

한국 방위산업 공급망 강화 측면의 한·미 공급망 안보 약정 효과 분석

Analyzing the Effectiveness of the Korea-U.S. Supply Chain Security Arrangement in Strengthening the South Korean Defense Industry Supply Chain

신용혁*, 양찬**, 서혁***

Yong-Hyuk Shin*, Chan Yang*, Hyuk Seo*

ABSTRACT

In November 2023, the signing of the South Korea-U.S. Security of Supply Arrangement (SOSA) marked a critical turning point in an era of increasing supply chain risks. While this agreement offers substantial benefits to the stakeholders involved, there is a lack of quantitative research on its effects. This study analyzes the impact of such supply agreements on supply chain efficiency using a mathematical model. The aim is to provide insights into how the agreement mitigates risks and enhances the profitability of participants in an uncertain supply chain environment. The analysis reveals that in a supply chain with two participants, the existence of a supply agreement leads to higher supply chain profits compared to when no such agreement is in place. The findings of this study are expected to be useful for analyzing the effects of various agreements related to supply chains.

초 록

2023년 11월, 한-미 공급망 안보 약정이 체결되며 공급망 리스크가 증가하는 시대에 중요한 전환점을 맞이했다. 이 약정은 참여 주체들에게 큰 이익을 제공하지만, 그 효과에 대한 정량적인 연구는 부족한 실정이다. 본 연구는 이러한 공급약정이 공급망의 효율성에 미치는 영향을 수리모델을 활용하여 분석하였다. 이를 통해 불확실한 공급망 환경에서 약정이 어떻게 리스크를 완화하고, 참여자들의 수익성을 향상시키는지에 대한 통찰을 제공하고자 한다. 분석 결과 참여자가 2명인 공급망 안에서 참여 주체간 공급 약정이 존재하는 경우, 그렇지 않은 경우보다 더 높은 공급망 이윤이 발생하는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 공급망과 관련한 다양한 약정의 효과를 분석하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Supply Chain(공급망), Supply Arrangement(공급 약정), SOSA(공급안보약정), Disruption Risk(중단 위험)

* 신용혁, 한국방위산업진흥회

** 양 찬, 한국방위산업진흥회

*** 서 혁, 한국방위산업진흥회 (교신저자 E-mail: vision1213@kdia.or.kr)

I. 서론

1.1. 연구 배경 및 목적

세계 각국은 방위산업 발전을 위해 다양한 노력을 기울이고 있으며, 그 중요성은 국제 안보와 경제에 매우 큰 역할을 차지하고 있다. 방위산업은 각국의 군사력 유지와 발전 뿐만 아니라 첨단 기술 개발의 중심에 있으며, 다양한 분야에서 혁신을 촉진하고 있다(Gilkova, 2021).

이 중 방위산업에서 공급망 역량 강화는 국가 안보와 방위력 유지에 필수적인 요소로, 최근 공급망 회복력 강화가 세계 각국에서 중요한 과제로 떠오르고 있다. 방위산업의 공급망은 단순한 자재와 부품의 이동 경로를 넘어, 국가가 긴급한 안보 위기에 직면했을 때 얼마나 신속하고 안정적으로 대응할 수 있는지를 결정하는 핵심 요소이다(Chain, 2022). COVID-19 팬데믹과 우크라이나·전쟁으로 인해 이러한 공급망의 중요성은 더욱 부각되었으며, 군사 산업 내에서 발생한 공급망 붕괴는 심각한 문제로 떠오르고 있다. 팬데믹과 우크라이나·러시아 전쟁 동안 많은 방위 산업 공급업체들이 공급망 관리와 관련한 지속적인 계획을 마련하지 못한 채 위기에 처했고, 주요 부품의 조달이 중단되면서 군사 장비와 무기 생산에 차질이 발생했다(Urmston 외, 2024). 이는 공급망 회복력의 부족이 국가 안보를 심각하게 위협할 수 있음을 여실히 보여주었으며, 이에 따라 각국은 이러한 위협에 대비할 수 있는 체계적인 복원력 강화가 필수적임을 인식하게 되었다

이러한 공급망 위기는 세계 최고 수준의 방위산업 기반을 가지고 있는 미국도 피할 수 없었다. 미국의 방위산업 공급망은 다양한 측면에서 위기에 직면해 있으며, 2024년 국가방위전략보고서에 따르면 미국은 무기 및 기술 장비의 생산과 재보급 능력이 상당히 부족한 것으로 나타났다. 미국은 이러한 문제를 해결하기 위해 방위산업 기반을 확대하고 혁신적인 운영 개념을 도입하는 데 중점을 두고 있다. 특히 공급망 회복력 강화를 위해 대규모 인프라 투자와 민간 기업 및 동맹국과의 협력을 추진하고 있다(Harman 외, 2024). 이러한 노력의 일환으로 지난 2023년 11월 한미 공급안보약정(이하 SOSA)가 체결됐다. SOSA(Security of Supply Arrangement)는 미국이 우방

국과 국방 분야의 공급망 안정을 위해 상호 우선공급을 지원하는 내용의 기관 간 약정으로 한국은 16번째 체결국이 됐다(박수운, 2023). SOSA는 통해 방위 물자의 공급망 회복력을 강화하고, 평상시뿐만 아니라 비상 상황에서도 군 수물자를 빠르게 확보를 보장한다. 이를 통해 방위 협력 파트너 간 상호 운용성을 강화하고, 공급망 문제를 사전에 해결할 수 있는 체계를 마련한다(US Department of Defense, 2023).

SOSA는 이처럼 방위산업의 공급망 안정화와 회복력 강화를 위해 매우 중요한 약정이라고 할 수 있으나 아직까지 그 효과와 영향에 대해 정량적으로 분석한 연구는 수행되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 참여자가 2명인 공급망 안에서 공급망 약정이 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우를 가정하고 약정이 존재할 때 공급망 전체에 더 큰 이익이 있음을 수리모형을 통해 보이고자 한다.

1.2. 연구내용 및 범위

본 연구에서 구축할 문제는 1개의 체계업체와 협력업체로 구성된 두 국가의 공급망 이윤 분석을 중심으로 한다. 구체적으로, 각 국가의 체계업체가 각각 협력업체로부터 고정된 양의 물품을 공급받고, 수요를 충족시키지 못할 경우 상대방의 협력업체로부터 일정량을 공급받는 상황을 가정한다. 각 협력업체는 공급 중단 위험성을 가지며, 이로 인해 체계업체들은 수요 충족을 위해 긴급 구매처를 사용하여 수요를 충족 시키는 경우도 발생할 수 있다고 가정한다. 하지만 이런 경우 더욱 비싼 가격으로 구매해야 한다. 이러한 상황은 자국 내 물자 부족 시 상대 국가의 물자를 구매할 수 있는 SOSA 약정의 특성을 반영하기 위함이다. 궁극적으로 본 연구에서는 공급망에서 발생하는 불확실성 속에서 두 국가간의 공급망 협력이 존재하는 경우, 독립적으로 공급망이 운영되는 경우보다 더 큰 이윤을 가져올 수 있음을 보이는 것이다. 이를 위해 공급망 내 체계업체·협력업체의 역할, 공급 중단 확률, 그리고 비용 구성 등을 모두 고려하여 수리 모델을 구성하고, 정규 분포를 가정한 수요 분포 하에서 이윤 변화를 분석했다.

