

A Study on the Future Technology Prediction by Analyzing the Trends of Technological Evolution and Social Change

기술 진화 및 사회 변화 트렌드 분석을 통한 미래기술예측 연구

Yong Won Song¹, Seung Hyun Kang²

송용원¹, 강승현²

¹ Professor, Nano & Semiconductor Engineering, Technical University of Korea, South Korea,
ywsong@tukorea.ac.kr

² Researcher, Industry-Academic Cooperation Foundation, Technical University of Korea, South
Korea, 07shkang@gmail.com

Corresponding author: Yong Won Song

Abstract: Future technology prediction in the era of the 4th Industrial Revolution requires a convergent future prediction methodology that comprehensively thinks and analyzes science and technology development and socio-cultural development at the same time. However, independent analysis is still mainstream, and the need for professional knowledge and individual subjectivity are pointed out as problems for the general public to easily use. The purpose of this study is to develop an objective evolution trend analysis method as much as possible to minimize the subjective judgment of researchers and to help general researchers easily predict the future in the field. To this end, the technology evolution law studied in the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) and the representative external environmental analysis methods, STEEP and 5 Forces, were applied to extract as objective and concrete indicators as possible for future technology prediction. And a methodology for analyzing spatio-temporal interrelationships was developed using TRIZ's Multi-Screens system operator. A five-step analysis was developed, ① System understanding using function analysis ② Future technology prediction through system S-curve analysis and the technology evolution pattern analysis ③ Macroscopic future environment prediction through core keyword change analysis based on STEEP analysis ④ 5 Forces based Prediction of the system's future ⑤ Convergent future technology development strategy that combines technical aspects and future environment prediction. Through this, it is expected that general researchers will be able to derive ideas for establishing R&D strategies by using future technology prediction methods more easily and effectively in their fields.

Keywords: Future Prediction, TRIZ, Trends of Technical System Evolution, STEEP, 5 Forces

요약: 4차산업혁명 시대의 미래 기술 예측은 과학 기술 발전과 사회문화적 발전을 동시에 종합적으로 사고하고 분석하는 융합적 미래 예측방법론이 필요하다. 그러나 여전히 각각 독립적인 분석이 주류를 이루고 있고, 일반인들도 쉽게 사용하기에는 전문적 지식의 필요성, 개인의 주관성도 문제로 지적되고 있다. 본 연구의 목적은 최대한 객관적 진화 트렌드 분석

Received: November 06, 2022; 1st Review Result: December 21, 2022; 2nd Review Result: January 21, 2023
Accepted: February 28, 2023

방법을 개발하여 연구자의 주관적 판단을 최소화하고 일반 연구자들도 현장에서 쉽게 미래 예측을 할 수 있도록 지원하는 것이다. 이를 위해 창의적 문제 해결이론(TRIZ)에서 연구된 기술 진화법칙과 대표적인 외부 환경 분석 방법인 STEEP 및 5 Forces 방법을 적용하여 미래 기술예측을 위한 최대한 객관화되고 구체화한 지표들을 추출한 후, TRIZ의 기본적인 원인-결과분석 방법인 Multi-Screens system operator를 활용하여 시공간적 상호연관성을 분석하는 방법론을 개발하였다. 이것은 총 5단계 분석으로, ①시스템의 기능 분석을 이용한 시스템 이해 ②시스템 S 곡선 분석 및 기술 진화 패턴 분석을 통한 시스템의 미래 기술 예측 ③STEEP 분석 기반의 핵심 키워드 변화 분석을 통한 거시적 미래 환경 예측 ④5 Forces 기반의 지표 분석과 STEEP 연관성 분석을 통한 시스템의 미래 환경 예측 ⑤시스템의 미래 기술 예측과 미래 환경 예측을 결합한 융합적 미래 기술 개발 전략 도출 등이다. 이를 통해 일반 연구자들도 현장에서 보다 손쉽고 효과적으로 미래 기술 예측 방법을 활용하여 R&D 전략 수립을 위한 아이디어를 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

핵심어: 미래예측, 트리즈, 기술진화트렌드 STEEP, 5 Forces

1. 서론

성공한 개인이나 기업의 중요한 특징은 미래를 정확히 예측하고 그 예측을 바탕으로 계획을 세워 행동했다는 것이다. 그래서 사람들은 미래를 예측하기 원하고 미래를 알 수 있는 다양한 방법을 개발하고 있다. 미래를 알고자 접근하는 방법들은 크게 초월적 능력이나 신의 계시, 자연의 특별한 징조 등을 이용하는 방법과 경험이나 반복되는 현상을 분석하여 알아내는 2가지 형태로 나눌 수 있다[1]. 전자의 경우는 예언가, 선지자, 샤먼이나 점쟁이처럼 초월적 존재와 직접 소통을 통해 정보를 얻는 중계자를 통해 미래를 알게 되거나 별자리를 연구하는 점성술, 손금이나 관상을 연구하는 수상술과 관상학, 인간의 태어난 생년월일과 운명의 연관관계를 연구하는 사주학, 희생제물로 바친 동물의 내장을 보고 예언하는 주술 등 특별한 재능을 가진 전문가들을 통해 미래를 알고자 노력한다. 이러한 방법의 기본 철학은 미래는 결정되어 있다는 것이고, 일반인은 미래를 알 수 없고 특수한 능력을 갖춘 소수 사람에 의해 결정된 감추어진 미래를 볼 수 있다는 것이다. 미래학자 자크 아탈리는 결정된 미래의 베일을 벗기는 이러한 방법을 ‘예언’이라고 정의한다[1].

