

# 소매점 공급사슬에서 소매점주도와 공급자주도 재고정책에 대한 비교 연구

홍성철 · 박양병<sup>†</sup>

경희대학교 테크노공학대학 산업공학과

## A Comparison Study on Retailer-managed and Vendor-managed Inventory Policies in the Retail Supply Chain

Sung-Chul Hong · Yang-Byung Park

Department of Industrial Engineering, College of Advanced Technology,  
Kyung Hee University, Yongin 449-701

Vendor-managed inventory policy (VMIP) is a supply-chain initiative where the supplier is authorized to manage inventories of items at retail locations. In VMIP, the supplier monitors sales and stock information at retail locations and makes decisions of inventory replenishment and transportation simultaneously. VMIP has been known as an effective supply chain strategy that can realize many of benefits obtainable only in a fully integrated supply chain. However, VMIP does not always lead to lower the supply chain cost. It sometimes generates the total supply chain cost higher than the traditional retailer-managed inventory policy (RMIP). In this paper, we perform a comparison study on RMIP and VMIP in the retail supply chain which consists of a single supplier and a number of retailers. We formulate mixed integer programming models for both RMIP and VMIP with vehicle routing problems and perform computational experiments on various test problems. Furthermore, we derive the conditions which guarantee the dominant position for VMIP with respect to total supply chain cost in the simple retail supply chain.

**Keywords:** Vendor-Managed Inventory Policy, Retailer-Managed Inventory Policy, Supply Chain Management, Vehicle Routing Problems, Supply Chain Cost, Mixed Integer Programming.

### 1. 서론

상호 독립적인 공급자와 소매점으로 구성된 2단계 소매점 공급사슬에서 소매점은 전통적으로 소매점 주도 재고정책 (retailer-managed inventory policy: RMIP)을 사용해 오고 있다. RMIP에서 소매점은 주문비와 재고유지비의 합이 최소가 되도록 주문시기와 주문량을 결정하는데 소매점의 주문비가 커질수록 주문량이 크게 증가하여 공급자에게 채찍효과(bullwhip effect)를 유발하게 된다. 이것은 공급사슬 내 기업 간 정보공유의 부재와 협력관계의 부족으로 인해 공급사슬의 효율을 저하

시키는 대표적인 현상이다. RMIP의 대안으로 공급자와 소매점의 통합적 관점에서 공급사슬 재고를 관리하는 공급자 주도 재고정책(vendor-managed inventory policy: VMIP)이 제시되고 있다. 미국 생산 및 재고통제 협회에서는 VMIP를 “공급자가 소매점이 상품을 팔거나 사용하기 전까지는 대금을 지불 받지 않고 소매점이 지정하는 장소에 제품을 공급해 주는 과정”이라 정의하고 있다. 즉, 공급자가 소매점으로부터 판매 및 재고 현황에 대해 실시간적으로 정확한 정보를 제공 받아 소매점의 재고보충계획을 직접 수립 시행하고, 소매점 재고에 대한 재정적인 책임을 공급자가 갖는 재고관리 방법이다.

<sup>†</sup> 연락저자 : 박양병 교수, 449-701 경기도 용인시 기흥구 서천동1번지, 경희대학교 테크노공학대학 산업공학과, Fax : 031-203-4004,  
E-mail : ybpark@khu.ac.kr

VMIP는 공급자가 소매점의 최종 판매정보를 직접 파악하거나 실시간으로 제공받기 때문에 채찍효과를 감소시켜 재고 비용을 절감할 수 있으며 연속적인 재고보충을 통해 고객 서비스를 개선할 수 있는 장점을 가지고 있다(Disney and Towill, 2003). 그러나 VMIP의 적용에 따라 소매점의 주문과정은 필요 없게 되고 또한 공급자가 소매점 재고의 책임을 지게 되므로 자칫 이익의 대부분이 소매점에게만 돌아갈 수 있다 따라서 협력에 의해 얻어진 전체 이익을 공급자와 소매점 양쪽에 적절히 배분해야 하는 협상문제가 제기된다

VMIP는 1980년대 후반 Wal-Mart와 P&G(Procter & Gamble) 사에 의해 처음 도입된 이래 식료품 산업의 소비자에 대한 효율적 대응이나 의류 산업의 신속 대응을 위한 핵심 프로그램으로 다루어져 왔다(Waller *et al.*, 1999). VMIP는 정보기술과 인터넷의 발달로 인해 계속해서 적용 사례가 늘어가는 추세이며, 국내에서는 특히 삼성 TESCO와 한국 P&G의 사례가 성공적으로 평가 받고 있다(Sim, 2005). 삼성 TESCO는 전체 식료품 공급업체 중 52%에 대해 VMIP를 적용하고 있으며, 유한킴벌리와 마그넷, 풀무원과 GS유통 등도 VMIP의 도입을 추진하고 있다. 그러나 모든 VMIP 적용이 성공적인 것만은 아니며 적용을 시도했다가 철회하는 사례들도 있다 VMIP를 잘못 적용하면 소매점 주문비는 계속 발생하고 오히려 소매점 재고비와 공급자 수송비만 증가할 수 있다 따라서 VMIP를 RMIP의 대안으로 무조건 도입하기 보다는 RMIP와 VMIP를 사전에 체계적으로 비교 분석한 후 VMIP의 통합효과가 얻어질 수 있는 경우에 한하여 적용하는 것이 바람직하다. VMIP를 도입하게 되면 공급자 및 소매점의 재고관리와 배송계획에 대한 최적의 사결정이 필요하다.

VMIP에 대한 본격적인 연구는 비교적 최근에 시작되었으며 특히, RMIP와 VMIP를 비교한 연구는 매우 부족하다. (Dong and Xu 2002 ; Jeong and Choi 2004)는 EOQ 모형을 이용하여 RMIP와 VMIP의 적용에 따른 공급자와 소매점의 이익을 비교하였다. 분석결과 VMIP의 경우 총 수익은 약간 증가하였으나 공급자의 이익은 RMIP의 경우보다 오히려 감소되는 것으로 나타났다. 그들의 연구는 두 정책에 대해 소매점 주문비를 동일하게 가정하고 수송비를 고려하지 않은 사실이 문제점으로 지적될 수 있다. Disney *et al.*(2003)은 시뮬레이션 분석을 통해 VMIP의 운영비용에서 수송비가 큰 비중을 차지하고 있음을 보여주었다. Carter *et al.*(1996)은 처음으로 VMIP의 수송계획을 고려하여 차량경로문제(VRP)를 통해 여러 소매점들에 대한 통합수송 효과를 분석하였다. 이후, (Herer and Levy 1997 ; Çetinkaya and Lee 2000 ; Bertazzi *et al.* 2002, 2005 ; Chen *et al.* 2005 ; Rusdiansyah and Tsao 2005)가 VMIP와 VRP를 함께 다룬 연구를 수행하였다. 특히, Bertazzi *et al.*(2002, 2005)은 총비용 관점에서 VRP를 고려한 RMIP와 VMIP를 비교 분석하였다. 그들은 실험에서 소매점 주문비는 발생하지 않는 것으로 가정하였으나 두 정책 대해 동일한 소매점 재고공간을 가정하였다 그 결과 VMIP의 총 비용은 RMIP보다 감소하였으나 VMIP의

경우 RMIP에 비해 수송비가 감소하면서 오히려 소매점의 재고유지비는 더 증가하였다.

