

공급사슬경영에서의 협업적 리스크 관리의 최적화 Optimization of collaborative risk management in supply chain management

정장화¹, 이영해², 정정우²

¹효성데이터시스템, ²한양대학교 산업공학과

Abstract

Nowadays, risk management in the enterprise is considered as the important activity. Risk management can be defined as the activity which is the analysis of risk factors related to damages, the estimation of the magnitude of risk, and the determination of investment to protect damage in a company. Initially, risk management was originated in financial areas. But the concept of risk has been expanded in the enterprise. Most companies have extended their activities in various areas. In this tendency, most activities must be considered in supply chain. So, risk management must be considered as the concept in the viewpoint of supply chain. The framework of risk management in supply chain and the related mathematical model are represented in this paper. Risk management in supply chain can provide a positive opportunity not only to protect various damages, but also to improve the relationship between partners.

1. 서론

많은 기업들은 치열한 경쟁, 혁신적 신기술, 급변하는 법규와 고객의 요구와 짧은 제품주기 등 현대의 기업 환경의 변화에 빠르게 적

응하기 위하여 효율적인 전사적 리스크 관리(Risk Management) 기반 구조를 구축하고자 노력하고 있다. 더구나 기업 및 사업 부문들의 결합과 인터넷을 이용한 상거래의 활성화는 기업의 내외에 존재하는 많은 리스크 요소들에 대한 보다 체계적인 관리를 필요로 하게 되었다.

리스크 관리의 기본적인 목적은 기업 및 조직에 대한 다양한 활동의 선택을 위한 원칙을 제시하고자 하는 것이다. 그러나 이는 계획이 얼마나 잘 세워지고 수행되었는지에 좌우된다. 즉, 얼마나 효율적으로 업무의 프로세스가 안전하게 이루어졌는지를 의미한다. 따라서 리스크 관리는 목표 수준의 리스크를 달성하고 관리하기 위하여 관련된 많은 활동들을 체계적으로 관리하는 것이라고 하겠다.

경영 활동의 수준과 영역의 증대는 기업 수준의 리스크 관리를 요구하게 되었고, 이는 최근 큰 관심을 받아왔다. 그런데 이는 전통적으로 무역과 관계된 분산 리스크 관리 기법을 확장한 것이다. 이 접근 방법의 기본 목적은 자원의 한계 내에서 신중한 리스크의 관리를 통하여 수익을 최대화하는 동시에, 신중하지 못한 리스크 관리에서 발생하는 다양한 종류의 손실의 발생과 크기를 줄이는 것이다. 그런데, 경영 활동이 기업 수준에서 Supply Chain으로 확대되면서 Supply Chain에 맞는 리스크 관리가

필요하게 되었다. 하지만 이에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 이러한 상황에서 협업(Collaboration)은 Supply Chain에서 빠르게 변화하는 상거래 환경과 관계된 리스크를 관리하는데 필수적인 것으로 여겨지고 있다. 정보의 공유를 기반으로 하는 리스크의 공유는 보다 강한 Supply Chain을 특징짓는 요소로 인식되고 있으며, 지속적인 개선을 통하여 경쟁력의 확보를 기대할 수 있다.

본 논문은 Supply Chain에서의 위험관리 절차의 구조와 투자에 대한 최적화 모형을 제시하고자 한다. 우선, 2장에서는 리스크와 리스크 관리에 대해 정리해보겠다. 3장에서는 Supply Chain Management를 위한 리스크 관리의 Framework를 제시하고자 한다. 4장에서는 협업 활동을 고려한 리스크 관리를 위한 최적화 모형을 제시하고, 5장에서 결론을 맺을 것이다.

