

GIS를 활용한 도로환경성지표 개발 및 적용연구

Development of GIS Road Environment Index and Its Application

조혜진*

Cho, Hye-Jin

Abstract

The effects of road projects on environment have been important issues since 2000. There are many institutional systems to measure those effects and to suggest alternative ways to minimize those effects. But these systems all focused on the way how to minimize the effects on each road project. So it is difficult to figure out what effects could be caused and to compare these effects between projects. In this study, the road environment index (*REIndex*) was developed using GIS maps. The index consists of four sub index and their three levels. In order to verify the index developed, I applied the index into six road projects. The results showed that the index was easy to understand the environmental effects and to complement evaluation. The index allowed analysts to compare the effects between projects. Using the existing GIS map in this index helped to save the cost and time. However, the index cannot be a substitute of the institutional systems such as Environmental Impact Assessment. The index can only be used to understand the effects of road projects briefly. Also there are many limits in this study due to the available data and GIS maps. The developed index is expected to contribute the understanding of the overall environmental effects of projects and improvement of them.

키 워 드 • 도로사업, 도로환경성, 평가지표, GIS

Keywords • Road Project, Road Environment, Evaluation Index, GIS

I. 서론

2000년대 전 세계는 기존의 경제적 효율성을 위주로 한 도로건설 패러다임에서 지속가능성을 중시하는 패러다임으로 전환하면서 도로건설 분야에서도 기존의 도로건설에서 탈피하여 환경영향을 최소화하는 도로건설을 중시하게 되었다. 이에 환경 친화적인 도로건설을 위한 다양한 방안에 대한 고려가 이루어지고 도로건설시에 발생할 수 있는 환경영향을 최소화하는 도로건설을 정착시키기 위한 제도적인 변화가 일어났다. 환경영향평가, 사전

환경성 검토, 전략환경평가 등의 환경성체계를 위한 제도가 도입되었고, 2004년 건설교통부와 환경부 공동의 [환경친화적인 도로건설지침]이 제정되어 각 도로사업의 단계별 환경성을 검토하고 환경영향을 최소화하도록 하고 있다.

환경친화적인 도로건설지침이나 전략환경평가나 환경영향평가 등과 같은 제도는 개별 도로사업이나 개별계획을 대상으로 분야별 환경성 평가항목을 검토하여 환경에 미치는 영향을 정의하고 그 영향을 최소화하는 대책을 수립하는 데 그 목적이 있다.

* 한국건설기술연구원 연구위원(주저자 : hjcho@kict.re.kr)

본 연구는 이런 절차적인 시스템이 커버하지 못하는 도로사업에 대해서 간략하게나마 환경영향 정도를 평가하여 알아보려는 필요성에서 시작되었다. 따라서 본 논문에서는 도로구간에 대해서 개략적으로 환경에 미치는 영향을 측정할 수 있는 간단한 지표를 개발하고자 한다.

기존의 심층적인 환경영향평가와는 달리 본 논문에서는 도로사업간의 환경영향정도를 정량적으로 측정하고 간략하게 비교할 수 있는 도로의 환경영향지표를 개발하고자 한다.

이와 같이 간략한 도로사업의 환경성 평가와 사업간 비교를 위해서 사용하기 쉽고 비용이 저렴하게 평가할 수 있는 방법으로 환경부에서 작성하여 유지 관리하는 GIS지도를 활용하는 방법을 제안하였다.

기존의 심층 평가의 결과가 도로사업별로 비교하기 어려운 점을 고려해서 본 연구에서는 평가항목별 정량적인 환경영향지표를 개발하고 이를 등급화 하여 다른 사업과 정량적인 비교가 가능하도록 하였다.

다음 장에서는 관련된 문헌을 검토한 후에 환경성의 분야 및 항목을 선정하였다. 그리고 각 평가항목별로 도로환경성 지표를 개발하였다. 마지막으로 최근에 시공 중인 도로건설사업을 대상으로 개발한 평가지표를 적용하여 그 효용성을 검증하였다.

II. 문헌 고찰

본 연구와 관련된 선행 연구를 살펴보기 위해서 검토하여 본 결과 그 연구는 크게 도로사업으로 인한 환경영향평가 분야 및 항목을 구체화하는 연구가 있었고, 최근 연구는 GIS를 활용한 친환경성평가 연구가 있었다. 이러한 선행 연구들에 대해 검토하여 본 연구의 방향 및 내용을 정립하였다.

최준규(2003)은 1999년부터 2000년까지 한국 환경정책평가연구원에서 협의 완료된 도로건설사업에 대한 환경영향평가서의 분석을 통해서 주요한 평가항목을 도출하고, 이에 항목별로 정량화하는 시스템을 개발하였다. 황영용(2005)은 GIS 자료를 이용하여 Fuzzy 집합의 논리를 이용하여 도로환경성 평가항목을 주요한 요소와 인자로 구성하고 이를 이용해서 도로의 노선분석을 실시하여 최적 환경친화노선을 선정하였다. 강호근(2008)은 도로계획단계에서 환경 친화적인 도로노선을 선정할 수 있도록 환경영향 최소화경로의 생성 및 대안 노선의 환경성 평가방법을 제안하였다.

위의 연구들을 살펴보면, 대부분 개별 도로사업에 대한 환경영향의 최소화를 위한 지표를 정의하고 이러한 지표를 최적화 또는 최소화시킬 수 있는 노선을 선정하는 것이 주된 내용이다.

