

# 3지 신호교차로의 교통사고 발생모형 - 청주시를 사례로 -

박병호<sup>†</sup> · 한상욱 · 김태영

충북대학교 도시공학과  
(2008. 11. 17. 접수 / 2009. 2. 25. 채택)

## Traffic Accident Models of 3-Legged Signalized Intersections in the Case of Cheongju

Byung Ho Park<sup>†</sup> · Sang-Uk Han · Tae-Young Kim

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University  
(Received November 17, 2008 / Accepted February 25, 2009)

**Abstract :** This study deals with the traffic accidents at the 3-legged signalized intersections in Cheongju. The goals are to analyze the geometric, traffic and operational conditions of intersections and to develop a various functional forms that predict the accidents. The models are developed through the correlation analysis, the multiple linear, the multiple nonlinear, Poisson and negative binomial regression analysis. In this study, two multiple linear, two multiple nonlinear and two negative binomial regression models were calibrated. These models were all analyzed to be statistically significant. All the models include 2 common variables( traffic volume and lane width) and model-specific variables. These variables are, therefore, evaluated to be critical to the accident reduction of Cheongju.

**Key Words :** 3-legged signalized intersections, multiple linear, nonlinear regression, traffic accident, EPDO accident rate

### 1. 서론

#### 1.1. 연구 배경 및 목적

급격한 차량 증가에 따라 우리나라 교통사고 건수는 1980년대 약 12만건에서 2007년 약 21만 5천건으로 지속적으로 증가하고 있다. 이 중 교차로 사고는 2007년 교통사고 214,171건 중 38.5%인 82,524건이다.

청주시의 교통사고는 2007년 6,404건으로, 이 중 교차로에서 발생한 교통사고는 44.5%인 2,850건으로, 전국 교차로 사고비율과 비교해 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있어, 교차로의 안전성 증대를 위한 노력이 필요하다. 청주시 3지 신호교차로에서 발생한 사고는 464건으로 교차로사고의 17.9%를 나타내고 있다. 이는 4지 신호교차로에 비해 낮은 비율이지만, 신호교차로 중 3지 신호교차로의 비중을 감안할 때 낮은 비율이라 할 수 없다.

본 연구는 청주시의 3지 신호교차로를 대상으로 도로조건, 교통조건, 교통운영조건 등과 교통사고와의 관계를 분석하고 모형 식을 도출하여, 도로환경요인이 청주시 3지 신호교차로 교통사고에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다. 이를 통해 향후 청주시 3지 신호교차로 운영에 도움을 주고 나아가 안전성 향상에 기여하고자 한다.

#### 1.2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 청주시 3지 신호교차로 전체 52개소를 연구대상으로 한다. 사고 자료는 충북지방경찰청의 2007년도 교통사고 통계자료와 도로교통안전관리공단의 사고충돌도 자료를 활용하며, 공단에서 자체 조사한 「2007년 청주시 전자교통신호체계 운영 및 교통량자료」<sup>7)</sup>를 이용하여 신호운영 및 교통조건을 파악하였다. 총 464건의 사고 자료를 바탕으로 사고관련 변수는 2007년 1월부터 2월까지 현장조사를 통해 수집하였다.

정리된 자료의 분석에는 LIMDEP 8.0을 이용하여, 각 변수들 간의 상관관계, 다중선형(multiple linear),

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
bhpark@chungbuk.ac.kr

다중비선형(multiple nonlinear) 및 포아송(Poisson)· 음이항(negative binomial) 회귀분석을 통해 사고모형을 개발한다.

## 2. 기존문헌고찰

### 2.1. 국내·외 연구동향

#### 2.1.1. 국내연구

홍정렬(2002)<sup>6)</sup>의 연구에서는 각 조사대상 변수들이 사고에 얼마나 영향을 주는지를 비선형 회귀모형을 이용하여 분석한 후 다른 모형과 비교검증 및 Spearman 순위상관계수를 통해 모형을 검증하였다.