2. 리스크와 리스크 관리

리스크는 다양한 사람들에 의해 정의된바 있다. Walk (1989)는 리스크에 대하여 “상해 혹은 손해에 대한 가능성의 노출” 이라고 정의하였다. Rowe (1994)는 불확실성과 리스크에 대한 훌륭한 시각을 제공하였는데, 불확실성은 4가지의 일시적인 면, 구조적인 면, 측량에 관한 것과 변경에 관한 차원으로 나눌 수 있으며, 리스크는 “확률로 표현되는 모험 투자의 불리한 면”으로 정의하였다. Kaplan과 Garrick (1981)은 주관적인 면과 수학적 요소를 사용하여 리스크를 정의하였는데, 리스크는 불확실성과 손해와 관련이 있으며 보는 사람에 따라 상대적이라고 하였으며, 시나리오의 발생 확률과 시나리오의 평가 척도로 이루어진 수학적 정의를 제시하였다.

리스크를 확률을 이용하여 측정하고자 한

다면 주관적 확률 값에 대한 이해와 기법들이 필요하다. 이는 발생하는 리스크 사건을 중대한 리스크로 판단하거나 그렇지 않게 판단하는 것은 개인적인 판단에 큰 영향을 받기 때문이다. 그런데 리스크는 손실의 크기에 관계되어 있다. 따라서 확률적 리스크 분석은 ‘손실의 기대 수준’을 기준으로 분석하는 것이 적절하다고 하겠다.

리스크는 위험(Danger)과 구별되어야 할 필요가 있다. 리스크는 불확실한 상황이지만 그 불확실성의 정도에 따른 보상이 제공되는 상황을 의미하는데 반하여, 위험은 적절한 보상이 제공되지 않는 상황에 해당된다(강병호 et al., 2000). Supply Chain에서의 리스크 관리는 적절한 투자에 대하여 중대한 사건의 발생 시 얻을 수 있는 피해를 줄이는 이점을 얻을 수 있다. 그래서 리스크는 제거되지 않고, 관리되는 것이라고 생각할 수 있다.

Morgan Stanley (1996)의 자료에 의하면, 기업을 대상으로 하는 리스크 관리는 금융 활동에서의 대규모 손해의 발생, 리스크의 정량화 방법의 개발과 리스크의 발생에 대한 체계적인 정보의 수집이라는 3가지 활동을 기반으로 하고 있다. 사실, 기업 대상의 리스크 관리는 많은 선진 금융 연구 기관에 의해 개발된 새로운 리스크 관리의 정책과 사례를 기반으로 있는 구조이다. 이 구조에 새로운 내용을 추가, 수정하여 기업 대상의 리스크 관리의 구조를 만든 것이다. 기업 대상의 리스크 관리의 목적은 리스크에 대해 생각할 수 있는 한계 내에서 신중한 관리를 통해 얻는 이득을 최대화하는 동시에, 신중하지 못한 관리로 인하여 발생하는 손해의 심각성을 줄이는 것이다. 리스크 관리를 통하여 다양한 리스크에 노출된 기업의 경우에는 상당한 금전적인 이득을 얻을 수 있다.

이러한 리스크 관리는 기업에 대하여 불확

실한 원인으로부터 발생할 수 있는 많은 손해에 대하여 적절한 대응을 결정할 수 있도록 도와준다. 그런데 하나의 기업에서 Supply Chain을 대상으로 기업의 활동 영역이 커지면서, 하나의 기업의 활동에서 발생하는 리스크의 크기보다 Supply Chain에서 발생하는 리스크가 더욱 복잡하고, 그 크기 또한 커지게 되었다. 그래서 기업을 대상으로 한 리스크 관리의 구조처럼 Supply Chain에도 그러한 구조를 제안할 필요가 생겼다. 리스크 관리의 영역이 Supply Chain으로 확대되는 경우에는 Supply Chain의 외부에서 발생할 수 있는 리스크에 대해서 리스크를 공유(Risk Sharing)하는 등의 협업적 활동을 수행함으로써 각각의 구성 기업들은 장기적인 관계의 유지, 유연한 리스크 관리 활동과 전체 리스크 관리의 비용을 줄이는 등의 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이는 성공적인 Supply Chain의 위험 관리와 각 구성 기업의 개선을 위한 명확한 성공 요소이다. 하지만 Supply Chain을 대상으로 하는 리스크 관리에 대한 연구는 전무한 상황이다.

