

多數目標을 考慮한  
生産－輸送問題에 관한 研究  
(The Production – Distribution Problem with  
Multiple Objectives)

康 仁 善\*  
尹 德 均\*\*

ABSTRACT

This paper is concerned with the production-distribution problem with multiple conflicting objectives.

In reality business firms should take account not only of the profit maximization but of various environmental criteria, namely customer services, in order to improve the business logistics.

A production-distribution model of goal programming type considering the lead time and distribution cost by products is constructed, the solution algorithm is developed, which is based on the Ignizio's method.

A numerical example is given to demonstrate the applicability of goal programming for production-distribution problem.

---

\* 漢陽大學校 産業工學科 人學院

\*\* 漢陽大學校 産業工學科 教授

## I. 서론

生産-輸送 問題는 生産거점(工場)에서 物流 센터(배송센터 또는 하치장)를 經由하여 수요지에 계획된 수요량에 대응할 수 있도록 수송 및 배송 경로별 물동량을 결정하는 것이다.

이러한 문제에 있어서 重要的 評價基準은 生産費用, 在庫費用, 輸送費用 등 物流費用을 포함하고 있는데 주로 輸送費用의 最小화가 주된 관심 대상이 되고 있다.

그러나 現實적으로 物流費用과 관련된 經濟的 側面的 最適化만이 企業의 유일한 目標은 아니다.

企業物流(Business logistics)활동의 質的 變化 상태는 多品種少量物流라는 小 Lot 多頻度 發注, 短納期, 定期納入 등 非經濟的 側面에 대한 고객서비스(Customer service)를 점차 중요시하는 경향으로 가고 있는 바(2, 3), 生産-輸送 計劃은 고객서비스 달성도 관리와 物流 코스트 관리 측면의 複數 評價 基準을 갖고 優先順位를 고려한 기업물류정책 활동의 수행이 불가피하다.(4)

따라서 本 研究은 종래의 수송문제의 접근 방식(5)을 확장하여 다품종 생산체제하에 고객의 요구기일 내 배송이 가능하도록 제품별·수요지별 배송 리드타임(Lead time), 제품수요 서비스 충족, 및 물류비용 요소 등을 고려한 多數目標의 物流政策의 要因을 포함하여 生産-輸送 問題를 모형화 하였으며 이러한 문제를 해결하기 위하여 J. P. Ignizio방법(1)에 의해 Goal programming(G. P)으로 3가지 모형별로 수치사례를 제시하였다.

## II. G. P 生産-輸送 모형

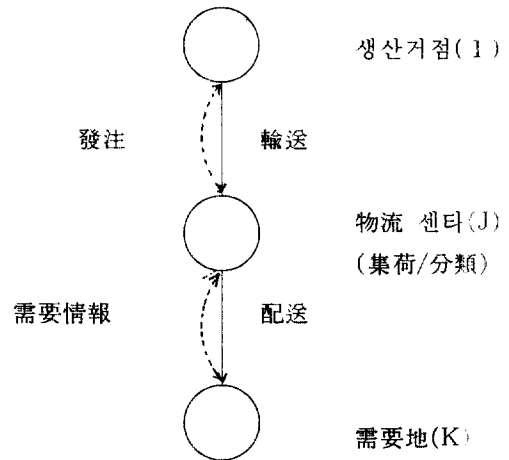
本 모형은 다음과 같은 가정하에서 정식화된다.

1) 물류센터의 입지선정은 결정된 상태이며, 단일 계획 기간을 기준으로 하여 생산거점별 생산능력과 수요지별 예측치는 확정적이다.

2) 物流經路는 2段階모형으로 多品種을 이룬다.

3) 物流費用 要素는 輸送費 및 配送費로 구분되며 함수관계는 선형이다.

本 研究에서 輸·配送 흐름은 <그림 1>과 같으며 모형수립에 사용하는 기호는 다음과 같다.



