

건설기술 연구과제 종합 기술가치 분석

A Framework for Construction Research Program Valuation

김창윤* · 김형관** · 박상혁*** · 한승헌****

Kim, Changyoon · Kim, Hyoungkwan · Park, Sang-hyuk · Han, Seung-heon

Abstract

Korean construction industry faces diverse social and economical changes. Labor shortage, Free Trade Agreements (FTA), high oil prices alert industry practitioners to the new challenges and opportunities. It is time to make novel approaches for significant improvement of industry performance. Korean government and companies have plans for interdisciplinary research and development efforts. To this end, technology evaluation and market needs analysis should be extensively carried out prior to research initiation. Research programs developed in this way are presented in term of budget estimate, research scope and timeline. A framework for construction technology valuation methodology is also suggested to evaluate the holistic technology value and return on investment of research, development and commercialization.

Keywords : *technology valuation, research program, research and development*

요 지

우리나라는 사회구조 변화에 따른 노동력 부족과 세계화와 자유무역협정에 따른 경제적 환경 변화로 인하여 건설 산업을 포함한 모든 산업에서 어려움을 겪고 있으며 이를 해결하기 위하여 혁신적이고 새로운 산업의 패러다임을 도출하기위하여 노력하고 있다. 세계의 여러 국가에서는 산업의 새로운 패러다임 구축을 위하여 첨단 이종산업간의 융합을 통한 경쟁력 강화에 힘쓰고 있으며 우리나라에서도 이와 같은 첨단 기술융합을 통한 연구개발에 많은 투자를 계획하고 있다. 하지만 첨단 기술의 융합을 기반으로 한 건설 산업의 연구개발과제는 전통 산업과 첨단 이종산업간의 결합이라는 특수성을 가지고 있기 때문에 기술적 평가와 시장 니즈 분석이 선행되어야 하며, 국가의 기반 산업이자 타산업의 건설수요에 따라 생산 활동이 이루어지는 파생산업인 건설 산업의 특성을 고려할 때 타 산업으로의 간접성과까지 고려하는 과정을 거쳐야 한다. 본 연구에서는 체계적인 기술가치 산정을 위해 연구과제 선정, 도출, 기획의 과정을 통하여 각 연구과제의 정확한 연구범위 설정 및 연구비 산정을 하였다. 또한 건설 산업에 맞는 기술가치 분석 방법론을 제시하여 연구과제의 개발로 인한 직접적 효과뿐만 아니라 타 산업으로 확산되는 간접 성과까지 도출하여 각 과제의 종합 기술가치 및 기술개발 사업화에 따른 투자 대비 수익률을 측정하였다.

핵심용어 : 기술가치 평가, 연구기획, 건설연구개발

1. 서 론

1.1 연구배경

현재 국내 건설 산업은 대내외 적으로 여러 가지 환경적 변화를 맞고 있다. 인구의 고령화 및 출생률 저하로 인한 노동 공급량의 감소와 세계화 및 자유무역협정 체제의 흐름 속에 건설을 포함한 모든 산업 분야는 무한경쟁체제에 돌입하고 있다. 이러한 사회·경제적 변화 속에서, 저렴한 임금에 기반을 둔 우리나라 건설 산업의 국제 경쟁력은 점차 약화되고 있으며 국가 내의 산업적 위상도 점차 위축되고 있는 실정이다. 위와 같은 어려움을 극복하고 고부가가치 창출

을 위해서 기존의 틀에서 벗어난 보다 혁신적이고 새로운 건설 산업의 패러다임(Paradigm)이 필요하다.

현재 세계 각국에서는 새로운 IT(Information Technology), BT(Biotechnology), NT(Nanotechnology), RT(Robot Technology) 등 이종 기술을 이용하여 미래를 선도할 수 있는 기술연구가 활발히 진행되고 있으며 이에 따른 사회 및 경제적 변혁이 일어나고 있다. 미국의 경우 미국과학재단에서 융합기술 연구를 위한 융합기술 발전전략을 2002년에 수립하여 많은 자금을 투자하고 있으며(National Science Foundation, 2002), 유럽공동체에서는 2007년 지식사회를 위한 융합기술 발전전략을 수립하여 첨단 융합 분야에 대한

*정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 (E-mail : changyoonkim@yonsei.ac.kr)

**정회원 · 교신저자 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 조교수 (E-mail : hyoungkwan@yonsei.ac.kr)

***정회원 · 한미파슨스(주) 과장 (E-mail : parksh@hanmiparsons.com)

****정회원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 부교수 (E-mail : shh6018@yonsei.ac.kr)

연구를 위한 계획을 수립하였다(Nordmann, 2004). 이와 같은 노력을 통하여 세계 각국에서는 다양한 변화를 극복하려고 시도하고 있으며, 또한 국가산업의 규모와 체제의 수준을 한 차원 높일 수 있도록 노력하고 있다.

