

온라인 비즈니스 환경에서의 구매주문 최적할당*

허태영^{1*}, 김현수²

¹경기대학교 대학원 산업공학과, ²경기대학교 첨단산업공학부

Abstract

Throughout almost every industry including manufacturing, supplier's on-time delivery ability is considered more importantly in addition to the cost and quality of product when customers make the purchase decision. Particularly, under the on-line business environment where global sourcing is available, suppliers can provide the prices of their multiple standardized products dynamically based on their market and inventory situation and customers also can allocate purchase orders optimally to minimize the total cost by considering not only price information but also on-time delivery ability information multiple suppliers provided. Based on the information provided and customers can purchase products from multiple suppliers. This study proposes Integer LP model which can minimize the sum of total cost including purchasing cost, transportation cost and delay delivery cost. Simulation results using random data indicates meaningful reduction of the total cost.

Key words: On-Time Delivery, Delay Delivery Cost, Order Allocation, On-Line Business

1. 서론

하이테크 산업의 경우 원자재 및 부품의 구매 비용이 제품원가의 80%에까지 육박하고 있으며, 기타 대부분의 산업에서도 제품의 제조원가에서 원자재 및 부품의 구매비용은 50% 이상을 차지하고 있어 구매업무의 중요성은 더 이상 강조해도 지나치지 않게 되었다(Moore and Fearon, 1973). 따라서 제품의 생산에 필요한 원자재 및 부품의 구매를 실시해야하는 기업의 입장에서 어떻게 하면 최적의 구매주문을 할당할 수 있는가가 매우 중요한 의사결정 사항 중 하나가 되고 있다.

이러한 기업의 중요한 고민에 대한 해결책을 찾기 위한 관련연구를 정리하면 다음과 같이 크게 두 가지의 환경에서 실시되고 있다. 첫 번째 환경은 필요한 모든 물량을 하나의 공급자로부터 구입하는 상황으로 주어진 조건하에서 가장

바람직한 단일 공급자를 어떻게 파악할 수 있는가 하는 의사결정 문제이다. 즉, 우수한 품질과 가격을 제시하고 약속한 시간에 고객이 원하는 제품, 부품, 또는 원자재를 배달해 줄 수 있는 가장 뛰어난 능력을 보유한 최고의 단일 공급자를 선정하여 필요한 모든 물량 전부를 주문하는 단일소싱(single sourcing)에 관련된 연구이다. 특별히, 글로벌 소싱이 실시되고 있는 무한경쟁의 현실에서는 사실상 해당 분야의 모든 공급자들이 동시에 경쟁하고 있기 때문에 고객의 입장에서 자신이 원하는 가장 차별화된 능력을 보유한 공급자를 파악할 수 있는 능력의 보유는 기업경쟁력에 매우 중요한 부분을 차지하게 된다.

그러나, 단일소싱(single sourcing)시에는 이에 따른 장점과 단점이 존재한다. 즉, 특정 원자재, 부품, 또는 제품을 특정 단일 공급자에게 모두 일임하는 것은 고객과 공급자 모두에게 공급되는 원자재, 부품, 또는 제품의 품질적 개선뿐만

* 본 연구는 2006학년도 경기대학교 학술연구비(일반연구과제) 지원에 의하여 수행되었음

아니라 비용적 결함이 발생하는 반면에 공급자의 부득이한 상황으로 인해 공급지연이 발생하는 경우에는 고객의 생산 또는 판매 계획에 엄청난 부정적 영향이 발생하게 되기 때문에 매우 위험한 측면이 있다. 단일 공급자 선정과 관련된 연구는 Moore와 Fearon(1973)에 의해서 활성화 되었다. 이들은 가격, 품질, 시간의 능력을 공급자 선정에서 가장 중요한 의사결정 기준으로 설정하고 이를 선형계획법 모델에 적용하는 시도를 하였다. 그 후, Anthony와 Buffa(1977)는 전략적 구매계획(strategic purchasing scheduling)을 실시할 수 있는 단일 목적함수의 선형계획법 모델을 연구하였다. 이 모델은 구매예산, 공급자 능력, 고객사의 수요 등을 제약조건으로 포함하고 있으나 주문 및 수송비용 등은 포함하지 않았다. 국내의 공급자 선정기준에 관한 연구는 Park과 Krishnan(2001)이 한국과 미국의 공급자 선정기준의 차이성에 관한 연구를 통하여 양국의 경영자들은 공급자 선정에 있어서 유의한 차이점이 있음을 분석하였다. 김성풍과 김진한(2003)은 국내 전자산업에 대한 공급자 선정기준의 상대적 중요성에 대한 실증연구를 통하여 실무자와 전문가 사이에 중요성 차이가 있음을 연구하였다.

두 번째 환경은 하나 이상의 공급자에게 기업이 필요로 하는 구매품목을 어떻게 할당하여 주문할 것인가를 결정하는 복수소싱(multiple sourcing)에 관한 연구이다. 다수의 공급자 선정이 가능한 환경에서의 주문 할당에 관한 연구는 아마도 온라인 비즈니스 환경에서의 전자상거래를 이용해 수시로 발주를 실시하고 이에 따른 신속한 입찰이 가능한 현실에서는 더욱 중요한 분야로 대두되고 있다.

