

항공부품제조 중소기업의 공정자동화에 대한 경제성 분석

김홍집¹, 오승환^{2*}

¹한국항공우주산업, ²경상국립대학교 기술경영학과

Economic Analysis of Process Automation of Small and Medium-sized Aircraft Parts Manufacturing Enterprises

Hongjiip Kim¹, Seunghwan Oh^{2*}

¹Korea Aerospace Industries, LTD.

²Department of Technology of Management, Gyeongsang National University

요약 항공부품산업은 제조공정 특성상 대형 정밀 수공업으로 분류되며 대규모 직접 생산인력 필요로 하나 항공부품산업 중소기업은 대부분 수도권 외 지리적 위치, 대기업 대비 낮은 임금, 복지 수준, 제조업 기피 현상 등으로 만성적인 인력난에 시달리고 있다. 이러한 문제 해결 방안 중 하나로 스마트공장 등과 같은 제조혁신을 통한 생산성 제고가 제시되고 있으나, 항공산업 중소기업들은 여전히 수작업에 치중한 공정을 유지함으로써 스마트공장 기초단계도 구축하지 못한 상황이다. 본 연구는 항공부품산업 중소기업 공정자동화에 따른 경제성을 실제 사례에 기반하여 살펴보고자 한다. 분석 방법론으로는 순현재가치법(NPV)과 비용-편익분석(B/C Ratio)를 통해서 경제적 타당성을 분석하였으며, 분석대상기업의 재무제표와 주가정보, 리스크프리미엄 등을 활용하여 객관적인 할인율을 산출, 적용하였다. 분석대상 공정으로 항공부품 생산 중 가장 불량률이 높은 드릴링 공정을 선정하였으며, 연구개발을 통해 공정자동화 설비를 구축하고 실제 현장에 적용하였다. 적용된 공정자동화 설비에 대한 경제성분석을 실시한 결과, NPV는 9천1백만원, B/C Ratio는 1.28로 나타나 공정자동화 도입에 따른 긍정적인 경제적 효과를 확인할 수 있었다. 요컨대 본 연구는 중소기업 공정자동화 경제성분석 절차를 확립하고 항공부품제조 중소기업에 대한 공정자동화 도입의 필요성을 객관적 자료를 통해 제시하였다는 점에서 학술적 의의를 갖는다.

Abstract The aircraft industry is classified as a large-scale, precision, hand-craft industry and requires many production personnel. However, many of the SMEs in the aircraft industry suffer from chronic manpower shortages because of their geographical locations outside metropolitan areas, lower wages and welfare levels than large companies, and general avoidance of jobs in the manufacturing industry. Productivity improvements achieved by manufacturing innovations, such as smart factories, have been proposed, but SMEs in the aircraft industry have not been able to establish a basic foundation for smart factories. This study examines the economic feasibility of process automation by SMEs based on actual cases. Economic feasibility was analyzed using the net present value method (NPV) and cost-benefit analysis (B/C Ratio), and objective discount rates were calculated and applied using financial statements, stock price information, and company risk premiums. Drilling was selected as the process for analysis because it has the highest defect rate among the processes used to produce aviation parts. Economic analysis of process automation showed an NPV of 91 million won and a B/C Ratio of 1.28, which confirmed the positive economic effect of introducing process automation. In summary, this study has academic significance as it establishes an economic analysis procedure for the process automation of SMEs and presents a case for introducing process automation in SMEs supplying the aircraft industry.

Keywords : Aircraft Parts Manufacturing, Process Automation, Economic Analysis, WACC, B/C Ratio

본 논문은 산업통상자원부 '융합기술사업화 확산형 전문인력 양성 사업'의 지원을 받아 수행되었음

*Corresponding Author : Seunghwan Oh(Gyeongsang National University)

email : ohsh@gnu.ac.kr

Received January 12, 2024

Revised February 21, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

항공부품산업은 제조공정 특성상 대형 정밀 수공업으로 분류되며 대규모 직접 생산인력 필요로 한다. 항공부품산업 중소기업은 대부분 수도권 외 지리적 위치, 대기업 대비 낮은 임금, 복지 수준, 제조업 기피 현상 등으로 만성적인 인력난에 시달리고 있다. 특히 2020년 3월 코로나19 팬데믹 이후 여행 수요 감소 등으로 항공민수사업 생산물량이 급감하였고 이에 따라 항공사업 중소기업들은 대규모 구조조정을 실시하였다. 2023년 6월 코로나 엔데믹 이후 항공민수사업 생산물량이 급격한 회복세를 보이며 납품 기준으로 2023년, 생산기준으로 2024년에 팬데믹 이전인 2019년 생산량을 회복할 것으로 예상된다[1]. 그러나 팬데믹 기간 중 구조조정으로 유실된 인력들의 재유입 실패와 재무건전성 악화로 신규인력 채용도 어려운 상황으로 인력난은 더욱 가중되었고 생산인력 부족으로 생산량 회복 속도를 따라가지 못해 매출 회복이 지연되고 있다. 2023년 상반기 기준 사업체에서 적극적인 구인에도 채용하지 못한 제조업 미충원은 45천명 수준으로 미충원율을 24%에 달한다[2]. 중소기업에서는 내국인 부족 인력을 외국인 인력으로 대체 고용하고 있으며 정부에서는 원사업자인 대기업과 협업으로 팬데믹 기간 중 인력 유실을 방지하기 위해 유급 훈련 지원사업을 실시하고 최근 내일채움공제, 청년내일채움공제와 같은 정책성 공제사업이 진행하고 있으나, 생산인구가 감소하고 있는 현 상황에서 지속가능하고 근본적인 해결책이 되기 어렵다.

그렇다면 이러한 문제의 근본적인 해결책은 무엇인지 생각해보아야 한다. 많은 전문가들은 문제 해결 방안 중 하나로 스마트공장 등과 같은 공정혁신을 통한 생산성 제고를 제시해왔다. 이를 위해 정부는 중소벤처기업부 주관으로 2014년부터 중소기업 스마트공장 구축을 지원해 왔지만 단순 물량확대에 치중해 활용률이 기대이하일 뿐만 아니라, 항공산업 중소기업들은 여전히 수작업에 치중한 공정을 유지함으로써 스마트공장 기초단계도 구축하지 못한 상황이다. 늦었지만 지금이라도 항공산업 중소기업들도 자동화 설비를 갖추고 생산정보를 디지털화하여 기초단계 스마트공장을 구축해 고도화로 가기 위한 기반을 다져야 한다.

