

## DEA를 활용한 어린이보호구역개선사업의 효율성 평가에 관한 연구

강명식\* · 강태욱\*\* · 주정희\*\*\*

Kang, Myung Sik\* · Kang, Tae Euk\*\* · Ju, Jung Hee\*\*\*

### A Study on the Efficiency Evaluation of the Improvement Project for School Zone Using DEA

#### ABSTRACT

The improvement project for school zone in Korea is occurring mostly in kindergartens and elementary schools in which children are mainly active, and is being promoted as part of measures to prevent children's traffic accidents. However, since the study on the essential installation facilities and proper level of safety facilities for School zone is lacking, this study relatively evaluated the efficiency of safety facility installation using DEA (Data Envelope Analysis) and suggested improvement plan. We built the facilities and incident data for 28 school zones in Hwaseong City. Six major facilities (Raised intersection, Raised crosswalk, Protective fence, Skid Proof, Speed hump, Speed cameras) that have proven to be effective in the preceding research were analyzed as input factors. As a result of the analysis, only 12 out of 28 showed efficiency and 16 out of efficiency. Effective groups of school zones were found to have fewer installed Protective fences, Skid Proof, and Speed cameras installations than school zones classified as ineffective groups. Protective fences were found to be efficient even if only 47% of the total extension of the school zone was installed, and the number of slip prevention facilities was 8.7 per square km. The number of subjects to be compared is 28, so this study is limited to use as a relative efficiency evaluation index, and it can be grouped into nationwide units and efficiency evaluation can be done for each group.

**Key words :** School zone improvement project, DEA (Data Envelopment Analysis), Efficiency of installation of safety facilities, Efficiency group, Inefficient group

#### 초 록

우리나라의 어린이보호구역 개선사업은 어린이가 주로 활동하는 유치원, 초등학교 주변에서 많이 발생하고 있어 어린이 교통사고 예방책의 일환으로 추진하고 있다. 하지만 어린이보호구역내 안전시설물에 대한 필수 설치 시설물과 적정 설치 수준에 대한 연구가 부족한바, 본 연구에서는 자료 포락분석을 활용한 안전시설물 설치의 효율성을 상대적으로 평가하여 개선방안을 제시하였다. 화성시 관내 초등학교중 총 28개 어린이보호구역에 대한 시설물 현황과 사고현황 자료를 구축하였다. 기존 연구상에 효과가 입증된 주요 시설물 6개(고원식 교차로, 고원식 횡단보도, 방호울타리, 미끄럼방지시설, 과속방지턱, 단속카메라)만 투입요소로 하여 분석하였다. 분석결과 28개소 중 12개소만 효율성이 있는 것으로 나타났으며, 16개소는 효율성이 떨어지는 것으로 나타났다. 효율집단으로 구분된 어린이보호구역은 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라 설치기 비효율집단으로 구분된 어린이보호구역보다 적게 설치한 것으로 나타났다. 방호울타리는 어린이보호구역 전체연장 중 47% 정도만 설치하여도 충분히 효율성이 있는 것으로 나타났으며, 미끄럼방지시설의 개소 수는  $\text{km}^2$ 당 8.7개 정도면 효율성이 있는 것으로 나타났다. 비교대상의 수가 28개소로 상대적 효율성 평가지표로 활용하는 데는 본 연구가 한계가 있으며, 향후 전국단위로 그룹화 하여 각 그룹별로 효율성 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

**검색어 :** 어린이보호구역 개선사업, 자료포락분석, 안전시설물 설치의 효율성, 효율집단/비효율집단

\* 양주시청 대중교통과 (Yangju City Hall · kma1322@korea.kr)

\*\* 정희원 · 교신저자 · 경기대학교 일반대학원 도시교통공학과 박사수료 (Corresponding Author · Kyonggi University · kmazel@hanmail.net)

\*\*\* 정희원 · 경기대학교 일반대학원 도시교통공학과 박사수료 (Kyonggi University · aw7809@hanmail.net)

Received September 10, 2018/ revised September 28, 2018/ accepted October 12, 2018

## 1. 서론

우리나라의 어린이보호구역 개선사업은 어린이 교통사고가 어린이가 주로 활동하는 유치원, 초등학교 주변에서 많이 발생하고 있어 어린이 교통사고 예방책의 일환으로 추진하고 있다. 이는 어린이보호구역내 교통안전시설 정비 및 CCTV를 설치하여 안전한 어린이 통학로 확보를 통한 교통사고 예방 및 어린이 범죄예방 등이 주요 목적이다.

최근 어린이보호구역 개선사업은 그동안 우리나라의 어린이 교통사고를 감소시키는데 큰 역할을 한 것으로 평가받아오고 있지만, 어린이보호구역 개선사업의 투자비가 과다하다는 평가(KOTI, 2006)가 지속적으로 제기되어 왔다. 또한, 어린이보호구역 지정에 따라 주정차금지, 속도제한 등의 규제가 적용되었지만 실질적인 준수율이 떨어져 규제의 실효성에 대해서도 문제가 제기되었으며 (Kim, 2006), 물리적인 시설물이 설치되었으나 그에 대한 구체적인 설치기준이 없어 여러 가지 혼란을 야기하는 것도 문제점으로 지적되었다(Kim, 2006).

따라서 최근에는 이러한 문제점으로 인하여 어린이보호구역 개선 사업에 드는 비용을 많이 감축하고 있는 실정이다. 서울시의 연간 어린이보호구역 개선비용은 Table 1과 같다. 서울시의 현황을 보면 ‘10년 이전에는 어린이보호구역 1개소당 약 1억2천만원의 비용을 들였으나, ‘15년에는 약 1,800만원 정도로 10%수준으로 줄어들었다.

이와 같이 어린이보호구역 개소당 사업비를 감축하고 있는 실정이나 최근 다시 어린이 보호구역 내 사고가 증가하고 있는 추세도 있기 때문에 적정수준에 대한 논란은 계속 있을 수 있다. 어떤 시설물을 얼마만큼 설치할 것인지에 대한 기준이 없으며, 기존에 시설물에 대한 사고감소 효과분석은 그 대상지에 따라 방법에 따라 상이한 결과가 많다.

따라서 본 연구는 이러한 문제에 대한 기초적인 연구로 어린이보호구역 내 교통안전시설물 설치의 효율성을 상대적으로 평가하기 위해 보호구역내 설치되어 있는 안전시설물을 투입요소로 하고, 보호구역내에서 발생하는 교통사고를 산출요소로 하는 자료포락분석기법(Data Envelopment Analysis, DEA)을 실시하여 평가해보고, 평가결과를 기초로 각 지점별 어린이보호구역 내 도로·교통

안전시설물 설치에 대한 개선 방안을 제시하여 어린이보호구역 개선사업의 내실화를 도모하고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 어린이보호구역 개선사업의 효율성을 평가하기 위해 기존 어린이보호구역 내에 설치되어 있는 시설물 현황자료와 해당 보호구역내에서 발생한 교통사고 현황자료를 수집하여 교통안전시설물을 투입요소로 하고, 발생된 교통사고를 산출요소로 하는 자료 포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)을 실시하고자 한다.