Pan(1989)은 단일소싱의 현실적 위험성을 강조하면서 하나 이상의 공급자가 존재할 경우 최적의 공급자 숫자의 결정과 동시에 이들에게 주문량을 적절하게 배분하여 할당할 수 있게 하는 선형계획법 모델을 개발 하였다. 이 모델은 공급자의 선정기준으로 품질, 가격, 시간, 서비스를 사용되었으며 비용을 목적함수로 하고 미리 설정한 일정한 수준의 품질과 시간 및 서비스를 제약조건으로 사용하여 주어진 품질과 시간 및 서비스의 조건을 만족시키면서 구매비용을 최소화할 수 있는 구매주문의 할당방법을 제시하였다.

Seshadri et al.(1991)도 비용 하나만을 고려한 확률적 모델을 개발하여 복수소싱에서의 최고의 공급자 결정 문제를 연구하였다. 또한 Ghodsypour와 O'Brien(1998)은 최고의 공급자를 질적(qualitative)인 측면에서 결정하고, 양적(quantitative) 측면에서 선정된 공급자들에게 주문량을 할당하는 의사결정 지원시스템을 개발 하였다. 그 후 이들은 이전의 연구에서는 고려되지 못했던 수송비용, 주문비용, 저장비용 등을 함께 고려해 총물류비용을 최소화하는 모델에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 복수의 공급자 소싱이 가능한 환경에서 각 공급자의 공급능력과 고객사의 수요조건을 제약조건으로 고려하는 혼합정수비선형모델을 개발하였고, 수치예제를 통하여 그 모델의 적절성을 제시하였다.

가장 최근에 이 분야에 대한 연구를 실시한 Kawtummachai와 Van Hop(2005)은 다수의 공급자 환경에서 주문을 어떻게 배분할 것인가를 공급자의 공급단가와 정시 배송(on-time delivery) 능력을 함께 고려하여 판단하는 알고리즘을 개발하였다. 이들의 연구에서는 다음과 같은 주문정책을 미리 결정하여 사용하였다: (1) 각 제품을 공급하도록 이미 선정된 공급자들은 해당 제품의 총 주문량에 최소한 10% 이상은 매 주문시 할당받는다. (2) 발주된 주문은 익일에 배송되며 배송약속은 최소한 90% 이상 지켜질 수 있어야 한다. (3) 이상의 조건을 만족하는 가운데 총비용은 최소화 되어야 한다. 또한 제품별로 수요패턴을 알고 있다고 가정한 수치예제를 개발한 알고리즘에 적용하여 배송약속의 퍼센티지 변화에 따른 각 제품 구매비용의 변화를 분석하여 구매비용을 최소화시키는 배송약속 퍼센티지를 제시하였다. 이들의 연구에서 정시 배송 능력은 제품 판매에 매우 중요한 영향을 미칠 수 있는 요인 중 하나로 규명하였다.

국내 관련연구를 살펴보면 정종갑 외 다수(2000)는 자동차부품 산업에서 공급망관리를 위한 공급자 선정 및 주문량 배분에 관하여 분석적 계층과정 기법을 이용한 공급자 선정, 선택된 공급자들에 대한 정책적 주문량 배분을 위한 LP 모형 설계 및 두 모델을 통합한 공급자 선정을 위한 의사결정지원시스템을 연구하였다. 정찬석과 이영해(2001)는 일반적 공급자수관리에서 적절한 공급자의 선정을 위해 공급자와의 관계성, 이윤성 등의 정성적 요인과 가격, 시간,

저장비용 등의 정량적 요인의 다양한 선정기준을 이용한 공급자 선택 모델을 연구하였다.

국내에서의 가장 최근의 연구로는 임석철 외 다수(2007)가 공급자가 자신의 재고 보유량 및 시장상황의 변화에 따라 구매자에게 제시하는 제품별 단가를 수시로 변경할 수 있는 동적 전자경매 환경하에서 품질이 표준화된 다수의 품목에 대한 구매주문을 복수의 공급자에게 제품의 구매비용과 수송비용으로 구성되는 총비용이 최소화되도록 최적의 할당을 실시하는 연구를 선형계획 모형의 개발을 통하여 수행하였다. 이 연구에 따르면 일반적으로 고객사는 각 품목별로 제시단가가 가장 싼 공급자로부터 최대한의 용량만큼 구매하여 품목별 필요량까지 공급자별 단가 순으로 선택하는 정책에 비하여 총 구매가격과 총 수송비용의 합인 총비용이 최소화되도록 품목별 구매량을 공급자별로 최적할당하여 구매하는 정책이 동적 전자경매 환경하에서는 필요한 제품의 구매에 소요되는 총비용을 상당히 절감시킬 수 있다고 제안하고 있다.

