

Delphi-AHP 방법을 이용한 저탄소수소 생산 기술 가치평가 모델 개발

황호석^{1,2†} · 김의식² · 장영신² · 김정환² · 김광준^{1†}

¹한국과학기술원 문술미래전략대학원 지식재산대학원프로그램, ²한국전력공사 전력연구원

Development of Low Carbon Hydrogen Production Technology Evaluation Model Using Delphi-AHP Method

HO SEOK WHANG^{1,2†}, UISIK KIM², YOUNGSHIN JANG², JUNGHWAN KIM², KWANG JUN KIM^{1†}

¹Master's Program in Intellectual Property, Moon Soul Graduate School of Future Strategy, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 291 Daehak-ro Yuseong-gu, Daejeon 34141, Korea

²Korea Electric Power Research Institute, Korea Electric Power Corporation, 105 Munji-ro Yuseong-gu, Daejeon 34056, Korea

†Corresponding author :
sj040815@kaist.ac.kr
kjkim1@kaist.ac.kr

Received 27 March, 2023

Revised 14 April, 2023

Accepted 20 April, 2023

Abstract >> Recently, low hydrogen carbon production technology is drawing interest due to lower production costs. Although the pace of research in this field has been accelerating, there is no well-established criteria for evaluation. The most of current evaluation methods needs information related to technology. However the technology is not enough to provide effective evaluation criteria because the technology is not fully developed. In this study, we propose an integrated Delphi-analytic hierarchy process (AHP) method and low carbon hydrogen production technology evaluation model. Experts opinion is used to provide evaluation criteria for the technology. In this study, integrated Delphi-AHP method are utilized for determining factors and calculating their numerical importance based on experts opinion. Then, sensitivity analysis is performed to verify the robustness of the analysis and scenarios of potential changes. As many as 11 factors are identified by Delphi method. Then, numerical importance of the factors are calculated by AHP. Sensitivity analysis is performed. It shows that intellectual property right (IPR) is always more important than other factors. This study proposes the numerical standard for the low carbon hydrogen production technology evaluation. The proposed model can be used for technology evaluation or commercialization.

Key words : Hydrogen(수소), Evaluation(가치평가), Delphi method(델파이 기법), Analytic hierarchy process(계층분석법), Sensitivity analysis(민감도 분석)

1. 서론

최근 우리는 지구온난화, 미세먼지 등 기후 환경 변화에 따른 다양한 사회적, 환경적 문제에 직면해 있다¹⁾. 기후 환경 변화의 주된 원인은 화석 연료 사용에 따른 온실가스 및 배기가스 배출로 알려져 있다. 이를 해결하기 위해 화석연료를 대체할 수 있는 친환경 에너지원에 대해 많은 논의가 이루어지고 있다^{2,3)}. 기후 환경 문제를 해결하기 위해 전 세계적으로 많은 국가에서 탄소중립을 선언하였으며, 이를 위해 재생에너지 등 친환경에너지가 많은 관심을 받고 있다. 우리 정부는 2050 탄소중립을 선언하였으며, 이를 위해 친환경 에너지원 확보를 위해 다방면으로 노력하고 있다.

수소의 경우 친환경 에너지원으로써 많은 관심을 받고 있는데, 수소는 이산화탄소 등 온실가스의 배출이 없으며 수송, 이동, 전환이 용이하다는 장점이 있다⁴⁾. 정부는 수소경제 활성화 로드맵 발표를 시작으로 수소 기술개발 로드맵 발표, 세계 최초 수소법 제정, 수소 관련 정부 R&D 사업 등 수소 사회 실현을 위해 많은 노력을 하고 있다⁵⁻⁸⁾. 이에 따라 국내에서는 수소 생산 기술에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.

친환경수소는 저탄소수소와 무탄소수소로 나눌 수 있다. 무탄소수소는 수소의 생산, 수입 등의 과정에서 온실가스를 배출하지 않는 수소를 말하며, 저탄소수소는 온실가스를 기준 이하로 배출하는 수소를 말한다.

무탄소수소 생산 기술의 경우 상대적으로 많은 연구들이 진행되고 있다. 하지만 저탄소수소의 경우 상대적으로 기술 개발의 수준이 초기 단계에 머물러 있다. 그러나 최근에는 많은 관련 연구들이 진행되고 있다. 또한, 저탄소수소 생산 기술 가치평가에 대한 정확한 모델이 제시되어 있지 않다. 정부가 발표한 자료에 따르면 2030년까지 75만 톤, 2050년까지 200만 톤의 저탄소수소를 생산한다는 계획을 갖고 있다. 따라서 저탄소수소 생산 기술의 사업화 및 기술 거래 등을 위해서는 기술 가치평가 모델이 필수적이다.

