

物流管理에 있어 動的計劃法을 이용한 輸送시스템 設計

Design of Transportation System Using Dynamic Programming in Logistic Management

河正鎮*

Ha, Joung-Chin

李炳湖**

Lee, Byung-Ho

Abstract

Recently the recognition of Logistics becomes important to enterprises as a means for improving their competition, but the Korea enterprises falls far behind in management techniques for analyzing realities and problems in the logistic compare to the advanced countries.

In describing a distribution network, we have stated that it is basically a system or a set of locations that ship, receive or store material plus the routes that connect these locations. Using a Dynamic Programming on logistics, we can decrease the inventory level and increase the service level on logistics and the management performance.

1. 序論

물류는 이제 제 3의 수익원 차원을 떠나 기업의 직접 수익인 것이다. 최근 많이 사용되어지는 物流나 로지스틱스(logistics)는 '顧客의 니즈에 부응하기 위해 발주점(point-of-origin: 생산공장, 원료채취 장소 등을 지칭)에서 소비점(point-of-consumption: 최종소비자나 중간소비자)에 이르기까지의 쉰 과정에 있어서 原材料, 在工品, 在庫 및 이와 관련된 情報를 효과적이고 費用 節減적인 방법으로 흐르게 하거나 保管해두는 것'이라고 할 것이다. 企業에서 많이 사용되어 있으며 우리가 흔히 物流라고 할 때에는 保管 貯藏, 荷役, 輸 配送, 包裝 그리고 關聯 情報管理의 5가지 領域을 떠 올릴 수 있다. 지난 10여년 동안 물류를 둘러싼 환경은 크게 변모해 왔다. 生産 : 물류의 多品種小量化, 經濟活動의 情報化, 勞動人口의 高齡化, 이러한 변화는 우선 물류의 多품종소량화, 多頻度化와 리드타임의 단축과 유통의 각 단계에서 재고를 줄이려는 노력과 결부되어 왔다. 조사된 바에 의하면 '93년도 輸配送 분야가 전체 유통기능의 문제점중 50%를 차지할 정도여서 더욱 관심을 갖는데 그 중 내륙 운송료가 24%로 가장 많은 것으로 나타나고 있어 개선이 시급하다. 그런 이유로 대량 수송 및 輸配送時間의 短縮化와 在庫의 集約化를 통하여 최소재고화를 달성함으로써 고객 서비스를 향상하고 총물류비를 절감할 수 있기 때문이다. 이에 본 논문은 수배송 경로문제 해결 방법중 세이빙법에 의한 결과를 추출한다. 이와 유사한 수배송문

* 동아대학교 산업공학과

** 부산전문대학 공업경영과

제의 해법을 예들들어 어느 동일 상품을 몇개의 발송지에서 몇개의 목적지로 수송할때 수송비가 수송량에 비례한다고 가정한다면 이들 각 지점의 出荷 可能量과 목적지의 요구량에 따라 발송지에서 단위당 수송비용을 최소화하기 위해 어디에서 어디로 보내야 하는가 하는 해답을 구하는 解法으로 프로그램 AB:QM ver 3.0으로 動的計劃法에 의한 輸送시스템을 設計한다.

2. 輸配送시스템의 設計要件

(1) 수배송시스템 설계를 위한 기본 요건

수배송시스템 설계를 위해서는 배송업무에서 발생하는 비용을 절약하도록 통제하는 經濟的 측면, 하역작업 및 사고등 작업자의 안전과 목적지까지 화물을 안전 배송하는 安全的 측면, 고객이 요구하는 제품을 요구 날짜나 장소에 정확하게 배송하는 서비스 측면, 배송업무시 발생하는 소음,배기가스, 하역작업의 위험성이 있는 社會的 측면을 고려하여야 한다. 또한, 수배송시스템을 설계하기 위해서는 다음과 같은 요건이 확립되어야 한다. 첫째로 지정된 시간내에 배송 목적지에 상품을 정확하게 배송하여야 하며 둘째로는 물류계획을 정확하게 촉진하기 위해 수배송 및 배차계획등을 조직적으로 실시되어야 하며, 셋째로 적절한 流通 在庫量을 유지하기 위하여 다이어그램 배송등 수송의 체계화를 통해 실시하고, 넷째로 생산계획을 효율적으로 실시하기 위해 판매 생산의 조정 역할을 담당하고 다섯째로 受注에서 出荷까지 작업을 標準化 및 效率化를 기해야 하며 여섯째 최저 주문단위제등의 주문의 標準化가 필요하다.