이상의 관련연구들을 정리해보면 복수소싱(multiple sourcing)의 경우는 하나 이상의 공급자에게 기업이 필요로 하는 구매품목을 어떻게 할당하여 주문할 것인가를 결정하기 위해서 다양한 요인들을 고려하고 있다. 즉, 기업의 규모와 고객사가 구입하고자 하는 품목의 특성에 따라 최적의 공급자 결정과 선정된 공급자에게 최적의 주문량을 할당하는 두 가지의 문제 모두를 함께 고려한 최적해법이 기업에게는 반드시 필요하다는 것이다. 이에 필요한 다양한 고려 요인들 중에서는 일부 기업의 경우 이미 오래전부터 거래해오고 있는 공급자들은 품질과 서비스 그리고 시간(소요시간, 정시배달 능력 등) 등의 수준에서 고객사가 요구하는 조건을 이미 만족하고 있기 때문에 꾸준히 거래를 해오고 있는 것이다. 반면에 이들 공급자들도 하나 이상의 고객사들에 대하여 해당 품목의 주문을 공급하고 있기 때문에 주문의 발생시점에 따라 해당 품목의 공급단가와 그 시점의 공급가용량 등은 수시로 바뀔 수 있는 상황이다. 이러한 상황은 특별히 전자상거래를 통하여 수시로 주문이 발생하고 입찰이 실시되는 온라인 비즈니스 환경에서 찾을 수 있을 것이다. 또한, JIT의 도입이 보편화되고 있기 때문에 필요한 적정 물량만큼을 주문하는 상황에서는 주문은 당연히 익일배

송이 전제된다고 가정하는 것이 현실이며, 특별히 약속된 시간에 주문을 배달할 수 있는 능력 즉 정시배송(on-time delivery) 능력은 다수의 경쟁자들을 상대로 한 무한대의 온라인 비즈니스 환경하에서는 고객사가 요구하는 가격, 품질 다음으로 중요한 요인으로 등장하고 있다(김성문, 2003).

따라서, 본 연구에서는 임석철 외 다수(2007)가 최근의 연구에서 고려한 고객사가 요구하는 특정 요인(가격 및 품질)에 대하여 수준이상의 능력을 갖춘 하나 이상의 공급자들을 상대로 한 구매주문시 제품의 공급단가(또는 구매단가)와 공급자의 수송비용만을 총비용으로 고려한 연구 환경에 진정한 온라인 비즈니스 환경하에서 더욱 중요성이 강조되고 있는 정시배송(on-time delivery) 능력에 따른 배송지연의 결과를 비용적 측면으로 함께 고려하여 총비용을 최소화할 수 있는 구매량 할당의 최적화 해를 찾을 수 있는 정수선형계획 모델을 제시하고자 한다.

2. 문제의 정의

본 연구에서는 다수의 품목을 다수의 공급자로부터 구매하는 업체(고객사)가 온라인을 통하여 공급자로부터 실시간 제공되는 제품별 단가와 수송비용, 그리고 정시배송능력 등의 정보를 바탕으로 구매주문의 최적할당을 결정하여 필요한 품목에 대한 주문을 온라인으로 실시하는 비즈니스 환경에서 과거보다 더욱 중요성이 강조되고 있는 정시배송(on-time delivery) 능력을 구매주문의 할당시에 함께 고려하는 것이 구매에 따른 총비용의 절감에 어떤 영향을 미치는가를 알아보는 문제를 다루며 다음과 같은 가정을 사용한다.

고객사가 필요로 하는 각 품목에 대해서는 적어도 2개사 이상의 공급자가 공급하며 이들 공급자는 모두 고객사가 요구하는 특정수준 이상의 요구조건(제품의 품질, 서비스 등)을 제공할 수 있는 능력을 갖추고 있다고 가정한다. 또한 주문에 대한 수송은 익일 납품을 전제하나 공급자의 정시배송능력은 각기 다를 수 있다. 공급자의 배송약속 지연에 따라서는 배송벌금(delivery penalty)이 발생한다. 특별히, 오늘날처럼 필요한 양만큼만 필요한 시기에 공급받기를 희망하는 무한경쟁의 환경에서는 무엇보다도

중요한 경쟁요인이 될 수 있기 때문에 공급자의 정시배송능력 정보는 필수적으로 제공된다고 가정한다. 다만, 본 연구에서는 약속시간을 어겨 배송되는 두 가지 경우(early-delivery 및 late-delivery) 중 늦게 배송될 경우에 고객사에 발생하는 피해가 훨씬 클 수 있기 때문에 배송지연비용(late-delivery cost)만을 고려한다.

고객사는 전자상거래를 이용하여 필요한 품목에 대한 구매주문을 수시로 관련 공급자들에게 발주할 수 있다. 또한 관련 품목의 공급자들도 하나 이상의 고객사를 상대로 해당 품목에 대한 주문에 대응하고 있다. 따라서, 특정 시점에 발생한 특정 고객사의 주문은 대부분의 경우 시장 상황이 늘 변화하고 있고, 해당 제품에 대한 공급 가용량도 수시로 변화하고 있기 때문에 공급자들은 고객사의 전자주문 발주시점에서 해당 제품의 납품단가를 새롭게 결정하여 입력한다(구매량에 따른 할인은 없다고 가정한다).

고객사의 일별 제품별 수요는 확정적이며 당일 발주량에 대해서는 모두(back order 없이) 발주/구매해야 한다. 각 품목별로 공급자들의 가용량 합은 수요량보다 항상 크다고 가정한다. 고객사가 고려하는 비용요소는 구매단가와 수송비용, 그리고 정시배송능력에 따른 배송지연비용이다.

