

AHP를 이용한 스마트 공급망 구축을 위한 주요 성공요인 분석

박철수*

Analysis of Key Success Factors for Building a Smart Supply Chain Using AHP

Cheol-Soo Park*

Abstract

With the advent of the Fourth Industrial Revolution, propelled by digital technology, we are transitioning into an era of hyperconnectivity, where everything and objects are becoming interconnected. A smart supply chain refers to a supply chain system where various sensors and RFID tags are attached to objects such as machinery and products used in the manufacturing and transportation of goods. These sensors and tags collect and analyze process data related to the products, providing meaningful information for operational use and decision-making in the supply chain. Before the spread of COVID-19, the fundamental principles of supply chain management were centered around 'cost minimization' and 'high efficiency.' A smart supply chain overcomes the linear delayed action-reaction processes of traditional supply chains by adopting real-time data for better decision-making based on information, providing greater transparency, and enabling enhanced collaboration across the entire supply chain. Therefore, in this study, a hierarchical model for building a smart supply chain was constructed to systematically derive the importance of key factors that should be strategically considered in the construction of a smart supply chain, based on the major factors identified in previous research. We applied AHP (Analytical Hierarchy Process) techniques to identify urgent improvement areas in smart SCM initiatives. The analysis results showed that the external supply chain integration is the most urgent area to be improved in smart SCM initiatives.

Keywords : Smart Supply Chain, AHP, Digital, Artificial Intelligence, Data, Key Success Factors

Received : 2023. 12. 06. Revised : 2023. 12. 15. Final Acceptance : 2023. 12. 17.

※This work was supported by a research grant from 2023 Halla University

* Professor, Dept. of Business Administration, Halla University, 28, Halladaegil, Won Ju City, Gangwon Province, 26404, Korea,
Tel : +82-33-760-1428, e-mail:cspark@halla.ac.kr

1. 서 론

최근 글로벌 공급망은 전쟁과 팬데믹의 영향을 크게 받고 있어 향후 전개상황의 불확실성이 높은 상황이다. 전 세계의 봉쇄와 운송 및 물류 산업에 대한 영향으로 인해 거의 모든 산업에서 원자재 부족이 발생하였다. 이로 인해 인더스트리 4.0과 관련된 스마트 공급망 관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 디지털 기술을 기반으로 하는 4차 시대가 도래하면서 모든 사물과 객체들이 연결되는 초연결 시대로 변화하고 있다[Basset et al., 2018]. 새롭게 도래할 기업들의 생태계에서는 모든 정보가 공유됨으로써 정보의 격차가 사라지고 불필요한 낭비가 최소화될 것이다[Kim and Oh, 2009]. 기업들은 신뢰를 기반으로 한 개방형 생태계 하에서 스마트 공급망을 구축함으로써 실시간으로 정보를 공유하고 공동의 의사결정을 통해 불확실한 환경 변화에 대응하려고 한다[Lund et al., 2020].

스마트 공급망이란 제품의 제조 및 운송 시 사용되는 기계와 제품 등의 사물에 각종 센서 및 RFID 태그 등을 부착하여 제품에 관련된 프로세스 데이터를 수집, 분석하여 의미 있는 정보를 운영과 의사결정에 사용하는 공급망 시스템을 말한다[Wu et al., 2016]. 현재 디지털 기술의 진화와 2020년 코로나 위기 사태로 인해 기업은 공급망 관리를 혁신하고, 전통적인 공급망 워크플로를 새롭게 정비하여 프로세스 개선 사항과 AI, 블록체인과 같은 혁신적인 디지털 기술이 결합된 스마트 공급망을 구축하는 방안을 모색하고 있다. 이러한 스마트 공급망은 고립과 기능별 경계를 허물고 속도와 민첩성, 복원력을 높이며 완전한 투명성을 확보하게 될 것이다[Lund et al., 2020].

이에 따라 본 연구에서는 선행연구에서 제시한 주요 요인을 바탕으로 스마트 공급망 구축 시 전략적으로 고려해야 할 주요 요인들의 중요도를 도출하기 위해 스마트 공급망 구축을 위한 계층화 모형을 구성하였다. 그리고 SCM 컨설팅사, 제조업에 종사하고 있는 SCM 전문가, SCM을 연구하는 학자들을 대상으로 한 실증분석을 진행하여 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 통해 스마트 공급망 구축에 필요한 주요 요인들의 중요도를 도출하여 스마트 공급망 구축에 필요한 전략적 고려요인들을 제시하였다.

2. 문헌연구

2.1 스마트 공급망

오늘날 공급망은 복잡한 글로벌 네트워크, 디지털 기술의 발전, 속도 및 새로운 생산능력에 대한 수요 증가, 치열한 시장 경쟁으로 인해 스마트 공급망을 구축하는 것이 어렵고, 복잡하지만 스마트 공급망 구축이 신속하게 개발 되고 사용되고 있는 이유는 기존의 공급망이 제공할 수 없는 많은 혜택을 제공하기 때문이다. 기업은 이를 통해 기존에는 취득할 수 없는 많은 양의 정보를 수집하고 고급화된 방법인 빅데이터 분석을 통해 높은 효율과 빠른 응답 그리고 보다 나은 의사결정을 할 수 있다. 스마트 공급망에는 빅데이터, IoT, 블록체인, 운영합리화를 위한 RPA(Robotic Process Automation)등을 포함하는 다양한 최신기술을 활용하는 것이다[Ribeiro and Povia, 2018]. 이러한 기술을 통해 공급망 회사는 비용을 절감하고 배송 시간을 단축하며 부정적인 환경 영향을 줄이고 전례 없는 수준의 자동화를 달성할 수 있을 것이다. 중요한 것은, 진정한 '스마트' 공급망은 예측할 수 없는 환경에서 자체 개선 향상(self-improving) 기능과 탄력적인 시스템으로 작동하게 될 것이다. 그리고 스마트 공급망에는 정보의 원활한 공유, 부분적인 자동화 의존, 실시간 데이터를 기반으로 한 워크플로의 지속적인 최적화도 포함 된다[Urciuoli and Hintsa, 2018].

