

공학박사 학위논문

노선 선정을 위한 GIS 기반의  
의사결정 시스템 구축

지도교수 이 종 출



이 논문을 지도교수 이 종 출에 의해 제출함

2005년 2월

부경대학교 대학원

토목공학과

노태호

# 노태호의 공학박사 학위논문을 인준함.

2004년 12월 23일

주 심 공 학 박 사

정 영 동



위 원 공 학 박 사

장 상 규



위 원 공 학 박 사

이 중 섭



위 원 공 학 박 사

정 진 호



위 원 공 학 박 사

이 중 출



# 목 차

List of Tables .....	iii
List of Figures .....	v
List of Symbols .....	viii
Abstract .....	ix
1. 서 론 .....	1
1.1 연구의 목적 .....	1
1.2 연구동향 .....	3
1.3 연구방법과 적용범위 .....	6
2. 노선의 계획과 계층분석과정 .....	8
2.1 노선의 계획과 설계 .....	8
2.2 노선 선정의 기준 .....	10
2.3 계층분석과정 .....	12
2.4 계층분석과정의 구성 .....	13
3. GIS 데이터의 모델 .....	18
3.1 데이터 모델의 개념 .....	18
3.2 공간 데이터 모델의 형식 .....	19
3.2.1 벡터 데이터 구조 .....	19
3.2.2 래스터 데이터 구조 .....	21
3.2.3 벡터와 래스터 데이터의 호환성 비교 .....	24
3.3 공간 분석 기법 .....	27

<b>4. 의사결정체계에 의한 노선 선정</b> .....	<b>29</b>
4.1 계층분석과정의 적용 .....	29
4.1.1 1, 2단계의 자료 구축 .....	29
4.1.2 3단계의 자료 구축 .....	29
4.1.3 3단계의 세부자료 구축 .....	31
4.2 연구대상지역의 선정 .....	39
4.3 연구대상지역의 자료 구축 .....	40
4.3.1 구축자료의 설계 .....	40
4.3.2 자료의 구축 .....	42
4.4 노선의 선정 .....	51
4.4.1 평면선형의 선정 .....	51
4.4.2 선정된 평면선형에 대한 비교 분석 .....	62
4.4.3 종단선형의 선정 .....	63
4.5 선형의 비교분석 .....	84
4.5.1 평면선형의 비교 분석 .....	84
4.5.2 종단선형의 비교 분석 .....	87
4.6 분석 및 고찰 .....	89
<b>5. 결  론</b> .....	<b>90</b>
<b>참  고  문  헌</b> .....	<b>92</b>
<b>APPENDIX</b> .....	<b>99</b>

# List of Tables

Table 2.1	Control points sorts and contents .....	11
Table 2.2	Scale for pairwise comparison .....	16
Table 2.3	RI of n×n pairwise comparison determinant .....	17
Table 3.1	Raster and vector advantages and disadvantages .....	26
Table 4.1	Weight and RIW estimating by slope .....	34
Table 4.2	Weight and RIW estimating by soil .....	35
Table 4.3	Weight and RIW estimating by geology(technique) .....	35
Table 4.4	Weight and RIW estimating by geology(economy) .....	36
Table 4.5	Weight and RIW estimating by road network .....	36
Table 4.6	Weight and RIW estimating by land price (classification of land category) .....	37
Table 4.7	Weight and RIW estimating by land price (classification of urban plan facility) .....	38
Table 4.8	Weight and RIW estimating by effect of environment .....	38
Table 4.9	Data classification and extraction .....	41
Table 4.10	Classification of horizontal alignment by different weight .....	51
Table 4.11	Weight and RIW considering technique .....	52
Table 4.12	Weight and RIW considering society and Environment .....	54
Table 4.13	Weight and RIW considering economy .....	56
Table 4.14	Weight and RIW considering balance .....	58
Table 4.15	Weight and RIW considering question .....	60

Table 4.16 Comparison and analysis of horizontal alignment .....	63
Table 4.17 Condition of vertical alignment .....	69
Table 4.18 Result of vertical alignment(5%) .....	70
Table 4.19 Result of vertical alignment(6%) .....	72
Table 4.20 Result of vertical alignment(7%) .....	74
Table 4.21 Result of vertical alignment(8%) .....	76
Table 4.22 Result of vertical alignment(9%) .....	78
Table 4.23 Result of vertical alignment(10%) .....	80
Table 4.24 Comparison of vertical alignment classified by cost of construction(unit : ×1,000,000won) .....	82
Table 4.25 Result of evaluation by area .....	86
Table 4.26 Comparison of design and result in vertical alignment .....	88

# List of Figures

Fig. 1.1	Flow chart of a thesis .....	7
Fig. 2.1	Flow chart of road design .....	9
Fig. 2.2	Structure chart of AHP .....	13
Fig. 2.3	Level of class structure .....	14
Fig. 2.4	Pairwise comparison determinant .....	15
Fig. 3.1	Concept of data model in GIS .....	18
Fig. 3.2	Component and structure of vector data .....	20
Fig. 3.3	Structure of vector data .....	21
Fig. 3.4	Gridded nature of raster mapping .....	22
Fig. 3.5	Example of spatial inaccuracy due to the raster format and resolution .....	23
Fig. 3.6	Method of raster format .....	24
Fig. 3.7	Method of vector format .....	25
Fig. 3.8	Conversion of data from raster to vector format .....	25
Fig. 3.9	Cumulative surface creation using euclidean distance output method .....	27
Fig. 3.10	Processing accumulated cost-path surface using cost-path function .....	28
Fig. 4.1	Level 1 and level 2 of class structure .....	29
Fig. 4.2	Technique of class structure .....	30
Fig. 4.3	Economy of class structure .....	30

Fig. 4.4	Society and environment of class structure .....	31
Fig. 4.5	Application of sub item in technique .....	32
Fig. 4.6	Application of sub item in economy .....	32
Fig. 4.7	Application of sub item in society and environment .....	33
Fig. 4.8	Study area .....	39
Fig. 4.9	Flow chart of data construction .....	40
Fig. 4.10	Topographic map in study area .....	43
Fig. 4.11	Contour map in study area .....	44
Fig. 4.12	Elevation map in study area .....	45
Fig. 4.13	Slope map in study area .....	46
Fig. 4.14	Geologic map in study area .....	47
Fig. 4.15	Cadastral map in study area .....	48
Fig. 4.16	Land property map in study area .....	49
Fig. 4.17	Soil map in study area .....	50
Fig. 4.18	Result of horizontal alignment considering technique .....	53
Fig. 4.19	Result of horizontal alignment considering society and environment .....	55
Fig. 4.20	Result of horizontal alignment considering economy .....	57
Fig. 4.21	Result of horizontal alignment considering balance .....	59
Fig. 4.22	Result of horizontal alignment considering question .....	61
Fig. 4.23	Comparison and analysis of horizontal alignment .....	62
Fig. 4.24	Result of vertical profile .....	64
Fig. 4.25	Detail drawing for design of vertical slope .....	65
Fig. 4.26	Flow chart for design of vertical slope .....	65

Fig. 4.27 Screen of VPAAS .....	67
Fig. 4.28 Flow chart for design of volume .....	68
Fig. 4.29 Result of vertical alignment(5%) .....	71
Fig. 4.30 Result of vertical alignment(6%) .....	73
Fig. 4.31 Result of vertical alignment(7%) .....	75
Fig. 4.32 Result of vertical alignment(8%) .....	77
Fig. 4.33 Result of vertical alignment(9%) .....	79
Fig. 4.34 Result of vertical alignment(10%) .....	81
Fig. 4.35 Comparison of vertical alignment classified by cost of construction .....	83
Fig. 4.36 Overlay map of study area and horizontal alignment .....	84
Fig. 4.37 Method of comparison by area .....	85
Fig. 4.38 Result of vertical profile in study area .....	87
Fig. 4.39 Result of vertical alignment in study area(6%) .....	87
Fig. 4.40 Design of vertical alignment in study area .....	88

# List of Symbols

- CI : 일관성 지수  
CR : 일관성 비율  
RI : 무작위 지수  
 $\lambda_{\max}$  : 일대일 행렬의 가장 큰 고유값  
 $A_{ij}$  : 행렬의 각 요소

# Construction of Decision Support System for Route Location based on GIS

Tae - Ho Roh

*Department of Civil Engineering, Graduate School,  
Pukyong National University*

## Abstract

In designing roads, route location is a very important process. The studies on route location have been actively made for the time. However, it is the actual situation that the studies on decision support system, which consider even vertical alignment based on GIS(Geographic Information System), were insufficient.

Therefore, considering the vertical alignment based on GIS, this study presented the route location method by applying AHP(Analytic Hierarchy Process) and evaluating quantitatively. This study developed the program that can be easily applied to this kind of road design, and built the decision support system for route location, and the study results are summarized as follows;

First, we could quantitatively evaluate the appropriateness of exiting routes by applying the AHP based on GIS. If we apply this to the roads that will be newly constructed, we can make the objective and reliable route location when making road plans and basic designs.

Second, we improved the technique of route location by applying the decision support system with third-dimensional data, which considers even the vertical alignment plan, to the existing decision support system with second -dimensional data. And, since we can set those data such as vertical slope, earth-volume, structure size and construction cost to independent variables, we can make road designs more scientifically and reasonably.

Third, we developed the program that can build a decision support system. By using it, users can easily, conveniently and rapidly calculate earth volume, construction cost, structures' location and size.

Fourth, if we use the quantitative evaluation system that was built, the user requests for route location is automatically made. Thus, since many plans can be made for comparison within short time, it is judged that it can contribute to the use of GIS technology and the development of road design technology.

It is judged that, in the future, if we additionally add more reasonably and universally quantified data and detailed items considering regional characteristics when we select routes that are linked with AHP, we may be able to make more developed route location.

# 1. 서론

## 1.1 연구의 목적

현대 생활에서 도로는 국가경제나 국민생활에 동맥과 같은 중요한 기능을 하고 있으며(이종출, 2001), 세계 어느 나라 할 것 없이 삶의 질 향상과 자동차의 수요 증가로 도로에 대한 수요는 기하급수적으로 증가하며, 공급은 수요에 못 미치고 있는데, 그 이유는 도로 시설에 대한 경제적 투자가 너무 크기 때문이다.

일반적으로 도로의 공급은 국가재정사업으로 이루어지며, 지역개발이 도로의 위치와 연관되어 계획되거나, 지역개발에는 도로건설이 필수적으로 따라오는 경우가 대부분이다. 그러므로 노선을 선정할 때에는 연도 지역의 환경 및 사회적 영향, 국토의 균형적인 발전과 효율적인 이용, 유지관리 등 다양한 측면들을 고려하여 매우 신중을 기울여서 검토해야할 과제이다.

노선 선정 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 노선 선정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 과거에는 의사결정으로 취득된 노선들이 평면선형에서 거의 결정되는 경우가 많았으며, 종단선형의 고려는 극히 미흡한 실정이었다.

본 연구에서는 노선 선정시 요구되고 있는 방대한 자료와 결정요소 등을 선택하여 의사결정체계인 계층분석과정(AHP ; Analytic Hierarchy Process)을 이용하여 합리적인 노선 선정의 방법을 제시하고 이를 평가하고자 하며, 이렇게 수행된 노선 선정 결과를 지형공간정보체계(GIS ; Geographic Information System)를 이용하여 시각화 및 분석하고자 한다.

본 연구에서 구체적인 적용 방법은 계층분석과정으로 선정된 평면 선형을 분석하고 그것을 기반으로 종단선형의 설계를 종단경사 변화에 의한

다각적인 방법으로 분석하여 합리적인 노선 선정을 도출하여 평가하고자 하며 종합적으로 주된 연구의 목적은 GIS를 기반으로 의사결정체계를 응용하여 도로의 노선 선정을 할 때 정량적 평가를 통하여 신속하고 합리적인 노선 선정의 방법을 제시하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 1.2 연구동향

1960년대부터 연구가 시작된 GIS는 그 당시 매우 한정적으로 사용되었으나 1970년대부터 컴퓨터의 활용과 더불어 여러 분야에서 활발한 연구(Nathaniel 등, 1998 ; Dail 등, 2001)가 진행되고 있다. 또한, 이러한 GIS를 이용하여 적합한 선형을 선정하고자 하는 연구(Zhan 등, 2001 ; Xu 등 1994 ; Xu 등 1995)를 하였다.

Mitchel 등(1988)은 경로의 방향이 지형 표면의 장애물을 피해서 선택토록 하는 연구를 하였으며, Douglas(1994)는 선택된 경로의 정확도와 효율성을 향상시키는 연구(Solka 등, 1995 ; Vörös, 2001)를 하였다. Feldman 등(1995)은 Caspian 바다 인근의 석유 파이프라인 경로를 연구하였으며, Stefanakis 등(1995)은 여행경비를 고려한 여러 가지의 모델을 설정하여 최단거리의 바다 경로를 선택하였다. Lee 등(1998)은 최소비용경로 알고리즘을 이용하여 전략적인 경로와 과학적인 경로 등을 모델링 하였으며, Jay 등(1998)은 DEM의 자료를 이용한 GIS 기반의 최소비용경로라는 알고리즘을 통하여 건설, 군사, 환경, 계획 분야 등에 적용할 수 있음을 연구하였다.

Waletr 등(2000)은 도로와 수로에 대한 경로선택을 최소비용경로에 의존한 방향 결정에 대한 알고리즘을 연구하였으며, Cheng 등(2001)은 GIS 기반의 네트워크 분석을 통하여 노선의 선정을 기존의 장애물을 피하면서 건설비용의 최소화 관점에서 선정하고자 하는 연구를 하였으며, Chaoqing 등(2003)은 의사결정을 이용한 노선의 계획시 사용되는 최소비용경로의 알고리즘을 공간적 거리, 이방성(異方性) 비용과 교량과 터널의 유무에 따라 매개변수를 달리하여 보편적인 알고리즘과 비교하는 연구를 하였다.

김응철 등(2004)은 고속도로의 평면선형과 종단선형을 비용경로에 의한 GIS 자료기반으로 여러 가지의 경우를 단계별 해석에 의해 최적화하는 방법에 대해서 연구하여 GIS 기반의 의사결정체계가 점점 그에 대한 연구가

활발히 진행되고 있음을 알 수 있다.

한편, 박창호 등(1996)은 지하철의 최적노선 및 구간별 운행회수 등에 대한 모형을 이용자의 기회비용을 고려하여 지하철의 노선을 선정한 연구가 있다.

김대웅 등(1997)은 출발지와 도착지간의 교차로 수를 최소로 하는 최단 경로 알고리즘을 개발하여 이를 최적 버스 노선망 결정에 이용한 연구가 있었으며, 최기주 등(2001)은 이용도로계획 및 노선 선정에서 GIS의 자료를 가상의 링크/노드(link/node)구조의 형상으로 도로건설에 필요한 복합적인 비용요소를 기반으로 최소비용경로를 도출한 연구를 하였으며, 이형석<sup>23)</sup>은 계층분석과정의 의사결정체계를 이용한 노선 선정을 시도하여 실제 설계된 도로와의 비교 및 평가에 관하여 연구하였고, 이종달 등(2001)은 신경망 알고리즘을 이용하여 도로 노선 결정시 요구되는 인자의 객관성 확보 및 적용에 관하여 연구하였다.

또한, 도로의 선형에 대하여 GIS를 활용하고자 하는 연구도 진행되어 정영동 등(2000)은 GIS Tool을 이용하여 실시간 도로선형정보체계를 구축함으로써 예비 설계 자료의 기초 자료로 활용할 수 있음을 연구하였으며, 이러한 도로선형정보체계(이종출 등, 2003)를 수치사진측량을 이용하여 구축하였고(서동주, 2003), 강승림(2002)은 도로의 선형조건(이종출 등, 2000 ; Keinosuke 등, 1996)을 이용하여 고속도로의 사고위험도를 파악하고 평가하는 방법을 GIS 기반을 통한 연구를 하여 이에 대한 평가기준을 마련하는 연구를 하였다.

양인태 등(2002)은 AHP기법을 이용하여 노선 선정시 이용되는 다중인자의 경중률 적용을 정량화하여 합리적인 노선 선정의 접근에 관하여 연구하였고, 김응철 등(2002)은 노선최적화시 토공비용(이종출 등, 1991)에 관하여 면적의 보간법을 이용한 새로운 최적 노선대안을 시도하였으며, 김동문(2002)은 계층분석과정을 통한 노선 선정 시스템을 GIS 기반의 사용

자 인터페이스를 개발하는 연구가 있었다.

또한, 강인준 등(2002)은 고속도로의 선형 최적화에 유전자 알고리즘을 이용하여 모델링을 제시하였으며, 최준규(2002)는 근래에 대두되고 있는 환경친화적인 도로노선의 선정을 AHP 기법을 적용하여 정량적 평가를 연구하였다. 이와 같이 GIS 기반의 의사결정체계를 적용하여 합리적인 노선 선정에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

### 1.3 연구방법과 적용범위

노선의 선정에 필요한 항목들과 세부요소들을 정하기 위한 자료를 조사 수집하였고, 자료들을 근거로 하여 고려해야할 항목과 요소들에 대해서 정리를 하였다.

노선 선정에 대한 결정 방법을 의사결정체계인 계층분석과정을 적용하기로 하고, 계층분석과정에서는 정량적 자료가 필수적이므로 정성적 자료인 항목과 요소들을 정량적 자료로 변환하였다. 또한 정량적 자료의 변환시 주관적 사고가 개입될 수 있으므로 객관성을 확보하기 위하여 국내의 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하여 본 연구에 계층분석과정의 구조를 형성하였고, 임의의 연구대상지역을 선정하였다.

선정된 연구대상지역을 GIS 기반의 자료로 활용하기 위하여 노선 선정과 관계가 많은 지형도, 정밀도양도, 지질도, 토지이용도, 토지특성도, 지적도 등을 수집하였고, 이러한 주제도를 계층분석방법의 각 항목과 요소별로 가중치를 분류하여 구축하였다. 구축된 자료들은 계층분석방법의 가중치를 이용하여 GIS 프로그램인 ArcView를 이용하여 노선의 선정과 시각화하였으며, 선정된 노선들에 대해서 비교 분석하였다.

선정된 노선들에 대해서 우선 평면 선형을 고려되어야 할 항목과 요소에 대해서 검토하였으며, 평면 선형을 이용하여 종단 경사의 변화를 통하여 종단 선형을 선정하여 비교 분석하였고, 선정된 평면 및 종단선형을 이용하여 토공량을 산정함으로써 최적의 노선을 도출하였으며, 끝으로 이미 설계가 된 기존의 노선과 비교 분석함으로써 이러한 체계에 대한 효용성에 대하여 평가하였다.

이러한 일련의 과정들은 Fig. 1.1과 같다.

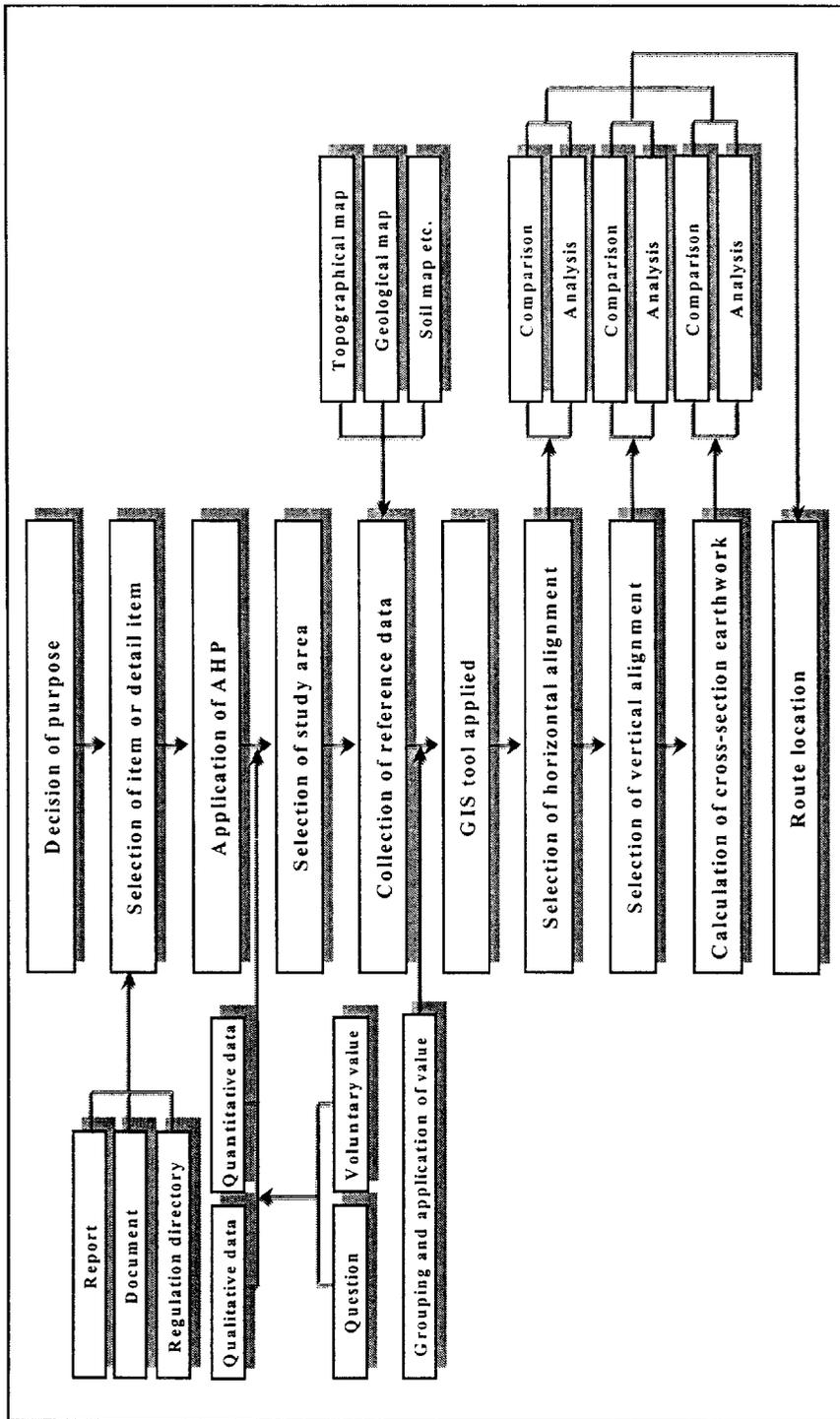


Fig. 1.1 Flow chart of a thesis

## 2. 노선의 계획과 계층분석과정

### 2.1 노선의 계획과 설계

노선의 계획은 도로 계획 및 설계 등을 통하여 골격을 갖추는 작업을 의미하므로 노선 계획의 검토 때는 경제 조사, 교통조사, 기술적 조사 등 도로 계획상의 기본적인 조사를 수행한다. 우선, 국토종합개발 계획 등과 같은 상위계획을 토대로 개략적인 경제성 평가와 투자 우선순위 결정의 단계를 거친 후 최적노선이 선정되면 사회·경제지표 현황, 도로교통 현황 및 환경현황 등에 대한 조사, 재정조사, 장래 교통수요 예측, 대안노선 설정 및 최적노선 결정 등의 일련의 과정이 포함되어 있는 타당성 조사를 하게 된다. 또한, 결정된 노선의 건설로 인해 발생할 수 있는 교통영향평가와 환경영향평가 등 제반영향들에 대해서 평가를 실시한다.

타당성 조사와 제반영향들에 대한 평가가 끝나고 결정된 최적노선에 대한 기본설계가 실시된다. 기본설계는 교통영향평가와 환경영향평가 및 타당성 조사에서 도출된 제반조건을 바탕으로 하여 사전 조사사항, 주요 설계기준과 구조물 형식 및 단면의 결정, 개략적인 건설방법, 공정계획, 공사비 등의 기본적인 내용을 설계도서에 표시하는 것이다.

기본설계를 구체화하여 실시설계하게 되는데 실제 건설공사에 필요한 내용을 설계도상에 구체적으로 표시하는 것을 말하며, 도로계획 단계가 아닌 시행단계에 포함되거나 외부조건들의 변화 등으로 인한 일부 설계조건 변경은 이전 단계의 결정사항에 크게 영향을 미치지 않은 수준이어야 한다. 큰 영향을 미칠 때에는 설계변경에 따른 타당성을 재검토해야 할 경우도 있으므로 세심한 주의를 요한다(건설교통부, 1999).

이러한 노선 선정에 대한 개략적인 순서를 요약하면 Fig. 2.1과 같다.



## 2.2 노선 선정의 기준

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

사회적 요인은 도로가 교통망의 개선을 통해 지역사회에 가져오는 의의를 평가하는 것으로서 다른 개발계획을 함께 고려하여 해당지역에 가져오는 효과를 검토한다.

경제적 요인은 도로계획의 타당성 여부를 건설비와 유지관리비 등의 투자측면과 그 투자에 따른 경제적인 편익에 대해서 계량적으로 평가하고, 그 측면부터 계획의 타당성을 검토한다.

기술적 요인은 도로계획의 기술적 요인은 자동차의 흐름을 처리하기 위한 교통 기술적인 측면과 그것을 자연조건과 대응시켜 구조적으로 정착시키기 위한 구조기술적인 측면으로 나누어 검토한다.

노선 선정시 중요한 항목들을 포함한 기타 고려해야 할 항목들을 열거하면 Table 2.1과 같다(강재수, 1998).

Table 2.1 Control points sorts and contents

Condition	Ranking Item	First-level control point	Second-level control point	Note
Natural condition	Topography	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mountain chain, valley</li> <li>Main river's bridge point</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large cutting, large censure, huge cutting surface</li> <li>Lake, swamp, small river</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Huge tunnel, huge bridge's position decision</li> </ul>
	Geology	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large scale volcano activity zone, collapse region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tender ground</li> <li>Dislocation direction</li> </ul>	
	Weather	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large scale snow drifts region, road surface's freezing prediction region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dead leave etc's heap</li> <li>Customary fog region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Huge bridge section must located at low positioned pier</li> </ul>
Related public work		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relationship between interchange location and creating road</li> <li>Significant main road or intersection position with railway(reform, create project)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alignment near the interchange, intersection site</li> <li>Agriculture formation improvement project, land division and arrangement work</li> </ul>	
Environ- ment conditon	Society environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>School, hospital, beadhouse, and closed residence region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residential area, factory, and industry complex</li> </ul>	
	Nature environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservation of nature region</li> <li>National park (conservation zone)</li> <li>Provincial park area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservation of nature region</li> <li>National park (special zone)</li> <li>Residential region</li> <li>Rational park, provincial park</li> </ul>	
Cultural assets	Cultural assets	<ul style="list-style-type: none"> <li>National treasure</li> <li>Important cultural assets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cultural assets, temple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tangible asset</li> <li>Intangible asset</li> </ul>
	Souvenir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Special name, special historic spot, special natural souvenir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Historic spot, souvenir</li> </ul>	
Public facilities		<ul style="list-style-type: none"> <li>Airport, railway station, harbors, electric wave reception facilities, reservoir, and large scale power plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Railway, road, harbors, coast, electric power plant facilities</li> <li>Power transmission line</li> </ul>	

## 2.3 계층분석과정

계층분석과정(AHP ; Analytic Hierarchy Process)은 1960년대 Tomas. L. Saaty에 의해 개발되었다. 이는 인간이 의사결정을 할 때 두뇌가 단계적 또는 위계적으로 분석과정을 활용한다는 점에서 착안하여 개발된 이론으로서, 의사결정의 전 과정을 여러 단계로 분류한 후 이를 단계별로 분석함으로써 최종적인 의사결정에 도달하는 방법이다(Jacek, 1999 ; Satty, 2000).

계층분석과정의 장점은 어떠한 목적에 대하여 의사결정을 하기까지의 대안에 대한 평가를 객관적, 주관적 요소를 모두 포함하여 평가할 수 있는 다차원 변수를 고려할 수 있다는 점과 정성적 기준과 정량적 기준을 동시에 사용하여, 판단하고자 하는 목적을 수학적 논리성을 이용하여 객관화할 수 있다는 점이다. 즉, 계층분석과정은 어떠한 목적에 대하여 해결하고자 하는 요소들을 차츰 작은 요소들로 분해하여 최종 목적을 얻고자 하는 Tree 형식의 의사결정체계이다.

계층분석과정은 일반적으로 다음과 같은 세 가지의 원리가 적용된다.

첫 번째로 목적이 설정되면 그 목적에 대한 세부적인 구성 요소들을 분류할 수 있으며, 그러한 구성요소들을 계층적으로 세분화해 분류한다는 계층구성의 원리이며, 두 번째는 특정 기준 하에서 이들에 대한 선호도를 비교, 판단함으로써 요소들에 대한 상대적인 영향을 나타낸다는 우선순위 설정의 원리이며, 세 번째는 정성적 자료와 정량적 자료를 이용하여 우선순위가 설정된 경우 이러한 순위에 대한 상대적 관련은 일관적이어야 한다는 논리적 일관성의 원리이다.

## 2.4 계층분석과정의 구성

계층분석과정을 이용하여 본 연구의 목적에 대한 설계과정을 Fig. 2.2와 같이 3단계로 구성하였다.

첫 번째, 노선 선정이라는 목적을 가지고 목적에 부여되는 각 항목에 대하여 계층을 구성하였다. 두 번째, 계층 속에 있는 항목에 대하여 우선순위를 설정과 가중치를 선정하였으며, 세 번째는 우선순위의 설정과 가중치에 대한 일관성을 검토하였다. 만약, 일관성이 결여된다고 판단되면 계층의 분류는 일관성을 유지하도록 항목에 대한 우선순위, 가중치를 설정하여야 한다.

이러한 3단계를 거쳐서 최종 목적에 대한 결과를 얻을 수 있다.