II. 선행연구

2.1. 공급망 협력 모델

독립된 공급망이 아닌 다수의 공급망의 협력 문제를 다룬 연구들은 다수 진행됐다. (Ramanathan, 2014)는 공급망 협업의 성과를 분석하기 위해 시뮬레이션 방법을 활용했으며 해당 방법을 활용해 최적 협력 파트너수, 투자 수준 등을 도출하였다. (Chen & Chen, 2005)은 공동 보충 프로그램을 통한 공급망 협력이 공급망 개선에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 수량 할인 제도를 통해 공급망 참여자들 간 파레토 개선을 달성할 수 있음을 보였다. (Asian & Nie, 2014)은 주 공급업체와 백업 공급업체로 이루어진 공급망을 가정하고 옵션 계약 메커니즘이 적용된 모델이 수요 불확실성과 공급 중단 불확실성 하에서 효과적인 전략이 될 수 있음을 보였다. (Shen, 2017)은 통합 공급망 설계 시 시설의 수, 재고 비용, 유통 비용을 고려한 통합 방안을 비선형 최적화 모델을 통해 개발할 수 있음을 보이고 해당 분야에 대한 최근 발전 동향에 대해 분석했다. (Sharifzadeh 외, 2015)은 불확실성을 고려한 공급망 네트워크 설계를 위해 MILP 모델을 활용했으며, 해당 모델을 활용해 중앙 집중형 공급망을 설계한 결과 바이오매스 자원을 효과적으로 공급하여 비용이 낮아질 수 있음을 보였다. (Alayet 외 2018)은 임산물 공급망을 위한 중앙 집중식 모델을 제안했다. 총 공급망 이익 극대화를 위한 MILP 모델을 개발했으며, 송 변동, 가격 변동 등 다양한 시나리오 테스트 및 민감도 분석을 진행하여 해당 모델의 유용성을 검증했다.

2.2. 공급망 영향 분석

Doganay & Ergun (2017)은 공급망 협업과 공급망 성과 간의 관계를 분석하였으며, 회귀분석을 통해 공급망 협력이 공급망 성과 개선에 유의미한 영향을 미친다는 결론을 제시했다. (조한철 외, 2024)은 한-미 방산기술협력 성과에 대한 요인 도출을 위해 사업성과(일정 및 비용목표 달성), 방산수출 증대, 군사대비태세 강화에 영향을 미치는 요인을 분석했다. 방위사업 분야 종사자를 대상으로 설문 조사 및 회귀분석을 통해 협력성과 영향 요인을 분석한 결

과, 기술협력과 공급망 협력 요인이 유의미한 영향이 있음을 확인했다. (박성욱 & 박성택, 2013)은 공급망 참여업체들이 공급망 주도기업과 2차 협력업체와의 협업을 통해 얻게 되는 경쟁력과 참여업체의 SCM 성과에 영향을 미칠 수 있는 선행요인에 대해 분석했다. 분석 결과, 공급망 주도기업과의 협업은 기술적 지원, 2차 협력업체와의 협업, 그리고 인센티브가 주요 영향을 미치며, 특히 정보공유는 SCM 성과에 유의한 영향을 미침을 보였다. (Ding 외, 2018)은 공급망 통합과 기존 장비 제조업체의 운영 성과 관계에 대한 인과 효과를 분석하였다. 회귀분석을 통해 실증 분석을 진행한 결과 공급망 통합과 운영 성과 간의 비선형성이 있으며, 비선형성의 경우 시장 불확실성에 의해 조절될 수 있음을 발견했다.

앞선 연구들에서 공급망 협력 상황을 위한 수리모델 구축 및 정책들의 요인분석들이 이뤄졌다. 하지만 방위산업 분야에 특화된 연구는 거의 진행되지 않고 있었으며, 특히 국내 연구 중 SOSA의 영향 분석에 대한 연구는 아직 진행된 바가 없다. 따라서 본 연구는 SOSA의 구조를 반영해 그 효과를 분석한 첫 연구이며, 이는 방위산업 연구에서 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

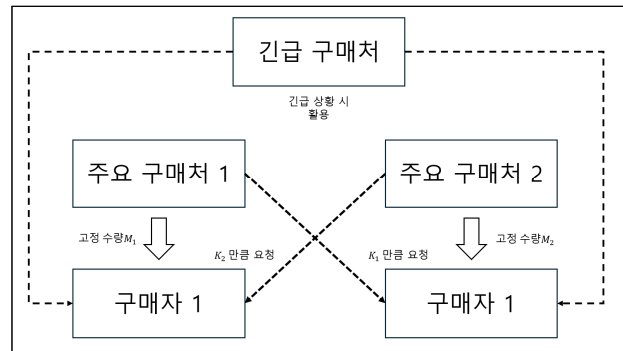
III. 연구방법

3.1. 공급망 구조

SOSA를 통해 미국은 필요한 국방 자원을 한국에 요청하고 한국은 이를 우선적으로 공급하게 된다. 한국의 경우는 이전부터 DPAS(Defense Priorities and Allocations System) 안에 있는 SPA 제도를 통해 미국에게 필요한 국방 자원을 우선적으로 요청하고 있었다(US Department of Commerce).1) 결과적으로 SOSA 약정을 통해 한국과 미국은 서로에게 필요한 국방 자원을 우선적으로 요청할 수 있는 상황이다. 이러한 상황을 반영하기 위한 공급망 구조는 다음과 같다. 먼저 공급망 내에 한국과 미국의 체계업체가 존재하는 상황 즉 2명의 주요 판매자가 있다고 가정한다. 각 주요 판매자는 국방 자원을 공급받을 수 있는 협력업체를 가지고 있다. 체계업체는 협력업체를 통해 매번 고정된 수량을 공급받게 된다. 만일 협력업체가 공급