2.2 기존 공급망과 스마트 공급망의 차이점

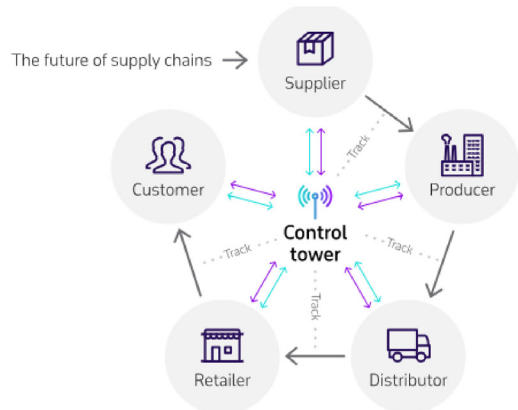
수많은 글로벌 기업들이 최근 들어 선도적으로 공급망의 전략을 변화시키고 있다. 이러한 변화는 팬데믹과 그 뒤를 이은 공급망 충격에 의해 주도되고 있다. 코로나 19 확산 이전 공급망 관리의 기본 전제는 '비용 최소화', '고효율'이었다. 수요 변화에 빠르게 적응하도록 재고를 최소화했으며 임금과 세금이 싼 지역으로 생산 거점을 옮기는 전략을 가지고 있었다. 그러나 최근들어 글로벌 공급망은 더 복잡해지고, 넓어지고, 길어지면서 매우 취약한 점들이 드러나고 있다. 보다 더 근본적인 문제는 팬데믹, 자연재해, 테러리즘, 무역분쟁, 전쟁 등의 통제 불능 요인들로 인해 점점 불확실한 상황으로 빠져들어 가고 있는 것이 최근의 상황이다[Shin et al., 2017].

전통적인 공급망에서, 정보, 자금, 물류는 선형적으로 이동하고, 각 단계는 그 전 단계에 의존하며 연결된 연속된 사건으로 구조화된 방식으로 나타난다. <Figure 1>에서 보는 것처럼 개발, 계획, 조달, 제조, 전달, 지원 등 한 단계의 비효율성은 후속 단계들에서 유사한 비효율성의 연속의 결과로 나타나고 있다. 이해관계자들은 만약 있다 해도, 다른 프로세스들에 대해 매우 작은 가시성만을 가지는 경우가 많고, 이는 반응하거나 혹은 행동을 교정하는 능력을 제약한다(Joe et al., 2015). 운전자에게, 이는 값비싼 '채찍 효과'가 되어 나타나게 되고 그 결과는 고객 수요의 변화로 인한 재고의 출렁임은 더욱 커지고, 따라서 예측이 더 어려워지며, 공급사슬을 따라 더 크게 확대되어 진다 [Jay, 1961].

그러나 디지털 연결성과 기술적 역량의 증가는 새로운 정보와 실제 행동 간의 지연을 감소시킨다. 각각의 공급 교점들이 역량이 더 커지고 연결됨에 따라, 공급망은 동적인, 통합된 공급망으로 변화되어진다. 스마트공급망은 정보에 기반한 더 나은 의사결정을 위해 실시간 데이터를 채택하고, 더 큰 투명성을 제공하며, 전체 공급망에 걸친 향상된 협업을 가능케함으로써 선형적 공급사슬의 지연된 작용-반작용 프로세스를 극복하게 된다. 전형적으로 공급망 관리는 공급사슬 활동을 쪼개서 최초 계획과 다음으로 공급사슬의 실행 부분에 반영해 왔다. 조달, 제조, 배송이 그 실행 부분이다. 이는 <Figure 1>에서 보여주듯이, 계획-조달-제조-전달 혹은 이의 일부 변형으로 기술되는 경우가 많았다. 비록 역사적으로 도움이 되긴 했지만, 분리를 표상하는 이 개념은 스마트 공급망의 세상에서 더 이상 존재하지 않고, 디지털 기술을 이용해 구축 가능한 새로운 역량을 인식하지도 못하게 된다.

<Figure 2>의 스마트 공급망 교점들은 새로운 용어들이 등장하여 묘사 되어 나타내었다. 새로운 스마트 공급망 모델의 상호 연결된 격자가 분명히 나타나는데,

디지털이 핵심에 위치한다. 각각의 교점으로 부터 네트워크의 모든 다른 지점에서의 상호작용에 대한 잠재력이 존재하는데, 이는 과거에는 존재하지 않았던 지역 간의 더 큰 연결성을 가능케 한다. 이 모델에서, 예를 들어, 의사소통은 여러 방향으로 이뤄지며, 전통적으로 공급사슬에서 연결이 단절되어 왔던 곳에도 연결성을 생성한다. 예를 들어, 외진 작업 현장을 모니터링 하는 드론 영상은 현장을 최적화하는 애널리틱스와 문제의 빠른 감지를 가능케 하고, 한편 현장의 3D 프린터는 가동중단 시간을 줄이기 위해 빠르게 대체 부품을 만들어 낸다. 이러한 프로세스 및 유사한 다른 것들을 가능케 하는 다수의 근본적인 사물인터넷 기술이 존재하긴 하지만, 핵심은 개선을 달성하기 위해 어떻게 가용한 정보를 소통, 종합, 분석하고 그에 기반해 행동하는 가를 파악하는 데 있다 [Michael and Mark, 2015].



Source: supplychainbeyond.com-Gartner Supply Chain Conference Trends, 2019.

<Figure 2> Smart Supply Chain Ecosystem System

선형적인 공급망에서 네트워크형 공급망으로 전환은 물리적 자산과 디지털 자산을 연결하는 새로운 방식을 조직이 수용하도록 요구하는 경우가 많다. 전통적으



Source: supplychainbeyond.com-Gartner Supply Chain Conference Trends, 2019.

<Figure 1> Existing Supply Chain System

로, 선형적 공급사슬은 주기적으로 중계되는 예측과 계획에 의존하는데, 이는 각 단계를 거칠 때 마다 과거의 것이 되어가고-따라서 정확성이 떨어진다. 첨단기술을 통해 모든 단계를 서로 연결함으로써, 스마트 공급망은 선형 공급망에서 발견되는 지연, 위험, 낭비를 최소화할 수 있다. 스마트 공급망의 사용이 발전하고 기업이 전체 공급망을 활용해 감에 따라, 전통적인 시간과 공간의 장벽이 축소된다. 기업은 이제 새로운 수준의 성과를 달성하고, 운영 효율성과 효과성을 개선하며, 새로운 수익 기회 창출을 하게 될 것 <Table 1>과 같은 효과를 얻게 될 것이다.

2.3 스마트 공급망의 특성과 기술

스마트 공급망에 대한 표준적으로 인정되는 정의는 없지만 그동안 많은 문헌과 학자들의 연구에 의해서 스마트 공급망에 대한 다양한 특성과 기술들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 스마트공급망을 위해 활성화

된 기술을 기반으로 많은 학자들이 제시한 연구들과 문헌들을 통해 다음과 같이 11가지의 스마트 공급망의 특성을 제시하고자 한다.

