한국도로학회 논문집
第7券4號 2005年 12月
pp. 41 ~ 47

유전자 알고리즘을 적용한 국도의 동질성 구간 분할

Division of Homogeneous Road Sections for National Highway by Genetic Algorithms

오 주 삼* 임 성 한** 조 윤 호***
Oh, Ju Sam Lim, Sung Han Cho, Yoon Ho

Abstract

Traffic data such as traffic volume, speed, and vehicle Class are very important basic data for the plan and design of highway. Based on traffic data, the future service level of a specific highway and geometry of newly constructed or expended road is predicted and determined.

The Ministry of Construction & Transportation has simultaneously surveyed coverage count and permanent count at highways since 1985. Traffic volume survey sections were determined at jointed nodes of highways and jointed nodes of highways and other roads such as freeway and local highway. Volume survey was performed at these sections. The premise to decide these sections is assumed that links between jointed nodes of main highways exhibit similar traffic characteristics.

Recently, due to the change of highway geometries such as construction of detour road and installations of traffic facilities such as installation of media, traffic characteristics of the existing traffic volume survey sections was changed. To reflect these changes, traffic characteristics at homogeneous road sections was widely evaluated and analyzed. Using Genetic Algorithms, a model was developed for the evaluation of traffic characteristics at homogeneous road sections. Traffic volume survey sections were then determined through the application of the developed model for current traffic system.

Keywords : homeogenous road section, permanent traffic volume survey, coverage traffic volume survey, genetic algorithms

요 지

교통량, 속도, 차종 등으로 대표되는 교통자료는 도로를 계획하고 설계하는데 있어 매우 중요한 기초자료로 활용된다. 교통자료를 기준으로 해당 도로의 장래 서비스수준을 예측하며, 신설 및 확장될 도로의 기하구조가 결정되기 때문이다.

1985년 이후부터 건설교통부에서는 일반국도에 대해서 수시 교통량 조사와 상시 교통량 조사를 병행하고 있다. 이러한 교통조사는 일반국도와 일반국도 또는 일반국도와 고속국도가 만나는 네트웍 상의 노드를 중심으로 교통조사 구간을 설정하고, 이들 교통조사 구간에 대해서 교통량 조사를 수행하고 있다. 이러한 교통조사구간 설정 방법은 주요 도로가 만나는 결절점 사이의 구간에서는 교통량 변화패턴이 유사하다는 것을 전제로 하고 있다.

최근 우회도로의 신설, 중앙분리대 설치 등의 도로 기하구조 및 교통 시설물의 설치로 인하여 기존 구간의 특성이 변화되었다. 따라서 전국 일반국도를 대상으로 교통조사 구간의 유사성을 평가하여 국도의 동질성 구간에 대한 분석을 수행하였다. 유사성 평가를 위해서는 유전자 알고리즘을 적용한 모형을 구축하고, 모형의 적용을 통해 교통조사 구간을 정의하였다.

핵심용어 : 동질성 구간, 상시 교통량 조사, 수시 교통량 조사, 유전자 알고리즘

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원
** 한국건설기술연구원 도로연구부 연구원
*** 정회원 · 중앙대학교 건설환경공학과 교수

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통량, 속도, 차종 등으로 대표되는 교통자료는 도로를 계획하고 설계하는데 있어 매우 중요한 기초자료로 활용된다. 교통자료를 기준으로 해당 도로의 장래 서비스수준을 예측하며, 신설 및 확장될 도로의 기하구조가 결정되기 때문이다. 따라서 정확한 교통자료가 조사되어야 도로를 경제적으로 건설할 수 있으며, 적절한 서비스 수준을 유지하면서 교통소통을 원활히 할 수 있다.

우리나라에서는 1955년부터 전국 규모의 교통조사가 시행되었으며, 1985년 이후부터 수시조사와 상시조사를 병행하고 있다. 주요 지점의 교통상황을 파악하기 위해 전국의 일반국도 상에 상시 교통량 검지기(Permanent Traffic Counter)와 이동식 교통량 검지기(Portable Traffic Counter)를 설치 · 운영 중에 있다. 도로와 도로가 만나는 결절점을 기준으로 구간을 설정하고, 이를 기준으로 교통량 조사를 수행하고 있다. 이러한 구간 설정 방법은 주요 도로가 만나는 결절점 사이의 구간은 동질성 구간(homogeneous road section), 즉 유사한 교통특성을 갖는다는 점을 전제로 하고 있다.

