

SCM 환경 하에서 재고보충주기 결정 및 통합 재고관리 모델 개발

Development of Integrated Inventory Management Model and Determination Inventory Replenishment Period in SCM

김명훈¹⁾, 안동규²⁾

Myoung Hun Kim, Dong Kyu An

: Abstract

We consider supply chain which consist of one manufacturer, one distributor and N retailers for a single product. This paper determines inventory replenishment period of supply chain using heuristic method and propose order policy through re-coordination of inventory replenishment. Also, We develops inventory management model to calculate total cost of supply chain under assumptions of constant demand. The computational results show that the proposed inventory replenishment period and inventory management model is efficient.

Key Words : SCM, Inventory replenishment, Order policy, EOQ, Heuristic

목 차

- I. 서론
- II. 통합 다계층 재고시스템
- III. 통합 다계층 재고시스템에 대한 재고관리 모델
 - 1. 기호 정리
 - 2. 재고보충주기를 구하는 휴리스틱 절차
 - 3. 일정수요를 고려한 지점들의 재고관리 모델
 - 4. 일정수요를 고려한 분배센터의 재고관리 모델
- IV. 시뮬레이션 분석
 - 1. 지점들의 비용변화 분석
 - 2. 분배센터의 비용 변화 분석
 - 3. 분배센터와 지점들의 총 비용 변화 분석
- V. 결론

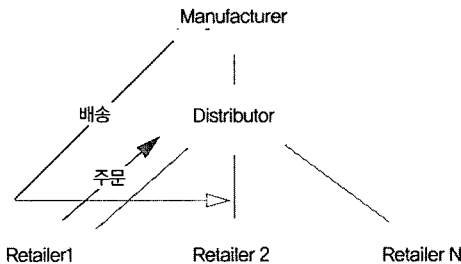
I. 서론

공급망 관리(supply chain management)는 공급자와 제조업자의 설비에서 창고와 분배센터 그리고 지점들에 이르는 과정에서 고객의 요구를 만족시키는 역할을 하는 모든 시설을 고려하여 시스템 전반에 걸쳐 발생하는 비용, 즉 운송과 유통에서부터 원재료, 재공품 및 완제품 재고에 이르기까지 관련된 모든 비용을 최소화시키려는 것이다. 공급망에서 분배센터의 주문 변동은 각 지점의 주문 변동에 의해 상당한 영향을 받는다. 즉, 분배센터의 주문변동폭이 지점들의 주문변동폭보다 크게 되고 지점들이 수행하는 서비스 수준과 비슷한 수준을 맞추기 위하여 지점들보다 많은 재고를 보유해야 한다

다. 분배센터와 지점들의 주문 변동에 영향을 주는 요인으로는 수요예측, 리드타임, 배치주문, 가격변동, 과장된 수요 등을 들 수 있다. 지점들은 이러한 주문변동에 영향을 주는 요인들을 고려하여 총 비용을 최소화하는 자신의 재고정책에 따라 재고보충주기를 결정하고, 정해진 재고보충주기에 분배센터에 주문한다. 분배센터는 각 지점에서 주문하는 재고보충주기가 다르기 때문에 지점들의 주문요구를 충족시키기 위하여 많은 재고를 보유해야 한다. 그러므로 공급망을 구성하는 다계층 재고시스템의 총 비용을 절감시킬 수 있는 지점들의 재고보충주기의 조정이 필요하다. 본 연구에서는 일정 수요를 가정하고 하나의 제조업자, 하나의 분배센터 그리고 여러 개의 지점으로 구성된 공급망을 대상으로 분배센터 관점에서 재고보충주기를 휴리스틱방법으로 결정하고, 지점들의 기존 재고보충주기의 조정을 통하여 새로운 통합 주문정책 제안한다. 또한 공급망의 총 비용을 산출할 수 있는 재고관리모델을 개발하고자 한다.

II. 통합 다계층 재고시스템

1990년대 이후부터 SCM 개념의 등장과 공급 사슬 전체 최적화의 관점에서 유통은 물론 생산까지 정보를 공유하여 통합적인 재고관리 정책의 일환으로 다계층 재고시스템의 통합 재고조정에 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다계층 재고시스템에서 통합 재고관리 정책에 관한 기존 연구를 정리하면 다음과 같다.



