

국산 첨단 항공엔진 개발의 기술파급효과 분석

박재찬* · 이상학**† · 김대식*** · 박지호** · 이하은**

Analysis of the Technological Spillover Effects of Korean Advanced Aviation Gas Turbine Engine Development

Jaechan Park*, Sanghak Lee**†, Daesik Kim***, Ji-ho Park**, Haeun Lee**

Key Words : Gas turbine(가스터빈), Technology spillover effect(기술 파급 효과), Korean advanced engine(국산 첨단엔진), Potential market(잠재시장)

ABSTRACT

This study aims to quantify the technological spillover effects of developing domestic advanced engines, specifically low-bypass turbofan engines, within the aerospace industry. Previous studies have primarily relied on qualitative research, industry-related analysis, and patent citation analysis to assess spillover effects. However, these approaches are often commercially focused, fail to capture broader macroeconomic impacts, and do not fully reflect the unique characteristics of the aerospace sector. To address these limitations, this study seeks to express the expected spillover effects of domestic advanced engine development in terms of economic value. A technology spillover effect model was proposed, and the corresponding impact and industrial scale were measured. Using data from the Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning, core technologies of advanced engines were classified into six categories, with direct and indirect effects assessed separately. Direct effects were analyzed within the aerospace and power generation industries, while related industries were categorized into eight sectors based on a literature review. The value assessment combined literature research with expert surveys to capture both objective data and subjective insights. At the ripple effect estimation stage, technology value evaluation coefficients and actual market size were adjusted to ensure more objective results. The final analysis estimated that the technological spillover effect from domestic advanced engine development would range from approximately USD 911 million to USD 5.8 billion, while the ripple market size was projected to be between USD 18.2 billion and USD 29.0 billion. These findings can inform defense industry R&D planning, particularly for 15,000 lbf-class fighters that could incorporate domestically developed engines. Additionally, this research is expected to support performance enhancements in existing domestic fighters and contribute to defense industry exports.

1. 서론

전 세계 가스터빈 시장의 규모는 2024년 기준 약 240억 달러에서 280억 달러의 규모로 추산되며, Foutune business insight에 따르면 2032년까지 약 4.66% 수준의 연평균 성장률(Compound Annual Growth Rate, 이하 CAGR)이 예

측된다^(1,2). 또한, 대한민국을 비롯한 아시아 지역 가스터빈 시장 규모의 경우, 현재 약 9조 원으로 세계 시장의 약 36.11%를 차지하고 있다⁽³⁾. 또, 국내 가스터빈 시장 규모의 경우, 2024년 기준 약 1조 6천억 원 수준으로 확

* 영남대학교 경영학과(Department of Business Administration, Yeungnam University)

** 한국항공대학교 경영학과(Department of Business Administration, Korea Aerospace University)

*** 강릉원주대학교 기계공학과(Department of Mechanical Engineering, Gangneung-Wonju National University)

† 교신저자, E-mail : sanghak.lee@kau.ac.kr

가스터빈 산업은 고부가가치 산업으로 분류되어 많은 선진국에서 집중 국책 산업으로 취급하고 있다^(5,6). 이러한 국제적 기조에 따라 우리나라에서도 최근 두산에너지빌리티를 중심으로, 발전용 가스터빈을 활용한 김포열병합발전소가 가동 추진에 성공했다⁽⁷⁾. 발전용 가스터빈 산업은 점진적인 발전이 지속화되고 있는 것에 비하여, 항공용 가스터빈은 운영 조건 등을 이유로 개발이 더 어려운 상황이다⁽⁸⁻¹⁰⁾. 특히, 항공용 가스터빈의 경우, 무게와 부피 제약이 매우 까다롭다. 그러나, 항공우주산업 분야의 가스터빈 활용 부가가치가 기존 대비 3배 수준으로 향상되었다는 점에서 개발의 중요성은 더욱 높아지고 있다⁽¹¹⁾.

항공용 가스터빈은 터보제트, 터보팬, 터보샤프트, 터보프롭의 4가지 범주로 나눌 수 있다⁽¹²⁾. 이 중 터보팬 엔진이 항공용 가스터빈에서 핵심 엔진으로 분류되고 있다^(13,14). 항공용 가스터빈은 미래 항공무기체계 및 국가 방산과 안보에 핵심 요소가 될 것으로 사료된다⁽¹⁵⁾. 이에 우리나라도 12대 국가 전략기술과 10대 국방전략기술에 ‘첨단 항공엔진 기술’을 포함하는 등 개발에 박차를 가하고 있다⁽¹⁶⁾.

항공용 가스터빈의 여러 범주 중에서도 현재 국내에서는 터보팬 기술을 핵심으로 하는 첨단엔진 국산화에 심혈을 기울이는 상황이다⁽¹⁷⁾. 이에 방위사업청은 ‘첨단 항공엔진 개발계획’을 확정하고, 2024년부터 14년간 3조 5천억 원의 개발비를 투입하여 15,000lbf급의 첨단 항공엔진을 개발할 예정이다⁽¹⁸⁾. 이때 정의되는 국산 첨단엔진이란 15,000~18,000lbf급의 저 바이패스 터보팬 엔진을 의미하며, 이는 현재 개발 중인 KF-21에 탑재된 GE사의 F414엔진과 유사한 성능으로, 전투기 탑재를 목표로 하고 있다⁽¹⁹⁾.

독자적 항공엔진 개발은 미래 항공무기체계 및 관련 업계 성장의 핵심 요소가 될 것으로 고려된다. 단순히 엔진 개발을 통해 국가 안보와 무기체계의 기술력을 향상하는 것 이상의 가치를 지닌다고 할 수 있다⁽²⁰⁾. 또한, 15,000lbf 급의 엔진코어 개발에 성공한다면 40,000lbf급의 터보팬 엔진으로 파생 개발이 가능함과 동시에 신뢰성이 확보된 엔진은 민항기 및 수송기 등에 활용이 가능하다는 점에서 의의가 있다⁽²¹⁾.

또한 항공우주 기술은 연구개발과 기술 혁신을 통해 생산성과 경쟁력을 높이는 국가 핵심 산업이다. 특히 항공용 가스터빈은 신소재, 정밀기계, 첨단 제조공정 등 다양한 분야로 확산될 가능성이 높아 고부가가치를 지닌다⁽²²⁾. 특히 국산 첨단엔진은 KF-21, T-50 등의 군용 전투기와 같은 고부가가치 기술의 자립화를 실현하며, 국가 안보와 국제 경쟁력 확보의 측면에서 개발의 중요성 또한 대두되고 있다. 따라서 항공우주산업의 단계적 성장을 도모하기 위한 파생 효과와 수혜산업에 관한 사전 연구가 필요한 시점이다^(23,24).