본 연구에서는 최근 주목받고 있는 저탄소수소 생산 기술에 대한 기술 가치평가 모델 개발을 위해 델파이 기법(Delphi method)을 사용하여 평가 지표들을 결정하였다. 도출된 지표에 대해 계층분석법(analytic hierarchy process, AHP)을 이용하여 상대적 중요도를 산출하고, 해당 지표들의 민감도 분석을 통해 산출된 지표들의 중요도 변동에 따른 세부 지표들의 중요도 및 우선순위 변동을 분석하고자 한다. 그리고 이를 바탕으로 저탄소수소 생산 기술 가치평가를 위한 모델을 개발하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 기술 가치평가

2.1.1 기술 가치평가 개요

기술 가치평가란 사업화하려는 기술이나 사업화된 기술이 해당 사업을 통하여 창출하는 경제적 가치를 기술 시장에서 일반적으로 인정된 가치평가 원칙과 방법론에 입각하여 평가하는 것으로 정의되어 있다. 기술 가치평가는 기술 이전, 기술 거래, 기술의 현물 출자, 기술의 담보권 설정, 투자 유치, 경영전략, 지식재산권 소송, 기업의 청산 등 다양한 목적으로 사용될 수 있다. 따라서 기술 가치평가의 목적 및 용도에 따라 평가의 절차, 내용, 방법 등이 다르게 적용될 수 있으며, 평가 대상이 되는 기술에 따라 적합한 방법을 선택해야 한다⁹⁾.

기술 가치평가는 사업화를 전제로 하며, 평가 시에는 채택 가능성이 큰 평가 조건을 설정하여 가장 효율적이고 효과적인 사용하는 것을 원칙으로 한다. 기술가치 평가의 목적이나 용도에 따라 고려되는 변수 및 평가 요인이 달라질 수 있으며, 평가 대상, 평가 범위 및 가정에 따라 평가 결과가 달라질 수 있다. 따라서 기술 가치평가 시 평가 대상, 평가 범위 등 평가 시 변수가 될 수 있는 요인들을 명시해야 한다.

기술 가치평가는 일반적으로 크게 시장접근법, 수익접근법 및 원가접근법으로 나눌 수 있다. 또한, 로열티공제법, risk adjusted net present value (rNPV)법

등 각 기술 및 상황에 따라 알맞은 기술 가치평가 방법들이 사용될 수 있다.

2.1.2 시장접근법

시장접근법이란 평가 대상 기술과 동일 또는 유사한 기술이 활성 시장에서 거래된 가치에 근거하여 비교, 분석을 통하여 상대적인 가치를 산정하는 방법이다. 해당 방법은 실제 시장에서의 거래 사례에 근거하여 평가 대상 기술의 가치를 추정하는 방법이다. 거래 사례는 제3자의 입장에서 공정한 거래로서 기술 거래의 기준이 될 수 있는 것을 의미한다. 따라서 거래 사례에서 사례와 대상 기술의 차별성, 기술의 완성도, 지식재산권 등을 분석하고 이를 통해 적절한 가치를 산출할 수 있다. 시장에서 유사 기술에 대한 거래 사례가 없을 경우 시장접근법을 사용할 수 없으며, 사례가 적으면 객관성 확보와 정확한 가치를 산출하는 것이 어렵다.

2.1.3 수익접근법

수입접근법은 해당 기술의 경제적 수명 기간 동안 기술의 사업화를 통해 발생할 미래의 경제적 이익을 적정 할인율을 적용하여 현재 가치로 환산하는 방법을 의미한다. 수익접근법의 가치 산정에는 기술의 경제적 수명, 현금의 흐름, 할인율, 기술기여도 등의 추정이 필요하다.

수익접근법 중 현금흐름법(discounted cash flow)을 사용한 기술 가치평가 식은 식 (1)과 같다.

$$V_T = \left(\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \right) \times \text{기술기여도} \quad (1)$$

r = 할인율, CF_t = t 년도 현금흐름,
 n = 현금흐름추정기간

위의 식에서 기술기여도는 산업 가치 중 대상 기술이 기여하는 비율을 의미한다. 따라서 수입접근법에서는 평가 요소에 따라서 기술 가치평가 결과가 크게 바뀔 수 있다. 평가 요소는 일정한 기준에 따라서 객관적으로 추정해야 객관적이고 합리적인 결과를 얻을 수 있다. 따라서 수입접근법은 평가를 위한

정보량에 따라 평가 결과 차이가 발생할 수 있고, 평가 요소와 관련된 충분한 정보가 없을 경우 정확한 기술 가치평가를 하는데 어려움이 있을 수 있다.

