

퍼지 기법을 이용한 소음 저감 원천기술의 기술가치 산정에 관한 연구

A Study on Valuation of Micro-pressure Wave Reduction Technology Using Fuzzy Comprehensive Evaluation

원유경, 김동진
부산대학교 무역학부

Yoo-Kyung Won(charmhanai@gmail.com), Dong-Jin Kim(ssskdj@yahoo.com)

요약

기술의 가치는 다양한 방법에 의해서 평가되어 지지만, 평가자의 주관과 평가 기법에 따라 상이한 결과를 초래하게 된다. 또한 평가 시 고려해야 할 요인 및 적용모형에 따라 결과의 불확실성이 생기게 되며, 특히 자료의 부족 또는 비교 대상이 없는 경우에는 평가 기술에 대한 가치 산정 결과의 신뢰성에 문제가 생길 수 있다.

이러한 평가 상의 불확실성을 감소시키기 위해 본 연구에서는 요인들에 대해 숫자(점수)로 평가하던 기존의 방식 대신 5가지 언어표현(아주 높음, 높음, 보통, 낮음, 아주 낮음)을 이용하는 퍼지 이론 및 이를 정량화 시킬 수 있는 퍼지 포괄 기법을 적용하여 특정 기술의 기술력을 측정하였다.

이를 위하여 국내에서 개발 중인 소음 저감 원천기술을 사례로 하여 기술성 요인과 사업성 요인으로 분류하고 기술의 가치를 평가 하였다. 기술성 요인은 높음, 사업성 요인은 아주 높음으로 평가되었으며, 이 요인들을 고려한 종합 평가에서는 아주 높음으로 평가되었다. 또한, 이는 각 요인별(세부요인, 대요인) 기술의 가치를 계량적으로 평가 할 수 있어 경쟁기술과의 요인별 비교에 도움이 될 것이다. 본 연구의 기법을 적용하면 다양한 분야에서 신규 기술(콘텐츠) 또는 대체 개발 기술(콘텐츠)과 같이 비교 자료가 부족한 경우에 기술력 분석 시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 기술가치평가 | 불확실성 | 퍼지 이론 | 퍼지 포괄 기법 | 요인 가중치 | 퍼지수 |

Abstract

Although the value of technology is evaluated by various methods, the result of technology valuation is different from evaluator and evaluation methods. Also the uncertainty on the result occurs with respect to the evaluation factors and evaluation model which should be considered. In the case of lack of data or comparison target, the credibility of the technology valuation result could be unsure. To decrease uncertainty of the technology valuation, Fuzzy concept and Fuzzy Comprehensive Evaluation method are applied instead of using existing methods which evaluate technology value(level) by the number.

In the research, we firstly divide evaluation criteria into technology value factor and business value factor and evaluate the technology level for micro pressure wave reduction technology which has been developed in Korea. Technology value factor is marked as high level with 46%, and business value factor is very high with 44%, and the overall level of technology is evaluated between very high and high. It helps to compare to other technology in the rivalry by the factors as it can evaluate the value of technology by factors. The technology valuation method which is applied in this research is expected to use on analyzing technology level of new technology or alternative technology in many different field.

■ keyword : | Technology Valuation | Uncertainty | Fuzzy Comprehensive Evaluation | Fuzzy Theory | Factor Weight | Fuzzy Number |

* 본 연구는 국토부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 고속화철도(250km/h이하) 터널미기압파저감후드기술개발(17RTRP-C125646-01)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

접수일자 : 2017년 08월 29일

심사완료일 : 2017년 10월 10일

수정일자 : 2017년 09월 26일

교신저자 : 김동진, e-mail : ssskdj@yahoo.com

I. 서론

기술가치평가는 해당 기술의 사용으로 인해 발생하는 미래 수익을 현재의 화폐 가치로 변환하는 방법으로, 평가 목적과 해당 기술의 특징으로 인해 다양한 방법이 개발되고 사용되어 왔다. 현재 주로 사용되는 방법은 소득접근법, 시장접근법, 비용접근법 등이며, 일반적으로 사용되는 방법은 소득접근법으로, 기술평가실무 가이드(2011, 2014)에서는 소득 접근법의 활용 방법에 대해서 자세히 설명하고 있다[1][2].

소득접근법에서 사용되는 기술가치평가의 네 가지 핵심 추정요소는 기술의 경제적 수명 추정, 미래 연도별 매출액과 연관비용 추정, 할인율의 추정, 기술기여도의 추정 등이며, 국내에서는 대부분의 평가가 소득접근법 기반의 DCF(Discount Cash Flow)방법이 활용되어 오고 있다. 지금까지의 기술가치평가 분야의 연구들은 주로 소득접근법의 가치산정에 필요한 주요 평가요소인 기술의 경제적 수명, 미래의 잠재적인 부가가치 현금흐름, 할인율, 기술기여도등의 주요 핵심입력변수들에 집중되어 왔다[3].

그러나 상기 방법을 사용하기 위해서 사용되는 4가지 핵심 추정 요소는 미래의 상황을 추정하는 것이기 때문에 추정치의 선정에 있어서 평가자의 주관적인 생각이 포함될 수 있으며, 또한 가용 데이터의 부재나 부족 등으로 인하여 최종 가치 평가에 있어서 상당한 불확실성을 내포하게 된다. 이러한 불확실성을 극복하기 위해서 통계적 기법과 수학적 기법이 사용되고 있다. 통계적 기법으로는 해당 기술의 평가를 위해서 추정 요소의 추정치를 단일 값으로 사용하는 대신 추정치가 가질 수 있는 범위를 확률분포로 가정하고 시뮬레이션 등을 통하여 해당 기술의 가치를 평가 하는 방법이 주로 사용되고 있다.