이 중단되거나 혹은 협력업체에게 공급을 받아도 수요를 충족 시키지 못할 경우를 대비해 사전에 미리 정해진 양을 상대방의 협력업체에게 요청할 수 있다. 즉 상대방의 협력업체를 백업 협력업체로 활용할 수 있는 것이다. 이러한 구조는 기존 DPAS와 SOSA약정을 통해 한국과 미국이 서로에게 우선적으로 국방 자원을 요청할 수 있는 상황을 반영하기 위함이다. 만일 백업 협력업체를 활용했음에도 수요를 충족시키지 못할 경우 긴급 구매처를 활용해야 한다. 단 긴급 구매처의 경우 고정적인 수량을 제공하며, 긴급구매처를 활용할 경우 국방 자원의 구매 비용은 주요·백업 협력업체를 활용할 때보다 상대적으로 높다. 또한 긴급구매처를 활용하였음에도 수요를 충족시키지 못할 경우 충족하지 못한 수량에 지체상금률이 곱해져서 지체상금이 부과된다. 본 연구에서 한국의 경우 협력·체계업체 1을, 미국은 협력·체계업체2를 가지고 있다고 가정한다. 앞선 공급망 구조에 따라 본 연구의 주 목적인 SOSA를 통한 공급망 협력의 이익을 분석하기 이를 위해서는 몇 가지 가정사항이 필요하며, 가정은 아래와 같다.

- 1) 본 연구는 single selling season을 가정한다.
- 2) 주 협력업체는 공급 중단 가능성을 가지고 있으며, 중단 확률은 베르누이 분포를 따른다.
- 3) 주 협력업체가 중단되지 않으면 사전에 결정된 고정된 수량을 제공한다.
- 4) 공급망 협력이 존재하는 경우 각 체계업체들은 상대 체계업체의 주요 협력업체를 백업 협력업체로 활용할 수 있다. 이 때 백업 협력업체에서 구매할 수 있는 수량은 사전에 미리 결정된다.
- 5) 체계업체와 협력업체는 모두 위험 중립적이며, 체계업체의 경우 주요·백업 협력업체를 통해 수요를 충족시키지 못할 경우 긴급 구매처를 통해 수요를 충족시킬 수 있다.
- 6) 수요를 충족시키고 남은 품목에 대해서는 잔존가치가 적용된다.
- 7) 정보 대칭 하에서, 모든 비용 및 관련 파라미터는 공유되며, 주 협력업체의 공급 중단 확률과 시장 수요 특성은 알려져 있다.
- 8) 모든 비용 및 이익 매개변수는 외생적으로 주어진다.
- 9) 활용하는 방산 자원은 단일 품목이다.



〈그림 1〉 공급망 약정을 통한 공급망 구조

해당 가정사항을 통해 공급망 협력이 존재하는 경우와 공급망 협력이 존재하지 않는 경우의 수리 모델을 구축하여 공급망 총 이익을 분석하고자 한다.

〈표 1〉 파라미터

변수 설명	
α_1	협력업체 1 공급 중단 확률
α_2	협력업체 2 공급 중단 확률
x	시장 수요
$f(x)$	수요의 확률 밀도 함수
$F(x)$	수요의 누적 확률 함수
μ	수요의 평균
σ^2	수요의 분산
M_1	협력업체 1의 고정 공급량
M_2	협력업체 2의 고정 공급량
K_1	체계업체 2가 협력업체 1에게 요구하는 구매량
K_2	체계업체 1이 협력업체 2에게 요구하는 구매량
W_{b1}	협력업체 1의 구매 비용
W_{b2}	협력업체 2의 구매 비용
B_{b1}	체계업체 2의 협력업체 1 구매 비용
B_{b2}	체계업체 1의 협력업체 2 구매 비용
PR_1	협력업체 1의 생산 비용
PR_2	협력업체 2의 생산 비용
E	긴급 구매처로부터 구매비용
E_m	긴급 구매처로부터 공급받는 수량
p	판매비용
s	잔존가치
D	지체상금률

3.2. 공급망 협력 존재 시 수리 모델

공급망 협력이 존재하는 경우 두 체계업체간 상호작용이 발생한다. 즉 상호작용을 고려했을 때 공급망의 총 평균 이윤함수를 구성해야 한다. 본문에서는 협력업체·체계업체 1과 연관된 이윤함수를 작성하며 협력업체·체계업체 2와 관련된 부분은 협력업체·체계업체 1의 이윤함수와 대칭이므로 해당 부분은 부록 1. 과 같다. 먼저 체계업체의 이윤은 아래와 같다.

3.2.1 협력업체 1&2 정상 공급

3.2.1.1 체계업체 2가 K_1 만큼 요구하지 않는 경우

체계업체 2가 1에게 K_1 을 요구하지 않는 상황에서 M_1 만큼의 공급량으로 수요를 충족시키는 경우 체계업체 1의 이윤함수는 아래와 같다. 해당 식은 최종 판매가격과 잔존 가치의 합으로 이뤄진다.

$$(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)[(p - W_{b1}) \int_0^{M_1} xf(x)dx + s \int_{M_1}^{\infty} (M_1 - x)f(x)dx] \quad (1)$$

체계업체 2가 1에게 K_1 을 요구하지 않는 상황에서 M_1 만큼의 공급량이 수요를 충족시키지 못하는 경우 협력업체 2에게 K_2 만큼 요청하게 된다. $M_1 + K_2$ 이 수요를 만족시키는 경우 정상적으로 판매가 이뤄지며 수요의 초과분은 잔존가치로 환산된다. 만약 $M_1 + K_2$ 으로도 수요를 충족시키지 못하면 긴급 구매처를 통해 남은 수요를 충족하게 된다. 식 (2)의 경우 $M_1 + K_2$ 으로 수요를 만족시킬 때 이윤함수, 식 (3)의 경우 긴급 구매처로 수요를 충족하는 부분에 대한 이윤함수 식 (4)의 경우 잔존 가치에 대한 이윤함수다. 식(5)의 경우 긴급구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

3.2.1.2 체계업체 2가 K_1 만큼 요구하는 경우

체계업체 1과 2의 협력업체가 정상 공급하는 상황에서 체계업체 2가 체계업체 1의 협력업체에 K_1 만큼을 요구할 때 체계업체 1의 이윤함수는 다음과 같다. 식 (6)는 체계업체 2가 협력업체 1에게 K_1 만큼을 요청했을 때 체계업체 1이 $M_1 - K_1$ 만큼의 수량으로 수요를 충족시키는 경우이다. 식 (7)은 체계업체 1이 수요를 충족시키지 못하는 상황일 때 협력업체 2에게 K_2 만큼 수량을 요청하여 수요를 충족시키는 경우이다. 식(8)은 K_2 만큼 요청했음에도 수요를 충족시키지 못해 긴급 구매처를 통해 수요를 충족시키는 경우이다. 식(9)의 경우 긴급구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

$$(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)[(p - W_{b1}) \int_0^{M_1 - K_1} xf(x)dx + s \int_{M_1 - K_1}^{\infty} (M_1 - K_1 - x)f(x)dx] \quad (6)$$

$$(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)[(p - W_{b1}) \int_{M_1 - K_1}^{M_1 - K_1 + K_2} (x - M_1 + K_2)f(x)dx] \quad (7)$$

$$(p - E) \times \int_{M_1 - K_1 + K_2}^{M_1 - K_1 + K_2 + E_m} (x - M_1 + K_1 - K_2)f(x)dx] \quad (8)$$

$$(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2) \times D \times p \int_{M_1 - K_1 + K_2 + E_m}^{\infty} xf(x)dx \quad (9)$$