3. Supply Chain Management를 위한 리스크 관리의 Framework

본 연구에서는 Supply Chain 내의 리스크에 대하여 'Supply Chain을 구성하는 각각의 구성 기업의 목적과 전략에 관계된 발생 가능한 손실과 기회에 대한 인식의 정도'로 정의한다. 또한, 리스크는 측정 가능하며 확률로 표현이 가능하다고 가정하겠다.

Supply Chain 내에 존재하는 리스크는 다음과 같은 다양한 원인에 의해 발생한다.

- 고객 수요의 불확실성
- 공급 리드타임의 불확실성

- 구성 기업의 재정 상태
- 정보의 잘못된 전달
- 짧은 제품 수명 주기
- 다수의 시장 거래
- 기업 활동의 세계화
- 치열한 경쟁
- 새로운 기술의 개발
- 지속적으로 변화하는 법규와 고객의 요구

이러한 리스크의 요인을 관리하기 위하여 전자상거래, ERP(Enterprise Resource Planning) 혹은 지식관리시스템 등이 제안되었다. 그런데 이들 각각은 단일 구성 기업에 집중하여 리스크가 분석되고, 이의 관리 또한 독자적으로 연구되었다. 하지만 이들 모두는 Global Supply Chain Management의 관점에서 보면 모두 연관되어 있다. 그러면 전체의 시장과 관련되어 일반적인 Supply Chain Management와 기업 수준의 위험 관리를 연결하는 Supply Chain에서의 위험 관리의 Framework는 다음의 그림3.1과 같이 나타낼 수 있다.

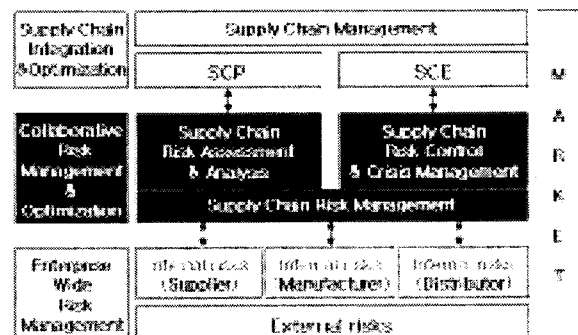


그림 3.1 Supply Chain의 위험 관리 Framework

Supply Chain을 구성하는 기업은 리스크 관리의 활동 - 리스크 요인을 조사하고 (Risk Identification), 리스크 요인에 대한 크기를 부여

하게 된다 (Risk Assessment). 이들 각각의 결과는 SCP (Supply Chain Planning) 단계에서 종합되어 정해진다. SCP 단계에서는 각 구성 기업이 예산의 범위 안에서 최대의 관리 효과를 얻을 수 있도록 최적의 계획을 정하게 된다. 이러한 계획은 각 기업의 협업 활동을 고려하여 계획되고, 각 구성 기업은 이 계획에 따라 리스크 관리를 수행하게 된다. 이러한 Supply Chain에서의 리스크 관리 절차는 그림 3.2와 같이 나타낼 수 있다.