2.1.4 원가접근법

원가접근법은 대체의 경제 원리에 기초를 두고 동일한 경제적 효익을 가지고 있는 기술을 개발하거나 구입하는 원가를 추정하여 가치를 산정하는 방법을 의미한다.

원가접근법은 대상 기술을 개발하기 위한 비용을 기초로 기술의 가치를 산정하는 역사적원가법, 동일한 경제적 이익을 가지고 있는 대체 기술을 개발하여 완성하는 데 필요한 비용에 따라 산정하는 대체 원가법, 대상 기술과 동일한 기술을 개발 및 완성을 하는데 필요한 총 비용을 기초로 산정하는 재생산원가법으로 세분화할 수 있다. 원가접근법은 식 (2)를 통해 가치를 평가할 수 있다.

$$\text{기술가치} = \text{원가} + \text{기회비용} - \text{기능적 진부화} - \text{경제적 진부화} \quad (2)$$

원가접근법은 동일한 기술 또는 동일한 기술 가치를 가지는 기술을 개발하는 비용보다 기술을 거래하는 것이 더 저렴하다는 것으로 고려하고 계산하는 방법이다. 따라서 원가접근법을 이용하여 기술 가치를 평가할 경우 원가, 기회비용, 기능적 진부화 및 경제적 진부화에 대한 정보가 충분히 필요하다. 또한, 원가접근법은 과거에 지출된 원가를 근거로 두고 계산한다. 이에 따라, 미래 수익에 따른 기술 가치를 반영하지 못한다는 단점이 있다. 따라서 해당 방법은 기술의 완성도가 낮은 미성숙한 기술의 경우 또는 기술의 거래 시장 및 사업화 대상 시장이 존재하기 어려운 경우 주로 사용된다.

2.1.5 로열티공제법

로열티공제법은 제3자로부터 라이선스를 얻었다면 지급하여야 하는 로열티를 기술 소유자가 부담하지 않음으로써 절감된 로열티 지불액을 추정하여 현재 가치로 환산하는 방법을 의미한다.

로열티공제법을 사용하기 위해서는 로열티 관련으로 거래가 있어야 하며, 해당 기술과 비교 가능한 다수의 거래 사례로부터 로열티를 추정한다. 평가를 위한 로열티 자료가 부족한 경우 해당 기술이 속한 분야(업종)에서 다수의 경쟁 기업 혹은 유사 기업의 매출액 대비 영업 이익율 자료를 토대로 해당 기술에 적용할 로열티를 추정할 수 있다.

로열티공제법을 적용하기 위해서는 해당 기술을 통해 발생할 수 있는 경제적 이익 흐름에 대해 논리적으로 제시할 수 있어야 한다. 또한, 로열티 계산 시 지급 계산 방식에 대해 객관적으로 해당 방법을 선택하고 이에 따라 기술 가치를 계상해야 한다.

위와 같은 기존의 기술 가치평가 방법들은 기술 가치를 평가하기 위한 기존 기술 거래 시장에서의 거래 사례, 동일한 효과를 가지는 기술을 개발하기 위한 비용, 경쟁 기술 기업의 매출액 및 영업 이익 등 많은 양의 기본 정보가 필요하다. 하지만 저탄소수소 생산 기술의 경우 신기술이기 때문에 기존의 기술 거래 사례, 경쟁 기업의 매출액 및 영업 이익, 기술 개발에 필요한 원가 비용 등의 정보를 구하기 어렵기 때문에, 기존의 방법을 사용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 저탄소수소 생산 기술 가치평가 모델을 개발하고자 한다.

2.2 선행연구 조사

기술 가치평가와 관련하여 다양한 측면에서 연구가 보고되고 있다. 기술 가치평가는 무형 자산에 대한 평가로써 이론적 접근, 사례 분석을 통한 실증 분석 및 기술 평가 모델 개발로 나뉠 수 있다¹⁰⁻¹⁸⁾.

Table 1과 같이 기술 가치평가에 대해서 다양한 이론적, 모델 개발 및 실증적 연구들이 진행되어 왔다. 뿐만 아니라, 정부에서도 기술 평가의 중요성을 인식하고 있으며 산업자원통상부에서는 기술 가치평가 실무 지침을 2006년 처음 발간하였다. 그리고 이를 토대로 4차례 개정에 걸쳐 2021년 기술평가 실무 가이드를 발간하였다.

기술 평가 지침의 경우 제조업을 위주로 발전되어

왔으며, 저탄소수소 생산 기술의 경우 표준화된 시장이 없다. 따라서 기존의 제조업과 같이 정량적 산식 보다는 해당 분야 전문가들의 분석에 의한 평가가 더 중요하다고 할 수 있다.

