

# 부품 공급업자와 조립업자간의 공동 일정계획을 위한 모집단 관리 유전 해법

양 병 학\* · Adedeji B. Badiru\*\*

\*경원대학교 산업정보시스템공학과 · \*\*Air Force Institute of Technology, USA

## An Population Management Genetic algorithm on coordinated scheduling problem between suppliers and manufacture

Byoung Hak Yang\* · Adedeji B. Badiru\*\*

\*Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

\*\*Air Force Institute of Technology, USA

### Abstract

This paper considers a coordinated scheduling problem between multi-suppliers and an manufacture. When the supplier has insufficient inventory to meet the manufacture's order, the supplier may use the expedited production and the expedited transportation. In this case, we consider a scheduling problem to minimize the total cost of suppliers and manufacture. We suggest an population management genetic algorithm with local search and crossover (GALPC). By the computational experiments comparing with general genetic algorithm, the objective value of GALPC is reduced by 8% and the calculation time of GALPC is reduced by 70%.

Keywords : Population management genetic algorithm, Local Search, Scheduling

### 1. 서 론

공급사슬에서 하청업체와 조립 업체 간에 긴밀한 생산계획에 따라 운영하는 것이 최근의 추세이다. 만약 하청업체가 자신만의 이익을 최적화하기 위해서 부품의 생산 및 공급 계획을 수립한다면 전체 공급사슬의 이익을 감소할 수 있다[8]. 따라서 하청 업체의 생산 및 배송 계획은 전체 공급사슬의 이익을 최대화하는 방향으로 설정되어야 한다. 본 연구에서 우리는 복수의 하청업체들이 부품을 공급하고 하나의 조립 업체가 최종 생산 조립하는 환경을 다루고 있다. Bensaou에 의하면 조립 업체와 하청업체와의 관계는 크게 시장거래, 종속적인 구매자, 종속적인 공급자, 전략적 파트너십으로 분류된다[1]. 본 연구는 전략적 파트너십을 이루고

있는 하청 업체와 조립 업체의 관계를 다루고 있다.

Huggins와 Olsen은 하청업체와 조립업체간의 부품의 최적 주문량에 대한 연구 결과를 제시하였다. 본 연구는 조립업체와 2개의 부품 업체 간에 재고관리정책에 대하여 다루었다. 이러한 환경 하에서 만약 조립업체의 주문량이 부품업체의 공급능력을 넘게 되는 경우에 부품 업체는 촉진(expediting)을 사용할 수 있다. 촉진에는 생산의 초과근무와 수송의 고속배송이 가능하다[3]. 초과 근무는 정규 임금보다 많은 비용으로 근무 시간 외에 생산하는 것이다. 고속배송은 정규배송보다 많은 비용으로 빠르게 배송하는 것이다. 그런데 부품업체의 일정계획은 조립업체의 일정계획에 영향을 주게 된다.

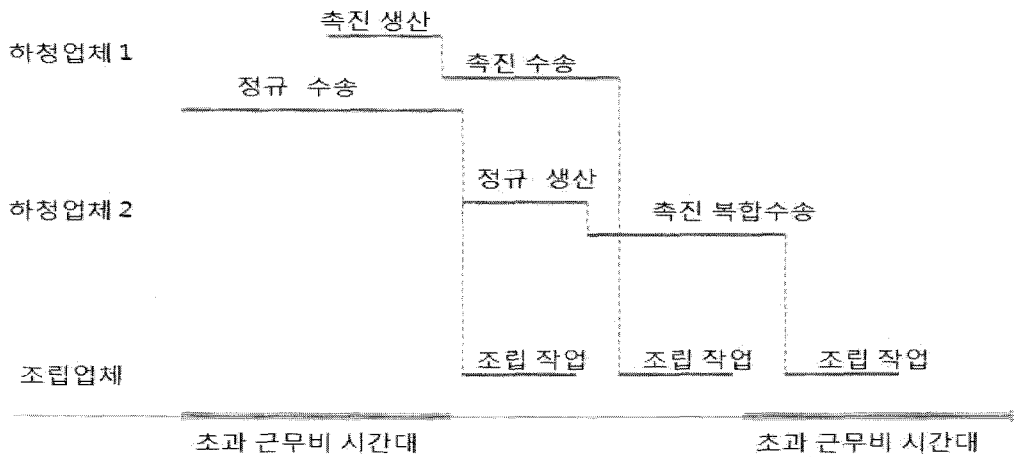
공급사슬상의 일정계획에 관한 연구를 살펴보면 Lee는 공급사슬상에서 총소요시간을 최소화하는 일정계획