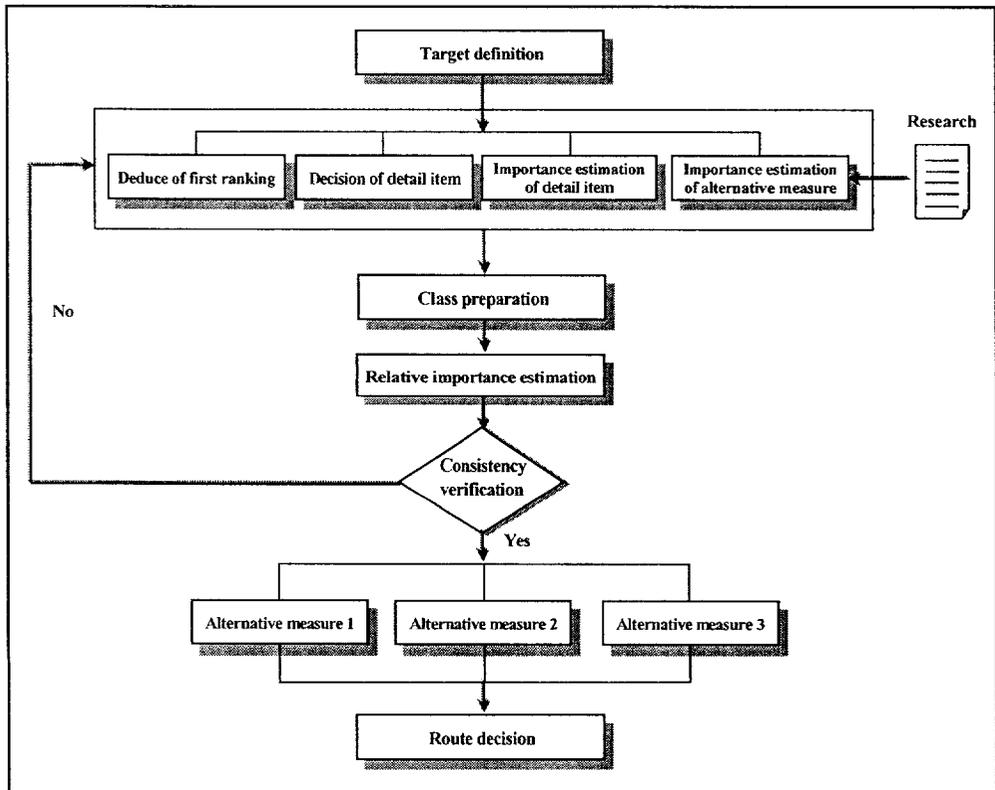


Fig. 2.2 Structure chart of AHP

계층분석과정에서는 전반적으로 3단계로 설계하였으며, 첫 번째 단계인 계층을 구성하기 위해 본 연구에서는 Fig. 2.3과 같이 계층의 구성을 5단계로 세분화하였다.

1단계 내용은 노선 선정이라는 목적을 부여하였으며, 2단계에서는 노선 선정에 대한 결정적으로 영향을 미치는 요소들을 분석하였다. 3단계에서는 2단계에서 선정된 요소들에서 세부 항목을 분류하여 적용하였다. 4단계는 이러한 세부항목들을 분석하여 원래의 목적인 노선 선정에 대한 여러 가지의 방안을 제시하였고, 끝으로 5단계에서 얻고자 하는 결과를 도출하는 것이다.

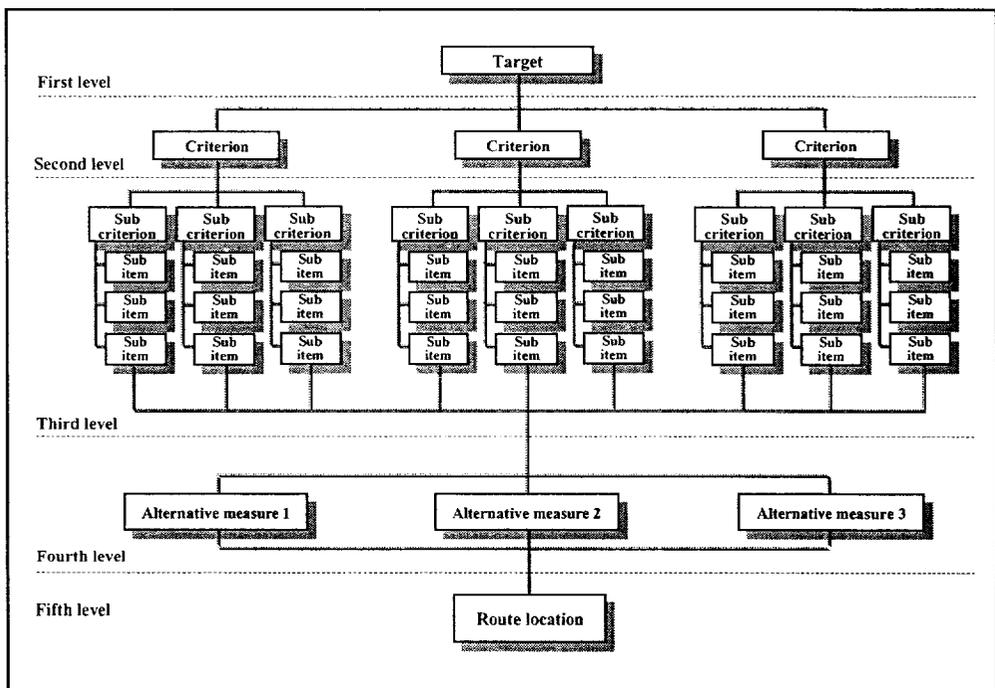


Fig. 2.3 Level of class structure

두 번째 단계는 각 계층에 있는 항목의 요소와 세부요소에 대한 우선순위를 결정하는 것인데 즉, 상대적 중요도를 산출하는 것이다. 상대적 중요도의 산출 방법은 평가 대상 기준간에 일대일비교(Pairwise comparison)를 행하고, 그 결과를 행렬로 나타내는 과정이다.

일대일비교란 의사결정요소를 한번에 한 쌍씩 짝지어 비교하는 형식으로 Fig. 2.4와 같은 행렬로 나타나게 된다.

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	1	$A_{12}$	...	$A_{1n}$
$A_2$	$A_{21}$	1	...	$A_{2n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_n$	$A_{n1}$	$A_{n2}$	...	1

Fig. 2.4 Pairwise comparison determinant

이 행렬의 각 요소,  $A_{ij}$ 는 기준에 비추어 기준  $i$ 가 기준  $j$ 보다 더욱 중요시되는 수치로서 해석된다. 또한, 이러한 척도의 수치는 Table 2.2와 같이 아홉점의 척도를 부여함으로써 수치화할 수 있으며, 대각선의 비교 대상은 동등하므로 1이 된다. 경중률(Weight)의 산정은 일대일비교표의 열(Row)의 수치 기하평균을 구하며, 이는 평가항목의 중요도이며, 이러한 값들을 전체적인 정합성에 대하여 고려해야 한다(금기정, 1999 ; 이형석, 2001).

Table 2.2 Scale for pairwise comparison(Satty, 2000)

Intensity of importance	Definition	Description
1	Equal importance	Being compared two criteria equivalently play an important role for high rank phase's aim
3	Moderate importance	From a experience and judgmental point of view, one criteria have a bit of importance more than another criteria for high rank phase's aim
5	Strong importance	From a experimental and judgmental point of view, relatively, one criteria is more important and essential than another criteria
7	Very strong importance	Positively, when one criteria's relative importance is proved
9	Extreme importance	Positively, when one criteria proved that it is most important decisional criteria
2, 4, 6, 8	Middle level value	Each scale's middle rate of importance
Reciprocal number	1, 1/2, 1/3, ... 1/8, 1/9	If criterion $\alpha$ have one of scale $n$ value when compared to criterion $\beta$ , than criterion $\beta$ should receive a score of $1/n$ when compared to criterion $\alpha$

세 번째 단계는 이러한 항목별로 경중률을 부여하는 경우 어느 정도의 일관성이 있느냐를 산정해야 하며, 이를 수치적으로 나타낼 수 있는 것이 일관성지수(CI : Consistency Index)라 하며, 이 수치를 이용하여 일관성 비율(CR : Consistency Ratio)을 계산하게 된다.

일관성지수는 식 (2-1)로 계산할 수 있으며, 식에서  $\lambda_{\max}$ 는 행렬의 일대

일비교 행렬의 가장 큰 고유값을 말하며, n은 비교되는 기준의 수를 나타낸다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2-1)$$

CI의 수치 의미는 0이 산출되면 완전정합을 의미하므로 0에 가까울수록 정합성의 상태를 수치로 나타낼 수 있다. 이러한 CI의 값으로 CR의 값을 식 (2-2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2-2)$$

여기서, 무작위 지수(RI : Random Index)는 n크기의 일대일비교 행렬표에 의해 무작위로 생성된 여러 개의 일관성 지수이다. 행렬의 크기가 n일 때 무작위지수는 Table 2.3과 같다.

Table 2.3 RI of n×n pairwise comparison determinant

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Saaty는 이러한 CR의 수치로 일관성을 평가하였으며, 경험적으로 CR 값이 10%보다 크면 일관성이 없다고 판단하여 행렬을 재구성해야 한다. 따라서 CR이 0.1이하의 값이 산출되면 양호한 일관성으로 평가하는 것이다(이형석, 2001).

### 3. GIS 데이터의 모델

#### 3.1 데이터 모델의 개념

실세계의 공간은 매우 무한하고 복잡하므로 이러한 공간에 가장 근접하기 위해서는 다양한 정보와 체계 있는 자료들을 필요로 한다. 동일한 자료가 존재하더라도 사용자의 목적에 따라 다르게 적용될 것이며, 자료를 목적에 맞는 자료의 분류 및 구축이 필수적이다. 따라서 지형공간정보체계에서의 가장 큰 목적은 이러한 자료들을 이용하여 사용자가 목적하고자 하는 세계를 모델링함으로써 접근하고자 하는 것이다. 따라서 데이터 모델이란 사용자의 목적에 따른 여건을 적합화 시켜서 가장 근접한 형태의 목적에 따른 환경으로 추구하는 것이다. 이러한 일련의 과정을 표현하면 Fig. 3.1과 같다.

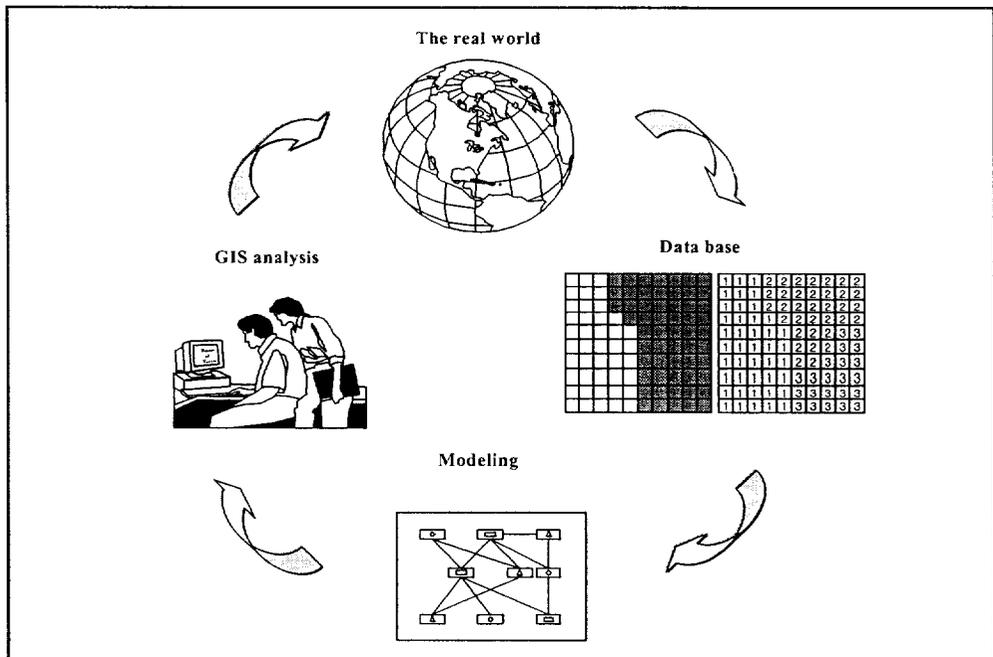


Fig. 3.1 Concept of data model in GIS

## 3.2 공간 데이터 모델의 형식

지형공간정보체계에서의 사용되는 데이터 모델은 DWG(DWG ; Drawing File Extention), DXF(DXF ; Drawing Exchange Format), 이미지(Image), 래스터(Raster), 벡터(Vector), 그래픽(Graphic), TIN(TIN ; Triangulated Irregular Network), DEM(DEM ; Digital Elevation Model), DSM(DSM ; Digital Surface Model) 등 많은 형태의 자료들을 사용할 수 있다. 가장 보편적으로 사용되는 CAD(CAD ; Computer Aided Design) 프로그램의 DWG형식과 다른 그래픽 체계에서도 호환 가능한 DXF 형식의 파일들은 여러 분야에서 활용되고 있으며(장상규, 1993), 이미지나 그래픽 형태의 파일들은 디지털타이저 등의 수치화 단계를 거쳐서 사용되기도 한다. 또한 연속적인 형태의 데이터들로 많이 사용되고 있는 TIN, DEM 등도 있다. 이렇게 여러 형태의 데이터들로서 모델링이 가능하지만 지형공간정보체계에서 가장 보편적으로 많이 사용되고 있는 형식은 벡터구조와 래스터 구조로 된 모델링을 많이 사용하고 있다.

### 3.2.1 벡터 데이터 구조

벡터 데이터 구조의 객체는 좌표 기반 자료의 구조로서 Fig. 3.2와 같이 점, 선, 다각형을 사용하여 표현하며, 래스터 구조보다 나은 공간 정확도를 가지고 있다.

점으로 나타나는 객체는 좌표에 의해 위치가 정해지며, 점의 속성에 대한 정보를 부여할 수 있으며, 선으로 나타나는 객체의 경우 둘 또는 그 이상의 좌표와 선분으로 구성된다.

직선으로 나타나는 객체의 경우 두개의 점으로 성분되어 있으므로 시작과 끝나는 점의 좌표로 구축되어질 수 있다. 연속적이며 복잡한 선으로 나타내어야 하는 객체의 경우는 노드(Node)와 버텍스(Vertex)를 통해 나타낼 수 있으며, 이러한 형상들이 모여져서 체인의 형태를 이루게 되며,

실제로는 벡터 데이터의 구조는 노드와 버텍스만의 좌표가 저장된다.

Fig. 3.2와 같이 폴리곤은 여러 개의 버텍스와 한개의 노드라는 객체를 이용해서 이루어지며, 체인은 이러한 버텍스와 버텍스 혹은 버텍스와 노드를 이용해서 형성되어 진다.

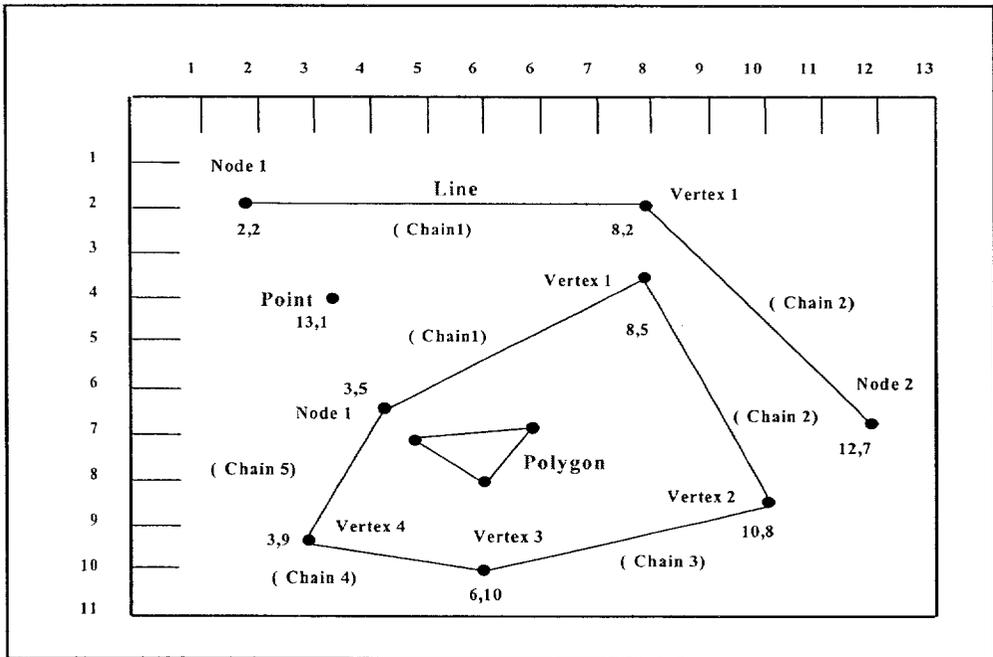


Fig. 3.2 Component and structure of vector data

폴리곤은 세 개 혹은 그 이상의 폐합된 면적으로 구성되어 있다. 모든 폴리곤은 각각의 형상에 맞는 모양, 둘레, 그리고 면적의 정보를 가지고 있으며, 하나의 독립된 객체로 나타나는 것이 아니라 다른 폴리곤과 이웃하고 있는 경우도 있으며, 폴리곤 내에 섬이나 호수와 같은 또 다른 폴리곤을 포함하는 경우도 발생한다. 따라서 이러한 경우 폴리곤에 대한 데이터 구조화는 매우 중요한 역할을 하며, 객체들간의 공간관계에 대한 정보가 제공되어야 한다(이희연, 2003).



Fig. 3.4에서와 같이 기존의 지도가 래스터 데이터 모델로 변환되면서 공간적 정확성과 정보의 손실 및 변형 변화를 쉽게 알 수 있다. 기존의 지도에 대한 자료는 곡선과 직선의 경우로 이루어진 구조이며 래스터 데이터 구조로 변환을 하고자 하면 이러한 자료를 래스터 데이터로 변환하는 절차에서 사각형 형태의 구조는 비교적 자료의 형태나 정보의 손실이 적지만, 곡선이나 혹은 경사진 형태의 직선으로 이루어진 형태의 구조는 정규화된 사각형의 구조로 변환해야 하므로 근접의 자료까지 포함 또는 손실해야하는 부담을 포함해야 한다는 것이다.

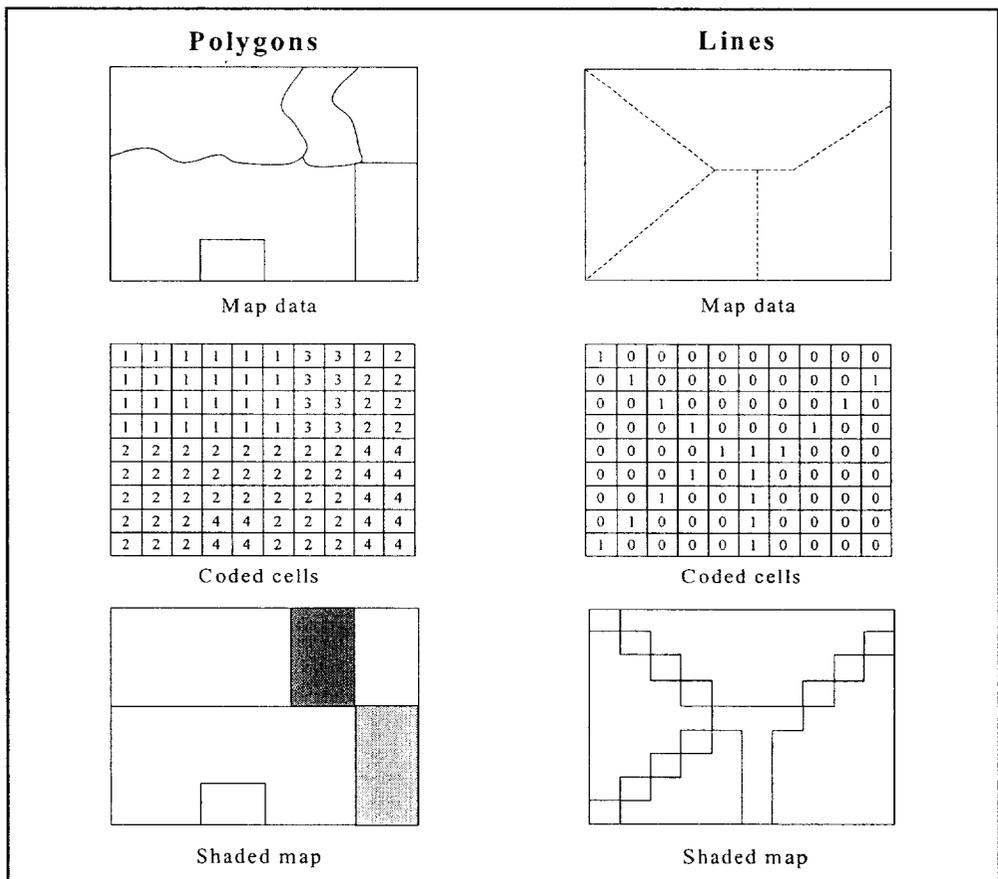


Fig. 3.4 Gridded nature of raster mapping

정보의 손실에 대한 오차를 최소로 줄이기 위해서 셀 단위 수를 증가시키는 방법 즉, 셀 단위 간격을 최소화하는 방법을 생각할 수 가 있다.

Fig. 3.5와 같이 8×12 그리드 셀로 데이터로 구축된 자료가 16×24 그리드 셀로 구축된 자료보다 더욱 자료의 질이 떨어진다고 생각될 수 있다. 하지만, 이러한 자료의 질이 떨어지는 것만 고려해서는 합리적이지 않다. 즉, 어떠한 자료가 있다고 가정하고 자료를 분석하고자 할 때, 분석의 기준을 명확히 설정하고, 이러한 기준에 대한 정확도 등을 고려하여야 한다. 예를 들어 1/100의 정확도를 요구하는 조건을 1/1,000의 정확도로 분석의 조건으로 해석해서는 합리적이지 못하다. 따라서 그리드 데이터의 구조는 셀 수의 증감에 따라 매우 융통성 있게 자료를 처리할 수 있다는 장점과 단점을 동시에 지닌 구조라 생각할 수가 있다. 즉, 셀의 수가 증가하면 증가할수록 처리의 속도가 늦어진다는 의미를 내포한다.

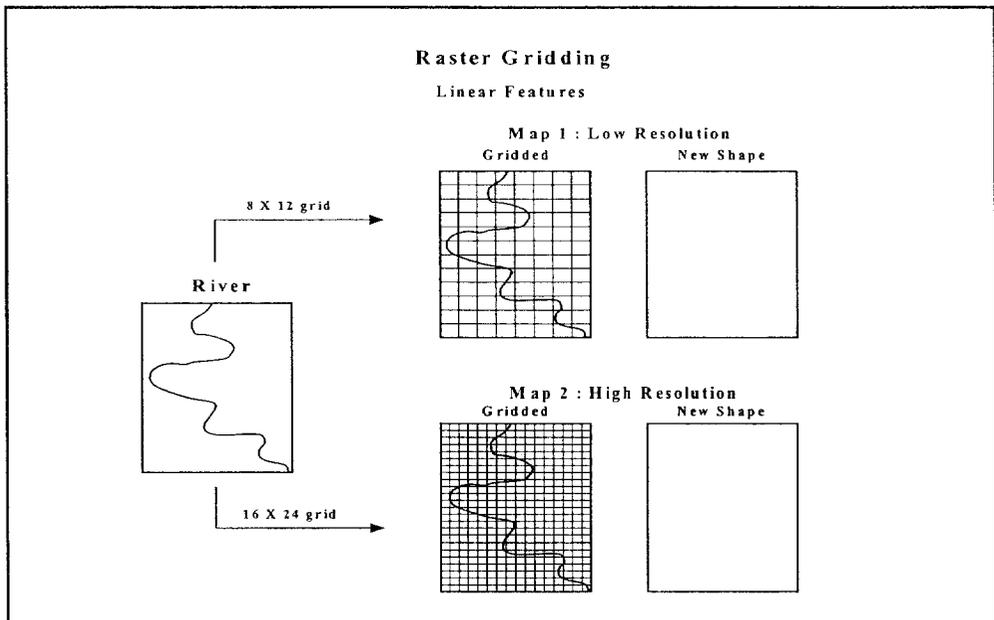


Fig. 3.5 Example of spatial inaccuracy due to the raster format and resolution

### 3.2.3 벡터와 래스터 데이터의 호환성 비교

자료 처리에 있어서 사진이나 종이로 작성된 도면일 경우의 영상을 DXF와 같은 형태로 변환하는 래스터 데이터를 벡터 데이터로 변환하는 경우가 있는가 하면, 분석을 용이하게 하기 위해서 벡터 데이터를 래스터 데이터로 변환하는 경우가 있다. 래스터 데이터를 벡터 데이터로 변환하는 것을 벡터화(Vectorization)라 하며, 벡터 데이터를 래스터 데이터로 변환하는 것을 래스터화(Rasterization)라 한다. 벡터 데이터와 래스터 데이터 구조는 근본적으로 차이가 있으나 두 데이터 사이에는 호환이 가능하며, 또한 사용 목적에 따라 두 데이터의 중첩이 가능하다.

래스터화에 있어서 Fig. 3.6에서와 같이 간단하지만, 이러한 변환 절차로 인해서 자료의 손실 및 부정확성이 따르게 된다는 문제점을 가지고 있다.

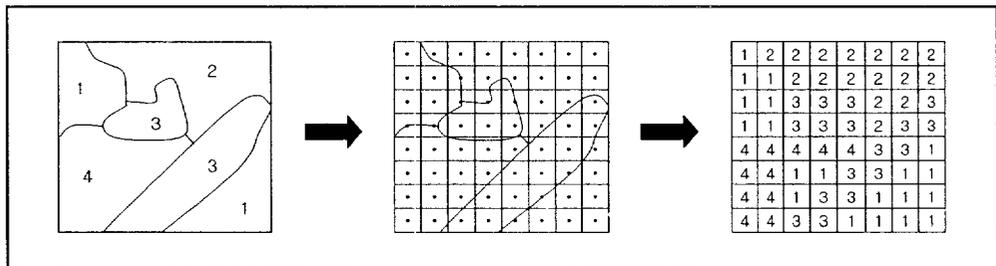


Fig. 3.6 Method of raster format

반면에 벡터화의 경우, Fig. 3.7과 같이 데이터의 손실이나 정확도가 크게 떨어지지 않는지만, 변환절차가 래스터화보다 훨씬 복잡하고 시간도 많이 걸리며, 정교한 작업이 요구될 뿐만 아니라 변환 알고리즘 유형에 따라 결과물이 다르게 나타나는 경우도 있다.

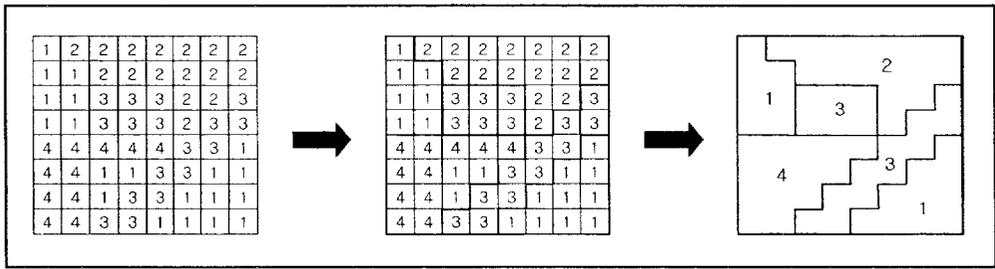


Fig. 3.7 Method of vector format

이와 같이 초기 자료를 래스터화하여 다시 벡터화한 Fig. 3.6과 Fig. 3.7를 통해 나타난 바와 같이 변환 과정에서 다소의 차이를 보인다. 그러므로 Fig. 3.8에서 이러한 과정을 알 수 있듯이 두 데이터간의 자료가 통합이 가능하지만, 원시자료를 완전히 복원하지는 못한다는 것이며, 목적에 적합하게 데이터를 사용해야하는 것이다(이희연, 2003).

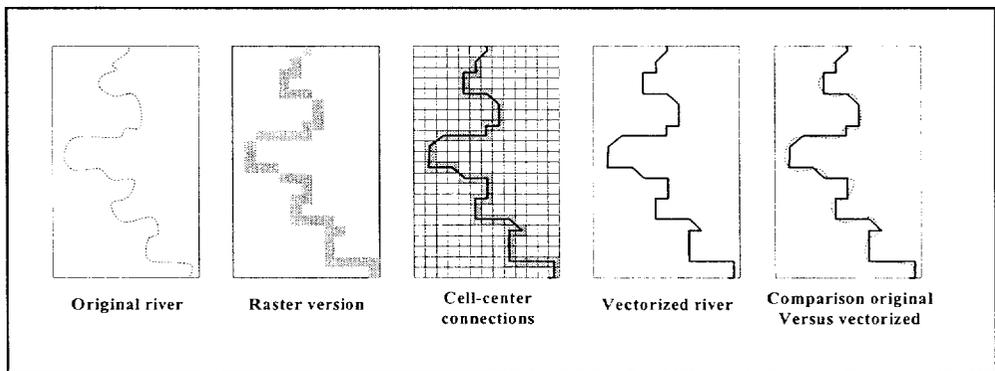


Fig. 3.8 Conversation of data from raster to vector format

이와 같은 래스터 데이터와 벡터 데이터에 대한 장·단점을 비교하면 Table 3.1과 같다.

Table 3.1 Raster and vector advantages and disadvantages(Bruce, 2001)

Raster	Vector
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advantages                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- It is a relatively simple data structure.</li> <li>- The simple grid structure makes analysis easier.</li> <li>- Because of the relative simplicity of raster formats, the computer platform can be "low tech" and inexpensive.</li> <li>- Remote sensing imagery(from aircraft or satellite) is typically obtained in raster format.</li> <li>- Modeling is the creation of a generalized data file or a set of universal procedures to accomplish a certain GIS task.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advantages                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vector data is more map-like than raster data.</li> <li>- Take less storage space and offer better storage capabilities than raster format.</li> <li>- Vector data can be topological.</li> <li>- The high resolution supports high spatial accuracy.</li> <li>- The general public usually understands what is shown on vector maps.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disadvantages                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spatial inaccuracies are common with raster systems.</li> <li>- Because each cell tends to generalize a landscape, the result is relatively low resolution compared to the vector format.</li> <li>- Because of spatial inaccuracies caused by data generalization, a raster format can not tell precisely what exists at a given location.</li> <li>- Each cell must have a code, even where nothing exists.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disadvantages                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vector data formats may be more difficult to manage than raster formats.</li> <li>- Vector formats require more powerful, high-tech machine.</li> <li>- The use of better computers, increased management needs.</li> <li>- Learning the technical aspects of vector system is more difficult than raster format.</li> <li>- Other considerations often make the vector format more expensive.</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3 공간 분석 기법

확산(Spread)이란 공간 분석 기법의 한 가지로 어떠한 목적이 설정되면 구축된 자료에서 주어진 목적에 맞는 일정한 방향으로 그 영향력을 넓혀가는 것을 말한다. 따라서 확산 기능을 이용하면 다양한 특정 현상의 영향력을 분석하는데 유용하다. 즉, 하나 혹은 여러 개의 시작점에서 목적에 맞도록 변화하는 현상을 표현하고, 거리가 변화함에 따라 증가하는 통행시간이나 누적 비용 등을 산출하는데 매우 효율적인 기능이다. 이러한 확산 기능을 이용하여 목적에 맞도록 결과를 도출할 수가 있다.

