

연구논문

지형공간정보분석에 따른 환경친화적 최적 도로노선 선정 Environment-Friendly Optimum Route Selecting With Geo-spatial Information Analysis

김상석* · 장용구** · 최수근*** · 강인준****

Kim, Sang Seok · Jang, Yong Gu · Choi Su Geun · Kang, In Joon

要 旨

도로건설에 대한 환경영향평가제도는 대부분의 사업이 타당성조사와 병행하여 실시하지 않고 계획이 확정된 후 사업실시단계에서 주로 오염의 저감방안을 검토하고 있어 입지의 타당성 등 근본적인 친환경적인 개발의 유도에 한계가 있다. 본 연구에서는 9개의 사전환경성 검토요소에 대한 지리정보체계의 공간분석기능을 도입하였으며, 개발요소들의 평가결과를 통한 종합적인 검토를 수행할 수 있도록 사전 환경성검토 GIS 의사결정시스템을 구축하였다. 본 연구에서 개발한 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템과 기 구축된 GIS 데이터 활용을 통해 환경성 검토에 객관성 충족 및 시간비용 절감이 기대되어 사업초기에 도로 노선선정 시 사전환경성 검토에 활용 가능할 것이다. 또한, 본 연구에서 개발된 시스템을 통하여 수치적이고 시각적인 자료를 활용한 평가로 주민의 합의를 보다 용이하게 이끌어 낼 수 있고, 사업초기에 비용과 시간을 절감하면서 도로건설에 따른 환경성을 검토할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 사전환경성 검토, 지리정보체계, 공간분석, 의사결정시스템

Abstract

Most of the evaluations of environmental effect of construction of road do not run parallel with the evaluation of the propriety of the business, but it just reviews how to reduce contamination before the beginning of the construction work. This reveals the limitation of the induction of environment friendly development from the fundamental. In this study, a function of GIS spatial analysis for 9 elements of pre-evaluation of environmental effect has been introduced, and a GIS decision making system for environmental effect of a road has been established for an integrated evaluation by using individual evaluation result. By using GIS decision making system for pre-evaluation of environmental effect that has been developed in this study and the GIS data that has been collected, it would be possible to decrease time and money for evaluation as well as fulfill the requirement of objectivity. Therefore, it would be possible to apply for pre-evaluation of environmental effect when deciding on the route of the road at the beginning stage of the construction work. Also, through the system developed in this study, the construction body could easily induce a mutual agreement with the residents by the visual evaluation material, which might result in an evaluation of environmental effect while decreasing time and money at the beginning stage of the construction.

Keywords : Pre-environmental investigation, GIS, Spatial Analysis, DMS(Decision Making System)

1. 서 론

산업화, 근대화를 통한 대규모의 개발 사업은 환경에 막대한 피해를 끼쳐왔다. 특히 자동차 등록 대수의 증가로 신규 도로의 수요가 큰 폭으로 증가해왔다.

도로 건설에 따른 자연 및 생활환경에 대한 피해는 불가피하다고 볼 수 있다. 이에 따라 국가에서는 도로건설

사업시 환경영향평가를 실시하고 있다.

현재 도로건설에 대한 환경영향평가제도는 대부분의 사업이 타당성조사와 병행하여 실시하지 않고 계획이 확정된 후 사업실시단계에서 주로 오염의 저감방안을 검토하고 있어 입지의 타당성 등 근본적인 친환경적인 개발의 유도에 한계가 있었다. 또한 국토의 난개발로 인한 국토훼손, 수질오염, 교통난 등이 사회문제로 대두되

2005년 9월 6일 접수, 2005년 9월 26일 채택

* 주저자, 학생회원, 부산대학교 토목공학과 대학원 박사수료 (pnu92@pusan.ac.kr)

** 정희원, 한국건설기술연구원 GIS/LBS연구센터 선임연구원 (wkddydm@kict.re.kr)

*** 학생회원, 부산대학교 토목공학과 대학원 석사과정 (sungeun@empal.com)

**** 정희원, 부산대학교 토목공학과 교수 (ijkang@pusan.ac.kr)

고 있어 개발사업에 대한 사전환경성검토의 필요성이 더욱 증대되었다(환경부, 2000). 이런 요구를 반영하여 2000년부터 사전환경성검토제도의 도입을 검토하여 2005년부터 모든 도로 사업에 대하여 사전환경성검토를 환경부에서 도입하였다.

사전환경성검토 제도는 지속가능한 개발 이념의 실현, 사전 입지의 타당성 검토로 합리적 대안의 제시, 환경영향평가의 효율성 제고를 주요 기능으로 하고 있다. 이는 환경에 영향을 미치는 행정계획 또는 개발사업이 확정·시행되기 전에 환경적 영향을 고려하도록 함으로써 지속가능한 계획의 수립 또는 사업이 추진될 수 있도록 하고, 주로 실시계획단계에서 이루어지는 환경영향평가시 사실상 배제되거나 간과되어 온 상위 기본계획에 대하여 입지의 타당성, 주변환경과의 조화여부 등을 검토함으로써 환경친화적인 합리적 대안을 모색할 수 있도록 하며, 환경영향평가 과정에서 쟁점이 되고 있는 입지의 타당성, 토지 이용계획의 적정성 등을 사전환경성검토 과정에서 미리 스크린함으로써 환경영향평가 협의기간 단축 및 효율성 제고를 하고자 함이다. 그러나 사전환경성검토 제도의 대상사업이 적고, 의견수렴 절차가 결여되어 있는 등 갈등요인의 근본적인 해소에는 역부족이었다. 이에 대해 건설교통부와 환경부에서는 사전환경성검토단계에서 주민, 환경단체 등이 참여하여 사업추진여부를 결정하고 환경영향평가단계에서는 구체적인 환경영향 저감방안만을 강구토록 하여, 개발사업이 원활히 추진되도록 하는 체계를 정착하는 방향으로 환경성 평가제도를 개선하고 있다.

