

## AHP분석을 통한 도로 교통안전지킴이 로봇 개발에 관한 연구

### A Study on the Development of Road Traffic Safety Moderator Robot using AHP

이 영 우 Lee, Young Woo | 정회원 · 대구대학교 공과대학 토목공학과 부교수 (E-mail : lyw209@daegu.ac.kr)  
권 혁 준 Kwon, Hyuck Jun | 대구대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 · 교신저자 (E-mail : jjun1983@nate.com)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** The purpose of this study is to analyze the requirements of the road traffic safety moderator robot when road repairing. The road traffic safety moderator robot is road traffic safety equipment and to conversions mechanical engineering and IT when road repairing.

**METHODS :** The study used AHP based on the survey from road repair related expert that field engineers, design engineers, public officials and professors. The survey used paired comparison. The survey items were safety, convenience and economics. The safety is classified as visibility or efficiency, the convenience is classified as utility or mobility and the economics is classified as initial investment cost or maintenance \$ management cost. The survey alternatives were the road traffic safety moderator robot, traffic regulation by human, traffic regulation by mannequin and traffic signs. The software for AHP is Expert Choice 2000.

**RESULTS :** The results of AHP analyze, the weighted value of safety was analyzed with the highest at 0.488 of survey items. The weighted value of convenience was analyzed at 0.295, the weighted value of economics was analyzed at 0.218. The results of the road traffic safety moderator robot, the weight value of efficiency and utility were analyzed with the highest at 0.284 and 0.259 of alternatives. The weighted value of initial investment cost and maintenance & management cost were analyzed with the lowest at 0.203 and 0.211 of alternatives. The consistency test results of each items, null hypothesis is rejected because the CR values were 0.000 respectively. Therefore, the study results are consistency.

**CONCLUSIONS :** The result of this study, overall value of the road traffic safety moderator robot came off second-best of other alternatives. The road traffic safety moderator robot has been received highest praise by the result of the study as good road traffic safety equipment when road repairing because the weighted values of efficiency and utility were analyzed with the highest of survey items. The efficiency mean securing safety and the utility mean practical assistance when road repairing. The results of this study showed that the road traffic safety moderator robot will effective for traffic safety when road repairing. economics and visibility are that supplementation of the road traffic safety moderator robot because the weighted values of economics and visibility were analyzed with the lowest of survey items. The consistency test results are consistency because the CR values were 0.000 respectively.

#### Keywords

road traffic safety equipment, Analytic Hierarchy Process, road repairing, road traffic safety moderator robot

Corresponding Author : Kwon, Hyuck Jun  
Department of Civil engineering, Daegu University,  
201, Daegudae-ro, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 712-714, Korea  
Tel : +82.53.850.6524 Fax : +82.53.850.6529  
E-mail : jjun1983@nate.com

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Jul. 10, 2014 Revised Jul. 25, 2014 Accepted Oct. 19, 2014

## 1. 서론

### 1.1. 연구 배경 및 목적

최근 사회적으로 안전에 관한 관심이 고조되고 있으

며 도로 교통분야에서도 교통안전을 확보하기 위한 지속적인 노력이 필요하다.

도로에는 교통안전을 위협하는 다양한 요인들이 있

다. 도로 선형의 불량, 각종 안전시설의 부족 및 불합리한 설치, 돌발상황의 발생, 도로의 공사 등은 도로 교통 안전을 위협하는 요인들이다.

특히, 도로의 유지보수, 각종 지하매설물 설치 등을 위한 도로의 공사는 평상 시와 다른 교통환경으로 인해 운전자 및 보행자의 사고위험성이 매우 높아지게 된다. 또한 공사를 위한 신호수나 공사인부들도 교통사고의 위험에 그대로 노출되고 있는 실정이다.

그러나 도로 선형, 교통안전시설의 개선 및 개량은 지속적으로 이루어지고 있는데 비해 도로 공사 중 교통 안전을 확보하기 위한 노력은 부족한 실정이다.

지금까지 도로 공사 시에 교통 안전을 확보하고 교통 처리를 위해 신호수를 배치하거나 마네킹을 이용한 교통 안내를 실시하고 있다.

신호수의 경우 정성적인 다양한 교통정보를 파악하여 차량을 통제하는 장점이 있으나 전문성 부족 등으로 상황에 대한 적절한 조치를 취하는데 한계를 가지고 있고 야간이나 고속으로 주행하는 도로의 경우에는 신호수가 사고를 당하는 또 다른 문제가 발생할 수 있다. 마네킹의 경우 도로 공사구간 전방에서 신호봉을 상하로 움직임으로써 운전자에게 공사 중임을 알려주는 단순기능만 수행할 수 있는 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 도로 공사구간에서 교통 안전을 확보하고 교통소통에 도움을 줄 수 있는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 첨단 IT기술과 기계공학 기술을 접목하여 도로 공사구간으로 접근하는 차량의 속도를 측정하고 교통량 등을 판단하여 운전자에게 정보를 제공하고 공사인부들에게도 경고 메시지를 보내는 등 신호수의 장점과 마네킹의 장점을 모두 포함하는 도로 교통 안전지킴이 로봇을 개발하고 도입하기 위한 연구를 수행하였다.