예언과 다르게 경험이나 다양한 현상을 분석하여 이성적으로 추론하여 미래를 보는 두 번째 방식을 예측이라고 한다. 예측의 기본 개념은 미래는 결정된 것이 아니라 과거 및 현재의 현상과 인간의 선택적 결정에 의해 변화될 수 있다는 것이다. 과거 인류는 인간의 운명은 신의 손에 달려 있다고 생각하고 불행으로부터 보호받으려면 신에게 제사를 올리는 길밖에 없다고 생각했다. 농경 생활을 시작하며 신의 뜻에 의해 수확이 결정된다고 생각하고 기우제를 주기적으로 올렸다. 하지만 계절이 오고 가고, 낮과 밤이 주기적으로 반복되고, 해와 달이 일정한 패턴을 가지고 변화되는 모습을 관찰하며 이러한 변화가 기후 및 농작물의 풍작에 어떻게 관련되어 있는지 깨닫기 시작했다. 다양한 자연현상의 연관관계를 분석하여 기후를 예측하는 방법이 등장하였고, 최근에는 복잡한 많은 변수와의 연관관계를 슈퍼컴퓨터로 계산하여 정확한 예측을 할 수 있게 되었다. 예측의 기술은 투자, 금융, 과학기술 등 다양한 분야에서 개발되어 활용되고 있다. 예를 들어 오랜 기간의 반도체 제조공정 기술 발전 트렌드를 분석한 고든 무어가

반도체 메모리 용량이 18개월마다 2배씩 성장한다는 무어의 법칙을[2] 발표한 이후 반도체 산업에서 미래 기술 개발 전략을 세울 때 매우 유용하게 사용하고 있다.

미래 예측에 대한 과학적 방법론은 1907년 코럼 길피란(Colum Gilfillan)에 의해 시작되었고 1960년 허먼칸(Herman Kahn)에 의해 새로운 하나의 학문으로 확립되었다[3]. 그 이후 제롬 글렌 등 미래학자에 의해 지속해 미래 예측 방법론이 개발되어 사용되고 있다. 미래 예측은 Creativity(상상력에 기반한 미래 예측), Evidence(근거와 자료에 기반한 미래 예측), Interaction(토의와 지식 교환에 기반한 미래 예측), Expertise(전문지식과 경험에 기반한 미래 예측) 등으로 분류할 수 있다. 최근에는 Big Data 기술과 AI 기술의 발전으로 수많은 데이터를 분석하여 메가 트렌드(변화의 주기가 수십 년 걸쳐 있는 트렌드), 트렌드(보통 10여 년에 걸친 변화 트렌드), 유행(시간상으로 짧은 변화 주기를 가지고 있는 트렌드) 등을 분석하여 더욱 정교하게 미래를 예측할 수 있는 방법론이 등장하고 있다.

4차산업 시대 변화의 속도는 어느 시대보다 빠르게 진행되고 있다. 미래 사회는 복잡성이 증가하고 변화의 속도는 더욱 가속화될 것이다. 변화가 빠를수록 새로운 시대의 변화에 대응하기 위해 준비할 시간이 부족하다. 따라서 빠른 변화에 대응하기 위해 미래를 예측하는 것이 매우 중요하게 대두되고 있다. 특히 문화와 기술, 소프트웨어 등이 상호 융합되고 혁신이 중요해짐에 따라 융합적 미래 예측 방법론의 필요성이 강조되고 있다. 하지만 지금까지 연구된 미래 예측 방법론은 사회문화 분야의 예측법과 과학기술 분야의 예측법은 독립적으로 발전해 왔다[3]. 또한 예측 방법론이 매우 전문화되어 사용하는데 전문적 지식이 필요하며 개인의 주관성이 개입될 수 있다는 문제점을 가지고 있다.

본 연구는 기존의 미래 예측 방법론이 가지고 있는 한계점을 보완하기 위해 다음과 같은 두 가지 측면을 고려하여 미래 기술 예측연구를 진행하였다. 첫째, 과학기술적 측면과 사회문화적 측면을 융합한 미래예측 방법론을 개발하는 것이다. 기술 발전은 인간의 삶에 직결되어 있다. 따라서 기술 진화 트렌드와 사회문화 트렌드를 분석하고 상호 영향을 고려한 미래 기술 예측 방법론을 개발하고자 한다. 기술 진화 트렌드는 TRIZ 이론을 기반으로 연구된 기술 진화 법칙(트렌드)를 기반으로 연구를 진행하였고 사회문화 트렌드는 STEEP(Social, Technological, Economic, Ecological, Political Trend) 분석을 기반으로 진행하였다. 둘째, 연구자나 활용자의 주관성을 최소화한 객관적 진화 트렌드를 개발하여 전문가가 아니더라도 누구나 미래 기술을 예측하고 활용할 수 있는 보편적이고 객관적인 미래 예측 방법론을 개발하는 것이다. 예언의 시대 미래를 예언한다는 것은 신의 계시를 받았거나 특별한 능력을 부여 받은 소수에 의해 이루어졌다. 오늘날 예측의 시대에도 미래 예측은 깊은 전문성과 지식을 소유한 소수 전문가에 의해 진행되고 있다. 이는 기존 방법론들이 객관화된 지표를 충분히 개발하지 못하였고 연구자의 창의성, 전문적 지식에 많은 부분을 의존하고 있기 때문이다. 이를 극복하고자 본 연구에서는 최대한 객관적 진화 트렌드를 개발하여 활용함으로써 누구나 쉽게 접근하고 연구자의 주관적 판단을 최소화하고, 객관적으로 미래 기술을 예측할 수 있도록 노력하였다.