고객사는 품목별로 납품단가가 저렴한 공급자를 선정하지만 이에 따라 납품량이 여러 공급자에 분산되면 트럭의 적재율이 떨어져 수송비용이 증가할 수 있다. 따라서, 고객사의 궁극적인 목표는 가급적 납품단가가 저렴한 공급자로부터 구매하되 공급자별 납품물량이 부피 및 무게 기준으로 적절한 트럭에 적재율을 높일 수 있도록 공급자에게 구매주문을 배분함으로써 수송비용을 최소화하고자 한다. 그러나, 해당 공급자의 정시배송능력에 따라 배송지연비용이 차별적으로 발생될 수 있기 때문에 궁극적으로 구매에 따른 총비용이 최소화되도록 주문을 실시해야만 한다.

공급자는 다양한 크기의 트럭을 사용할 수 있으며, 트럭은 크기(종류)별로 미리 정해진 부피 제약과 무게제약이 있다. 고객사의 입장에서는 특정수준 이상의 능력을 보유하고 있는 다수의 공급자를 품목별로 확보하고 있는 상황이기 때문에 주어진 품목별 구매단가와 트럭별 수송비용의 정보, 그리고 정시배송능력을 활용한 최소

비용 구매활동이 기업경쟁력 확보에서 가장 중요한 요인이 될 수 있는 상황이다.

본 연구에서 고려하는 구매정책은 다음의 두 가지이다.

- (1) **정책 1:** 총구매가격과 총수송비용의 합이 최소화되도록 품목별 구매량을 공급자별로 최적 할당한다. 따라서, 그 결과 구매량을 할당받은 각 공급자의 정시배송능력에 따라 배송지연비용이 발생하게 되며 구매주문에 따른 총비용은 발생한 총구매가격과 총수송비용 그리고 총배송지연비용이 합이 된다.
- (2) **정책 2:** 총구매가격과 총수송비용 그리고 총배송지연비용을 최초 품목별 구매량 할당시부터 함께 고려하여 총비용이 최소화되도록 최적 할당한다.

따라서, 본 연구에서 제안하고자 하는 구매정책인 정책 2를 정책 1과의 비교를 통하여 공급자의 정시배송능력에 따른 배송지연비용을 구매주문 할당시 함께 고려함이 발생하는 총비용의 절감에 어떤 영향을 미치는가를 파악하였다.

상거래 관행상 일반적으로 수송비는 납품가격에 이미 반영되어 있기 때문에 고객사는 납품수송비에 신경쓰지 않는 것이 상례이다. 그러나 고객사의 무관심속에 발생하는 수송비는 납품가격에 반영되고 이는 장기적으로 고객사 자신에게 비용부담으로 돌아온다는 사실을 인식할 때, 공급체인상의 경제주체간 정보의 공유를 통한 고도의 협력이 요구되는 오늘날의 치열한 경쟁환경에서 빈번히 실시되고 있는 다품목 소량구매의 총비용 최소화는 고려해볼 가치가 있다고 사료된다.

공급자가 고객사에게 품목별 단가와 가용량, 트럭단가, 정시배송능력 등의 정보를 실시간으로 제공한다는 상황은 공급체인상의 상당한 협업을 위해 추구할 수 있는 비즈니스 모델이며, 특히 기업정보화에 따라 실시간 데이터 제공의 비용이 무시될 수 있는 온라인 비즈니스 환경하에서 실질적으로 전자상거래가 활성화되고 글로벌 소싱이 확대되는 오늘날의 표준품목 거래에 있어서는 충분히 가능한 모델이라고 사료된다.

3. 최적화 모형

본 연구에서 제안하는 최적화 모형에 사용되는 관련 모수 및 변수와 가정사항들은 다음과 같다.

구매비용 관련 모수

j : 구매품목, $j=1,2,3,\dots,J$

i : 공급자, $i=1,2,3,\dots,I$

d_j : 품목 j 의 수요량

a_{ij} : 공급자 i 의 품목 j 공급 가용량

$a_j = \sum_i a_{ij}$: 품목 j 의 총 가용량

p_{ij} : 공급자 i 가 제시하는 품목 j 공급단가

p_j : 품목 j 평균단가

수송비용 관련 모수

k : 트럭의 종류, $k=1,2,3,\dots,K$

c_{ik} : 공급자 i 의 트럭 k 사용단가

v_j : 품목 j 의 단위당 부피(m^3)

w_j : 품목 j 의 단위당 무게(kg)

V_k : 트럭종류 k 의 부피용량(m^3)

W_k : 트럭종류 k 의 무게용량(kg)

배송지연비용 관련 모수

dp_i : 공급자 i 의 배송지연비용

$dp_i = (1 - \text{정시공급능력}) \times p_{ij}$

의사결정변수

X_{ij} : 공급자 i 로부터 품목 j 구매량

N_{ik} : 공급자 i 의 트럭 k 사용횟수

가정사항

(1) $d_j \leq a_j$ for all j

(2) 각 공급자의 트럭은 종류별로 충분히 가용함

(3) 주문비용은 구매량에 무관(전자발주)

(4) 공급자별로 부피제약과 무게제약은 총량기준으로 만족되면 각 트럭별로 만족될 수 있다.