(그림 1) 통합 다계층 재고시스템

Woon(2003)은 공급자, 생산자, 유통업자로 구성된 다단계 SCM 환경 하에서 다른 조건의 수요패턴, 안전재고수준, 공급 및 수요예측 정책 등의 모수를 이용하여 시뮬레이션 모형을 개발하였다. [4]

Viswanathan과 Rajesh Piplani(2001)은 하나의 공급자와 여러 개의 구매자로 구성된 공급망을 대상으로 단일품목에 대하여 일정한 재고보충기간(CRE)을 이용하여 공급망 재고를 조정(coordinating)했을 때 공급망의 이익을 분석하고 연구하였다.[8]

Mishra(2004)는 Viswanathan의 연구에서 구매자는 공급자가 구매자에 대하여 지정한 재고보충기간에만 주문을 넣을 수 있다는 가정을 일반화하였다. 모든 구매자가 CRE 조정 매커니즘 전략에 포함 되었을 때와 일부 구매자만 포함했을 때 공급자 측면에서 주문비용을 비교하여 절감효과가 크다는 것을 보여주었다. [9]

본 연구에서는 분배센터 관점에서 지점들의 재고보충주기를 휴리스틱(heuristic) 방법에 의해 결정한다. 지점들은 분배센터에서 정한 재고보충주기에만 주문한다. 분배센터는 휴리스틱 방법에 의해 정해진 재고보충주기를 고려하여 제조업자에게 주문하면, 분배센터는 지점들로부터 주문이 접수되면 제품을 주문한 지점들에 대해 일괄적으로 순환하면서 배송이 이루어진다. 이러한 경우를 “통합 다계층 재고시스템(integrated multi-echelon inventory system)”이라고 정의한다.

본 연구에서 단일 제품을 대상으로 지점들의 수요는 일정하다고 가정한다.

지점의 주문량은 수요량을 충족시킬 수 있는 양이며, 분배센터와 지점들은 재고부족을 허용하지 않는다. 최종 고객수요는 지점에서만 발생하며, 지점과 지점사이에는 재고이동을 허락하지 않는다. 주문의 분산 및 부분적인 배송은 허락하지 않으며, 분배센터에서 지점까지 배송비용, 주문한 지점의 적재·하역비용 그리고 지점의 제반 주문비용은 지점에서 지불한다. 분배센터는 지점으로부터 들어온 주문에 대한 제품을 적재하고 주문/처리하는데 드는 비용만 지불한다.

다계층 재고시스템의 총 비용은 구매비용, 주문비용, 재고유지비용의 합으로 이루어진다. 그러나 본 연구에

서는 분배센터와 지점의 구매단가는 공급망의 총 비용을 계산하는데 아무런 영향을 주지 않기 때문에 고려하지 않는다. 지점들의 주문비용은 공통주문비용과 고유주문비용의 합으로 정의한다. 공통주문비용은 분배센터에서 주문한 지점들에 대한 배송비용을 말하며, 고유주문비용은 주문한 지점에서 제품의 적재·하역 및 주문처리비용을 말한다.

통합 다계층 재고시스템에서 제품을 주문한 지점의 주문비용은 주문한 지점들이 분할하여 공통주문비용을 지불하고, 고유주문비용은 주문한 지점들이 독립적으로 지불하는 통합 주문관리 정책을 제안한다. 위의 설명을 정리하여 도시화하면 <그림 1>과 같다.

Ⅲ. 통합 다계층 재고시스템에 대한 재고관리 모델

총 비용을 최소화하기 위하여 분배센터 관점에서 재고보충주기를 결정하는 휴리스틱방법을 개발하여 가장 주문빈도가 많은 지점과 그 외의 지점들에 대한 재고보충주기와 경제적 발주량을 결정한다. 또한 분배센터와 지점들의 총 비용을 산출할 수 있는 재고관리모델을 개발한다.