2. 기술 진화 트렌드 연구

2.1 기술 시스템의 이해

미래 기술 예측을 위해 먼저 기술 시스템에 대한 이해가 필요하다. 기술 시스템은

인간의 필요한 기능을 수행하기 위해 만들어진 여러 가지 요소들의 집합체라고 정의할 수 있다[4]. 기술 시스템은 과학기술을 기반으로 탄생하며 효율적으로 기능을 수행하기 위해 끊임없이 진화한다. 기술 시스템의 수준을 평가하는 방법으로 이상성(Ideality) 지표를 활용할 수 있다[4].

$$Ideality = \frac{\sum \text{유익한 기능(Useful Function)}}{\sum (\text{비용(Cost)} + \text{해로운 작용(Harmful Fuction)})}$$

기술 시스템의 이상성(1)은 유익한 기능을 해로운 작용 없이 최소 비용으로 수행할 수 있는 방향으로 계속해서 증가한다. 러시아 과학자 알츠슐러(Altshuller)는 많은 기술 시스템의 발전과정을 연구하여, 기술 시스템의 이상성이 증가하는 방향으로 발전해 나가는데 일정한 기술진화 패턴이 있음을 발견하였다[5]. 그는 이것을 기술 진화 법칙이라고 명명했고 기술 진화법칙을 이용하여 기술 시스템의 문제를 해결하거나 미래 기술을 예측할 수 있는 TRIZ 이론을 개발하였다. 하지만 기술 시스템 발전은 과학의 법칙처럼 절대적으로 적용되는 것이 아니라 본 연구에서는 ‘기술 진화 트렌드’라고 명명하고 활용할 예정이다. 한 가지 더 고려할 점은 알츠슐러(Altshuller)는 1960-1980년대 기술 시스템을 가지고 연구를 진행하여 인터넷 기술, ICT, Big Data, IoT, AI 등 최근 4차산업혁명 관련된 기술 시스템의 발전을 다루고 있지 못해 추가적인 기술 시스템 진화 트렌드를 연구해야 한다.

2.2 기술 시스템 진화 트렌드

알츠슐러(Altshuller)는 기술 시스템 발전 과정 연구를 통해 8개의 기술 시스템 진화법칙을 밝혀냈다[6]. 본 연구자들은 이를 기반으로 12개의 진화 트렌드를 개발하였고 논문을 통해 발표하였다[7]. 각각의 트렌드를 정리하면 다음과 같다. ① S-곡선 라이프사이클 트렌드, ② 시스템 완전성 트렌드, ③ 에너지 전도성 트렌드, ④ 리듬 조화 트렌드, ⑤ 이상성 증가 트렌드, ⑥ 동적 특성 증가 트렌드, ⑦ 물질-장 상호작용 증가 트렌드, ⑧ 하위 시스템 불균일 진화 트렌드, ⑨ 미시 수준으로 진화 트렌드, ⑩ 상위 시스템 전위(통합) 트렌드, ⑪ 연결성 증가 트렌드, ⑫ 인간 관여 최소화 트렌드. 이 가운데 연결성 증가 트렌드와 인간 관여 최소화 트렌드는 최근의 기술 발전을 반영한 것이다. 기술 진화 트렌드는 기술 시스템이 어떤 방향으로 발전해 가는지 알려주는 객관적인 좌표 역할을 한다. 지난 연구[7]를 통해 어떻게 기술 진화 트렌드를 이용하여 기술 시스템의 미래를 예측할 수 있는지 설명하였다. 하지만 기술적 측면으로만 분석하여 미래 기술을 예측하는 것은 충분하지 않다. 기술 시스템이 생존하기 위해서는 인간의 선택을 받아야 한다. 즉 사회문화 트렌드를 분석하여 융합적 전략이 필요하다.

3. 사회 트렌드 연구

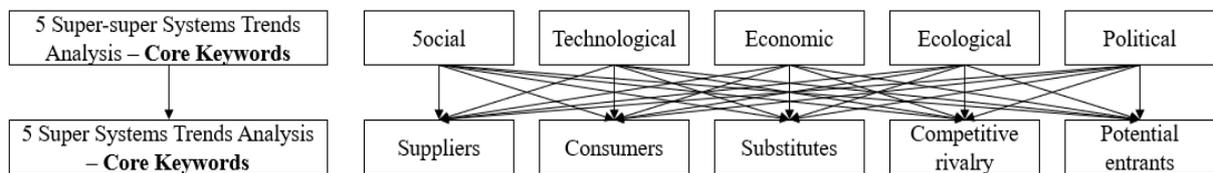
3.1 거시적 외부 환경 분석 방법 - STEEP 핵심 키워드 추출 및 적용

대표적인 메가 트렌드 분석법인 STEEP 방법은 광범위하고 복잡한 외부 환경 요소들을 주요 지표화하는 분류 및 체계화 방법을 통해 장단기에 이르는 중요한 환경의 변화(environmental trends)를 파악하여 이런 변화에 대응할 수 있는 전략 수립에 도움을 줄

수 있다는 장점이 있다[8]. 그러나 방대한 데이터 처리에 대한 자원과 노력의 집약도, 데이터 해석의 어려움, 데이터 간 상호 유기적 관계 분석을 위한 분야별 전문가의 도움이나 이에 상응하는 사용자의 시스템적 사고 능력이 필요하기 때문에[9][10] 일반 현장에서 손쉽게 사용하기 어렵다.

