

# ISM에 의한 어린이 보호구역의 잠재위험 요인 구조화 모형 구축

## A Study on Development of Interpretive Structure Modeling(ISM) for Potential Risk Factors in School Zone

박유경 Park, Yu Kyung  
정현정 Chung, Hyun Jung  
김영지 Kim, Young Ji  
금기정 Kum, Ki Jung

정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 박사과정 (E-mail : ykpark@itskorea.kr)  
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 박사과정 (E-mail : eeyume@naver.com)  
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 석사과정 (E-mail : polaris-yj@hanmail.net)  
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수 (E-mail : kjkum@mju.ac.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study is to develop ISM for potential risk factor in School Zone.

**METHODS :** Based on the literature review, the Analytic Hierarchy Process (AHP) has been used most widely. However, it is difficult to apply in practice because the AHP results have the characteristics of the independence between each element and the interlayer can not explain the interrelationship. The Network Analysis Process (ANP) is possible to analyze the relationship between the elements and the network through the feedback. But, the reliability of the analysis fall because of complicated pair of comparison, also it is difficult to solve the super matrix. In this study, the complicated relationship between each element is inquired through the Interpretive Structural Modeling (ISM).

**RESULTS :** The methodology of ISM is developed to remove the children's potential risk factors in school zone.

**CONCLUSIONS :** It is possible to remove the children's potential risk factors from low level to high level step by step and improve safety. Through this, risk factors can be removed from the low-level, and upper-level will automatically improve.

### Keywords

*school zone, Interpretive Structure Modeling(ISM), children's potential risk factors*

Main Author : Park, Yu-Kyung, Team Manager  
Standard Division, ITS Korea, 224-5, Gwanyang-2 dong,  
Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 431-062, Korea  
Tel : +82.31.478.0442 Fax : +82.31.478.0490  
email : ykpark@itskorea.kr

International Journal of Highway Engineering  
<http://www.ksre.or.kr/>  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

교통약자인 어린이들의 교통사고 예방을 위해 「도로교통법」 제11조 2에 따라 '어린이 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙' 이 1995년 제정되었다. 이에 따라, 초등학교 및 유치원 주변의 일정지역을 어린이 보호구역(스쿨존, School Zone)으로 지정하여 통학로에서의

어린이 교통안전을 증진시키기 위해 교통안전시설물을 설치하고 차량속도를 규제하는 등 개선사업을 시행해왔다. 이러한 노력에도 불구하고 전국 만 3천여 개의 어린이 보호구역내에서 어린이 교통사고는 하루 평균 두 건 가량 발생하고 있는 것으로 나타났다. 사고건수를 살펴보면 2006년 323건에서 2010년에는 733건으로 급격히 증가하였으며, 전체 어린이 교통사고가 매년 감소추세인 점을 감안할 때 어린이 보호구역내에서의 어린이

교통사고의 증가는 어린이 보호구역 정비 고도화 및 안전성 증진의 필요성을 시사하고 있다.

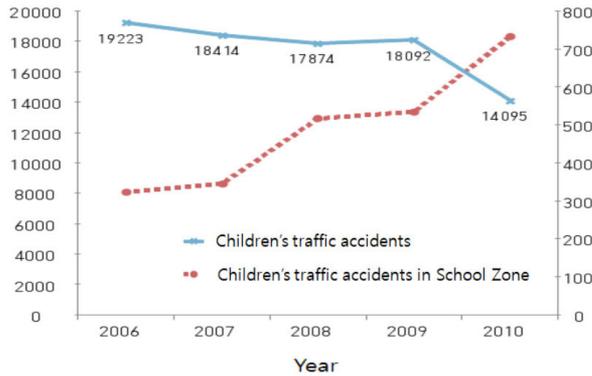


Fig. 1 The Movement of Children's Traffic Accidents

지금까지의 어린이 보호구역의 개선은 주로 교통안전 시설물 설치에 치중하고 있으며, 그 내용으로는 보·차도 구분, 유색포장, 과속방지턱 설치, 속도규제 방법 등 일률적이고 획일적인 설계가 이루어지고 있는 실정이다.

어린이 보호구역의 안전성을 향상시키기 위해서는 통학로의 도로여건 및 교통특성, 어린이의 잠재위험 요인 등 복잡하고 다양한 요소들의 종합적이고 객관적인 평가가 요구되며 이러한 평가방법으로서 계층분석법(AHP, Analytic Hierarchy Process)이 가장 널리 활용되고 있다. 이 경우 대부분 교통사고 자료 등 문헌검토나 전문가에 의해 위험요소를 도출하고 있어 어린이가 실제 느끼는 위험요인이 반영되지 않으며, 각 요인간 상호관계를 표현할 수 없다는 점에서 실무 적용 시 한계점을 지닌다.