따라서 본 논문에서는 특히 가스터빈 중에서도 가장 부가가치가 높은 항공용 가스터빈을 중심으로 개발에 따른 기술적·산업적 역할과 파급효과를 살펴보고자 한다. 특히 첨단 항공

엔진 개발로 인해 직접적인 기술파급효과 발생이 예상되는 항공우주산업과 가스터빈 산업, 그리고 간접적인 파급이 이뤄질 것으로 예상되는 관련 산업 등 3가지의 파급 대상 산업으로 나누어 정량적인 기술파급효과를 측정해 보려고 한다.

본 연구에서는 KF-21을 비롯해 여러 무기체계 개발의 기술파급효과 분석에 활용된 전적이 있는 기술파급계수 모형⁽²⁵⁻²⁷⁾을 토대로 연구모형을 구성하여 기술파급효과를 정량적으로 도출하고자 한다. 이를 위해 문헌연구 및 전문가 자문을 통한 첨단 항공엔진의 핵심 구성 기술의 정의, 전문가 집단을 대상으로 한 기술파급계수 측정을 위한 설문지를 시행하였다. 본 연구를 통해 첨단 항공엔진 개발에 따른 항공우주산업, 가스터빈 산업, 관련 산업에 대한 기술파급효과를 금전적 가치로 환산함으로써 구체적인 기대효과를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 관련 기술의 상호 교류 및 향후 기술개발의 마스터 플랜 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 문헌연구

2.1 가스터빈의 정의 및 산업 동향

가스터빈은 에너지 및 운송 산업에서 핵심적인 역할을 수행하는 열기관이다. 압축된 공기와 연료를 연소시켜 발생하는 고온·고압의 가스를 이용해 터빈을 회전시켜 운동에너지를 생성한다⁽²⁸⁾. 이러한 에너지 변환 과정은 높은 효율성과 안정성을 제공하며, 항공, 발전, 선박, 기계 구동 등 다양한 분야에서 사용되고 있다⁽²⁹⁾. 가스터빈은 팬(fan), 저/고압 압축기(compressor), 연소기(burner), 저/고압 터빈(turbine), 저/고압 축(spool shaft), 배기(exhaust) 등으로 구성된다^(30,31).

2023년 기준 전 세계 가스터빈 시장 규모는 약 239.6억~281.4억 달러로 평가되며, 2032년까지 전체 시장의 CAGR은 4.66% 수준으로 전망된다⁽¹⁾. 아시아 시장의 CAGR은 2032년까지 최대 8.4%인 것으로 나타났으며, 시장의 규모는 6억 7천만 달러 수준을 웃돌았다⁽³⁾. 국내 가스터빈 시장은 2023년 기준 약 1조 3천억 원에서 1조 6천억 원 정도로 추정된다.

2017년부터 2022년까지 우리나라는 총 100.3억 달러의 가스터빈 관련 제품을 수입한 반면, 수출은 34.7억 달러에 머물러 있어 해외 의존도가 높은 현실을 보여준다^(30,32).

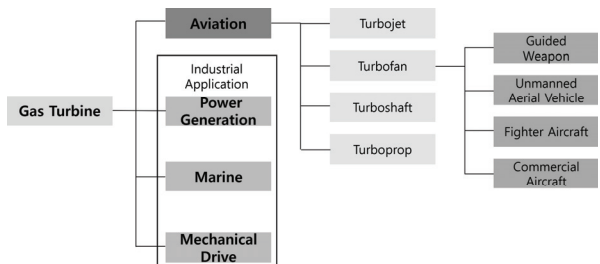


Fig. 1 Gas turbine classification

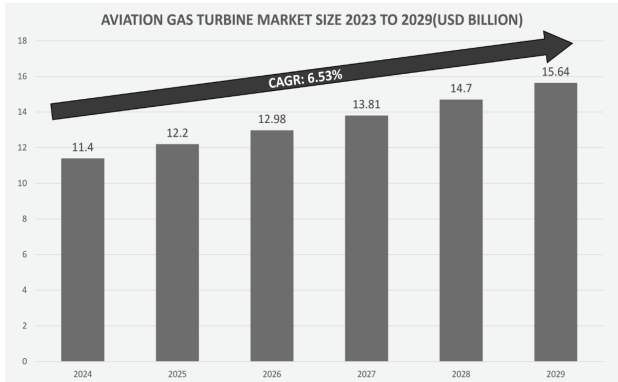


Fig. 2 Aviation gas turbine market size (2024~2039)

가스터빈은 용도에 따라 항공용, 발전용, 선박용, 기계구동용으로 분류된다⁽³³⁾. 이때, 항공용 가스터빈은 Fig. 1처럼 터보제트, 터보팬, 터보샤프트, 터보프롭의 4가지 범주로 나눌 수 있다⁽²⁹⁾. 이중 항공기 가스터빈에서 핵심 엔진으로 분류되는 터보팬의 경우 유도무기용, 무인기용, 전투기용, 민항기용의 4가지로 구분하여 개발 중이다^(19,34).

Fig. 2와 같이 2025년 기준 전 세계 항공용 가스터빈 시장 규모는 약 114억 달러로 예상되며, CAGR은 약 6.53%로 전망된다. 항공용 가스터빈 시장의 성장은 항공 여행 수요의 증가, 친환경 항공 기술의 도입, 첨단 소재와 디지털 기술의 발전, 유지보수·수리·정비 서비스 확대 등이 주요한 요인으로 분석되었다⁽³⁵⁾. 이와 같은 성장 추세는 2029년까지 항공용 가스터빈 시장 규모를 약 156억 달러로 확장시킬 것으로 예상된다.

국내 가스터빈 시장 점유율의 경우 항공용이 약 22%이며, 발전용 53%, 선박용 15%, 기계구동용 10%로 분석된다^(1,2). 가장 점유율이 높은 발전용 가스터빈은 대규모 전력 생산을 위해 설계되어 장기적 안정성과 대용량 출력이 요구되는 반면⁽³⁶⁾, 두 번째로 높은 항공용 가스터빈은 극한의 조건에서도 안정적으로 작동해야 하며, 경량화와 효율성을 동시에 충족해야 하는 등 기술적 난이도와 진입 장벽이 매우 높은 분야로 평가된다⁽³⁷⁾.