† 이 논문은 2009년도 경원대학교 지원에 의한 결과임

† 교신저자: 양병학, 경기도 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 산업정보시스템공학과

TEL: 031-750-5368, E-mail:byang@kyungwon.ac.kr

2009년 6월 15일 접수; 2009년 8월 24일 수정본 접수; 2009년 9월 1일 게재확정



<그림 1> 두 개의 하청업체와 조립업체간 공동 일정계획

문제를 유전해법에 의해서 해결하였다[4]. Moon은 설비의 선택이 가능한 경우의 일정계획에 대한 진화 해법을 개발하였다[5]. Moon은 2단계 공급사슬 시스템 상에서 자원과공정 일정을 선택하는 진화 해법을 제시하였다[6].

Yimer와 Dermirli는 분배망과 생산망을 고려한 일정계획을 2단계 의사 결정으로 접근하였으며 해법으로는 유전해법을 사용하였다[9]. 그 외에도 여러 가지 연구가 공급사슬상의 일정계획에서 수행되었으나 하청업체의 촉진 생산과, 촉진 수송을 고려한 일정계획에 대한 연구는 Yang의 연구를 제외하고는 찾아보기 어려웠다. Yang은 촉진 생산과 촉진 수송이 가능한 상태에서 부품 업체와 조립 업체 간에 공동 일정계획이 공급사슬전체의 비용을 절감할 수 있다는 것을 예제를 통해서 보여주었다[8]. 그러나 그의 연구에서는 공동 일정계획을 위한 해법은 제시하지 못하였다. 본 연구에서는 Yang이 제시했던 복수 부품 업체와 조립업체간의 공동 일정계획 문제에 대한 효율적인 해법을 제시하려고 한다. 개발하려는 해법은 메타 휴리스틱의 한 분야인 모집단 관리 유전 해법이다. 2장에서는 본 연구 문제를 설명하고, 3장에서는 본 연구에서 사용하려는 모집단 관리 유전 해법을 설명하고 있으며, 4장에서는 개발된 유전 해법과 비교 해법들을 설명하고 있다. 5장에서는 비교 해법과의 실험 결과를 제시하고 6장에서 결론을 제시하고 있다.

## 2. 논제의 설명과 문제의 제기

본 연구에서 다루려는 문제는 다수 하청업체가 부품을 공급하고 하나의 조립업체가 완성품을 조립하는 2단계 공급사슬상의 일정계획에 관한 문제이다[8]. <그

림 1>에서 두 개의 하청 업체가 결정한 촉진 옵션에 따라 조립 업체의 일정 계획이 수립되는 과정을 표현하고 있다. 먼저 조립업체는 자신의 조립 생산계획량을 수립한다. 조립업체는 조립 생산계획량에 근거하여 각 하청업체에 부품 필요량을 주문한다. 편의상 각 부품은 제품 당 하나씩 필요한 것으로 가정하였다. 각 하청업체는 조립업체의 주문량을 보유하고 있는 재고에 의해서 공급한다. 이를 정규 보충이라 한다. 그리고 미래의 주문에 대비하여 하청업체들은 당일의 생산량을 결정하고 생산한다. 그런데 조립업체의 주문량이 보유하고 있는 재고보다 많을 경우 품질이 발생하면 이때에는 촉진 정책이 요구된다. 품질 부품을 촉진 대상 부품이라 하면 하청 업체는 촉진 대상 부품의 생산을 정규 비용으로 생산하는 정규 생산을 선택할 수 있고, 추가 비용을 들여서 빠르게 생산하는 촉진 생산을 선택할 수 있다. 다음으로 생산된 촉진 대상 부품을 추가 비용을 들여서 빠르게 배송하는 촉진 수송에 의해서 배송할 수 있으며, 보통의 정규 수송을 선택할 수도 있다.

다음으로 이미 보유하고 있던 정규 부품과 추후에 생산될 촉진 대상 부품을 각각 따로 배송할 것인지(단독배송) 아니면 수송비 절감을 위하여 함께 배송(통합배송)할 지를 선택해야 한다. 이를 정리하면 하청업체의 의사 결정 요소는 3가지로 다음과 같다[8].

- 생산 의사 결정 : (정규 생산, 촉진 생산)
- 수송 의사 결정 : (정규 수송, 촉진 수송)
- 복합 수송 의사 결정: (단독 수송, 통합 수송)

각각의 의사 결정에 따라 하청업체가 선택 가능한 촉진 옵션은 모두 8가지이다.