3. 輸配送의 效率化

수배송은 都市間을 수송하는 幹線 輸送과 도시내의 배송으로 분류되고, 어느쪽에 중점을 두고 효율화를 추진할 것인지는 기업에 따라 달라진다고 생각할 수 있으나 최근에는 납품의 다빈도, 소량화의 경향은 도시내의 배송효율화를 현저하게 악화시키고 있어 기업에서는 도시내의 配送效率化가 커다란 과제로 등장하고 있다. 이러한 효율화의 기본 패턴에 따라 기업에서 실시하고 있는 수배송효율화 방법은 다음과 같다

- (1) 교차수송의 배제에 의한 효율화
- (2) 차량의 귀로편을 이용으로 효율화
- (3) 물류시설 경유와 직송화의 편성에 의한 효율화
- (4) 수송방법의 전환에 의한 효율화
- (5) 정보시스템에 의한 효율화
- (6) 이동체 통신시스템에 의한 차량운행의 효율화
- (7) 정보네트워크에 의한 수배송의 효율화
- (8) 출하량의 컨트롤에 의한 수배송의 효율화

4. 最適 輸配送 經路 問題

지금 수배송의 경우, 트럭을 사용하고 각 트럭이 여러 경로들을 순회할때 전체의 주행거리가 짧고 수송비용이 저렴한 트럭의 소요대수와 각 트럭의 수배송 경로를 결정하는 문제이다. 이 문제를 해결하는 가장 최근의 대표적인 수법은 VSP(Vehicle Scheduling Program)이다, 이 수법의 기초는 세이빙(saving)의 개념이다. 한 예로 그림 1과 같이 P라는 배송센터에서 A,B,C,D,E의 배송지가 있다. 괄호안에 있는 수는 배송량(톤)를 나타내며 링크에 있는 숫자는 배송거리를 표시한다. 각 배송지에는 1대의 트럭으로 수송하며 왕복수송도 할 수 있다. 소요차량은 4톤 트럭 2대, 2톤 트럭 3대로 운행하게 된다. 표 1과 같이 양지점간의 최단거리를 계산하여 이를 행렬로 표시할 수 있다. 또한 세이빙 방법의 의해 각 지점간의 세이빙을 계산한 그 결과를 행렬로 표시하면 표 2와 같이 된다. 계산한 세이빙을 크기 순으로

표시하면 표 4가 된다. 이렇게 하여 수배송계획을 수립한다.