하오근(2005)<sup>7)</sup>은 포아송 회귀모형을 사용하여  $\rho^2$ (우도비), 상관계수, MAD, MPB를 알아보고 가장 적합한 결과가 도출된 모델을 주 모델로 선정하여 사고예측모형을 만들고  $\rho^2$ (우도비)와  $\chi^2$ (Chi-square)의 값으로 모형 설명력을 검증하여 사고 심각도를 분석하였다.

박병호 등(2007)<sup>3)</sup>의 연구에서는 차량 방향전환 유형에 따라 사고모형을 개발하였다. 사고모형은 과산포 검정을 통해 음이항 모형을 개발하였으며, 모형식의 공통변수는 교통량으로 나타났고, 특정변수로는 직진의 경우 평균황색신호시간, 우회전의 경우 정류장유무, U턴의 경우 중차량비율이 교통사고에 영향을 미치는 요소로 제시했다. 모형식의 설명력은 기존문헌과 마찬가지로  $\rho^2$ (우도비),  $\chi^2$  등으로 검증하였다.

#### 2.1.2. 국외연구

Hauer 등(1988)<sup>8)</sup>은 교통류와 교통사고기록에 대한 정보를 가지고 신호 교차로의 안전도를 측정하기 위한 모형을 구축하였다.

Chin(2003)<sup>9)</sup>은 기존의 포아송, 다중 선형 회귀 분석의 한계를 설명하고, 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위한 임의의 효과에 대한 음이항 모형(RENB)을 설명하며, 싱가포르 신호교차로의 교통과 제어 특성들, 사고발생과 기하구조 사이의 관계를 조사에 적용하였다.

Mayora 등(2006)<sup>10)</sup>은 마드리드 폴리테크닉 대학(Madrid Polytechnic University)에서 수행된 사고예측모형을 정교화하였으며, 노출, 사고수, 도로설계의 변수를 가지고 음이항 회귀분석을 통해 사고모형을 구축하였고, 누적잔차분석과 표본의 무작위 제거를 통해 모델을 정교화하였다.

### 2.2. 기존연구와의 차별성

이 연구의 차별성은 두 가지를 들 수 있다.

첫째, 3지 신호의 운영특성상 4지 신호 등 타 교차로 형태와는 다른 사고특성을 가지고 있음에도, 이에 관한 문헌은 거의 없으며, 대부분 4지 신호교차로와 함께 분석이 이루어지고 있다. 아울러 본 연구는 사고에 관련한 최신자료를 활용하여 분석한 점에도 차별성이 있다.

둘째, 기존 문헌들에 비해 보다 다양한 독립변수를 검토하였다. 일반적으로 교통량을 제외하고 기하구조 변수 4~5개 정도가 추가되는 기존 연구들에 비해 본 연구는 총 16개의 변수를 선정하여 분석에 활용하였다.

## 3. 분석 틀의 설정

### 3.1. 사고 특성분석

청주시 3지 신호교차로의 사고는 사망사고 8건, 부상사고 340건, 물피사고 116건으로 나타났다. 사고유형으로는 차대사람 사고가 42건, 차대차 사고가 402건으로 가장 많고, 차량 단독사고는 20건으로 가장 적다. 4지와 비교했을 때 발생건수는 전체 건수의 차이로 적지만 3지의 사망사고비율은 약 1.72%로 4지(사망사고 1.13%)보다 높다.

사고의 교차로 위치별 전체사고에 대한 사고비율은 유입부에서 50.5%로 가장 높고, 교차로 내는 21.4%로 나타나 4지 신호교차로 위치별 사고비율(유입부 33%, 교차로내 38%)에 비해 유입부에서 교통사고가 높다.