교통에서 도로의 동질성 구간이라 함은 일반적으로 유사한 교통특성을 갖는 도로구간이라고 정의할 수 있다. 교통조사를 위한 동질성 구간의 크기가 너무 클 경우 동일구간 내에서도 교통특성이 달리 나타나게 되어, 적절한 교통조사 지점의 선정이 어렵다. 반대로 너무 작을 경우 데이터베이스의 크기가 너무 커지게 되어 교통관리시스템 운영의 효율성을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 효율적인 교통조사를 위해서는 합리적인 동질성 구간의 결정이 매우 중요하다.

동질성 구간에 관한 기존 연구는 시설물의 유지관리를 위해 주로 이루어져 왔으며, 자료의 특성에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다(Okutani and Sephanedes, 1984; Spath, 1980; 도명식 등, 2004). 수시조사 자료를 이용해 AADT를 추정하기 위한 통계학적 연구(Joe Flaherty, 1993; Albright, 1987)와 통행시간 추정 및 이상치 자료의 보정을 위한 동질성 구간 선정방법에 관한 연구(도명식 등, 2004)가 수행된 바 있다.

한편 최근 주 5일 근무제의 실시로 인한 주말 레저관광의 증가 등으로 인하여 교통 특성이 다양하게 변화하고 있으며, 도시 우회도로 신설, 중앙분리대 설치 등의 도로 기하구조 및 교통 시설물의 설치로 인하여 기존 구간의 특성이 변화되었다. 따라서 전국 도로망을 대상으로 이루어지고 있는 상시 및 수시조사 수행시 교통체계의 변화로 인한 기존의 구간 특성의 변화를 반영하기 위해서는 국도의 동질성 구간에 대한 새로운 분석이 수행되어야 한다.

이를 위해 본 연구에서는 유전자 알고리즘을 적용한 모형을 구축하고, 구축된 모형의 적용을 통해 현재의 교통체계에 적합한 새로운 동질성 구간을 결정

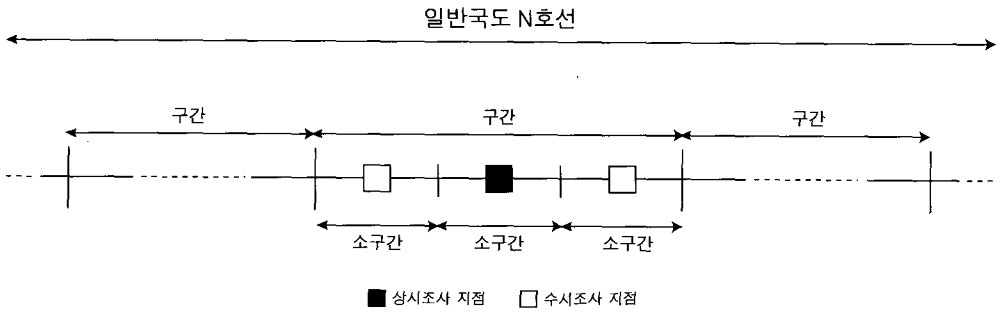

그림 1. 구간 설정 방법

하고자 한다.

1.2 분석방법 및 절차

1950년대와 1960년대 컴퓨터 과학자들은 공학문제를 최적화할 수 있는 아이디어로 진화시스템을 연구하였다. 그 분야로 진화전략(Evolution Strategies : ES), 진화 프로그래밍(Evolutionary Programming : EP), 유전자 알고리즘(Genetic Algorithms : GA) 등이 발전되어 왔다. 도로 및 교통 분야에서도 포장 파손 모델의 해법을 위해 유전자 알고리즘을 이용하였으며, PMS와 관련해서 유지보수 전략과 관련된 논문이 발표되었다.