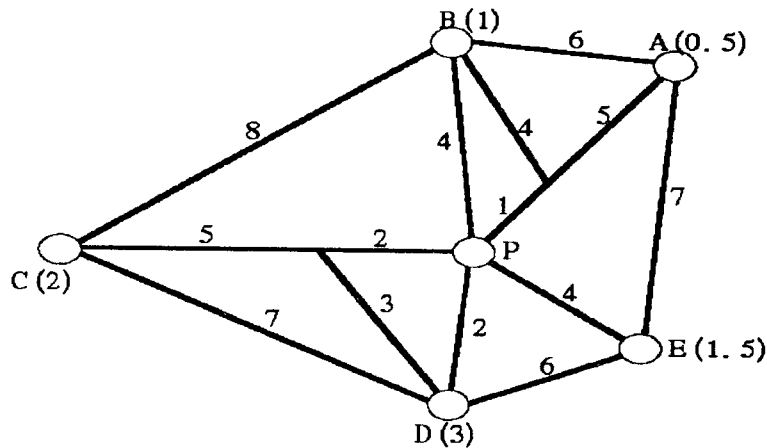


그림 1. 수송 네트워크

표 1. 최단 거리 행렬

	P	A	B	C	D	E
P		6	4	7	2	4
A			6	13	8	7
B				8	6	8
C					7	11
D						6

표 2. 세이빙 파일

	A	B	C	D	E
A		4	0	0	3
B			3	0	0
C				2	0
D					0

표 3. 세이빙 파일의 분류표

순위	link	saving
1	A - B	4
2	B - C	3
2	A - E	3
4	C - D	2

- (1) 세이빙 파일의 분류표에서 제 1 순위의 세이빙(A - B : 4)을 선택, 이를 첫번째 경로라 한다.
경로 1 : P --> A --> B --> P (1.5톤) 주행거리 : 16
 - (2) 제 2 순위의 세이빙(B - C : 3)을 경로 1에 넣는다.(4톤)
경로 1 : P --> A --> B --> C --> P (4톤) 주행거리 : 31
 - (3) 제 3 순위의 세이빙(A - E : 3)을 경로 2라 한다. 경로 1에 넣지 못하는 것은 적하량 톤(4톤)수를 초과하기때문이다.
경로 2 : P --> E --> P (1.5톤) 주행거리 : 4
 - (4) 제 4 순위의 세이빙(C - D : 2)을 경로 3이라 한다,
경로 3 : P --> D --> P (3톤) 주행거리 : 2
- 따라서 이와같이 얻어진 결과로 4톤 트럭 2대, 2톤트럭 1대가 필요하다.

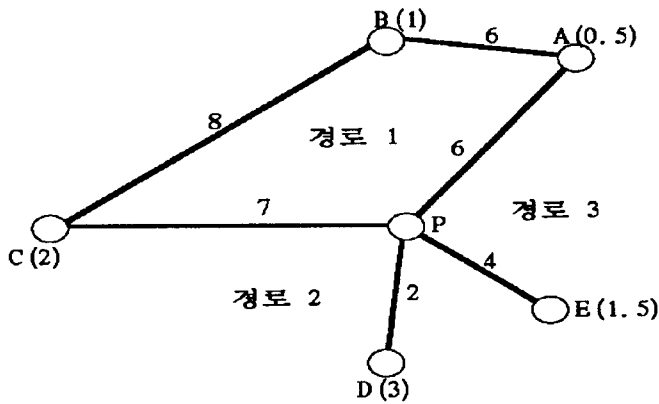


그림 2. 최종 수송네트워크

5. 動的計画法 構造

동적계획법은 수리계획문제들을 소규모로 분해해서 계산적으로 보다 단순하게끔 下位問題를 택하여 푸는, 계산상의 효율성을 기하기 위해 근본적으로 고안된 수학적 절차이다. 전형적으로 동적계획법은 정확히 하나의 최적 변수를 포함하는 각 단계로 된 단계적으로 문제를 풀이한다. 여러 단계에서 계산의 결과는 마지막 단계에 이를때 전체 문제에서의 최적가능해를 낳는 순환계산으로 연결된다. 동적계획법에서 주된 이론은 最適性의 原理 (principle of optimality)이다. 전체 문제는 N단계의 의사결정의 연속으로 구성되어 있다. 각 意思決定段階는 여러가지 상태가 있고 각 상태에서는 선택 가능한 대안들이 있다. 각 선택에 따라 서로 다른 비용 또는 이익이 발생하며 다음 단계에서는 어떤 상태에 도달할 것인가 결정된다. 어떤 문제를 동적계획법으로 해결하고자 할 때에는 단계, 상태 및 선택대안들을 적절하게 정의해 주어야 한다. 단계 n에서 부터 최종 단계 N 까지 발생하는 비용을 최소화하는 의사결정과정은 단계 n에서 어느 상태에서 시작하였는가에만 관계 있으며 n이전 단계에서 어떤 경로를 거쳐 상태에 도달하였는가와 무관하여야만 동적계획법을 적용할 수 있다. 최적의 원칙을 만족하고 있는 문제에서 단계 n의 상태 S_n 에서 여러 대안들중 대안 D_n 을 선택하였을때, $C_n(S_n, D_n)$ 을 단계 n+1까지 가는 동안 발생한 비용이라하고 $S_{n+1}(D_n)$ 을 단계 n+1에 도달한 상태를 나타낸다고 한다. 後進的 동적계획법은 큰 값 n값에서 부터 시작하여 n값에 해당하는 $F_n(S_n)$ 을 순서대로 구하는 방식이다. 이제 $F_{n+1}(S_{n+1})$ 의 값이 모든 S_{n+1} 에 대하여 계산되었다고 가정하고 단계 n의 상태 S_n 에서 D_n 을 선택하였다고 한다. 그러면 (n+1)단계에서는 상태 $S_{n+1}(D_n)$ 에 도착하였으므로 이때 단계 n에서의 最終段階까지의 總費用은