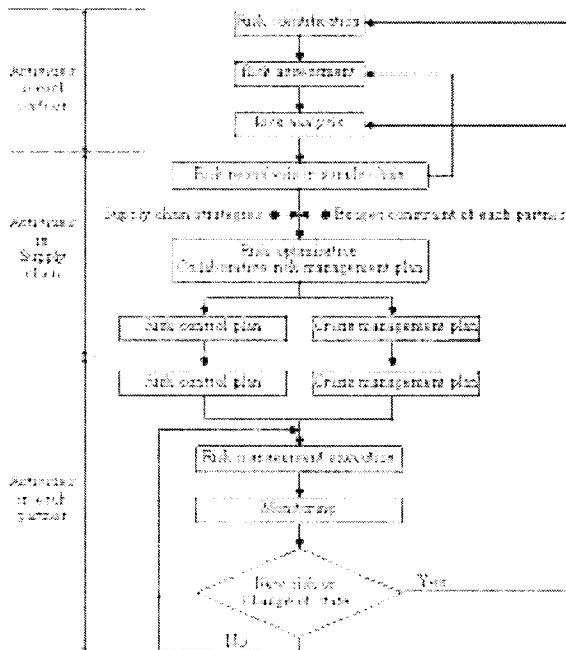


그림 3.2 Supply Chain에서의 리스크 관리 절차

4. 리스크 관리를 위한 투자 최적화 모형

4.1 투자 최적화 모형의 개요

리스크 관리 담당자들은 잠재적인 리스크 사건의 발생을 고려하여, 각 리스크 사건의 발생에 대한 효과, 실현의 여부, 수익과 비용을 법, 사회, 문화, 정치적 관계에 따라 선정하게 된다. 여기서 중요한 점은 리스크 관리로 인한 평균 기대 수익, 평균 기대 비용과 수익과 비

용을 얻는 부분에 대한 것이다(Lee & Ritzman, 1993).

본 최적화 모형은 단일 제품의 제품 수명 주기 시간을 리스크 관리의 대상 시간으로 가정한다. 또한, 각 구성 기업은 리스크 관리 위원회에서 선정되어 측정된 리스크 관리 사항이 준비되어있다고 가정한다. 리스크 요소는 구성 기업의 내부, 구성 기업간, 그리고 Supply Chain의 외부로 구별된다.

이 모형의 목적은 각 구성 기업과 전체의 Supply Chain의 총 비용을 최소화하는 투자안을 선택함과 동시에, 각 구성 기업의 예산 안에서 협업 활동을 수행함으로써 얻을 수 있는 수익을 측정하는 것이다. 모형의 개발을 위하여 다음과 같은 결정 변수와 기호를 사용한다.

Decision Variable

- M_{ij} : 기업 j 의 리스크 요소 i 에 대한 투자액
- M_j : 예산 한도 내에서 기업 j 의 총 투자액
- M_i : Supply Chain에서 리스크 요소 i 에 대한 투자액

Notation

- C_0 : 리스크 사건 발생시 초기 평균 기대 손실
- P_0 : 리스크 사건의 초기 평균 기대 횟수
- TRC : Supply Chain의 총 기대 리스크 관리 비용
- TRC_j : 기업 j 의 리스크 요소 i 에 대한 리스크 관리 비용
- TRC_i : 리스크 요소 i 에 대한 리스크 관리 비용
- TRC_j : 기업 j 의 리스크 관리 비용
- TRC_j^1 : 협업 활동이 없는 경우 기업 j 의 리스크 관리 비용
- TRC_j^2 : 협업 활동이 있는 경우 기업 j 의

- 리스크 관리 비용
- TRC_0 : 리스크 요소 i 에 대한 초기 리스크 관리 비용
- g_i : 리스크 요소 i 의 발생에 대한 금전적 손실의 분포
- B_j : 기업 j 의 예산 한도
- γ_{ij} : 기업 j 가 리스크 요소 i 에 대한 충격 비율

4.2 기업 대상의 리스크 관리 투자 모형

다음의 그림 4.1은 리스크 사건의 발생 빈도와 리스크 관리 비용과의 관계에서 리스크 관리 수준을 정하는 예를 나타내고 있다. 목표로 하는 리스크 관리 수준의 결정은 ‘불확실의 띠(Uncertainty Band)’의 안쪽에서 결정된다. 이는 자주 언급되는 ALARP(As Low As Reasonably Practicable) Principle(Melchers, 2001)에 기초한다.