강호근의 연구에서는 GIS를 활용하였고 환경성 정량화 기법에 AHP 기법을 적용하였다. 그러나 계산 과정이 매우 복잡하고, 각 항목별 주제도 생성 및 가중치 계산과 같이 많은 계산량이 요구되어 많은 노력과 비용이 필요하여 일반화하기에는 어려운 단점이 있다.

위의 연구들이 대부분 계획 중이거나 설계중인 도로를 대상으로 환경영향을 최소화하는 노선을 선정하는데 집중한 반면, 본 연구에서는 계획 또는 시공 중인 도로구간과 더불어서 기존의 공용 중인 도로에 적용할 수 있는 지표를 개발하고자 한다.

본 연구에서는 위의 연구에서 개별 주제도를 별도로 생성하는 것과는 달리 기존의 환경부 주제도를 활용하여 간단한 지표계산으로 환경영향을 쉽고 간단하게 지도화하고 각 지표를 총합해서 환경영향정도를 정량화하는 값을 계산할 수 있도록 하였다.

III. 환경성 평가 지표의 개발

1 기존 환경성 평가 항목의 검토

도로사업의 환경성평가 지표를 개발하기 위해서 기존의 도로 건설과정에서 환경성을 평가하는 현행 제도 안에서 사용되는 평가항목을 먼저 검토하였다. 대표적인 제도로는 환경영향평가, 사전환경성 검토, 그리고 환경친화적인 도로건설 지침이 있다.

환경영향평가는 당해 사업의 시행으로 인하여 환경에 미치는 해로운 영향을 미리 예측, 분석하여 환경영향을 줄일 수 있는 방안을 강구하는 제도이다. 사전환경성 검토제도는 각종 개발계획이나 개발사업을 수립·시행할 때 계획 초기단계에서 계획의 적정성 및 타당성, 주변 환경과의 조화 등 환경에 미치는 영향을 고려하여 환경 친화적인 개발을 도모하고자 도입된 제도이다. 환경친화적인 도로건설지침(2004)은 건설교통부와 환경부가 공동으로 도로건설시에 환경영향을 최소화하기 위해서 도로의 각 건설단계에 고려해야 하는 항목을 명시하고 구체적인 내용을 지정한 것이다.

사전환경성 검토, 환경영향평가, 환경친화적인 도로건설지침에서 환경성 검토분야 및 항목을 검토하여 보면, 세 가지 제도 모두 자연환경, 생활환경, 사회/경제환경의 분야로 나뉘어 있으며 그 평가항목의 대부분은 일치한다(표1 참조).

위의 주요 환경성 평가 항목 중에서 본 연구의 지표에 적용하는 평가항목을 선정할 때 도로의 환경성 평가 항목을 가장 잘 설명할 수 있는 GIS 자료의 유무 및 자료의 취득용이성이 중요한 선택기준이 되었다.

대기질과 소음·진동의 평가항목은 도로의 운영후에 교통량으로 인해 발생하는 것으로 예상 통행량이 중요한 변수이다. 그러나 대기

질, 소음, 진동, 토양, 토양오염 등에 영향을 미치는 예측 교통량과의 직접적인 관계규명이 어렵고 기존의 GIS수치지도를 활용해서 영향 정도를 표현하는 것에 한계가 있어서 본 연구에서는 배제하였다.

표1. 환경성 관련 주요 평가 분야 및 항목
Table 1 Environment Evaluation Fields and Items

분야	항목
자연환경 Natural	지형, 지질, 동·식물, 해양환경, 수리·수문 (Topography, Geology, Animal&plants, Sea Environment, Hydrology)
생활환경 Lifel	토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취, 전파장애, 위락 경관(Landuse, Air quality, Water quality, Soil, Waste, Noise, Vibration, Smell, Radio Interference, Landscape)
사회/ 경제 환경 (Society/Ec onomic)	인구, 주거·산업, 공공시설, 교육, 교통, 문화재 (Population, Housing, Industries, Public Facilities, Education, Transport, Heritages)

폐기물은 환경영향평가 관련 규정에서는 도로사업의 총 10개 주요 평가항목에는 포함되어 있으나 환경친화적인 도로노선 선정시 기본·실시설계 단계에서 도로노선 계획·설계시 고려하여야 할 검토사항에는 포함되어 있지 않고, 위탁처리 등으로 인하여 그 주변 환경에 직접적인 영향을 주지 않으므로 본 연구의 평가항목에서 제외하였다.

이러한 과정을 통해서 환경영향평가의 자연환경분야, 생활환경 분야, 사회/경제환경분야의 세 가지 분야의 23개 항목을 토대로 사전환경성 검토, 환경친화적인 도로건설지침의 주요 항목을 최종적으로 비교·검토한 결과 최종적으로 자연환경 분야의 지형·지질, 동식물, 수리·수문, 생활환경분야의 토지이용, 수질, 위락·경관 등을 본 연구에서 개발하는 지표의 도로환경성 평가항목으로 선정하였다.

2. 환경성평가의 GIS 주제도 선정

본 연구에서는 기존의 환경부 GIS 주제도를 활용하여 간단하고 이해하기 쉬운 분석결과를 제시하는 것이 목적이기 때문에 환경부의 환경관리 시스템의 자료를 활용해서 GIS분석이 가능한 GIS 주제도를 검토하여 평가항목별로 본 연구에 적용이 가능한 주제도를 선정하였다.