이에, 본 연구에서는 잠재위험 요인을 추출하고 요인간의 중요도 및 우선순위를 파악할 수 있는 분석방법론의 비교·고찰을 통해 요인간 상호관련성을 구조화할 수 있는 ISM의 적용방안과 이를 통한 어린이 보호구역의 안전정비 고도화의 단계적 해결방안을 제시하고자 한다.

## 1.2. 연구의 내용 및 수행절차

본 연구에서는 어린이 보호구역의 안전성 증진을 위해 잠재위험 요인을 파악하고 안전성을 평가하는 방법론으로서 계층분석법(AHP)과 네트워크 분석법(ANP), 그리고 구조화 모형(ISM)의 이론적 고찰을 통해 문제점을 정립하고 연구의 방향을 설정하였다.

통학로의 특성에 따라 어린이가 느끼는 위험요인을 파악하기 위해 간선도로 주변의 초등학교와 지구도로내 초등학교를 대상으로 각각 설문조사를 실시하였으며,

어린이 면접설문을 통해 어린이의 잠재위험 요인을 추출하였다.

ISM을 적용하여 잠재위험 요인간 상관관계를 고려한 구조화 함으로써 어린이 보호구역의 안전성 고도화 모형을 정립하였다. 이에 본 연구의 수행절차는 다음 Fig. 2와 같다.

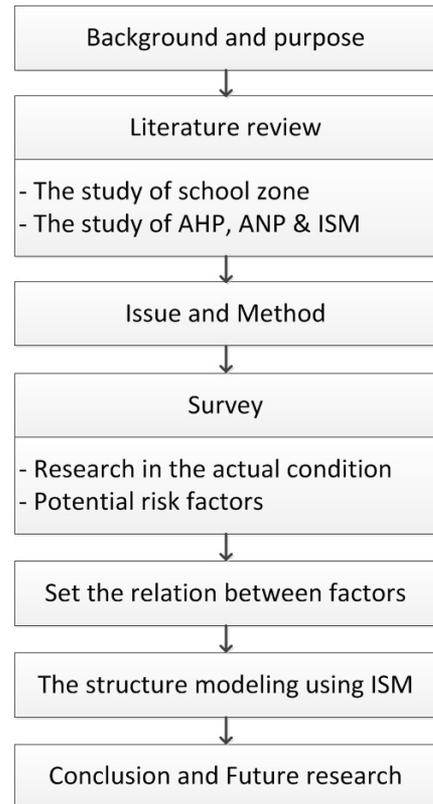


Fig. 2 The Study Flow

## 2. 관련문헌 및 이론고찰

### 2.1. 어린이 보호구역 고도화에 관한 문헌 고찰

어린이 보호구역의 개선과 관련하여 '어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙(행정안전부, 2011)'에서는 어린이 보호구역에 설치해야 할 교통안전시설 및 도로부속물의 종류 등 차량의 통행 및 속도를 억제하는 시설물에 대한 규정에 치중하고 있다.

기존연구에서는 다양한 분석기법을 이용하여 통학로의 위험요인을 분석하고 이용자, 운영 및 관리, 교육 및 제도 등 다양한 요인을 반영할 수 있는 방법을 제시하였다.

이병주(1998)는 초등학생들의 교통안전 의식 조사를 통해 보차혼용 통학로의 위험감을 산정하고 보도 조성

시 보도폭의 적정성을 분석하는 등 안전한 통학로 조성 방안을 제시하였다. 이호무(1996)는 통학로의 도로 특성을 고려하여 위험요소를 추출하고 위험요소 간 상호관련성을 체계화함과 동시에 계층분석법(AHP)을 이용하여 학교특성에 따른 위험요소 간 중요도를 분석하였다.

정광섭 등(2009)은 네트워크분석법(ANP)을 이용하여 어린이 보호구역의 종합적인 평가지표를 개발함으로써 향후 보호구역 지정 및 확대 시 우선순위 선정 및 평가에 대한 분석의 틀을 제공하고 있다.

김요셉(2009)은 어린이 교통사고 특성분석을 통해 위험요인을 도출하고 계층분석법(AHP)을 이용하여 위험도 점수를 산정함으로써 어린이 보호구역 지정 기준을 제시하였다.

지자체 적용사례를 살펴보면, '서울시 보호구역(어린이·노인·장애인) 지정 실태분석 및 개선방안(2012)' 연구에서 어린이 보호구역의 선정을 위한 평가지표를 개발하고 각 지표에 대한 우선순위를 선정하는데 계층분석법(AHP)을 활용하였으며, 평가요인별 중요도 산정결과 위험요인 0.39, 안전요인 0.36, 환경요인 0.25로 분석되었다.

## 2.2. 분석기법의 이론적 고찰

어린이 보호구역의 안전성 개선을 위해서는 통학로의 도로여건, 교통특성, 안전시설 여부, 보행환경 등 다양한 요인들에 대한 객관적이고 합리적인 평가가 필요하다.

이를 위한 분석방법으로서 다기준 분석방법인 계층분석법(AHP)이 가장 널리 활용되고 있다.

