

# 국토교통기술사업화지원사업 선정평가 지표 개선방안 연구: 후속사업 연계 방안을 중심으로

심형욱<sup>1</sup>, 차석기<sup>1</sup>, 백승희<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술정보연구원 선임연구원, <sup>2</sup>예명대학원대학교 교수

## A Study on the Improvement Direction of Selection Evaluation Indicators for the Land Transport Technology Commercialization Support Project: Focusing on the Follow-up Project Linkage Plan

Hyung-Wook Shim<sup>1</sup>, Seok-Ki Cha<sup>1</sup>, Seung-Hee Back<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher, Korea Institute of Science and Technology Information

<sup>2</sup>Professor, Yemyung Graduate University

**요약** 국토교통부는 중소기업의 보유기술 및 공공기술 이전 및 사업화 지원을 위해 국토교통기술사업화지원사업을 추진하여 왔으며, 일몰제 적용에 따라 2022년부터는 후속 신규사업을 추진할 예정이다. 이러한 시점에서 후속 신규사업의 투자효과 제고 및 우수 연구기관 선정을 위해 사업목적에 맞는 타당한 평가지표 체계의 수립이 필요하다. 후속 신규사업의 평가 지표 체계는 선행사업의 사업목적 및 목표와 연계 되어야 하며, 연구성과 단절 등을 예방하기 위해 기존 평가항목 및 지표를 고려하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문은 국토교통기술사업화지원사업 평가위원별 평가결과 데이터를 이용하여 계층적 군집분석을 통해 평가지표 체계를 다수의 시나리오로 설정하고, 구조방정식 모형 분석을 수행하였다. 시나리오 분석결과, 평가 지표 간 인과관계를 나타내는 각 경로의 측정효과와 평가항목에 미치는 평가지표별 효과를 고려하여 평가결과에 미치는 영향력이 가장 높은 시나리오를 개선방안으로 선택할 수 있었다.

**키워드** : 국가연구개발사업, 평가지표, 후속사업 연계방안, 구조방정식

**Abstract** The Ministry of Land, Infrastructure and Transport has also been promoting the commercialization of land transport technology to commercialize the technologies owned by small and medium-sized venture companies, and to support the transfer and commercialization of public technologies. At this point, in order to improve the investment effect of subsequent new projects and to select excellent research institutes, it is necessary to establish a valid evaluation index system suitable for the purpose of the project. The evaluation index system for subsequent new projects should be linked to the project objectives and goals of the preceding project, and should be selected in consideration of existing evaluation indicators to prevent interruption of research results. Therefore, this thesis sets the evaluation index system into multiple scenarios through hierarchical cluster analysis using the evaluation result data for each evaluation committee for small and medium venture companies participating in the land transportation technology commercialization support project, and then analyzes the structural equation model. As a result of scenario analysis, considering the measurement effect of each path representing the causal relationship between evaluation indicators and the effect of each evaluation index on evaluation items, the scenario with the highest impact on the evaluation result was selected as an improvement plan.

**Key Words** : National R&D project, Evaluation index, Follow-up project linkage plan, Structural equation

### 1. 서론

국토교통기술사업화지원사업은 국토교통 분야 중소기업

처 기업을 대상으로 기술개발 이후 시제품 성능인증, 현장시험, 매출액 발생 등의 기술사업화 단계를 지원하는 R&D 사업이다. 본 사업의 목적은 중소기업의 매출

\*Corresponding Author : Seung-Hee Back(q100sh@gmail.com)

Received August 31, 2022

Accepted December 20, 2022

Revised November 8, 2022

Published December 28, 2022

액 신장, 강소기업 육성 및 일자리 창출이며, 기업 성장단계별 특성을 고려하여 유망주 기업(초기창업단계), 고속성장기업(성장~도약 단계) 등 차별화된 기술사업화를 지원하고 있다[1]. 본 사업은 2022년 일몰제 적용에 따라 2022년부터 신규과제 지원이 없이 2025년에 종료될 예정이다. 따라서 기존 선행사업의 연구성과 단절을 예방하고 성과를 연계하기 위해 후속사업을 추진할 예정이며, 적절한 중소벤처 기업 연구기관 선정을 위해 평가항목 및 지표 설정이 필요하다[2].

국가연구개발사업 평가체제는 「국가연구개발혁신법」(이하 ‘혁신법’) 등 관련 법령에 따라 수행 과정 및 내용, 목표달성 정도, 성과 관리 및 활용 계획 등 다양한 평가항목을 제시하고 있으며, 부처별, 전문기관별, 세부사업별 다양한 특성과 기준 등을 고려하여 다양한 평가지표가 도입 및 적용되고 있다[3]. 따라서 평가항목에 대한 적절성, 하위 평가지표의 타당성, 평가지표가 평가항목에 유의미한 영향력을 미치고 있는지 등에 대한 검증이 필요하며, 후속사업의 경우 기존 선행사업의 평가체계에 대한 개선 노력이 필요하다. 그러나 국가연구개발사업의 평가업무를 담당하는 전문기관의 경우, 법적 업무영역 상 평가체계의 타당성, 개선방안 등에 대한 연구를 수행하는 것에 한계가 존재하며, 전문적인 연구 수행이 가능한 인력도 부족한 실정이다. 아울러, 전문기관 이외의 산업계, 학계에서는 국가연구개발사업 평가결과에 대한 정보 취득의 한계로 심도 있는 연구결과를 제시할 수 없는 실정이다. 따라서 본 논문은 국토교통기술사업화지원 사업을 대상으로 기존 평가항목 및 지표에 대한 적절성 검토를 수행하고, 시나리오 분석을 통해 후속사업의 평가항목 및 지표 선정을 위한 개선방안을 제시함을 목적으로 한다.