우리나라도 건설 산업의 위기를 극복하기 위해서, 전통 건설 기술과 첨단 기술과의 융합을 통한 연구가 필요하다. 현재의 건설 기술과 IT, BT, NT, RT 등 첨단 이종 기술의 융합을 바탕으로 건설 프로젝트의 생산성을 획기적으로 제고할 수 있는 연구개발 프로그램 개발이 필수적이다. 2006년 현재 국토해양부에서는 건설기술의 개발 및 산업 육성을 위하여 약 2,600여억 원의 연구개발 예산을 투입하였으며(한국건설교통기술평가원, 2006) 이에 따라 큰 규모의 연구개발 사업단과 연구단이 생겨나고 있다. 많은 자금이 투자될 건설 기술 연구개발 사업의 성공적인 수행 및 평가를 위해서 체계적인 연구 기획 및 기술가치 평가가 필요하며, 특히 다양한 기술이 융합되고 사용될 본 연구에서는 그 기술적 타당성 및 미래가치에 대한 정확한 평가가 필수적이다.

1.2 연구목적

연구가 진행됨에 따라 개발 될 기술에 대한 정확한 가치를 분석하기 위해서는 기술이 개발됨에 따라 나타나는 직접적인 가치뿐만 아니라, 기술 개발에 따라 파급될 수 있는 간접가치까지 고려하여 분석하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 도출 한 연구 과제의 종합적인 가치 평가를 위하여 연구 진행에 따라 발생하는 직접적인 경제 효과뿐만이 아닌 기술 개발에 따른 간접적인 효과를 고려하여 기술가치를 평가하고자 한다.

1.3 연구범위 및 방법

본 연구에서는 체계적인 과제 도출, 기획, 기술가치 평가를 위하여 그림 1에 나타난 방법으로 연구를 진행하였다.

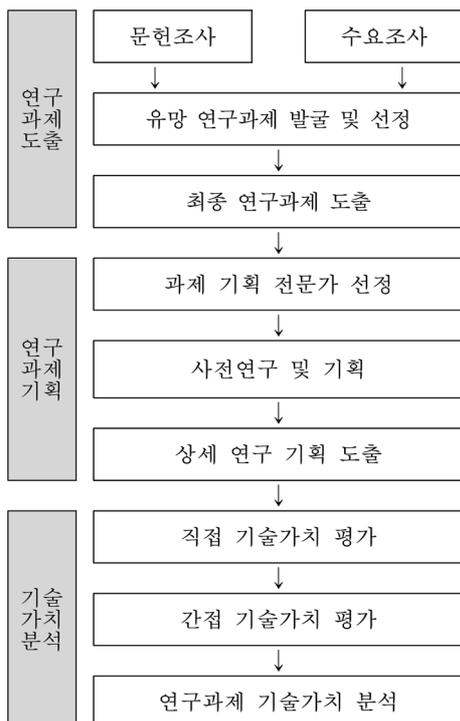


그림 1. 기술가치 분석 프로세스

먼저 유망 연구과제 발굴 및 선정을 위하여 문헌조사와 수요조사를 실시하였으며, 선정된 연구과제를 기반으로 설문 조사와 전문가회의를 통하여 최종 연구과제를 도출하였다. 다음으로 연구과제의 기획을 위해 사전연구 및 기획연구를 실시하였으며 이를 통하여 각 과제의 상세 연구 프로그램을 도출하였다. 마지막으로 연구과제의 직·간접 기술가치 평가를 통하여 각 연구과제의 총 기술가치를 분석하였다.

2. 기존 연구과제 가치평가 연구 사례

미국 토목학회 산하 기관인 CERF(Civil Engineering Research Foundation)에서는 산업계의 의견을 수렴하여 National Construction Goal을 확정 발표하였으며, 미국 공부문 건설 연구·정책 개발을 위한 체계적 가치 측정 접근 방법을 설정하였다. 사업기간 50% 단축, 유지보수 비용 및 사용에너지 50% 저감, 생산성과 안락성 30% 향상 등 7가지 국가 건설 목표를 설정하여 연구·정책 개발의 가치 평가 기준을 마련하였다(CERF, 1995). 하지만 CERF의 연구에서는 개략적인 성과만을 제시하여 정확한 연구 개발 기술의 경제적 가치를 도출하지 못하였으며, 연구 투입 비용에 따른 투자효과를 측정하지 못하였다.