<범례>

실선 : 物의 흐름(輸送/配送)

점선 : 情報의 흐름(發注/需要情報)

<그림 1> 2段階 生産-輸送 問題 네트워크 모형

<기호설명>

i : 生産거점 인덱스(Index) (i=1, 2, ..., I)

j : 物流센터 인덱스(j=1, 2, ..., J)

k : 수요지 인덱스(k=1, 2, ..., K)

- $m$  : 제품 인덱스( $m=1, 2, \dots, M$ )
- $c_{ijm}$  : 제품  $m$ 에 대하여 생산거점  $i$ 에서 물류센터  $j$ 까지 단위제품당 수송비용
- $\bar{c}_{jkm}$  : 제품  $m$ 에 대하여 물류센터  $j$ 에서 수요지  $k$ 까지 단위제품당 배송비용
- $c_m$  : 제품  $m$ 에 배정된 총 수송비 예산 상한
- $\bar{c}_m$  : 제품  $m$ 에 배정된 총 배송비 예산 상한
- $d_{km}$  : 수요지  $k$ 에서 제품  $m$ 의 수요량
- $t_{jkm}$  : 제품  $m$ 에 대한 물류센터  $j$ 에서 수요지  $k$ 까지 평균 배송 리드타임
- $T_{km}$  : 제품  $m$ 에 대한 수요지  $k$ 의 목표 배송 리드타임
- $x_{ijm}$  : 제품  $m$ 에 대한 생산거점  $i$ 에서 물류센터  $j$ 까지 수송량
- $y_{jkm}$  : 제품  $m$ 에 대한 물류센터  $j$ 에서 수요지  $k$ 까지 배송량
- $X_{im}$  : 생산거점  $i$ 의 제품  $m$ 에 대한 생산 능력 상한
- $\pi_i$  : 성취함수(Achievement function)의  $i$ 번째 우선순위(priority), ( $\pi_i \gg \pi_{i+1}$ )
- $n_{(i)}$  :  $i$ 번째 목표함수에 대한 負의 편차(Negative deviation)
- $p_{(i)}$  :  $i$ 번째 목표함수에 대한 正의 편차(Positive deviation)

1. 제약식 설정

G. P모형은 다음과 같은 전제조건을 가정한다.

(1) 생산거점  $i$ 에서 제품  $m$ 의 생산능력(공장가동율)상한 준수

$$\sum_{j=1}^J x_{ijm} + n^1_{(im)} - p^1_{(im)} = X_{im}$$

$(i=1, 2, \dots, I; m=1, 2, \dots, M)$

각 제약식에서  $p^1_{(im)}$ (생산능력 초과분)을 최소화한다.

(2) 물류센터  $j$ 에서 제품  $m$ 에 대한 수요지별 수요서비스율 만족

$$\sum_{j=1}^J y_{jkm} + n^2_{(km)} - p^2_{(km)} = d_{km}$$

$(k=1, 2, \dots, K; m=1, 2, \dots, M)$

각 제약식에서  $n^2_{(km)}$ (수요량 미성취분)을 최소화한다.

(3) 수송에 대한 물류예산에 배정된 총 수송비용 지출 한도

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ijm} \cdot x_{ijm} + n^3_{(m)} - p^3_{(m)} = c_m$$

$(m=1, 2, \dots, M)$

각 제약식에서  $p^3_{(m)}$ (수송비 초과분)을 최소화한다.

(4) 배송에 대한 물류예산에 배정된 총 배송비용 지출 한도

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \bar{c}_{jkm} \cdot y_{jkm} + n^4_{(m)} - p^4_{(m)} = \bar{c}_m$$

$(m=1, 2, \dots, M)$

각 제약식에서  $p^4_{(m)}$ (배송비 초과분)을 최소화한다.

(5) 제품별 수요지별 목표 배송 리드타임  $T_{km}$ 을 설정 납입기일을 준수하여 고객서비스를 향상시킨다.

$$\frac{\sum_{j=1}^J t_{jkm} \cdot y_{jkm}}{d_{km}} + n^5_{(km)} - p^5_{(km)} = T_{km}$$

$(k=1, 2, \dots, K; m=1, 2, \dots, M)$

각 제약식에서  $p^5_{(km)}$ (목표 배송 리드타임 초과분)을 최소화 한다.