## 2. 선행연구

본 논문의 유사·중복성을 확인하고 진보성, 차별성을 검토하기 위해, 주요 선행연구와의 정성적인 비교분석을 수행하였다. 먼저, 심형욱(2022)은 국토교통기술사업화 지원 사업을 대상으로 선정평가 지표별 평가 결과에 미치는 영향력을 분석하였다. 인공지능경망 다중 퍼셉트론 분석과 로지스틱 회귀모형을 통한 지표별 영향력 분석을 통해 개선방안을 도출하였다[4]. 오하나(2019)는 정부 신약개발지원사업과 관련하여서도 연구 성공률 제고를 목적으로 선정 평가지표에 대한 적절성을 평가하였다. 로지스틱 회귀분석을 통해 최종 종료된 133개 과제를 대상으로 하

였으며, 지표의 구체화, 가중치 상향 등 환류를 통해 투자 효율성을 제고방안을 도출하였다[5]. 백재형(2017)은 농업 R&D 투자에 대한 신뢰도 높은 실용성, 사업성 평가를 위해 R&D 과제의 사전경제성 분석이 가능한 성과 평가 모델을 개발하였으며, 전문가 AHP 분석을 수행하여 평가 지표의 가중치를 도출하였다[6]. 정원정(2018)은 국가지원 예술경연대회 개최과정의 공정성을 평가하기 위한 지표의 개발을 목적으로, 전문가 기반 단계별 델파이 조사를 통해 평가지표를 개발하였다[7]. 최정민(2017)은 해양수산 중소기업지원 연구개발사업을 대상으로 각 부처의 중소기업 지원 연구개발사업들의 선정평가 지표들과 비교분석을 실시하여 합리적이고 객관적인 선정 기준을 도출하였다. 해양수산 분야 산학연 평가 전문가들 대상의 지표 가중치에 대한 AHP 분석을 실시하였으며, 시장성 부문의 평가지표 보완 및 활용 가능성 등 일부 지표의 가중치 개선의 필요성을 확인하였다[8]. 장덕희(2014)는 R&D 성과평가시의 특허 부분에 대한 평가지표 개선을 위한 목적으로 해양생명공학 기술개발사업 특허 성과를 사례로 FGI 기반 분석을 통해 정책성, 경제성 측면에서의 과제 연계성, 특허 성격, 패밀리 특허 등 6가지 신규지표를 제시하였다[9]. 마지막으로 박병식(2013)은 국가연구개발사업 추적평가에 대한 개선방안을 모색하기 위해, 국내의 추적평가 지표 비교분석을 수행하여 사후관리 지표, 네트워크 지표 등의 사업화 효과를 저해하는 요인들을 발굴하였다[10]. 선행연구 분석결과를 요약하면 먼저, 연구 방법론은 델파이, 특허분석, AHP 분석 및 회귀분석 등 다양한 방법론을 적용하고 있으며, 평가를 직접 수행하는 전문가를 대상 조사 및 논의를 통해 결과를 새롭게 도출하였다. 연구 주제에 있어서는 평가모델을 개발하거나 지표를 선정하는 내용 등이 주를 이루고 있으며, 일부 평가 지표 개선을 위한 연구를 수행하기도 하였다. 특정 분야에 대한 후속 연구나 선행연구 결과와 연계한 재평가 연구 실적은 없으며, 일회성 연구가 대부분이다. 연구내용적인 측면에서는 대부분의 연구가 최상위 단계의 평가항목만을 대상으로 분석하고 있으며, 평가결과와 연계하지 않은 가중치만을 도출한 연구들도 존재한다.

선행연구 분석결과로부터 본 연구의 학술적 가치는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 그 간 국가연구개발사업의 평가항목 및 지표, 배점은 기획 단계에서 소수의 관련 분야 전문가 논의를 통해 설정되어 왔다. 이러한 방식의 장점으로는 신속하고 효율적인 평가를 추진할 수 있지만, 실증적인 검증이 이루어지지 않았기 때문에 평가결과에

대한 신뢰성 확보에 한계가 있다. 본 연구에서는 사전 전문가 논의를 통해 선정된 국가연구개발사업 평가항목 및 지표의 타당성 검증에 대한 실증적인 분석을 수행하였다. 연구결과의 신뢰도를 높이기 위해 100개 이상의 국가연구개발과제, 300명 이상의 평가위원별 평가결과 데이터를 이용하였으며 평가모델의 타당성 검증과 개선방안을 모색하였다. 둘째, 평가항목 하위의 평가지표로 분석 범위를 넓혔다. 평가항목은 다수의 평가지표로 구성되어 있으며, 평가지표별 배점의 합으로 평가항목의 점수가 산출된다. 따라서 평가항목에 대한 분석과 함께 평가지표에 대한 분석이 동반되어야 전체적인 평가지표에 대한 개선방안을 마련할 수 있다. 이를 통해 연구결과에 대한 활용도를 높였다. 셋째, 다양한 개선방안을 시나리오로 구분하고, 시나리오별 적절성을 분석하였다. 시나리오 설정 시 선행 연구에서 가정하고 있는 평가항목과 지표 간 존속관계를 해체하여, 평가체계 설정에 대한 다양성을 반영하였다.