실제로 발전용 가스터빈은 두산에너지빌리티의 270MW급 엔진 국산화와 같은 성공 사례를 통해 점진적인 성과를 보이고 있으나⁽³⁸⁾, 항공용 가스터빈의 경우 여전히 미국 GE사의 면허생산 방식에 의존하는 등 기술 자립도가 낮은 상태이다.

항공용 가스터빈은 정밀 제조 기술, 초내열 합금 소재, 그리고 경량화 설계 등 고난도의 기술 요구사항을 충족해야 하므로, 개발의 난이도가 매우 크다⁽³⁹⁾. 그럼에도 불구하고, 국산화가 이루어질 경우, 방산 경쟁력 강화뿐만 아니라 신소재, 정밀 제조, ICT 등 관련 산업으로의 기술파급을 통해 국내 산업 생태계 전반에 변화를 불러올 수 있다. 이러한 점에서 국산 항공용 가스터빈 개발은 국가 기술 자립과 경제적 기여를 위한 필수 과제이다.

2.2 국산 첨단 항공엔진 개발 개요

대한민국은 T-50 및 FA-50, KT-1, 수리온 헬리콥터, KF-21 보라매 전투기 등 다양한 항공기를 완제품으로 생산할 수 있는 기술력을 보유하고 있다⁽⁴⁰⁾. 그러나 T-50 및 FA-50에 장착되는 GE사의 F404엔진과 KF-21에 탑재되는 F414엔진은 한화에어로스페이스가 면허생산 중이며⁽⁴¹⁾, 이러한 방식은 기술 자립의 한계를 보여준다. 즉, 엔진 정비와 일부 부품 국산화는 이루어지고 있지만, 첨단엔진의 독자 개발에는 여전히 기술적·경제적 난관이 존재한다. 이에 국산 항공용 가스터빈 개발은 이러한 면허생산 의존도를 탈피하고, 가스터빈 엔진 국산화를 통해 우리나라의 항공기 독자 개발 완성과 방산 수출 확대를 위한 핵심 과제로 인식되고 있다. 대한민국 정부에서도 ‘첨단 항공 가스터빈 엔진 및 부품’을 12대 국가전략기술에 포함하는 등 항공용 가스터빈 엔진 기술개발의 중요성을 인식하였다⁽⁴²⁾. 또한, Table 1과 같이 국방부는 2023년 4월 ‘2023~2037 국방과학기술 혁신 기본 계획’을 통해 10대 분야, 30개 국방전략기술에 ‘첨단엔진’을 포함하였다.

Table 1 Basic plan for defense science and technology innovation(2023 to 2037)

10 Major Fields	30 Technologies
Artificial Intelligence	Intelligent Battlefield Awareness and Judgment, Intelligent Integrated Command Decision-making, Smart Power Support, National Defense AI Platform
Manned and Unmanned Systems	Manned-Unmanned Collaboration, Autonomous Mission Execution, Next-Generation Warrior Platform
Quantum Technology	Quantum Cryptography Communication, Quantum Sensors
Space	Space-Based Surveillance and Reconnaissance, Ultra-Precision Satellite Navigation, Space Domain Awareness, Space Vehicles
Energy	Directed Energy, Next-Generation Power Sources
Advanced Materials	High-Performance Semiconductor, Electronic Materials, Extreme Environment Structural Materials, Special Functional Materials
Cyber and Networks	Hyper-Connected Networks, Cyber Warfare Countermeasures, Metaverse Training
Sensors and Electromagnetic Systems	Next-Generation Sensors, Sensor Fusion, Electromagnetic Countermeasures
Propulsion	Advanced Engines, Hypersonic Propulsion, Underwater Propulsion
WMD (Weapons of Mass Destruction) Response	Missile Defense, High-Power Precision Strikes, Intelligent CBR (Chemical, Biological, Radiological) Defense

국산 첨단엔진은 15,000~18,000lbf급의 항공용 저 바이패스 터보팬 엔진을 의미한다⁽⁴⁹⁾. 국산 첨단엔진 개발은 고출력, 고효율, 경량화를 기반으로 한 5단계(기초 기술연구, 개념설계, 시제품 제작, 시험 및 평가, 양산 준비)로 진행된다. GE사의 F414엔진과 유사한 성능을 목표로 한국항공우주연구원, 국방과학연구소, 한화에어로스페이스, 두산에너지빌리티 및 민간 기업이 공동으로 연구 중이다. 향후 10년간 약 3.5조 원의 예산을 투입할 예정이며, 과학기술정보통신부는 향후 10년간 해당 프로젝트에 1조 원 이상의 추가 개발비를 투자하여 민간 기업과의 기술 이전 및 공동 개발을 통해 국산 엔진 기술의 자립도를 강화할 계획이다. 독자적 항공엔진 개발은 단순한 기술 자립을 넘어, 미래 전장의 항공 무기체계 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 기대된다.

2.3 국산 첨단엔진 경제성 평가 방식의 고찰

2.3.1 산업연관분석

김봉균은 기존의 분석 기법만으로는 항공우주기술이 일으키는 경제적 및 산업적 영향을 충분히 평가하기 어렵다는 점을 지적하였다⁽⁴³⁾. 이를 개선하기 위하여 연구에서는 특허 인용도 분석법과 산업연관분석법을 병행하여 정량적 평가를 시도하였으며, 35개의 핵심 항공우주기술을 선정하여 이들의 특허 인용 현황과 산업연관표를 분석함으로써 민간 부문에 미치는 영향을 보다 정밀하게 산출하였다. 이를 통해 전문가 의견에 주로 의존하던 기존 방법론에 비해 파급기술의 이전 경로와 항공기술 기여도의 객관적 평가가 가능하게 되었다. 또한, 항공산업 내의 자체 파급효과와 기타 부가 산업으로의 기술파급효과를 구분하여 전체 파급효과를 산출한 결과, 기술파급효과의 규모가 자체 파급효과보다 큰 것으로 확인되었다.

그러나 산업연관표 분석 과정에서 생산유발계수를 활용하여 생산유발액을 산출하는 과정에서는 몇 가지 문제점이 드러났다. 우선, 생산유발효과와 중복되는 측면이 있어 기술파급효과의 규모를 과도하게 산정할 가능성이 존재하며, 결과 추정 시 모든 투입이 산출로 전환된다는 가정은 현실과 부합하지 않을 수 있음을 간과한 점은 한계로 지적된다.

