113를 만족하기위한 DP는 다음과 같이 설계하였다.

- DP111 = 시험평가 및 입증방안
- DP112 = 소요예산 산출근거, 예산산정의 적절성
- DP113 = 추진계획 일정의 합리성 및 관리방안

<단계 3&4: 설계행렬 평가 및 최적 DP의 선정>

FRs와 DPs의 독립성 여부를 결정하는 설계행렬로서 FR11x

→DP11x 사상 간의 설계 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{cases} FR_{111} \\ FR_{112} \\ FR_{113} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{111} \\ DP_{112} \\ DP_{113} \end{cases} \quad (4)$$

FR113은 DP112와 DP113에 상관관계를 가지고 있으므로 이 설계는 비연성화(Decoupled) 설계로서 FRs와 DPs의 독립성을 만족하기 위해서는 DPs의 순차적 수행으로 FRs의 달성 요구수준과 제약을 만족하여야 한다.

나. FR12의 분해

<단계1: FR12의 분해>

상위수준의 FR12와 DP12의 정의 후 다음단계로 FR12의 분해이다. FR12를 참고하고 요구분석 결과를 활용하여 독립성을 가지는 하위의 FRs를 다음과 같이 설계하였다.

- FR121 = 관련연구개발 경험과 노하우가 충분해야 한다.
- FR122 = 재무구조가 건전하고 투자능력이 있어야 한다.
- FR123 = 과거 유사제품 개발 및 생산실적이 있어야 한다.

<단계2: DP의 후보 선정>

이 단계는 분해된 FR12를 만족하기 위한 DP의 후보를 선정하는 단계이다. DP121의 후보는 연구개발 특허, 실용실안, 지적재산 등이 있으며, DP122의 후보는 회사채 신용등급 평가, 매칭 펀드 계획 등이 있을 수 있으며, DP123의 후보는 특수 장비 및 시설 등이 있을 수 있다. FR121, FR122, FR123을 만족하기 위한 DP는 다음과 같이 설계하였다.

- DP121 = 유사연구개발 실적
- DP122 = 재무구조 및 경영상태, 투자계획
- DP123 = 유사개발 기술 장비 및 관련 시설 확보

<단계 3&4: 설계행렬 평가 및 최적 DP의 선정>

FRs와 DPs의 독립성 여부를 결정하는 설계행렬로서 FR12x →DP12x 사상 간의 설계 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{cases} FR_{121} \\ FR_{122} \\ FR_{123} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{121} \\ DP_{122} \\ DP_{123} \end{cases} \quad (5)$$

FR123은 DP121과 DP123에 상관관계를 가지고 있으므로 이 설계는 비연성화(Decoupled) 설계로서 FRs와 DPs의 독립성을 만족하기 위해서는 DPs의 순차적 수행으로 FRs의 달성 요구수준과 제약을 만족하여야 한다.

다. FR13의 분해

<단계1: FR13의 분해>

상위수준의 FR13과 DP13의 정의 후 다음단계로 FR13의 분해이다. FR13을 참고하고 요구분석 결과를 활용하여 독립성을 가지는 하위의 FRs를 다음과 같이 설계하였다.

- FR131 = 국가과학기술을 선도하고 국가경제에 기여해야 한다.
- FR132 = 탁월한 전문기술을 보유해야 한다.
- FR133 = 연구개발 제안내용을 충분히 이해해야 한다.
- FR134 = 요구기술을 만족하도록 연구개발 한다.

<단계2: DP의 후보 선정>

이 단계는 분해된 FR13을 만족하기 위한 DP의 후보를 선정하는 단계이다. DP131의 후보는 국산화 기술수준, 수출계획 등이 있으며, DP132의 후보는 첨단 핵심기술 보유수준, 기술 경쟁력 등이 있을 수 있으며, DP133의 후보는 RFP 만족 충실도, 기술개발 로드맵 등이 있을 수 있으며, DP134의 후보는 국내외 기술동향조사, 컨소시엄 계획 등이 있을 수 있다. FR131, FR132, FR133, FR134를 만족하기 위한 DP는 다음과 같이 설계하였다.