1. 기호 정리

- i : 지점 수요량에 따른 오름차순 정렬에 의한 지점의 고유번호 ($i = 1, 2, 3, \dots, N$)
- D_i : 지점의 평균 수요량, D_w : 분배센터의 평균 수요량
- D_m : 가장 주문빈도가 많은 지점의 평균 수요량
- Q_i : 지점의 경제적 발주량, Q_w : 분배센터의 경제적 발주량
- Q_m : 가장 주문빈도가 많은 지점의 경제적 발주량
- A_s : 공통주문비용, A_i : 지점 i 의 고유주문비용
- A_m : 가장 주문빈도가 많은 지점의 고유 주문비용
- A_w : 분배센터의 고유 주문비용, K_w : 가장 주문빈

도가 많은 지점의 주문비용

- K_i : 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 주문비용
- K_w : 분배센터의 주문비용, C : 제품 단위당 구매단가, h : 재고유지비용
- H_m : 가장 주문빈도가 많은 지점의 재고유지비용
- H_i : 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 재고유지비용
- H_w : 분배센터의 재고유지비용,
- n_i : 지점 i 의 주문횟수, n : 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수
- \bar{n}_i : 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 주문횟수
- \bar{m}_i : 가장 주문빈도가 많은 지점에 포함될 지점들의 주기 배수
- m_i : 가장 주문빈도가 많은 지점에 포함될 지점들의 양의 정수로 수정된 주기 배수
- n : 통합 다계층 재고시스템에서 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수
- n_i : 통합 다계층 재고시스템에서 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 주문횟수
- n_w : 분배센터의 주문횟수, TC : 통합 다계층 재고시스템에서 지점들의 총비용
- TC_m : 통합 다계층 재고시스템에서 가장 주문빈도가 많은 지점의 총비용
- TC_i : 통합 다계층 재고시스템에서 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 총비용
- TC_w : 통합 다계층 재고시스템에서 분배센터의 비용
- TCT : 통합 다계층 재고시스템에서 분배센터와 지점들의 총비용

2. 재고보충주기를 구하는 휴리스틱 절차

기존 연구에서는 제안하는 휴리스틱방법을 하나의 지점에서 다품종의 제품을 분배센터에 주문할 때 다품종 제품에 대한 재고보충주기를 조정하는 방법으로 이용하였다[2]. 본 연구에서는 단일제품을 대상으로 여러 개의 지점들에서 분배센터에 주문할 때 지점들에 대한 재고

보충주기를 결정하는데 응용한다. 지점들의 재고보충 주기를 결정하기 위하여 휴리스틱 절차를 소개하면 다음과 같다.

STEP 1.

각 지점은 독립적으로 주문하는 것으로 가정하고 가장 많은 주문빈도를 갖는 지점을 찾는다. 각 지점에 대한 최적 주문횟수를 계산하면 식(1)과 같다.

$$\bar{n}_i = \frac{D_i}{Q_i} = \sqrt{\frac{D_i \cdot C \cdot h}{2(A_s + A_i)}} \quad (1)$$

여기서 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수를 나타낸다.

STEP 2.

가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수에 함께 포함될 다른 지점들의 주문횟수를 다시 구한다. 즉, 지점들의 주문횟수를 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수에 대한 정수배로 계산한다.

가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 다른 지점들에 대한 주문횟수는 지점의 고유주문비용만을 고려하여 다시 계산하며 식(2)와 같다.

$$\bar{n}_i = \sqrt{\frac{D_i \cdot C \cdot h}{2A_i}} \quad (2)$$

가장 주문빈도가 많은 지점에 포함될 지점 i의 주기배수는 \bar{m}_i 라고 정의하여 계산하며 식(3)과 같다.

$$\bar{m}_i = \bar{n} / \bar{n}_i \quad (3)$$

일반적으로 \bar{m}_i 는 소수를 포함한다. 이 소수들을 없애기 위하여 각 지점 i에 대해 그 지점이 가장 주문빈도가 많은 지점과 함께 포함될 주기배수는 양의 정수로 만들었을 때 m_i 라고 정의하여 계산하며 식(4)와 같다.

$$m_i = \lceil \bar{m}_i \rceil \quad (4)$$

여기서 n은 소수를 가장 가까운 정수까지 반올림하기 위한 기호이다.

STEP 3.

가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수는 다시 계산하며 식(5)와 같다.

$$n = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^N D_i \cdot C \cdot h)}{2[A_s + \sum_{i=1}^N A_i / m_i]}} \quad (5)$$

여기서 n은 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수를 의미한다.

STEP 4.