그러나 신기술 또는 상용화 전 개발된 원천기술과 같이, 가용 데이터의 부재(또는 부족)로 요인(변수)들의 추정치에 대한 확률 분포를 가정하기 어려운 경우에 기술가치평가를 위한 새로운 방법의 적용이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 확률적 추정을 대체할 수 있는 퍼지 이론에 근거한 퍼지 포괄 기법을 이용하여 기술가치

평가를 하고자 한다.

이를 위하여 국내 A사에서 개발한 소음 저감 원천 기술(철도 터널에 열차가 고속으로 진입하게 되면 출구에서 강한 폭발음이 발생하여 민가 및 주변 건물 등에 진동에 의한 상당한 충격을 미치게 되므로 이러한 환경소음을 줄이기 위해 실용화 전 단계에서 개발 중인 기술)을 사례연구로 하여 해당 기술에 대한 가치를 평가하였다.

A사의 원천 기술은 우리나라에서 아직 확보되지 않은 기술로 해당 기술에 대한 구체적인 데이터가 거의 없는 상황이며, 교통 환경저감 대책의 일환으로 추진되는 국가 R&D 개발 기술이다. 따라서 기술가치평가의 4가지 핵심 요소 중 기술 기여도의 핵심인 개별 기술 강도의 개념을 이용한 기술 자체의 기술력 평가에 중점을 두었다.

본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 사용하고자 하는 퍼지 포괄 기법과 기존 기법의 차별성이다. 퍼지 이론을 적용한 주요 기법인 퍼지 AHP와 퍼지 TOPSIS는 비교 대상들 간의 상호 비교를 통하여 대상들의 최종 순위를 도출하는 효율적인 방법이다. 그러나 본 연구에서 평가하고자 하는 A사의 기술은 비교 대상이 없어서, 상기 기법을 적용하기에는 어려움이 따른다. 따라서 퍼지 포괄 기법을 적용하여 기술 자체에 대한 정량적인 가치를 계산 하고자 한다. 둘째, 요인별(대요인, 세부요인)로 기술가치평가를 산정하여, 향후 유사 기술 또는 대체 기술과의 비교 시 종합적인 결과 비교뿐만 아니라, 요인별 일대일 비교로 다양한 분석이 가능하도록 한다.

본 연구의 내용은 다음과 같다. 제 2장에서는 기술가치 평가시의 불확실성을 감소하기 위한 확률적 방법 및 본 연구에서 사용하는 퍼지 포괄 기법에 대한 선행 연구를 살펴보고, 3장에서는 퍼지 포괄 기법의 적용을 위한 기본적인 절차를 소개한다. 4장에서는 퍼지 포괄 기법을 이용하여 A사의 기술에 대한 기술력을 정량적으로 평가하고, 5장에서는 결론 및 향후 방향에 대해서 기술하도록 한다.

II. 선행 연구

본 연구와 관련된 기술가치평가 관련된 주요 연구로 이영찬 등(2005)이 기술 평가 요인들을 기술 자산, 시장 자산, 인적자산으로 분류하고 AHP 기법을 이용하여 각각의 요인에 가중치를 부여한 후, 미래 수익에 기술자산의 비중을 곱하여 기술의 금액적 가치를 평가 하였다[4]. 조차제 등(2001)은 경년열화 관련 기술 평가를 위해 안전성, 기술성, 경제성의 평가 요인으로 구분하고 기존의 통계 자료를 이용하여 대상 기술 별로 상대적인 가중치를 산정하여 기술의 가치를 평가 하였으며, 과거 자료를 기준으로 하였다는 점에서 미래 기술 가치보다는 과거 기술가치의 평가에 보다 객관적으로 적용될 수 있다[5]. 김정훈(2009)은 캄보디아의 프놈펜-총크니아스 항구 간 내륙 수로의 안전시설에 대해 비용/편익 기법을 이용한 경제성 분석을 실시하였다. 비용과 편익의 불확실성을 고려하기 위하여 비용은 정규 분포로 가정하고, 편익은 삼각분포로 가정하여 확률적 시뮬레이션 기법을 사용하여 4가지 대안별 경제성 분석 효과를 비교하였다[6]. 김상국 등(2015)은 미래의 수익을 현금흐름 할인 모형으로 계산하기 위하여, 기술의 경제적 수명, 미래의 유입/유출에 대한 현금흐름, 할인율, 기술 기여도의 각 요인들을 삼각 분포로 가정하였으며, 확률적 시뮬레이션 기법으로 기술 가치 결과의 가능한 분포를 도출 하였다.

퍼지 기법을 사용한 연구로 허경구, 김주남(2017)은 퍼지 다기준 기법을 이용하여 해외 발전 사업에 있어서의 리스크 요인을 도출하고 우선순위 및 가중치를 계산하였다[7]. Bandarian(2007)은 초기 개발 단계의 기술을 기술성, 시장성, 법적 요인으로 분류하고 각 요인들에 대해서 세부요인들을 구분하였으며, 퍼지 논리를 이용하여 기술가치평가를 시행하였다[8].