기존 관련 연구를 통해 VMIP의 경우는 일반적으로 소량 배송으로 인해 VRP가 발생하여 수송비가 크게 영향을 받으며 재고공간의 크기가 감소하고, 소매점의 주문비가 없어지는 사실을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 이러한 사실들을 반영한 단일 공급자, 다수 소매점, 다 품종, 다 기간의 2 단계 소매점 공급사슬 환경에서 RMIP와 VMIP를 공급사슬의 총비용 관점에서 비교 평가한다. 이를 위해 RMIP와 VMIP의 총 비용과의 사결정변수를 구하는 최적 수리모형을 구축하고 두 재고정책의 총 비용에 유의적으로 영향을 미치는 입력 파라미터들을 규명하여 다양한 실험문제를 구성한다. 또한 단일 공급자, 단일 소매점, 단일 품목의 간단한 2단계 소매점 공급사슬에서 VMIP가 RMIP 보다 총 비용이 더 작은 상황적 조건을 수리적 분석을 통해 식으로 제시한다.

본 논문은 총 5장으로 구성된다. 제 1장의 서론에 이어 제 2장에서 RMIP와 VMIP의 수리모형을 각각 제시하고, 간단한 예제의 풀이 결과를 소개한다. 제 3장에서는 두 재고정책의 총비용에 유의적으로 영향을 미치는 입력 파라미터들을 규명하고, 이를 토대로 구성된 다양한 실험문제에서 RMIP와 VMIP를 비교한다. 제 4장에서는 RMIP에 대한 VMIP의 총비용 감소 조건을 유도한다. 끝으로, 결론 및 향후과제를 제 5장에 기술한다.

## 2. RMIP와 VMIP의 수리모형

### 2.1 혼합정수계획 모델

단일 공급자, 다수 소매점, 다 기간, 다 품종으로 구성된 2단계 소매점 공급사슬 환경에서 공급자의 배송차량 경로결정을 포함하는 RMIP와 VMIP의 혼합정수 수리모형을 구축한다

소매점 공급사슬의 운영과 관련하여 필요한 가정을 아래와 같이 설정한다

- (1) 모든 소매점에서 고객수요는 알려져 있으며, 전체 계획 기간 내 소매점의 모든 수요는 반드시 충족되어야 한다. 소매점은 고객수요에 대해 정해진 비용 범위 내에서 품절을 허용하며, 고객서비스 차원에서 품절은 반드시 다음 기초에 충족되어야 한다(backlog).
- (2) 공급자의 재고보충은 기초에 주문과 동시에 이루어지며 품절은 없다.
- (3) RMIP의 경우 소매점 주문은 기촉직전(기말)에 발생하며, 공급자는 소매점들로부터의 주문을 모아 당기 개점 시간 전까지 배송해야 한다. VMIP의 경우 소매점 재고보충은 해당 기초 개점시간 전까지 이루어져야 한다.
- (4) 수송차량은 적재용량에 제한이 있으며, 모든 차량의 형태, 제품의 크기와 무게는 동일하다. 그리고 차량의 소매

점 방문은 한 기에 1회 방문으로 제한한다. 즉, 수송비 절감 차원에서 분할배송을 불허한다.

RMIP는 2단계 수리모델로 구성된다. 단계 1에서는 소매점 주문량이 당기에 전량 보충될 것으로 전제하고 소매점 주문비와 재고유지비의 합을 최소로 하는 소매점 주문량을 결정한다. 단계 2에서는 단계 1에서 결정된 소매점 주문량을 충족시키기 위해 공급자 주문비와 재고유지비, 소매점 품질비, 차량 고정비와 변동비의 합을 최소로 하는 공급자 배송계획을 수립한다. VMIP에서는 공급자가 배송계획과 함께 소매점 재고관리를 직접 수행하기 때문에 VMIP 수리모델은 소매점 주문비를 제외한 공급사슬의 모든 비용 합을 최소로 하는 단일 목적함수로써 구축되며, 공급자의 소량의 빈번한 재고보충 특성을 반영하여 소매점 재고 공간 크기를 제한하는 식이 추가된다.

공급사슬관리에서는 일반적으로 판매수입을 고려하여 이익의 최대화를 추구한다. 그러나 고객수요가 모두 충족되는 것으로 가정하는 경우, 소매점의 총 판매수입은 항상 고정된 값을 갖게 되어 공급사슬에서 총 비용의 최소화는 이익의 최대화와 동일한 의미를 갖는다. RMIP와 VMIP의 소매점 재고 공간 크기의 차이에 따른 공간비용의 차이는 두 정책의 총비용에 영향을 미치겠지만, 이를 계량화하기가 어려워 수리모델에서의 비용 계산에는 명시적으로 포함하지 않았다. 본 논문의 두 재고정책 비교는 공급자와 소매점에서 발생하는 비용을 모두 합한 총 비용 관점에서 이루어진다. 공급사슬의 총 비용을 최소화함에 따라 얻어지는 공급사슬 이익에 대한 공급자와 소매점 간의 분배문제는 본 논문에서 다루지 않는다.

두 재고정책의 수리모델에서 사용된 입력 파라미터와 결정 변수는 다음과 같다.

**입력 파라미터**

- R = 지점 수,
- K = 품목 수,
- T = 계획기간,
- N = 차량 수,
- C = 차량용량,
- S<sub>i</sub> = 소매점 i의 재고 공간 크기,
- D<sub>ikt</sub> = 소매점 i에서 t기에 제품 k의 고객수요,
- c<sub>ik</sub> = 공급자(i=0)와 소매점 i에서 제품 k의 단위기간 당 재고 유지비,
- p = 공급자 주문비,
- o = 소매점 주문비,
- g<sub>ik</sub> = 소매점 i에서 제품 k의 품질비,
- f = 차량고정비(감가상각비, 인건비, 배송준비비 등),
- v = 차량변동비(연료비),
- α<sub>ik</sub> = 소매점 i에서 제품 k의 품질 허용율,
- t<sub>ij</sub> = 지점 i에서 j까지 이동시간,
- M = 아주 큰 수.

