

도로의 노선선정을 위한 GIS 연계 기법의 평가

이형석*, 배상호*, 한우철*

Evaluation of Techniques Linked GIS for Route Selecting of the Road

Lee, Hyung-Seok *, Bae, Sang-Ho **, Han, Woo-Chul ***

요 약

도로의 노선 선정은 기본적인면서도 중요한 과정이다. 하지만 노선 선정 과정은 기술적, 교통적, 환경적 요인 등을 동시에 고려해야 한다. 여러 대안노선을 검토하여 이용가치를 극대화하고 공사비를 절감할 수 있는 최적노선을 선정해야 한다. 본 연구는 도로건설공사의 기본설계단계에서 GIS와 연계될 수 있는 방법들을 분류하고 주관적 평가를 통해 합리적인 노선 선정 방안을 제시하고자 하였다.

Abstract

Route selecting of the road is a basic and important process. But the route selecting process must consider the technical, traffic and environment factor simultaneously. The optimum route that are able to reduce the construction cost, maximize utility value and investigate several alternative route must be selected. This study presents a reasonable plan for route selecting through subjective evaluation and classify the methods linked GIS from basic design of road construction.

▶ Keyword : GIS, Route Selection, Optimum Route.

* 동해대학교 건설시스템공학과
** 대림대학 건설환경정보과
*** 대림대학 산업시스템경영과

1. 서론

지리정보시스템(GIS)이 토목의 계획과 설계 분야에 도입, 활용됨으로써 많은 양의 정보를 체계적으로 처리하고 필요로 하는 결과를 산출할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 세부적으로는 도로공사의 계획, 설계 및 공사 후의 유지관리에 이르기까지 경제적이며 효율적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 평가되고 있다. 도로의 노선계획 수립에 대하여 지리정보시스템을 적용한 다양한 방법들이 연구 발표되고 있으며 합리적으로 최적노선을 선정할 수 있는 실용화 방안이 우선시 되어지고 있다.

도로의 노선선정이라 함은 기술적, 교통적, 사회적, 환경적 측면으로 여러 가지 요소가 작용되어진다. 이러한 노선선정과 연관성있는 자료들을 제대로 파악하여야 하며, 도로계획의 노선에 대한 최적의 노선을 선정하는 방안들을 세부적으로 비교하며 이를 토대로 실제 적용될수 있는 방법들을 찾아가는 것이 급선무인 것이다.

본 연구는 도로의 노선선정에 대한 관련 문헌을 조사하며 이에 도로의 노선선정에 대한 개념을 알아보고 그 수행절차와 기법에 대해 고찰한다. 최적 노선선정과 관련 여러 가지 요소 및 분석절차에 대해서 살펴보고 도로노선선정에 있어서 GIS와 연계된 시스템을 분류하고 평가하고자 한다.

II. 노선선정 방법

1. 노선계획 절차

노선계획은 다수의 비교 노선으로부터 최종적으로 하나의 계획노선을 선정하는 작업을 말하며, 도로설계의 과정 중 기본적인면서도 가장 중요한 단계로 노선선정이라 한다.

도로 노선선정은 노선의 선정 대상지역내의 경제성 분석, 단계적 건설계획, 도로의 지역 개발효과, 환경영향의 평가 등과 함께 타당성 조사의 제반적 사항의 한 부분이며, 이들

다양한 자료의 조합과 객관적 분석을 토대로 하여 도로의 후보노선 선정, 최적노선대의 선정, 최적노선 선정 등이 단계적으로 행하여진다.

2. 노선 선정시 검토사항

노선선정시 국도확장 기본설계, 국도확장 실시설계 노선계획, 장래구간 노선계획을 검토해야 한다. 도시계획에 준용한 당초안에 대하여 비교노선들을 선정하여 개요, 선형, 주요 공사량, 추정사업비 등 비교 노선별 장단점을 세부적으로 파악하여야 할 검토 내용들이 있다.

도로망 계획을 바탕으로 개략적인 경제성 평가와 투자 우선순위 결정과정을 통해 선정하게 되며, 그림 1과 같이 노선선정시 고려해야 할 요소들을 고려해야 할 것이다.