주·야간의 전체사고에 대한 사고비율을 비교해 보면, 주간에는 48.5% 야간에는 51.5%로, 일반적으로 주간 교통량이 야간에 비해 많은 것을 감안하면 3지 신호 교차로의 사고율은 야간이 더 높다고 할 수 있으나, 4지 신호교차로(주간 43.2%, 야간 56.8%)보다는 그 차이가 적다.

3지 신호교차로는 4지와 비교했을 때 발생건수는 적지만 사망사고의 비율이 높아 사고심각도가 다르고 사고특성 또한 다른 것으로 나타났다. 이러한 쟁점에 따른 원인을 변수선정, 사고발생 모형개발 및 결과해석을 통해 정리하고자 한다.

### 3.2. 변수의 선정

#### 3.3.1. 독립변수의 선정

관련 문헌에서 제시하고 있는 사고관련 독립변수들을 검토하여 본 연구대상인 3지 신호교차로에

Table 1. Definitions of independent variables

독립변수	기호	정의 (단위)
1. 일평균교통량	$X_1$	$\ln(\text{침투시간교통량} \times \text{일평균보정계수})$ (=13.9)(대/일, pcu)
2. 차로수차이	$X_2$	주·부도로 차로수 차이(개)
3. 전체차로폭	$X_3$	교차로 전체 차로폭합(m)
4. 횡단거리	$X_4$	주도로의 정지선까지의 거리(m)
5. 좌회전전용차로 유무	$X_5$	좌회전전용차로 유무(없음:0, 있음:1)
6. 우회전전용차로 유무	$X_6$	우회전전용차로 유무(없음:0, 있음:1)
7. 교통섬 유무	$X_7$	교통섬 유무(없음:0, 있음:1)
8. 횡단보도합	$X_8$	횡단보도의 합계(개)
9. 제한속도차이	$X_9$	주도로 제한속도-부도로 제한속도(kph)
10. 종단경사절대값합	$X_{10}$	종단경사의 절대 값의 합(%)
11. 교차각	$X_{11}$	주도로와 접근로의 교차예각(°)
12. 이중정지선 유무	$X_{12}$	이중정지선 유무(없음:0, 있음:1)
13. 유턴 유무	$X_{13}$	유턴 유무(없음:0, 있음:1)
14. 증차량 비율	$X_{14}$	증차량교통량/전체교통량 $\times 100$
15. 신호현시수	$X_{15}$	신호운영에 따른 현시수 (2현시:0, 3현시:1)
16. 평균황색 신호시간	$X_{16}$	황색신호 시간의 평균(sec)

서 발생한 교통사고와 관련성이 높을 것으로 판단되는 독립변수는 다음 Table 1과 같다.

### 3.3.2. 종속변수의 선정

본 연구에서 사용되는 종속변수는 두 가지이다. 우선 주어진 기간 동안에 도로의 구간이나 지점에서 발생한 교통사고건수를 토대로 안전도를 평가하는 방법인 교통사고건수법(빈도), 둘째 사망사고, 부상사고 및 물피사고의 각 피해의 종류를 등가로 환산해서 하나의 피해단위로 나타내어 산정하는 대물피해사고 환산법(EPDO)<sup>1)</sup>에 의한 사고건수를 종속변수로 선정하였다.

이처럼 2개의 종속변수에 대하여 영향을 주는 독립변수를 사고발생 모형으로 구축하여 정리된 모형으로부터 다양한 해석과 결과 분석이 가능할 것으로 기대된다.

### 3.3. 상관관계 분석

#### 3.4.1. 상관(correlation)분석

Table 2. Definitions of dependent variables

종속변수	정의	식
1. 사고건수 ( $Y_1$ )	교차로내 사고건수의 합(건)	빈도
2. EPDO( $Y_2$ )	대물피해사고 환산법	$12 \times \text{사망사고} + 3 \times \text{부상사고} + \text{물피사고}$

변수간의 상관관계를 분석하기 위해 종속변수인 사고건수( $Y_1$ ), EPDO( $Y_2$ )와 독립변수( $X_1 \sim X_{16}$ )와의 상관관계를 분석한다. 상관관계의 유의성은 신뢰수준을 95%( $\alpha=0.05$ )로 하여 Pearson 상관계수를 통해 두 변수간의 유의한 정도를 분석한다.

