

# 전시 탄약재보급 할당에 관한 연구 (A Study on Ammunition Resupply Allocation Model)

이 영 신\*

## Abstract

In this paper, with the limited range of ammunition supply point(ASP) at ammunition battalion in specific corps and light automobile battalion(LAB) directly supports its vehicle for ammunition supply, we propose optimal model to minimize transportation time and logistics cost using integer programming(IP) for efficient ammunition resupply allocation during a given operation period of front combat unit. And then, we consider ammunition treatment and supply capacity of ammunition supply point(ASP), constraint elements of transportation ability considering time and cost, ammunition storage capacity of combat unit, combat situation and unit mission to propose this model. Finally, through numerical example, we examine the applicable feasibility of proposed model.

(**Keywords:** Ammunition Supply Point, Light Automobile Battalion, Integer Programming, Ammunition Resupply Allocation Model)

---

\* 연세대학교 정보산업공학부

## 1. 서 론

최근 한반도에서의 장차 전의 양상을 고려해 볼 때, 화력과 기동성이 강조되는 현대전에서는 효율적이고 신속한 전투근무지원이 보장되어야 하며, 그 중에서도 전투부대가 전투에만 전념할 수 있도록 부대가 필요로 하는 탄약을 요구하는 시간과 장소에 추진보급 해줌으로써 작전 임무수행 및 전투 지속 능력을 보장해 주는 것이 전쟁의 승패에 결정적인 역할을 한다.

그러나 실제 탄약 추진보급 계획을 수립하는데 있어 전장상황에서 야기되는 탄약취급 및 공급능력 제한과 시간, 비용 등을 고려한 수송능력의 제한, 작전단계별 부대임무, 전장상황의 변화에 따른 예측불허의 탄약 재보급 할당을 반영하는데 있어 야전 지휘관의 입장에서 가장 효율적이면서 신속한 의사결정을 하기란 결코 쉽지 않다.

본 연구의 목적은 특정 군단 내 탄약대대의 탄약보급소(ammunition supply point)와 차량을 직접 지원하는 경자동차대대로 제한하여 전방 전투부대의 작전이 수행되는 일정기간 동안 탄약취급 및 공급능력과 시간, 비용을 고려한 수송능력의 제한요소, 전투상황 및 부대임무 등을 고려 정수계획법(integer programming)을 이용하여 효율적인 탄약 재보급 할당을 위한 수송시간 및 물류비용을 최소화할 수 있는 최적화 모델을 제안하고, 수치예제를 통해 제안된 모델의 적용 가능성을 검증하는데 있다.

## 2. 관련연구

본 연구와 관련한 기존의 연구는 일반적인 공급사슬환경에서 기간, 제품, 단계 등을 고려한 생산-

재고-분배-할당 모델에 관한 연구와 군 관련 연구로 나누어 살펴보고자 한다.

일반적인 공급사슬 환경에서는 시간개념과 제품의 종류, 단계의 수, 비용구조 등의 다양한 환경 요소들이 고려되어 왔다.

단일기간 모델로 대표적인 연구를 보면 Clarisse and Finke(2001), Jayaraman and Ross(2003), Syarif et al(2002) 등을 들 수 있는데, 이들은 주로 생산비용, 셋업비용, 수송비용 등을 최소화하는 모델들이라고 할 수 있다[6, 7, 10].

다기간 모델로서는 Kim and Kim(1999), Yokoyama(2002), 이병기와 이영훈(2002) 등을 들 수 있으며 이들은 주로 생산비용, 셋업비용, 주문비용, 재고비용, 수송비용 등을 고려하여 비용을 최소화하는 모델을 제시하였다[8, 11, 5].

전시 전투부대 탄약 할당을 위한 모델로써 김만국(1997)과 조성근(2001) 등은 목표계획법을 이용 탄약수송 문제에 적용하여 탄약수송이 가능하다고 판단되는 각 탄약 보급소별 탄약공급량을 최대한 공급하여 부대임무와 작전계획을 고려한 탄약수요량에 대한 우선순위를 부여하고, 부여된 우선순위에 따라 수송시간을 최소화하는 모델을 제시하였다[1,2].