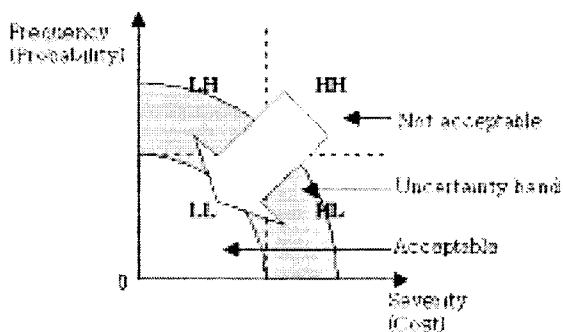


그림 4.1 목표 리스크 관리 수준의 결정

초기 상태의 손실비용을 LC_0 이라고 하면, 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$LC_0 = C_0 \times P_0 \quad (4.1)$$

그런데, 총 리스크 관리 비용은 리스크 사건의 발생으로 인한 손실 비용과 리스크 손실을 줄이기 위한 투자 비용의 합으로 이루어진다. 투자 비용을 M 이라고 하면 평균 기대 리스

크 관리 비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E(TRC) = \alpha(M) \times C_0 \times \beta(M) \times P_0 + M \quad (4.2)$$

단, $0 \leq \alpha(M) \leq 1, 0 \leq \beta(M) \leq 1$ 인 실수

$$C_0 = E(g), P_0 = E(f)$$

$\alpha(M)$ 와 $\beta(M)$ 는 투자로 인하여 리스크 사건으로 인한 손실의 크기와 발생의 빈도가 줄어든 정도를 의미한다. 그런데 투자금액 M 은 예산의 한도가 있으므로

$$M \leq B \quad (4.3)$$

의 관계가 성립하여야 한다. 만약 TRC 의 함수가 Convex한 경우, 최적 투자 수준 M^* 은

$$\frac{d(TRC)}{d(M)} = 0 \quad (4.4)$$

에서 구해진 M 값이 된다. 만약 식(4.3)이 성립하지 않는 경우는 최대의 예산을 사용하는 경우가 될 것이며, LP(Linear Programming)모형으로 모형을 세울 수 있다. 그림 4.2는 리스크 관리 비용의 최적 투자 수준을 나타내고 있다.

만약 다수의 리스크 요인을 고려한다면 다음과 같은 LP 모형을 만들 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Min } TRC &= \sum_{i=1}^m \{C_{0i} \alpha(M_i) \times P_{0i} \beta(M_i) + M_i\} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m M_i &\leq B \\ 0 &\leq M_i, \text{ for } \forall i \\ 0 &\leq B \end{aligned} \quad (4.5)$$

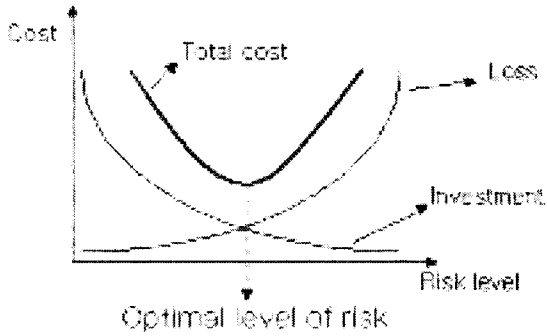


그림 4.2 리스크 관리 비용의 최적 투자 수준
4.3 협업 활동을 고려한 Supply Chain의 리스크 관리 투자 모형

Supply Chain에서는 가정에서 제시한 바와 같이 단일 제품에 대한 제품 수명 시간을 대상으로 한다.