- DP131 = 국산화 계획
- DP132 = 관련핵심기술 보유 수준
- DP133 = 제안요구 이해도 및 개발방안
- DP134 = 소요기술 식별 및 기술적 접근방법

<단계 3&4: 설계행렬 평가 및 최적 DP의 선정>

FRs와 DPs의 독립성 여부를 결정하는 설계행렬로서 FR13x →DP13x 사상 간의 설계 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{cases} FR_{131} \\ FR_{132} \\ FR_{133} \\ FR_{134} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{131} \\ DP_{132} \\ DP_{133} \\ DP_{134} \end{cases} \quad (6)$$

FR134는 DP133과 DP134에 상관관계를 가지고 있으므로 이 설계는 비연성화(Decoupled) 설계로서 FRs와 DPs의 독립성을 만족하기 위해서는 DPs의 순차적 수행으로 FRs의 달성 요구수준과 제약을 만족하여야 한다.

라. FR14의 분해

<단계1: FR14의 분해>

상위수준의 FR14와 DP14의 정의 후 다음단계로 FR14의 분해이다. FR14를 참고하고 요구분석 결과를 활용하여 독립성을 가지는 하위의 FRs를 다음과 같이 설계하였다.

- FR141 = 연구개발 책임자의 능력이 탁월해야 한다.
- FR142 = 연구팀은 전문역량이 우수하게 구성해야 한다.

<단계2: DP의 후보 선정>

이 단계는 분해된 FR14를 만족하기 위한 DP의 후보를 선정하는 단계이다. DP141의 후보는 연구책임자의 리더십, 연구책임자의 추진력 등이 있으며, DP142의 후보는 연구원의 팀워크, 연구팀의 시너지와 개발의지 등이 있을 수 있다. FR141, FR142를 만족하기 위한 DP는 다음과 같이 설계하였다.

- DP141 = 연구책임자 전문성 및 경력
- DP142 = 연구 참여 구성원의 경력 및 전문성

계가 반복되어야 할 것이다.

<단계 3&4: 설계행렬 평가 및 최적 DP의 선정>

FRs와 DP의 독립성 여부를 결정하는 설계행렬로서 FR14x → DP14x 사상 간의 설계 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{141} \\ FR_{142} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{141} \\ DP_{142} \end{Bmatrix} \quad (7)$$

FR142는 DP141과 DP142에 상관관계를 가지고 있으므로 이 설계는 비연성화(Decoupled) 설계로서 FRs와 DP의 독립성을 만족하기 위해서는 DP의 순차적 수행으로 FR의 달성 요구수준과 제약을 만족하여야 한다.

한편, 현재 수준 이상의 분해는 독립된 평가지표 설계항목으로서의 의미가 없으며 불필요한 평가항목의 개수만 증가시키므로 세 번째 수준에서 분해를 종료하였다. 그리고 FRs의 공통적인 제약조건으로서 평가항목은 평가지표에 활용하기 위해 정성적 또는 정량적 판단기준을 제시할 수 있어야 할 것이다. <그림 4>에 세 번째 분해수준까지 전체적인 평가지표 항목의 공리적 설계 결과를 나타내었다. 실선은 FR과 직접 대응되는 DP를 나타내고 점선화살표는 DP에 의해 영향을 받는 FRs를 도식적으로 표현하고 있다. 비연성에 의한 독립적인 설계행렬을 위한 DP의 설계는 부분최적화를 방지하고 전체 최적화를 유인할 수 있도록 만족하는 요구수준까지 지속적으로 설

### 3.3 평가항목 설계 검증

요인분석은 평가항목의 내용이 유사한 항목의 그룹화에 따른 계층화가 쉽게 가능하다. 특히, 평가지표의 항목 전체를 보다 효율적으로 분석하고 그 관계를 상호관련성에 따라 체계를 구성하도록 평가항목의 그룹화를 통하여 계층 구조로 설계를 가능하게 하므로 공리적 설계 결과와 직접 비교해 볼 수 있다. 따라서 공리적 설계를 적용한 평가지표 항목설계 결과의 타당성을 검증하기 위해 요인분석을 활용하였다. 계층화된 구조는 제안서 평가에 기여하는 그룹별 항목 내 독립성과 유사성의 정도를 쉽게 파악하며 관련 지표의 관련성과 추후 항목별 수 정보완의 편의성을 고려하기 위함이다. 그리고 국방핵심기술 연구개발 과제의 제안서평가지표의 구성을 통한 항목별 가중치 계산을 위해서는 평가 항목의 계층화를 통한 의사결정 구조 설계가 필요하다. 평가지표의 요인분석 및 가중치를 도출하기 위한 설문조사는 국방 핵심기술 연구개발 관련 전문가를 대상으로 실시하였다. 설문은 2006년 10월부터 2007년 5월까지 과제 평가에 참여하였던 군과 방위사업청, 국방과학연구소, 국방기술품질원, 방산업체(중소기업, 대기업), 학계 및 연구소의 전문가를 대상으로 e-mail과 직접 설문방식을 통하여 회수된 설문지 중에서 유효한 설문으로 분석된 58부를 활용하였다. <표 4>에서 보는바와 같이 설문에 참여한 구성원은 방산업체