지금까지 첨단 IT기술을 교통분야에 접목한 교통 안전 시설의 개발은 많은 발전을 이루었다. 그러나 개발된 교통 안전 시설이 실제로 도로에 설치되고 이용되는 비율은 높지 않았다. 그 이유는 개발단계에서부터 현장의 요구 사항을 반영한 기술개발이 이루어져야 함에도 불구하고 이에 대한 노력이 부족한 결과로 판단된다.

개발된 기술이 현장에 바로 활용되기 위해서는 개발 단계에서부터 현장의 요구 사항이나 효과 등에 대한 분석이 선행되어야 하며 이를 위해서는 개발 기술의 평가 항목, 평가 척도 등에 대한 정립이 필요하다.

본 연구에서는 먼저 도로 교통 안전지킴이 로봇의 개발 시작 단계에서부터 계층적 의사결정법(AHP)을 통해

도로 공사구간에서 안전을 확보하기 위해 필요한 평가 항목, 평가 척도 등을 분석하여 평가 체계를 구축하였으며 이를 통해 도로 공사구간에 활용이 가능한 도로 교통 안전지킴이 로봇에 요구되는 기능을 제시하였다.

## 1.2. 연구의 방법

본 연구는 IT 및 기계공학 융합기반의 도로 교통 안전 지킴이 로봇에 필요한 기능을 분석하고 적용성과 효율성을 극대화하기 위한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 분석 방법으로 AHP 분석을 사용하였다. AHP 분석은 의사결정 시에 단순히 측정된 수치만으로 평가하지 않고 결정을 하는 사람들의 판단을 반영하거나 의사결정 과정을 명확하게 표현할 수 있는 방법이다. 분석 항목의 모든 결과를 통합하여 종합적으로 평가할 수 있고 정성적이고 서로 다른 평가 척도에 중요도 값을 산정함으로써 타당성과 우선순위를 정량화하여 평가할 수 있기 때문에 의사결정 방법들 중 매우 우수한 방법으로 평가되고 있다.

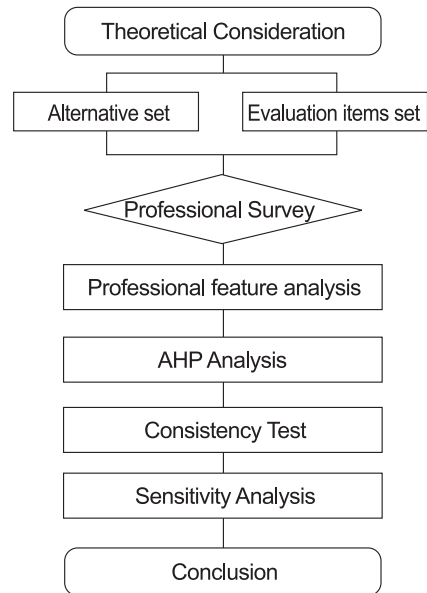


Fig. 1 Study Flow Chart

본 연구에서는 도로공사 중 안전지킴이 로봇의 기능을 분석하고 평가항목과 대안을 설정하여 AHP 분석을 위한 계층구조를 설계하였다. 설문조사는 쌍대비교로 9 점 척도를 이용하였으며 설문대상은 건설관련 교수, 도로관련 공무원, 도로 공사현장의 종사자, 도로 및 교통 설계 기술자를 대상으로 하였다.

설문조사결과를 바탕으로 조사대상자의 특성을 분석한 후 Expert Choice 2000을 이용하여 상위항목 3개,

세부항목 6개로 분류하여 AHP분석을 실시하였다. 이를 통해 결정된 중요도를 분석하고 일관성검증을 실시하였다. 또한, 중요도 값의 일정범위를 변경하여 평가결과에 대하여 과도한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 민감도분석도 실시하였다.

## 2. 기존이론 및 선행연구 고찰

본 연구는 도로 공사구간에서 교통안전을 확보하기 위한 연구를 AHP기법을 적용하여 수행하였다.

먼저, 도로 공사와 관련된 선행연구를 살펴보면 고상근 외 3명(2012)은 공사구간 형광주황색 교통안전표지 적용에 따른 주목성 효과연구에서 기존 공사구간의 교통안전표지의 문제점을 분석하고 운전자의 주목성을 향상시킬 수 있는 교통안전표지판의 색상을 제시하고 있다.

이주호 외 2명(2003)의 도로 공사 중의 교통영향권역 설정 및 적용성에 관한 연구, 임채문 외 3명(2001)의 도시간선도로의 공사 중 교통류 특성분석과 적용성에 관한 연구, 박용진 외 1명(2003)의 공사에 따른 광장형 교차로의 교통운영방안, 손영태(1998)의 공사 중인 2차로 도로 구간의 차량지체모형개발 등은 도로 공사로 인해 발생하는 교통용량 감소, 교통지체 등을 개선하기 위한 교통운영과 관련된 연구이다.

김종민 외 1명(2003)은 도로점용공사장 교통관리방안의 문제점 및 개선방안 연구에서 도로점용공사로 인한 문제점을 개선하기 위한 제도적 관점에서 연구를 수행하였다.

도로 공사와 관련된 선행연구를 검토한 결과 대부분의 연구들이 도로 공사 중 교통소통과 관련된 연구들이었으며 본 연구의 목적인 도로 공사구간에서 교통안전과 관련된 연구들은 매우 부족하였다.