AHP는 목표값들 사이의 중요도(weight)를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안의 중요도를 산출하는 기법으로서, 다수의 목표·평가기준·의사결정 주체가 포함되어 있는 의사결정 문제를 계층화하여 해결하는데 적합하다. 즉, 주어진 의사결정 문제를 계층화한 후, 상위 계층에 있는 한 요소(또는 기준)의 관점에서 직계 하위 계층에 있는 요소들의 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구함으로써 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위(priority)를 구하는 것이다(이선우, 2004).

AHP방법을 적용하기 위해서는 다음과 같은 가정이 성립되어야 한다. 첫째, 평가기준에는 계층이 존재해야 한다. 둘째, 하위 계층의 요소들은 인접한 상위 계층의 요소에 대하여 종속적이어야 한다. 셋째, 상대적인 중요도를 평가하는 동일계층의 요인들은 서로 독립적이어야

한다.

그러나 실무적용에서는 하위계층의 요소가 상위계층의 요소에 영향을 주기도 하며 동일계층의 요소가 독립적이지 않고 상호 연관성이 존재하기도 한다. 따라서 Satty(1996)는 이와 같은 계층적 분석과정의 모델을 일반화한 네트워크 분석법(ANP, Analytic Network Process)을 소개하였다.

ANP는 네트워크를 통해 평가요소나 기준들 사이의 관계를 표시하고 피드백을 고려하는 구조로서 의사결정 시 발생할 수 있는 상호작용의 복잡한 구조를 효과적으로 분석할 수 있다(김기영, 2011). 다시 말해, AHP가 목표-평가요소-대안의 순차적 흐름으로 표현되는 단방향 트리(tree) 구조의 의사결정 시스템인 반면, ANP는 목표, 평가요소 그리고 대안 상호간의 종속성이나 피드백을 포함하는 네트워크 구조의 의사결정 시스템인 것이다. 그러나 ANP는 계층내외의 종속성을 판단하기 위해 많은 평가 요소간의 쌍대비교가 필요하여 설문자로 하여금 과중한 부담을 주어 신뢰성이 저하될 우려가 있다. 또한, 네트워크의 그래프적 표현인 초행렬(Super matrix)에 입력되는 자료가 많아 처리가 복잡하다는 단점을 가진다.

해석적 구조화모형(ISM)기법은 미국 베텔 콜럼버스 연구소(Vatel columbus laboratory)에서 프로젝트의 문제점을 도표로서 명확하게 규명하거나 복잡한 요소로 이루어지는 기능을 명확하게 분별하여 요소 상호간의 관계성을 표시하기 위한 수학적 방법론이다.

일반적으로 관련 요소들의 각 항목들은 서로 중복되거나 독립된 변수로서 작용하며 문제가 단순한 경우에는 직관적으로 상관성 정도를 쉽게 판단하거나 정리가 가능하지만 복잡한 경우 요소 상호간의 상관관계 정도를 정확하게 판별하지 못하는 문제점이 있다. ISM의 특징은 어떤 문제를 복잡하게 구성하고 있는 각 항목과의 상관관계를 명확하게 규명할 수 있다는 것이다. ISM의 일반적인 수행과정은 우선대상이나 목적이 결정되면 이와 관련된 요소를 집단사고(Brain Storming)나 Delphi법등의 방법으로 추출한다. 요소들과의 상관관계를 증명하기 위해 종축을 원인요소 그리고 횡축에는 그 결과를 나타내는 매트릭스의 형태로 각 요소들을 정렬할 수 있다. 매트릭스의 형태로 정렬하기 위한 방법으로 교차점을 '1' 또는 '0'으로 표시하고 원인과 결과가 상관관계가 있으면 '1', 상관관계가 없으면 '0'으로 표시하여 요소별 상관관계를 결정하며 총 요인에 따른 관계행렬(D)을 작성한다. 관계행렬(D)을  $M=D+I$ (I=단위

행렬)와 같은 알고리즘에 의하여 Bool연산에 따라 가달행렬(Reachability Matrix: M)을 구한다. 이와 함께 이 행렬을 이용하여 각 요소에 대해 가달집합과 인접집합을 구한다. 그리고 각 항목 간 구조화를 위한 수준을 결정하는 방법은 가달행렬과 인접행렬을 이용하여 관계를 만족하는 요소를 추출하여 각 요소간의 상대적 관계를 결정하게 된다. 이러한 과정을 통해 요인들 상호간의 상관관계를 구조화함으로써 단계적인 문제해결 방안을 제시할 수 있다.

### 2.3. 기존 연구와의 차별성

지금까지 연구에서는 어린이 보호구역의 안전성 평가 방법으로서 계층화 분석법(AHP)이 널리 활용되었다. 하지만, AHP의 기본 공리인 요소간의 독립성과 상위계층의 요소에 대한 비중속성 문제는 요소간의 상호관계를 표현할 수 없다는 한계성을 지닌다.