최근에는 일반인들도 쉽게 거시 환경 분야의 트렌드를 파악할 수 있도록 공공기관 등에서 STEEP 분석법을 통한 메가 트렌드 보고서를 정기적으로 제공하고 있어 어느 정도 이런 어려움을 해결하고 있다고 판단된다[11]. 그러나 정성적 기초 조사 성격의 STEEP 분석 결과를 실제 연구 대상에 구체적으로 적용하는 단계에서는 큰 자원이 소요되는 빅데이터 분석 혹은 다수 전문가의 평가를 바탕으로 하는 델파이 분석이나 계층화 분석(Analytic Hierarchy Process) 등이 함께 요구된다[12][13]. 따라서 STEEP 방법을 실제 R&D 현장에서 효과적으로 사용되기 위해서는 다수 전문가의 지원이 필요하며, 이는 자원의 제약이 많은 중소기업의 일반 연구원에게는 큰 어려움이 된다.

이런 문제점을 해결하기 위해, 기존 연구에서는 일반 이공계 연구원이나 중소기업 연구원이 R&D 기획 시에 제품의 환경분석을 보다 쉽고 빠르게 할 수 있는 방법론과 도구를 제안하였다[14]. 이 방법론은 TRIZ에서 발전한 문제의 원인-결과 분석의 기본 틀인 Multi-Screens system operator 원리를 적용하여, 제품의 상위 시스템을 거시환경의 STEEP 분류에 따른 5 Super-super systems와 경영학에서 사용되는 시장에서의 기업 경쟁력 분석법인 5 Competitive Forces 방법을 적용하여 제품에 직접적 영향력을 미치는 3개 주요 주체를 3 Super systems로 분류하였다. 이후 5 Super-super systems의 분야별 핵심 키워드와 3 Super systems의 주체별 핵심 키워드를 추출하여 이 키워드 간 연관 관계를 분석한다. 이것을 도식화하면 [그림 1]과 같다.



[그림 1] TRIZ의 Multi-Screens System Operator를 이용한 기술 시스템의 외부환경분석

[Fig. 1] External Environmental Analysis of Technical Systems Using Multi-Screens System Operator

STEPP 핵심 키워드 추출에 관한 이론적 방법론은 기존 연구에서 제시한 바 있으며[14], 이를 간략하게 정리하면 다음과 같다. ①분석 목적과 범위 정의→②STEPP 분야별 핵심 개념(main concept) 정의→③핵심 개념별 기본 주제어 선정→④기존 메가 트렌드 문헌[12]에서 주제어 검색→⑤관련 문맥 혹은 문장 중심으로 핵심 키워드 추출. 시장 중심의 R&D 기획이라는 목적 아래 STEEP 분야별 핵심 개념과 주요 주제어를 정리하면 [표 1]과 같다. 이때 각 핵심 개념별 주요 지표와 관련하여 구체적인 데이터나 개별적인 분석 데이터가 필요한 경우, 관련된 공공기관들이 제공하는 원자료들을 활용할 수 있는 방법도 제안하였다[14].

[표 1] 거시외부환경(STEPP) 분야별 핵심 키워드 추출을 위한 주제어 선정

[Table 1] Selection of Search Words in the Existing Literature on Megatrends for Extracting Core Keywords in Each Area of Macro-External Environment(STEPP)

분야	핵심 개념	주요 지표의 주제	핵심 주제어
Social	인구 및 소비구조 변화	장래 인구 추계 분석	인구
		장래 가구 추계 분석	가구
		가구 소득 및 소비 변화	소득, 소비
		세대 구분 및 특징	세대
		디지털 라이프 변화	디지털 라이프
		유행 상품 변화	유행 상품
Technological	정부 및 기업의 R&D 변화	신기술 트렌드	미래기술
		ICT 이슈	ICT
		R&D 전략 변화	연구개발, R&D 투자, R&D 전략
		연구인력 변화	연구인력
		기술 및 산업규제 변화	기술 규제, 산업 규제
Economic	경제-산업구조 및 경제-산업정책 변화	경제 및 산업 현황	거시경제, 경제동향, 경제전망
		경제 및 산업구조 변화	경제구조, 산업구조
		노동(고용)구조 변화	노동, 고용, 노동고용구조
		경제 및 산업정책 변화	경제정책, 산업(정책)
		경제 및 산업규제 변화	경제규제, 산업규제
Ecological	환경정책 변화	기후변화	기후변화
		에너지, 자원	에너지, 자원
		환경 대응 정책	환경정책
		지속 가능 산업 트렌드	지속 가능 산업
Political	정치 트렌드 변화	국내외 정세 전망	국내정세, 국제정세, 정치이슈,
		정부 국정 과제	국정과제
		대외정책(통상정책)변화	외교정책, 통상정책
		미·중 갈등	미·중 갈등, 중국정세

본 연구의 외부 환경 분석 방법론의 핵심은 기존 STEEP 분류 방법과 5 Forces의 분류 방법의 기존 분류법을 하위 범주로 더욱 세밀하게 체계화하고 최대한 구체적으로 분류하여 누구라도 핵심 키워드를 쉽게 추출하도록 가이드를 제시한 것이다.

