

Analysis of the Ripple Effect of Digital Transformation in the Shipbuilding & Offshore Plant Industry

Young-Gyu Lee · Woon-Seek Lee · Se-Hoon Park · Young-Seok Ock[†]

Graduate School of Management of Technology, Pukyong National University

조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 따른 파급효과 분석

이영규 · 이운식 · 박세훈 · 옥영석[†]

부경대학교 기술경영전문대학원

In the global manufacturing industry, digital transformation is emerging as an important issue for companies to improve productivity and strengthen industrial competitiveness. The government and shipbuilding companies drive research and development to attain advanced technologies through digital transformation for shipbuilding & offshore plants, one of Korea's representative manufacturing industries. Therefore, the digital transformation of the shipbuilding & offshore plant industry was defined using an input-output analysis model, and the economic interrelationships of industries linked to the digital transformation of the shipbuilding & offshore plant industry were analyzed. According to the analysis, the shipbuilding & offshore plant industry ranks second among all 34 industries regarding the forward linkage effect. The backward linkage effect was ranked 27th, making it a mid-demand industry with a robust forward linkage effect. In addition, the production-induced effect was 0.455, the value-added-induced effect was 0.174, and the employment-induced effect was 1.779 people per billion won. The contribution of this study is that it will provide the basis for establishing policies necessary to strengthen the competitiveness of the shipbuilding & offshore plant industry. Also, it will help analyze the economic effects of digital transformation in other manufacturing industries.

Keywords : Shipbuilding & Offshore Plant Industry, Digital Transformation, Ripple Effect, Input-Output Analysis, Forward and Backward Linkage Effect

1. 서론

4차 산업혁명의 혁신적인 기술 도입으로 인해 산업과 경제 분야에 많은 변화가 일어나고 있다. 글로벌 제조기업들은 최신 디지털 기술인 인공지능(Artificial intelligence), 사물인터넷(Internet of thing), 빅데이터(Big Data), 가상현실(Virtual Reality) 등을 활용하여 기존 산업의 생산 과정뿐만 아니라 공급망 관리에서도 혁신을 이루고 있다[7].

우리나라 대표 제조산업인 조선해양플랜트산업은 국제해사기구(IMO)의 환경 규제 강화 등에 따라 친환경 전환과 자율운항 선박, 스마트 야드 등 디지털 전환이 본격화되고 있다. 조선해양플랜트산업 전환의 2가지 핵심 키워드는 친환경 전환과 디지털 전환이다. 기후 위기에 따른 글로벌 환경규제가 친환경 전환을 주도하는 요소로 작용하는 반면, 글로벌 시장에서 경쟁우위 유지와 원가절감 전략 추구를 위한 생산 효율성 향상은 디지털 전환을 주도하는 요인이다. 이로 인해 기존의 단순 제조 중심 체제에서 벗어나, 디지털 산업 시스템과 혁신적 경쟁 체제로의 급격한 전환을 경험하고 있다[3].

2021년 한국생산성본부가 8대 산업군 1,650개 기업을

대상으로 실시한 설문 조사 결과에 따르면, 조사 대상 기업 중 705개 사(42.7%)가 디지털 전환의 필요성을 인식하고 있다[4]. 주요 산업별 인식 수준은 조선기자재산업(80.0%), 자동차 부품산업(74.8%), 에너지 산업(52.5%), 의료기기(35.5%) 유통물류(34.0%), 철강(29.0%), 전자전기(28.5%), 뿌리산업(7.0%) 순으로 디지털 전환이 필요한 산업으로 평가되었다. 이러한 결과는 기업들이 디지털 변화의 중요성을 인식하고 있으며, 조선기자재산업과 자동차 부품산업에서는 이에 대한 필요성을 더욱 강하게 인식하고 있음을 시사한다.

최근 정부는 친환경·디지털 패러다임으로 급변하는 산업환경에서 미래 선박 시장 선점을 위해 조선해양플랜트 산업 미래인재를 육성하는 인재양성센터 구축, 친환경·디지털 연구개발 예산 확대 등 금융, 인력양성, 연구개발(R&D) 분야를 총력 지원할 의지를 표명하고 있다. 정부와 지방자치단체, 대형 조선사들은 조선해양플랜트산업의 디지털 전환을 통해 초격차 기술확보에 노력하고 있으나, 경제적 파급효과에 관한 실증연구는 아직 미흡한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 한국은행이 공식 발표한 2019년 기준 산업연관표(연장표)를 활용하여 조선해양플랜트 산업 디지털 전환의 경제적 파급효과를 분석하고자 한다. 2019년 산업연관표(연장표)는 통계의 연속성 및 시의성을 위해 2015년 산업연관표(실측표)를 기준으로 부분조사 및 기초통계 가공을 통해 작성되었다.