(6) 생산거점  $i$ 에서 물류센터  $j$ 에 유입된 입하량과 물류센터  $j$ 에서 수요지  $k$ 로 유출된 출하량은 같도록 한다.

$$\sum_{i=1}^I x_{im} - \sum_{k=1}^K y_{km} + n^6_{(jm)} + p^6_{(jm)} = 0$$

$$(j=1, 2, \dots, J; m=1, 2, \dots, M)$$

각 제약식에서  $n^6_{(jm)}$ 과  $p^6_{(jm)}$ 을 최소화 한다.

### 2. 성취함수식 설정

G. P모형의 성취함수식(Achivement function)은 正 또는 負의 편차를 최소화하는 것이며, 각 편차에 할당된 우선순위(Preemptive priority)를 기반으로 한다.

물류정책적인 우선순위를 고려한 생산-수송 문제를 <표 1>과 같이 모형별로 책정할 경우 다음과 같다.

<표 1> 생산-수송 모형별 우선순위 설정

No.	구 분	모형1	모형2	모형3
1.	생산능력(공장가동율)	$\pi_4$	$\pi_3$	$\pi_2$
2.	수요충족(수요서비스)	$\pi_3$	$\pi_2$	$\pi_1$
3.	수·배송 비용	$\pi_1$	$\pi_4$	$\pi_4$
4.	배송 리드타임	$\pi_2$	$\pi_1$	$\pi_3$

### 모형 I.

성취함수

$$\text{Min } A_1 = \pi_1(p^3_{(m)} \cdot p^4_{(m)}) + \pi_2(n^5_{(km)} \cdot p^5_{(km)}) + \pi_3(p^2_{(km)}) + \pi_4(p^1_{(im)})$$

### 모형 II.

성취함수

$$\text{Min } A_2 = \pi_1(n^5_{(km)} \cdot p^5_{(km)}) + \pi_2(p^2_{(km)}) + \pi_3(p^1_{(im)}) + \pi_4(p^3_{(m)} \cdot p^4_{(m)})$$

### 모형 III.

성취함수

$$\text{Min } A_3 = \pi_1(p^2_{(km)}) + \pi_2(p^1_{(im)}) + \pi_3(n^5_{(km)} \cdot p^5_{(km)}) + \pi_4(p^3_{(m)} \cdot p^4_{(m)})$$

## III. 수치사례

D사가 생산·판매하는 제품은 2종류( $M=2$ )이며, 생산거점은 2개지역( $I=2$ )과 물류센터 3개지역( $J=3$ ) 그리고 수요지 4개지역( $K=4$ )로 물류 네트워크망을 구성하고 있다. 물류정책 담당자는 우선순위를 고려한 생산·수송 모형별 수·배송 물동량을 구하고자 한다.

이를 위한 생산거점별, 제품별, 물류센터별 및 수요지별 관련 기초자료는 <표 2>와 <표 3>과 같다.

<표 2> 수송경로별 자료

i	m	j=1	2	3	$X_{im}$
1	1	$x_{111}(1)$ 150	$x_{121}(2)$	$x_{131}(2)$ 100	250
	2	$x_{112}(1)$	$x_{122}(1)$ 50	$x_{132}(2)$ 100	200
2	1	$x_{211}(1)$	$x_{221}(1)$	$x_{231}(2)$	200
	2	$x_{212}(2)$	$x_{222}(1)$ 50	$x_{232}(3)$	300

주) 괄호안 숫자는 수송비용(단위:원)을 표시함.