### 3. 국토교통기술사업화지원사업 평가지표

국토교통기술사업화지원사업 평가지표 체계는 Table 1과 같이 2단계로 구분된다. 먼저, 1단계에서는 제안하는 아이টে에 대한 기술성, 시장성을 평가한다. 기술성에는 사업화 대상 기술의 비교우위성 및 권리보호 수준, 사업화 대상 기술의 현재 기술수준 및 사업화를 위한 구현 가능성, 추가 기술개발의 필요성, 기술개발 목표의 구체성 및 타당성, 최종성과물 및 중간산출물의 명확성에 대한 내용을 평가하고, 시장성에서는 매출창출 가능한 목표시장의 규모 및 성장 가능성, 개발기술 적용 시장 점유율 및 확보가능성, 진입시장의 장벽 및 시장규제에 대한 극복 가능성, 초기 시장진입을 위한 개발 기술제품 인증의 용이성을 포함한다. 1단계 평가에 이어 2단계에서는 추진 계획 및 기관 역량에 대한 평가로 사업주체의 역량, 기술개발 적합성, 기술개발의 적합성(TDS), 사업화 추진의 적절성(BPS), 사업주체의 역량(BEC)을 평가한다.

Table 1. Evaluation index

	Evaluation Index	Note
1st	Technicality(T)	5point scale
	Marketability(M)	
2nd	Business Entity Competency(BEC)	
	Technology Development Suitability(TDS)	
	Business Performance Suitability(BPS)	

이와 같은 평가항목은 혁신법을 근거로 하여 전문기관 단위에서 사업 특성에 맞게 전문가 검토 등을 거쳐 확정

된다. 평가에 참여하는 모든 평가위원들은 정해진 평가항목에 따라 점수를 입력하고, 최고, 최저점을 부여한 각 1인의 점수를 제외한 나머지 점수의 합을 산술평균하여 최종 평가점수를 산출, 우선순위에 따라 연구개발 대상 기관을 선정하고 있다. 그러므로 연구개발 대상 기관을 선정함에 있어 평가항목과 평가지표 및 배점을 적절하게 선정하는 것이 매우 중요하다. 아울러, 국토교통기술사업화 지원사업과 같이 연구개발기관이 자체적으로 연구 아이টে를 제안하는 Bottom-up 방식의 사업과 매년 수십 개에서부터 수백 개의 연구개발 과제를 선정해야 하는 사업의 경우, 사업기간 동안 평가항목 및 배점에 대한 개선을 하는 것에 인적, 시간적 한계가 있다. 국토교통기술사업화 지원사업 또한 사업기간 동안 평가결과 데이터를 가지고 실제적으로 평가지표의 적절성에 대한 연구를 수행한 적이 없다. 따라서 후속사업이 착수되는 시점에서, 평가항목 및 지표 선정을 위해 선행사업 평가지표 체계의 적절성을 분석하고 개선방안을 도출하여 적용하는 것이 필요하다.

### 4. 연구방법

연구방법은 기존 평가지표 체계를 이용한 구조방정식 모형과 평가항목-지표 간 재분류를 통해 시나리오로 구분한 각각의 구조방정식 모형의 분석결과를 비교·분석함으로써 수행한다. 평가항목-지표 간 재분류는 계층적 군집분석을 실시하며, 구조방정식 모형 분석은 다중지표(Multi-Indicator) 모형 분석을 통한 직접효과를 비교분석 한다.

먼저, 계층적 군집분석은 IBM SPSS Statistics 21 프로그램을 이용하며, Ward 연결법을 적용한다. Ward 연결법에서 군집의 형성은 각 군집별로 모든 개체들의 평균을 구하고 이 평균과 군집에 속한 각 개체 간의 유클리드 거리제곱 합이 가장 적게 증가하는 방식으로 군집을 형성한다. 따라서 각 단계에서 개체들을 하나의 군집으로 묶음으로써 생기는 정보의 손실을 군집의 평균과 개체들 사이의 편차 제곱 합으로 나타내며 Eq. (1)과 같이 표현할 수 있다[11].

$$ESS_i = \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^p (X_{ijk} - \bar{X}_{ik})^2 \quad (1)$$

- ESS : 편차 제곱합
- $\bar{X}_{ij}$  :  $i$ 번째 군집에 속한  $j$ 번째 관측벡터

- $X_{ijk}$  : j번째 관측벡터의 k번째 변수의 측정값
- n : 자료수
- p : 변수의 수

구조방정식 모형은 Amos 26 Graphics 프로그램을 이용하여 수행하였다. 확인적 요인분석(Confirmatory Factor Analysis)과 경로분석(Path Analysis)을 통해 변수 간 인과관계를 검증한다. 구조방정식 모형 분석은 Fig 1과 같이 모형설정, 모형식별, 모형추정, 모형평가, 모형수정, 모형선택으로 구분된다. 모형설정 단계에서 변수의 특성, 변수 간 관계 등을 고려하여 추정해야 할 모수(자유모수)를 설정하고 연구모형과 가설을 수립한다. 모형식별은 모형 내 포함된 모든 자유모수(Free Parameter)를 확인하는 과정이며, 모형추정 단계에서는 자유모수의 값을 수리적인 계산과정을 통해 추정한다. 모형평가는 추정된 개별 모수 값들의 타당성을 통계적 검정 등을 통해 검토하고  $\chi^2$  등의 적합도 지수를 통해 모형의 적합도를 판별한다[12-13].