이를 보완하여 네트워크분석법(ANP)은 연구결과 요소 간 관계 및 피드백을 포함하는 네트워크 구조는 가능하게 되었지만, 요소간의 복잡한 쌍대비교로 인한 신뢰성 저하 및 초행렬 구조의 복잡한 자료처리가 지적되기도 했다.

본 연구에서는 복잡하게 구성하고 있는 각 요소 간 상관관계를 명확히 분석하여 단계별 실효성 있는 해결방안 도출이 가능한 ISM을 적용하였으며, 어린이 보호구역의 안전성 향상의 단계적 방법론을 제시하였다.

## 3. 현장조사 및 잠재위험 요인 추출

### 3.1. 조사개요

어린이의 잠재위험 요소를 파악하기 위해 초등학교

을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 대상학교는 주변 도로의 형태 및 교통특성에 따라 위험요소가 상이하므로(이호무, 1996) 간선도로와 지구도로에 인접한 학교 중 복합적인 요소 및 특징이 반영된 A, B 학교를 선정하였다.

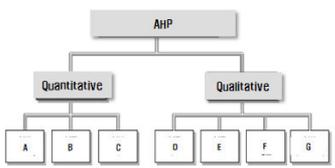
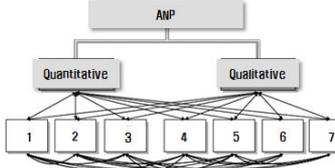
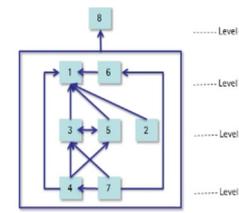
Table 2. The Characteristics of the Elementary Schools

	A elementary school	B elementary school
Feature of the road	- Adjacent to the road four lanes.	- Residential districts - Sidewalks and driveways is not separate - Two way road without the central line
Feature of the traffic	- Speed limit is 30km/h, but most vehicles are traveling high speed - Located near the bus stop	- No a pedestrian space due to illegal stop - Crowdedness due to students and academy buses after school
Safety facilities	- Colored pavement, safety fence, hump	- Colored pavement, hump
Picture		

조사내용으로는 통학로의 도로여건 및 교통특성을 파악하기 위한 현황조사와 잠재위험 요인 추출을 위해 어린이를 대상으로 한 설문조사로 이루어졌다.

설문조사는 2011년 10월 11일부터 14일까지 4일간 초등학교별 각각 50명을 대상으로 실시하였으며, 평소 에 느끼는 위험요인을 추출하기 위해 주변 도로의 위험

Table 1. A Comparison of Analysis Methodology

	AHP	ANP	ISM
Basic Structure			
Main Contents	- Transverse structure - Tree structure - Mutual independence between the factors - Priority between the factors	- Network structure - Mutual feedback - Mutual dependence between the factors - Priority between the factors - Complex analysis	- Longitudinal structure - Mutual feedback - Mutual dependence between the factors - Correlation between the factors - Priority in steps

요소에 대한 사전정보는 제공하지 않았다. 설문 내용으로는 일반사항과 통학로에 대한 불안요인으로 구성되었으며 상세 내용은 다음과 같다.

Table 3. The Survey Contents about School Zone

	Contents	Remark
General information	- Age - Commuting time - Commuting method	
Unsafety factors	- Whether the commuting time at the School Zone is safe - Risk situation in the commuting time at the School Zone - Contextual risk factors	The factors of the children

### 3.2. 조사결과

현장 조사결과 간선도로 주변에 위치한 A 초등학교의 경우 어린이 보호구역 개선사업 시행으로 유색포장 및 안전휀스, 속도 저감시설 등이 설치되어 있으며, 학교 정문이 4지교차로 각각부에 위치하고 있어 횡단보도를 이용하여 통학이 이루어지고 있다. 주거 밀집지역에 위치한 B 초등학교는 주변 통학로에 유색포장 및 속도저감 시설 등이 설치되어 있으나, 보·차 혼용도로로서 주·정차량 등으로 인해 안전한 보행이 이루어지고 있지 않았다.

설문조사결과 어린이가 느끼는 위험요인은 통학로 특성에 따라 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. A 초등학교의 경우 도로횡단 상황에서 어린이들은 자동차 자체를 가장 위협적으로 느끼며, 이륜차의 통행 역시 위험상황으로 느끼는 것으로 분석되었다.

위험요인을 순위별로 살펴보면 횡단보도에서 횡단 시 차량의 정지선 준수여부와 정지형태, 주행 중인 차량, 안전도우미 부재, 차량자체, 버스 및 이륜차의 존재, 많은 교통량 순으로 나타났다.