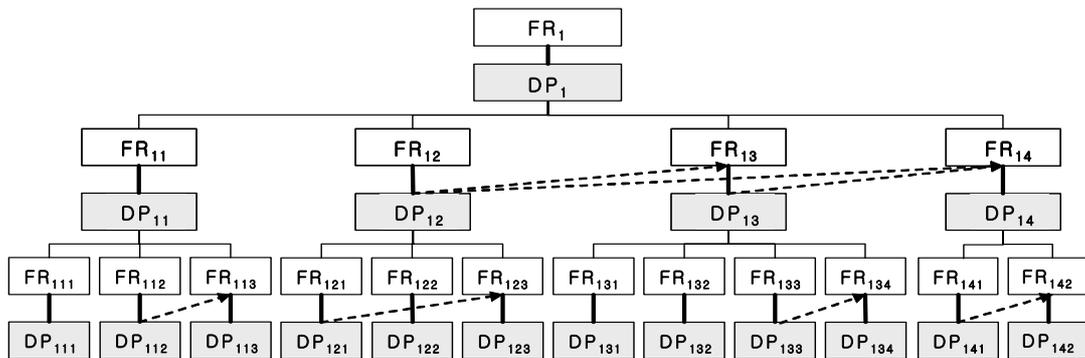


그림 4. 평가지표 항목의 공리적 설계 결과

표 4. 설문조사 표본의 특성

구분		표본구성						
소속	구분	군, 방위사업청	국방과학연구소	국방기술품질원	방산업체	학계, 연구소	합계	
	빈도	13	10	10	15	10	58명	
	비율	22.4%	17.2%	17.2%	25.8%	17.2%	100%	
연구개발경력	구분	2년 미만	5년 미만	10년 미만	15년 미만	20년 미만	20년 이상	합계
	빈도	3	13	12	10	9	11	58명
	비율	5.2%	22.4%	20.7%	17.2%	15.5%	19.0%	100%
참여비중	구분	핵심기술 연구개발			무기체계 연구개발			합계
	비율	60.5%			39.5%			100%

소속이 15명으로 가장 많았으나 평가기관(군, 방위사업청, 국방과학연구소, 국방기술품질원)과 피평가 기관(방산업체, 학계, 연구소)의 비율이 53%대 47%의 비율로 구성되어 각 기관의 의견이 대등하게 반영되었다고 판단되었다. 연구개발 참여 경력은 최소 5년 이상인 비율이 72%로서 경험이 풍부한 전문가 집단이 설문에 참여하였다. 한편 설문 응답자의 국방 연구개발 업무참여 비중은 100을 기준으로 평균 60.5 : 39.5의 비율로 무기체계 연구개발보다 핵심기술 연구개발이 높다. 설문 응답자 구성에서 무기체계보다 핵심기술의 연구개발 업무 경험이 많은 응답자의 비율이 약간 높은 표본으로 볼 수 있다.

요인분석을 위한 설문지 구성은 공리적 설계로 도출된 하위 계층의 평가항목을 근거로 12개의 문항으로 설정하였다. 설문지는 각 문항 7점 척도의 리커트(Likert) 방식으로 구성되었으며 설문지 분석은 통계분석용 소프트웨어인 SPSS 12.0을 이용하였다. 제안서 평가항목의 요인분석 결과가 <표 5>에 나타나 있다. 본 연구에서 사용된 평가지표 항목 요인에 대한 신뢰도(Reliability)를 검증하기 위한 내적일관성을 나타내는 크론바흐 알파(Cronbach's Alpha) 계수 값은 0.803이상으로서 계수 값이 0.6이상이면 신뢰성이 있다고 판단하므로 각 변수를 통계분석에 활용하는 신뢰성은 만족할 만한 수준으로 나타났다. 요인의 추출방법으로는 주성분분석방식을 이용하였으며 각 변수의 공통성(Communality)은 모두 0.5이상으로 모든 변수를 포함한 요인추출에는 베리맥스(Verimax) 직각회전방법을 사용하였다. 각 변수의 고유치(Eigenvalue)값은 각 요인이 얼마나 설명력을 가지는가를 나타내며 0.4 이상이 되어야 변수가 요인들에 대한 설명에 유의한 의미를 갖는 것으로 판단한다. 요인분석 결과로 유의하게 묶여진 변수그룹은 <표 5>에서 음영으로 표

시한 항목을 대상으로 평가지표의 의사결정 계층화를 구성하였다.