또한, 다수의 평가요인들을 이용한 연구로, 송양호, 이정호(2012)는 도시 하수관거 시스템의 침수에 대한 위험순위를 도출하기 위하여 서울의 4곳을 대상으로 PROMETHEE 기법을 적용하였다[9]. 김혜란, 이해주, 이명훈(2013)은 공공 공간의 공공성 제고를 위해 필요 요인들을 도출하고 이러한 요인들에 AHP기법을 적용

하여 각 요인들의 중요도를 산정하였다[10].

비교 대상 간에 우선순위를 결정하기 위해서 퍼지 이론을 적용하는 대표적인 기법으로는 Fuzzy AHP와 Fuzzy TOPSIS 가 있다. 이들 기법들은 다수의 비교대상(대안)들에 대해서 여러 요인들을 이용하여 상대비교를 통한 우선순위를 선정하는데 효율적으로 사용되는 다기준 의사결정 기법이다. Fuzzy AHP는 쌍대비교를 통하여 대상들을 비교하고, Fuzzy TOPSIS는 양의 이상적인 해에서 가장 가깝고, 음의 이상적인 해에서 가장 멀리 떨어져 있는 대안을 선정하여 대안들 간의 우선 순위를 정하게 된다.

그러나 A사의 기술은 현재 비교 대상이 없어서, 상기 기법들을 직접 적용하기에는 어려움이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 기술가치평가 요인들을 이용하여 대상 기술 자체를 정량적으로 평가하였다. 이를 위하여 언어표현별 기술 가치에 대한 가뭇값을 정량적으로 도출하고, 최종 점수를 계산할 수 있는 퍼지 포괄 기법을 적용하였다.

즉, AHP 및 TOPSIS는 요인들의 가중치를 이용하여 비교 대상간의 최종 순위를 비교하는 것에 중점을 두는 반면, 퍼지 포괄 기법은 세부요인별 기술의 정량적 가치를 이용하여 대요인들에 대한 기술 가치를 계산할 수 있어, 요인별 기술가치평가가 용이한 이점이 있다.

퍼지 포괄 기법은 다양한 분야에서 데이터나 자료의 부재 시 전문가의 의견이나 설문 등을 통해 평가 대상을 평가하는데 사용되는 기법으로 특히, 산업체나 서비스 기관에서 자사의 업무 성과나 현황 평가를 위해 적용되고 있다. 또한 객관적인 데이터의 부족 시에 평가 대상의 향후의 상황을 평가하는데 효율적으로 사용될 수 있다. 퍼지 포괄 기법을 적용한 최근의 주요 연구로는 다음과 같다. Lu(2015)는 화학 산업에서의 빈번한 사고로 인한 위험성을 평가하기 위해 AHP와 퍼지 포괄 기법을 이용하여 화학회사의 위험 수준을 평가 하였다[11]. Massami 등(2014)은 탄자니아의 주요 도로상에서 발생하는 사고 요인을 인간과실, 자동차 고장, 그리고 도로여건으로 구분하여 사고 발생 시의 위험성을 평가하기 위해 퍼지 포괄 기법을 적용하였다[12]. Shao 등(2014)은 전력회사의 성과를 측정하기 위해 5가지의

대요인(경제성, 융통성, 신뢰성, 정비가능성, 운영안정성)과 20개 세부요인으로 구분하여 총 25개의 요인을 고려한 전체적인 성과를 평가 하였다[13]. 그러나 상기 주요 선행 연구에서 보듯이 퍼지 포괄 기법을 적용한 기술가치평가는 거의 연구가 되지 않은 실정이며, 한국 과학기술기획평가원(2010)의 보고서에서 기술가치평가의 기법인 실물옵션모형의 불확실성을 보완하기 위한 방법으로 퍼지 이론에 대해서 언급하였다[14].

III. 퍼지 포괄 기법 및 적용 절차

퍼지 포괄 기법은 다기준 평가 기법의 하나로 평가 대상(기술)에 퍼지 이론을 이용하는 방법이다. 다양한 요인들을 선정하고 이들 요인들에 대한 주관적인(언어) 평가내용(좋다, 보통이다, 나쁘다 등)과 각 요인들의 중요도를 이용하여 평가대상에 대한 종합적인 평가를 수행하는 기법으로 다음과 같은 기본 절차를 거치게 된다.

< 퍼지 포괄 평가 기법 주요 절차 >

- (1) 평가 요인 선정

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$$

여기서, u_i 는 i 번째 평가 요인을 나타낸다.

- (2) 요인에 대한 언어적 평가 내용

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$$

여기서, v_i 는 각 평가 요인에 대한 i 번째 언어적 표현을 나타낸다.

- (3) 각 요인별 평가 내용을 이용하여 요인 전체에 대한 평가 매트릭스 수립

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

여기서, r_{ij} = 요인집합(U)의 i 번째 요인에 대한 평가 집합(V)의 평가 내용 j 의 비율(전체 평가자

숫자 대비 j 에 대한 비율)을 나타낸다.

- (4) 요인들에 대한 가중치 산정

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\},$$

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad 0 < a_i < 1$$

여기서, a_i 는 평가 요인 i 의 중요도를 나타낸다.

- (5) 요인별 가중치 벡터(A)와 평가 매트릭스(R)를 곱하여 평가 대상(기술)의 평가 벡터 산정

$$B = A \cdot R = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$$

여기서, b_i 는 모든 요인을 고려한 평가대상(기술)의 i 번째 언어적 평가에 대한 비율을 나타낸다.