3.2 직접적 외부 환경 분석 방법 - 5 Forces의 세부 분류화 및 상위 시스템 분석 적용

3.2.1 기술 시스템 상위 시스템 주요 요소의 세부 분류화

본 연구팀은 기존 연구에서 기술 시스템의 상위 시스템 분석 방법론 차원에서 경영학에서 개발된 대표적인 기업의 산업 환경 분석 방법인 5 Forces의 분류 개념을 활용할 것을 제안하였다[14]. 이는 STEEP 방법이 복잡한 거시적 환경 요소들을 개별 분야로 범주화하여 분류함으로써 체계적 분석이 가능한 것처럼, 기술 시스템에 직접적 영향을 미칠 수 있는 요소들을 범용적인 기준 하에 범주화하여 분류하는 것이 필요하다는 문제의식에서 출발한 것이다.

본 연구에서는 기존의 5 Forces의 5개 주체들을 제품의 R&D 관점에서 목적에 맞게 재정의하고, 그에 따라 필요한 세부 분류 기준들을 설정하였다.

일반적으로 5 Forces 분석에서 공급자 그룹은 제품을 생산하는 데 투입되는 모든 자원을 제공하는 조직으로 정의되며, 생산 자원에는 연료나 천연자원, 원자재뿐 아니라 노동, 장비 등이 모두 포함된다[8][15]. 이들 자원은 제품 생산과 밀접한 관계가 있으므로, 제품 R&D 관점에서는 공급자를 생산자 개념으로 정의하고 5 Forces의 생산 자원 분류 기준을 생산자 분류 기준으로 활용하는 것이 유의미할 것으로 판단된다.

5 Forces에서 정의되는 구매자는 직거래 고객(예를 들어 유통 기업)과 최종 소비자로 구분되는데, 시장에서 유사한 니즈를 가진 고객들을 특정 기준에 따라 그룹화하여 핵심

고객층을 정의하고, 이들에게 맞는 마케팅 전략을 구사한다는 시장 세분화(Market Segmentation) 방법도 함께 사용된다[16]. 이 가운데 최종 소비자 시장을 세분화하는 기준은 일반적으로 지역적, 인구통계학적, 심리적, 행동학적 분류 등 네 가지로, 분류마다 여러 가지 분석 지표들이 있다. 그러나 실제 현장에서는 인구통계학적 분류가 잠재적 소비자 탐색의 어려움이나 소비자 니즈의 다양화 등으로 분석의 한계가 있음에도 불구하고 분석이 객관적이고 용이하다는 장점 때문에 가장 중요한 분류 기준으로 인정되며, 이를 보완하기 위해 심리적 지표 중 하나인 소비 가치의 중요성도 강조되고 있다[16-19].

본 연구는 제품의 기능을 중심으로 소비자 그룹의 트렌드 변화를 통해 소비자 니즈를 파악하고자 한다. 따라서 마케팅 전략 관점에서 강조되는 소비자의 구매심리 및 구매행태와 관련된 주관적이고 정성적인 분석 지표들은 제외하고, 보다 객관적인 사회-인구통계학적 지표와 소비자들의 전반적인 소비행위를 결정하는 소비자들의 신념이나 기준으로서 가치[19]에 영향을 미칠 수 있는 라이프스타일 변화, 세대 특성 등을 주요 지표로 활용하고자 한다.

5 Forces의 대체재 개념은 제품의 기능 관점에서 기존 제품의 기능을 대체하는 외부 기술 시스템으로 정의할 수 있어, 기술 시스템의 상위 시스템 요소로도 중요한 의미가 있다고 판단된다. 따라서 대체재의 세부 분류 지표로 해당 시스템의 주요 기능, 보조 기능, 부가 기능 등의 세 가지 요소를 선정하였다. 그 밖에 5 Forces의 경쟁자 및 신규진입자 분류는 기업의 시장 경쟁 구도와 밀접하게 관련된 것이므로 기술 시스템의 상위 시스템 요소에서는 제외하였다.

이상과 같이 기술 시스템의 상위 시스템 요소를 크게 생산자, 소비자, 대체재 등 세 가지 요소로 분류하고, 주어진 기술 시스템의 세 가지 요소별 주요 지표를 통해 그 특성들을 핵심 키워드로 추출하여 핵심 키워드 분석을 통해 기술 시스템의 상위 시스템 트렌드를 분석하고자 한다.