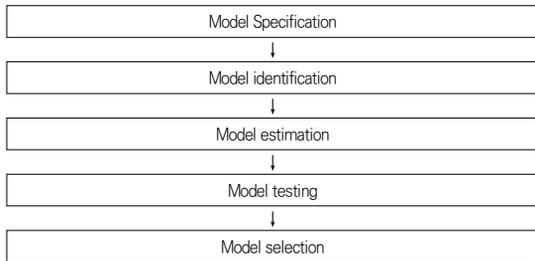


Fig. 1. Research procedure

## 5. 분석결과

### 5.1 시나리오 설정

평가항목 및 지표에 대한 시나리오는 군집분석을 통해 설정한다[14]. 시나리오 설정을 위한 기존 평가지표 체계에 대한 계층적 군집분석 결과는 Fig 2와 같다. x축은 군집과의 거리를 의미하며, 군집은 평가항목을 나타낸다. 직관적으로 거리의 범위에 따라 해석을 할 경우, 군집의 유형은 2가지로 구분할 수 있다. 기존 평가지표 체계는 제안하는 아이템에 대한 평가와 추진계획 및 기관 역량에 대한 평가 2개의 군집으로 구분되어 있었다면, 계층적 군집분석 결과를 고려한 평가지표 체계는 첫 번째 T, BPS, M과 BEC, TDS 2개의 군집으로 구분하는 것과, T, BPS, M, BEC와 TDS 2개의 군집으로 구분할 수 있다.

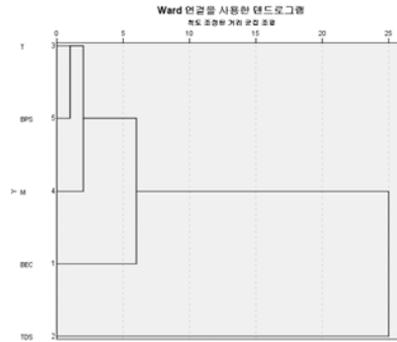


Fig. 2. Dendrogram(hierarchical clustering)

따라서, 비교분석을 위한 시나리오는 Table 2와 같이 설정한다. 시나리오1은 비교분석을 위한 기준 시나리오로써 기존 평가항목 및 지표를 반영하였으며, 시나리오 2, 3은 계층적 군집분석 결과를 반영하였다. F1, F2는 평가항목을 의미한다.

Table 2. Simulation scenarios

	Scenario-1		Scenario-2		Scenario-3	
F1	T	F1	T	F1	T	
	M		M			
F2	BPS	F2	BPS	F2	BPS	
	TDS		TDS		BEC	
	BEC		BEC		TDS	

시나리오 설정에 대한 타당성 검증을 위해 다층 퍼셉트론 인공신경망 모형을 이용하였으며, 평가지표의 정규화 중요도 값을 이용하여 검증한다. Table 3은 인공신경망 모형 분석결과 평가지표별 정규화 중요도 값을 나타낸다. 인공신경망 분석에서 입력변수(평가지표)의 중요도가 10% 이상인 경우, 결과변수(평가결과)의 결정에 영향을 주는 주요 설명변수로 간주할 수 있다[15]. 따라서, 평가지표 모두 평가결과에 영향을 미치는 주요 설명변수로 간주한다.

Table 3. Normalization importance

Index	Normalization importance
T	92.2%
M	100.0%
BEC	49.5%
TDS	21.7%
BPS	72.3%

평가지표를 구분하는 중요도 값은 50%, 25% 값으로 설정하였다. 중요도 값을 기준으로 분류한 결과는 Table 4와 같으며, 이를 통해 시나리오 설정은 적절한 수준으로

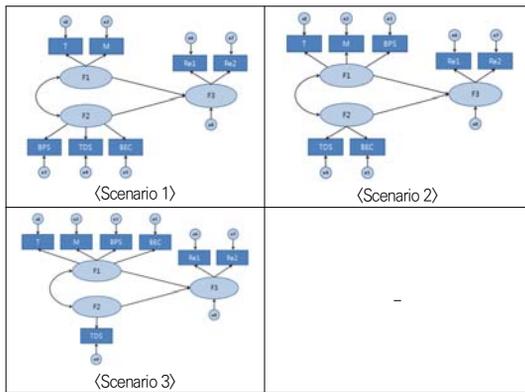
이루어졌다고 판단할 수 있다.

**Table 4. Grouping results**

	25%	50%
G1	T, M, BPS	T, M, BPS, BEC
G2	TDS, BEC	TDS

**5.2 연구모형 및 가설**

연구모형은 기술성(T), 시장성(M) 1단계 평가지표와, 기술개발의 적합성(TDS), 사업화 추진의 적절성(BPS), 사업주체의 역량(BEC) 2단계 평가지표가 평가결과에 미치는 효과를 분석한다. 구조방정식 모형으로 도식화 하면, Fig. 3과 같다.



**Fig. 3. Research model(multi-indicator)**

잠재변수와 관측변수는 Table 5와 같다. 잠재변수 F1, F2는 평가항목을 의미하며, F3은 평가결과를 나타낸다. 잠재변수 F1은 관측변수 기술성(T), 시장성(M)에 영향을 받으며, F2는 사업주체의 역량(BEC), 기술개발의 적합성(TDS), 사업화 추진의 적절성(BPS)으로부터 F3은 1단계, 2단계 평가결과인 Result1, Result2의 영향을 받는다. 오차변수는 e1~e7로 설정하였다.

