

# 통합차량 운송경로계획모델

## Integrated GA-VRP Model for Multi-Supply Centers, Dongueui GA-VRP Solver

황 흥 석\*, 류 정철\*\*, 박 태원\*\*

Hwang Heung-Suk\*, Lu Jeong-Chul\*\*, Park Tae-Won \*\*

\* 동의대학교 산업공학과 교수

\*\* 동의대학교 산업공학과 박사과정

### 요 약

본 연구에서는 다 물류센터 문제를 해결하기 위한 통합 차량운송계획모델의 연구로서 다음과 같은 3 단계 모델을 개발하였다. 첫 번째 단계로서 다 물류센터의 문제를 단일 물류센터 문제로 변환하는 단계로서 물류센터별 공급 가능한 수요지를 선정하기 위한 방법인 구역할당모델(Sector-Clustering Model)을 개발하였으며, 두 번째 단계에서는 구역할당이 이루어진 단일 물류센터별로 차량경로 계획문제를 해결하기 위하여 개선된 Saving 알고리즘을 개발하여 차량종류 및 운송능력 등을 고려한 차량경로계획모델(VRP)을 개발하였다. 세 번째 단계에서는 차량경로별 차량운송거리 및 시간을 최소화하는 최적차량운송순서계획 모델 GA-TSP 을 개발하였다. 또한 객체지향 프로그래밍기법(Object Oriented Programming)을 기반으로 하여 사용자를 위한 GUI-Type 프로그램을 개발하고 다 물류센터의 통합차량운송계획을 위한 실 예를 들어 본 모델의 우수성을 보였다.

**Keyword :** Logistics, Distribution, VRP, GA, Simulation

### 1. 개 요

본 연구는 Heuristic 알고리즘 및 유전자알고리즘(GA)을 이용하여 통합차량운송계획 문제를 3 단계의 모델로 개발하였다. 차량 경로문제(VRP : Vehicle Routing Problem)를 해결하기 위한 접근방법으로 기존의

Saving 알고리즘을 개선하여 사용하였으며 유전자알고리즘(Genetic Algorithm)의 각종 연산자(Operators)들을 계산하여 사용하였다. 본 모델은 다음 3 단계의 접근방법을 사용하였다 ; 1) 다 물류센터의 문제해결을 위한 영역할당(Sector Clustering) 모델, 2) 경로계획모델(VRP Model), 및 3) 최적 운송 계획모델(GA-TSP Model). 본 모델들을 다양한 운송환경에서, 거리산정방법, 가용운송

장비 대수, 운송시간의 제한, 물류센터 및 운송지점의 위치 및 수요량 등 다양한 파라미터들을 고려한 통합시스템으로 3 개의 Component로 구성된 GUI-Type 프로그램을 개발하고 Sample 응용결과를 보였으며 기존의 모델 들 보다 우수한 결과를 보였다.

또한 이 연구는 객체지향적 프로그래밍기법(Object Oriented Programming)을 기반으로 한 다 물류센터의 최적차량운송계획을 위한 S/W의 연구이다. 다음과 같은 3 단계의 접근방법을 사용하였다 : 1) 다 물류센터를 단일 물류센터로 변환하기 위한 영역할당(Sector-Clustering)알고리즘을 개발하고, 2) 이를 이용하여 각 단일물류센터의 차량 경로계획을 수립하기 위한 GA-VRP를 개발하여 최적 차량경로계획을 구하였으며 3) 차량운송거리(비용, 시간)의 최소화하는 차량운송순서계획을 위한 GA-TSP 알고리즘을 개발하였다. 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 GUI-Type 프로그래밍 방법을 사용하여 위의 3 단계의 모듈들을 통합한 통합차량경로계획 S/W를 개발하였다.

본 연구에서 개발한 통합 차량경로계획모델은 보완 개발 될 경우 지금까지의 다 물류센터의 문제를 단일 S/W로 해결하지 못하던 문제를 사용자입장에서 쉽게 처리할 수 있도록 하였다.

그림 1은 3 단계 모델의 단계별 내용을 요약하였다. 또한 객체지향적 프로그래밍기법(Object Oriented Programming)을 기반으로 하여 사용자를 위한 GUI-Type 프로그램을 개발하고 다 물류센터의 통합차량운송계획을 위한 실 예를 들어 본 모델의 우수성을 보였다.