Eilat 등(2008)은 연구과제 프로젝트의 성과 및 가치를 측정하기 위하여 균형성과기록표(balanced scorecard card)와 자료포락분석(data envelopment analysis)을 이용하였고, Wang and Hwang(2008)은 퍼지(Fuzzy)이론과 실물옵션(Real-option)이론을 이용하여 연구과제의 가치를 평가 및 활용, 최적화된 연구개발과제 포트폴리오(Portfolio)를 구성하는 연구를 진행하였다. 또한 Imoto 등(2008)은 AHP (Analytical Hierarchy Process) 분석과 퍼지 회귀분석 모델(Fuzzy Regression Model)을 활용하여 연구과제를 평가하기 위한 모델을 구축하였지만, 연구개발에 대한 가치평가를 위하여 연구 결과에 따른 직접적인 효과만을 측정할 뿐 그 결과에 따른 타 산업으로의 연구 및 기술 확산을 고려하지 않았는데 그 한계가 있다. 또한 체계적인 연구 기획 및 기술가치 평가가 동시에 이루어지지 않아 연구 일정, 연구비 및 연구효과에 대한 산출이 직접적으로 연결되지 못하는 단점이 있다.

3. 연구과제

3.1 연구과제 도출

본 연구에서는 수요기반의 실효성 있는 연구 과제를 도출하고 정확한 연구개발 예산을 추정하기 위하여 프로그램 발굴, 프로그램 선정, 프로그램 도출의 3단계로 구분하여 수행하였다.

첫째, 국내외 통계, 특히, 연구 문헌 자료를 바탕으로 하여 건설 산업 환경 변화 동향, 건설기술 변화 동향을 도출하였고 전문가 패널회의 및 설문조사를 통하여 산업계 니즈 동향을 분석함으로써 현재의 건설 환경 변화에 맞는 124개의 수요 지향적 후보 기술 프로그램을 발굴하였다.

둘째, 124개의 후보 기술 프로그램을 구체화시키기 위하여 건설 분야별 전문가로 구성된 기술위원회와 자문을 통해

124개 과제에 대한 통합/삭제/이동 및 중복성 검토를 통하여 30개 유망 연구과제를 선정하였다.

셋째, AHP를 이용한 우선순위 설문조사, 정책 및 기술 연구 전문가 심층 토론(FGI: Focus Group Interview)을 통하여 가장 우선순위가 높은 14개의 연구과제를 확정하였다.

3.2 연구과제 기획

도출된 14개의 최종 연구과제를 구체화하고 연구개발 소요 비용을 정확하게 측정하기 위하여 각 과제별 3~4명의 전문가로 구성된 연구과제 기획 그룹을 구성하였다. 전문가 그룹은 표 1의 연구 기획 단계를 기반으로 하여 기획연구를 진행하였으며 총 연구 기간은 2개월이 소요되었다.

연구개발 필요성을 조사하여 도출된 연구과제의 연구 진행의 타당성을 확보하였으며, 시장동향 및 연구개발동향을 분석하여 시장의 요구 및 연구 가능성을 측정하였다. 체계적이고 명확한 연구개발 기획을 위하여 핵심 요소기술 정의, 연구 목표 및 내용, 연구개발 추진전략, 추정 연구개발 예산을 도출하였으며, 연구결과의 활용방안 및 기대효과 분석을 통하여 연구개발의 효과 극대화 방안을 마련하였다(표 1).

3.3 첨단융합건설기술 연구과제 기획내용

도출된 연구과제는 생애주기 별로 기획 및 설계 최적화(기획/설계)를 위한 연구과제 4개, 자동화된 시공 및 지능형 건설 현장 관리(시공/관리)를 위한 연구과제 2개, 빠르고 체계화된 시공(선작업)을 위한 연구과제 2개, 첨단 건설 소재 개발(소재) 연구과제 3개, 자동화된 유지보수 관리(유지보수)를 위한 연구과제 2개로 분류할 수 있다. 전문가로 구성된 연구과제 기획그룹에 의하여 도출된 14개 연구과제의 제목 및 연구 내용, 각 과제별 해당하는 기존 전통 건설 기술과 융합된 첨단기술(IT, RT, BT, NT)과 연구 목표는 표 2에 나타나 있다.