**결정변수**

- a<sub>kt</sub> = 공급자에서 t기에 제품 k의 재고 보충량
- I<sub>ikt</sub> = 공급자(i=0)와 소매점 i에서 t기말 제품 k의 재고수준
- b<sub>ikt</sub> = 소매점 i에서 t기에 제품 k의 품질량,
- q<sub>ikt</sub> = 소매점 i에서 t기에 제품 k의 주문량
- z<sub>ikt</sub> = 소매점 i에서 t기에 제품 k의 보충량,
- x<sub>ijt</sub> =  $\begin{cases} 1, & \text{만약 } t\text{기에 지점 } i\text{에서 } j\text{로 차량이 이동하면} \\ 0, & \text{그렇지 않으면} \end{cases}$
- y<sub>it</sub> =  $\begin{cases} 1, & \text{만약 } t\text{기에 지점 } i\text{에 보충(수송)량이 있으면} \\ 0, & \text{그렇지 않으면} \end{cases}$

RMIP에서 단계 1의 수리모델은 다음과 같다

$$\text{Min } Z = 0 \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T y_{it} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{it} (I_{ikt-1} + q_{ikt} + I_{ikt}) \quad (1)$$

s.t.

$$I_{ikt-1} + q_{ikt} - D_{ikt} = I_{ikt}, \quad i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K q_{ikt} \leq C, \quad i = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K q_{ikt} \leq M y_{it} \quad i = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$I_{ik0} = 0, I_{ikT} = 0, y_{it} = \{0, 1\}, I_{ikt} \geq 0, q_{ikt} \geq 0, \quad i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \quad (5)$$

목적함수 (1)은 소매점 주문비와 재고유지비의 합으로 구성된다. 식 (2)는 소매점 재고수준을 갱신한다. 식 (3)은 소매점의 한 기 주문량을 차량용량 이하로 제한한다. 식 (4)는 소매점 주문비의 발생을 결정한다.

RMIP에서 단계 2의 수리모델은 다음과 같다

$$\text{Min } Z = p \sum_{t=1}^T y_{0t} + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{0k} I_{0kt} + \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T g_{ik} b_{ikt} + f \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T x_{0it} + v \sum_{i=0}^R \sum_{j=1}^{R+N} \sum_{t=1}^T t_{ij} x_{ijt} \quad (6)$$

s.t.

$$z_{ikt} + b_{ikt} = q_{ikt} + b_{ikt-1}, \quad i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \quad (7)$$

$$b_{ikt} \leq \alpha_{ik} D_{ikt}, \quad i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T - 1 \quad (8)$$

$$I_{0kt-1} + a_{kt} - \sum_{i=1}^R z_{ikt} = I_{0kt}, \quad k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^K a_{kt} \leq My_{0t}, t = 1, \dots, T \tag{10}$$

$$\sum_{k=1}^K z_{ikt} \leq My_{it}, i = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \tag{11}$$

$$\sum_{\substack{i=0 \\ i \neq j}}^R x_{ijt} = y_{jt}, j = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \tag{12}$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{R+N} x_{ijt} = y_{it}, i = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \tag{13}$$

$$I_{oko} = 0, I_{okT} = 0, b_{ik0} = 0, b_{ikT} = 0, x_{ijt} = \{0, 1\}, y_{it} = \{0, 1\}, I_{okt} \geq 0, b_{ikt} \geq 0, z_{ikt} \geq 0, a_{kt} \geq 0, i = 0, \dots, R; j = 1, \dots, R+N; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \tag{14}$$

목적함수 (6)은 공급자 주문비와 재고유지비, 소매점 품질비, 차량고정비와 변동비의 합으로 이루어진다. 단계 1에서 구한  $q_{it}$ 는 식 (7)에서 상수로 사용된다. 식 (8)은 소매점의 품질량을 제한한다. 식 (9)는 공급자 재고수준을 갱신한다. 식 (10)은 공급자 주문비의 발생을 결정한다. 식 (11)~(13)은 기별로 재고보충이 존재하는 소매점들에 대해서만 차량경로를 구하도록 한다.

$R+1, \dots, R+N$ 은  $N$ 대 차량이 각각 배송을 마친 후 최종적으로 되돌아오는  $N$ 개의 가상지점을 의미하며 모두 공급자 지점과 동일한 위치이다. 추가로, 배송차량들의 경로결정을 위한 제약식이 필요한데 Malandraki and Daskin(1992)이 제시한 제약식에 시간인자를 추가하여 그대로 사용할 수 있으므로 수리모델에서 명시적 표현은 생략한다. 단계 2에서  $z_{ikt}$ 가 결정되면 식 (1)에서 새로운  $y_{it}$ 와  $q_{ikt}$  대신  $z_{ikt} - b_{ikt-1}$ 을 대입하여 소매점 재고유지비를 정확히 계산하여 총비용을 구한다.

VMIP의 수리모델은 아래의 목적함수(15), 식 (7)을 제외한 RMIP 단계 2의 제약식, 그리고 식 (16)~(18)로써 구성된다. 차량경로 결정을 위한 제약식은 RMIP의 수리모델에서와 동일하다.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & p \sum_{t=1}^T y_{0t} + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{0k} I_{0kt} + \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T g_{ik} b_{ikt} \\ & + f \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T x_{0it} + v \sum_{i=0}^R \sum_{j=1}^{R+N} \sum_{t=1}^T t_{ij} x_{ijt} \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{ik} (I_{ikt-1} + z_{ikt} - b_{ikt-1} + I_{ikt}) \end{aligned} \tag{15}$$

s.t.

$$I_{ikt-1} + z_{ikt} - D_{ikt} - b_{ikt-1} + b_{ikt} = I_{ikt}, i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T \tag{16}$$

$$\sum_{k=1}^K (z_{ikt} - b_{ikt-1}) + \sum_{k=1}^K I_{ikt-1} \leq S_i, i = 1, \dots, R; t = 1, \dots, T \tag{17}$$

$$I_{ik0} = 0, I_{ikT} = 0, i = 1, \dots, R; k = 1, \dots, K \tag{18}$$

목적함수 (15)는 공급자 주문비와 재고유지비, 소매점 품질비, 차량고정비와 변동비, 소매점 재고유지비의 합으로 구성된다. 식 (16)은 소매점 재고수준을 갱신한다. 식 (17)은 소매점 재고수준을 주어진 재고 공간 크기 이하로 제한한다.

### 2.2 예제

4개 소매점, 2개 품목, 4기 계획기간의 작은 예제에 대해 RMIP와 VMIP의 수리모델을 각각 적용하여 해를 구하였다. 소매점에서 제품 1과 2의 수요는 각각 [14, 22]와 [12, 18]의 일양분포로부터 생성했다. 모든 소매점에 대해 개점시간은 240, 하역시간은 10, 제품별 품질 허용율은 0.3으로 동일하게 설정하였다. 그리고 모든 차량의 적재용량은 100으로 설정하였다. VMIP의 경우, 소매점 재고 공간 크기는 Dong and Xu(2002)의 연구에서와 같이 RMIP의 최대 재고 공간 크기를 경제적 주문량(EOQ)으로 간주하고 이 보다 작은 크기로서 두 제품의 EOQ 합  $\times 0.6$ 으로 정하였다. 여기서 0.6 배수는 임의의 값이다. 예제에서 사용된 비용 입력 자료가 <Table 1>에 정리되어 있다. 예제의 수리모델은 Pentium IV PC(CPU 2.6GHz, 512MB RAM)에서 실행되었으며, CPLEX 9.1(2005)을 이용하여 해를 구하였다. 두 정책의 수리모델을 풀어 구한 공급자와 소매점의 재고관리 해가 <Table 2>와 <Table 3>에 각각 정리되어 있다.

RMIP의 경우, 1, 3기 모두에서 소매점의 재고보충량 크기에 기인하여 한 차량이 한 소매점만을 방문하는 직접 수송으로 구해졌다. VMIP의 경우, 소량의 보충량으로 인해 1대 또는 2대의 차량이 1~3개의 소매점을 경유하는 형태로 나타났다.

