

# 공급사슬네트워크에서 Matrix-based 유전알고리즘을 이용한 공급-생산-분배경로에 대한 연구

임석진\* · 문명국\*\*

\*인덕대학교 산업경영공학과 · \*\*청운대학교 화학공학과

## Study of Supply-Production-Distribution Routing in Supply Chain Network Using Matrix-based Genetic Algorithm

Seok-Jin Lim\* · Myung-Kug Moon\*\*

\*Department of Technology & Systems Management, Induk University

\*\*Department of Chemical Engineering, Chungwoon University

### Abstract

Recently, a multi facility, multi product and multi period industrial problem has been widely investigated in Supply Chain Network(SCN). One of keys issues in the current SCN research area involves minimizing both production and distribution costs. This study deals with finding an optimal solution for minimizing the total cost of production and distribution problems in supply chain network. First, we presented an integrated mathematical model that satisfies the minimum cost in the supply chain. To solve the presented mathematical model, we used a genetic algorithm with an excellent searching ability for complicated solution space. To represent the given model effectively, the matrix based real-number coding schema is used. The difference rate of the objective function value for the termination condition is applied. Computational experimental results show that the real size problems we encountered can be solved within a reasonable time.

**Keywords :** Matrix-based Genetic Algorithm, Production-Distribution planning, Hybrid Approach

### 1. 서론

시장경쟁이 치열해지고 세계화됨에 따라 많은 기업에서는 효율적인 운영을 위하여 많은 연구와 시도를 통해 변화를 추구하고 있다. 이러한 경쟁적 환경에서 경쟁력의 우위를 확보하기 위한 기술로서 최근 많은 기업이 공급사슬 네트워크(Supply Chain Network)에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

공급사슬(Supply Chain)은 공급자, 생산자, 유통업자, 소매업자 그리고 고객들이 서로 유기적 관계를 맺으면서 공급자에게서 원자재나 생산을 위한 부품을 구매조달하고 이를 이용하여 생산자에서 최종완제품으로 생산하여 최종

소비자에게 공급하는 등 각 단계에서의 요소들과 관련된 일련의 활동과 네트워크로 정의할 수 있다. 원자재를 공급자로부터 공급을 받아 제품을 생산하기 위한 생산스케줄과 생산된 제품을 신속하게 고객에게 전달하기 위한 분배스케줄을 수립하여 고객의 만족을 극대화하기 위한 네트워크 설계, 각 단계에서의 최적화 등이 대부분 수행된 연구주제이다. 먼저, 하나의 제품을 생산하기 위한 생산자의 공장에서의 작업을 수행하는 대체가능한 다수의 기계가 있으며 기계들 사이에는 선 후행 관계를 가지고 있다면 이러한 요소들을 고려하여 최적의 생산스케줄은 수립하여야 한다. 또한 각 공장에서 생산된 제품을 다양한 위치에 있는 다수의 분배센터로 운송이 되어야 하는데 이를 위한 가

†Corresponding Author : Seok-Jin Lim, Industrial & Management Engineering, Induk University, 12, Choansan-ro, Nowon-gu, Seoul, E-mail: bigteach@induk.ac.kr

Received: November 20, 2020; Revision Received: December 20, 2020; Accepted: December 21, 2020

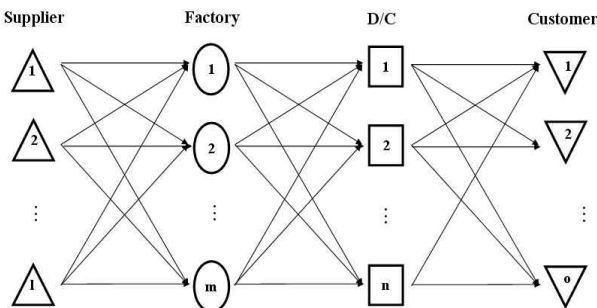
능한 다수의 운송수단(트럭 등)이 다양한 운송경로를 가지고 있을 때 이에 대한 분배경로 및 계획의 수립되어야 하는 데 이는 매우 복잡하고 어려운 작업이다. 최근 중요시 고려되고 있는 고객의 중요성으로 긴급주문이나 취소 등과 같은 빈번한 생산과 분배스케줄변경은 다수의 시설과 다양한 운송수단 등 복잡한 네트워크를 구성하는 공급사슬네트워크에서 실시간으로 계획의 변경에 따른 조정이 수행되어야 하는 공급사슬상의 환경에서는 매우 중요한 분야이다. 과거의 많은 연구들은 많은 변화와 불확실성이 존재하는 공급사슬에서 많은 가정사항과 제한된 범위에서 독립적으로 생산계획과 분배계획을 수립하였다.