<표 1> 하청 업체의 축진 옵션

옵션	생산	수송	수송결합
1	정규 생산	정규 수송	단독수송
2	정규 생산	정규 수송	통합수송
3	정규 생산	축진 수송	단독수송
4	정규 생산	축진 수송	통합수송
5	축진 생산	정규 수송	단독수송
6	축진 생산	정규 수송	통합수송
7	축진 생산	축진 수송	단독수송
8	축진 생산	축진 수송	통합수송

각 하청업체별로 축진의 옵션이 결정되면 하청업체의 생산, 수송비는 일정계획에 의해서 산출할 수 있다.

각 하청업체의 생산일정계획이 수립되면 각 하청 업체별로 정규 부품과 축진 부품의 도착시간이 결정 된다. 이에 따라 조립업체의 생산일정계획을 수립할 수 있다. 그런데 하청 업체의 경우 자신의 비용만을 절감한다면, 조립업체로의 배송이 늦어지는 일이 발생한다.

생산의 경우에 작업시간대는 정규 생산 시간대와 초과 근무 시간대로 나누어져 있으며 작업이 초과 근무 시간대에 배정되면 추가의 생산 비용이 발생한다. 만약 부품의 공급이 늦어져서 조립 업체의 생산 일정이 초과 근무시간대로 배정되면 조립업체의 생산 비용은 추가로 발생한다. 따라서 전체 비용을 최소화하기 위해서는 하청업체의 축진 옵션이 전체 비용을 최소화하는 방향으로 설정되어야 한다[8].

공급 사슬상의 일정 계획에 대한 연구[4],[5],[6],[9]들이 존재했으나 하청 업체의 축진 생산, 축진 수송을 고려한 연구들은 찾아보기 힘들었다. 축진을 고려한 연구로는 Huggins와 Olsen가 2단계 공급사슬상에서 조립업체의 최적 주문양에 대한 연구[3]를 하였으나 하청업체와 조립업체의 총 비용에 대하여는 다루지 않았었다. Yang et al.은 Huggins와 Olsen의 연구를 발전시켜 하청업체와 조립업체가 공동 일정계획을 수립하는 것이 전체 비용을 절감한다는 것을 수치 예제를 통해서 보여주었으나[8] 공동 일정계획을 수립하는 해법은 제시하지 못했었다. 본 연구에서는 축진 생산과 축진 수송 정책을 옵션으로 사용할 수 있는 환경에서 하청업체와 조립업체간의 공동 일정계획에 관한 새로운 해법으로 모집단 관리 유전 해법을 제시하려고 한다.

### 3. 모집단관리 유전해법

유전 해법은 메타휴리스틱의 일종으로 다수의 개체를 모집단으로 유지하면서 선택된 개체에 대하여 교차, 돌연변이 등을 수행하여 모집단 전체의 해를 변화시키

는 해법이다. 최근 유전 해법에서는 So'rensen에 의해서 모집단 관리(Population Management)라는 기법이 도입되었다[7]. 모집단 관리기법은 유전 해법에서 사용하는 모집단내의 개체들을 관리하여 개체들의 분산성을 강제로 유지하는 방법이다. 모집단 관리에서 사용하는 방법은 각 개체의 목적함수값을 비교하여 유사한 또는 근접한 개체들을 제거하고, 서로 다른 개체들만을 유지하는 방법이다[7]. 예를 들어 모집단내의 두 개체를 각각  $X_1$ ,  $X_2$ 라 하고 각각의 목적함수값을  $F(X_1), F(X_2)$ 라 하자. 그리고 두 목적함수값의 차를  $d(X_1, X_2)$ 이라 하면 모집단관리 기법에서는 모집단내의 두 개체에서 구한 목적함수값의 차가  $d(X_1, X_2) \geq \Delta$ 를 만족하도록 모집단을 관리하는 것이다. 이때  $\Delta$ 는 적절한 값으로 정해지는데 1을 사용하는 경우가 많이 있다[7]. 모집단관리 기법에서는 해를 탐색하는 방법으로 지역탐색과 교차를 사용하고 있다. 지역탐색과 교차를 수행하여 구해진 새로운 개체를  $C$ 라 하고,  $X$ 를 모집단내의 임의의 개체라 할 때, 모집단의 분산성을 만족한다면  $C$ 는 모집단내에 삽입한다. 여기서 모집단의 분산성은  $d(C, X) \geq \Delta$ 에 의해서 확인할 수 있다. 만약 모집단의 분산성이 만족되지 않으면, 즉  $d(C, X) < \Delta$ 이면  $C$ 는 모집단에 받아들여지지 않는다. 새로운 개체  $C$ 가 모집단에 들어오면 기존의 개체중 하나가 대신 버려진다. 보통은 모집단내의 개체 중 열등한 개체에서 랜덤하게 선택하여 대체된다[2]. So'rensen과 Sevaux가 제시한 모집단 관리해법은 다음과 같다[7].