확산기능의 사용 함수를 살펴보면 Fig. 3.9와 같은 유클라디안의 함수와 Fig. 3.10과 같은 비용-경로 함수로 나타낼 수 있다.

Fig. 3.9와 같이 유클라디안의 거리는 소스(Source) 셀의 중심으로 주위에 있는 각 셀의 중심까지 계산되며, 각 소스 셀까지의 거리는 각 셀에 대하여 (x, y)를 밑변과 높이로 하는 삼각형의 빗변을 계산하게 된다.

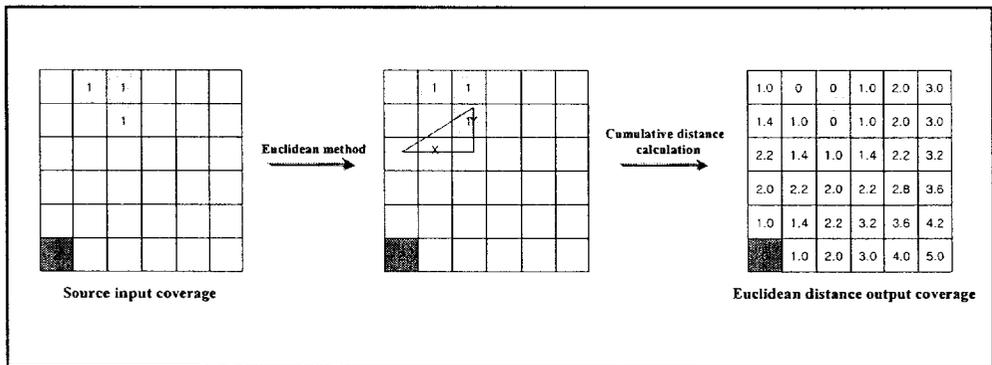


Fig. 3.9 Cumulative surface creation using euclidean distance output method

거리-비용을 이용하여 누적 표면을 생성하는 경우는 Fig. 3.10과 같이 가중치 거리 함수를 활용할 수 있으며, 이 방법은 한 지점에서 다른 지점

까지의 실제 거리를 계산하지 않고 각 셀에서 소스 셀 집합 내의 가장 가까운 셀까지의 최단 가중치 거리를 결정하는 것이므로 측정 단위도 실제 거리가 아니라 비용단위로 거리가 적용된다.

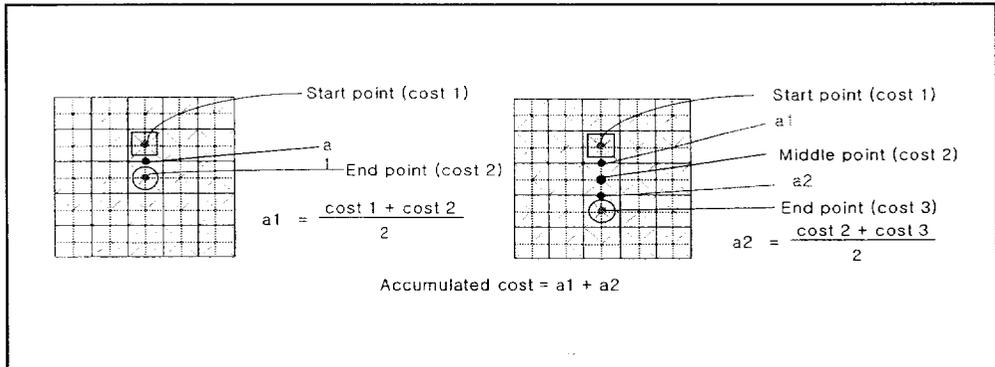


Fig. 3.10 Processing accumulated cost-path surface using cost-path function

$$\text{Accumulated cost} = \frac{a1 + 1.414(\text{cost of cell}[2] + \text{cost of cell}[3])}{2}$$

이와 같은 알고리즘을 목적에 맞도록 설정하면 효과적인 경로를 산정할 수 있는 것이다(이희연, 2003).

## 4. 의사결정체계에 의한 노선 선정

### 4.1 계층분석과정의 적용

#### 4.1.1 1, 2단계의 자료 구축

본 연구에서 계층분석과정을 적용하기 위해서 5단계의 계층구조로 설계하였다. 설계에 대한 내용은 Fig. 2.3과 같다.

1단계에서는 최종 목적의 결정단계이므로 본 연구에서는 노선의 선정이라는 목적을 부여하였다.

2단계에서는 노선 선정에 대하여 결정적인 항목들을 결정하였으며, 이에 대한 항목의 결정은 국내외의 보고서, 문헌, 연구논문 등을 기반으로 선정하였다. 노선 선정시 고려해야 할 항목들은 Fig. 4.1과 같이 기술적 측면, 경제적 측면, 사회·환경적 측면으로 선정하였다.

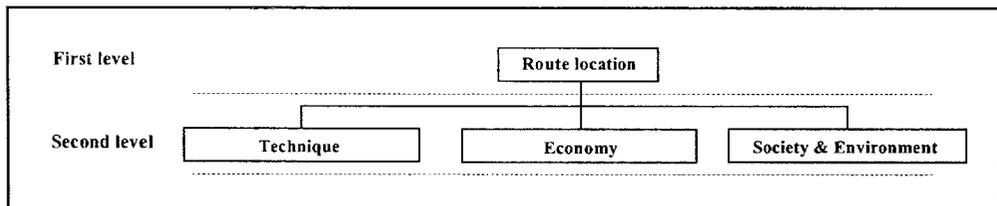


Fig. 4.1 Level 1 and level 2 of class structure

#### 4.1.2 3단계의 자료 구축

3단계에서는 각 항목에 대한 세부항목 및 세부하위항목을 설정하였다.

첫 번째, 기술적 측면을 고려한 노선 선정에 대한 항목은 Fig. 4.2에서 나타낸 바와 같이 적절한 선형의 조합, 시공성의 용이성과 가능성, 연약지반의 상태, 주행의 안정성으로 모두 4가지의 세부항목으로 선정하였다.

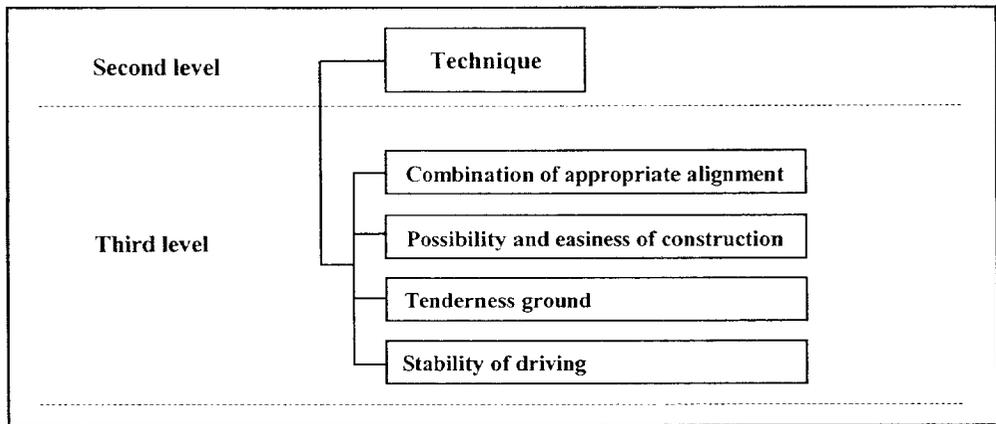


Fig. 4.2 Technique of class structure

두 번째, 경제적 측면을 고려한 노선 선정의 항목은 Fig. 4.3에서 나타낸 바와 같이 건설비, 지가, 차량의 운행 시간과 운영비, 도로의 유지비로 모두 4가지의 세부항목으로 선정하였다.

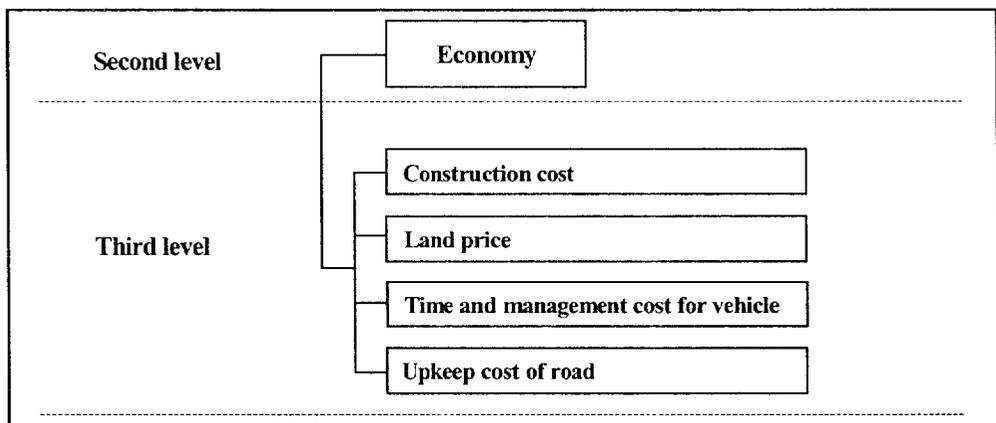


Fig. 4.3 Economy of class structure

세 번째, 사회·환경적 측면의 노선 선정에 대한 항목은 Fig. 4.4에서 나타낸 바와 같이 문화재와 기념물, 산맥과 주요하천의 교량지점, 지형에 따

른 기상조건, 교통소음, 자연환경 보전지역, 학교와 병원 등의 주택 밀집지, 공항과 철도역, 주요도로와의 접근성과 용이성 등으로 모두 8가지의 세부항목으로 선정하였다.

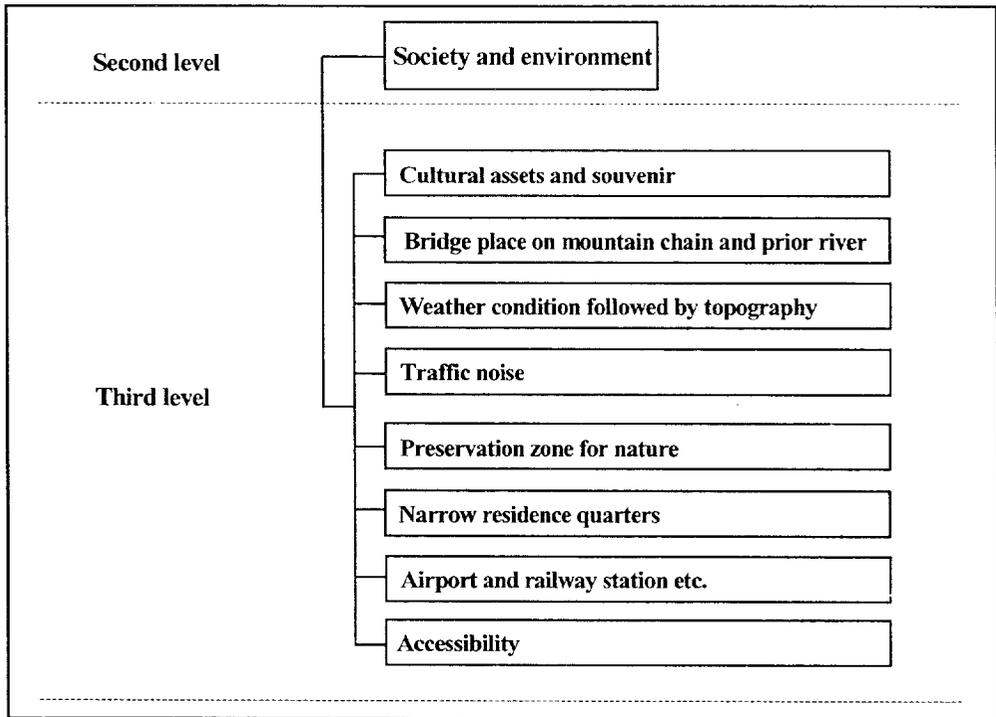


Fig. 4.4 Society and environment of class structure

#### 4.1.3 3단계의 세부자료 구축

세부항목이 결정되면, 이에 대한 세부하위항목을 설정하였다. 세부하위항목은 GIS 자료로 대체하여야 하며, 이러한 과정에서 정성적인 자료가 정량적인 자료로 변환이 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 쌍별비교를 위한 경중률의 부여는 최대한 객관성을 확보하기 위하여 문헌, 보고서 및 연구문헌들을 토대로 부여하였다. 경중률이 부여되면 상대적 중요도를 나타내는 RIW(RIW ; Relative Importance Weight)을 산정하여야 한다.

RIW의 산정은 여러 가지 S/W들이 있지만, 본 연구에서는 IDRISI라는 GIS S/W에 내장되어 있는 프로그램을 사용하여 산정하였다(Eastman 1999).

세부항목과 세부하위항목과의 적용의 여부는 Fig. 4.5, Fig. 4.6, Fig. 4.7과 같이 요약할 수 있다.

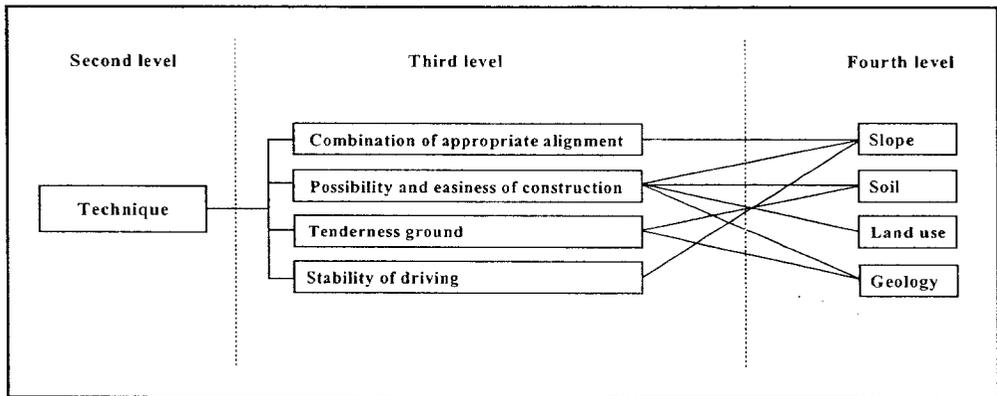


Fig. 4.5 Application of sub item in technique

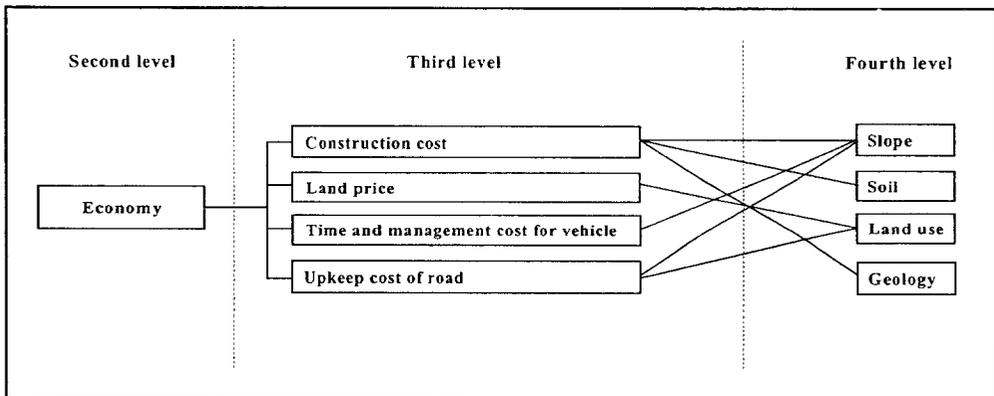


Fig. 4.6 Application of sub item in economy

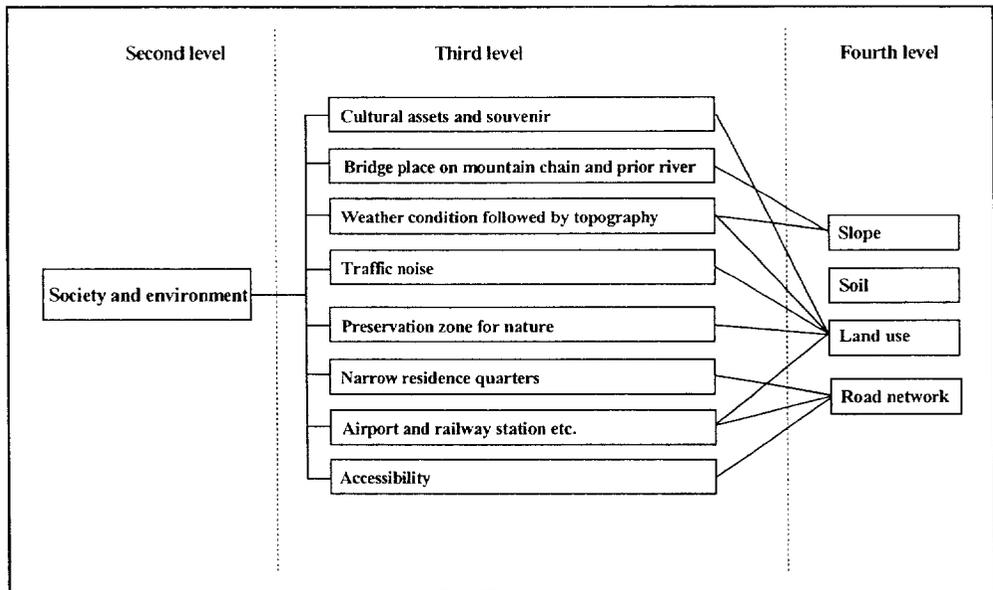


Fig. 4.7 Application of sub item in society and environment

#### 1) 경사

경사는 토공량, 노선의 종단선형, 시공성, 건설비 등 많은 부분에 직·간접적인 영향을 미친다. 따라서 이러한 경사의 항목은 경제적, 기술적 그리고 사회·환경적 측면에 영향을 미치는 요소로 판단된다. 종단경사의 기준치는 설계속도에 따라 표준치가 설정되며, 최대 16%까지 규정되어 있고, 지형 여건, 주변 지장물의 경제성을 고려하여 필요한 경우 1%를 증가할 수 있는 규정이 있다. 따라서 본 연구에서는 경사의 분류를 건설교통부에서 제정한 설계속도에 따라 종단경사의 기준치를 근거로 산정하였다(건설교통부, 2003).

Table 2.2와 같이  $\pm(0\sim17\%)$ 경사의 경중률을 1로 하였고,  $\pm(18\sim34\%)$ 의 경중률을 1/3로 정하여 각 17%가 증가된 경사에 각각의 경중률을 1/5, 1/7로 정하였으며, 경중률은 Table 4.1에서 Satty가 제시한 수치들 중에서 가장 보편적이라 판단되는 수치를 적용하였다. 이러한 경중률을 적용한 결

과 경사에 따른 상대적 중요도(RIW)가 산출되며 일관성 비율은 0.04로 나타났다.

Table 4.1 Weight and RIW estimating by slope

Slope type	Weight	RIW	CR
±( 0 ~ 17)%	1	0.57	0.04
±(18 ~ 34)%	1/3	0.26	
±(34 ~ 51)%	1/5	0.12	
± 52% Over	1/7	0.06	

## 2) 토양

토양은 시공성과 연약지반과의 관계, 배수의 상태 등에 영향을 미친다. 따라서 이러한 토양의 항목을 경제적, 기술적인 측면에 영향을 미치는 요소로 판단된다. 토양의 분류는 여러 가지 측면에서 기준을 설정할 수 있지만, 본 연구에서는 배수의 상태에 따라 가중치를 설정하였으며, 미국 토양보존국(SCS ; U.S. Soil Conservation Service)과 우리나라 농촌진흥청의 분류기준을 종합적으로 비교 검토하여 우리나라 정밀토양도의 토양통을 SCS의 수문학적 토양군인 A, B, C, D로 분류하여 제시한 기준을 사용하였다. 배수상태의 등급은 A는 매우양호, B는 양호, C는 불량, D는 매우불량으로 분류하여 본 연구에 경중률을 산정하였다. Table 4.2와 같이 배수상태 등급이 매우 양호한 토양의 경중률을 1로 부여하였고, 양호한 토양의 경중률을 1/3로 정하여 4가지 토양상태의 배수등급에 경중률을 부여하였을 때 일관성 비율은 0.04로 나타났다.

Table 4.2 Weight and RIW estimating by soil

Soil type	Weight	RIW	CR
A	1	0.57	0.04
B	1/3	0.26	
C	1/5	0.12	
D	1/7	0.06	

### 3) 지질

지질의 상태는 시공성, 연약지반과의 관계, 기초의 적합성, 시공시 발파의 경제성 등에 영향을 미치는 것으로 판단되어 기술적 측면과 경제적 측면의 요소로 설정하였다. 본 연구에서 암의 분류는 화성암, 변성암, 퇴적암으로 분류하여 경중률을 산정하였으며(윤지선, 1995), 기술적 측면의 산출치는 Table 4.3과 같이 암의 강도에 따라 분류하여 화성암의 경중률을 1로 부여하였고, 경제적 측면의 산출치는 Table 4.4와 같이 시공시 발파의 경제성에 따라 분류하여 퇴적암의 경중률을 1로 부여하였을 때 각각의 일관성 비율은 0.03으로 나타났다.

Table 4.3 Weight and RIW estimating by geology(technique)

Geology type	Weight	RIW	CR
Igneous rock	1	0.637	0.03
Metamorphic rock	1/3	0.258	
Sedimentary rock	1/5	0.105	

Table 4.4 Weight and RIW estimating by geology(economy)

Geology type	Weight	RIW	CR
Sedimentary rock	1	0.637	0.03
Metamorphic rock	1/3	0.258	
Igneous rock	1/5	0.105	

4) 도로망

도로는 신설과 확장도 중요하지만 타 도로와의 접근성도 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 고속도로, 국도, 일반도를 분류하여 도로의 접근성에 대한 도로망의 경중률을 산정하였으며, 사회·환경적인 측면에 영향을 미치는 요소로 도출하였다. 분류 근거는 도로법의 도로분류에 따라 분류하였으며, Table 4.5와 같이 고속도로의 경중률을 1로 부여하여 상대적 중요도는 0.637, 일관성 비율은 0.03으로 도출되었다.

Table 4.5 Weight and RIW estimating by road network

Geology type	Weight	RIW	CR
Highway	1	0.637	0.03
Road	1/3	0.258	
Local road	1/5	0.105	

5) 토지이용

토지의 이용은 경제적, 사회·환경적 측면에 영향을 미치는 요소로 설정하였다. 본 연구에서의 토지이용의 분류는 지가에 따른 분류와 환경적 영향에 따른 분류로 하여 경중률을 산정하였다.

(1) 지목에 따른 지가

지목에 따른 지가는 지역마다 매우 큰 차이를 나타내고 있으며, 같은 지목의 지가도 동일 지역내에서 많은 차이를 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는 지목에 따른 지가의 산정을 토지가격 비준표를 이용하여 산정하였다. 토지가격 비준표란 대량의 토지에 대한 가격을 간편하게 산정할 수 있도록 계량적으로 고안된 간이지가산정표이다. 따라서 연구대상지역의 토지가격 비준표를 근거로 Table 4.6과 같이 지목에 따른 지가를 산정하였고, 지목에 없는 항목은 Table 4.7과 같이 도시계획시설에 따른 지가를 토지가격 비준표를 이용하여 산정하였다.

Table 4.6 Weight and RIW estimating by land price

(classification of land category)

Land type		A	B	C	D	E	F	RIW	CR
Farm	A	1.000						0.161	0.00
Rice field	B	0.980	1.000					0.158	
Stock farm	C	0.940	0.960	1.000				0.151	
Forest and field	D	0.920	0.940	0.980	1.000			0.148	
Factory region	E	1.250	1.280	1.330	1.360	1.000		0.201	
Hybridity site	F	1.130	1.150	1.200	1.230	0.900	1.000	0.181	

Table 4.7 Weight and RIW estimating by land price  
(classification of urban plan facility)

Land type		A	B	C	RIW	CR
Urban amusement park	A	1.000			0.408	0.00
Waterway, Railway, Road	B	0.85	1.000		0.346	
River	C	0.60	0.71	1.000	0.245	

(2) 환경적 영향에 따른 분류

토지이용의 상태를 환경적 영향에 따라 3가지로 분류하였다. 분류의 내용은 국토를 환경적·계획적으로 보전, 개발, 이용하기 위하여 환경적 가치를 종합적으로 평가하여 「보전해야 할 지역」과 「개발해도 될 지역」을 구분하는 환경부의 주요업무계획을 근거로 분류하였으며, 산림지역의 경중률을 1/5로 부여하므로 환경의 훼손을 최소로 하는 값을 도출하였다. 또한, 일관성 비율은 0.03으로 Table 4.8과 같이 나타났다.

Table 4.8 Weight and RIW estimating by effect of environment

Land type	Weight	RIW	CR
Urban area	1	0.637	0.03
Farming area	1/3	0.258	
Forest area	1/5	0.105	

## 4.2 연구대상지역의 선정

본 연구대상지역은 부산광역시 기장군내 철마면과 정관면 지역을 선정하였다. 기장군은 5개의 행정구역으로 구성되어 있고, 비교적 소규모의 지역이며, 지형의 형태는 산세가 급한 지형과 완만한 지형이 비교적 골고루 분포되어 있고 일부는 바다와 접하여 있다. 연구대상지역의 위치는 Fig. 4.8과 같다.

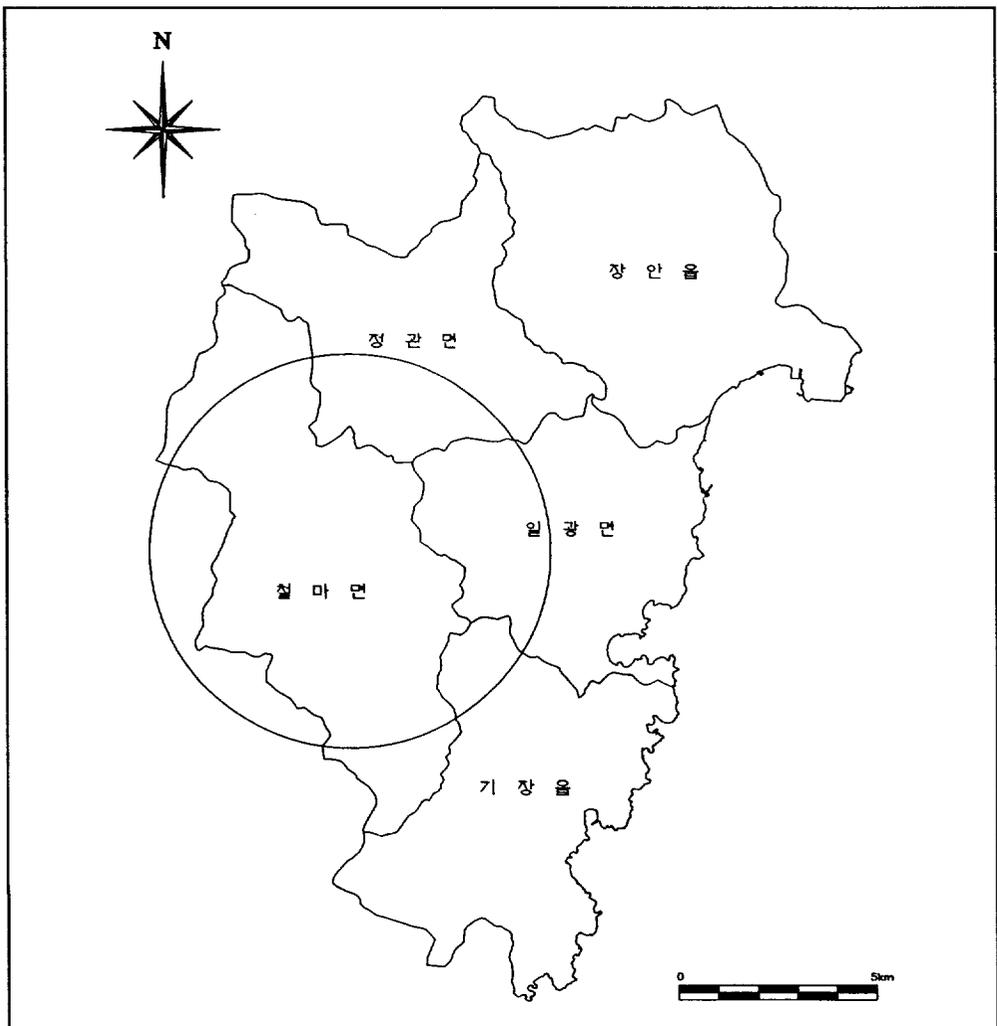


Fig. 4.8 Study area

### 4.3 연구대상지역의 자료구축

#### 4.3.1 구축자료의 설계

목적에 대한 의사결정을 하기 위하여 목적에 적합한 양질의 자료 즉, 성질과 특성 등과 같은 정성적인 자료와 넓이와 길이 같은 정량적인 자료의 구축이 필요하며, 이러한 자료는 공간과 속성자료로의 변환이 필수적이다.

본 연구에서 자료 구축의 단계를 나타내면 Fig. 4.9와 같다.

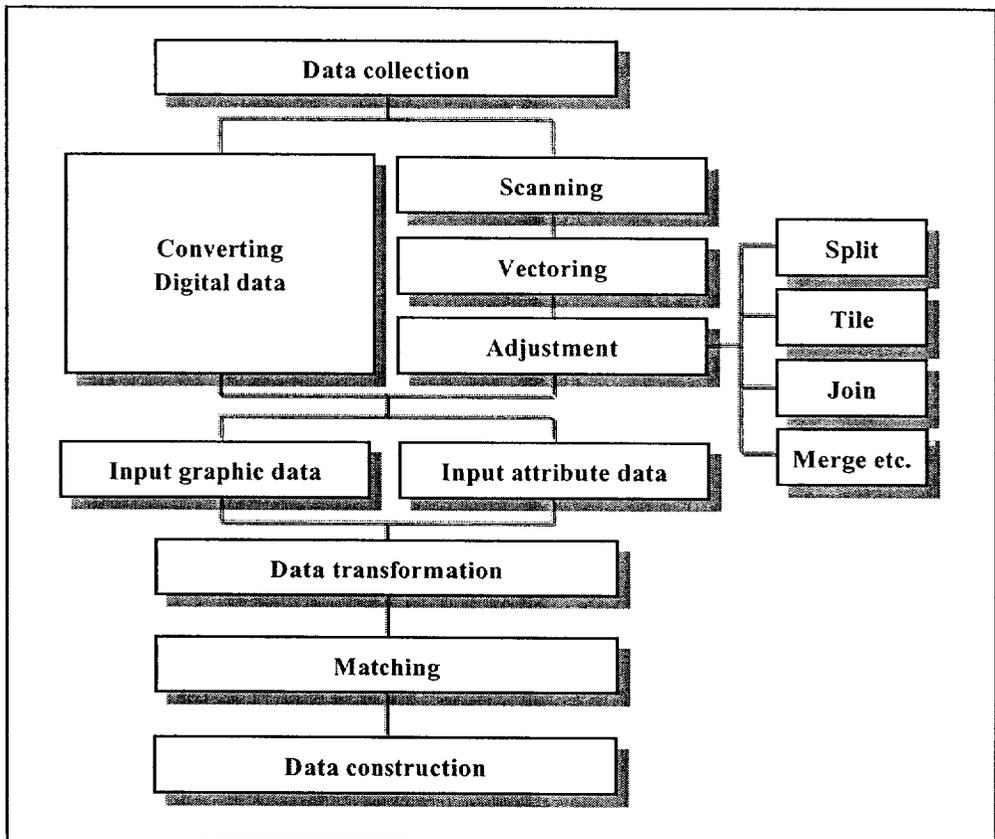


Fig. 4.9 Flow chart of data construction

자료의 구축을 위해서 연구 대상 지역에 대한 수치화된 자료가 필요하고, 수치화되지 않은 자료는 수치화로 전환하여야 하며, 이러한 자료들은 준거타원체와 투영의 기준 등을 고려하여 구축하게 된다. 또한 스캐너에 의해 수치화 작업을 하여 오류 및 수정 등을 거쳐서 자료를 구축하고 벡터 자료는 래스터 자료로 변환해야 한다. 본 연구에서 사용된 래스터의 크기는 20m × 20m로 설정하여 변환하였으며, 사용된 구축 자료의 종류, 축척, 추출목적 등은 Table 4.9와 같다.