- 1) 데이터 생성 도구: 이전에 수동으로 생성 및 저장되었던 데이터는 RFID, GPS, 센서, 스마트 개체, 기계 등과 같은 기술을 통해 생성[Butner, 2010; Wu et al., 2016].
- 2) 투명성: 생성된 모든 데이터는 디지털 방식으로 저장되며 모든 관련 주체가 실시간으로 접근 [Wu et al., 2016].
- 3) 상호 연결성: 자산, (스마트)개체 및 기계와 함께 공급망 엔터티가 모두 풍부하게 얽혀 인간의 개입 없이 전례 없는 수준의 상호 작용 가능. 또한 고객 피드백 및 소셜 미디어 활동과 같은 실시간 시장 개발도 포함[Butner, 2010; Wu et al., 2016].
- 4) 통합화: 광범위한 상호 연결성을 통해 공급망 단계 전반에 걸쳐 글로벌 수준의 협업과 조정을 촉진. 협업은 사회적 책임을 다하고 혁신적이며 스

<Table 1> The Characteristics of a Digital Supply Network

Main Characteristics	Descriptions	Outcome
"Always-on" agility	Securely, DSNs pull together traditional data sets with new data sets that are, for example: <ul style="list-style-type: none"> • Sensor-based • Location-based • "Right-time" vs. "real-time" 	Rapid, no-latency responses to changing network conditions and unforeseen situations
Connected community	Real-time, seamless, multimodal communication and collaboration across the value network with: <ul style="list-style-type: none"> • Suppliers • Partners • Customers 	Network-wide insights from centralized, standardized, synchronized data
Intelligent optimization	A closed loop of learning is created by combining: <ul style="list-style-type: none"> • Humans • Machines • Data-driven analytics • Predictive insights • Proactive action 	Optimized human-machine decision making for spot solutions
End-to-end transparency	Use of sensors and location-based services provides: <ul style="list-style-type: none"> • Material flow tracking • Schedule synchronization • Balance of supply and demand • Financial benefits 	Improved visibility into critical aspects of the supply network
Holistic decision making	Based on contextually relevant information, functional silos are now transparent and deliver parallel visibility, such as: <ul style="list-style-type: none"> • Performance optimization • Financial objectives • Trade-offs 	Better decision making for the network as a whole

Source: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/>.

- 마트해집으로써 성공적인 비즈니스에 필수적인 요소로 빠르게 부상[Akyuz and Gursoy, 2018; Wu et al., 2016]
- 5) 지능화: 스마트 공급망은 실시간 의사 결정 및 향후 시나리오 예측을 위해 수많은 제약 조건과 대안을 평가[Butner, 2010; Wu et al., 2016].
 - 6) 자동화: 수동 프로세스의 낮은 효율/기술로 노동력을 대체하는 기계와 로봇에 의해 수행되어 생성된 생산 일정에 따라 필요한 원자재를 주문하거나 생산 네트워크를 재구성하는 방법[Wu et al., 2016].
 - 7) 탄력성: 스마트 공급망 계획안에 위험과 사전 예방적인 접근 방식이 포함되며 공급망의 중단을 미리 감지하며, 중단 없는 흐름을 위한 가능한 과정과 절충안을 알려줌[Ribeiro and Pova, 2018; Wahlster, 2017].
 - 8) 응답성: 가능한 모든 시나리오를 사전에 매핑 및 계획하고 고객의 실시간 데이터를 처리할 수 있는 능력을 갖춘 스마트 공급망은 변화하는 수요 신호를 빠른 속도로 감지하고 대응 [Büyüközkan and Göçer, 2018]
 - 9) 추적 가능성: 결합이 있는 제품이나 제품 리콜의

주요 관심사 중 하나는 문제의 원인을 지적하고 추적[Urciuoli and Hintsa, 2018]

- 10) 혁신성: 지속적인 개선은 더 나은 방식으로 요구 사항을 충족시키고, 지속적인 혁신을 통해 새로운 방법을 모색하고 자체 학습과 함께 빠르게 진화하는 스마트 공급망의 핵심 기능 [Wu et al., 2016].

- 11) 지속 가능성: 자원의 효율적인 매핑 및 회계, 소비 패턴, 자동화된 운송 및 다양한 기능, 라우팅을 위한 지원 시스템은 환경 영향을 최소화하는데 기여하고, 탄소 배출을 최소화하여 사회적 책임을 강화하며 조직의 경제적 성과를 향상[Kaur and Singh, 2017; Basset et al., 2018].

많은 기업들과 조직 그리고 전문가들이 다양한 기능을 수행할 수 있는 혁신적인 도구를 사용하여 공급망 운영을 위한 개선을 하려고 노력하고 있다. 센서를 제품과 통합하고, 클라우드에 데이터를 저장하고, 몰입형 시각화를 위해 증강 현실을 모바일 애플리케이션에 사용하는 등 다양한 공급망 분야에 혁신적인 기술들이 점진적으로 사용되고 있다. 현재의 스마트 공급망은 다양한 분야에서 진행 중인 이러한 혁신적인 기술들의 집합적인 결과일 것이다. 본 연구에서는 스마

<Table 2> Enabling Technologies for Smart Supply Chain

Enabling technologies	Supply chain capabilities
Artificial Intelligence [Gesing et al., 2018]	Fast problem solving, real time data analysis, complex simulations, self-learning, cognitive decision making, continuous improvement
Big Data [Jeske et al., 2013; Papadopoulos et al., 2017]	Data driven supply chain, supply chain resilience
Blockchain [Heutger and Kückelhaus, 2018]	Ethical practices, trust, brand perception
Augmented Reality [Carmigniani and Furht, 2011; Glockner et al., 2014]	Immersive visualization, real time information access, work assistance, training and improvement
Robotics [Bonkenburt, 2016; Gesing et al., 2018]	Task automation, robustness, flexibility with speed
Cloud Computing [Raj and Sharma, 2014]	Accessibility on the go, scalability
3D Printing [Chung et al., 2016; Marchese and Crane, 2015]	Individualized product and service, digital inventory, simplified and flexible manufacturing
Internet of Things [Lee, 2017b; Macaulay et al., 2015]	Capturing SC information, real time monitoring, management and optimization
Self-Driving Vehicles [Heutger, 2019]	Increased asset uptime, fast transportation, fuel efficiency, lower environment impact
Sensor Technology [Richter and Poenicke, 2013]	Ubiquitous monitoring and control
Omni Channels [Kraemer, 2015]	Convergence of online and offline modes, cross channel integration
Unmanned Aerial Vehicles [Niezgoda et al., 2014]	Increased flexibility and speed in logistics

트 공급망과 관련한 산업보고서과 다양한 학자들의 연구를 조사하여 12가지의 광범위한 기술을 채택하고, 요약하여 <Table 2>에 제시하였다. 여기서 제시한 혁신적인 기술들은 공급망 발전을 위한 일련의 중요한 촉매제가 될 것이 분명하다.

2.4 코로나19 팬데믹과 글로벌 공급망 대응

코로나19 팬데믹으로 인해서 IMF는 최근의 금융시장 불안이 실물시장으로 파급될 가능성을 우려하며 '23년 세계경제 성장률을 2.8%로 전망하였다. 이는 지난 1월 전망치(2.9%)에 비해 0.1%p 하향 조정된 수치이다 [IMF, 2023]. 이는 2008년도 국제 금융 위기 당시보다 더욱 부정적인 예상이다. 만약 코로나19의 확산이 제대로 통제되지 않고 장기화된다면, 글로벌 경제의 회복은 상당히 오랜 시간에 걸쳐서 진행될 것으로 전망된다 [Harris, 2020]. 국제통화기금(IMF)은 글로벌 경제가 코로나19가 발생하기 이전의 상태로 회복되는 데에 최소한 4~5년 이상의 시간이 소요될 것으로 예상하고 있다. 코로나19 팬데믹으로 인한 글로벌 경제위기가 일시적인 것이 아닌 장기적 사태로 이어질 것이라는 전망은 지금까지 기업들이 지향해온 경영전략의 가치체계를 재정립하도록 요구한다. 이는 기업이 그 어느 때보다 복잡한 미지의 상황에 직면함에 따라 공급망의 유연성과 탄력

성을 보다 중요하게 인식하기 시작했기 때문이다[Lund et al., 2020].