표 1. 연구과제 기획 단계

번호	단계	내용
1	연구개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> · 사회·경제적 필요성 · 타 분야 기술 융합 필요성 · 정부지원 타당성
2	시장동향 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 주요 제품시장 파악 · 주요 제품 시장별 니즈(Needs) · 미래 시장수요 전망
3	연구개발동향 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 논문 및 특허분석 · 국내·외 이종분야 연구개발 동향 · 국내·외 건설분야 연구개발 동향
4	핵심 요소기술	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심 요소기술 정의 · 핵심 요소기술 현황 분석
5	연구목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 최종 연구목표 · 핵심 융합기술 · 최종 성과평가지표 · 단계별 연구 목표 및 내용 · 기술로드맵
6	연구개발 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> · 연구개발 추진체계 · 국내외 연구 네트워크 활용방안 · 과제관리 방안
7	추정 연구개발 예산	<ul style="list-style-type: none"> · 단계별 총괄 연구개발 예산
8	연구결과의 활용방안 및 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> · 연구결과의 활용방안 · 연구개발 성과의 실용화 및 사업화 추진전략 · 기술이전 및 확산방안 · 기술적, 경제적, 사회적, 산업·정책적 기대효과

4. 기술가치 평가과정

기획된 첨단융합건설기술 연구과제는 연구 개발 후 상업화 또는 바로 현장에 기술을 적용, 사용할 수 있는 기술 및 연구 산출물 개발을 목표로 하였기 때문에 개발될 기술 및 연구 산출물의 직·간접 기술가치를 종합적으로 평가하여 도출된 유망과제의 기술개발 사업화에 따른 투자 대비

표 2. 14개 유망과제 연구 내용

순위	연구 과제명	연구 내용	연구 목표	융합 기술	연구 분야
1	첨단센서 기반의 실시간 메가 프로젝트 모니터링 시스템	건설 인력자원, 자재자원 장비자원 모니터링 기술 개발을 통한 실시간 건설자원 모니터링 시스템 개발	적시 시공 달성	IT	시공/관리
2	난접근성 협소/위험 지역 유지보수용 초소형 로봇(Smart Bugs)	협소 공간에서 자유롭게 이동 가능하며 전력 충전 및 정보 통신을 스스로 할 수 있는 5kg~10kg 무게를 갖는 직경 30cm 이내의 소형 로봇 개발	시설물 장수명화	RT, IT	유지보수
3	형태변환 가능한 레고조립형 건축물 건설 시스템	표준화된 단순한 모듈화의 개념을 벗어나 사용자의 다양한 요구를 반영하여 자동적으로 변환할 수 있는 시스템 개발	적시시공 달성	IT, RT	선작업
4	증강현실을 이용한 시나리오 기반의 실감형 설계 자동화 시스템	증강현실에 의한 설계도면 자동화 시스템 및 지능형 설계 시스템 개발을 통한 시나리오 기반의 실감형 설계자동화 시스템 개발	고속 무결함 설계	IT	기획/설계
5	네트워크 기반의 글로벌 건설프로젝트용 설계협업 가상 시스템	차세대 웹기반 건설기업 통합 플랫폼 개발 및 단위업무 워크플로우 관리가 가능한 가상기업협업 시스템 개발	고속 무결함 설계	IT	기획/설계
6	첨단 전자기파 기술을 활용한 지반설계용 3차원 무굴착 지반조사 시스템	원격 전자기파기술과 센싱기술을 활용한 원격 지반조사 장비개발	고속 무결함 설계	IT	기획/설계
7	나노기술이 접목된 일반 건축물용 에너지 절감 장치 시스템	고단열성 유지, 냉방부하 절감, 자가발전, 결로 방지 등 다양한 기능이 융합된 열에너지 조절가능한 차세대 다기능성 장치시스템 개발	첨단 시설물용 소재 제공	IT, NT	신소재
8	나노/바이오 기술을 활용한 기능성 건설 마감재	각종 유해/오염 물질들을 근본적으로 차단/저감하여 깨끗하고 쾌적한 실내 환경을 유지시킬 수 있는 고기능성 및 고내후성을 갖는 생체친화형 친환경 마감재 개발	첨단 시설물용 소재 제공	NT, BT	신소재

표 2. 14개 유망과제 연구 내용(계속)

순위	연구 과제명	연구 내용	연구 목표	융합 기술	연구 분야
9	초고층 건물 외벽용 자율주행 유지보수 시스템	건물의 외부에서 자유롭게 이동이 가능하고 유지보수 작업을 위한 기계장치를 장착한 고층 건물 외벽용 자율주행 유지보수 시스템 개발	시설물 장수명화	RT, IT	유지보수
10	급속/대량 시공이 가능한 저층 주거 단지용 적층 건설 시스템	시공 자동화 장비, Trowel path planning 및 노즐 컨트롤 기술 개발을 통한 적층형 건설을 위한 무인 시공 장비 시스템 개발	적시시공 달성	RT, NT	선작업
11	건설작업자용 스마트 근력강화의복	작업자 의지반영이 가능한 생체신호 기반의 근력강화 메커니즘 기술을 포함한 환경 측정 및 작업자 생체 신호 모니터링이 가능한 착용 가능한 건설 작업자용 스마트 근력강화의복 개발	적시시공 달성	RT, IT, NT	시공/관리
12	건설용 고강도 강재 접합기술	새로운 건축 자재 및 건축 기술 확산에 대응할 수 있는 강도 및 부착성이 획기적으로 향상된 차세대 건축구조용 스마트 접합 소재 및 변형 억제 가공 기술 개발	첨단 시설물용 소재 제공	NT	신소재
13	대형 콘크리트 구조물 모듈화 시스템	도심지 초고층 건물을 신속하게 시공할 수 있는 초고층 전자동 설계, 제작 및 조립 자동화 시스템 구축	적시시공 달성	IT, RT, NT	선작업
14	센싱 및 시뮬레이션 기술을 활용한 건축물 설계용 환경변화 예측 시스템	실내 환경 성능평가 및 예측을 위한 모형 개발과 실내 환경 성능 평가 및 예측기술 개발	고속 무결함 설계	IT, BT	기획/설계