Table 4.9 Data classification and extraction

Classification	Scale	Purpose of extraction	Remark
Topographic map	1/5,000	Contour Elevation Slope Road network etc.	
Geologic map	1/50,000	Rock of distribution	
Cadastral map	1/500 1/600 1/1,200	Classification of land category Land price Number of a lot of ground Boundary of ground	Scanner Digitizing
Land property map	1/5,000	Situation of land use	
Soil map	1/25,000	Situation of soil	

### 4.3.2 자료의 구축

#### 1) 수치지형도

수치지형도는 전 국토에 대해 통일된 축척으로 국가가 제작하는 국가기본도중의 하나이며, 다른 주제도 및 특수도의 원시자료로 많이 활용되고 있고, 축척은 1/1,000, 1/5,000과 1/25,000으로 나누어진다. 본 연구에서 사용된 수치지형도는 건설교통부 국토지리정보원에서 제작된 축척 1/5,000로 연구 범위에 적합하게 설정하여 총 9장의 수치지형도를 사용하였으며, 연구대상지역의 수치지형도는 Fig. 4.10과 같다. 또한 수치지형도를 이용하여 Fig. 4.11의 등고선도, Fig. 4.12의 표고도, Fig. 4.13의 경사도에 대한 주제도로 변환하였다.

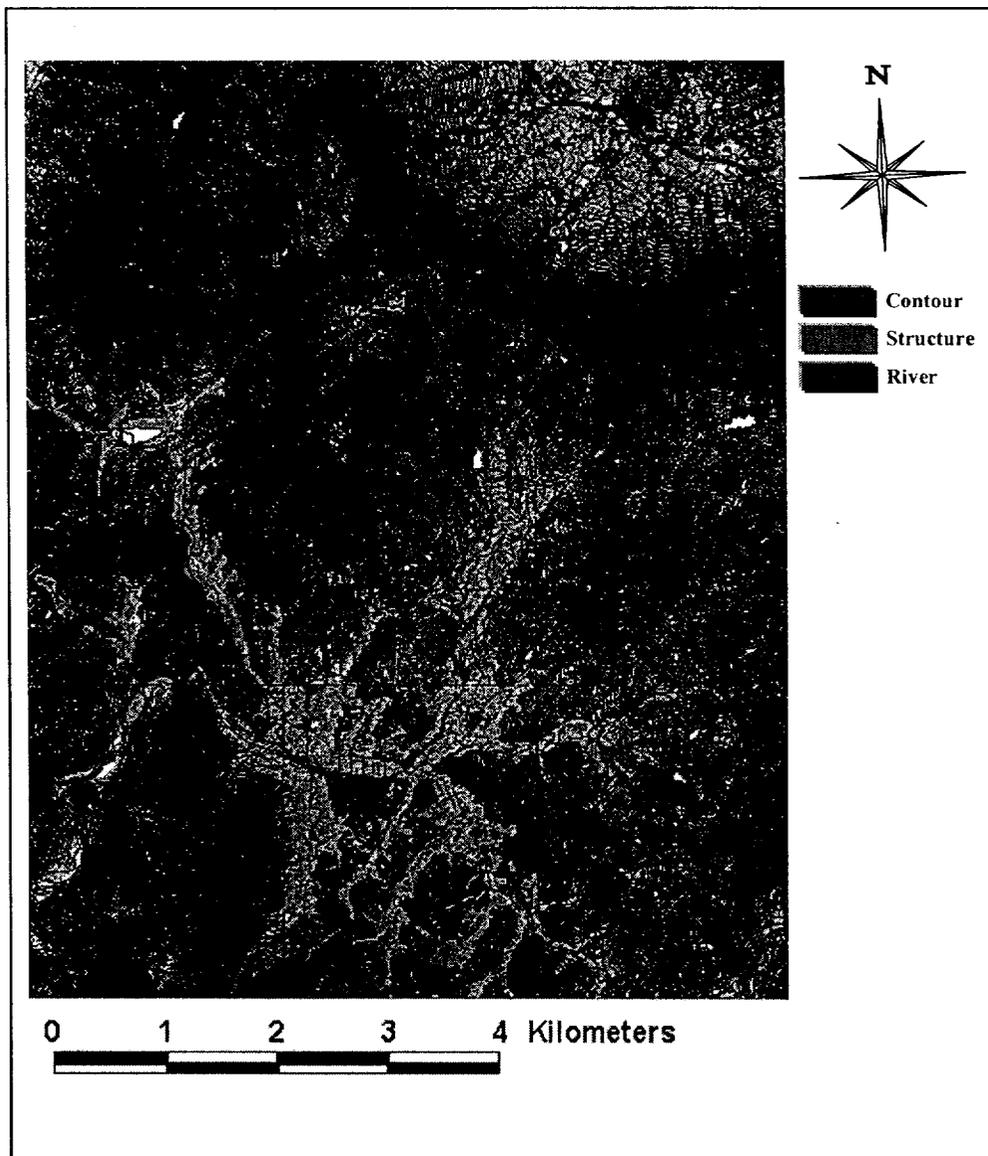


Fig. 4.10 Topographic map in study area

(1) 등고선도

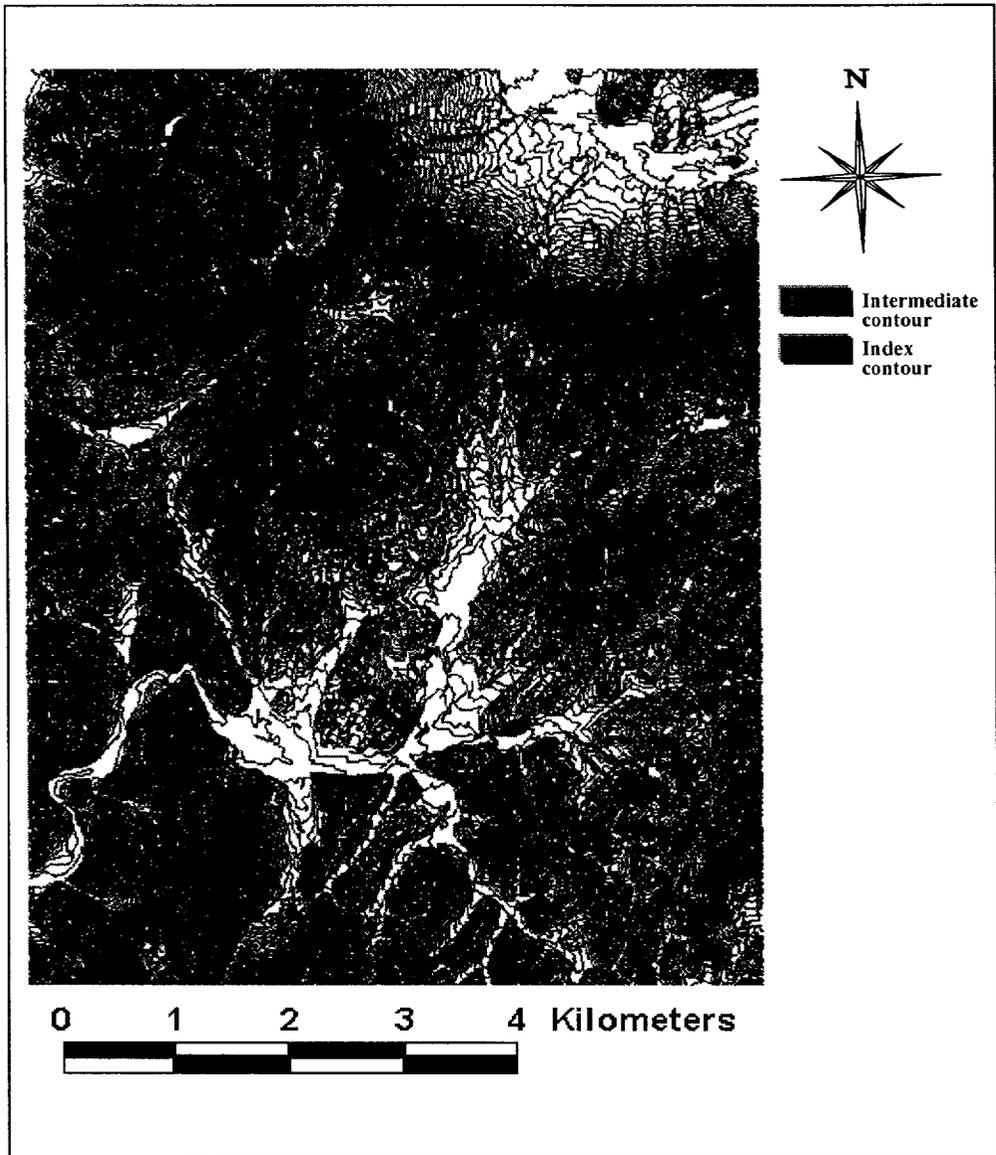


Fig. 4.11 Contour map in study area

(2) 표고도

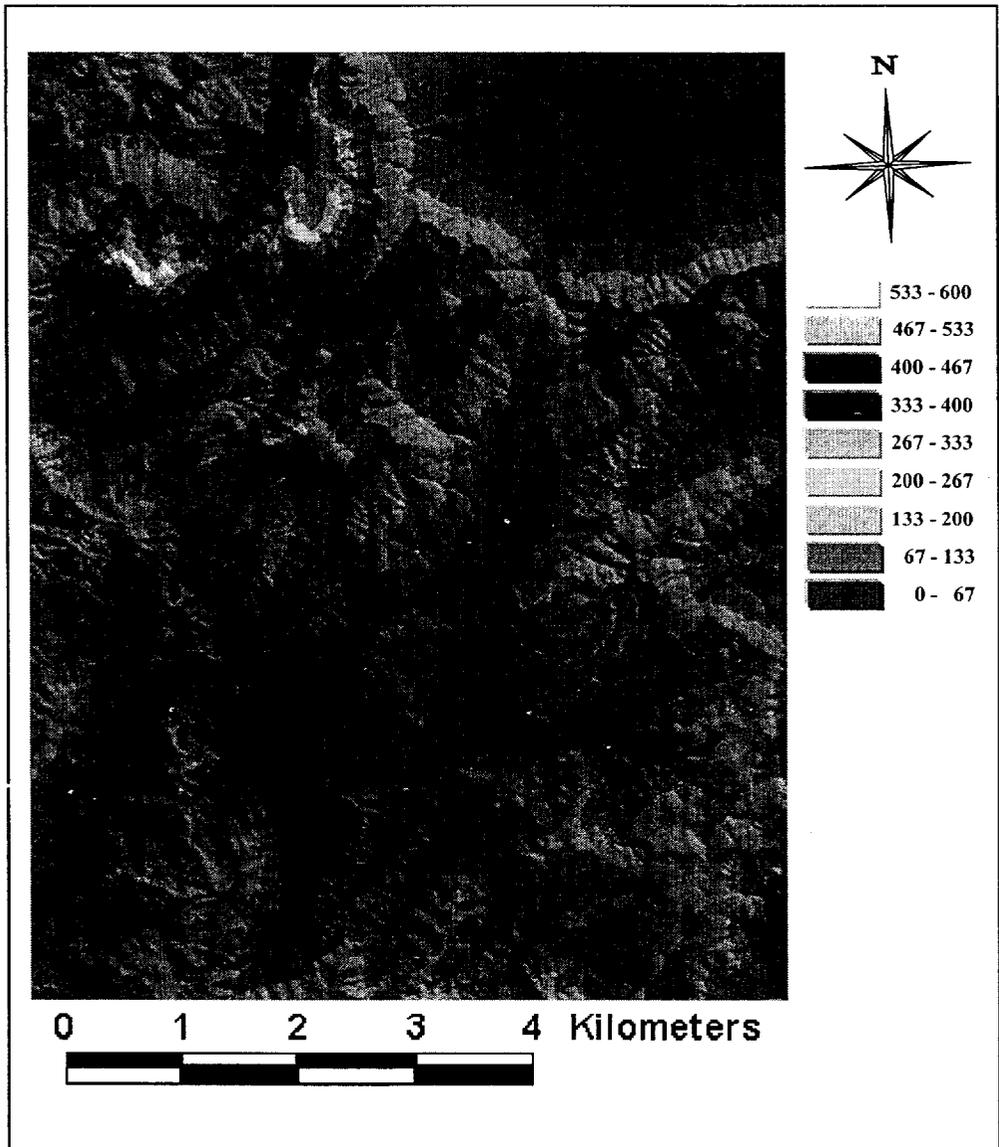


Fig. 4.12 Elevation map in study area

(3) 경사도

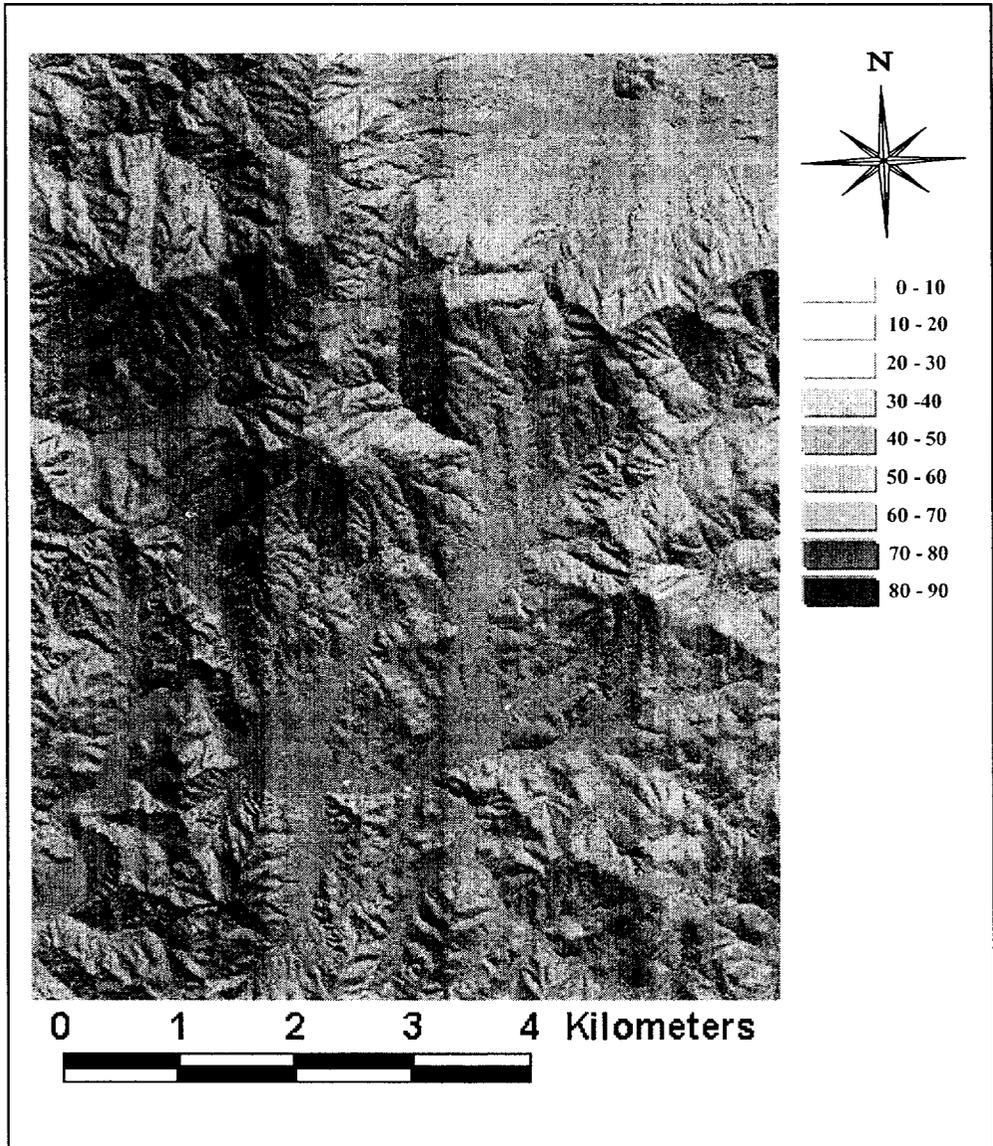


Fig. 4.13 Slope map in study area

## 2) 지질도

지질도는 각종 암석의 분포, 시대, 배열 상태나 구조를 표토나 얽은 표토 추적물을 깎아낸 상태로 나타낸 것으로 본 연구에서는 Fig. 4.14와 같이 축척 1/50,000의 수치지질도를 사용하여 분류하였다.

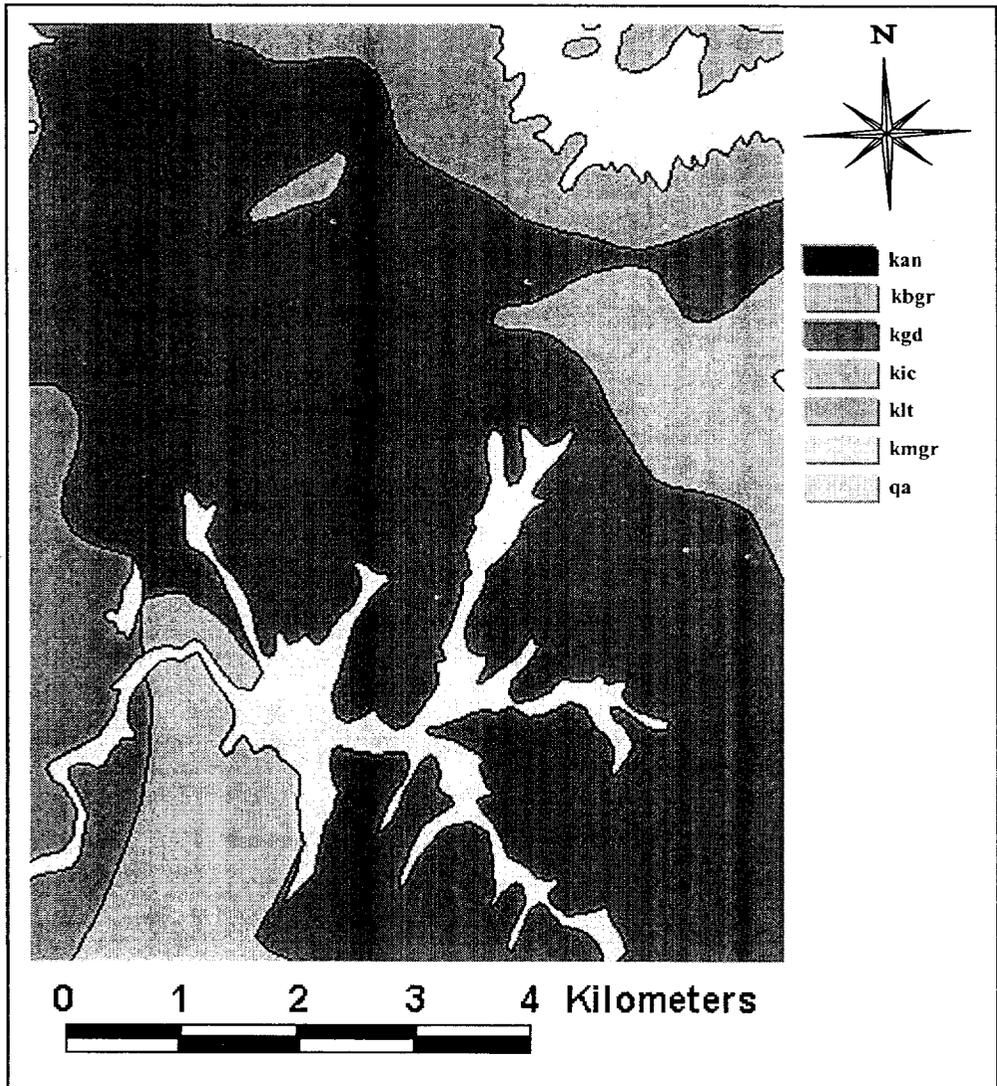


Fig. 4.14 Geologic map in study area

### 3) 지적도

지적도는 토지의 소재, 지번, 지목, 경계 등을 등록한 도면으로서 지방자치단체에서 보관을 하고 있으며, 1/500, 1/600, 1/1,000, 1/1,200, 등이 있다.

현재, 전산화의 작업은 구역에 따라 수치화가 진행중이며 완료된 지역도 있다. 본 연구에서 적용은 Fig. 4.15와 같이 지목별 지가와 지번을 분류하여 이용하였다.

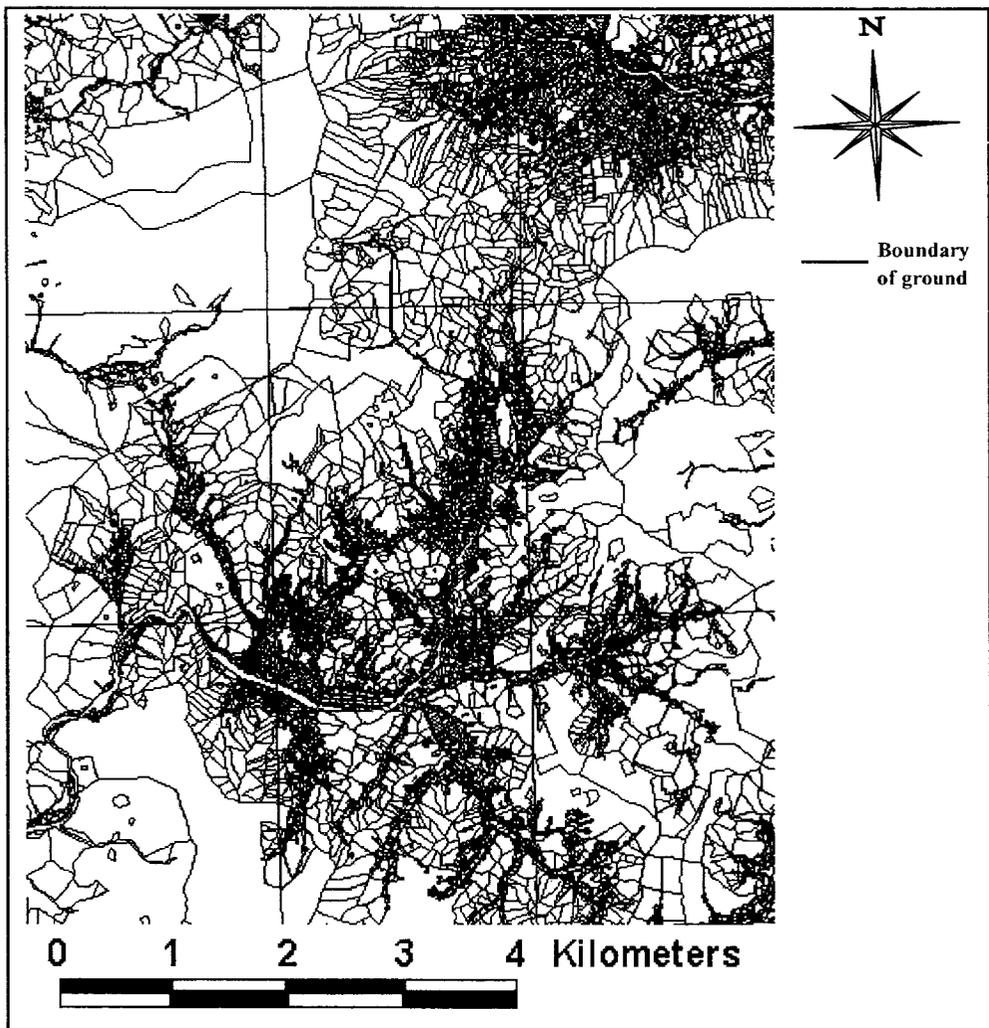


Fig. 4.15 Cadastral map in study area

#### 4) 토지 특성도

토지 특성도는 필지 경계선과 토지 용도별 구역경계에 대하여 도시화한 도면으로서 각종 행정업무전산화의 기초 자료로 사용되고 있으며, 축척 1/1,000과 1/5,000로 분류되어 국토지리정보원에서 제작을 하고 있다. 본 연구에서 적용은 Fig. 4.16과 같이 축척 1/5,000을 사용하여 토지의 이용 상태, 환경을 주제도로 변환하여 자료를 구축하였다.

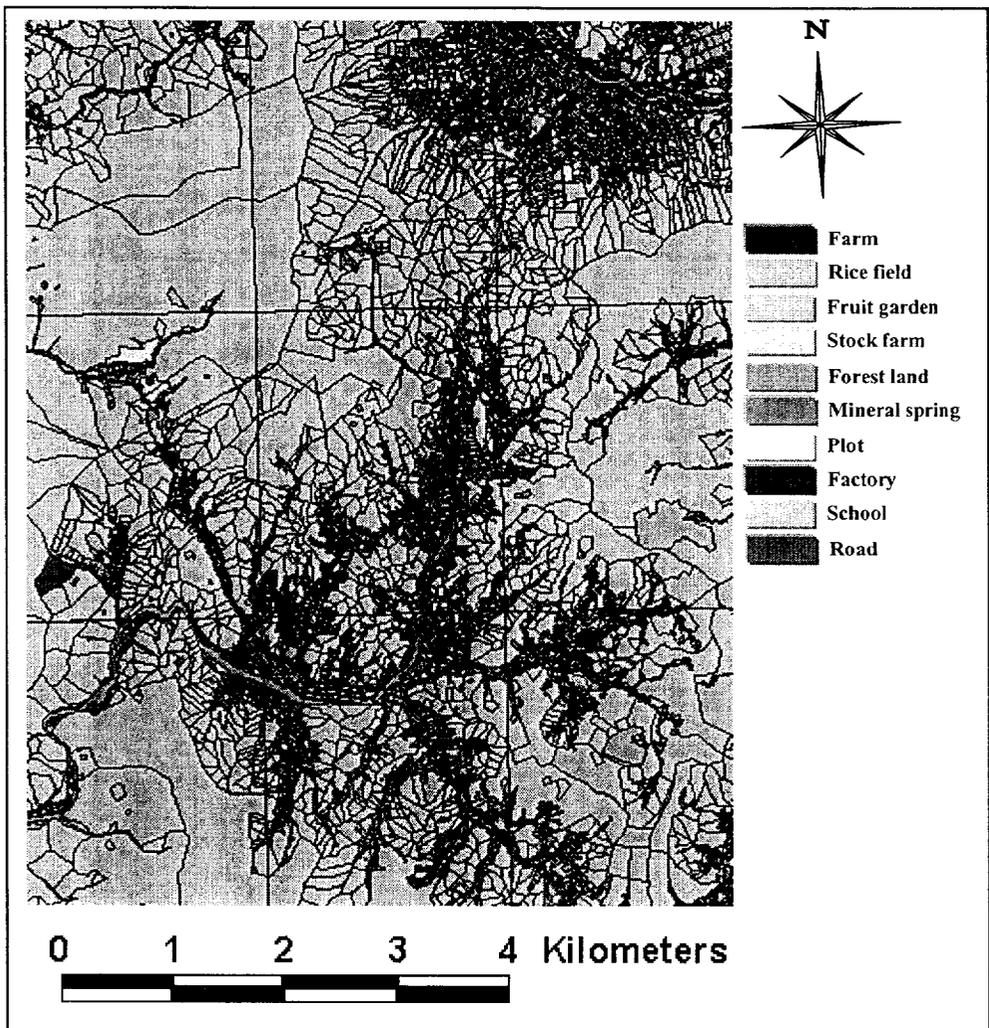


Fig. 4.16 Land property map in study area

## 5) 토양도

토양도는 토양의 상태를 나타낸 도면으로서 농업환경자원의 특성과약 등에 주로 이용되고 있다.

본 연구에서는 Fig. 4.17과 같이 축척 1/25,000의 수치토양도를 이용하여 토양의 상태를 분류하여 자료 구축하였다.