3.2.2 체계업체 1의 협력업체 공급 중단 & 체계업체 2 협력업체 정상 공급

해당 상황은 체계업체 1의 협력업체가 공급중단 된 상이다. 체계업체 1의 경우 협력업체로부터 방산 자원을 공급 받을 수 없게 되므로 체계업체 2의 협력업체 혹은 긴급 구매처를 활용해야 한다. (10)의 경우 체계업체 2의 협력업체에게서 K_2 만큼 공급 받았을 때 수요를 충족한 경우이며 식 (11)의 경우 긴급 구매처를 활용한 상황이다. 식(12)의 경우 긴급구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

$$\alpha_1(1-\alpha_2)[(p-B_{b2})\int_0^x xf(x)dx + s\int_{K_2}^{\infty}(K_2-x)f(x)dx] \quad (10)$$

$$\alpha_1(1-\alpha_2)[(p-B_{b2})\int_0^{K_2} xf(x)dx + (p-E)\int_{K_2}^{K_2+E_m}(x-K_2)f(x)dx] \quad (11)$$

$$\alpha_1(1-\alpha_2)Dl \times p\int_{M_1-K_2-E_m}^{\infty}(x-M_1-K_2-E_m)f(x)dx \quad (12)$$

3.2.3 체계업체 1의 협력업체 정상 공급 & 체계업체 2 협력업체 공급 중단

해당 상황은 체계업체 2의 협력업체가 공급중단 되어 협력업체 1에게 K_1 만큼을 요청하는 상황이다. 체계업체 1의 경우 협력업체 2에게 다시 K_2 만큼을 요청할 수 없기에 M_1-K_1 로 수요를 충족시키거나 부족분은 긴급 구매처를 활용해 충족시켜야 한다. 식(13)의 경우 K_1 만큼 요청이 있음에도 수요가 충족된 상황이며, (14)의 경우 긴급 구매처를 통해 수요를 충족시키는 상황이다. (15)의 경우 긴급 구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

$$(1-\alpha_1)\alpha_2[(p-W_{b1})\int_0^x xf(x)dx + s\int_{M_1-K_1}^{\infty}(M_1-K_1-x)f(x)dx] \quad (13)$$

$$\alpha_2(1-\alpha_1)[(p-W_{b1})\int_0^{M_1-K_1} xf(x)dx + (p-E)\int_{M_1-K_1}^{M_1-K_1+E_m}(x-M_1+K_1)f(x)dx] \quad (14)$$

$$(1-\alpha_1)\alpha_2Dl \times p\int_{M_1-K_1+E_m}^{\infty}(x-M_1+K_1-E_m)f(x)dx \quad (15)$$

3.2.4 체계업체 1&체계업체 2의 협력업체 공급 중단

체계업체 1과 2의 협력업체가 모두 공급 중단된 상황에서는 긴급 구매처만을 활용해 수요를 충족 시켜야 한다.

해당 상황은 식 (16)와 같다. 식 (17)의 경우 긴급구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

$$\alpha_1\alpha_2[(p-E)\int_0^x xf(x)dx] \quad (16)$$

$$\alpha_1\alpha_2[p \times Dl \int_{E_m}^{\infty}(x-E_m)f(x)dx] \quad (17)$$

3.2.5 공급망 협력 존재 시 협력업체 이윤 함수

협력 업체 1의 경우 정상 공급하는 상황에서는 체계 업체 2가 K_1 만큼 요구하지 않는 경우. 요구하는 경우로 나뉘며 해당 상황에서 협력 업체 1의 평균 이윤 함수는 식 (18), (19)와 같다.

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)[(W_{b1}-PR_1)M_1] \quad (18)$$

$$(1-\alpha_1)\alpha_2[(W_{b1}-PR_1)(M_1-K_1) + (B_{b1}-PR_1)K_1] \quad (19)$$

3.3. 공급망 협력 부재 시 수리 모델

본 연구에서 벤치마크 모델로 삼는 상황은 체계업체 1 과 체계업체 2가 SOSA와 같은 공급망 협력 없이 독립된 상황이다. 해당 상황에서는 각 체계업체가 서로의 협력업체를 구매처로 활용할 수 없으며 자신의 협력업체와 긴급 구매처만을 활용하게 되는 상황이다. 해당 부분에서 체계 업체 2와 연관된 이윤 함수는 부록 2. 와 같다.

3.3.1 체계업체 1 협력업체 정상 공급

식 (20)의 경우 체계업체 1이 M_1 만으로 수요를 충족시키는 상황이며, 식 (21)의 경우는 M_1 으로 수요를 충족시키지 못해 긴급 구매처를 활용하는 상황이다. 식 (22)의 경우 긴급 구매처로 수요를 충족시키지 못해 발생하는 지체상금이다.

$$(1 - \alpha_1) \times (p - W_{b1}) \times \int_0^{M_1} x f(x) dx + s \int_{M_1}^{\infty} (M_1 - x) f(x) dx \quad (20)$$

$$(1 - \alpha_1) \times (p - E) \times \int_{M_1}^E (x - M_1) f(x) dx \quad (21)$$

$$(1 - \alpha_1) \times p \times D_l \times \int_{M_1 + E}^{\infty} (x - M_1 - E) f(x) dx \quad (22)$$

3.3.2 체계업체 1 협력업체 공급 중단

해당 상황에서는 모든 수요를 긴급 구매처로 하며 이윤 함수는 식 (23)와 같으며 (24)는 지체상금에 관한 식이다.

$$\alpha_1 \times (p - E) \times \int_0^{E_m} x f(x) dx \quad (23)$$

$$\alpha_1 \times p \times D_l \int_{E_m}^{\infty} (x - E_m) f(x) dx \quad (24)$$

3.3.3 공급망 협력 부재 시 협력업체 이윤 함수

협력 업체 1의 이윤 함수의 경우 정상 공급하는 경우만 고려하면 되며 평균 이윤 함수는 식 (25)와 같이 나타난다.

$$(1 - \alpha_1) [(W_{b1} - PR_1) M_1] \quad (25)$$

3.3. 수치 실험

공급망 협력이 있는 모델과 없는 모델의 총 공급망 이윤을 분석하기 위해 수치 실험을 진행한다. 수요 함수의 경우 정규분포로 가정하며, 체계업체 1과 체계업체 2가 사전에 결정하는 K_1 과 K_2 는 총 공급망 이윤을 극대화 하는 값으로 도출되며 본 연구에서는 수치해석적으로 값을 도출한다. 수치실험에 활용되는 파라미터값과 범위는 아래와 같다.

