韓 國 軍 事 運 營 分 析 學 會 誌
第 25 卷, 第 2 號, 1999. 12. 31.

입지선정비를 고려한 입지-배정 문제에 관한 연구*
(A study on Location-Allocation Problem with the Cost of Land)

양 병 학**

Abstract

We consider a Location-Allocation Problem with the Cost of Land(LAPCL). LAPCL has extremely huge size of problem and complex characteristic of location and allocation problem. Heuristics and decomposition approaches on simple Location-Allocation Problem were well developed in last three decades. Currently, genetic algorithm(GA) is used widely at combinatorics and NLP fields. A lot of research show that GA has efficiency for finding good solution. Our main motive of this research is developing of a GA in LAPCL. We found that LAPCL could be reduced to trivial problem, if locations were given. In this case, we can calculate fitness function by simple technique. We propose fourth alternative genetic algorithm. Computational experiments are carried out to find a best algorithm.

* 본 연구는 1999년도 경원대학교 학술비의 지원을 받아 수행된 과제임
** 경원대학교

1. 서　론

입지 모형이란 설비 계획을 하는데 있어 가장 먼저 선행되어져야 하는 단계로 공항, 학교, 기계, 창고, 오물 처리장, 생산 공장, 우체국, 병원, 건물 등을 새로이 신축하고자 계획할 때 어느 곳에 입지를 선정하는 것이 가장 비용이 적게 들며 효과적인가를 알아내고자 하는 위치 결정 문제의 해결 방안을 말한다. 그 동안 입지모형에서 다루어진 문제들을 분석해보면 개략적으로 다음과 같이 분류가 된다.

-수송비용 형태

수리적인 분석상 수송비용을 직각거리, 직선거리 또는 실제거리에 의해서 산출한다. 직각거리 및 직선거리를 사용하는 경우에 평면상의 입지모형이라 하고, 실제거리를 사용하는 경우 네트워크 모형이라고 한다.

-후보지의 사전 설정 여부

신설 설비의 입지후보지가 미리 결정된 경우에는 일반적으로 네트워크모형화가 가능해서 실제거리를 이용해 해결할 수 있다. 미리 결정되어 있지 않은 경우에는 많은 경우에 평면상의 입지모형으로 해결한다.

-입지비용 고려여부

신설 설비의 후보지가 알려져 있는 경우에는 입지비용의 추정이 가능하여 고려되는 경우가 많이 있으나, 후보지가 미지인 경우에는 입지비용의 추정이 어려워 고려하지 않고 있다.

특히 우리 나라와 같이 경제력에 비하여 토지가격이 높은 곳에서는 후보지의 위치에 따른 수송비만이 아니라 토지구매비도 고려하여야 한다. 실제로 수송비만을 고려한 결과 우리 나라 전제 매출액의 60% 정도를 발생시키는 수도권 지역이 항상 최적입지로 선정되었다. 이에 비에 수도권은 토지구매비가 높아서 입지에 불리한 조건을 가지고 있었다. 따라서 수송비와 토지구매비를 포함한 건설비를 모두 고려한 분석 모형이 요구되고 있다.

본 연구에서 다루려는 문제는 입지문제로 알려진 수리계획문제를 기초로 실제 현업에서 발생하는 입지문제의 상황을 도입한 것이다. 비용함수에 토지구매비를 포함시킴으로써 입지에 따라 수송비와 건설비가 동시에 변하는 상황을 고려할 수 있는 보다 현실적인 문제를 해결하려고 한다. 따라서 본 연구에서 해결하려는 문제는 기존의 문제에 비하여 상당한 수리적 난이도가 요구된다.

본 연구의 목적은 이러한 복잡한 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방법으로 유전자 알고리즘을 제시하는 것이다. 유전자 알고리즘은 생물진화(선택도태 또는 돌연변이)의 원리로부터 착안된 알고리즘으로, 확률적 탐색이나 학습 및 최적화를 위한 한가지 기법이라고 간주할 수 있다. 유전자 알고리즘은 적자생존 및 유전자 교환의 원리를 확률적으로 구현한다. 부모 역할을 수행할 해는 각 개체 해의 상대적 적합도에 비례하여 확률적으로 선발한다. 또한 유전자의 재조합 과정에서는 돌연변이에 의하여 유전인자를 임의로 변형하기도 한다. 이러한 의도적인 우연성의 활용은 탐색 절차가 국소적 최적해(local optimum)에 수렴하는 현상을 방지하기 위한 것이다.

유전자 알고리즘 절차가 반복적으로 수행될 때마다, 우수한 유전형질만이 다음세대까지 생존하며 나머지 열등한 유전형질은 도태된다. 집단의 규모, 즉 한 세대를 구성하는 유전자의 개체 수가 제한적일지라도 집단은 진화를 거듭함으로써 더 우수한 상태로 빠르게 적응해 나간다. 이러한 집단적 진화의 과정

은 원 문제의 목적 함수에 대한 최적화 상태로 수렴하는 것을 의미한다.[18]

유전자 알고리즘은 최적화를 위한 전통적 탐색기법과는 다르다. 첫째로, 유전자 알고리즘은 내재적인 병렬성(implicit parallelism)을 구비하고 있다. 고전적 탐색절차는 단일의 해를 평가하고 개선해 나가는 방식이지만, 유전자 알고리즘은 해의 집단을 동시적으로 진화시켜 나가는 방식이다. 둘째로, 다수의 해를 동시적으로 처리할 뿐만 아니라, 가능해 공간의 여러 점으로부터 얻어 낸 모든 정보를 종합적으로 활용함으로써 유전자 알고리즘은 국소적 최적 생태로 수렴하는 문제를 효과적으로 억제한다. 이러한 두 가지 특징적 장점으로 인하여 유전자 알고리즘은 NP-hard부류의 문제에 성공적으로 응용되고 있다.