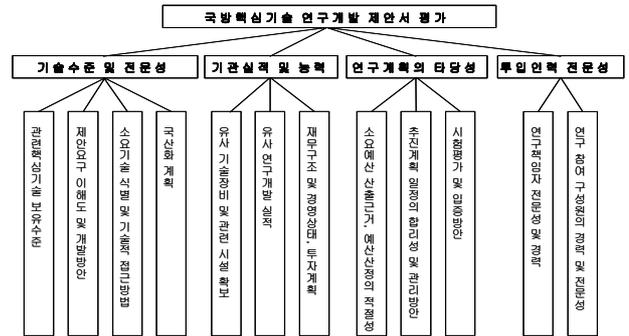


그림 5. 요인분석에 의한 평가지표 항목의 계층분류 결과

상위계층의 그룹이름은 항목의 대표성을 가지도록 4개의 그룹으로 상위계층을 구성하여 <그림 5>와 같이 계층 분류된 구조를 얻었다. 따라서 요인분석결과로 얻어진 계층화 분류와 <그림 4>의 공리적 설계 결과의 비교에서 항목구성의 순서는 달리하지만 동일한 평가항목 구성구조로 계층화됨을 확인하였다. 그러므로 공리적 설계 개념을 적용한 평가항목 계층설계 결과의 타당성을 요인분석을 통한 실증연구로 검증할 수 있었다.

3.4 평가항목 가중치 배점

제안서 평가지표는 평가자가 주관적으로 판단할 여지가 많으므로 최대한 타당성을 유지하도록 기준지표를 객관적이고

표 5. 제안서 평가항목에 대한 요인분석 결과

평가지표 항목 요인	요인 1	요인 2	요인 3	요인 4	Communality
관련핵심기술 보유수준	.853	-.001	.205	.096	.778
제안요구 이해도 및 개발방안	.788	.196	.236	-.066	.720
소요기술 식별 및 기술적 접근방법	.770	-.059	.247	.284	.739
국산화 계획	.689	-.027	-.080	.402	.643
유사 기술장비 및 관련 시설 확보	.079	.931	.010	-.026	.875
유사 연구개발 실적	.047	.930	.098	.067	.881
재무구조 및 경영상태, 투자계획	-.031	.855	.052	.125	.751
소요예산 산출근거, 예산산정 적절성	.223	-.117	.875	.064	.833
추진계획 일정의 합리성 및 관리방안	.266	.130	.871	-.001	.846
시험평가 및 입증방안	.034	.191	.792	.309	.761
연구책임자 전문성 및 경력	.102	-.017	.190	.921	.895
연구 참여 구성원의 경력 및 전문성	.356	.246	.103	.751	.761
Eigenvalue	3.969	2.819	1.397	1.075	Kaiser-Meyer-Olkin 측도 = .721
Variance(%)	34.054	24.190	11.983	9.220	
Cumulative Variance(%)	34.054	58.243	70.226	79.446	
Cronbach - $\alpha$	0.823	0.855	0.897	0.803	

상세하게 기술해야 한다. 또한 국방핵심기술 개발전략에 부합하고 이해관련자의 의견이 충분히 반영된 가중치 배정기준이 마련되어야 한다. 따라서 평가항목의 적절한 가중치 배점을 도출하기 위해 체계적인 그룹의사결정 도구인 계층분석기법(AHP)을 적용하였다(Cho, 2002). AHP기법의 적용을 위해서는 <그림 4>와 <그림 5>의 계층화 구조를 바탕으로 쌍대비교를 위한 설문자료를 작성하였다. AHP 분석과정에서 Saaty(1980, 1990)는 평가자의 일관성을 검증할 수 있는 기준으로 일관성지수(Consistency Ratio)가 0.1이하일 것을 제시하고 있는데, 본 논문에서 설문조사 표본에서 개인별 일관성 지수가 0.1이상인 6명의 설문지는 배제하고 52명에 대한 항목별 기하평균을 종합하는 그룹의사결정 방법으로 가중치 배점을 계산하였다. 설문에서 일관성 지수를 만족하는 52명의 구성은 사업조정통제기관인 각 군과 방위사업청이 21.2%, 사업수행관리기관인 국방과학연구소가 19.2%, 평가주관기관인 국방기술품질원이 17.3%, 방산업체가 25.0% 및 학계가 17.3%의 비율로 나타났다. 설문결과 분석은 Expert Choice(Version 11)를 활용하였으며, 결과를 종합하면 <표 6>과 같다. 가중치 배점비율은 계층별로 종합가중치가 1.0이 되도록 계산된 결과를 나타내었다. <그림 6>에서 보는바와 같이 설문자의 소속기관에 따라 도출된 평가지표의 가중치 배점은 차이를 보이고 있다. 이는 평가지표의 중요도에 대한 각 기관의 시각차를 나타내고 있다. 따라서 평가의 이해관계자 모두가 만족하는 최적의 평가지표는 존재하기 어려우며, 객관적인 지표는 의견수렴을 통해 적절하게 산출해야 한다고 판단할 수 있다. 대부분의 소속기관에서 기술수준 및 전문성을 중요한 항목으로 판단하고 있으나 국방과학연구소의 경우는 기관실적 및 능력을, 방위사업청의 경우는 개발 투