우선 투입요소인 시설물 자료 수집을 위해 경기도 화성시에 있는 어린이보호구역 28개소에 대한 시설물 자료를 수집하여 시설물 현황 데이터를 구성하였고, 산출요소인 교통사고 자료는 지난 2013년부터 2015년도까지 3개 년도에 해당하는 데이터를 도로교통공단 TAAS를 통해 수집하여 사고 현황 데이터를 구축하였다.

특히 교통사고건수 자료는 개별적인 어린이보호구역 내 교통사고 데이터를 수집해보면 보통은 0건에서 최대 1~2건 정도밖에 발생하지 않아 개선사업의 효율성을 분석하기에는 너무 적은 문제로 인해 본 연구에서는 어린이보호구역내에서 발생한 모든 교통사고를 대상으로 하였다.

## 3. 기존 연구 고찰

### 3.1 어린이 보호구역 설치 효과

Kim(2016)은 기존 어린이 보호구역으로 지정 및 관리되고 있는 초등학교 대상지를 선정하여 교통안전시설 현황과 차량 통과 속도 값 등을 통한 기존 어린이 보호구역의 미흡점과 개선방향 도출하였다.

Lesley Strawderman(2015)은 School Zone 내 안전표지의 영향을 분석하였는데, 표지의 포화정도가 높은 경우 평균통행속도가 낮다는 연구결과를 제시하였다.

Jeon(2012)는 어린이 보호구역 운영과 개선에도 불구하고 어린이 교통사고 점유율은 매년 증가하고 있는 상황을 인식하고, 어린이 보호구역에서 어린이들을 보호할 수 있는 새로운 통학로, 개선된

Table 1. Expenses for Improving School Zone (Seoul)

Classify	Before 2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Sites	1,368	126	82	63	40	64	60
Total Expense (Million Won)	163,306	12,232	5,643	4,596	1,262	1,174	975
Expense per site (Million Won)	119.37	97.07	68.81	72.95	31.55	18.34	16.25

Source : Plan for the renovation of the Seoul school zone (2017)

Note : Expense per site = The total expense ÷ Sites of improving school zone

교통안전의식, 보행자 측면을 고려한 교통안전시설물의 필요성을 제시하였다.

Nurul Hidayati et al.(2012)는 Zoss (School Safety Zone)의 설치를 통한 과속에 대한 영향을 평가하였는데, 분석결과 ZoSS의 설치에 차량의 속도감소에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

Lee et al.(2012)는 어린이보호구역내 설치된 교통안전시설물의 현황을 파악하고 각 교통안전시설물들이 차량감속에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 분석결과 과속방지턱, 고원식 횡단보도가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

Park(2017)은 어린이보호구역에서 속도위반 단속장비가 차량 통행속도에 미치는 영향을 커널밀도추정 방법을 이용하여 평균 통행속도를 비교하였다.

Park(2013)은 어린이보호구역의 안전성 제고를 위한 교통안전 시설 실태연구를 통해 과속경보시스템과 방호울타리가 교통사고 감소 효과가 있는 것으로 권장하였다.

Kang(2008)은 어린이보호구역의 환경특성이 초등학교생의 차도횡단 및 차도보행에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 보도설치상태, 등하교시간, 보도폭, 주차차량, 차량수 대비 대형차량비율이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Kim(2016)은 어린이보호구역내 교통안전시설 개선방안에 대한 연구를 통해 고원식 횡단보도와 과속방지턱을 Vissim 시뮬레이션으로 속도저감 효과에 대해서 분석하였다.

Park and Kim(2010)은 어린이보호구역 내 시설물과 속도조사를 통하여 제한속도 준수여부를 파악하였다.

Lina et al.(2011)은 캐나다 Calgary에 있는 School Zone과 Playground Zone에서의 각각의 평균속도, 85%속도, 속도 준수율을 조사하였다.

Jung et al.(2008)은 통학로 특성에 따라 어린이보호구역을 분류하여 어린이보호구역 설치에 따른 어린이사고의 사고감소효과에 대하여 비교그룹방법을 이용하여 도출하였다.

Kim(2008)은 어린이보호구역 교통안전시설의 설치효과 분석을 3개 초등학교를 대상으로 효과분석을 수행하였다. 분석결과 고원식 교차로가 속도감속 효과가 있었고 칼라보도와 방호울타리는 보도통행율을 2배 가까이 높이는 효과를 보였다.

### 3.2 자료포락분석(DEA) 교통부문 적용 사례

Kim et al.(2002)은 DEA 모형을 이용하여 서울시 69개 시내버스 업체에 대한 업체별 효율성 점수를 산출한 후 규모의 경제성과 최소효율규모를 도출하였다.

Oh et al.(2002)은 DEA 모형을 이용하여 서울시 69개 시내버스 업체에 대한 업체별 효율성 점수를 산출한 후 이에 대한 토빗(Tobit) 회귀식을 추정하여 효율성에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다.

Kim and Kim(2003)은 서로 다른 도시철도 운영기관에 대한 효율성 값을 추정한 후 이들 값에서 토빗(Tobit)회귀식의 추정결과를 이용하여 조직유형 등과 같은 외부요인들의 영향을 제거하여 내부요인만의 영향이 반영된 효율성 값을 산출하였다.

Kim and Kim(2004)은 DEA를 이용하여 Malmquist 총 생산성 지수를 추정하여 도시철도 운영기관들의 총 요소생산성 증가를 추정하였다.

Kim and Kim(2005)은 확률적 비용변경접근법을 이용하여 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성을 추정한 후, 이를 DEA를 이용한 추정결과와 비교함으로써 접근방법의 특성이 추정결과에 미치는 영향을 분석하였다.

Kim(2013)은 전라북도 도시간 교통사고의 상대적 효율성 및 순차적 벤치마킹 분석을 통하여 교통사고 감소를 위한 지역별 지원의 합리적인 의사결정 자료를 강구하기 위해 자료포락분석을 수행하였다.

### 3.3 연구의 차별성

현재 어린이보호구역 개선사업의 효율성을 평가한 연구는 아직 전무하며 필요한 시기라고 할 수 있다. 보호구역내에 교통안전시설물만 투입한다고 교통사고가 감소하느냐라는 문제 즉, 한정된 예산하에서 적절한 시설물 투입을 통한 최대의 효과를 나타낼 수 있는 운영관리 기법에 대한 연구는 아직 미진한 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 이러한 어린이보호구역 내 교통안전시설물의 효율성을 평가하기 위해 자료포락분석(DEA)을 활용하고자 한다. 교통부문에서 자료포락분석을 활용한 사례는 대부분 철도, 버스, 항공, 물류 운영기관들의 효율성을 평가하는데 주를 이루었지만, 이를 교통안전부문과 연결하여 해석한 사례는 거의 없는 것으로 조사되었다.

개별 어린이보호구역 내 설치된 교통안전시설물을 투입요소로, 어린이보호구역 내에서 발생한 교통사고를 산출요소로 하는 자료포락분석을 통해 보호구역 내 시설물 설치 효율성을 평가하고, 효율성이 좋은 보호구역과 그렇지 않은 보호구역와의 비교를 통해 향후 어린이보호구역의 효율적인 운영 방안을 제시하고자 한다.