2. 연구배경

본 연구에서 다루려는 입지 문제는 이미 많은 연구가 진행된 분야로 다음과 같은 결과가 알려져 있다.

Webb(1968),Rand(1976), Krarup과 Pruzan(1980)은 수배송비용이 분배센터나 배송센터의 위치, 차량의 적재용량과 운행경로 등에 따라 달라지게 됨을 보였다. 오래 전부터 많은 학자와 실무자들이 센터의 위치와 차량운행경로간의 상호 관련 관계를 인식하고는 있었지만, 차량운행경로문제(Vehicle Routing Problem) 자체의 계산상의 복잡성 때문에 입지분석에 차량운행경로를 반영하는 연구는 극히 제한적이었다[30,27,22] Eilon et al.(1971)은 분배센터입지문제(Distribution Center Location Problem)에서 차량운행경로를 고려하였는데, 그는 외판원문제 (Traveling Salesman Problem)에 확률방법을 적용하여 배달비용을 추정하였다. 이 추정치는 극히 한정적인 경우에만 유용하다[14]. Federgruen과 Lageweg(1980)은 생산자로부터 소비자에 이르기까지 몇 단계를 거쳐서 상품을 분배하는 계층적 물류시스템을 설계하는 지침을 마련하였는데, 재고는 고려하지 않았다[16].

Laporte와 Nobert(1983)는 여러 지점을 서비스하는 외판원들의 활동거점인 단일차고의 위치를 결정하는 문제를 다루었다. 이때 단일의 최적 차고위치는 차고의 운영비용과 차량운행비용이 최소가 되는 곳이다. 그들은 미리 차량운행경로비용을 추정하는 대신 최적의 차고위치와 복수 외판원의 차량운행경로를 동시에 산출하는 수리모형을 세우고 정수계획모형의 해법을 적용하는 방안을 제시하였다[23].

Perl과 Daskin(1985)은 배달비와 창고운영비의 합계가 최소가 되도록 창고의 수, 규모와 위치, 고객을 관할하는 창고영역, 차량운행경로를 결정하는 창고입지문제와 차량경로문제가 복합된 문제(Warehouse Location_Routing Problem)를 다루었다. 그들은 이 문제를 3개의 부분문제로 분할하였다. 배달비용은 부분문제의 하나인 복수차고 차량경로문제를 발견적 해법을 이용하여 푼 결과로 산출된다. 여기서 구해진 차량경로별 배달비용은 다른 부분문제의 하나인 입지문제에 대한 기본 정보로 활용된다. 그들은 입지문제와 차량경로 문제를 번갈아 반복하여 풀음으로써 개선된 해를 얻게 되는 발견적 방법을 제시하였다[26].

Daganzo(1984a, b)는 차고를 중심으로 일정지역을 여러 구역으로 분할하고, 그 구역 내에 산재해 있는 지점들을 서비스할 차량의 경로를 수작업으로 만들어 가는 과정을 예시하고, 그 방법에 근거해서 구역

의 형상에 맞추어 차량이 운행할 거리를 예측하는 간단한 공식을 개발하였다. 본 연구에서는 수배송차량의 적재용량을 고려해서 Daganzo의 공식을 수정 보완하여 분배센터와 배송센터간의 수배송비용을 추정하려한다[11,12]. Daganzo와 Newell(1986)은 수송비와 재고유지비를 최소화하기 위한 물류시스템의 최적 구조를 찾으려 하였다[13]. 최인찬(1997)등은 경쟁적 입지선정 문제에서 안정집합을 찾기 위한 유전자 해법을 제시했다.[8] 송성헌(1987)은 단 단계 물류관리시스템에서 차량운행을 고려한 분배센터의 입지를 선정하는 문제를 다루었다[6]. 송성헌, 양병학은 물류시스템 설계를 위한 의사결정지원 패키지의 개발을 시도하기도 했다[4]. 본 연구와 유사한 연구로는 양병학의 직선거리를 기초로 한 평면상의 최적입지에 대한 컴퓨터분석모델 LAT가 있다[2].

본 연구에서 다루려는 물류시스템에 관련된 제 비용은 아래와 같다.

- 후보지와 수요처간의 수송비용 :

거리별 수송단가는 알려져 있으며 수송비는 결국 수송거리, 수송단가와 수요량의 곱으로 결정된다.

- 후보지의 투자비용:

후보지의 투자비는 시설비와 토지구매비로 결정된다. 시설비는 어느 위치에서나 동일한 단가를 적용하며 용량에 선형 비례한다. 토지구매비는 위치에 따라 다른 단가를 적용하며 용량에 선형 비례한다.

- 공장설립가능지역

지도상에 공장설립이 가능한 지역은 제한되어 있다. 예를 들어 하천, 해양과 같은 자연적 입지불가지역이나, 자연녹지와 같은 법률상 입지 불가지역이 존재한다. 이와 같은 입지불가 지역을 제외한 입지가능지역내에서 공장을 설립해야 한다.