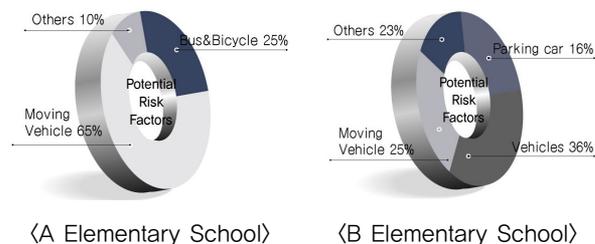


Fig. 3 Potential Risk Factors in School Zone

B 초등학교의 경우 어린이가 느끼는 위험요인을 살펴

보면 속도와 상관없이 주행 중인 차량, 어린이 보호구역 내의 교통량, 보·차 미분리, 안전도우미의 부재, 차량자체 순으로 나타났다.

### 3.3. 잠재위험 요인 추출

설문조사를 통해 통학로 특성별로 어린이가 느끼는 위험요인을 파악하였으며, 이는 어린이 보호구역의 안전성을 고도화하기 위해 제거되어야 할 잠재위험 요인이 Table 4와 같이 도출되었다.

Table 4. Potential Risk Factors in School Zone

	Potential Risk Factors	
Arterial Road	1	Vehicle stopping behavior
	2	Moving vehicles
	3	No safety assistant
	4	Vehicles
	5	Bus & Bicycle
	6	Heavy traffic
District Road	1	Moving vehicles
	2	Heavy traffic
	3	No pedestrian way
	4	Parking car
	5	No safety assistant
	6	Vehicles

## 4. 잠재위험 요인 간 관계설정

### 4.1. 구조화의 개요

어린이 보호구역의 안전 정비방안을 구조화하기 위해 우선 통학로의 도로 특성별로 어린이들이 느끼는 불안요인을 조사하여 교통안전에 영향을 주는 잠재위험 요인을 추출하였다. 이렇게 추출된 잠재위험 요인은 계층분석법(AHP)을 이용한 쌍대비교를 통해 요소 간 중요도를 파악하는 기존의 방법론에서 벗어나, 위험요소 간의 상호 관련성을 고려하여 구조화할 수 있는 요소 상호 관련성 모형(ISM)을 적용하였다.

### 4.2. 위험요소 간 관계설정

각 항목간의 관계를 규정하는 관계행렬 작성을 위해서 어린이 보호구역 관련 전문 공무원과 교통전문가 10인의 Delphi기법을 통해 관련 정도를 0부터 1까지 척도로 사용하여 전문가의 60% 이상이 'i항목은 j항목에 직접적으로 영향을 미친다' 라고 판단되는 경우에는 1의 값을 그 미만의 경우에는 0의 값을 취하는 것으로 작성

한다(이호무 외, 1999).

간선도로의 경우 이동하는 차량의 '차량정지행태'에 안전도우미의 부재가 영향을 미치는 것으로 판단되었으며, 그 결과 관계행렬에 '1'의 값으로 표시하였다. 반면, '차량자체'는 차량정지행태, 이동하는 차량, 안전도우미 부재 등에 영향을 미치지 않으므로 '0'의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

Table 5. Identification of the Relation One to One [Arterial Road]

Potential Risk Factors	1	2	3	4	5	6
Vehicle stopping behavior	1	1	0	0	1	0
Moving vehicles	2	1	1	0	1	0
No safety assistant	3	1	1	1	1	0
Vehicles	4	0	0	0	1	0
Bus & Bicycle	5	0	0	0	1	1
Heavy traffic	6	1	1	0	1	0

지구도로의 경우에도 '이동하는 차량'으로 인해 주정차가 존재하고 차량자체의 불안요소로 작용한다고 판단되어 '1'의 값으로 표시하였으며, '이동하는 차량'과 보·차 미분리의 상호 관련성은 '60% 이상이 관련이 없다.'로 판단되어 '0'의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

Table 6. Identification of the Relation One to One [District Road]

Potential Risk Factors	1	2	3	4	5	6
Moving vehicles	1	1	0	0	1	0
Heavy traffic	2	1	1	0	1	0
No pedestrian way	3	1	1	1	1	0
Parking car	4	0	1	0	1	0
No safety assistant	5	1	0	1	1	1
Vehicles	6	0	0	0	0	1

## 5. ISM 구조화 모형

### 5.1. 분석과정

앞에서 추출한 위험요인과 1:1 비교에 의한 관계 매트릭스는 다음과 같은 구조화 계산이 이루어진다.

$$M = D + I \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$M^k = M^{k-1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(M : 인접행렬, D : 관계행렬, I : 단위행렬, k : 계산승수)

(1)식으로 인접행렬 Table 7과 Table 8을 형성하고 (2)식이 성립되는 가달행렬이 구해질 때까지 Boole 연산을 한다(윤두원, 2006).

