

국가 건설교통 R&D 사업의 실용화 향상을 위한 기술성숙도평가 기반 R&D 평가모델 수립에 관한 연구

Implementation of TRL and TRA tools to Korean Construction and Transportation R&D Evaluation for Improving Practical Use

김 남 균* 안 병 호** 이 현 석*** 최 재 흥**** 박 상 혁***** 김 예 상*****
Kim, Nam-Gyun An, Byung-Ho Lee, Hyun-Seok Choi, Jae-Hong Park, Sang-Hyuk Kim, Yea-Sang

Abstract

Recently as the advent of knowledge-based competition, the major industrialized countries including Korea, are expanding their R&D investment and promoting policies for diffusing of R&D performance. For this, NASA, DoD and such agencies in the United States define Technology Readiness Level (TRL) as a quantified indicator for performance management, and also impose Technology Readiness Assessment (TRA) as a evaluation system, that evaluates technology maturity using TRL. These tools are judged to be very effective in R&D projects especially with the object of practical use. When this concept is applied to the domestic national construction and transportation R&D project for the purpose of practical use, it is expected that the evaluation system overcomes its weakness of focusing only on academic results and improves significantly on intent of achieving practical use. Thus in this study, TRL/TRA implementation model of construction and transportation R&D project for achieving purpose of practical use is presented through an analysis of TRL/TRA concept and domestic national construction and transportation R&D project's characteristics and current evaluation/management system.

Keywords : *Construction and Transportation R&D, Technology Readiness assessment (TRA),
Technology Readiness Level (TRL), Practical use*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 세계적으로 지식기반 경쟁시대가 도래함에 따라서 지식
과 기술혁신이 국가경쟁력과 경제성장의 핵심요소로 부상하고

있다. 미국·영국 등 주요 선진국은 R&D 투자를 확대하고,
R&D 성과의 활용을 촉진하기 위해 체계적이며, 전략적인 성과
확산 정책을 추진하고 있다.

우리나라 정부도 신성장동력 창출을 목표로 매년 R&D 예산
을 크게 확대하고 있다. 그러나 연구 성과의 양적 수준 증가에도
불구하고, R&D 투자의 효율성은 OECD 평균수준으로 미국·

* 일반회원, 성균관대학교 대학원 초고층장대교량학과 석사과정, outtorun@skku.edu

** 일반회원, 성균관대학교 대학원 초고층장대교량학과 석사과정, xabh84x@skku.edu

*** 일반회원, 성균관대학교 대학원 초고층장대교량학과 석사과정, hs1216,lee@skku.edu

**** 일반회원, 성균관대학교 대학원 초고층장대교량학과 석사과정, jhchoi@skku.edu

***** 일반회원, 한미글로벌 건설전략연구소 소장, 공학박사, parksh@hmglobal.com

***** 중신회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), yskim2@skku.ac.kr

일본 등 선진국보다 낮은 것이 현실이다. (유명희 2010)

이와 같은 문제점을 개선하기 위해, 정부는 「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」을 제정하고 5개년 단위의 「연구성과 관리·활용 기본계획」을 수립하여, 성과중심의 R&D 평가를 통한 연구성과의 확산 및 실용화를 위해 노력하고 있다. 이러한 국내외 환경변화에 따라서, 건설교통 R&D 사업의 실용화 향상을 위한 객관적이고, 체계적인 성과관리 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

건설교통 R&D사업은 공공기술 위주의 R&D로서, 목적·수요자·성격·주체 측면에서 타 분야의 R&D와 큰 차이가 있음에도 불구하고, 이러한 특성이 충분히 반영된 실용화 전략의 부재로 인해, R&D 성과물이 실용화되어 현장에 적용되는 건수는 점점 줄어들고 있는 추세이다. (박환표 2010) 그러므로 현재의 성과관리 체계의 문제를 해결하기 위해서는 개별 R&D 사업의 특성에 따른 연구단계별 평가체계의 확립이 필요하며, 이를 기반으로 하는 실용화 향상 방안이 수립되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 건설교통 R&D 사업의 단계별 성과관리 체계 확립을 위해, 현재 미 항공우주국(NASA)과 미 국방부(DoD), 미 에너지부(DoE) 등에서 활용하고 있는 기술성숙도(Technology Readiness Level: 이하 TRL) 및 기술성숙도평가(Technology Readiness Assessment: 이하 TRA) 개념을 적용한 평가모델을 제시하고자 하며, 이를 바탕으로 건설교통 R&D 사업의 실용화 향상 방안을 모색하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설교통 R&D 사업에 TRA를 기반으로 하는 평가모델 수립 방안을 제시하기 위한 것으로 연구의 범위와 방법은 다음과 같다.

- (1) 현행 건설교통 R&D 평가 체계를 조사하여, R&D 사업의 실용화를 저해하는 요인을 분석한다.
- (2) TRL·TRA의 이론적 배경과 기본개념을 연구하고, TRL의 해외 적용사례를 조사한다.
- (3) 건설교통 R&D 사업의 유형에 따라 재정의 된, 9단계의 TRL 지표를 도출하여 Sample로 제시한다.
- (4) 본 연구에서 대상으로 하는 R&D사업은 국가 건설교통 R&D사업으로 한정하며, 건설교통 R&D 종합관리기관(이하 전문기관)이 활용할 수 있는 모델 제시를 목적으로 한다.

2. 건설교통 R&D 평가 체계 분석

2.1 건설교통 R&D사업의 평가 체계

현행 국가 건설교통 R&D사업에 대해 전문기관이 시행하는 각종 평가는 그림 1과 같이, 그 시점과 성격에 따라서 ‘연구개발 과제 선정평가’, ‘중간평가’ 또는 ‘단계평가’, ‘최종평가’로 이루어지며, 이와는 별도로 필요에 따라서, ‘진도관리’와 ‘자체평가’를 수행하기도 한다.