대다수 기업에서는 코로나19의 중단 사태로 인해 공급망 운영이 얼마나 노후되고 취약했는지 갑자기 깨닫게 되었습니다. 또한 코로나19 사태로 인하여 기업 경영의 많은 부분을 차지하고 있는 공급망의 불확실성이 가중되고 있다. 지금까지 대부분의 기업들은 JIT와 Lean 공급망 전략으로 대변되는 효율성을 중심으로 하는 SCM 전략으로 기업의 수익을 증대 시킬 수 있었다. 그러나 현재와 같이 환경의 불확실성이 증대하는 시점에서 그리고 4차산업시대가 도래하고 새로운 디지털기술이 발전하고 있는 과정에서 그러한 전략이 여전히 유효할 수 있는지 다시 살펴볼 필요가 있다. 이와 관련하여 산업계의 동향을 살펴보는 측면에서 글로벌 컨설팅 기업들의 리포트를 살펴보도록 하겠다.

<Table 3>은 앞에서 기술한 4개 회사가 제시하고 있는 SCM 혁신방안을 나타내고 있다. 공급망 구축 전략에 있어서 탄력적인 공급망으로의 전환이 필요하고 이를 위해서는 가시성의 확보가 중요하며 이는 정보의 투명성에 의해 가능하다는 것이다. 특히 디지털 기술을 기반으로 하는 디지털 플랫폼과 네트워크 구축을 위해 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 블록체인, 그리고 클라우드 시스템 등으로 4차 산업시대에 적합한 실시간으로 운영될 수 있는 플랫폼의 구축이 필요함을 보여주고 있다.

<Table 3> Consulting Firms' Supply Chain Innovation Strategies

Types	Bain & Company	Deloitte	McKinsey	BCG
Diagnosis and Alternatives	<ul style="list-style-type: none"> Network agility Digital collaboration and information sharing Real-time visibility and insights Resilience based on delegated authority 	<ul style="list-style-type: none"> Agility and responsiveness Resilience and flexibility Visibility Optimization 	<ul style="list-style-type: none"> Transparency and inventory tracking Customer demand prediction models Production, distribution, and logistics optimization Financial management systems 	<ul style="list-style-type: none"> Decision-making through collaboration Automation process platforms Digital technology platforms KPI innovation
Innovation Tools	5G, Blockchain, Cloud, Big Data, AI	5G, Cloud, AI, 3D Printing, Internet of Things (IoT)	Digital technology-based automation, Advanced analysis (AI)	AI, Data Science, Cloud, Applications
Objectives	Resilient Supply Chain	Digital Supply Network	Digital Supply Network	Bionic Supply Chain

Source: Yang et al.(2020).

3. 분석방법과 연구모형

3.1 AHP(Analytic Hierarchy Process)

본 연구에서는 스마트 공급망 구축을 위한 주요 성공 요인을 중요도 평가를 위해 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용하여 분석하였다. AHP는 1970년대 초반 T. Saaty에 의하여 개발된 계층 분석적 의사결정 방법으로 의사결정이 계층구조를 구성하고 있는 요소 간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 하나의 새로운 의사결정 방법론이다(Satty, 1977). AHP는 여러 개의 속성을 분류하여 쌍대 비교, 즉 절대평가가 아닌 상대평가를 통해 의사결정 과정에 참여하는 전문가들의 의사결정 판단자료를 일정한 논리를 통하여 체계적으로 획득 및 분석 가능할 수 있게 해줌으로써 복잡한 의사결정 문제에 대해 상대적 우선순위를 할 수 있도록 해주어, 평가 결과를 간단한 방법으로 이해할 수 있도록 해주는 기법이다. 특히 AHP는 정략적 요소는 물론 정성적인 요소까지 고려할 수 있다는 장점이 있다. 일반적으로 일관성 지수(CI: Consistency Index)가 0.2보다 작게 나오면 의사결정자의 논리적 일관성을 인정할 수 있다고 보고 있으며, 0.1보다 작으면 의사결정자의 논리적 일관성이 매우 높은 수준으로 판단한다. AHP 분석 절차는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> AHP Process

Step 1	Defining the decision problem
	↓
Step 2	Developing a conceptual framework
	↓
Step 3	Setting up the decision hierarchy
	↓
Step 4	Collecting data from experts
	↓
Step 5	Employing the pair-wise comparison
	↓
Step 6	Estimating relative weights of elements
	↓
Step 7	Calculating the degree of consistency
	↓
Step 8	Calculating the mean relative weights

3.2 연구모형

기존의 공급망의 복잡성과 불확실성을 감소시키기 위한 대안으로 스마트 공급망의 개념이 대두되고 있다. 스마트 공급망이란 제품 제조와 운송을 하는 데 사용되는 기계와 제품 등 사물에 각종 센서 및 RFID 태그 등을 부착하는 사물인터넷(IoT), 사이버 물리 시스템(CSP) 등 최선의 혁신의 기술을 통해 제품에 관련된 프로세스 데이터를 수집, 분석하여 의미 있는 정보를 실시간으로 의사결정에 사용하는 공급망 시스템을 말한다. 스마트 공급망의 운영을 통해 기업은 사람을 포함한 비효율적인 자원을 자동화, 지능화, 통합화 등을 통해 효율화시킬 수 있으며, 경영 환경에 탄력적으로 대응할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 이점을 활용하기 위해 독일은 인더스트리 4.0, 미국은 첨단제조파트너십(Advanced Manufacturing Partnership)과 새로운 미국 혁신전략(New Strategy for American Innovation, 일본은 일본재흥전략과 과학기술 이노베이션 종합전략, 로봇신전략, 중국은 중국제조 2025와 인터넷플러스 정책을 통해 4차산업혁명을 대비하고 관련 연구와 정책들이 시행되고 있다. 그간의 연구에서는 스마트 공급망 구현에 필요한 기본요소들을 단편적으로 그리고 단일 기술로만 제시하였고 기업의 스마트 공급망 구축을 위한 전략적이고, 통합적인 연구가 부족하였다. 기업이 혁신적인 기술을 적용하여 스마트 공급망을 구축하기 위해서는 대규모 투자가 요구되므로 최적의 투자를 위해 스마트 공급망 구축을 위한 중요도와 현재 수준을 파악하여 전략적 우선순위를 결정하고 추진하는 것은 매우 필요한 연구가 될 것이다.