1.1 연구 배경 및 동향

사전환경성 검토 및 GIS 도입에 대한 국내외 연구동향을 살펴보면, 국내의 경우, 1990년대 말 건설교통부에서 환경친화적 도로설계요령을 공시하였으며, (최준일 등, 1998) 그 이후 2001년, 2002년도에 들어서는 도로노선 선정 시 환경친화적인 부분과 사전환경성 검토제도의 중요성이 대두되면서, 사전환경성 검토 주요항목인 지형·지질, 소음·진동, 수질 등의 항목별 환경에 미칠 영향 예측에 관한 연구뿐만(박영민, 2001; 최상기 등, 2003) 아니라 양광식(2001)은 “GIS 기법을 활용한 환경친화적 도로시설 노선선정”에서 환경영향 평가요소는 자연환경(하천, 식물), 인간생활 환경(여가공간)으로 간단히 나누고 평가기준에 따라 각각 5단계로 점수를 매겨 최적경로를 산출하였다. 전문가의 판단에 의존해오던 평가방법에서 좀 더 정량화되고, 객관적인 평가방법에 관한 연구가 이루어져 왔으며(최준규, 2002; 김지영 등 2002) 도로건

설 사업 이후 환경영향 예측을 위한 사후모니터링의 비교 분석에 관한 연구가 이루어져 왔다.(이수재 등, 2004) 그리고 한국건설기술연구원은 “친환경 요인을 고려한 SOC 공사에 시공간격 3차원 통합영향평가 연구보고서”에서 지형, 동·식물, 소음, 경관, 토지이용 등의 항목에 GIS 기술을 활용한 Web 기반의 환경영향평가시스템을 구축하였다(한국건설기술연구원, 2004).

국외의 경우를 살펴보면, 미국 환경청은 ARC/INFO 포맷을 기준으로 표준화된 최신의 지속 가능한 툴로 지리공간 자료를 구축하고 있으며, 데이터베이스 관리와 이용을 위한 적절한 기준과 지침을 제공하고 있다. AILESP는 사용소프트웨어인 ArcView에서 도면 출력 및 자료 제공이 가능하도록 설계되어 있다. 웹 상에서의 EnviroMapper GIS 서비스는 사용자 관심지역에 관한 선택화면 출력이 가능하고 환경에 관련된 항목과 학교, 도로 등을 지도에 표시하여 볼 수 있게 되어 있다.(U.S, EPA) EU에서는 통합적인 환경정보 및 의사결정지원 시스템으로서 환경과학과 정보기술의 결합으로 이루어진 시스템인 ESS(Environment Software and Services)를 서비스 중이다. ESS는 시뮬레이션, 최적의 모델, 데이터 분석, GIS, 전문가 시스템으로서의 기능을 발휘하며 client-server 구조를 지니고 있다.(EU, ESS) 캐나다 환경부에서는 기후 변화, 대기질, 자연 생태, 수질, 기상 예측 등에 관한 자료, 캐나다에 관한 일반 자료 등의 정보를 제공하고 있으며, EAP(Environment Assessment Program)을 통해 캐나다 전 지역을 session으로 나누어 각 지역의 환경 동향의 정보를 제공하고 있다(캐나다 환경부).

그러나 각 사례의 환경평가항목에 대한 평가 방법이 각각 상이하여 실제 GIS를 이용한 환경평가기법의 활용에 많은 문제점이 따른다. 대안으로 2004년 건설교통부와 환경부가 공동으로 발간한 “환경친화적인 도로건설지침”을 참고하여 사전환경성 검토 항목과 평가방법을 선정하였다.

1.2 연구 목적

현재 시행되고 있는 사전환경성검토는 각각의 요소에 대한 수치분석이 이루어지고 있어 종합적인 사전환경성검토가 어려운 실정이다. 또한, 수치자료의 활용이 미흡하여 환경성 검토분석결과와 객관성이 저하되고 있고, 검토비용과 시간도 많이 소요되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 9개 사전환경성 검토요소에 대한 GIS 공간분석기능을 도입하였으며, 개별 요소들의 검토결과를 통한 종합적인 검토를 수행할 수 있도록 사전 환경성검토 GIS 의사결정시스템을 구축하였다. 본 연구에서 개발한 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템과 기 구축된 GIS 데이터 활용을 통해 환경성 검토에 객관성이 충족 및 시간·비용 절감이 가능하여 사업초기에 도로 노선선정 시 사전환경성 검토에 활용 가능할

것이다. 또한 본 연구에서 개발된 시스템을 통하여 수치적이고 시각적인 자료를 활용한 검토로 주민의 합의를 보다 용이하게 이끌어 낼 수 있고, 사업초기에 비용과 시간을 절감하면서 도로 건설에 따른 환경성을 검토할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템 구축

사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템은 사전환경성 검토 3분야의 8개 항목에 대해서 개별 분석기능을 구현한 후 종합검토를 위한 GIS 종합분석시스템을 개발하였다.