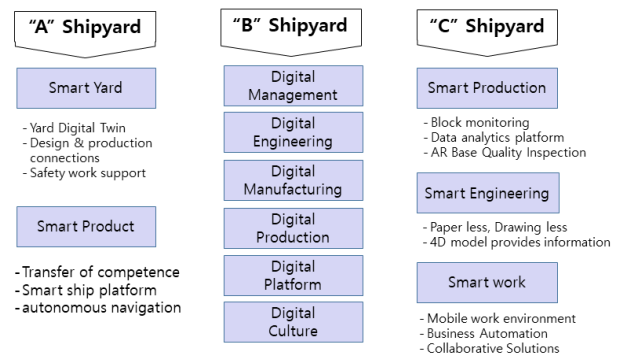
한편, 2019년 산업연관표에서는 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 관련 업종을 별도로 정의하지 않았다. 이에 본 연구에서는 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 현황을 바탕으로 관련 산업을 파악한다. 그리고 해당 산업의 전·후방연쇄효과를 분석함으로써 국민경제 내에서 산업의 파급효과를 정량적으로 파악하고자 한다. 또한, 디지털 전환의 영향을 보다 명확하게 계산하기 위해 수요유도형 분석을 통해 해당 산업이 다른 산업에 미치는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과를 산출하고자 한다[2]. 일반적인 산업연관분석에서는 특정 산업 부문의 변화로 인해 발생하는 파급효과는 해당 산업과 타 산업의 변화가 혼합되어 있어 타 산업에 미치는 영향만을 파악하기는 쉽지 않다. 그러나 수요유도형 분석을 적용함으로써 해당 산업 부문에서 발생한 변화가 다른 산업에 미치는 파급효과를 구별할 수 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 제2장에서는 국내 조선사 디지털 전환 추진사례 및 연구방법의 선행연구를 검토한다. 제3장에서는 산업연관분석법에 대해 정의하고, 이를 바탕으로 제4장에서 분석 결과와 파급효과를 제시한다. 최종적인 결론은 마지막 제5장에 제시한다.

2. 선행연구 검토

2.1 국내 조선사 디지털 전환 추진사례

디지털 전환은 디지털 기술의 사회·경제적 확산을 표현하는 개념으로, 기업 차원에서는 디지털 기술을 활용하여 비즈니스 프로세스, 문화, 고객 경험을 개선하는 경영 전략을 의미한다[1]. 이는 전산화(digitization) 및 디지털화(digitalization)와 구분되는 개념으로, 전산화는 아날로그 형식의 기록물과 프로세스를 기계가 해독 가능한 형태로 변환하는 것을 의미한다[10]. 또한, 디지털화는 디지털 기술과 데이터, 그리고 이들의 상호연결을 통해 기존 활동에 변화를 가져오는 것을 지칭한다[4]. 반면, 디지털 전환은 기존 디지털화 개념에서 확장하여, 지능형 기술 도입과 활용 확대에 의한 산업 및 생산 현장, 사회·경제체제 전반의 지속적인 변화를 일컫는 개념으로 인식되고 있다[17]. 본 연구에서는 Shin et al.[12]이 제안한 ‘디지털 전환’ 개념을 준용하여 국내 조선 3사의 ‘디지털 전환’ 사례를 살펴보고자 하며, 조선 3사의 디지털 전략 주요 추진 전략은 <Figure 1>과 같다.



<Figure 1> Shipyard's Digital Transformation Strategy

<Figure 1>과 같이 대표적인 국내 조선사 ‘A’사는 ‘Future of Ship Yard 2030’ 비전을 내세우고 있으며, 이 비전 아래 조선소 디지털 트윈, 설계와 생산 연결, 안전 작업 지원, 스마트선박 플랫폼, 자율 운항 등의 기술을 활용하여 스마트 조선과 함께 운항 중인 선박에 대한 디지털 전환을 추진하고 있다. 또한, ‘B’사는 2020년부터 구체적인 6개의 카테고리를 정의하여 더욱 체계적으로 디지털 전환 전략을 수립하고 경영 위기 극복과 재도약을 위해 추진하고 있다. 이 6개 카테고리는 디지털 관리(Digital Management), 디지털 엔지니어링(Digital Engineering), 디지털 제조(Digital Manufacturing), 디지털 생산(Digital Production), 디지털 플랫폼(Digital Platform), 그리고 디지털 문화(Digital Culture)로 나눌 수 있다. 마지막으로, ‘C’

사는 4차 산업혁명과 인력 부족 등 급변하는 경영환경 속에서 조선업과 같은 노동집약적인 산업을 플랫폼 기반의 고효율 기술 집약 산업으로 전환하기 위해 노력하고 있다. 2019년부터 디지털 전환 데이터 분석 플랫폼, 증강현실 (Augmented Reality) 기반 품질 검사, 모바일 업무환경 구축, 로봇틱 프로세스 자동화(Robotic Process Automation)를 통한 업무 자동화, 그리고 협업 솔루션을 활용한 협업을 추진하고 있다.

2.2 연구방법 선행연구

특정 산업의 디지털 전환에 대한 산업연관분석은 지금까지 수행되지 않았다. 친환경·스마트 선박의 개발 등 조선해양플랜트산업 및 제조업의 디지털 전환 관련 파급효과를 연구한 사례를 기반으로 본 연구의 목적에 맞게 선행 연구를 제시한다.

Sanchez et al.[12]은 Industry 4.0의 새로운 패러다임으로 모든 산업 부문이 디지털 전환에 직면하고 있음에 조선해양플랜트산업의 디지털 전환을 위해 다양한 혁신 기술과 디지털 기술을 쉽게 적용할 수 있는 연구 사례를 분석하였다. 핵심 활성화 기술로 인공지능, 사물인터넷, 협동로봇 등의 적용과 사이버 보안 등 네트워크 및 가상·증강현실, 원격 감지 기술 등을 적용하여 리엔지니어링 필요성을 제시하였다.

Rafael et al.[15]은 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 적용 사례로 시운전, 품질 관리 활동, 작업자 및 선원 교육에 사용되는 기술 사례를 연구하였다. 결론적으로 설계 엔지니어링에 적용된 증강현실과 공급 네트워크를 모니터링하기 위해 인공지능 기반 사이버 보안 공급 네트워크 개발을 제안하였다.