Table 1. Cost input data for example

$p$	$c_{0k}$		$o$	$c_{ik}$		$g_{ik}$		$f$	$v$
	$k=1$	$k=2$		$k=1$	$k=2$	$k=1$	$k=2$		
400	1	2	200	2	4	5	10	100	5

두 정책의 각종 비용과 계산시간 비교가 <Table 4>에 정리되어 있다. VMIP의 경우, 소매점 주문비가 발생하지 않았으며 소매점 재고유지비는 RMIP와 비교하여 약 35% 감소하였다. 반면에, 공급자 재고유지비와 품질비가 새로이 발생하였다. VMIP에서 소매점 품질은 공급자의 재고부족 때문이 아니라 소매점에서의 소량 배송으로 인한 차량 고정비 증가를 방지하기 위해 발생된 것으로 보인다. VMIP의 경우, 수송비가 약 23% 증가하였다. 이것은 VMIP에서 공급자가 소매점에 소량

**Table 2.** Solution of inventory control under RMIP in example

		t=1		t=2		t=3		t=4	
		k=1	k=2	k=1	k=2	k=1	k=2	k=1	k=2
supplier	$\sum_{i=1}^R z_{ikt}$	170	112	0	0	156	122	0	0
	$a_{kt}$	170	112	0	0	156	156	0	0
	$I_{0kt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
retailer 1	$D_{ikt}$	22	15	20	14	20	13	18	14
	$q_{ikt}$	42	29	0	0	38	27	0	0
	$z_{ikt}$	42	29	0	0	38	27	0	0
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	20	14	0	0	18	14	0	0
retailer 2	$D_{ikt}$	22	13	19	15	19	16	19	17
	$q_{ikt}$	41	28	0	0	38	33	0	0
	$z_{ikt}$	41	28	0	0	38	33	0	0
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	19	15	0	0	19	17	0	0
retailer 3	$D_{ikt}$	22	12	22	15	21	17	18	16
	$q_{ikt}$	44	27	0	0	39	33	0	0
	$z_{ikt}$	44	27	0	0	39	33	0	0
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	22	15	0	0	18	16	0	0
retailer 4	$D_{ikt}$	21	13	22	15	20	16	21	13
	$q_{ikt}$	43	28	0	0	41	29	0	0
	$z_{ikt}$	43	28	0	0	41	29	0	0
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	22	15	0	0	21	13	0	0

**Table 3.** Solution of inventory control under VMIP in example

		t=1		t=2		t=3		t=4	
		k=1	k=2	k=1	k=2	k=1	k=2	k=1	k=2
supplier	$\sum_{i=1}^R z_{ikt}$	117	79	52	43	85	54	72	62
	$a_{kt}$	156	108	0	0	170	126	0	0
	$I_{0kt}$	52	43	0	0	72	62	0	0
retailer 1	$D_{ikt}$	22	15	20	14	20	13	18	14
	$z_{ikt}$	22	15	20	14	20	13	18	14
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	0	0	0	0	0	0	0	0
retailer 2	$D_{ikt}$	22	13	19	15	19	16	19	17
	$z_{ikt}$	22	13	32	29	0	0	25	19
	$b_{ikt}$	0	0	0	0	6	2	0	0
	$I_{ikt}$	0	0	13	14	0	0	0	0
retailer 3	$D_{ikt}$	22	12	22	15	21	17	18	16
	$z_{ikt}$	37	25	0	0	38	19	8	16
	$b_{ikt}$	0	0	7	2	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	15	13	0	0	10	0	0	0
retailer 4	$D_{ikt}$	21	13	22	15	20	16	21	13
	$z_{ikt}$	36	26	0	0	27	18	21	13
	$b_{ikt}$	0	0	7	2	0	0	0	0
	$I_{ikt}$	15	13	0	0	0	0	0	0

**Table 4.** Comparison of RMIP and VMIP for cost and computation time

policy	supplier cost		retailer cost			transportation cost		total cost	computation time (sec)	optimality tolerance (%)	reduction rate of total cost (%)
	ordering	inventory carrying	ordering	inventory carrying	backlog	fixed	variable				
RMIP	800	0	1600	1588	0	800	3920	8708	1	0.1	-
VMIP	800	334	0	1028	160	700	5085	8107	1906	0.1	6.9

으로 빈번하게 재고를 보충해 준 결과이다. 두 정책의 총 비용을 비교해 보면, VMIP가 약 6.9%의 감소 효과를 보였다. 그러나 수리모델의 풀이에서 VMIP는 훨씬 더 긴 계산시간이 소요되었다. <Table 4>에서 최적성 허용오차는 현재 해가 최적해의 0.1% 내에 포함된다는 것을 CPLEX에서 보장한다는 의미이다. 이 예제에서는 비록 VMIP가 RMIP에 대해 총비용의 감소효과를 보였지만, 비용요소를 포함한 입력 파라미터 값의 변화에 따라서 두 정책의 우열과 총비용 감소율의 크기가 달라질 수 있다고 판단하여 다음 장에서와 같이 다양한 계산실험을 수행하였다.

### 3. RMIP와 VMIP의 비교 실험

2단계 소매점 공급사슬 환경에서 RMIP와 VMIP를 총비용 관점에서 체계적으로 비교하기 위해 9개 소매점, 2개 품목, 10기 계획기간의 기본 실험문제를 구축하였다. 공급자 위치는 (50, 50)으로 정하고, 소매점 위치는 [0, 100]의 일양분포를 이용하여 정하였다. 지점 간 이동시간은 직선거리에 비례하는 것으로 가정하였다. 공급자와 모든 소매점의 초기재고는 0으로 설정하였다. 소매점에서 제품 1과 2의 고객수요는 각각 [18, 32]와 [11, 19]의 일양분포로부터 생성하였다. 모든 소매점의 매기 개점시간은 180으로 정하였다. 이외 주요 파라미터 값은 다음과 같다.  $\alpha_{ik} = 0.2, p = 400, c_{0k} = 1, g_{ik} = 5, v = 5$ . 모든 실험문제의 수리모델은 Pentium IV PC(CPU 2.6GHz, 512MB RAM)에서 CPLEX 9.1(2005)을 이용하여 풀었다. 분산분석은 Minitab (2003)을 이용하였다.