표 2. 평가항목 및 해당 GIS 주제도
Table 2. Evaluation Fields and GIS Theme Map

GIS 주제도 Theme Map	평가항목 Items
생태자연도-별도관리 구역 (Ecological Zoning Map)	동·식물, 수질, 위락경관, 문화재 (Animal·Plants, Water quality, Landscape, Heritage)
녹지자연도 (Degree of Green Naturality)	동·식물 (Animal & Plants),
토지피복도 (Land Cover Map)	토지이용 (Land Use)
지형경관분포도 (Topog- raphy and Landscape Map)	지형·지질 (Topology, Geology)
하계도&호소도 (River and Lake Map)	수리·수문 (Hydroplgy)

동·식물, 수질, 위락·경관, 문화재 지표의 평가를 위해서는 생태자연도를 평가자료로 활용할 수 있다. 생태자연도는 산·하천·습지·호소·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화한 지도이다. 생태자연도의 경우 야생 동·식물 보호구역, 철새도래지, 녹지자연도, 습지, 상수원 보호구역, 수변구역, 문화재, 자연공원, 천연기념물, 국립공원, 도립공원 등에 관한 정보를 모두 포함하고 있다(환경부, 2006). 이러한 정보들이 중복되기 때문에 분야별로 나누어 분석하는 것이 적절하다고 판단되어 본 연구에서는 생태자연도의 별도관리지역 주제도로 선정하였다. 본 연구에서는 환경부 자료에서 이용가능한 경관보전지역, 도립·국립공원, 동·식물

보호구역, 습지보호지역의 네 가지 별도관리지역을 평가에 적용하였다(환경부, 2006).

동·식물의 항목을 평가하는 GIS 주제도는 녹지자연도를 선정하였다. 녹지자연도는 식물 군락의 자연성정도를 등급화한 지도로 환경영향평가를 수행할 때 식물상을 평가하는 지표로 사용되며 8등급이상의 지역은 녹지보전을 위한 잠정기준에 의거 개발을 배제토록 하고 있다. 본 연구에서는 식물군락의 자연성 정도에 근거해서 동물이 서식한다고 가정하고 동식물 항목의 평가주제도로 녹지자연도를 사용하였다. 본 연구에서는 생태자연도의 별도관리지역 주제도를 사용하여 녹지자연도와의 중복성을 배제하였다.

지형·지질항목의 평가는 국립환경과학원에서 실시하는 전국자연환경조사 결과를 바탕으로 하는 것이 바람직하나 그 결과가 보고서 형식으로 GIS를 주제도를 적용할 수가 없었다. 본 연구에서 분석할 대상 도료를 중심으로 환경부에 문의하고 가능한 수집방법을 찾아보았으나 실제로 구축되어 사용가능한 자료는 없었다. 이와 같은 자료 취득의 한계로 본 연구에서 개발하는 지표에는 적용하지 못하였다.

도로를 건설할 때 도로 노선으로 인한 생활권 단절 및 분리로 인한 주민들의 생활불편을 고려하고자 토지이용이란 평가항목을 평가지표에 반영하고 GIS 주제도는 토지피복도를 사용하였다. 토지피복지도는 현재 지표면 위에 나타나는 피복이나 물체의 유형, 즉 지표면 자체, 식생, 인공물 등을 연속된 폴리곤의 형태로 지도화하여 표현한 공간정보DB이다.

수리·수문항목을 평가하는 주제도로는 하계와 호소를 표현한 하계도와 호소도를 사용하였다. 도로가 하천을 횡단하거나 하천 또는 호소에 인접하여 건설되는 경우에 자연하천의 유로를 차단하거나 하천면적을 감소시키게 되고 도로가 하천이나

호소 등과 인접할 때에는 수질오염을 일으킬 수 있으므로 환경영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다(표 2참조).

3. 도로환경성 평가 지표의 개발

본 절에서는 해당 도로사업의 노선이 도로환경성 평가의 각 항목별로 미치는 영향을 측정하는 지표를 정의하고자 한다.

도로환경성 평가 지표(Road Environment Index: $REIndex$)는 아래 식(1)과 같이 해당 도로사업의 노선이 동식물, 수질, 토지이용, 수질에 미치는 영향을 정량적으로 표현한 지표로서 전체 노선 중 해당 평가항목을 침해하는 정도를 그 도로의 연장비율로 정의하였다.

본 평가지표에서 연장비율로 정의한 이유는 GIS의 수치지도상의 도로노선관련 데이터형태의 한계 때문이다. 현재 국가교통DB나 국토교통부의 도로대장(HMS) 수치지도에서 도로는 도로중심선의 폴리라인 데이터이고 도로의 면적을 유추할 수 있는 차선수는 속성데이터로만 저장되어 있다. 따라서 도로의 분석시 폴리라인에 대한 분석만 가능하기 때문에 도로로 인한 영향정도를 면적이나 위치 등을 고려하지 못하고 거리 비율로 제시하였다.