또한, Park and Huh[11]은 아시아 지역 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 관한 연구를 목표로, 조선소 빅데이터를 수집 및 관리하는 방법과 빅데이터를 활용하여 조선해양플랜트산업 변화에 대응하는 방법을 분석하였다. 이러한 연구 결과는 조선해양플랜트산업이 다양한 기술혁신으로 디지털 전환을 시도하고 있음을 파악할 수 있다.

한편, 산업연관분석 방법론을 활용한 선행연구를 살펴보면 Shin et al.[13]은 디지털 전환의 파급효과를 분석하기 위해 산업연관표 및 사회계정행렬을 활용하여 산업 및 제도 부문 간의 연관관계를 고려하였다. 또한, 다양한 기술이 다른 산업의 생산 현장에서 활용되어 나타나는 디지털 전환의 파급효과를 중점적으로 분석하였다. 이를 통해 디지털 전환이 한국의 산업 및 경제 구조에 미치는 영향을 명확하게 파악하여 제시하였다.

Jeong et al.[6]은 지역산업연관분석을 통해 디지털 전환에 따른 투자 확대가 지역 및 산업별로 어떤 생산과 취업

유발효과를 가져올지 정량적으로 분석하였다. 분석 결과, 디지털 전환으로 인한 경제적 이득은 수도권이 비수도권보다 높은 것으로 나타났으며, 이에 따라 지역 간 격차의 확대 및 불균형 문제가 심각해질 우려가 있음을 판단하였다. 이러한 결과를 고려하여 지역 단위 디지털 전환 정책 수립에 대한 시사점을 제시하였다.

Kim and Lee[8]은 정부의 선박해양플랜트산업 연구개발 지원 타당성을 논의하기 위해 산업연관분석 방법을 활용하여 경제적 파급효과 등을 도출하였다. 분석 결과, 정부의 연구개발 투자가 투자 비용 대비 높은 수준의 유발효과를 나타내어 타당성이 있다는 결과를 검증하였다. 더불어, 선박해양플랜트산업과 다른 산업 간의 융합을 촉진하는 정책적 방안을 제시하였다.

Choi and Lee[1]은 수소 선박 개발 현황을 검토하고, 2015년 산업연관표를 기반으로 경제적 파급효과를 분석하였다. 선박 및 해운 부문에서는 국제적인 환경 규제로 친환경 에너지 사용이 의무화되고 있으며, LNG 연료 추진 선박 및 친환경 선박 개발이 주목받고 있다. 글로벌 수주 환경 변화와 환경 규제 강화 등 국제적 환경 변화에 대응하기 위해 수소 선박 개발이 국가 경제 전반에 미치는 영향력을 분석하였다.

Yoon[16]은 2015년 지역산업연관표를 활용하여 국내 17개 지방자치단체가 포함된 지역별 조선산업 기본경영현황을 분석하였다. 조선산업 투자 및 수출 활동이 지방자치단체의 소분류 산업에 미치는 파급효과를 생산, 수입, 부가가치, 고용 파급효과로 분석하였다.

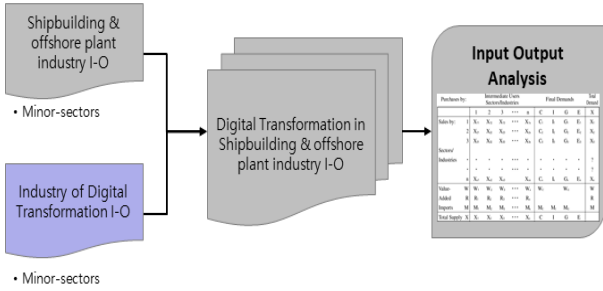
본 연구는 기존 연구와 비교하면 다음과 같은 차이점이 있다. 첫째, 2021년 한국은행에서 발표한 2019년 산업연관표를 활용하여 산업연관분석을 수행하였다. 이를 통해 가장 최근 시점의 분석 결과를 제공한다. 둘째, 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 특히 주목하여 경제적 파급효과를 분석하였다. 기존 선행연구에서는 조선해양플랜트산업 또는 디지털 전환 부분을 개별적으로 분석하였다. 그러나 본 연구에서는 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 부분을 통합적으로 분석함으로써 특정 산업의 기술혁신 전환에 따른 경제 구조를 자세하게 분석한다. 셋째, 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 투자 비용을 활용하여 통계치와 결부시킴으로써 실질적인 생산, 부가가치, 고용유발 효과를 산정하고 다양한 정책적 시사점을 제공한다.

3. 연구방법

3.1 조선해양플랜트산업 디지털 전환 재분류

조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 비교적 최근에

주목받는 산업으로, 한국은행에서 발표한 2019년 산업연관표에서는 별도로 분류되지 않았다. 앞서 논의하였던 선행연구의 조선해양플랜트산업 및 제조업 디지털 전환 관련 연구를 기반으로 <Figure 2>와 같이 조선해양플랜트산업 디지털 전환을 재분류하였다.