본 연구에서는 스마트 공급망 구축을 위한 전략적 우선순위를 결정하는 중요도를 결정하는 연구를 위해 AHP모형을 기반으로 주요 성공 요인을 계층 모형으로 구성하고 전문가의 평가를 통한 중요도를 분석하였다. 본 연구의 목적은 스마트 공급망 구축을 위한 중요도와 전략적 우선순위를 결정하는 계량화할 수 있는 분석 기준을 선정하고, 각 기준 간의 상대적 중요도를 도출한 뒤, 이를 바탕으로 스마트 공급망 구축을 위한 중요도와 우선순위를 평가하여 수치화하고자 한다. 앞서 제시한 문헌연구와 <Table 2>에서 제시된 선행연구를 살펴보면 스마트 공급망 구축을 위한 주요 요인

과 기술 등 다양한 연구들이 존재하며, 다수의 연구에서 주요 변수들이 중복적으로 활용되고 있음을 알 수 있다. 본 연구의 모델을 설계하기 위하여 선행연구와

스마트 공급망 분야의 전문가들과 토론 등을 통하여 주요 요인들을 선정하였다. 이들 각각의 요인 및 세부 기술들은 다음의 <Table 5>에 제시하고 있다.

<Table 5> Hierarchical Model of Important Factors for Building a Smart Supply Chain

Main Factors	Sub Factors and Description
Data Transparency and Integration: D Ensuring Data Accuracy and Reliable Real-time Data Updates	Real-time Data Collection and Analysis: D1 Real-time data collection at every stage from production to logistics and distribution.
	Utilization of Cloud Computing based Data Platform: D2 A platform that monitors and controls every stage from raw material production to the final consumption of products, providing transparent information on product delivery status, inventory levels, and more
	Data Security and Information Privacy: D3 Enhancing data security across the entire supply chain and protecting information
The Utilization of Digital Technology: T For the future, enhancing flexibility and productivity through the adoption of digital technologies, leading to cost savings	Autonomous Vehicles and Drone Utilization: T1 Automating product transportation and delivery using automated transport means, leading to reduced delivery times and cost savings
	Adoption of Blockchain Technology: T2 Ensuring transparency and reliability in the supply chain to address trust issues by providing visibility and safety
	IoT (Internet of Things) and Sensor Technology: T3 Utilizing IoT devices to track and collect real-time data on the location and condition of products and assets
	Adoption of Robots and Automation Systems: T4 Maximizing efficiency through the application of production, logistics, and warehouse operations
The Application of Artificial Intelligence and Big Data Analytics: A Utilizing real-time learning algorithms for predictive analysis and applying optimization techniques to enhance supply chain efficiency	Data-driven Demand Forecasting and Planning: A1 Learning from past patterns and behaviors to achieve accurate demand forecasting and planning
	Optimized Logistics and Inventory Management: A2 Efficient logistics and inventory management, optimizing processes for streamlined operations and cost-effectiveness
	Anomaly Detection and Defect Prediction: A3 Supply chain anomaly detection, predicting and preventing defects for enhanced quality improvement
	Real-time Monitoring and Response: A4 Real-time data analysis for proactive response to minimize risks
Region-Specific and Global Market Collaboration: M Swiftly grasping trends in both regional and global markets to secure a competitive edge in the international business structure, along with efficient communication and process integration with collaborative partners	Various Policies and Regulations: M1 Accurately understanding and applying diverse policies and regulations across regions and countries
	Collaboration with Business Partners: M2 Establishing a platform for business partners to share information, communicate, and integrate seamlessly.
	Economy and Market Structure: M3 Analyzing competitive in each region and market, understanding competitors' strategies and performance, monitoring supply and demand, and responding accordingly
	Environmental Disasters and Climate: M4 The geographical location affects production, transportation, and warehouse management due to natural disasters and climate conditions
Sustainability and Green Supply: E Establishment of a sustainable supply chain and enhancement of eco-friendly energy efficiency	Energy Efficiency: E1 Managing corporate energy consumption efficiency and promoting eco-friendly practices
	Green Materials and Manufacturing Processes: E2 Manufacturing products using eco friendly materials and optimizing production processes sustainably.
	Green Logistics and Transportation: E3 Adopting eco friendly transportation and logistics systems
	Social Responsibility and Ethics: E4 Creating value through fair and non-discriminatory practices in labor, trade, and employment.

3.3 분석 절차

스마트 공급망 구축을 위한 전략적 우선순위를 결정하는 중요도를 결정하는 연구를 위해 상위 평가항목 4개, 하위평가항목 19개를 계층 구조화 하였으며, 쌍대 비교에 의한 설문조사를 실시하였다. 공급망 분야에 SCM 컨설팅사 전문가, 제조업에 종사하고 있는 SCM 전문가, SCM을 연구하는 학자들을 대상으로 30명에게 설문을 하여 23개가 회수된 응답을 대상으로 분석을 하였다. 연구에서는 AHP에서 주어지는 일관성 비율(Consistency Ratio)이 0.1보다 큰 6개의 설문 응답지를 제외하고 결과 분석 평가하였다. 요약은 아래 <Table 8>과 같다. 본 연구의 AHP 분석을 위하여 메이크잇(Make It) 윈도우 버전(<http://imakeit.kr/win/>)을 사용하였다.

4. 분석결과

4.1 설문대상 분석

설문 응답자를 분석한 결과 응답 설문지 총 23개 중 일관성 지수가 0.1보다 큰 6개의 설문지를 제외하였다. 그리고 설문지 17개의 응답자에 대한 분포 특성을 <Table 7>에 나타내었다. 학계가 6명, 산업계가 7명, 컨설팅 분야 4명, 그리고 경력이 5년 이하가 6명, 6년 이상이 11명으로 파악되었다.

4.2 AHP분석을 이용한 스마트 공급망 구축 요인 분석 결과

AHP 분석을 이용한 스마트 공급망 구축을 위한 전략적 우선순위를 결정하는 중요도를 결정하는 연구 분석 결과 <Table 8>과 같이 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 스마트공급망 구축에 상위요인의 중요도 중에서 인공지능 및 빅데이터분석 적용 요인이 0.258을 나타내어 가장 중요한 요인으로 도출되었다. 다음으로 디지털기술의 도입 요인이 0.232, 데이터 투명성과 통합 요인이 0.204, 지역 및 글로벌시장의 협업 요인이 0.186, 친환경과 지속가능성 요인이 0.12 순으로 인공지능 및 빅데이터분석 적용 요인이 가장 중요한 요인으로 보여주고 있다.