가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들에 대해 다시 주문횟수를 계산하며 식(6)과 같다.

$$\bar{n}_i = \frac{n}{m_i} \quad (6)$$

3. 일정수요를 고려한 지점들의 재고관리 모델

지점들은 기존 재고보충주기를 재설정하여 경제적 발주량을 계산하며 식(7)과 같다.

$$Q_i = \frac{D_i}{n_i} \quad (7)$$

지점들의 총 비용은 가장 주문횟수가 많은 지점의 주문비용과 재고유지비용의 합과 가장 주문횟수가 많은 지점을 제외한 지점들의 주문비용과 재고유지비용의 합으로 계산하며 식(8)과 같다.

$$\begin{aligned} TC' &= TC'_m + TC'_i \\ &= n(A_s + A_m) + \frac{D_m}{2n} \cdot C \cdot h \\ &\quad + \sum_{i=1}^{N-1} \left[n_i \cdot A_i + \frac{D_i}{2n_i} \cdot C \cdot h \right] \end{aligned} \quad (8)$$

4. 일정 수요를 고려한 분배센터의 재고관리 모델

분배센터의 경제적 발주량(EOQ)을 계산하면 식(9)와 같다.

$$Q_w = \frac{D_w}{n} \quad (9)$$

여기서는 D_m 분배센터의 수요량을 의미하며, 지점들의 수요량의 합으로 나타낸다. 는 지점 중에서 가장 주문빈도가 많은 지점의 주문횟수를 의미하는 동시에, 분배센터의 주문횟수를 의미한다.

분배센터의 재고비용은 연간 주문비용과 연간 재고유지비용의 합으로 계산하며 식(10)과 같다.

$$TC'_w = K_w + H_w = n \cdot A_w + \frac{Q_w}{2n_i} \cdot C \cdot h \quad (10)$$

통합 다계층 재고시스템에서 총 비용은 분배센터의 재고비용과 가장 주문빈도가 많은 지점의 비용, 그리고 가장 주문빈도가 많은 지점을 제외한 지점들의 비용의 합으로 계산하며 식(11)과 같다.

$$\begin{aligned} TC'_i &= TC'_w + TC'_m + TC'_i \\ &= n \cdot A_w + \frac{Q_w}{2} \cdot c \cdot h \\ &\quad + n(A_s + A_m) + \frac{D_m}{2n} \cdot c \cdot h \\ &\quad + \sum_{i=1}^{N-1} \left[n_i \cdot A_i + \frac{D_i}{2n_i} \cdot c \cdot h \right] \end{aligned} \quad (11)$$

〈표 1〉 분배센터와 지점들에 관련한 입력데이터

	CASE 1			CASE 2			CASE 3		
	지점1	지점2	지점3	지점1	지점2	지점3	지점1	지점2	지점3
지점의 연간 수요량	12000	1200	500	8200	4500	1000	5200	4500	4000
공통주문비용	5000원								
고유주문비용	공통주문비용의 20%, 1000원								
구매단가	500원								
재고유지비용	구매단가의 20%, 100원								

IV. 시뮬레이션 분석

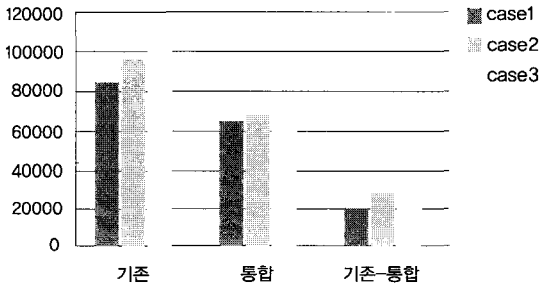
제조업자 1개, 분배센터 1개, 지점 3개로 구성된 다계층 재고시스템을 대상으로 일정 수요를 가정한다. 재고보충주기를 조정하지 않은 경우와 재고보충주기를 조정하는 경우로 구분하여 분배센터와 지점들의 비용, 그리고 공급망의 총 비용을 산출한다. 또한 분배센터와 지점들의 비용 요소들의 차와 공급망의 총 비용의 차를 비교 분석한다. 지점들의 수요패턴은 한 지점은 수요량이 많고 나머지 지점들은 수요량이 적은 경우와 각 지점의 수요량이 비슷한 경우, 그리고 각 지점의 수요량이 일정한 차를 보이는 경우로 나누어 3가지의 CASE를 고려한다. 공통주문비용은 5000원, 고유주문비용은 공통주문비용의 20%, 구매단가는 500원, 재고유지비용은 구매단가의 20%로 가정한다. 이상의 내용을 토대로 분배센터와 지점들의 총 비용을 계산하는데 필요한 입력데이터를 정리하면 〈표 1〉와 같다.