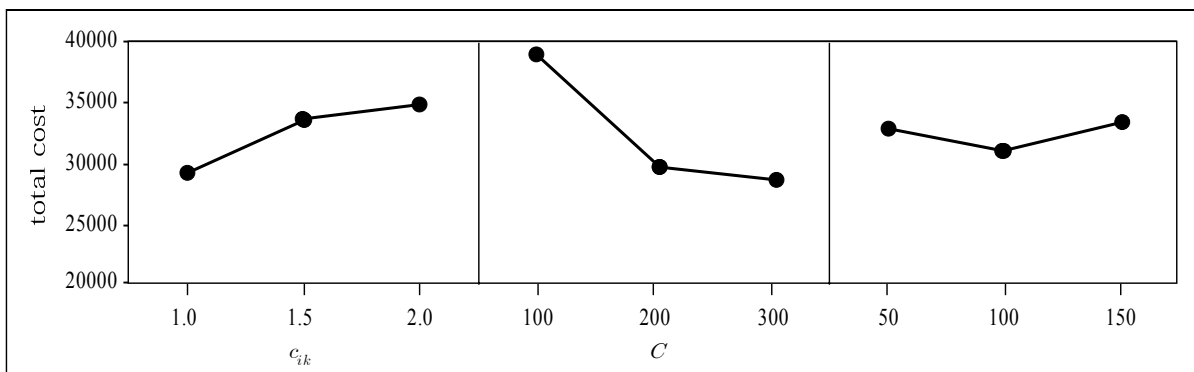
#### 3.1 RMIP의 총비용 요인분석

RMIP의 총비용 변화에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 소매점 재고유지비( $c_{ik}$ ), 차량용량( $C$ ), 소매점 주문비( $o$ )를 선정하고, <Table 5>의 수준 값 조합에 따라 만들어진 27개 문제에 대해 총 비용을 구해 분산분석을 실시하였다. 세 가지 차량용량 크기에 따라 해당 차량고정비는 각각 100, 146, 191로 설정하였다. 이것은 차량용량에 대한 실제 차량가격을 이용해 유도된 회귀식을 근거로 구한 값이다. 모든 문제에 대해 구해진 RMIP의 비용자료는 <Table 6>에 정리되어 있다.

**Table 5.** Three factors and their values for RMIP

factor	level	value
$c_{ik}$	3	1.0, 1.5, 2.0
$C$	3	100, 200, 300
$o$	3	50, 100, 150

분산분석 결과, 세 요인은  $C, c_{ik}, o$  순으로 모두 RMIP의 총비용에 95% 수준으로 유의하게 영향을 미치며,  $c_{ik}$ 와  $o$  간의 교호작용을 제외한 요인 간 교호작용은 모두 무시할 수 있는 것으로 나타났다. 교호작용의 결과는 RMIP에서 공급자와 소매점의 의사결정은 개별적으로 이루어진다는 사실에 비추어 당연한 것이라 말할 수 있다. <Figure 1>은 각 요인의 수준 값 변화에 따른 RMIP의 총비용 변화를 보여주는 그래프이다. 총비용에 대해  $c_{ik}$ 는 양의 상관관계,  $C$ 는 음의 상관관계를 보였다. 어느 수준까지의  $C$ 의 증가는 적재율을 높여 수송비를 줄여 주었다.



**Figure 1.** Variation of total cost to different values of three factors in RMIP.

**Table 6.** Cost outcomes of RMIP on 27 test problems with different values of three factors

$c_{ik}$	factor		supplier cost		retailer cost			transportation cost		total cost
	$C$	$o$	ordering	inventory carrying	ordering	inventory carrying	backlog	fixed	variable	
1.0	100	50	2000	271	2300	3563	15	4500	21785	34434
		100	2000	99	4400	3709	0	4400	21320	35928
		150	2000	459	6300	3979	0	4200	20190	37128
	200	50	2000	0	2250	3610	0	3650	12625	24135
		100	2000	351	4300	3815	0	3504	12755	26725
		150	2400	238	5100	4925	0	4088	13755	30506
	300	50	2000	0	2250	3610	0	3820	10480	22160
		100	2000	351	4300	3815	0	4011	11335	25812
		150	2400	343	5100	4925	0	3438	9740	25946
1.5	100	50	2000	1844	4500	2837	370	4700	24510	40761
		100	2000	0	4500	5596	0	4500	21750	38346
		150	2000	99	6600	5745	0	4400	21320	40164
	200	50	2000	1800	4500	2896	0	4380	16680	32256
		100	2000	0	4500	5596	0	3650	12625	28371
		150	2000	351	6450	5904	0	3504	12756	30965
	300	50	2000	1800	4500	2896	0	5730	16650	33576
		100	2000	0	4500	5596	0	3820	10480	26396
		150	2000	351	6450	5904	0	4011	11415	30131
2.0	100	50	2000	1790	4500	3510	550	4600	24090	41040
		100	2000	268	4900	7122	30	4500	21845	40665
		150	2000	0	6750	7220	0	4500	21750	42220
	200	50	2000	1800	4500	3620	0	4380	16665	32965
		100	2000	0	4500	7220	0	3650	12625	29995
		150	2000	0	6750	7220	0	3650	12625	32245
	300	50	2000	1800	4500	3620	0	5730	16685	34335
		100	2000	0	4500	7220	0	3820	10640	28180
		150	2000	0	6750	7220	0	3820	10525	30315

**3.2 VMIP의 총비용 요인분석**

VMIP의 총비용 변화에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 소매점 재고유지비( $c_{ik}$ ), 차량용량( $C$ ), 소매점 재고 공간 크기 결정배수( $w$ )를 선정하고, <Table 7>의 수준 값 조합에 따라 생성된 27개 문제에 대해 총비용을 구해 분산분석을 실시하였다. 각 소매점의 재고 공간 크기는 전체 계획기간 동안 해당 소매점에서 제품별 최대 수요의 합에 정수 값  $w$ 를 곱해 정하였다. 모든 문제에 대해 구해진 VMIP의 비용자료는 <Table 8>에

정리되어 있다.

**Table 7.** Three factors and their values for VMIP

factor	level	value
$c_{ik}$	3	1.0, 1.5, 2.0
$C$	3	100, 200, 300
$w$	3	1, 2, 3

분산분석 결과, 세 요인은  $C, w, c_{ik}$  순으로 모두 VMIP의 총

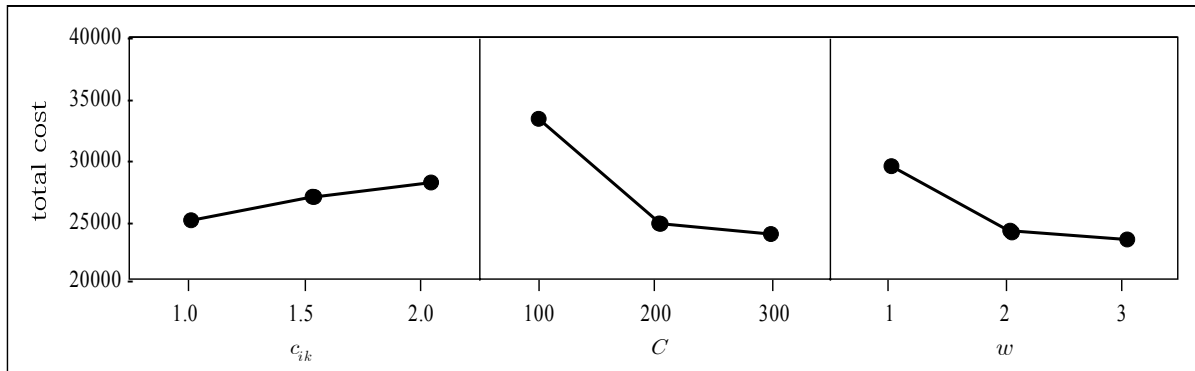


Figure 2. Variation of total cost to different values of three factors in VMIP.