본 논문의 목적은 공급사슬네트워크에 최적운영설계를 위한 수학적 모델의 개발과 기존의 수학적 모델이 갖는 많은 계산시간에 대하여 빠른 시간 내 현실성 있는 생산계획과 분배계획을 동시에 수립하기 위한 유전알고리즘의 적용에 대한 연구를 수행하고자 한다.

## 2. 공급사슬네트워크 모델

### 2.1 공급사슬네트워크

공급사슬네트워크(Supply Chain Network)이라함은 원재료부터 완제품을 고객(Customer)에 전달하기까지의 전 과정을 이르는 말이며, 공급사슬네트워크를 구성하는 구성요소에는 공급자(Supplier), 생산자(Factory)와 같은 각 부문들 사이의 물류, 정보, 자금의 흐름을 총체적으로 관리하여 공급사슬의 효율을 증가시키는 전략에 관한 연구이다. 공급사슬은 공급자, 생산자, 창고(Distribution Center, DC), 도매상(Wholesaler), 소매상(Retailer) 그리고 고객 등의 다양한 구성요소로 구성된다. 공급사슬네트워크는 매우 정교하고 유기적으로 연결되어 있으며 최종사용자에서 공급자에 이르기까지 정보와 자재흐름을 개선하고, 관리하고, 통제하기 위하여 기업들 상호간의 조정과 상호협업을 수행하는 네트워크를 의미한다[1]. [Figure 1]



[Figure 1] Example of Supply Chain Network

은 공급사슬을 구성하는 요소들이 연결된 공급사슬 네트워크에 대하여 설명하는 것이다.

본 연구에서는 공급자, 생산자, 고객으로 연결되는 3단계의 공급사슬네트워크를 대상으로 한다.

공급망관리(Supply Chain Management)는 원재료 공급자로부터 제조업체, 유통업체, 최종소비자에 이르는 과정에서 제품의 생산을 위한 원재료의 흐름을 통제하고, 제품생산을 위한 제품생산을 계획하고, 제품의 판매에 이르는 과정에 대한 통합화된 경영접근법이다[2].

### 2.2 기존 연구 고찰

기존에 연구되었던 관련된 연구내용은 생산, 분배 및 수송, 재고조정, 위치 및 할당 등과 관련된 문제 및 의사결정 분야 등에 대한 해결방안으로 수학적 모델링, 휴리스틱 방법론, 시뮬레이션, hybrid approach modeling 등 다양한 방법론이 연구되었다. 본 연구와 관련된 공급사슬네트워크에서의 생산-분배계획에 대한 선행연구는 다음과 같다.

Arntzen등은 global supply chain model(GSCM)에서 multiple products, facilities, stages, time periods, and transportation modes에 대한 mixed integer programming model에 대한 연구를 수행하였다[3]. Dhaenens-Flipo 등은 다지역, 다품종제품 그리고 다기간의 산업적인 문제를 다루기 위한 통합모델에 대한 연구를 수행하였다. 통합모델에 대하여는 기간사이의 제약조건의 연결을 위한 방법으로 0-1변수를 이용한 network flow problem에 대한 연구를 수행하였다[4]. Choi등은 multi stage 공급망의 최적화에 대한 연구에 대하여 새로운 통합모델을 제시하며 연구를 수행하였다[5]. 기존에 개발된 수학적 모형이나 유전알고리즘 등 휴리스틱 방법을 이용한 확정적 모델(Deterministic model)은 여러 제약조건을 고려한 상태에서의 최적화에 관련된 연구이다. Lee는 multi-product, multi-type facility location problem에 대하여 cross decomposition algorithm을 이용하여 facility types을 선정하는 연구를 수행하였다[6].