$$C_n(S_n, D_n) + F_{n+1}(S_{n+1}(D_n))$$

이 된다. 이 비용은 D_n 의 함수이므로 이 비용을 최소로 하는 선택 D_n 을 구하면 이때의 비용이 상태 S_n 에서의 최종단계까지 발생하는 費用의 最小值 $F_n(S_n)$ 을 준다. 따라서

$$F_n(S_n) = \min [C_n(S_n, D_n) + F_{n+1}(S_{n+1}(D_n))]$$

이라는 循環關係式을 얻는다 이 식을 이용하여 모든 가능한 상태 S_n 에 대한 $F_n(S_n)$ 의 값을 계산하고 이를 다시 순환관계식에 대입하여 단계 n-1에서의 모든 가능한 상태에 대한 $F_{n-1}(S_{n-1})$ 의 값을 계산할 수 있다. 이러한 순환적인 과정을 계속하여 $F_1(S_1)$ 을 구하면 최적해가 된다.

6. 動的計劃 問題의 模型

동적계획에는 표준적 모형과 이를 위한 표준적 해법이 존재하지 않는다. 그러므로 동적계획에서는 문제를 몇 개의 모형으로 분류하고 각 모형별로 특정된 계산 절차가 사용되어야 한다. 모형의 구조와 계산절차가 달라도 모두가 동적계획의 일반적 구조를 공유하고 있다. 다음과 같이 동적계획 문제의 모형들을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 配分過程

고정된 자원을 잠재적인 여러 용도에 배분하는 것은 조직의 주문제이다. 배분된 투자에 대한 수익을 여하히 정의하고 측정하느냐가 의사결정자가 해결해야 할 주요 장애 중의 하나이다. 이러한 수익이 계량화될 수 있다면 이 문제는 수리계획문제로 표시될 수 있다. 수익이 선형인 경우에는 선형계획문제로 표시될 수 있다. 그러나 대부분의 경우의 수익함수식은 비선형이고 불연속적이다. 그러므로 동적계획은 복잡한 非線形配分問題를 처리할 수 있는 방법을 제공한다.

1) 1次元 配分過程

1차원 배분문제는 다음과 같은 특성과 假定을 가진다.

① 特性

- a. 토지, 노동, 기계 및 물과 같은 經濟的 資源의 어느 한정량이 配分되는 것이다.
- b. 자원은 어떤 제품과 用役의 生産에 사용된다.
- c. 한정된 자원은 둘 이상의 대체적인 방법으로 사용될 수 있다. 이러한 대체적 방법의 각각은 行爲라고 불리운다.
- d. 자원이 사용되는 각 단일 행위는 收益(報償)을 초래 한다.
- e. 이러한 과정은 確率的 要素를 포함할 수 있다.