- (6) 평가 대상(기술)에 대한 최종 평가

$$\text{최종 평가} = \text{Max}\{b_1, b_2, \dots, b_m\}$$

상기 최종 평가에서 가장 높은 숫자가 나온 평가 내용을 이용하여 대상 기술을 평가 한다.

IV. 퍼지 포괄 기법을 적용한 소음 저감 기술의 가치 평가

본 연구에서는 퍼지 포괄 기법을 적용하여 A사의 원천 기술인 소음(미기압파) 저감 기술에 대한 기술력 평가를 시행하였다.

기술가치평가를 위한 주요 평가 요인들은 다음과 같다. 지식경제부(2008)는 기술보증기금 주관으로 평가 요인들을 법적인 보호강도와 상업적 우위성의 2가지 대요인으로 선정하였다. 보호강도내의 세부요인들은 4개(권리보호의 중요성, 권리범위 및 강도, 권리의 안정성, 경쟁기술대비 방어정도), 상업적 요인들의 세부요인들은 10개(기술상용화 단계, 기능적 우위성, 기술의 생산력, 기술의 자립도, 기술의 파급효과, 유사기술의 성공사례, 시장진입 용이성, 시장 확보 가능성, 가격/원가 우위성, 이익구조상 우위성)로 구성하여 총 16개의 요인으로 구분하였다[15].

법적인 보호강도의 세부요인들에 각각 2의 가중치를

부여하고, 상업성 요인의 세부요인들에게는 각각 1.2의 가중치를 부여하였으나, 상대적으로 법적인 요인들이 높게 반영되는 단점을 보완한 2011년의 기술가치평가 실무가이드에서는 기술성과 사업성의 두 가지 대요인으로 구분하고, 각 대요인별 10개의 세부요인으로 구성하여 총 22개의 요인으로 세분화 하였다. 기술성은 기술적 측면에서 사업 가치를 판단하기 위한 평가지표로 사업적 측면에서 대상 기술의 유용성 및 경쟁성 수준이나 정도를 평가하는 것이고, 사업성은 시장성과 사업적 측면에서 대상 기술이 내재하고 있는 유용성 및 경쟁성을 어느 정도 확보하고 있는 가를 평가하는 것이다[1].

세부요인들은 기술성 요인 하에 10개 평가항목(혁신성, 파급성, 활용성, 전망성, 차별성(독창성), 대체성, 모방용이성, 진부화 가능성(기술수명), 권리범위, 권리안정성)과 사업성 요인 하에 10개 평가항목(수요성, 시장진입성, 생산용이성, 시장점유율 영향, 경제적 수명, 매출성장성, 파생적 매출, 상용화 요구시간, 상용화 소요 자본, 영업 이익성)으로 구성되어 있다.

특허청(2013)은 지식재산가치 평가를 위해 지식경제부(2011)의 평가요인들을 사용하였으며, 최근에는 산업통상자원부(2014)에서 지식경제부(2011)의 평가요인과 IP(지적재산권)의 가치평가를 포함하는 기술가치평가 실무가이드를 발간하였다[16].

기술가치평가는 주로 기술보증기금, 한국과학기술정보연구원, 한국발명진흥회 등 전문평가기관에서 시행되고 있으며, 정부기관의 기술가치평가 시스템은 이들의 방법론과 경험을 토대로 개선, 보완된 것이다. 이중 기술보증기금은 한국에서 기술가치평가 업무 비중이 가장 높은 기관으로 산업통상자원부의 기술가치평가 가이드의 핵심을 외부에 공개하고 사용을 권장하고 있다[17]. 일반적으로 기술가치평가 관련 연구들은 평가요인 자체에 대한 연구보다는 연구의 목적에 맞도록 기존의 요인들 중에서 평가 요인들을 선택하거나 수정/보완하고 이를 이용하여 기술가치 결과의 정확성 향상을 위한 방법론 적용에 중점을 두고 있다(III.선행연구 참조). 상기 요인들과 관련된 연구로 유경진, 권성훈, 송성환(2009)은 기술성에서 4개요인(독점성, 기술수준, 표준성, 완성도)과 시장성에서 2개요인(시장진입용이성, 기

술의 파급효과)을 선정하고 DEA기법을 이용하여 산업별 연구개발의 기여도를 산출하였다[18]. 강원대학교(2010)는 감귤개발기술에 대한 가치평가에 지식경제부(2008)의 요인들을 사용하였으며, 임성목, 김상국, 박현우(2015)는 산업통상자원부(2014)의 기술성 및 사업성 요인을 모두 고려하여 시장접근법에 기반을 둔 가치평가 모형을 개발하였다[19][20].

본 연구에서 평가하고자 하는 기술은 국가 R&D 사업의 개발기술이므로 객관적이고 신뢰성 있는 평가를 위해 산업통상자원부의 기술가치평가 실무가이드(2014)에서 제시한 평가 요인들을 사용하였으며, 평가 대상 기술의 특성에 맞게 요인들을 일부 수정/보완 하였다[2].

다음은 기술가치평가 실무가이드에서 제시한 요인별 평가 기준이다. 기술 강도를 측정하기 위하여, 기술성(권리성 포함) 및 사업성(시장성 포함)의 개별 평가항목을 0.5~5점 범위에서 선택하여 평가하며, 기술성과 사업성 평점에 가중치를 적용하여 개별 기술 강도를 산출한다[2]. 또한, 지식경제부(2011)의 기술가치평가 실무가이드에서는 상기 기술성 요인과 사업성 요인에 5점 척도를 적용하여 1~5점 범위에서 점수를 부여하고, 이 점수를 토대로 개별 기술 강도를 측정하도록 제안하고 있다[1].