유전자 알고리즘의 진화과정은 한 세대를 형성하는 개체들의 집합, 즉 개체군 중에서 주어진 조건에 대한 적합도가 높은 개체가 높은 확률로 살아남아 재생되며, 이는 교배 및 돌연변이에 의해 다음 세대의 개체군을 형성하게 된다. 각 세대에서 개체의 수를 개체군의 크기라고 한다. 또한 각 개체는 염색체를 가지고 있으며, 염색체는 복수개의 유전자의 집합으로 구성된다.

유전자 알고리즘은 자연 선택 법칙의 유전자 메커니즘에 기초한 탐색 알고리즘이다. 염색체에 대한 평가에 의해 조건에 만족되지 않는 염색체는 도태되고, 만족되는 염색체로 개체군을 구성하게 된다. 다음으로 재생산을 통해 염색체가 변화하여 새로운 세대를 형성하게 된다.

유전자 알고리즘은 일반적으로 선택, 교차, 돌연변이의 세 가지 연산자에 의해 수행된다. 선택 연산자는 다음 세대의 부모가 되는 개체를 선택하기 위하여 적합도 함수에 의해 평가된 값을 사용하며, 이 적합도 값에 따라 우수한 개체가 선택되고 약한 개체는 소멸된다.

선택된 부모 개체는 교배 연산자에 의해 교배되며, 돌연변이 연산자는 생성된 자손을 돌연변이시켜 국소적인 탐색에 머물지 않고 더 우수한 개체가 되도록 만든다. 이러한 절차는 적합한 염색체들을 결합함으로써 다음 세대에 우수한 유전인자를 가진 세대를 생성하게 한다. 이와 같이 유전자 알고리즘은 우수한 개체의 특성이 자손에게 전달되도록 함으로써 최적화에 도달하는 알고리즘이다.

유전자 알고리즘을 적용하기 위해서는 각 구간에 대한 대표 값을 산정해야 한다. 일반적으로 여러 가지 항목들을 포함하는 형태의 구간 특성 값을 적용하는 경우가 대부분이다.

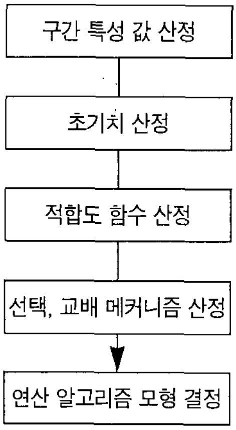

그림 2. 알고리즘 개발 절차

본 연구에서는 도로의 결절점을 기준으로 설정된 기존의 구간을 구간 특성 값에 따라 새로운 동질성 구간으로 분할하게 된다. 초기치 생성은 3단계의 과정을 거쳐 132개로 선정하도록 한다. 적합도 함수는 전체 구간 특성 값과의 거리를 최소화하는 방법을 적용하고, 선택, 교배, 돌연변이 메커니즘과 확률은 시행오차를 거쳐 결정한다. 최종적으로 위의 과정을 연결 및 반복하는 알고리즘으로 모형을 결정하도록 한다.

2. 유전자 알고리즘을 적용한 국도의 동질성 구간 결정

2.1 구간 특성 및 초기값

전국의 국도는 도로의 결절점을 기준으로 총 652

개의 구간으로 설정되어 있다. 본 연구를 통해 연속된 구간의 특성 값이 유사할 경우 하나의 구간으로 합쳐지게 되며, 반복연산을 통해 요구되는 동질성 구간으로 분할된다. 동질성 구간은 하나의 구간으로 결정됨에 따라 기존의 두 개 혹은 세 개의 구간을 합쳐 하나의 동질성 구간으로 설정된다.

구간 특성 값을 산정하기 위해 선정한 주요인자는 AADT, VKT, 첨두시간교통량, 도시부 유출입 구간, Volume(pcu), 방향별 교통량, 중차량비, 속도, 밀도, 그리고 V/C이다. 전문가를 대상으로 한 설문조사를 통해 이들 인자의 가중치를 결정하였다.