분석결과, 사고건수( $Y_1$ )와 유의한 독립변수로는 교통량( $X_1$ ), 차로수차이( $X_2$ ), 전체차로폭( $X_3$ )으로 분석되며, 선행 연구들과 마찬가지로 교통량( $X_1$ )은 사고건수와 가장 유의함을 확인할 수 있다.

또한 EPDO( $Y_2$ )와 유의한 독립변수는 교통량( $X_1$ ), 전체차로폭( $X_3$ ), 횡단보도합( $X_8$ ), 제한속도차이( $X_9$ )이다. 사고건수( $Y_1$ )와 마찬가지로 교통량( $X_1$ )과 가장 유의한 것으로 분석된다.

### 3.2.2. 다중공선성(multicollinearity) 분석

변수들 간의 다중공선성 검증은 교통사고 예측모형 개발 시 중요한 부분으로 교통사고 영향변수 선정에 있어서 변수간의 상관관계를 고려하기 위한 것으로, 교통사고에 대해 동일한 영향을 미치는 독립변수의 중복선정을 방지하고 변수들 간에 동일한 영향을 미치는 변수에 대해서 확인함으로써 가장 영향력 있는 변수의 선정과 변수들 간의 상관구조를 파악하기 위해 실시한다<sup>2)</sup>.

## 4. 사고발생 모형개발 및 결과분석

이 연구에서는 종속변수인 교통사고건수와 사고심각도(EPDO)에 대하여 다중선형 회귀모형, 다중비선형 회귀모형, 포아송·음이항 회귀모형의 4가지 모형을 개발한다.

### 4.1. 다중선형(multiple linear)회귀분석

#### 4.1.1. 모형개발

Table 3. Result of multicollinearity analysis

독립변수	다중공선성 변수	상관계수/유의확률
일평균교통량 ( $X_1$ )	좌회전전용유무( $X_5$ )	0.38/0.00
	제한속도차이( $X_9$ )	0.37/0.00
차로수차이( $X_2$ )	제한속도차이( $X_9$ )	0.39/0.00
전체차로폭( $X_3$ )	횡단거리( $X_4$ )	0.33/0.00
	유턴합( $X_{13}$ )	0.44/0.00
횡단거리( $X_4$ )	교통섬유무( $X_7$ )	0.54/0.00
우회전전용차로유무( $X_6$ )	교통섬유무( $X_7$ )	0.46/0.00
교통섬유무( $X_7$ )	평균황색신호시간( $X_{16}$ )	0.39/0.00
횡단보도합( $X_8$ )	신호현시수( $X_{15}$ )	0.29/0.01
교차각( $X_{11}$ )	이중정지선유무( $X_{12}$ )	-0.49/0.00

Table 4. Synthesis of multiple linear regression models

모형	모형식	R <sup>2</sup>
1	$Y_1 = 7.438 + 0.728X_1 - 1.529X_3 - 0.352X_8 + 1.118X_{16}$	0.524
2	$Y_2 = 39.659 + 0.628X_1 - 9.068X_3 - 7.231X_8 + 0.826X_{11} + 0.970X_{14}$	0.506

다중선형회귀모형은 상관분석 결과에 따라 유의한 것으로 나타난 변수들을 단계적 변수 증감법(stepwise selection method)을 이용하여 통계적 유의성이 낮은 독립변수들을 제거하는 방법으로 구성하였다. 본 연구에서 설정한 최종모형, 즉 사고건수(Y<sub>1</sub>)와 EPDO(Y<sub>2</sub>) 모형의 모든 변수들은 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석되었다.