2.3 연구 방법

2.3.1 델파이(Delphi) 기법

델파이 기법은 산업, 정책, 과학기술 정책 등 다양한 분야에서 의사결정의 방법 중 하나로, 문제에 관하여 해당 분야의 전문가 그룹을 활용하는 방법이다. 의사결정을 하기 위해 유효한 정보가 적은 경우, 전문가 집단의 의견이 매우 중요하다¹⁹⁾. 델파이 기법에서는 전문가 집단을 통해 견해를 종합하고 다시 피드백을 통해 의견을 정립한다. 이 방법은 해결하려는 문제에 대해 다수의 의견을 수렴하여 보다 정확한 판단을 할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 전문가들의 상호작용을 통해 효율성을 증대시키며 시간과 노력을 아낄 수 있다는 장점이 있다. 특히 해당 분야 전문

Table 1. Analysis of previous literature

Classification	Previous literature
Theoretical analysis	A theoretical framework for the valuation of technology
	A study on a conceptual model for technology valuation based on market approach
	A study on web-based technology valuation system
Empirical analysis	An empirical analysis on determinant factors of patent valuation and technology transaction prices
	A case study on the technology valuation methodology using discounted cash flow (DCF)
	A case study on technology valuation of e-commerce patented technologies
Development of model	Development of valuation model on trademark rights for intellectual property revitalization
	Development of the technology valuation analysis indicators using the delphi method in the offset program
	Technical value model and evaluation for smart in vehicle network

가들의 의견이 필요한 과학기술에 대한 평가 지표를 선정하는 데 적합한 방법 중 하나이다.

2.3.2 계층분석법(AHP)

AHP는 복잡한 의사결정을 논리적으로 하기 위해 의사결정자에게 설문을 하고 수학적으로 설문의 답을 분석하는 기법이다²⁰⁾. 또한, 설문을 하는 경우에는 계층별로 질문을 하며 각 단계에는 두 지표에 대해 쌍대비교를 통해 상대적 중요도에 대해 응답자가 평가를 한다²¹⁾.

AHP는 복잡한 의사결정 문제를 계층별로 나누고, 각 계층별 지표를 쌍대비교를 함으로써 의사결정자가 보다 쉽게 판단을 할 수 있는 장점이 있다²²⁾. 의사결정자들의 판단에 대해 수학적으로 일관성 검증이 가능하여 신뢰성 높은 결과를 얻을 수 있다. 또한, 다수의 평가자의 다양한 의견과 판단을 합의나 수치적 통합을 통해 최종적인 우선순위를 도출할 수 있다²³⁾.

본 연구에서는 델파이 기법을 활용하여 저탄소수소 생산 기술을 연구하는 전문가 집단을 활용하여 기술 가치평가를 위한 중요 지표를 도출하고자 한다. 델파이 기법에서 도출된 지표를 이용하여 해당 지표를 계층화시키며, 이에 대해 유관 분야 전문가에게 설문을 의뢰하고, 그 결과를 통해 각 지표별 상대적 중요도를 산출하고자 한다.

3. 연구 결과

3.1 기술평가 모델 개발 방법

3.1.1 델파이 기법(Delphi method)

Rowe와 Wright²⁴⁾는 델파이 기법에 참여하는 전문가 패널에 대해 5-20명이 적당하다고 권고하고 있으며 이를 근거로 본 연구에서는 전문가 패널 7명을 선정하였다. 선정된 전문가 pool은 Table 2와 같이 현재 산업계에서 저탄소수소 생산 기술에 대해 연구하고 있으며 전공은 화학공학, 재료공학 등 관련 분야이다. 또한, 연구 경력 5년 이상의 박사급 연구원으로써 해당 분야 전문성을 갖춘 pool로 구성하였다.

델파이 기법은 Fig. 1과 같이 진행하였다. 1차 조사는 저탄소수소 생산 기술의 가치평가 지표에 대해 오픈형 설문 조사를 하였다. 이를 토대로 중복된 내용은 제거하고, 대분류와 소분류로 구분하였다. 2차 조사에서는 각 패널들에게 리스트에서 가장 중요하다고 생각하는 요소를 각 분류별 최대 15개까지 응답하도록 하였다. 마지막 최종 3차 조사에서는 2차 결과를 토대로 최종적으로 가장 중요한 지표들에 대해 산출하도록 하였다. 이때, 각 분류별 최대 3개까지 응답을 하도록 하였으며, 이를 토대로 최종 주요 지표들을 산출하였다. 4차 조사에서는 3차 델파이 기법에서 추출한 지표들을 토대로 토론을 통해 최종 지표를 Table 3과 같이 산출할 수 있었다.