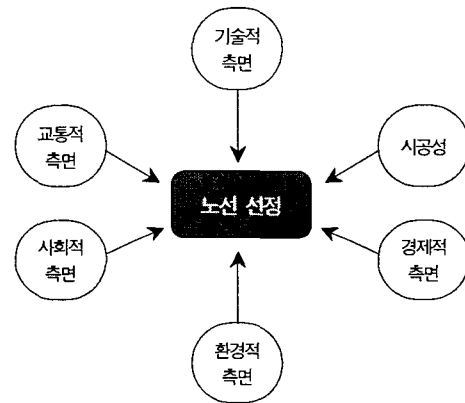


그림 1. 노선 선정 요소
Fig. 1 Route selection factor

2.1 기술적 측면

평면선형 및 종단선형 조건과 토공균형이 양호해야 한다. 입체 선형의 조화로 시각적 연속성 및 주행의 안정성을 확보함과 동시에 설계속도 및 선형의 연속성을 확보해야 하며, 기존 도로의 유용율을 높이고 대절토 구간의 터널 설치로 사면안정 확보와 사면 발생을 최소화해야 한다.

2.2 교통적 측면

주변 지역을 이용하기 위한 교통의 접근성 및 이동성을 고려한 노선계획을 실시하며, 기존 및 현재 공사중인 도로와의 접속조건 및 연계성이 양호해야 한다. 외곽 지역과의 연결 간선망의 접속조건이 양호하며시가지 진·출입 도로, 간선 도로망과 연계성이 양호해야 한다.

간선도로축 체계 및 기능유지를 고려하여 교통수요에 적합한 교차로를 계획해야 한다.

교차로의 입체화로 농로, 마을 진출입 등 지역주민의 통행 안정성 확보하며, 마을간 연계성 및 이동성, 산업단지 연계성이 양호해야 한다.

2.3 사회적 측면

기본설계시 지역주민의 의견이 수렴된 선형으로 민원발생을 최소화하며, 지역 개발계획과의 연계성, 도시계획과 연계성이 양호해야 한다.

주거지 우회 통과, 지장물 훼손을 줄여 민원발생 최소화하며, 고성토를 최대한 억제하여 농경지 점용을 최소화해야 한다. 도시계획구역 통과에 따른 지자체 개발계획 차질을 최소화하며 지역 상권 및 마을 단절 등 생활권역 훼손을 최소화해야 한다.

2.4 환경적 측면

대절토, 고성토 구간의 구조물계획(터널, 옹벽 등)으로 자연환경 훼손을 최소화하며, 기존도로 확장으로 농지편입, 사면절취 등 자연환경 훼손을 최소화해야 한다.

상수원 보호구역 우회노선계획에 의한 수질오염 영향을 근본적으로 해소시켜야 하며, 녹지 지역 터널계획에 의해 동물 이동로를 확보하며 자연환경 훼손을 최소화해야 한다.

2.5 경제적 측면

기존 도로 부지를 활용하여 구조물을 최소화하는 경제적인 노선을 검토하며, 지역의 장래개발계획을 최대한 수용 중복투자를 최소화함으로써 사업비가 비교적 저렴하게 한다.

2.6 시공성

시공 및 유지관리측면이 양호하고, 공사시 인접주민 불편을 최소화해야 한다. 장대교 및 대절취부가 발생하는 산지부 통과를 최소화하여 시공성을 향상시켜야 한다.

3. 합리적인 노선계획을 위한 주요 고려사항

도로계획 중 노선선정의 주요성을 인지하고 단기간 노선 검토를 지양하며 추후 변동사항이 없도록 충분한 공기 및 예산을 확보해야 한다.

계획 수립시 유관기관과 충분한 협의 하에 각 분야별 전문 자문단 운영으로 객관적, 합리적 판단을 도모해야 한다. 또한 환경피해를 최소화하고 GIS를 활용한 컴퓨터 시스템 구축이 장기적으로 필요하다.

III. 노선선정을 위한 GIS 적용

1. 후보노선대의 선정

도로노선 선정에 있어서 후보노선대의 선정은 시발점과 종점 및 주요 경유지 등을 상호 연결하는 여러 개의 노선대안을 조합한 것으로서 노선을 선정하기 위해서는 후보 노선대에 의해 직·간접적으로 영향을 받는 영역을 설정하여 그 영역의 특성을 자세히 분석하는 것이 기본적인 사항이다. 신설도로의 경우에 도로가 건설되는 지역에 따라 크기의 차이는 있으나, 어떠한 영향을 줄 것은 당연한 일이므로 도로 건설에 의해 직·간접적인 영향을 받는 지역을 공간적 범위로 선정하여 조사, 분석해야 한다. 이러한 후보노선대의 선정방법은 세가지로 크게 분류될 수 있다.[1][2]

1.1 주관적 방법

영향권 내의 기존 도로의 여건과 사회 경제적 여건을 객관적으로 고려하여 전문가들의 분석 및 검토에 의하여 선정하는 방법이다

1.2 가중치 적용방법

노선선정지역을 각 격자 또는 셀(cell)별로 분류하고, 각 부분에 노선 선정시에 고려되는 영향요소에 대한 사항을 고려하여 <표 1>과 같이 가중치를 부여함으로써 타당한 노선대를 선정하는 방법이다.