먼저, 구성 기업들 간의 협업 활동이 없다면, 각 기업은 리스크 관리를 독립적으로 수행하기 위한 투자를 하게 된다. 또한, 리스크 관리에 대한 투자 수준에도 차이가 발생한다. 따라서 Supply Chain에서 리스크 관리를 위해 투자되는 비용은 각 기업의 리스크 관리의 투자 비용의 합계가 된다. Supply Chain의 리스크 관리 활동이 여러 구성 기업의 리스크 관리를 기반으로 이루어지며, Supply Chain내의 한 기업의 활동이 다른 기업들에게 영향을 준다는 것을 고려하여, 새로운 모수인 γ_{ij} 를 사용하면 구성 기업의 리스크 관리에 대한 총 투자 비용은 식(4.5)를 이용하여 다음의 최적화 모형을 식(4.6)과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } TRC &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n TRC_{ij} \\
 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [\gamma_{ij} \times \{C_{oi} \alpha_i(M_{ij}) \times P_{oi} \beta_i(M_{ij})\} + M_{ij}] \\
 \text{st } \sum_{i=1}^m M_{ij} &\leq B_j, \text{ for } \forall j \\
 0 &\leq M_{ij}, \text{ for } \forall i \\
 0 &\leq B_j, \text{ for } \forall j
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

그러면 각 기업의 최적 투자 비용은 식(4.8), Supply Chain의 최적 투자 비용은 식(4.9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$M_j^* = \sum_{i=1}^m M_{ij}^* \tag{4.8}$$

$$M^* = \sum_j^n M_j^* \tag{4.9}$$

따라서 각 구성 기업이 리스크 관리에 사용하는 총 투자비용은 다음의 식(4.10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TRC_j^* = \sum_{i=1}^m [\gamma_{ij} \times \{C_{oi} \alpha_i(M_{ij}^*) \times P_{oi} \beta_i(M_{ij}^*)\} + M_{ij}^*] \tag{4.10}$$

앞의 경우와는 달리 Supply Chain의 구성 기업들 사이에 협업 활동이 이루어진다고 생각하면, Supply Chain에서 중복되거나 잘못된 투자에 대하여 고려할 수 있을 것이다. 이는 다음의 그림 4.3으로 표현할 수 있다.

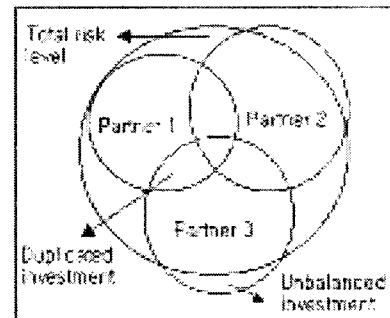


그림 4.3 협업 활동이 없는 경우의 중복되는 리스크 관리 투자

협업 활동이 이루어지는 경우, 각각의 리스크 요인에 대하여 발생할 수 있는 총 손실은 다음의 식(4.11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TRC_{oi} = \sum_{j=1}^n TRC_{oj} = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \times C_{oj} \times P_{oj} \quad (4.11)$$

그렇다면 리스크 요인에 대한 최적의 투자액에 대한 최적화 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Min } TRC &= \sum_{i=1}^m \{TRC_{oi} \times \alpha(M_i) \beta(M_i) + M_i\} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m M_i &\leq \sum_j B_j \end{aligned} \quad (4.12)$$

각 구성 기업의 리스크 관리 비용의 기대값은 Supply Chain의 총 리스크 관리 비용의 기대값에서 γ_{ij} 의 비율에 의하여 공유된다. 따라서 각 구성 기업이 리스크 관리에 사용하는 총 투자 비용은 다음의 식(4.13)과 같이 표현 가능하다.

$$TRC_j^2 = \sum_{i=1}^m \{ \gamma_{ij} TRC_{oi} \alpha(M_i^*) \beta(M_i^*) + M_i \} \quad (4.13)$$

그러면, 협업 활동의 기대 수익은 식(4.10)과 식(4.13)식의 차이로 표현할 수 있으며, 이는 다음의 식(4.14)와 같다.

$$TRC = \sum_{j=1}^n |TRC_j^1 - TRC_j^2| \quad (4.14)$$

이 사항은 다음의 그림 4.4에서와 같이 설명이 가능하다. 협업 활동의 수익은 내부의 리스크 요인에서 발생한다. 일반적으로 내부 리스크 요인은 각 기업에서 관리되어, 협업의 활동이 없는 경우에 다른 기업의 리스크 사건의 발생 확률이나 초기 리스크의 수준으로 판단하게 된다. 하지만 협업의 활동을 추진하는 상황

에서는 모든 기업들이 기업들의 투자를 고려하여 최적의 투자 계획을 결정하게 된다. 그래서 중복 투자의 감소를 기대할 수 있다.