3.2.2 STEEP 요소와 기술 시스템 상위 시스템 요소 간 핵심 키워드 상호 연관성 분석

기술 시스템의 환경 분석의 주요 내용은 거시 환경, 즉, 사회, 기술, 경제, 환경, 정치 분야의 주요 변화가 기술 시스템에 직접적 영향을 미치는 외부 요소, 즉, 생산자, 소비자의 변화에 미치는 영향과 해당 기술 시스템을 대체할 수 있는 새로운 기술 시스템에 미치는 영향을 핵심 키워드를 중심으로 분석하는 것이다. 이때 기술 시스템의 거시 환경 분야인 STEEP 요소의 핵심 키워드와 기술 시스템의 생산자, 소비자, 대체재 등 세 가지 주요 요소의 핵심 키워드의 상호 연관성을 찾아내는 것이 핵심이다. 이 때 세 가지 상위 시스템 요소별 주요 지표의 주제에 따라 일반적으로 고려되어야 할 정보들이 존재한다. 그리고 이 주요 고려되어야 할 정보들을 중심으로 STEEP 분야와의 연관성을 유추할 수 있다. 기술 시스템의 상위 시스템 요소 분석을 위해 고려해야 할 주요 정보 및 STEEP 관련성을 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] 기술 시스템 상위시스템 주요 요소 분류 및 STEEP 연관성

[Table 2] Classification of Main Factors of the Supersystem of a Technical Systems and the Relationships between These Factors and STEEP Factors

상위시스템 요소	주요 요소 분류	주요 고려 요소	STEEP 연관성	
			분야	주요 지표
생산자	연료, 자원	국제원유(자원)가격 변동, 국내외 경기변동 및 산업 현황, 글로벌 정세, 외교 통상 현황, 환경규제 현황	경제	국내의 주요 거시경제지표, 국내의 경제 동향, 경제 및 산업정책 변화
			정치	글로벌 정치 이슈, 지역 간 무역협정 현황, 지역간 무역협정 정책 분석
			환경	환경 이슈(에너지, 자원), 글로벌 환경정책
	원자재, 원천소재	국제 원자재 가격 변동, 국내외 경기 변동 및 산업 현황, 글로벌 정세, 외교 통상 현황, 환경규제 현황	경제	국내의 주요 거시경제지표, 국내의 경제 동향, 경제 및 산업정책 변화
			정치	글로벌 정치 이슈, 지역 간 무역협정 현황, 지역 간 무역협정 정책 분석
			환경	글로벌 환경정책
	노동	국내외 인구구조 변화, 노동구조 및 고용현황, 산업구조 현황, 노사갈등, 경제 및 사회갈등구조 현황	사회	국내외 인구추계 분석, 가구소득 및 소비변화, 세대구분 및 특징, 글로벌 소비구조 변화,
			경제	노동(고용)구조 분석, 경제 및 산업정책 변화, 산업규제 정책 변화
	장소 (토지, 공장)	국내외 경제-산업규제 현황, 글로벌산업구조, 글로벌 공급망, 환경규제 현황	경제	경제 및 산업정책 변화, 산업규제정책 변화, 글로벌 산업 및 노동구조 변화
			환경	글로벌 환경정책
	장비	산업구조, 산업규제 현황, 국내외 과학기술 현황, 신기술 연구동향	경제	경제 및 산업정책 변화, 산업규제 정책 변화,
			기술	국가별 R&D 정책, 미래 기술리스트, ICT 이슈
자본	국내외 경제동향, 경제 및 산업구조 현황, 국내외 정세, 외교 통상 현황, 국내외 경제-산업규제 현황	경제	국내외 경제동향 분석, 국내외 경제동향 예측, 경제 및 산업구조 분석, 경제 및 산업정책 변화, 산업규제 정책 변화	
		정치	글로벌 정치 이슈, 지역 간 무역협정 현황, 지역 간 무역협정 정책 분석	
소비자	연령	인구구조 변화, 세대, 라이프스타일	사회	인구추계 분석, 세대 구분 및 특징, 디지털 라이프변화, 유행 상품 리스트
	성별	여성 사회진출, 고용 및 노동구조 현황, 라이프스타일	사회	여성 경제활동 참가율, 가구추계 분석, 가구 소득 및 소비 변화, 디지털 라이프 변화
			경제	고용노동구조 분석, 글로벌 산업 및 노동구조 분석
	가구 구성	가구구조 변화, 가구별 소득구조, 라이프스타일	사회	가구추계 분석, 가구 소득 및 소비 변화, 세대 구분 및 특징, 디지털 라이프 변화
	경제적 수입(소득)	소득구조 변화, 경제구조 변화, 소득별 소비구조, 노동구조 변화	사회	1인당 GNI, 1인당 1인당최종소비지출, 소득분배 지표, 가구 소득 및 소비구조 변화. 글로벌 소비구조 변화
			경제	국내 주요 거시경제지표, 국내외 경제동향 분석, 국내외 경제전망, 고용 노동구조 분석, 글로벌 노동 및 산업구조 분석
	직업	노동구조 변화	경제	고용 노동구조 분석
	교육 수준	고등교육인력, 학력과 노동시장(취업률), 학력과 소득수준	사회	인구추계 분석, 가구소득 및 소비구조 변화, 글로벌 인구구조 변화, 글로벌 소비구조 변화
	주거지 특징	도시화 수준, 스마트시티, 디지털 사용, 환경문제의식, 환경문제 대응	사회	인구추계 분석, 소득 및 소비구조변화, 디지털라이프변화. 글로벌 소비구조변화
			환경	기후변화, 에너지, 환경정책 및 환경규제, 지속가능산업 트렌드
세대	연령별 인구 변화, 세대 특성,	사회	인구추계 분석, 세대 구분 및 특성,	