고상근 외 3명(2012)의 연구가 도로 공사구간에서 운전자의 주목성 향상을 통해 교통안전을 확보하기 위한 연구로 본 연구의 목적과 가장 유사한 선행연구였으나 단순히 교통표지판의 색상을 개선하는 정도의 연구로 본 연구에서 도로 교통안전지킴이 로봇을 이용하여 공사구간으로 접근하는 차량의 다양한 정보를 수집하여 운전자에게 제공하고 동시에 과속차량 등 교통안전을 위협하는 요인이 발생하였을 경우 공사인부들에게 경고 메시지를 알려주는 등의 교통안전을 위한 다양한 서비스를 제공하기 위한 연구는 전무하였다.

다음으로 본 연구의 방법론인 AHP기법과 관련된 기

존이론 및 선행연구를 살펴보았다. Thomas L.Saaty에 의해 개발된 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierachy Process : AHP)은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정방법론이다.

AHP는 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정 분야에서 널리 응용되어 왔으며 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있다.

도로 교통분야에서 AHP기법을 활용한 기존연구를 살펴보면 조용호(2007)는 ITS 산업화 의사결정 모델을 위한 AHP기법의 적용 연구에서 ITS 서비스 부문에서 AHP기법의 사용이 정책결정에 어떻게 적용될 수 있으며 그 결과를 어떻게 활용할 것인가에 대한 가능성을 검증하는 부분에 중점을 둔 연구를 수행하였다.

엄정안 외 2명(2012)의 AHP 의사결정기법을 통한 도시부 위험도로 구조개선사업의 교통사고 저감대책 선호도 분석, 정병두(2002)의 AHP를 이용한 도로사업의 우선순위 분석 등은 AHP기법을 이용하여 사업의 우선순위를 결정하기 위한 연구를 수행하였다.

최재원 외 2명(2011)의 AHP기법을 이용한 시내버스 교통사고 저감대책 의사결정 모델 개발, 송혜승 외 1명의 AHP분석을 통한 대도시권의 광역교통정책방향 설정에 관한 연구 등은 AHP기법을 교통정책의 결정에 활용한 연구이다.

AHP기법을 도로 교통분야에 활용한 기존연구는 살펴본 바와 같이 대부분 도로사업의 우선순위 결정이나 교통정책의 설정에 활용하기 위한 연구들로 본 연구에서 도로 공사구간에서 교통안전을 확보하기 위한 도로 교통안전지킴이 로봇에 대한 요구사항, 현장적용성에 대한 가능성을 검증하기 위한 연구와 같이 구체적인 교통안전시설이나 교통운영시설의 분석에 활용된 사례는 찾아보기 힘들었다. 조용호(2007)의 연구가 연구방법론에서 다소 유사하지만 ITS 서비스 부문의 우선순위와 정책결정과 관련된 내용이 주를 이루고 있어 본 연구와 차별성을 가지고 있다.

## 3. 자료수집 및 방법

### 3.1. 도로 교통안전지킴이 로봇의 개요

본 연구에서는 도로 교통안전지킴이 로봇의 주요기능을 정의하고 도로 교통안전지킴이 로봇에 대한 공사현

장 종사자 및 전문가들의 요구사항을 파악하고 현장 적용성에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구의 대상인 도로 교통안전지킴이 로봇은 기존 신호등을 주기적으로 상·하로 움직이는 단순한 기능의 마네킹과 매우 큰 차별성을 가지고 있다. 먼저, 도로 공사 중 안내 마네킹과 차별화된 도로 교통안전지킴이 로봇의 주요기능을 정의하면 다음과 같다.

첫째, 도로 공사구간으로 접근하는 차량의 속도를 감지하여 교통안전에 필요한 조치를 할 수 있는 기능이다. 교통안전에 위협하는 과속차량이나 주행이상 차량이 공사구간으로 접근하는 경우 운전자에게 서행정보 및 현재속도를 제공하며 동시에 후방에 위치한 공사작업자들에게 USN을 이용하여 무선으로 경보신호를 전송하는 기능이다.

둘째, 교통신호등 인식기능이다. 교통신호등의 색상을 구분하여 횡단보도에서 안전을 제어하거나 신호위반, 과속차량 등의 차량번호판 촬영기능을 통해 교통안전을 확보하기 위한 기능이다.

이외에도 레이더와 적외선 카메라를 이용하여 야간 교통통제가 가능한 기능도 포함하고 있다. 도로 교통안전지킴이 로봇의 개념도는 Fig. 2와 같다.

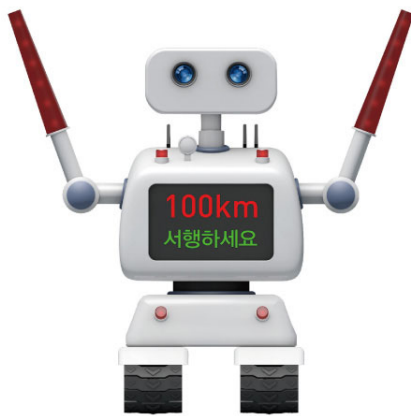


Fig. 2 Road Traffic Safety Moderator Robot

### 3.2. AHP분석을 위한 설문조사

본 연구에서는 AHP분석법 중 쌍대비교법을 이용하여 기존 도로 공사 중 교통안전을 위한 안내시스템에 비해 도로 교통안전지킴이 로봇의 상대적 중요도 및 선호도의 비율을 척도화하여 각 평가지표에 대한 평가배점을 정량화하는 연구를 실시하였다.

AHP분석을 위해서는 설문조사가 필요하며 설문조사를 위해 대안을 설정하고 평가기준을 정의하였다.