<Figure 2> Reclassification Process of I-O

조선해양플랜트산업의 디지털 전환을 소분류 기준으로 재정의 하면 아래 <Table 1>과 같다. 조선해양플랜트산업 분류에서는 소분류 항목의 063. 구

조용 금속제품 및 탱크, 067. 내연기관 및 터빈, 069. 일반 목적용기계 부품, 077. 기타 특수 목적용 기계, 087. 통신 및 방송장비, 090. 의료 및 측정기기, 095. 선박, 113. 산업 시설건설, 128. 유·무선 통신서비스, 131. 정보서비스, 144. 연구개발, 147. 건축토목관련서비스, 148. 기타 과학 기술서비스로 13개의 항목을 채택하였다. 두 번째, 디지털 전환에 따른 분류에서는 310. 반도체, 320. 전자표시장치, 340. 컴퓨터 및 주변기기, 351. 통신 및 방송장비, 352. 영상 및 음향기기, 591. 유·무선 및 위성 통신서비스, 599. 기타 전기통신서비스, 610. 정보서비스, 621. 소프트웨어 개발 공급, 629. 기타 IT서비스로 10개의 소분류 항목을 채택하였다. 최종적으로 조선해양플랜트산업과 디지털 전환의 복합적 산업분류는 선행연구와 전문가 의견을 기반으로 통합 소분류 23개로 재분류하였다.

본 연구에서 새롭게 정의된 조선해양플랜트산업 디지털 전환을 기존의 대분류 33개의 산업과 함께 2019년 산업연관표의 34번째 산업으로 편입하였다. 이를 통해 조선해양플랜트산업의 디지털 전환과 기타 주요 산업간의 상호관계를 보여주는 <Table 2>를 제시하였다.

<Table 1> The composition of DX* of Shipbuilding & Offshore Plant Industry

Classification	Minor-sectors	Industry
Shipbuilding & offshore plant industry	Structural metal products and tanks	DX of shipbuilding & offshore plant industry
	Internal combustion engine and turbine	
	General purpose machine parts	
	Other special purpose machines	
	Telecommunications and broadcasting equipment	
	Medical and measuring instruments	
	Ship	
	Construction of industrial facilities	
	Wired, wireless communication service	
	Information service	
	Research and development	
	Civil engineering related services	
	Other technology and professional services	
Industry of Digital Transformation	Semiconductor	
	Electronic display	
	Computers and Peripherals	
	Communication, broadcasting	
	Video and audio equipment	
	Wired, wireless & satellite communication services	
	Other telecommunication services	
	Information service	
	Software development supply	
Other IT services		

*DX: Digital Transformation

<Table 2> Reclassified Input-Output table

Code	Industry	Code	Industry
A	Agricultural, forestry and fishery products	E	Water, waste disposal and recycling services
B	Mine products	F	Construction
C01	Food and beverage	G	Wholesale and commodity brokerage service
C02	Textiles and leather products	H	Transportation service
C03	Wood and paper, printing	I	Restaurants and accommodation services
C04	Coal and petroleum products	J	Information communication and broadcasting
C05	Chemical products	K	Financial and insurance services
C06	Non-metallic mineral products	L	Real estate service
C07	Primary metal products	M	Professional, scientific and technical services
C08	Metal processing products	N	Business support service
C09	Computer, electronic and optical instruments	O	Public administration, defense and social security
C10	Electrical equipment	P	Educational service
C11	Machinery and equipment	Q	Health and social services
C12	Transportation equipment	R	Art, sports and leisure services
C13	Other manufacturing products	S	Other services
C14	Manufacturing, processing and repair	T	Other
D	Power, gas and steam	U	DX of Shipbuilding & offshore Plant

3.2 수요유도형 모형

산업연관분석은 경제 시스템에 산업 간의 투입과 산출 관계를 분석하는 유용한 분석기법이며, 각 산업의 중간재와 최종 수요재의 관계를 행렬로 나타내고, 이를 기반으로 산업 간의 경제적 연관성을 정량화하여 파악할 수 있다 [14]. 또한, 각 산업의 수요와 공급, 산업 간의 중간재의 거래, 총 생산량 등의 정보를 제공하여 경제 시스템의 구조와 상호작용을 이해하는 데 도움을 준다.

산업연관표에서 재화와 서비스의 산업간 순환을 나타내는 부분을 내생부문이라 하고 최종 수요와 부가가치 부분을 외생부문이라고 한다. 내생부문이란 외생부문의 값이 산업간 거래 모형 밖에서 독립적으로 주어지면 그 값에 따라 모형 내에서 산업간 거래의 값이 결정되는 부분을 의미하며, 외생부문은 산업간 순환 모형인 내생부문과는 관계없이 독립적으로 모형 밖에서 그 값이 결정된다는 의미이다[2]. 본 연구는 조선해양플랜트산업 디지털 전환의 경제적 파급효과에 초점을 두기 때문에 조선해양플랜트산업 디지털 전환을 수요유도형 모형으로 분석하여 국민경제에 미치는 경제적 파급효과를 분석하였다. 수요유도형 모형은 산업의 생산유발계수, 부가가치유발계수, 수입유발계수, 고용유발계수 등을 산정할 수 있고 아래 식 (1)과 같이 표현 할수 있다[9].

$$X = (I - A)^{-1} (Y - M) \tag{1}$$

여기서 산업 간의 중간재 투입액을 총 투입액으로 나눈

투입계수 행렬 A로 표기하고, 최종수요 벡터를 Y, 수입액 벡터를 M으로 나타낸다. I는 단위행렬(identity matrix)이다. 생산유발계수는 수입품의 취급 방법에 따라 다양하게 변형이 가능하며, 국산품과 수입품을 구분하지 않는 경쟁형과 국산품과 수입품을 구분하는 비경쟁수입형으로 변형할 수 있다. 한국은행은 비경쟁 수입형으로 산업연관표를 공표하고 있으며, 이에 기반하여 수입유발계수를 산출하는 것이 용이하다. 본 연구에서는 이러한 비경쟁수입형을 활용하여 경제적 파급효과를 계산하고자 한다. 따라서 본 연구에서 사용한 비경쟁수입형의 생산유발계수행렬 관계식은 아래 식 (2)와 같다.