이를 위해서는 항공산업 중소기업들이 공정자동화를 도입했을 시 어떠한 경제적 효과가 발생하는가를 살펴보는 것이 필요하다. 정부 혹은 지자체가 막대한 자금으로 공정자동화 사업을 지원한다고 하더라도 그 수요자인 중

소기업이 공정자동화에 적극적인 자세를 취하지 않는 한 실효효과 발생하기 어렵기 때문이다. 이러한 측면에서 본 연구는 정부, 지자체 등을 통해 이루어지고 있는 중소기업 스마트공장 지원사업의 경제적 타당성을 실제 사례에 기반하여 살펴보고자 한다. 앞서 언급한 바와 같이 중소기업 공정자동화는 기업 성장에 있어서 중요한 요인으로 언급되고 있지만, 실제 사례를 통해 경제적 효과를 살펴본 연구는 부족한 편이다.

본 연구에서는 대부분 수작업으로 이루어지고 있는 항공부품산업에 있어서 공정자동화가 갖는 경제성을 분석하였는데, 이는 많은 항공부품제조업 기업들이 당면하고 있는 인력난의 해결책으로서 공정자동화가 실질적인 역할을 할 수 있는가에 대한 중요한 논의이다. 즉, 공정자동화를 통해 얻어지는 긍정적인 경제적 효과를 제시함으로써 아직까지도 수작업이 선호되고 있는 항공산업 중소기업들에게 공정자동화에 대한 인식을 제고시키고자 한다. 이처럼 본 논문은 지금까지 일반적으로 언급되어온 중소기업 공정자동화의 필요성을 경제성 이론과 실제 사례에 기반하여 분석한다는 점에서 의의를 갖는다.

2. 선행연구

2.1 공정자동화 선행연구

스마트공장, 혹은 공정자동화에 대해서는 다양한 연구결과들이 존재한다. 박병순(2016)은 반도체 패키징 기판의 분류와 제작공정을 요약하여 스마트공장의 필요성을 설명했고, PCB 제조업체의 스마트공장 구현을 통한 생산성 및 품질 향상의 사례를 분석하였다[3]. 최민성(2018)은 항공기 제조 산업의 Job Shop 생산 방식에서의 문제점을 도출하고 도출된 문제점을 기준으로 스마트공장을 도입한 기업의 사례를 연구하여 Job Shop 생산의 항공기 제조 산업에서의 스마트공장 도입 로드맵을 작성하였다[4]. 채인기(2018)는 유압부품 관련한 다품종 소량을 생산하는 중소기업에서 스마트공장을 구축하기 위한 방법론을 제시했으며[5], 손미애 외(2007)는 유통 단계뿐만 아니라 제품의 이력 관리 및 품질 관리에 RFID의 적용 가능성을 타진하기 위해 제조 및 포장공정에 활용하는 방안을 제안하였다[6]. 오세남 외(2018)는 “다품종 소량 생산 체제 제조업의 구축과 리쇼어링(Re-shoring)의 안정화를 위해 스마트공장의 정의, 국제적 동향, 국내 제조사의 구축 사례를 소개하였다[7]. 나형배(2018)는 중소기업 스마트팩토리 구축을 위한 공정/설비 부분 방

법론에 대한 연구를 하였고[8], 소병업(2017)은 센서와 가상 공정설계를 활용한 스마트팩토리 구축에 관한 연구를 하였다[9]. 조지훈(2020)은 중소기업 스마트공장 도입을 위한 사전 진단체계 고도화 연구를 하였고[10], 신완선·조지훈(2019)은 스마트공장 도입 결과를 진단하여 향후 스마트공장 정책의 추진과 관련된 정책적 시사점을 제시하였다[11]. 박종식·강경식(2017)은 4차 산업혁명을 위한 스마트팩토리는 제조업에 ICT를 접목함으로써 제품 설계-BOM-생산-조달-물류-서비스에 이르는 모든 생산 활동을 통합 관리하는 솔루션을 제시하였다[12].

이처럼 스마트공장을 활용한 공정자동화 관련 선행연구들은 중소기업에 적합한 스마트공장 구축방식이나 고도화 관점의 연구들이 대부분이다. 즉, 기술적인 관점에서 스마트공정의 도입, 적용, 고도화에 대한 연구들이 주를 이루고 있다. 하지만, 중소기업이 공정자동화를 통해 어느 정도의 경제적 이익을 얻을 수 있는가에 대해서는 논의가 많이 이루어지지 않고 있다. 따라서 정부에서 지속적으로 추진하고 있는 중소기업 스마트제조 관련 사업이 실제 중소기업에게 어떠한 경제적 효과를 가져다주는가를 면밀하게 살펴보는 연구가 필요한 시점이다. 특히, 현재 정부에서 추진하고 있는 스마트공장 관련 사업들이 기초단계인 공정 도입에 집중되어 있는 만큼, 본 연구에서는 공정자동화 도입에 따른 경제적 효과를 살펴보고자 한다.

2.2 공정자동화 경제성분석 선행연구

본 연구에서 수행하고자 하는 공정자동화에 대한 경제성분석 관련 사례를 살펴보면 다음과 같다. 우선, 이수용 외(2023)는 5가지 청록수소 생산공정에 대한 단순화된 수소 생산비 계산방법을 채택하여 경제성을 비교 분석하여 최적의 공정 방식을 제시하였다[13]. 전동혁 외(2011)는 저등급석탄 고품위화 공정을 대상으로 순현재가치법(NPV: Net Present Value), 비용-편익 비율(B/C Ratio: Benefit-Cost Ratio), 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return), 할인투자회수기간을 분석하였는데, 그 결과 새로운 공정이 모든 투자기준을 만족한다고 언급하였다[14]. 이창용·박중훈(2021)은 CVP (Cost-Volume-Profit) 분석을 이용하여 전투기 외부도장면 제거 공정의 정미기법에 따른 비용을 비교·분석하여 신규 공정 도입 적기 판단의 근거를 제시하였고[15], 전국홍 외(2023)은 식음료분야 프랜차이즈 제조로봇 표준공정모델에 대한 총원가분석, Benefit 분석 통해 ROI 분석 결과를 도출하여 도입 적절성을 검증하였다[16].

이처럼 공정자동화에 따른 경제성분석 관련 선행연구들을 살펴보면 대부분 순현재가치분석이나 비용-편익 분석 등을 통해 이루어진 것을 확인할 수 있다. 순현재가치 분석이나 비용-편익 분석의 경우 경제성 분석에 있어서 가장 정형화된 방법론이라는 측면에서 방법론적인 이슈는 많지 않다. 다만, 순현재가치분석법이나 비용-편익 분석에서 사용되는 할인율에 대해 정확한 산출 방법을 적용하여 분석한 연구 사례는 적은 편이다. 이는 지금까지의 연구들이 경제성분석에 초점을 맞추었다기보다는 기술적 관점에서 연구가 이루어졌기 때문으로 보인다. 특히, 경제성분석에 있어서 중요한 부분인 할인율은 사회적 할인율(국가연구개발사업의 경우)이나 기업가치평가에서 활용되는 가중평균자본비용(민간 연구개발투자의 경우)을 적용하여야 하는데, 가중평균자본비용의 산출이 복잡하고 어려운 과정이기 때문에 이를 실제 사례에 적용한 연구는 많지 않다. 하지만 본 연구에서는 경제성분석에 있어서 정확한 할인율 산정을 위해 분석 대상 기업의 재무제표와 추가정보를 활용하여 가중평균자본비용을 측정하였다. 즉, 본 연구는 지금까지 기술적 관점에 초점이 맞춰져 있던 공정개발 경제성분석 연구에 경제성분석 이론을 심층적으로 적용함으로써 공정개발, 더 나아가서는 기술개발에 있어서 좀 더 객관적인 경제성분석 사례를 제시하고 있다는 점에서 기존 선행연구와 차별성을 갖는다.