도로환경성 평가지표($REIndex$)는 본 연구에서 그 평가항목별로, 평가대상 주제도와 관련하여 하부 지표로 구성하였다. 각 지표별로 그 영향정도를 정량화하기 위해서 영향등급($C_{REL,n}$)을 설정하였다.

$$REIndex_n = f(a, e, g, h, l, n, r) \quad \text{식(1)}$$

$REIndex_n$: n항목에 대한 도로환경성 평가지표

$f(e, w, l, h, l, t)$: 동식물, 수질, 위락, 경관, 문화재, 토지이용, 지형지질의 영향함수

$C_{REL,n}$: n항목에 대한 도로환경성지표의 등급

도로환경성 평가지표 중 도로생태환경지표(Road Environment Index for Ecological and Natural Impact: $REIndex_{e,n}$)는 생태자연도의 별도관리지역 주제도에서 총 해당 도로사업구간의 연장 중 생태자연도의 별도관리구역에 포함되는 도로노선의 연장비율로 정의하였다(식 2 참조). 별도관리구역에 포함된 구간이 차지하는 거리비율을 바탕으로 세 가지 등급($C_{REL,e}$)을 정의하였다.

$$REIndex_{en} = \frac{l_n \text{ of eco.nat map}}{l_n \text{ of route}} \times 100 \quad \text{식(2)}$$

$REIndex_{en}$: 도로사업노선의 생태환경지표

$l_n \text{ of route}$: 총 노선 연장

$l_n \text{ of econat map}$: 생태자연도에 포함된 노선연장

$$C_{REL,e} = \begin{cases} 1, & REIndex_{ec} = 0 \\ 2, & 0 < REIndex_{ec} \leq 20 \\ 3, & REIndex_{ec} > 20 \end{cases}$$

생태환경지표의 등급을 설정할 때 「친환경건축물인증제도의 세부시행지침」과 「생태자연도안내문」을 참고하여 친환경 건축물의 인증기준에서 점수를 부여하는 방법론을 차용하였다. 생태학적인 가치가 낮은 건물의 대지면적 비율이 전체 대지면적의 20% 이하일 때 환경적인 건물로 인증하는 것을 차용하여 등급구분의 기준으로 삼았다.

도로로 인한 동식물의 영향을 평가하는 도로환경성 평가지표는 도로녹지환경지표(Road Environment Index for Green Natural Impact: $REIndex_{g,n}$)라고 명하고 녹지자연도 주제도에서 총 해당 도로사업구간의 연장 중 녹지자연도의 8등급 이상인 구역에 포함된 구간의 연장비율로 정의하였다.

$$REIndex_{gn} = \frac{l_n \text{ of green.nat map}}{l_n \text{ of route}} \times 100 \quad \text{식(3)}$$

$REIndex_{gn}$: 도로사업노선의 녹지환경지표
 l_n of route : 총 노선 연장
 l_n of green nat map : 녹지자연도 8등급이상 포함 노선연장

$$C_{RE_{gn}} = \begin{cases} 1, & REIndex_{gn} = 0 \\ 2, & 0 < REIndex_{ec} \leq 50 \\ 3, & REIndex_{ec} > 50 \end{cases}$$

지표기준을 녹지자연도 8등급 이상인 구역으로 선정한 근거는 환경영향평가서 작성규정에 따르면 임상이 양호한 지역을 녹지자연도 등급 8로 분류하고 중점적으로 분석/평가하고 보전대책을 수립하여 적용할 것을 명시하고 있고 건설교통부(2003) 「토지적성평가지침」에서도 녹지자연도 8등급이상의 비율을 제시하고 있다. 이에 근거해서 녹지자연도 8등급 이상을 그 대상으로 제한하였다.

도로사업노선의 녹지환경지표의 등급설정에 대한 근거자료는 기존 연구문헌에서 찾지를 못했다. 따라서, 본 연구에서는 노선연장비로 세 등급으로 설정하였다. 추후 데이터에 근거해서 좀 더 구체적인 등급설정기준의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

도로노선이 토지이용에 미치는 영향을 평가하는 도로환경성 평가지표는 도로 토지이용변화지표(Road Environment Index for Landuse Change Impact: $REIndex_{lu}$)라고 명하고 토지피복분류도에서 도로사업의 노선연장중 주거지나 농경지를 지나가는 구간의 연장비로 정의하였다.

여기서 주거지와 농경지에 해당되는 구간은 토지피복분류도의 대분류 시가와 건조지역(110)과 농업지역(200)중에서 중분류 23개의 항목 중 시가와 건조지역의 주거지역(110), 농업지역의 논(210), 밭(220), 하우스배지(230), 과수원(240), 기타배지(250)를 적용하였다. 도로 토지이용변화지표의 경우 해당 노선의 연장비율에 따라서 세 가지 등급을 정의하였다.

$$REIndex_{lu} = \frac{l_n \text{ of housing-agriculture}}{l_n \text{ of route}} \times 100 \quad \text{식(4)}$$

$REIndex_{lu}$: 도로사업노선의 토지이용변화지표
 l_n of route : 총 노선 연장
 l_n of housing-agriculture: 주거지나 농경지를 지나는 노선 연장

$$C_{RE_{lu}} = \begin{cases} 1, & REIndex_{lu} = 0 \\ 2, & 0 < REIndex_{lu} \leq 50 \\ 3, & REIndex_{lu} > 50 \end{cases}$$

도로수질오염지표(Road Environment Index for Water Quality Impact: $REIndex_{wq}$)는 해당 도로사업의 노선이 수질오염에 미치는 영향을 나타내는 지표이다. 주로 도로노선에서 미세먼지 및 타이어노후화 등으로 발생하는 오염물질이 주변의 하천이나 호소로 유입되면서 도로로 인한 수질오염이 발생하게 된다. 본 연구에서는 일정 범위 안에 하천이나 호수와 도로노선까지의 거리로 정의하였다.

$$REIndex_{wq} = f(r, l) \quad \text{식(5)}$$

$REIndex_{wq}$: 도로사업노선의 수질오염지표
 $f(r, l)$: 노선주변 500m 이내 하천, 호소까지 거리
 r, l : 하천, 호수

$$C_{REIndex_{wq}} = \begin{cases} 1, & REIndex_{wq} > 500m \\ 2, & 50m < REIndex_{wq} \leq 500m \\ 3, & REIndex_{wq} \leq 50m \end{cases}$$

해당 도로사업구간으로부터 500m 이상, 500m 이하에서 50m이상까지는 2등급, 그리고 50m 이하에 하계 또는 호소가 있을 경우 3등급으로 설정하였다. 1등급의 이격 거리 500m는 하천의 연안 구역의 범위에 근거규정에 근거하고, 1, 2등급을 결정하는 기준값 50m는 도로공사의 도로비점 시료 채취의 범위 값에 근거하였다. (한국도로공사, 2001).