Table 7. Adjacency Matrix [Arterial Road]

Potential Risk Factors	1	2	3	4	5	6
Vehicle stopping behavior	1	1	0	0	1	0
Moving vehicles	2	1	1	0	1	0
No safety assistant	3	1	1	1	1	0
Vehicles	4	0	0	0	1	0
Bus & Bicycle	5	0	0	0	1	1
Heavy traffic	6	1	1	0	1	0

Table 8. Adjacency Matrix [District Road]

Potential Risk Factors	1	2	3	4	5	6
Moving vehicles	1	1	0	0	1	0
Heavy traffic	2	1	1	0	1	0
No pedestrian way	3	1	1	1	1	0
Parking car	4	0	1	0	1	0
No safety assistant	5	1	0	1	1	1
Vehicles	6	0	0	0	0	1

가달행렬은  $M^k = M^{k-1}$ 로 수렴된 행렬로써 이를 통하여 Table 9와 Table 10을 구할 수 있다.

Table 9. Reachability Matrix [Arterial Road]

Potential Risk Factors (M <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	6
Vehicle stopping behavior	1	1	0	0	2	0
Moving vehicles	2	3	2	0	4	0
No safety assistant	3	3	2	1	4	0
Vehicles	4	0	0	0	1	0
Bus & Bicycle	5	0	0	0	2	1
Heavy traffic	6	3	2	0	4	0

Table 10. Reachability Matrix [District Road]

Potential Risk Factors (M <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	6
Moving vehicles	1	2	3	0	4	0
Heavy traffic	2	4	5	0	7	0
No pedestrian way	3	7	8	1	11	0
Parking car	4	3	4	0	5	0
No safety assistant	5	8	8	3	12	1
Vehicles	6	0	0	0	0	1

이어서 가달행렬을 이용하여 가달집합과 선행집합을 계산한다. 가달집합(R(Si))은 i행을 기준으로 m' ij=1의

값을 취하는 열의 집합 $[R(S_i)=\{S_j \mid m'_{ij}=1\}]$ 을 만드는 것이고, 선행집합 $A(S_j)$ 는  $j$ 열을 기준으로  $m'_{ji}=1$ 의 값을 취하는 행의 집합 $[A(S_j)=\{S_i \mid m'_{ji}=1\}]$ 을 만드는 것으로서 계산된 가달집합과 선행집합의 결과는 다음과 같다(윤두원, 2006).

Table 11. Reachability set,  $R(S_i)$  [Arterial Road]

$S_i, S_j$	$R(S_i)$					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0	0	1	0	0
2	1	1	0	1	0	1
3	1	1	1	1	0	1
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0	1

Table 12. Antecedent set,  $A(S_j)$  [Arterial Road]

$S_i, S_j$	$A(S_j)$					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	0	0	1
2	0	1	1	0	0	1
3	0	0	1	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	1	0
6	0	1	1	0	0	1

Table 13. Reachability set,  $R(S_i)$  [District Road]

$S_i, S_j$	$R(S_i)$					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	0	1	0	1
2	1	1	0	1	0	1
3	1	1	1	1	0	1
4	1	1	0	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	1

Table 14. Antecedent set,  $A(S_j)$  [District Road]

$S_i, S_j$	$A(S_j)$					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	0
3	0	0	1	0	1	0
4	1	1	1	1	1	0
5	0	0	0	0	1	0
6	1	1	1	1	1	1

## 5.2. 구조화모형 구축

### 5.2.1. A 초등학교(간선도로)

각 항목간 구조화를 위해서 계산된 가달집합을 기준으로  $R(S_i) \cap A(S_j) = R(S_i)$ 를 만족하는 요소를 찾는다.  $R(S_i) \cap A(S_j) = R(S_i)$  값은  $R(S_i)$ 에 영향을 받으며, 다른 요소에 영향을 주지 않는  $R(S_i)$  값이 가장 상위계층에 된다. A 초등학교의 경우 이에 해당하는 요소는 다음 표 15와 같다. 이 중 다른 변수에 영향을 받지 않는 요소는 '차량자체' (요인 4)이며, 분석을 통해 요인 4는 다른 변수에는 영향을 주지 않는다. 그러므로  $S1=\{4\}$ 가 가장 상위계층(Top Level)이 된다. 가장 상위계층을 삭제한 후 위와 같은 과정을 반복하면 요소별로 계층을 구분할 수 있다.

Table 15. Intersection of Reachability set & Antecedent set [Arterial Road]

$S_i, S_j$	$R(S_i)$	$A(S_j)$	$R(S_i) \cap A(S_j) = R(S_i)$
1	1,4	1,2,3,6	1
2	1,2,4,6	2,3,6	2,6
3	1,2,3,4,6	3	3
4	4	1,2,3,4,5,6	4
5	4,5	5	5
6	1,2,4,6	2,3,6	2,6

이를 통해 도출된 간선도로와 인접한 A 초등학교의 어린이 잠재위험 요인 구조화 모형결과는 Fig. 4와 같으며, 통학로에서 가장 큰 위험요인은 '차량자체' (요인 4)로 분석되었다. 이에 직접적인 상관관계가 있는 요인으로는 횡단보도에서의 차량의 정지행태(요인 1)와 버스 및 이륜차의 존재(요인 5)로 나타났다.

