

# 의사결정 시스템을 이용한 GIS 기반의 노선선정

## Route Location based on GIS Using Decision Support System

이종출<sup>1)</sup> · 노태호<sup>2)</sup> · 강윤성<sup>3)</sup> · 김세준<sup>4)</sup>

Lee, Jong Chool · Rho, Tae Ho · Kang, Yoon Sung · Kim, Se Jun

<sup>1)</sup> 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수051-620-1449 (E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

<sup>2)</sup> 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사051-622-1662 (E-mail:rth1348@mail1.pknu.ac.kr)

<sup>3)</sup> 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정051-622-1662 (E-mail:ys0322@mail1.pknu.ac.kr)

<sup>4)</sup> 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정051-622-1662 (E-mail:id324@mail1.pknu.ac.kr)

### 요 약

본 연구에서는 노선선정 시 요구되고 있는 방대한 자료와 결정요소 등을 선택하여 의사결정체계인 계층분석과정을 이용하여 합리적인 노선선정의 방법을 제시하고 이를 평가하고자 하며, 이렇게 수행된 노선선정 결과를 지형공간정보체계를 이용하여 시각화 및 분석하고자 한다. 구체적인 적용방법은 계층분석과정으로 선정된 평면선형을 분석하고 그것을 기반으로 종단선형의 설계를 종단경사 변화에 의한 다각적인 방법으로 분석하여 합리적인 노선선정을 도출하여 평가하고자 한다.

### 1. 서 론

현대 생활에서 도로는 국가 경제나 국민 생활에 동맥과 같은 중요한 기능을 하고 있으며, 전 세계에 걸쳐 삶의 질에 대한 향상과 자동차의 수요 증가로 도로에 대한 수요는 기하급수적으로 증가하고 있는 실정이다. 일반적으로 도로의 공급은 국가재정사업으로 이루어지며, 지역에 대한 개발은 도로의 위치와 연관되어 계획되고, 지역개발에는 도로건설이 필수적으로 따라오는 경우가 대부분이다. 그러므로 노선을 선정할 때에는 지역의 환경 및 사회적 영향, 국토의 균형적인 발전과 효율적인 이용, 유지관리 등 다양한 측면들을 고려하여 매우 신중을 기울여서 검토해야 한다. 노선선정 작업은 다양한 결정 요인과 변수들이 작용하며, 또한 전문가의 숙련된 경험 및 이론과 방대한 자료들을 요구함과 동시에 많은 시간과 경제성을 요구하고 있으며, 최근에는 이러한 요소와 자료들을 이용하여 합리적인 노선선

정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

하지만, 의사결정으로 취득된 노선들이 평면선형에서 결정되는 경우가 많았으며, 종단선형의 고려는 극히 미흡한 실정이었다.

따라서, 본 연구에서는 GIS 기반의 계층분석과정으로 선정된 평면선형을 분석함과 동시에 이를 기반으로 종단선형의 설계를 종단경사 변화에 의한 다각적인 방법으로 분석하여 합리적이며, 신속한 노선 선정의 방법을 제시하고 평가하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

### 2. 노선선정의 영향요소

노선의 선정은 도로를 매개체로 흘러가는 교통류에 대하여 일정한 선형을 부과하여 도중의 통과위치를 결정하는 작업으로서 노선을 결정하고 그에 대한 평가를 할 때, 사회적, 경제적, 기술적 요인의 세 가지 측면을 평가하고, 평가결과에 따라 최적노선을

선정한다.

### 3. 계층분석과정

계층분석과정(AHP ; Analytic Hierarchy Proc-ess)은 1960년대 Tomas. L. Saaty에 의해 개발되었다. 이는 인간이 의사결정을 할 때 두뇌가 단계적 또는 위계적으로 분석 과정을 활용한다는 점에서 착안하여 개발된 이론으로서, 의사결정의 전 과정을 여러 단계로 분류한 후 이를 단계별로 분석함으로써 최종적인 의사결정에 도달하는 방법이다.