- 복수후보지 : 각 후보지의 위치와 용량은 알려져 있지 않다. 후보지의 용량은 후보지가 담당하는 수요처의 수요량에 선형 비례한다.

- 수요처 : 수요처의 수는 복수이며 각 수요처는 후보지에 요구하는 수요량이 확정적으로 알려져 있다. 하나의 수요처는 하나의 후보지에서 전량서비스를 받는다. 어느 후보지가 서비스할지는 결정변수가 된다.

이 모형은 잘 알려진 입지-배정(Location-Allocation)문제가 된다. 단, 후보지의 건설비용에서 토지구매비가 추가됨으로써 후보지의 위치에 따라 건설단가가 달라지는 문제로 확장되었음을 알 수 있다. 이 문제를 수리모형화 하면 다음과 같다.

$$Min \sum_i^n \sum_j^m z_{ij} D_i d_{ij} + \sum_i^n \sum_j^m z_{ij} R_i (P(x_j, y_j) + C)$$

subject to

$$(x_j, y_j) \in F$$
$$\sum_j^m z_{ij} = 1, \quad for\ all\ i$$
$$z_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad for\ all\ j, i$$

단,

n = 수요지의수

m = 후보지의수

F = 공장설립이 가능한 지역

z_{ij} = 1 , 후보지j가 수요지i를 서비스한 경우
0 , 아닌 경우,

D_i = 수요지 i의 수요량,

R_i = 수요지 i를 위한 후보지 용량 요구량,

d_{ij} = 수요지 i에서 후보지 j까지의 수송비,

(x_j, y_j) 후보지 j의 평면상의 위치,

$P(x_j, y_j)$ = 위치별 토지단가,

C = 건설단가.

상기의 문제는 각각의 수요처를 어느 후보지가 서비스할 것이냐의 할당문제와 후보지의 위치를 어디에 두어야 하느냐의 두 가지 문제가 복합적으로 발생하는 문제이다. 또, 기존의 문제와 달리 후보지의 위치에 따라 후보지 건설비용이 변하게 된다.

3. 유전자 알고리즘

이 문제에 대한 유전자 해법 표현방식을 보면 두 가지가 가능하다.

전략 1. 선배정전략

선배정전략은 수요처를 후보자의 수만큼 분할하는 경우이다. 가능한 분할의 수는 다음과 같다.

$$\sum_{j=0}^{m-1}\frac{(-1)^j(m-j)^n}{j!(m-j)!}$$

분할된 하나의 담당영역에서는 하나의 신설입지를 결정하면 된다. 이 문제는 다음과 같이 구성된다.

선배정전략하의 k번째 단일입지문제

$$Min\sum_i^{n_k}D_id_{ik}+\sum_i^{n_k}R_i(P(x_k,y_k)+C)$$

단,

n_k = k구역의 수요처의수

D_i = 수요지i의 수요량,

R_i = 수요지i를 위한 후보지 용량 요구량,

d_{ik} = 수요지i에서 후보지k까지의 수송비 ,

(x_k, y_k) 후보지 k의 평면상의 위치,

$P(x_k, y_k)$ = 위치별 토지단가 ,

C = 건설단가.

이 문제는 단일후보지문제에 토지구매비를 고려한 문제가 된다. 평면상에 토지구매비는 어떤 수학적 성질을 가지고 있지 않음으로 이 부분문제의 최적해를 구하는 것은 평면상의 전공간을 찾아야 된다. 따라서 상당한 수의 부분문제를 만들어내야 하고 그 부분문제의 최적해도 구하기 힘들다는 사실을 알 수 있다.

전략 2. 선입지전략

이 전략은 각 후보지의 위치를 고정하는 것이다. 이때 각 후보지의 가능한 위치는 평면상의 전 공간상에서 찾아나가야 한다. 각 후보지의 위치가 고정되면 후보지별로 서비스할 수요처를 선정하는 배정문제를 해결해야 한다. 그런데 후보지의 위치가 고정된 경우에는 특정수요처에서 각 후보지와의 수송비와 건설비가 미리 알려져 있는 상태가 된다.

이 문제는 다음과 같다.

$$\sum_i^n Minimum_{j=1}^m\{D_id_{ij}+R_i(P(x_j,y_j)+C)\}$$

단,

n = 수요지의수

m = 후보지의수

z_{ij} = 1 ,후보지j가 수요처i를 서비스한 경우
0 ,아닌 경우,

D_i = 수요지i의 수요량,

R_i = 수요지i를 뤼한 후보지 용량 요구량,

d_{ij} = 수요지 i에서 후보지j까지의 수송비,

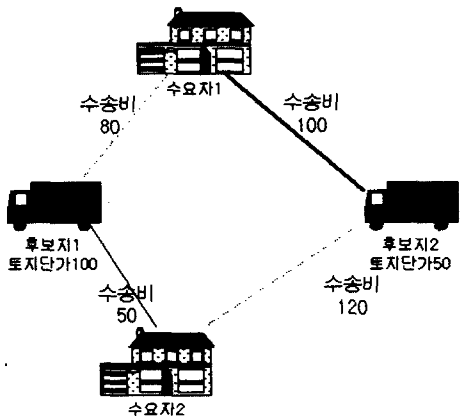
(x_j, y_j) 후보지 j의 평면상의 고정된 위치,

$P(x_j, y_j)$ = 위치별 토지단가,

C = 건설단가.