본 연구에서 개발된 GIS시스템은 지리정보와 속성정보의 공간분석이 가능하도록 구현하였으며, ArcGIS 환경상에서 구동되도록 개발하였다. 또한, 의사결정시스템화로 구축하기 위해 Python 언어를 활용하였다. 그림 1은 본 연구에서 개발한 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템의 부분모듈과 함수를 보여준다.

또한, Python언어로 구축된 소스를 사용자 인터페이스를 고려하여 도구모음형식으로 구축하여 전문가 및 비전문가들이 쉽게 사용할 수 있도록 시스템을 개발하였다. 표 1은 시스템 개발에 사용된 함수들의 기능을 정리한 것이다.

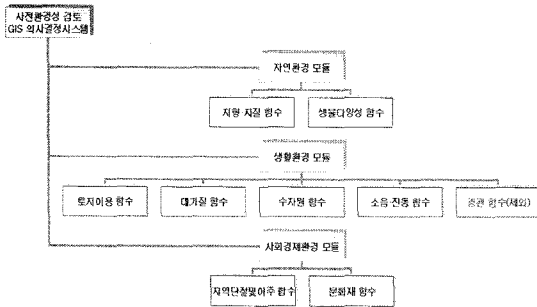


그림 1. 개발 시스템의 부분모듈과 함수 구성도

표 1. 시스템 개발에 사용된 함수들의 기능

모듈명	함수명	기능
자연환경	지형·지질	· 토공량(절성도량)의 균등성 비교 · 도로 연장 비교
	생물다양성	· 생태자연 보호지역 피해범위 비교
생활환경	토지이용	· 토지이용 훼손 면적 비교
	대기질	· 대기환경 피해범위 비교
사회경제환경	수자원	· 보호수원의 존재유무 및 피해범위 비교
	소음진동	· 소음진동 피해 범위 비교
	지역단절 및 이주 문화재	· 민원 발생 가능성 및 이주대상 가구 수 비교 · 주요유형문화재 0.5km 이내 범위 통과 여부

3. 적용예

3.1 모델지역

부산광역시 기장군을 대상지역으로 하였다. 본 모델 도로지역의 설계속도는 80km/hr, 폭원은 20.0m 4차로로 가정하였다. 그림 2는 본 연구에서 선정한 모델지역(기장-장안간국도 주변지역)을 보여준다.

본 모델지역으로 선정한 기장-장안간 국도는 부산지역의 동부산권 개발과 함께 이루어진 도로로 부산지방의 상징성을 가지고 있어 선정하게 되었다.

본 연구를 통해 개발한 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템은 비전문가 활용성을 높이기 위해 독립된 메뉴와 도구모음으로 구축하였으며, python언어를 통해 사용자가 보다 쉽게 기능구현을 할 수 있도록 자동화 처리하였다. 표 2는 사전환경성 검토 GIS 의사결정시스템 구축을 위해 사용된 하드웨어 및 소프트웨어의 구성사양을 나타낸다.

본 연구준비를 위해 사전 자료조사 및 업무분석과정에 많은 시간이 소요되었다. 특히, 사전환경성 검토 법안이 2000년도에 통과된 후 시행계획은 500억원이상의 대형국책사업을 대상으로 2005년도부터 시행하고 있어서 사전환경성 검토를 위한 관련문헌의 부족으로 기존에 수행해 왔던 환경영향평가자료를 중심으로 자료조사를 수행하였다. 또한, 사전환경성 검토를 위한 수치데이터를 확보하는데 있어서 환경부 관련자료 협조 시 많은 시간이 소요되었다. 그림 3은 본 연구수행의 작업흐름도를 보여준다.

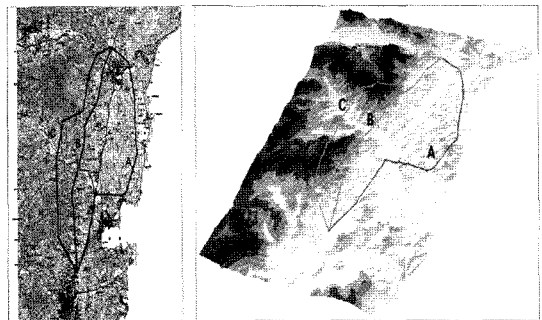


그림 2. 본 연구의 모델지역

표 2. 시스템 구축에 사용된 H/W 및 S/W

	하드웨어	소프트웨어
구성 사양	· Pentium IV 2.4GHz · 1GB RAM Memory · 60GB Hard Disk · Geforce 5200VGA Card	· ArcGIS 9.0 · AutoCAD Map 2004 · Python 2.2 · Excel 2004

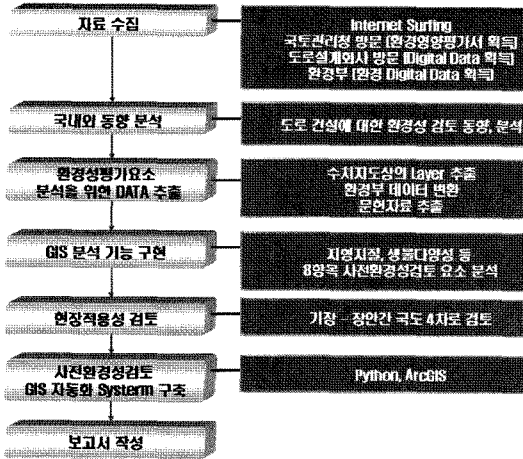


그림 3. 본 연구수행 작업흐름도

3.2 사전 환경성검토 항목별 조사검토방법 도출

본 연구에서는 도로사업에 대한 사전환경성 평가를 위한 GIS 기술도입에 초점을 맞추어 수행하였으며, 사전환경성 검토항목 중 GIS 공간분석을 통한 정량적인 결과를 산출할 수 있는 항목을 선정하였다. 표 3은 도로사업 시행 시 GIS 분석할 수 있는 항목을 선정한 것이다.