$$X = (I - A^d)^{-1} Y^d \tag{2}$$

3.2.1 생산유발효과

산업에서 생산된 생산물들이 중간재로 수요되는 상호 의존성을 고려한다. 따라서 조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 다른 산업에 직접적이고 간접적인 영향을 미친다. 이러한 영향은 생산, 부가가치, 고용유발이라는 세 가지 관점에서 분석할 수 있다. 본 연구에서는 특히 조선해양플랜트산업의 디지털 전환이 다른 산업에 미치는 영향과 효과를 명확히 산정하기 위해 외생화를 통해 분석하였다.

아래 식 (3)은 분석 대상인 조선해양플랜트산업 디지털 전환 부문 S를 외생화한 행렬을 나타내며, 식 (2)을 다시 정리한 후 생산유발효과를 계산하는 식이다.

$$\Delta X^d = (I - A^d)^{-1} (A_S^d \Delta X_S) \tag{3}$$

여기서 ΔX^d 는 분석대상인 S부문을 제외한 다른산업 부문 산출량의 변화량을 의미하며, $(I-A^d)^{-1}$ 는 레온티에프 역행렬 또는 투입계수행렬이라고 한다. A^d_s 는 투입계수행렬 A의 S부문을 나타내는 열벡터에서 S부문 원소를 제외하고 남은 열벡터이며, X_s 는 S부문의 산출액을 나타낸다. 즉 ΔX_s 는 S부문의 산출량 변화량을 의미하며, 최종적으로 이로 인해 다른 분야에서 발생하는 산출물의 증가량이 산정된다.

3.2.2 부가가치유발효과

부가가치유발효과란 산출물 1단위 증가로 인한 타 분야의 부가가치에 미치는 효과를 의미한다. 여기서 조선해양플랜트산업 디지털 전환 부문(S)의 부가가치유발효과는 다음 식 (4)와 같다.

$$\Delta V^d = A_v^d (I - A^d)^{-1} (A_s^d \Delta X_s) \quad (4)$$

ΔV^d 는 분석대상인 S부문을 제외한 다른 부문의 부가가치 변화분을 의미하고, A_v^d 는 부가가치계수의 대각행렬에서 S부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬을 의미한다.

3.2.3 고용유발효과

고용유발효과란 S부문에서의 생산이 10억 원만큼 증가하였을 때, 타 산업의 고용이 얼마나 증가하는 가를 산정한다. 고용유발효과는 부가가치유발효과와 마찬가지로, S부문을 외생화한 후 산정이 가능하며, 다음과 같은 식 (5)로 표현된다.

$$\Delta L^d = l^d (I - A^d)^{-1} (A_s^d \Delta X_s) \quad (5)$$

ΔL^d 는 S부문을 제외한 다른 산업부문별 고용자수의 변화량을 나타내며, l^d 는 고용계수의 대각행렬에서 S부문의 행과 열을 제외한 행렬이다.

3.3 산업 간 연쇄효과

투입산출표의 산업 간 상호의존 관계에서 개별 부문은 이중적인 역할을 지닌다. 즉, 특정 부문의 제품은 다른 부문의 생산활동에서 중간재로 판매되기도 하는 동시에 해당 부문의 생산활동을 위해 여타 부문으로부터 중간재를 구매하기도 한다. 이러한 산업간 상호의존관계를 정량적으로 나타낸 것이 전·후방연쇄효과이다. 전방연쇄효과를 정량화하는 계수는 감응도 계수로 표현되며, 전 부문의 최종 수요를 모두 1단위씩 증가시키기 위해 i번째 산업이 생

산해야 할 단위의 전 산업 평균에 대한 비율로 아래식 (6)과 같이 정의된다[3].

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (6)$$

FL_i 는 감응도 계수로 특정 i부문의 전방연쇄효과를 의미하며, n은 부문의 개수 a_{ij} 는 생산유발계수 행렬의 개별 원소이다.

후방연쇄효과는 영향력 계수(BL_j)라고 하며, 전 산업 평균 생산유발계수에 대한 j번째 산업의 생산유발계수의 비율로 아래 식 (7)과 같다.

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (7)$$

4. 분석 결과

4.1 경제적 파급효과 분석

조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 따른 경제적 파급효과를 추정된 결과는 <Table 3>과 같이 분석되었다. 먼저, 생산유발효과의 경우 조선해양플랜트산업 디지털 전환에 1단위 생산 증가로 타 산업에 0.456의 추가 생산을 유발하는 것으로 나타났으며, 부가가치유발효과는 0.174로 나타났다. 고용유발효과의 경우, 10억 원의 추가 산출물이 증가할 때 다른 산업에서 1.780명의 신규 고용을 유발하는 효과가 있는 것으로 분석되었다.

또한, 자기 산업에 미치는 생산유발효과를 1.00로 산정하여 전체 산업 생산유발효과를 계산하면 조선해양플랜트산업의 디지털 전환으로 1단위 생산 증가로 생산유발효과 1.456이며, 부가가치유발효과는 0.655로 나타났다. 고용유발효과는 10억 원의 산출증가로 인한 자기 산업의 유발효과는 3.215명이므로, 전체 고용유발 효과는 4.995명으로 산출되었다.