이 문제의 최적해는 간단하게 구할 수 있는데 그림[1]을 참고해 보자. 그림[1]에서와 같이 후보지 1과 2의 위치가 주어지면 후보자1과 2의 토지단가와 수요자1에서 각 후보지까지의 수송단가가 알려진다. 각각의 수요량이 1이라고 가정하면, 그림의 예에서

수요자1을 후보지1이 담당한다면 총비용은 180이 소요되며, 후보지2의 경우에는 150이 소요된다. 따라서 수요지1의 담당 후보지는 후보지 2가 된다. 마찬가지로 수요자2에 대하여도 풀어보면 후보지1이 담당하며 총비용은 150이 발생한다. 이 문제는 (nxm)개의 비교에 의해서 쉽게 구할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 후보지의 위치를 결정하는 부분문제를 만들어 내는 전략만 효율적이라면 부분문제를 해결하는 것은 상당히 수월하다는 것을 알 수 있다. 이에 우리는 선입지 전략에 의해 이 문제를 해결하려고 한다.



[그림 1] 선입지전략하의 배정결과

유전적 표현

한 문제에 대한 해는 m개 후보자의 평면상의 (X,Y) 좌표가 된다. 따라서 한 개체는 다음과 같이 표현된다.

$$((x_1, y_1), (x_2, y_2), \ldots (x_m, y_m))$$
$$\text{단}, x_i = \text{후보자}i\text{의 } X\text{좌표}$$
$$y_i = \text{후보자}i\text{의 } Y\text{좌표}$$

이때 각 변수값은 실수값으로 부동점(floating-point) 표현을 사용한다.

목적함수

주어진 유전자에는 m개의 후보지 위치가 표시되어 있다. 기존의 수요자들에 대하여도 그 위치와 수요량이 알려져 있으므로 목적함수값은 다음과 같이 계산된다.

$obj\_val = 0;$
$for\ i = 1\ to\ n;$
$\cos t(i) = \max;$
$serve(i) = 0$
$for\ i = 1\ to\ m;$
$\text{if} \cos t(i) \geq D_i d_{ij} + R_i(P_j(x_j, y_j) + C)$
$then\ \cos t(i) = D_i d_{ij} + R_i(P_j(x_j, y_j) + C)$
$serve(i) = j$
$endif;$
$next\ i;$
$obj\_val = obj\_val + cost(i);$
$next\ j;$

벌금함수

지도상의 지역 중에서 입지불가 지역에는 큰 값의 토지구매비(벌금)를 배정하여 적응도 상에서 불리하게 작용하도록 한다.

선별(selection) 전략

선별은 토너먼트 선별법을 사용한다. 토너먼트선별법이란 다음의 절차를 따른다.

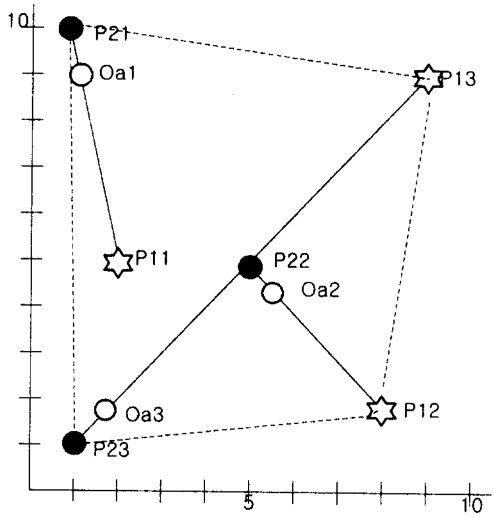
단계1. 토너먼트의 크기k를 결정한다.

단계2. 현재 모집단에 잇는 모든 개체를 임의의 순서로 나열한다.

단계3. 나열된 개체중 처음 k개의 개체를 비교하여 그중 가장 좋은 개체를 생존시킨다.

단계4. 나열된 개체가 모두 비교되면 현재 모집단의 개체들을 새로이 임의의 순서로 나열단계5. 모든 개체가 구해질 때까지 단계3과 단계4를 반복한다.

토너먼트의 크기는 2이상이며 일반적으로 k=2를 사용한다. 우리는 예비실험을 통해 적정한 토너먼트의 크기를 찾아보기로 한다.



[그림 2] α가 0에서 1사이인 경우의 교차 결과

교차연산자

본 문제에서는 산술교차법[1]을 사용하기로 했다. 산술교차란 두 부모의 선형조합에 의해 두 자손을 생산한다.