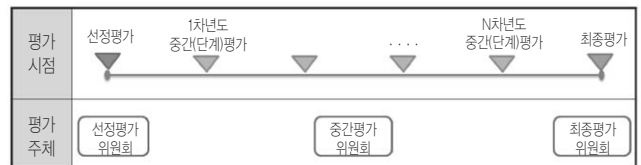


그림 1. 건설교통 R&D 사업 평가 유형

이때 각 단계평가는 해당 사업이 계획된 대로 수행되고 있는가의 여부와 최종성과의 성패를 예측할 수 있는 가장 중요한 단계로, 다른 어떤 평가보다도 객관적이고 체계적인 평가 및 관리방법이 요구된다. 현행 건설교통 R&D 단계평가는 그림 2와 같이 연구기관에서 제출한 해당 연구의 평가 관련 자료를 전문기관에서 사전 검토 후, 평가위원회에서 평가를 실시한다. 이렇게 도출된 평가결과를 토대로 운영위원회의 심의를 거쳐 차기년도 협약 체결 여부를 결정한다.



그림 2. 단계평가 절차

단계평가는 총 100점 만점 중 실적평가에 대한 정량평가와 정성평가, 향후 계획에 대한 정성평가 등으로 구분하여 이루어진다. 이중 실적에 대한 정량평가는 각 연구목표에 대해 연구기관이 제시한 성과지표에 따라 목표지와 달성치를 근거로 평가하며, 정성평가는 5등급 척도에 따라 평가가 이루어진다. 이후 정량평가와 정성평가의 점수를 합산하여 최종적인 평가등급을 결정하는데, 계속 과제의 경우 60점 이상이면 계속 연구를 수행할 수 있지만, 50점 미만이면 중단하여야 하고, 종료 과제에 대해서

는 60점 미만일 때 실패과제로 분류된다. 이하 표 1부터 4는 기 수행되었던 연구과제에서 사용된 평가항목 및 각종 기준의 사례이다. (한국도로공사 초장대교량사업단 2011)

표 1. 사업단규모 R&D 세세부과제 단계평가 항목 사례

구분	기준항목	평가항목	배점	
실적평가 (60)	정량평가(20)	목표달성도(20)	성과지표 달성도	20
		정성평가 (40)	연구성과 (30)	당해 연구추진 결과
	연구결과의 우수성			10
	연구결과의 활용가능성		10	
	연구개발 수행과정 (10)	연구수행방법의 적절성	10	
- 수행체계 타당성 - 예산집행의 적정성 등				
계획 평가 (40)	정성평가 (40)	차기년도 연구수행 계획 (40)	연구목표의 적정성 및 구체성	10
			목표달성을 위한 연구내용 및 성과지표의 적정성	10
		최종성과물 실용화 추진계획 적정성	10	
		연구내용 및 예산배분의 적정성	10	

표 2. 정량평가의 목표달성도 평가표

연구 목표	성과 지표	목표치	달성치	목표달성도[%] (달성치/목표치)	가중치	평가점수 (목표달성도 × 가중치)
성과지표 평가점수 합계					1.0	
성과지표 평가등급*						
95점 이상	90점 이상 95점 미만	80점 이상 90점 미만	70점 이상 80점 미만	70점 미만		
S (탁월)	A (우수)	B (보통)	C (미흡)	D (불량)		

표 3. 단계평가 등급 결정 기준

- 계속과제

평가등급	조기완료	계속	보완	중단
평가점수	우수, 보통	60점 이상	50점~60점 미만	50점 미만

- 종료과제(선완료과제)

평가등급	우수	보통	성실실패 / 불성실실패
평가점수	90점 이상	60점 ~ 90점 미만	60점 미만

표 4. 정성평가 기준(5등급 척도) 사례

평가등급	평가기준
S (탁월)	<ul style="list-style-type: none"> 기대수준 대비 탁월한 수준 평가항목에서 요구하는 평가내용을 충분히 만족시킨 경우나 탁월한 노력에 의한 실적
A (우수)	<ul style="list-style-type: none"> 기대수준 대비 우수한 수준 평가항목에서 요구하는 평가내용을 대체로 만족시킨 경우
B (보통)	<ul style="list-style-type: none"> 기대수준을 충족하는 수준 평가항목에서 요구하는 평가내용을 겨우 만족시킨 경우 (문제는 있으나 개선 노력 중)
C (미흡)	<ul style="list-style-type: none"> 기대수준 대비 다소 미흡한 수준 평가항목에서 요구하는 사항에 미흡한 경우(개선이 필요함)
D (불량)	<ul style="list-style-type: none"> 기대수준 대비 매우 미흡한 수준 평가항목에서 요구하는 평가사항의 상당부분이 결여되거나 부족한 경우 (수행 정도가 매우 부족함)

2.2 실용화 관점에서 본 평가체계의 문제점

실용화를 목적으로 하는 R&D사업의 성과관리에 있어서 가장 중요한 것은 연구가 종료되었을 때 연구 성과물이 실용화 단계 수준에 이르렀는가를 판단하는 것으로 그 연구가 이론적으로 타당한가의 여부와는 다른 차원에서 관리되어야 한다. 즉, 기존의 정량적 평가지표로 주로 활용되고 있는 연구논문의 발표실적, 특허취득 실적, 공청회 개최 등은 목표 달성치가 아무리 높다 하여도 직접적인 실용화 수준의 판단 기준으로 활용하기에는 무리가 있다. 또한 정성적 평가기준 역시 상당부분 '기대수준'이라는 애매한 기준에 의존하고 있으며, 실용화의 개념은 나타나있지 않다. 결국 연구지원이 계속되는 것으로 판정이 나거나 최종 성과가 성공으로 평가된다 하여도 향후 실용화가 가시적인지 또는 이미 실용화 목적을 달성하였는지를 판단할 수 없게 된다. 비록 이론적으로는 우수한 성과가 도출되었다 하더라도 실용화는 또 다른 노력과 더 많은 시간을 요하게 되므로 실용화 수준의 직접적인 판단기준이 없는 국가가 지원하는 R&D사업의 예산낭비로 이어질 가능성이 크다.