3. 경제성분석 방법론

일반적으로 경제성분석을 위해 사용되는 정량적 분석 기법은 순현재가치(NPV: Net Present Value, 이하 NPV), 비용-편익 비율(B/C Ratio: Benefit-Cost Ratio, 이하 B/C Ratio), 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return, 이하 IRR) 등이 있다.

3.1 순현재가치(NPV)

손익분기점분석법과 유사한 방법으로 장기투자액과 그로 인한 편익을 현재가치로 할인한 값을 차감하는 방법으로 대안의 경제성을 비교하는 방법이며 계산식은 Eq. (1)과 같다[17].

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Where, B_t is the benefit at the time t , C_t is the cost at the time t , r is the discount rate and n is the analysis period

즉, 예상되는 미래의 비용과 편익을 적절한 비율로 할인하여 현재가치로 환산하여 차감한 값을 비교하는 방법이다. 판단기준은 투자된 자금보다 더 많은 수입을 올릴 수 있는지 여부, 채택가능성, 우선순위 등의 관점이다. 이 관점으로 투자의 경제적 타당성 여부를 결정하게 된다. 단일 대안 또는 두 가지 이상의 여러 대안이 비교되는 경우에 최선의 대안을 선정하기 위하여 사용된다. 이 방법의 한계점은 자금제약이 없는 경우에는 적절한 방법이지만, 사업의 규모가 커지게 되면 비교과정에서 재정 규모가 반영되기 때문에 사업 간의 비교가 곤란하다는 한계점과 사업의 능률성을 고려하지 않는다는 한계점이 있다.

3.2 편익-비용비율(B/C Ratio)

비용의 현재가치에 대한 편익의 현재가치의 비율로써 대안을 비교하는 방법이며, 자금제약이 있는 상황에서 순현재가치법(NPV) 대신 사용된다. 즉, 각 대안별로 편익비용비율(BCR)을 구하여 비교하며 Eq. (2)과 같다 [17].

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

Where, B_t is the benefit at the time t , C_t is the cost at the time t , r is the discount rate and n is the analysis period

경제적 타당성 판단기준은 내부수익률(R)이 최소요구 수익률(MARR)보다 같거나 높으면서 편익-비용 비율(B/C Ratio)이 1을 초과하는지 여부이며, 여러 대안 중 비용이 같으면 편익이 가장 큰 대안을 선택하고, 반대로 편익이 유사하다면 비용이 가장 적게 드는 대안을 선택한다.

경제적 타당성 판단기준은 편익비용비율이 1보다 크거나 같은지 여부이며, 복수의 상호 배타적인 대안일 경우에는 편익-비용비율이 높은 대안의 경제성이 높다. 이 방법은 사업의 규모를 반영하지 않기 때문에 규모가 서로 다른 대안 사이의 비교에 유용하게 활용할 수 있으나,

사업의 비용 단위당 편익이 얼마인가를 보여 주는 것이므로 소규모 사업이 상대적으로 높은 비용을 받기에 유리하다는 단점이 있다. 또한, 순현재가치법(NPV)은 순편익의 절대적 가치에 역점을 두는 반면 편익-비용비율은 능률성에 초점을 맞추어 평가한다.

편익-비용비율의 경우, 여러 대안이 존재하는 프로젝트에 대한 경제성분석 시 증분분석을 수행하여 가장 높은 편익비용비율을 갖는 대안을 선택하는 과정을 거친다. 다만, 본 연구의 경우 단일 프로젝트에 대한 경제성 분석이기 때문에 증분분석을 수행하지 않았다.

3.3 내부수익률(IRR)

내부수익률법은 할인율을 정하기가 곤란하거나 여러 개의 할인율이 존재할 경우에 유용하게 활용할 수 있는 방법이며, 순현재가치법의 특수한 형태라고 할 수 있다. 미래에 발생할 수 있는 비용과 편익을 모두 산출 후, 이들의 순현재가치가 0이 되도록 만드는 할인율을 계산하고, 이때 계산된 할인율을 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)이라 말한다. 내부수익률을 구하는 방식은 Eq. (3)과 같다[17].

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+R)^t} \quad (3)$$

Where, B_t is the benefit at the time t , C_t is the cost at the time t , r is the discount rate and n is the analysis period

내부수익률법의 경우에도 비용편익분석과 마찬가지로 여러 대안이 존재하는 프로젝트에 대한 경제성분석 시 증분분석을 수행하여 가장 높은 내부수익률을 갖는 대안을 선택하는 것이 일반적이다.

3.4 할인율(Discount Rate)의 측정

앞서 언급한 바와 같이 순현재가치분석, 비용-편익분석, 내부수익률 등의 적용에 있어서 중요한 부분이 바로 할인율의 측정이다. 이러한 할인율 산출에 있어서 가장 많이 활용되는 방법이 가중평균자본비용과 허들수익률(Hurdle Rate)이다. 가중평균자본비용은 기업가치평가나 기술가치평가에서 많이 활용되는 방법으로, 기업의 재무제표와 추가정보를 활용하여 프로젝트를 수행하고자 하는 개별 기업의 할인율을 산출하는 방식이다. 박서준·표희동(2018)은 비상장 기업의 가중평균자본비용 추정

함으로써 기업의 가치를 측정하였다[18].

허들수익률은 기준 수익률 또는 최소요구수익률(MARR; Minimum Acceptable Rate of Return)으로써 관리자나 투자자가 요구하는 프로젝트나 투자를 통한 최소 수익률을 의미한다. 기본적으로는 가중평균자본비용을 허들수익률로 사용하는 경우가 많으며, 가중평균자본비용에 리스크 프리미엄이나 물가, 금리 등을 적용하여 새로운 허들수익률을 산출하는 경우도 존재한다. 이상열(2010)은 기업들이 투자 검토 시 요구하는 최소한의 허들수익률은 통상 가중평균자본비용을 기준으로 산정하지만, 회사의 정책/전략 등에 따라 달라질 수 있으므로 가중평균자본비용과 허들수익률이 반드시 일치하지는 않는다고 하였다[19].

본 연구에서는 분석 대상 기업의 재무제표와 추가정보를 활용하여 가중평균자본비용을 산출한 후, 기업규모에 따른 리스크 프리미엄 등을 고려하여 좀 더 정확한 할인율을 측정하였다.