한편, 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 따른 영향을 받는 산업들은 다음과 같다. 우선, 생산유발 측면에서는 컴퓨터·전자 및 광학기기(0.045)가 가장 높았고, 선박제조와 관련이 있는 1차 금속제품(0.041), 화학제품(0.034), 운송서비스(0.030), 전문·과학 및 기술서비스(0.026), 제조임가공 및 산업용 장비 수리(0.024), 금속가공

제품(0.024) 순으로 유발효과가 높았다. 부가가치유발 측면에서는 컴퓨터·전자 및 광학기기(0.024), 사업지원서비스(0.015), 제조임가공 및 산업용 장비수리(0.013), 금융 및 보험 서비스(0.012), 운송서비스(0.011)순으로 유발효과가 높았다. 고용유발효과 측면에서는 도소매 및 상품중개서비스(0.322), 사업지원서비스(0.245), 제조임가공 및 산업용 장비수리(0.180), 운송서비스(0.159), 전문·과학 및 기술서비스(0.118)순으로 유발효과가 계산되었다. 종합하여 보면 생산유발효과 및 부가가치유발효과 모두 컴퓨터·전

자 및 광학기기가 1순위로 산출되었다. 이는 디지털 전환에 필요한 컴퓨터, 통신장비, 전자기기, 광학기기 등과 관련된 부품산업인 반도체 및 전자표시장치, 기타 전자부품 등을 포함하고 있음에 산출된 결과로 추정된다.

이를 통해 2022년 기준 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 투자 비용으로 2,210억 원을 활용하여 해당 연도의 생산유발효과, 부가가치유발효과 및 고용유발효과를 산정할 수 있다. 전체 생산유발효과 금액은 연간 3,237.6 억 원(2,210억×1.465)으로 예상되며, 부가가치유발효과는 1,447.5억 원

<Table 3> The Result of Economic Impacts of Industries

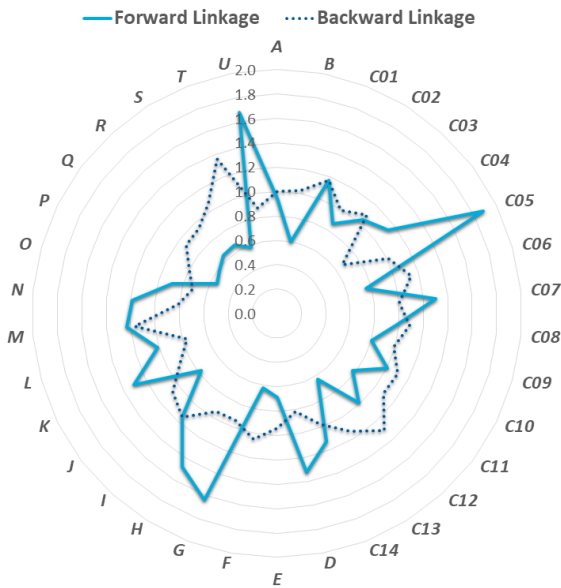
Code	Industry	Production inducement	Rank	Value-added inducement	Rank	Employment inducement	Rank
A	Agricultural, forestry and fishery products	0.004	23	0.002	20	0.007	29
B	Mine products	0.001	31	0.000	32	0.003	31
C01	Food and beverage	0.008	18	0.002	19	0.016	22
C02	Textiles and leather products	0.005	22	0.001	26	0.013	23
C03	Wood and paper, printing	0.009	17	0.003	17	0.024	16
C04	Coal and petroleum products	0.012	15	0.003	15	0.001	32
C05	Chemical products	0.034	3	0.009	7	0.049	11
C06	Non-metallic mineral products	0.008	19	0.002	18	0.016	21
C07	Primary metal products	0.041	2	0.008	10	0.035	13
C08	Metal processing products	0.024	8	0.009	8	0.078	7
C09	Computer, electronic and optical instruments	0.045	1	0.024	1	0.049	10
C10	Electrical equipment	0.025	6	0.007	11	0.049	9
C11	Machinery and equipment	0.010	16	0.003	16	0.025	15
C12	Transportation equipment	0.006	20	0.001	25	0.012	26
C13	Other manufacturing products	0.002	28	0.001	30	0.009	27
C14	Manufacturing, processing and repair	0.024	7	0.013	3	0.180	3
D	Power, gas and steam	0.021	11	0.006	14	0.013	24
E	Water, waste disposal and recycling services	0.003	25	0.002	22	0.018	20
F	Construction	0.002	27	0.001	27	0.012	25
G	Wholesale and commodity brokerage	0.022	10	0.007	12	0.322	1
H	Transportation service	0.030	4	0.011	5	0.159	4
I	Restaurants and accommodation services	0.019	13	0.006	13	0.118	6
J	Information communication and broadcasting	0.005	21	0.002	21	0.027	14
K	Financial and insurance services	0.020	12	0.012	4	0.067	8
L	Real estate service	0.013	14	0.010	6	0.021	17
M	Professional, scientific and technical services	0.026	5	0.008	9	0.118	5
N	Business support service	0.023	9	0.015	2	0.245	2
O	Public administration, defense and social security	0.001	32	0.001	29	0.006	30
P	Educational service	0.001	33	0.001	31	0.008	28
Q	Health and social services	0.002	29	0.001	28	0.019	18
R	Art, sports and leisure services	0.003	26	0.002	24	0.018	19
S	Other services	0.004	24	0.002	23	0.045	12
T	Other	0.001	30	0.000	33	0.000	33
Direct effect		0.456		0.174		1.780	
Indirect effect		1.000		0.480		3.215	
Total		1.456		0.655		4.995	

(2,210억×0.655), 고용유발효과는 1,103.9명으로 최종 산출되었다.