3. TRL 및 TRA의 기본 개념과 절차

3.1 TRL의 목적과 특징

기술이행단계, 기술성숙도, 기술준비수준 이라고도 부르는 TRL의 개념은 1980년대 미 항공우주국(NASA)에서 처음 제안되어 이후 미 국방부(DoD), 미 에너지부(DoE)에서도 도입·활용하고 있으며 R&D사업의 기초연구부터 실용화 또는 사업화에 이르는 단계를 9단계로 나누어 각 단계별 기술수준을 판단할 수 있는 정량화된 측정지표를 제공하고 있다. R&D사업에 TRL을 적용하면, 연구를 수행하는 과정에 사업의 위험성과 실용화의 성공 잠재력을 측정할 수 있으며, 주요 의사결정시점에서 해당 사업의 계속 진행여부나 투자 등과 같은 결정을 객관적이고 체계적으로 내릴 수 있다. (박준수 외 2009)

따라서 TRL 개념을 실용화를 목적으로 하는 국가 건설 R&D 사업에 적용할 경우 앞서 분석한 기존 평가체계의 문제점을 해결하는 데에 매우 유용할 것으로 판단된다. 이러한 TRL의 특징은 크게 3가지로 정의할 수 있다.

첫째, TRL은 개발자와 최종 사용자간의 공통된 의사소통 수단이다.

둘째, 기술 성숙의 의미는 그 기술이 어느 정도의 능력이 있는가를 의미하는 것이 아니라, 최종 목적물에 응용되어 쓰일 수 있 기까지 어느 정도 준비가 되어 있는가를 의미하는 것으로, 기술

표 5. 미국 NASA와 DoD의 TRL 정의

구분	Definition		
	수준	NASA	DoD
기술 개발	1	• 관찰된 혹은 보고된 기초원리	• 기본적인 원리가 관찰되고 보고되는 단계
	2	• 형성된 기술개념과 응용	• 관찰되어진 원리와 성질로 인해 실제적인 개념과 응용기술이 발명되는 단계
	3	• 분석적인 혹은 실험적인 핵심기능/특성 증명	• 해석적 연구와 이의 물리적 검증위한 연구실 기반 연구수행단계
	4	• 실험실 환경에서 구성요소나 전체 확인	• 기술 기본요소들이 통합되어 함께 작동하는 것을 연구실환경수준에서 시현되는 단계
개발된 기술의 체계 적용성 확인	5	• 적절한 환경에서 구성요소나 전체 확인	• 기술 기본요소들이 통합되어 함께 작동하는 것을 모사된 환경이나 실제 환경과 유사한 수준에서 시현되는 단계
	6	• 적절한 환경에서 시스템/하부시스템 모형이나 시작품 데모	• 시 제작된 시스템이 실제와 연관 있는 환경에서 시현되는 단계
체계 개발	7	• 실제 환경에서 시스템 시작품 데모	• 시 제작된 시스템이 실제 운용환경에서 시현되는 단계
	8	• 실제시스템 완료 및 시험데모를 통한 가능성 인증	• 최종 형상과 조건에서 작동함이 증명된 기술 단계
	9	• 성공적인 작동을 통한 양상	• 임무상황 하에서 기술이 최종적으로 적용된 것으로 시현하는 단계

자체의 가치나 능력과는 근본적으로 관련이 없다.

셋째, TRL은 확인된 결과를 토대로 제품개발을 위한 구체적인 성능, 사양, 비용 등의 목표가 결정되는 민간기업의 'Bottom-up 기술 개발방식' 과 달리 최종 사용자(End user)의 요구사항을 기반으로 하는, 제품개발의 요구조건에 맞추어 기술 개발 목표가 결정되는 'Top-Down 기술 개발방식' 에 맞추어 개발된 평가지표이다.

3.2 TRA 개념 및 수행절차

TRA는 R&D사업의 목표달성을 위하여 해당 사업에서 핵심이 되는 기술들(Critical Technology Elements: 이하 CTE)을 식별하고, 주요 평가시점까지 연구된 결과물들이 TRL의 어느 수준에 이르렀는지를 판단하는, 공식적이고 책임 있는 일련의 과정을 뜻한다. (박준수 외 2009)

TRA를 수행하기 위해서는 먼저 평가하고자 하는 기술분야에 대해 TRL의 각 단계를 '환경', '결과물', '기능구현' 의 3요소에 맞추어 정의하고 그림 2와 같이 기술개발의 과정에 따른 프레임워크와 주요 의사결정 시점인 마일스톤을 정의한다. 이때 프레임워크란 기술이 개발되어 제품 등에 상용화되기까지 일련의 생애주기를 단계별로 구분하여 나타낸 것으로, R&D사업의 총 생애주기를 TRL 단계별 생애주기로 정의한 것이며, 마일스톤은 그러한 단계간의 진행여부를 판단하는 중요 의사결정 시점을 의미한다. 따라서 R&D사업의 평가자는 각각의 마일스톤에서 목표 TRL을 설정하고 TRA를 수행함으로써, 해당시점에서 목표를 달성하지 못한 채 다음단계로 진행되는 것을 방지할 수 있고 연구수행의 리스크를 제거하는 한편, 성공가능성을 높게 된다. (DAU 2011)

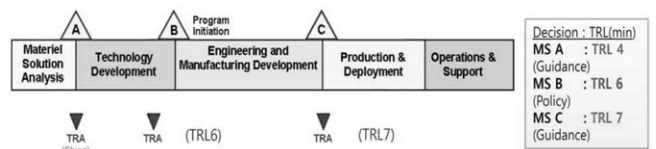


그림 3. DoD의 무기개발 프레임워크 및 마일스톤

한편, CTE는 개발하는 기술의 완성을 위해 충족되어야 할 절대적인 요소기술을 의미한다. 따라서 각 CTE가 어느 TRL 수준에 있는가를 평가하면, 그것이 전체 기술의 TRL 수준을 결정하게 된다. 그러므로 CTE를 도출하는 과정은 TRA에서 가장 핵심이 되는 과정이며 이 과정을 객관적이고 정확하게 수행하기 위하여 CTE 식별 체크리스트 등의 보조도구와 전문가 의견을 활용한다. 이때 CTE 식별 체크리스트란 해당 연구가 개발하고 있는 기술을 WBS로 분류하고 하위 수준으로 도출되는 주요기술이 CTE로서 자격을 갖추 수 있는 가를 판단하는 기준을 말한다. CTE 도출 프로세스는 아래 그림 4와 같다.