먼저 공급망 관리에서 매우 중요한 부분이 예측 분석, 자동화, 비즈니스 인텔리전스, 최적화 알고리즘 등과 같은 것이다. 공급망은 매우 복잡하고, 예측하기 어려운 구조로 구성되어 있기 때문에 공급망의 관리를 위해서는 인공지능 기술의 활용이 필수적인 것이다. 그래서 본 연구의 분석 결과에서 보여준 것처럼 스마트 공급망 구축을 위하여 인공지능 및 빅데이터분석 적용이 가장 중요한 요인 나타났다. 그리고 하위요인으로는 데이터 기반 수요 예측과 계획이 중요하고, 실시간 모니터링 및 대응, 최적화된 물류 및 Inventory 관리, 이상탐지 및 불량 예측 순으로 중요하다는 결과를 보여주었다. 인공지능 기술을 활용하여 수요 예측,

<Table 6> Survey Method

Classify	Contents
Survey	In the field of supply chain management (SCM), experts include SCM consulting professionals, SCM specialists engaged in the manufacturing industry, and scholars conducting research on SCM.
Questionnaire	Distribution Questionnaire 30
	Collected Questionnaire 23
	Analysis Questionnaire 17
Survey Method	Self-filled questionnaire or Google Survey
Survey Period	2023. 10. 10. - 10. 27.

<Table 7> Survey Response Distribution

Career	Academic Expert	Industry Expert	Consulting Expert	Overall
Less than 5 years	1	3	2	6
More than 6 years	5	4	2	11
Overall	6	7	4	17

〈Table 8〉 Analysis Results on the Significance of Building a Smart Supply Chain

Main Factors	Sub Factors	Significance
Data Transparency and Integration: D (0.204)	Real-time Data Collection and Analysis: D1	0.068 (0.335)
	Utilization of Cloud Computing and Data Platform: D2	0.075 (0.369)
	Data Security and Information Privacy : D3	0.060 (0.296)
The Utilization of Digital Technology: T (0.232)	Autonomous Vehicles and Drone Utilization: T1	0.050 (0.214)
	Adoption of Blockchain Technology: T2	0.068 (0.293)
	IoT (Internet of Things) and Sensor Technology: T3	0.059 (0.254)
	Adoption of Robots and Automation Systems: T4	0.055 (0.239)
The Application of Artificial Intelligence and Big Data Analytics: A (0.258)	Data-driven Demand Forecasting and Planning: A1	0.080 (0.312)
	Optimized Logistics and Inventory Management: A2	0.057 (0.221)
	Anomaly Detection and Defect Prediction: A3	0.055 (0.213)
	Real-time Monitoring and Response: A4	0.066 (0.254)
Region-Specific and Global Market Collaboration: M (0.186)	Various Policies and Regulations: M1	0.038 (0.203)
	Collaboration with Business Partners: M2,	0.071 (0.384)
	Economy and Market Structure: M3	0.042 (0.226)
	Environmental Disasters and Climate: M4	0.035 (0.187)
Sustainability and Green Supply Chain: E (0.120)	Energy Efficiency: E1	0.047 (0.395)
	Green Materials and Manufacturing Processes: E2	0.025 (0.211)
	Green Logistics and Transportation: E3	0.028 (0.231)
	Social Responsibility and Ethics: E4	0.020 (0.163)

The value within the parentheses of the Sub Attribute represents its Significance within the same factor.

재고 예측, 운송 예측 등을 수행하여 제품 생산 및 물류 효율성을 높이고 미래를 예측하는 예측모델이 정확하고 불확실성을 줄여 공급망의 효율성을 높이고 비용을 절감하고, 서비스 수준을 향상시킨다면 공급망 관리에 매우 중요한 요인이 될 것이다.

두 번째로 중요한 부분이 새로운 디지털 기술의 도입이다. 하위요인에는 블록체인 기술의 도입, IoT(사물인터넷) 기술 활용, 로봇 및 자동화 시스템의 도입, 자율주행 차량 및 드론 활용 순으로 중요하다고 나타내었다. 기업이 새로운 디지털 기술을 도입함으로써 디지털 기술을 활용하여 기존의 프로세스를 개선하고 새로운 가치를 창출하게 될 것이다. 블록체인, 사물인터넷, 로봇 및 자동화, 자율주행 차량 및 드론 등의 기술을 활용하여 공급망분야에서 효율적인 자원 관리와 최적화된 생산 및 유통 관리를 실현할 수 있도록 돕게 될 것이다. 특히 블록체인 기술은 거래의 투명성을 높이는 데 매우 유용하며, 파트너 간의 신뢰 관계를 구축하는 데 매우 유용하고 파트너간의 거래를 간소화함으로써 협력을 강화하는 효과를 가져오게 된다. 이러한 디지털 신기술의 도입은 비용을 절감하고 생산성을 높일

뿐만 아니라, 고객 만족도를 높이고, 생산성 향상을 가져오게 될 것이다. 적극 적인 디지털 신기술을 추진하여 프로세스를 개선하고, 경쟁 업체들과의 경쟁력을 강화하는 것이 중요하다. 또한, 이를 위해 기술적인 역량과 인재를 확보하고, 데이터를 체계적으로 수집하고 분석하는 능력을 갖추는 것이 필요하다.

세 번째로 중요한 요인이 데이터 투명성과 통합으로 보여주고 있다. 공급망 관리에 있어서 신뢰할 수 있는 투명한 데이터를 사용해 상품 및 서비스의 흐름을 최적화하는 요인도 매우 중요한 요인이다. 실시간 연결과 가시성 및 데이터 투명성은 협력적인 공급망 구축을 위한 필수 요건이다. 투명한 정보의 안정적인 흐름을 제공하는 동시에, 마스터 데이터 관리에 요구되는 동일한 수준의 정교한 방식으로 데이터의 정확도와 가용성을 지속적으로 구축하여 기업이 고품질 데이터를 공유하고 활용해 고객과 공급업체 및 파트너에게 혜택을 제공하도록 지원한다면 공급망의 전반에 걸쳐 인사이트와 민첩성 및 가치를 달성하는 역량을 강화하고, 동시에 효율 및 수익을 개선해 모두를 위한 혜택을 창출하게 되는 것이다. 데이터 플랫폼을 구축하여 부

품의 제조, 재고, 운송 등의 정보를 실시간으로 공유함으로써, 생산성을 높이고 비용을 절감하며, 기업 간의 의사소통이 원활하게 이루어지며, 문제 발생 시 즉각적인 대처가 가능하게 함으로 기업 간의 협력을 강화하고 새로운 시장을 개척하고, 비즈니스 모델을 혁신할 수 있을 것이다.