## 3. 공급사슬네트워크 모델링

### 3.1 수학적 모델링

#### 3.1.1 수학적 모델링을 위한 정의

본 연구에서는 공급사슬네트워크를 supplier, factory, DC 등 3개의 구성요소에 대하여 수학적 모델을 제시하고

자 한다. 수학적 모델을 위하여 사용되는 각 인덱스와 파라미터 그리고 변수 등은 다음과 같다.

Indices

- $i$  : number of sources ( $i = 1, 2, \dots, I$ )
- $p$  : number of products ( $p = 1, 2, \dots, P$ )
- $s$  : number of suppliers ( $s = 1, 2, \dots, S$ )
- $f$  : number of factories ( $f = 1, 2, \dots, F$ )
- $d$  : number of DCs ( $d = 1, 2, \dots, D$ )
- $c$  : number of customers ( $c = 1, 2, \dots, C$ )
- $t$  : number of periods ( $t=1, 2, \dots, T$ )

Parameters

- $S_s$  : fixed cost at supplier  $s$
- $S_f$  : fixed cost at factory  $f$
- $S_d$  : fixed cost at DC  $d$
- $h_{is}$  : unit cost of inventory of source  $i$  at supplier  $s$
- $h_{if}$  : unit cost of inventory of source  $i$  at factory  $f$
- $h_{pf}$  : unit cost of inventory of product  $p$  at factory  $f$
- $h_{pd}$  : unit cost of inventory of product  $p$  at DC  $d$
- $CT_{isf}$  : unit cost of transportation from supplier  $s$  to factory  $f$
- $CT_{pfd}$  : unit cost of transportation from factory  $f$  to DC  $d$
- $CT_{pdc}$  : unit cost of transportation from DC  $d$  to customer  $c$
- $CP_{is}$  : unit cost of producing of source  $i$  at supplier  $s$
- $CP_{pf}$  : unit cost of producing of product  $p$  at factory  $f$
- $K_{pd}$  : capacity for product  $p$  at DC  $d$
- $K_{pf}$  : capacity for product  $p$  at factory  $f$
- $K_{is}$  : capacity for the source  $i$  at supplier  $s$
- $S$  : arbitrary large number

Variables

- $P_{is}$  : production amount of raw material  $i$  at supplier  $s$  at end of period  $t$
- $P_{pf}$  : production amount of product  $p$  at factory  $f$  at end of period  $t$
- $I_{is}$  : inventory amount of raw material  $i$  at supplier  $s$  at end of period  $t$
- $I_{if}$  : inventory amount of raw material  $i$  at factory  $f$  at end of period  $t$
- $I_{pf}$  : inventory amount of product  $p$  at factory  $f$  at end of period  $t$
- $I_{pd}$  : inventory amount of product  $p$  at DC  $d$  at end of period  $t$
- $T_{isf}$  : transportation amount of raw material  $i$  at supplier  $s$  to factory  $f$  at end of period  $t$

- $T_{pdf}^t$  : transportation amount of product  $p$  at factory  $f$  to DC  $d$  at end of period  $t$
- $T_{pdc}^t$  : transportation amount of product  $p$  at DC  $d$  to customer  $c$  at end of period  $t$
- $B_{if}^t$  : demand of raw material  $i$  of factory  $f$  at end of period  $t$
- $B_{pd}^t$  : demand of product  $p$  at DC  $d$  at end of period  $t$
- $B_{pc}^t$  : demand of product  $p$  at customer  $c$  at end of period  $t$

$$Z_s = \begin{cases} 1, & \text{if production takes place at supplier} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Z_f = \begin{cases} 1, & \text{if production takes place at factory } f \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Z_d = \begin{cases} 1, & \text{if DC } d \text{ is opened} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

**3.1.2 Supplier stage**

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \sum_t \sum_i \sum_s I_{is}^t h_{is} + \sum_s S_s Z_s + \sum_t \sum_i \sum_s P_{is}^t CP_{is} \\ & + \sum_t \sum_i \sum_s \sum_f T_{isf}^t CT_{isf} \end{aligned}$$

s.t.

$$\sum_i \sum_s T_{isf}^t \geq B_{if}^t \quad \forall f, \forall t$$

$$\sum_i \sum_f T_{isf}^t \geq S \quad \forall s, \forall t$$

$$I_{is}^{t-1} + P_{is}^t - \sum_f T_{isf}^t = I_{is}^t \quad \forall i, \forall s, \forall t$$

$$Z_s \in 0, 1 \quad \forall s$$

$$I_{is}^t, P_{is}^t, T_{isf}^t \geq 0 \quad \forall i, \forall f, \forall s, \forall t$$

Supplier stage에서는 원재료와 부품에 대한 생산비용, 재고비용 등의 합을 최소화하는 데 목적이 있다.