4. 분석결과

4.1 공정자동화 경제성분석 수행절차

일반적인 기술개발이나 공정개발에 따른 경제성분석 수행절차는 (i) 기술개발 및 공정개발 대상 선정, (ii) 기술개발 및 공정개발 결과물 도출, (iii) 분석방법론 선정, (iv) 비용 및 편익 추정, (v) 할인율 추정, (vi) 경제성분석 결과 도출로 이루어진다. 본 연구에서는 공정자동화에 따른 경제성분석을 수행하였는데, 그 수행 절차를 살펴보면 아래 그림과 같이 도식화할 수 있다.

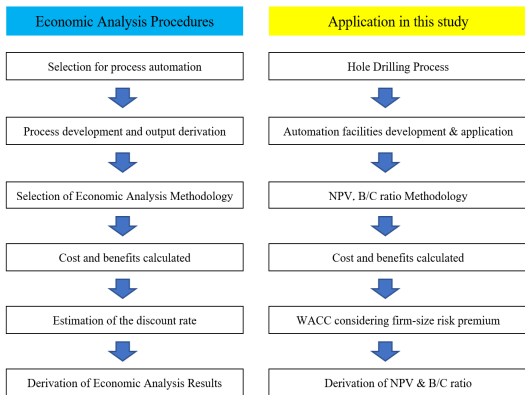


Fig. 1. Analysis Procedure

4.2 공정자동화 대상 선정

분석 대상으로는 항공부품 중소기업인 M사의 부품 조립공정을 선정하였는데, 이는 M사 매출 중 가장 큰 비중을 차지하는 제품군이다.

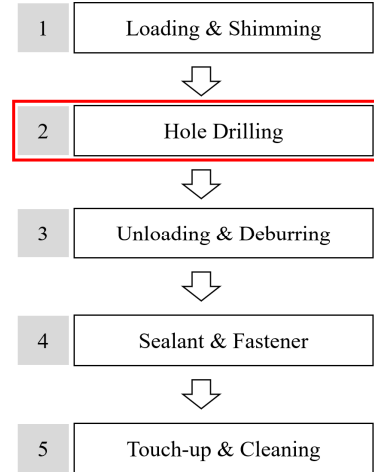


Fig. 2. Process Flow

항공기 부품 조립공정의 일반적인 공정흐름은 Fig. 2과 같으며, 이 중 소요공수 및 불량발생 비중이 가장 큰 공정인 홀 가공(Drilling) 공정을 대상공정으로 선정하였다. M사의 불량유형 중 홀 가공 관련 불량은 mislocation (23%), elongation (13%), oversize (13%), extra hole (11%)로 전체 불량유형의 60%를 차지하고 있다. 대상품목은 대상사업 계약품목 114종 중 홀 개수가 50개 이상인 14종에 대해 1차 검토를 실시하였고, 장비 사이즈 및 홀 위치를 감안하여 4종을 최종 선정하였다.

4.3 공정자동화 도입 결과

수작업으로 이루어지는 드릴링은 소요공수 대비 숙련된 인력의 부족으로 리드타임이 증가하여 납기 준수에 문제가 발생한다. 또한 드릴링의 경우 고객마다 요구 사항의 차이가 있겠지만 일반적으로 요구하는 직각도는 Fig. 3와 같이 $90^{\circ} \pm 2^{\circ}$ 이다.

핸드 드릴링의 경우 작업자의 숙련도와 개인역량에 따라 홀 직각도에 차이가 발생할 수 있으며 그에 따라 Fig. 4과 같이 hole elongation, button gap, under counter sink 등 다양한 유형의 불량이 발생할 수 있다.

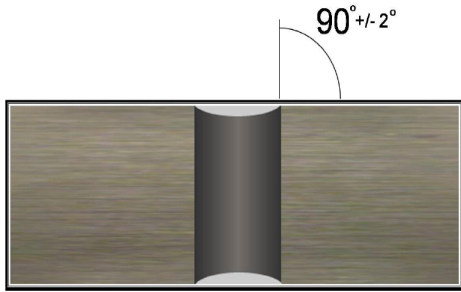


Fig. 3. General requirement right angle

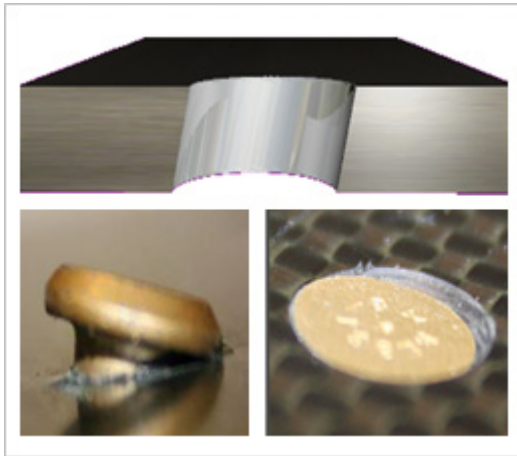


Fig. 4. Defective hole processing type

이러한 문제점의 해결을 위해 스마트공장 초기단계인 장비도입을 통한 공정자동화를 개선방안으로 도출하였다. M사는 원사업자인 K사로부터 시험 생산용 부품을 무상 지원받아 Fig. 5와 같이 NC 라우터를 사용하여 대상품목 4종에 대한 시험 생산을 완료하였으며 자동화 공정의 공수를 측정하였다. 이후 원사업자 지원을 통해 공정 변경 승인 및 개선 컨설팅 진행하였다.

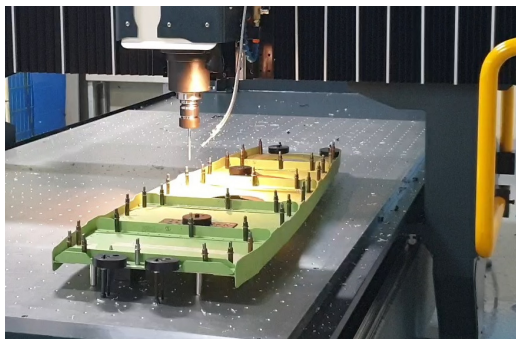


Fig. 5. NC Router

공정개발을 통한 최종 결과물은 Fig. 4와 같은데, 생산성 측면에서는 대당 공수가 18M/H에서 4M/H로 78% 절감하는 효과를 확인하였고, 장비를 사용한 야간 작업이 가능해짐에 따른 생산시간 증가로 주52시간 영향을 최소화하는 효과를 확인할 수 있었다. 또한, 절감된 인력을 타 공정으로 배치하여 효율적인 전환배치도 가능하게 되었다. 품질 및 안전 측면에서 작업자 오류에 의한 불량 발생 및 작업자 근골격계 질환 위험 요소를 제거할 수 있었고, 생산관리 측면에서는 수작업의 숙련도에 따른 생산성 차이를 제거하여 예측가능한 생산성으로 계획적인 생산관리가 가능하게 되었다.