본 연구의 목적은 구매가격과 수송비용 그리고 배송지연비용의 합으로 정의되는 총비용을 최소화하도록 구매주문을 할당하는 것이다. 이를 위한 정수선형계획 모델은 다음과 같다.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (p_{ij} + dp_i) X_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K c_{ik} N_{ik} \quad \dots(1)$$

$$\text{st } X_{ij} \leq a_{ij} \quad \text{for all } i \text{ and } j \quad \dots(2)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = d_j \quad \text{for all } j \quad \dots(3)$$

$$\sum_{j=1}^J v_j X_{ij} \leq \sum_{k=1}^K V_k N_{ik} \quad \text{for all } i \quad \dots(4)$$

$$\sum_{j=1}^J w_j X_{ij} \leq \sum_{k=1}^K W_k N_{ik} \quad \text{for all } i \quad \dots(5)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \text{for all } i \text{ and } j \quad \dots(6)$$

$$N_{ik} \geq 0 \quad \text{for all } i \text{ and } k \quad \dots(7)$$

$$X_{ij}, N_{ik} \text{ integer for all } i, j \text{ and } k \quad \dots(8)$$

목적함수 (1)은 총구매가격과 총수송비용 그리고 정시공급능력에 따른 배송지연비용의 합을 최소화하는 것이다. 제약식 (2)는 각 제품을 각 공급자의 가용량 만큼만 구매할 수 있음을 나타낸다. (3)은 품목별 수요량만큼 품목을 구매한다는 것을 의미한다. 그리고 식(4)와 (5)는 각 공급자가 사용하는 트럭들의 총 부피제약 및 무게제약을 의미한다. (6)과 (7)은 비음(nonnegative) 제약식이고 (8)은 정수제약이다.

4. 수치예제

고객사(구매자)가 일별로 확정된 품목별 수요량을 구매하기 위해서 7개의 공급자($I=7$)로부터 다섯 개의 구매품목($J=5$)을 구매하는 경우를 생각해 보자. 구매량은 박스단위이며, 박스는 가로, 세로, 높이가 각각 0.5미터와 1.0 미터 사이의 균일(uniform)분포를 따르며 기타 모수는 다음과 같다.

d_j : uniform(5박스, 50박스) for all j

a_j : uniform(d_j , $2d_j$) for all j

a_{ij} : a_j 를 i 개 공급자에 균일하게 배정

p_j : uniform(0.3만원, 1만원) for all j

p_{ij} : uniform($0.8p_j$, $1.2p_j$) for all i and j

dp_i : uniform(0.50, 1.00) for all i

v_j : uniform(0.125 m^3 , 1 m^3) for all j

w_j : uniform(20 kg, 100 kg) for all j

각 공급자는 제품 수송을 위해 세 가지 종류

(1톤, 2.5톤, 5톤)의 트럭($k=3$)을 사용할 수 있다. 각 트럭별 부피한계, 무게한계 및 기본사용료는 표 1과 같다.

표 1. 각 트럭별 관련정보

	1톤 트럭	2.5톤 트럭	5톤 트럭
부피한계(V_k)	10 m^3	25 m^3	50 m^3
무게한계(W_k)	1,000 kg	2,500 kg	5,000 kg
기본사용료(c_k)	20 만원	35 만원	50 만원

공급자 i 의 트럭 k 사용단가는 표 1의 트럭별 기본사용료(c_k)를 기준으로 시세에 따라 20% 범위 내에서 변동이 있다. 즉,

$$c_{ik} : \text{uniform}(0.8c_k, 1.2c_k) \text{ for all } i \text{ and } k$$

본 연구에서는 고객사의 주문환경을 좀 더 현실적으로 반영하기 위해서 품목별 구매량의 범위를 적은 물량에서 많은 물량의 중 세 가지 (D_L , D_M , D_H) 경우로 나누고 비교하고자 하는 두 가지 구매정책에 따라 각각 발생하는 총비용을 계산하여 비교하였다.

$$\begin{aligned} (D_L) d_j &: \text{uniform}(5\text{박스}, 50\text{박스}) \text{ for all } j, \\ (D_M) d_j &: \text{uniform}(100\text{박스}, 200\text{박스}) \text{ for all } j, \\ (D_H) d_j &: \text{uniform}(350\text{박스}, 500\text{박스}) \text{ for all } j, \end{aligned}$$

또한 각 경우에 품목별 구매단가가 상대적으로 저렴한 품목으로부터 비싼 품목까지 세가지 등급으로 구별하여 적용하였다.

$$\begin{aligned} (P_1) p_j &: \text{uniform}(0.3\text{만원}, 1\text{만원}) \text{ for all } j, \\ (P_2) p_j &: \text{uniform}(5\text{만원}, 8\text{만원}) \text{ for all } j, \\ (P_3) p_j &: \text{uniform}(10\text{만원}, 15\text{만원}) \text{ for all } j. \end{aligned}$$