Table 2. Demographics characteristics of Delphi method

Main category	Sub category	Number
Degree	Ph.D	2
	Master	5
Research experience	10 years more	4
	5-10 years	3

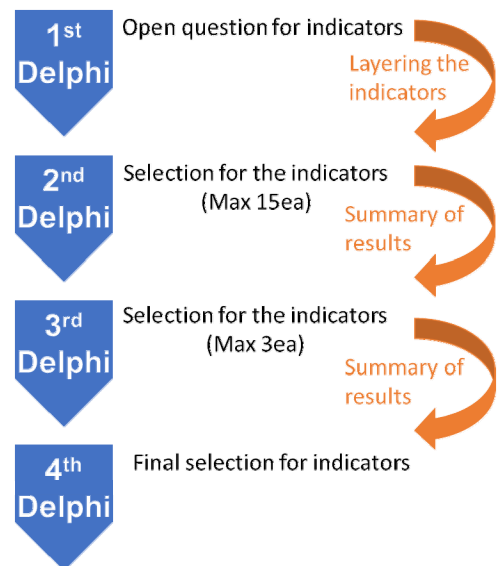


Fig. 1. Flow chart of Delphi-method

3.1.2 계층분석법(AHP)

델파이 조사를 통해 확정된 지표들에 대해 평가 항목에 대해 화학공학, 재료공학 등을 전공한 유관 분야 전문가들 52명을 대상으로 지표 간 중요도에 대한 설문 조사를 진행하였다.

AHP 분석은 계층화된 평가 기준에 대해 각 계층 및 지표별 중요도를 평가하고 이에 따라 지표별 중요도 및 우선순위를 산술적으로 도출할 수 있다. 특히 비일관성 비율의 경우 0.2 미만의 경우는 용납할 수 있는 수준이라고 판단되며, 0.2 이상의 경우 일관성이 부족하여 재조사를 하거나 답변으로 활용할 수 없다. 본 연구에서는 52명의 유관 분야(화학, 화학공학, 재료공학 등) 전문가에게 설문 의뢰를 하였고 비

일관성 값이 0.2 미만인 유효한 답변 25개를 얻을 수 있었다. 유효 설문 응답자들의 기본 정보는 Fig. 2와 같다.

3.2 기술 가치평가 지표별 상대적 중요도 분석

AHP 분석 결과를 Fig. 3와 같이 나타내었다. 분석 결과 기술 가치평가를 위해 중요한 요소는 권리성(0.42)>시장성(0.32)>기술성(0.26) 순으로 나타났다. 이는 전문가들이 저탄소수소 생산 기술은 신기술이므로 대상 기술을 상업화하는데 시장에서 독점적 지위 확보 여부 또는 경쟁 기술 사업으로부터 보호 범위가 가장 중요하다고 판단한 것으로써 권리성(intellectual property right, IPR)이 가장 중요하다고 이해할 수 있다. 두 번째 중요 요인으로는 시장성(market)이다. 대상 기술이 속해 있는 시장의 환경 분석, 산업의 특성, 시장 구조, 제품 현황, 시장 진입 장벽, 관련 정책 등을 분석하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 마지막 중요 요인은 기술성(technology)으로 나타났다. 아직 개발 중인 기술이므로 기술성보다는 다른 요인들이 가장 중요하다고 판단된 것이라 생각된다.

세부 지표에 대한 상대적 중요도 및 우선순위 분

Table 3. Results of Delphi method

Main category	Sub category	Meaning
Intellectual property right (IPR)	Range of IPR	The scope of rights is clear and wide and the strength of protection of the scope of patent claims, etc.
	Safety of IPR	The registered right is likely to be stably maintained without being invalidated.
Technology	Pros and cons	Analysis of the pros and cons for the technologies specified in the IPR and competing technologies
	Distinction	The originality, efficiency, and possibility of pioneering new technologies compared to existing technologies.
	Expandability	Ability to develop into various types of technologies according to the needs
Market	Price	competitive edge of the price and quality for competing technologies
	Law	Incentives and regulations under government policies and laws
	Market size & structure	Market size considering growth potential and trends for the technology