이처럼 공정개발을 통해 기업 현장에서는 다양한 긍정적인 성과가 창출되었음을 확인하였으며, 이를 경제적 관점에서 분석해보고자 경제성분석을 수행하였다.

4.4 비용 및 편익 추정

4.4.1 비용 추정

NC 라우터 도입을 통한 드릴링 공정 자동화의 총비용은 장비 구입 및 초기 투자비용, 공정변경 승인 비용, 감가상각비, 유지관리비, 전력비용 등이 포함되며, 이러한 비용을 정리하면 아래 Table 1과 같다.

우선, 장비구입 및 초기 투자비용 산출을 위해 2022년 2차 스마트공장 구축 및 고도화 사업 협약 체결 시 제출한 정보화가치연구원 원가검증결과를 적용하였다. 구체적으로 살펴보면 NC라우터, 소프트웨어, 네트워크 구입비용, 치공구 제작비용, 기타 비용이 포함되어 있다.

Table 1. Measurement of total cost

(unit: KRW million)

Type		Cost value
Equipment Purchase and Initial Investment Costs	NC Router	73
	Software	30
	Network	1
	Tools	30
	ect	8
Process change approval cost		18
depreciation cost		134
maintenance costs		96
electricity cost		10
Total		399

본 공정개선과정은 원사업자인 K사가 발주자인 B사로부터 수주하여 공급사업자 M사로 제조위탁한 하도급 거래로 공정 변경시 발주자인 B사의 승인이 반드시 필요하다. 공정승인은 원사업자가 지원하는 사항으로 원사업

Table 2. Nominal value of total cost by year

(unit: KRW million)

Year	Equipment Purchase and Initial Investment Costs	Process change approval cost	depreciation cost	maintenance costs	electricity cost	total
0	141.6	18.2	-	-	-	159.9
1	-	-	13.4	-	0.5	13.9
2	-	-	13.4	10.7	0.8	24.8
3	-	-	13.4	10.7	0.9	24.9
4	-	-	13.4	10.7	1.0	25.1
5	-	-	13.4	10.7	1.1	25.1
6	-	-	13.4	10.7	1.1	25.1
7	-	-	13.4	10.7	1.1	25.2
8	-	-	13.4	10.7	1.1	25.1
9	-	-	13.4	10.7	1.1	25.1
10	-	-	13.4	10.7	1.1	25.2
Total	141.6	18.2	134.0	96.1	9.9	399.3

자의 소요 공수와 간접임플로 측정하였다.

감가상각비 산출에 있어서는 분석 대상 기업의 재무제표에 기반하여 초기 투입된 자본을 비용으로 회수하기 위하여 기타비용을 제외한 초기 투자비용을 10년간 정액상각하여 측정하였다.

유지관리비는 투입된 장비 및 치공구를 유지관리하기 위해 매년 투입하는 비용이며, 구입 후 1년 간은 무상하자 보수기간이므로 그 다음 해부터 적용한다. 기타비용을 제외한 초기투자비용의 8%로 설정하였으며, 이는 일반적으로 경제성분석에서 이용되고 있는 기준치이다.

전력비용 산출의 경우 NC 라우터 소비전력 19.8KW, 로딩 공수를 제외한 가공 공수 2.2hrs, 10년간 예상 생산대수 2,166대로 측정하였다. 2,166대라는 수치는 현재 분석대상기업이 실제 생산하고 있는 생산량을 기준으로 설정한 것이다.

이상의 내용을 바탕으로 산출한 연도별 총비용의 명목가치는 Table 2와 같다.

4.4.2 편익 추정

공정개발을 통한 편익은 공수절감에 따른 이윤증가, 작업자 오류에 의한 불량 감소 및 작업자 근골격계 질환 위험 요소 제거 등을 선정하였다.

이윤증가분은 602백만원으로 대당 이윤증가분과 향후 10년간 예상생산대수로 측정하였고, 대당 이윤증가분은 핸드드릴링 비용과 자동화공정 비용의 차이로 측정하였다. 비용은 각 공정의 소요공수와 공정별 계약임플로로 측정하였는데, 구체적인 산출방식은 아래와 같다.

(i) 이윤증가분(278천원) = 핸드드릴링 비용(391천원)

- 자동화공정 비용(113천원)

(ii) 핸드드릴링 비용 = 소요공수(18hrs) X 핸드드릴링 계약임플(21,800원/hr)

(iii) 자동화공정 비용 = 소요공수(4hrs) X NC 라우터 계약임플(28,250원/hr)

대당 이윤증가분은 278천원으로 공수는 78% 절감되었으나, 임플은 30% 인상되어 이윤이 71% 증가하는 것으로 측정되었고 연도별 총편익 측정값의 명목가치는 Table 3과 같다.

이윤증가분 이외에 편익인 작업자 오류에 의한 불량 감소 및 작업자 근골격계 질환 위험 요소 제거는 정량적인 효과를 산출하는 것이 어려워 편익 항목에서 제외하였다.

Table 3. Nominal value of total benefit by year

(unit: KRW million)

Year	No. of production	Profit
0	-	-
1	117	32.4
2	176	48.8
3	200	55.6
4	228	63.4
5	240	66.7
6	242	67.3
7	248	69.0
8	236	65.6
9	232	64.5
10	248	69.0
Total	2,166	602.3

4.5 할인율 산출

가중평균자본비용(WACC: Weighted Average Cost of Capital, 이하 WACC)은 미래현금흐름을 현재가치로 환산하는 데 사용되는 할인율(discount rate)이며 화폐의 시간가치(time value of money)를 나타낸다[20].

WACC는 자기자본비용과 타인자본비용으로 구성되고, 최종적으로 자기자본과 타인자본의 조달규모에 따른 가중치를 자기자본비용과 타인자본비용에 곱해서 계산하며, M사의 WACC를 계산한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. WACC

Type		Value	Calculation criteria
Cost of debt capital (after tax)	Ki	0.065	$K_d \times (1-t)$
Cost of debt capital (before tax)	Kd	0.065	$I/B + \text{Additional Risk Spread}$
interest cost	I	259 (million won)	interest cost of firm
Amount of debt	B	5,786 (million won)	Amount of debt of firm
corporate tax rate	t	-	corporate tax rate fo firm
cost of equity capital	Ke	0.068	$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \times \beta_i$
Beta coefficient	β_i	1.28	Beta coefficient of firm
Risk-free interest rate	Rf	2.046%	average yield on treasury bonds (3 years)
Average fluctuation rate of KOSDAQ index	$E(R_m)$	5.792%	Average fluctuation rate of KOSDAQ index
WACC	K0	0.066	$[S/(S+B)] \times K_e + [B/(S+B)] \times K_i$
equity capital	S	1,591 (million won)	equity capital of firm
debt capital	B	5,786 (million won)	debt capital of firm
total asset	S+B	7,377 (million won)	

4.5.1 타인자본비용

세전 타인자본비용은 기업이 부채를 사용하는 대가로 채권자에게 지급하는 비용이다. 따라서 부채금액 B 라고 하고 이자금액을 I 라고 하면 세전 타인자본비용은 Eq. (4)으로 산출되는 이자율 Kd 로 측정한다. M사의 지급 이자는 259백만원이고 부채금액은 5,786백만원이므로

세전 타인자본비용은 0.045이다.

$$K_d = I / B \tag{4}$$

Where, Kd denotes cost of debt, I denotes interest, B denotes debt

국내 중소기업의 경우 금융비용이 정책금리의 성격이 강하기 때문에 중소기업의 타인자본비용으로 이자율을 직접 적용하는 것은 적절하지 않으므로 비상장 중소기업인 M사의 타인자본비용은 신용등급과 수익률 간 회귀식을 적용하여 추정한 비상장 중소기업 추가위험 스프레드를 1.996%를 가산하여 산출하였다[21].