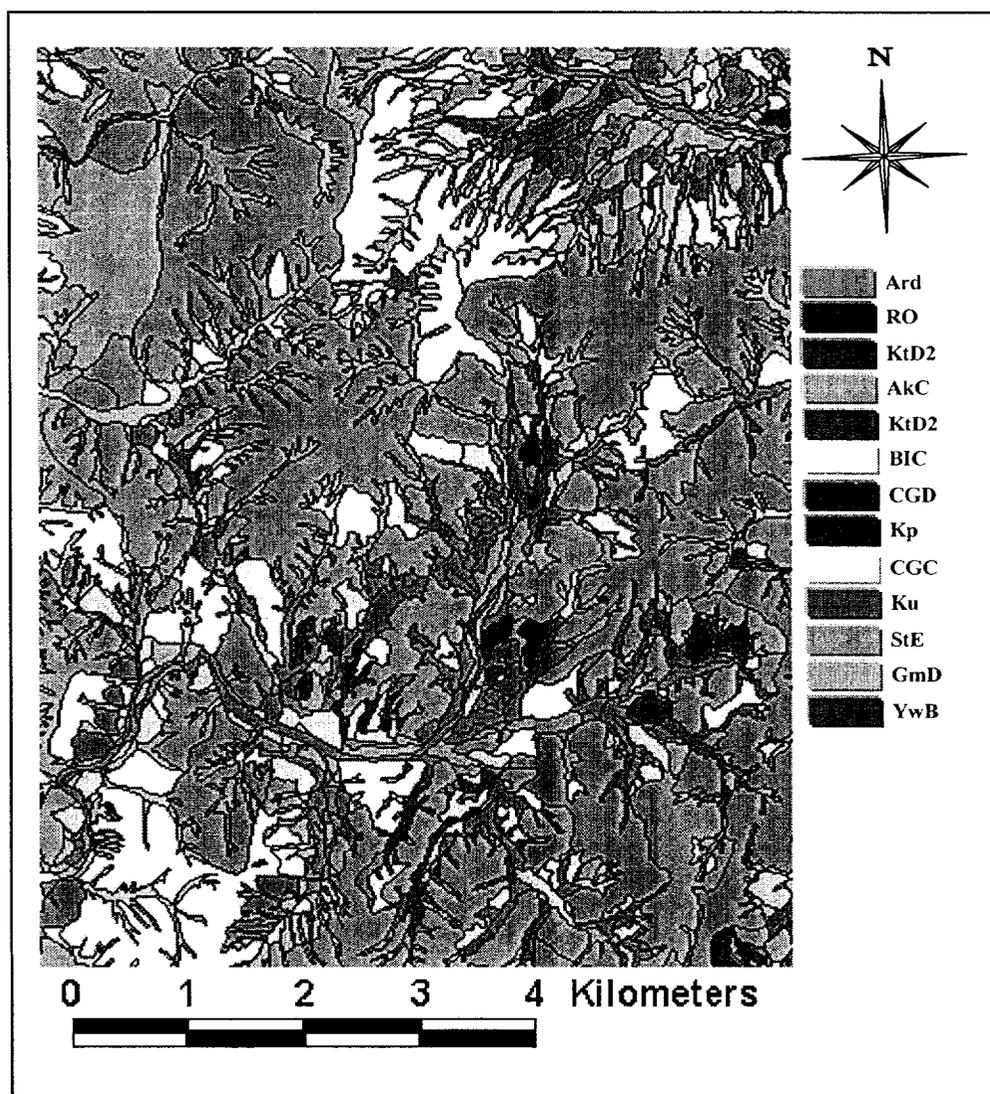


Fig. 4.17 Soil map in study area

#### 4.4 노선의 선정

노선의 선정은 평면선형과 종단선형을 고려하여야 한다. 본 연구에서는 우선, 평면선형을 여러 가지의 경우로 분류하여 분석하고, 이러한 평면선형의 자료를 이용하여 종단경사를 달리 적용할 경우의 종단선형을 분석하였다. 또한 이러한 평면과 종단선형을 이용하여 토공량 및 공사비를 산출하였다.

##### 4.4.1 평면선형의 선정

본 연구에서 평면선형은 GIS Tool인 Arc View와 구축된 주제도들을 이용하였고, Table 4.10과 같이 선정 조건은 5가지의 경우로 정하였다.

Table 4.10 Classification of horizontal alignment by different weight

Classification	Weight			Remark
	T	S · E	E	
Case 1	6.00	2.00	2.00	Consideration of technique
Case 2	2.00	6.00	2.00	Consideration of society and environment
Case 3	2.00	2.00	6.00	Consideration of economy
Case 4	3.33	3.33	3.33	Consideration of balance
Case 5	3.05	4.62	2.32	Investigation of question

Case 1은 기술적인 측면을 강조한 노선이며, 사회·환경적인 측면을 강조한 노선을 Case 2로, 경제적인 측면을 강조한 노선을 Case 3으로 나타냈으며, 각 경우 노선의 가중치를 6 : 2 : 2로 임의로 설정하였다. 모든 노선이 극단적으로 어느 한 가지의 항목만을 큰 비율로 선정함이 불합리하므로 이와 같은 비율을 적용하였다. Case 4는 기술적, 사회·환경적, 경제적 항목에 대한 가중치를 동일한 값으로 부여하여 평면선형을 시도하였으며, Case 5는 설문조사의 결과를 토대로 가중치를 부여하여 분석하였다. 또한 문화재, 자연환경 보전지역, 국립공원 특별지역 등은 통제지점으로 정하여 평면선형을 선정하였다.

1) Case 1

Case 1의 노선 선정 목적은 기술적인 측면을 강조한 노선으로 선정하였다. 노선을 선정하기 위한 중요도의 비율은 기술적 측면을 가중치 6, 경제적 및 사회·환경적 측면의 항목을 2로 정한 6 : 2 : 2의 비율로 정하였다. 선정된 결과의 가중치와 상대적 중요도, 일관성의 비율을 나타내면 Table 4.11과 같으며, 평면 선형의 결과는 Fig. 4.18로 나타났다.

Table 4.11 Weight and RIW considering technique

Type		Weight			RIW	RI
		A	B	C		
Technique	A	1.000			0.600	0.00
Economy	B	1/3	1.000		0.200	
Society and environment	C	1/3	1	1.000	0.200	

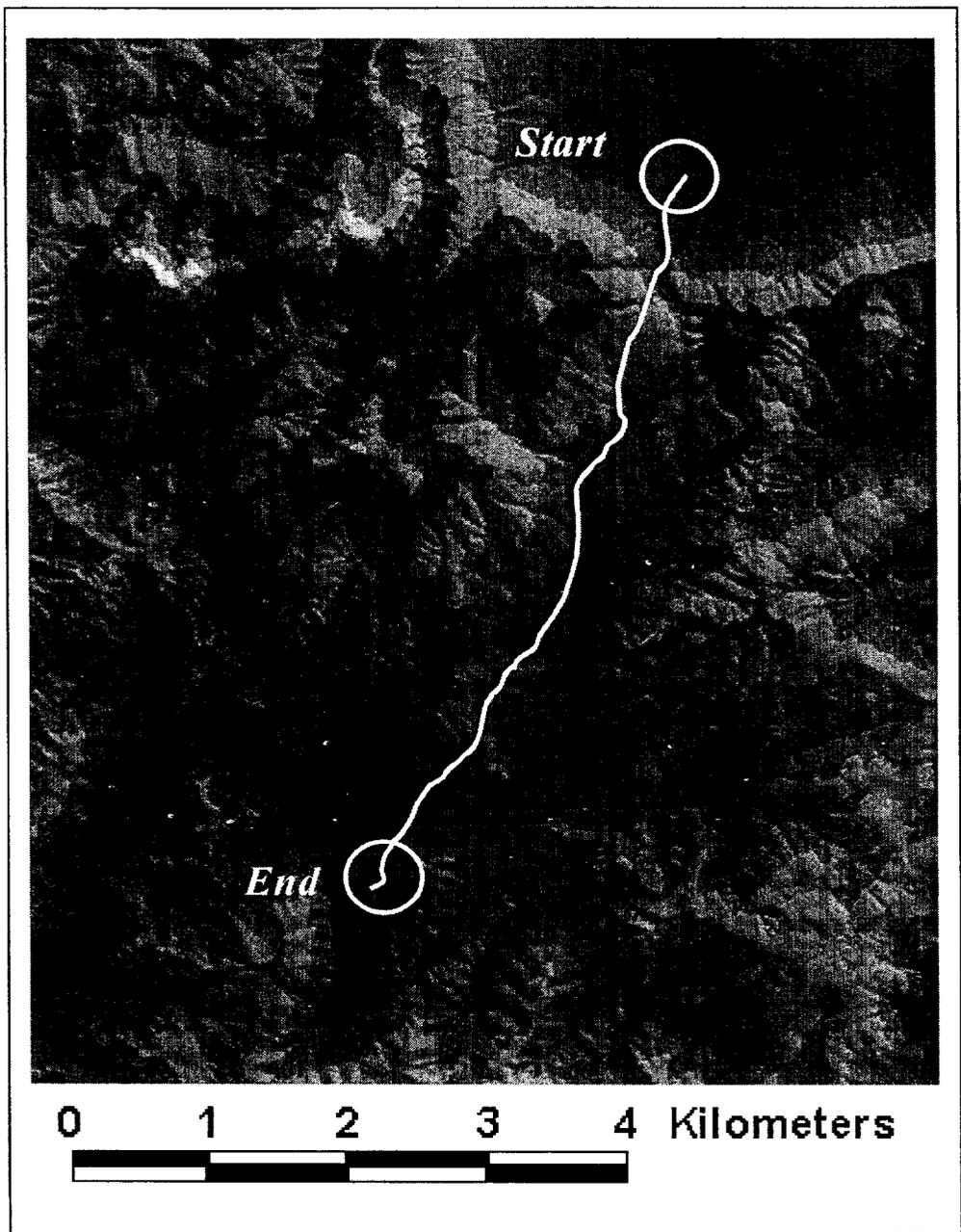


Fig. 4.18 Result of horizontal alignment considering technique

2) Case 2

Case 2 노선 선정 목적은 사회·환경적 측면을 강조한 노선으로 하였으며, 노선을 선정하기 위하여 중요도의 비율은 사회·환경적 측면을 가중치 6, 경제적 및 기술적 측면의 항목을 2로 정한 6 : 2 : 2로 비율로서 선정하였다. 선정된 결과의 가중치와 상대적 중요도, 일관성의 비율을 나타내면 Table 4.12와 같으며, 평면 선형의 결과는 Fig. 4.19와 같이 나타났다.

Table 4.12 Weight and RIW considering society and environment

Type		Weight			RIW	RI
		A	B	C		
Society and environment	A	1.000			0.600	0.00
Economy	B	1/3	1.000		0.200	
Technique	C	1/3	1	1.000	0.200	

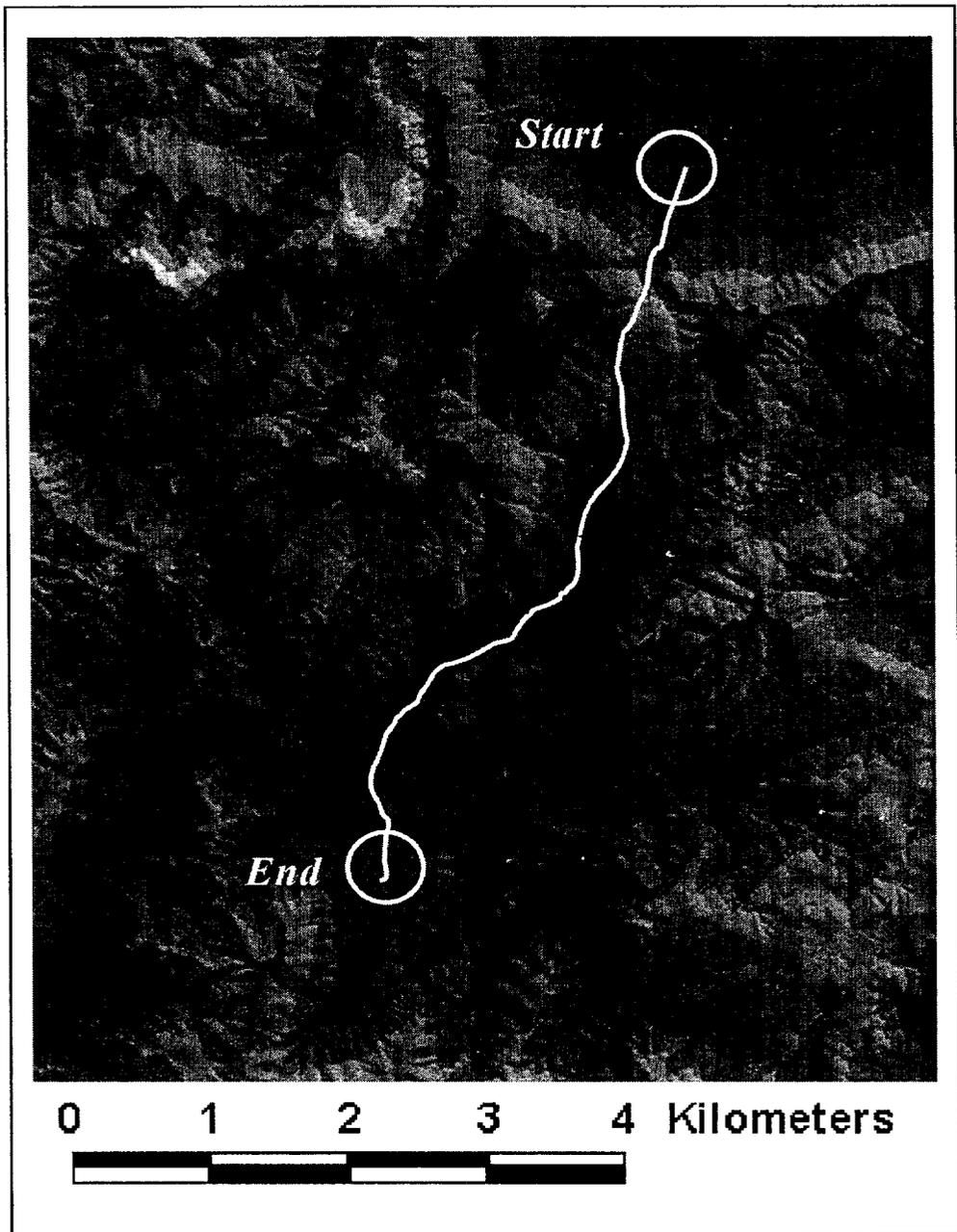


Fig. 4.19 Result of horizontal alignment  
considering society and environment

3) Case 3

Case 3 노선 선정 목적은 경제적 측면을 강조한 노선으로 하였다. 노선을 정하기 위하여 중요도의 비율은 경제적 측면을 가중치 6, 사회·환경적 및 기술적 측면의 항목을 2로 정한 6 : 2 : 2로 비율로 선정하였다. 선정된 결과의 가중치와 상대적 중요도, 일관성의 비율을 나타내면 Table 4.13과 같으며, 평면 선형의 결과는 Fig. 4.20과 같이 나타났다.

Table 4.13 Weight and RIW considering economy

Type		Weight			RIW	RI
		A	B	C		
Economy	A	1.000			0.600	0.00
Society and Environment	B	1/3	1.000		0.200	
Technique	C	1/3	1	1.000	0.200	

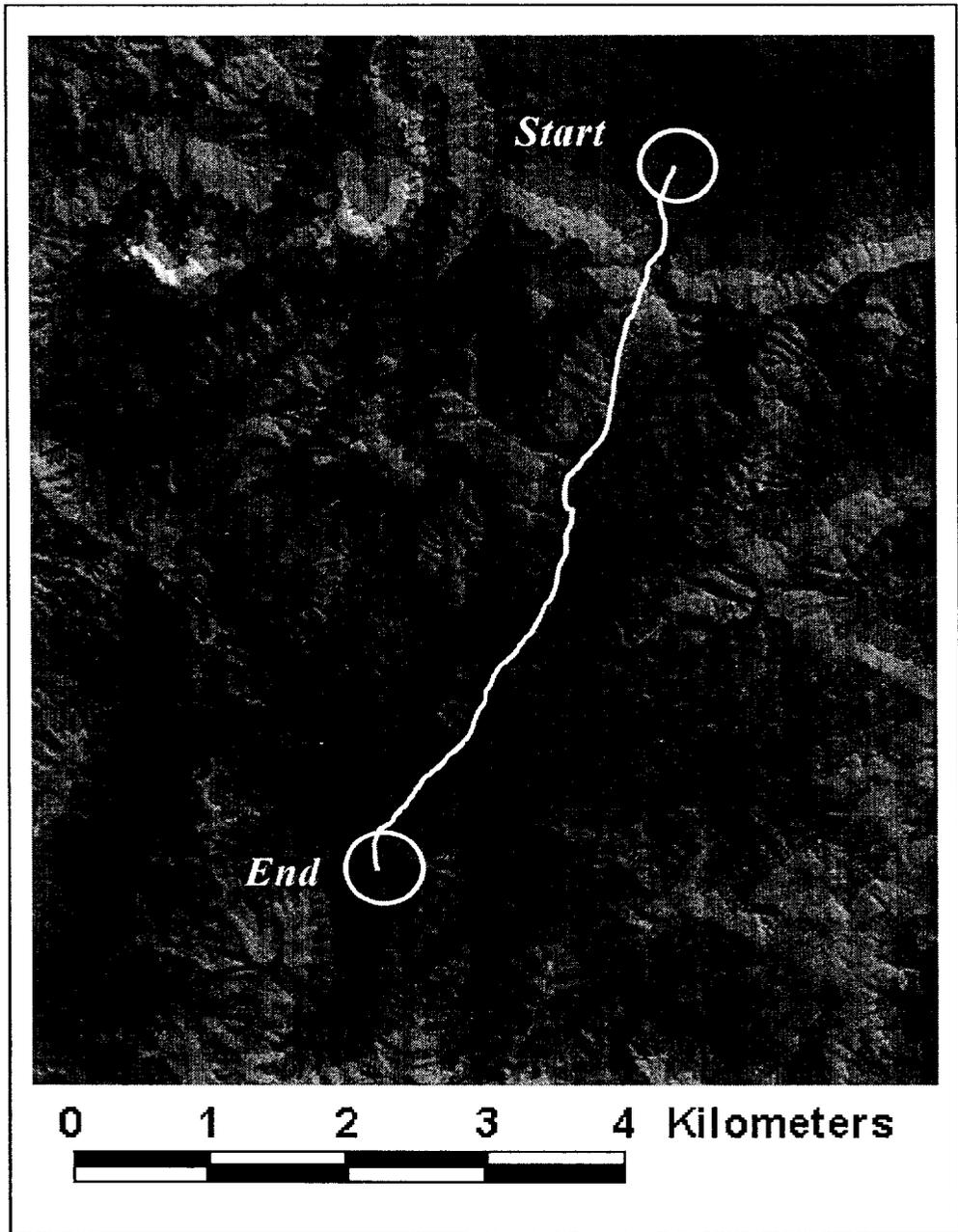


Fig. 4.20 Result of horizontal alignment considering economy

4) Case 4

Case 4 노선 선정 목적은 경제적, 사회·환경적 및 기술적 측면의 항목의 가중치를 같은 값의 비율로 선정하여 노선 선정을 시도하였다.

선정한 결과의 가중치와 상대적 중요도, 일관성의 비율을 나타내면 Table 4.14와 같으며, 평면선형의 결과는 Fig. 4.21과 같이 나타났다.

Table 4.14 Weight and RIW considering balance

Type		Weight			RIW	RI
		A	B	C		
Economy	A	1.000			0.333	0.00
Society and Environment	B	1.000	1.000		0.333	
Technique	C	1.000	1.000	1.000	0.333	

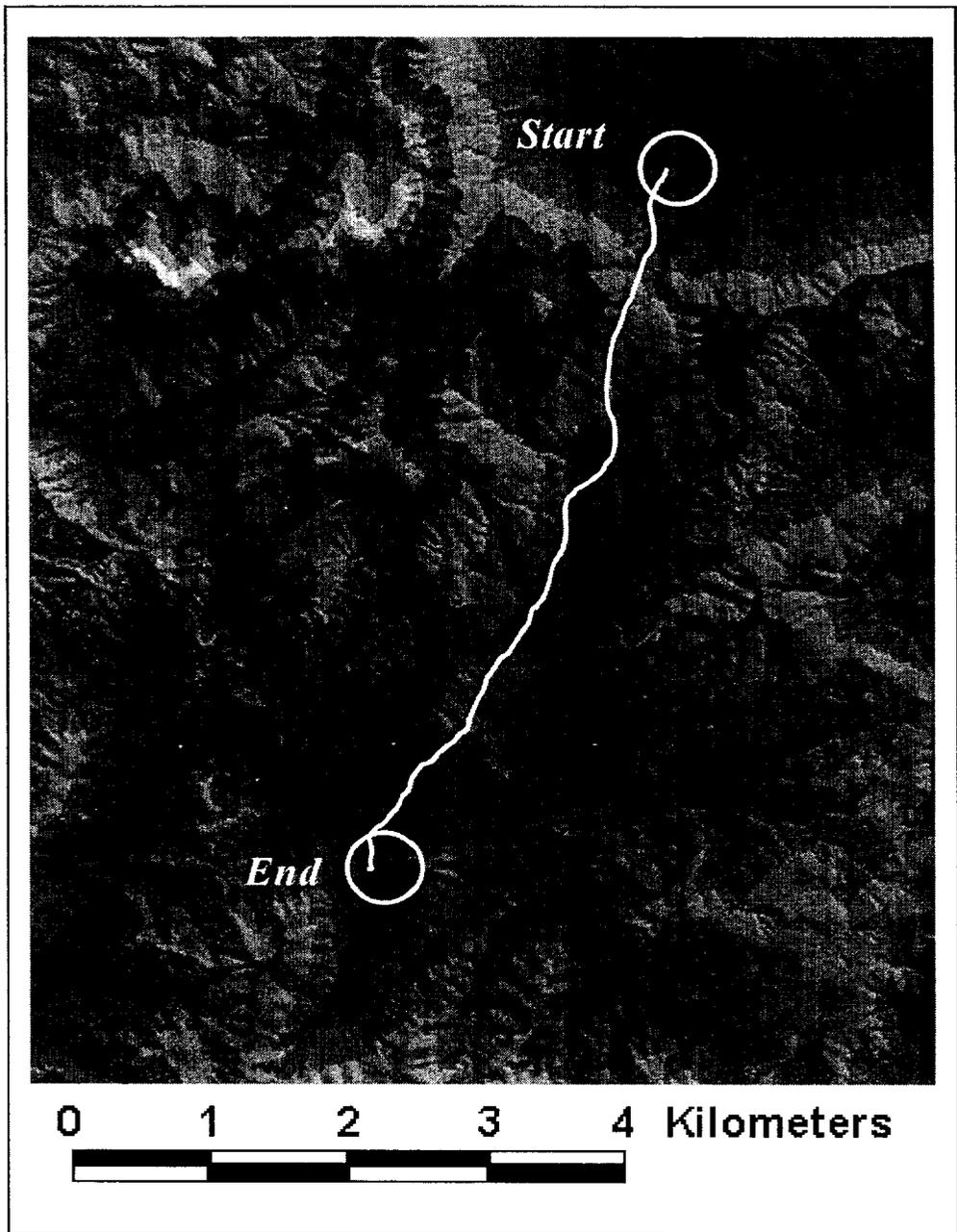


Fig. 4.21 Result of horizontal alignment considering balance

5) Case 5

Case 5의 노선 선정은 실제로 노선의 계획의 업무를 하고 있는 전문가들을 대상으로 설문조사를 토대로 작성한 가중치를 적용하여 노선을 선정하였다. 선정한 결과의 가중치와 상대적 중요도, 일관성의 비율을 나타내면 Table 4.15와 같으며, 평면선형의 결과는 Fig. 4.22와 같이 나타났다.

Table 4.15 Weight and RIW considering question

Type		A	B	C	RIW	RI
Technique	A	1.000			0.305	0.03
Economy	B	1.323	1.000		0.463	
Society and Environment	C	0.872	0.437	1.000	0.232	

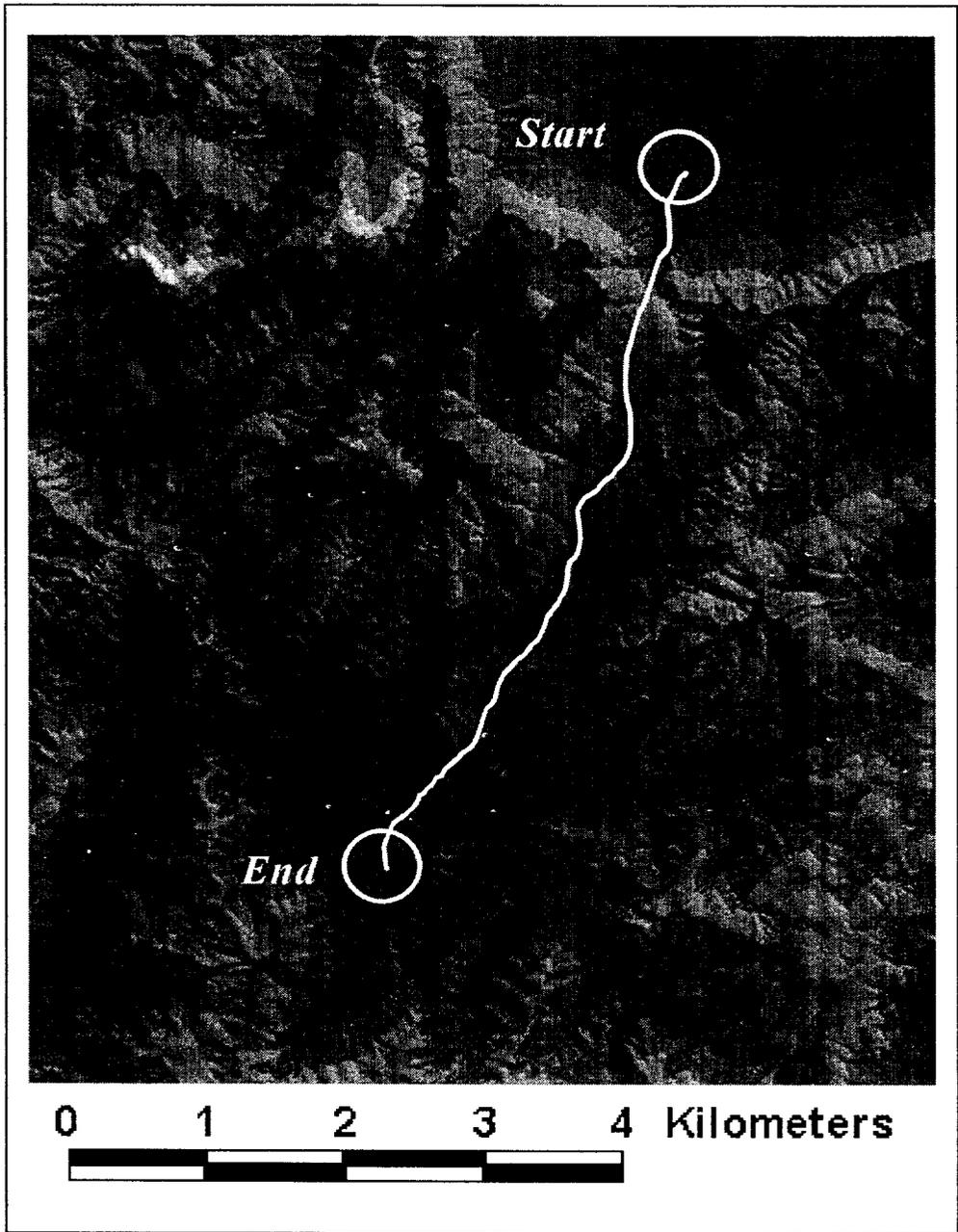


Fig. 4.22 Result of horizontal alignment considering question

#### 4.4.2 선정된 평면선형에 대한 비교 분석

본 연구대상지역을 대상으로 선정된 5가지의 평면선형에 대해 비교하면 Fig. 4.23과 같이 Case 1의 기술적 측면을 고려한 노선의 길이가 6.272km로 가장 작았으며, Case 2의 사회·환경적 측면을 고려한 노선의 길이가 6.561km로 가장 길게 나타났으며, 그 결과는 Table 4.16과 같다.

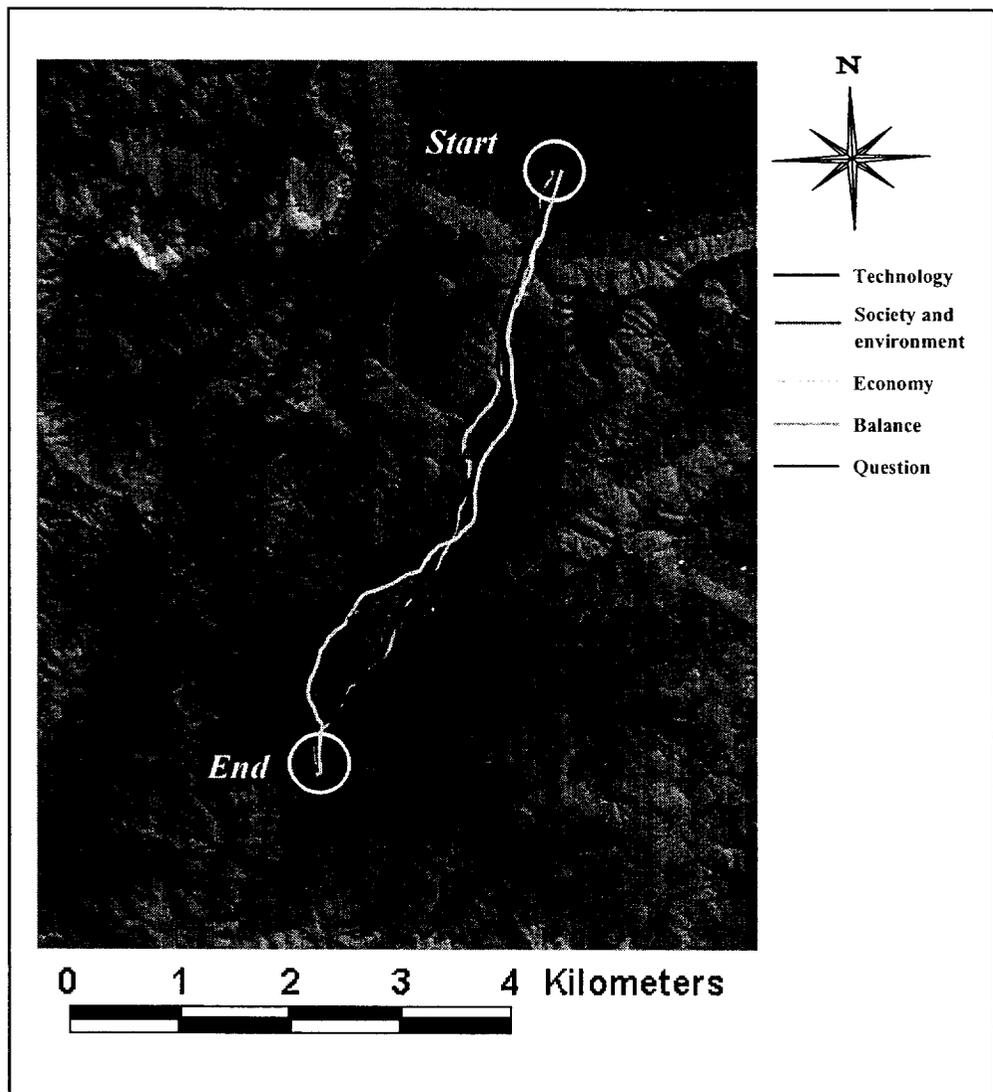


Fig. 4.23 Comparison and analysis of horizontal alignment

Table 4.16 Comparison and analysis of horizontal alignment

Type	Length of route (km)	Minimum elevation (m)	Maximum elevation (m)	Average elevation (m)
Case 1	6.272	70.000	274.078	136.246
Case 2	6.561	70.000	275.738	125.306
Case 3	6.293	70.000	274.596	136.086
Case 4	6.295	70.000	274.550	135.016
Case 5	6.285	69.988	274.436	134.311

#### 4.4.3 종단선형의 선정

본 연구에서 선정된 평면선형의 종단면도는 엄밀히 말하면 지형의 형세를 나타낸 종단면도이다. 그러므로 지형 자료를 이용하여 종단선형을 계획하여야 한다. Fig. 4.24는 5가지의 Case에 의해 선정된 지형의 종단면도이다. 이러한 종단면도에서 종단선형을 다음과 같은 규칙을 정하여 종단 경사를 설계하였다. 첫 번째 최대의 지형 경사에 따라 종단 경사를 설정할 것, 두 번째 지형의 경사를 이용하되, 최대로 주어진 종단경사의 범위를 넘지 않을 것, 세 번째 시점과 종점의 계획 지반고와 일치할 것, 네 번째 하천, 강, 호수를 횡단할 경우, 성토고가 종단선형까지의 차가 20m 이상 차이가 날 경우 교량을 설치할 것, 다섯 번째 절토고의 높이가 30m 이상인 경우 터널을 설치하는 것으로 규정을 정하였다. 이러한 일련의 과정을 요약하면 Fig. 4.25, Fig. 4.26과 같이 나타낼 수 있다. Fig. 4.26의 흐름도에 의해 Micro Soft사의 객체지향언어인 Visual Basic과 GIS tool인 Map Object를 이용하여 종단선형을 자동적으로 산출할 수 있는 시스템을 구축하였으며 시스템의 명칭은 VPAAS(VPAAS ; Vertical Plan Alignment Analysis System)라 정하였다.