2.3.2 특허이용분석

정하교는 특허가 과학기술 활동의 산물일 뿐만 아니라, 연구개발 과정에서 중요한 지적 투입 요소로 작용할 수 있음을 근거로, 특허정보가 기술 혁신의 정도를 평가하는 지표로서 유의미한 관심을 받을 만하다고 주장하였다⁽⁴⁴⁾. 이와 같은 주장을 기반으로 연구에서는 항공산업이 타 산업에 미치는 기술지식의 파급구조를 분석함으로써 항공산업의 전략적 중요성을 평가하고, 기술경쟁력 분석을 위한 지수를 개발하여 우리나라 항공산업이 향후 세계 시장에서 경쟁력을

확보할 수 있는 선택 및 집중 분야를 도출하고자 하였다. 구체적으로는, 항공기 개발 과정에서 타 산업으로 전파되는 기술지식의 흐름을 분석하고, 이를 기반으로 산업을 분류하며 구조적 틈새를 진단하여 향후 중점적으로 발전시킬 분야를 제시하였다. 아울러, 항공산업 발전의 기초를 이루는 기반산업을 조립금속, 일반기계, 정밀기기, 부품소재, 통신기기, 컴퓨터, 반도체·전자부품, 가전산업으로 체계적인 분류 및 분석하고, 특허의 양적 및 질적 평가를 종합하여 국내 항공산업의 기술경쟁력 지수를 산출하였다.

그러나 이 연구는 특허출원 및 등록에서 제외되는 기술에 대한 파급효과를 추정하기 어려우며, 주로 미국 특허 데이터를 활용함으로써 우리나라의 특수한 산업 환경에 부합하는 결과를 도출하는 데 한계가 있음이 지적된다.

2.3.3 파급효과 승수법

Elliason은 항공산업의 기술지식이 타 산업에 미치는 파급구조를 분석함으로써, 항공산업에서도 특히 전투기 개발이 전략적 측면에서 얼마나 중요한 역할을 하는지를 규명하였다⁽⁴⁵⁾. 이 연구에서는 이러한 분석 결과를 토대로 기술경쟁력을 평가하기 위한 지표를 개발하였으며, 이를 바탕으로 각 국가의 항공산업이 세계 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해 집중해야 할 분야를 도출하였다. 특히, 스웨덴의 JAS39 그리펜 전투기 개발 사례를 통해 최첨단 제품 생산이 야기하는 긍정적 외부효과와 산업 전반에 미치는 파급효과를 거시경제적 차원에서 분석함으로써, 전투기 개발 프로젝트가 한 국가의 경제 전체에 미치는 영향을 정량적으로 평가한 점에서 의의를 지닌다. 더불어, 본 연구는 전투기를 ‘기술대학교’로 간주하여 다양한 측면에서의 파급효과를 포괄적으로 고찰하였다.

그러나 이 연구는 기술파급효과의 규모를 단순화된 파급승수 모델로 산출함으로써, 개별 기술의 파급규모, 파급 형태 및 경로에 대한 구체적 경제 분석이 미흡하다는 한계를 내포하고 있다.

3. 방법론

본 연구는 국산 첨단 항공엔진 개발의 기술파급효과를 측정하여 금전적 가치로 나타내고자 하는 연구이다. 이를 위해 문헌연구에 따라 기술파급계수 모형^(25,26,27)을 활용하여 첨단 항공엔진의 국내 개발에 따른 가스터빈 산업에 대한 기술파급효과를 측정하였다. 기술파급계수 모형은 KF-X(KF-21) 개발의 기술파급효과 측정에 활용된 이후 각종 국방기술개발에 따른 기술파급효과를 경제적 가치로 나타내는 데 널리 활용되고 있다. 구체적으로 무기체계 개발 과정에서 습득된 기술이 다른 분야의 기술로 파급되어 어느 정도의 경제적 가치를 유발하는지를 측정할 수 있는 거의 유일한 연구모형이다.

기술과급계수는 해당 분야 전문가를 통한 설문을 통해 측정하였으며, 시장자료 등 2차 자료는 신뢰할 만한 기관자료를 인용하였다. 전문가 설문조사란 조사의 주제에 관하여 상당한 지식을 가진 사람들을 대상으로 하는 조사이며⁽⁴⁶⁾ 본 연구에서는 가스터빈 및 항공용 가스터빈에 관련 전문가로 교수, 산업계 전문가, 연구소 및 학회, 정부 및 기관 등을 능력이 표본추출법(snowball sampling)으로 선정하였다.

3.1 기술과급계수(TCC) 모형

기술과급계수(TCC: technology contribution coefficient, 이하 TCC) 모형은 항공기와 같은 첨단제품의 개발 과정에서 획득한 기술이 다른 분야의 기술로 얼마나 과급되는지를 기술적 유사도(ST: similarities of technologies)와 기술적 공헌도(CT: contribution of technologies)의 곱으로 측정한다. 이를 잠재적인 과급대상 산업의 시장규모에 적용하여 예상되는 기술과급효과를 금전적 가치로 나타낸 개념이다⁽²⁶⁾. 앞서 살펴본 기존 기술과급 방법들과 가장 차별화되는 점은 기술과급계수 모형의 경우 기술대기술(T2T)의 과급효과를 측정하는 방법론이라는 점이다. 기술과급계수는 기술적 유사도(ST)와 기술적 공헌도(CT)의 곱으로 구성되는데, 앞서 살펴본 선행연구에 따르면 항공우주 분야 개발기술과 타 분야의 기술적 유사도가 높을수록 기술과급이 촉진되어 더욱 많은 기술과급효과가 산출된다고 한다. 기술적 공헌도는 과급되는 분야의 기술 또는 제품개발에 전투기 개발 기술이 실질적으로 얼마나 공헌하는지를 계량적으로 나타낸 수치이다.

국가가 연구개발비를 지원하는 과제의 성과물로 창출된 기술이 다른 분야로 이전되거나 기술사업화되어 수익이 창출된 경우, 이와 관련된 기술의 과급효과를 구체적으로 측정할 수 있는 방법론이 존재하지 않았는데, 기술과급계수 모형을 통해 기술과급효과를 계량적으로 측정할 수 있을 뿐만

아니라, 개발기술의 구체적인 과급효과를 정교하게 측정할 수 있다. 기술과급계수 모형의 구체적인 계산식은 Fig. 3과 같다.

기술가치평가계수(RR: royalty rate)는 특정 기술을 타 기관에 이전하거나 사업화했을 때 반대급부로 받을 수 있는 기술 사용료의 개념⁽²⁷⁾이며 국방기술연구 개발과제의 경우 통상 매출액의 5% 정도를 징수하는 것이 일반적이다. 이는 기술료 징수 및 관리에 관한 통합요령 등의 규정으로 제도화되어 있다. 한편, 통상적으로 민간 기관 간 기술 사용료는 매출액의 20% 이상이 많은 것으로 알려져 있다.