즉, 기술가치평가를 위해서 제안하는 방법은 각 항목별 최대 5점 기준으로 기술성과 사업성에 특정 가중치(비중)를 적용하거나 항목별 점수만으로 최대 총합을 계산하도록 되어 있다. 그러나 기술에 대한 기존의 자료가 없거나 부족한 경우에는 항목별로 특정 점수를 부여하거나 동일한 가중치를 적용하는 것은 객관적인 기술 평가에 있어서 상당한 불확실성을 초래할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기술가치평가 시 기존의 방법에서 발생할 수 있는 불확실성을 줄이기 위해 인간의 언어적 표현에 근거하는 퍼지 이론을 적용하였다. 이를 위하여 전문가들에 대한 설문을 실시하여, 각 요인에 대한 평가 시 특정한 숫자 대신 5개의 언어표현(아주 높음, 높음 보통, 낮음, 아주 낮음)으로 표시하도록 하였다. 그리고 이러한 언어 표현에 대한 평가 결과를 계량화시킬 수 있는 퍼지 포괄 기법을 이용하여 대상 기술

에 대한 종합적인 기술력을 계산하였다. 아래에 상기 3장의 퍼지 포괄 기법을 적용하여 A사의 소음 저감 기술에 대한 기술 가치를 평가 하였다.

1. 기술 가치를 위한 요인 선정 및 분류

평가를 위해 사용된 요인들은 대요인(기술성, 사업성)과 각 대요인별 세부요인들로 구성하였으며 [표 1]에 나타내었다.

표 1. 기술 평가 요인 및 분류

대요인	세부요인
기술성 요인 (U_1)	혁신성 U_{11}
	파급성 U_{12}
	활용성 U_{13}
	전망성 U_{14}
	차별성(독창성) U_{15}
	대체 난이도 U_{16}
	모방 난이도 U_{17}
	진부화 가능성(기술수명) U_{18}
	권리범위 U_{19}
	권리안정성 U_{110}
사업성 요인 (U_2)	수요성 U_{21}
	시장진입 용이성 U_{22}
	기술의 생산력 U_{23}
	시장확보 가능성 U_{24}
	경제적 수명 U_{25}
	매출성장성(예상수익) U_{26}
	파생적 매출 U_{27}
	기술상용화 단계 U_{28}
	가격/원가 우위성 U_{29}
	이익구조상 우위성 U_{210}

2. 요인의 언어적 평가 내용

각 요인들에 대해서 5개의 언어적 표현(아주 낮음, 낮음, 보통, 높음, 아주 높음)을 이용하여 평가하도록 하였다.

3. 평가 매트릭스 수립

평가 매트릭스 작성을 위해 20명의 학계 및 업체 전

문가들에게 설문지를 배포하였고, 이 중 미 응답 항목이 있는 2부를 제외한 18부에 대해서 아래 [표 2]에 설문 응답자 특성을 요약하였다. 보다 정확한 설문 결과를 얻기 위하여 A사의 기술 특성에 부합하도록 각 요인들에 대한 상세한 설명을 삽입하고 관련 전문가들의 자문을 거친 후 요인들에 대한 수정 및 세부 설명을 추가하여 요인별 의미를 명확히 기술하였다.

표 2 평가 요인들에 대한 설문 응답자 특성

기관	응답자 수	비고
연구원	4 명	원천 기술 개발, 연구, 제작 관련 기관
학계	5 명	
산업체	9 명	

기술성 요인과 사업성 요인에 대한 평가 매트릭스 결과는 다음과 같다.

3.1 기술성의 세부요인들에 대한 평가 매트릭스

기술성 요인의 세부요인들에 대한 평가 매트릭스 (R_{1o})는 다음과 같이 나타내진다.

$$R_{1o} = \begin{bmatrix} 0.00, 0.89, 0.00, 0.11, 0.00 \\ 0.06, 0.83, 0.11, 0.00, 0.00 \\ 0.50, 0.39, 0.06, 0.06, 0.00 \\ 0.56, 0.28, 0.17, 0.00, 0.00 \\ 0.44, 0.33, 0.22, 0.00, 0.00 \\ 0.17, 0.50, 0.28, 0.06, 0.00 \\ 0.17, 0.22, 0.50, 0.11, 0.00 \\ 0.61, 0.28, 0.11, 0.00, 0.00 \\ 0.11, 0.28, 0.61, 0.00, 0.00 \\ 0.28, 0.50, 0.17, 0.06, 0.00 \end{bmatrix}$$

3.2 사업성의 세부요인들에 대한 평가 매트릭스

사업성 요인의 세부요인들에 대한 평가 매트릭스 (R_{2o})는 다음과 같이 나타내진다.

$$R_{2o} = \begin{bmatrix} 0.78, 0.22, 0.00, 0.00, 0.00 \\ 0.67, 0.22, 0.06, 0.06, 0.00 \\ 0.61, 0.11, 0.22, 0.06, 0.00 \\ 0.22, 0.33, 0.39, 0.00, 0.06 \\ 0.72, 0.28, 0.00, 0.00, 0.00 \\ 0.06, 0.72, 0.11, 0.11, 0.00 \\ 0.11, 0.28, 0.56, 0.06, 0.00 \\ 0.67, 0.06, 0.11, 0.17, 0.00 \\ 0.22, 0.17, 0.39, 0.22, 0.00 \\ 0.17, 0.28, 0.50, 0.00, 0.06 \end{bmatrix}$$