공급자의 정시배송능력은 배송약속을 최대 100% 준수하는 경우에서부터 최소 50%까지로 범위를 설정하고, 공급자별로 정시배송능력의 차이 폭이 가장 큰 경우(OD-L: 50%~100%)에서 가장 작은 경우 (OD-H: 90%~100%)까지의 중 세 가지 경우로 나누어서 적용하였다.

$$\begin{aligned} (OD-L) dp_i &: \text{uniform}(0.50, 1.00) \text{ for all } i, \\ (OD-M) dp_i &: \text{uniform}(0.75, 1.00) \text{ for all } i, \\ (OD-H) dp_i &: \text{uniform}(0.90, 1.00) \text{ for all } i. \end{aligned}$$

이상의 세 가지 조건으로부터 총 27가지의 서로 다른 상황에 대해 각각 10개의 data set를 무작위로 발생시켜 두 가지 정책(정책 1, 정책

2)에 따른 총비용을 비교하였다. 정책 2의 총비용 계산을 위해서 최적화 솔루션인 LINDO를 사용하였고, 정책 1의 총비용 계산시에는 구매비용과 수송비용을 고려하여 구매량을 할당한 후 공급자별 정시공급능력에 따른 배송지연비용을 추가로 구하여 총비용을 계산하였다.

이해를 돕기 위해 품목별 구매량이 D_L , 품목별 구매단가가 P_1 , 그리고 정시배송능력이 OD-L인 경우의 data set를 사용한 수치예제를 살펴보자(표2 참조). 표 3은 정시배송능력이 OD-L인 상황에서 구한 공급자별 정시배송능력이며 표 4는 본 수치예제에서 사용된 특정 트럭에 대한 공급자별 사용단가이다.

표 2. 수치예제 data set(D_L , P_1 경우)

		품목1	품목2	품목3	품목4	품목5	단위
	d_j	14	29	14	9	48	박스
B_{ij}	공급자1				3		박스
	공급자2	8		7	3		박스
	공급자3	9	15	7			박스
	공급자4			8	3		박스
	공급자5					21	박스
	공급자6		15		3	21	박스
	공급자7		17		3	23	박스
	$\sum B_{ij}$	17	47	22	15	65	박스
p_{ij}	공급자1				0.9		만원
	공급자2	0.7		0.9	0.7		만원
	공급자3	0.6	0.8	0.7			만원
	공급자4			0.9	0.9		만원
	공급자5					0.8	만원
	공급자6		0.8		0.7	0.6	만원
	공급자7		0.9		0.9	0.6	만원
	v_j	0.325	0.140	0.589	0.598	0.385	m^3
	w_j	48	30	29	72	45	kg

표 3. 공급자별 정시배송능력(OD-L 경우)

공급자	1	2	3	4	5	6	7
정시배송능력	0.63	0.83	0.96	0.96	0.89	0.84	0.55

표 4. 공급자의 트럭별 사용단가(단위 : 만원)

	공급자	1톤	2.5톤	5톤
Cak	1	20.1	35.0	44.9
	2	20.2	28.9	50.3
	3	19.4	36.5	45.5
	4	22.3	29.3	46.8
	5	16.7	36.2	46.1
	6	17.3	35.3	57.2
	7	23.9	39.5	52.1

위 수치예제에 대한 두 정책(정책 1, 정책 2)의 적용결과는 표 5 및 표 6과 같으며, 이들을 총비용으로 계산하여 비교하였다(표 7 참조).

표 5. 수치예제 data set의 정책 1 결과

공급자	품목별 구매량					트럭소요			배송 지연 비용
	1	2	3	4	5	1톤	2.5톤	5톤	
1									
2	7		7	3		1			2,261
3	7	15	7			1			0,844
4									
5					9	1			0,792
6		2		3	16	1			2,128
7		12		3	23		1		12,285

표 6. 수치예제에 data set의 정책 2 결과

공급자	품목별 구매량					트럭소요			배송 지연 비용
	1	2	3	4	5	1톤	2.5톤	5톤	
1									
2	7		7	3		1			2,261
3	7	15	7			1			0,844
4									
5					10	1			0,88
6		14		3	21	2			4,144
7				3	17	1			5,805

표 7. 수치예제의 정책별 총비용(단위:만원)

	정책 1	정책 2
총구매비용	82,2	81,2
총수송비용	113,1	114,8
총배송지연비용	18,31	13,934
총비용	213,61	209,934

본 수치예제의 경우 표 7에서와 같이 총구매비용과 총수송비용만을 고려하여 구매할당을 실시하고 그 결과로 발생하는 총배송지연비용을 포함하여 총비용이 구성되는 정책(정책 1)에 대

하여 정시배송능력을 구매비용 및 수송비용과 함께 처음부터 고려한 정책(정책 2)은 총비용에서 1.72%가 절감되는 개선을 보이고 있다:

$$\text{개선율} = 100 \times \frac{(213,61 - 209,934)}{213,61} = 1.72\%$$

5. 성과평가

정시배송능력에 따른 배송지연비용을 구매량 할당시 처음부터 함께 고려함이 구매주문 할당에 따른 총비용의 절감에 어떤 영향을 미치는가를 파악하기 위해서 세 개의 품목별 구매량과 세 개의 구매단가 그리고 세 가지 정시배송능력의 상황으로 구성되는 총 27개 경우에 대하여 각각 10개의 data set을 무작위로 발생시켜 구한 총 270개의 결과를 대상으로 두 정책의 총비용을 비교하였다. 본 연구에서 제시한 정책 2가 기존의 정책 1에 비하여 총비용에서 어떤 개선율을 나타내는지 요약하면 표 8 및 그림 1, 2, 3과 같다.