아울러 개발기술의 과급지속기간(t) 역시 기술료 징수와 관련이 있는데, 국가연구개발사업으로 개발된 기술이 타 기관으로 이전되거나 기술사업화로 인해 수익이 발생하는 경우 두 가지 방법으로 기술 사용료를 징수할 수 있다. 첫째, 국가연구개발사업이 타기관으로 직접 이전되는 경우, 이를 직접실시라 하고 과제종료 시점으로부터 최장 7년간 기술 사용료를 징수할 수 있다. 따라서 직접실시의 경우 과급되는 기술의 수명은 7년으로 간주할 수 있다. 둘째, 국가연구개발사업으로 개발된 기술을 이용하여 사업화 수익을 창출하는 경우를 제3자 실시라고 하고, 매출액이 발생하는 시점으로부터 최장 5년간 기술 사용료를 징수할 수 있으며, 이 경우 기술을 이전하는 기관과 이전받는 기관 양자가 합의 하에 매출에 대한 기술 기여도를 따로 정할 수 있다. 제3자 실시의 경우 매출액이 발생하는 시점으로부터 최장 5년으로 과급되는 기술의 수명을 5년으로 볼 수 있다.

3.2 연구모형

본 연구에서는 첨단 항공엔진의 6대 핵심 기술이 항공우주산업, 가스터빈 산업, 관련 산업의 기술분야에 기술대기술(T2T)방식으로 과급되는 형태로 Fig. 4와 같은 연구모형을 구성하였다.

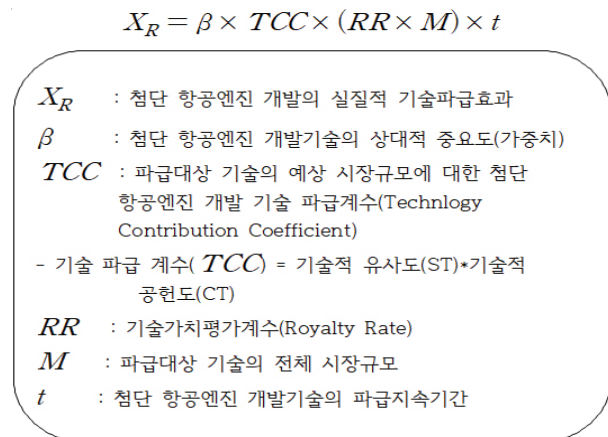


Fig. 3 Technology spillover coefficient model calculation formula

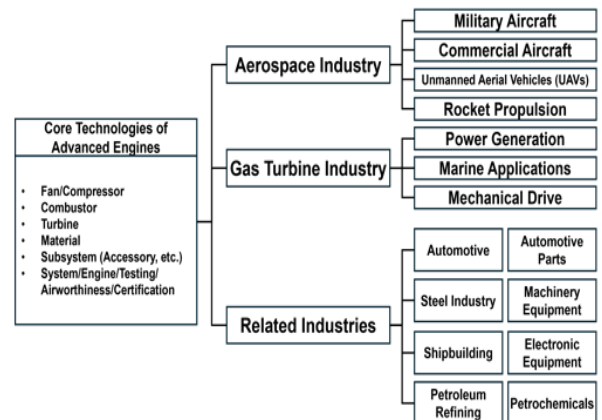


Fig. 4 Research model for technology spillover effects in the gas turbine sector

기술파급계수(TCC)와 구성기술별 가중치는 전문가 설문 을 통해 수집하였고, 이를 제외한 나머지 자료들은 객관적 인 2차 자료를 활용하였으며 기술가치평가계수의 경우 앞서 제시한 바와 같이 통상적인 국방개발기술의 경우 5%이지만, 민간분야에서의 활용도가 높거나 가치가 있는 기술이 있을 수 있으므로 20%를 적용한 경우도 산출하였다. 아울러 기술 파급계수 모형에서 가정한 기술가치평가계수를 고려하지 않고 순수하게 기대할 수 있는 기술파급효과의 금액도 함께 산정하였다.

또한 관련 산업으로의 파급효과의 경우 항공엔진과 같은 항공우주산업 제품이 다른 민간 산업으로 이전되는 경우 전체 시장 규모의 1%⁽⁴⁷⁾ 내지 최대 2.9%를 차지할 수 있다는 기존 연구결과⁽⁴⁸⁾에 의거 관련 산업에 대한 파급효과를 파급 대상 시장의 1%인 경우와 2.9%인 경우 두 가지로 산출했다.

4. 결 과

4.1 전문가 설문조사

전문가 설문조사는 최소 10명 이상의 전문가를 대상으로 하는 것을 권장한다. 일반적인 범위는 2~100명이나, 표본 크기보다는 연구의 명확성과 참여 전문가의 전문성과 일관 성에 달려있다⁽⁴⁹⁾.

본 연구에서는 첨단 항공엔진 개발에 따른 가스터빈 분야 에 대한 기술파급효과 측정을 위해 국내 가스터빈 분야의 권위 있는 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 구 체적으로 설문은 2024년 5월 25일에서 6월 2일까지 총 9일 간 진행되었으며 온라인 설문과 오프라인 설문을 병행하여 실시하였다. 온라인 설문과 오프라인 설문의 문항은 동일하 다. 전문가 설문에는 총 60명이 참여하였는데, 결측치로 인 하여 제외된 1명의 자료를 빼고 총 59부의 설문 자료가 분 석에 활용되었다.

전문가의 소속은 정부, 공기업이 1명, 대학 및 학계가 8 명, 연구소 및 협회가 12명, 산업계가 38명이었다. 가스터 빈 분야 세부 전문 분야를 살펴보면, 터빈 분야가 21명으로 가장 많았고, 연소기(15명), 시스템/엔진/시험/감항/인증 기 술(14명), 팬/압축기(11명), 소재(6명), 경영/정책(5명), 서 브시스템/보기류(3명), 성능/사이클(1명) 순으로 나타났다. 대부분의 참여 전문가가 기술전문가로 구성되어 있는데, 이 는 전문가에 대한 설문의 목적과 질문 내용이 앞서 설명한 기술파급계수(TCC) 도출을 위해 가스터빈 기술 요소에 대 한 유사도와 공헌도 등 기술적 측면에 대한 질문이기 때문 이다. 전문 분야의 경우, 복수 응답을 허용하여, 총합이 59 명을 초과한다. 직급은 수석급이 20명으로 가장 많았고, 책 임급(9명), 선임급(8명), 팀장급(7명), 임원급(5명), 교수(5 명), 조교수(3명), 과장급(2명)의 순이었다. 전문가의 근무

Table 2 Weight calculation result

Category	Weight
Fan/Compressor	10%
Combustor	15%
Turbine	15%
Material	20%
Subsystem (Accessory, etc.)	10%
System/Engine/Testing/Airworthiness/Certification	30%
Subtotal	100%

연수는 15년 이상이 30명으로 가장 많았고, 10년 이상~15 년 미만(16명), 5년 이상~10년 미만(7명), 5년 미만(6명) 순으로 나타났다.