## 4. 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)

### 4.1 효율성 정의

효율성은 일반적으로 생산조직이 사용한 투입요소의 사용량에 대한 산출물 생산량의 비율을 의미한다(Han et al., 2009). 효율성은 생산조직이 단일 투입요소를 사용하여 단일 산출물을 생산할 경우에는 계산이 매우 간단하지만, 대부분의 생산조직은 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산한다. 이러한 조직의 효율성을

계산하기 위해서는 다수의 투입요소에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄투입과 다수의 산출물에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄산출을 계산하는 과정이 필요하다.

Kim(2013)에서는 효율성은 기술적 효율성(technical efficiency), 배분적 효율성(allocative efficiency), 사회적 효율성(social efficiency) 등으로 구분하였으며, 각각의 정의는 다음과 같다. 기술적 효율성은 투입에 대한 산출의 물리적 관계로 가장 빈번히 사용되고 있는 개념으로 어떤 일을 달성하는데 소요되는 자원을 최소화하거나, 동일한 양의 자원으로 최대의 가치화를 의미한다. Rosen(1993)은 효율성=(산출물의 양)×(산출물의 질)÷(투입량)으로 정의하였다.

또한, 배분적 효율성은 사회전체의 자원배분 상태에 관한 개념으로 수없이 많은 개인이 이익을 추구하면 경제행위를 하면 전체적으로 조화가 이루어지는 파레토 최적 도달 개념으로 정의하였다. 한편, 사회적 효율성은 기계적 효율성에 대한 비판적 입장으로 “누구를 위한 효율이냐”라는 효율의 목적이나 방향성을 내포하는 개념이다.

## 4.2 자료포락분석

자료포락분석(Data Envelopment Analysis)은 비모수적인 방법에 의하여 효율성을 평가하는 것으로 각 기관의 기준된 투입요소의 합과 산출요소의 합의 비율로부터 각 기관의 상대적 효율성을 측정하는 것이다. 자료포락분석은 서로 다른 단위로 측정된 투입 및 산출요소들에 대하여 가중치를 설정하지 않고도 모형에 포함할 수 있으며, 측정모형이 특정한 함수모형을 가정할 필요가 없다는 장점 때문에 공공부문의 효율성 측정에 유용한 측면이 있다(Shin, 2004).

### 4.2.1 기본모형

자료포락분석(DEA)모형에 있어서 효율성은 기술적 효율성의 개념으로 가장 효율적인 프론 티어와의 비교를 통해 결정되는 상대적 효율성의 개념이다. 즉 이상적인 기준점에 따라 평가되는 절대적 효율성의 측정은 불가능하기 때문에 유사한 투입, 산출 구조를 가지는 준거 집단과의 비교를 통하여 효율성의 정도를 측정하는 것이다. 자료포락분석(DEA)은 여러 가지 다양한 모형이 있지만, 대부분 CCR (Charnes, Cooper & Rhoes)과 BBC (Banker, Charnes & Cooper)모형으로 본 연구에서 사용된 BCC 모형을 살펴보면 다음과 같다.

#### 4.2.1.1 BCC 모형

Banker, Charnes, Cooper가 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit)의 전체 효율성을 추정하기 위해 제시한 BCC모형은

CCR모형에서 가정한 “규모에 대한 보수불변(CRS:Const ant returns to scale)”을 완화하여 ”규모에 대한 보수가변(VRS: Variable return to scale)“이라는 가정을 추가한 모형이다. BCC 모형은 규모의 수익효과를 파악하고 이를 기술적 효율성에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수 기술적 효율성에 따라 DMU들의 구분이 가능하며, 산출 기준 BCC 모형은 다음과 같다.

$$Min\theta_0 = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \quad (1)$$

$$s.t. \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \leq 1, j = 1, \dots, n \quad \begin{matrix} u_r \geq \epsilon \geq 0, r = 1, \dots, s \\ v_i \geq \epsilon \geq 0, i = 1, \dots, m \end{matrix}$$

여기서,  $\theta_0$  : DMU<sub>0</sub>의 효율성

$u_r$  : r번째 산출물에 대한 가중치

$v_i$  : i번째 투입물에 대한 가중치

$y_{rj}$  : DMU<sub>j</sub>의 r번째 산출물의 양

$x_{ij}$  : DMU<sub>j</sub>의 i번째 투입물의 양

$y_{r0}$  : 평가대상 DMU<sub>0</sub>의 r번째 산출물의 양

$x_{i0}$  : 평가대상 DMU<sub>0</sub>의 i번째 투입물의 양

$\epsilon$  : non-Archimedean 상수

$n$  : DMU의 수

$m$  : 투입물의 수

$s$  : 산출물의 수

## 4.3 비모수검정

비모수검정은 모집단에 대하여 구체적인 분포함수를 가정하지 않고 가설을 검정하는 것을 말하며, 모집단 분포에 대한 가정을 약화하는 것이 오류의 가능성을 줄이고, 때로는 효율도 높일 수 있는 대안이 될 때 사용하는 방법을 말한다.

본 연구에서는 자료포락분석(DEA)에 의해서 효율성 있는 그룹과 효율성이 떨어지는 그룹 2개의 독립표본에 대해서 검정할 것으로 맨-휘트니(Mann-Whitney)의 U 검정을 사용하기로 한다.

맨-휘트니(Mann-Whitney)의 U 검정은 한 표본의 크기가 40이 하이고, 다른 한 표본의 크기가 20 이하인 경우, 귀무가설의 기각 여부를 맨-휘트니 U 검정을 통해 알아 낼 수 있다(Eom, 2007).

맨-휘트니(Mann-Whitney)의 U 검정의 개념은 다음과 같다.

독립된 두 표본 집단 X, Y 가 존재할 때, 집단 X는 모집단으로부터 무작위 추출된 n개의 사례  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 으로, 집단 Y 역시

모집단으로부터 무작위로 추출된  $m$ 개의 사례  $y_1, y_2, \dots, y_m$ 으로 구성되어 있다고 하자. 맨-휘트니 U 검정은 X집단에 속한 모든  $x_i$ 와 Y집단에 속한 모든  $y_i$ 를 일대일로 비교하는 것에 기초를 두고 있다.  $n$ 개의 사례와  $m$ 개의 사례를 일대일로 모두 비교할 수 있는 경우의 수는  $(n)(m)$ 이 된다. 만일, 두 개의 독립된 표본이 동일한 중앙값을 갖고 있다면(즉, 영가설이 참일 경우), 일대일 비교에서 각  $x_i$ 는 각  $y_i$ 보다 클 확률과 작을 확률이 동일할 것이다. 따라서 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

$$H_0 : P(x_i > y_i) = \frac{1}{2} \tag{2}$$

$$H_1 : P(x_i > y_i) \neq \frac{1}{2} \text{ (양쪽검정)}$$

## 5. 자료수집 및 기초통계분석

### 5.1 자료수집

어린이보호구역의 효율성 평가를 위해 경기도 화성시 어린이보호구역 중 유치원, 어린이집을 제외한 초등학교만 선정(28개소)하였으며, 일반현황은 Table 2와 같다.

### 5.2 변수 선정 및 기초통계분석

#### 5.2.1 수집변수 선정

선정된 28개 초등학교 어린이 보호구역에 개선사업으로 실시된 교통안전시설물의 분류는 Table 3와 같다. 설치 시설물들이 자포포락분석의 투입요소 변수로 반영되며, 교통사고발생현황은 산출변수로 반영된다.