대안으로는 본 연구의 대상인 도로 교통안전지킴이 로봇을 대안 1로 설정하였다. 비교대상으로 기존 도로 공사 중 교통안전을 위해 운영되고 있는 시스템 중 인력을 이용하여 공사구간에 접근하는 차량을 통제하고 차량의 우회를 유도하는 인간신호수를 대안 2로 설정하였다. 인간신호수는 경광봉, 호각 등을 이용하여 운전자의 주의를 유도하는 역할을 한다. 대안 3으로는 단순히 깃발이나 경광봉 등을 상하로 움직여 운전자에게 공사구간임을 알려주는 마네킹 신호수를 설정하였으며 대안 4는 접근차량의 속도를 감지하고 LED표지판을 이용하여 운전자에게 속도를 알려주는 기능을 가진 속도감지 표지판을 대안으로 설정하였다. 설문조사를 위해 설정된 각 대안들은 Fig. 3과 같다.



Fig. 3 Alternative Set

AHP분석을 위한 평가기준은 안전성, 편의성, 경제성 등 3개 대분류로 구분하였으며 각 대분류를 다시 2개의 소분류로 나누어 설문조사를 실시하였다.

안전성은 안전하거나 안전을 보장하는 성질을 말하고, 편의성은 사용함에 있어 형편이나 조건이 편하고 좋은 성질, 경제성은 재물, 자원, 노력, 시간 등이 적게 들면서도 이득이 되는 성질로 정의하였다.

안전성의 소분류 평가기준으로는 가시성과 효율성으로 구분하였고 가시성은 사람의 눈길을 끄는 정도나 볼 수 있는 정도이고 효율성은 안전성을 확보할 수 있는 정도로 정의하였다. 편의성의 소분류 평가기준으로는 실용성과 이동성으로 구분하였으며 실용성은 실제적인 쓸모가 있는 성질이나 정도로 정의하였으며, 이동성은 어떤 장소로부터 다른 장소로 옮겨지는 능력의 신속한 정도로 정의하였다. 경제성의 소분류 평가기준으로는 초기투자비용과 유지관리비용으로 구분하였고 초기투자

비용은 시설의 계획에서 상용화되기까지의 비용으로 정의하였고, 유지관리비용은 시설의 기능을 유지하고 관리하기 위해서 필요한 정비·교체 및 인건비 등의 비용으로 정의하였다.

설문조사는 총 120명을 대상으로 실시하였다. 현재 활동하고 있는 학계전문가, 도로관련 공무원, 건설현장 기술자, 도로 및 교통 설계기술자로 구분하여 설문조사를 실시하였으며 미응답 및 획일적인 응답으로 설문조사로 일관성이 확보되지 못하여 문제가 있는 설문을 제외한 유효표본은 83부로 나타났다.

기존 도로 공사 중 교통안내 시스템 대비 도로 교통안전도우미 로봇의 상대적 중요도 및 선호도를 평가하기 위해 실시한 설문조사 대상자들의 분포를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

본 설문대상자의 47%가 시·구청의 토목 및 교통을 담당하는 시설직 공무원이었으며 41%가 현장기술자로 현재 도로공사 현장에서 공사관리 및 감독을 하고 있는 전문가이다. 설문조사 대상 중 도로 공사현장 종사자와 관련공무원의 분포가 다소 높은 것으로 나타나고 있으나 본 연구가 도로 공사현장에서 직접 사용하는 사람들의 평가와 도로 교통안전도우미 로봇을 구매하게 될 사람들을 대상으로 분석을 실시하고자 하였기 때문에 설문조사 대상의 분포는 적절한 것으로 판단된다.

Table 1. Job Classifications

Classify		Respondent(ea)
Professional	Professor	3
	Design Engineer	7
	Field Engineer	34
	public official	39
Total		83

설문조사 대상자의 연령대별 분포를 살펴보면 30대가 31%로 가장 높은 분포를 차지하고 있으며 다음으로

Table 2. Age Distribution

Aage	Respondent
~ 20	0
21 ~ 30	11
31 ~ 40	31
41 ~ 50	22
51 ~ 60	17
61 or more	2
Total	83

40대가 22%로 나타나 30, 40대가 전체 설문대상자의 절반 이상을 차지하였다. 설문조사 대상자의 연령대별 분포는 Table 2와 같다.

설문조사 대상자의 성별 분포를 살펴보면 남자가 88%, 여자가 12%였다. 성별 분포는 도로 공사현장의 특성상 남자가 많은 분포를 차지하고 있다. 전체 설문대상자 83명 중 82명이 운전면허를 가지고 있었으며 79명이 현재 차량을 운전하고 있는 운전자로 나타났다.

설문조사 대상자들의 분포를 분석한 결과 도로 공사현장에서의 평가를 위한 전문성과 적응성을 위해 설문조사가 적절하게 조사되었으며 이용자 측면에서의 평가가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 운전자 입장에서의 평가도 설문조사에 반영될 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. AHP분석

### 4.1. AHP분석결과 및 일관성 지표

설문조사를 바탕으로 도로 공사 중 교통안전을 위해 기존 도로 공사 중 교통안내 시스템에 비해 도로 교통안전지킴이 로봇 개발 시 요구사항을 파악하기 위해 AHP 분석을 실시하였다. AHP분석 Tool은 Expert Choice 2000을 사용하였으며 각 평가기준들에 대한 중요도 산정을 통해 각 대안들에 대한 평가를 실시하였다.