그러나 위의 기존 연구들은 전장살상을 고려해 볼 때, 장기작전 상황, 탄약 공급에 따른 비용요소 등을 고려하지 않았으며, 탄약 공급에 있어 수송가용 시간 및 차량 대수, 전투부대들의 수용 능력 등과 같은 중요한 의사결정 사항을 고려하지 않아 상급 지휘관이 의사결정을 함에 있어 부대운용에 대한 효율적인 대안을 제시하지 못하였다.

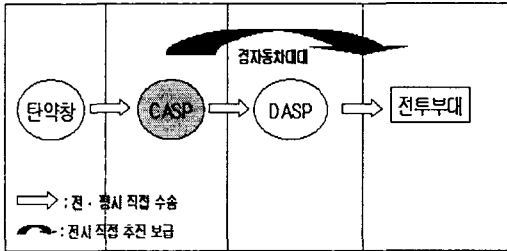
본 연구에서는 기존 연구의 한계점을 보완하여 효율적인 탄약 재보급 할당 모델을 제안한다.

### 3. 전시 탄약 재보급 할당 모델

#### 3.1 모델 구성을 위한 일반사항

본 연구의 대상인 군단의 경우 군단 경자동차대대의 차량을 지원 받아 탄약대대의 각 탄약보급소로부터 탄약 요구량을 전방 전투부대에 추진 보급하도록 되어 있으며, 추진보급체계는 <그림 1>에서 보는 바와 같다.

군단지역 탄약보급소에 저장되어 있는 탄약은 경자동차대대를 이용하여 예하부대의 직접지원 탄약보급소로 수송하거나 필요에 따라서는 사용부대의 탄약보급소로 직접 수송할 수 있다[4].



<그림 1> 탄약 추진 보급 체계

##### 3.1.1 용어 정의

(1) 탄약보급소(ASP : Ammunition Supply Point) : 전·평시에 필요한 탄약을 저장 및 관리하며, 전투부대 요청시 인가 및 통제보급률 범위 내에서 적기에 적량을 지원하기 위한 탄약부대의 탄약창고를 말한다. 탄약보급소의 탄약 1일 취급능력은 250~600톤이다[4].

(2) 경자동차대대 : 군단 및 군무지역 또는 후방 지역에 배치되며, 육로 수송 지원을 제공한다.

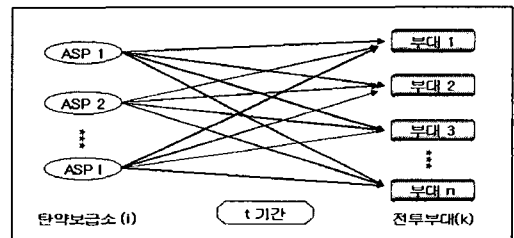
전시 탄약 추진보급에는 3개의 경자동차중대가

지원되고, 수송능력은 전시 기준으로 1일 차량 운용시간은 20H, 차량보유대수는 중대당 60대, 가용률은 75% 수준이다[3].

(3) 통제보급률(CSR : Controlled Supply Rate) : 가용한 탄약을 고려하여 일정한 시간에 할당되어 질 수 있다고 결정한 탄약의 소모율이며, 인가된 범위 내에서만 지휘관이 승인한다[4].

#### 3.2 탄약 재보급 할당 모델 설정

본 연구에서는 이 모델을 적용하기 위해 전방 전투부대의 작전이 수행되는 일정기간 동안 탄약취급 및 공급능력과 시간, 비용을 고려한 수송능력의 제한요소, 전투상황 및 부대임무 등을 고려하여 <그림 2>와 같이 모델을 구성 효율적으로 탄약 재보급 할당을 위한 수송시간 및 소요되는 비용을 최소화할 수 있는 최적화 모델을 제안한다. 필요한 가정사항, 기호 / 변수 정의 그리고 제약 조건식과 목적함수의 구성은 다음과 같다.



<그림 2> 탄약 할당 모델 구성

##### 3.2.1 가정사항

(1) 군단 경자동차대대의 수송능력은 경자동차 3개중대(180대) 75% 수준인 135대가 1일 4회 왕복 가능한 것으로 판단하고, 차량 운행 시간은 1일 20H을 기준으로 시속 30km/h로 운행한다고 가정한다.

(2) 탄약보급소의 탄약 취급능력 범위 내에서 공급하며, 수송차량은 동일한 차량으로 차량 1대의 적화시간은 60분 / 하화시간은 30분, 적재능력은 4 톤으로 판단한다.