**3.1.3 Factory stage**

$$\text{min } z = \sum_t \sum_p \sum_f I_{pf}^t h_{pf} + \sum_t \sum_i \sum_f I_{if}^t h_{if} + \sum_f S_f Z_f$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_t \sum_p \sum_f P_{pf}^t C P_{pf} + \sum_t \sum_p \sum_f \sum_d T_{pfd}^t C T_{pfd} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_f B_{ifs}^t = T_{isf}^t \quad \forall i, \forall s, \forall t \\
 & I_{pf}^{t-1} + P_{pf}^t - \sum_d T_{pfd}^t = I_{pf}^t \quad \forall i, \forall f, \forall p, \forall t \\
 & I_{if}^{t-1} + T_{isf}^t - P_{if}^t = I_{if}^t \quad \forall i, \forall f, \forall s, \forall t \\
 & Z_f \in \{0,1\} \quad \forall f \\
 & I_{if}^t, I_{pf}^t, B_{ifs}^t, T_{isf}^t, T_{pfd}^t \geq 0 \quad \forall i, \forall s, \forall d, \forall f, \forall p, \forall t
 \end{aligned}$$

Factory stage에서는 주문에 따른 조달된 원재료 및 부품을 완제품으로 생산하고 고객에 보내기까지의 과정에서 보관하는데 소요되는 고정비용, 생산비용, 재고비용, 수송비용 등의 합을 최소화하는 데 목적이 있다.

### 3.1.4 Distribution center stage

$$\begin{aligned}
 \min z = & \sum_t \sum_d \sum_p I_{pd}^t h_{pd} + \sum_d S_d Z_d \\
 & + \sum_t \sum_p \sum_f \sum_d T_{pfd}^t C T_{pfd}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_p \sum_d T_{pdc}^t \geq B_{pc}^t \quad \forall c, \forall t \\
 & \sum_p \sum_d \sum_c T_{pdc}^t \leq K_{pd} \quad \forall d \\
 & I_{pd}^{t-1} - \sum_c T_{pdc}^t = I_{pd}^t \quad \forall p, \forall d, \forall t \\
 & Z_d \in 0,1 \quad \forall d \\
 & I_{pd}^t, T_{pdc}^t \geq 0 \quad \forall p, \forall d, \forall c
 \end{aligned}$$

DC에서는 고객의 주문에 따라 factory에서 생산·운송하여 보관되어 있는 완제품에 대하여 고객에게 전달되기까지의 고정비용, 생산비용, 재고비용 수송비용 등의 합을 최소화하는 데 목적이 있다.

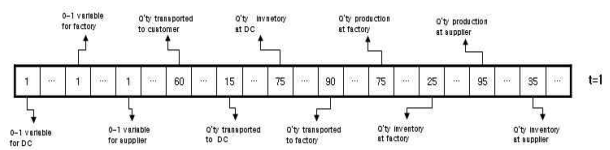
## 3.2 유전알고리즘 모델링

기존의 많은 선행연구를 분석하여 보면 수학적 모형은 비현실적인 가정과 제약조건을 사용하고 있으며 공급사슬 네트워크의 supplier, factory, DC, retailer, customer 등 구성요소가 많아지고 복잡하여지면 Np-Hard이거나

과다한 계산시간이 소요되는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서 GA특성을 활용하여 짧은 시간내 다양한 실험과 해의 도출이 가능한 방법론인 유전알고리즘(Genetic Algorithm, GA)를 적용하고자 한다.