AHP분석이 적절하게 실시되었는지를 검정하기 위해 일관성 분석결과를 살펴보면 모든 평가항목의 CR값이 모두 0.000으로 분석되어 귀무가설을 기각하였다. 따라서 본 설문조사 분석이 일관성을 가지는 것으로 분석되었다.

일관성이란 하나의 방법이나 태도로써 처음부터 끝까지 한결같은 성질을 말한다. 즉, AHP분석에 있어서 일관성이라는 것은 평가자 판단에 대한 이러한 전이적 모순을 측정하여 제거하거나 재검토하고자 하는 것이다. AHP에서 정의하는 일관성지수는 어떤 평가자의 쌍대비교행렬이 n에 가까울수록 일관성 있는 판단을 하였다고 판단한다. 또한 일관성을 검증하기 위해 RI(난수 지수)를 사용하게 되는데 일관성 비율은 일관성 지수를 난수 지수로 나눈 값을 말한다.

일관성에 대한 가설을 검정하기 위해서는 CR을 검정통계량으로 두고 귀무가설과 대립가설을 정의한 후 가설검정을 실시하여 CR값의 임계값이 0.1보다 작으면 귀무가설이 기각되어 평가자가 일관성 있는 판단을 하였다고 볼 수 있다. 본 연구에서 실시한 AHP분석결과는 Fig. 4~Fig. 6과 같다.

Fig. 4는 대분류 평가기준 중 안전성의 소분류 평가 기준인 가시성과 효율성에 대한 중요도를 분석한 결과로 가시성에서는 대안 3인 마네킹신호수가 가장 높은 평가를 받았으며 효율성에서는 대안 1인 교통 안전지킴이 로봇이 가장 좋은 평가를 받았다.

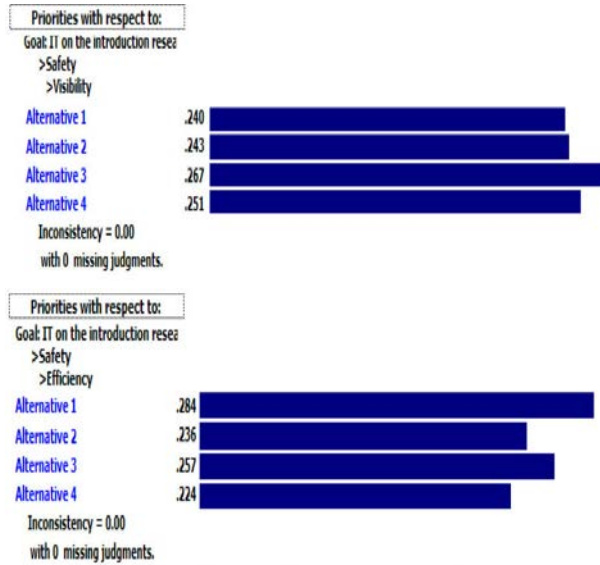


Fig. 4 Visibility & Efficiency of Consistency Index

Fig. 5는 대분류 평가기준 중 편의성의 소분류 평가 기준인 실용성과 이동성에 대한 중요도를 분석한 결과이다. 실용성에서는 각 대안별로 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났으며 이동성에서는 대안 2인 인간신호수가 가장 높은 평가를 받았으며 대안 1인 교통 안전지킴이 로봇도 높은 평가를 받은 것으로 분석되었다. 대안 3인 마네킹신호수는 다소 낮은 평가를 받았으며 대안 4인

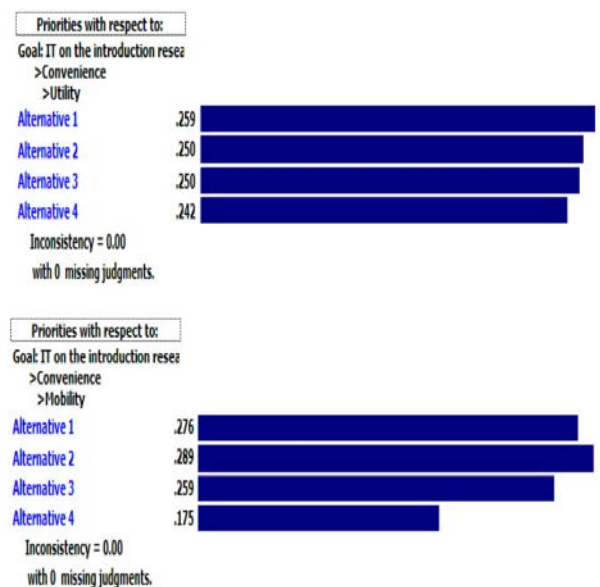


Fig. 5 Utility & Mobility of Consistency Index

LED표지판의 경우 이동설치의 불편함으로 인해 매우 낮은 평가를 받은 것으로 판단된다.

Fig. 6은 대분류 평가기준 중 경제성의 소분류 평가 기준인 초기투자비용과 유지관리비용에 대한 중요도를 분석한 결과로 대안 1인 교통안전지킴이 로봇은 초기투자비용에서 가장 낮은 평가를 받았으며 유지관리비용에서는 대안 4인 LED표지판이 매우 높은 평가를 받은 것으로 분석되었다.