		세대별 유행상품		유행상품리스트
	라이프스타일	디지털 사용 특성, 세대 특성, 유행 상품	사회	디지털라이프변화, 세대 구분 및 특성, 유행 상품 리스트
대체재	주요기능	신기술 트렌드, 글로벌 R&D 현황.	기술	미래 기술 리스트, ICT 이슈, 정부 R&D 정책 변화, 글로벌 R&D 정책 변화

이와 같은 연관성 분석을 통해, 특정 기술 시스템에 STEEP 분야 중 어느 분야의 영향력을 특히 주의 깊게 살펴보아야 하는 지도 유추해 볼 수 있다. 예를 들어 생산자 파워가 강한 기술 시스템의 경우, 경제-산업정책 및 규제의 변화 같은 경제적 요소, 그리고 정치적 이슈, 지역 간 무역협정(외교통상정책) 변화와 같은 정치적 요소 및 환경 이슈, 환경정책 변화와 같은 환경적 요소가 특히 중요한 것으로 나타났다. 소비자 트렌드 분석에는 사회적 요소 외에도 국내외 노동고용구조 변화와 같은 경제적 요소가 매우 중요한 것으로 나타났다.

이상과 같이, 주어진 기술 시스템의 생산자, 소비자, 대체재 요소의 핵심 키워드와 STEEP 분야의 핵심 키워드를 연계하여 유추한 기술 시스템의 세 가지 주요 요소들의 트렌드 변화 방향을 기술 시스템 진화 법칙에 적용하여 기술 시스템의 R&D 전략 수립을 위한 아이디어를 제공한다.

4. 결론

위에서 언급한 바와 같이 기술 시스템은 기술적 측면과 사회문화적 측면을 모두 반영하여 발전해 나간다. 기존의 미래 예측 방법과 다르게 본 연구는 두 가지 측면을 고려한 융합적 미래 예측 방법론으로 차별화된 가치를 가지고 있다. 본 연구를 통해 개발한 기술적 측면과 사회문화적 측면을 고려하여 기술 시스템의 미래를 예측하기 위해 다음과 같은 절차를 진행한다.

(1)시스템의 이해

기술 시스템 이해하기 위해 제일 먼저 기능분석이 필요하다. 시스템의 기능을 정의하고 시스템을 구성하고 있는 부품 및 시스템과 연동된 상위 시스템의 요소들을 분석하여 기능도를 작성한다. 부품이 많을 경우에는 부품들을 블록화하여 기능도를 그리고 필요시 세분화된 기능도를 그려 시스템을 이해한다. 기능 분석 이후 Multi-Screens system operator를 이용하여 기술 시스템이 발전해 온 역사적 과정을 분석하고 기술적 측면, 사회 문화적 측면에서 다양한 데이터를 수집한다.

(2)기술 진화 트렌드 측면에서의 미래 예측

기술 진화 트렌드를 적용해 시스템의 미래 기술 발전 전략을 수립하기 위해서 제일 먼저 해야 하는 것은 S-곡선 라이프 사이클을 그리는 것이다. 이 시스템의 핵심가치 변수가 무엇인지 선정하고 시간에 따라 어떻게 발전해 왔는지 그래프를 정성적으로 그린다. 시스템이 오랜 역사를 가지고 발전해 왔으면 여러 개의 라이프 사이클이 그려질 것이고 현재 시스템의 라이프 사이클 곡선상 어디에 있는지 파악하고 그 위치에 맞는 기술 개발 방향을 수립한다[7].

S-곡선 라이프 사이클 곡선을 통한 거시적인 미래기술 개발 전략을 수립한 후 나머지 11개의 기술 시스템 발전 트렌드 가지고 현재 시스템의 수준을 평가하고 각각의 트렌드 측면에서 앞으로 발전해 가야 하는 미래기술 발전 전략을 수립한다. 특히 11개 트렌드 중 가장 뒤떨어지게 발전한 트렌드를 중심으로 미래 발전 전략을 수립한다.

(3) 사회문화 트렌드 측면에서의 미래 예측

기술 시스템의 사회문화적 측면에서 어떻게 발전해 가야 하는지 전략을 세우기 위해 STEEP 분석을 진행한다. STEEP 분석은 다양한 정보매체를 통해 진행한다. 현재는 Big Data를 이용한 분석 도구들이 등장하여 트렌드 키워드를 추출하는 방법을 활용하고 있으나 일반인이 활용하기는 쉽지 않다. 하지만 한국과학기술정보연구원 등 정부기관의 트렌드 보고서를 이용하면 전문가들과 Big Data 결과물을 누구나 쉽게 활용할 수 있게 된다. 이런 기존 트렌드 보고서를 미래 기술 예측을 위한 환경 분석에 구체적으로 활용하기 쉽도록 세부 분류와 체계화의 방법을 통해 핵심 개념과 핵심 키워드를 추출한다.

(4) 5 Forces 분석 및 거시환경 측면 미래 예측

거시 환경을 분석하여 다양한 트렌드를 분석하였어도 실제 구체적인 기술 시스템에 적용하는 것은 쉽지 않다. 따라서 관련 기술 시스템에 영향을 주고 있는 5가지 주체(5 Forces)를 분석하고 각각의 주체들 관점으로 적용하는 전략을 사용했다. 다양한 시스템에 적용하는 Case Study 연구를 통해 STEEP 분석 내용을 생산자, 소비자, 대체재에 적용시키는 것이 효과적임을 알게 되었다. 이때 생산자, 소비자, 대체재 역시 구체적인 분류와 체계화 방법으로 세분화하고, 이 분류 지표들의 분석 결과와 STEEP 분석으로 추출한 사회문화 트렌드의 핵심 키워드를 함께 고려하여 상호 연관성을 분석하고 이를 기반으로 시스템의 미래 발전 방향에 대한 아이디어를 도출한다.