② 假定

- a. 다른 배분에서 오는 收益을 서로 比較될 수 있다. 다시말해서 수익은 화폐효용 및 시장점유율과 같은 공통적 單位에 의하여 측정될 수 있다.
- b. 어느 배분에 의한 收益은 다른 행위에의 배분에 獨立의이다.
- c. 달성될 수 있는 總收益은 個別的 收益의 合計이다.

③ 模型의 設定

1차원 문제의 일반적 모형은 目的函數(總收益)式을 最大化 시키는 것이다.

$$\begin{aligned} \text{최대화 } R(X_1, X_2, \dots, X_n) &= g_1(X_1) + g_2(X_2) + \dots + g_n(X_n) \\ \text{s.t. } X_1 + X_2 + \dots + X_n &= X = \sum_{i=0}^n x_i \end{aligned}$$

2) 多次元 配分過程

두개 이상의 제약조건을 가진 한 자원의 배분이나 두개 이상의 제약조건을 가진 둘 이상의 자원의 배분과 같이 두 제약조건을 가진 한 자원의 배분과 두 制約條件을 가진 두 資源의 配分을 分析한다. 2개의 제약조건식에 종합하여 1개의 자원을 n개의 행위에 배분하는 배분문제는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{최대 } ER(X_1, X_2, \dots, X_n) &= g_1(X_1) + g_2(X_2) + \dots + g_n(X_n) \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^n a_i(X_i) &\leq X \\ \sum_{i=1}^n b_i(X_i) &\leq y \\ X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

위의 식에서 變數와 媒介變數는 아래와 같이 정의된다.

- ① X 와 y 는 선형계획모형에서 左便 常數와 같은 것으로 자원의 가용량을 표시한다.
- ② X_i 는 행위 i 에 배분된 자원의 량이다.
- ③ $g_i(X_i)$ 는 i 번째 행위의 수익이다.
- ④ $a_i(X_i)$ 와 $b_i(X_i)$ 는 X_i 의 증가함수이다.

(2) 네트워크 過程

네트워크를 분석하는 모형은 建設, 研究開發, 設備保全프로그램과 같이 상호 연관된 행위로 구성된 시스템의 모형이다. 여기서 기본적으로 주어지는 기본구조는 段階, 狀態, 政策, 報償, 循環關係이며 이들에 대한 기본적인 개념이 주어졌을때 이들이 어떻게 동적계획법 내에서 서로 조화를 이루는가가 문제이다. 정책결정, 상태, 단계 그리고 보상들간의 관계를 나타낸 것이 다음 그림2와 같다. 또한 동적계획에서 모형의 구성요소들의 기호적 표시는 그림3과 같다. 동적계획 접근방법에 대한 기호들을 정의하면 다음과 같다.

- X_n = 단계 n 에서 意思決定變數
- S_n = 단계 n 으로 입력되는 狀態變數
- R_n = 단계 n 에서의 報償

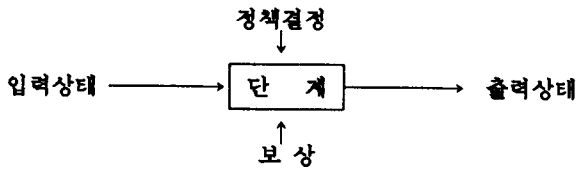


그림 2. 동적계획 모형의 구성요소

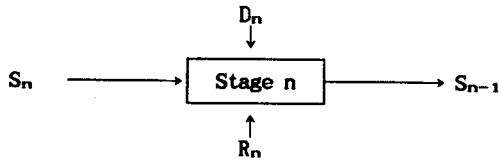


그림 3. 동적계획에서 모형의 구성요소들의 기호적 표시

報償函數 R_n 은 실제로 狀態變數와 意思決定 變數에 대한 函數이다. 여러 단계들을 함께 묶기 위하여, 단계 n 에서의 보상뿐만 아니라 단계 $(n-1)$ 로 부터의 총보상을 나타내는 보상함수가 필요하다. 단계 $(n-1)$ 에서는 단계 $(n-1)$ 로의 입력상태및 단계 $(n-1)$ 에서의 정책결정이 주어져야 함은 물론이다.