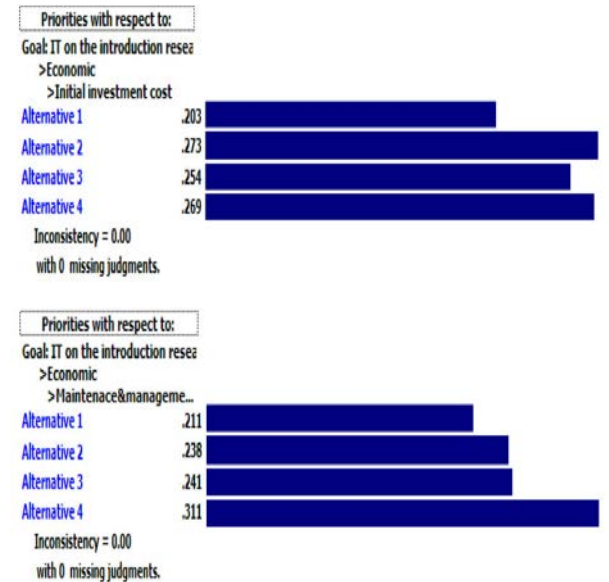


Fig. 6 Initial Investment Cost & Maintenance-Management Cost of Consistency Index

#### 4.2. 각 대안별 평가결과 분석

각 대안별 AHP분석결과를 종합적으로 평가하면 안전성, 편의성, 경제성 3가지 대분류 평가기준 중 안전성이 48.8%로 도로 공사 중인 현장에서 요구사항 중 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 분석되었다. 다음으로 편의성이 높게 나타났으며 차이가 크지는 않지만 경제성이 가장 낮은 중요도 값을 가지는 것으로 분석되었다. 본 연구결과 도로 공사구간에서 교통안전시설에 요구되는 가장 중요한 요소는 안전성임을 알 수 있었다.

각 대안별 평가결과를 살펴보면 대안 1인 도로 교통 안전지킴이 로봇은 소분류 평가기준 중 효율성과 실용성에서 다른 대안들에 비해 가장 높은 평가를 받았으며 가시성과 초기투자비용, 유지관리비용에서 가장 낮은 평가를 받았다.

대안 2인 인간신호수의 경우 이동성과 초기투자비용에서, 대안 3인 마네킹신호수는 가시성에서 가장 높은 평가를 받았으며 대안 2와 대안 3은 대안들 중 가장 낮

은 평가를 받은 항목은 없었다. LED표지판인 대안 4는 유지관리비용에서 가장 높은 평가를 받았으나 효율성, 실용성, 이동성에서 가장 낮은 평가를 받았다. 각 대안별, 평가기준별 AHP분석결과를 정리하면 Table 3과 같다.

Table 3. Weight Conclusion

Classify			Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4
Valuation basis	Detail valuation basis					
Safety (0.488)	Visibility (0.575)	CR .000	0.240	0.243	0.267	0.251
	Efficiency (0.425)		0.284	0.236	0.257	0.224
Convenience (0.295)	Utility (0.685)	CR .000	0.259	0.250	0.250	0.242
	Mobility (0.315)		0.276	0.289	0.259	0.175
Economics (0.218)	Initial Investment Cost (0.365)	CR .000	0.203	0.273	0.254	0.269
	Maintenance & Management Cost (0.635)		0.211	0.238	0.241	0.311
Overall % (Rank)			25.0% (2)	24.9% (3)	25.6% (1)	24.5% (4)

각 대안들의 종합평가결과 가장 높은 선호도를 나타낸 대안은 마네킨신호수인 것으로 나타났다. 현재 도로 공사 중에 가장 많이 사용되고 있으며 높은 경제성에 비해 안전성 확보에 효율적이라고 판단한 것으로 나타났다.

본 연구의 대상인 교통안전지킴이 로봇은 종합순위에서 2위로 분석되었으며 그 이유는 다른 대안들의 기능을 모두 혼합한 형태의 새로운 제품으로서의 종합적인 평가가 충분히 반영되지 못해 경제성에서 낮은 평가를 받았기 때문으로 판단된다.

경제성 항목을 제외한 대부분의 항목에서 높은 평가를 받은 것으로 분석되었다. 특히, 안전성을 확보할 수 있는 정도를 나타내는 평가기준인 효율성에서 다른 대안들에 비해 매우 높은 평가를 받았다. 또한 사용함에 있어 형편이나 조건이 편하고 좋은 성질을 나타내는 평가기준인 편의성 항목에서도 다른 대안들에 비해 높은 평가를 받았다. 이동성 측면에서 대안 2인 인간신호수 보다는 떨어지지만 도로 교통안전지킴이 로봇이 무선조

종 등으로 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 다만 재물, 자원, 노력, 시간 등이 적게 들면서도 이득이 되는 성질로 정의된 경제성에서 낮은 평가를 받았다.

AHP분석을 통해 도로 공사 중 교통안전시설에서 요구되는 가장 중요한 요인은 안전성이며 본 연구의 대상인 도로 교통안전지킴이 로봇의 보완사항으로는 경제성임을 알 수 있었다.

경제성은 본 연구결과 도로 공사 중 교통안내시스템의 요구사항 중 가장 낮은 중요도 값을 나타낸 항목이며 아직 도로 교통안전지킴이 로봇의 가격이 결정되지 않았음을 고려할 때 개발비용 및 생산비 절감을 통해 적절한 가격으로 공급된다면 효과적인 도로 공사 중 교통안전을 확보하기 위한 대안으로 선택될 수 있을 것으로 기대된다.