(5) 융합적 미래기술 개발 전략 도출

기술 진화 트렌드 측면과 거시환경 측면에서 도출한 미래기술 개발 전략에 관련된 아이디어를 융합하는 작업을 진행한다. (2) 단계와 (4) 단계에서 발굴한 아이디어를 모두 취합한다.

단기(1~3년) 예측: 기술적 측면과 거시환경 트렌드를 활용하여 향후 1~3년의 미래를 내다보고 기술 시스템 발전 전략을 수립한다.

중기(3~7년) 예측: 중기적 측면에서 미래기술 방향을 예측하고 기술 진화 전략을 수립한다. 현재 기술 시스템의 기능을 수행하고 있는 작동원리(Action principle)를 뛰어넘는 차세대 원리를 개발하고 변화되는 거시환경에 적용할 수 있는 전략을 수립한다.

본 연구에서 미래기술예측 방법론을 이론적으로 규명했지만, 실제 사례를 가지고 검증하는 추가적인 보완작업이 필요하다. 다양한 Case Study 연구를 진행하여 이론을 검증하고 발전시켜 나가고자 한다.

5. 감사의 글

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2018R1D1A1B07049244)

References

- [1] J. Attali, Can we predict the future? 21st century books, (2018)
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law, Nov 1, (2022)
- [3] Global Future Studies Association, The Strategic Methodology for Futures Studies, Dunam, (2014)

Available from: <http://gfuturestudy.org>

- [4] Y. W. Song, K. M. Kim, S. H. Kim, Creative Problem Solving Theory TRIZ, Korean Standards Association Media, (2018)
Available from: <https://www.ksa.or.kr>
- [5] H. Wang, H. Lin, J. Yang, History, Current Situation and Development Prospect of the TRIZ, Journal of Computational Science & Engineering, (2013), Vol.789-799, pp.992-997.
DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.798-799.992>
- [6] G. Altshuller, Creativity as an Exact Science, Intervision, (2006)
Available from: <https://www.nl.go.kr>
- [7] Y. W. Song, Analysis of Technology Evolution Trends for Predicting Future Technologies, Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange, (2020), Vol.6, No.10, pp.123-136.
DOI: <https://doi.org/10.47116/apjcri.2020.10.10>
- [8] B. E. Bensoussan, C. S. Fleisher, Analysis without Paralysis, Pearson, (2013)
Available from: <https://www.pearson.com>
- [9] UNDP Global Centre for Public Service Excellence, Foresight: The Manual, (2015)
Available from: <https://www.undp.org>
- [10] J. K. K. Ho, Formulation of a Systemic PEST Analysis for Strategic Analysis, European Academic Research, (2014), Vol.2, No.5, pp.6478-6492.
Available from: <https://www.academia.edu>
- [11] E. J. Jeong, the 6th Science and Technology Forecast Survey Research (First Year), Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, (2021)
Available from: <https://www.kistep.re.kr>
- [12] D. G. Lee, A Study on the Selection of Future Promising Technologies in 2022, Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, (2022)
Available from: <https://www.kistep.re.kr>
- [13] H. S. Chang, W. J. Choi, H. S. THO, A Study on Establishment of National Science and Technology Strategy Applying PEST-SWOT-AHP: A Case Study of Fusing R&D, Journal of Korea Technology Innovation Society, (2012), Vol.15, No.4, pp.766-782.
UCI: G704-001043.2012.15.4.007
- [14] S. H. Kang, Y. W. Song, J. W. Yeom, External Environmental Analysis of Technical Systems for Establishing R&D Strategies, Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange, (2021), Vol.8, No.2, pp.235-244.
DOI: <http://dx.doi.org/10.47116/apjcri.2022.02.20>
- [15] G. Johnson, R. Whittington, K. Scholes, D. Angwin, P. Reger, Exploring Strategy, Pearson, (2017)
Available from: <https://www.pearson.com>
- [16] S. Goyat, The Basis of Market Segmentation: A Critical Review of Literature, European Journal of Business and Management, (2011), Vol.3, No.9, pp.45-54.
Available from: <https://scholar.google.co.kr>
- [17] Y. C. Kim, Customer Value and Market Segmentation: New Approaches in Developing Marketing Strategy Analysis, Korean Management Review, (2004), Vol.33, No.6, pp.1757-1779.
UCI: G704-000126.2004.33.6.006
- [18] Y. J. Park, K. O. Kim, Consumer Values Derived from Products by Consumers: Difference among the Four Types of Products Classified with Product Attributes and Visibility, Journal of the Korean Home Economics Association, (2012), Vol.50, No.7, pp.81-96.
DOI: <http://dx.doi.org/10.6115/khea.2012.50.7.081>
- [19] M. J. Gu, R. D. Kim, S. Y. Kim, J. Y. Rha, J. S. Yeo, H. C. Choe, Measuring and Mapping Consumption Values, Journal of Consumer Studies, (2015), Vol.25, No.6, pp.235-266.
UCI: G704-000210.2015.26.6.004