예를 들어 두 부모 P1,P2가 다음과 같다.

$$P1 = ((a_1, b_1), (a_2, b_2), \ldots (a_m, b_m))$$
$$P2 = ((c_1, d_1), (c_2, d_2), \ldots (c_m, d_m))$$

이때 자손은 다음과 같이 생산된다.

$$O1 = \alpha P1 + (1-\alpha) P2$$

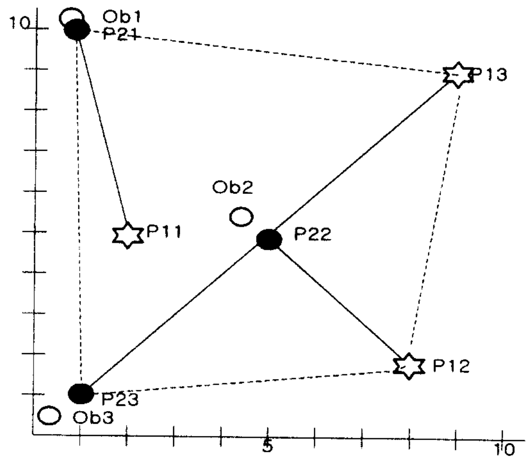
$$O2 = \alpha P2 + (1-\alpha) P1$$

만약 다음과 같은 후보자의 수가 3이고 α가 0.3이라면 두 부모와 그사이에서 발생한 자손은 다음과 같다.

$$P1 = (P11, P12, P13) = ((2,5), (8,2), (9,9))$$

$$P2 = (P21, P22, P23)$$

$$= ((1,10), (5,5), (1,1))$$



[그림 3] α가 -1에서 1사이인 경우의 교차 결과

$$Oa = 0.3P1 + 0.7P2$$

$$= (Oa1, Oa2, Oa3)$$

$$= ((1.3, 8.5), (5.9, 4.1), (3.4, 3.4))$$

[그림2]는 α가 0에서 1사이인 경우의 부모와 자손과의 관계이다. 자손은 두부모의 가장 외각을 연결하는 영역 내에서만 존재한다는 것을 알 수 있다. 그렇게 되면 이 영역 외의 공간을 탐색할 가능성이 적게된다. 물론 이후에 돌연변이에 의하여 그 가능성은 존재하지만 이는 극히 작은 경우가 된다. 따라서 우리는 α의 값을 음수값도 허용하기로 했다. 만약 α의 값이 -0.1이라면 우리의 예제는 다음과 같이 변경된다.

$$P1 = (P11, P12, P13) = ((2,5), (8,2), (9,9))$$

$$P2 = (P21, P22, P23) = ((1,10), (5,5), (1,1))$$

$$Ob = -0.1P1 + 1.1P2 = (Ob1, Ob2, Ob3) = ((0.9, 10.5), (4.7, 5.3), (0.2, 0.2))$$

따라서 우리는 α의 값을 음수를 허용하고, 해법이 진행됨에 따라 변하게 함으로써 해의 탐색영역을 좀더 확장하도록 했다.

돌연변이

균등돌연변이를 사용한다. 균등돌연변이(uniform mutation)는 해벡터의 한 원소를 변화시키는 변이이다.

예를 들어 돌연변이가 O1에서 선택되었다면 돌연변이 후 결과는

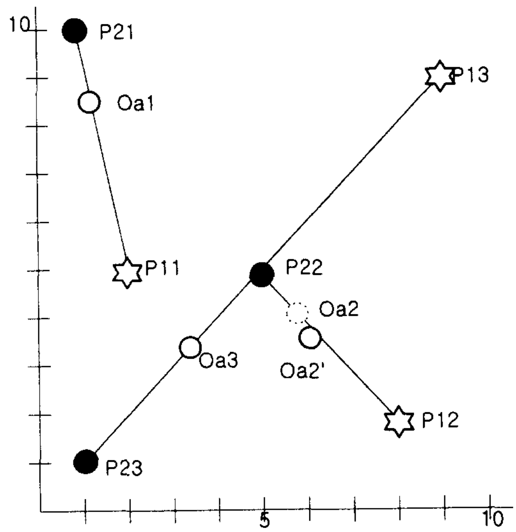
$$O1 = ((a_1, b_1), \ldots, (a_k, b_k)', \ldots, (a_m, b_m))$$

이 된다. 여기서 $(a_k, b_k)'$는 (a_k, b_k) 정의 구역에서 임의로 추출한 값이다.

만약 O12가 선택되었다면 다음과 같다.

$$Oa = (Oa1, Oa2, Oa3) \\ = ((1.3, 8.5), (5.9, 4.1), (3.4, 3.4))$$

$$Oa' = (Oa1, Oa2', Oa3) \\ = ((1.3, 8.5), (6.1, 3.5), (3.4, 3.4))$$



[그림 4]돌연변이의 결과

이상을 정리하면 유전해법의 전체적인 흐름은 다음과 같다.

```
begin
   t ← 0
   P(t)의 초기화(초기모집단 생성)
   P(t)의 적응도 평가
  while (종료조건이 만족되지 않으면 ) do
    begin
      t ← t +1
      P(t-1)로부터 P(t)를 선별
            (토너먼트 선별 사용)
      P(t)의 유전연산
            (산술교차와 균등돌연변이)
      P(t)의 적응도 평가
    end
end
```

4. 적용 예

본 연구를 위해서 기본적으로 우리 나라를 우편번호상의 행정구역으로 분할하였다. 우편번호를 기준으로 토지단가에 대한 데이터베이스를 구축하였고, 토지단가는 난수를 발생시켜 실제토지단가와 대치하였다. 실제토지단가는 현재 공시지가의 관리 등에서 데이터베이스로 관리하고 있으므로 추후 연결작업이 완성되면 실제 적용 상에도 좋은 결과를 기대할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 우리 나라 우편번호상의 행정구역과 이 구역에 가상의 토지단가를 이용하여 해법을 적용하였다.