3.3 GIS 공간분석에 의한 사전환경성 검토

도로사업의 경우 크게 자연환경, 생활환경, 사회경제환경

표 3. 본 연구에서의 GIS 분석 세부 항목

항 목	검 토
자연 환경	지형·지질 · 토공량 및 도로 연장 비교 생물다양성 · 생태자연도 1등급 지역 피해 범위
생활 환경	토지이용 · 토지 용도별 및 우량농지 훼손 면적 · 공원 및 관광지 기타 환경보호지구 및 지역 훼손 여부
	대기질 · 이용 시 환경기준 유지 가능 여부 · 환경기준 피해 범위 산정
	수자원 (수문·수질 등) · 상수원보호구역 등 보호할 가치가 있는 수원의 존재 및 영향 여부 · 교량 설치로 인한 피해하천면적 비교
	소음·진동 · 이용 시 환경기준 유지 가능 여부 · 환경기준 피해 범위 산정
경관 · 제외(정성적 평가요소로 구성되어 있음)	
사회 경제 환경	지역단절 및 이주 · 환경민원 발생 가능성 여부 · 철거 또는 이주대상 가구수
	문화재 · 주요유형문화재(국가, 지방) 지장·보유 건수 · 주요유형문화재 0.5km 이내 범위 통과여부

경부분의 9개 항목에 대해서 사전환경성 검토를 수행하게 되며, 본 연구에서는 정량적 분석이 어려운 경관부분을 제외한 8개 항목에 대한 GIS 의사결정시스템을 개발하였다.

또한, 8개 항목 중 세부항목상의 GIS 공간분석을 수행할 수 있는 항목위주로 본 연구에서는 GIS 시스템을 구축하였다. 본 연구에서는 3개의 대안노선에 대해서 사전환경성 평가를 수행하였다.

3.3.1 GIS를 이용한 대안노선별 환경성검토

자연환경부분은 지형·지질, 생물다양성의 2개 항목으로 구성되어있다. 본 연구에서 고려한 지형·지질항목은 절·성토량의 균등량을 기준으로한 분석과 도로연장, 그리고 생태자연도 1, 2, 3등급 지역의 피해범위를 비교분석 하였다. 자연환경부분의 사전환경성평가를 수행하기 위해 1:25,000 수치지도와 생태자연도를 사용하였다. 그림 4는 자연환경부분에 사용된 원본 수치지도를 보여준다.

3개의 대안노선의 토공량에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 순성토 2,864m³인 A노선의 토공량이 절·성토량의 차이가 가장 적게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 5는 각 대안노선의 절·성토량,

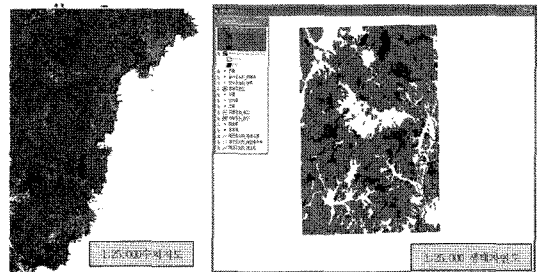


그림 4. 자연환경부분에 사용된 원본 수치지도

대안노선명	토공량(m ³)	토공량차이(A노선기준)(m ³)
A노선	2,863	0
B노선	51,883	-49,020
C노선	38,3096	-380,233

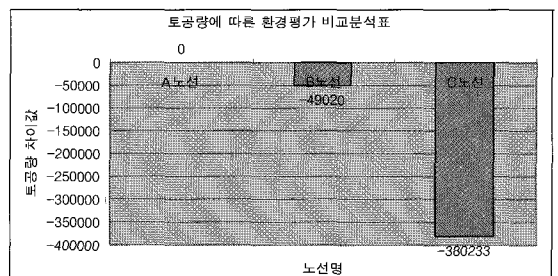


그림 5. 각 대안노선 토공량 비교분석표와 그래프

그 차이와 그래프를 나타낸 것이다.

또한, 3개 대안노선의 연장에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 7,989m인 B노선의 연장이 가장 짧아 영향이 가장 적은 것으로 산출되었다. 그림 6은 각 대안노선의 연장과 대안노선별 연장차이를 산출한 결과와 그래프를 나타낸 것이다.

생물다양성에서는 기존의 녹지자연도에서 현재는 보호생물까지 포함한 생태자연도를 활용하여 사전환경성평가를 수행하려고 하고 있다. 따라서, 본 연구에서도 이와 같은 국가차원의 변화를 참고하여 생태자연도를 활용한 1, 2, 3등급 지역에 대한 피해범위 분석을 통해 환경성 평가를 수행하였다.

3개의 대안노선의 생물다양성에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 20,464m²의 범위를 가진 B노선의 생물다양성부분에서 환경영향이 가장 작은 것으로 분석되었다. 그림 7은 각 대안노선의 생태자연도 1, 2, 3등급 영향범위와 영향범위 상대차이 그래프를 나타낸 것이다.