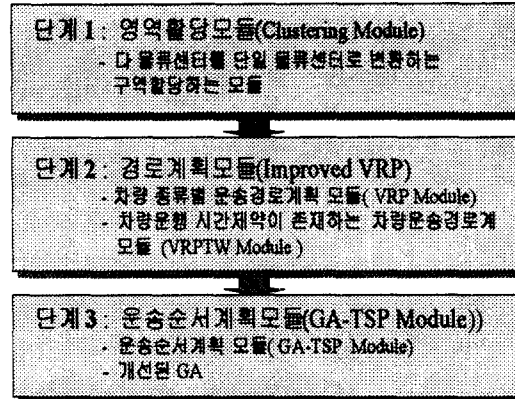


그림 1. 3-단계의 통합차량운송계획모델

## 2. 통합차량운송시스템, Dongeui VRP-Solver

본 모델은 3개의 서브모듈로 구성되어 있으며, 그 중에서 첫 번째 모듈은 구역할당(Sector Clustering)모듈로서 다 물류센터문제를 단일 물류센터의 문제로 변환해주는 역할을 한다. 두 번째 모듈은 VRP-Solver의 가장 중요한 연산모듈인 VRP 모듈로서 각 물류센터별 차량운송경로 구성(VRP)을 하며 세 번째 모듈은 각 운송경로별 운송순서계획 모듈로서 유전자 알고리즘을 기반으로 최적 운송경로순서를 구하는GA-TST 모듈이다. 본 프로그램은 입출력과 결과를 쉽게 볼 수 있도록 데이터베이스를 이용한 맵파일 위에 수요지가 입력되는 부분과 텍스트로 결과치가 표시되어 이를 크립보드 상으로 복사하여 응용프로그램에서 편집할 수 있도록 하였다. 그림 2에서 모델의 3개 모듈을 요약하였다. 본 연구에서 개발한 통합차량운송계획 시스템인 Dongeui V R P - S o l v e r 는

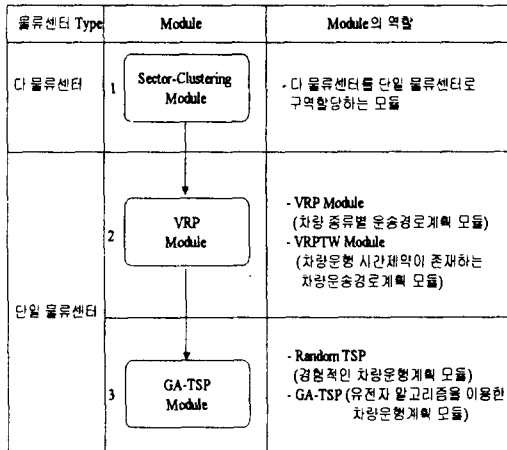


그림 2. 통합운송계획모델의 3 Module

OOP(Object Oriented Programming)를 기반으로 2개의 컴포넌트를 개발하여 기존의 개별모델들 보다 효과적이고 통

합모델로서 사용자가 사용하기 편리한 사용자 인터페이스(Graphical User-Interface)에 초점을 맞추어 설계되었다. S/W의 내부 운영의 측면에서 VRP-Solver는 다양한 기능, 편리성, 객체지향성, 통합성을 최대한 강조했으며, 이는 크게 3가지 모듈로 구성되어 있다. 프로그램 구성 도는 그림 3과 같다.

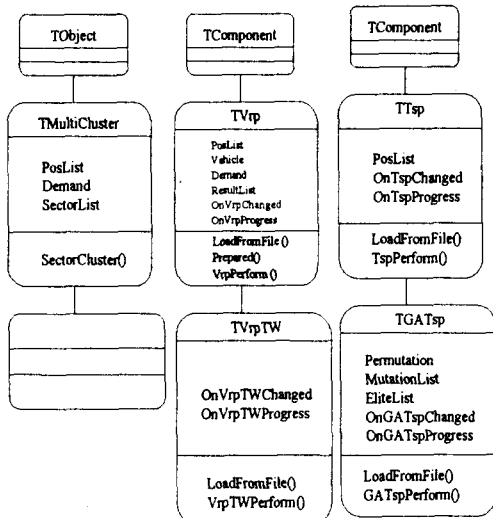


그림 3. 통합운송계획프로그램의 Component 구조

### 3. Dongeui VRP-Solver의 응용

통합차량운송계획 S/W의 우수성을 보이기 위하여 3개 Module을 연계하여 응용한 결과를 보였으며 본 S/W의 사용자 설명서는 별첨 부록으로 정리하였다.

#### 1) 구역할당(Sector-Clustering Module)

본 모듈은 다 물류센터를 단일 물류센터로 구역할당을 하는 모듈이다.