초기값은 3단계를 거쳐 132개의 개체를 생성하도록 한다. 1단계에서는 최초 초기값 생성 단계이다. 이 단계에서 구간으로 구분된 경우를 모두 나타내는 단계이다. 방법은 연속되는 2개를 평균하는 개체 1개와 처음 단계를 건너뛴 2개를 평균한 개체 1개를 각각 생성한다. 같은 방법으로 연속되는 3개 대구간의 통합도 시행한다. 통합된 구간에 대해서는 산술평균을 이용하여 동질성 구간의 특성 값을 산정한다. 이 방법을 도식화하면 그림 3과 같다.

* 대구간별 특성치 (입력치)

0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5

* 1단계 초기치 생성

개체 1	0.35	0.35	0.25	0.25	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
개체 2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.25	0.26	0.35	0.35	0.45	0.45	0.5
개체 3	0.33	0.33	0.33	0.2	0.2	0.2	0.33	0.38	0.33	0.47	0.47	0.47
개체 4	0.4	0.27	0.27	0.27	0.23	0.23	0.23	0.37	0.37	0.37	0.5	0.5
개체 5	0.35	0.35	0.23	0.23	0.23	0.27	0.27	0.27	0.43	0.43	0.43	0.5

그림 3. 1단계 초기값 생성

2단계는 일점교배에 의해 개체가 생성된다. 교배점은 두 개체의 좌우 수치가 다른 즉, 동질성 구간의 분계점이다. 그러므로, 2단계 생성에 있어서의 개체 1과 개체 2, 개체 3에서부터 개체 5까지의 교배는 불가능하다. 그러므로, 개체 1과 개체 3, 4, 5의 교배가 이루어지고 개체 2의 경우도 같다. 이 과정을 통해 총 12개의 개체가 생성된다. 이를 도식화하면

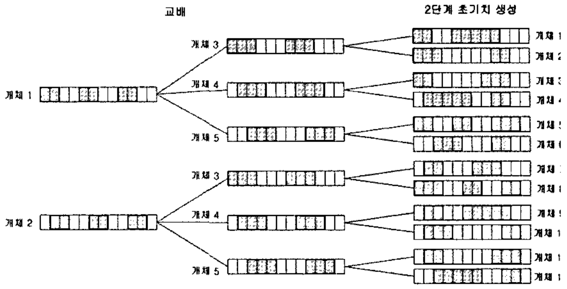

그림 4. 2단계 초기치 생성

그림 4와 같다.

3단계 또한, 교배 연산자를 이용하여 생성한다. 2단계에서 생성된 개체 12개를 모두 교배시킨다. 교배는 총 66번 이루어지고 개체는 132개가 생성된다. 따라서 개체군의 크기는 132가 된다. 이를 도식화하면 그림 5와 같다.

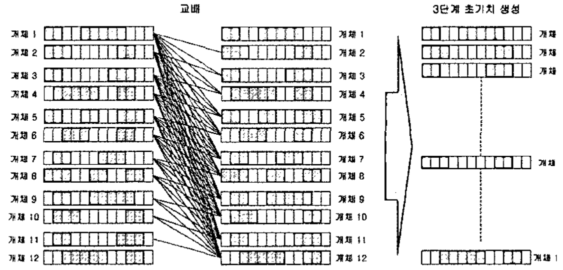

그림 5. 3단계 초기치 생성

2.2 적합도 함수

본 연구의 특성상 전체 구간을 가장 최적으로 만족하는 구간 설정을 위해 최소 자승법의 개념을 적용하였다. 이는 각 구간 특성 값과 가장 가까운 분할을 찾아내는 것으로, 0이 되면 최적해가 된다. 하지만, 이는 이상적인 경우이므로, 어느 순간에서 수행을 멈추면 된다. 이를 구하기 위해 (식 1)이 사용된다.

$$f_g = \sum_{i=1} (h_{gi} - p_i)^2 \qquad \text{(식 1)}$$

여기서, f_g : g번째 세대의 적합도 값

h_{gi} : g번째 세대에서 i번째 구간의 동질성 구간 값
p_i : i번째 구간 특성 값

2.3 선택, 교배 메커니즘

초기치 생성 후, 유전자 알고리즘의 기본 연산인 선택, 교배, 돌연변이의 방법론을 결정해야 한다. 선택 메커니즘은 적합도 함수와 연계되어 이루어진다. 본 문제의 해결을 위해 적합도 비례 선택법을 적용하도록 한다. 이는 가장 일반적인 방법이며, 적합도 함수가 높을수록 선택될 확률이 높아지는 것이다. 그러나 적합도 값이 높을수록 선택 확률은 높아지지만, 반드시 선택되는 것은 아니다. 또한, 적합도 값이 낮더라도 선택될 가능성은 내포하고 있다.