7. 輸配送모델의 適用

어느회사에서 제조공장 1에서 출발하여 經路를 따라서 지점 10까지 갈때의 費用과 經路가 다음과 같다.

최소의 경비가 드는 경로와 최소의 비용이 얼마 정도 드는지를 구한다. 프로그램을 실행시켜 문제의 形態(最大 혹은 最少)와 段階數를 정하고 각 단계마다 意思決定數를 入力한다. 각 단계마다 starting node와 ending node와 return values을 입력한다.

Problem Type : Minimization

Network

Number of Stages : 4

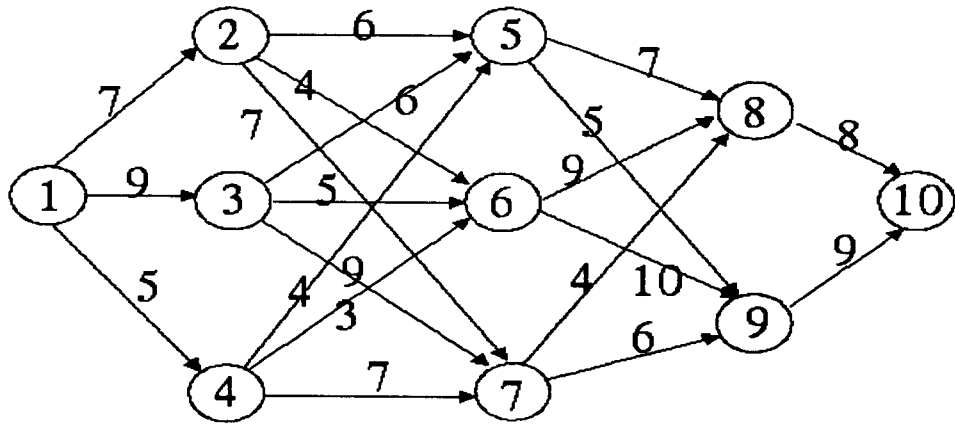


그림 4. 최단 경로 네트워크

Transition Function Type : $S(n-1) = S(n) - D(n)$
 Recursion Function Type : $f(n) = R(n) + f(n-1)$

Stage Number of Decisions	
4	2
3	6
2	9
1	3

Stage	Start Node	Ending Node	Return Value
4	8	10	8
	9	10	9
3	5	8	7
	5	9	5
	6	8	9
	6	9	10
	7	8	4
	7	9	6
2	2	5	6
	2	6	4
	2	7	7
	3	5	6
	3	6	5
	3	7	9
	4	5	4
	4	6	3
	4	7	7
1	1	2	7
	1	3	9
	1	4	5

실행시켜 출력이 되는 것은 다음과 같다.

Final Solution

Stage	Optimal Decision	Optimal Return
4	1 ---> 4	5
3	4 ---> 5	4
2	5 ---> 9	5
1	9 ---> 10	9
Total		23

따라서 각 단계마다의 最適 意思決定한 結果 1 ---> 4 ---> 5 ---> 9---> 10 經路가 最適이라 할 수 있다. 또한 그때의 費用은 23이다.