<표 3> 배송경로별 자료

<단위 : 원/日>

j	m	k=1	2	3	4
1	1	y <sub>111</sub> (2/1)	y <sub>121</sub> (3/1)	y <sub>131</sub> (3/1)	y <sub>141</sub> (4/2)
	2	y <sub>112</sub> (4/2)	y <sub>122</sub> (2/1)	y <sub>132</sub> (3/2)	y <sub>142</sub> (2/1)
2	1	y <sub>211</sub> (4/2)	y <sub>221</sub> (4/2)	y <sub>231</sub> (3/2)	y <sub>241</sub> (5/2)
	2	y <sub>212</sub> (3/2)	y <sub>222</sub> (4/2)	y <sub>232</sub> (4/2)	y <sub>242</sub> (5/2)
3	1	y <sub>311</sub> (5/2)	y <sub>321</sub> (4/2)	y <sub>331</sub> (3/2)	y <sub>341</sub> (3/2)
	2	y <sub>312</sub> (4/2)	y <sub>322</sub> (4/2)	y <sub>332</sub> (2/1)	y <sub>342</sub> (2/1)
d <sub>km</sub>	1	100	100	100	100
	2	100	100	150	100

주) 괄호인 숫자는(배송비용/배송리드타임)을 표시함.

< 제약식 >

(1) 생산거점별 생산능력(공장가동율)

상한준수

$$\sum_{j=1}^3 x_{1j1} + n_1 - p_1 = 250$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{1j2} + n_2 - p_2 = 200$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{2j1} + n_3 - p_3 = 200$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{2j2} + n_4 - p_4 = 300$$

(2) 수요지별 수요충족(수요서비스향상)

$$\sum_{j=1}^3 x_{j11} + n_5 - p_5 = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j12} + n_6 - p_6 = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j21} + n_7 - p_7 = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j22} + n_8 - p_8 = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j31} + n_9 - p_9 = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j32} + n_{10} - p_{10} = 150$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j41} + n_{11} - p_{11} = 100$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{j42} + n_{12} - p_{12} = 100$$

(3) 총수송비용 지출한도

$$x_{111} + 2x_{121} + 2x_{131} + x_{211} + x_{221} + 2x_{231} + n_{13} - p_{13} = 600$$

$$x_{112} + x_{122} + 2x_{132} + 2x_{212} + x_{222} + 3x_{232} + n_{14} - p_{14} = 1000$$

(4) 총배송비용 지출한도

$$2y_{111} + 3y_{121} + 3y_{131} + 4y_{141} + 4y_{211} + 4y_{221} + 3y_{231} + 5y_{241} + 5y_{311} + 4y_{321} + 3y_{331} + 3y_{341} + n_{15} - p_{15} = 1000$$

$$4y_{112} + 2y_{122} + 3y_{132} + 2y_{142} + 3y_{221} + 4y_{222} + 4y_{232} + 5y_{242} + 4y_{312} + 4y_{322} + 2y_{332} + 2y_{342} + n_{16} - p_{16} = 1000$$