4.1.2. 결과분석

모형 1(사고건수(Y<sub>1</sub>) 모형식)은 설명력(R<sup>2</sup>)이 0.524로 모형 2(EDPO)보다 높은 것으로 나타났다. 교통사고건수(Y<sub>1</sub>)에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 교통량(X<sub>1</sub>)으로서 표준화 계수 값은 0.643으로 나타나 교통량이 증가할수록 교통사고건수가 증가하는 것으로 나타난다. 다음으로 전체차로폭(X<sub>3</sub>)에 대한 표준화 계수값이 -0.413으로 나타나, 전체차로폭이 좁아질수록 교통사고건수는 높아지는 것으로 분석된다.

EPDO(Y<sub>2</sub>)는 사고건수와 동일하게 교통량(X<sub>1</sub>)이 가장 큰 영향을 끼치고 있으며, 전체차로폭과 횡단보도합이 적을수록 교통사고율이 높아지는 것으로 분석되며, 교차각이 커지고 중차량비율이 높을수록 교통사고율이 증가된다.

4.2. 다중비선형(multiple nonlinear)회귀분석

4.2.1. 모형개발

다중비선형의 경우 모형 1(사고건수(Y<sub>1</sub>)모형)의 설명력(R<sup>2</sup>)이 0.511로 높게 나타나고 있다. 다중비선형 회귀모형식의 개발 결과는 다음과 같다.

4.2.2. 결과분석

교통사고건수(Y<sub>1</sub>)에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 교통량(X<sub>1</sub>)으로서 표준화 계수값은 0.518로

Table 5. Synthesis of multiple nonlinear regression models

모형	모형식	R <sup>2</sup>
1	$Y_1 = 0.0021X_1^{1.162} \cdot \exp(-0.735X_3 - 0.297X_8 + 0.362X_{13} - 0.412X_{16})$	0.511
2	$Y_2 = 0.143906X_1^{0.892} \cdot \exp(-0.632X_3 - 0.332X_8 + 0.019X_9 + 0.663X_{14})$	0.420

나타나 교통량이 증가할수록 교통사고건수가 증가하는 것으로 분석된다. 다음으로 전체차로폭(X<sub>3</sub>)에 대한 표준화 계수 값이 -0.484로 나타나, 전체차로폭이 좁아질수록 교통사고건수는 높아진다. 또한 황색신호시간이 짧고 유턴을 하는 곳에서 사고가 많이 발생하고, 횡단보도의 합이 적을수록 사고가 증가하고 있다.

EPDO(Y<sub>2</sub>)는 전체차로폭(X<sub>3</sub>)의 표준화 계수가 -0.447이며, t값도 -3.92로서 사고심각도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석된다. 또한 중차량비율이 높을수록 심각도가 높아졌으며, 교통량이 많고 교차로 내 횡단보도의 수가 적고 제한속도 차이가 클수록 사고심각도는 높아지는 것으로 분석된다.

4.3. 포아송 · 음이항 회귀분석

4.3.1. 과산포 검정

포아송 모형의 가장 큰 특징은 분포의 기대치와 분산이 같아야 된다는 것이다. 그러나 대부분의 가산자료는 분포의 분산이 기대치보다 크거나 작아 포아송 모형의 적용에 어려움이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 과산포검정 후 분석을 실시하였다.

과분산의 정도를 나타내는 과분산계수(α)가 0에 가까우면 포아송회귀모형이 적합하며, 0에 가깝지 않으면 음이항회귀모형을 사용하는 것이 바람직하다<sup>10)</sup>. 본 연구는 과분산계수(α)값 0.025를 기준으로 두 모형의 α값이 각각 0.59045와 0.36196이므로 음이항모형을 선택하였다.

4.3.2. 모형개발

음이항 회귀분석을 통한 사고발생 모형 개발결과, EPDO를 종속변수로 한 모형 2의 설명력(ρ<sup>2</sup> = 0.368)이 높은 것으로 분석된다.