1. 지점들의 비용 변화 분석

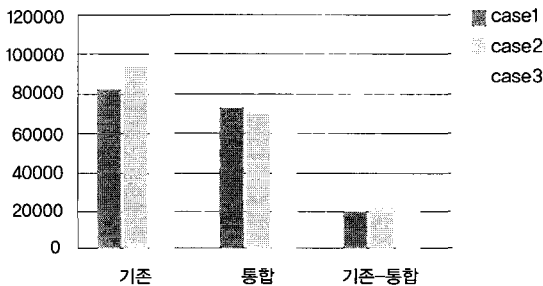
〈그림 2〉와 〈그림 3〉은 3가지 수요의 패턴에 따른 지점들의 주문비용과 재고유지비용의 변화를 보여준다.

〈그림 2〉와 〈그림 3〉에서 재고보충주기를 조정하는 경우에 조정하지 않는 경우보다 주문비용과 재고유지비용, 그리고 지점들의 비용 차도 감소하는 것으로 나타났다. 왜냐하면 재고보충주기를 조정하지 않는 경우에는 주문한 지점들이 주문비용을 독립적으로 지불하였지만, 재고보충주기를 조정하는 경우에는 주문한 지점들이 주문비용을 공통으로 분할하여 지불하기 때문이다.

지점들의 재고유지비용도 일정수요를 가정하는 경우에 지점들의 주문비용과 재고유지비용의 절충점에서 총 비용이 최소화되기 때문에 동일한 결과를 보여준다. 또한 지점들 간의 수요량의 차가 클수록 지점들의 비용 요소 차는 더 커지는 것으로 나타났다.



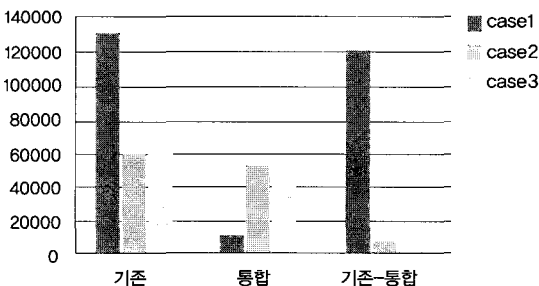
〈그림 2〉 지점들의 주문비용 변화



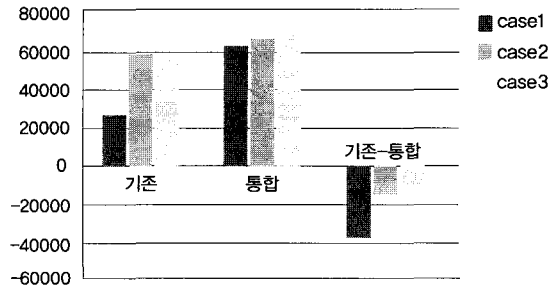
〈그림 3〉 지점들의 재고유지비용 변화

2. 분배센터의 비용 변화 분석

〈그림 4〉와 〈그림 5〉는 3가지 수요패턴에 따라 분배센터의 주문비용과 재고유지비용의 변화를 보여준다.



〈그림 4〉 분배센터의 주문비용 변화



〈그림 5〉 분배센터의 재고유지비용 변화

〈그림 4〉와 〈그림 5〉에서 재고보충주기를 조정하는 경우에 조정하지 않은 경우보다 주문비용은 감소하였지만 재고유지비용은 증가하는 것으로 나타났다.

재고보충주기를 조정하지 않은 경우에 주문한 지점들에 대해 분배센터는 독립적으로 주문을 처리하기 때문에 지점들의 수요량 합을 고려한 주문횟수가 결정된다.

재고보충주기를 조정하는 경우에는 지점들의 주문횟수 중 가장 많은 주문횟수를 갖는 지점의 주문횟수를 분배센터의 주문횟수로 결정된다.