(5) 제품별·수요지별 목표 배송리드타임 설정

$$\frac{y_{111} + y_{211} + y_{311}}{100} + n_{17} - p_{17} = 1$$

$$\frac{2y_{112} + y_{212} + y_{312}}{100} + n_{18} - p_{18} = 1$$

$$\frac{y_{121} + y_{221} + y_{321}}{100} + n_{19} - p_{19} = 1$$

$$\frac{y_{122} + y_{222} + y_{322}}{100} + n_{20} - p_{20} = 1$$

$$\frac{y_{131} + 2y_{231} + y_{331}}{100} + n_{21} - p_{21} = 1$$

$$\frac{y_{132} + y_{232} + 2y_{332}}{100} + n_{22} - p_{22} = 1$$

$$\frac{2y_{141} + y_{241} + 2y_{341}}{100} + n_{23} - p_{23} = 1$$

$$\frac{y_{142} + 2y_{242} + y_{342}}{100} + n_{24} - p_{24} = 1$$

(6) 수송량과 배송량의 일치

$$\sum_{l=1}^2 X_{l11} - \sum_{k=1}^4 y_{1k1} + n_{25} - p_{25} = 0$$

$$\sum_{l=1}^2 X_{l12} - \sum_{k=1}^4 y_{1k2} + n_{26} - p_{26} = 0$$

$$\sum_{l=1}^2 X_{l21} - \sum_{k=1}^4 y_{2k1} + n_{27} - p_{27} = 0$$

$$\sum_{l=1}^2 X_{l22} - \sum_{k=1}^4 y_{2k2} + n_{28} - p_{28} = 0$$

$$\sum_{l=1}^2 X_{l31} - \sum_{k=1}^4 y_{3k1} + n_{29} - p_{29} = 0$$

$$\sum_{l=1}^2 X_{l32} - \sum_{k=1}^4 y_{3k2} + n_{30} - p_{30} = 0$$

<성취함수식>

모형 I.

$$A_1 = \pi_1 \left( \sum_{i=13}^{16} p_i \right) + \pi_2 \left( \sum_{i=17}^{24} p_i \right) + \pi_3 \left( \sum_{i=5}^{12} n_i \right) \pi_4 \left( \sum_{i=1}^4 p_i \right)$$

모형 II.

$$A_2 = \pi_1 \left( \sum_{i=17}^{24} p_i \right) + \pi_2 \left( \sum_{i=5}^{12} n_i \right) + \pi_3 \left( \sum_{i=1}^4 p_i \right) + \pi_4 \left( \sum_{i=13}^{16} p_i \right)$$

모형 III.

$$A_3 = \pi_1 \left( \sum_{i=1}^{12} n_i \right) + \pi_2 \left( \sum_{i=1}^4 p_i \right) + \pi_3 \left( \sum_{i=17}^{24} p_i \right) + \pi_4 \left( \sum_{i=13}^{16} p_i \right)$$

위 문제를 J.P.Ignizio가 제시한 해법 알고리즘 (1)에 의해 다음과 같은 결과가 구해진다.

가. 모형 I (배송L/T=1인 경우)

우선순위	목표치	결과치
$\pi_1$	3600	3600
$\pi_2$	850	850
$\pi_3$	850	850
$\pi_4$	950	850

(1) 수송량 (Real Variables):

$$x_{111} = x_{211} = 150$$

$$x_{121} = x_{112} = x_{122} = 150$$

$$x_{212} = 250$$

(2) 배송량 (Real Variables):

$$y_{111} = y_{121} = y_{131} = y_{122} = 100$$

$$y_{142} = y_{241} = y_{212} = 100$$

$$y_{132} = 150$$

(3) 편차변수 (Deviation Variables):

$$n_3 = 150$$

$$n_4 = 250$$

$$n_{13} = 100$$

$$n_{14} = p_{15} = 300$$

$$p_{16} = 100$$

나머지 변수의 값은 0이다.

나. 모형 II (배송 L/T=1.5인 경우)

우선순위	목표치	결과치
$\pi_1$	1275	975
$\pi_2$	850	850
$\pi_3$	950	850
$\pi_4$	3600	3350

(1) 수송량 (Real Variables):

$$x_{111} = x_{211} = 150$$

$$x_{121} = x_{131} = 50$$

$$x_{112} = 25$$

$$x_{122} = 100$$

$$x_{132} = 75$$

$$x_{212} = 250$$

(2) 배송량 (Real Variables):

$$y_{111} = y_{121} = y_{131} = y_{122} = y_{142} = y_{212} = 100$$

$$y_{132} = y_{332} = 75$$

$$y_{241} = y_{341} = 50$$

(3) 편차변수 (Deviation Variables):

$$n_3 = 150$$

$$n_4 = 250$$

$$n_{13} = n_{17} = n_{18} = n_{19} = n_{20} = n_{21} = n_{24} = 100$$

$$n_{14} = 25$$

$$p_{15} = 200$$

$$p_{15} = 75$$

나머지 변수의 값은 0이다.