〈표 2〉 파라미터 설정

파라미터 설정	
α_1	0.1
α_2	0.1~0.7 (0.01단위)
μ	100
σ^2	10
M_1	90
M_2	90
W_{b1}	4
W_{b2}	4
B_{b1}	5
B_{b2}	5
PR_1	2
PR_2	2
E	25
E_m	30
p	35
s	1
K_1	0~100
K_2	0~100
D_l	0.00075

IV. 연구 결과

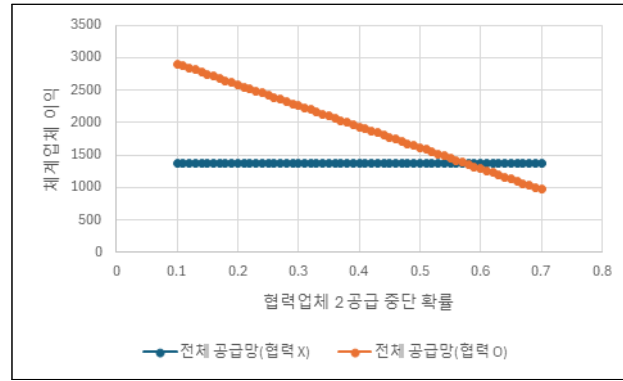
4.1. 체계업체 수치 실험 결과

공급망 약정이 있는 상황에서 수치 실험 결과는 다음과 같다. 체계업체의 경우 대부분의 상황에서 상대방의 공급 중단 확률이 증가할수록 공급망 이윤이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 체계업체 1의 입장에서 봤을 때 협력업체 2의 공급중단확률 증가는 협력업체 1의 공급 불확실성을 야기하고 이는 곧 체계업체 1의 불확실성 증가로 이어지기 때문인 것으로 판단된다. 수치 실험 결과 상 분산이 10이고 두 협력업체의 공급 중단 확률이 0.1로 가장 낮을 때는 약 2904의 공급망 이윤 발생하지만 협력업체 2의 공급 중

단 확률이 0.7로 올라가게 되면 공급망 이윤은 약 968으로 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다.

반면 약정이 없는 경우 체계업체 1은 협력업체 2의 공급망 중단 확률에 상관 없이 항상 일정한 값을 지닌다. 공급망 약정이 없는 경우 공급망 이윤은 상대적으로 작지만 상대방의 공급 중단 확률이 자신의 공급망에 영향을 미치지 않는다. 분석 결과에 따르면 협력업체 2의 공급 중단 위험이 상당히 높은 경우 협력업체 1에 대한 의존성이 매우 커져 협력이 없는 경우보다 공급망 이윤이 낮게 도출되는 경우도 발생하게 된다. 현재 상대 협력업체의 공급 중단 확률이 큰 영향을 미치는 이유는 협력업체의 고정 공급량이 평균 수요량과 비슷한 수준이며, 협력업체가 한 개라고 가정하고 있기 때문으로 판단된다. 협력업체의 공급량이 평균 수요량을 상회하는 수준이거나 다수의 협력업체가 있는 상황이라면 상대방의 공급 중단 위험의 영향이 현재보다 더 적게 도출될 것이며 혹은 공급 중단에 대한 확률이 베르누이 분포와 같이 중단·공급으로 두 개의 결과만 도출하지 않는 분포를 활용할 경우 역시 공급 중단에 대한 영향이 현재보다 적게 나타날 것으로 보인다. 하지만 현재 분석결과 협력업체 1의 공급 중단 확률이 0.1일 때 공급 약정이 없는 경우가 있는 경우 보다 총 공급망 이윤이 높은 경우는 협력업체 2의 공급 중단 확률이 약 0.55 이상일 때다. 현실적으로 협력업체의 공급 중단확률이 0.55을 넘는 것은 비정상적인 상황이므로 현실적인 상황에서는 공급망 협력이 존재하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 유리하다고 할 수 있다.

이러한 결과를 통해 체계업체가 공급망 약정을 통한 효과를 극대화하기 위해서는 우선 각 국가 자체의 공급망 역량을 극대화 시키는 것이 필요함을 알 수 있다. 이는 각 국가의 공급 중단위험이 급격하게 높은 상태에서 약정을 맺게 될 경우 오히려 서로에 대한 공급 불확실성을 증가시켜 약정의 효과를 반감시킬 수 있음을 시사한다. 따라서 공급망 약정의 효과를 안정적으로 확보하기 위해서는 체계업체의 공급 역량을 증대시키는 것이 필요하다.



〈그림 2〉 체계업체 수치실험 결과 $1(\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1)$

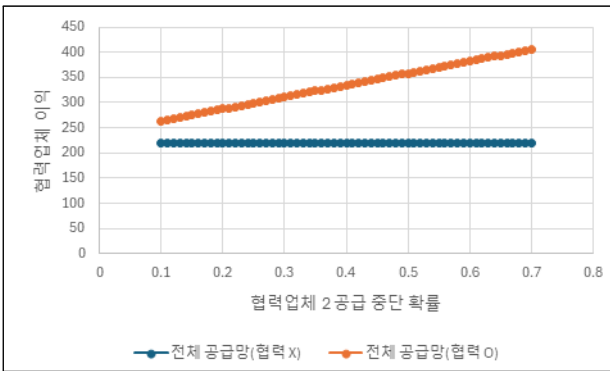
〈표 3〉 체계업체 수치실험 결과 $1(\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1)$, 공급망 약정 부재 시 이윤: 1374

σ^2	α_1	α_2	체계업체 1 이윤 (공급망 약정 존재)
10	0.1	0.1	2904.558
		0.11	2872.295
		0.12	2840.031
		0.13	2807.768
		0.14	2775.504
		0.15	2743.241
		0.16	2710.977
		0.17	2678.714
		0.18	2646.451
		0.19	2614.187
		0.2	2581.924
	
		0.62	1226.859
		0.63	1194.596
		0.64	1162.333
		0.65	1130.069
		0.66	1097.806
		0.67	1065.542
		0.68	1033.279
		0.69	1001.015
0.70	968.752		

4.2. 협력 업체 수치 실험 결과

협력업체의 경우 상대 협력업체의 공급 중단 확률이 증가할수록 공급망 이윤이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 체계업체 1의 입장에서 봤을 때 협력업체 2의 공급중단확

를 증가하는 체계업체 2에게 상대적으로 높은 가격으로 판매할 수 있기 때문에 판단된다. 즉 다양한 시장을 확보하는 것에 대한 이점을 누리는 것이다. 수치 실험 결과 상 분산이 10이고 두 협력업체의 공급 중단 확률이 0.1로 가장 낮을 때는 약 263의 공급망 이윤 발생하지만 협력업체 2의 공급 중단 확률이 0.7로 올라가게 되면 공급망 이윤은 약 405으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과를 통해 협력업체 1이 안정적인 공급 역량을 확보하고 있다면 상대 협력업체 2의 공급 중단 위협이 높아짐에 따라 더 큰 이익을 확보할 수 있을 가능성이 커짐을 시사한다.