Table 8. Cost outcomes of VMIP on 27 test problems with different values of three factors

factor			supplier cost		retailer cost		transportation cost		total cost
$c_{ik}$	$C$	$w$	ordering	inventory carrying	inventory carrying	backlog	fixed	variable	
1.0	100	1	2400	1383	1832	180	4500	23630	33925
		2	2000	772	3043	5	4000	20445	30265
		3	2400	494	4116	55	3800	18920	29785
	200	1	2000	1748	1862	0	4380	16650	26640
		2	2000	0	3614	260	3212	11615	20701
		3	2000	0	4176	180	2920	10750	20026
	300	1	2000	1740	1870	0	5730	16650	27990
		2	2000	83	3628	185	3247	9255	18398
		3	2000	136	4044	0	3056	8820	18056
1.5	100	1	2400	1341	2907	560	4200	22430	33838
		2	2000	1146	4308	55	4100	21020	32629
		3	2000	886	4792	150	3900	19990	31718
	200	1	2000	1800	2896	0	4380	16650	27726
		2	2000	361	5394	0	3212	11725	22692
		3	2400	0	5538	0	3066	11645	22649
	300	1	2000	1800	2896	0	5730	16650	29076
		2	2400	0	5097	165	3629	10460	21751
		3	2000	127	5813	165	3247	9225	20577
2.0	100	1	2000	1800	3666	250	4400	23135	35251
		2	2000	1057	5116	130	4000	20515	32818
		3	2000	1171	5460	130	3800	19835	32396
	200	1	2000	1800	3620	0	4380	16650	28450
		2	2000	1298	5198	70	3066	12195	23827
		3	2000	1298	5198	70	3066	12195	23827
	300	1	2000	1800	3620	0	5730	16650	29800
		2	2000	420	6332	360	3438	9900	22450
		3	2000	509	6611	385	3056	9205	21766

비용에 95% 수준으로 유의하게 영향을 미치며, 이들 요인 간 모든 교호작용은 유의적으로 나타났다. VMIP에서는 통합의

사결정이 이루어지기 때문에 요인들은 상호 영향을 미치는 것으로 판단된다. <Figure 2>는 각 요인의 수준 값 변화에 따른



VMIP의 총비용 변화를 보여 주는 그래프이다 총 비용에 대해  $c_{ik}$ 는 양의 상관관계,  $C$ 와  $w$ 는 음의 상관관계를 보였다. 어느 수준까지의  $C$ 와  $w$ 의 증가는 수송비의 감소로 직결되었다.

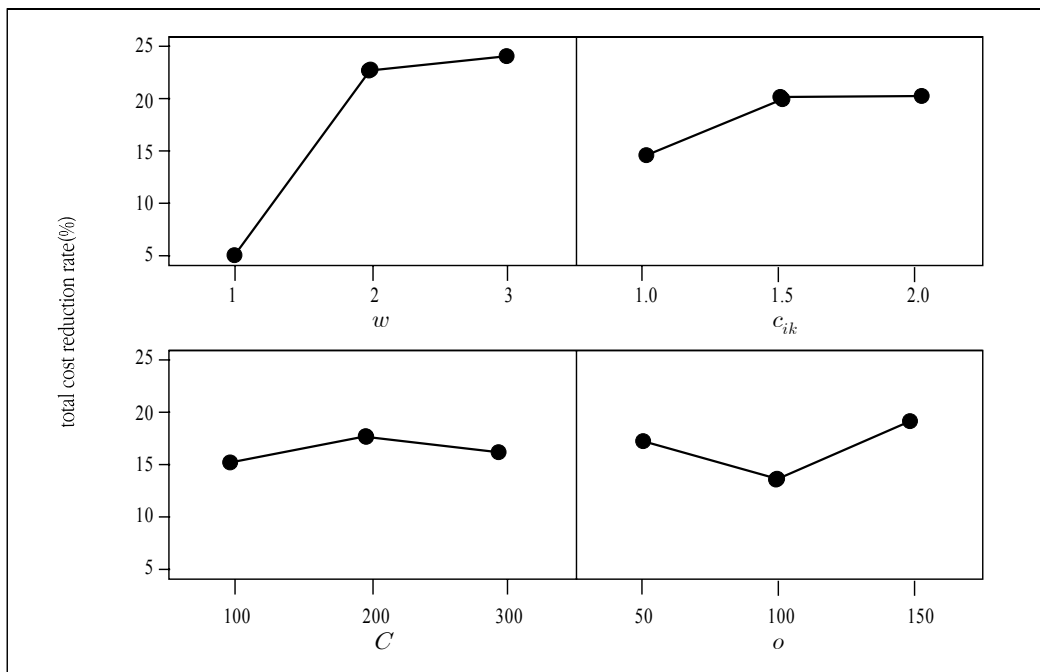
### 3.3 RMIP와 VMIP의 총비용 차이에 대한 요인분석과 비교

3.1절과 3.2절에서 분석한 네 가지 요인이 RMIP와 VMIP의 총비용 차이에 미치는 영향을 평가한다. 네 가지 요인의 수준 값 조합에 따라 생성된 81개 문제에 대해 VMIP의 총비용 감소율을 계산하여 분산분석을 실시하였다. <Table 9>에 모든 실험 문제에 대한 VMIP의 총비용 감소율이 정리되어 있다. VMIP의 총비용 감소율은 <Table 6>과 <Table 8>의 비용자료로써 구하였으며, 계산식은 다음과 같다: (RMIP의 총비용-VMIP의 총비용) × 100/RMIP의 총비용. 분산분석 결과, 네 요인은  $w$ ,  $c_{ik}$ ,  $o$ ,  $C$  순으로 모두 VMIP의 총비용 감소율에 95% 수준으로 유의하게 영향을 미치며,  $w$ 와  $o$  간의 교호작용을 제외한 나머지 요인 간 교호작용은 모두 유의적으로 나타났다. 이러한 결과는 소매점 재고 공간 크기와 소매점 재고유지비가 VMIP의 적용 효과에 가장 크게 영향을 미친다는 것을 의미한다.

<Table 9>로부터 거의 대부분의 문제에서 VMIP의 총비용이 감소되었음을 알 수 있다. 81개 문제 중에서 단지 6개의 문제에서만 VMIP의 총비용이 증가하였다. VMIP의 총비용이 늘어난 문제들을 살펴보면 다음과 같은 사실을 확인할 수 있다. 첫째, 소매점 재고 공간 크기가 아주 작고 차량용량이 아주 클 경우 VMIP에서는 빈번하게 낮은 적재율의 비효율적인 수송이 이루어지지만 소매점 재고공간의 제한이 없는 RMIP에서는

**Table 9.** Total cost reduction rate(%) of VMIP on 81 test problems with different values of four factors

$c_{ik}$	$C$	$o$	$w$		
			1	2	3
1.0	100	50	1.5	12.1	13.5
		100	5.6	15.8	17.1
		150	8.6	18.5	19.8
	200	50	-10.6	14.2	17.0
		100	0.1	22.5	25.1
		150	12.5	32.1	34.4
300	50	-26.3	17.0	18.5	
	100	-8.4	28.7	30.0	
	150	-7.9	29.1	30.4	
1.5	100	50	17.0	20.0	22.2
		100	11.8	14.9	17.3
		150	15.8	18.8	21.0
	200	50	14.0	29.7	29.8
		100	2.3	20.0	20.2
		150	10.5	26.7	26.9
300	50	13.4	35.2	38.7	
	100	-10.2	17.6	22.0	
	150	3.5	27.8	31.7	
2.0	100	50	14.1	20.0	21.1
		100	13.3	19.3	20.3
		150	16.5	22.3	23.3
	200	50	13.7	27.7	27.7
		100	5.2	20.6	20.6
		150	11.8	26.1	26.1
300	50	13.2	34.6	36.6	
	100	-5.7	20.3	22.8	
	150	1.7	25.9	28.2	