<표 2> 모집단 관리 유전 해법[7]

- 단계 1: 초기 모집단  $P$ 를 생성한다.
- 단계 2: 분산도 계수  $\Delta$ 를 설정한다.
- 단계 3: 반복
- 단계 4: 모집단  $P$ 에서 두 부모 개체를 선택하고 이를  $P_1, P_2$ 라 한다.
- 단계 5:  $P_1, P_2$ 에 대하여 교차를 수행하여 구한 자식 개체를 구한다. 이를  $O_1$ 과  $O_2$ 라 한다.
- 단계 6:  $O_1, O_2$ 에 대하여 지역탐색을 수행하여 새로운 개체  $C$ 를 탐색한다.
- 단계 7:  $d(C, X) \geq \Delta, \forall X \in P$ 이면  $C$ 를 모집단에 삽입하고, 임의의 개체를 모집단에서 선택하여 제거한다.
- 단계 8: 종료 조건을 만족할 때까지 단계3으로 간다.

Boudia와 Prins는 모집단의 관리를 편리하게 하기 위하여 모집단의 개체들을 목적함수값이 우수한 순서로 재배열하였다. 이렇게 하면 모집단의 분산성을 조사하거나 개체를 탈락시키기 쉬워지는 것으로 알려져 있다.

또한 그는 탈락시킬 개체를 평균보다 열등한 개체 중에서 랜덤하게 선택하였다[2].

#### 4. 새로운 해법의 개발

본 연구에서 개발된 유전 해법의 개체, 돌연변이, 교차 및 모집단 관리는 다음과 같다.

개체의 표현: 개체는 n개의 정수 배열 형태로 구성하였다.  $X_j$  는 j번째 부품을 생산하는 하청 공장의 촉진 옵션을 의미하며 1에서 8의 값을 배정하였다. 옵션의 의미는 <표 1>에 제시된 내용과 동일하다.

$X_1$	$X_2$			...	...				$X_n$
-------	-------	--	--	-----	-----	--	--	--	-------

개체의 평가: 개체에 저장된 각 하청업체의 촉진 옵션에 따라 하청 공장의 생산 일정이 계산된다. 이에 따라 각 하청 공장의 생산비용과 수송비용이 계산 된다.

다음으로 각 하청 공장의 촉진 옵션에 따라 정규 부품과 촉진부품의 조립 공장으로서의 도착시간이 계산되어 지고 이에 의하여 조립공장에서의 생산일정계획이 수립되어 조립공장의 생산비용이 계산된다. 개체의 총 비용을 계산하기 위한 하청 업체와 조립업체의 일정계획은 다음의 절차에 의해서 구해진다. 구해진 일정계획에 의해서 <그림 1>과 같이 일정 계획의 시간대별 생산 비용을 계산하여 총비용을 구한다.

<표 3> 개체의 평가를 위한 일정 계획

<p>단계 1. 하청 업체 일정 계획</p> <p>개체내의 모든 변수 <math>X_j</math>값에 따라 각 하청 업체의 부품별 생산 및 납품 시간을 결정한다.</p> <p><math>X_j=1</math>(촉진 옵션 1) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=촉진 부품 j의 정규생산 시간+j의 정규수송시간                  정규 부품 j의 도착시간=j의 정규수송시간</p> <p><math>X_j=2</math>(촉진 옵션 2) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=촉진 부품 j의 정규생산 시간+j의 정규수송시간                  정규 부품 j의 도착시간= 촉진 부품 j의 도착시간</p>
--