IV. 개발지표의 적용 및 분석

위에서 개발한 지표를 실제 도로사업에 적용하여 지표의 적정성을 검토하고 도로사업의 환경성 평가결과를 살펴보고자 시범 사업구간을 선정하여 개발 지표를 적용하고 그 결과를 비교분석하였다.

1. 적용대상 도로 및 분석방법

도로환경성 지표의 적정성 검토를 위해서 시공중인 전국의 도로사업중에서 도로환경성 평가항목 등을 고려하여 대상구간의 노선정보를 수집하였다. 대상도로사업구간에 대한 설계도서 및 환경영향평가서 등 관련 보고서 등을 참고하여 상대적으로 환경친화적인 도로건설이 되는 구간이라 판단되는 여섯 구간을 분석대상으로 선정하였다. 대상 도로사업구간의 특성을 정리하면 표 3과 같다.

표 3. 분석대상 도로사업구간 특성

Table 3. Road Projects Characteristics

도로사업구간 Road Projects	연장 (km) Length	위치 Location
청양-우성 Chungyang-Woosung	12.2	충남 청양군 Chungbuk Chungyang
영동-추풍령 Youngdong-Chupunryng	9.18	충북 영동군 ChungbukYoungdong
영월-방림 Youngwol-Banglim	11	강원 영월군 KangwonYoungwal
소천-도계 Sochun-Dokae	10.19	경북 봉화군 Kyoungbok Bonhwa
정읍-원덕 Jungeup-Wonduk	10.5	전남 장성군 Junam Jangsung
인화-강화 Induk-Kanghwa	12.7	인천시 강화군 Incheon Kanghwa

본 논문에서 개발한 지표를 적용하기 위해 해당 도로사업구간의 설계도를 스캔하고 새로운 도로shape 파일을 만들어 도로노선수치지도를 작성하였다.

위에서 개발한 도로사업의 환경성 지표의 각각에 대해서 본 연구의 분석을 위해서 다음과 같은 GIS 자료를 처리하고 분석하였다.

생태환경지표의 경우 생태자연도의 별도관리지역 데이터를 가지고 네 가지의 속성, 즉, 경관보전지역, 도립·국립공원, 동·식물보호구역, 습지보호지역을 각각의 레이어로 놓고 해당 도로사업노선 수치지도와 중첩시켜 별도관리지역에 해당하는 도로구간의 길이를 측정하였다.

도로녹지환경지표의 경우 녹지자연도녹지자연도 8등급 이상인 구역에 포함된 도로구간의 길이를 측정하였다. 토지이용변화지표의 경우 토지피복도와 도로사업 노선의 수치지도와 중첩시키고 주거지역이나 농업지역에 해당하는 구간의 길이를 측정하였다. 도로수질오염지표의 경우 하계도와 호소도에서 50m와 500m의 버퍼링을 한 후에 해당 도로사업노선의 수치지도와 중첩시켜 도로에서 하천이나 호소까지의 거리를 측정하였다.

각각의 지표에 대해서 위에서 설명한 방법대로 지표의 값을 구한 후 앞장에서 설명한 각 지표의 등급설정근거에 근거해서 등급을 선정하였다.

2. 분석 결과 및 비교분석

위의 방법론을 가지고 도로사업의 노선별로 각각 지표에 대한 GIS 분석지도, 지표의 값, 그리고 등급을 가지고 각각 도로사업의 환경영향정도를 평가하였다.

먼저, 도로생태환경지표(*REIndex_{en}*)를 살펴보면, 대상사업구간 중 대부분의 노선이 경관보전지

역, 도립·국립공원, 동·식물보호구역, 습지보호지역을 지나지 않아 지표값이 모두 0, 1등급으로 도로 생태환경 측면에서 환경영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