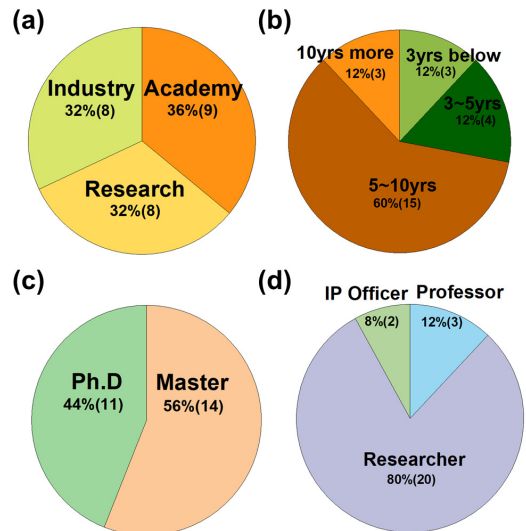


Fig. 2. Demographics characteristics of respondents (a) occupation, (b) research experience, (c) degree and (d) job (duty)

석 결과 권리의 범위(range of IPR) 및 권리의 안정성(safety of IPR)이 각각 1, 2순위로 중요하다는 것을 알 수 있었다. 즉, 신기술로써 권리의 유지가 안정 정도(권리의 안정성) 및 적절한 권리 범위 확보를 통해 경쟁자의 시장 진입 차단, 시장에서 우위 확보(권리의 범위)가 가장 중요하다는 것을 알 수 있다. 그 뒤를 가격 경쟁력(price), 경쟁 기술과의 장단점(pros and cons), 법 규제 및 장려 요소(law), 시장 크기(market size & structure)가 따르고 있다. 세부 지표의 하위 순위로는 기술의 확장성(expandability), 기술의 차별성(distinction)이다. 이는 아직 해당 기술들이 대부분 파일럿 수준이기 때문에 기술성에 대해 고려하는 것은 상대적으로 덜 중요하다고 판단했기 때문인 것으로 보인다.

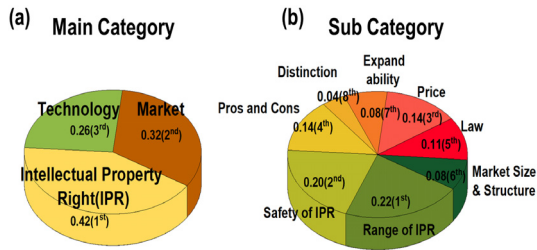


Fig. 3. AHP analysis results. (a) Main category, (b) sub category

3.3 민감도 분석(sensitivity analysis)

민감도 분석을 통해 각 지표별 순위 변화 및 상대적 중요도를 분석할 수 있다. 즉, 상위 지표의 중요도를 변화시킴으로써 대안의 우선순위가 어떻게 변화하는지 알 수 있다.

본 연구에서는 동적 민감도를 통해 민감도 분석을 실시하고자 한다²⁵⁾. 동적 민감도 분석이란 상위 항목 중 하나의 기준에 대해 가중치를 변화시킴에 따른 세부 지표의 중요도 및 우선순위에 대해 분석하는 것을 의미한다. 최상위 지표인 권리성에 대해 상대적

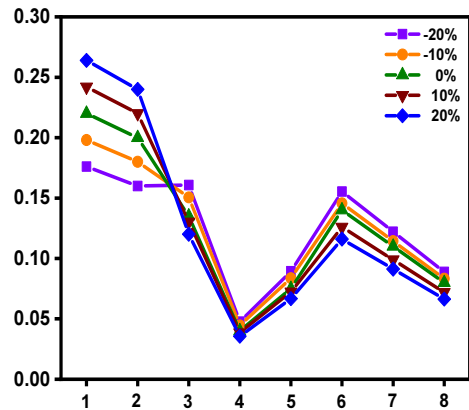


Fig. 4. Results of dynamic sensitivity analysis. (1) Range of IPR, (2) safety of IPR, (3) pros and cons, (4) distinction, (5) expandability, (6) price, (7) law and (8) market size and structure

Table 4. The change of ranking and relative importance with dynamic sensitivity analysis

Sub category	-20%		-10%		+10%		+20%	
	Relative importance	Ranking (change)	Relative importance	Ranking (change)	Relative importance	Ranking (change)	Relative importance	Ranking (change)
Range of IPR	0.176	1(-)	0.198	1(-)	0.242	1(-)	0.264	1(-)
Safety of IPR	0.160	3(▼1)	0.180	2(-)	0.220	2(-)	0.240	2(-)
Pros and cons	0.161	2(▲2)	0.151	3(▲1)	0.130	3(▲1)	0.120	3(▲1)
Distinction	0.048	8(-)	0.045	8(-)	0.039	8(-)	0.036	8(-)
Expandability	0.089	6(▲1)	0.084	6(▲1)	0.072	6(▲1)	0.067	6(▲1)
Price	0.155	4(▼1)	0.146	4(▼1)	0.126	4(▼1)	0.116	4(▼1)
Law	0.122	5(-)	0.114	5(-)	0.099	5(-)	0.091	5(-)
Market size & structure	0.089	7(▼1)	0.083	7(▼1)	0.072	7(▼1)	0.066	7(▼1)

중요도 값을 변화시킴에 따라 지표들의 상대적 중요도 및 우선순위를 분석하였다.