<p><math>X_j=3</math>(촉진 옵션 3) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 정규생산시간+j의 촉진수송시간                  정규 부품 j의 도착시간=j의 정규수송시간</p> <p><math>X_j=4</math>(촉진 옵션 4) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 정규생산시간+j의 촉진수송시간                  정규 부품 j의 도착시간= 촉진 부품 j의 도착시간</p> <p><math>X_j=5</math>(촉진 옵션 5) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 촉진생산시간+j의 정규수송시간                  정규 부품 j의 도착시간=j의 정규수송시간</p> <p><math>X_j=6</math>(촉진 옵션 6) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 촉진생산시간+j의 정규수송시간                  정규 부품 j의 도착시간= 촉진 부품 j의 도착시간</p> <p><math>X_j=7</math>(촉진 옵션 7) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 촉진생산시간+j의 촉진수송시간                  정규 부품 j의 도착시간=j의 정규수송시간</p> <p><math>X_j=8</math>(촉진 옵션 8) 이면,                  촉진 부품 j의 도착시간=j의 촉진생산시간+j의 촉진수송시간                  정규 부품 j의 도착시간= 촉진 부품 j의 도착시간</p> <p>단계 2. 조립업체 일정계획</p> <p>단계 2.1 : 정규 부품들의 양을 크기가 작은 순서로 재배열한다. 그 순서를 (1),(2),...(n)이라 한다.                  부품(j)의 재고수준=정규부품(j)의 양</p> <p>단계 2.2 : 조립 작업 0                  작업개시시간(1) = 정상부품(1)의 도착시간                  작업량(1) = 부품 (1)의 재고수준                  작업완료시간(1) =                      작업개시시간(1) + 작업량(1)시간                  작업후 부품(j)의 재고 수준=                      작업전 부품 (j)의 수준 - 작업량(1), <math>\forall j</math></p>
--

단계 2.3 : 추가 조립작업 (k), k는 (1)에서 (n).  
 작업개시시간(k) = 축진부품(k)의 도착시간  
 부품(k)의 재고 수준 =  
 부품 (k)의 재고 수준 + 축진 부품(k)의 양  
 작업량(k)= 부품(k+1)의 재고  
 작업완료시간(k) =  
 작업개시시간(k) + 작업량(k)시간  
 작업후 부품(j)의 재고 수준=  
 작업전 부품 (j)의 수준 - 작업량(k),  $\forall j$

돌연변이 : 개체의 특정 부품에 대한 옵션을 랜덤하게 변화시켰다. 지금 하나의 개체에서 3번째 하청공장의 옵션이 7이었으나 돌연변이에 의해서 3으로 변경되었다.

돌연변이전	5	8	7	5	2	1	6
			↕				
돌연변이후	5	8	3	5	2	1	6

교차 : 선택된 두 개의 개체에서 일부 부품의 옵션을 서로 바꾸어 사용하는 이산 교차 (discrete crossover) 를 사용하였다. 지금 부모개체 1,2에 대하여 3,5,6번째 하청공장의 옵션이 서로 교환되었다.

부모1	5	8	7	5	2	1	6
			↕		↕	↕	
부모2	4	2	1	8	3	2	7
			↕		↕	↕	
자식1	5	8	1	5	3	2	6
			↕		↕	↕	
자식2	4	2	7	8	2	1	7

지역탐색 : 선택된 개체의 특정 하청 업체에 대한 옵션을 1부터 8까지 변화시키면서 전체 비용이 최소화 되는 옵션을 탐색하였다. 제시된 개체의 3번째 하청업체에 대하여 현재 옵션이 7이지만 옵션을 1부터 8까지 탐색하여 전체 비용이 최소가 되는 옵션을 찾아보았다. 만약 옵션이 2인 경우 전체 비용이 최소화 되면 3번째 하청업체의 옵션은 2로 설정된다.

돌연변이전	5	8	7	5	2	1	6
			↕				
돌연변이후	5	8	2	5	2	1	6

모집단 관리 : 선택된 개체에 대하여 돌연변이, 지역 탐색, 교차 등을 수행한다. 수행하여 변화된 개체 후보자를 C라 하자. 이 C의 목적함수값이 기존 모집단내의 개체들의 목적함수값과 비교하여 그 차이가 Δ보다 작으면 버리고 Δ보다 크면 새로운 개체로 받아들인다. 이때 기존 모집단내의 개체 중 C보다 열등한 개체중 하나를 랜덤하게 선택하여 제거한다. Δ는 일반적으로 1을 사용하며 본 연구에서도 1로 설정하였다. 모집단 관리를 수월하기 위하여 모집단내의 개체에 대한 목적함수값에 따라 우수한 해부터 열등한 개체순서로 재배치하였다.

본 연구에서 개발한 모집단 관리 유전 해법을 정리하면 다음과 같다.