입력력 전문성을 가장 중요한 요소로 판단하고 있다. 또한 평가기관과 피평가 기관에 따라 항목별 중요도에 따른 시각차도 나타나고 있는데 특히, 평가기관중 방위사업청과 국방과학연구소는 기관의 실적과 능력을 중시하고 있으나 피평가기관의 방산업체와 학계는 기관의 실적과 능력보다는 기술수준 및 전문성을 더 중요한 평가요소로 판단하고 있다.

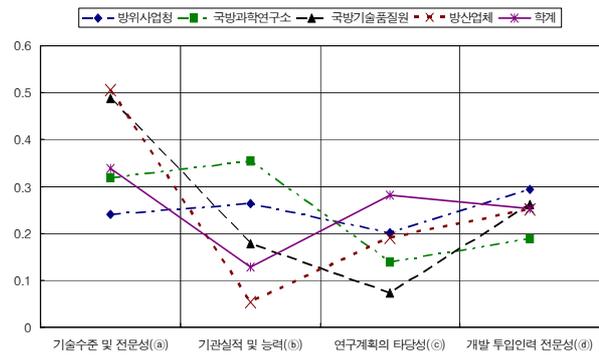


그림 6. 상위계층 항목의 설문자 소속별 가중치 비교

### 3.5 새로운 평가지표의 개발

공리적 설계에 의해 설계된 평가항목과 AHP에 의한 가중치 계산결과를 활용하여 신규로 개발된 최종 평가지표를 <표 7>에 나타내었다. 평가항목의 가중치 배점은 <표 6>에서 도출된 평가지표의 항목과 가중치 계산결과를 적용하여 100점 기준으로 소수 둘째자리를 반올림하여 산출하였다.

AHP 가중치 계산 결과로부터 도출된 상위계층의 평가지표

표 6. 제안서 평가지표 계층별 AHP 가중치 계산결과

계층\구분	항 목	표본별 가중치 계산결과					종합 가중치 (1.0기준)
		방위사업청	국방과학 연구소	국방기술 품질원	방산업체	학계	
상위계층	기술수준 및 전문성(①)	0.241	0.318	0.488	0.505	0.338	0.381
	기관실적 및 능력(②)	0.264	0.355	0.178	0.054	0.129	0.191
	연구계획의 타당성(③)	0.202	0.139	0.073	0.190	0.281	0.178
	개발 투입인력 전문성(④)	0.293	0.188	0.261	0.251	0.252	0.250
① 하위계층	관련핵심기술 보유수준	0.333	0.286	0.488	0.321	0.380	0.356
	제안요구 이해도 및 개발 방안	0.276	0.360	0.226	0.147	0.206	0.239
	소요기술 식별 및 기술적 접근방법	0.209	0.238	0.242	0.405	0.296	0.284
② 하위계층	국산화 계획	0.182	0.116	0.044	0.127	0.118	0.121
	유사 기술 장비 및 관련 시설 확보	0.226	0.233	0.186	0.218	0.326	0.235
	유사 연구개발 실적	0.490	0.600	0.614	0.465	0.485	0.526
③ 하위계층	재무구조 및 경영상태, 투자계획	0.284	0.167	0.200	0.317	0.189	0.239
	소요예산 산출근거, 예산안정의 적절성	0.490	0.352	0.296	0.482	0.288	0.393
	추진계획 일정의 합리성 및 관리방안	0.224	0.227	0.195	0.162	0.330	0.222
④ 하위계층	시험평가 및 입증방안	0.286	0.421	0.509	0.356	0.382	0.385
	연구책임자 전문성 및 경력	0.565	0.373	0.562	0.507	0.477	0.498
	연구 참여 구성원의 경력 및 전문성	0.435	0.627	0.438	0.493	0.523	0.502

가중치 배점에서 기술수준의 전문성이 가장 높은 배점을 구성하고 있으며 다음으로 개발 투입인력 전문성, 기관실적 및 능력, 연구계획의 타당성 순으로 나타나고 있다. 하위계층에서는 관련핵심기술의 보유수준, 연구 참여 구성원의 경력 및 전문성, 연구책임자 전문성 및 경력, 소요기술 식별 및 기술적 접근방법, 유사 연구개발 실적을 가중치가 높은 항목으로 나타났다.