조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 해당 분야의 생산 증가뿐만 아니라 다른 산업의 추가적인 생산을 유발하는 것으로 확인되었다. 특히 컴퓨터, 전자 기기 산업, 자동화 및 제어 기술 등이 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 큰 영향을 미치며, 이로 인해 국가 경제에 부가가치가 상승할 것으로 예상된다. 또한, 고용유발효과 역시 중요한 역할을 하며, 디지털 전환으로 국내 디지털 기술 산업과 서비스 분야에서 신규 고용 기회가 발생할 것으로 기대된다. 이러한 결과를 종합하면, 조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 국내 경제에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

4.2 산업간 연쇄효과 분석

조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 따른 전·후방연쇄효과는 <Figure 3>과 같이 분석되었다.



<Figure 3> Result of Linkage Effects

전·후방연쇄효과는 각 산업의 생산 증가가 해당 산업과 다른 산업들에 어떤 영향을 미치는지를 분석할 수 있으며, 일반적으로 각 산업의 생산 증가량을 기준으로 전·후방연쇄효과를 계산한다. 연쇄효과 계수가 높을수록 해당 산업의 생산 증가가 다른 산업들에 큰 영향을 미치는 것을 의미한다. 한국은행은 전·후방연쇄효과에 따라 산업을 중간 수요적 제조업형, 최종 수요적 제조업형, 중간 수요적 원시산업형, 최종 수요적 원시산업형의 네 가지 유형으로 구분하였다. 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 감응

도 계수는 1.680, 영향력 계수는 0.882로 산정되었다.

조선해양플랜트산업 디지털 전환을 다른 산업과 비교하면, <Table 4>와 같이 전방연쇄효과는 전체 산업(34개) 중 C05. 화학제품(1.881)에 이어 2위인 것에 반해, 후방연쇄효과는 34개 산업 중 27위로 산정되었다.

<Table 4> Ranking of Linkage Effects

Effect	Result	Ranking
Forward linkage effect	1.680	2
Backward linkage effect	0.882	27

이 결과는 조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 전방연쇄효과가 후방연쇄효과보다 강한 것을 의미하며, 중간수요적 산업으로 분류할 수 있다.

5. 결론

조선해양플랜트산업은 지난 수년간 급격한 변화를 겪어왔다. 과거에는 단순 노동 집약적 산업이었지만, 현재는 빠르게 디지털 산업 체계와 혁신 경쟁 체계로의 전환과정을 거치고 있다. 특히 제조업 분야에서 주도적인 역할을 하는 디지털 기술들은 생산 과정에서 중요한 역할을 하고 있으며, 이로 인해 산업 간 연관관계를 고려하여 디지털 전환의 효과를 명확히 파악하는 것이 더욱 중요하다[13]. 대표적인 제조산업인 조선해양플랜트산업의 디지털 전환은 중앙정부, 지방자치단체 및 대형 조선사를 중심으로 추진되고 있으며, 매년 2,000억 원 이상의 투자가 예상되고 있다. 그러나 아직까지 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 따른 국가 경제적 파급효과에 대한 실증연구는 미흡한 상황이다.

이 연구는 2019년 산업연관표를 기반으로 조선해양플랜트산업의 디지털 전환을 정의하고, 해당 전환의 경제적 파급효과를 분석하였다. 연구 결과를 요약하면, 1단위 생산 증가로 인한 생산 유발효과가 1.456, 부가가치 유발효과가 0.655, 고용 유발효과는 10억 원 당 약 4.995명으로 나타났다. 또한, 2022년 기준으로 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 투자 비용을 고려한 결과, 전체 생산 유발효과는 연간 3,237.6 억 원, 부가가치 유발효과는 1,447.5 억 원, 고용 유발효과는 1,103.9명으로 산출되었다. 더불어 전·후방연쇄효과를 분석하여 감응도 계수(1.680)와 영향력 계수(0.882)를 도출하였다. 이를 통해 조선해양플랜트산업의 디지털 전환이 해당 산업 내에서 큰 영향을 미치지 만 다른 산업에는 상대적으로 영향이 작다는 것을 확인하며, 중간 수요적 산업으로 분류 가능하다. 이러한 결과는

선행연구 검토를 통해 확인된 선박해양플랜트산업의 R&D 파급효과 연구결과(감응도 계수: 0.776, 영향력 계수: 1.024)와 대조적이다. 이는 디지털 전환과 관련된 부품 산업이 다른 산업에서 중간재로 활용되어 조선해양플랜트산업의 디지털 전환에 민감도가 증가하였음을 시사한다. 특히, 디지털 전환 중심 제품은 1990년 이후로 지속적으로 감응도 계수가 1 이상을 유지하고 있다. 이로 인해 조선해양플랜트산업의 디지털 전환 부문에 대한 전방연쇄효과가 높은 산업으로 작용하여 영향을 미쳤음을 예측할 수 있다.

이 연구의 결과는 조선해양플랜트산업의 디지털 전환을 통한 경제적 파급효과를 분석함으로써, 이 산업의 중요성과 다른 산업에 미치는 영향을 명확히 파악하는데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다. 특히, 이러한 분석의 결과는 조선해양플랜트산업 및 중앙 정부의 미래 전략을 수립하고, 중장기적인 인프라 투자를 결정할 때 고려할 수 있는 중요한 지표로 활용될 수 있다.