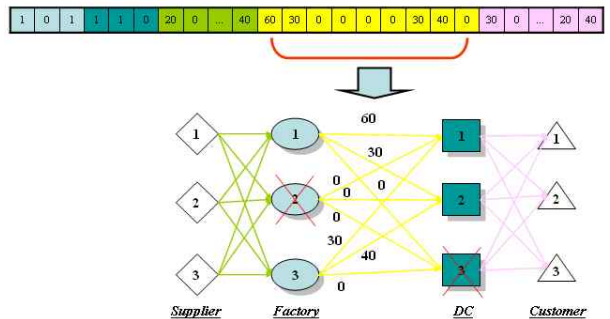
### 3.2.1 Representation

GA에서 가장 중요한 내용 중 하나가 요소를 유전자로 표현하는 것으로 본 연구를 위한 supplier, factory, DC, customer에 유전알고리즘의 유전자 representation은 다음 [Figure 2]와 같다.



[Figure 2] Illustration of Representation

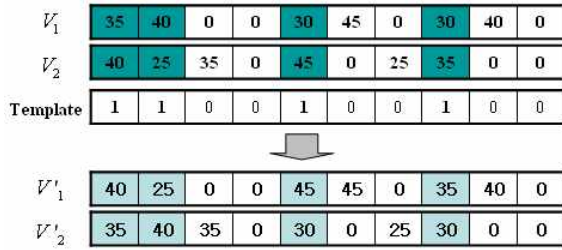
다음 [Figure 3]은 supplier, factory 등 각 구성요소에 대하여 0-1 이진수를 사용하여 구성요소의 가동여부를 표현하고 또한, 각 구성요소간 전달되는 정보를 유전자에 구현되는 내용을 설명한 것이다.



[Figure 3] Example of Generating Amount of Transportation

### 3.2.2 Crossover와 Mutation

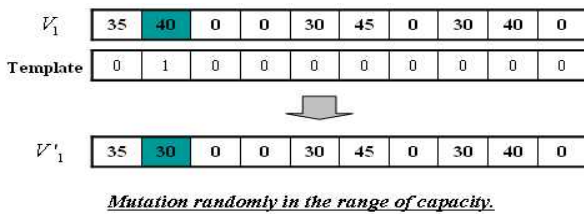
GA에서 해의 탐색을 위한 중요한 과정으로 crossover를 이용하는 데 one-cut-point crossover, two-cut-point crossover, uniform crossover, partially mapped crossover, order crossover 등 다양한 operator 등이 개발되어 활용되고 있다. 본 연구에서는 부모인자들의 임의로 선택하는 특성이 있어 uniform crossover operator 적용하였다. 다음 [Figure 4]는 uniform crossover operator를 적용한 내용에 대한 것이다.



[Figure 4] Illustration of Uniform Crossover

### 3.2.3 Mutation

다음세대로 유전형질은 복제하는 중요한 역할을 수행하는 mutation을 이용하는 데 simple, insertion, inversion, uniform 등 다양한 operator 등이 개발되어 활용되고 있다. 선행연구에서 정형적인 잡삽공정에서 makespan을 최소화하기 위한 mutation operator를 사용한 연구수행한 사례도 있다[7]. 본 연구에서는 교체되는 포지션은 임의로 쉽게 선택이 가능한 uniform mutation operator를 적용하였으며 이에 대한 내용은 다음 [Figure 5]와 같다.



[Figure 5] Illustration of Uniform Mutation

### 3.2.4 Selection

본 연구에서는 초기에 수렴하는 것을 방지하는 데 유한 ranking operator 적용하였으며 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$P(n) = f(n) / \sum_{k=1}^{pop} f(k) \quad n : n^{th} \text{ chromosome}$$

pop : population size

f(n) : fitness value

### 3.2.5 Evaluation & Termination condition

본 연구에서는 제시된 3개의 mathematical 모형에 대하여 evaluation을 실시하였고 termination condition은 주어진 최대 generation에 도달하거나 주어진 computation time 동안 해의 개선이 없을 때 다음과 같은 조건에서 종료하였다.

Difference rate between previous best solution and current solution  $\leq 0.05$

## 4. 실험 및 결과분석

### 4.1 실험을 위한 가정 및 설계

개발된 수학적 모형과 GA 모델의 유효성을 검증하고자 실험을 다음과 같이 가정을 설정하고 문제를 설계하여 실시하였다. 실험조건으로는 각기 다른 size를 가진 4개의 test problem을 구성하였다. 실험을 위한 문제의 설계는 다음 <Table 1>과 같다.