Table 5. Additional Risk Spread

firm size	Unlisted large-sized company (BBB+)	Unlisted mid-sized company (BBB0)	Unlisted small-sized company (BBB-)	Unlisted start-up company (BB+)
Additional Risk Spread	0.926	1.996	3.234	4.666

이자 는 비용으로 처리되기 때문에 과세대상이익을 작게 만들고 이에 따라서 법인세도 줄어든다. 이를 이자비용의 감세효과(interest tax shield effect)라고 한다. 법인세율을 t 라고 하면 이 효과를 감안한 세후 타인자본비용은 Eq. (5)으로 산출되는 Ki 가 된다. 그런데 M사는 법안세 면제로 감세효과가 발생하지 않아 세전 타인자본비용과 세후 타인자본비용이 같다.

$$K_i = K_d \times (1-t) \tag{5}$$

Where, Ki denotes after tax cost of debt, t denotes tax rate

4.5.2 자기자본비용

자기자본비용은 주식을 발행해서 자금을 조달하는 경우 자금을 제공한 투자자(주주)에게 자본사용대가로 지급하는 비용을 말하며 자본자산가격결정모형(CAPM: Capital Asset Pricing Model)을 통해 구할 수 있다. Eq. (6)과 같은 증권시장선(SML: Security Market Line)이 균형상태에서 개별주식에 대한 기대수익률을 나타내며 이 수익률이 자기자본비용 Ke 이다. Eq. (6)으로 표현한 증권시장선에서 체계적 위험을 나타내는 베타계수를 β_i 라 하고 시장포트폴리오(market portfolio)의

기대수익률을 E(Rm) 라고 하면 기대수익률 E(Ri) 은 무 위험수익률 Rf 과 위험프리미엄 $[E(Rm) - Rf] \times \beta_i$ 의 합으로 측정된다.

M사는 비상장사로 동종업계 코스닥 상장사인 H사의 자료를 활용하여 자기자본비용을 산정하였다. 베타계수 β_i 는 H사의 52주 베타계수를 적용하였고 무위험 수익률 Rf 은 3년 만기 국고채 이자율 12년 평균을 적용하였으며 시장포트폴리오(market portfolio)의 기대수익률은 코스닥지수 52주 평균 변동율을 적용하였다.

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \times \beta_i \quad (6)$$

Where, E(Ri) denotes expected return on security, E(Rm) denotes expected return on market portfolio, Rf denotes risk-free rate, β_i denotes systematic risk

4.5.3 가중평균자본비용(WACC)

이상의 타인자본비용과 자기자본비용을 통해 WACC 을 계산하는 구체적인 방법은 Eq. (7)와 같으며 S는 자본을 B는 부채를 S+B는 자산을 나타낸다.

$$K_0 = \frac{S}{S+B} \times K_e + \frac{B}{S+B} \times K_d \quad (7)$$

Where, K0 denotes WACC, Kd denotes cost of debt, Ke denotes cost of equity, S denotes equity, B denotes debt, S+B denotes Asset

계산 결과를 살펴보면 기업위험프리미엄을 고려한 WACC는 6.6%로 나타났으며, 본 연구에서는 이 값을 경제성분석을 위한 할인율도 활용하였다.

4.6 경제성분석 결과

일반적으로 경제성 분석을 위해 사용되는 정량적 분석 기법은 순현재가치(NPV), 비용-편익 비율(B/C Ratio), 내부수익률(IRR) 등이 있으나 본 연구에서는 NPV와 B/C Ratio 기법을 통하여 경제성 분석을 실시하였다.

공정자동화의 총비용과 총편익을 추정하고 WACC를 할인율로 적용하여 장비상각기간인 10년 간 미래가치(FV: Future Value 이하 FV)를 현재가치(PV: Present Value, 이하 PV)로 환산하였고 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Present value of costs and benefits by year (unit: KRW million)

Year	Value of Costs		Value of Benefits	
	Nominal	Present	Nominal	Present
0	159.9	159.9	-	-
1	13.9	13.0	32.4	30.4
2	24.8	21.9	48.4	43.0
3	24.9	20.6	55.6	46.0
4	25.1	19.4	63.4	49.2
5	25.1	18.3	66.7	48.6
6	25.1	17.2	67.3	46.0
7	25.2	16.1	69.0	44.2
8	25.1	15.1	65.6	39.5
9	25.1	14.2	64.5	36.4
10	25.2	13.3	69.0	36.5
Total	399.3	329.0	602.3	419.7

환산된 PV 기준 B/C Ratio와 NPV는 Table 6과 같다. B/C Ratio는 1.28로 1보다 큰 값이며 NPV는 91백만원으로 0보다 큰 값으로 두 경우 모두 경제적 타당성이 있다고 판단된다.

Table 6. Result of economic analysis (unit: KRW million)

Present value of costs	Present value of benefits	B/C Ratio	NPV
329	420	1.28	91

위의 경제성분석 결과에 대한 민감도 분석을 수행하기 위해 할인율을 변경한 두 가지 시나리오에 대한 추가 분석을 수행하였다. 기준 시나리오는 본 연구에서 직접 산출한 WACC 값을 할인율로 선정한 시나리오이다. 첫 번째 시나리오는 국가연구개발사업의 사회적 할인율인 4.5%를 설정하였는데, 그 이유는 본 공정개발이 국가연구개발사업의 지원을 통해 이루어졌기 때문이다. 두 번째 시나리오는 앞서 직접 산출한 WACC 값(6.6%)의 150%에 해당하는 할인율인 9.9%로 설정하였다.

각각의 시나리오에 대해서 경제성분석을 수행한 결과를 Table 7에 정리해놓았는데, 세 시나리오에 대해서 모두 NPV가 양수, 비용편익비율이 1이상으로 나타나 경제성을 확보한 것으로 분석되었다.