<표 4> GALPC: Genetic Algorithm with Local search, Population management and Crossover

- 단계 1: 초기 모집단 P를 생성한다.
- 단계 2: 분산도 계수 Δ를 1로 설정한다.
- 단계 3: 반복
- 단계 4: 모집단의 모든 개체를 목적함수값에 따라 재배열한다.
- 단계 5: 교차. 모집단 P에서 선택된 두 개체 P1, P2에 대하여 이산 교차를 수행하여 O1과 O2를 구한다. O1과 O2중 하나를 임의로 선택하여 O라 한다. O를 부모 P1,P2와 비교하여 우수하면 후보자 C로 선택한다. O가 열등하면 버린다. C에 대하여 모집단 관리를 수행한다.
- 단계 6: 지역탐색. 모집단 P에서 임의의 개체를 선택한다. 개체상의 한 변수를 임의로 선택하여 가능한 모든 옵션을 탐색하고 그중 목적함수값이 가장 작은 옵션으로 설정한다. 이를 C라 한다. C에 대하여 모집단 관리를 수행한다.
- 단계 7: 모집단 관리. 단계5 또는 단계6에서 선택된 C에 대하여 다음을 수행한다.  $d(C, X) \geq \Delta, \forall X \in P$ 이면 C를 모집단에 삽입하고, C보다 열등한 개체 중 임의의 개체를 모집단에서 선택하여 제거한다.
- 단계 8: 종료 조건을 만족할 때까지 단계3으로 간다.

<표 5> 해법별 목적함수의 값

문제	해법별 목적함수 값				GA와 비교한 목적함수 증감률		
	GA	GAL	GALP	GALPC	GAL/GA	GALP/GA	GALPC/GA
10	37771.9	37720.95	37129.65	37076.1	-0.13%	-1.70%	-1.84%
20	76825.15	76697.55	73065.15	73046.6	-0.17%	-4.89%	-4.92%
30	115979.15	115919.9	107925.25	107925.25	-0.05%	-6.94%	-6.94%
40	156021.45	155326.1	143600.7	143507.85	-0.45%	-7.96%	-8.02%
50	196916.35	196592.2	179170.25	178900.3	-0.16%	-9.01%	-9.15%
60	237049.55	235562.75	213960	213887.4	-0.63%	-9.74%	-9.77%
70	278151.8	278415.65	249724.15	250081.9	0.09%	-10.22%	-10.09%
80	316186.55	317137.25	284097.95	283852.4	0.30%	-10.15%	-10.23%
90	359988.75	360458.35	321271	320825.1	0.13%	-10.76%	-10.88%
100	402455.95	401759.5	357201.8	356958.95	-0.17%	-11.24%	-11.30%
평균	217734.66	217559.02	196714.59	196606.185	-0.12%	-8.26%	-8.31%

<표 6> 해법별 연산시간

문제	해법별 연산시간				GA와 비교한 연산시간 증감률		
	GA	GAL	GALP	GALPC	GAL/GA	GALP/GA	GALPC/GA
10	1.1	1.4	0.2	0.2	27.27%	-81.82%	-81.82%
20	1.5	2.4	0.2	0.3	60.00%	-86.67%	-80.00%
30	1.6	2	0.4	0.4	25.00%	-75.00%	-75.00%
40	1.9	2.7	0.5	0.6	42.11%	-73.68%	-68.42%
50	2.5	2.6	0.7	0.7	4.00%	-72.00%	-72.00%
60	3.1	3.3	0.9	0.9	6.45%	-70.97%	-70.97%
70	3.5	3.5	1.2	1.1	0.00%	-65.71%	-68.57%
80	3.9	3.9	1.1	1.4	0.00%	-71.79%	-64.10%
90	4.8	4.5	1.4	1.7	-6.25%	-70.83%	-64.58%
100	5.2	5.6	1.9	2.1	7.69%	-63.46%	-59.62%
평균	2.91	3.19	0.85	0.94	16.63%	-73.19%	-70.51%

우리는 개발된 GALPC를 효율성을 실험하기 위하여 다음과 같이 네 종류의 비교 해법을 작성하였다.

- GA : 유전해법. 돌연변이와 교차를 수행
- GAL: 유전해법. 돌연변이, 교차와 지역탐색을 수행.
- GALP : 모집단 관리 유전해법. 지역 탐색 수행.
- GALPC : 모집단 관리 유전 해법. 지역 탐색과 교차수행.

개발된 네 가지 비교 해법에 대하여 목적함수값과 연산시간에 대한 비교 실험을 실시하였다.