상대적 중요도가 높은 권리성에 대해 일정 범위 (-20% to 20%)를 변경시켜 분석한 결과를 Table 4 및 Fig. 4에 나타내었다. Table 4와 같이 하위항목에 대한 상위 순위의 세부 지표는 바뀌지는 않았지만, 중간 순위의 세부 지표는 바뀌는 것을 알 수 있었다.

이는 권리성의 중요도가 감소되거나 증대되었을 경우 기술 가치평가를 위한 지표 고려 시 우선순위가 달라질 수 있으며, 이에 따라 기술 가치평가도 함께 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 민감도 분석을 통해 각 상위 지표별 중요도 변화에 따른 지표별 중요도 및 우선순위가 바뀌는 것을 알 수 있다.

각 지표의 중요도는 기술 평가 당시의 상황에 따라 바뀔 수 있다. 따라서 해당 민감도 분석은 기술 가치평가 시 중요도 및 우선순위 변화를 설명하기 위한 하나의 분석 방법이라고 말할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 델파이 기법을 활용하여 해당 분야 전문가 자문을 통해 기술 가치평가를 위한 평가 지표를 도출하였다. 도출된 지표를 계층화하였고, 유관 분야 전문가들에게 설문 의뢰 및 AHP 분석을 통해 각 지표별 상대적 중요도를 산출할 수 있었다.

분석 결과 상위계층 지표에서는 권리성이 가장 중요하다는 것을 알 수 있었다. 권리성 다음으로 시장성 및 기술성이 뒤를 이었다. 세부 지표에서는 권리의 범위 및 권리의 안정성이 가장 중요하다는 것을 알 수 있었으며, 상대적으로 기술의 확장성 및 기술의 차별성이 덜 중요하다는 것을 알 수 있었다. 또한 민감도 분석을 통해서 세부 지표의 상위권 순위는 동일하다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 저탄소수소 생산 기술 가치평가를 위해서는 권리성이 가장 중요하다는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 델파이 기법을 이용하여 해당 분야 전문가들을 통해 기술 가치평가를 위한 지표를 도출하였다. 둘째, AHP 기법

을 활용하여 유관 분야 전문가들에게 설문 의뢰를 통해 총 25명의 전문가의 유효 의견을 반영할 수 있었다. 특히, 산/학/연 전문가들을 같은 비율로 구성하였으며, 특히 실무 담당자 등을 포함하여 신뢰성 있는 데이터를 추출 및 활용할 수 있었다. 셋째, 민감도 분석을 통해 해당 기술 가치평가 시 권리성의 중요도를 도출하였다. 마지막으로, 본 연구는 처음으로 저탄소수소 생산 기술에 대한 평가 모델을 개발하였다. 이에 따라, 기존 기술 가치평가 방법을 적용하기 어려운 저탄소수소 생산 기술에 대해서 가치평가 가이드라인을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

후 기

본 연구는 한국전력공사의 2021년 선정 주력연구 개발과제 연구비에 의해 지원되었음(과제번호: R21EJ01).

References

1. J. Lee, J. Lim, C. W. Roh, H. S. Whang, and H. Lee, "Electrochemical CO₂ reduction using alkaline membrane electrode assembly on various metal electrodes", *Journal of CO₂ Utilization*, Vol. 31, 2019, pp. 244-250, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.03.022>.
2. H. S. Whang, M. S. Choi, J. Lim, C. Kim, I. Heo, T. S. Chang, and H. Lee, "Enhanced activity and durability of Ru catalyst dispersed on zirconia for dry reforming of methane", *Catalysis Today*, Vol. 293-294, 2017, pp. 122-128, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.12.034>.
3. H. S. Whang, J. Lim, M. S. Choi, J. Lee, and H. Lee, "Heterogeneous catalysts for catalytic CO₂ conversion into value-added chemicals", *BMC Chemical Engineering*, Vol. 1, 2019, pp. 9, doi: <https://doi.org/10.1186/s42480-019-0007-7>.
4. H. Moon, M. S. Goh, M. Cha, U. S. Kim, H. S. Whang, N. Son, and M. Kang, "Explosive hydrogen evolution from water splitting without sacrificial agent from the C, N co-doped Zn defective ZnS particle", *Applied Surface Science*, Vol. 606, 2022, pp. 154787, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.154787>.
5. S. Kim, Y. Yoo, and H. Park, "Economic analysis program development for assessment of hydrogen production, storage/delivery, and utilization technologies", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 6, 2022, pp. 607-615, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.6.607>.