네 번째로 스마트 공급망 구축에 고려해야 할 요인은 지역 및 글로벌시장의 협업으로 나타내었다. 글로벌 공급망은 제품과 서비스를 생산하고 전 세계 고객에게 제공하는 것과 관련된 비즈니스, 사람, 활동, 정보 및 자원의 복잡한 네트워크를 의미한다. 글로벌 공급망에서 생산 공정의 다른 부분은 종종 인건비, 자원 가용성 및 시장 수요와 같은 요인에 따라 다른 국가에 위치할 수 있다. 글로벌 공급망은 오늘날 경제에서 점점 더 중요해지고 있고, 물류 복잡성, 정치적 불안정 및 환경 문제와 같은 문제와 위험도 내포하고 있다. 본 연구에서도 글로벌 공급망을 효과적으로 관리하려면 관련된 다양한 요인 중에서 사업 파트너와의 협업 및 통합, 경제 및 시장구도, 다양한 정책 및 규제, 자연재해 및 기후 요인 순으로 중요하다는 결과를 보여주고 있다. 글로벌 공급망과의 협업을 통하여 첫째는 비용 절감을 할 수 있다. 글로벌 공급망은 인건비가 낮거나 규모의 경제가 큰 국가에서 재료와 부품을 소싱하여 기업이 비용을 절감하도록 도울 수 있다. 둘째, 새로운 시장에 대한 접근성이 좋아진다. 글로벌 공급망은 기업이 다른 국가에서 재료와 부품을 소싱하고 새로운 지역에 유통망을 구축함으로써 새로운 시장에 도달하고 고객 기반을 확장하는 데 도움을 줄 수 있다. 셋째, 효율성을 향상할 수 있다. 글로벌 공급망은 기업이 생산 및 유통 프로세스를 최적화하여 폐기물을 줄이고 배송 속도와 품질을 개선하도록 도울 수 있다. 셋째, 혁신 및 경쟁력이다. 글로벌 공급망은 다양한 국가 및 지역의 새로운 아이디어, 기술 및 모범 사례에 대한 액세스를 제공함으로써 혁신 및 경쟁력을 장려할 수 있다.

마지막으로 친환경과 지속가능성 요인이 중요한 것으로 결과를 보여 주었다. 스마트 공급망에 있어서 그린 공급망, 투명한 공급망, 순환 공급망은 모두 현대적이고 지속가능한 공급망의 구성요소이다. 지속가능한 공급망이란 윤리적, 환경적으로 책임 있는 관행을 경쟁력 있고 성공적인 모델에 완전히 통합한 공급망이 되는 것이다. 디지털 혁신과 날로 정교해지는 스마트

공급망 기술은 공급망의 지속가능성 향상에 중요한 역할을 하고 있다. 빅데이터 관리, 고급 분석, 인공지능(AI), 블록체인, IOT로 인해 최신 공급망에서는 전례 없는 가시성과 책임 경영 역량이 향상되었다. 기업은 이제 기업의 사회적 책임을 증명하고 친환경 공급망과 지속가능한 물류 관련 선진사례를 공유할 향상된 역량 만큼 큰 의무를 가지게 되었다. 윤리적 공급망 관행이 비즈니스에 더 중요하고 즉각적인 우선순위로 자리하면서 규제준수 목표와 지속가능성 벤치마크도 더욱 표준화되고 있다. UN 글로벌 콤팩트에서는 공급망의 지속가능성을 측정하는 10가지 기준을 제시 하였다. 이 기준에서는 환경 책임, 노동 관행, 인권, 부패 등의 영역을 다루고 있다. 이들 원칙은 사회적으로 책임 있는 관행과 제품이 사람과 지구에 유익할 뿐 아니라 긍정적인 브랜드 인지도, 경쟁력, 장기적 수익성 확보, 리스크의 최소화에도 좋은 영향을 미친다는 인식을 기반으로 정립되었다고 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

5.1 연구결과 요약 및 시사점

스마트 공급망은 다양한 영역에서의 신속한 발전을 활용하여 비즈니스 모델과 기술적 혁신을 통합하는 것이 공급망 경영자들에게 제기된 과제이다. 이를 위해서는 먼저 조직 내 새로운 사업 기회나 충족되지 않은 '화이트 스페이스'를 식별하고 이후 기술적 통합을 위한 용량과 자원을 구축하여 스마트 공급망의 혜택을 가져갈 수 있는 통합적 전략이 필요 하다. 기술과 산업 목표 간의 원활한 통합이 스마트 공급망 분야의 디지털 변혁(Digital Transformation)의 혜택에 크게 의존하게 될 것이다.

본 연구에서는 공급망을 보다 스마트한 시스템으로 전환하기 위한 프레임워크를 제시하고 현재 진행 중인 다양한 혁신과 현재의 산업에서 발생하는 현상을 발전시키기 위해서는 혁신을 수반 해야 한다는 점을 강조하고자 한다. 먼저, 스마트 공급망의 11가지 주요 특성을 제시하고 공급망을 위한 활성화 혁신으로 떠오르고 있는 12가지 기술에 대해 열거하였으며 이를 바탕으로 현재 산업의 위기를 극복하고 발전된 스마트 공급망 구축을 위해 고려해야할 요인을 상위 평가항목 4

개, 하위평가항목 19개를 계층 구조화하여 제시하였다. AHP 방법론으로 분석한 결과 인공지능 및 빅데이터분석 적용, 디지털기술의 도입, 데이터 투명성과 통합, 지역 및 글로벌시장의 협업, 친환경과 지속가능성 요인 순으로 중요하다고 전문가들이 평가하였다.

최근의 새로운 디지털 신기술을 기업에 적용한다는 막대한 투자가 요구되는 투자 리스크가 존재한다. 따라서 실제 스마트 공급망 구축을 검토 할 경우에는 기업 내부적으로 비즈니스 혁신 모델을 연구하고 파트너사와 지속적인 새로운 디지털 기술 도입을 위해 사전에 충분한 연구와 논의가 있어야 할 것이다.

5.2 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

팬데믹 이후 글로벌 공급망의 변화는 거시경제와 산업 전반에 걸쳐 새로운 시각(perspective)과 대응을 요구한다. 또한 디지털기술의 발전이 가속화 되면서 빅데이터와 인공지능 기술을 활용한 실시간 모니터링 및 데이터 분석은 공급망 관리의 미래를 크게 바꿀 것이다. 이를 적극적으로 도입하면 기업은 더욱 경쟁력 있는 공급망 구축과 비용 절감을 달성할 수 있을 것이다.

또한 스마트 공급망 구축을 구축하려면 많은 시간과 비용이 필요하다. 또한, 기업 간의 협력을 위해서는 보안 문제 등 여러 가지 문제들을 해결해야 한다. 스마트 공급망을 구축할 때, 신중한 계획과 전략이 필요하다. 본 연구는 이러한 스마트 공급망 구축을 위한 기본적인 요인들의 중요도를 전문가들로부터 평가하여 그 구축 요인의 중요도를 분석한 연구이다. 아직 스마트 공급망에 대한 연구가 초기 단계에 있다고 생각한다. 본 연구에서 제시한 스마트 공급망 구축을 위한 계층 모형에 대해서도 좀 더 정교하고 충분한 논의가 필요하다고 판단되며, 이 부족한 부분의 연구도 계속 진행하여 좀 더 완성도 있는 연구가 되도록 할 것이다. 본 연구를 보다 발전시켜 실제 기업에 적용 시에는 전략 단위의 적용이 아닌 실제 기업 현장에 바로 적용 가능한 중요 요인들을 파악하고 분류하는 연구를 추가적으로 진행할 것이다.