표 7. 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가지표

상위계층 (평가항목)	상위 계층 가중치 배점	하위계층(세부평가항목)	하위 계층 가중치 배점
기술수준 및 전문성	38.1	관련핵심기술 보유수준	13.6
		제안요구 이해도 및 개발 방안	9.1
		소요기술 식별 및 기술적 접근방법	10.8
		국산화 계획	4.6
기관실적 및 능력	19.1	유사 기술 장비 및 관련 시설 확보	4.5
		유사 연구개발 실적	10.0
		재무구조 및 경영상태, 투자계획	4.6
연구계획의 타당성	17.8	소요예산 산출근거, 예산산정의 적절성	7.0
		추진계획 일정의 합리성 및 관리방안	4.0
		시험평가 및 입증방안	6.8
개발투입 인력전문성	25.0	연구책임자 전문성 및 경력	12.4
		연구 참여 구성원의 경력 및 전문성	12.6
합계	100	합계	100

### 3.6 평가지표 유효성 분석

본 연구에서 개발된 평가지표 항목과 가중치를 기존의 평가지표와 비교분석하여 <표 8>에 나타내었다.

국방핵심기술 연구개발의 제안서 평가에서 중요한 요소로서 ‘관련 핵심기술 보유수준’, ‘제안요구 이해도 및 개발방안’, ‘국산화 계획’이 새로운 평가지표 항목으로 추가되었다. 이는 과거 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가에서 적절히 평가되지 못했던 항목으로서 국방관련 핵심기술 보유수준과 정확한 요구사항의 이해 그리고 국가 경제에 기여하는 국산화 개발에 대한 항목이 제안서 평가에 포함되어야 하는 것으로 나타났다. 또한 ‘연구개발 기대성과 및 파급효과’와 ‘연도별 목표 및 연구내용의 적절성’ 항목은 제안서 평가에 불필요한 항목으로 제외된 것을 알 수 있다. 이는 제안서 작성의 형식적인 내용으로 연구목표 설정이나 기대성과는 제안서 평가의 중요한 판단요소가 아니므로 평가에서 배제되는 것이 적절한 것으로 판단된다. 투입인력에 대한 항목은 연구책임자와 연구 참여자로 구분되어 경력과 전문성을 별도로 평가하도록 세분화되었다. 이는 최근 연구책임자의 권한과 임무가 강조되고 우수한 전문 인력의 확보가 연구개발의 성패를 좌우하는 중요한 요소임을 감안하여 제안서 평가지표의 목적에 주요한 요인으로 반영되어 나타난 결과로 분석된다. ‘추진계획 일정의 합리성’ 항목은 최근 연구개발 과제의 대형화되는 추세에 따라 연구개발에 대한 ‘관리방안’ 내용이 추가되었으나 추진 계획 수립에 대한 중요도 비중은 감소되었다. 기타 ‘유사 연구개발 실적’과 ‘소요 예산 산출 근거’, ‘예산산정의 적절성’ 항목은 가중치 배점이 증가되었으며 ‘시험평가 및 입증방안’과 ‘재무구조 및 경영상태, 투자계획’ 등

표 8. 평가지표 항목 및 가중치 배점 비교표(주; 증감비교 ↑: 배점증가, ↓: 배점감소)