생활환경부분은 토지이용, 대기질, 수자원, 소음·진동, 경관의 5개 항목으로 구성되어 있지만, 본 연구에서는 정성적인 분석이 강한 경관항목을 제외한 4개 항목에 대해서 환경성평가 GIS분석을 수행하였다. 본 연구에서 고려한 토지이용항목은 토지 용도별 훼손 면적, 우량논지 훼손 면적, 공원 및 관광지 기타 환경보호지구 및 지역 훼손 여부를 고려한 용도별 토지이용면적결과로 사전환경성 검토를 수행하였다.

생활환경부분의 사전환경성평가를 수행하기 위해 1:25,000 수치지도와 중분류 수치토지피복지도를 사용하였다. 그림 8은 생활환경부분에 사용된 환경부에서 협조받은 원본 1:25,000 중분류 수치토지피복지도를 보여준다.

토지이용에 대한 환경평가의 경우 환경성만을 고려하

대안노선명	도로연장(m)	연장차이(A노선기준)(m)
A노선	9,761	0
B노선	7,989	1772
C노선	9,265	496

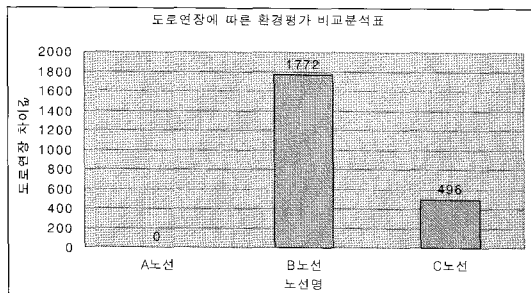


그림 6. 각 대안노선 연장 비교분석표와 그래프

대안노선명	피해범위(m ²)			전체피해범위 평균(m ²)	차이(m ²)
	1등급	2등급	3등급		
A노선	4,615	102,059	1,451	36,234	0
B노선	0	61,202	1,575	20,464	15,770
C노선	0	98,751	24,810	36,806	-572

등급	경중률
1등급	0.5
2등급	0.33
3등급	0.17
합계	1

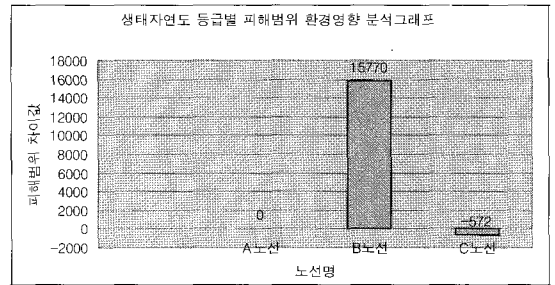


그림 7. 생태자연도 피해범위 비교분석표와 그래프



그림 8. 1:25,000 중분류 수치토지피복지도

였기 때문에 가장 우선이 되는 것이 녹지지역이다. 다음은 국유지역, 재배지역, 주거지역 순이다. 따라서, 본 연구에서는 이와같이 우선 환경성지역에 높은 경중률을 주어 평가를 수행하였다.

3개의 대안노선의 토지이용 훼손정도에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 61,289m²인 A노선의 토지이용 훼손정도 가장 작게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 9는 각 대안노선의 토지이용 훼손정도 분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

소음·진동항목의 경우에는 이용 시 환경기준 유지 가능 여부, 환경기준 피해범위산정 등을 고려하여 사전환경성 GIS분석을 수행하였다.

3개의 대안노선의 소음정도에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 소음영향 주거수가 15가구인 B노선의 소음 피해정도가 가장 작게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 10은 각 대안노선의 토지이용

대안 노선명	용도별 토지이용면적(m ²)				토지이용 훼손면적 (m ²)	면적차 (m ²)
	주거지역	국유지역	녹지지역	재배지역		
A노선	5,125	21,924	102,417	66,160	61,289	0
B노선	3,232	11,711	92,838	48,981	50,768	10,521
C노선	18,145	8,086	130,703	28,537	62,229	-940

토지이용	경중률
주거지역	0.10
국유지역	0.30
녹지지역	0.40
재배지역	0.20
합계	1.00

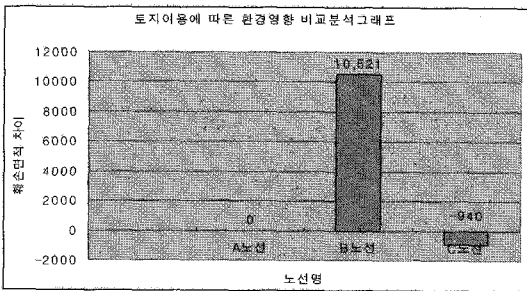


그림 9. 토지이용 훼손범위 비교분석표와 그래프

대안노선명	소음피해건물수	차이
A노선	43	0
B노선	15	28
C노선	44	-1

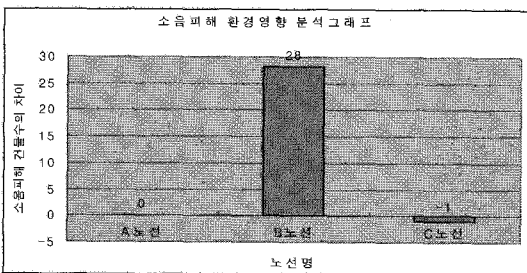


그림 10. 소음피해 건물수 비교분석표와 그래프

훼손정도 분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

또한, 3개의 대안노선의 진동피해에 대한 사전환경성 평가를 수행한 결과 진동영향 주거수가 95가구인 A노선의 소음피해정도가 가장 작게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 11은 각 대안노선의 토지 이용 훼손정도 분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