### 5. 실험 결과

실험을 위해서 부품의 수가 10개인 경우부터 100개인 경우에 대하여 각각 10개의 시험 문제들을 랜덤하게 작성하였다. 시스템은 비주얼 스튜디오에서 작성되었다. 실험은 Intel의 core2Quad CPU가 장착된 개인용 컴퓨터에서 실시하였다. 먼저 목적함수값에 실험결과가 <표 5>에 제시되었다. 목적함수값은 작을수록 우수한 것을 의미한다. 문제의 크기는 10개에서 100개 까지 각

각 10개의 문제에 대하여 실험하였다. 해법별 비교를 위하여 GA를 기준으로 한 개선율을 백분율로 제시하였다. 증감률 -10%는 목적함수값이 10%절감됨을 의미한다. 해법 GA를 기준으로 GAL의 목적함수값이 더 작게 나왔다. 지역탐색을 사용하여 목적함수값이 개선된 것을 알 수 있다. 그러나 목적함수값의 감소율은 평균 -0.12%로 그다지 개선되지 않았다. 모집단관리를 사용한 GALP의 경우에는 GA에 비하여 -8.26%정도의 목적함수값을 절약할 수 있었다. GALPC역시 -8.31%의 절약 효과를 보여주고 있다. 문제의 크기가 증가함에 따라 GALP와 GALPC의 절약 효과는 더 커지고 있어서 부품의 수가 증가하는 경우에 더욱 유용할 것으로 예측된다. 이상을 종합하면 모집단 관리와 지역탐색을 동시에 사용하는 경우 일반 유전 해법보다 해의 개선 효과가 뚜렷하며 부품의 수가 증가할수록 개선 효과도 커지는 것으로 분석되었다.

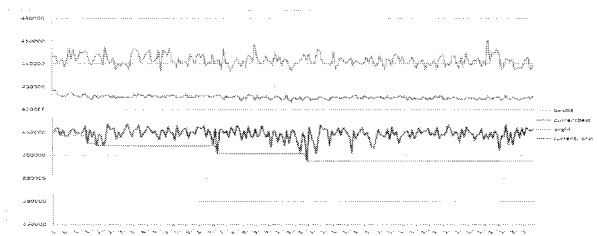
다음으로 연산시간에 대한 실험결과가 <표 6>에 제시되었다. 해법별 비교를 위하여 GA를 기준으로 한 개선율을 백분율로 제시하였다. 증감률 -10%는 연산시간이 10%절감됨을 의미한다. GA에 지역탐색을 추가한

GAL의 경우에 연산 시간은 오히려 16%정도 증가하였다. GAL의 해 개선 효과가 미미하고 연산 속도가 증가하여 GAL의 유용성은 높아 보이지 않는다. 그러나 GALP와 GALPC의 연산 시간은 평균 70%정도 감소하였다. 따라서 모집단관리 기법을 사용하여 연산시간을 크게 감소시킬 수 있었다.

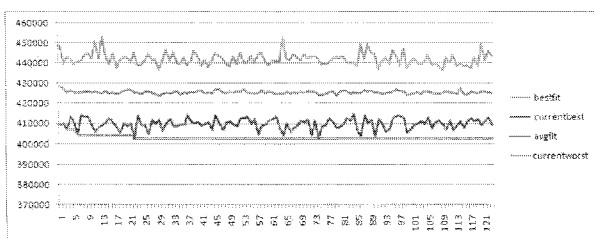
해의 개선효과에서는 GALP와 GALPC가 가장 높았으며 연산시간의 개선효과 면에서는 GALP가 가장 우수하였다. 실험한 해법 중 GALP, 즉 유전해법에 모집단관리와 지역탐색을 사용하는 것이 가장 우수한 결과를 보여주었다.

다음으로 해법의 진행 중에 모집단의 상태를 <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 제시하였다. 각 그림에는 해법의 진행 중 발견된 최우수해와, 모집단내의 최우수해, 모집단의 평균, 모집단의 최열등해를 표시하였다. 먼저 GA의 경우를 살펴보면 해법이 진행됨에 따라 모집단내의 우수해, 평균, 최열등해가 해의 진행 과정에서 크게 개선되지 않고 일정하게 유지되며, 진행 중에 발견된 최우수해의 목적함수값만 감소함을 알 수 있다. 따라서 모집단의 전체적인 해의 성질은 크게 개선되지 않고 있다. GAL의 경우에도 모집단의 변화 형태는 GA의 경우와 비교해서 유사함을 알 수 있다.

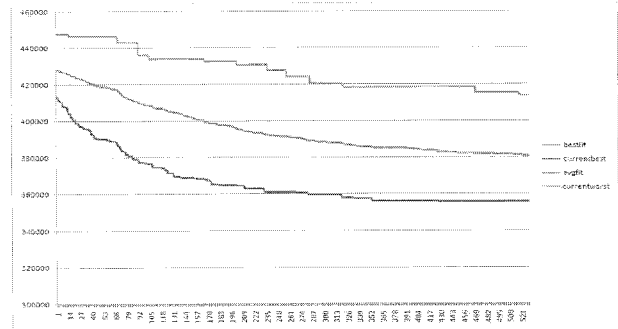
GALP의 경우에는 해법이 진행되며 모집단내의 우수해, 평균, 열등해가 유사한 패턴으로 개선됨을 알 수 있다. 이는 GALPC의 경우에도 유사한 패턴으로 해의 진행에 따라 모집단 전체의 개체들이 개선됨을 알 수 있다. 따라서 모집단 관리를 통해서 모집단내의 해들의 특성이 우수한 해로 진화하는 것을 확인 할 수 있었다.