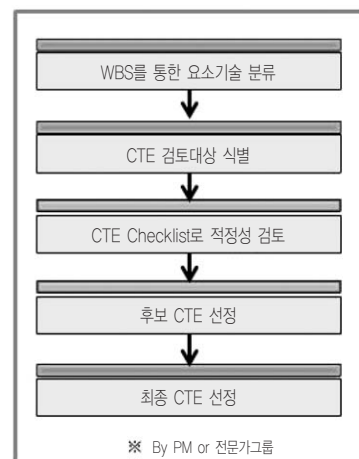


그림 4. CTE 도출 프로세스

표 6. CTE 식별 체크리스트

단계	CTE 체크리스트	기준
Set (I)	해당 기술이 운용 요구사항, 비용, 일정 등에 중대한 영향을 주는가?	반드시 충족
Set (II)	해당 기술을 개발하거나 시연하는데 중대한(실패) 위험이 예상되는가?	적어도 하나 이상 충족
	해당 기술이 새롭거나 독창적인가	
	기존의 성공적으로 적용된 이후에 급변 개발 시 변경된 기술이 있는가?	
	해당 기술이 새로운 유사환경 (relevant environment)에 적용되는가?	
	원래의 설계목적이나 시범된 능력을 뛰어넘는 환경조건과 성능의 충족이 요구되는가?	

이와 같은 절차에 의해 도출된 CTE에 대한 TRL의 평가는 각 수준별로 정의된 평가 체크리스트를 활용한다. 이 평가 체크리스트는 어떤 형태의 연구 결과물이 어떠한 환경에서 어떻게 구현되는지를 묻는 질문들로 구성되며(표 6) 각 단계에 대한 기술 성숙도는 의사결정 플로 차트(Decision Process Flowchart, 그림 4)를 이용해 판단한다. 의사결정 플로 차트는 각 단계별 기술 성숙 여부를 판정하고 이에 따라 다음 상위단계로 평가 프로세스가 이동할 수 있는지를 결정하는 기준이 되며 판정기준은 아래와 같이 3가지로 구분한다. (박준수 외 2009)

- (1) Green: 체크리스트 항목 중에서 충족되는 항목이 80%를 넘는 경우에 현재 설정된 TRL 단계를 달성한 것으로 판정
- (2) Yellow: 체크리스트 항목 중에서 충족되는 항목이 60 ~ 80%인 경우에는, 나머지 미 충족된 요소들이 사업에 치명적인 영향을 주지 않는지를 별도로 확인한 이후에 설정된 TRL 단계를 달성한 것으로 판정
- (3) Red: 체크리스트 항목 중에서 충족되는 항목이 60% 미만인 경우에는 현재 설정된 TRL 단계를 달성하지 못한 것으로 판정.

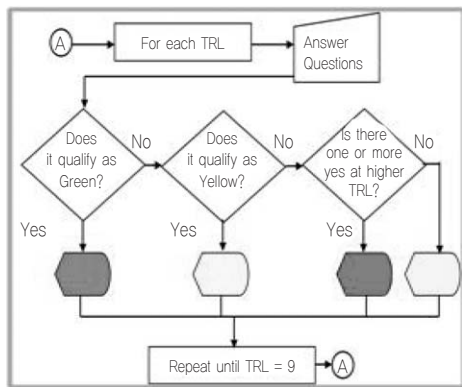


그림 5. CTE에 대한 TRL 평가 프로세스

이상과 같은 절차로 해당 R&D사업을 통해 개발된 CTE를 TRL 1부터 평가해가면 가장 낮은 단계에 머물러 있는 CTE의 TRL 수준이 전체 R&D사업 성과물의 기술성숙도 수준을 제어

하게 된다. 즉 어느 CTE 하나가 성숙되어있지 못하다는 것은 그로 인해 전체 성과물이 성숙도나 실용화 측면에서 상위 단계로 발전할 수 없음을 의미한다.

표 7. DoD의 TRL 체크리스트 질문 예시 (TRL 1단계 및 2단계)

TRL 1	
B	대략적인 계산이 개념에 부합하는가
B	기본원칙(물리, 화학, 수학)이 개념에 부합하는가
S	소프트웨어를 통하여 그 개념을 뒷받침할 수 있는가
S	일반적인 관점에서 알려진 소프트웨어 요구사항이 있는가
B	연구 논문이 새로운 기술에 대한 기본적 과학 원리를 뒷받침 하는가
S	개념에 대한 수학적 공식의 연구가 있었는가
S	사용할 알고리즘에 대한 기본 원칙들이 구성되었는가
B	과학적 방법론이나 접근법을 개발했는가
TRL 2	
B	잠재적인 시스템이나 구성 요소에 대한 어플리케이션을 발견했는가
B	연구 논문이 그 시스템이나 구성요소에 대한 어플리케이션에 대한 타당성을 입증하는가
B	명확한 설계 방법을 개발했는가
H	기술의 기본 구성 요소를 확인한 적이 있는가
B	사용자 인터페이스가 만들어 졌는가
H	기술이나 시스템 구성요소에 대해서 조금이나마 특성화 시켰는가
H	각 구성요소에 대한 성능 예측을 문서화 하였는가
S	기본 원리에 대한 대략적인 소프트웨어 코딩을 문서화 하였는가
B	기능적 요구사항들을 만들어 내는 과정을 시작했는가
H	대략적인 분석은 기본적인 과학 원리에 부합하는가
S	여러 가지 데이터를 통한 실험으로 개념을 검증하였는가
B	기초 과학적 원리들은 분석적 연구를 통해 확인되었는가
B	기술의 모든 부분들은 각각 개별적으로 작동하는가
S	소프트웨어를 돌리기 위한 하드웨어를 쉽게 구할 수 있는가
B	출력 장치를 사용할 수 있는가

※ H: Hardware 기술에 적용 / S: Software 기술에 적용 / B: 모두 적용

4. 건설교통 R&D사업에의 TRL 및 TRA 적용기반 구축

4.1 적용대상 건설교통 R&D 유형의 선정

TRL 및 TRA 개념을 국가 건설교통분야의 R&D사업에 적용하려면 앞서 설명한 기본적인 방법과 절차를 건설교통분야에 맞도록 변형하는 것이 필요하다. 이는 TRL과 TRA가 불변의 원칙에 근거한 것이 아니기 때문에 충분히 가능하며 효과적인 적용을 위해서는 반드시 필요한 절차이기도 하다. 이때 가장 먼저 고려하여야 할 사항은 '어떠한 유형의 R&D사업에 본 개념을 적용할 것인가?' 이다.