대안노선명	진동피해건물수	차이
A노선	95	0
B노선	96	-1
C노선	123	-28

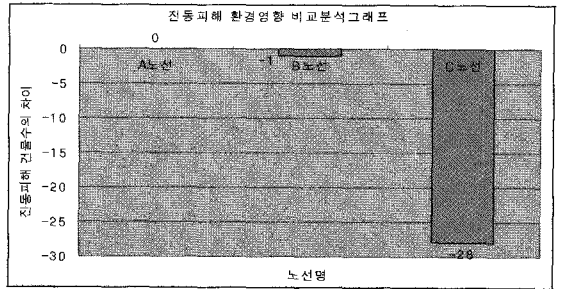


그림 11. 진동피해 건물수 비교분석표와 그래프

대기질항목은 이용 시 환경기준 유지 가능 여부, 환경 기준 피해범위 산정의 요소들에 대한 사전환경성 GIS분석을 통해 평가하였다. 대기질 피해로는 도로 준공 이후 도로이용 시 발생하는 NO₂, SO₂의 피해가 가장 큰 피해로 발생한다고 볼 수 있다.

3개의 대안노선의 대기질 피해범위에 대한 사전환경성 평가를 수행한 결과 대기질 피해영향 건물수가 6개인 B노선의 대기질 오염피해정도가 가장 작게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 12는 각 대안노선의 대기질 오염피해정도 분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

수자원항목은 상수원보호구역 등 보호할 가치가 있는 수원의 존재 및 영향 여부와 피해 하천 면적 비교요소를 나누어 사전환경성 GIS분석을 통해 평가하였다.

대안노선명	대기질피해건물수	차이
A노선	25	0
B노선	6	19
C노선	24	1

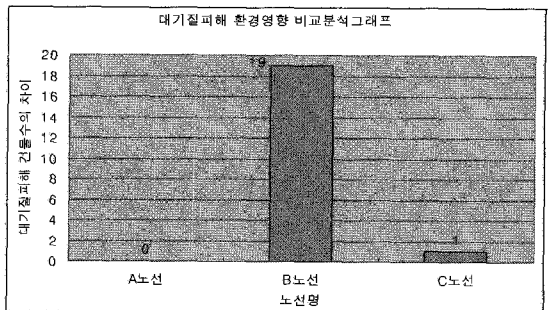


그림 12. 대기질 피해 건물수 비교표와 그래프

3개의 대안노선의 상수원보호구역 존재영향범위에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 상수원보호구역 영향 유역의 노선이 존재하지 않기에 등급 차이는 없다. 그림 13은 각 대안노선의 상수원보호구역존재영향정도 분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

또한, 3개의 대안노선의 피해하천면적에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 85.6m²인 C 노선의 면적이 가장 적어 영향이 가장 작은 것으로 산출되었다. 그림 14는 각 대안노선의 피해하천면적과 대안노선별 피해하천면적 차이를 산출한 결과와 그래프를 나타낸 것이다.

사회경제환경부분은 지역단절 및 이주, 문화재의 2개 항목으로 구성되어있으며, 이 두 항목에 대한 사전환경성평가 GIS분석을 수행하였다. 본 연구에서 고려한 지역단절 및 이주항목은 환경민원 발생 가능성 여부, 철거 포

는 이주대상 가구수에 대한 통합분석결과로 사전환경성 검토를 수행하였고, 문화재항목은 주요유형문화재(국가, 지방) 지정·보유 건물과 주요유형문화재 0.5km 이내 범위 통과여부에 유·무로 사전환경성 검토를 수행하였다.

사회/경제/환경부분의 사전환경성평가를 수행하기 위해 1:25,000 수치지도와 문화재 문헌자료를 사용하였다. 그림 15는 사회/경제/환경부분에 사용된 기장군청에서 협조 받은 통계연보에서 획득한 문화재 정보를 1:25,000 수치지도상에 중첩을 시켜놓은 것이다.

3개의 대안노선의 지역단절 및 이주에 대한 사전환경성평가를 수행한 결과 건물수가 5개인 B노선의 지역단절 및 이주에 의한 피해건물수가 가장 작게 산출되어 환경영향이 가장 적은 것으로 판단되었다. 그림 16은 각 대

대안노선명	상수원보호구역 영향 유·무	환산계수
A노선	무	0
B노선	부	0
C노선	무	0

상수원 보호구역 영향유무에 따른 환경영향 비교분석 그래프

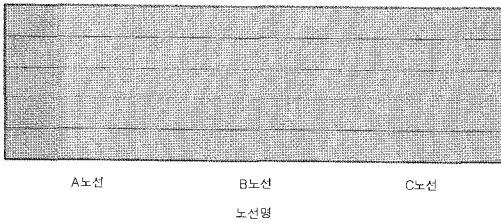


그림 13. 상수원보호구역영향 유무 비교표와 그래프

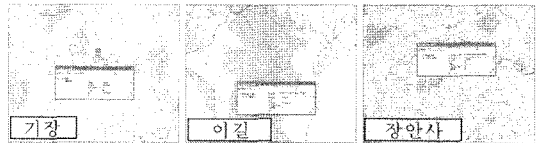
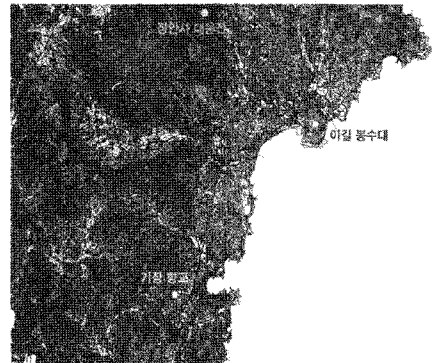