표 3. 건설산업 관련 산업 연관 분류표 (한국은행, 2000)

통합 대분류 (28부문 중)	통합 중분류 (77부문 중)	통합 소분류 (168부문 중)	기본부문 (404부문 중)
02. 광산품	08. 비금속광물	018. 기타 비금속 광물	045. 기타 비금속 광물
05. 목재 및 종이제품	24. 목재 및 나무제품	052. 나무제품	121. 건축용 목제품
07. 석유 및 석탄제품	28. 석유제품	060. 기타 석유제품	147. 기타 석유정제품
08. 화학제품	35. 기타 화학제품	071. 염료, 안료 및 도료	165. 도료
09. 비금속 광물제품	40. 시멘트 및 콘크리트제품 41. 기타 비금속 광물제품	080. 콘크리트제품 081. 기타 비금속 광물제품	186. 레미콘
			187. 콘크리트 제품
11. 금속제품	45. 금속제품	090. 건설용 금속제품	192. 아스팔트 제품
			216. 구조물용 금속제품
12. 일반기계	46. 일반목적용 기계 및 장비 47. 특수목적용 기계 및 장비	096. 산업용 운반기계 098. 기타 일반목적용기계	229. 산업용 운반기계
			235. 기타 일반목적용 기계
13. 전기 및 전자기기	48. 전기기계 및 장치 50. 영상, 음향 및 통신기기	100. 농업 및 건설기계 103. 기타 전기장치	239. 건설 및 광물 처리기계
			253. 기타 전기장치
14. 정밀기기	53. 정밀기기	108. 통신 및 방송기기	268. 무선통신시스템 및 방송 장비
			276. 자동조정 및 제어기기 277. 측정 및 분석기기
18. 건설	61. 건축 및 건축보수 62. 토목건설	131. 건축보수 132. 교통시설건설	316. 건축보수
			317. 도로시설
24. 부동산 및 사업서비스	68. 부동산 69. 사업서비스	150. 부동산 151. 사업관련 전문서비스 152. 기계장비 및 용품임대 154. 기타 사업서비스	360. 부동산 관련서비스
			362. 건축공학 관련서비스
			363. 기타 공학 관련서비스
			364. 소프트웨어 개발공급
			365. 컴퓨터관련 서비스
366. 기계장비 및 용품임대			
371. 기타 사업서비스			

수익률(ROI: Return on Investment)을 도출하고자 하였다 (식 (1)).

$$ROI = \frac{\text{투자로 인한 수익} - \text{투자비용}}{\text{투자비용}} \quad (1)$$

4.1 직접 기술가치 평가

도출된 첨단융합건설기술 연구과제의 상업화를 통해 나타

나는 직접 기술가치 및 성과는 한국과학기술정보연구원(KISTD)에서 제공하는 스타밸류시스템(STAR-Value System) (한국과학기술정보원, 2007)을 활용하였고, 각 과제 별 과제 관련 연구과제 기본정보, 연구과제 수익정보, 연구과제 비용정보를 시스템에 직접 입력하여 측정하였다(표 4). 스타밸류 시스템은 한국과학기술정보연구원에서 연구개발사업 및 기술 투자의 투자의사결정을 지원하기 위하여 개발된 시스템으로

연구개발사업 및 기술투자의 영향 정도를 추정하고 그 영향 정도를 화폐가치로 평가하도록 구성되어 있다(한국과학기술정보원, 2007).

연구과제 기본정보의 입력내용은 스타벨류시스템에 따른 업종 분류 코드(업종, 규모), 기술혁신 단계(신생기술, 잠재력 입증기술)를 입력하였으며, 연구과제 수익정보에는 기술가치 창출 유형(신규시장창출, 기존시장 침투, 원가구조개선), 수익 발생 기간(과제종료 후 5년간), 잔존가치 발생기간(과제종료 후 5년간), 시장규모, 영업이익률(과제종료 후 5년간)을 입력 정보로 활용하였다. 연구과제 비용정보에는 상업화 소요기간, 상업화 소요비용을 입력하여 연구를 진행하면서 소요되는 총 비용을 산출할 수 있도록 하였다.