**Table 5. Variables**

Latent Variable	Observed Variable
F1	T
	M
F2	BEC
	TDS
F3	Result1
	Result2

구조방정식 모형 분석을 위한 연구가설은 Table 6과 같다. 연구가설은 시나리오별로 구분하였으며, 상위, 하위 2계층의 위계 구조로 설정하였다. 상위 연구가설은 “평가지표는 평가항목이 달라지는 경우 평가결과에 미치는 효과도 달라질 수 있다.”로 선정하였다. 이는 연구 성과의 측정 및 평가의 중요한 기반이론이 되는 OECD의 영향력 평가 가이드라인의 변화이론의 논리 틀을 근거로 하였으며, 평가결과가 도출되는 과정을 역으로 파악하고 평가결과에 영향을 미치는 각각의 조건들의 인과적인 연계성을 밝히는 것을 목적으로 한다[20]. 하위 연구가설은 “평가항목은 평가결과에 정(+)의 효과를 미칠 것이다”와 “평가지표는 평가항목에 정(+)의 효과를 미칠 것이다”로 설정하였다. 기존 국가연구개발사업 평가지표 관련 다수의 선행연구에서는 평가지표 개발 시 평가항목 및 지표간 미치는 정량적인 효과분석의 중요성을 강조하고 있으며, 평가지표를 평가항목을 정량적으로 측정하는 하위 지표로 설정하여 상호 간의 관계를 선행적으로 가정하였다 [21-22]. 아울러, 연구가설 수립의 대상이 되는 평가항목 및 지표는 혁신법과 국가연구개발 과제평가 표준지침 등을 기준으로 적용하였다. 그러므로 본 논문은 기존 선행 연구의 연구가설 모형 형태를 근거로 하며, 법·제도적 근거에 따른 대상선정, 국내·외적으로 통용되던 논리적 틀을 적용함에 따라 수립된 연구가설이 적절한 수준으로 타당하다고 판단할 수 있다.

**Table 6. Research theory**

Research Theory	
(H0) The same evaluation index will have a different effect on the evaluation result depending on the evaluation item	
1	(H1)F1 evaluation items will positively affect evaluation results.
	(H1-1)T will have a (+) effect on G1
	(H1-2)M will have a (+) effect on G1
	(H2)F2 evaluation items will positively affect evaluation results.
	(H2-1)BPS will have a (+) effect on G2
	(H2-2)TDS will have a (+) effect on G2
2	(H2-3)BEC will have a (+) effect on G3
	(H1)F1 evaluation items will positively affect evaluation results.
	(H1-1)T will have a (+) effect on G1
	(H1-2)M will have a (+) effect on G1
	(H1-3)BPS will have a (+) effect on G2
	(H2)F2 evaluation items will positively affect evaluation results.
3	(H2-1)TDS will have a (+) effect on G2
	(H2-2)BEC will have a (+) effect on G3
	(H1)G1 evaluation items will positively affect evaluation results.
	(H1-1)T will have a (+) effect on G1
	(H1-2)M will have a (+) effect on G1
	(H1-3)BPS will have a (+) effect on G2
	(H1-4)TDS will have a (+) effect on G2
	(H2)F2 evaluation items will positively affect evaluation results.
	(H2-1)BEC will have a (+) effect on G3

5.3 연구자료

연구자료는 2021년도 국토교통기술사업화지원사업 평가자료를 활용하였다. 평가지표는 1~5점 범위의 척도 변수로 설정되었으며, 국토교통 분야 전문가로 이루어진 300명의 평가단이 직접 평가한 자료를 활용하였다. 연구 자료에 대한 기술통계량은 Table 7과 같다. 평가지표별의 평균은 2.4~3.51의 범위로 나타났으며, 표준편차는 0.5~1.05, 분산은 0.25~1.10으로 나타났다. 특징적으로, TDS 변수의 평균, 표준편차 및 분산값이 가장 크게 나타났으며, BEC의 평균, 표준편차 및 분산값이 가장 작게 나타났다.

Table 7. Descriptive statistics

	N	Mean	SD	Var
BEC	300	2.74	0.50	0.25
TDS	300	3.51	1.05	1.10
BPS	300	3.18	0.59	0.34
T	300	3.15	0.63	0.40
M	300	3.22	0.65	0.42
E	300	2.40	0.74	0.56
Cronbach's $\alpha$		0.675		

연구자료에 대한 신뢰도 분석은 Cronbach  $\alpha$  값을 통해 수행하였다. 신뢰도란 동일한 개념을 반복적으로 측정했을 때 얼마나 일관된 결과가 나올지를 나타내는 개념으로, 하나의 척도를 구성하는 문항 간의 내적 일치도를 재는 방법을 이용하였다. 일반적으로 Cronbach  $\alpha$ 의 값이 0.75를 넘으면 내적 일치도는 만족스럽다고 평가하며, 최소 0.6 이상이 되어야 척도를 구성하는 문항들 간의 일치도가 있다고 판단한다[16]. 분석결과 Cronbach  $\alpha$  값이 0.675로 도출되어 신뢰할만한 수준으로 판단하였다. 추가로 변수별 상관관계 분석을 통해 연구모형에서 변수간 인과관계의 여부와 영향력이 미치는 방향에 대한 1차적인 검증을 수행하였다. 상관관계 분석은 정규성을 따르는 연속형 변수 간 선형관계를 확인할 수 있는 Pearson 상관계수를 이용하였다. 상관관계 분석결과는 Table 8과 같다. 상관계수는 모두 0.4이하의 값으로 나타나 강한 상관관계를 보이는 변수가 없었으나 TDS와 M은 음의 상관관

Table 8. Pearson correlation coefficient

		T	M
BEC	coefficient	.109	.128
	p	.060	.026
TDS	coefficient	.034	-.027
	p	.559	.644
BPS	coefficient	.394	.263
	p	.000	.000

계를 보이며, TDS와 관련된 T, M에 대한 유의확률은 0.05 이상으로 통계적으로 유의미하지 않음을 확인하였다.