변경사항	기존 평가지표 항목	기존배점 (A)	신규 개발 평가지표 항목	신규배점 (B)	증감비교(주) (B-A)
신규항목	-	-	관련 핵심기술 보유수준	13.6	13.6 ↑
	-	-	제안요구이해도 및 개발방안	9.1	9.1 ↑
	-	-	국산화 계획	4.6	4.6 ↑
삭제항목	연구개발 기대성과 및 파급효과	10	-	-	10.0 ↓
	연도별 목표 및 연구내용의 적절성	10	-	-	10.0 ↓
세분화 배점증가	연구책임자의 전문성, 연구팀 구성 및 참여 연구원의 적절성	10	연구책임자 전문성 및 경력	12.4	15.0 ↑
			연구 참여 구성원 경력/전문성	12.6	
내용추가/ 배점감소	추진계획 및 일정의 합리성	15	추진계획 일정의 합리성 및 관리 방안	4.0	11.0 ↓
배점증가	연구개발 실적	5	유사 연구개발 실적	10.0	5.0 ↑
	소요예산 산출근거 및 예산 운용의 적절성	5	소요예산 산출근거, 예산산정의 적절성	7.0	2.0 ↑
배점감소	시험평가 및 입증방안	15	시험평가 및 입증방안	6.8	8.2 ↓
	기타(재무구조 및 경영상태, 투자계획 등)	10	재무구조 및 경영상태, 투자계획	4.6	5.4 ↓
	소요기술 식별 및 기술적 접근방법의 적절성	15	소요기술 식별 및 기술적 접근방법	10.8	4.2 ↓
	연구시설 및 장비 확보 정도	5	유사 기술 장비 및 관련 시설확보	4.5	0.5 ↓
	배점 합계	100	배점 합계	100	

의 나머지 항목은 배점이 하향 조정되었다. 이는 핵심기술 연구 개발 제안서 평가의 목적이 시험평가 계획수립과 경영상태 및 관리방안 보다는 첨단기술의 개발능력에 더욱 중요한 비중을 둘 필요가 있다고 판단하고 있음을 알 수 있었다.

개발된 새로운 평가지표의 항목과 가중치 배점 결과를 종합적으로 분석하여 보면 다음과 같다. 핵심기술 연구개발 제안서 평가에서 가장 중요한 요소는 국방핵심기술 관련 기술을 보유하고 연구개발에 투입하는 연구책임자와 참여 연구 인력의 전문역량인 것으로 나타났다. 다음으로 소요기술을 식별하고 기술적 접근방식과 유사연구개발 실적이 비중이 높은 항목으로 분석되었다. 이러한 결과는 기존의 제안서 평가에서 연구 계획이나 목적을 적절히 구성하고 연구결과와 파급효과 등 제안서 내용의 형식적인 평가를 지양하고, 연구개발 보유인력의 전문능력과 국방관련 핵심기술 보유 기술수준을 제안서 평가시 연구개발 성공의 중요한 평가기준으로 판단하여 목표 달성을 위한 실질적인 제안서 평가가 가능하도록 목적성이 뚜렷하게 반영되었다고 판단할 수 있다. 따라서 전문가의 의견을 체계적으로 수렴하여 개발된 평가지표를 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가에 적용하면 평가의 목적성에 부합하고 전반적인 제안서 평가의 객관성이 더욱 향상될 것으로 판단된다.

#### 4. 결론 및 추후 연구방향

본 연구에서는 국방획득업무 개선의 일환으로 국방핵심기술 연구개발사업의 평가시스템을 고찰하고, 특히 제안서 평가의 객관성과 공정성을 확보하기 위한 방안으로 평가지표 설계에 처음으로 공리적 설계 기법을 적용하고 전문가의 의견을 체계적으로 수렴하는 설문조사를 바탕으로 평가지표를 개발하였다. 국방 핵심기술 평가지표 개발의 결론과 시사점은 다음과 같다.

첫째, 평가지표 설계에 공리적 설계 개념 적용을 시도하여 독립성을 만족하는 평가 항목을 체계적으로 설계하였다. 설계된 평가지표 항목은 요인분석을 통하여 계층분류를 검증하였으며, 계층분석기법을 활용하여 객관적인 평가지표 항목의 가중치 배점을 도출하였다. 특히, 설문조사의 표본을 연구개발 관리 및 평가를 수행하는 평가기관과 제안서를 제출한 피평가기관의 담당자를 균등하게 포함시켜서 제안서평가 이해관계자의 의견이 다양하게 수렴되어 평가지표 개발의 객관성을 제고하도록 하였다.

둘째, 새롭게 개발된 국방핵심기술 연구개발의 평가지표는 연구개발의 환경변화와 사업의 목적과 특성을 반영하도록 개선되었다. 과거 연구개발의 추진계획과 시험평가에 중요성을 두고 평가하던 제안서 평가지표에서 국방핵심 관련기술의 보유수준과 개발 투입인력의 전문성과 능력을 중요시하여 성과 달성을 위한 실질적인 평가지표로 항목구성이 변경되었다. 또한 연구개발의 기대성과나 파급효과는 사업화된 과제의 주관

기관 선정을 위한 제안서 평가지표로서는 의미가 없어 개선지표에서 배제되었으며, 국가경제 기여를 위한 국산화 계획이 추가된 것도 주목할 만한 내용이다.