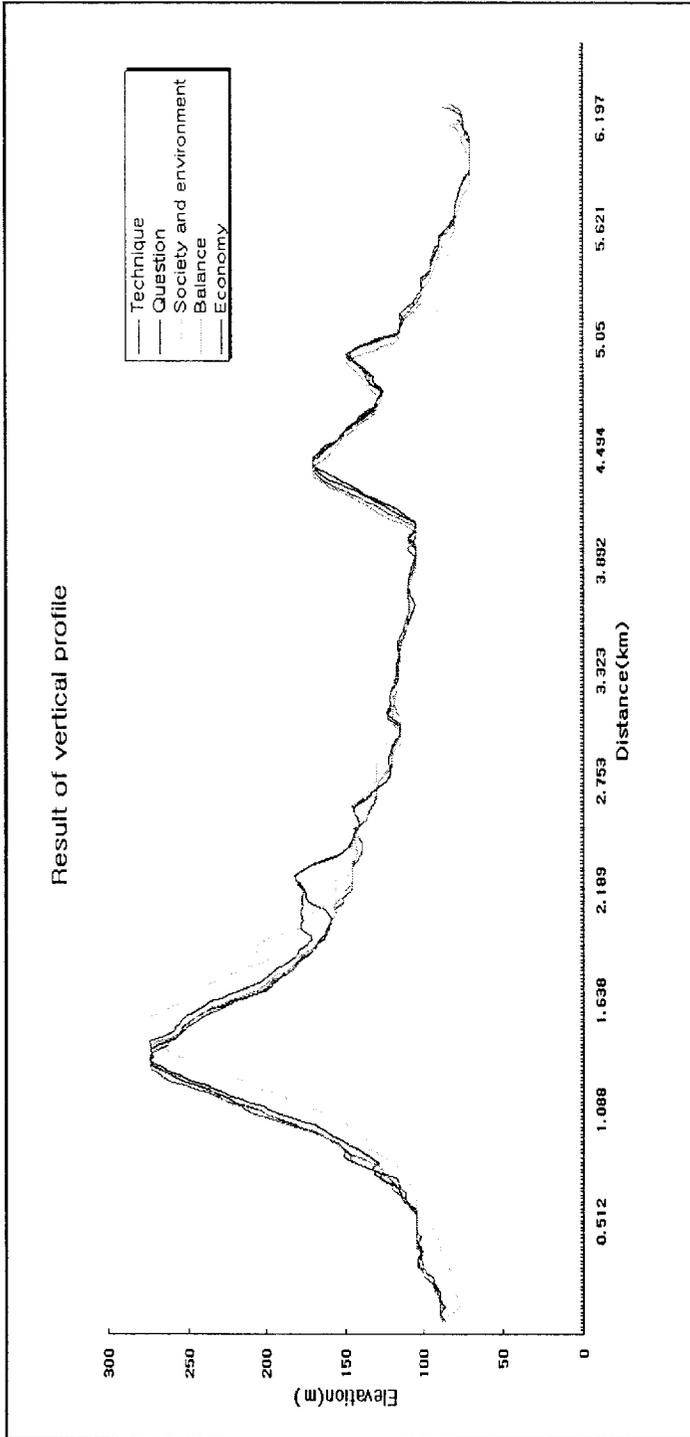


Fig. 4.24 Result of vertical profile

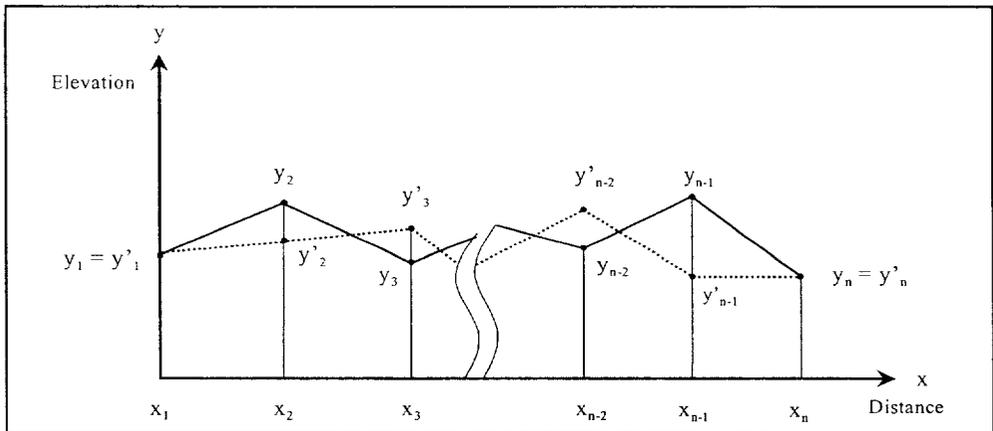


Fig. 4.25 Detail drawing for design of vertical slope

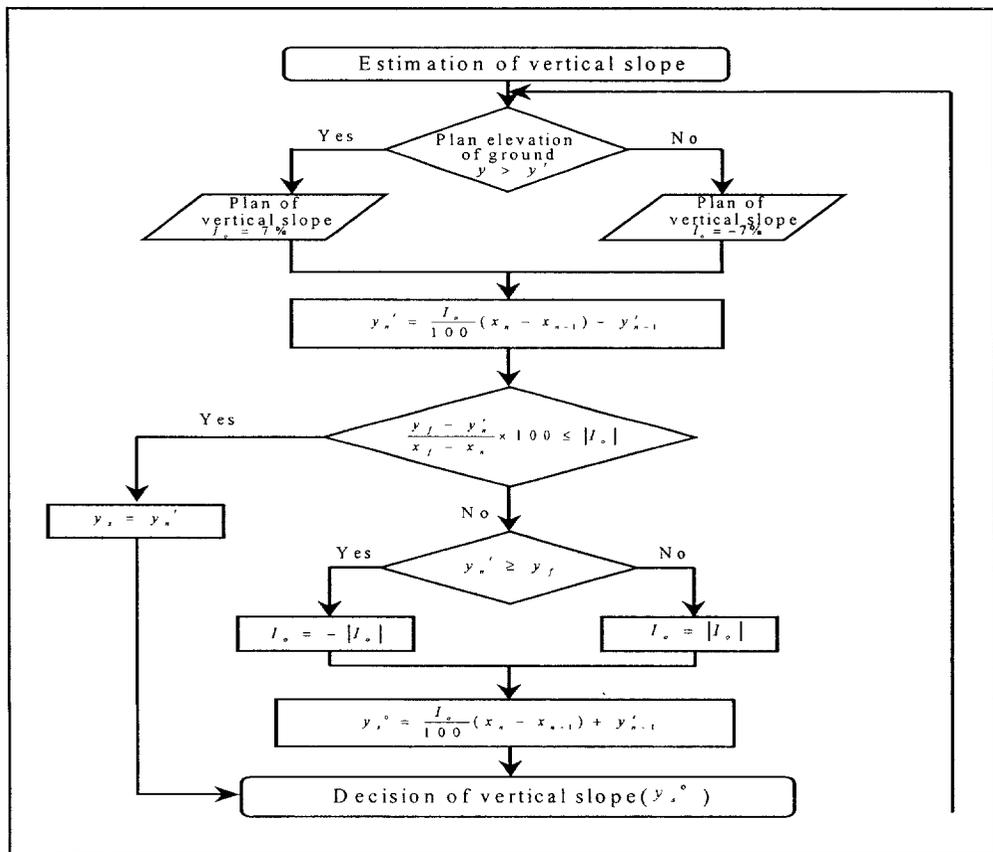


Fig. 4.26 Flow chart for design of vertical slope

시스템의 내용을 살펴보면 Fig. 4.27과 같이 계층분석과정에 의해 선정된 여러 가지 경우의 평면선형이 화면의 오른쪽 위쪽에 보여지며 사용자가 요구하는 좌표가 나타나게 된다. 화면의 아래편에는 평면선형에서 획득된 종단면도가 나타나게 된다. 분석 조건을 보면 계층분석과정에서 획득된 평면선형의 항목을 선택하게 되어 있으며, 설계시 고려될 도로폭을 입력하게 되어 있다. 또한 평면선형에 의해 작성된 종단면도를 기반으로 설계자가 요구하는 경사를 입력하는데, 이러한 입력값을 기반으로 아래 부분에 위치하고 있는 종단선형의 창에 교량 및 터널의 위치가 자동적으로 확인됨과 동시에 연장이 산출되며, 토공량 및 개략적인 공사비가 산출된다. 특히, 설계자가 종단경사를 각기 달리 하였을 경우, 터널과 교량의 위치 및 길이가 해당되는 종단경사에 따라 분석할 수 있도록 하여 3차원적인 시각적 효과와 더불어 설계를 하도록 작성하였다.

토공량의 산출 방식은 실제 도로설계에서 사용되고 있는 양단면 평균을 적용하여 산출토록 되어 있고, 보다 근접한 토공량을 산출하기 위하여 절토경사와 성토경사를 고려하여 각각 입력값을 입력하도록 설정하였다. 토공량 산출에 관한 흐름도는 Fig. 4.28과 같다.

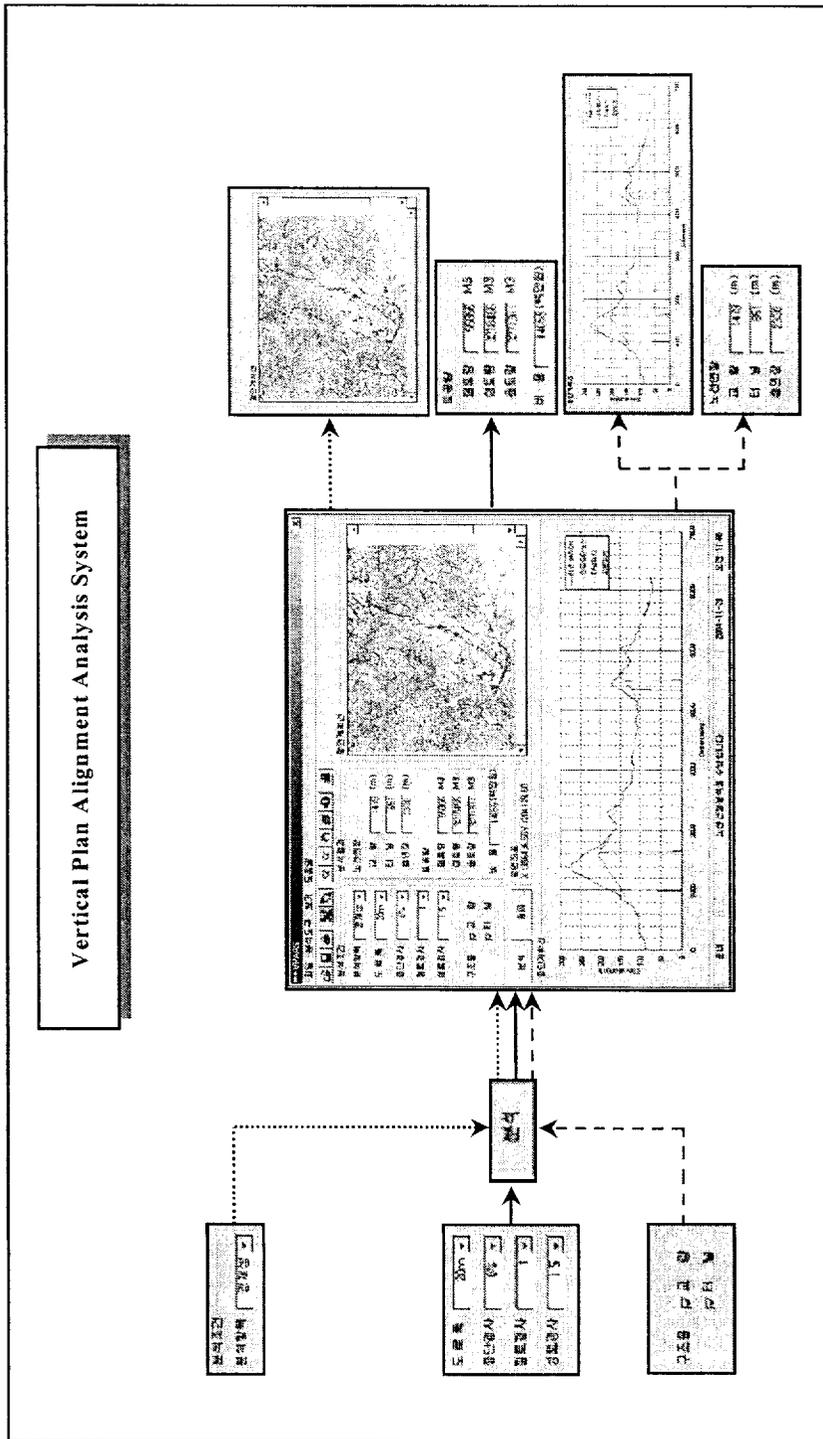


Fig. 4.27 Screen of VPAAS

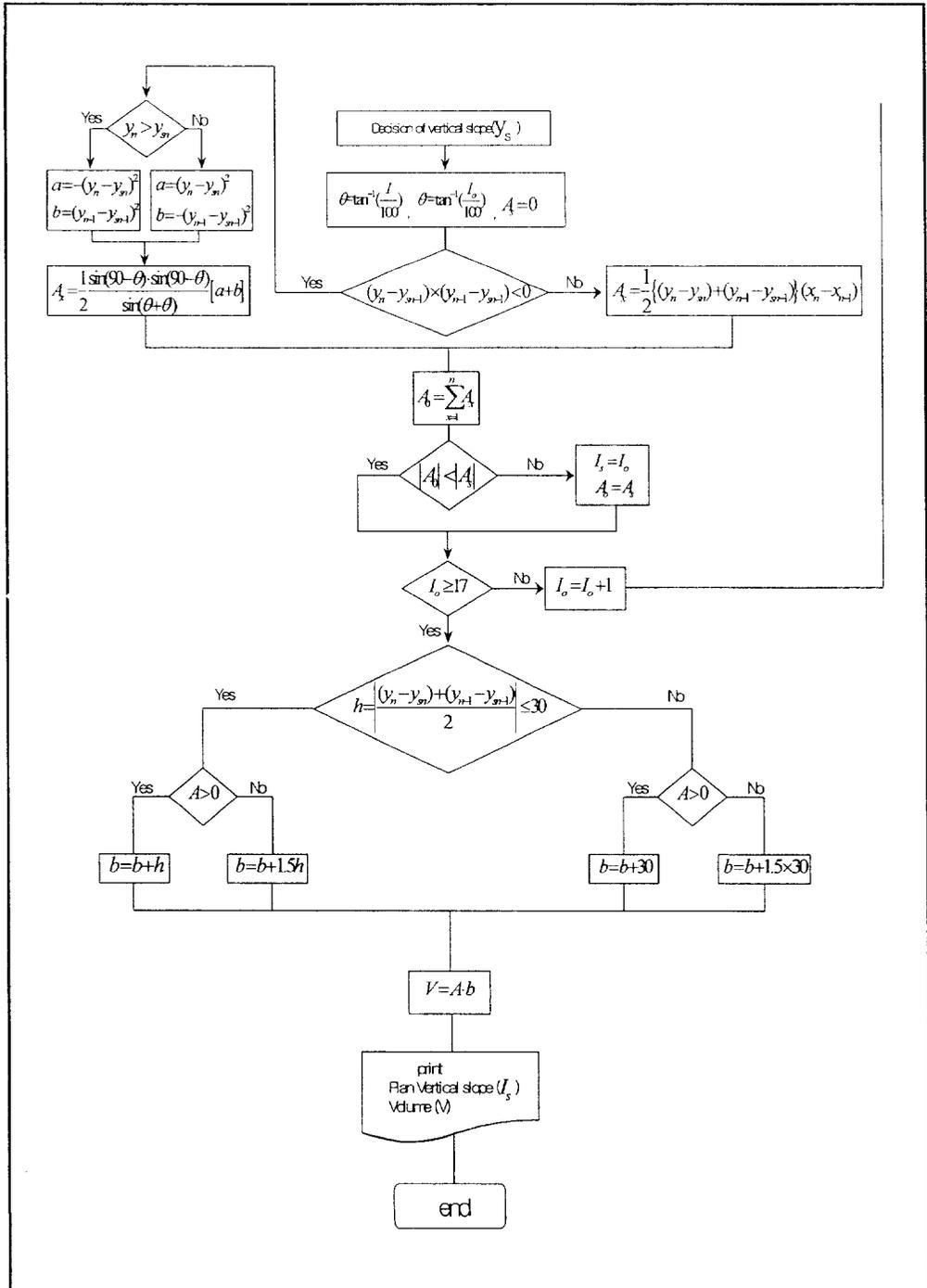


Fig. 4.28 Flow chart for design of volume

종단선형의 설계를 위하여 선정된 5가지의 평면선형에 의해 산정된 종단면도를 이용하여 종단선형을 계획하였으며, 종단선형 및 개략적인 토공량 및 공사비를 산정하는 조건은 Table 4.17과 같이 분류하였다.

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 적용하였으며, 절·성토의 단가는 경상남도 건설표준단가를 적용하였다. 교량과 터널의 건설비는 2003년 건설교통부에서 발간한 도로업무편람을 적용하였으며, 본 연구에서의 총공사비는 총절성토량과 구조물(터널, 교량)의 시공비만을 산출하여 합계하였다.

Table 4.17 Condition of vertical alignment

Type	Condition	Remark
Slope of banking	1 : 1.5	
Slope of cutting	1 : 1.0	
Unit-price of banking	4,241 won	
Unit-price of cutting	7,336 won	
Cost of bridge construction	29,366,000 won/m	PSC-Beam(4 way)
Cost of tunnel construction	11,602,000 won/m	NATM(2 way)
Vertical slope	5~10%	

1) 종단경사를 5%로 설정한 경우

종단경사를 5%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.18과 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.29와 같이 나타냈다.

Table 4.18 Result of vertical alignment(5%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	521,261	795,581	6,266	36,943,000,000	1,246	0
Society and environment	315,723	112,452	6,271	25,810,000,000	1,019	0
Technique	792,706	690,561	6,280	38,895,000,000	1,313	0
Question	492,127	435,151	6,275	33,535,000,000	1,218	0
Balance	451,299	413,154	6,223	33,684,000,000	10,23	0

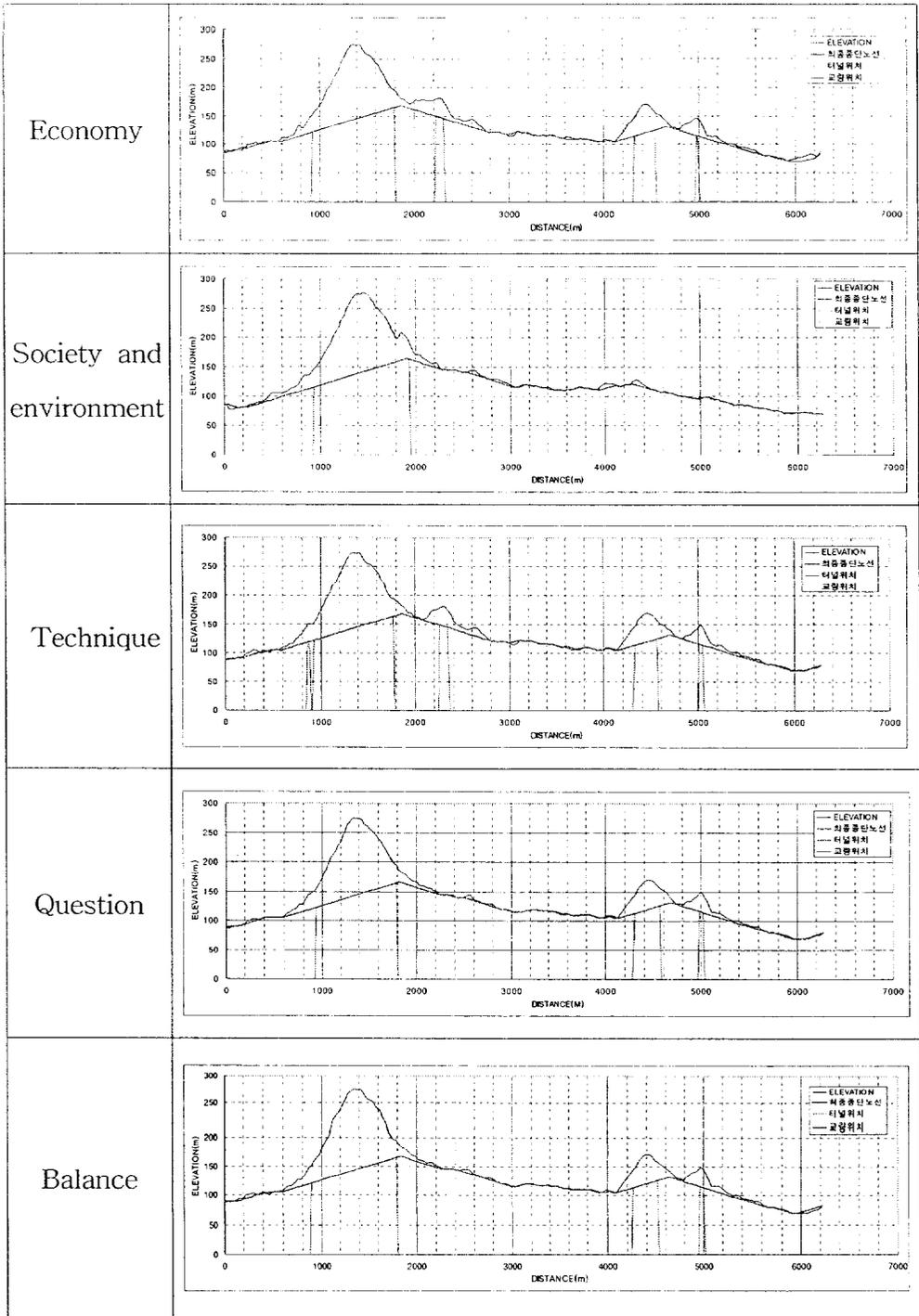


Fig. 4.29 Result of vertical alignment(5%)

2) 종단경사를 6%로 설정한 경우

종단경사를 6%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.19와 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.30과 같이 나타났다.

Table 4.19 Result of vertical alignment(6%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	484,568	482,831	6,270	29,218,000,000	1,018	0
Society and environment	314,379	100,873	6,275	23,227,000,000	912	0
Technique	589,928	428,437	6,283	28,783,000,000	997	0
Question	504,604	239,432	6,279	28,135,000,000	1,045	0
Balance	490,973	292,398	6,227	28,207,000,000	1,034	0

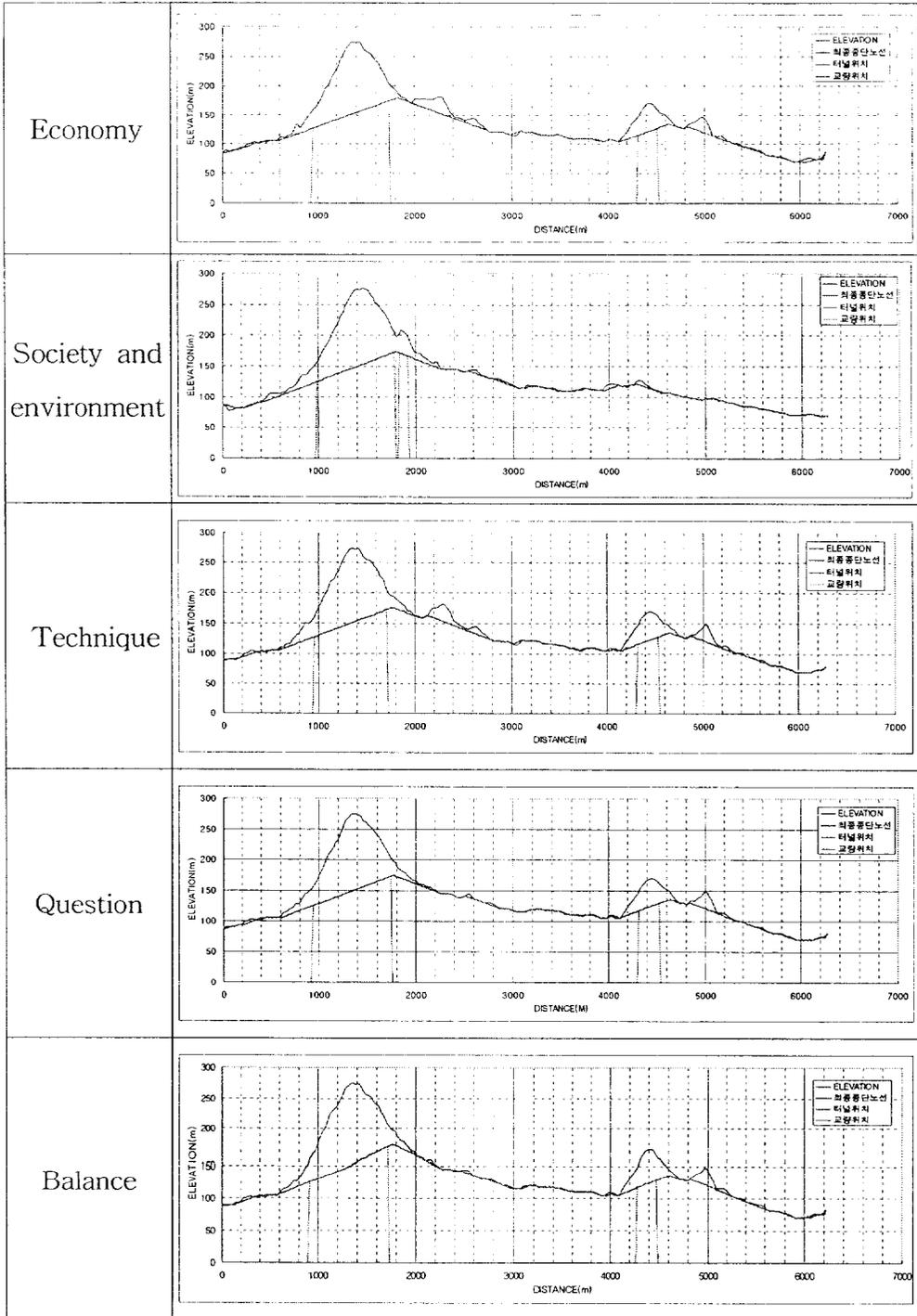


Fig. 4.30 Result of vertical alignment(6%)

3) 종단경사를 7%로 설정한 경우

종단경사를 7%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.20과 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.31과 같이 나타냈다.

Table 4.20 Result of vertical alignment(7%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	477,646	276,609	6,274	25,491,000,000	924	0
Society and environment	281,684	153,747	6,279	21,705,000,000	835	0
Technique	477,464	266,874	6,287	26,321,000,000	963	0
Question	497,991	174,317	6,283	25,474,000,000	952	0
Balance	457,974	232,332	6,231	25,925,000,000	960	0

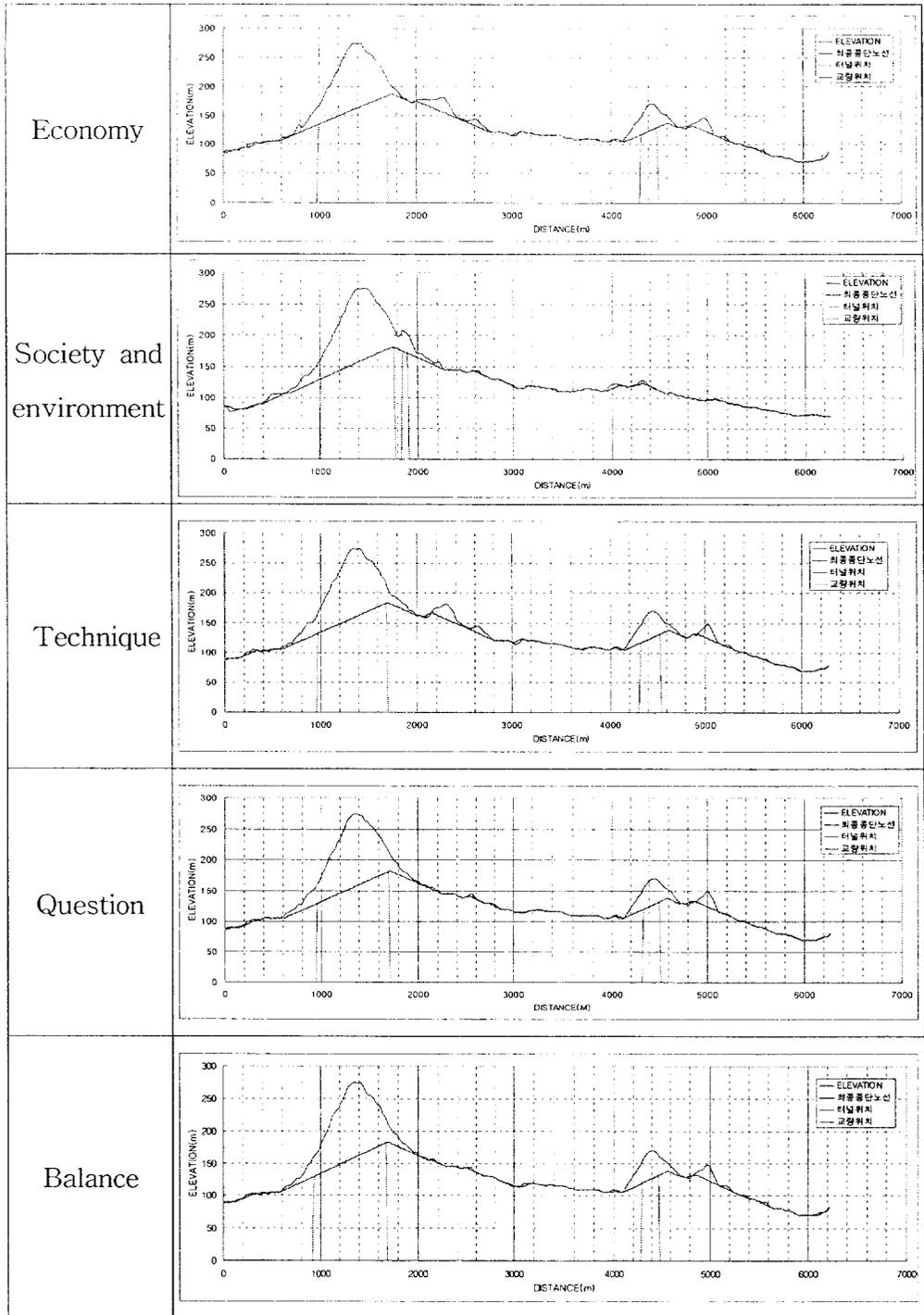


Fig. 4.31 Result of vertical alignment(7%)

4) 종단경사를 8%로 설정한 경우

종단경사를 8%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.21과 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.32와 같이 나타냈다.