References

[1] Akyuz, G. A. and Gursay, G., "Becoming

smart, innovative, and socially responsible in supply chain collaboration, Encyclopedia of Information Science and Technology", (4th ed.), IGI Global, Hershey, 2018, pp. 5285-5305.

- [2] Basset, M. A., Manogaran, G., and Mohamed, M., "Internet of things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems", Future Generation Computer Systems, Vol. 86, 2018, pp. 1-15.
- [3] Bonkenburt, T. "Robotics in logistics, DHL Customer Solutions & Innovation", Germany, 2016.
- [4] Butner, K., "The smarter supply chain of the future", Strategy and Leadership, Vol. 38, No. 1, 2010, pp. 22-31.
- [5] Büyüközkan, G. and Göçer, F., "Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research", Computers in Industry, Vol. 97, 2018, pp. 157-177.
- [6] Carmigniani, J. and Furht, B., "Augmented reality: An overview, Handbook of Augmented Reality", Springer, New York, 2011, pp. 3-46.
- [7] Chung, G., Niezgodá, D., Beissmann, R., Chaturvedi, K., Kooi, T., and Wen, J., "3D Printing and the Future of Supply Chains", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2016.
- [8] Gesing, B., Peterson, S. J., and Michelsen, D., "Artificial Intelligence in Logistics - A Collaborative Report by DHL and IBM on Implications and Use Cases for the Logistics Industry", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2018.
- [9] Glockner, H., Jannek, K., Mahn, J., and Theis, B., "Augmented reality, DHL Customer Solutions & Innovation", December, 2014, [online] <https://doi.org/10.1145/2656433>.
- [10] Heutger, M. and Kückelhaus, M.,

- "Blockchain in logistics", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2018.
- [11] Heutger, M., "Self-Driving Vehicles in Logistics", DHL Customer Solutions & Innovation, 2014.
- [12] IMF, "World Economic Outlook", available at <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/14/weo-april-2023>, 2023.
- [13] Jay, W. F., "Industrial Dynamics", Cambridge, MA: MIT Press, 1961.
- [14] Jeske, M., Grüner, M., and WeiB, F., "Big Data in Logistics: A DHL Perspective on How to Move Beyond the Hype", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2013.
- [15] Joe, M., Evan, Q., and Michael, E. R., "Forging links into loops: The Internet of Things' potential to recast supply chain management", Deloitte Review Vol. 17, Deloitte University Press, 2015. <http://dupress.com/articles/internet-of-things-supply-chain-management/>.
- [16] Kaur, H. and Singh, S. P., "Modeling low carbon procurement and logistics in supply chain: A key towards sustainable production", Sustainable Production and Consumption, April, Vol. 11, 2017, pp. 5-17.
- [17] Kim, H. J., and Oh, K. H., "The Effects of SCM Activity on Management Performance", Korean Management Consulting Review, Vol. 9, No. 4, 2009, pp. 111-128.
- [18] Kraemer, D., "Omni-Channel Logistics: A DHL Perspective on Implications and Use Cases for the Logistics Industry", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2015.
- [19] Lee, I., "The internet of things (IoT): Capabilities and applications for smart supply chain", The Internet of Things in the Modern Business Environment, 2017, pp. 76-93.
- [20] Lund, S., Manyika, J., Woetzel, J., Bughin, J., Krishnan, M., Seong, J., and Muir, M., "Globalization in Transition: The Future of Trade and Value Chains", McKinsey, January, 2020. available at <https://www.mckinsey.com/featured-insights/innovationand-growth/globalization-in-transition-the-future-of-trade-and-value-chains>
- [21] Macaulay, J., Buckalew, L., and Chung, G., "Internet of things in logistics", DHL Customer Solutions & Innovation, Vol. 1, No. 1, 2015, pp.1-27.
- [22] Marchese, K. and Crane, J., "3D Opportunity for the Supply Chain", Deloitte, 2015.
- [23] Michael, R. and Mark, C., "The more things change: Value creation, value capture, and the Internet of Things", Deloitte Review, Vol. 17, 2015, Deloitte University Press, <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/deloitte-review/issue-17/value-creation-value-capture-internet-of-things.html>.
- [24] Niezgoda, D., Endriß, S., and Kückelhaus, M., "Unmanned Aerial Vehicles in Logistics", DHL Customer Solutions & Innovation, Germany, 2014.
- [25] Papadopoulos, T., Gunasekaran, A., Dubey, R., Altay, N., Childe, S. J., and Fosso-wamba, S., "The role of big data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability", Journal of Cleaner Production, Vol. 142, 2017, pp. 1108-1118, Elsevier Ltd.
- [26] Park, G. W., Park, G. T., and Kim, B. W., "Relationship Management in Supply Chain Management - Focused on the Characteristics of Relationship Management Variables", Korean Management Review, Vol. 44, No. 4, 2015, pp. 985-1012.

- [27] Raj, S. and Sharma, A., "Supply Chain Management in the Cloud", Accenture, pp. 1-11, 2014.
- [28] Ribeiro, J. P. and Povoá, A. B., "Supply chain resilience: definitions and quantitative modelling approaches: A literature review", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 115, November 2017, pp. 109-122.
- [29] Richter, K. and Poenicke, O., "Low-cost sensor technology, DHL Customer Solutions & Innovation", Germany, December 2013, p. 24.
- [30] Saaty, T. L., "A scaling method for priorities in hierarchical structures", *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, 1977, pp. 234-281.
- [31] Shin, J. C., Lim, O. K., and Park, Y. H., Song, S. H., "A Study on Determining Priorities of Basic Factors for Implementing Smart Supply Chain", *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 17, No. 1, 2017, pp.1~12.
- [32] Urciuoli, L. and Hintsa, J., "Improving supply chain risk management - can additional data help?", *International Journal of Logistics Systems and Management*, Vol. 30, No. 2, 2008, pp. 195-224.
- [33] Wahlster, W., "Artificial Intelligence as the driver of the second wave of digitization", *VDMA Impulse*, 2017. [online] <https://www.vdmaimpulse.org/article/-/article/render/156223#>
- [34] Wu, L., Yue, X., Jin, A., and Yen, D. C., "Smart supply chain management: A review and implications for future research", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 27, No. 2, 2016, pp. 395-417.
- [35] Yang, J. Y., Lee, H. S., and Park G., "Consideration of COVID-19 and Innovation Demands in Supply Chain Management Strategies: Focusing on Proposals from Global Consulting Firms", *Korean Management Consulting Review*, Vol. 20, No3, 2020, pp. 225-236.

■ 저자소개



Cheol-Soo Park

Cheol-Soo Park works as a Professor in the Department of Business Administration at Halla University. He received his M.S. and Ph.D. from the Business College at KAIST. His current research interests encompass North Korean Business and Economy, Entrepreneurship Management, Big Data Analysis in Accounting and Finance, AI Applications in Management, Intellectual Capital, and more.