〈그림 3〉 협력업체 수치실험 결과 1($\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1$)

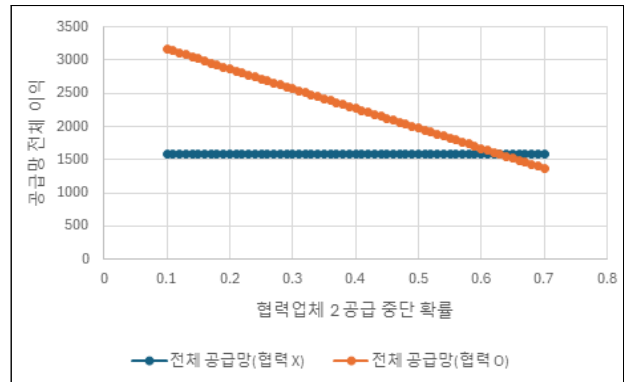
〈표 4〉 협력 업체 수치실험 결과 ($\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1$), 협력 부재 시 이윤: 219

σ^2	α_1	α_2	협력업체 1 이윤 (협력 존재)
10	0.1	0.1	263.685
		0.11	266.0535
		0.12	268.422
		0.13	270.7905
		0.14	273.159
		0.15	275.5275
		0.16	277.896
		0.17	280.2645
		0.18	282.633
		0.19	285.0015
		0.2	287.37
	
		0.62	386.847
		0.63	389.2155
0.64	391.584		

σ^2	α_1	α_2	협력업체 1 이윤 (협력 존재)
10	0.1	0.65	393.9525
		0.66	396.321
		0.67	398.6895
		0.68	401.058
		0.69	403.4265
		0.70	405.795

4.3. 한국의 전체 공급망 이익 결과

SOSA로 인한 한국의 전체 공급망 이익을 분석하기 위해 협력업체 1과 체계업체 1 이익의 합을 SOSA와 같은 약정 없이 독립적으로 공급망을 운영하는 경우와 비교한 결과는 아래와 같다. 이는 4.1의 체계업체 이익의 분석 결과와 유사하게 협력업체 2의 공급 중단 확률이 증가할수록 이익이 감소하는 결과를 보인다. 하지만 이전 결론과 유사하게 상대 협력업체가 일정 수준 이상의 공급 능력을 가지고 있다면 SOSA를 통해 충분한 이점을 누릴 수 있을 것으로 판단되며 협력업체의 이익으로 인해 상당히 높은 수준의 공급 중단 확률 이전까지 SOSA를 체결하는 것이 더 이익이 되는 것으로 나타난다.



〈그림 4〉 한국 총 공급망 이익 결과 ($\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1$)

〈표 5〉 한국 총 공급망 이익 결과 ($\sigma^2 = 10, \alpha_1 = 0.1$), 협력 부재 시 이윤: 1593

σ^2	α_1	α_2	한국 총 공급망 이익
10	0.1	0.1	2525.506
		0.11	2500.445

σ^2	α_1	α_2	한국 총 공급망 이익
10	0.1	0.12	2475.384
		0.13	2450.323
		0.14	2425.262
		0.15	2400.2
		0.16	2375.139
		0.17	2350.078
		0.18	2325.017
		0.19	2299.956
		0.2	2274.895
		2124.527
		0.62	2099.466
		0.63	2074.405
		0.64	2049.344
		0.65	2024.283
		0.66	1999.222
		0.67	1974.16
		0.68	1949.099
		0.69	1924.038
		0.70	1898.977

V. 결론

5.1. 연구 결과 요약

본 연구는 전 세계적인 글로벌 공급망 위협에 대응할 수 있는 방법을 SOSA로 보고, 체결된 SOSA 약정의 효과를 수리모형을 통해 분석하였다. 과거에는 한국이 DPAS의 SPA를 통해 미국에게 방산 자원을 요청하는 상황이었으나 SOSA 체결로 인해 긴급한 상황에서 한국과 미국이 서로 방산자원을 요청할 수 있는 상황이 됐다. SOSA 약정은 향후 안정적인 방위산업 구축과 함께 국내 업체의 미국 시장 진출에 도움이 될 것으로 기대하고 있지만 해당 약정에 대한 정량적인 효과 분석은 진행되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 SOSA 약정을 통해 구축되는 공급망 구조를 모델링하고 수리모형을 통해 SOSA 약정이 공급망의 안정성과 회복력을 높여 공급망의 이윤이 높아짐을 보이고자 했다.

연구 결과, SOSA를 통해 공급망 협력이 존재할 때 그렇지 않은 경우보다 전반적으로 체계업체·협력업체의 공급망의 이윤이 증가함을 확인할 수 있었다. 다만 현재의 수리

모델에서는 협력업체의 공급망 중단 위험이 지나치게 높아질 경우 약정이 없는 경우보다 오히려 체계업체의 공급망 이윤이 낮아질 때가 있음을 확인했다. 이는 지나치게 높은 공급망 중단 위험이 상대방의 공급망에 공급망 불확실성을 야기하는데 이 부분이 공급망 약정으로 인해 발생하는 공급망 이윤을 상쇄하기 때문으로 판단된다. 이러한 부분은 협력업체의 생산 능력을 향상하거나 혹은 다수의 협력업체를 활용할 수 있다고 수정할 경우 단일 협력업체를 가정할 상황보다 공급망 중단 위험의 영향을 더욱 낮출 수 있을 것으로 보인다. 또한 현재 모델에는 공급 중단에 따른 지체상금이 발생하는 것을 가정했다. 현재 모델에서는 공급 중단의 확률 분포를 베르누이 분포로 가정하여 공급 중단이 발생할 경우 모든 품목이 공급되지 않게 되어 이에 대한 지체 상금이 상당히 많이 반영된다. 만일 지체 상금에 대한 영향이 낮아질 경우 SOSA로 인한 공급망 이익은 더욱 증가할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구 결과의 의의와 차별점은 다음과 같다. 첫째, 23년 11월 SOSA 약정이 체결된 후 아직 SOSA 약정에 대한 연구는 진행되지 않고 있다. 해당 약정에 업체들이 참여하기 위해서는 약정의 효과에 대한 분석이 이뤄져야 한다. 따라서 본 연구는 SOSA 약정의 효과 분석을 위해 수리 모델을 구축하고 정량적인 효과를 비교 분석한 최초의 연구라는 점에서 의의를 지닌다. 둘째, 방산 정책 및 시장에 관한 기존 연구에서는 실증 분석을 통한 주요 요인 도출 및 영향 분석이 주로 이뤄졌다(김석현, 2020; 나익성 & 장준근, 2020; 이세훈 외 2020; 문주영 외, 2019; 조한철 외, 2024). 하지만 데이터가 존재하지 않을 때 선제적으로 정책 및 협약 등에 대한 효과를 분석한 연구는 아직 많이 진행되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 추후 공급망과 관련한 정책 및 협약 수행 시 예상되는 효과를 수리모형을 통해 분석하는 유사한 연구에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