5.4 확인적 요인분석

5.4.1 변수의 타당성 검증

구조방정식 모형 변수의 타당성은 개념타당성과 수렴 타당성을 통해 검증하며, 확인적 요인분석에 따른 모형 적합 지표들을 이용한다[17]. 개념타당성은 확인적 요인 분석을 통해 만들어진 잠재변수를 구성하는 측정변수들이 옳은 개념과 정의를 가지고 만들어졌는지를 확인하는 과정이며, 표준화 계수 값이 0.5이상인 경우 타당도를 확보했다고 판단한다. 수렴타당성은 잠재변수를 구성하는 측정 변수들의 잠재변수의 설명력 타당성 부분을 의미하며, Eq. (2), (3)에 따른 개념신뢰도 C.R.(Construct Reliability)과 분산추출지수 AVE(Average Variance Extracted)를 이용하여 검증한다. C.R. 값은 0.7 이상, AVE 값은 0.5 이상인 경우 타당하다고 판단한다[18].

$$CR = \frac{\sum(SRW)^2}{\sum(SRW)^2 + (SSE)} \quad (2)$$

$$AVE = \frac{\sum(SRW^2)}{\sum(SRW^2) + (SSE)} \quad (3)$$

- SRW: 표준화 추정치
- SSE: 표준화측정오차합

개념타당성 분석결과는 Table 9와 같다. 시나리오 1(Scn1)의 경우 TDS, BEC 평가지표의 표준화 계수값이 0.5 이하로 나타나 개념타당성을 확보하지 못하였다. 시나리오3(Scn3)의 경우에도 시나리오1 대비 T, M, BPS, TDS, BEC 평가지표의 표준화 계수값은 모두 증가하였으나, TDS, BEC 평가지표의 표준화 계수값이 0.5 이하로 나타났다. 반면, 시나리오2(Scn2)의 경우, 모든 지표의 표준화 계수값이 0.5 이상으로 나타나 개념타당성을 확보하였으며, 시나리오1, 2의 평가지표 표준화 계수값 보다 전체적으로 높게 나타났다.

수렴타당성 분석 결과는 Table 10과 같다. 시나리오1, 3은 개념신뢰도 및 분산추출지수가 0.7 이하, 0.5 이하로 도출된 잠재변수가 존재한다. 반면, 시나리오2의 경우 모든 잠재변수의 개념타당성 및 분산추출지수가 기준값 이

상을 나타내고 있어 수렴타당성이 있다고 볼 수 있다.

**Table 9. Standardized regression weights**

	Scn1	Scn2	Scn3
T	0.586	0.617	0.593
M	0.508	0.536	0.518
BPS	0.501	0.522	0.505
TDS	0.146	0.522	0.256
BEC	0.387	0.501	0.396

**Table 10. Convergence validity analysis result**

Scn	Latent Variable	C.R.	AVE
1	F1	0.7	0.5
	F2	0.5	0.3
2	F1	0.8	0.6
	F2	0.7	0.5
3	F1	0.8	0.5
	F2	0.2	0.2

5.4.2 모형 적합성 검증

구조방정식 모형의 적합성은 연구모형과 실제로 사용된 자료 간의 일치성 정도를 의미하며, 표본자료의 특성과 이론적 특성이 어느 정도 일치하는가에 대한 적합성을 판단하는 과정이다[19]. 본 논문은 모형 적합성 검증을 위해 절대적합지수와, 증분적합지수를 사용하였으며,  $\chi^2$ , GFI(Goodness of Fit Index), CFI(Comparative Fit Index), RMSR(Root Mean Squared Residual) 4개의 지수를 사용하였다. 시나리오별 적합성 결과는 Table 11과 같으며, 모든 시나리오에서 적합도 지수가 기준값 이내로 포함되어 모형의 적합성은 양호하다고 판단할 수 있다.

**Table 11. Model fit analysis result**

	Scn1	Scn2	Scn3	Stn
$\chi^2$	0.000	0.000	0.000	p>0.05
RMR	0.028	0.031	0.024	<0.05
GFI	0.967	0.968	0.968	>0.9
CFI	0.955	0.959	0.962	>0.9

5.5 경로분석

연구모형에서 경로에 대한 회귀계수의 표준화 추정치를 통해 변수 간 인과관계의 방향과 크기 정도를 분석한다. 시나리오별 평가지표에 대한 분석결과는 Table 12와 같으며, B는 표준화 계수, S.E.는 표준오차, CR은 경로계수의 유의성을 나타내는 Critical Ratio, 그리고 p는 유의확률을 나타낸다. 먼저, M 평가지표의 경우 시나리오1, 2, 3에서 모두 0.89 수준으로 비슷한 결과를 보였다. BEC의 경우 시나리오3에서 0.528로 시나리오 1과 2 대비 절

반 수준으로 나타났다. BPS는 시나리오1에서 1.885로 가장 높으며, 시나리오2와 3에서는 0.78 수준으로 비슷한 결과를 보인다. 연구가설에 대한 검증은 CR값을 이용하여 가설 채택 여부를 결정한다. CR값은 신뢰수준 99%에서 z-검정을 실시하였으며 기준값은 2.33으로 설정한다. 시나리오별 모든 변수의 CR값이 2.33 이상으로 나타났으며, 유의한 결과를 나타내고 있어 가설의 채택은 유의하다고 볼 수 있다.

**Table 12. Regression weights**

	Path			B	S.E.	C.R.	P
	T	M	F1				
1	T	<--	F1	1			
	M	<--	F1	0.896	0.094	9.577	***
	TDS	<--	F2	1			
	BEC	<--	F2	1.234	0.405	3.048	0.002
	BPS	<--	F2	1.885	0.604	3.122	0.002
2	T	<--	F1	1			
	M	<--	F1	0.892	0.092	9.698	***
	BPS	<--	F1	0.787	0.083	9.494	***
	TDS	<--	F2	1			
	BEC	<--	F2	1.051	0.294	3.574	***
3	T	<--	F1	1			
	M	<--	F1	0.898	0.095	9.455	***
	BPS	<--	F1	0.783	0.085	9.185	***
	BEC	<--	F1	0.528	0.069	7.654	***
	TDS	<--	F2	1			