5. 결론

리스크 관리는 기업의 특정 목적을 최적으로 성취하기 위한 전략 수립의 도구이다. 그러한 전략에는 Supply Chain의 관리를 위한 협력 관계, 장기적인 재정 정책, 혹은 그 밖의 협력적 정책 들을 포함하게 된다.

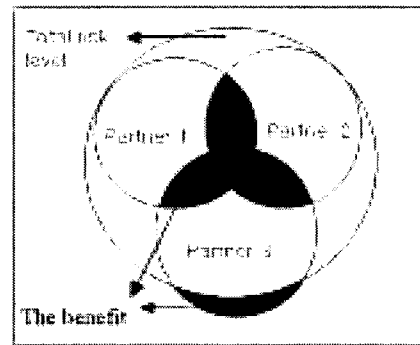


그림 4.4 협업 활동의 효과

리스크 관리는 종전의 기업 단위의 범위에서 확장하여, Supply Chain 내의 변화하는 경영 환경에 보다 효율적으로 대처할 수 있도록 확장될 필요가 있다. 이를 위하여 Supply Chain의 리스크 관리는 리스크 관리 비용의 최소화와 최적 투자를 비롯하여, Supply Chain의 전략적인 수준의 의사 결정을 지원할 수 있어야 하겠다. 또한 협업의 활동은 리스크 관리를 위한 기업 간의 장기적인 협력 관계의 수립과 관리를 비롯하여 Supply Chain 내의 핵심 현안에 대한 공동 인식 및 대응을 위하여 필요하다. 리스크를 공유하는 것과 같은 활동은 대표적인 협업 활동의 한 부분이라 할 수 있다. 또한, 계량적인 리스크 관리는 현대의 복잡하고 시스템적인 비

즈니스 추세와 관련하여 매우 중요한 사안으로
생각되고 있다.

본 논문에서는 Supply Chain에서의 리스크
관리의 체계와 절차를 제안하였으며, 총 리스
크 관리에 소요되는 비용을 최소화하는 수리
모델을 제시하였다. 제시된 최적화 모형은 전
체 Supply Chain의 리스크 관리의 비용을 최소
화하는 리스크 수준을 결정하는 것과, 협력적
인 리스크 관리를 통하여 얻을 수 있는 이익을
정량적으로 확인하는 것을 목적으로 하고 있다.

성공적인 Supply Chain Management는 구성
기업들의 협력적인 활동에 의하여 이루어질 수
있고, 리스크 관리는 지속적이고 협력적인 관
계 유지를 위한 중요한 도구가 될 수 있다.

참고문헌

강병호, 서정호와 옥기율, *금융업리스크관리*,
박영사, 서울, 2000.

Kaplan, S., and B. J. Garrick, "On the quantitative
definition of risk," *Risk Analysis*, Vol. 1, No. 1, pp.
11-27, 1981.

Lee, J. K. and Larry P. Ritzman, *Operations
management strategy and analysis*, Addison-Wesley
Publishing Company, third edition, 1993.

Melchers, R. E., "On the AKARP approach to risk
management," *Reliability Engineering and System
Safety*, Vol. 71, pp. 201-208, 2001.

Morgan Stanley, "Hedge Perspectives-The art of
firm-wide risk management," *Prime Brokerage
Newsletter*, pp. 4-6, December/January, 1996.

Rowe, W. D., "Understanding uncertainty," *Risk
Analysis*, Vol. 14, No. 5, pp. 743-750, 1994.

Walk, M., *Theory of duality in mathematical
programming*, Springer, 1989.