표 1. 가중치의 적용방안
Table. 1 Application plan of weight

가중치	내 용
1	노선선정 최적합
2	노선선정 적합
3	노선선정이 상황에 따라 유동적
5	노선선정 불가
10	노선선정 절대 불가

1.3 주성분 분석

노선선정지역에 영향 요소의 방향과 그 과정을 객관적으로 판단할 수 있는 주성분(主成分)을 판별하고, 주성분에

대한 각 영향요소의 긍정적인 면과 부정적인 면을 측정, 고려한 후에 각 셀(cell)의 중요도를 결정하여 노선대를 선정하는 방법이다.

이와 같은 방법을 활용하여 후보 노선대를 설정하여 분석하게 되는데 이때에는 노선대에 대한 특성분석으로 노선의 특성, 경유지, 관광지, 공업단지 전국 도로망의 체계적 관점, 지역적 적합성 및 수요의 효율화 면에서 살펴보고 최종적으로 후보 노선대를 선정한다.

2. 노선 선정에 대한 GIS의 기능분석

GIS의 여러 가지 모듈에서는 다양한 공간정보의 분석기능을 제공하고 있다.

2.1 격자 분석

지형공간이 격자(grid)형으로 분할되어 각각 정방형의 셀(cell)로 구성되며, 셀은 해당되는 공간상의 지형정보에 대해 고유한 값을 갖는다. 격자의 분석기능은 토지개발, 도로와의 근접성 분석, 경사·방향 분석, 소유분석, 오염수준 분석, 유역분석, 기름의 번짐 분석 및 모델, 불의 확산 및 모델 등에 적용될 수 있다.

2.2 네트워크 분석

네트워크(network) 분석은 지리정보 시스템 중에서 인공지능적인 성격을 지니고 있다. 공간상의 네트워크에 대한 연결 형태를 주어진 데이터를 대상으로 모델링 할 수 있는 기능을 갖고 있다. 네트워크를 사용하면 효율적인 경로와 이동절차를 결정할 수 있다.

2.3 버퍼분석

지정한 수치지도의 공간상의 형태(feature)에 주어진 거리만큼 하나의 영역, 즉 완충 영역을 설정하는 분석을 버퍼(buffer) 분석이라 한다. 하나의 점(point)에 완충거리, 100m를 줄 경우 그 점을 중심으로 반경 100m지점은 하나의 영역으로 간주된다. 장애물 존재시 그 장애물 중심으로 부터 일정 반경만큼을 그 장애물의 영향권을 간주하여 그 내에서의 제반의 행위를 제한하게 된다.

2.4 불규칙삼각망 분석

불규칙삼각망(Triangulated Irregular Network)은 지표면 정보를 생성, 저장, 분석, 도시하는데 사용되는 모델링 도구이다. 불규칙 삼각망이 구성되어진 다음 이를 지표면으로 하여 다양한 3차원적분석이 가능하여진다.

불규칙삼각망의 분석 기능은 보간(interpolation), 등고선 작성, 경사, 향, 경사면 면적, 경사면 길이 계산, 체적

계산, 단면(profile) 작성, 가시성(visibility) 분석, 그림자 영향(hill shading) 분석 등을 들 수 있다.

3. GIS 연계 시스템의 분류

3.1 네트워크의 자료모형과 경로탐색 알고리즘

네트워크의 자료모형은 실세계의 네트워크체계에 대한 성분과 특징을 추상적으로 표현한 것이다.

따라서 네트워크 자료모형의 각 구성요소는 네트워크 연결노선(network link), 절점(node), 정지(stop), 중심(center), 회전(turn) 등으로 각각 구성된다. 따라서 모델링의 목적에 맞는 정확한 결과를 얻기 위해서는 물리적인 네트워크 체계의 특징과 네트워크 모형의 각 요소를 이용한 각 실세계 요소의 표현법에 대한 상관관계를 정확히 알고 있어야 한다. [3][4]

경로탐색 알고리즘이란 최소비용경로와 같은 어떠한 결과를 얻는 단계적인 절차를 말한다. GIS에서 네트워크 모델은 교통흐름 연구분야에 집중되어 왔으며 GIS 프로그램상에 사용되는 최단경로 알고리즘은 여러 개가 있으나 그 중에서도 ESRI사의 ArcInfo와 인텔그래프사의 MGE는 Dijkstra의 알고리즘을 사용하고 있다.