또한, Level 2에 해당하는 요인 중 '차량정지행태'는 간선도로를 고속으로 주행하는 차량(요인 2, 이동하는 차량)과 많은 교통량(요인 3)으로 인해 발생 빈도가 높아지며 어린이들의 불안요소를 심화 시키는 것으로 나타났다.

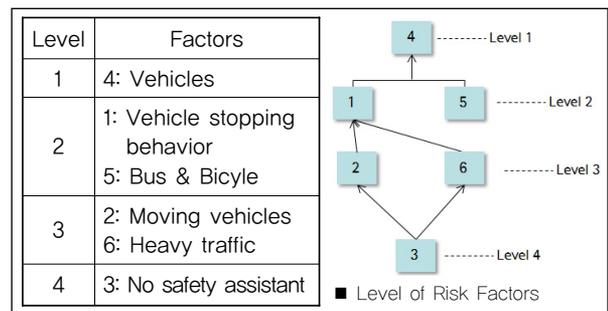


Fig. 4 ISM for Potential Risk Factors in A Elementary School

ISM을 이용한 잠재위험 요인 간 상호 관련성 분석결과 최하의 단계는 ‘안전도우미 부재’ 요인으로 분석되었으며, 우선적으로 경찰 및 녹색어머니회로 구성된 안전도우미의 배치를 통해 통학로의 위험요인을 제거할 수 있을 것으로 기대된다.

### 5.2.2. B 초등학교(지구도로)

A 초등학교에서의 구조화 방법과 마찬가지로 계산된 가달집합을 기준으로  $R(S_i) \cap A(S_j) = R(S_i)$ 를 만족하는 요소를 찾는다. 이에 해당하는 요소 중 다른 변수에 영향을 받지 않는 요소는 ‘차량자체’ (요인 6)뿐이므로  $S_1 = \{6\}$ 가 가장 상위계층이 된다. 같은 방법으로 Table 16과 같이 요소별로 계층을 구분할 수 있다.

통학로가 이면도로에 위치한 B 초등학교의 어린이 잠재위험 요인 구조화 모형결과는 Fig. 5와 같으며, 가장 큰 위험요인은 ‘차량자체’ (요인 6)로서 A 초등학교와 동일하게 나타났다. 이에 직접적인 상관관계가 있는 요인으로는 이동차량(요인 1), 많은 통행량(요인 2), 주·정차 존재(요인 4)로 분석되었다.

Table 16. Intersection of Reachability set & Antecedent set [District Road]

$S_i, S_j$	$R(S_i)$	$A(S_j)$	$R(S_i) \cap A(S_j) = R(S_i)$
1	1,2,4,6	1,2,3,4,5	1,2,4
2	1,2,4,6	1,2,3,4,5	1,2,4
3	1,2,3,4,6	3,5	3
4	1,2,4,6	1,2,3,4,5	1,2,4
5	1,2,3,4,5,6	5	5
6	6	6	6

위의 위험요인에 직접적인 영향을 주는 요인은 ‘보·차 미분리’이며, 통학로가 보·차 겸용도로로서 등하교시 차량으로부터 안전한 보행이 이루어지지 않아 위험을 느끼는 것으로 판단된다. 최하위 단계로는 A 초등학교

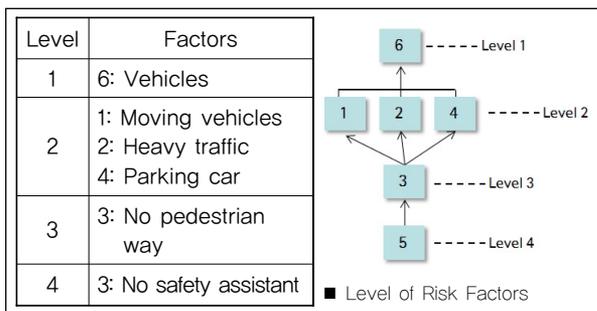


Fig. 5 ISM for Potential Risk Factors in B Elementary School

교와 동일하게 ‘안전도우미 부재’ 요인으로 분석되어 위험요인을 줄이기 위해 우선적으로 안전도우미의 배치가 요구된다.

## 6. 결론 및 향후연구과제

어린이 교통안전을 증진시키기 위해 추진되어 온 어린이 보호구역 지정 및 개선사업의 확대 시행에도 불구하고 통학로에서의 잠재위험 요인은 여전히 존재한다. 어린이 보호구역의 안전성 향상을 위해 통학로의 도로 여건 및 교통특성, 어린이 잠재위험 요인 등 각 초등학교 특성을 반영한 종합적이고 객관적인 평가가 요구되며 이러한 평가방법으로서 계층분석법(AHP)이 가장 널리 활용되고 있다.