본 문제에서 132개의 개체들이 적합도 값에 비례하여 선택될 확률을 가지고 있으며, 그 확률에 따라 다음 세대에 132개의 개체가 생성된다. 궁극적으로 찾으려는 최소 거리의 개체가 자칫 도태될 가능성이 있으므로 최소값에 대해 1개체를 다음 세대에 그대로 넘겨준다. 이 방법은 엘리트 보존 선택법을 따르는 것이다.

교배의 방법은 일점교배를 한다. 교배점은 교배를 위해 선택된 두 개체가 구간 특성 값의 전후가 다른 경계변이 일치하는 점에서 이루어진다. 그 점이 2개 이상일 경우에는 그 점들 중에서 난수를 발생시켜 임의의 점을 선택하게 된다. 만약, 조건에 맞는 점이 없다면 교배는 이루어지지 않고, 다음 세대로 넘어가게 된다.

교배시 조건에 맞는 점이 없을 때는 교배율이 떨어지게 된다. 교배율은 0.76을 기본으로 다양한 교배율을 주면서 합리점을 도출한 결과이다. 이는 132개의 개체 중에서 100개를 교배시키는 것이다. 문제의 특성상 돌연변이율은 0으로 정의하였다. 이는 초기치 생성에서 가능해가 모두 생성되기 때문이다.

3. 사례분석

본 연구에서 구축된 유전자 알고리즘을 적용해 총 652개의 구간으로 설정되어 있는 국도 1~99호선을 대상으로 동질성 구간을 재설정하였다. 이 중 국도 1호선을 예로 들면, 25개의 구간으로 설정되어 있으며, 표 1에 제시된 구간의 특성 값을 기준으로 유전자 알고리즘 연산을 수행하게 된다. 세대교체는 50번을 실시하였고, 세대가 거듭됨에 따라 개체군의 최소적합도 변화추이는 그림 6과 같다. 9번째 세대에서 최소 적합도가 유지되며, 그 때의 개체가 최적의 해가 된다.

구간별 특성 값과 동질성 구간의 특성 값을 비교하면 그림 7과 같다. 동질성 구간의 특성 값이 동일한 높이에 있는 구간이 동질성 구간으로 설정된다. 그림에서 보는 바와 같이 전체적으로 구간별 특성 값과

표 1. 구간 특성 값(국도 1호선)

구간번호	1	2	3	4	5	6	7
특성 값	0.0023371	0.0034925	0.0050775	0.0019780	0.0004955	0.0009146	0.0020653
구간번호	8	9	10	11	12	13	14
특성 값	0.0014486	0.0025415	0.0013947	0.0012790	0.0016975	0.0003436	0.0016854
구간번호	15	16	17	18	19	20	21
특성 값	0.0005192	0.0002790	0.0032172	0.0018851	0.0010188	0.0009213	0.0047823
구간번호	22	23	24	25			
특성 값	0.0066155	0.0034283	0.0032196	0.0000845			

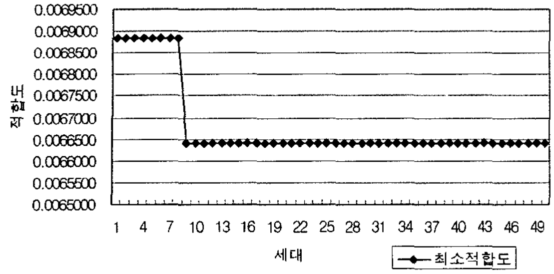

그림 6. 최소적합도 변화(국도 1호선)

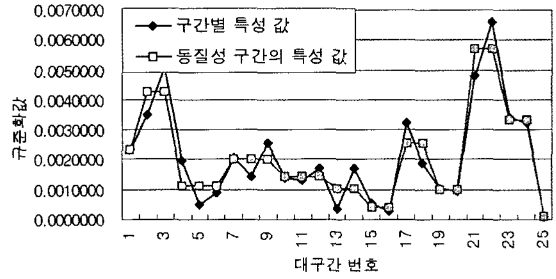

그림 7. 구간 특성 값과 동질성 구간 특성 값 비교(국도 1호선)

비슷함을 알 수 있다.