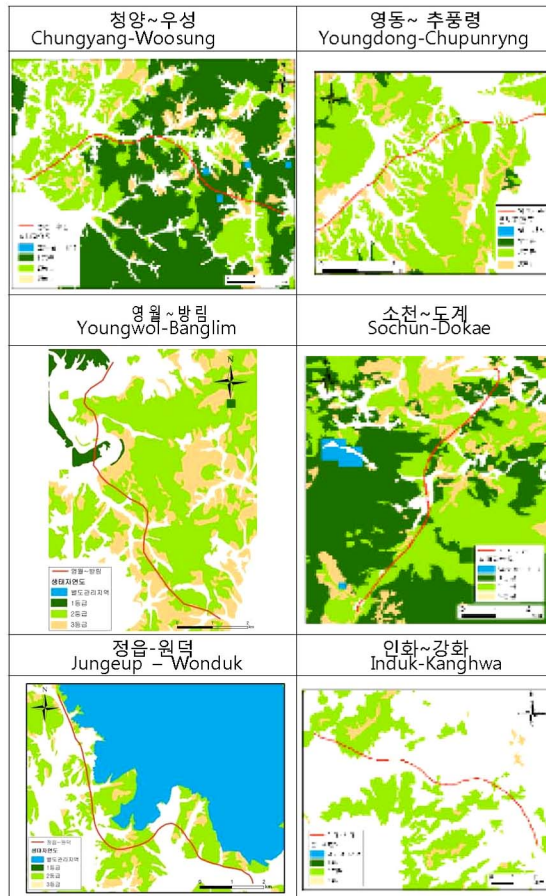


그림 1. 도로생태환경지표 적용결과
Fig 1. REIndex-en Application Results

도로녹지환경지표($REIndex_{gr}$)를 살펴보면 대상 노선 중에서 8등급이상의 녹지자연도 지역을 통과하는 노선은 영월~방림, 인화~강화 두 개의 노선이다. 나머지 노선은 녹지환경지표의 값이 0으로 1등급에 속한다. 두 개의 노선의 경우 지표값이 각각 3%, 1.3%로 2등급에 속하나, 그 영향은 상

대적으로 낮은 편으로 동식물상에 미치는 영향은 상대적으로 미미하다.

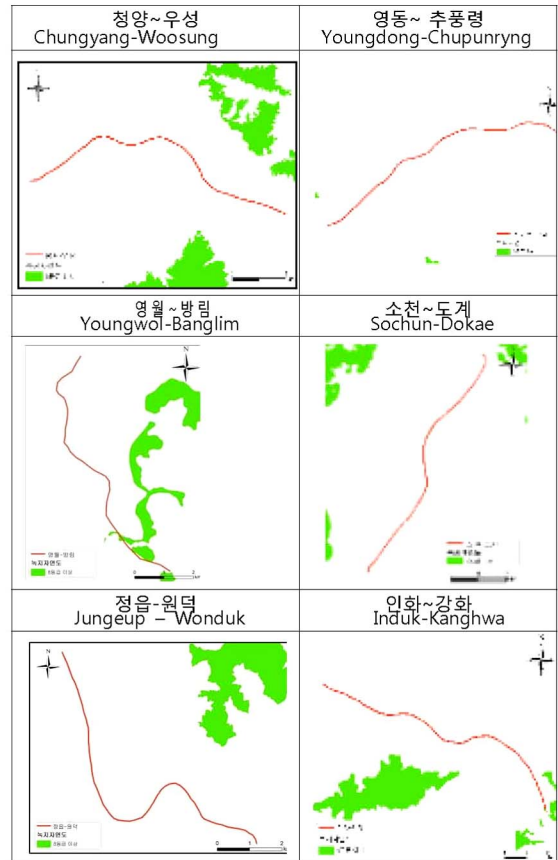


그림 2. 도로녹지환경지표 적용결과
Fig 2. REIndex-gr Application Results

도로토지이용변화지표($REIndex_{lu}$)의 결과를 살펴보면, 도로사업이 토지이용, 즉 주거지와 농경지를 지나는 비율은 대상사업마다 다양한 분포를 보였다. 영월~방림노선의 경우 7.7%로 상대적으로 주거지나 농경지의 침해가 적은 노선이나, 영동~추풍령, 인화~강화, 별교~주암 구간은 50% 이상으로 기존의 시가지 또는 농경지를 관통하는 노선임을 알 수 있다. 따라서 다른 지표와는 달리 1등급 구간은 없고 2,3등급 구간이 다양하게 나타났다.

영동~추풍령, 인화~강화, 벌교~주암 구간은 지표 값이 50%이상으로 3등급에 해당하는 것으로 나타났다.

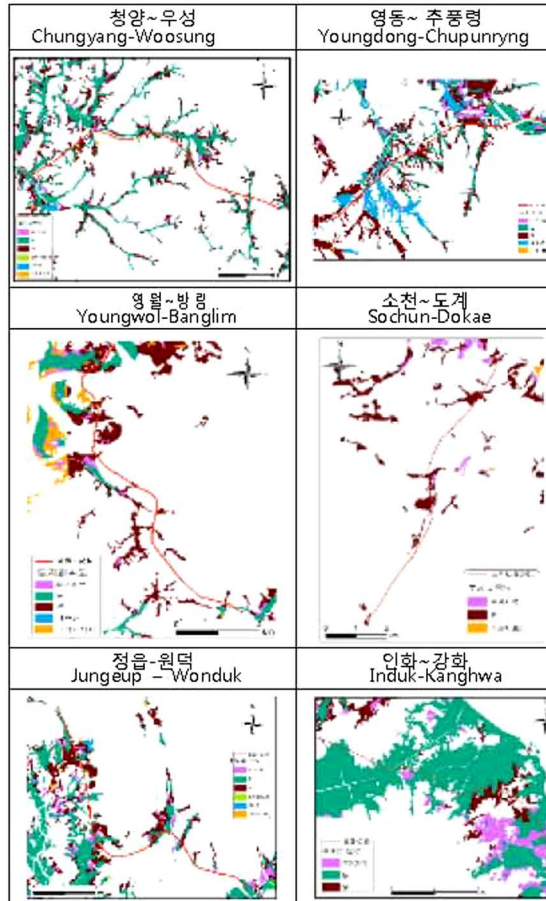


그림 3. 토지이용변화지표 적용결과
Fig 3. REIndex-lu Application Results

도로수질오염지표($REIndex_{wq}$)의 경우 도로노선주변에 하천 또는 호소가 있어서 도로노면유출수로 인한 비점오염가능성을 살펴보는 지표이다. 본 대상사업지의 경우는 대부분의 도로사업이 하천을 통과하지만 정읍~원덕 구간은 하천과 50m 미만으로 이격하는 것으로 나타났다. 다만, 인화~강화 구간의 경우 500m이상 이격하여 인화~강화 구간만이 1등급으로 나타나며, 하천 호소에 미치

는 영향이 없는 것으로 나타났다.