표 4. 직접 기술가치 평가 입력내용

번호	구 분	입력내용
1	연구과제 기본정보	<ul style="list-style-type: none"> 업종 분류 코드 기술 혁신 단계
2	연구과제 수익정보	<ul style="list-style-type: none"> 기술가치 창출유형 수익 발생 기간 잔존가치 발생기간 시장규모 영업이익률
3	연구과제 비용정보	<ul style="list-style-type: none"> 상업화 소요기간 상업화 소요비용

4.2 간접 기술가치 평가

건설 산업은 타산업의 건설수요에 따라 생산 활동이 이루어지는 파생산업으로, 그 생산결과는 실물로 나타나지만 건설 행위 자체는 일종의 서비스 제공행위이므로 여러 부문에서 개발된 신소재, 신공법, 신기술이 실용화되는 종합산업이라고 할 수 있다. 또한 각 분야마다 여러 전문공사로 분화되어 각종 자재와 전문 인력이 활용되기 때문에 관련 산업이 다양하고 생산유발효과도 커 간접성도가 타 산업보다 큰 경향이 있다. 따라서 건설관련 연구개발사업의 정확한 경제적 기술가치를 평가하기 위해서는 타 산업으로 파급되는 경제적 간접성도를 반드시 측정해야 하며 다음과 같은 방식으로 그 가치를 추정한다. 간접성도는 스타벨류시스템에 의해 계산된 경제적 직접성도에 한국은행의 산업 연관 분류표(표 3)를 이용한 간접성과 승수를 곱하여 타 산업으로 파급되는 경제적 효과를 도출하게 된다. 여기서 사용되는 간접성과 승수는 산업연관표상 생산유발계수를 이용하여 정의하게 된다. 생산유발계수는 최종수요가 1단위 증가했을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접으로 유발되고 산출되는 정도를 의미하는 것으로 연구개발의 경제적 성과가 타 산업으로 발현되면 생산유발계수에서 직접적으로 유발되는 부분을 제외한 타 분야의 증가 정도가 간접 유발 성과가 되는 것이다.

산업연관표상 열 합계는 특정 산업부문의 생산물에 대한 최종수요 1단위 발생에 따라 전 산업 부문에서 유발되는 직·간접 생산유발효과를 나타내며 생산유발계수의 대각요소는 각 산업부문에서 최종수요 1단위를 충족시키기 위하여 직·간접으로 필요한 자부문의 생산효과를 나타낸다. 따라서 타 산업부문에 파급되는 간접 기술 가치만을 추정하기 위해서는 각 산업 자신의 직접유발계수인 대각원소 값(r_{11} , r_{22} ,

r_{33})을 제거하여 순수하게 타 산업으로 파급되는 승수를 도출하였다.

본 연구에서 사용된 산업연관 분류표에서 사용하는 산업분류는 통계청의 표준산업분류와는 다르며 28개 대분류, 77 중분류, 168 소분류, 404 기본 분류의 형태(한국은행, 2000)로 나누어 산업을 분류하였다. 건설 R&D 성과분석(한승헌 등, 2006) 연구에서 실시한 설문조사 결과에 따라 도출된 건설과 관련된 표준산업분류에 의거하여 기재한 프로젝트의 산업분류를 산업연관표상 산업분류와 비교하여 건설에 해당하는 분류에 대한 간접성과 승수를 도출하여 간접성도를 추정하였다. 예를 들어 3가지 산업에 의하여 발생하는 직·간접 효과는 식 (2)에 나타난 승수를 통하여 계산될 수 있다. 또한, 3가지 산업에 의한 간접효과만을 계산하고자 하려면 대각원소에 의하여 계산되는 직접효과를 제외하고 계산해야 한다. 간접효과만 나타날 때의 생산유발승수의 값은 식 (3)과 같다.