그러나 각 요소간의 독립성과 상위계층 요소에 대한 비종속성을 기본 공리로 하는 AHP 결과는 요소간의 상호관계를 표현할 수 없다는 점에서 실무적용의 한계성을 지닌다. 또한, 네트워크분석법(ANP)을 적용한 사례에서는 요소간의 관계와 피드백을 포함한 네트워크 분석이 가능한 장점이 있으나 요소간 복잡한 쌍대비교로 인한 신뢰성 저하 및 초행렬 구조의 복잡한 자료처리가 지적되기도 했다. 본 연구에서는, 복잡하게 구성하고 있는 각 요소간의 상관관계를 명확히 할 수 있는 구조화 방법론인 ISM을 적용하여 어린이 보호구역의 잠재위험 요인 제거의 단계적 방법론을 제시하였다. 본 연구의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 통학로에 대한 사전정보 없이 평소에 어린이가 느끼는 위험요인을 추출하기 위한 설문조사를 시행하였으며 기존 전문가에 의한 요인추출과 비교할 때 어린이 관점에서 본 위험요인 추출이라는 점에서 의의가 있다. 간선도로의 경우 가장 위험하다고 느끼는 요인으로 횡단 시 차량들의 정지행태 및 속도라고 응답했으며, 지구도로의 경우 보행로 주·정차로 인한 보행환경에 대해 위험하다는 응답이 높은 비중을 차지하였다.

둘째, 대상학교 선정은 통학로 특성별 위험요소의 차이를 분석하기 위해 간선도로와 지구도로 인근학교로 나누어 모형을 구축하였다. 간선도로 인근 초등학교의 경우 횡단보도에서의 차량정지행태와 버스 및 이륜차의 존재가 ‘차량자체’ 위험요인과 관련이 있는 것으로 분석되었으며, 이 중 ‘차량정지행태’ 요인은 이동하는 차량과 교통량에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 지구도로 인근 초등학교의 경우 이동 중인 차량, 교통량, 주·정차 요인이 ‘차량자체’ 위험요인과 관련이 있으며, 이

는 보·차 분리를 통해 제거될 수 있을 것으로 판단된다.

ISM에 의한 구조화 모형은 어린이 보호구역의 문제점 및 위험요인의 상대적 중요도를 비교하는 AHP 결과와 비교할 때, 요인간 상관관계를 고려함으로써 하위단계부터 위험요인을 제거하여 상위단계의 개선에 영향을 미치는 구조로서 통학로 개선에 대한 상승효과를 기대할 수 있으며, 정비계획의 내실화 도모가 가능하다는 점에서 의의가 있다.

본 연구에서는 통학로 특성별 위험요소의 차이를 분석하기 위해 간선도로와 지구도로의 지역 특성이 반영된 초등학교를 각각 1개교씩 선정하여 분석하였으나, 학교주변의 입지여건 및 교통특성 등을 세분화하고 샘플수를 확대하여 어린이 보호구역 대상학교별 위험요소의 구조화 모형을 구축하고 통계적 검증을 통해 통학로의 교통안전성을 보다 증진시킬 수 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

## References

- Jeong, Kwang Seop, Kim Tae Ho, Park, Je Jin, Won, Jai Mu, 2009, A Development of Criteria for Evaluating School Zone by Utilizing Analytic Network Process, *The KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol 29, 191-197
- Kim, Joseph, 2009, *A Study of Criterion for Appointing the School Zone Using the Analytic Hierarchy Process*.
- Kum, Ki Jung, 1999, A characterizes to Secure the Safety of Traffic in the School Zone Using the analytic Hierarchy Process, *The KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol 19, 27-35
- Lee, Ho Mu, Kum, Ki Jung, Kim, Myung Su, 1999, A Study on the Structure of Transportation Planning Factor by ISM(Interpretive Structure Modeling), *The KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol 19, 553-559
- Yoon, Two-One, 2006, *The Structure Model of Ecological Land Use Planning for Water Circulatory System*.
- Huh, Uk, 2009, *A development of the Integrated Evaluation Criteria for Safety of School Zones*.
- Lee, Sun Woo, 2004, A Study of Prioritization of ITS Services Using AHP and ANP.
- National Police Agency, 2008~2011, *The Traffic incident statistics*.
- Lee, Byong Ju, 1999, *A Study of Children's behaviors and Improvement of Traffic Environment : Focusing on Yeongdeungpo-gu*.
- Lee, Ho Mu, 1996, *A Study for Analysis of Risk Factors and Characterization in the School Zone*.
- Kim, Ki Young, 2011, *A Study for Consistency Evaluation of HOQ using Analytical Structure Model*.
- Seoul Metropolitan Government, 2012, *The Analysis of the Safety Zone for Children, Olders and Disabled and Building Improvement in Seoul*.
- (접수일 : 2012. 6. 15 / 심사일 : 2012. 7. 3 / 심사완료일 : 2012. 9. 27)