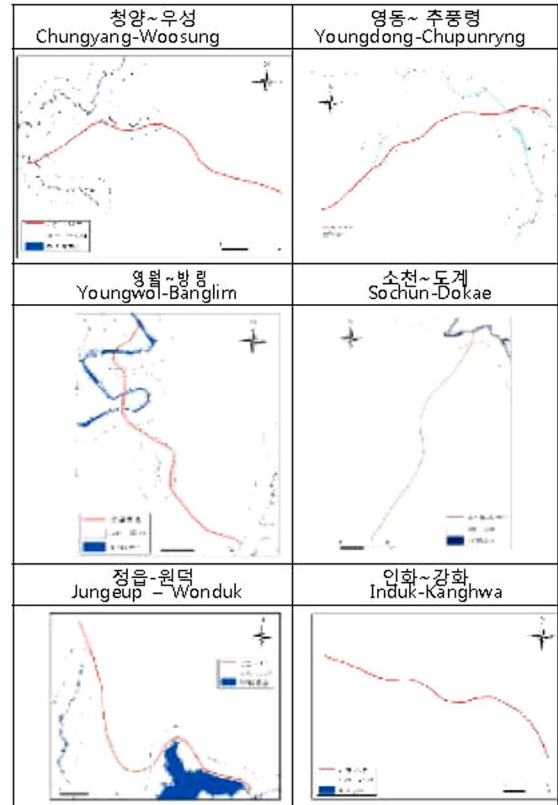


그림 4. 도로수질오염지표 적용결과
Fig 4. REIndex-wq Application Results

영월~방림 노선의 경우 생태환경에 미치는 영향은 적으나 8등급의 녹지를 조금 인접해 지나며 하천을 관통하는 것으로 나타났다. 소천~도계의 경우 생태환경이나 동식물에 미치는 영향은 적으나 토지이용에 미치는 영향이 크고 하천이 관통하는 것으로 나타났다. 정읍~원덕의 경우 마찬가지로 생태환경, 동식물에 미치는 영향은 적으나 거주지나 농업지를 지나는 노선이 약 30% 이상인 것으로 나타났고 하천에서 약간 이격되어 있는 것으로 나타났다.

마지막으로 인화~강화의 경우는 생태환경에 미치는 영향은 없으나, 8등급지를 약 1.3% 지나는

것으로 나타났고 거주지나 농업지를 지나는 비율이 65%를 넘어 토지이용변화에 미치는 영향이 컸다. 다만, 하천이나 호소로부터 500m이상 이격하여 유일하게 수질에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다. 위의 결과와 환경성 지표의 값, 등급을 정리하면 표 4와 같다.

표 4. 지표 적용결과
Table 4. Index Application Results

지표 index 도로road	생태환경		녹지		토지변화		수질오염	
	REIndex _{en}		REIndex _{gn}		REIndex _{lu}		REIndex _{mq}	
청양~우성 Chungyang -Woosung	0	1	0	1	22.0	2	통과 Through	3
영동~추풍령 Youngdong -Chupunryng	0	1	0	1	53.2	3	통과 Through	3
영월~방림 Yongwol- Banglim	0	1	3	2	7.7	2	통과 Through	3
소천~도계 Sochun-Do kae	0	1	0	1	15.5	2	통과 Through	3
정읍~원덕 Jungeup - Wonduk	0	1	0	1	31.0	2	~50m	3
인화~강화 Induk-Kang hwa	0	1	1.3	2	65.5	3	500m~	1

V. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 환경영향평가와 같은 시스템을 통해 도로사업으로 인한 환경영향을 평가가 되지 않은 도로사업에 대해서 간략하게 환경영향정도를 평가하는 도로환경영향평가지표를 개발하였다. 개발한 지표는 도로환경영향별로 하위평가지표로 구성되어 있다. 개발한 지표의 적정성을 검토하기

위해서 실제 시공 중인 도로사업노선을 대상으로 지표를 적용하고 결과를 검토하여 그 평가방법을 검증하였다.

본 연구에서 제안한 도로환경지표의 장점은 개발 사업별로 GIS를 활용해서 사업대상노선으로 인한 주요한 환경분야별 환경영향정도를 지도화를 통해 시각적으로 확인할 수 있어 쉽게 이해할 수 있다는 점이다. 둘째, 주요한 환경성 평가 항목에 대해서 정량적으로 측정된 값을 통해서 그 영향정도를 간략하게 이해할 수 있고 그 값에 근거한 등급을 통해서 상대적인 영향정도를 도로사업 노선간에 비교할 수 있다는 점이다.

지금까지의 환경영향평가관련 제도에서 제시된 결과들은 개별 대상사업별로 전문분야별로 살펴보기 때문에 사업의 전반적인 환경영향정도를 파악할 수 없다는 점과 차별된다.

셋째, 사업별로 도로사업의 개략적인 환경영향정도를 일목연하게 평가할 수 있고 비교할 수 있다는 장점이 있다. 세부 분야별로 나누어서 사업간 평가가 가능하고 이를 등급 간의 비교를 통해서도 직관적인 이해가 가능하다.