Table 2. 28 School Zones in Hwaseong City

Num	Administrative bureau	School name	School zone extension (m)	Speed Limit (km/h)	Road width (m)	Number of Signal Intersection (EA)
1	Byeongjeomdong	Beolmal Elementary School	626	30	14.5	3
2	Byeongjeomdong	Songhwa Elementary School	318	30	16	2
3	Byeongjeomdong	Taeon Elementary School	689	30	13	3
4	Byeongjeomdong	Gubong Elementary School	310	30	8.5	1
5	Byeongjeomdong	Anhwa Elementary School	821	30	18	2
6	Jin-andong	Byeongjeom Elementary School	621	30	17	3
7	Jin-andong	Jin-an Elementary School	300	30	13	2
8	Ban-woldong	Gisan Elementary School	730	30	15	3
9	Ban-woldong	Yulmog Elementary School	420	30	12.5	3
10	Ban-woldong	Donghag Elementary School	1,170	30	13.5	5
11	Songsandong	Hwasan Elementary School	1,140	30	7	4
12	Baeyangdong	Baeyang Elementary School	777	30	7.5	2
13	Giandong	Gian Elementary School	780	30	7	3
14	Ban-woldong	Hwaseong ban-wol Elementary School	809	30	23	3
15	Bansongdong	Supso Elementary School	1,188	30	13	3
16	Neungdong	Hanma-eum Elementary School	553	30	10	3
17	Neungdong	Neungdong Elementary School	415	30	9	2
18	Neungdong	Puleun Elementary School	318	30	8	2
19	Neungdong	Geumgog Elementary School	258	60	34	2
20	Bansongdong	Solbich Elementary School	287	30	15	2
21	Bansongdong	Banseog Elementary School	286	30	11	3
22	Bansongdong	Bansong Elementary School	596	30	16	2
23	Bansongdong	Hagdong Elementary School	408	30	7	3
24	Bansongdong	Seog-u Elementary School	470	30	11	3
25	Seog-udong	Yedang Elementary School	646	30	15	3
26	Jeongnammyeon	Jeonglim Elementary School	260	30	8	0
27	Jeongnammyeon	Jeongnam Elementary School	395	30	13	3
28	Annyeongdong	Annyeong Elementary School	815	30	35	3

Table 3. Types of School Zone Facilities

Classify	Installation facilities
Speed reduction facilities	Speed Hump, Raising Intersection, Raising Crosswalk
Information facilities	Integrated signs, Safety signs, Road mark
Sight guidance facilities	Sight line, Reflector, Lane Regulation Block
Pedestrian facilities	Protective fence, Remaining indicator, Floodlight, Crosswalk
Etc	Bollard, Skid Proof, Speed Camera
Output variable	The number of traffic accidents, the traffic accident severity Level (deaths, seriously injury, slightly injury, injury), The number of pedestrian accidents

5.2.2 투입변수 선정을 위한 상관분석

투입변수라고 할 수 있는 어린이보호구역 내 개별적인 시설물들이 교통사고 건수 및 심각도와 상관관계가 있는지 상관분석을 수행하였다. 어린이보호구역 내 시설물 개수는 도로면적에 비례할 수 있어 객관적인 시설물의 상관도 분석을 위하여 단위당 시설물 개수와 교통사고 발생건수 및 심각도간의 상관분석을 수행하였다. 상관분석은 SPSS Statistics 23으로 pearson 상관계수를 도출하여 통계적 유의성을 판단하였고, 상관분석 결과는 Fig. 1과 같다. 속도저감시설에서는 고원식 교차로, 고원식 횡단보도가 음의 상관계수이며, 유의수준이 90%에서 유의한 것으로 나타났다. 안내

시설에서는 투입변수간 안전표지와 노면표시가 양의상관성으로 나타나 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 시선유도시설은 투입변수간 차선규제블록과 반사경이 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나 차선규제블록이 초등학교 3개소만 설치(28개소 중) 반사경과 기능이 다르지만 통계적 상관성이 높은 시설이므로 분석에서 제외하였다. 보행자시설은 통계적으로 유의한 시설물이 없었다. 기타시설로는 미끄럼방지시설이 음의 상관계수이며, 유의수준 90%에서 유의한 것으로 나타났다. 단속카메라는 양의 상관계수이나 유의수준 90%에서 유의한 것으로 나타났고, 투입변수간 블라드와 미끄럼방지시설, 블라드와 단속카메라는 양의 상관관계로 유의

	Traffic accidents	Traffic accident severity	Raising Intersection	Raising Crosswalk	Speed Hump
Traffic accidents	1	.978**	-.371	-.339	-.134
		.000	.052	.078	.497
	28	28	28	28	28
Traffic accident severity		1	-.335	-.295	-.152
		.000	.081	.128	.440
	28	28	28	28	28
Raising Intersection			1	-.001	.021
			.081	.997	.915
	28	28	28	28	28
Raising Crosswalk				1	.277
				.078	.128
	28	28	28	28	28
Speed Hump					1
					-.134
	28	28	28	28	28

	Traffic accidents	Traffic accident severity	Integrated signs	Safety signs	Road mark
Traffic accidents	1	.978**	-.102	-.222	-.093
		.000	.606	.256	.637
	28	28	28	28	28
Traffic accident severity		1	-.110	-.212	-.105
		.000	.579	.279	.596
	28	28	28	28	28
Integrated signs			1	-.147	-.065
			.606	.579	.1
	28	28	28	28	28
Safety signs				1	.435*
				-.222	-.212
	28	28	28	28	28
Road mark					1
					-.093
	28	28	28	28	28

	Traffic accidents	Traffic accident severity	Sight line	Reflector	Lane Regulation Block
Traffic accidents	1	.978**	-.066	-.268	-.017
		.000	.738	.168	.930
	28	28	28	28	28
Traffic accident severity		1	.007	-.273	-.026
		.000	.971	.160	.896
	28	28	28	28	28
Sight line			1	.072	-.349
			-.066	.007	.1
	28	28	28	28	28
Reflector				1	.477*
				-.268	-.273
	28	28	28	28	28
Lane Regulation Block					1
					-.017
	28	28	28	28	28

	Traffic accidents	Traffic accident severity	Remaining indicator	Crosswalk	Floodlight	Protective fence
Traffic accidents	1	.978**	.359	.002	.261	-.214
		.000	.061	.991	.180	.275
	28	28	28	28	28	28
Traffic accident severity		1	.417*	-.048	.337	-.144
		.000	.027	.808	.080	.464
	28	28	28	28	28	28
Remaining indicator			1	-.361	.296	.017
			.359	.061	.059	.126
	28	28	28	28	28	28
Crosswalk				1	-.012	-.012
				-.002	-.048	-.361
	28	28	28	28	28	28
Floodlight					1	.113
					.180	.080
	28	28	28	28	28	28
Protective fence						1
						-.214
	28	28	28	28	28	28

	Traffic accidents	Traffic accident severity	Bollard	Skid Proof	Camera
Traffic accidents	1	.978**	-.083	-.348	.354
		.000	.675	.070	.065
	28	28	28	28	28
Traffic accident severity		1	-.033	-.321	.385*
		.000	.867	.096	.043
	28	28	28	28	28
Bollard			1	.382*	.344
			-.083	.867	.045
	28	28	28	28	28
Skid Proof				1	.072
				-.348	.070
	28	28	28	28	28
Camera					1
					.354
	28	28	28	28	28

Fig. 1. Correlations Analysis between Input And Output Variables

한 것으로 나타났다.