### 4.3. 민감도 분석

본 연구에서 실시한 AHP분석의 현실 적용성을 검토하기 위하여 민감도 분석을 실시하였다. 민감도 분석은 AHP분석을 실시할 때 각 평가기준 항목의 중요도 변화에 따라 결정된 종합순위가 어느 정도의 영향을 받는지를 알아보는 분석방법이다.

각 평가기준 항목에 대한 설문조사의 편차로 인해 분석결과가 매우 민감하게 반응할 경우 본 연구결과를 현실에서 적용할 때 문제가 발생할 수 있다. 따라서 민감도 분석을 통해 본 연구결과가 현실에 얼마나 안정적인지 적용가능한지에 대한 분석을 실시하였다. 분석도구는 Expert Choice 2000을 이용하였으며 각 항목별 중요도의 편차는 ±5%를 적용하였다. 민감도 분석결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Weight Change Conclusion

Classify	Overall % (Rank)	Safety		Convenience		Economics	
		+5 %	-5 %	+5 %	-5 %	+5 %	-5 %
Alternative 1	25.0 (2)	25.0 (2)	25.0 (2)	25.1 (2)	24.9 (2)	24.7 (4)	25.2 (2)
Alternative 2	24.9 (3)	24.8 (3)	25.0 (2)	25.0 (3)	24.8 (3)	24.9 (2)	24.9 (3)
Alternative 3	25.6 (1)	25.7 (1)	25.6 (1)	25.6 (1)	25.6 (1)	25.6 (1)	25.7 (1)
Alternative 4	24.5 (4)	24.5 (4)	24.6 (4)	24.4 (4)	24.7 (4)	24.9 (2)	24.2 (4)

분석결과 대안들 중 민감도가 가장 높은 대안은 인간신호수이며 가장 낮은 대안은 마네킨신호수인 것으로 분석되었으나 그 변화 정도가 크지 않으며 전반적으로

종합순위의 변화는 미소한 것으로 나타났다.

본 연구대상인 도로 교통안전지킴이 로봇의 경우 경제성에서 -5%의 중요도 편차가 발생할 때 종합순위의 변화가 있는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 평가기준 중 경제성을 높게 판단할 경우 도로 교통안전지킴이 로봇의 종합순위가 바뀔 수 있음을 나타내는 결과이다. 따라서 도로 교통안전지킴이 로봇 개발 시 경제성을 충분히 확보할 수 있는 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

나머지 모든 평가기준 항목에서는 95% 범위에서 조사결과의 편차에 영향을 받지 않는 것으로 분석되어 본 연구결과는 민감도에 안정적인 것으로 나타났다.

## 5. 결론

전자·전기·통신 및 기계의 발전으로 교통안전시설도 많은 변화가 나타나고 있다. 교통안전사고 예방 및 편의성 증진 등을 목적으로 융·복합기술을 적용한 많은 교통안전시설이 새롭게 개발되고 있다.

정보통신, 기계공학 기술 등 다양한 기술을 교통분야에 접목할 때는 개발단계에서부터 교통분야의 요구사항이나 적용성에 대한 충분한 검토가 필요하지만 이에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도로 공사 중 교통안전 확보를 위해 정보통신, 기계공학 기술을 접목한 도로 교통안전지킴이 로봇 개발 시 도로 공사와 관련 전문가들의 요구사항을 파악하고 현장에 적용 가능한 기술개발이 이루어질 수 있도록 AHP분석기법을 이용하여 다양한 분석을 실시하였다.

연구를 위해 도로 교통안전지킴이 로봇을 포함한 4가지 대안을 설정하고 평가기준 항목을 대분류, 소분류로 구분하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사 대상은 관련분야 공무원, 교수, 설계기술자, 현장기술자 등을 대상으로 하였으며 설문조사 결과를 바탕으로 AHP분석을 실시하였다.

본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대분류 평가기준으로 설정된 안정성, 편의성, 경제성의 3가지 항목 중 AHP분석결과 안전성이 0.488로 가장 높은 중요도를 나타내는 것으로 분석되었다. 다음으로 편의성이 0.295, 경제성이 0.218로 분석되었

다. 따라서 도로 공사구간에서 가장 중요도가 높은 항목은 안전성인 것으로 나타났다.

2. AHP분석결과 마네킹신호수가 종합순위에서 가장 높은 평가를 받았다. 마네킹신호수는 모든 평가기준 항목에서 골고루 높은 중요도 값을 나타내 도로 공사구간에서 가장 효과적인 교통안전시설로 분석되었다.

3. 본 연구의 대상인 도로 교통안전지킴이 로봇은 종합순위에서 2위로 분석되었다. 도로 교통안전지킴이 로봇은 대부분의 평가항목 기준에서 높은 중요도 값을 나타내었으나 경제성에서 다른 대안들에 비해 낮은 평가를 받아 종합순위가 마네킹신호수에 비해 낮은 것으로 나타났다.

4. 도로 교통안전지킴이 로봇은 안전성을 확보할 수 있는 정도를 나타내는 평가기준인 효율성에서 다른 대안들에 비해 매우 높은 중요도 값을 나타내어 안전성 측면에서 매우 효과적인 교통안전시설인 것으로 평가받았다. 실제적인 쓸모가 있는 성질이나 정도의 평가기준인 실용성에서 가장 높은 중요도 값을 가지는 것으로 분석되었다.