(3) 탄약 재보급을 위해 소요되는 비용은 주문 비용, 수송비용, 재고비용만 발생하며, 전투부대의 수요는 정해져 있다고 가정한다.

(4) 이때 당일 요구량 공급시 반드시 당일 소요되고, 전투부대 초기 재고는 없으며, 탄약 보관소 재고 수용 능력도 제한된다고 판단한다.

(5) 일정기간의 탄약수요량을 요구할 수 있고, 취급능력 범위 내에서 공급 가능하다고 가정한다.

### 3.2.2 기호 및 변수 정의

$i$  : 탄약보급소 인덱스 ( $i=1,2,\dots,l$ )

$k$  : 전투부대 인덱스 ( $k=1,2,\dots,n$ )

$t$  : 공급기간 인덱스 ( $t=1,2,\dots,m$ )

$d_{ik}$  : 탄약보급소  $i$ 에서 전투부대  $k$ 까지 소요되는 최소 수송 거리

$T_{ik}$  : 탄약보급소  $i$ 에서 전투부대  $k$ 까지 소요되는 1회 탄약 수송 완료 시간(분)(단, 왕복 운행시간과 적화/하화 시간 포함)

$XC_i$  : 탄약보급소  $i$ 의 탄약 취급 가능량

$KC_k$  : 전투부대  $k$ 의 탄약 수용 가능량

$TTR$  : 1일 지원 가능한 차량 대수(대) ( 차량대수  $\times$  왕복가능횟수 )

$TTM$  : 1일 총 차량 탄약 수송 가용 시간 ( 차량대수  $\times 20H \times 60$  )

$IC$  : 모든 전투부대  $k$ 의 단위 재고 비용

$OC$  : 모든 전투부대  $k$ 의 단위 주문 비용

$TC$  : 탄약보급소  $i$ 에서 모든 전투부대  $k$ 로의 단위수송 비용

$OD_{kt}$  : 기간  $t$ 에서 전투부대  $k$ 의 요구량

$SQ_{ikt}$  : 기간  $t$ 에서 탄약보급소  $i$ 에서 전투부대  $k$ 로의 탄약 공급량

$Y_{kt}$  : 기간  $t$ 에서 전투부대  $k$ 의 재고량

$X_{kt}$  : 기간  $t$ 에서 전투부대  $k$ 가 탄약보급소에 주문하면 1, 그렇지 않으면 0

Minimize

$$\sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^m OC X_{kt} + \sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^m [0.25 SQ_{ikt} d_{ik} TC] + \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^m [Y_{kt} IC] \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n SQ_{ikt} \leq \sum_{i=1}^l XC_i \quad \forall t \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n 0.25 SQ_{ikt} \leq TTR \quad \forall t \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^l SQ_{ikt} + Y_{k,t-1} \leq KC_k \quad \forall k,t \quad (4)$$

$$Y_{k,t-1} + \sum_{i=1}^l SQ_{ikt} - OD_{kt} = Y_{kt} \quad \forall k,t \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n 0.25 T_{ik} SQ_{ikt} \leq TTM \quad \forall t \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n SQ_{ikt} = \sum_{t=1}^m OD_{kt} \quad \forall k \quad (7)$$

$$SQ_{ikt} \leq M \times X_{kt} \quad \forall i,k,t \quad (8)$$

$$X_{kt} \in \{0, 1\} \quad \forall k,t \quad (9)$$

$$SQ_{ikt}, Y_{kt} \geq 0 \quad \forall i,k,t \quad (10)$$

### 3.2.3 목적함수 및 제약조건

“방정식 (1)”은 주문비용, 수송비용, 재고비용의 합을 최소로 하는 함수로 표현되었으며, 여기서 전시 작전 상황을 고려 주문비용은 1회 주문시 탄약의 적재/하화 및 경계지원 발생에 따른 병력손실 비용과 행정소요 비용이 되었고, 수송비용은 탄약보급소로부터 전방 전투부대까지 최단 수송거리와 공급량을 반영한 비용이며, 재고비용은 탄약

재고 관리에 따른 병력손실 비용과 적 위협에 의한 risk비용을 고려하여 적용하였다.

“방정식 (2), (4)”는 탄약보급소의 탄약 취급능력과 전투부대 탄약 수용능력에 대한 제약식이고, “방정식 (3), (6)”은 1일 차량운용 가용 대수와 가용시간에 대한 제약식이다. “방정식 (5)”는 재고량에 대한 제약식이며, “방정식 (7)”은 공급량과 수요량의 관계를 나타내는 제약이다.