상관분석 결과, 어린이보호구역에 설치된 개별시설물과 교통사고건수 또는 교통사고 심각도와의 상관분석은 큰 의미가 없는 것으로 판단된다. 교통사고발생은 교통량 등 노출계수와 도로특성, 인적요인, 시설물의 원인이 복합적으로 작용하기 때문에 개별 안전 시설물과 교통사고와의 연관성을 찾을 수는 없었다. 따라서 16개 개별시설물의 상관분석을 통해서 통계적 유의를 갖는 4개 시설(고원식교차로, 고원식횡단보도, 미끄럼방지시설, 단속카메라)과 기존 연구에서 어린이보호구역 내 교통사고 감소 또는 속도 저감 효과가 있는 시설물들에 대해서 조사하여 주요 변수로 설정하여 분석하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

## 6. 투입/산출 변수 및 분석모형 선정

어린이보호구역 내에 설치된 다양한 교통안전시설물과 교통사고와의 상관분석을 실시한 결과 의미 있는 결과를 도출할 수는 없었다. 하지만 통계적 유의를 갖는 4개의 교통안전시설물은 교통사고에 영향을 미치는 시설물과 어린이보호구역의 시설물 설치에 따른 효과분석에 관한 연구들을 고찰한 결과와 비교하여 어린이보호구역에서 효율성을 평가할 만한 투입요소는 과속방지턱, 고원식교차로, 고원식 횡단보도, 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라 6개로 선정하였다.

따라서 본 연구에서는 두 가지로 어린이보호구역 시설물의 효율성 평가를 하고자 한다. 첫 번째는 어린이보호구역에 설치된 시설물을 모두 투입요소로 하여 효율성 평가를 한다. 두 번째는 어린이보호구역에 설치된 시설물중 설치 빈도수가 높고, 기존연구에서 교통사고 감소 또는 차량 감속유도 등의 효과를 보이는 시설물 6개를 투입요소로 하여 효율성 평가를 한다.

또한 DEA의 기본적인 목적함수식이 주어진 투입요소를 활용하여 산출량을 극대화하는 Maximization이기 때문에 본 연구에서의 산출요소는 총교통사고건수, 총 교통사고심각도, 차대사람 사고건수, 차대사람 심각도 4가지로 하되 목적함수가 최소값이 되어야 하므로 역수를 취한 값을 사용하도록 한다.

어린이보호구역의 효율성 평가모형은 자료포락분석 중 BCC (Banker, Carnes & Copper)모형을 선택하였다. BCC 모형은 규모에 대한 보수가변(Variable return to scale, VRS)을 가정하는 것으로 CCR (Charnes, Copper & Rhodes)모형이 규모에 대한 경제불변(Constant Returns to scale, CRS)을 가정하는 것과 가장 큰 차이점이다. BCC모형은 규모에 따른 수익가변 모형을 가정하고 있는데 여기에는 체증규모수익(IRS)과 체감규모수익(DRS)이 혼합된 모형이라고 할 수 있다. 이는 초반에는 투입된 요소들에 의해서 산출량이 상승하지만 어느 일정 시점을 지남에 따라 상승이 둔화된

다는 경제학적 논리에 따라 만들어진 모형이다. 어린이보호구역에서 설치되는 시설물에 의한 교통사고 감소를 가져올 수 있으나, 운전자들의 익숙함 등에 의해서 이 감소에 대한 반응은 둔화되는 것이 일반적이라고 할 수 있다. 또한 시설물 설치를 하나씩 늘린다고 해서 반드시 교통사고 감소라는 생산량을 가져오는 것이라고 할 수 없으며, 여러 가지 투입요소들이 복합적으로 작용하여 산출결과를 가져오는 유형이기 때문에 BBC 모형이 적합하다고 할 수 있다. 또한 BBC모형은 효율성을 평가하는 대상의 규모가 상이한 경우 공정하지 않을 수 있기 때문에 이를 고려한 모형이다. 본 연구에서 분석 대상으로 선정한 28개소의 어린이보호구역도 그 규모나 교통량, 보행량 등이 상이하기 때문에 이를 고려한 BBC모형이 적합할 것으로 판단된다.

이러한 이유로 BBC 모형을 이용하여 전체 시설물에 대한 효율성과 주요 시설물(6개)에 대한 효율성을 분석하였다.

## 7. 어린이보호구역 효율성 분석결과

### 7.1 전체 시설물 효율성 분석결과

어린이보호구역의 전체시설물을 대상으로 BCC모형으로 효율성을 추정한 결과는 Table 4와 같다. 어린이보호구역 28개소에 대한 효율성을 분석한 결과, 교통안전시설물 투입 대비 교통사고 산출에 있어서 24개 학교(85%)가 효율성이 있는 것으로 분석되었다. 4개 학교(15%)에서는 효율성이 떨어지는 것으로 분석되었다. 특히 일부 초등학교는 효율성이 매우 낮게 나와 어린이보호구역 시설물 설치에 대한 전반적인 개선이 필요한 것으로 분석되었다.

준거집단은 효율성이 1인 집단을 말하는데, 참조횟수는 효율적인 대상이 비효율적인 대상을 측정하기 위해서 비교된 횟수를 말하게 된다. 정립초등학교는 준거집단으로 참조횟수가 6회로 가장 많았다.

전체시설물을 대상으로 한 경우는 투입변수가 18개 산출변수가 4개로 총 22개 였는데 그에 반해 의사결정 대상 수는 28개로 매우 부족하였다. 따라서 평가지표의 포괄성 결여 현상이 나타나면서 평가지표가 너무 많은 경우 효율성이 높은 기관으로 과대하게 판정하는 경우가 많으며 이에 따라 평가대상에 대한 판별력이 떨어지게 된다.

Yun(2003)은 투입산출요소가 명확한 대상을 평가해야 한다고 주장하고 있으며, 이론적, 선행적인 방법을 포함한 여타의 다양한 방법을 통하여 핵심적인 투입산출 요소를 선정해야 한다고 주장하고 있다. 따라서 본 연구에서 투입요소와 산출요소를 기존연구에서 제시하는 적절한 수준으로 줄여서 분석하였다. 투입요소는 어린이보호구역의 교통사고 감소 또는 차량 속도 감속의 효과에 대한 연구가 있는 시설물들을 주요시설물(과속방지턱, 고원식교차로,

Table 4. Results of Analysis on Efficiency of School Zones (Input of Whole Facilities)