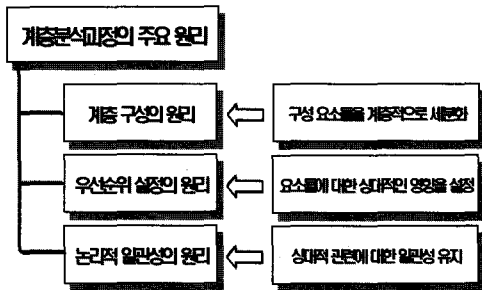


그림 1. 계층분석과정의 원리

즉, 계층분석과정은 어떠한 목적에 대하여 해결하고자 하는 요소들을 차츰 작은 요소들로 분해하여 최종 목적을 얻고자 하는 Tree 형식의 의사결정체계이다. 계층분석과정은 일반적으로 그림 1과 같은 세 가지의 원리가 적용된다.

### 4. 노선선정

#### 4.1 연구방법과 적용범위

노선 선정에 필요한 항목들과 세부요소들을 결정하기 위하여 관련된 자료들을 조사 및 수집하여 고려해야할 항목과 요소들에 대해서 정리를 하였다. 노선 선정에 대한 결정방법을 계층분석과정을 적용하기로 하고, 정성적 자료인 항목과 요소들을 정량적 자료로 변환하였다. 다음 단계는 임의의 연구대상지역을 선정하였으며, 선정된 연구대상지역을 GIS 기반의 자료로 활용하기 위

하여 노선 선정과 관계가 있는 지형도, 정밀도양도, 지질도, 토지이용도, 토지특성도, 지적도 등을 수집하였고, 이러한 주제도를 계층분석과정의 각 항목과 요소별로 가중치를 분류하여 구축하였다.

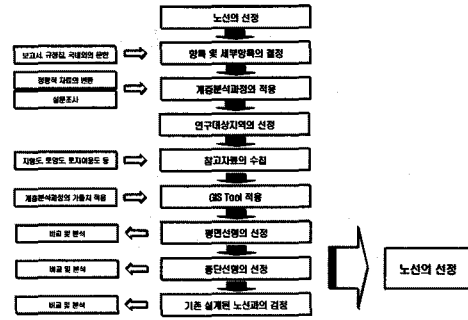


그림 2. 연구수행의 과정

구축된 자료들은 GIS 프로그램인 ArcView를 이용하여 평면선형의 선정 및 시각화하였다. 선정된 평면선형에 의해 종단경사의 변화를 통한 종단선형을 선정하여 비교·분석하였고, 토공량을 산정함으로써 최적의 노선을 도출하였다. 끝으로 이미 설계가 된 기존의 노선과 비교 분석함으로써 이러한 체계에 대한 효용성에 대하여 평가하였다. 이러한 일련의 과정들은 그림 2와 같다.

### 4.2 자료의 분류

#### 4.2.1 계층분석과정의 구조

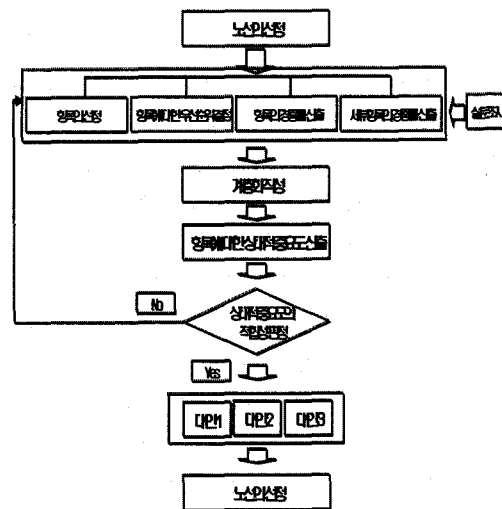


그림 3. 계층분석과정의 구조

계층분석과정을 통한 평면선형에 대한 설계과정을 그림 3과 같이 구성하였다. 첫째, 평면 선형의 선정이라는 목적을 가지고 목적에 부여되는 각 항목에 대하여 계층을 구성하였다. 둘째, 계층 속에 있는 항목에 대하여 우선순위의 설정과 가중치를 선정하였으며, 셋째, 우선순위의 설정과 가중치에 대한 일관성을 검토하였다.