Table 4.21 Result of vertical alignment(8%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	457,119	226,842	6,279	23,354,000,000	851	0
Society and environment	275,609	224,896	6,284	19,525,000,000	720	0
Technique	418,833	192,558	6,292	23,452,000,000	873	0
Question	398,791	159,904	6,288	24,208,000,000	920	0
Balance	414,388	150,928	6,235	23,808,000,000	903	0

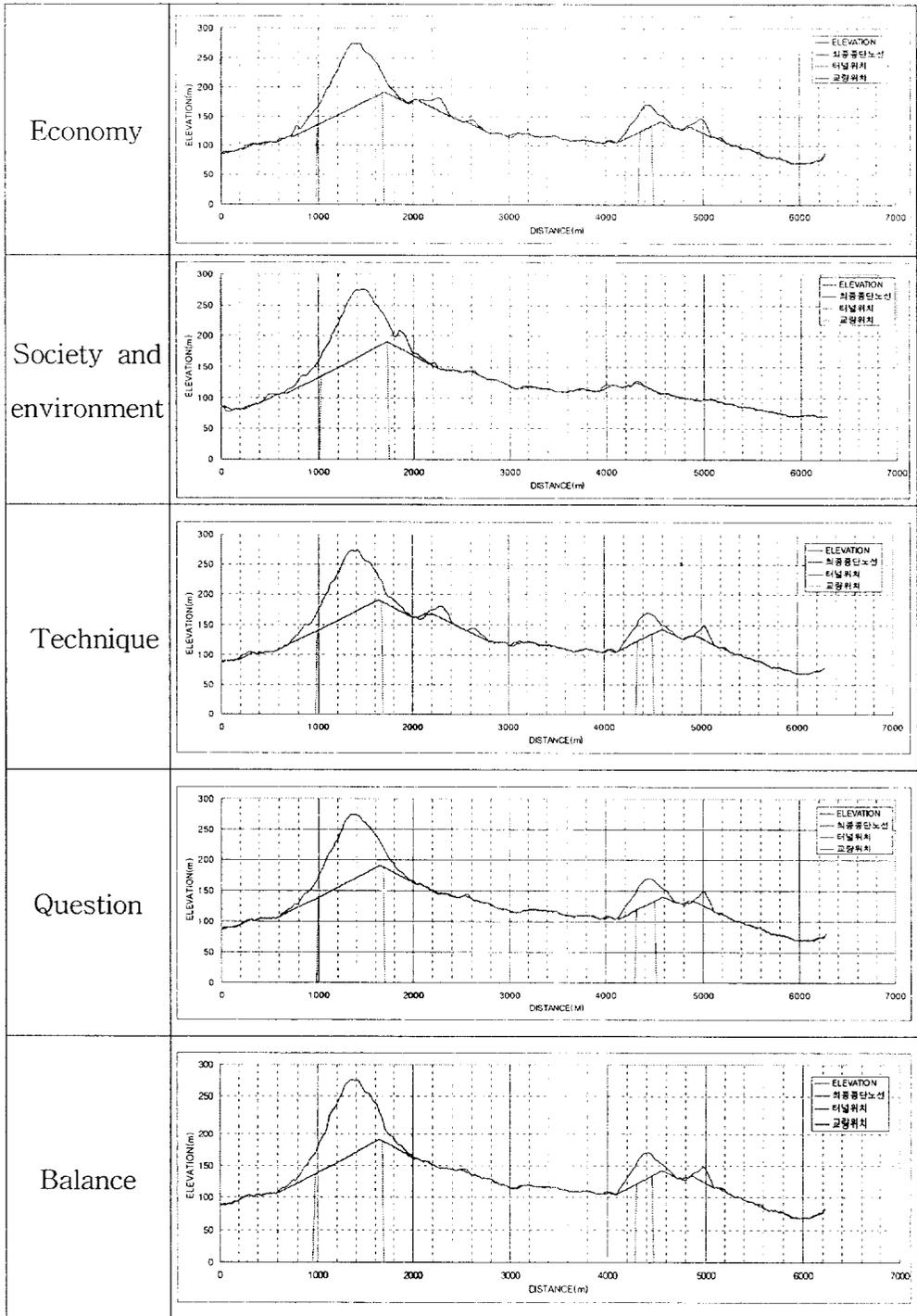


Fig. 4.32 Result of vertical alignment(8%)

5) 종단경사를 9%로 설정한 경우

종단경사를 9%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.22와 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.33과 같이 나타냈다.

Table 4.22 Result of vertical alignment(9%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	418,936	149,309	6,284	21,257,000,000	792	0
Society and environment	263,127	190,681	6,289	18,344,000,000	682	0
Technique	445,117	173,297	6,297	22,963,000,000	854	0
Question	364,925	196,329	6,293	22,534,000,000	834	0
Balance	389,964	135,273	6,240	23,142,000,000	883	0

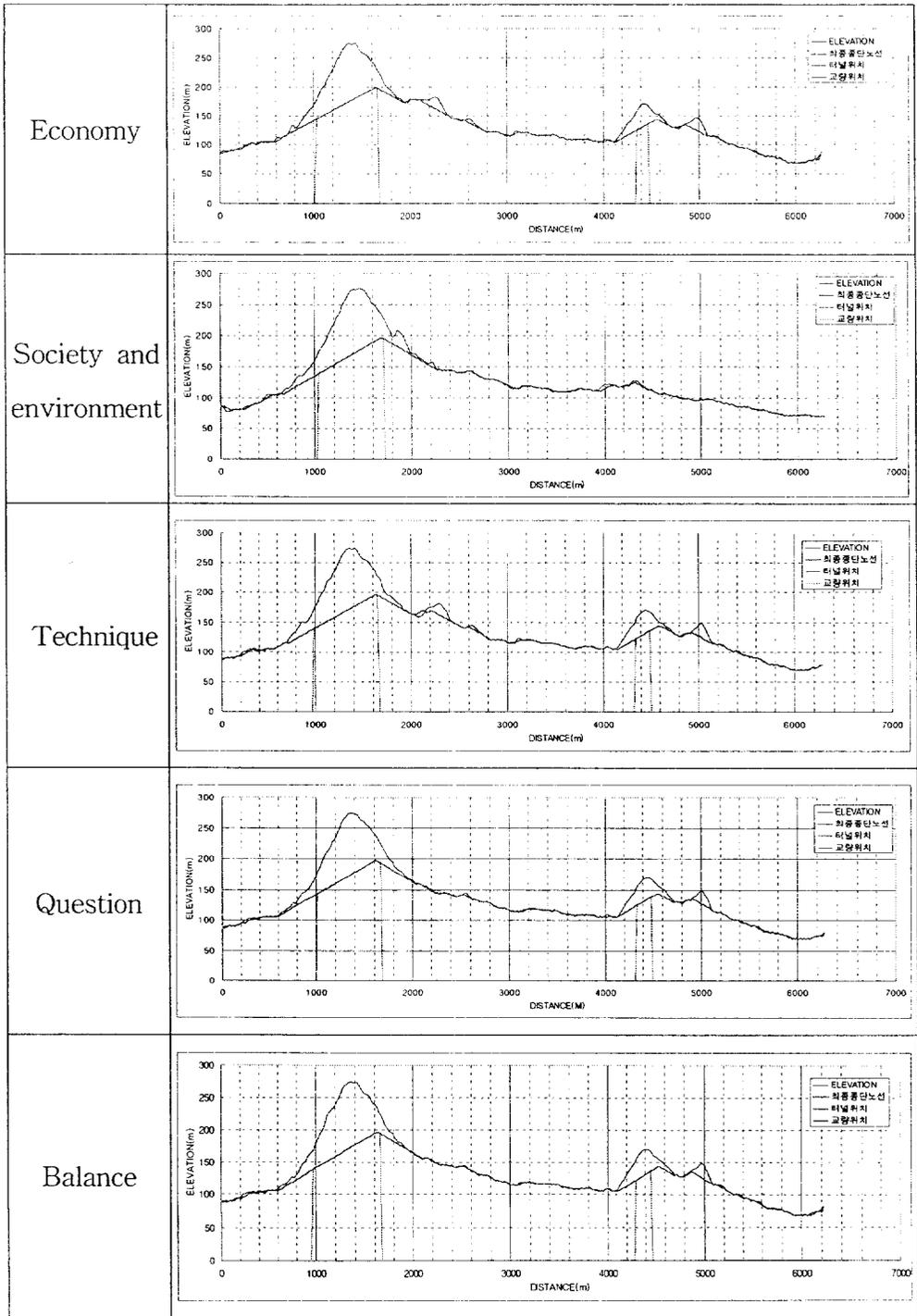


Fig. 4.33 Result of vertical alignment(9%)

6) 종단경사를 10%로 설정한 경우

종단경사를 10%로 설정하고 종단선형을 설계하였다. 설정된 종단선형은 Table 4.23과 같이 나타낼 수 있으며, 그 결과는 Fig. 4.34와 같이 나타났다.

Table 4.23 Result of vertical alignment(10%)

Classification	Cutting volume (m <sup>3</sup> )	Banking volume (m <sup>3</sup> )	Length of vertical alignment (m)	Cost of construction	Length of tunnel (m)	Length of bridge (m)
Economy	438,638	121,560	6,290	20,695,000,000	773	0
Society and environment	256,214	182,856	6,295	16,921,000,000	625	0
Technique	360,440	228,144	6,303	22,128,000,000	816	0
Question	398,935	140,774	6,299	21,412,000,000	806	0
Balance	397,188	153,244	6,246	20,580,000,000	766	0

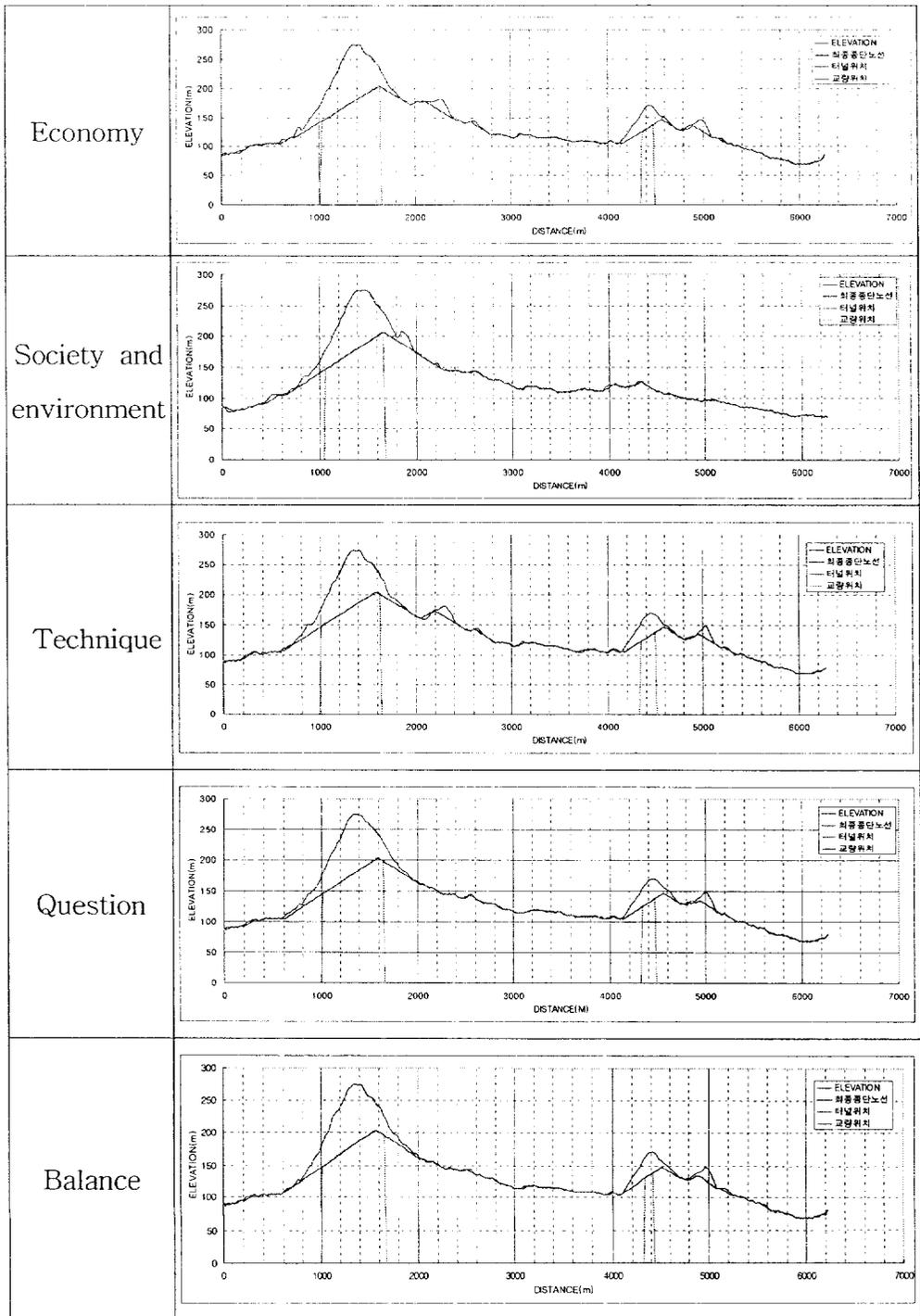


Fig. 4.34 Result of vertical alignment(10%)

Table 4.18 ~ Table 4.23을 정리한 결과는 Table 4.24와 Fig. 4.35로서 본 연구에서는 사회·환경적 측면을 고려한 선형이 가장 좋은 조건으로 나타났다. 하지만, 같은 조건의 종단선형이지만 종단경사를 어떻게 적용하는냐에 따라 대안의 설계에 대한 우선순위가 바뀔 수 있으며, 이러한 것은 종단경사까지 고려한 종단선형의 중요성이 대안 설계에 중요한 부분을 차지하고 있다는 점을 내포하고 있다. 따라서 이러한 시스템을 적용함으로써 노선의 선정시 종단선형 까지 고려하여 검토하므로써 지형에 적합한 경사를 분석하여 더욱 향상된 대안의 설계를 할 수 있었다.

Table 4.24 Comparison of vertical alignment classified by cost of construction(unit : ×1,000,000won)

Vertical slope	Economy	Society and environment	Technique	Question	Balance
5%	36,943	25,810	38,895	33,535	33,684
6%	29,218	23,227	28,783	28,135	28,207
7%	25,491	21,705	26,321	25,474	25,925
8%	23,354	19,525	23,452	24,208	23,808
9%	21,257	18,344	22,963	22,534	23,142
10%	20,695	16,921	22,128	21,412	20,580

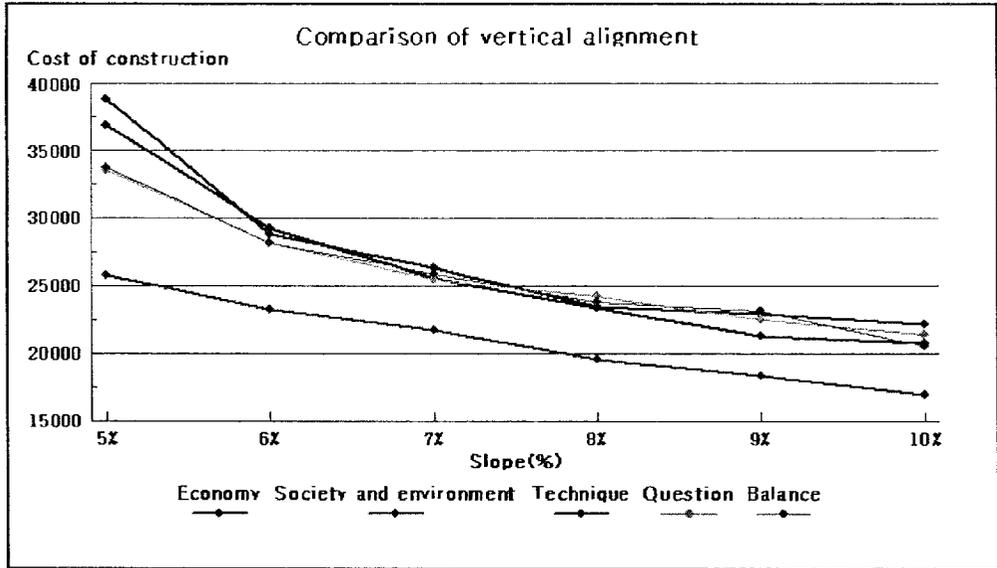


Fig. 4.35 Comparison of vertical alignment classified by cost of construction

또한, 종합적인 종단경사를 고려하여 순공사비만을 비교하면 사회·환경적 측면을 고려한 선형이 다른 노선과 비교할 때 약 20%의 순공사비의 절감 효과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

## 4.5 선형의 비교 분석

### 4.5.1 평면선형의 비교 분석

본 연구에서 구축된 시스템을 검증하기 위하여 기존에 실시설계가 완료된 노선을 대상으로 평가를 하였다. 기존의 노선은 도로의 폭이 20m이며, 연장이 6.0km인 4차선의 도로이다. 연구대상지역에 관한 위치를 계층분석과정으로 획득된 5개의 평면계획을 나타낸 것과 실시설계가 되어 있는 노선을 중첩한 것은 Fig. 4.36과 같다.

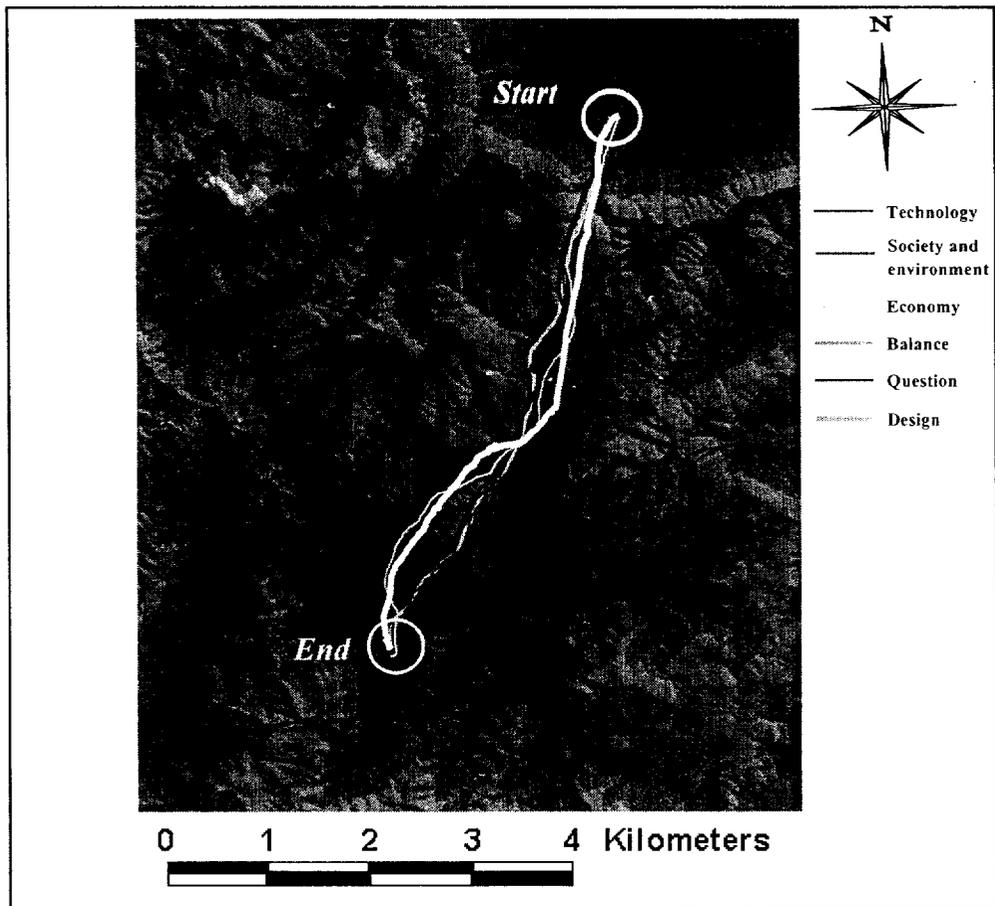


Fig. 4.36 Overlay map of study area and horizontal alignment

기존 설계된 노선과 의사결정체계로 선정된 노선들 사이에서 면적의 차이를 비교하여 중요도를 산정하였다. 산정하는 방법은 기준으로 한 노선과 비교될 노선간의 서로 이격된 양을 면적으로 산정하는 방법이다. 이러한 방법을 그림으로 나타내면 Fig. 4.37과 같다.

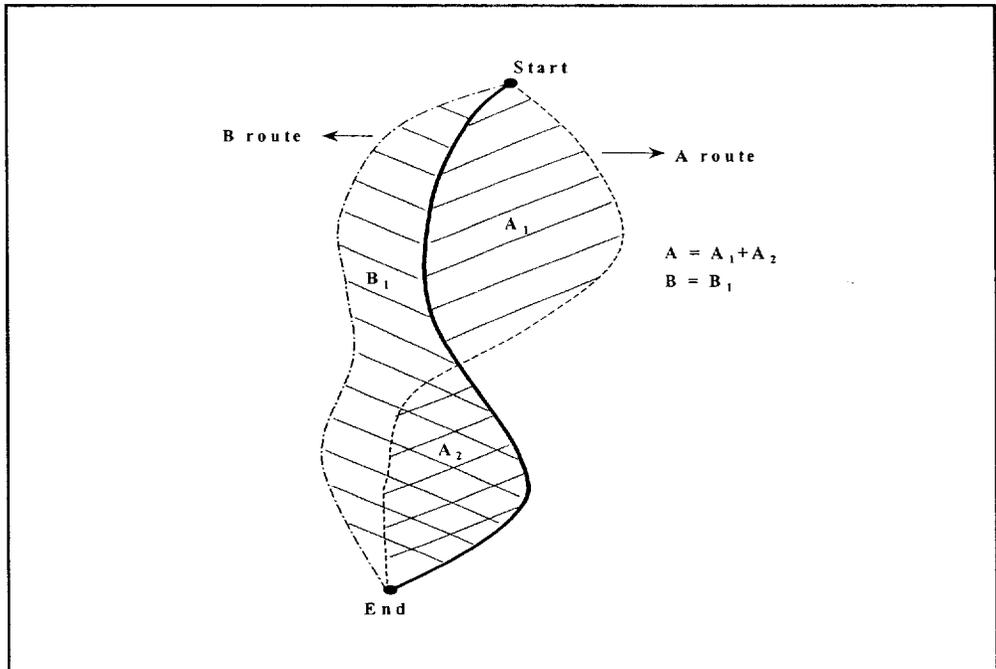


Fig. 4.37 Method of comparison by area

면적에 의해 노선을 평가한 결과 사회·환경적 측면이 다른 측면에 비하여 다소 많은 부분들이 고려되었음을 알 수 있었다. 측면의 영향치를 정량적으로 해석하고자 다음과 같은 환산율을 적용하였다. 각 항목별로 선정된 평면선형의 중요도는 비교하고자 하는 노선의 이격된 면적에 반비례하므로  $A : B : C = 1/A : 1/B : 1/C = A' : B' : C'$ 로 환산할 수 있다. 이러한 환산값의 비율이 각 항목에 대한 영향치로 선정하였다. 이러한  $A' : B' : C'$ 의 비율을 백분율로 환산하면,  $A' / (A' + B' + C') : B'$

$/(A' + B' + C') : C' / (A' + B' + C')$ 로서 각 항목에 대한 영향치의 비율을 산정하였다. 비교된 값들을 요약하면 Table 4.25와 같다.

Table 4.25 Result of evaluation by area

Type	Area (m <sup>2</sup> )	Evaluation
Case1	954,238.832	16.8%
Case2	552,842.604	29.0%
Case3	978,139.049	16.4%
Case4	838,360.637	19.1%
Case5	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.

#### 4.5.2 종단선형의 비교 분석

기존 설계된 노선의 종단선형과 본 시스템에서 구축된 알고리즘을 이용한 종단선형을 비교하면 기존 설계된 종단선형의 경사는 최대 6%까지로 설계되어 있다. 따라서 본 연구에서도 6%의 종단 경사로 설계하여 비교 및 분석하였다. Fig. 4.38은 기존 지형의 종단면도이며, Fig. 4.39는 6%의 종단경사로 설계된 종단선형이다.

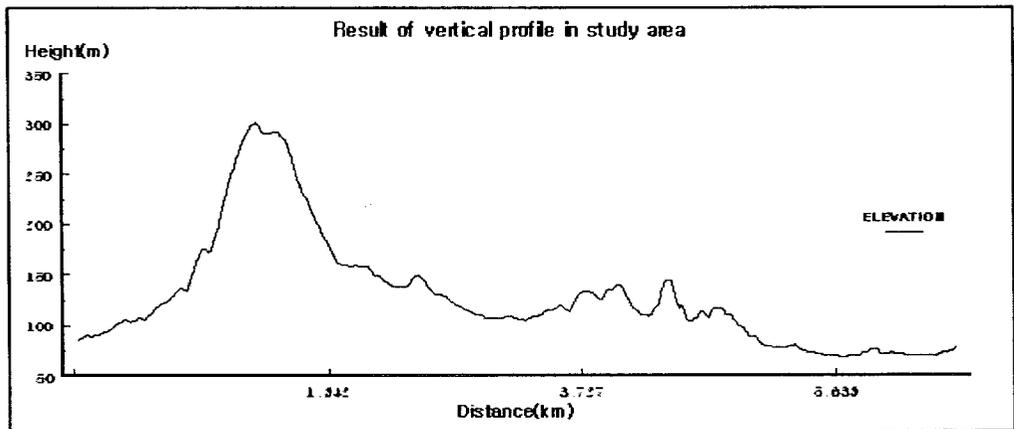


Fig. 4.38 Result of vertical profile in study area

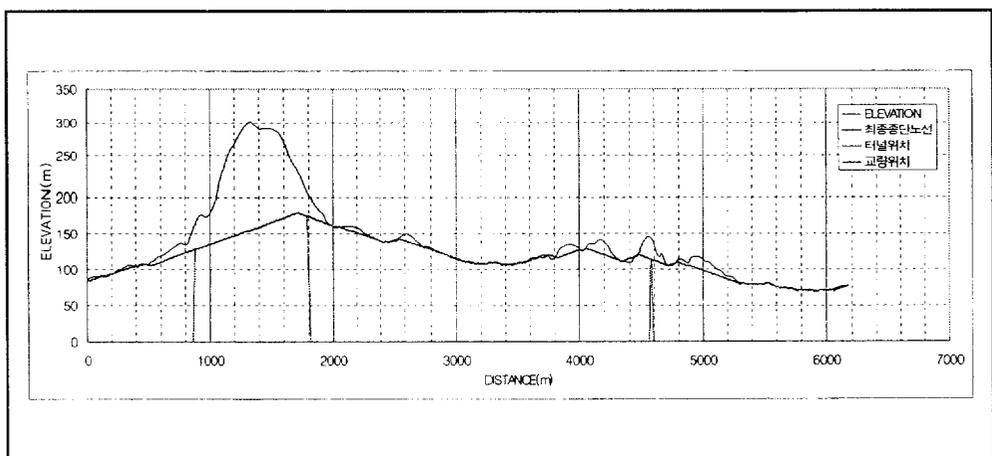


Fig. 4.39 Result of vertical alignment in study area(6%)

기존의 설계도면은 Fig. 4.40과 같으며, 6% 종단경사로 종단선형을 결정하여 분석한 값들을 Table 4.26에 나타냈다.

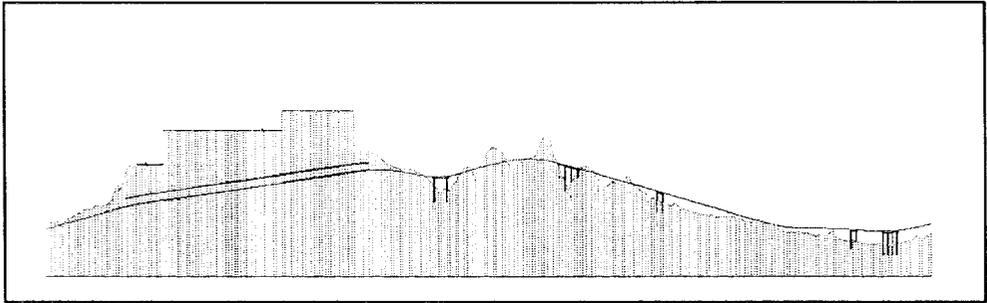


Fig. 4.40 Design of vertical alignment in study area

Table 4.26 Comparison of design and result in vertical alignment

Classification	Design of vertical alignment	Plan of vertical alignment
Volume of banking	412,214.50 m <sup>3</sup>	143,447 m <sup>3</sup>
Volume of cutting	395,464.54 m <sup>3</sup>	328,897 m <sup>3</sup>
length of bridge (EA)	370m (5EA)	0m
length of tunnel (EA)	1,805m (1EA)	954m (2EA)

설계된 종단선형과 본 연구에서 비교 분석하여 도출된 종단선형을 비교하여 보면 토공량의 차이가 다소 발생함을 알 수 있다. 이는 본 연구의 시스템에서는 유도곡선을 고려하지 않은 점과 계획종단고의 설정에 따른 원인으로 발생한 결과라고 생각된다. 향후, 이러한 부분을 보완한다면, 기본설계시 의사결정체계로 노선 선정을 하는 방법을 적용하여도 충분한 활용성이 있다고 생각된다.