표 8. 총비용의 평균 개선율(%)

정시 배송능력	가 수 요	P ₁			P ₂			P ₃		
		D _L	D _M	D _H	D _L	D _M	D _H	D _L	D _M	D _H
OD-L		0.23	0.72	0.58	1.58	2.63	0.93	1.62	2.93	1.49
OD-M		0.02	0.39	0.50	0.33	0.63	0.54	0.54	0.53	0.63
OD-H		0.05	0.12	0.13	0.19	0.10	0.12	0.16	0.06	0.09

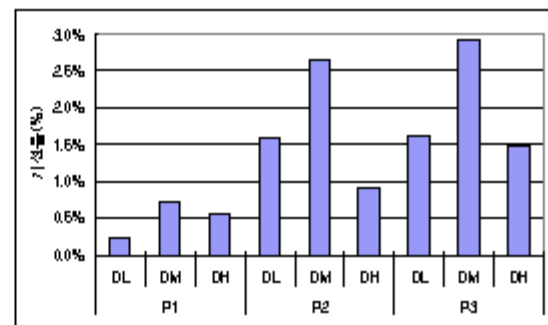


그림 1. 총비용의 평균 개선율(% , OD-L 경우)

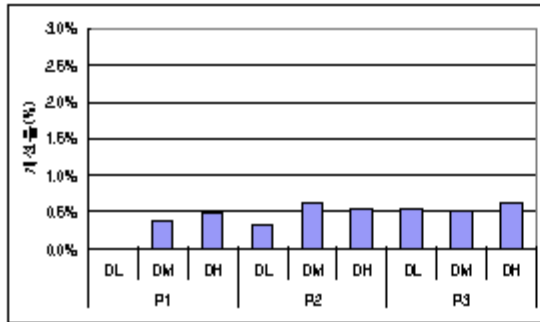


그림 2. 총비용의 평균 개선률
(%, OD-M 경우)

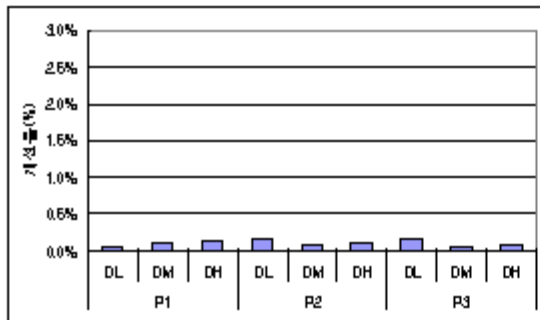


그림 3. 총비용의 평균 개선률
(%, OD-H 경우)

그림 1, 2, 3에서 보듯이 개선률은 공급자의 정시배송능력이 가장 큰 차이를 보이는 경우 (OD-L)에서 가장 높게 나타남을 확인할 수 있다.

그림 1, 2, 3에서 정시배송능력의 차이 쪽에 따른 개선효과는 명확하게 확인할 수 있지만 비용과 수요량에 따른 개선효과는 명확하지 않고 그 개선효과는 크지 못하다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 정책(정책 2)를 적용하여 확실한 개선효과를 얻을 수 있는 상황을 판정할 수 있는 기준이 될 수 있는 임계값(CV: critical value)을 제시하는 것이 도움이 될 것이다. 이를 위하여 아래의 식과 같이 정의되는 구매비용과 수송비용의 합 대비 배송지연비용의 비율을 임계값(CV)으로 정의한다.

$$CV = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J d p_i X_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K c_{ik} N_{ik}}$$

세 개의 품목별 구매량과 세 개의 구매단가 그리고 세 가지 정시배송능력의 상황으로 구성되는 총 27개 경우에 대하여 각각 10개의 data set으로 구성된 총 270개의 data set에서 제품별 구매량 X_{ij} 와 트럭사용대수 N_{ik} 를 구하여 구매비용과 수송비용의 합 대비 배송지연비용의 비율(CV)을 계산한 후 CV 값의 평균을 구한 결과는 표 9와 같고 이 비율(CV)과 개선률의 그래프는 그림 4와 같다. 표 9와 그림 4로부터 구매비용과 수송비용의 합 대비 배송지연비용 비율(CV)이 대략 0.2 이상인 경우에 정책 2를 사용하여 공급자에게 구매주문을 할당하는 것이 총비용에서 1% 이상이 절감될 수 있다는 것을 파악할 수 있다.