**4.2.2 계층분석과정의 적용**

본 연구에서 계층분석과정을 적용하기 위한 항목 및 세부항목에 대한 연결도는 그림 4와 같이 구축하였다. 노선의 선정에서 고려해야 할 주요항목은 경제적, 기술적, 사회·환경적 3가지로 설정하며, 각 항목의 세부항목들은 경제적 측면에서는 건설비, 지가, 차량의 운행비 및 시간, 도로의 유지비로 설정하였고, 기술적 측면의 세부항목은 적절한 선형의 조합, 시공의 용이성, 연약지반, 운행의 안전성으로 설정하였다. 마지막으로 사회·환경적 측면의 세부항목들은 문화재, 교량의 접속장소, 교통소음, 자연보호구역 등으로 설정하였다.

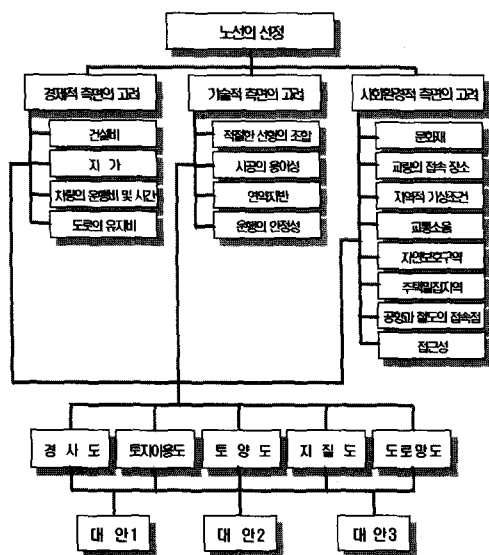


그림 4. 계층분석과정의 적용 연결도

**4.3 연구대상지역의 선정**

본 연구대상지역은 부산광역시 기장군내 철마면과 정관면 지역을 선정하였으며, 산

세가 급한 지형과 완만한 지형이 비교적 골고루 분포되어 있고 일부는 바다와 접하여 있다. 스캐너에 의해 수치화 작업을 하여 오류 및 수정 등을 거쳐서 자료를 구축하고 벡터 자료는 래스터 자료로 변환해야 한다. 본 연구에서 구축된 래스터의 크기는 20m×20m로 설정하여 변환하였다.

**4.4 평면선형의 선정 및 분석**

본 연구에서 평면선형의 선정 조건은 표 1과 같이 모두 5가지로 분류하였다. 분류의 조건은 기술, 사회·환경, 경제적 측면을 각각 강조하여 경중률의 가중치를 6:2:2로 임의로 설정하였고, 이는 극단적으로 어느 한 가지의 항목만을 큰 비율로 선정함이 불합리하다고 판단하여 이와 같은 비율을 적용하였다. 또한, 각 항목의 경중률을 동일한 값으로 부여한 조건과 실제 설계에 종사하는 전문가들을 대상으로 설문조사의 결과를 토대로 가중치를 부여한 조건도 분류하였다. 이에 대한 결과는 그림 5~그림 10과 같다.