이는 선분 자료에 각각의 가중치를 부여하고 최적의 가중치를 합산하는 등의 과정을 통하여 최적경로를 찾아주는 기법이다. 네트워크에서 최단거리를 가지는 경로를 찾는 문제로 두 점간의 최단경로, 각 점간의 최단경로, 두 점간의 k개의 최단경로를 찾는 고전적인 최단경로 알고리즘을 이용한다.

3.2 지형 영상 3차원 시뮬레이션

도로의 위치를 입체적으로 조망해볼 수 있도록 하기 위하여 입체 지형조감도를 작성하여 시공간에서 동영상으로 보여주기 위해 3차원 시뮬레이션을 실시한다. 입체 조감도의 제작은 투시기법을 이용한 이미지 제작기법을 이용하며, 국가기본도로 제작한 수치지도의 등고선으로부터 추출한 수치표고모형 생성과 벡터파일로부터 3차원 위성영상위에 중첩시켜 처리하는 것이다.

3.3 계층분석법

계층분석법(Analytic Hierarchy Process)는 Satty에 의하여 1977년에 개발되었으며, 의사결정자의 판단에 기반하여 의사결정문제를 표현하고 대안에 대한 선호도를 개발하기 위하여 계층 혹은 네트워크 구조를 사용하는 다기준 의사결정 모델이라고 정의하였다.

〈그림 2〉와 같이 계층분석법은 의사결정의 문제를 형성하고 분석하기 위한 직관적이면서 비교적 쉬운 방법이라고 할 수 있다.

노선선정에 대한 작업이 대부분이 단일 작업별로 처리되고 있으며, 노선 선정단계에 작용하는 다중 인자에 대한 복합적인 고려가 미미한 단계라고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 GIS를 이용하여 최적노선 선정시 다중의 사결정지원 및 노선선정 절차의 표준화를 시도하여야 한다. 이를 위해 계층분석법이 사용되고 있으며 이 기법은 의사결정시 주·객관적인 요소들을 모두 고려할 수 있다.[5]

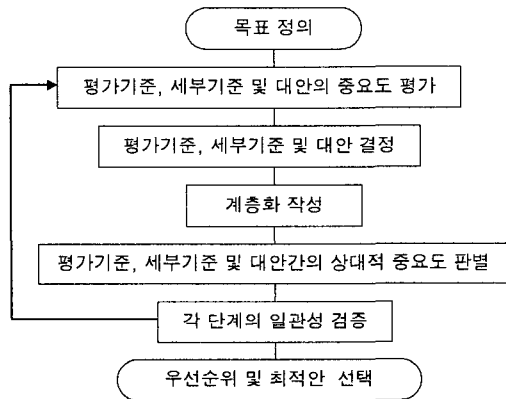


그림 2. 계층분석과정의 수행도
Fig. 2 Execution of analytic hierarchy process

3.4 전문가체계

전문가체계(expert system)란 인공지능의 응용분야 중에 하나이며 전문가가 가지고 있는 지식을 인위적으로 컴퓨터에게 부여하여 그 방면에 비전문가라 할지라도 그러한 전문가의 지식을 활용하고 전문가처럼 사고하고 판단하여 상호대화화를 통하여 실제의 문제를 해결하는 일종의 전산 프로그램이다. 전문가체계에는 〈표 2〉와 같이 4가지 요소가 필요하다.[6]

표 2. 전문가체계의 구성요소
Table. 2 Component of expert system

지식 기반	특정대상에 관한 공간 지식과 비공간 지식으로 구성
추론 기법	지식기반에 내장된 지식으로부터 추론을 통해 추가적인 결론을 도출하는 일반적인 추론절차들로 구성
지식습득 공유영역	지식기반에 내장하기에 적합한 형태로 지식을 표현할 수 있도록 지원
사용자 공유영역	사용자와 전문가체계를 연결

3.5 도로선형정보시스템 구축

도로설계 전용 프로그램인 RP(Road Project 2.2)를 이용하여 도로선형 설계를 하고 동시에 도면 자료는 dxf로 속성자료는 데이터파일인 dbf로 저장하여 GIS를 이용해 설계와 동시에 실시간으로 도로선형 정보구축의 활용하는 방안이 있다.