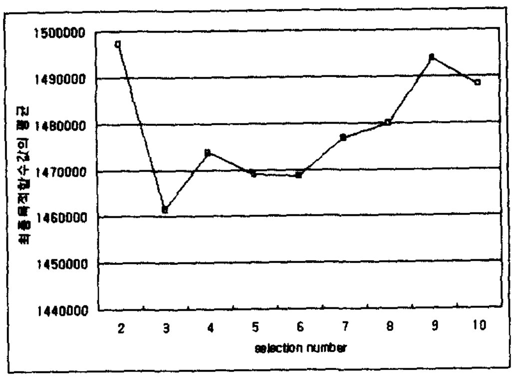
4.1 파라메타 추정

본 연구에서는 유전자 해법의 여러 가지 파라메타중 교차비율, 돌연변이의 비율, 선별전략에서 선별의 수 등이 해법에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 실

험은 전국 41개의 대리점에 3개의 물류센터를 설립하는 경우의 문제에 대하여 실험하였다. 같은 문제에 대하여 선별의 종류는 9가지, 교차비율은 5가지, 돌연변이 비율은 7가지의 총 365번의 실험을 실시하였다. 각각의 교호 작용에 대하여는 무시하고 각 평가항목별 최종목적함수값을 평균하여 분석하였다.

(1) 선별

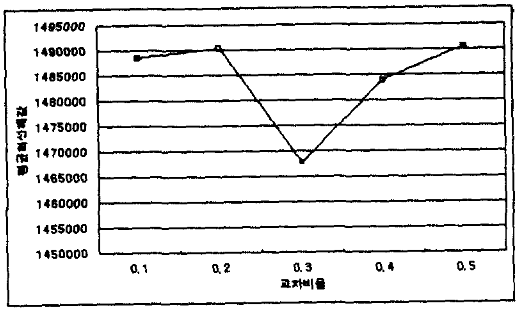
선별은 2개에서 10개까지 총 9개에 대하여 분석하였다. 그 결과 선별개수가 3개인 경우 평균적인 목적함수값이 가장 우수하였고, 그 이후에는 오히려 불리하게 되는 것을 확인 할 수 있었다. 일반적으로 선별개수를 2개를 사용한다는 연구결과[1]에 비추어 3개는 의미 있는 결과라고 판단된다.



[그림 5] 선별 예비 실험 결과

(2) 교차비율

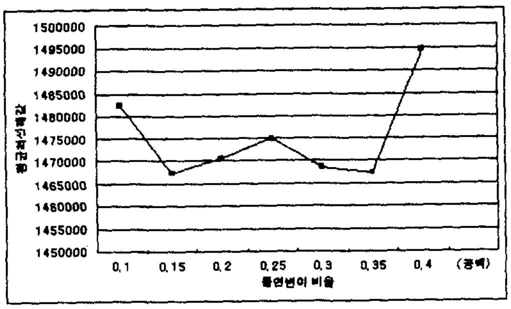
교차비율은 0.1에서 0.5까지 0.1씩 증가하며 분석하였다. 분석결과 0.3에서 우수한 값이 나왔다. 교차비율이 0.3보다 작으면 우수한 개체의 상속 가능성이 작아지고, 0.3보다 큰 경우에는 집단내의 다양성이 떨어져서 해의 개선 효과가 작아진 것으로 판단된다.



[그림 6] 교차 예비 실험 결과

(3) 돌연변이 비율

돌연변이는 교차에 0.1에서 0.05씩 증가하며 0.4까지 분석하였다. 분석결과 0.3과 0.35정도에서 우수한 결과가 보이고 있다. 돌연변이율이 0.35보다 커지면 해의 다양성은 증가하지만 좋은 해를 찾아가는 수렴과정에 나쁜 영향을 주는 것으로 알려져 있다.



[그림 7]돌연변이 예비 실험 결과

이상에서 선별은 3개, 교차비율은 0.3, 돌연변이 비율은 0.35정도가 적절한 것으로 예비시험 결과가 나왔다.

4.2 교차비율과 돌연변이 비율의 변화

본 연구에서 우리의 주요 관심사는 해의 진행과정 중에 교차비율과 돌연변이 비율을 변경시키는 경우, 해의 수렴과정에 미치는 영향이 어떠한가 이다. 이는 시뮬레이티드 어닐링(simulated annealing)에서

차용한 개념[1]이다. 이를 통해 우리는 초기 단계에서 좀더 다양한 해공간을 탐색하게 되리라고 기대한다. 이를 위해 예비실험에서 적절한 것으로 나타난 교차비율과 0.3과 돌연변이 비율 0.35를 고정시킨 일반적인 유전해법과, 각각의 비율을 변경시키는 경우에 대한 비교 실험을 실시하였다.