사례 : 수요지가 100개이고, 물류센터가 4개인 경우에 구역할당을 한 결과를 그림 4와 같다

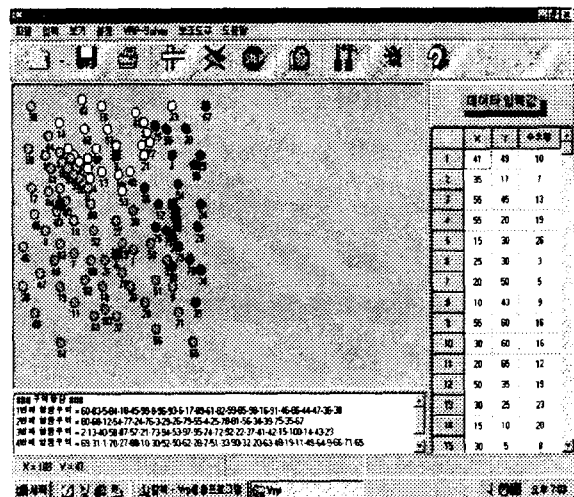
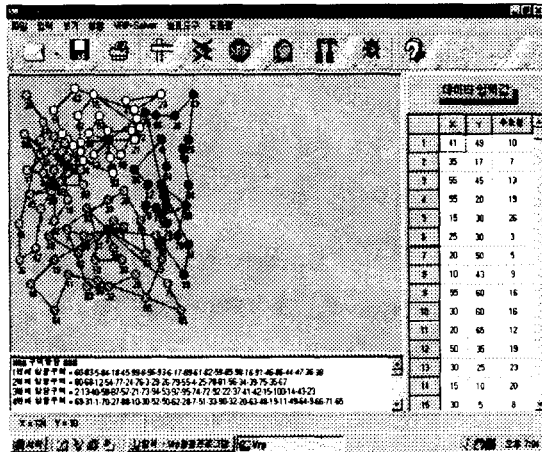


그림 4. Sector-Clustering 화면 (Depot 4, 수요지 100)

#### 2) 차량경로계획( VRP Module)

본 모듈은 Sector-Clustering Module을 상속받아서 다 물류센터를 단일물류센터로 변화하여 차량경로계획을 수립하기 위한 모듈로서, 차량 종류별, 차량대수, 운반능력을

고려하고, 차량운행시간제한 및 물류센터의 공급능력을 고려하여 차량경로문제를 해결하는 모듈이다.



사례 : 그림 4의 각 물류센터별 차량경로를 결정한 화면이다.

그림 5. 물류센터별 차량경로결과화면

### 3) GA-TSP Module

본 모듈은 Improved VRP Module을 상속 받아서 차량운행거리(시간, 비용)를 최소화 하는 모듈로서 다양성, 편리성, 통합성이 우수하며, 개선된 유전자 알고리즘을 이용하여 최적차량순서계획을 위한 모듈이다.

사례 : 그림 6은 본 소프트웨어의 통합모듈인 파라미터를 나타낸다

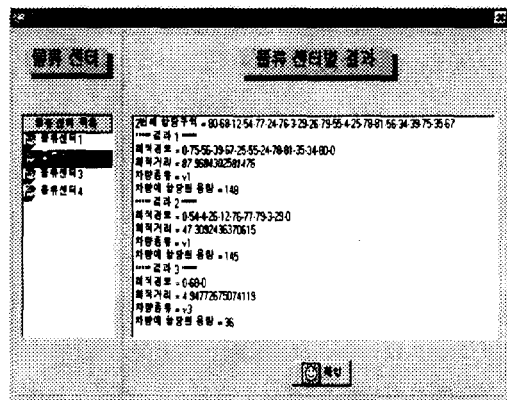


그림 6. 통합모듈인 파라미터 설정화면  
그림 7은 물류센터별 최적차량 순서 계획이 완성된 결과화면이다.

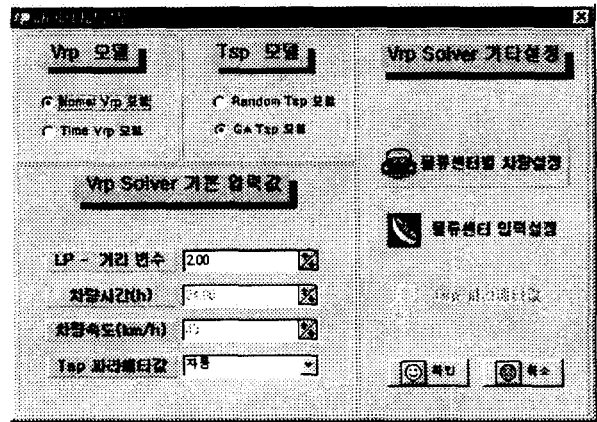


그림 7.물류센터별 최적차량순서 결과화면

### 4) 통합차량경로계획 사례

전국 3개지역의 물류센터 별 차량운송계획문제의 사례.