4. 평가 요인들에 대한 가중치 선정

평가 요인들에 대한 가중치를 선정하기 위하여 Amin 등(2011)의 삼각 퍼지수 기법을 이용한 가중치 계산식을 적용하였다[21]. 이를 위하여 설문 결과를 이용하여 언어 표현에 대응되는 퍼지수로 변환[그림 1]하고, 단일 숫자로 비 퍼지화 한 후, 각 요인들에 대한 가중치를 구하였다. 언어적 표현을 숫자(퍼지수)로 변환하기 위하여 일반적으로 사용되는 삼각형 퍼지 함수 및 대응되는 언어적 표현은 [그림 1]로 나타낼 수 있다.

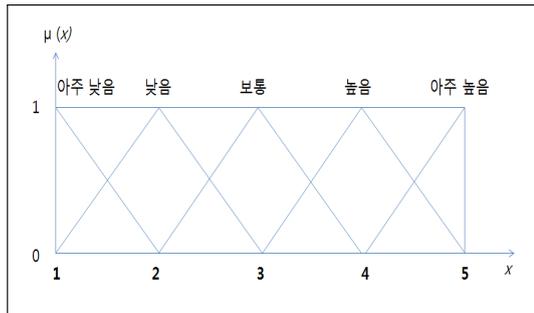


그림 1. 언어적 표현의 퍼지수 변환

요인별 가중치 계산식은 다음과 같다. 요인 j의 (평균) 퍼지 가중치 퍼지수 (W_j)는

$$W_j = \sum_{i=1}^k W_{ij} / k \quad (1)$$

여기서, W_{ij} 는 요인 j 에 대한 설문자 i 의 퍼지 가중치 퍼지수, k는 응답자 수를 나타내며, 비 퍼지화 된 요인 j의 가중치($W_j(N)$)는

$$W_j(N) = \frac{1}{3} (a_1 + a_2 + a_3) \quad (2)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서, (a_1, a_2, a_3) 는 요인 j의 평균 가중치 퍼지수를 나타내며, 이를 이용하여 정규화된 가중치(A_j)를 구하면 다음과 같다.

$$A_j = W_j(N) / \sum_j W_j(N) \quad (3)$$

상기 식 (1)-(3)과 [표 1]을 이용한 대요인 및 세부 요인들에 대한 가중치는 다음 표와 같다.

표 3. 대요인 및 세부요인의 가중치

대요인	기술성요인 0.508197	사업성요인 0.491803		
세부 요인	혁신성	0.103783	수요성	0.1005
	파급성	0.103298	시장진입 용이성	0.103
	활용성	0.105723	기술의 생산력	0.1065
	전망성	0.102328	시장 확보 가능성	0.093
	차별성(독창성)	0.096993	경제적 수명	0.106
	대체 난이도	0.105723	매출성장성(예상수익)	0.0945
	모방 난이도	0.088264	파생적 매출	0.087
	진부화 가능성 (기술수명)	0.100873	기술상용화 단계	0.107
	권리범위	0.096993	가격/원가 우위성	0.1045
	권리안정성	0.096023	이익구조상 우위성	0.098

5. 요인들의 가중치 벡터와 평가 매트릭스를 곱하여 시스템 평가 벡터 산정

기술성 요인과 사업성 요인의 세부요인들에 대한 결과는 다음과 같다.

5.1 기술성의 세부요인들에 대한 평가 결과

기술성의 세부요인들에 대한 평가 결과(B_{1o})는 다음과 같다.

$$B_{1o} = (0.29, 0.455653, 0.215945, 0.03842, 0)$$

5.2 사업성의 세부요인들에 대한 평가 결과

사업성의 세부요인들에 대한 평가 결과(B_{2o})는 다음과 같다.

$$B_{2o} = (0.434944, 0.2605, 0.225917, 0.068028, 0.01061)$$

5.3 대요인(기술성 요인과 사업성 요인)을 고려한 종합 평가 결과

대요인을 고려한 종합적인 평가 결과를 도출하기 위해 기술성 세부요인 평가 결과(B_{1o})와 사업성 세부요인 평가 결과(B_{2o})를 평가 매트릭스로 사용한 종합 평가 결과는 다음과 같다.

$$B = (0.361275, 0.359676, 0.220849, 0.052981, 0.005219)$$

6. 대상 기술에 대한 최종 평가 및 결과

대상 기술에 대한 가치 평가를 위해서 대요인 및 종합 분석으로 구분하였다.

6.1 대요인별 분석

대요인별 분석 결과는 다음과 같다.

가. 기술성 요인(U_1) 결과

상기 B_{1o} 에서 가장 높은 값을 차지한 0.455563이 높음에 해당되므로 기술성의 가치는 높음으로 평가되었고, 이를 100점 기준점으로 환산 할 경우(아주 낮음:60, 낮음:70, 보통:80, 높음:90, 아주 높음:100) 대상 기술의 기대 가치는 89.792로 나타낼 수 있다.

나. 사업성 요인(U_2) 결과

상기 B_{2o} 에서 가장 높은 값을 차지한 0.434944가 가장 높음에 해당되므로 사업성의 가치는 가장 높음으로 평가되었고, 대상 기술의 기대 가치는 90.4114로 나타낼 수 있다.