건설교통 R&D사업의 유형은 일반적으로 공법/기법, 재료/자재, 소프트웨어, 장비/장치, 시스템의 5가지로 유형화할 수 있다. (정지윤 외 2011) 따라서 TRL 및 TRA 개념에 근거해 연구성과의 실용화 수준을 판단하려면, 각 유형별 TRL의 단계별 정의와 체크리스트 수립이 필요하다. 그러나 각 TRL의 완성도 판

정의 기준이 되는 CTE 도출에는 유형별로 큰 차이가 존재하는데, 예를 들어 재료/자재, 소프트웨어, 시스템 등과 관련된 연구는 CTE와 같은 요소기술에 의존하는 것이 아니라 최종 성과품의 구현 자체가 성패를 좌우하게 되며, 공법/기법 연구는 설계나 엔지니어링 기술과 관련이 깊고 사업별로 특성이 다양하여 CTE 도출의 가능성은 있으나 매우 복잡한 형태를 띠게 된다. 그러므로 본 연구에서는 TRL 및 TRA 개념을 가장 충실하게 따르면서 실용화 평가에 효용성이 높을 것으로 예상되는 장비/장치 관련 R&D사업을 대상으로 적용방법을 제시하였다.

4.2 장비/장치 R&D의 TRL 및 체크리스트 정의

본 연구에서는 건설교통 R&D 유형 중, 장비/장치 유형 사업에 대해 '환경', '결과물', '기능구현' 등의 관점에서 TRL 9단계를 정의하기 위한 지표를 표 8과 같이 설정하고 표 9와 같이 9단계의 TRL을 정의하였다.

표 8. 장비/장치 유형 TRL 정의를 위한 지표 설정

TRL	구분	장비/장치		
		환경	결과물	기능구현
1	기술/기획	문헌		기본원리
2		문헌		응용개념형성
3	시험단계	실험실	개별기술	기능정의 (해석적/물리적검증)
4		실험실	실험실크기	성능시험
5	현장적용 검토단계	유사환경	실험실크기	신뢰성시험
6		유사환경	시제품	시제품 성능평가 (신뢰성시험)
7	현장적용 단계	실제현장	시제품	시제품
8				성능평가 (사용성시험)
8	현장적용 단계	실제현장	원제품	Operational (LimitedRange)
9				Operational (fullRange)

표 9. 장비/장치 유형 TRL 9단계 정의

TRL	건설교통 R&D 장비/장치 유형 TRL Definition
1	기본적인 과학 원리가 관찰하고 보고되는 단계 (순수이론단계)
2	기술적 응용개념 또는 아이디어가 형성 됨
3	해석적 연구와 실험적 연구를 통해, 개별 요소의 기능과 특성을 개념적으로 정립
4	실험실 환경에서 Bench scale 모델의 성능을 평가함
5	유사 환경에서 Bench scale 모델의 성능을 평가하고 신뢰성을 시험 함
6	유사 환경에서 Prototype 모델의 성능 및 신뢰성을 평가 함
7	Prototype이 실제 현장에서 사용 가능함을 증명
8	원제품이 제한 된 실제현장에서 사용가능함을 증명
9	원제품이 실제현장에서 적합성을 증명

TRL 정의와 마찬가지로 상세 평가에 사용될 체크리스트의 항목도 해당 사업에서 선정된 CTE의 특성에 맞도록 보완되어야 한다. 이를 위해, 장비/장치 R&D의 TRL 정의를 바탕으로 각 단

계별 체크리스트를 표 10과 같이 작성하였다. 이 체크리스트에서는 각 항목을 충족하고 그 평가 근거가 있는 경우에는 '충족'에 체크를 하고, 평가 근거가 불분명하거나 충족하지 못했을 경우에는 '미충족'의 항목에 체크하며, 주어진 항목이 평가대상 CTE와 관련이 없다면 N/A에 체크한다. 각 단계의 충족 여부를 판단하는 기준으로는 체크리스트 항목 중 충족되는 항목의 비율에 따라 의사결정 플러 차트를 통해 Green(80%~), Yellow(60~80%), Red(~60%)로 평가한다.