표 5. 건설 관련 산업분류별 간접성과 승수

산업분류	내용	간접성과 승수
045	기타 비금속 광물	1.298055
121	건축용 목제품	2.005377
147	기타 석유정제품	1.196706
165	도료	1.994773
186	레미콘	1.524988
187	콘크리트제품	1.665813
192	아스팔트제품	1.805944
216	구조물용 금속제품	2.090459
229	산업용 운반기계	1.660469
235	기타 일반목적용 기계	1.873249
239	건설 및 광물처리기계	1.918513
253	기타 전기장치	1.784758
267	무선통신 및 방송장비	1.852516
276	자동조정 및 제어기기	1.735915
277	측정 및 분석기기	1.704364
316	건축보수	1.392438
317	도로시설	1.271571
360	부동산관련서비스	0.071392
362	건축공학관련서비스	0.776986
363	기타 공학관련서비스	0.545615
364	소프트웨어 개발 공급	0.598809
365	컴퓨터 관련 서비스	1.341566
366	기계장비 및 용품임대	0.611747
371	기타 사업서비스	0.572049
081/168	기타 비금속광물제품	1.485357
129/168	주택건축	1.509380
130/168	비주택건축	1.441831
132/168	교통시설건설	1.390867
133/168	기타 토목건설	1.398495
154/168	기타 사업서비스	0.587635
61/77	건축 및 건축보수	1.445665
62/77	토목건설	1.385422

$$T_T = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$T_I = \begin{pmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & 0 & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

r_{ij} : 산업 i에 의해 나타나는 산업 j의 생산유발계수
 T_T : 직·간접효과가 모두 나타날 때의 생산유발승수
 T_I : 간접효과만 나타날 때의 생산유발승수

표준산업분류의 1,121개 세세분류 및 442개 세분류와 산업연관표의 404개 기본부분의 대응작업을 통해 표 4와 같이 산업연관표의 404개 기본부분 분류 중 세부적으로 표현이 어려운 경우에는 상위 통합소분류(168부문) 또는 통합 중분류(77부문)로 대응하였고 분석결과에 따른 산업분류별 생산유발 효과에 따른 간접성과 승수는 표 5와 같다.

5. 연구과제 기술가치

5.1 연구과제 기술가치

표 6은 14개 유망과제의 기술개발 사업화를 위한 각각의 투입 연구비, 간접효과 승수, 직접성과 및 간접성과, 직·간접 기술개발 효과의 합을 나타내는 종합성과, 연구비 및 종합성과를 바탕으로 계산한 투자 대비 수익률(ROI)을 나타낸 것이다. 14개 유망과제의 기술개발 사업화에 따른 과제 종료 후 5년간 투자 대비 수익률은 평균 48.3로 나타나 투자대비 수익률이 매우 높게 평가되었다. 14개 과제의 연구개발을 위하여 소요되는 총 연구비는 총 2,577억 원이며 기술개발의

성공 이후 사업화를 통해 발생하는 직·간접적 성과를 모두 종합하면 총 12조 7,303억 원의 기대효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

5.2 기술가치 분석

14개 유망과제의 기술개발 가치를 분석한 결과 타 산업에 파급효과가 크고 폭넓게 사용될 수 있는 센싱, 로봇, 신소재 관련 연구과제(첨단센서 기반의 실시간 메가 프로젝트 모니터링 시스템, 난접근성 협소/위험 지역 유지보수용 초소형 로봇, 나노/바이오 기술을 활용한 기능성 건설 마감재)가 각각 2,028억 원, 2,312억 원, 3,429억 원의 높은 종합성과 및 159.32, 187.32, 123.43의 높은 투자대비 수익률을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한 네트워크 기반의 글로벌 건설프로젝트용 설계협업 가상 시스템, 나노기술이 접목된 일반 건축물용 에너지 절감 창호 시스템, 초고층 건물 외벽용 자율주행 유지보수 시스템, 건설용 고강도 강재 접합기술, 센싱 및 시뮬레이션 기술을 활용한 건축물 설계용 환경변화 예측 시스템 연구과제 역시 20~30대의 투자대비 수익률을 낼 수 있을 것으로 분석되었다. 반면 투입 연구비가 300억 원 이상인 연구 과제 중, 형태변환 가능한 레고조립형 건축물 건설 시스템과 건설작업자용 스마트 근력강화의복 과제는 투자대비 수익률이 8.19, 14.89로 저조하게 나타났다.

6. 결 론

본 연구에서는 건설 산업을 둘러싼 사업 환경의 동향분석과 산업계의 주요 니즈를 바탕으로 14개 유망 기술개발 과제를 도출하고 이 연구과제의 세부적인 기획을 수행하였다. 또한 상세 기획된 연구과제의 직·간접 효과 분석 및 투자