Num	School name	VRS	Efficiency	Reference group	Reference Count
1	Beolmal Elementary School	1	Yes	1.	2
2	Songhwa Elementary School	1	Yes	2.	2
3	Taeon Elementary School	1	Yes	3.	2
4	Gubong Elementary School	1	Yes	4.	1
5	Anhwa Elementary School	0.525	-	1, 2, 8, 26, 28.	0
6	Byeongjeom Elementary School	1	Yes	6.	1
7	Jin-An Elementary School	1	Yes	7.	1
8	Gisan Elementary School	1	Yes	8.	4
9	Yulmog Elementary School	1	Yes	9.	1
10	Donghag Elementary School	1	Yes	10.	2
11	Hwasan Elementary School	1	Yes	11.	1
12	Baeyang Elementary School	1	Yes	12.	2
13	Gian Elementary School	1	Yes	13.	1
14	Hwaseong Ban-Wol Elementary School	1	Yes	14.	1
15	Supso Elementary School	1	Yes	15.	1
16	Hanma-Eum Elementary School	1	Yes	3, 26, 28.	0
17	Neungdong Elementary School	0.41	-	26.	0
18	Puleun Elementary School	0.32	-	8, 26.	0
19	Geungog Elementary School	1	Yes	19.	1
20	Solbich Elementary School	1	Yes	20.	1
21	Banseog Elementary School	0.291	-	8, 10, 12, 26.	0
22	Bansong Elementary School	1	Yes	22.	1
23	Hagdong Elementary School	1	Yes	26.	1
24	Seog-U Elementary School	1	Yes	24.	1
25	Yedang Elementary School	1	Yes	25.	1
26	Jeonglim Elementary School	1	Yes	26.	6
27	Jeongnam Elementary School	1	Yes	27.	1
28	Annyeong Elementary School	1	Yes	28.	3

고원식 횡단보도, 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라)로 가정하고, 이들만 투입요소로 선정하였다. 산출요소의 경우 교통사고 건수, 교통사고 심각도만 포함하였다.

## 7.2 주요 시설물 효율성 분석결과

어린이보호구역의 주요 시설물을 대상으로 BCC모형으로 효율성을 추정한 결과는 Table 5과 같다. 어린이보호구역 28개소에 대한 효율성을 분석한 결과, 교통안전시설물 투입 대비 교통사고 산출에 있어서 12개 학교(42%)가 효율성이 있는 것으로 분석되었다. 16개 학교(58%)에서는 효율성이 떨어지는 것으로 분석되었다.

0~0.2로 효율성이 매우 낮은 어린이보호구역이 7개 학교가 나타

났으며, 0.2~0.4가 2개 학교, 0.4~0.6이 6개 학교, 0.6~0.8이 0개, 0.8~1.0이 1개, 효율성이 1인 학교가 12개로 나타났다. 분석결과 효율성이 양분화 되는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 산출물에 비해서 투입량이 적당하거나 아니면 과도한 경우가 많고, 적당한 수준(0.6~0.8)의 효율성을 갖는 지점은 없었다.

앞서 모든 시설물을 투입요소로 한 분석결과에 비해서 어린이보호구역의 효율성이 있는 학교 수가 24개에서 12개로 절반이 줄어들었다. 이는 모든 설치 시설물을 투입요소로 한 경우 총 18개의 투입요소가 되는데 평가대상의 수는 28개 밖에 되지 않아 효율성이 과대 추정된 것으로 보인다. 기존 연구(Banker et al., 1984; Gwak, 1993)에서도 투입요소의 수가 너무 많을 경우 변별력이 떨어질 수 있어 투입요소수의 평가대상의 수가 3배정도가 되는 것을 권장하고 있다.



주요 시설물만 투입요소로 반영한 경우에는 투입요소가 총 6개 이고, 평가대상수가 총 28개 이므로, 투입요소(6개)와 산출요소(2개)의 약 3배 이상이 되어, 전체 시설물을 투입요소로 한 경우보다는 합리적인 추정이라 판단된다.

준거집단은 앞서 전체시설물 대상으로 분석했을 때와 마찬가지로 정립초등학교(26)가 참조횟수 16회로 가장 빈도가 높았다. 준거횟수가 많을수록 그 효율성 값은 신뢰할 만하다고 할 수 있으며, 준거횟수가 많은 집단이 진정으로 효율적인 가능성이 있다고 보고 되고 있다(Smith and Mayston, 1987)

주요시설물만 투입변수로 한 효율성 분석결과로 효율집단과 비효율집단에 투입된 시설물 차이를 비모수검정(Mann-Whitney 방법)으로 검정하였다. 일반적으로 비교하는 독립집단의 샘플수가 30개 이상이 되면 정규분포를 따른다고 가정하고 t검정을 하나

본 연구에서는 집단의 개수가 30개가 되지 않아 비모수 검정방법을 사용하였다.

비모수검정 결과는 Table 6과 같으며, 방호울타리, 미끄럼방지 시설, 단속카메라의 경우 효율집단과 비효율집단이 차이가 있는 것으로 나타났다. 효율적인 집단이 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라를 적게 설치한 것으로 나타났다. 나머지 시설물들에 대해서는 효율집단과 비효율집단이 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다.

이는 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라를 무조건 많이 설치한다고 해서 교통사고발생건수나 심각도에 영향을 주는 것이 아니라는 것으로 해석할 수 있다. 일부 문헌에서는 방호울타리와 미끄럼방지시설, 단속카메라가 교통사고감소 또는 차량 주행속도 감소 측면에서 효과가 있다고 제시하고 있으나, 무분별하게 많이

Table 5. Results of Analysis on Efficiency of School Zones (Input of Main Facilities)

Num	School name	VRS	Efficiency	Reference group	Reference Count
1	Beolmal Elementary School	1	Yes	1.	1
2	Songhwa Elementary School	1	Yes	2.	4
3	Taeam Elementary School	1	Yes	3.	1
4	Gubong Elementary School	0.975	-	2, 12, 15, 26.	0
5	Anhwa Elementary School	0.120	-	2, 26, 28.	0
6	Byeongjeom Elementary School	1	Yes	6.	1
7	Jin-An Elementary School	1	Yes	7.	1
8	Gisan Elementary School	0.531	-	2, 26.	0
9	Yulmog Elementary School	1	Yes	9.	1
10	Donghag Elementary School	0.585	-	14, 26.	0
11	Hwasan Elementary School	0.298	-	26, 28.	0
12	Baeyang Elementary School	1	Yes	12.	3
13	Gian Elementary School	0.415	-	7, 15, 26.	0
14	Hwaseong Ban-Wol Elementary School	1	Yes	14.	2
15	Supso Elementary School	1	Yes	15.	2
16	Hanma-Eum Elementary School	0.283	-	3, 14, 26.	0
17	Neungdong Elementary School	0.415	-	26.	0
18	Puleun Elementary School	0.159	-	26.	0
19	Geumgog Elementary School	0.018	-	26.	0
20	Solbich Elementary School	0.451	-	2.	0
21	Banseog Elementary School	0.071	-	26.	0
22	Bansong Elementary School	0.108	-	12, 26.	0
23	Hagdong Elementary School	0.408	-	26.	0
24	Seog-U Elementary School	1	Yes	24.	1
25	Yedang Elementary School	0.162	-	26.	0
26	Jeonglim Elementary School	1	Yes	26.	16
27	Jeongnam Elementary School	0.198	-	26.	0
28	Annyeong Elementary School	1	Yes	28.	3

설치하는 것은 효율성이 떨어진다고 할 수 있다.