표 1. 자료의 분류 및 추출

분류	경중률			비 고
	기술	사회	경제	
기술	6.00	2.00	2.00	기술적 측면의 고려
사회환경	2.00	6.00	2.00	사회·환경적측면의 고려
경제	2.00	2.00	6.00	경제적 측면의 고려
균형	3.33	3.33	3.33	균형적 측면을 고려
설문	3.05	4.62	2.32	설문조사를 토대

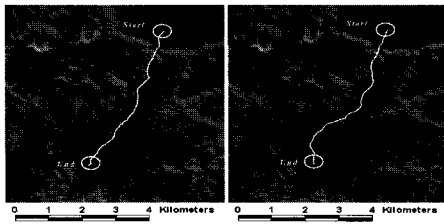


그림 5. 기술적 측면

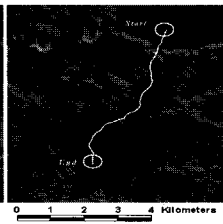


그림 6. 사회적 측면

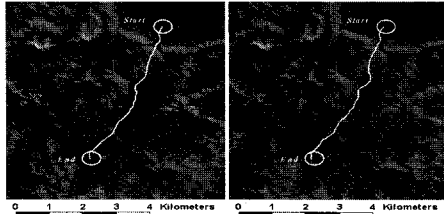


그림 7. 경제적 측면

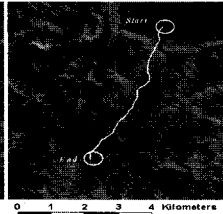


그림 8. 균형적 측면

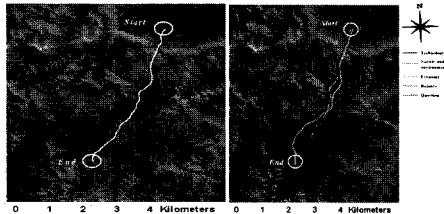


그림 9. 설문조사 결과

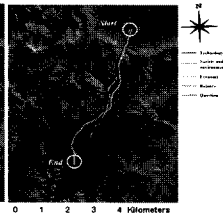


그림 10. 중첩된 노선도

4.5 종단선형의 선정 및 분석

본 연구에서 선정된 평면선형의 종단면도는 엄밀히 말하면 지형의 형세를 나타낸 종단면도이다. 따라서 지형자료를 이용하여 종단선형을 계획하여야 한다. 그림 11은 5가지로 분류에 의해 선정된 지형의 종단면도이다.

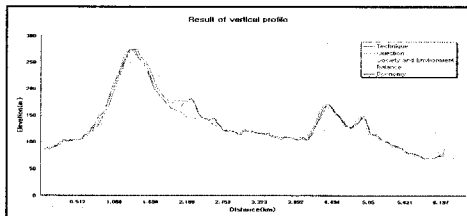


그림 11. 종단면도의 결과

그리고 본 연구에서는 Micro Soft사의 객체지향언어인 Visual Basic과 GIS tool인 Map Object를 이용하여 그림 12와 같이 종단선형을 자동적으로 산출할 수 있는 시스템을 구축하였다. 특히, 설계자가 종단경사를 각기 달리 하였을 경우, 터널과 교량

의 위치 및 길이가 해당되는 종단경사에 따라 분석할 수 있도록 하여 3차원적인 시각적 효과와 더불어 설계를 하도록 작성하였다.

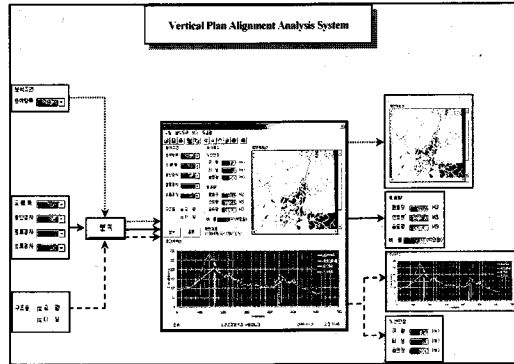


그림 12. 프로그램의 메인화면 및 연결도

종단선형의 설계를 위하여 선정된 5가지의 평면선형에 의해 선정된 종단면도를 이용하여 종단선형을 계획하였다. 종단선형에 대한 종단경사를 5~10%까지 적용하여 종단선형을 선정하였다. 성토 경사와 절토 경사는 토질에 따라 다르게 적용되지만, 본 연구에서는 성토의 경사는 1:1.5, 절토의 경사는 1:1이라는 일반적인 수치를 적용하였다.