표 6. 14개 유망 연구과제 기술가치

번호	과제명	투입연구비 (백만원)	직접성과 (백만원)	간접효과 승수	간접성과 (백만원)	종합성과 (백만원)	ROI
1	첨단센서 기반의 실시간 메가 프로젝트 모니터링 시스템	14,700	313,094	6.480	2,028,849	2,341,943	159.32
2	난접근성 협소/위험 지역 유지보수용 초소형 로봇(Smart Bugs)	15,000	497,138	4.651	2,312,189	2,809,327	187.29
3	형태변환 가능한 레고조립형 건축물 건설 시스템	30,000	65,711	5.799	381,058	446,769	14.89
4	증강현실을 이용한 시나리오 기반의 실감형 설계 자동화 시스템	11,500	13,327	6.070	80,895	94,222	8.19
5	네트워크 기반의 글로벌 건설프로젝트용 설계협업 가상 시스템	8,000	48,863	3.276	160,075	208,938	26.12
6	첨단 전자기파 기술을 활용한 지반설계용 3차원 무굴착 지반 조사 시스템	16,000	21,418	6.029	129,129	150,547	9.41
7	나노기술이 접목된 일반 건축물용 에너지 절감 창호 시스템	27,400	109,819	6.256	687,028	796,847	29.08
8	나노/바이오 기술을 활용한 기능성 건설 마감재	31,300	433,461	7.913	3,429,977	3,863,438	123.43
9	초고층 건물 외벽용 자율주행 유지보수 시스템	19,000	62,667	7.608	476,771	539,438	28.39
10	급속/대량 시공이 가능한 저층 주거 단지용 적층 건설 시스템	10,000	11,315	9.432	106,723	118,038	11.80
11	건설작업자용 스마트 근력강화의복	30,300	27,254	7.947	216,588	243,842	8.05
12	건설용 고강도 강재 접합기술	20,000	86,477	7.265	628,255	714,732	35.74
13	대형 콘크리트 구조물 모듈화 시스템	13,500	13,948	8.134	113,453	127,401	9.44
14	센싱 및 시뮬레이션 기술을 활용한 건축물 설계용 환경변화 예측 시스템	11,000	29,809	8.222	245,090	274,899	24.99
	계	257,700	1,734,301	-	10,996,080	12,730,381	-
	평균	18,407.1	123,878.6	6.8	785,434.3	909,312.9	48.3

대비 수익률 분석을 통하여 도출된 연구과제의 경제성 및 기술가치에 대한 평가도 진행하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 다양한 문헌분석과 시장 분석, 설문조사와 통계처리 방법론을 통한 종합적인 연구과제 선정 및 도출 과정을 진행하였다. 연구과제 기획단계에서는 체계적인 연구기획 과정을 통하여 연구 과제의 정확한 기술가치를 평가할 수 있는 기반을 마련하였으며 스타벨류시스템을 통한 직접효과뿐만 아니라, 타 산업으로의 간접효과까지 도출하기 위한 종합 가치 평가 모형을 바탕으로 종합적인 연구과제 기술 가치 방법론을 제시하였다.

본 연구에서 도출된 직·간접 효과 분석 및 투자대비 수익률 분석 과정을 통하여 연구·개발 될 건설 기술의 직·간접 경제적 가치 및 수익률을 판단하는 하나의 지표가 될 수 있다. 그뿐만 아니라, 건설 기술 관련 연구·개발 과제의 투자 우선순위 결정 및 연구 타당성 평가에 중요한 요소로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에 제시된 기술가치 평가 및 소요 연구비 등의 사항은 향후 정책적 판단에 의해 수정될 수 있다. 하지만 초기단계 기술가치 측정에 사용된 방법론뿐만 아니라 도출된 건설연구프로그램 등은 한국 건설산업기술의 획기적 발전에 실용적이고도 미래지향적인 가이드라인 역할을 할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원

에서 위탁시행 한 2007년도 첨단융합건설연구개발사업(과제 번호: 05첨단융합A01)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- 한국과학기술정보연구원(2007) 한국과학기술정보연구원 기술정보 분석팀 기술가치평가시스템.
<http://www.itechvalue.org>.
- 한국건설교통기술평가원(2006) 2008년도 건설교통기술연구개발사업, 건설교통부.
- 한국은행(2000) 산업연관분석해설, 한국은행.
- 한승헌 외(2006) 건설 R&D 성과분석, 건설교통부.
- CERF (1995) *National Construction Sector Goals: Industry Strategies for Implementation (NIST-GCR-95-680)*, Civil Engineering Research Foundation.
- Eilat, H., Golany, B., and Shtub, A. (2008) R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach, *OMEGA*, Vol. 36, No. 5, pp. 895-912.
- Imoto, S., Yabuuchi, Y., and Watada, J. (2008) Fuzzy regression model of R&D project evaluation, *Applied Soft Computing*, In Press.
- National Science Foundation (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance - Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, NSF/DOC, Arlington, Virginia.
- Nordmann, A. (2004) *Converging Technologies - Shaping the Future of European Societies*, European Communities.
- Wang, J. and Hwang, W.-L (2007) A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model, *OMEGA*, Vol. 35, No. 3, pp. 247-257.

(접수일: 2008.4.3/심사일: 2008.5.19/심사완료일: 2008.8.8)