그림 15. 1:25,000 문화재 수치지도

대안노선명	피해하천면적(m ²)			피해하천면적차이 (A노선기준)(m ²)
	좌광천	일광천	합 계	
A노선	488.4	1082.5	1570.9	0
B노선	417.6	259.7	677.3	893.6
C노선	84.8	0.8	85.6	1485.3

대안노선명	지역단절및이주로 인한 피해건물수	차이
A노선	28	0
B노선	5	23
C노선	29	-1

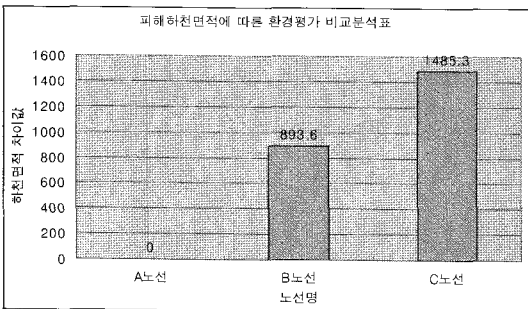


그림 14. 피해하천면적 비교분석표와 그래프

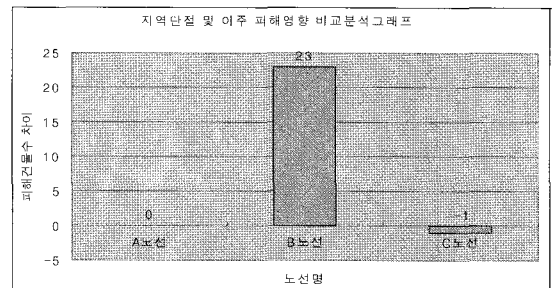


그림 16. 분석 건물피해 비교분석표와 그래프

안노선의 지역단절 및 이주에 따른 환경영향 비교분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

3개의 대안노선의 문화재 보호영향권 분석을 통한 사전환경성평가를 수행한 결과 문화재가 존재하지 않는 B, C노선이 문화재 영향범위에 포함되지 않아 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다. 그림 17은 각 대안노선의 문화재 존재 영향권에 따른 환경영향 비교분석표와 상대그래프를 나타낸 것이다.

대안노선명	문화재 유무	환산계수
A노선	무	0
B노선	무	0
C노선	유	1

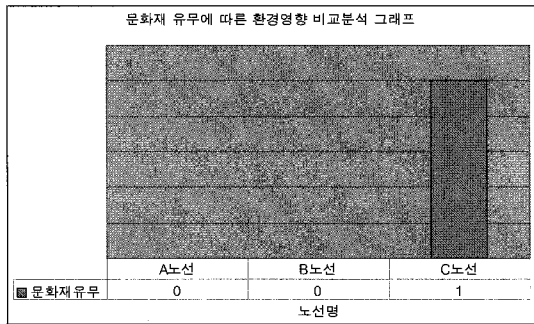


그림 17. 문화재 존재영향권 유·무 비교표와 그래프

3.3.2 환경성 요인별 분류 등급 산정 및 종합검토

현재, 환경성 요인별 분류 등급 산정을 위한 항목별 경중률에 대한 표준화된 기준이 없고, 많은 전문분야의 통합분석이 이루어져야 하기 때문에 소수의 전문가들만으로는 등급산정시 정확한 경중률을 결정할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 보다 합리적이고 효율적인 GIS 분석 시스템을 구축하기 위해 경중률값을 여러 전문가들이 각각 입력할 수 있도록 입력형태로 프로그래밍 처리하였다. 그림 18은 본 연구를 통하여 다수의 전문가들이 경중률을 입력할 수 있도록 구축한 GIS 분석시스템의 경중률

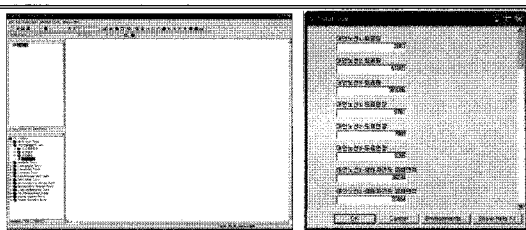


그림 18. 경중률 입력처리모듈

입력처리모듈을 보여준다.

본 연구에서 개발한 사전환경성평가 GIS분석시스템의 경중률 입력을 통한 등급산정의 활용가능성을 검토하기 위해 2002년도 건국대학교 환경친화적 도로노선 선정에 관한 연구논문에서 사용된 경중률값에 의한 등급산정을 수행하였다. 표 4는 사전환경성 검토를 위한 등급결정을 위해 사용된 각 요소별 경중률을 보여준다.