4.2 가중치 산출 결과

Cale D. B.는 Turbine Engine and Turbine Engine Component Cost 보고서에서 터빈 엔진의 전체 비용을 구 성 요소별로 분석하였다⁽⁵⁰⁾. 그 결과, 압축기가 31.15%로 가 장 높은 비중을 차지했으며, 터빈(29.3%), 연료/공기/윤활/ 전기 시스템(27.6%), 연소기(6.58%), 보조 구동 장치(5.37%) 순으로 비용이 분포하는 것으로 나타났다. 또한, 한국과학 기술기획평가원⁽⁵¹⁾의 분석에 따르면, 엔진 개발 비용 중 개 발시험이 35%로 가장 높은 비중을 차지하며, 터빈 모듈 (25%), 연소기 모듈(15%), 압축기 모듈(10%), 제어 및 전기 시스템(7%), 시스템 통합(3%), 연료/윤활 시스템(2%) 순으 로 비용이 소요될 것으로 나타났다.

본 연구에서는 이러한 선행연구의 결과를 비롯하여 대한 민국의 기술 발전 상황 및 전문가 설문을 종합적으로 고려 하여, 첨단 항공엔진의 핵심 기술을 팬 압축기, 연소기, 터 빈, 소재, 서브시스템(보기류 등), 시스템/엔진/시험/감항/ 인증의 6가지로 압축하였고, 각 기술의 가중치를 총합 100% 로 설정하여 산출하였다. 이에 대한 분석 결과는 Table 2에 제시하였다.

4.3 기술파급효과 추정 결과

본 연구에서는 전문가 자문을 통해 첨단 항공엔진의 핵심 기술을 팬/압축기, 연소기, 터빈, 소재, 서브시스템(보기류 등), 시스템/엔진/시험/감항/인증의 6가지로 압축하였다. 이러한 구성 기술과 파급대상인 항공우주산업, 가스터빈 산 업, 관련 산업의 3개 분야에 대한 각각의 기술적 유사도(ST) 와 기술적 공헌도(CT)를 조사하여 기술파급계수(TCC)를 도 출한 뒤, 기술파급계수 모형에 따라 첨단 항공엔진 개발에 따른 기술파급효과를 Table 3과 같이 도출하였다. 첨단엔진

Table 3 Summary of technology spillover effects of core technologies in advanced aircraft engines

Unit: 100 Million KRW

Categories		Technology Spillover Effects (Technology Value Evaluation Coefficient 5%)	Technology Spillover Effects (Technology Value Evaluation Coefficient 20%)	Technology Spillover Effects (Excluding Technology Royalties)
Direct Effects	Aerospace Industry	6,386	25,544	127,719
	Gas Turbine Industry	2,383	9,530	47,650
Subtotal of Direct Effects		8,769	35,074	175,369
Indirect Effects	Related Industries (Market Size 1%)	3,985	15,942	79,708
	Related Industries (Market Size 2.9%)	11,558	46,230	231,152
Total Technology Spillover Effects (Market Size 1%)		12,754	51,016	255,077
Total Technology Spillover Effects (Market Size 2.9%)		20,327	81,304	406,521

개발의 기술파급효과는 기술파급계수(TCC)에 가중치를 곱한 값을 파급 대상 분야 기술의 시장가치와 곱한 뒤 지속 기간을 추가로 고려하여 계산하였다.

첨단 항공엔진의 개발로 인한 기술파급효과는 구체적인 기술료 수입이 있을 것으로 가정한 경우, 기술가치평가계수를 5%와 20% 두 가지의 경우로 나누어 계산하였다. 한편, 앞서 언급한 바와 같이 잠재적인 기술파급효과의 총합은 기술 사용료 수입을 특정하지 않은 경우로 구분하였다.

5. 결론 및 제언

5.1 기술파급효과 정리

국산 첨단 항공엔진 개발을 통한 기술파급효과는 항공우주산업 및 가스터빈 분야에 대한 직접효과와 관련 산업에 대한 간접효과로 구분할 수 있다. 기술파급가치평가계수 5%를 가정했을 때 항공우주산업에 대한 효과는 6,386억 원, 가스터빈 산업에 대한 효과는 2,383억 원으로 예상되었다. 간접효과인 관련 산업에 대한 효과의 경우 다시 시장규모 1%일 때 3,985억 원, 시장규모 2.9%일 때 1조 1,558억 원에 달할 것으로 나왔다.

기술파급가치평가계수 20%를 가정했을 경우에는 항공우주산업에 대한 파급효과 2조 5,544억 원, 가스터빈 산업에

대한 파급효과 9,530억 원에 이를 것으로 예상된다. 간접효과인 관련 산업에 대한 효과의 경우 위에서처럼 시장규모 1%일 경우 1조 5,942억 원, 시장규모 2.9%일 경우 4조 6,230억 원에 이를 것으로 예상된다.

마지막으로 첨단 항공엔진 개발을 통해 거둘 수 있는 기술파급효과의 최대치는 기술료 수입을 전혀 고려하지 않은 경우로 항공우주산업의 경우 12조 7,719억 원, 가스터빈 산업의 경우 4조 7,650억 원이며, 관련 산업의 경우에도 시장규모 1% 가정 시 7조 9,709억 원, 2.9% 가정 때 23조 1,152억 원에 달할 것으로 추정된다.

결과적으로, 시장규모를 1%로 가정하였을 때 직접효과와 간접효과를 합한 기술파급효과의 합계는 약 25조 5,077억 원으로 산정되었으며, 시장규모를 2.9%로 가정하였을 때 기술파급효과의 합계는 약 40조 6,521억 원으로 산정되었다.

5.2 기여점 및 한계점

국산 첨단 항공엔진 핵심 기술 개발을 통해 기술파급효과를 분석하여 직간접적인 기술파급효과를 정량화하는 것을 목적으로 연구를 수행하였다. 연구 내용을 통해 다음과 같은 기여점을 줄 수 있을 것이다.