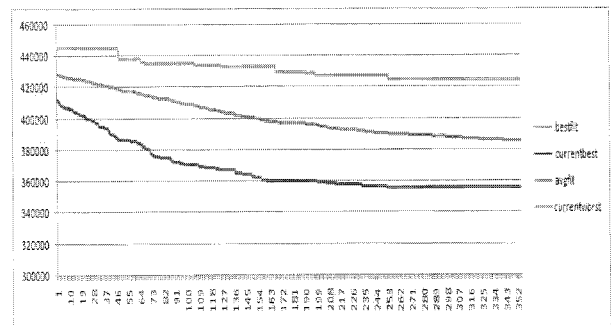
<그림2> GA해법의 진행 과정.



<그림 3> GAL해법의 진행 과정.



<그림 4> GALP해법의 진행 과정.



<그림 5> GALPC해법의 진행 과정.

## 6. 결론

본 연구에서는 복수 하청업체와 하나의 조립업체로 구성된 공급사슬상에서 공동 일정계획문제를 다루고 있다. 하청 업체들에서 조립 업체의 주문에 따라, 이미 준비한 재고에 의해서 공급하는 정규 부품 공급과 재고 부족에 대응하기 위한 촉진 부품 공급을 고려하였다. 하청 업체가 사용할 수 있는 촉진의 옵션은 다양하게 제시되었다. 이런 환경에서 하청 업체와 조립 업체의 총 비용을 최소화하는 공동 일정 계획을 고려하였다. 해법으로는 모집단 관리 유전 해법을 개발하였다.

일반 유전해법과의 비교 실험을 실시하였다. 실험 결과 개발된 모집단 관리 유전 해법이 목적함수의 경우 8%정도의 개선하였으며 연산시간의 경우 70%정도의 절감이 이루어졌다.

## 5. 참고 문헌

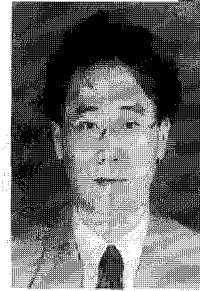
- [1] Bensou, M "Portfolios of Buyer-Supplier Relationships.", Sloan Management Review (1999) 35-43
- [2] Boudia, M., C. Prins. "A memetic algorithm with dynamic population management for an integrated production-distribution problem.", European Journal

of operational Research 195 (2009) 703-715

- [3] Huggins, EL., TL. Olsen. "Supply chain management with guaranteed delivery.", *Management Science* 49(9) (2003) 1154-1167.
- [4] Lee, YH CH Jeong, C. Moon. "Advanced planning and Scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain.", *Computers & Industrial Engineering* 43 (2002) 351-374
- [5] Moon, C, Y. Seo. "Evolutionary algorithm for advanced process planning and scheduling in a multi-plant.", *Computers & Industrial Engineering* 48 (2005) 311-325
- [6] Moon, C, YH Lee, CS. Jeong, YS. Yun. "Integrated process planning and scheduling in a supply chain.", *Computers & Industrial Engineering* 54 (2008) 1048-1061
- [7] So'ensen, K, M Sevaux. "MALPM Memetic algorithms with population management.", *Computers and Operations Research* 33 (2006) 1214-1225
- [8] Yang, B, AB. Badiru, S. Saripalli. "A Facility Resource Scheduling for two stage supply chain.", *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering* 10(1) (2005) 67-78
- [9] Yimer, AS., K. Demirli. "A genetic approach to two-phase optimization of dynamic supply chain scheduling.", *Computers & Industrial Engineering* (2009), Corrected Proof

## 저 자 소 개

### 양 병 학



서울대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 및 박사학위를 취득하였고 동경공업대학교, 테네시 주립대학교에서 객원 연구원으로 활동하였다. 현재 경원대학교 산업정보시스템공학과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 물류관리, 공급사슬관리이다.

주소 : 경기도 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 산업정보시스템공학과

### Adedeji B. Badiru



Ph.D., Central Florida  
Research Interests: Industrial Development Projects, Expert Systems, Economic Analysis, Quality and Productivity Improvements, Computer Applications

Address : Professor and Department Head, System & Engineering Department, Air Force Institute of Technology, USA