Table 7. Result of sensitivity analysis
(unit: KRW million)

Scenario	Present value of costs	Present value of benefits	B/C Ratio	NPV
Basic (6.6%)	329	420	1.28	91
Scenario 1 (4.5%)	347.5	467.1	1.34	119.6
Scenario 2 (9.9%)	304.3	355.6	1.17	51.3

각각의 시나리오에 대해서 경제성분석을 수행한 결과를 Table 7에 정리해놓았는데, 세 시나리오에 대해서 모두 NPV가 양수, 비용편익비율이 1이상으로 나타나 경제성을 확보한 것으로 분석되었다.

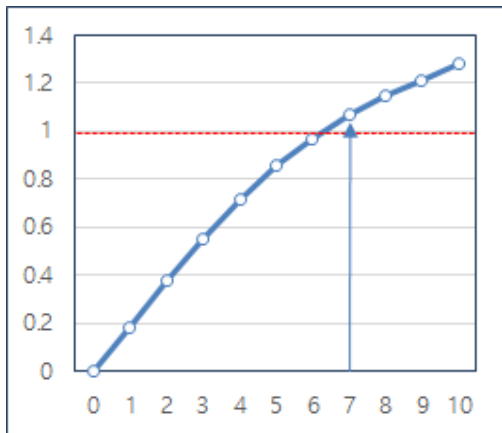


Fig. 6. Accumulated B/C Ratio by year

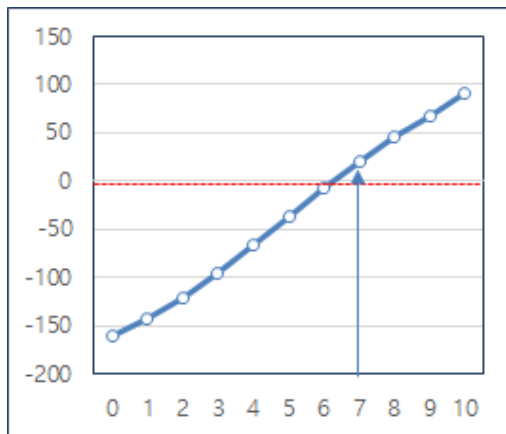


Fig. 7. Accumulated NPV by year

다음으로 연도별 누적 B/C Ratio와 NPV를 살펴봤는데, 그 결과는 Fig. 6, Fig. 7와 같다. B/C Ratio는 7년차에서 1.07로 1보다 커지고, NPV 또한 7년차에서 21백만원으로 (+)로 전환되어 7년차부터 편익이 비용을 초과하여 경제성이 발생한다고 판단할 수 있다.

본 분석에 있어서 대상 품목 4종에 대한 경제성을 분석하여 NC 라우터의 가동율이 10년간 평균 8.7%에 불과하기 때문에 편익을 보수적으로 계산하여 경제성분석 결과가 과소평가되었을 수 있다. 따라서 자동화 공정의 확대 적용으로 장비가동율이 증가한다면 그에 따른 편익의 증가로 경제성은 더 높아질 것으로 판단된다.

5. 결론

5.1 연구결과 및 시사점

본 연구는 아직까지 수작업에 의존하고 있는 항공부품 산업 중소기업의 공정자동화에 따른 경제적 효과를 분석하였다. 경제성분석 이론에 기반하여 분석 대상 기업의 가중평균자본비용(WACC) 6.6%를 할인율로 적용하여 계산한 비용의 현재가치는 329백만원, 편익의 현재가치는 420백만원으로 측정되었다. 최종적으로 B/C Ratio는 1.28로 1보다 큰 값이 나타났으며, NPV는 91백만원으로 0보다 큰 값으로 분석되어 본 공정자동화 사업의 경제적 타당성이 검증되었다.

본 연구를 통해 다음과 같은 시사점을 제시하고자 한다.

첫째, 중소기업 공정자동화는 초기 투자비용이 많이 소요되지만, 생산성 향상, 품질 개선, 인력난 해소 등 다양한 측면에서 경제적 효과를 창출할 수 있는 것으로 나타났다. 공정자동화의 초기투자비는 크지만, 장기적으로는 생산성 향상과 원가 절감으로 인해 투자비를 회수하고도 남을 만큼의 경제적 효과를 가져올 수 있다. 본 연구에서는 투자비 회수기간이 7년이었으나, 자동화공정 확대 적용시 회수기간을 크게 단축할 수 있을 것이다. 또한 공정자동화를 통한 인력 최소화와 효율적인 전환배치가 가능하여 인력난 해소에 도움이 될 것이다.

둘째, 본 연구는 중소기업 공정자동화에 따른 경제성 분석 절차에 대한 틀을 제시하였다. 지금까지의 공정자동화 관련 선행연구들은 기술적 관점에서 공정개선 방법을 제시한 연구들이 대부분이었으며, 경제성분석을 수행한 연구들의 경우에도 개별 기업의 정확한 할인율을 산출하여 분석을 수행한 경우가 드문 편이다. 본 연구는 개

별기업의 공정자동화 도입에 따른 경제성분석을 다양한 경제학적 이론에 기반하여 분석을 수행하였는데, 이러한 연구의 틀을 제시하였다는 점에서 그 의의를 갖는다고 볼 수 있다.

셋째, 중소기업 공정자동화의 경제성은 투자규모, 생산규모, 공정특성 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있다. 따라서 중소기업은 자사의 특성에 맞는 공정자동화 솔루션을 도입하는 것이 중요하며, 공정자동화 이후 경제성 분석을 통해 실질적인 비용절감, 부가가치 창출효과를 객관적으로 살펴볼 필요가 있다. 또한, 중소기업의 공정자동화에 대한 경제성 분석한 사례를 찾아보기 어려운 상황에서 향후 스마트 공장 기초단계를 구축하거나 고도화할 때 본 연구 사례를 활용하면 경제성 분석에 도움이 될 것으로 생각된다.

넷째, 정부의 공정자동화 지원정책이 중소기업의 생산성, 비용절감을 높이는 데 기여할 수 있는 것으로 나타났다. 본 사업에서 개발한 자동화공정 역시 정부 지원금을 통해 구축된 장비이기 때문이다. 따라서 정부는 중소기업의 공정자동화 투자비용 지원, 기술개발 지원, 인력양성 지원 등 다양한 정책을 통해 중소기업의 공정자동화를 촉진할 필요가 있다. 또한 중소기업 공정자동화의 효율성을 높이기 위해서는 중소기업과 대기업, 정부 간 협력체계를 구축해야 한다.