마지막으로 “방정식 (8), (9)”는 주문량에 관한 제약식을 나타낸다. “방정식 (8)에서 M은 주문 만족을 위해 임의의 큰 상수(Large number)값을 부여한 것이다.

#### 4. 수치예제

본 장에서는 이 모델의 적용가능성을 검증하기 위해 전시 전장환경에 대한 기본적인 상황을 상정하고, 일정기간 작전에서 군단 탄약보급소에서 전방 전투부대에 탄약 공급시 이 모델에 적용하기 위한 관련 데이터를 입력하여 실험을 통한 탄약 최적 할당량을 도출하고, 지휘관 의사결정 변수들에 대한 민감도 분석 실험을 통해 최적 의사결정 대안을 제시하고자 한다.

##### 4.1 모델 적용 위한 실험설계

현재 A군단은 1단계 작전 중이며, 전방 부대의 지속적인 전투력 유지를 위해 6일간의 작전에 소요되는 탄약 추진 보급을 계획 중에 있다.

군단장은 전방 전투부대 작전에 지원되는 탄약요구량이 부대임무별(접적부대, 전투부대, 전투예비부대)로 통제보급률(CSR) 범위 내에서 100% 완전 충족되길 바란다. 모델 적용을 위한 매개변수들에 대한 실험데이터는 <표 1>과 같다.

<표 1> 모델 적용 위한 실험 데이터

매개변수들	데이터 값
$X_j$ ( $j=1,2,3$ )	340(톤), 350(톤), 360(톤)
$K_k^j$ ( $k=1,2...17$ )	120(톤) 100(톤) 80(톤)
- 접적부대(1~5),	400대(100x4회왕복)
- 전투부대(6~13),	10000(원/주문횟수)
- 전투예비부대(14~17)	50(원/차량대수 * km)
TTR	200(원/톤)
OC	
IC	
TC	

군단 경자동차 대대에서 지원 가능한 차량은 100대이고, 군단의 전시 추진보급 대상인 전투부대 중 5개의 접적부대( $k=1,2...5$ ), 8개의 전투부대( $k=6,7...13$ ), 4개의 전투예비부대( $k=14...17$ ) 등 총 17개 부대와 이 부대들을 지원하는 군단 내의 3개 탄약보급소를 노드로 가정하여 탄약보급소에서 전방 전투부대까지의 최단 수송거리와 1회 최소 수송 왕복시간을 정리하여 작성하면 <표 2>와 같다.

탄약보급소로부터 전방 전투부대들까지의 수송 거리는 알고 있다고 가정한다.

<표 2> 부대별 탄약 요구량 및 최소 수송거리 /1회 왕복시간

부대	부대별 탄약요구량(톤)						총량	최단수송거리(km)/1회 왕복시간(분)		
	1 일부	2 일부	3 일부	4 일부	5 일부	6 일부		1ASP -부대	2ASP -부대	3ASP -부대
1	45	47	47	45	49	47	280	68316	66312	78326
2	44	46	44	48	46	49	277	61302	59338	71322
3	47	48	49	52	51	54	301	64308	62304	71322
4	50	47	49	52	53	51	302	65310	62304	69306
5	49	50	50	51	52	50	302	74338	71322	69306
6	50	47	49	49	45	49	289	53326	51322	69306
7	49	47	58	57	54	52	317	48272	44288	56232
8	48	47	57	51	53	53	309	52234	49278	54228
9	45	51	52	50	51	52	301	57314	54238	46272
10	45	50	51	49	52	51	298	35250	44288	56232
11	45	43	49	50	52	53	292	30240	28256	40220
12	47	48	51	54	50	49	299	36252	33246	39256
13	49	43	50	53	53	48	296	44228	41232	39246
14	38	39	37	43	36	36	229	16212	23238	41252
15	37	37	40	38	38	39	229	19216	17214	29238
16	31	41	37	34	36	35	214	22232	14208	19218
17	40	39	39	36	37	37	228	38252	25230	15210
총량	759	770	809	812	808	805	4768	783/4642	749/4556	839/4712

## 4.2 실험결과 및 분석

실험결과를 도출하기 위해 ILOG사의 OPL을 활용하여 실험한 결과, 탄약 공급에 따른 수송시간과 물류비용을 최소화할 수 있는 부대별 탄약 최적 할당량을 <표 3>과 같이 도출하였다. 또한, 이와 관련하여 지휘관 의사결정에 영향을 미치는 변수들에 대한 민감도 분석을 통해 더 효율적인 대안을 제시하였다.