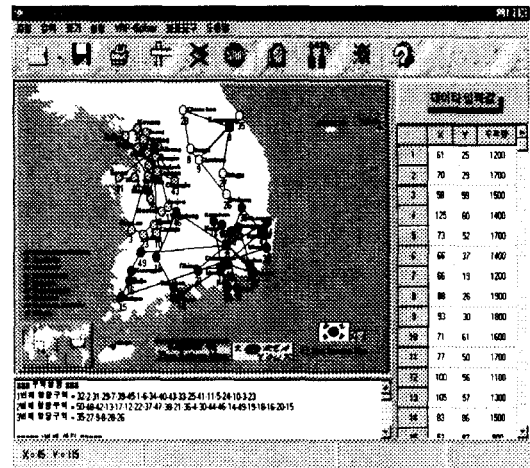


그림 8. 물류센터별 통합 차량경로계획 결과

### 5) 본 모델의 응용결과

기존의 모델들과의 비교를 위하여 다양한 데이터를 사용하여 Clarke & Wright(C&W)의 Saving 알고리즘과 본 연구에서 제시한 개선된 Saving 알고리즘과 비교

리즘을 사용한 모델인 VRP 모델 및 GA-TSP 모델을 비교하였다. 그 결과를 표 1과 같이 비교 정리하였다. Solomon 데이터에서 사용된 차량 용량은 동일하게 200이고 물류센터 극좌표는 (70, 70)이다. 여기서 알 수 있는 것은 C&W모델 보다 VRP모델이 약간 우수하다. 그에 반하여 GA-TSP 모델이 매우 우수함을 볼 수 있다.

차량의 수를 줄일 수 있으므로 물류센터 측면에서 비용을 절감하는 효과를 가져올 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 유전자 알고리즘(GA :Genetic Algorithm)을 사용하여 시간 제약이 존재하는 차량 운송경로계획문제를 위한 모델의 개발이다. 이를 위하여 다 물류센터를 단일 물류센터의 문제로 변환하는 영역활당 모듈과 VRP 및 GA-TSP 등 3 단계의 접근 방법을 사용하였다. 통합시스템을 위하여 프로그램은 3개의 Component로 구성된 GUI-Type으로 개발하였으며 Sample 예제를 통하여 차량의 종류별 차량운송경로계획과 운송하는데 소요되는 시간 및 적재된 차량의 용량을 고려하여 최적운송계획을 쉽게 구할 수 있게 하였다. 기존에 개발된 프로그램들과 본 알고리즘과 비교 검토하기 위한 추가 연구를 계속 할 예정이다.

표 5. 본 연구와 기존연구와의 결과비교  
(괄호안 수는 차량 수)

문제 번호	수요지 수	Gillett & Miller	Christofides & Eilon	본 연구	
				VRP	GA-TSP
1	21	591(4)	585(4)	507(4)	424(4)
2	22	956(5)	875(5)	704(3)	690(3)
3	29	875(4)	545(3)	700(3)	599(3)

본 연구에서 다 물류센터의 문제를 단일 물류센터로 구역활당을 한 후에 차량경로계획 문제로 해결하였으나 기존의 기법들은 단일 물류센터 문제로서 초기 해의 경로에 삽입기법을 적용하여 차량경로계획문제를 해결하는 방법을 사용했다. 따라서 본 연구의 결과는 차량의 적재용량을 최대한 채워서 배송하는 알고리즘을 적용하였으며, 그 결과 기존의 기법보다 많은 양을 적재하여 배송하는 결과가 나타났다. 그리고 차량경로거리도 대부분 적게 나왔다. 좀더 많은 연구와 비교분석을 해야 하겠지만 차량의 적재용량을 최대한 활용하므로 배송할

#### 참 고 문 헌

- [1] Achim Bachem et al, "An efficient parallel cluster-heuristic for large Traveling Salesman Problems" Universitat zu Koln ,1994
- [2] Christofides, N. and S. Eilon, "An Algorithm for the Vehicle Dispatching Problem", *Operational Research Quaterly*, Vol. 20, No.3, pp. 309~318, 1969
- [3] Clarke G. and J. Wright, "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points," *Operations Research*, Vol.12, No. 4, pp. 568-581, 1964.
- [4] Dantzig, G., Fulerson, D. & Johnson, S., "Solution of a large scale traveling salesman problem", *Oper. Res.* p393~410, 1954.

- [5] Golden, B., I. Bodin, T. Doyle, and W. Stewart Jr., "Approximate Traveling Saleman Algorithm," Operations Research, Vol., 28, pp. 694-711, 1980.
- [6] Gillet, B. and L. Miller, "A Heuristic Algorithm for the Vehicle Dispatch Problem," Operations Research, Vol. 22, No. 2, pp.340-349, 1974.