3.6 3차원 GIS

3차원 GIS는 3차원 지리요소를 처리하는 시스템으로 3차원적 표현과 분석을 수행할 수 있다. 초기에는 지형을 3차원으로 가시화하는 기능 위주였지만, 최근에는 3차원 지형분석 및 3차원 시설물과 3차원 도시 등의 실감있는 모델링과 분석기능을 제공하고 있다.[7]

3차원 모델을 기초로 한 가상현실 기능이 강화될 것으로 예상되고 있으며, 3차원 데이터를 확보하는 기술은 기존 2차원 데이터에 3차원 데이터를 추가하는 방법과 위성영상이나 항공사진을 기반으로 얻는 방법 등이 있다. 가시권 분석 등의 기능을 시작으로 도시경관분석의 도구로 활용되기 시작하고 있다. 주요 소프트웨어 도구로는 ArcGIS 3D Analyst, IMAGINE Virtual GIS 등이 있다.

3.7 정사투영지도

GIS 영상 소프트웨어를 이용하여 CAD 자료와 정사 이미지를 합성하는 시뮬레이션 기법으로서, 실제 촬영한 항공사진 및 위성영상을 이용하므로 정확한 묘사가 가능하고 2차원적 관찰 시점의 한계를 극복할 수 있으므로 도로 건설사업 전후의 경관을 사전에 비교할 수 있어 노선계획안의 타당성 검토에 적극적으로 활용될 수 있다.

IV. 주관적 평가

각종 평가항목에 따른 노선선정 과정에 지형공간정보체계와 전문가체계를 활용할 경우 기존의 방식으로는 불가능했던 지도와 관련된 지형 및 공간자료의 통합분석이 가능하고, 도면과 속성자료의 진산화로 자료분석시간을 단축할 수 있으므로 노선선정의 대안선정폭 확대는 물론 객관성을 확보할 수 있어 합리적인 노선선정이 가능하다.

컴퓨터 기술의 발달로 인해 노선설계에서 도로 대안 결정시 고려되는 주변 시설 및 개발계획, 교통수요 예측 등에

따른 검토 의견 외에 3차원 시뮬레이션 기법을 통한 경관 및 환경영향 분석에도 활용할 수 있다.

V. 결론

도로의 노선선정에 있어서 기본적으로 고려되는 경제적, 기술적, 환경적 요소 등을 입력자료로서 충분히 활용하며, 이에 의하여 산출된 노선을 도로설계용 프로그램에 적용한다. 도로설계와 노선선정 자동산출 프로그램을 연계하므로써 기술적인 효과를 극대화시켜야 한다.

또한 컴퓨터 과학분야의 기법과 공간분석기법의 정보교환체계를 도입하고 인공지능(AI)기법 및 지리정보시스템과 연계하여 공간지식정보가 고려될 수 있는 전문가시스템이나 의사결정시스템 등의 통합 시스템을 구축하므로써 합리적인 정책 입안 자료로서 제공될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 양인태, 김동문, 유영걸, "도로의 최적노선 결정을 위한 GIS와 AHP의 적용 연구", 대한토목학회 논문집, 제 21권 제 2-D호, 2001.
- [2] 김기영, "도로의 최적노선 결정을 위한 GIS 기법 적용", 영남대학교 석사학위논문, 1997.6.
- [3] 양인태, 김동문, 최승필, "AHP 기법을 이용한 도로의 노선 선정시 다중인자의 정량화 연구", 한국측량학회지, 제 20권 제 2호, pp.95-102, 2002.6.
- [4] Chaoqing Yu, Jay Lee and Mandy J. Munro-Stasiuk, "Extensions to least-cost pathalgorithms for roadway planning", International Journal of Geographical Information Science, vol.17, No.4, pp.361-376, 2003.
- [5] 강상구, 정영동, "GIS를 이용한 효율적 도로선형 정보의 구축-평면 및 종단선형을 중심으로", 한국측량학회지 제 18권 제 4호, pp.325-334, 2000.12.

- [6] Daniel J. Fonseca, Siwawong Daosuparoch, Gary P. Moynihan and Der-San Chen, "A computer-based system for road selection", Expert systems, vol.20, No.3, pp.133-140, 2003.7.
- [7] 강인준, 최현, 박훈식, "3차원 GIS를 이용한 최적노선 선정", 한국지형공간정보학회 논문집, 제 11권 제 1호, pp.71-75, 2003.3.

저자소개



이 형 석
 충남대학교 대학원 토목공학과
 (공학박사)
 현재 동해대학교 건설시스템
 공학과 교수
 <관심분야> GIS, GPS



배 상 호
 충남대학교 대학원 토목공학과
 (공학박사)
 현재 대림대학 건설환경
 정보과 교수
 <관심분야> GIS, GPS



한 우 철
 건국대학교 대학원 산업공학과
 (공학박사)
 현재 대림대학 산업시스템
 경영과 교수
 <관심분야> 의사결정지원시스템