5.2 정책적 시사점

본 연구 결과를 토대로 도출된 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 미국 우선공급에 따른 국내 조달중인 계약건에 대한 지체상금 면제가 필요하다. 본 연구의 실험 결과와 같이 공급 약정 시 상대 국가 협력업체 공급 중단 위험에

따라 자국 공급에 차질이 생기는 경우가 존재한다. 하지만 지체상금이 존재할 경우 공급망 협정으로 인한 효과를 감소시키게 되며, 따라서 SOSA 참여에 따른 이익을 극대화하기 위한 제도적 장치가 필요하다. 즉 계약에 따라 조달 중인 업체가 SOSA 협약에 의해 미국에 우선공급을 함으로써 발생하는 지체상금 등의 비용문제에 대해 참여업체를 지원해주는 것이 필요하다.

둘째, 제안서 평가 시 SOSA 참여업체 가점 항목을 신설하여 최대한 많은 기업이 SOSA에 참여할 수 있도록 하는 것이 필요하다. SOSA 참여의 경우 단순히 미국의 공급망 문제를 해결해주는 것을 넘어 국내 방산 기업들의 공급망 이익을 창출할 수 있음을 본 연구 결과로 보였다. 또한 24년 11월 발간된 NDIS 수행 계획에서 동맹국과 협력의 예시로 SOSA를 언급한 것을 볼 때 SOSA는 기업의 이익을 넘어 한·미간 동맹을 더욱 굳건히 하는 효과도 있을 것이라고 판단된다. 따라서 제안서 평가시 가점 항목 정책을 통해 업체들의 SOSA 참여를 유도하고 SOSA에 참여하는 업체가 국내 획득사업에도 더 많이 참여할 수 있도록 동기 부여 하는 것이 필요하다.

SOSA 및 유사한 약정 진행 시 분석 결과를 약정 협상 및 업체 홍보에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

5.3 연구 한계점 및 향후 연구 방향

본 연구 결과가 가지고 있는 한계점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 방산 자원이 하나라고 가정했다. 하지만 실제 공급망에서는 다양한 품목이 동시에 공급되며, 각 품목은 서로 다른 수요 특성과 공급 위험을 가지고 있다. 둘째, 각 체계업체는 하나의 협력업체만을 가지고 있는 것으로 가정되었다. 그러나 실제 공급망에서는 여러 협력업체로부터 제품을 조달받는 경우가 일반적이며, 복수의 협력업체가 존재할 경우, 본 연구에서 활용한 전략적 접근에도 영향을 미칠 수 있다. 셋째, 본 연구에서는 베르누이 분포에 따라 공급 중단이 발생하며, 공급 중단 시 전량이 중단된다고 가정했다. 그러나 실제로는 공급 중단이 발생하더라도 부분적인 공급이 가능할 수 있다. 향후 이러한 가정 사항에 대한 보완이 이루어진다면 더욱 현실적인 공급망 약정 모델을 구축하여 그 효과를 분석할 수 있을 것이다. 또한 추후 약정에 참여하는 기업들이 많아짐에 따라 관련 데이터가 쌓일 경우 해당 데이터를 활용해 실증분석을 진행할 수도 있을 것이다. 발전된 연구 결과를 통해 향후

부록

부록 1.

1. 협력업체 1&2 정상 공급

1.1 체계업체 1이 K_2 만큼 요구하지 않는 경우

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)[(p-W_{b2})\int_0^{M_2} xf(x)dx + s\int_{M_2}^{\infty} (M_2-x)f(x)dx] \quad (26)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)(p-W_{b1}-W_{b2}) \times \int_{M_2}^{M_2+K_1} xf(x)dx \quad (27)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)(p-E) \times \int_{M_2+K_1}^{M_2+K_1+E_m} (E_m-M_2-K_1)f(x)dx \quad (28)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2) \times s\int_{M_2+K_1}^{\infty} (M_2+K_1-x)f(x)dx \quad (29)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)Dl \times p\int_{M_2+K_1+E_m}^{\infty} (x-M_2-K_1-E_m)f(x)dx \quad (30)$$

1.2 체계업체 1이 K_2 만큼 요구하는 경우

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)[(p-W_{b2})\int_0^{M_2-K_1} xf(x)dx + s\int_{M_2-K_1}^{\infty} (M_2-K_2-x)f(x)dx] \quad (31)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)[(p-W_{b2}) \int_{M_2-K_2}^{M_2-K_2+K_1} (x-M_2+K_1)f(x)dx \quad (32)$$

$$(p-E) \times \int_{M_2-K_2+K_1}^{M_2-K_2+K_1+E_m} (x-M_2+K_2-K_1)f(x)dx] \quad (33)$$

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2) \times Dl \times p\int_{M_2-K_2+K_1+E_m}^{\infty} xf(x)dx \quad (34)$$

2. 체계업체 2의 협력업체 공급 중단 & 체계업체 1 협력업체 정상 공급

$$\alpha_2(1-\alpha_1)[(p-B_{b1})\int_0^x xf(x)dx + s\int_{K_1}^{\infty} (K_1-x)f(x)dx] \quad (35)$$

$$\alpha_2(1-\alpha_1)[(p-B_{b1})\int_0^{K_1} xf(x)dx + (p-E)\int_{K_1}^{K_1+E_m} (x-K_1)f(x)dx] \quad (36)$$

$$\alpha_2(1-\alpha_1)Dl \times p\int_{M_2-K_1-E_m}^{\infty} (x-M_2-K_1-E_m)f(x)dx \quad (37)$$