4. 결 론

주 5일 근무제 시행은 국민의 생활패턴 및 통행패턴 전반에 적지 않은 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 또한 일반국도 직선화, 도시 우회도로화, 중앙분리대 설치 등과 같은 도로 기하구조 및 교통 시설물의 설치로 인하여 기존 교통체계의 특성이 크게 변화되었다. 따라서 교통조사 수행시 교통체계의 변화로 인한 기존의 구간 특성의 변화를 반영하기 위해서는 동질성 구간에 대한 새로운 분석이 수행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 유전자 알고리즘을 적용한 동질성 구간 설정 모형을 구축하고, 일반국도를 대상으로 현재의 교통체계에 적합한 새로운 동질성 구간을 설정하였다. 본 연구에서 구축된 유전자 알고리즘을 적용해 국도 1~99호선을 대상으로 동질성 구간을 재설정하였다.

본 연구를 통해 보다 합리적인 동질성 구간이 결정될 경우 교통조사를 위한 체계적인 계획수립이 가능하고, 연평균 일교통량(AADT : Annual Average Daily Traffic)을 포함한 교통자료의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부(1999), "국도 기능분류 및 효율적 투자방안 연구".
2. 건설교통부(2001), "도로 교통량 조사 지침".
3. 건설교통부(2001), "상시조사 자료에 의한 전국 교통정보제공 모형제작(I)".
4. 김주현·도명식·정재은(2002), "국도 기능 분류를 위한 그룹핑 방법론에 관한 연구", 대한교통학회지 제20권 제5호, pp. 131~144.
5. 도명식·김성현·문학룡·김명수(2004), "국도구간의 동질성 결정을 위한 방법에 관한 연구", 대한토목학회지 제24권 제4D호, pp. 523~533.
6. 오주삼·임성한·김현석(2003), "교통특성에 따른 도로유형분류에 관한 연구", 대한토목학회지 제23권 제6D호, pp. 835~844.
7. 이욱재·임영환·조윤호(2002), "유전자 알고리즘을 이용한 동질성 구간 분할", 대한토목학회지 제22권 제4-D호, pp. 659~667.
8. 이욱재·조윤호·오주삼(2001), "계층화 분석 과정에 의한 일반국도 교통 관리시스템의 구축 우선 순위 결정", 대한토목학회지, 제21권 제6-D호, pp. 765~773.
9. 한국건설기술연구원(1995), "도로 교통량 조사 운영체계 수립 및 관련 기술 개발".
10. Albright, D.(1987), "A Quick Cluster Control Method:Permanent Control Station Cluster Analysis in Average Daily Traffic Calculations", *Transportation Research Record 1134, TRB*, pp. 57~64.
11. American Association of State Highway and Transportation Officials(1990), "*A Policy on*

Geometric Design of Highways and Streets"
12. Federal Highway Administration(1985, 2001), *"Traffic Monitoring Guide"*
13. Flaherty, J.(1993), "Cluster Analysis of Arizona Automatic Traffic Recorder Data", *TRR 1410*, pp. 93~99.
14. Okutani, I, Sephanedes, Y.J.(1984), "Dynamic prediction of traffic volume through Kalman filtering theory, *Transportation Research 18B*, pp. 1~11."
15. Spath, H.(1980), *"Cluster analysis algorithms for data reduction and classification of objects"*, John Willy & Sons.
16. Roger P. Roess · William R. McShane · Elena S. Prassas(1998), *"Traffic Engineering"*.
17. TRB(1985, 2000), *"Highway Capacity Manual"*

〈접수 : 2005. 3. 31〉