첫째, 본 연구는 전문가 설문을 통해 기술파급계수를 도출하였다. 이는 향후 개발 수준과 시장 규모를 반영한 기술파급효과 수준을 지속적으로 갱신하여 도출할 수 있다는 장점이 존재한다. 기존의 선행연구들은 개별적인 파급효과 및 전체적인 파급효과를 금전적으로 나타내지 못하며, 분석마다 산업별로 개별적인 조사가 필요했다. 그러나 본 연구에서 활용한 기술파급효과 모형을 통하여 비교적 쉽게 새로운 시장 규모 측정이 가능해졌다. 단순 수치적 정량화를 넘어선 추가연구에서의 편의성 역시 향상되었다고 판단할 수 있다.

둘째, 국산 첨단 항공엔진 개발, 제작 및 판매에 따른 직접적인 매출 발생 외 부가적인 기술파급효과를 측정할 수 있다. 전술한 바와 같이 첨단 항공엔진 핵심 기술을 6가지로 정의하여 이들 기술과 가스터빈 산업 간 기술로 이전되는 기술대기술(T2T)의 직접적인 파급효과를 측정했다는 데 그 의미가 있다.

마지막으로, 국가연구개발사업 기술료 제도 매뉴얼에 근거한 기술가치평가계수를 적용하였다. 기술가치평가계수를 각 5%와 20%로 그리고 기술료 수입을 고려하지 않았을 경우로 3가지의 구분된 분석자료를 도출하였다. 이로써 더욱 객관적인 금전적 파급효과 측정이 가능해졌다고 판단할 수 있다.

이러한 기여점에도 불구하고, 본 연구는 파급 대상 산업의 잠재시장 규모 추산에 있어 서로 다른 자료원에 따른 결과를 활용하였다는 점에서 정보의 통일성과 정확성 측면에서 주의를 고려하는 것이 필요하다. 또한, 본 연구는 59명의 비교적 많은 전문가가 참여한 전문가 설문으로 시행되었지

만, 탐험적 연구라는 점에서 본 연구의 결과는 일반화의 한계가 있다는 점을 유의해야 한다.

후 기

본 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(UE232113JD).

References

- (1) Fortune Business Insights, 2025, "Industrial Gas Turbine Market Size, Share & Industry Analysis, By Capacity," Fortune Business Insights, available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/ko/gas-turbine-market-106255>.
- (2) Precedence Research, 2023, "Gas Turbine Market Size, Share and Trends 2024 to 2034," Precedence Research, available at: <https://www.precedenceresearch.com/gas-turbine-market>.
- (3) Global Market Insight, 2024, "Asia-Pacific Gas Turbine Service Market Size," Global Market Insight, available at: <https://www.gminsights.com/ko/industry-analysis/asia-pacific-gas-turbine-service-market>.
- (4) Yonhap News Agency, 2020, "Standardizing Korean Gas Turbines: Creating a 4-Trillion-Won Market by 2030," The Science Times, available at: <https://www.sciencetimes.co.kr/?p=214334>.
- (5) Song, J. H., 1997, "Trends in Gas Turbine Engine Development Technology," Science & Technology Policy, Vol. 7, No. 6, pp. 97-102.
- (6) Cho, Y. H., 2014, "Development and Promotion Strategy for Korean Gas Turbine," Journal of the KSME, Vol. 54, No. 8, pp. 32-36.
- (7) Editorial Team, 2023, "Special Member News: Korea South-East Power Hosts Technical Exchange with Partner Companies in Power Maintenance," Journal of the KSME, Vol. 63, No. 4, pp. 20-25.
- (8) Kim, K. S., Lee, S. W., Kim, S. W., and Lee, I., 2003, "Application of Foil Air Bearing to Small Gas Turbine Engine for UAV," Proceedings of the Korean Society of Propulsion Engineers Conference, pp. 261-266.
- (9) Kim, Y. C., Lee, D. H., and Sim, J. H., 2006, "Dynamic Design Technology Status of Gas Turbine Engine (GTE)," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 9, No. 5, pp. 60-63.
- (10) Park, I. S., Kim, J. H., and Min, S. G., 2017, "Development Trends in Health Management Technology for Aircraft Gas Turbine Engines," Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, Vol. 21, No. 5, pp. 108-120.
- (11) Shin, D. H., 2018, "Gas Turbine Market and Research Trends," Korea-EU-Research Centre.
- (12) Yoon, D. I., and Heo, H. I., 2009, "Technical Review on Propulsion Systems for Personal Air Vehicles," Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, Vol. 13, No. 6, pp. 56-63.
- (13) Kang, H. T., 1994, "Aircraft Engines: Focusing on Turbofan and Turbo Prop," Aerospace Industry, Vol. 22, pp. 60-62.
- (14) Lee, D. H., Kang, Y. S., Heo, J. S., Kang, J. S., Kim, C. T., Cha, B. J., and Yang, S. S., 2013, "Introduction to Aerodynamic and Cooling Design Technology for High-Pressure Turbines in Medium-Small Aircraft Turbofan Engines (III)," Proceedings of the Fluid Machinery R&D Conference, pp. 110-112.
- (15) Park, J. K., 2024, "Korean Government Invests \$5 Trillion in Domestic Fighter Jet Engine Development within a Decade," News Impact, available at: <http://newsimpact.co.kr/View.aspx?No=3079698>.
- (16) Jung, M. S., 2023, "National Strategic Technology Roadmap for Future Materials," Ministry of Science and ICT Convergence Technology Division.
- (17) Hanwha, 2024, "Localization of Advanced Aircraft Engines: Now the Heart of Fighter Jets is Made in Korea," Hanwha, available at: https://www.hanwha.co.kr/newsroom/media_center/news/article.do?seq=13371.
- (18) Byun, J. G., 2024, "Challenge for Independence in Aircraft Engines: Strengthening Aerial Power and Opening Fighter Jet Export Routes," Dong-A Ilbo, available at: <https://www.donga.com/news/Economy/article/all/20241129/130537432/2>.
- (19) Song, D. G., and Je, H. J., 2022, "Suggestions for Advanced Domestic Aircraft Engine Development," KRIT Issue Paper.
- (20) Kim, T. G., and Kwon, S. A., 2025, "Dynamic Future Challenge Defense Technology Project," Defense Acquisition Program Administration.
- (21) Kim, S. Y., Park, J. Y., and Yu, I. S., 2006, "Evolution and Development Trends of Gas Turbine Technology for Aviation Propulsion," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 9, No. 5, pp. 64-71.
- (22) Park, S. B., 2011, "Characteristics and Utilization Strategies of Technology Development Spillover Effects in the Aerospace Industry," Aviation Promotion, Vol. 1, No. 1, pp. 157-172.
- (23) Kim, J. H., 2025, "Development of Next-Generation Advanced Aircraft Engines: Challenges in Future Defense Technology," Yonhap News Agency, available at: <https://www.yna.co.kr/view/AKR2025012103580050>.
- (24) Lee, S. H., 2011, "Korea's Defense Industry Promotion Policy and Development Plans," The Korean Association Of International Studies, pp. 295-305.
- (25) Park, J. C., and No, T. W., 2016, "Spillover of