셋째, 기존의 평가지표와 개발된 평가지표의 비교분석에서 새롭게 개발된 평가지표를 활용하면 국방핵심기술 연구개발 제안서 평가의 객관성과 평가에 대한 신뢰도가 증가될 것으로 판단되었다. 연구 목표와 연차별 계획수립, 파급효과 등의 형식적인 평가항목은 배제하고 관련 핵심기술의 보유수준과 개발투입인력의 전문성에 대한 평가항목이 추가되어 제안기관의 기술력 및 전문 인력의 보유 수준에 따른 평가가 반영되어 연구개발의 성공을 위한 실질적인 제안서평가가 되도록 개선되었다. 따라서 국방연구개발 제안서 평가관련 전문가 의견이 종합적으로 반영된 신규지표는 평가의 합목적성과 객관성을 높이며 또한 평가의 신뢰도를 제고하는데 크게 기여할 것으로 판단된다.

본 연구는 국방핵심기술 연구개발의 제안서 평가목표에 맞는 평가항목 설계 및 객관적인 평가항목의 가중치 배점설정을 위해 공리적 설계, 요인분석 및 계층분석기법 등 체계적이고 과학적인 기법을 적용한 시도에 의의가 있다. 향후 국방핵심기술의 연구개발 단계별 중간평가 및 성과평가에 적용할 지표 개선으로 적용 범위를 확대하여 실증연구를 추진하면 국방핵심기술 연구개발 평가 전반에 대한 신뢰성과 위상을 제고할 수 있을 것이다. 본 연구 결과로 도출된 평가항목들은 일반연구개발 평가에도 직접 적용할 수 있는데 국방핵심기술 연구개발에 특화된 연구개발 제안서 과제별 특성을 뚜렷하게 반영하지 못한 한계점은 가지고 있다. 따라서 논문에서 제안된 평가지표의 실무적용을 위해서는 추가적으로 연구개발 기획·정책부서에서 과제별 특성 및 정책방향을 고려한 전략적인 요소의 반영이 필요하다고 판단된다. 마지막으로 평가지표는 연구개발 환경변화에 따라 발전시켜 나가야 할 사항으로 적절한 표준지표로 인식될 때까지 개선연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- Cho, K. T., Jo, Y. G., and Kang H. S. (2003), *The Analytic Hierarchy Process*, Donghyun Pub., Seoul, Korea.
- Cho, K. T. (2002), Aggregation of Multi Evaluator's Weights in Applying the AHP to Evaluate Technology Alternatives, *Korea J. of Management Science*, 19(2), 139-153.
- Ho, W. (2007), Integrated analytic hierarchy process and its application-A literature review, *European Journal of Operational Research*, Article in Press.
- Hong, H. D. (2001), Comparative Analysis on the Evaluation Systems of the Public R&D Programs in the Developed Countries, *J. of Korea Technology Innovation Society*, 4(3), 275-290.
- Hong, S. W. (2003), Assessing R&D Best Practices in Technological Best Practices in Technological Innovation Process, *IE Interface*, 16(2), 125-139.
- Linck, J. (2001), A Decomposition-Based Approach for Manufacturing System Design, Ph.D. Thesis, *Massachusetts Institute of Technology*.

Ministry of National Defense (2004, 2006), Defense White Paper, The Republic of Korea, www.mnd.go.kr.  
 Roessner, D. (1989), Evaluating Government Innovation Programmes: Lessons from the US Experience, *Research Policy*, 18(6), 343-359.  
 Saaty, T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, New York, McGraw-Hill, Inc.  
 Saaty, T. L. (1990), How to make a decision : The Analytic Hierarchy Process,

*European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.  
 Suh, Nam P. (1999), A Theory of Complexity, Periodicity and the Design Axioms, *Research in Engineering Design*, 11, 116-131.  
 Suh, Nam P. (2001), Axiomatic Design: advances and applications, Oxford University Press, New York.  
 Sykes, A. (1990), Macro Projects: Status, Prospects, and the Need for International Cooperation, *Technology in Society*, 12, 157-172.



### 김 찬 수

부산대학교 기계공학과 석사  
 부산대학교 산업공학과 박사  
 국방과학연구소 선임연구원  
 현재 : 국방기술품질원 선임연구원  
 관심분야 : MOT, R&D 기획/평가, 기술평가



### 조 규 갑

미국 Univ. of Alabama 석사  
 미국 Pennsylvania State Univ. 박사  
 현재: 부산대학교 산업공학과 교수  
 관심분야: MOT, GT, 공정계획자동화