표 9. CV 값의 평균

정시 배송능력	가격 수요	P ₁			P ₂			P ₃		
		D _L	D _M	D _H	D _L	D _M	D _H	D _L	D _M	D _H
OD-L		0.07	0.11	0.12	0.20	0.20	0.20	0.23	0.24	0.24
OD-M		0.05	0.06	0.06	0.09	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12
OD-H		0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04

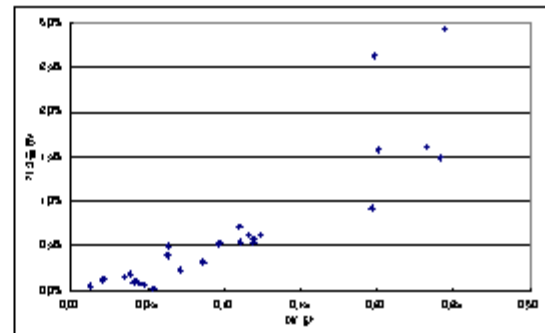


그림 4. CV 값과 평균 개선률(%)과의 관계

6. 결론

본 연구에서는 다수의 품목을 다수의 공급자로부터 반복적으로 구매하는 업체(고객사)가 온라인을 통하여 공급자로부터 제시되는 제품별 단가와 수송비용 그리고 정시배송능력 등의 정보를 실시간으로 제공받고 구매주문의 최적할당을 결정하여 필요한 품목에 대한 주문을 온라인으로 실시하는 환경하에서 과거보다 더욱 중요성이 강조되고 있는 공급자의 정시배송(on-time delivery) 능력을 구매주문의 할당시에 함께 고

려하는 경우(정책 2)에 총비용을 최소화하는 정수선형계획 모델을 제시하고, 총비용의 절감액(개선율)을 추정하였다.

그 결과는 구매주문에 따른 배송약속이 정시에 발생하지 않을 경우 고객사에 물이익이 발생하는 환경일수록 구매가격과 수송비용만을 고려하여 주문을 할당하기 보다는 공급자의 정시배송능력을 함께 고려하여 구매주문을 적절히 할당함이 총비용을 절감할 수 있음을 확인할 수 있었다. 특별히, 각 공급자의 정시배송능력의 차이가 큰 경우일수록 배송지연비용은 더욱 크게 발생할 수 있기 때문에 공급자들의 정시배송능력을 최초 구매주문 할당시부터 함께 고려하는 구매정책(정책 2)이 기존의 정책(정책 1)에 비해서 총비용을 더욱 절감시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서 다루고 있는 온라인 비즈니스 환경은 구매자와 공급자가 사전에 서로의 신원을 충분히 알지 못하는 경우에도 온라인을 통하여 제공된 정보만을 기반으로 구매주문을 실시할 수 있기 때문에 사후 구매자(고객사)가 필요한 제품을 필요한 시점에 배송받지 못할 경우에는 다양한 피해가 발생할 수 있다. 따라서, 온라인 비즈니스 환경에서는 반드시 공급자의 정시배송능력에 관한 정확한 정보가 구매자에게 제공되어야 할 필요가 있다. 이러한 상황은 현재로는 보편적이지 않지만 더욱 높은 협업수준의 정보를 제공해야하는 공급망 상황에서의 적용에 효과적일 수 있을 것이다. 추후 연구과제로는 배송지연비용의 구성을 early-delivery와 late-delivery 경우로 확대하여 각 경우의 배송지연비용을 더욱 다양화한 상황에서의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김성봉, 김진한(2003), 공급자 선정기준의 상대적 중요성에 관한 실증연구 - 국내 전자업체에 대한 AHP 적용, 한국생산관리학회지, Vol.14(1), pp.3~25
2. 정종갑, 김재균, 장길상(2000), 자동차부품산업에서 공급망관리를 위한 공급자 선정 및 주문량 배분에 관한 연구, 대한산업공학회 추계학술대회논문집
3. 정찬석, 이영해(2001), 공급자관리를 위한 다중-기준 공급자 선택 모델, 대한산업공학회

회 추계학술대회논문집

4. 김성문(2003, 3월호), 온라인 '주문납품기한약속'의 구조와 중요성, 물류와 경영
5. 임석철, 이상원, 김현수(2007년 9월호 게재예정), 동적 전자경매환경에서의 최적 구매주문 할당, 대한산업공학회지
6. D.L. Moore, H.E. Fearon(1973), Computer-assisted decision-making in purchasing, Journal of Purchasing, Vol.9(4), pp.5~25
7. T.F. Anthony, F.P. Buffa(1977), Strategic purchasing scheduling, Journal of Purchasing and Materials Management, Vol.13(3), pp.27~31
8. D. Park, H.A. Krishnan(2001), Understanding supplier selection practice: Differences between U.S. and Korean Executives, Thunderbird International business Review, Vol.28, pp.225~243
9. A.C. Pan(1989), Allocation of order quantity among suppliers, Journal of Purchasing and Materials Management, Vol.25(3), pp.36~39
10. S. Seshadri, K. chatterjee, G.L. Lilien(1991), Multiple source procurement competitions, Marketing Science, Vol.10(3), pp.246~253
11. S.H. Ghodsypour, C. O'Brien(1998), A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, International Journal of Production Economics, Vol.56-57, pp. 199~212
12. R. Kawtummachai, N. Van Hop(2005), Order allocation in a multiple-supplier environment, International Journal of Production economics, Vol.93-94, pp.231~238