절토의 단가는 토사, 발파암, 리핑암에 따라 다르지만 본 연구에서는 이러한 단가들을 산술 평균한 값을 산출하여 대표적인 값을 적용하였다. 교량과 터널의 건설비는 2003년 건설교통부에서 발간한 도로업무편람을 적용하였으며, 본 연구에서의 총공사비는 총 절·성토량과 구조물(터널, 교량)의 시공비만을 산출하여 합계하였다. 표 2의 조건을 전제로 설계된 종단선형의 결과는 표 3와 같이 나타났다.

표 2. 종단 선형의 설계 조건

항목	조건	비고
성/절토 경사	1 : 1.5 / 1 : 1.0	
성/절토 단가	4,241원 / 7,336원	건설표준단가(경남)
교량 시공비	29,366 천원/m	PSC-Beam(4차선)
터널 시공비	11,602 천원/m	NATM(2차선)
종단 경사	5 ~ 10%	

표 3. 설계된 종단선형의 결과

종단경사	분류	절토량 (m³)	성토량 (m³)	종단선형길이 (m)	시공비 (백만원)	터널연장 (m)	교량연장 (m)
5 %	경제	521,261	795,581	6,266	36,943	1,246	0
	사회	315,723	112,452	6,271	25,810	1,019	0
	기술	792,706	690,561	6,280	38,895	1,313	0
	설문	492,127	435,151	6,275	33,535	1,218	0
	균형	451,299	413,154	6,223	33,684	1,023	0
6 %	경제	484,568	482,831	6,270	29,218	1,018	0
	사회	314,379	100,873	6,275	23,227	912	0
	기술	589,928	428,437	6,283	28,783	997	0
	설문	504,604	239,432	6,279	28,135	1,045	0
	균형	490,973	292,398	6,227	28,207	1,034	0
9 %	경제	418,936	149,309	6,284	21,257	792	0
	사회	263,127	190,681	6,289	18,344	682	0
	기술	445,117	173,297	6,297	22,963	854	0
	설문	364,925	196,329	6,293	22,534	834	0
	균형	389,964	135,273	6,240	23,142	883	0
10 %	경제	438,638	121,560	6,290	20,695	773	0
	사회	256,214	182,856	6,295	16,921	625	0
	기술	360,440	228,144	6,303	22,128	816	0
	설문	398,935	140,774	6,299	21,412	806	0
	균형	397,188	153,244	6,246	20,580	766	0

4.6 선형의 비교 분석

4.6.1 평면선형의 비교 분석

본 연구에서 구축된 시스템을 검증하기 위하여 기존에 실시설계가 완료된 노선을 대상으로 평가를 하였다. 기존의 노선은 도로의 폭이 20m이며, 연장이 6.0 km인 4차선의 도로이다. 기존 설계된 노선과 의사결정체계로 선정된 노선들 사이에서 면적의 차이를 비교하여 중요도를 산정하였다. 면적에 의한 노선을 평가한 결과 사회·환경적 측면이 다른 측면에 비하여 다소 많은 부분들이 고려되었음을 알 수 있었으며, 비교된 값들을 요약하면 표 4와 같다.

표 4. 면적에 의한 평면선형의 평가 결과

평면선형	면적 (m²)	평가(%)
경제	954,238.832	16.8 %
사회·환경	552,842.604	29.0 %
기술	978,139.049	16.4 %
설문	838,360.637	19.1 %
균형	856,309.764	18.7 %

따라서 이러한 방법들을 이용한다면 기존의 노선에 대한 평가와 신설될 노선에 대한 평가를 각 항목별 중요성에 대한 정량적인 값으로서 평가가 가능함을 알 수 있었다.