시나리오별 모형에서 평가지표 간의 인과관계를 나타내는 각 경로의 측정효과를 표준화된 전체효과로 나타내었다. 시나리오1에서는 F1에 직접효과를 주는 것은 T, M이며, F2는 TDS, BEC, BPS이다. F1에 직접효과를 미치는 평가지표는 T가 M 보다 다소 크게 나타났으며, F2는 BPS, BEC, TDS 순으로 TDS가 0.146으로 가장 작게 나타났다. 시나리오2에서는 T, M, BPS가 F1에 직접효과를, TDS, BEC가 F2에 직접효과를 미치고 있다. F1에 대해 T,

**Table 13. Total Effect**

	Index	F1	F2
1	T	0.586	-
	M	0.508	-
	TDS	-	0.146
	BEC	-	0.387
	BPS	-	0.501
2	T	0.617	-
	M	0.536	-
	BPS	0.522	-
	TDS	-	0.207
	BEC	-	0.464
3	T	0.593	-
	M	0.518	-
	BPS	0.396	-
	BEC	0.499	-
	TDS	-	0.256

M, BPS 순으로 0.522~0.617 수준의 직접효과를 미치며, F2는 TDS가 0.207로 가장 작다. 마지막으로 시나리오3은 T, M, BPS, BEC가 F1, TDS가 F2에 직접효과를 미친다. F1에 대한 직접효과는 T, M, BEC, BPS 순으로 BPS가 0.395로 가장 작다. 기존 평가지표 체계인 시나리오1과 비교할 경우, 시나리오2의 경우 모든 지표의 직접효과 수치가 증가하였으며, 시나리오3에서는 BPS의 직접효과 수치가 감소하였다.

확인적 요인분석 결과 개념타당성은 시나리오1과 3에서 TDS, BEC 평가지표가 0.5 이하로 나타났다. 반면, 시나리오2는 모든 평가지표가 0.5 이상으로, 시나리오1, 3 대비 상대적으로 타당성이 높다고 해석이 가능하다. 수렴 타당성에서도 개념신뢰도와 분산추출지수가 시나리오2만이 0.7과 0.5를 넘어 타당성을 확보하였다. 모형에 대한 적합도는 시나리오1, 2, 3 모든 경우에서 양호하게 나타났다. 경로분석 결과 모든 시나리오에서 평가지표의 유의도가 0.05 이하의 값을 보여 유의미한 것으로 해석이 가능하다. 평가항목에 미치는 평가지표별 효과는 시나리오2에서 모든 지표가 시나리오1, 2 대비 증가하였다. 따라서, 시나리오2의 평가지표 체계가 시나리오1, 3 대비 보다 적절한 것으로 해석이 가능하다. 평가결과 데이터를 가지고 도출된 결과의 신뢰도를 확보하기 위해, 실제 국가연구개발 평가 체계에 적용될 수 있는지에 대한 실무적인 검토를 추가로 수행하였다. 평가항목 F1에 T, M, BPS가 묶이는 것에 대해 전문가 전문가를 대상으로 FGI 실시하였으며, 평가항목 F1에 신규로 추가된 사업화 추진계획의 적절성은 T 지표로 평가되는 사업화 구현 가능성과 M 지표로 평가되는 시장진입 및 확보 가능성 지표와의 연계성이 높고 일부 평가범위가 중첩되어 F1 평가항목으로 묶이는 것에 타당성은 있다고 평가하였다. F2와 비교한 평가항목의 적절성 부분에서도 F2 평가항목은 사업화 역량에 대한 부분만을 평가하는 것이 적절하며, 사업화 역량은 기업이 현재 보유한 역량을 중심으로 평가되는 것이 적절하다는 의견이 도출되었다.

## 6. 결론

그간 국토교통부 연구개발사업 평가체계의 경우 많은 노력과 시간을 들여 평가항목과 지표를 발굴하고 선정하고 있지만, 결과물을 가지고 선정된 평가항목 및 지표에 대한 적절성을 되짚어 보는 것은 제도적 미비함과 전문가 인력의 부족으로 이루어지지 않았다. 이러한 시점에서 본

논문은 국토교통부 연구개발사업 중 선행사업 종료후 후속사업이 착수된 국토교통기술사업화지원사업을 대상으로, 평가항목 및 지표에 대한 적절성을 검토하고 후속사업 적용을 위한 개선방안을 마련함을 목적으로 하고 있다. 분석결과에 따르면 개선방안으로 도출된 평가항목 및 지표는 기존 평가항목 및 지표 대비 평가결과에 영향을 미치는 효과가 크다. 따라서, 기존 평가항목 및 지표 체계를 그대로 연계하는 것은 적절하지 못하다고 할 수 있다. 향후 후속사업에 대한 평가항목 및 지표는 분석결과를 활용하여 개선방안으로 도출된 항목과 지표를 고려하여 설정하는 것이 필요하다. 본 논문의 시사점은 다음과 같다. 국토교통부 연구개발사업은 일관된 평가지표 체계에서 더욱 효과적이고 공정한 평가가 이루어질 수 있도록 평가지표 분석 및 연구가 필요하며, 지속적인 피드백을 통해 평가체계를 개선해야 한다. 본 논문에서는 국토교통부 연구개발사업 중 국토교통기술사업화지원사업이라는 특정 사업만을 대상으로 하고 있기 때문에 일반화하기에 한계가 있지만, 선행사업과 연계된 후속사업을 착수하는 연구개발사업에 한해서는 기존 사업의 평가체계를 그대로 가져오는 것이 아니라 평가항목 및 지표 개선을 위한 노력이 필요하다. 아울러, 연구개발사업 평가에 대한 분야와 전문가가 협소한 상황에서, 연구개발사업 평가를 담당하는 전문기관에게 평가항목 및 지표의 최초 선정뿐만 아니라 평가지표에 대한 지속적인 피드백의 중요성을 입증할 수 있는 기초적인 근거를 제공한다는 것에 의미가 있다. 본 논문의 한계는 다음과 같이 요약할 수 있다. 먼저, 국토교통부 연구개발사업에 한하여 범위를 선정한 것과 후속사업의 평가 시점이 도래하지 않아 개선된 평가항목 및 지표에 대한 적용 효과분석을 수행하지 못한 것이다. 향후 국토교통부 연구개발을 총괄하는 국토교통과학기술정책팀과 협업하여 추진 중인 세부사업들의 선정, 단계, 최종평가에 적용하여 효과검증을 수행할 예정이며, 지속적인 사업 지표 개선이 가능하도록 타 분야 사업을 포함한 추진계획 등을 마련할 계획이다. 다음으로, 신규 평가항목 및 지표 투입을 고려하지 않았다. 일반적으로 선행사업이 존재하는 후속사업도 정책적, 기술적 트렌드의 변화 등으로 신규 지표를 포함하는 경우가 있다. 그러나 본 논문에서는 기존 선행사업의 평가항목 및 지표만을 대상으로 분석을 수행하였으며, 후속사업의 신규 지표 발굴 및 선정 등을 수행하지 않았다. 따라서, 2022년에 선정된 연구개발과제의 1차년도 연구가 종료되는 시점에서 중간 점검 결과를 반영한 신규 평가지표 개발 및 신규지표 적