표 4. 등급결정을 위해 사용된 각 요소별 경중률(최준규, 2002)

경중률	자연환경		생활환경			사회경제환경	
	지형 및 지질	생물 다양성	토지 이용	대기질	수자원	소음 및 진동	지역단절 및 이주
0.22	0.38	0.05	0.09	0.16	0.09	0.01	가/부

고려된 경중률값을 활용하여 최종 사전환경성 검토를 위한 최종 등급을 대안노선별로 산출하였다. 그림 19는 사전환경성 검토항목별 GIS 분석결과와 표 4의 경중률을 고려한 최종 각 대안노선별 등급을 산출한 결과모습이다.

그림 19에서 알 수 있듯이 전체적인 사전환경성 검토 결과 B노선이 환경성부분에 대해서는 가장 최적노선으로 산출되었다.

항목	대안노선a	대안노선b	대안노선c
지형지질	8	8	4
생물다양성	11	14	11
토지이용	1	1	1
대기질	1	1	1
수자원	2	5	7
소음 및 진동	2	3	2
지역단절 및 이주	0	0	0
문화재영향유/무	무	무	무
문화재영향유/무	무	무	유
총점	29	36	29

*****최적노선 = 대안노선b*****

그림 19. 최종 노선별 등급 산출 결과

본 연구에서는 환경성 검토만을 수행하였기 때문에 안정성, 비용성, 시간성 등의 분석검토결과를 통합반영할 경우 동일한 다른 결과가 산출될 수도 있다. 하지만, 지금까지 수행해온 정량 및 정성적인 해석을 통한 환경성 검토부분을 GIS기술을 활용한 공간분석을 통해 그래픽 결과와 함께 DB해석을 통한 정확한 분석 및 시각적 효과를 향상시킬 수 있다. 또한, Python언어를 통하여 자동화된 GIS 분석시스템으로의 구축이 가능하여 보다 신속하고 효율적인 사전환경성 검토수행을 통해 최적의 의사결정 도출에 활용도가 클 것이다.

4. 결 론

지형공간정보 분석기술을 활용한 환경친화적 최적도로노선선정에 관한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 사전 환경성 검토 항목 중 정량적 분석이 가능한 사전환경성 검토 요소들(지형·지질, 생물다양성, 토지이용, 대기질, 수자원, 소음·진동, 경관, 지역단절 및 이주, 문화제)의 지형공간정보 분석기술을 활용한 부분분석검토 및 종합분석검토가 가능하여 사전환경성 검토에 지형공간정보 분석기술도입의 가능성을 확인할 수 있었다. 본 연구의 모델지역에 대한 건국대학교에서 사용한 경중률을 고려한 종합검토 결과 B노선이 최종 최적도로노선으로 선정되었다.

둘째, ArcGIS S/W와 Python 언어를 활용하여 비전문가들의 활용성을 극대화하기 위해 사전 환경성 검토 지형공간정보 분석시스템을 개발하였다. 또한, 개발된 의사결정시스템은 검토요소별 공간분석 및 개별요소들의 검토결과에 대한 종합적인 GIS 검토분석이 가능하여 전체적인 의사결정 시 과학적인 분석자료로 활용이 충분할 것으로 판단된다.

셋째, 본 연구를 통해 개발된 사전환경성 지형공간정보 의사결정시스템의 활용을 통해 객관성·정확성·시간성부분에 탁월한 효과를 얻을 수 있었다. 이를 통해, 시간 및 인력비용에 대한 절감효과와 주민합의에 대한 효율성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 현재, 고시된 사전 환경성 검토항목 중 분석이 가능한 일부 항목에 대해서만 지형공간정보 분석시스템으로 구축하였을 뿐만 아니라 각 항목에 주어지는

경중률에 대한 객관성을 높이는 것 또한 연구과제로 남아 있다. 따라서, 나머지 사전 환경성 검토항목도 지형공간정보 분석과 지속적인 연구개발을 통해 보다 완숙된 사전 환경성 평가 지형공간정보 의사결정시스템을 개발하여 전문가와 함께 비전문가들도 쉽게 활용할 수 있도록 지속적으로 연구해 나갈 것이다.

참고문헌

1. 환경부, 2000, "사전환경성검토 업무편람", 환경부.
2. 최준일 등, 1998, "환경친화적 도로건설요령", 건설교통부.
3. 박영민, 2001, "21세기 소음, 진동 환경정책방향 연구", 한국환경정책평가연구원.
4. 최상기, 송영일, 서성철, 2003, "수질분야 환경영향 예측내용과 사후환경조사결과와의 비교분석", 한국환경정책평가연구원.
5. 양광식, 2001, "GIS 기법을 활용한 환경친화적 도로시설 노선 선정", 국토연구원.
6. 김지영 등, 2002, "환경영향의 합리적 예측 평가를 위한 기법 연구", 한국환경정책평가연구원.
7. 이수재, 최준규 등, 2004, "도로 건설사업의 환경영향 예측과 사후모니터링의 비교·분석", 한국환경정책평가연구원.
8. 한국건설기술연구원, 2004, "친환경 요인을 고려한 SOC공사에 시공간적 3차원 통합영향평가 연구보고서", 건설교통부, pp. 111-112, 267.
9. 최준규, 2002, "환경친화적 도로노선 선정을 위한 정량적 평가기법 개발에 관한 연구", 박사학위 논문, 건국대학교, pp. 133-138.
10. 강인준, 2004, "측량지형정보공학(II)", pp.354-382
11. U.S. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/>.
12. EU ESS <http://www.ess.co.at/>.
13. 캐나다 환경부 <http://www.cmce.ca/>.