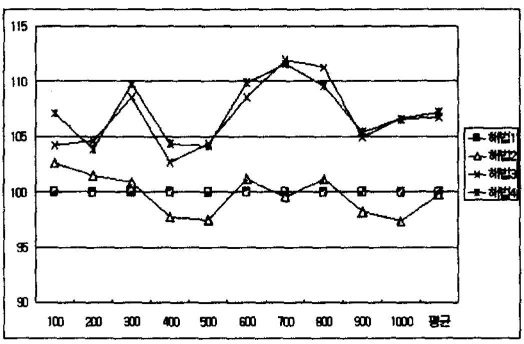
해법1 : 교차비율, 돌연변이율 고정

해법2 : 교차비율 변경, 돌연변이율 고정

해법3 : 교차비율 고정, 돌연변이율 변경

해법4 : 교차비율, 돌연변이율 변경

교차비율과 돌연변이율은 최대 0.5에서 해가 진행됨에 따라 조금씩 감소시켜서 마지막 단계에서는 각각 0.3과 0.35로 수렴하도록 하였다. 실험문제는 대리점의 수가 100개에서 1000개까지 10가지 종류에 대하여 10번의 반복실험을 실시하였다. 분석을 쉽게 하기 위해서 각 해법의 평균목적함수값과 해법1의 목적함수값과의 비율로 변환하였다. 그 결과는 [그림8]과 같다.



[그림8]해법간 비교 실험 결과

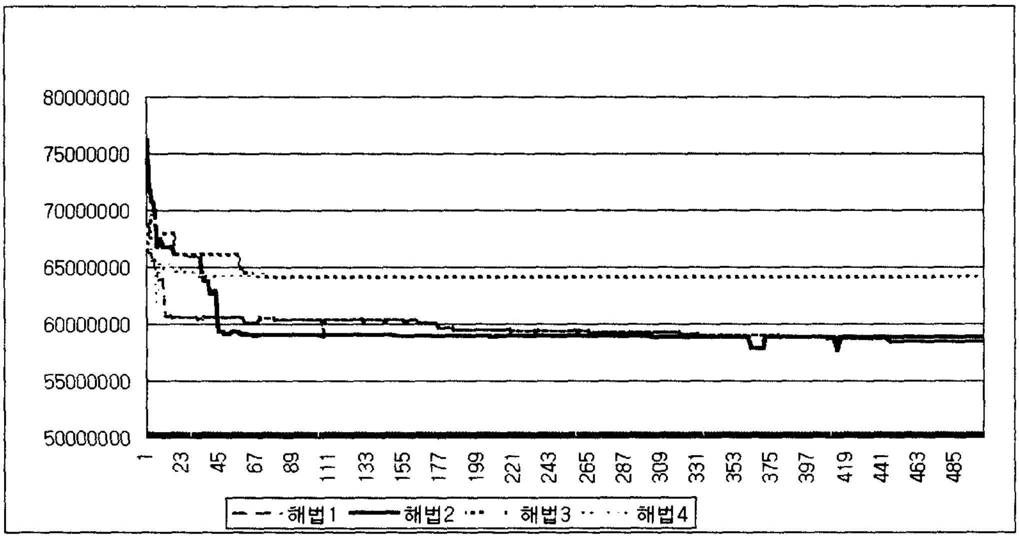
[그림8]에 의하면 해법12와 해법34는 확연히 차이가 남을 발견할 수 있다. 해법3은 돌연변이율을 변경시킨 경우로 전 범위에서 해법1,2에 비해 불리한 것으로 나타났다. 해법4의 경우도 돌연변이율을 변경시킨 것 때문에 비슷한 결과가 나온 것으로 판단된다. 따라서 돌연변이율을 증가시키거나 변경시키는 것은 해의 수렴과정에 부정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 그러나 해법2의 경우에는 해법1과 어느 정도 경쟁력을 가지고 있는 것으로 보인다. [그림8]의 x축 마지막 요소는 모든 실험 문제의 평균결과 인데 해법2의 경우가 해법1보다 우수한 결과를 보여주고 잇다. 이는 교차율의 변경이 해의 개선에 긍정적인 효과가 있는 것으로 판단할 수 있다.

4.3 해의 수렴 과정

다음으로는 각 해법별로 목적함수의 변화에 대하여 대리점이 1000개인 경우에 대하여 실험해 보았다. 해법3,4의 경우에는 100회 정도의 수행이후 더 이상 해를 개선시키지 못하고 있다. 유의해서 분석할 해법1,2를 보면 해법1의 경우에 좀더 빠른 수렴을 보여서 50회 이전까지는 해법1이 해법2에 비해 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 50회 이후 부터는 해법2의 경우가 해의 개선 효과가 좀더 분명한 것을 알 수 있다. 최종적인 단계에서는 해법1,2가 해법3,4보다 우수한 결과를 나타내는 것으로 보여진다.

5. 결 론

본 연구에서는 토지구매비를 고려한 입지-배정 문제의 유전자 해법을 제시하였다. 유전자 해법의 파라메타는 통상 해의 진행 중에 고정시키는데 본 연구에서는 초기에는 큰 값을 주어 해의 탐색 공간을 넓혀 보려고 했다. 실험 결과 교차 비율의 경우에 유용한 것으로 나타났다. 교차비율의 경우에 유용하게 나타난 이유와 교차비율의 변화 방