용에 따른 개선 방안 연구를 추가적으로 수행할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] KAIA. (2021). 2021 Land Transport Science and Technology R&D Project Implementation Plan. Anyang.
- [2] KAIA. (2021). Annual Project management plan. Anyang.
- [3] National R&D Innovation Act
- [4] H. W. Shim. (2022), An Analysis of Influence on the Selection of R&D Project by Evaluation Index for National Land Transport R&D Project - Focusing on the Technology Commercialization Support Project -, *Journal of Industrial Convergence*, 20(2), 1-9.
- [5] H. N. Oh, S. H. Oh, Y. S. Park & S. B. Han. (2019), A Study on the Appropriateness of the New Drug Development Evaluation Indicators, *The Korean Association for Policy Development*, 19(2), 41-73.
- [6] J. H. Park, D. S. Lee & S. J. Lee. (2017). A Study on Development of Evaluation Indicators for Agricultural R&D Pre-economic Analysis, *The Studies in Regional Development*, 49(2), 81-98.
- [7] W. J. Jung & J. H. Park. (2018). Apply Delphi Research Method for Development for Art Competition Fair Assessment Scale, *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sport Science*, 20(2), 11-22.
- [8] J. M. Choi & D. M. Lee. (2017), A Study on National R&D Project Proposal Evaluation Indicator for Small-Medium Business -Focusing on R&D Project for Support Marine SMEs-, *Ocean policy research*, 32(2), 169-189.
- [9] D. H. Jang, G. M. Kang, (2014), A Study on the Improvement of a Patent Evaluation Indicator in Evaluating Government R&D Performance, *The Korea Association for Policy Studies*, 23(2), 65-92.
- [10] B. S. Park. (2013), Improvement plan for R&D project tracking evaluation index system, *The Korea Association For Policy Analysis and Evaluation*, 2013(3), 115-135.
- [11] S. W. Park, G. C. Lim, C. R. Choi & K. L. Kim, (2009), Hierarchical Clustering Analysis of Water Main Leak Location Data, *The Korean Data & Information Science Society*, 42(3), 177-190.
- [12] C. Fornell. & D. F. Larcker. (1981), Evaluating structural equation models with unobservable variable and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- [13] J. Anderson & D. W. Gerbing. (1988), Structural equation modeling in practice, *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423.
- [14] J. K. Lee, (2013), Scenario Selection and Uncertainty Quantification for Climate Change Impact Assessments in Water Resources, Doctor of Philosophy in Engineering Seoul National University.
- [15] H. W. Byeon, (2015), The Factors of Participating in a Smoking Cessation Program using Integrated Method of Decision Tree and Neural Network Algorithm, *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(2), 25-30.
- [16] H. A. Park, (2021), Reliability using Cronbach alpha in sample survey, *The Korean journal of applied statistics*, 34(1), 1-8.
- [17] H. J. (2019), Amos Structural Equation, hannarae
- [18] J. Heo & S. J. Ahn, (2020), Effects of Biased Awareness of Security Policies on Security Compliance Behavior, *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 23(1), 63-75.
- [19] Y. H. Lee. (2020), An Empirical Study on Appraisal Indices' Discrimination Significance for Technology Financing: Focusing on KOTEC's Business Feasibility Appraisal Indices, *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship*, 15(5), 37-50.

심 형 욱(Hyung-Wook Shim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 서울대학교 도시계획학과(도시계획학박사)
- 2022년 7월~현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

- 관심분야 : 국가연구개발사업, 기술경영, 기술가치평가
- E-Mail : shw@kisti.re.kr

백 승 희(Seung-Hee Back)

[정회원]



- 2018년 10월 : 이화여자대학교 융합콘텐츠학과(공학박사)
- 2015년~2018년 : 국토교통과학기술진흥원 연구원
- 2019년 현재 : 예명대학원대학교 주임교수

- 관심분야 : 기술경영, 메타버스, 리더십
- E-Mail : q100sh@gmail.com

차 석 기(Seok-Ki Cha)

[정회원]



- 2021년 8월 : 한양대학교 과학기술정책학과(과학기술정책학박사)
- 2022년 7월~현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

- 관심분야 : 과학기술정책
- E-Mail : sc04@kisti.re.kr