<Table 1> The size of test problems

Problem	1	2	3	4
Suppliers	3	5	7	10
Factories	3	5	7	6
DCs	3	5	7	8
Customers	3	5	7	10
Products and raw materials	2	2	3	3

실험을 위한 각 구성요소들의 고정비, 생산비, 재고비, 운송비 등 주요데이터에 대하여 일부 소개한다. 먼저 구성 요소의 초기재고 등 데이터는 다음 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Initial inventory

Product	DCs			Factories			Suppliers		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	200	200	130	240	220	250	180	160	120
2	250	200	140	240	180	150	300	280	300

실험을 위한 각 구성요소의 용량, 고정비용 등 데이터는 다음 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Capacity and fixed cost

Suppliers		Factories				DCs		
Source capacity	Fixed cost	Product capacity		Fixed cost	Product capacity		fixed cost	
		1	2		1	2		
200	200	25000000	150	150	60000000	150	150	15000000
200	200	30000000	150	150	70000000	150	150	20000000
200	200	20000000	150	150	80000000	150	150	10000000

실험을 위한 구성 요소중 factory에서의 재고비용 데이터는 다음 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Inventory cost at factory

Factory 1		Factory 2		Factory 3	
Product 1	Product 2	Product 1	Product 2	Product 1	Product 2
30	25	50	40	35	30

실험을 위한 구성요소중 factory에서의 생산비용 데이터는 다음 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Production cost at factory

Factory 1		Factory 2		Factory 3	
Product 1	Product 2	Product 1	Product 2	Product 1	Product 2
400	500	300	600	200	400

실험을 위한 구성요소중 제품별 DC에서 customer까지 운송비용 데이터는 다음 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Shipping cost DC to customer

DC	Product1			Product2		
	1	2	3	1	2	3
1	6000	1000	2000	1	6000	1000
2	1400	5400	2500	2	1400	5400
3	3500	1000	5000	3	3500	1000

### 4.2 실험 결과 및 분석

실험을 위한 GA모듈은 상용소프트웨어인 Evolver 4.0 for Excel인 상용개발 tool을 사용하였다. GA 실험을 위한 parameter인 crossover rate는 0.5와 mutation rate는 0.1로 초기 설정하여 적용하였다.

GA모듈 시작시 초기엔 임의로 할당된 ID가 generation이 진행됨에 따라 바뀌며 본 연구에서는 종료조건외 해의 변화추이를 관찰하고 동시에 과도한 computation time을 방지하고자 1000회씩마다generation을 중단하고 해를 확인하였다. 표현한 것이다. [Figure 6]은 test problem 1에 대해 초기시작시와 2000회 generation진행후 GA모듈에 의하여 각 generation이 진행됨에 따라 바뀌는 유전자, supplier, factory, DC, customer의 ID에 대하여 표현한 것이다.

Initial					Generation = 2000				
Gene ID	Supplier ID	Factory ID	DC ID	Customer ID	Gene ID	Supplier ID	Factory ID	DC ID	Customer ID
1111	1	1	1	1	3221	3	2	2	1
2111	2	1	1	1	2131	2	1	3	1
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
3333	3	3	3	2	1312	1	3	1	2
3333	3	3	3	3	3231	3	2	3	1

[Figure 6] Result schedules of problem 1

다음 <Table 7>은 제안한 GA모듈에 의하여 실험된 test problem 1의 결과이다. 각 generation이 진행됨에 따라 산출된 최적해인 총비용과 편차를 표로 정리한 것이다. 실험결과 12,000번의 generation후 0.2%이하로 줄어 종료조건을 만족하였으며 이때의 주문한 제품을 생산하고 운송하기 위한 supplier, factory, DC, customer가 결정되었으며 고객에게 전달되기까지 총 39,746,845원의 비용이 산출되었음을 알 수 있다. <Table 8>은 problem 1, 2, 3, 4에 대한 개발된 수학적 모델과 GA모듈의 유전자 크기 및 generation 수에 따른 총비용과 해와의 편차에 대한 결과를 정리한 것이다.