방호울타리는 일반적으로 무단횡단을 방지하는 기능을 하는 것으로 알려져 있으나, 어린이 보호구역의 경우 4차로 미만의 이면 도로에서 운영하는 경우가 많기 때문에 물리적으로 방호울타리를 많이 설치하는 것이 큰 도움이 되지 못하는 것으로 판단된다. 방호울타리는 꼭 필요한 곳에만 최소한으로 설치할 수 있도록, 최적위치를 판단하는 것이 중요하다. 또한 어린이들의 무단횡단을 방지하기 위해서는 물리적 시설 보다는 꾸준한 교육과 등학교 도우미들의 역할이 더욱 필요할 것으로 보인다.

미끄럼방지시설의 경우 4차로 이상 도로에서 설치(제한속도 50km/로 운영)되는 어린이보호구역, 대로에서 이면도로 진입하는 지점 등에서 효과가 있을 수 있으나 과속방지턱, 고원식 횡단보도 등이 설치되는 내부에서는 이미 속도저감을 하기 때문에 큰 효율성이 없는 것으로 판단된다. 적색포장 등이 미끄럼방지시설 중에 하나로 설치되고 있으나, 필요한 곳에만 설치하여 효율성을 높일 필요가 있다.

단속카메라(방법CCTV, 주정차단속 카메라)는 비용이 비싼 것이 단점이다. 투입하는 비용에 비해서 교통사고 감소의 성과는 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 방법 CCTV의 경우는 교통사고뿐만 아니라 어린이 범죄를 위해서 반드시 설치되어야 하는 시설로 신중한 고려가 필요하다. 교통사고 감소 효과 이외에 범죄예방 등의 효과가

클 것으로 판단되어 무조건 수를 줄이는 것은 지양해야 된다.

통계적인 검정방법을 이용하여 통계적으로 유의한 수준에서 시설물 설치가 차이가 나는지 여부를 분석하여보았다. 더 나아가 설치 시설물의 차이 정도가 어느 정도 되는 지 알아보기 위해 평균값 비교를 해보았다. 비모수검정 방법은 비교대상 그룹이 30개 이상이 되지 않아 정규분포를 따르지 못하기 때문에 집단간 평균차이를 비교하는 것이 아니고, 순위를 나열하여 순위합의 차이를 비교하는 방법이다. 따라서 효율집단(12개)과 비효율집단(16개)에 설치된 시설물의 평균값의 비교가 통계적으로 유의하지 않을 수 있으나 각 집단의 효율성을 갖기 위해서 어느정도 수준에서 설치하는 것이 좋은지를 파악하기 위해서 평균값 비교를 해보았다. 효율집단과 비효율집단에 설치된 시설물의 평균값은 Table 7와 같다.

분석결과 고원식교차로만 제외하고 나머지 변수에서는 모두 효율집단이 비효율집단보다 적게 설치하는 것으로 나타났다. 고원식교차로의 경우는 효율집단이 어린이보호구역 내 교차로중 21%, 비효율집단이 19%로 설치비율이 약간 많은 것으로 나타났다. 고원식횡단보도는 1.73개/km 적은 것으로 나타났으며, 방호울타리는 어린이보호구역 연장에 15%정도 적게 설치하는 것으로 나타났다. 미끄럼방지시설의 경우 어린이보호구역 면적당 설치지점수가 4.35 개 정도 작은 것으로 나타났다. 과속방지턱의 경우 6.75개/km,

Table 6. Verification of the Difference between the Facilities of School Zone Efficiency Group and the Inefficient Group

Num	Classify	Average ranking		Sig.	Verification Result
		Efficiency group	Inefficient group		
1	Raising Intersection	14.11	14.89	0.945	no difference
2	Raising Crosswalk	16.79	12.21	0.110	no difference
3	Protective fence	17.25	11.75	0.059	Less installed efficiency group
4	Skid Proof	17.29	11.71	0.013	Less installed efficiency group
5	Speed Hump	17.00	12.00	0.121	no difference
6	Speed Camera	18.96	10.04	0.082	Less installed efficiency group

Table 7. Comparison of Average Installed Facilities between Effective and Ineffective Groups in School Zone

Num	Classify	Average		Efficiency group versus inefficient group
		Efficiency group	Inefficient group	
1	Raising Intersection (Ratio of intersection)	0.21	0.19	plenty
2	Raising Crosswalk (Number per km)	1.05	2.78	little
3	Protective fence (Installation Extension Ratio)	47.31	62.10	little
4	Skid Proof (Point per square kilometer)	8.71	13.06	little
5	Speed Hump (Number per km)	6.75	10.04	little
6	Speed Camera (Number per km)	2.75	4.43	little
7	Traffic accidents per km	9.68	9.30	
8	Traffic accident severity per km	42.23	40.28	

단속카메라의 경우 1.68개/km 적게 설치하는 것으로 나타났다. 앞서 비모수검정결과 효율집단과 비효율집단이 차이가 있는 것으로 나타난 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라의 경우는 적정 수준에서 차이가 큰 것으로 보인다.

효율집단(12개)과 비효율집단(16개)의 연장당 교통사고건수와 교통사고 심각도의 경우 거의 유사한 것으로 나타났다. 이는 비효율 집단의 시설물 설치수준이 효율집단 수준으로 작아지더라도 비슷한 사고수준을 유지될 것으로 판단할 수 있다.

## 8. 결론 및 향후 연구과제

### 8.1 결론

본 연구는 효과가 검증된 시설물만 어린이보호구역에 설치할 수도 없고, 대상에 따른 설치효과가 각기 다르게 나타나기 때문에 필수 설치 시설물과 적정 설치 수준에 대한 기초적인 연구로 어린이 보호구역 내 교통안전시설물 설치의 효율성을 상대적으로 평가하기 위해 보호구역 내에 설치되어 있는 안전시설물을 투입요소로 하고, 보호구역내에서 발생한 교통사고를 산출요소로 하는 자료포락분석을 실시하였다.

화성시에 설치된 초등학교 총 28개 어린이보호구역에 대한 시설물 현황과 사고현황 자료를 구축하였고, 전체시설물(18개)을 투입요소로 한 경우와 주요시설물(6개)을 투입요소로 하는 자료포락분석을 실시하였다.

분석결과 전체시설물을 투입요소로 한 경우는 투입요소 및 산출요소 합계(22개)가 평가대상이 되는 어린이보호구역(28개)의 개수보다 3배 이상 되는 것이 결과의 신뢰성을 보장하는 특성에 따라 유의한 결과들을 얻지 못하였다

따라서 기존 연구를 통해서 어린이보호구역 설치시설물 중 그 효과가 입증된 주요 시설물 6개(고원식 교차로, 고원식 횡단보도, 방호울타리, 미끄럼방지시설, 과속방지턱, 단속카메라)만 투입요소로 하여 분석하였다.

분석결과 28개소 중 12개소만 효율성이 있는 것으로 나타났으며, 16개소는 효율성이 떨어지는 것으로 나타났다. 효율집단으로 구분된 어린이보호구역은 방호울타리, 미끄럼방지시설, 단속카메라 설치가 비효율집단으로 구분된 어린이보호구역보다 적게 설치한 것으로 나타났다. 이 3가지 시설물의 경우 어린이보호구역에서 무조건 많이 설치한다고 해서 교통사고 감소효과를 가져오는 것은 아니라고 해석할 수 있다. 방호울타리는 어린이보호구역 전체연장 중 47% 정도만 설치하여도 충분히 효율성이 있는 것으로 나타났으며, 미끄럼방지시설의 개소 수는  $\text{km}^2$ 당 8.7개, 단속카메라의 개소 수는  $\text{km}$ 당 2.75개 정도면 효율성이 있는 것으로 나타났다.