**Figure 3.** Variation of total cost reduction rate of VMIP to different values of four factors.

대용량의 차량을 이용하여 소매점의 큰 주문량을 효율적으로 수송한다. 둘째, 소매점 주문비가 작은 경우 VMIP에서 소매점 주문비의 절감효과가 크지 않다

<Figure 3>은 네 가지 요인의 수준 값 변화에 따른 VMIP 총 비용 감소율의 변화를 보여 주는 그래프이다  $w$ 가 커지면 감소율은 증가하였다. 이것은 VMIP의 경우 소매점 재고공간이 커지면 재고보충 횟수가 줄어들어 특히 수송비가 감소하기 때문이다.  $c_{ik}$ 와  $C$ 가 커지면 대체적으로 감소율은 증가하는 추세를 보였다. 이것은 VMIP에서는 일반적으로 소량의 소매점 재고를 유지하고 또한 여러 소매점의 보충 물량을 한 차량에 모아 수송하기 때문이다. 하지만  $C$ 가 300으로 커지면 한정된 수송 물량과 차량 운행시간 제한으로 적재율이 낮아져 총비용 감소율이 줄어들었다.  $o$ 은 100에서 150으로 커지면 감소율이 증가하였다. VMIP에서 소매점 주문비 절감액이 커지기 때문이다. 그러나 소매점 주문비가 50으로 작아지면 RMIP에서 주문횟수의 증가로 인해 오히려 소매점의 총 주문비가 커져 감소율이 증가하였다.

이상 VMIP의 총 비용 감소율 분석에서 소매점 재고공간의 감축에 따른 공간비의 절감을 반영하지 않았다. 따라서 실제로 RMIP에 대한 VMIP의 총 비용 절감효과는 <Table 9>에 나타난 감소율 보다 더 클 것으로 예상된다.

#### 4. VMIP의 총비용 감소 조건식

단일 공급자, 단일 소매점, 단일 제품으로 구성된 2단계 소매점 공급사슬에서 VMIP의 총비용이 RMIP의 총비용보다 더 작은 상황적 조건을 수리적 분석을 통해 유도한다. 공급자는 계획기간 동안의 소매점 총수요를 초기에 재고로 보유하고 있어 계획기간 동안 공급자 주문비는 발생하지 않는다. 그리고 소매점의 1회 주문량은 EOQ에 의해 결정되고, 차량용량은 제한되지 않는다고 가정한다. EOQ 모형은 다양한 공급사슬 환경에서 그 적용성이 입증되어 있다(Dong and Xu, 2002). 소매점에서 재고유지비가 품질비보다 작고, 소매점 총수요가 알려져 있고, 차량용량이 제한되지 않기 때문에 소매점에서 품질은 발생하지 않는다.

RMIP와 VMIP의 총비용 계산식은 각각 식 (19), (20)과 같다. 공급자의 초기 재고수준은  $D$ 로 가정되어 있지만, 계획기간 초기에 두 재고정책에 따라  $Q_1$  또는  $Q_2$ 가 소매점에 공급되므로 두 정책에서 공급자 최대 재고수준을 각각  $D - Q_1$ 과  $D - Q_2$ 로 간주하였다.

$$TC_{RMIP} = \frac{D}{Q_1}(S + V) + \frac{Q_1}{2}h_r + \frac{(D - Q_1)}{2}h_s \quad (19)$$

$$TC_{VMIP} = \frac{D}{Q_2}V + \frac{Q_2}{2}h_r + \frac{(D - Q_2)}{2}h_s \quad (20)$$

여기서  $S$ 는 1회 소매점 주문비,  $V$ 는 1회 수송비,  $D$ 는 총 수

요,  $h_r$ 은 소매점 단위 재고유지비,  $h_s$ 는 공급자 단위 재고유지비,  $Q_1$ 은 RMIP의 1회 소매점 주문량,  $Q_2$ 는 VMIP의 1회 소매점 재고 보충량을 나타낸다.

RMIP의 총 비용 식 (19)에서  $Q_1$ 을 EOQ 식  $\sqrt{2DS/h_r}$  로 대입하면 식 (21)과 같이 정리된다.

$$TC_{RMIP}^E = \sqrt{\frac{Dh_r}{2S}}(S + V) + \sqrt{\frac{DS}{2h_r}}(h_r - h_s) + \frac{D}{2}h_s \quad (21)$$

VMIP에서 총 비용을 최소화하기 위한 최적의 1회 소매점 재고 보충량은 식 (20)을  $Q_2$ 에 대해 편미분하여 얻어진 식 (22)에 의해 구할 수 있다. 단, 해가 존재하려면  $h_r > h_s$ 이어야 한다. 식 (22)를 식 (20)에 대입 정리하면 식 (23)과 같은 VMIP의 최소 총비용 식이 구해진다.

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2DV}{(h_r - h_s)}} \quad (22)$$

$$TC_{VMIP}^* = \sqrt{2DV(h_r - h_s)} + \frac{Dh_s}{2} \quad (23)$$

VMIP의 적용에서 소매점 재고공간이  $P$ 로 정해진 경우,  $Q_2^* \leq P$ 이면 항상  $TC_{RMIP}^E - TC_{VMIP}^*$ 의 총 비용 감소가 이루어진다. 그러나  $Q_2^* > P$ 이면,  $Q_2^*$  대신에  $P$ 만큼만 소매점 재고를 보충해야 된다. 이로 인해 총수요를 만족시키기 위한 재고보충 횟수는  $D/Q_2^*$ 보다 증가하게 되어 수송비가 늘어나 VMIP의 총비용이 RMIP의 총비용 보다 커질 수 있다. 그러므로  $P$ 는 반드시  $TC_{VMIP} \leq TC_{RMIP}^E$ 를 만족하는  $Q_2$  보다 커야만 VMIP의 총비용 감소가 보장된다.  $TC_{VMIP} \leq TC_{RMIP}^E$  식을 정리한 2차 부등식 (24)를 풀면  $Q_2$ 의 상한과 하한 계산식 (25)과 (26)을 얻을 수 있다.

$$\frac{(h_r - h_s)}{2}Q_2^2 - \left( \sqrt{\frac{Dh_r}{2S}}(S + V) + \sqrt{\frac{DS}{2h_r}}(h_r - h_s) \right)Q_2 + DV \leq 0 \quad (24)$$

$$Q_2^U = \sqrt{\frac{Dh_r}{2S} \left( \frac{S + V}{h_r - h_s} \right) + \frac{DS}{2h_r}} + \sqrt{\frac{Dh_r}{2S} \left( \frac{S + V}{h_r - h_s} \right)^2 + \frac{DS}{2h_r} + \frac{D(S - V)}{h_r - h_s}} \quad (25)$$

$$Q_2^L = \sqrt{\frac{Dh_r}{2S} \left( \frac{S + V}{h_r - h_s} \right) + \frac{DS}{2h_r}} - \sqrt{\frac{Dh_r}{2S} \left( \frac{S + V}{h_r - h_s} \right)^2 + \frac{DS}{2h_r} + \frac{D(S - V)}{h_r - h_s}} \quad (26)$$