<Table 7> Experiment results for problem 1

Generation #	Total cost	Difference rate	Generation #	Total cost	Difference rate
1000	230,476,890	.	11000	40,821,425	0.00222
2000	107,104,570	0.20321	<b>12000</b>	<b>39,746,845</b>	<b>0.00199</b>
3000	89,426,960	0.02999	13000	38,711,050	0.00192
4000	77,370,155	0.02088	14000	37,689,005	0.00190
5000	68,806,500	0.01506	15000	36,699,550	0.00184
6000	61,638,350	0.01276	16000	35,765,565	0.00174
7000	53,160,350	0.01533	17000	34,897,015	0.00162
8000	48,274,785	0.00891	18000	34,057,485	0.00157
9000	44,196,230	0.00749	19000	33,210,470	0.00159
10000	42,023,840	0.00401	20000	32,371,795	0.00158

<Table 8> Comparison of GA and mathematical model's optimal solution

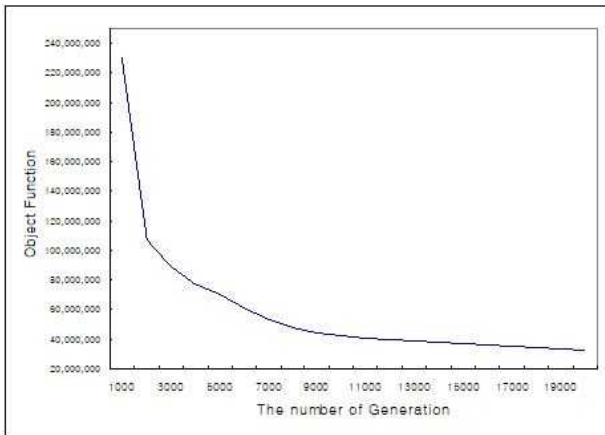
Problem	pop Size	max Gen	GA				Optimal solution	
			Best	Worst	Mean	Time	value	Time
1	30	15,000	39,746,845	43,721,530	41,336,720	213		
	40	18,000	39,110,895	43,021,985	40,675,330	245	37,118,730	145
	50	20,000	38,355,705	42,191,275	39,899,330	312		
2	50	20,000	78,465,285	92,004,870	86,311,815	411		
	100	25,000	76,111,330	88,944,725	78,394,770	498	69,886,540	1,768
	150	30,000	71,403,410	82,824,440	76,543,710	551		
3	150	30,000	97,564,295	107,324,725	100,491,225	1,045		
	200	35,000	90,734,795	99,808,275	93,456,840	1,312	Not found	5,000
	250	40,000	88,920,095	96,033,705	93,366,110	1,445		
4	250	35,000	113,905,715	120,740,050	118,461,945			
	300	40,000	104,793,260	126,656,045	113,176,720	2,775	Not found	8,000
	400	50,000	102,697,395	122,022,895	109,886,215			

컴퓨터를 활용한 4개의 test problem에 대한 모의실험의 결과인 <Table 8>을 통하여 본 연구에서 개발한 수학



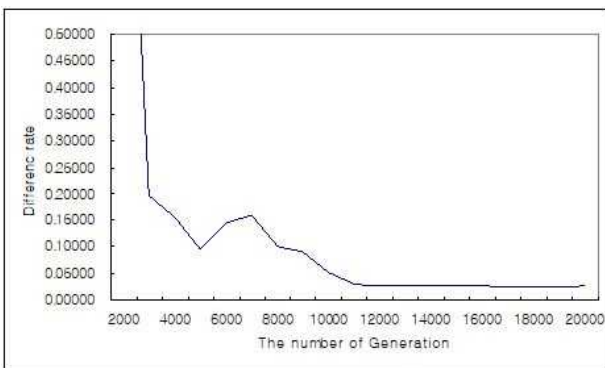
적 모델과 GA모델이 당초 목표로 하였던 수학적 모델과 비교하여 generation수가 증가할수록 최적해인 총비용의 감소폭도 커짐을 알 있었다.

[Figure 7]은 test problem 1에 대한 최적해에 대한 것으로 generation이 증가함에 따라 수렴해감을 알 수 있다.



[Figure 7] Objective Values in Generation

다음 [Figure 8]은 test problem 1에 대한 generation이 증가함에 따라 최적해간의 편차에 대한 것으로 수렴해감을 알 수 있었다.