1일 차량 운행 가용 대수의 민감도 분석을 실시한 결과, <표 4>에서 보는 바와 같이 탄약 공급 기간 동안 최적비용을 유지하면서 1일 차량 운영을 최소화할 수 있는 최적 운행 가용 대수가 65대인 것으로 나타났다.

이는 탄약보급소의 탄약 취급 능력 내에서 필요한 1일 평균 최소 차량 가용 대수(65대)와 전투부대 탄약요구량을 충족시키기 위해 필요한 1일 평균 최소 차량 가용 대수(50대) 사이에서 주문비용과 재고비용간의 변화가 발생할 뿐, 65대 이상 차량 운용시 최소비용의 변화가 발생하지 않음을 보여주고 있다. 또한, 65대 미만의 차량 운용시 비용이 증가하는 모습을 볼 수 있다.

<표 3> 부대별 탄약 최적 할당량

부대	일당별 탄약 할당량(톤)							총량
	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	
1	46	47	92	0	96	0	260	
2	44	90	0	94	0	49	277	
3	47	97	0	62	61	64	301	
4	60	96	0	62	63	61	302	
5	49	60	60	61	62	60	302	
6	60	96	0	94	0	49	269	
7	49	47	68	67	64	62	317	
8	48	47	67	61	63	63	309	
9	46	61	62	60	61	62	301	
10	46	60	100	0	62	61	298	
11	66	0	49	60	62	63	292	
12	47	46	61	64	99	0	299	
13	92	0	60	63	63	48	296	
14	96	76	0	79	0	96	229	
15	74	0	78	0	77	0	229	
16	72	0	71	0	71	0	214	
17	79	0	76	0	74	0	228	
합계	769	770	809	812	808	806	4,769	

<표 4> 1일 차량 운행 가용 대수에 대한 민감도 분석

차량대수	주문비(원)	수송비(원)	재고비(원)	최저비용(원)
50대	990,000	2546,400	26,400	3,562,800
55대	890,000	2546,400	161,600	3,538,000
60대	770,000	2,546,475	219,000	3,536,475
65대	780,000	2,536,675	208,400	3,520,075
70~85대	780,000		198,400	3,520,075
90~120대	790,000			3,520,075

전시 상황을 고려해 볼 때, 100대 전체를 운행하는 것보다 65대를 운행하면 나머지는 계획정비가 가능하고, 필요시 다른 물자 보급에도 전환하여 활용할 수 있으며, 운전병들의 휴식을 보장함으로써 예기치 못한 안전사고를 줄일 수 있을 것이며, 장기 작전을 위해서도 효율적이다.

다음으로, 1일 차량 운행 시간의 민감도 분석을 실험한 결과, <표 5>에서 보는 바와 같이 1일 차량 운행 시간은 1일 차량 운행 최적 가용대수인 65대일 때 16H를 운행하게 되면 최소의 비용을 유지하면서 차량 운영을 할 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

<표 5> 1일 차량 운행 시간에 대한 민감도 분석

운행시간(H)	60대(원)	65대(원)	100대(원)
9	unbound	unbound	3,536,396
10			3,520,075
11~13			3,537,000
14			3,541,296
15			3,533,022
16	3,531,400	3,520,075	
17	3,530,475	3,520,075	
18~24	3,530,475	3,520,075	

100대를 운용할 경우, 1일 차량 운행 시간은 10H 운행할 때 최소비용을 유지하면서 운행할 수

있음을 보여 주고 있다. 즉, 차량을 많이 운행하면 그만큼 운행 시간은 줄어들어 계획정비 및 충분한 휴식 보장, 2교대 운행 가능 등 다양한 융통성을 가지고 운용할 수 있지만, 장기간의 작전에서 여러 가지 위험요소, 수송을 위한 인원소요의 적절성 등을 검토해 보아야 할 것이다.

마지막으로 전투부대 탄약 수용 능력의 민감도 분석을 실험한 결과, <표 6>에서 보는 바와 같이 부대별로 점적부대가 130톤, 전투부대가 110톤, 전투예비부대가 90톤일 때, 최소비용을 가진 효율적인 수용 능력을 보여주고 있다.