6. H. W. Rhee and J. H. Kim, "A study on implementation plan of clean hydrogen certification system", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 4, 2022, pp. 301-308, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.4.301>.
7. H. K. Kim and I. Choi, "Exploration of hydrogen research trends through social network analysis", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 4, 2022, pp. 318-329, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.4.318>.
8. D. Youn, S. Lee, and C. Park, "Legal issues on hydrogen bunkering through domestic law", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 2, 2022, pp. 142-147, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.2.142>.
9. Korea Institute for Advancement of Technology, "2021 technology evaluation practical guide", Korea Valuation Association, 2021, pp. 21-146. Retrieved from https://www.valuation.or.kr/research_view.do?content_no=675.
10. S. S. Seol, "A theoretical framework for the valuation of technology", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 3, No. 1, 2000, pp. 5-21. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO200011919820320.jsp-kj=SSMHB4&py=2012&vnc=v27n6&sp=588>.
11. S. Lim, S. Kim, and H. W. Park, "A study on a conceptual model for technology valuation based on market approach", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 18, No. 1, 2015, pp. 204-231. Retrieved from <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201514753131514.pub>.
12. T. E. Sung, S. P. Jun, S. G. Kim, and H. W. Park, "A study on web-based technology valuation system", *Journal of Intelligence and Information Systems*, Vol. 3, No. 1, 2017, pp. 23-46, doi: <https://doi.org/10.13088/jiis.2017.23.1.023>.
13. T. E. Sung, D. S. Kim, J. M. Jang, and H. W. Park, "An empirical analysis on determinant factors of patent valuation and technology transaction prices", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 19, No. 2, 2016, pp. 254-279. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO201624240304755.page>.
14. T. Kim and J. Yoon, "A case study on the technology valuation methodology using discounted cash flow (DCF)", *Journal of New Industry and Business*, Vol. 33, No. 12, 2012, pp. 29-56. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE02105864>.
15. H. Park, "A case study on technology valuation of e-commerce patented technologies", *Journal of New Industry and Business*, Vol. 2, No. 1, 2003, pp. 37-58. Retrieved from https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE00486071&language=ko_KR&hasTopBanner=true.
16. H. S. Kim, "Development of valuation model on trademark rights for intellectual property revitalization", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 9, 2016, pp. 89-97, doi: <https://doi.org/10.14400/JDC.2016.14.9.89>.
17. S. Hong and J. Seo, "Development of the technology valuation analysis indicators using the delphi method in the offset program", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 16, No. 1, 2013, pp. 252-278. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO201319655747841&oCn=JAKO201319655747841&dbt=JAKO&journal=NJOU00290743>.
18. B. W. Kim, "Technical value model and evaluation for smart in-vehicle network", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 20, No. 2, 2017, pp. 368-386. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO201724655834690&oCn=JAKO201724655834690&dbt=JAKO&journal=NJOU00290743>.
19. J. Y. Woo, "A study on the analysis and strategies of sports glass ceiling by Delphi method and AHP", *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 31, No. 5, 2022, pp. 61-70, doi: <https://doi.org/10.35159/kjss.2022.10.31.5.61>.
20. B. Gim, J. W. Kim, K. S. Kang, K. Kang, and S. J. Choi, "An evaluation of the national competitiveness of hydrogen energy", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 17, No. 4, 2006, pp. 461-469. Retrieved from http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=1a0202e37d52c72d&control_no=41d08137e98aa47dc85d2949c297615a.
21. S. Park, S. Lee, and Y. Kim, "Establishing the importance weight of patent valuation criteria for product categories through AHP analysis", *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 10, No. 1, 2011, pp. 115-127. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArticleView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ART001521713>.
22. W. Kim, "Determination of commercialization potential through patent attribute assessment in lithium ion battery technology", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 40, No. 2, 2014, pp. 240-249, doi: <https://doi.org/10.7232/JKIE.2014.40.2.240>.
23. J. H. Han, S. J. Kim, and C. B. Kim, "A strategy development of hydrogen energy industrial infrastructure by using SWOT/AHP method", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 19, No. 4, 2016, pp. 822-847. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO201610364778833.j>.
24. G. Rowe and G. Wright, "Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique", *Principles of Forecasting*, Vol. 30, 2001, pp. 125-144, doi: https://doi.org/10.1007/978-0-306-47630-3_7.
25. S. J. Park and Y. C. Choi, "Prioritizing the functions of local education support authority using AHP method", *The Journal of Educational Administration*, Vol. 28, No. 4, 2010, pp. 281-300. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArticleView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ART001515528>.