[Figure 8] Difference Rates of the Best Solution

본 연구를 통하여 적은 size의 모의상황에 대한 문제를 계획하고 실험하여 개발한 수학적 모형과 GA를 적용하여 수학적 모델에서 구할 수 없는 것으로 예상되는 큰 size의 문제에 대한 적용가능성을 확인하였다. 현재 실험한 test problem은 제한된 크기의 가상의 데이터를 이용하여 설계하고 실험하였으나 향후 실제 공급사슬네트워크를 운영하고 있는 기업의 실제데이터를 수집하여 현실상황을 반영한 실험을 수행할 예정이다.

## 5. 결론

기업의 경영구조가 복잡화, 다양화되고, 고객 만족을 통한 기업의 경쟁우위 확보가 치열해짐에 따라 최근 SCM에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이에 대한 이론적 연구와 실질적 구현을 위한 기법 개발이 활발하게 전개되어가고 있다. 공급사슬은 크게 원자재를 공급하는 공급단계와 상품을 생산, 조립하는 생산단계, 최종상품을 생산자로부터 창고나 물류센터에 운송하고 고객의 요청에 따라 적정량을 제공하는 분배단계로 구분되어진다. 이전의 연구는 공급사슬네트워크상에 존재하는 복잡성에 따른 생산, 분배 활동 간의 각 단계를 분리하여 주로 연구되어왔다. 최근에는 공급사슬네트워크상에 존재하는 연결의 중요성을 인식하여 단계를 동시에 고려하는 생산-분배 통합모형을 통한 연구가 증가하고 있는 추세이다. 이러한 문제는 흔히 혼합정수계획 등 일부 제한적 수학적 모형이 사용되기도 하지만, 문제의 크기가 커지고 변수와 제약식이 많아지면 수학적 모형에 의한 컴퓨터 계산시간이 과다하게 경우에 따라선 최적해를 구하는 것이 불가능해진다.

이를 효율적으로 해결하기 위해서 본 연구에서는 공급사슬 네트워크 내에서 생산비용, 재고비용, 운송비용등을 정의하고 이를 통해 총비용을 최소화하는 생산량, 수송량, 그리고 재고량을 산출하는 수학적 모형을 제시하고 이를 GA모델을 적용하여 적절한 시간 내에 최적해에 가까운 해를 찾기 위한 연구를 수행하였다. 제안된 수리모형의 효율성과 적용가능성을 검증하기 위하여 유전알고리즘을 모의실험을 통하여 검증하였다. 실험결과 제안한 GA모델은 비교적 짧은 시간 내에 공급사슬네트워크내에 발생하는 모든 비용에 대한 현실적인 해를 도출할 수 있음을 보여주었다.

## 6. References

- [1] B. C. Arntzen, G. G. Brown, T. P. Harrison, L. L. Trafton(1995), "Global supply chain management at digital equipment corporation." *Interfaces*, 25:69-93.
- [2] C. Dhaenens-Flipo, G. Finke(2001), "An integrated model for an industrial production-distribution problem." *IIE Transactions*, 33:705-715.
- [3] C. Y. Lee(1993), "A cross decomposition algorithm for a multi product-multi type facility location problem." *Computer and Operations Research*, 20:527-540.

- [4] D. J. Thomas, P. M. Griffin(1996), "Coordinated supply chain management." *European Journal of Operational Research*, 94:1-15.
- [5] G. H. Choi, H. J. Lee, H. M. Kwak(2000), "Integrated supply chain optimization models." *IE Interfaces*, 13(3):320-327.
- [6] G. Zhou, H. Min, M. Gen(2002), "The balanced allocation of customers to multiple delivery centers in the supply chain: A genetic algorithm approach." *Computer and industrial Engineering*, 43:251-261.
- [7] L. M. Ellram, M. C. Cooper(1990), "Supply chain management, partnership, and the shipper-third party relationship." *The International Journal of Logistics Management*, 1(2):1-10.

## 저자 소개



### 임 석 진

연세대학교 산업시스템공학과 공학박사 취득  
후 인덕대학교 산업경영공학과 재직 중  
관심분야 : SCM, 생산시스템, 물류시스템,  
시뮬레이션 등



### 문 명 국

인천대학교 산업공학과 공학박사 취득 후  
현재 청운대학교 화학공학과 재직 중  
관심분야 : 인간공학, 제품개발, SCM 등