### 8.2 향후 연구과제

비교대상의 수가 28개소로 한계가 있기 때문에 시설물 설치의 적정수준을 제시하기는 어려우나 전국에 설치되어 있는 어린이보호구역을 대상으로 상대적인 비교를 함으로써 효율성을 평가하게 되면 적정수준을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 교통사고는 노출계수인 교통량과 도로연장에 가장 큰 영향을 받는데, 본 연구에서 교통량에 대한 영향을 고려할 수는 없었다. 향후 연구에서는 교통량에 따라 어린이보호구역을 그룹화 하여 각 그룹별로 효율성을 평가해볼 수 있을 것이다. 교통량 또는 보행량, 주변 환경에 따라서 어린이보호구역에 적정 설치 수준이 차이가 있을 것으로 판단되어 향후 다양한 어린이보호구역에 대한 자료를 추가적으로 수집하여 효율성 평가를 할 수 있을 것이다.

## References

- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis." *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- Eom, M. Y. (2007). "Practical Nonparametric Statistics for Social Workers", Jipmoondang publishing Co., p. 153 (in Korean).
- Gwak, Y. J. (1993). *A Study on the Evaluation of Hospital Efficiency Using Data Envelopment Analysis*, Chungnam National University Graduate School Doctoral Thesis (in Korean).
- Han, J. S., Kim, H. R. and Ko, S. Y. (2009). "A DEA (Data Envelopment Analysis) approach for evaluating the efficiency of exclusive bus routes." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 27, No. 6, December (in Korean).
- Hidayati, N., Liu, R. and Frank, M. (2012). "The impact of school safety zone and roadside activities on speed behaviour: the Indonesian case." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, No. 53, pp. 1339-1349.
- Jeon, M. H. (2012). *A Study on Traffic Safety Facilities for the Prevention of Traffic Accidents in School zones*. Hongik University Graduate School (in Korean).
- Jung, D. Y., Kim, D. G. and Lee, S. B. (2008). "An evaluation of the crash reduction effects of school zone improvement projects." *Seoul Studies*, Vol. 1, No. 9, pp. 1-13 (in Korean).
- Kang, J. E. (2008). *The Effect of School Zone's Environmental Characteristics to Illegal Walking and Crossing on Road of Elementary School Students*. Kyungwon University graduate school (in Korean).
- Kim, C. M. (2006). "Efficiency improvement project for Gyeonggi-do child protection area." *Transportation Technology and Policy*, Vol. 3, No. 1, pp. 144-156 (in Korean).
- Kim, I. G. (2016). *Study on improvement of traffic facilities in school zone*. A-JOU University Graduate School (in Korean).
- Kim, J. U. (2008). *A study on analysis of school zone traffic safety facilities's installation effectiveness*. Department of Environmental

- Planning Graduate School of Environment Studies Seoul National University (in Korean).
- Kim, M. J. and Kim, S. S. (2003). "Analyzing the efficiency of Korean rail transit properties using data envelopment analysis," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 21, No. 4 (in Korean).
- Kim, M. J. and Kim, S. S. (2004). "Analyzing the productivity of Korean rail transit authorities: a nonparametric malmquist approach," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 22, No. 6 (in Korean).
- Kim, M. J. and Kim, S. S. (2005). "An analysis on the efficiency and productivity of Korean rail transit authorities using a stochastic cost frontier approach (a comparison with the estimation results by DEA)," *Conference of Korean Society of Transportation*, No. 2 (in Korean).
- Kim, S. S., Oh, M. Y. and Kim, M. J. (2002). "Analyzing efficiency and economies of scale in the Seoul's urban bus industry: an application of data envelopment analysis," *Environmental Publications*, Vol. 40 (in Korean).
- Kim, Y. H. (2006). *Improvement measures for the analysis of actual conditions in child protection areas: focusing on cheonan city*. Hanbat National University Graduate School (in Korean).
- Kim, Y. N. (2013). *Analysis of relative of traffic accidents among cities in jeollabukdo province with DEA*. Chonbuk National University Graduate School (in Korean).
- Lee, H. W., Joo, D. H., Hyun, C. S., Kim, D. H., Park, B. H. and Lee, C. K. (2012). "An analysis of effects of travel speed using the safety facilities in the school zones," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 3, No. 11 (in Korean).
- Lesley, S., Mahmudur, R., Huang, Y. and Nandi, A. (2015). "Driver behavior and accident frequency in school zones: assessing the impact of sign saturation," *Accident Analysis Prevention*, No. 82, pp. 118-125.
- Lina, K., Richard, T. and Shanti, A. (2011). "Managing speed at school and playground zones," *Accident Analysis Prevention*, Vol. 43, No. 5, pp. 1887-1891.
- Oh, M. Y. and Kim, S. S. (2005). "Productivity changes by public transport reforms in the Seoul's urban bus industry," *Conference of Korean Society of Transportation*, No. 3 (in Korean).
- Oh, M. Y., Jung, C. Y. and Son, U. Y. (2009). "Analysis on reliabilities of Seoul's trunk bus lines Using BMS Data (through data envelopment analysis)," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 27, No. 1 (in Korean).
- Oh, M. Y., Kim, S. S. and Kim, M. J. (2002). "Analyzing efficiency in the Seoul's urban bus industry using data envelopment analysis," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 20, No. 2 (in Korean).
- Olmstead, T. "Freeway management systems and motor vehicle crashes: a case study of Phoenix, Arizona," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 33, pp. 433-447.
- Park, B. G. (2013). "The research of existing traffic safety facilities condition for enhancing in school zone safety," *Korean Association for Spatial Structures*, Vol. 13, No. 2, pp. 101-109 (in Korean).
- Park, C. Y. and Lee, S. G. (2016). "An analysis of the characteristics of street environment affecting pedestrian accidents (applications of street segment analysis unit and spatial statistics)," *Urban Design Institute of Korea*, Vol. 17, No. 3, pp. 105-121 (in Korean).
- Park, J. B. (2017). "The effects of installing a speed enforcement system on vehicle speed in school zone," A-JOU University Graduate School (in Korean).
- Park, J. Y. and Kim, D. G. (2010). "The vehicle speeding characteristic analysis in the school zone," *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, Vol. 2, No. 12, pp. 63-69 (in Korean).
- Park, S. N. (2017). *A study on influencing factor affecting children traffic accidents in school zone*. Seoul University Graduate School (in Korean).
- Shin, H. D. (2004), *A Study on the Performance Evaluation of the University*, Sungkyunkwan University graduate school doctoral thesis (in Korean).
- Smith, P. and Mayston, D. (1987). "Measuring efficiency in the public sector. omega," *The International Journal of Management Science*, Vol. 15, pp. 181-189.
- Yun, G. J. (2003). "Using DEA to measure the public sector efficiency: a review and proposal," *Journal of Governmental Studies*, Vol. 9, No. 2, pp. 7-31 (in Korean).