6.2 종합 분석

대요인과 대요인별 세부요인들을 모두 고려한 종합적인 평가 결과는 다음과 같다. 상기 B 에서 가장 높은 값을 차지한 0.361275가 가장 높음에 해당되고, 두 번째 높은 값인 0.359676이 높음에 해당된다. 두 값의 차이가 미비하기는 하나, 대상 기술의 종합적인 평가는 가장 높음으로 나타났으며, 대상 기술의 기대 가치는 90.1881로 나타낼 수 있다.

상기 기술가치평가의 결과에서는 기술성은 높음, 사업성은 아주 높음, 그리고 종합적인 결과에서는 아주 높음으로 분석되었다. 이는 유사 기술이 있으나 성능에서 우수하고, 국내뿐만 아니라 해외 진출가능성을 고려하여 종합적인 기술의 가치가 아주 높은 것으로 해석된다.

아래에 현재의 기술력을 구체적으로 파악하고, 경쟁력 향상을 위해서 세부요인별 평가 결과를 기대 가치 우선순위에 의해 나타내었다.

표 4. 세부요인별 평가 결과 및 기대 가치

대요인	기술성 요인		사업성 요인	
	진부화 가능성 (기술수명)	아주높음 95	수요성	아주높음 97.77778
전망성	아주높음 93.88889	경제적 수명	아주높음 97.22222	
활용성	아주높음 93.33333	시장진입 용이성	아주높음 95	
차별성(독창성)	아주높음 92.22222	기술의 생산력	아주높음 92.77778	
권리안정성	높음 90	기술상용화 단계	아주높음 92.22222	
파급성	높음 89.44444	매출성장성 (예상수익)	높음 87.22222	
혁신성	높음 87.77778	시장 확보 가능성	보통 86.66667	
대체 난이도	높음 87.77778	이익구조상 우위성	보통 85	
권리범위	보통 85	파생적 매출	보통 84.44444	
모방 난이도	보통 84.44444	가격/원가 우위성	보통 83.88889	

기술성 요인들 중에서 진부화 가능성, 전망성, 활용성, 차별성이 아주 높음으로 나타났고, 권리 안정성, 파급성, 혁신성, 대체 난이도는 높음으로 나타났다. 권리 범위와 모방 난이도는 보통으로 나타났는데, 이는 원천 기술에 대한 유사 기술이 존재하기 때문에, 타 업체로부터의 모방 가능성이 있고 권리범위가 넓지 않기 때문인 것으로 판단된다.

사업성 요인으로는 수요성, 경제적 수명, 시장 진입용이성, 기술의 생산력, 기술의 상용화 단계에서 아주 높음으로 나타났고, 매출 성장성은 높음으로 나타났다.

매출 성장성은 국가 정책에 의해 터널이 건설 되어야 적용할 수 있는 기술의 특성상 매출액 성장에 한계가 있을 수 있으며, 외국의 터널 건설사 등에 기술 이전 등의 제한적인 매출이 예상되기 때문으로 해석된다. 시장 확보 가능성, 이익구조상 우위성, 파생적 매출, 가격/원가 우위성에서는 보통으로 나타났으며, 이는 유사 기술이 이미 시장을 선점하고 있어서, 시장 진출 및 판매의 불리함 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서 고려한 원천기술은 해외에서는 유사한 기술이 사용되고 있으나, 성능에서 해외기술에 앞서 있으므로, 국내의 해외 기술 이전 및 다양한 판로개척 방안이 필요하며, 경쟁 기술과의 종합적인 기술력 비교 뿐만 아니라 세부요인별, 대요인별로 장단점 분석을

통해 향후 경쟁력 향상을 위한 실질적인 정책 결정이 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

신기술 또는 대체 기술 등 기존의 자료가 부족하거나 없는 경우에는 전문가들에 의한 기술가치평가라 할지라도, 평가 결과에 많은 불확실성이 존재하게 된다. 이러한 불확실성을 줄이기 위해 단일 평가치를 사용하지 않고, 가능한 평가치 범위를 가정하는 확률적 방법과, 언어 표현에 의한 수학적 퍼지 기법이 활용되고 있으나, 우리나라에서는 퍼지 기법에 의한 연구가 미진한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 국내에 존재하지 않는 소음 저감 원천기술에 대한 기술력 평가를 위해, 퍼지 포괄 기법을 적용하여 기술력을 정량적으로 평가 하였다. 이를 위해 2개의 대요인과 각 대요인별 10개의 세부요인으로 구분하여 이들 요인들에 대한 가중치를 계산하여 평가 결과의 불확실성을 줄이고자 하였다. 기술력 평가를 위해 18명의 관련 기술 전문가들에 대한 설문 조사를 실시하였고 설문 결과를 활용하여 다음과 같은 결과를 도출 하였다.

기술성 요인은 높음으로 평가 되었고, 사업성 요인은 아주 높음으로 평가 되었다. 또한 종합 결과에서는 아주 높음으로 평가되었으며, 향후 대상 기술에 대한 각국의 수요는 지속적으로 발생할 것으로 예상되기 때문에, 국내외 시장에 진출 시 기술 경쟁력이 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 이용하여 현재의 기술력을 파악하고 경쟁 기술과의 요인별 비교를 통해 경쟁력 향상을 위한 정책적 의사결정에 도움이 될 것이다. 또한, 자료나 비교 대상이 부족한 경우 본 연구의 기법이 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 국가 주도 인프라 또는 운영 시스템과 같은 공공적 성격의 기술(콘텐츠)에 대한 가치 평가 시 상업성을 배제한 기술력 수준에 대한 기초 평가에 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다. 첫째,

기술가치평가를 위해, 퍼지 이론에 근거한 기존의 방법(퍼지 AHP, 퍼지 TOPSIS 등)과 비교를 통한 퍼지 포괄 기법의 특징 및 장단점에 대한 분석이 필요하다.