표 10. 장비/장치 유형 TRL Checklist

TRL	Checklist	충족	미충족	N/A
TRL 1	개괄적인 기술개발 환경에 대해 알고 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	새로운 기술에 적용되는 물리적 법칙과 가정이 정의되어 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	문헌 또는 이론 연구를 통해 시본적인 원리를 확인하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	기술에 적용되는 기본적인 과학 원리를 파악하고 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
기본적인 과학 원리를 관찰하고 보고되는 단계 (순수이론단계)	연구 가설을 수립하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	잠정적인 시스템이나 구성기술의 응용개념이 식별되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	문헌 또는 이론 연구를 통해 응용개념이 실현 가능함을 확인하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	이론적 혹은 실험적인 설계 해법이 확인 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 2	기초 분석을 통해서 주요 기능 요소들이 파악되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	상세 분석을 통해서 기본 원칙을 검증하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	개별 기술 요소들이 작동 됨을 확인하였다. (개별 요소간 통합은 시도되지 않음)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	사용 가능한 출력 장치를 알고 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
기술적 응용개념 또는 아이디어가 형성 됨	어떤 실험을 수행해야 하는지 알고있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	기본적인 기술요소가 식별 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	기술을 구성하는 요소들의 특성이 일부 기술되어 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	각 요소의 성능이 예측 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 3	물리적 원칙을 검증하는데 모의 분석 기법만을 사용 하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실험실 환경이 조성되어 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실험실에서 실험을 통해 응용기술의 실현 가능성을 입증하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cross-technology effect 를 식별하기 시작하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
해석적 연구와 실험적 연구를 통해, 개별 요소의 기능과 특성을 개념적으로 정립	이론 연구를 통해 기술 구성품의 연계가 가능하다는 것을 입증하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	측정 기준을 확립하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	과학적인 타당성 분석 결과가 시연되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	기술 현황 분석을 통해서 기술이 현재 요구와 부합하는지 확인하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 4	실험실에서 실험을 통해 기술적 성능 예측이 확인되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cross-technology effect 에 관한 문제가 모두 확인 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	최종 사용자의 시스템 요구 사항이 도출 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	단순화된 환경에서 기본적인 기능을 시연할 수 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
실험실 환경에서 Bench scale 모델의 성능을 평가함	실험실환경에서 제한적으로 체계 구성을 완료하였다.(실제 환경에서 구현 될 체계 구성과는 차이가 크다)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	가능적 WBS를 작성 함	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

표 10. 장비/장치 유형 TRL Checklist<계속>

TRL	Checklist	충족	미충족	N/A
TRL 4 실험실 환경에서 Bench scale 모델의 성능을 평가함	실험실 환경에서 각 구성품을 시험	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	구성품(인터페이스 포함) 을 모사하기 위해 모델링 및 시뮬레이션을 사용하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	가용한 구성품들을 활용하여 연구실 환경에서 실험을 실시하고 구성품들의 통합 동작 여부를 확인하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	구성품들의 호환성을 입증할 수 있는 하드웨어 및 전산처리장치	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 5 유사 환경에서 Bench scale 모델의 성능을 평가하고 신뢰성을 시험함	Cross-technology effect가 식별되고 분석을 통해 입증되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	시스템 인터페이스에 대한 요구 사항이 파악되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	구성품과 부체간의 실제 인터페이스가 테스트용 조립체로 구현되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실험실에서 구성된 통합체계가 실제와 유사한 환경에서 시험 할 준비가 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 6 유사 환경에서 Prototype 모델의 성능 및 신뢰성을 평가함	운용 환경과 유사한 실험 환경을 구축한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	통합사업팀은 요구사항 매트릭스를 개발한다.(임계값 및 목표값 설정)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	물리적인 작업분할 구조가 작성되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	체계의 모형이 모사하는 형상과 기능 요소들이 실제에 가깝게 개선 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 7 Prototype이 실제 현장에서 사용 가능함을 증명	Cross-technology effect의 이슈에 대한 측정과 성능 특성치의 검증이 완료 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	최종 시스템의 운용 환경(실제 적용현장)에 대해서 인지하고 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	모델링 및 시뮬레이션을 이용하여 운용 환경에서의 시스템 성능을 실험하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실제 운용 환경을 모사한 조건에서 시제품을 테스트 하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 8 완제품이 제한된 실제 현장에서 사용 가능함을 증명	실제 운용 체계와 기능적으로 거의 동일한 실험실 체계를 구축하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	공학적인 타당성이 모두 검증되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실험실 조건에서 구축된 체계를 테스트 하였다.(유사 환경 시험)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	시스템과 소프트웨어의 인터페이스에 대한 스트레스 테스트가 완료 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 9 완제품이 실제 현장에서 적합함을 증명	실제 운용환경이 구축 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	모사된 운용 환경에서 대부분의 기능을 시연할 수 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실험실에서 구축 된 기술을 대표적인 환경에서 시험을 실시하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	완전히 통합된 시제품을 실제 또는 모의 운용 환경에서 시연하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 9 완제품이 실제 현장에서 적합함을 증명	실제 환경에서 Prototype 모델의 테스트가 성공적으로 수행되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	가용하지 않은 요소들에 대해서는 모델링 및 시뮬레이션을 이용하여 모의분석을 하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	구성품들은 생산 가능한 단위로 개발되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	구성품들은 형상, 인터페이스, 기능 측면에서 운영 시스템과 호환 가능하다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 9 완제품이 실제 현장에서 적합함을 증명	실제환경에서(제한된) 형상, 인터페이스, 기능이 시연 되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	인터페이스 제어 프로세스가 완성되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	최종 아키텍처 다이어그램이 보고되어 있다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실제 환경에서(제한된)에서 모든 기능이 시연되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

표 10. 장비/장치 유형 TRL Checklist<계속>

TRL	Checklist	충족	미충족	N/A
TRL 8	실제현장에서 시험평가를 통해 장비/장치의 품질이 검증되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	사용성 평가가 완료되었으며, 시스템이 모든 요구사항을 충족한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 9	운용 개념이 성공적으로 구현되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	실제현장에 목표 장비/장치의 시스템 및 전력화가 완료되었다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRL 9 완제품이 실제 현장에서 적합함을 증명	실제 시스템을 완전히 시연하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	성공적인 운용을 통해서 전 현장에 적용 가능함을 검증하였다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3 CTE 식별

먼저 작업분할구조(WBS)를 기준으로 하여 CTE로 검토할 대상을 선정한 후, ‘요구성능 분석 → 기능 분석 → 설계요소 검토’ 과정을 토대로 하여 시스템의 목표 성능에 결정적이고 중대한 영향을 줄 수 있는 위험 요소를 분석하고 잠재적인 CTE 검토 대상을 식별한다.

CTE 검토 대상 설정 시, 너무 포괄적이거나 세부적으로 분류하면 무엇이 핵심적인 기술인지를 분간하기 곤란하므로 해당 사업에서 적절한 분류 수준을 선택하여야 한다.