3. 체계업체 2의 협력업체 정상 공급 & 체계업체 1 협력업체 공급 중단

$$(1-\alpha_2)\alpha_1[(p-W_{b2})\int_0^x xf(x)dx + s\int_{M_2-K_2}^{\infty} (M_2-K_2-x)f(x)dx] \quad (38)$$

$$(1-\alpha_2)\alpha_1[(p-W_{b2})\int_0^{M_2-K_2} xf(x)dx + (p-E)\int_{M_2-K_2}^{M_2-K_2+E_m} (x-M_2+K_2)f(x)dx] \quad (39)$$

$$(1-\alpha_2)\alpha_1Dl \times p\int_{M_2-K_2+E_m}^{\infty} (x-M_2+K_2-E_m)f(x)dx \quad (40)$$

4. 체계업체 1&체계업체 2의 협력업체 공급 중단

$$\alpha_1\alpha_2[(p-E)\int_0^x xf(x)dx] \quad (41)$$

$$\alpha_1\alpha_2[p \times Dl \int_{E_m}^{\infty} (x-E_m)f(x)dx] \quad (42)$$

5. 공급망 협력 시 협력업체 이윤함수

$$(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)[(W_{b2}-PR_2)M_2] \quad (43)$$

$$(1-\alpha_2)\alpha_1[(W_{b2}-PR_2)(M_2-K_2) + (B_{b2}-PR_2)K_2] \quad (44)$$

부록 2.

1. 공급망 협력 부재 시 수리 모델

1.1 체계업체 2 협력업체 정상 공급

$$(1 - \alpha_2) \times (p - W_{b2}) \times \int_0^{M_2} x f(x) dx + s \int_{M_2}^{\infty} (M_2 - x) f(x) dx \quad (45)$$

$$(1 - \alpha_2) \times (p - E) \times \int_{M_2}^E (x - M_2) f(x) dx \quad (46)$$

$$(1 - \alpha_2) \times p \times D_l \times \int_{M_2 + E}^{\infty} (x - M_2 - E) f(x) dx \quad (47)$$

1.2 체계업체 2 협력업체 공급 중단

$$\alpha_2 \times (p - E) \times \int_0^{E_m} x f(x) dx \quad (48)$$

$$\alpha_2 \times p \times D_l \int_{E_m}^{\infty} (x - E_m) f(x) dx \quad (49)$$

2. 공급망 협력 부재 시 협력업체 이윤함수

$$(1 - \alpha_2) [(W_{b2} - PR_2) M_2] \quad (50)$$

주1) DPAS(Defense Priorities and Allocations System) : 미국이 필요한 방산 자원을 우선적으로 생산하도록 강제하기 위한 시스템
 SPA(Security of Supply Arrangement) : DPAS 하에서 우선 등급이 부여된 계약을 이행하는 과정에서 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위한 지원
<https://www.bis.doc.gov/index.php/other-areas/strategic-industries-and-economic-security-sies/defense-priorities-a-allocations-system-program-dpas>

참고문헌

- 1) 김석현, & 김승인. (2020). 한국 방위산업의 수출 성장 방향에 관한 실증연구. 한국방위산업학회지, 27(2), 15-29.
- 2) 나익성, & 장준근. (2020). 무기수입 영향요인에 관한 실증적 연구: 한국무기 수입국을 중심으로. 한국방위산업학회지, 27(1), 53-66.
- 3) 문주영, & 김한성. (2019). 방위산업 수출함수 추정을 통한 방위산업 진흥방안 연구. 한국방위산업학회지, 26(2), 67-80.
- 4) 박수윤. “한미, ‘미 방산물자 한국에 우선 납품’ 약정 최종 서명”. 『연합뉴스』. 2023. 11. 17
- 5) 박성욱, & 박성택. (2013). 공급망 파트너십이 협력업체 성과에 미치는 영향. 디지털융복합연구, 11(10), 169-179.
- 6) 이세훈, 이승훈, & 정용석. (2020). 방산시장의 문제점과 개선방안에 대한 고찰. 산업진흥연구, 5(4), 15-28.
- 7) 조한철, 우지환, & 강석중. (2024). 한-미 방산기술협력 성과 영향요인에 관한 연구: 기술·공급망 협력 및 RDP-MOU의 매개효과를 중심으로. 한국방위산업학회지, 31(1), 11-27.
- 8) Alayet, C., Lehoux, N., LeBel, L., & Bouchard, M. (2018). Centralized supply chain planning model for multiple forest companies. In *Forestry Applications* (pp. 3-23). Routledge.
- 9) Asian, S., & Nie, X. (2014). Coordination in supply chains with uncertain demand and disruption risks: Existence, analysis, and insights. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 44(9), 1139-1154.
- 10) Chains, S. D. C. S. (2022). An action plan developed in response to President Biden’s Executive Order 14017.
- 11) Chen, T. H., & Chen, J. M. (2005). Optimizing supply chain collaboration based on joint replenishment and channel coordination. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(4), 261-285.
- 12) Doganay, A., & Ergun, S. (2017). The effect of supply chain collaboration on supply chain performance. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(1), 30-39.
- 13) Doganay, A., & Ergun, S. (2017). The effect of supply chain collaboration on supply chain performance. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(1), 30-39.
- 14) Gilkova, O. N. (2021, November). Military Research and Development as a Driving Force for the Economy of the Future. In *International Scientific and Practical Conference Operations and Project management: strategies and trends* (pp. 185-189). Cham: Springer International Publishing.
- 15) Harman, C. J., Edelman, A. E., Keane, G. J. M., Mahnken, T. G., Rudman, M., Sixkiller, M., ... & Zakheim, R. Commission on the National Defense Strategy.
- 16) Lu, D., Ding, Y., Asian, S., & Paul, S. K. (2018). From supply chain integration to operational performance: The moderating effect of market uncertainty. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 19, 3-20.
- 17) Ramanathan, U. (2014). Performance of supply chain collaboration-A simulation study. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 210-220.
- 18) Sharifzadeh, M., Garcia, M. C., & Shah, N. (2015). Supply chain network design and operation: Systematic decision-making for centralized, distributed, and mobile biofuel production using mixed integer linear programming (MILP) under uncertainty. *Biomass and Bioenergy*, 81, 401-414.
- 19) Shen, Z. (2007). Integrated supply chain design models: a survey and future research directions. *Journal of industrial and management optimization*, 3(1), 1.
- 20) Urmston, A., Song, D., & Lyons, A. (2024). The Development of Risk Assessments and Supplier Resilience Models for Military Industrial Supply Chains Considering Rare Disruptions. *Logistics*, 8(2), 57.
- 21) US Department of Commerce (<https://www.bis.doc.gov/index.php/other-areas/strategic-industries-and-economic-security-sies/defense-priorities-a-allocations-system-program-dpas>). ‘Defense Priorities and Allocations System Program.’ (검색일 : 2024.9.26.)
- 22) US Department of Defense (<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3591383/>) ‘DOD, Republic of Korea Ministry of National Defense Enter Into Security of Supply Arrangement’. (검색일 : 2024.9.26.)