5.2 연구의 한계점

본 연구에서 스마트공장 기초단계인 장비도입을 통한 공정자동화를 대상으로 경제성 분석을 수행하였으나 연구 결과에 있어서 몇 가지 한계점이 존재한다. 우선, 도입 단계가 아닌 중간 단계나 고도화 단계에 본 연구에서 제시한 방식을 그대로 적용하기에는 무리가 따른다. 공정자동화가 중간 단계나 고도화 단계로 나아갈수록 기술적 난이도가 높아지게 되고, 그에 따른 신규 연구인력이 필요하게 되는 현상도 발생하게 된다. 즉, 중간 단계나 고도화 단계를 대상으로 경제성분석을 수행하는 경우에는 좀 더 다양한 요소들이 고려되어야 하는 것이다. 따라서 향후에는 공정자동화 단계별 경제성 분석 방법론을 개선하는 연구가 필요하며, 이러한 연구를 통해 공정자동화 전주기에 적용될 수 있는 경제성분석 방법이 제시되어야 한다. 두 번째로 본 연구의 분석 대상 기업이 비상장업체인 관계로 부득이하게 자기자본 비용 산정 시 동종업계 상장사의 자료를 활용하였다. 이 방식은 분석 대상 기업의 주가 정보를 활용하여 할인율을 산출하는 것에 비해 그 정확도가 떨어진다는 한계를 가지고 있다.

마지막으로 편익 추정 시 작업자 오류에 의한 불량 감소 및 작업자 근골격계 질환 위험 요소를 제거 부문은 정량적인 효과를 측정하는 것이 쉽지 않아 제외하였다. 이와 같은 비정량적 편익에 대한 효과를 추정하는 방법을 적용한다면 좀 더 정확한 경제성분석이 가능할 것으로 보인다.

References

- [1] B. Prentice, A. DiNota, S. Sargent, L. Hayes, C. Franzoni, "Global Fleet and MRO Market Forecast", Oliver Wyman, USA, pp.25, 2022.
- [2] H. S. Jung, The Result of the 2023 First Half Occupational Labor Force Survey, Ministry of Employment and Labor, Korea, pp.3.
- [3] B. S. Park, *A Study on Construction of Smart Factory for Small and Medium Manufacturing Companies through a Case Study in Advanced PCB Manufacturing Company*, Master's thesis, Kumoh National Institute of Technology, pp.74-75, 2016.
- [4] M. S. Choi, *A Study on Application of Smart Factory in Job Shop Production Method - Focused on Aviation Manufacturing Industry*, Master's thesis, Gyeongsang National University, pp53-55, 2018.
- [5] I. K. Chae, *Methodology for the construction of a Smart Factory in a Multi-process Hydraulic Component Manufacturing Company that Produce a Large Variety of Small Quantities*, Master's thesis, Seoul National University, pp.58-60, 2018.
- [6] M. Y. Sohn, W. Kim, S. J. Kang, "A RFID-based Process Improvement Methodology: Packing Process of Medium size Enterprise", *Journal of the Korean society for Simulation*, Vol.16, No.4, pp.67-75, Dec. 2007.
- [7] S. N. Oh, W. C. Park, M. C. Riew, M. K. Lee, "A Case Study of the Construction of Smart Factory in a Small Quantity Batch Production System: Focused on IDIS", *Journal of the Korean society for Quality Management*, Vol.46, No.1, pp.12-26, Mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.7469/jksqm.2018.46.1.011>
- [8] H. B. Na, H. S. Son, J. W. Seo, I. K. Hwang, "A Study on Process/Facility Methodology for SME Smart Factory", *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, Vol.23, No.1, pp.5-15, Mar. 2018.
- [9] B. E. So, *Study on Built Smart Factory Using Sensors and Virtual Process Design*, Ph.D dissertation, Hoseo University, pp.100-102, 2018.
- [10] J. H. Cho, *A Study on the Improvement of the Pre-Diagnosis System for the Smart Factory Introduction of SMEs*, Ph.D dissertation, Sungkyunkwan University, pp.86-90, 2019.

- [11] J. H. Cho, W. S. Shin, "Developing a Framework for Assessing Smart Factory Readiness of SMEs and Case Study", *Journal of the Korean society for Quality Management*, Vol.47, No.1, pp.1-15, Mar. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2019.47.1.1>
- [12] J. S. Park, K. S. Kang, "Strategies of Smart Factory Building and Application of Small & Medium Size Manufacturing Enterprises", *Journal of the Korea safety Management & Science*, Vol.19, No.1, pp.227-236, Mar. 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2017.19.1.227>
- [13] S. Y. Lee, V. Giap, M. Nassem, J. H. Kim, Y. D. Lee, "Economic Comparison of Various Turquoise Hydrogen Production Processes", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol.34, No.3, pp.256~266, Jun. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.3.256>
- [14] D. H. Chun, S. D. Kim, Y. J. Rhim, S. H. Lee, "Economic Analysis of Upgrading Low Rank Coal Process", *Korean Chemical Engineering Research*, Vol.49, No.5, pp.639~643, Oct. 2011.
- [15] C. Y. Lee, J. H. Park, "An Economical Efficiency Analysis of De-painting Process for Fighter Jets using CVP Analysis", *The Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.44, No.3, pp.39-49, Sep. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.11627/ikise.2021.44.3.039>
- [16] G. H. Jeon, J. J. Kim, S. Hwang, Y. G. Oh, K. H. Kwon, W. S. Chong, "An Economic Analysis of the Efficiency of Introducing a Standard Process Model for Franchise Food and Beverage Manufacturing Robots", *Proceedings of Korean Society for Precision Engineering 2023 Spring Conference*, Korean Society for Precision Engineering, Jeju, Korea, pp.355, May 2023.
- [17] S. Y. Ryu, *Guidelines for Preliminary Feasibility Analysis for National R&D Programs*, p.375, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2023, pp.324.
- [18] S. J. Bak, H. D. Pyo, "Estimating the Weighted Average Cost of Capital for Unlisted Pelagic Fishery Companies", *The Journal of Fisheries and Marine Science Education*, Vol.30, No.5, pp.1642-1650, Oct. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.10.30.5.1642>
- [19] S. R. .Lee, "Hurdle Rate of Investment Project", *Korean Accounting Journal*, Vol.19, No.5, pp.284, Dec. 2010.
- [20] U. K. Lee, *Technology Valuation*, p.351, Myungkyungsa Publishers, 2020, pp.183-187
- [21] Korea Institute for Advancement of Technology, *Guidelines for Technology Valuation*(Ministry of Trade, Industry and Energy), p.313, Korea Institute for Advancement of Technology, 2021, pp.103

김 흥 집(Hongjip Kim)

[준회원]



- 1996년 2월 : 한양대학교 금속재료공학과 (공학사)
- 2024년 2월 : 경상국립대학교 기술경영학과 (경영학석사)
- 2016년 1월 ~ 현재 : 한국항공우주산업 상생계약팀 부장

<관심분야>

기술경영, 중소기업 육성

오 승 환(Seunghwan Oh)

[정회원]



- 2009년 2월 : 서울대학교 재료공학부 (공학석사)
- 2014년 8월 : 서울대학교 기술경영경제정책 전공 (경제학박사)
- 2015년 2월 ~ 2021년 8월 : 과학기술정책연구원 연구위원
- 2021년 9월 ~ 현재 : 경상국립대학교 기술경영학과 조교수

<관심분야>

기술경영, 기술경제, 중소기업 R&D