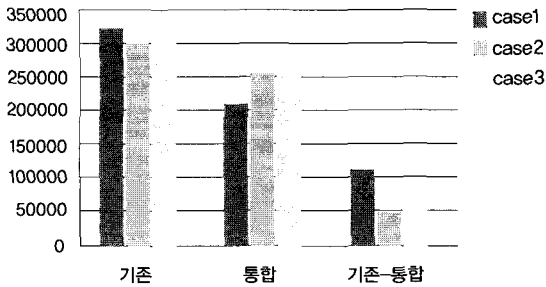
따라서 재고보충주기를 조정하는 경우의 분배센터의 주문횟수보다 재고보충주기를 조정하지 않은 경우의 주문횟수보다 작기 때문에, 재고보충주기를 조정하는 경우에 조정하지 않은 경우보다 분배센터의 주문비용이 감소하는 것으로 나타났다.

반면에 재고유지비용은 주문비용과 상충관계 (trade-off)에 있기 때문에 재고보충주기를 조정하는 경우에 조정하지 않은 경우보다 분배센터의 재고유지비용이 증가하는 것으로 나타났다.

3. 분배센터와 지점들의 총 비용 변화 분석

〈그림 6〉은 3가지 수요패턴에 따른 분배센터와 지점들의 총 비용 변화를 보여준다.

〈그림 6〉에서는 재고보충주기를 조정하는 경우에 조정하지 않은 경우보다 분배센터와 지점들의 총 비용이 감소하는 것으로 나타났다. 결과적으로 재고보충주기



〈그림 6〉 분배센터와 지점들의 총 비용

를 조정하는 경우에 지점들의 주문비용의 차, 재고유지비용의 차, 그리고 분배센터의 주문비용의 차는 항상 감소하지만, 분배센터의 재고유지비용의 차는 증가 것으로 나타났다. 그러나 지점들의 주문비용 차, 재고유지비용 차, 그리고 분배센터의 주문비용 차의 합이 분배센터의 재고유지비용의 차보다 크기 때문에 분배센터와 지점들의 총 비용 차는 항상 감소하는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 일정 수요를 가정하고 하나의 제조업자, 하나의 분배센터, 그리고 여러 개의 지점으로 구성된 다계층 재고시스템을 대상으로 분배센터 관점에서 휴리스틱 방법을 이용하여 재고보충주기를 결정하고, 통합 재고관리 모델을 개발하였다.

또한 수치 예를 통하여 제안한 재고보충주기 조정을 통한 통합 주문관리 정책이 기존 재고보충주기를 이용하는 것보다 분배센터와 지점들의 총 비용이 감소한다는 결과를 얻었다.

결과적으로 재고보충주기 조정을 통한 통합 주문관리 정책을 통하여 분배센터는 지점들의 재고보충주기를 균일화하고 일정한 재고를 보유할 수 있으며, 지점들의 주문을 일괄적으로 처리할 수 있기 때문에 효율적인 통합 재고관리를 할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

1. 유형근, 김종수, "다단계 분배시스템의 발주정책에 관한 연구", 대한산업공학회지, Vol. 21, No. 3, 1995.
2. Sunil C. and Peter M., Supply chain management, Prentice Hall, Inc., pp. 487, 2004.
3. Banerjee, A. and S. L. Kim, "An integrated JIT inventory model", International Journal of Operations and Production Management, Vol. 15, No. 9, pp. 237-244, 1995.
4. Hopp, W. J., Spearman, M. L. and Zhang, R. Q., "Easily implementable (Q, r) inventory control policies", Operations Research, Vol. 45, pp. 327-340, 1997.
5. Woon, K. N., R. Piplani, and S. Viswanathan, "Simulation workbench for analysing multi-echelon supply chains", Integrated Manufacturing System, Vol. 14, No. 5, pp. 449-457, 2003.
6. Roger M. Hill, "The single-vendor single-buy integrated production-inventory model with a generalized policy", European Journal of Operational Research, Vol. 97, pp. 493-499, 1997.
7. Lu Lu, "The single-vendor single-buy integrated production inventory model with a generalized policy", European Journal of Operational Research, Vol. 97, pp. 493-499, 1997.
8. Qinan Wang, "Coordinating independent buyers with integer-ratio time coordination and quantity discounts", Naval Research Logistics, Vol. 51, pp. 316-330, 2004.
9. S. Viswanathan and Rajesh Piplani, "Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs", European Journal of Operational Research, Vol. 129, pp. 277-286, 2001.
10. Ajay K. Mishra, "Selective discount for supplier-buyer coordination using common replenishment epochs", European Journal of Operational Research, Vol. 153, pp. 751-756, 2004.