5. 도로 교통안전지킴이 로봇에 요구되거나 보완되어야 할 항목은 경제성인 것으로 나타났다. 경제성은 다른 대안들에 비해 가장 낮은 중요도 값을 나타내는 것으로 분석되었는데 아직 도로 교통안전지킴이 로봇의 가격이 결정되어 있지 않기 때문에 개발비용과 제작비용 등을 절감하는 노력을 통해 도로 공사현장에서 수용할 수 있을 정도의 가격으로 개발된다면 충분히 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

6. 다른 대안들에 비해 도로 교통안전지킴이 로봇이 낮은 중요도 값을 나타낸 이동성과 가시성에 대한 보완도 필요한 것으로 분석되었다. 이동성은 대안 2인 인간신호수에 비해 낮은 중요도 값을 가지는 것으로 분석되었는데 무선조종 등의 기능보완이 요구된다. 또한 가시성을 높일 수 있는 색상이나 형태에 대한 보완도 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

7. 본 연구의 분석방법으로 사용된 AHP분석의 일관성 검정은 각 항목의 CR값이 모두 0.000으로 나타나 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되어 일관성이 있는 것으로 나타났다. 또한  $\pm 5\%$ 의 중요도 변화를 기준으로 민감도를 분석한 결과 우선순위의 변화가 크지 않아 본 연구결과의 활용에 대한 안전성도 확보된 것으로 분석되었다.

본 연구결과는 도로 공사구간에서의 안전을 확보하기



위한 도로 교통안전지킴이 로봇의 개발초기 단계에서 사용자의 요구사항 및 보완사항을 파악하기 위한 연구이다. 본 연구를 통해 파악된 요구사항 및 보완사항을 반영한 도로 교통안전지킴이 로봇이 최종 개발되면 보다 다양한 평가기준 항목을 개발하여 향후 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 본 연구를 통해 파악된 사용자의 요구사항 및 보완사항을 반영하여 도로 교통안전지킴이 로봇의 구체적인 제원 및 사양이 결정되면 경제성 분석을 통해 저렴한 가격에 적절한 기능을 조합하는 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2013년 대구대학교 학술연구비가 지원되었으며 이에 감사드립니다.

### References

- Cho, G. T., Cho, Y. G., Kang, H. S., 2003. The Analytic Hierarchy Process, Donghyun Publisher
- Cho, Y. H., A Study on the Application of AHP Method for Decision-Modeling of ITS policy, 2007. Korean Association of Cadastre Information, Vol. 9, No. 2, 21-33
- Choi, J. W., Jeong, H. Y., Jang, S. Y., 2011. Development of Decision Making Model of Measures on the Decrease of Traffic Accident Following Implementation of Intra-city Bus by using AHP, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 31, No. 5D, 679-687
- Han, W. G., 2012. A Study on Optimum Allocation and Risk Assessment of Recognition Devices Intended for the Mobility Handicapped in Terms of the Guardian Services, The Korea Institute of Intelligent Transportation System, Vol. 11, No. 2, 67-76
- Jeong, B. D., 2002. The Analysis of Priorities of Roads Investment Using Analytic Hierarchy Process, Korea Society of Transportation, Vol. 20, No. 5, 45-54
- Kim, J. M., Lee, S. Y., 2003. A Study on the Diagnosis and Improvement of the Road Work Zone, Korea Society of Transportation, Vol. 21, No. 5, 119-133
- Kim, K. J., Jang, M. S., 2006. The Method of Results of Decision Reflections Between PI Project Valuation Groups Using AHP, Journal of Korean Society of Road Engineering, Vol. 8, No. 4, 145-157
- Ko, S. K., Choi, K. C., Lee, S. S., Yun, I. S., 2012. A Conspicuity Effect Study of Fluorescent Orange Color Traffic Signs for Work Zone Application, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 32, No. 4, 437-444
- Lee, J. H., Lee, Y. W., Lim, C. M., 2003. A Study on the Traffic Effect Zone and Application of Road Occupying Construction, The Korean Society of Industrial Application, Vol. 6, No. 2, 131-139
- Lim, C. M., Lee, J. H., Park, Y. H., Lee, Y. W., 2001. A Study on the Traffic Flow Characteristic Analysis and Applicability of Work Zones, Deagu University Institute of Science and Technology, Vol. 8, No. 1, 53-70
- Park, Y. J., Kim, J. S., 2003. Proposing New Traffic Operation Method at the Large Intersection Under Construction, Korea Society of Transportation, Vol. 21, No. 6, 57-65
- Seol, Y. J., Jeong, S. B., Song, K. H., Jeon, K. S., Lee, S. M., 2008. A Evaluation Model of AHP Results Using Monte Carlo Simulation (Depending on the Case Studies of Road and Rail), Korea Society of Transportation, Vol. 26, No. 4, 195-204
- Son, Y. T., 1998. Queue Length and Delay Distributions at Two-lane Highway Work Zones, Myongji University Journal of Institute for Industrial Technology, Vol. 17, 303-308
- Song, H. S., Seong, H. G. 2010. Study on Establishing Directions of Metropolitan Transportation Policies Using the AHP Method, Korea Planners Association, Vol. 45, No. 1, 171-184
- Uhm, J. A., Lee, S. B., Lim, C. S., 2012. AHP-based Decision Model for Safety Improvement Projects for Hazardous Section of Urban Roadways, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 32, No. 2D, 111-119