둘째, 본 연구에서 사용한 평가 요인들에 대한 적합성 검증 및 신규 요인 선정이 필요하다.

셋째, 설문 결과의 정확성과 객관성을 위해 충분한 숫자의 전문가 확보가 필요하다.

이러한 한계점을 보완하기 위해, 향후 연구에서는 비교 대상 기술의 데이터를 확보하고 상호 비교를 통한 평가 대상 기술의 상대적인 가치평가가 이루어 지야 할 것이다. 또한 정량적 데이터를 상기 기법에 직접 활용하는 연구로의 확장이 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 기술가치평가 실무가이드, 지식경제부, 2011.
- [2] 기술가치평가 실무가이드, 산업통상자원부, 2014.
- [3] 김상국, 정재웅, 김유일, 이윤희, 성태웅, 박현우, “기술가치평가 사례 기반 현금흐름할인모형 감도 분석 연구,” 한국기술혁신학회 학술대회 발표논문집, 제2015권, 제5호, pp.93-104, 2015.
- [4] 이영찬, 한관순, “기술가치 평가 상의 기술기여도 산정에 관한 연구,” 한국 산업경영시스템학회, 2005 춘계 학술대회 논문집, pp.200-207, 2005.
- [5] 조차제, 박준현, 정일석, “경년열화 관련 기술의 가치 평가를 위한 방법론 개발,” 춘계학술발표회 논문집, 한국원자력학회, 2001.
- [6] 김정훈, “확률론적 시뮬레이션을 이용한 내륙수로 교통안전시설의 경제성 분석-감보디아의 프롬펜과 총크니아스항 구간을 대상으로,” 한국항만경제학회지, 제25집, 제4호, pp.167-184, 2009.
- [7] 허경구, 김주남, “퍼지 다기준 의사결정분석을 통한 해외독립발전사업 사업금융 리스크 분석,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol.17, No.5, pp.574-590, 2017.
- [8] Bandarian, “Evaluation of commercial potential of a new technology at the early stage of

development with fuzzy logic,” Journal of technology management & Innovation, Vol.2, Issue4, pp.73-85, 2007.

[9] 송양호, 이정호, “PROMETHEE를 이용한 도시하수관거시스템 침수위험순위 평가,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol.12, No.8, pp.388-398, 2012.

[10] 김혜란, 이해주, 이명훈, “AHP분석을 통한 공공공간의 공공성 제고방안,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol.13, No.10, pp.512-522, 2013.

[11] Ying Lu, “Supply Chain Risk Assessment Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Assessment Model: A Case Study of the Chemical Supply Chain,” International Journal of u- and e- Service and Technology, Vol.8, No.2, pp.227-234, 2015.

[12] Erick P. Massami and Benitha M. Myamba, “Evaluation of Road Traffic Accident Risk Based on Fuzzy Set Theory,” International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol.4, Issue8, pp.724-731, Aug. 2014.

[13] Shao, Qianchao Liang, Dong Yan1, Heng Qin2, and Jun Xiang, “Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation on COGAG Power Plant of Performance,” Journal of Power and Energy Engineering, Vol.2, No.9, pp.29-34, 2014.

[14] ‘09 R&D 분야 예비 타당성 조사 수행을 위한 지침연구-사업비용 추정 및 효과분석, 한국과학기술기획평가원, 2010.

[15] 기술가치평가 실무요령, 지식경제부, 2008.

[16] 지식 재산권 담보를 위한 지식재산가치평가 실무 가이드, 특허청, 2013.

[17] 기술가치평가기반 국가 R&D사업의 성과 평가 및 기술료 연계 가능성 탐색연구, 과학기술정책연구원, 2014.

[18] 유경진, 권성훈, 송성환, “DEA를 이용한 기술기여도 도출 방법,” 대한산업공학회 2009년 추계학술대회, pp.601-608, Oct. 2009.

[19] 농촌 진흥사업 핵심개발기술의 기술가치 및 경제적 효과분석, 강원대학교 산학협력단, 2010.

[20] 임성묵, 김상국, 박현우, “시장접근법 기반의 기술가치평가를 위한 개념적 모형에 관한 연구,” 기술혁신학회지, 제18권, 제1호, pp.204-231, 2015.

[21] Saman Hassanzadeh Amin, Jafar Razmi, and Guoqing Zhang, “Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming, Expert System with application,” Vol.38, Issue 1, pp.334-342, Jan. 2011.

저 자 소 개

원 유 경(Yoo-Kyung Won)

정회원



- 2014년 2월 : 부산대학교 국제전문대학원(국제학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 무역학부 박사과정

<관심분야> : 계량경제, 수요예측, 국제금융

김 동 진(Dong-Jin Kim)

정회원



- 1995년 : 뉴욕주립대 경영과학 박사
- 2006년 ~ 현재 : 부산대학교 무역학부 교수

<관심분야> : 기술가치평가, 경제성 분석, 다기준 의사결정