<표 6> 전투부대 탄약 수용 능력에 대한 민감도 분석

부대별 탄약수용 능력(톤)			최적비용(원)
점적부대	전투부대	전투예비부대	
90	70	50	3655200
100	80	60	3591400
110	90	70	3547600
120	100	80	3520075
130	110	90	3503675
140~200	120~180	100~160	3503675

즉, 전투부대의 탄약 수용능력을 증가시키는 것은 재고를 많이 유지하여 수요를 충족시킬 수는 있지만, 탄약관리 측면에서 적 공격에 대한 위험도도 크고, 병력손실도 클 수 있기 때문에 적절한 재고 유지와 관리가 부대 운용측면에서 효율적인 것이다.

지금까지 상급부대 탄약보급소로부터 전방 전투부대까지 탄약 재보급 할당을 효율적으로 할 수 있는 최적화 모델을 제안하고, 실험을 통한 세부적 분석으로 상급 지휘관 입장에서 탄약을 효율적으로 할당하는데 가장 최적의 대안으로 정책적 의사결정을 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 특정 군단 내 탄약대대의 탄약보급소(ammunition supply point)와 차량을 직접 지원하는 경자동차대대로 제한하여 전방 전투부대의 작전이 수행되는 일정기간 동안 탄약취급 및 공급 능력과 시간, 비용을 고려한 수송능력의 제한요소, 전투상황 및 부대임무 등을 고려 탄약을 공급하는 탄약보급소로부터 작전을 수행하는 전방 전투부대까지 효율적인 탄약 재보급 할당을 위한 수송시간 및 물류비용을 최소화할 수 있는 최적화 모델을 제시하였고, 실험을 통해 이 모델의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

이 모델은 전시 상급부대 지휘관이 전투부대들이 어느 시점, 어떤 상황에서든지 탄약 재보급을 요구했을 때, 가장 효율적인 방법으로 최적의 대안을 가지고 신속한 의사결정을 함으로써 시간을 절약하여 적시, 적소에 지원하여 전투부대들의 전쟁 지속 능력을 보장해 줄 수 있을 것이다.

또한, 이 모델은 탄약 할당 문제 뿐만 아니라, 전시에 필요한 인원, 장비, 물자 등의 할당에도 폭넓게 적용 가능할 수 있을 것으로 기대된다. 군에 있어서 일반적인 공급사슬환경에서의 다양한 모델들을 연구 및 발전시켜 군 실정에 맞게 적용한다면 더 효율적인 시스템을 구축할 수 있고, 업무의 효율화를 증대시켜 시간을 절약함으로써 원활한 임무 수행이 가능해 질 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김만국, 목표계획법을 이용한 전시 탄약 수송 모형에 관한 연구, 국방대학교, 1997.

- [2] 조성근, 목표계획법을 이용한 전시 탄약 할당 모형에 관한 연구. 국방대학교, 2001.
- [3] 육군본부, 야전교범 55-1 수송부대, 육군교육사령부, 1995.
- [4] 육군본부, 야전교범 101-10 전투근무지원, 육군교육사령부, 2004.
- [5] 이병기, 이영훈, 공급사슬에서 물류비용 최소화를 위한 발견적 기법 개발에 관한 연구, 2002 춘계학술대회. 한국SCM학회, 2002.
- [6] Clarisse D.F. and Finke, G. An integrated model for and industrial production - distribution problem, IIE Transactions, 33, 2001, p.216-228.
- [7] Jayaraman, V. and Ross, A. A simulated annealing methodology to distribution network design management, European Journal of Operational Research, 144 2003, p.629-645.
- [8] Kim, J. and Kim, Y. A decomposition approach to a multi-period vehicle scheduling problem, The International Journal of Management Science, 27, 1999, p.421-430.
- [9] Ross, A.D. A two-phased approach to the supply network reconfiguration problem, European Journal of Operational Research, 122, 2000, p.18-30.
- [10] Syarif, A., Yun, Y. and Gen, m. "Study on multi-stage logistic chain network : spanning tree-based genetic algorithm approach," Computers & Industrial Engineering, 43, 2002, p.299-314.
- [11] Yokoyama, Integrated optimization of inventory - distribution systems by random local search and a genetic algorithms, Computers and Industrial Engineering, 42, 2002, p.175-188.