다. 모형 III (배송 L/T=2인 경우)

우선순위	목표치	결과치
$\pi_1$	850	850
$\pi_2$	950	850
$\pi_3$	1700	1100
$\pi_4$	3600	3400

(1) 수송량 (Real Variables):

$$x_{111} = x_{132} = x_{211} = 150$$

$$x_{131} = 100$$

$$x_{122} = x_{222} = 50$$

$$x_{212} = 200$$

(2) 배송량 (Real Variables):

$$y_{111} = y_{121} = y_{131} = y_{122} = 100$$

$$y_{142} = y_{212} = y_{341} = 100$$

$$y_{332} = 150$$

(3) 편차변수 (Deviation Variables):

$$n_3 = 150$$

$$n_4 = 250$$

$$n_{13} = 500$$

$$n_{14} = 800$$

$$p_{15} = 100$$

$$n_{17} = n_{18} = n_{19} = n_{20} = n_{21} = n_{24} = 100$$

나머지 변수의 값은 0이다.

이상과 같이 위의 3가지 모형을 살펴보면 상위목표가 성취된 후에 하위목표가 성취됨을 알 수 있으며, 이는 채택된 기초자료 <표 2> <표 3>의 결과로서, 우선순위별 배송 리드타임의 변동에 따라 결과가 달라짐은 물론이다.

본 사례와 같이 정책적인 우선순위가 존재하는 생산-수송 문제는 G.P 해법을 통해보다

나은 의사결정을 내릴 수 있음을 알 수 있다.

#### IV. 結 論

고객의 다양한 니즈(needs)을 충족시키기 위해 산업전반에 걸쳐 多品種少量生産 시대가 도래한 작금에 이르러 企業은 自社製品을 신속하게 배송하려는 고객서비스 수준향상을 위한 노력을 기울이고 있으며, 새로운 고객서비스 創出을 위한 物流시스템의 혁신적인 변화가 일어나고있다. 이를 위하여 최근 기업이 生産·販賣統合이라는 차원에서 物流合理化를 위한 관심과 지원이 높아지고 있으며, 국내의 주요물류거점지역에 화물터미널 및 공동집·배송단지의 건설구상등 物流시설의 확충을 통해 物流관리개선을 본격화하기에 이르렀다.

이러한 企業外的環境變化속에 현실적으로 企業物流政策은 物流비용과 고객서비스(배송

리드타임, 재고서비스율등)간에 Trade-off가 늘 상존하므로 한정된 자원을 가장 효율적으로 활용하기 위한 정책적인 優先順位를 고려한 방법연구도 중요하다.

따라서 본연구는 생산거점에서 物流센터를 경유하여 수요지에 제품을 공급하는 2단계 물류네트워크를 갖는 生産-輸送問題에 있어서 고객서비스향상이라는 측면에서 수송코스트 및 제품별·수요지역별 배송리드타임을 주된 평가기준으로 설정하여 이를 여러가지 경영요인과 함께 다수목표를 고려한 Goal programming 모형화를 하였으며 이에 대한 유효성을 확인하기위한 3가지 G.P모형을 대상으로 수치 사례를 제시하였다. 이와같이 물류활동의 합리화를 위한 정책적 우선순위를 고려할 경우 이를 G.P모형화로 접근함으로써 多數目標를 고려한 生産-輸送시스템 해법이 가능해질수 있다.

#### REFERENCES

1. Ignizio, J. P., Linear Programming in Single and Multiple objective System, prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.
2. Lalonde, B. J., M. C. Cooper and T. G. Noordewier, Customer Service; A Management Perspective, chicago, Council of Logistics Management, 1988 .
3. Lalonde, B. J., and Paul H. Zinser, Customer Service; Meaning and Measurement, chicago, NCPDM, 1976.
4. Lee, S. M., Goal programming for decision analysis of Multiple objective, Sloan Management Review, Vol. 14, No. 2, 1973, pp. 11-24.
5. McGinnis, L. E., "A Survey of Recent Results for a class of Facilities Location problem," AIIE Transactions, Vol. 9. No. 1, pp. 11-18, 1977.