4.6.2 종단선형의 비교 분석

기존의 실시 설계된 노선의 종단선형과 본 시스템에서 구축된 알고리즘을 이용한 종단선형을 비교하면 기존 실시 설계된 종단선형의 경사는 최대 6%까지로 설계되어 있으므로 본 연구에서도 6%의 종단 경사로 설계하여 비교 및 분석하였다. 그림 13은 기존의 실시 설계된 지형의 종단선형이며, 그림 14는 구축된 시스템을 이용한 6%의 종단경사로 설계된 종단선형이며, 분석된 값들은 표 5와 같다.

표 5. 실시설계와 산출된 종단선형의 비교

분류	실시 설계의 종단선형	산출된 종단선형
성토량	412,214.50 m³	143,447 m³
절토량	395,464.54 m³	328,897 m³
교량의 연장 및 개소	370m (5EA)	0m
터널의 연장 및 개소	1,805m (1EA)	954m (2EA)

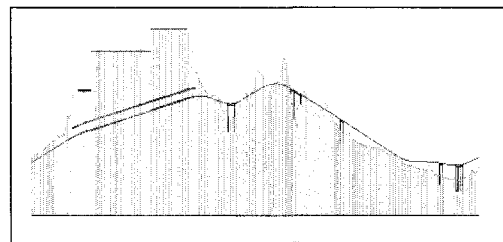


그림 13. 실시 설계된 종단선형

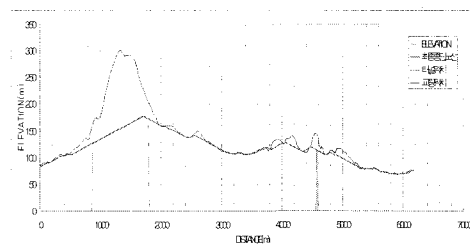


그림 14. 시스템을 이용하여 설계된 종단선형

설계된 종단선형과 본 연구에서 비교 분석하여 도출된 종단선형을 비교하여 보면 토공량의 차이가 다소 발생함을 알 수 있다. 이는 본 연구의 시스템에서는 유토곡선을 고려하지 않은 점과 계획종단고의 설정에 따른 원인으로 발생한 결과라고 생각된다.

## 5. 결 론

첫째, GIS 기반에 계층분석과정을 응용하여 기존 노선의 적정성에 대한 평가를 정량적으로 할 수 있었으며, 이를 신설될 노선에 적용하면 도로 계획 및 기본설계시에 객관적이고 신뢰성 있는 노선 선정을 할 수 있다고 판단된다.

둘째, 기존의 2차원적 정보에 의한 의사결정시스템에서 종단계획까지 고려한 3차원 정보에 의한 의사결정시스템을 적용함으로써 노선 선정기법을 향상시켰고 종단경사, 토공량, 구조물 규모, 공사비 등의 정보를 독립 변수로 할 수 있으므로 더욱 과학적이고 합리적으로 도로 설계를 할 수 있다.

셋째, 구축된 정량적인 평가 시스템을 이용하면 노선 선정이 자동화됨으로서, 많은 비교안을 짧은 시간 내에 도출할 수 있으므로, GIS 기술의 활용과 도로설계기술발전에 기여할 수 있다고 판단된다.

## 참고문헌

1. 건설교통부 (2002), 도로설계편람(1), pp208 ~ 209
2. 이종출 (2001), 동적 GPS 관측에 의한 평면선형분석, 한국측량학회지 제19권 제1호, pp39 ~ 45
3. 이형석 (2001), 노선선정 최적화를 위한 지형공간정보체계와 계층분석과정의 연계, 충남대학교 박사학위논문
4. 양인태, 김동문, 최승필 (2002), AHP기법을 이용한 도로의 노선선정시 다중인자의 정량화 연구, 한국측량학회논문집 제20권 제2호, pp199 ~ 206
5. Min-Yuan Cheng and GueyLin Chang (2001), Automating utility route design and planning through GIS, *Automation in Construction*, Vol. 10, pp507 ~ 516
6. Stefanakis, E., and Kavours, M. (1995), On the determination of the optimum path in space, *Proceedings of International Conference COSIT'95*, pp241 ~ 257