4.4 마일스톤 설정

공식적인 TRA 활동은 R&D 사업의 주요 분기점(마일스톤)에서 수행되어야 하고, TRA는 평가 시점마다 현황을 판단할 수 있는 목표 성숙도(Target TRL)를 설정해 진행할 수 있다. TRA를 적용한다고 해서, 모든 TRL 단계(1~9)를 일일이 확인할 필요는 없으며, R&D 사업의 주요 마일스톤에서 다음 단계 연구의 진행 여부를 판단하기 위한 정보를 확인하는 것으로 충분하기 때문이다.

본 연구에서는 그림 5와 같이 건설교통 R&D사업의 프레임워크를 선형단계, 시제품 제작 및 시연단계, 현장적용단계, 제품화/실용화 단계로 설정하고, 이를 기반으로 TRL 4, 6, 7, 9 단계 종료시점을 주요 분기점으로 설정하였다.



그림 6. 건설교통 R&D 사업 Framework 및 Milestone

5. 건설교통 R&D TRA 적용 모델

5.1 건설교통 R&D TRA 프로세스

TRL은 궁극적으로 기술의 실용화 가능 여부를 판단하는 기준이 되므로 TRA는 기술의 최종 사용자 관점에서 이루어져야 한다. 예를 들어 국방분야의 경우, R&D를 통해 개발하는 최신 무기체계는 연구수행자가 누구인가와는 관계없이 완성된 최종 성과물의 사용자가 국방부가 될 것이므로 일관된 평가가 가능하다. 하지만, 국가 건설교통 R&D사업의 경우, 정부가 해당사업을 지원하고 관리하는 전문기관이 있고 있지만, R&D 성과물에 대한 최종 사용자가 국토해양부나 전문기관이 아니므로 이러한 운용환경의 차이점을 고려한 관리체계가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현재 전문기관이 수행하고 있는 연구관리 프로세스를 토대로, 그림 6과 같은 건설교통 R&D 사업의 TRA 적용 모델을 수립하였다. 기존 R&D 사업에 TRA를 적용하였을 경우, 적용 프로세스와 주요 내용은 다음과 같다.

먼저 전문기관은 R&D 유형별로 TRL 수준별 정의와 체크리스트를 마련하고, 발주되는 R&D사업에 대해 TRA 프레임워크 및 마일스톤을 설정한다. 전문기관은 R&D사업 공고 시에 연구기관들로 하여금 사업계획과 TRL평가를 위한 CTE를 제출토록 하고, 이를 검토하여 연구기관이 선정되면 협의를 거쳐 추후 평가를 위한 CTE를 확정한다. 이후 전문기관은 사전에 정해진 마일스톤에 따라 TRA를 관리하고 단계별 TRL 성숙도 평가는 전

문가들로 구성된 TRA 평가위원회가 담당한다. 기존 체계에서는 중간평가 결과로 여러 가지 평가 항목들 중에서 60점 이상만 달성하면 차년도 연구를 진행할 수 있었지만, TRA를 적용할 경우에는, CTE에 대한 TRA 결과로 차년도 연구의 계속 진행 여부를 판단하도록 한다.

TRA를 적용하기 위해 사업 참여 주체들의 단계별 역할을 도식화하였다. 수행에 직접적인 역할을 하는 부서는 역할과 책임에 따라 '사업 관리부서, 연구 기관, 기획부서, 평가위원회'의 4가지 부서로 구분할 수 있다.

5.2. 미성숙 CTE 후속 조치 방안

TRA 수행 결과 목표 TRL에 도달하지 못한 미성숙 CTE의 경우에는 R&D 사업 참여 주체 간 협의를 통하여 별도의 기술성숙 계획을 수립해야 한다. (DoE 2008) 즉, 마일스톤에서 중간평가에 해당하는 TRA 과정에서는 최초 개발 목표에 도달하지 못한 미성숙 된 CTE를 그대로 활용하거나 최초 개발 목표를 충족하는 수준에 이를 때까지 해당 CTE와 관련된 기술적용을 연기하는 방안, 또는 대체 기술을 활용하는 방안 등을 모색할 수 있다. 그러나 최종 평가단계에서는 실용화를 목적으로 하는 건설교통 R&D사업에 있어 미성숙 판정 그 자체가 목적을 달성하지 못했음을 의미하므로 실패과제로 판정하던가, 아니면 최종 실용화 단계에 이르도록 계속 지원을 하는 방안을 고려하여야 한다. 국가 R&D사업은 막대한 자금이 투자되는 만큼 전문기관은 실용