넷째, 본 연구의 환경성평가 지표의 경우, 기존의 구축되어 있는 환경부 데이터베이스를 활용하여 간단하지만 개략적으로 쉽게 평가할 수 있어 비용적인 측면에서 저렴하고 환경부 데이터의 사용으로 인해서 그 자료의 신뢰성이 높다는 장점이 있다.

그러나 본 연구에서 제시한 환경성 지표는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 본 논문에서 개발한 환경영향평가 지표는 개략적인 수준에서 진행하는 정량적인 평가로 “환경영향평가”와 같이 심층적이고 전문적인 평가를 대체할 수 없다. 따라서 환경영향평가나 사전환경성평가와 같은 기존의 상세하고 정밀한 분석이 요구되는 평가가 수행되지 않은 도로사업의 경우 활용하는 것을 제안한

다.

둘째, 연구를 수행하면서 기존의 환경부 데이터베이스를 활용하기 때문에 자료의 누락이나 자료간의 제작시점의 차이 등이 있어 자료를 보정하는데 시간과 노력이 필요하다.

셋째, GIS의 자료의 특성상 오차가 발생할 수 있는데, 고속도로 등과는 달리 대부분의 도로사업의 경우 단위사업단위의 연장이 상대적으로 짧기 때문에 각 항목별 수치지도간의 오차로 인해서 오류가 발생할 수 있는 가능성이 있다.

넷째, 본 연구의 환경영향지표를 개발할 때 논문에서 제시된 지표 외에도 경관, 문화재, 토지이용, 지역단절, 등 다양한 지표의 개발을 고려하였다. 하지만, 실제 사용할 수 있는 기구축된 GIS 자료의 한계 때문에 논문작성 중에 일부 중요한 지표들을 개발지표의 하부지표로 포함시키지 못하였다. 환경영향평가가 지속적으로 수행되면서 관련 데이터가 지속적으로 수집되고 신뢰성 있는 데이터베이스를 통해 추후 좀 더 구체적인 지표개발이 되어야 할 것이다.

다섯째, 본 지표의 등급을 설정할 때, 등급설정기준의 근거자료를 최대한 객관적인 문헌에 근거하여 찾으려고 하였으나, 도로토지이용지표와 도로수질지표의 경우는 노선의 절반 포함을 기준으로 등급을 설정하였다. 추후 데이터에 근거해서 좀 더 구체적인 등급설정기준의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

여섯째, 도로의 노선이 해당 지역을 지나는 위치나 면적에 따라서 그 영향이 다를 수 있는데, 본 연구의 지표는 대부분이 해당 환경영향 관련한 노선의 연장비로 정의하였다. GIS 도로노선데이터가 폴리라인 데이터라서 면적데이터가 없었기 때문이다. 따라서 추후 연구에서는 폴리곤 데이터를 활용해서 좀 더 상세한 분석을 하는 것이 필요할 것이다. 마지막으로 도로신설로 인한 지역단절문제

에 대한 심층적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 위와 같은 장단점과 한계를 가지고 있다. 그러나 GIS를 활용해서 도로사업으로 인한 환경영향을 쉽게 이해할 수 있도록 지도화하고, 그 영향정도를 정량화해서 비교할 수 있는 지표를 만들었다는 것은 새로운 시도로서 앞으로 연구 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 제도적인 평가를 떠나서 환경에 대한 영향에 대한 관심이 고조되고 있는 시점에서 환경에 대한 영향을 표현하여 설계자나 시공자, 이용자가 이를 쉽게 이해할 수 있는 평가방법을 개발하였다는 것이 앞으로의 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

References

1. 강호근, 2008. "GIS기반 도로노선의 친환경성 평가, 아주대학교 박사학위 논문.
Kang, H., 2008, "GIS based Environmentally Friendly Route Selection for Road Construction" Ph.D thesis, Aju University
2. 건설교통부, 2003. 「토지적성평가지침」, 경기.
Ministry of Construction & Transport, 2003, *Land Suitability Assessment Manual*, Gyeonggi.
3. 건설교통부, 2005. 「친환경건축물인증제도의 세부 시행지침」, 경기.
Ministry of Construction & Transport, 2005, *Green Building Certification Manual*, Gyeonggi.
4. 건설교통부, 2004. 「환경친화적인 도로건설지침」, 경기.
Ministry of Construction & Transport, 2004 *Environmentfriendly Road Construction Manual*, Gyeonggi.
5. 최준규, 2002. "환경친화적 도로노선 선정을 위한 정량적 평가기법 개발에 관한 연구, 건국대학교 박사학위논문.

- Choi, J. 2002, "Study on the development of quantitative assessment method to select environment-friendly roadway", Ph.D Dissertation, Konkuk University
4. 한국건설기술연구원, 2007. 「환경친화적인 도로건설기준 개선방안 연구 1차 보고서」, 서울.
KICT, 2007, *Environment friendly Road Design Manual Study, 1 year Report*, Seoul
5. 환경부, 2006. 「생태자연도 작성지침」, 서울.
Ministry of Environment, 2006, *Eco-natural Map Manual*, Seoul.
6. 황영용, 2005. "Fuzzy GIS를 적용한 도로의 친환경적 노선분석에 관한 연구", 전북대학교 석사학위논문.
Hwang, Y. 2005, "A study of environmental Optimum Route analysis for Highway using Fuzzy GIS" Master's Degree Dissertation, Chonbuk University.
7. <http://egis.me.go.kr/egis>

Date Received 2013-11-06
Reviewed(1st) 2013-12-17
Date Revised 2014-08-11
Reviewed(2nd) 2014-09-11
Date Accepted 2014-09-11
Final Received 2014-11-25