- Technological Development in Aircraft on Commercial Sector - A Case of KF-X -,” *Journal of Korean Aviation Management Society*, Vol. 14, No. 2, pp. 3-17.
- (26) Park, J. C., 2017, “A Study on the Technological Spillover Effects of Korea Fighter Experimental (KF-X) Development on the Aerospace Industry,” *Journal of Korean Aviation Management Society*, Vol. 15, No. 5, pp. 27-41.
- (27) Park, J. C., 2018, “A Quantitative Study on the Technological Spillover Effects of Defense R&D Projects: Focusing on the Technological Spillover Effects of KF-X Development on the Defense Industry,” *Regional Industry Research*, Vol. 41, No. 3, pp. 325-342.
- (28) Oh, J. S., and Yoon, Y. B., 2008, “Combustion Instability Phenomena in Gas Turbines,” *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, Vol. 12, No. 4, pp. 63-77.
- (29) Jo, J. S., 2007, “Gas Turbine Engines,” *Plant Journal*, Vol. 3, No. 1, pp. 21-34.
- (30) Hyun, J. W., Lee, S. G., Jin, H. J., and Park, J. H., 2020, “Domestic Gas Turbine Industry Localization Strategies Analyzed Through Supply Chain and Internal Capabilities,” *Energy Engineering*, Vol. 29, No. 1, pp. 13-24.
- (31) Kear, B. H., and Thompson, E. R., 1980, “Aircraft Gas Turbine Materials and Processes,” *Science*, Vol. 208, No. 4446, pp. 847-856.
- (32) Son, J. R., 2018, “Investigation and Analysis of Power Generation Gas Turbine Technology Levels and Domestic/ International Market Status (Summary),” *Korea Institute of Machinery & Materials*.
- (33) Oh, S. H., Kang, J., C., 2022, “Technical Committee Trend Report_TC192,” *Korea Energy Appliances Industry Association(KEAA)*.
- (34) Yoo, D. H., Kang, H. S., Choi, S. M., Myung, N. S., and Kim, W. C., 2012, “Conceptual Design of Exhaust Nozzle for Aircraft Turbofan Engine,” *Korean Society of Propulsion Engineers Conference*, pp. 158-162.
- (35) The Business Research Company, 2025, “Aviation Gas Turbine Global Market Report,” *The Business Research Company*, available at: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/aviation-gas-turbine-global-market-report>.
- (36) Son, J. R., Seo, J. M., Yoon, E. S., and Kim, D. S., 2016, “Development of Enhanced Technology Applicable to H-Class Gas Turbines for Power Generation,” *Korea Institute of Machinery and Materials*.
- (37) Lee, C. H., 2009, “Future Prospects for Aircraft Propulsion Systems,” *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, Vol. 13, No. 3, pp. 58-63.
- (38) Son, J. S., 2023, “Western Power Gimpo Combined Heat and Power Plant: Demonstration of Domestic Gas Turbine,” *Sanupin News*, available at: <https://www.sanupin-news.kr/news/curationView.html?idxno=5141>.
- (39) Jung, S. G., 2023, “Doosan Enerbility's ‘10-Year Masterpiece’: The Inspiring Story of Gas Turbine Localization,” *Financial News*, available at: <https://www.fnnews.com/news/202309151548424024?>
- (40) Kang, G. Y., 2023, “FLY Together,” *KAI*, Vol. 288, No. 12, pp. 5-33.
- (41) Hanwha Aerospace, 2025, “KF-21 First Mass-Production Engine Supply Contract Signed,” *Hanwha Aerospace*, available at: <https://www.hanwhaerospace.com/kor/media/newsroom/view.do?seq=409>.
- (42) Park, S. M., Kim, E. J., and No, M. J., 2024, “Strategy and Roadmap for Securing 12 National Strategic Technology Materials,” *Ministry of Science and ICT*.
- (43) Kim, B. G., 2007, A Study on Quantitative Measurement Methodology of Technology Spillover Effects: Focusing on the Aerospace Industry, *Korea Institute of Industrial Technology Foundation*, Vol. 6, No. 13.
- (44) Jung, H. G., 2008, Analysis of Technology Spillover Structure and Competitiveness in the Aerospace Industry Using Patent Information, Ph.D. Dissertation, Graduate School of Business Administration, Korea University.
- (45) Eliasson, G., 2010, *Advanced Public Procurement as Industrial Policy-Aircraft Industry as a Technical University*, Springer-Verlag.
- (46) Lee, H. S., and Yoon, H. J., 2021, *Marketing Research (5th Ed.)*, Jiphyunjae Publishing Company, Seoul.
- (47) Balazadeh Meresht, N., Moghadasi, S., Munshi, S., Shahbakhti, M., and McTaggart-Cowan, G., 2023, “Advances in Vehicle and Powertrain Efficiency of Long-Haul Commercial Vehicles: A Review,” *Energies*, Vol. 16, No. 6809.
- (48) Ardian, N., Suwondo, E., and Radjawane, C., 2023, “Evaluation and Analysis of Manhour Rate in Maintenance of Gas Turbine Engine for Industry,” *ITB Graduate School Conference*, Vol. 3, No. 1, pp. 176-184.
- (49) Melillo, P., and Pecchia, L., 2016, “What is the Appropriate Sample Size to Run Analytic Hierarchy Process in a Survey-Based Research,” *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, pp. 4-8.
- (50) Cale, D. B., 1968, *Turbine Engine and Turbine Engine Component Cost (USAAVLABS Technical Report No. 68-59)*, U.S. Army Aviation Materiel Laboratories, Fort Eustis, Virginia.
- (51) Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP), 2012, *Development Project for High-Efficiency Large Gas Turbines for Power Generation: 2011 Preliminary Feasibility Study Report*, December.