따라서 VMIP 총 비용의 감소를 보장하기 위해서는 아래의 식 (27)과 (28)로 표현되는 두 가지 조건이 반드시 충족되어야 한다. 만일 실제 상황에서 소매점 주문비와 재고유지비, 공급자 재고유지비, 수송비, 그리고 총 수요가 주어지면 이 두 조건을 이용하여 VMIP의 적용 효과를 미리 평가해 볼 수 있을 것이다.

$$Q_2^L \leq Q \leq Q_2^U \quad (27)$$

$$P \geq Q_2^L \quad (28)$$

## 5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 backlog 품질을 허용하는 단일 공급자, 다수 소매점, 다품목, 다기간의 2단계 소매점 공급사슬에서 RMIP와 VMIP의 혼합정수계획 수리모형을 사용한 계산실험을 통해 두 재고정책을 총비용 관점에서 비교 연구하였다. 분석결과, 대부분의 문제에서 VMIP가 더 우월한 것으로 나타났다. 이에 따라 단일 공급자, 단일 소매점, 단일 품목의 단순한 2단계 소매점 공급사슬에서 VMIP의 총비용이 RMIP 보다 더 작기 위한 상황적 조건을 수리적 분석을 통해 제시하였다. 제시된 조건식은 실제 상황에서 VMIP의 적용효과를 미리 평가해 보는데 사용될 수 있을 것이다.

RMIP와 VMIP에 대한 계산실험의 주요 결과는 다음과 같이 요약된다.

- (1) RMIP에서 차량용량, 소매점 재고유지비, 소매점 주문비 모수는 순서대로 총비용에 95% 수준으로 유의하게 영향을 미쳤으며, 소매점 주문비와 재고유지비 간을 제외하면 요인 간 교호작용은 무시할 수 있었다. 그리고 총 비용은 소매점 재고유지비에 대해 양의 상관관계, 차량용량에 대해 음의 상관관계를 보였다.
- (2) VMIP에서 차량용량, 소매점 재고 공간 크기, 소매점 재고유지비 모수는 순서대로 총 비용에 95% 수준으로 유의하게 영향을 미쳤으며, 이들 요인 간 교호작용은 모두 유의적인 것으로 나타났다. 그리고 총 비용은 소매점 재고유지비에 대해 양의 상관관계, 소매점 재고 공간 크기와 차량용량에 대해 음의 상관관계를 보였다.
- (3) 대체적으로, 소매점 재고공간의 크기가 작고 차량용량이 큰 경우와 소매점 주문비가 작고 소매점 재고유지비가 작은 경우를 제외하고는 대부분의 실험문제에서 VMIP의 총비용이 RMIP보다 더 작게 나타났다.
- (4) 소매점 재고 공간 크기와 주문비가 커지면 VMIP의 총비용 감소율은 크게 증가하였다. 그러나 소매점 주문비가 어느 수준 이하로 작아지면 VMIP의 총 비용 감소율이 오히려 증가하였다. 소매점 재고유지비가 커질수록 VMIP의 총비용 감소율은 증가하였으나, 증가 폭은 둔화하였다. 차량용량이 어느 수준 이상으로 커지면 VMIP의 총비용 감소율은 줄어들었다.

RMIP와 VMIP의 총 비용 비교에서 소매점의 재고 공간 크기 변화에 따른 소매점 공간비의 증감을 합리적 비용 산정의 어려움으로 반영하지 못한 점은 분석의 정확성을 높이기 위해

향후 연구에서 보완되어야 할 부분이다. 또한 본 논문에서 제시한 RMIP와 VMIP의 수리모형을 대신할 수 있는 휴리스틱 해법의 개발, RMIP와 VMIP의 상세 요인 민감도 분석 좀 더 복잡한 2단계 소매점 공급사슬 환경에서 VMIP의 총 비용 감소조건 유도가 향후 연구과제로서 필요하다.

## 참고문헌

- Bertazzi, L., Paletta, G., and Speranza, M. G. (2002), Deterministic Order-up-to Level Policies in an Inventory Routing Problem, *Transportation Science*, **36**(1), 119-132.
- Bertazzi, L., Paletta, G., and Speranza, M. G. (2005), Minimizing the Total Cost in an Integrated Vendor-managed Inventory System, *Journal of Heuristics*, **11**(5-6), 393-419.
- Carter, M. W., Fardolven, J. M., Laporte, G., and Xu, J. (1996), Solving and Integrated Logistics Problem Arising in Grocery Distribution, *INFOR*, **34**(4), 290-306.
- Çetinkaya, S. and Lee, C-Y. (2000), Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-managed Inventory Systems, *Management Science*, **46**(2), 217-233.
- Chen, F. Y., Wang, T., and Xu, T. Z. (2005), Integrated Inventory Replenishment and Temporal Shipment Consolidation : a Comparison of Quantity-based and Time-based Models, *Annals of Operations Research*, **135**(1), 197-210.
- Disney, S. M. and Towill, D. R. (2003), The Effect of Vendor-managed Inventory(VMI) Dynamics on the Bull-whip Effect in Supply Chains, *International Journal of Production Economics*, **85**(2), 199-215.
- Disney, S. M., Potter, A. T., and Gardner, B. M. (2003), The Impact of Vendor-managed Inventory on Transport Operations, *Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review*, **39**(5), 363-380.
- Dong, Y. and Xu, K. (2002), A Supply Chain Model of Vendor-managed Inventory, *Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review*, **38**(2), 75-95.
- Herer, Y. T. and Levy, R. (1997), The Metered Inventory Routing Problem, an Integrative Heuristic Algorithm, *International Journal of Production Economics*, **51**, 69-81.
- ILOG CPLEX 9.1 (2005), *User's Manual*, ILOG S. A., France.
- Jeong, J-W. and Choi, I-C. (2004), The Optimal Order Quantities in the Vendor-managed Inventory System with the nQ Ordering Policy, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, **4**(1), 23-30.
- Malandraki C. and Daskin M. (1992), Time Dependent Vehicle Routing Problems : Formulations, Properties and Heuristic Algorithms, *Transportation Science*, **26**(3), 185-199.
- Minitab (2003), *Meet MINITAB Release 14 for Windows*, Minitab, Inc., USA.
- Rusdiansyah, A. and Tsao, D-B. (2005), An Integrated Model of the Periodic Delivery Problems for Vending Machine Supply Chains, *Journal of Food Engineering*, **70**(3), 421-434.
- Sim, E-Y. (2005), Operational Factors for Effective VMI System, *e-Logistics*, **48**.
- Waller, M., Johnson, M. E., and Davis, T. (1999), Vendor-managed Inventory in the Retail Supply Chain, *Journal of Business Logistics*, **20**(10), 183-203.