[그림 9]해의 수렴 과정

법에 대하여는 추후로 좀더 세밀한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 이 문제는 또한 최근에 연구가 활발히 진행되고 있는 지리정보시스템과 밀접한 연관을 가지고 있다. 본 연구실에서 개발되었던 전국 행정망 위치정보를 이용하고 부가적으로 토지단가를 정보화 한다면 관련된 연구를 진행하고 있는 많은 연구들에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 새로운 탐색기법들은 많은 조합최적화 문제에서 사용될 수 있는 기법으로 본 연구에서 나온 연구결과는 유사한 다른 문제들에서도 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 입지-배정문제는 실제 상황과 밀접함 연관관계를 갖는 문제로써 수리적으로 제한된 이론적 접근은 현실에서 사용하기 어려운 한계를 가지고 있었다. 본 연구에서 고려한 상황은 실제상황과 좀더 유사하여 본 연구의 결과로 얻어진 시스템은 실제 상황에서 좀더 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 이때 개발된 유전자해법은 추후에 요구될 상황변화에 다른 해법보다 쉽게 적응할 수 있는 장점이 있으므로 현실 변화나 추가 요구에 쉽게 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 김여근,윤복식,이상복, 메타휴리스틱,영지문화사.(1997)

[2] 양병학,"좌표계를 이용한 입지모형 분석용 패키지(LATV1.0)의 개발",**경영과학**, 제12권 제3호, (1995.10)

[3] 양병학, 박순달 ,"물류체제 및 물류계획 입안체제의 설계",**경영과학**, 제9권 제2호, (1992)

[4] 양병학, 송성헌, "물류시스템 설계를 위한 의사결정지원 패키지의 개발", 경영과학, 제10권 제2호, (1993)

[5] 양병학, 송성헌, "차량적재용량을 고려한 경제적 주문량" , 경원대학교 논문집, (1994)

[6] 송성헌,"단 단계 분배관리 시스템에서 차량운행 비용을 고려한 분배센터의 입지선정문제", 홍대경영 연구, 10, 157-165(1987).

[7] 송성헌,"물류시스템 설계를 위한 단위 배달비용에 관한 연구", 홍익대 과학기술연구논문집, 1, 317-325(1991).

[8] 최인찬,김성인,황대호, "경쟁적 입지선정 문제의 안정집합을 찾기 위한 수리적 모형과 유전 알고리즘", 대한산업공학회지, 제13권 1호, (1997)

[9] Aikens, C. H., "Facility Location Models for Distribution Planning", Euro. J. of Opnl. Res., 22, 263-279(1985)

[10] Bilde, O. and Krarup. J., "Sharp lower bounds for the simple location problem", Annals of discrete Mathematics, 1, 1977, pp.79-97

[11] Daganzo, C. F.,"The Length of Tours in Zones of Different Shapes", Trans. Res.-B, 18B, 135-145(1984a).

[12] Daganzo, C. F.,"The Distance Traveled to Visit N Points with a Maximum of C Stops per Vehicle : An Analytic Model and an Application", Transp. Sci., 18, 331-350 (1984b).

[13] Daganzo, C. F. and G. F. Newell, "Configuration of Physical Distribution Networks", Networks 19, 113-132(1986).

[14] Eilon, S., C. D. T. Watson-Gandy and N. Christofides, Distribution Management: Mathematical Modelling and Practical Analysis, Charles Griffin, London, 1971.

[15] Eelenkotter, M. A. and T. L. Ray, "A Branch and Bound Algorithm for plant location", Operations Research, 26,1978, pp.361-368

[16] Federgruen. A. and B. J. Lageweg, "Hierarchical Distribution Modelling with Routing Costs", Report BW 17. Mathematisch Centrum, Amsterdam(1980).

[17] Francis, Richard L., Leon F. McGinnis, Jr. and John A. White, Facility Layout And Location : An Analytical Approach, Prentice Hall, 1992

[18] Goldberg D. E., Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1989.

[19] Kaufman, L., M. V. Eede and P. Hansen,"A Plant and warehouse location problem", Operational Research Quarterly, 28, 1977, pp.547-554

[20] Karkazis, J. and T. B. Boffey, "The multi-commodity facilities location problem", Journal of the Operational Research Society, 32, 1981, pp.803-814

[21] Khumawala, B.M. and A.W. Neebe, "A note on Warszawski's Multicommodity location problem", Journal of the Operational Research Society, 6, 1978, pp.171-172

[22] Krarup, J. and P.M.Pruzan, "The Impact of Distance on Location Problems", Eur. Jn. of Oper.Res. 4, 256-269(1980).

[23] Laporte,G. and Y. Nobert, "An Exact Algorithm for Minimizing Routing and Operating Costs in Depot Location", Eur.Jn.of Oper.Res. 12, 82-89(1983).

[24] Mentzer,J.T. and A.D.Schuster, "Computer

Modeling in Logistics : Existing Models and Future Outlook", J.of Business Logistics 3, 1-55(1982).
[25] Neebe A.W. and B.M. Khumawala, "An improved algorithm for the multi-commodity location problem", Journal of the Operational Research Society, 32, 1981, pp.143-169
[26] Perl,J. and M.S. Daskin, "A Warehouse Location-Routing Problem", Trans.Res.B19, 381-396 (1985).
[27] Rand,G.K., "Methodological Choices in Depot Location Studies", Opnl.Res.Q. 27, 241-249 (1976).
[28] Tcha, D. and B. Lee,"A Branch and bound algorithm for the multi-level uncapacitated facility location problem", European Journal of Operational Research, 18, 1984, pp35-43
[29] Warszawski,A., "Multi-dimensional location problems", Operational Research Quarterly, 24, 1973, pp.165-179
[30] Webb,M.H.J., "Cost Functions in the Location of Depots for Multi-Delivery Journeys", Opnl.Res.Q. 19, 311-328 (1968).3

[99년 10월 25일 접수, 99년 11월 18일 최종수정]