## 4.6 분석 및 고찰

GIS 기반의 의사결정체계를 이용하여 신속하고 합리적인 노선 선정을 위하여 설계와 분석을 한 결과는 다음과 같다.

5가지 기준을 설정하여 평면선형을 설계한 결과, 의사결정자의 의도에 따라 충분히 노선이 선정됨을 알 수 있었다. 하지만, 명확한 기준 설정과 양질의 자료가 뒷받침이 되어야 한다는 전제가 있어야 하며, 본 연구대상 지역으로 의사결정된 평면선형과 기존 설계된 평면선형을 노선사이의 이격 면적에 의한 방법으로 비교한 결과 사회·환경적 측면이 약 30%의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 종합적인 종단 경사를 고려하여 순공사비만을 고려한다면 다른 노선과 비교할 때 약 20%의 순공사비의 절감 영향을 산출한다는 것을 알 수 있다. 따라서, 기준된 노선에 의해서 기존과 신설노선에 대한 정량적 평가를 할 수 있으므로 더욱 정책적이며 계획성 있는 설계의 기본 자료가 되리라 생각된다.

종단선형의 설계는 종단경사를 달리하여 분석함으로써 종단경사의 선택에 따라서 대안의 우선순위가 바뀔 수 있었다. 또한, 종단선형의 의사규칙에 따라 3차원적인 시각화로 지형에 적합한 경사의 선택과 터널, 교량의 위치, 길이가 자동 산출되므로 의사결정자의 설계범위가 더욱 확대됨을 알 수 있었다. 본 연구대상지역으로 의사결정된 종단선형을 비교한 결과, 절·성토량의 차이는 본 연구의 프로그램 의사규칙에서 유도곡선을 고려하지 못한 것과 지반고와 계획종단고의 설정에 따른 원인으로 판단된다.

## 5. 결 론

GIS 기반에서 도로의 합리적인 노선 선정을 위한 의사결정시스템을 구축하기 위하여, 광범위한 GIS 체계의 응용과 계층분석과정에서 가중치를 적용하여 정량적 평가를 수행할 수 있는 기법을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

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 있다.

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. 의사결정시스템을 구축하는 프로그램을 개발하였으며, 사용자가 쉽고 간편하게 토공량, 공사비, 구조물의 위치와 규모를 신속하게 산정할 수 있다.

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

향후, 계층분석과정을 연계한 노선 선정시 더욱 합리적이고 보편적인 정량화된 자료와 지역적 특색을 고려한 세부 항목들을 추가로 부여하면 더욱 발전된 노선 선정을 할 수 있다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 강상구, 정영동(2000) GIS 이용한 도로선형 정보의 구축-평면 및 종단 선형을 중심으로-. 한국측량학회논문집, 한국측량학회, 제 18권, 제 4호, pp. 325-324.
2. 강재수(1998) 도로계획과 설계. 엔지니어즈.
3. 건설교통부(1999) 도로설계편람(1). pp.208-209.
4. 건설교통부(2003) 도로의 구조시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침. pp. 177-178.
5. 강승림(2002) 고속도로 선형조건과 GIS 기반 교통사고 위험도지수 분석. 박사학위논문, 서울대학교.
6. 강인준, 이준석(2002) 고속도로 선형 최적화에 관한 GIS모델링. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 22권, 제 2-D호, pp. 303-312.
7. 금기정(1999) 계층분석법(AHP)을 이용한 어린이보호구역의 교통안전 특성화. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 19권, 제 3-1호, pp. 27-35.
8. 김동문(2002) 지형공간정보체계에 의한 도로의 최적노선 선정 시스템 개발. 박사학위논문, 강원대학교.

9. 김대웅, 유영근(1997) 최적 버스노선망 결정시스템 개발. 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제 17권, 제 3-2호, pp. 141-150.
10. 김응철, Jha, Manoj K, 김기혁, 손봉수(2002) 도로선형 최적화시 토공 비용산정을 위한 면적보간법의 적용, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 22권, 제 3-D호, pp. 463-470.
11. 박창호, 이성모(1996) 지하철 최적노선 결정방법에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 16권, 제 3-1호, pp. 1-12.
12. 서동주(2003) **수치사진측량에 의한 도로정보체계 개발**. 박사학위논문, 부경대학교.
13. 양인태, 김동문, 최승필(2002) AHP 기법을 이용한 도로의 노선 선정시 다중인자의 정량화 연구, 한국측량학회논문집, 한국측량학회, 제 20권, 제 2호, pp. 199-206.
14. 윤지선(1995) **암의 역학**. 구미서관.
15. 이종달, 조승흠, 도명식, 최기주(2001) GIS 공간분석기법과 신경망 알고리즘에 의한 도로 노선 결정. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 21권, 제 4-D호, pp. 393-404.
16. 이종출, 김희규, 윤봉국(1991) DTM 기법을 이용한 도로의 입체선형 분석, **1991년도 학술발표회 개요집**, 대한토목학회, pp. 483-484.

17. 이종출(2001) 동적 GPS 관측에 의한 평면선형 분석, 한국측량학회논문집, 한국측량학회, 제 19권, 제 1호, pp. 39-45.
18. 이종출, 차성렬, 서동주, 장호식(2003) 수치사진측량을 이용한 도로정보 체계 개발. 2003년도 정기학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 4441-4446.
19. 이종출, 이영대, 서정훈(2000) GPS에 의한 도로의 평면선형분석, 2000년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp. 553-557.
20. 이형석(2001) 노선 선정 최적화를 위한 지형공간정보체계와 계층분석과정의 연계. 박사학위논문, 충남대학교.
21. 이희연(2003) GIS : 지리정보학. 법문사.
22. 장상규(1993) ACAD-SYSTEM을 이용한 지형공간정보 전송에 관한 연구. 93년도 학술발표회 개요집(2), 대한토목학회, pp. 458-461.
23. 최기주, 서본양(2001) GIS기반의 도로계획 및 노선 선정 방안 개발, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 21권, 제 6-D호, pp. 821-836.
24. 최준규(2002) 환경친화적 도로노선 선정을 위한 정량적 평가기법 개발에 관한 연구. 박사학위논문, 건국대학교.
25. 토마스 사티(2000) 리더를 위한 의사결정. 동현출판사.

26. Keinosuke Matsui, 박운용, 이종출(1996) 선형 설계를 위한 도로 투시도 작성과 해석에 관한 연구. 한국측량학회논문집, 한국측량학회, 제 14권, 제 2호, pp. 241-247.
27. Bruce E. Davis(2001) *GIS : "A VISUAL APPROACH"* 2nd Edition ONWORD PRESS.
28. Chaoqing yu, Jay Lee and Mandy J. Munro-Stasiuk(2003) Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 17, No. 4 pp. 361-375.
29. Douglas, D. H.(1994) Least-cost path in GIS using an accumulated-cost surface and slope lines, *Cartographica*, Vol. 31, pp. 37-51.
30. Eungcheol Kim, Manaoj K. Jha, Bongsoo Son(2005), Improving the computational efficiency of highway alignment optimization models through a stepwise genetic algorithms approach, *Transportation Research, Part B* 39, pp. 339-360.
31. F.C. Dail, C. F. Lee, X. H. Zhang(2001) GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning : a case study, *Engineering Geology*, Vol. 61, No. 6, pp. 257-271.
32. Feldman, S. C., Pelletier, R. E., Walser, E., Smoot, J. R., and Ahl.,

- D.(1995) A prototype for pipeline routing using remotely sensed data and geographic information system analysis, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 53, pp. 123-131.
33. Jacek Malczewski(1999) *GIS and Multicriteria Decision Analysis* John Willey & Sons, Inc.
34. Jay Lee and Dan Stucky(1998) On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on digital elevation models, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 12, No. 8 pp. 891-905.
35. J. Ronald Eastman(1999) *Idrisi for Windows user guide* Worcester. Clark University, Inc.
36. Lee, J., and Stucky, D.(1998) On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on Digital Elevation Models, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 12, pp. 891-905.
37. Min-Yuan Cheng and Guey-Lin Chang(2001) Automating utility route design and planning through GIS, *Automation in Construction*, Vol. 10, pp. 507-516.
38. Mitchell, J. S. B.(1998) An algorithmic approach to some problems in terrain navigation, *Artificial Intelligence*, Vol. 37, pp. 171-201.

39. Nathaniel C. Bantayan, Ian D. Bishop(1998) Linking objective and subjective modeling for landuse decision-making, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 43, pp. 35-48.
40. Stefanakis, E., and Kavours, M.(1995) On the determination of the optimum path in space, *Proceedings of International Conference COSIT'95*, pp. 241-257.
41. Solka, J. L., Perry, J. C., Poellinger, B. R., and Rogers, G. W.(1995) Faster computation of optimal paths using a parallel Dijkstra algorithm with embedded constraintsn, *Neurocomputing*, Vol. 8, pp. 195-212.
42. Vörös, J.(2001) Low-cost implementation of distance maps for path planning using matrix quadtrees and octrees, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 17, pp. 447-459.
43. Walter Collischonn and Jorge Victor Pilar(2000) A direction dependent least-cost-path for roads and canals, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 14, No. 4 pp. 397-406.
44. Xu, J., and Lathrop, R. G.(1994), Improving cost-path in a raster data format, *Computers & Geosciences*, Vol. 20, pp. 1455-1465.
45. Xu, J., and Lathrop, R. G.(1995), Improving simulation accuracy of spread phenomena in a raster-based geographic information system,

*International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 9, pp. 153-168.

46. Zhan, C., Menon, S., and Gao, P.(1993), A directional path distance model for raster distance mapping, *Proceedings of International Conference COSIT'93*, pp. 434-443.

# APPENDIX

```
Dim nFlag As Integer
```

```
Private Sub c_analysis_Click()
```

```
    Map1.Layers.Remove All
```

```
    '파일 읽어오기
```

```
    Dim fnum As Integer
```

```
    'Dim Data1, Data2, Data3, Data4, data5, data6, data7, data8, data9 As String
```

```
    Dim Adata(50), Bdata(50), Cdata(50), Ddata(50), Edata(50), Fdata(50), Gdata(50),  
    Hdata(50), Idata(50) As String
```

```
    Dim t(9, 50) As Currency
```

```
    Dim eco As String
```

```
    Dim PSD(9, 37) As String
```

```
    fnum = FreeFile
```

```
    Open "c:\노태호\system\project.txt" For Input As #fnum
```

```
        i = 0
```

```
        Do Until EOF(1)
```

```
            i = i + 1
```

```
                Input #fnum, Adata(i), Bdata(i), Cdata(i), Ddata(i), Edata(i), Fdata(i), Gdata(i),  
                Hdata(i), Idata(i)
```

```
                Debug.Print Adata(i), Bdata(i), Cdata(i), Ddata(i), Edata(i), Fdata(i), Gdata(i),  
                Hdata(i), Idata(i)
```

```
            Loop
```

```
    Dim dc As New DataConnection
```

```
    dataDir = ReturnDataPath("System_shp")
```

```
    dc.Database = ReturnDataPath("System_shp")
```

```
    If Not dc.Connect Then End
```

```
comtype = Combo1.ListIndex()
```

```
If (comtype = -1) Then
```

```
    MsgBox "분석항목을 선택하세요."
```

```
Else
```

```
'분석항목 선택에 따라 MapObject 창에 지도 띄우기
```

```
Select Case comtype
```

```
    Case 0
```

```
        eco = "e"
```

```
        If (Combo3 = "5 %") Then
```

```
            Text1.Text = Idata(2)
```

```
            Text2.Text = Hdata(2)
```

```
            Text3.Text = Fdata(2)
```

```
            Text4.Text = Edata(2)
```

```
            Text5.Text = Ddata(2)
```

```
            Text6.Text = Cdata(2)
```

```
            Text7.Text = Gdata(2)
```

```
        ElseIf (Combo3 = "6 %") Then
```

```
            Text1.Text = Idata(8)
```

```
            Text2.Text = Hdata(8)
```

```
            Text3.Text = Fdata(8)
```

```
            Text4.Text = Edata(8)
```

```
            Text5.Text = Ddata(8)
```

```
            Text6.Text = Cdata(8)
```

```
            Text7.Text = Gdata(8)
```

ElseIf (Combo3 = "7 %") Then

Text1.Text = Idata(14)

Text2.Text = Hdata(14)

Text3.Text = Fdata(14)

Text4.Text = Edata(14)

Text5.Text = Ddata(14)

Text6.Text = Cdata(14)

Text7.Text = Gdata(14)

ElseIf (Combo3 = "8 %") Then

Text1.Text = Idata(20)

Text2.Text = Hdata(20)

Text3.Text = Fdata(20)

Text4.Text = Edata(20)

Text5.Text = Ddata(20)

Text6.Text = Cdata(20)

Text7.Text = Gdata(20)

ElseIf (Combo3 = "9 %") Then

Text1.Text = Idata(26)

Text2.Text = Hdata(26)

Text3.Text = Fdata(26)

Text4.Text = Edata(26)

Text5.Text = Ddata(26)

Text6.Text = Cdata(26)

Text7.Text = Gdata(26)

ElseIf (Combo3 = "10 %") Then

```
Text1.Text = Idata(32)
Text2.Text = Hdata(32)
Text3.Text = Fdata(32)
Text4.Text = Edata(32)
Text5.Text = Ddata(32)
Text6.Text = Cdata(32)
Text7.Text = Gdata(32)
```

```
Else
```

```
MsgBox "중단경사를 입력하십시오."
```

```
End If
```

```
Case 1
```

```
eco = "s"
```

```
If (Combo3 = "5 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(3)
Text2.Text = Hdata(3)
Text3.Text = Fdata(3)
Text4.Text = Edata(3)
Text5.Text = Ddata(3)
Text6.Text = Cdata(3)
Text7.Text = Gdata(3)
```

```
ElseIf (Combo3 = "6 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(9)
Text2.Text = Hdata(9)
```

Text3.Text = Fdata(9)

Text4.Text = Edata(9)

Text5.Text = Ddata(9)

Text6.Text = Cdata(9)

Text7.Text = Gdata(9)

ElseIf (Combo3 = "7 %") Then

Text1.Text = Idata(15)

Text2.Text = Hdata(15)

Text3.Text = Fdata(15)

Text4.Text = Edata(15)

Text5.Text = Ddata(15)

Text6.Text = Cdata(15)

Text7.Text = Gdata(15)

ElseIf (Combo3 = "8 %") Then

Text1.Text = Idata(21)

Text2.Text = Hdata(21)

Text3.Text = Fdata(21)

Text4.Text = Edata(21)

Text5.Text = Ddata(21)

Text6.Text = Cdata(21)

Text7.Text = Gdata(21)

ElseIf (Combo3 = "9 %") Then

Text1.Text = Idata(27)

Text2.Text = Hdata(27)

Text3.Text = Fdata(27)

Text4.Text = Edata(27)

```
Text5.Text = Ddata(27)
Text6.Text = Cdata(27)
Text7.Text = Gdata(27)
```

```
ElseIf (Combo3 = "10 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(33)
Text2.Text = Hdata(33)
Text3.Text = Fdata(33)
Text4.Text = Edata(33)
Text5.Text = Ddata(33)
Text6.Text = Cdata(33)
Text7.Text = Gdata(33)
```

```
Else
```

```
MsgBox "중단경사를 입력하십시오."
```

```
End If
```

```
Case 2
```

```
eco = "t"
```

```
If (Combo3 = "5 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(4)
Text2.Text = Hdata(4)
Text3.Text = Fdata(4)
Text4.Text = Edata(4)
Text5.Text = Ddata(4)
Text6.Text = Cdata(4)
Text7.Text = Gdata(4)
```

ElseIf (Combo3 = "6 %") Then

Text1.Text = Idata(10)

Text2.Text = Hdata(10)

Text3.Text = Fdata(10)

Text4.Text = Edata(10)

Text5.Text = Ddata(10)

Text6.Text = Cdata(10)

Text7.Text = Gdata(10)

ElseIf (Combo3 = "7 %") Then

Text1.Text = Idata(16)

Text2.Text = Hdata(16)

Text3.Text = Fdata(16)

Text4.Text = Edata(16)

Text5.Text = Ddata(16)

Text6.Text = Cdata(16)

Text7.Text = Gdata(16)

ElseIf (Combo3 = "8 %") Then

Text1.Text = Idata(22)

Text2.Text = Hdata(22)

Text3.Text = Fdata(22)

Text4.Text = Edata(22)

Text5.Text = Ddata(22)

Text6.Text = Cdata(22)

Text7.Text = Gdata(22)

ElseIf (Combo3 = "9 %") Then

```
Text1.Text = Idata(28)
Text2.Text = Hdata(28)
Text3.Text = Fdata(28)
Text4.Text = Edata(28)
Text5.Text = Ddata(28)
Text6.Text = Cdata(28)
Text7.Text = Gdata(28)
```

```
ElseIf (Combo3 = "10 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(34)
Text2.Text = Hdata(34)
Text3.Text = Fdata(34)
Text4.Text = Edata(34)
Text5.Text = Ddata(34)
Text6.Text = Cdata(34)
Text7.Text = Gdata(34)
```

```
Else
```

```
MsgBox "중단경사를 입력하십시오."
```

```
End If
```

```
Case 3
```

```
eco = "ang"
```

```
If (Combo3 = "5 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(5)
Text2.Text = Hdata(5)
```

```
Text3.Text = Fdata(5)
Text4.Text = Edata(5)
Text5.Text = Ddata(5)
Text6.Text = Cdata(5)
Text7.Text = Gdata(5)
```

```
ElseIf (Combo3 = "6 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(11)
Text2.Text = Hdata(11)
Text3.Text = Fdata(11)
Text4.Text = Edata(11)
Text5.Text = Ddata(11)
Text6.Text = Cdata(11)
Text7.Text = Gdata(11)
```

```
ElseIf (Combo3 = "7 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(17)
Text2.Text = Hdata(17)
Text3.Text = Fdata(17)
Text4.Text = Edata(17)
Text5.Text = Ddata(17)
Text6.Text = Cdata(17)
Text7.Text = Gdata(17)
```

```
ElseIf (Combo3 = "8 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(23)
Text2.Text = Hdata(23)
Text3.Text = Fdata(23)
Text4.Text = Edata(23)
```

```
Text5.Text = Ddata(23)
Text6.Text = Cdata(23)
Text7.Text = Gdata(23)
```

```
ElseIf (Combo3 = "9 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(29)
Text2.Text = Hdata(29)
Text3.Text = Fdata(29)
Text4.Text = Edata(29)
Text5.Text = Ddata(29)
Text6.Text = Cdata(29)
Text7.Text = Gdata(29)
```

```
ElseIf (Combo3 = "10 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(35)
Text2.Text = Hdata(35)
Text3.Text = Fdata(35)
Text4.Text = Edata(35)
Text5.Text = Ddata(35)
Text6.Text = Cdata(35)
Text7.Text = Gdata(35)
```

```
Else
```

```
MsgBox "종단경사를 입력하십시오."
```

```
End If
```

Case 4

```
eco = "b"
```

If (Combo3 = "5 %") Then

Text1.Text = Idata(6)

Text2.Text = Hdata(6)

Text3.Text = Fdata(6)

Text4.Text = Edata(6)

Text5.Text = Ddata(6)

Text6.Text = Cdata(6)

Text7.Text = Gdata(6)

ElseIf (Combo3 = "6 %") Then

Text1.Text = Idata(12)

Text2.Text = Hdata(12)

Text3.Text = Fdata(12)

Text4.Text = Edata(12)

Text5.Text = Ddata(12)

Text6.Text = Cdata(12)

Text7.Text = Gdata(12)

ElseIf (Combo3 = "7 %") Then

Text1.Text = Idata(18)

Text2.Text = Hdata(18)

Text3.Text = Fdata(18)

Text4.Text = Edata(18)

Text5.Text = Ddata(18)

Text6.Text = Cdata(18)

Text7.Text = Gdata(18)

ElseIf (Combo3 = "8 %") Then

```
Text1.Text = Idata(24)
Text2.Text = Hdata(24)
Text3.Text = Fdata(24)
Text4.Text = Edata(24)
Text5.Text = Ddata(24)
Text6.Text = Cdata(24)
Text7.Text = Gdata(24)
```

```
ElseIf (Combo3 = "9 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(30)
Text2.Text = Hdata(30)
Text3.Text = Fdata(30)
Text4.Text = Edata(30)
Text5.Text = Ddata(30)
Text6.Text = Cdata(30)
Text7.Text = Gdata(30)
```

```
ElseIf (Combo3 = "10 %") Then
```

```
Text1.Text = Idata(36)
Text2.Text = Hdata(36)
Text3.Text = Fdata(36)
Text4.Text = Edata(36)
Text5.Text = Ddata(36)
Text6.Text = Cdata(36)
Text7.Text = Gdata(36)
```

```
Else
```

```
MsgBox "종단경사를 입력하십시오."
```

End If

Case 5

eco = "test"

If (Combo3 = "5 %") Then

Text1.Text = Idata(7)

Text2.Text = Hdata(7)

Text3.Text = Fdata(7)

Text4.Text = Edata(7)

Text5.Text = Ddata(7)

Text6.Text = Cdata(7)

Text7.Text = Gdata(7)

ElseIf (Combo3 = "6 %") Then

Text1.Text = Idata(13)

Text2.Text = Hdata(13)

Text3.Text = Fdata(13)

Text4.Text = Edata(13)

Text5.Text = Ddata(13)

Text6.Text = Cdata(13)

Text7.Text = Gdata(13)

ElseIf (Combo3 = "7 %") Then

Text1.Text = Idata(19)

Text2.Text = Hdata(19)

Text3.Text = Fdata(19)

Text4.Text = Edata(19)

Text5.Text = Ddata(19)

Text6.Text = Cdata(19)

Text7.Text = Gdata(19)

ElseIf (Combo3 = "8 %") Then

Text1.Text = Idata(25)

Text2.Text = Hdata(25)

Text3.Text = Fdata(25)

Text4.Text = Edata(25)

Text5.Text = Ddata(25)

Text6.Text = Cdata(25)

Text7.Text = Gdata(25)

ElseIf (Combo3 = "9 %") Then

Text1.Text = Idata(31)

Text2.Text = Hdata(31)

Text3.Text = Fdata(31)

Text4.Text = Edata(31)

Text5.Text = Ddata(31)

Text6.Text = Cdata(31)

Text7.Text = Gdata(31)

ElseIf (Combo3 = "10 %") Then

Text1.Text = Idata(37)

Text2.Text = Hdata(37)

Text3.Text = Fdata(37)

Text4.Text = Edata(37)

Text5.Text = Ddata(37)

Text6.Text = Cdata(37)

Text7.Text = Gdata(37)

```

Else

MsgBox "종단경사를 입력하십시오."

End If

End Select

Dim ecoLayer As New MapLayer
Set ecoLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset(eco)
ecoLayer.Symbol.Color = moRed
Map1.Layers.Add ecoLayer

End If
Close #fnum

End Sub
Private Sub Form_Load()

Dim dc As New DataConnection
dataDir = ReturnDataPath("System_shp")
dc.Database = ReturnDataPath("System_shp")
If Not dc.Connect Then End

Dim ssLayer As New MapLayer
Set ssLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("77")
ssLayer.Symbol.Color = moGreen
Map1.Layers.Add ssLayer

Dim esLayer As New MapLayer
Set esLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("87")

```

```
esLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add esLayer
```

```
Dim naLayer As New MapLayer  
Set naLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("98")  
naLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add naLayer
```

```
Dim nssLayer As New MapLayer  
Set nssLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n76")  
nssLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add nssLayer
```

```
Dim nseLayer As New MapLayer  
Set nseLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n78")  
nseLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add nseLayer
```

```
Dim nesLayer As New MapLayer  
Set nesLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n86")  
nesLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add nesLayer
```

```
Dim neeLayer As New MapLayer  
Set neeLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n88")  
neeLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add neeLayer
```

```
Dim nnsLayer As New MapLayer  
Set nnsLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n96")  
nnsLayer.Symbol.Color = moGreen  
Map1.Layers.Add nnsLayer
```

```

Dim nnnsLayer As New MapLayer
Set nnnsLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n97")
nnnsLayer.Symbol.Color = moGreen
Map1.Layers.Add nnnsLayer

    Dim nneLayer As New MapLayer
Set nneLayer.GeoDataset = dc.FindGeoDataset("n98")
nneLayer.Symbol.Color = moGreen
Map1.Layers.Add nneLayer

End Sub

Private Sub c_end_Click()
End
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
Dim bKey As String
    bKey = Button.Key
    Call doTask(bKey)
    BarState = bKey
End Sub

Public Sub doTask(buttonKey As String)
    'Screen zoomin, out
    'This block examines the return key from the toolbar or menu
    'and performs the requested action.
Select Case buttonKey

    Case "zoomin"
        Map1.MousePointer = moZoom
        nFlag = 1

```

Case "zoomout"

nFlag = 2

Case "pan"

Map1.MousePointer = moPan

nFlag = 3

Case "Identify"

Map1.MousePointer = moIdentify

Case "Fullextent"

Map1.Extent = Map1.FullExtent

Map1.MousePointer = moArrow

Case "end"

End

End Select

End Sub

Private Sub map1\_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Dim curPoint As Point

Dim curX As Double

Dim curY As Double

'Convert screen coordinates to map coordinates

Set curPoint = Map1.ToMapPoint(X, Y)

curX = curPoint.X

curY = curPoint.Y

'If map coordinates are large, suppress digits to right of decimal place.

```

Dim cX As String, cy As String
cX = curX
cy = curY
cX = Left(cX, InStr(cX, ".") + 2)
cy = Left(cy, InStr(cy, ".") + 2)
Label2.Caption = "X :" & cX & "Y :" & cy

StatusBar1.Panels(2).Text = "노선선정분석을 수행합니다."

' StatusBar1.Panels(2).Text = "Y:" & cy
' Now trigger the MapTip's mousemove...
' If chkTipLayer.Value = 1 And cboTipLayer.ListCount > 0 Then
'   m_mapTip.MouseMove x, y
' End If
End Sub

Private Sub f_road_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)

Dim curPoint As Point
Dim curX As Double
Dim curY As Double
' Convert screen coordinates to map coordinates
Set curPoint = Map1.ToMapPoint(X, Y)
curX = curPoint.X
curY = curPoint.Y
' If map coordinates are large, suppress digits to right of decimal place.
Dim cX As String, cy As String
cX = curX
cy = curY
cX = Left(cX, InStr(cX, ".") + 2)
cy = Left(cy, InStr(cy, ".") + 2)

```

```

StatusBar1.Panels(2).Text = "종단계획선의 결과입니다."

' End If
End Sub

'마우스클릭(확대;Map1)
Private Sub Map1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
Dim cc As Rectangle

Select Case nFlag
Case 1
Set cc = Map1.TrackRectangle
If Not cc Is Nothing Then Set Map1.Extent = cc
Case 2

Dim zoomOutRect As mapobjects2.Rectangle
Dim newRect As mapobjects2.Rectangle

Set zoomOutRect = Map1.TrackRectangle
Set newRect = Map1.Extent
ow = zoomOutRect.Width

If (ow > 0) Then
newRect.ScaleRectangle Map1.Extent.Width / ow
Else
newRect.ScaleRectangle 1.5
End If
Map1.Extent = newRect
Dim zoomOutRe

Case 3

```

Map1.Pan

End Select

'=====

=====

'정보보기

End Sub

## # Module

```
Public Function ReturnDataPath(dataDir As String) As String
```

```
    Dim sPath As String
```

```
    Dim iLastPos As Integer
```

```
    sPath = App.Path
```

```
    iLastPos = InStrL(sPath, "\")
```

```
    ReturnDataPath = Left(sPath, iLastPos) + "..\노태호\" + dataDir
```

```
End Function
```

```
Public Function InStrL(inString As String, srchString As String) As Integer
```

```
    Dim iLastPos As Integer 'Set to 0 on initialization
```

```
    ' Check srchString -- a 0-length string will match every time
```

```
    If Len(srchString) Then
```

```
        ' Set iLastPos to the last matching position
```

```
        Dim iCurPos As Integer
```

```
        Do
```

```
            iLastPos = iCurPos
```

```
            iCurPos = InStr(iCurPos + 1, inString, srchString, vbTextCompare)
```

```
        Loop Until iCurPos = 0
```

```
    End If
```

```
    InStrL = iLastPos
```

```
End Function
```

## 감사의 글

학부시절부터 대학원까지 보살펴주시며 인생을 살아가는 참된 방식을 깨우쳐 주신 이종출 지도교수님께 고개 숙여 감사드립니다.

또한, 부족한 연구에 대하여 먼 길을 서슴없이 오셔서 지도하여 주신 조선대학교 정영동 교수님과 상주대학교 장상규 교수님께 감사드리며, 본 논문이 완성되기까지 세밀하게 검토하여 주신 이종섭 교수님, 정진호 교수님께 감사드립니다.

대학교를 입학하면서 철없이 놀던 시절부터 용기와 희망 그리고 연구를 하도록 지도하여 주신 부경대학교 건설공학부 김상용 교수님, 김종수 교수님, 손인석 교수님, 장희석 교수님, 이동욱 교수님, 이영대 교수님, 김명식 교수님, 이환우 교수님, 정두희 교수님, 국승규 교수님, 이상호 교수님, 김수용 교수님께 감사의 마음을 드립니다.

석사시절부터 저를 항상 생각하여 주시고 힘을 북돋아 주신 경남정보대학 김희규 교수님, 김종주 교수님, 김정실 교수님, 김가현 교수님, 류홍렬 교수님께도 감사의 마음을 드립니다.

한편의 논문은 자신의 것이 아니라 연구실의 몫이라는 것을 다시 한번 느끼도록 해준 부경대학교 측량연구실의 서동주 박사님, 서정훈 박사님, 장호식 박사님과 진수, 규열, 성호, 세준, 윤성, 영화, 재수에게도 깊은 감사의 마음을 전하며, 힘들때 마다 따뜻한 격려로서 감싸주신 도우회 회원님들께도 감사드립니다.

아픈 몸으로 밤을 세워가며 논문을 도와주신 학부시절부터 같이 학교에서 생활 해 온 정인주 박사님께도 깊은 감사를 드리며, 박사

과정을 같이 입학을 하면서 웃는 얼굴로 어깨를 두드리 주신 박상주 박사님, 강창업 박사님, 최명섭 박사님께 감사드리며, 박병호 국장님, 광양이 형, 이영권 선생님께도 좋은 논문 기대하겠습니다. 또한, 이제 논문을 준비해 가는 백동일 선생님과 정민, 은찬이와 토사모 회원님들께도 감사드립니다.

끝으로, 항상 고생만 시켜드리는 것 같아 죄송스럽게만 느껴지는 어머님과 가족들에게 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

2005년 1월

노 태 호 올림