디지털 전환은 전문적인 역량과 기술을 요구함에 따라 전문 인력을 양성하고, 디지털 전환을 병행적으로 추진하여 경제적 파급효과를 극대화하는 전략을 수립하여야 한다. 더불어 이 연구는 조선기자재 관련 기업들에게 디지털 전환 정책의 방향성을 제시하고, 다른 제조업 분야의 디지털 전환에 따른 경제적 영향 분석에도 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

이러한 시사점에도 불구하고, 이 연구의 한계는 디지털 전환의 혁신성과 급격한 성장으로 인해 산업 구조가 변하는 상황에 대한 정확한 검증은 하지 못하였다. 비록 디지털 전환이 단일 기술의 혁신을 넘어서는 개념이지만, 이를 구성하는 개별 기술의 발전을 보다 정확히 파악하여 다양한 기술혁신의 양상을 반영한 시나리오를 구성할 필요가 있다. 더불어, 디지털 전환에 관련한 투자 비용 기반 시나리오 분석 및 파급효과 예측 모델 연구가 필요하다. 따라서 차후 연구에서는 이러한 한계를 극복하는 차원에서 친환경 에너지 전환에 따른 조선해양플랜트산업의 변화와 디지털 전환에 따른 파급효과를 다층적으로 평가하고 심층적으로 분석하는 연구를 수행하고자 한다.

Acknowledgement

This work was supported by Convergence Technology Commercialization and Diffusion funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea(P0012782).

References

- [1] Abdallah, Y.O., Shehab, E., and Al-Ashaab, A., Understanding Digital Transformation in the Manufacturing Industry: A Systematic Literature Review and future trends, *Product Management & Development*, 2021, Vol. 19, No. 1, e20200021.
- [2] Choi, E.C. and Lee, J.S., The Economic Impacts of the Development of the Hydrogen Ship on the National Economy using Input-Output Analysis, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 2019, Vol. 21, No. 6, pp. 2995-3006.
- [3] Cho, H.H. and Lim, K.C., The Digital Technology Revolution and the Paradigm Shift in the Technology Economy: Meaning, Aspects and Development Challenges, *Policy Studies*, 2000, pp. 1-144.
- [4] Ismail, M.H., Khater, M., and Zaki, M., Digital business transformation and strategy: What do we know so far, *Cambridge Service Alliance*, 2017, Vol. 10, pp. 1-35
- [5] Jung, K.O., Lim, E.S., and Song, J.G., An Analysis on the Economic Impact of National R&D Investment: Health Care Industry, *Innovation Studies*, 2013, Vol. 21, No. 1, pp. 59-83.
- [6] Jung, S.M., Yeo, Y.J., Kim S.J., and Jung, H.M., Analysis of regional differential impact of digital transformation investment: Regional I-O analysis and policy implication, *Innovation Studies*, 2022, Vol. 17, No. 4, pp. 301-316.
- [7] Kim, H.T., Digital Transformation Trends of the Energy and Mineral Resources Development Industries in the Era of the Fourth Industrial Revolution, *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, 2019, Vol. 56, No. 5, pp. 514-528.
- [8] Kim, S.Y. and Lee, J.J., An Economic Ripple Effect Analysis of Ships and Ocean Plant Industry Using Input-Output Model, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 2018, pp. 613-626.
- [9] Kim, T.J., *Input-Output Analysis using R*, Seoul: Hannarae, 2021.
- [10] KOTRA(Korea Trade-Investment Promotion Agency), Cases and Implications of Digital Transformation of Overseas SMEs, 2022.
- [11] Park, S. and Huh, J.H., Study on PLM and Big Data Collection for the Digital Transformation of the Shipbuilding Industry, *Journal of Marine Science and Engineering*, 2022, Vol. 10, No. 10, 1488.
- [12] Sanchez, Sotano, A., Cerezo, Narvaez, A., Abad, Fraga, F., Pastor, Fernandez, A., and Salguero, Gomez, J., Trends of digital transformation in the shipbuilding sector, In *New Trends in the Use of Artificial Intelligence*

- for the Industry 4.0*, 2022, IntechOpen, pp. 3-25
- [13] Shin, K.Y., Yeo, Y.J., and Lee, J.D., Digital Transformation and its Socioeconomic effects: Input-Output and Social Accounting Matrix Analysis, *Innovation Studies*, 2019, Vol. 15, No. 3, pp. 1-28.
- [14] Smith, J.D., Economic Interdependence and Industrial Relations: A Comparative Analysis, *Journal of Economic Studies*, 2018, Vol. 45, No. 3, pp. 389-403.
- [15] Rafael, D., Katherine, S., Serena, B., and Vittorio, B., Digital Transformation, Applications, and Vulnerabilities in Maritime and Shipbuilding Ecosystems, *Procedia Computer Science*, 2022, Vol. 217, pp. 1396-1405.
- [16] Yoon, J.H., An Inter-regional Input-output Analysis of Korean Ship Building Industry with 2015 Regional Input-Output Statistics, *Regional Industry Research*, 2021, Vol. 44, No. 1, pp. 205-227.
- [17] Verhoef, P.C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., and Haenlein, M., Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda, *Journal of Business Research*, 2021, Vol. 122, pp. 889-901.

ORCID

Young Gyu Lee | <https://orcid.org/0000-0002-7635-3182>

Woon Seek Lee | <https://orcid.org/0000-0002-7158-2779>

Se Hoon Park | <https://orcid.org/0000-0002-1389-9022>

Young Seok Ock | <https://orcid.org/0000-0001-8098-7842>