8. 結論

우리는 지난 20여년의 急成長에 따른 각종 副作用을 克服하고 市場에서 競爭力을 찾기위해 노력을 하고 있다. 이에 매출액의 15%을 점하는 物流分野에 보다 效率的인 管理 및 마케팅을 戰略化하는 綜合 物流戰略에 대한 관심이 높아지고 있다. 이제 物流는 어느 한 分野가 아니고 企業의 第 3의 利益原으로서 全社的인 企業의 發展戰略으로 인식되어야 한다. 物流의 5가지 기능에 가장 중요하게 다루는 기능이 輸配送이다. 輸配送의 效率化는 1회에 수송하는 양을 크게하고 트럭등 수송 수단의 運行을 效率化해야한다. 또한 수송수단의 사용대수를 줄이고 物流施設의 適正配置로 輸送距離를 短縮시켜야한다. 이에 보다 더 效率的인 輸配送은 共同輸配送이다. 수송, 보관 및 배송을 共同化하는 것으로 공동화는 同種 業種간이나 異種 業種간에 공동화가 모두 적용된다. 이런 공동 수배송시스템을 하기위해서는 일정지역내 유사 業種과 배송을 실시하는 복수기업이 존재하여야하며 대상 業種에 배송조건의 類似性이 있어야하며 공동수배송에 대한 利害의 一致해야한다.

이 모든 노력은 총물류비를 절감하기 위한 노력으로 輸配送時間의 短縮化와 在庫의 集約化를 통하여 最少在庫化를 達成함을 목적으로 한다. 이에 舍이빙에 의한 積재량과 수송거리를 최소화 할수 있는 해를 구하고 프로그램 AB:QM ver 3.0에서 동적계획법을 통해 동일 상품을 몇개의 發송지에서 목적지로 수송할때 수송비가 최소가 되는 경로를 찾음으로써 單位當 輸送費가 最小化될수 있으며 보다 더 效率的인 物流管理 시스템을 設計할 수 있다.

參 考 文 獻

1. 이호창, "네트워크 분석을 위한 계산지모형", *경영과학*, 제11권, 제1호, 1994, PP.59-72
2. 장석화, "자동 안내 운반기로 된 생산라인의 최적물류 흐름", *공업경영학회지*, 제 12 권, 제 19 집, 1989, pp.73-78
3. 장용남, "물류개선을 위한 DRP시스템에 관한 연구", *경영과학*, 제11권, 제1호, 1994, pp.73-90
4. Beltrami,E.and L.Bodin, "Networks and Vehicle Routing for Municipal Waste Collection," *Networks*, Vol.4, No.1, 1974, pp.65-94
5. Bookbinder, J.H & Heath.D.b., "Replenishment Analysis in Distribution Requirement Planning," *Decision Sciences*, Vol.19, No.3,1988, pp.477-489
6. Bookbinder,J.H,Locke.T.D., "Simulation Analysis of Just - in - Time Distribution," *International Journal of Physical Distribution & Materials Mangement*, Vol.16, No.7, 1986, pp.31-45
7. Burns, L.D., Hall, R.W., Lumenfeld.D.E. and Aganzo.C.F, "Distribution Strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs", *Operations Research*, Vol 31, 1985, pp.469-490.

8. Gaskins, R.J. and Tanchoco, J.M.A., "Flow path design for automated guided vehicle systems," *INT.J,PROD.RES* , 1987 , 25(5), pp.667-676
9. Maxwell, W.L. and J.A.Muckstadt, "Design of Automated Guided Vehicle Systems," *IIE Transaction* , Vol. 14, No.2, 1982, pp.114-124
10. Moore, Lee, Taylor , *Management Science*, Prentice-Hall, 1993, pp.571-605
11. Newton, D., "Simulation Model Helps Determine How Many Automated Guided Vehicles Are Needed," *Industrial engineering*, Vol.17, No.2, 1985, pp.68-78
12. OCCENA. TOSHIYA YOKOTA, "Modelling of an automated guided vehicle system (AGVS) in a just-in-time(JIT) environment," *INT.J, PROD.RES*, 1991, VOL.29, NO.3, pp.495-511
13. Schrage. L, "Formulation and Structure of More Complex/Realistic Routing and Scheduling Problems," *network* , Vol.11, No.2, 1981, pp.229-232
14. Tanchoco,J.M.A., P.J.Egbelu and F.Taghaboni, "Determination of the Total Number of Vehicles in an AGV-Based Material Transport System," *Material Flow*, Vol.4, 1987, pp.33-51