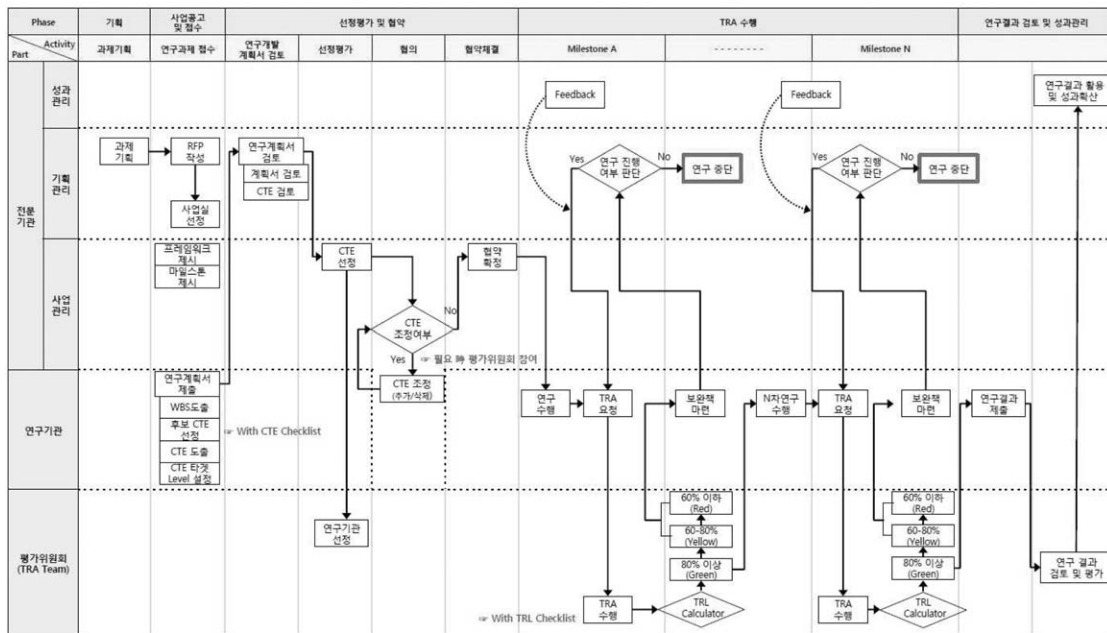


그림 7. 건설교통 R&D TRA 적용 모델

화를 목표로 하는 TRL 및 TRA 개념 도입과 함께 추후 이에 대한 전략적 조치방안을 마련하여야 할 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 미국 NASA, DoD, DoE 등에서 R&D사업의 기술성숙도 판단을 위해 활용되고 있는 TRL 및 TRA 개념을 국내 국가 건설교통 R&D사업의 실용화 평가방법으로 도입하는 방안을 제안하였다. 이 개념은 현재 시점까지 진행된 R&D 결과가 최종적인 실용화에 도달하기까지 기술개발이 얼마나 진척되어 있고 향후 어떻게 관리하여야 하는지를 보여주는 도구로서, 실용화 수준과 거리가 먼 성과지표에 의해 평가가 수행되던 기존 R&D 사업 평가체계의 패러다임을 본질적으로 변화시키고 실용화 달성율을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 단, 해외에서 사용되어 온 TRL 및 TRA 체계는 건설교통 분야에 적용하기에 평가 주체나 연구내용 측면에서 차이가 있으므로, 본 연구에서는 이러한 차이점과 문제점을 해소할 수 있는 방안과 추진 모델을 제시하였다.

즉, 기존 건설교통 R&D사업의 여러 유형 중, 장비/장치 분야를 대상으로 TRL정의와 CTE 평가를 위한 체크리스트를 개발하였으며, 이를 전문기관에서 활용할 수 있도록 기존 R&D 평가 프로세스를 분석하여 TRL 적용 프로세스 모델과 사후 조치 방안을 제안하였다. 이상과 같이 TRL은 개별 기술의 이행단계를 평가하는 데에는 대단히 유용한 도구이나, 전체적인 시스템의 수준평가나 개별 기술을 복합적으로 평가하는 분야에 적용하기 위해서는 또 다른 개념의 성숙도 수준 평가 방법을 고려할 수 있다. 즉, 제조성숙도(Manufacturing Readiness Level: MRL, 시스템성숙도(System Readiness Level: SRL) 등이 대표적인 예로, 건설교통 R&D의 다양한 특성을 포괄적으로 다루기 위해 향후 이에 대한 연구와 적용이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 R&D 정책 · 인프라사업(A01 건설교통 R&D) 중, 한국건설교통기술평가원의 '건설교통 R&D 기술단계별 실용화 추진전략 수립에 관한 연구' 결과의 일부임.

참고문헌

- 고일두 (2011), "건축/도시 R&D의 나아갈 방향", 한국건설관리학회, 논문집 제12권 6호, pp 53
- 김중명 (2010), "국방연구개발 사업의 시스템 기술성숙도 평가 모델 개발", 아주대학교 대학원 시스템공학과 박사학위 논문
- 김찬수 · 박경진 (2009), "국방핵심기술 연구개발의 기술성숙도 평가 적용에 관한 연구", 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회
- 박환표 (2011), "건설 신기술의 경제적 파급효과 분석, 한국건설관리학회 논문집 제12권 1호, pp. 116.
- 유명희 (2010), "제2차 연구성과 관리 · 활용 기본계획(안)", 국가과학기술위원회 운영위원회, pp. 2~3.
- 정지운 (2011), "건설교통 R&D 성과 현장 활용 제고방안 연구, 한국건설교통기술평가원, pp. 24.
- 국방기술품질원 (2009), "기술성숙도평가(TRA) 방법론 및 적용 방안 연구", 국방기술품질원 pp. 32~38, 113, 214
- 한국건설교통기술평가원 (2009), "건설교통기술 연구개발 사업 사업단과제 관리지침 개정(안)", pp 36~40
- 한국도로공사 초장대교량사업단 (2011), "초장대교량연구사업 3차년도 진도점검계획", pp 3~6
- Defense Acquisition University (2011), "Deffense Acqusion Guidebook", pp. 219~220
- U. S. DoD (2011), "Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance"
- U. S. DoE (2011), "Technology Readiness Assessment (TRA) / Technology Maturation Plan (TMP) Process Guide", pp. 28~30

논문제출일: 2012.04.04
 논문심사일: 2012.04.06
 심사완료일: 2012.05.02

요 약

최근 지식기반 경쟁시대가 도래함에 따라, 우리나라를 포함한 주요 선진국은 R&D 투자를 확대하고, R&D사업의 성과확산 정책을 추진하고 있다. 이를 위해 미국의 NASA, DoD 등의 기관은 정량화된 성과관리 지표로서, 기술성숙도(TRL)를 정의하고, 이를 기준으로 판단하는 기술성숙도 평가체계(TRA)를 도입하여 활용하고 있으며, 이러한 도구는 특히 실용화를 목적으로 하는 R&D사업에 매우 효과적인 것으로 평가되고 있다. 이와 같은 개념은 실용화를 목적으로 하는 국내 국가 건설교통 R&D사업에 적용했을 때, 현재 연구내용의 학술적 성과에 치중되어있는 평가체계의 단점을 극복하고 실용화 달성의 취지를 크게 개선할 수 있을 것으로 기대되며, 따라서 본 연구에서는 TRL 및 TRA 개념과 국내 국가 건설교통 R&D사업의 특성 및 현행 평가·관리체계를 분석하여 실용화 목적 달성을 위한 건설교통 R&D 사업의 TRL·TRA 수행 모델을 제시하였다.

키워드 : 건설교통 R&D, 기술성숙도(TRL), 기술성숙도평가(TRA), 실용화