4.3.3. 결과분석

모형식에는 전체차로폭(X<sub>3</sub>), 횡단거리(X<sub>4</sub>), 횡단보도합(X<sub>8</sub>), 유턴 유무(X<sub>13</sub>), 중차량비율(X<sub>14</sub>) 및 평균황색신호(X<sub>16</sub>)가 포함되었다.

전체차로폭(X<sub>3</sub>)은 두 모형에 각각 음(-)의 계수

Table 6. Synthesis of Poisson and negative binomial regression models

모형	모형식	ρ <sup>2</sup>
1	$Y_1 = \exp(2.2944 + 0.7112x_1 - 0.7267x_3 + 0.4149x_4 - 0.2302x_{16})$	0.201
2	$Y_2 = \exp(2.7110 + 0.8013x_1 - 0.4708x_8 + 1.1057x_{14})$	0.368

값을 가지며, 이것은 차로폭이 좁을수록 교차로 안전에는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석된다.

횡단거리( $X_4$ )를 살펴보면, 회귀계수는 사고건수( $Y_1$ ) 모형에 양(+의) 계수 값을 가지며, 이것은 횡단거리가 길수록 교통사고가 많이 발생하는 것을 나타낸다. 반면에 횡단보도합( $X_8$ )의 경우, 회귀계수는 EPDO( $Y_2$ ) 모형에서 음(-)의 계수 값을 가지며, 교차로에 횡단보도의 수가 적을수록 사고심각도는 증가된다. 또한 증차량비율( $X_{14}$ )은 사고심각도에 큰 영향을 주며, 증차량의 비율이 높아질수록 사고심각도가 커지는 것으로 나타났다.

4.4. 모형결과 종합

개발된 3지 신호교차로 사고발생 모형 모두 공통으로 포함된 변수는 교통량과 전체 차로폭이며, 모형별 공통변수는 다중선형모형에서 횡단보도합이 추가적으로 포함되었다. 또한 사고건수의 공통변수에는 평균황색신호시간, 그리고 EPDO에는 증차량비율이 포함되었다.

4.5. 모형의 검증

이 연구에서는 MPB(mean prediction bias)를 활용하여 실제치와 회귀식에 적용된 예측치 간의 상호 비교를 통해 모형의 적합성을 검증하였다.

여기서, MPB의 통계수치는 모형을 만들기 위하여 종속변수로 사용된 자료에 대해서 모형이 예측 결과 값이 어느 정도, 그리고 어떻게 치우쳐 있는지를 판단할 수 있는 기준을 제공하며, 결과 값이 작을수록 모형의 예측 값은 정확한 것을 의미한다(이명세, 2006)<sup>4)</sup>.

$$MPB = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n}$$

여기서,  $Y_i$  = 실측치,  $\hat{Y}_i$  = 모형의 예측치

Table 7. MPB of total intersections

구분		상관 계수	MPB
다중선형 회귀모형	사고건수	0.776	-1.0749
	EPDO	0.790	0.7515
다중비선형회귀모형	사고건수	0.801	2.9247
	EPDO	0.712	2.2547
포아송 및 음이항 회귀모형	사고건수	0.768	-1.1424
	EPDO	0.722	0.7364

MPB검증 결과, 다중선형회귀모형의 사고건수와 포아송 및 음이항모형의 EPDO가 가장 작은 수치로 나타나, 예측 값이 상대적으로 정확한 것으로 분석되었다. 다중비선형모형의 경우, 상대적으로 높은 수치를 보여, 모형의 예측력이 떨어지는 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구에서 지금까지 분석된 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 다중선형회귀식 2개, 다중비선형회귀식 2개 그리고 음이항회귀식 2개, 총 6개의 사고모형이 개발되었으며, 모두 통계적으로 의미 있는 것으로 분석되었다.

둘째, 개발된 다중선형모형과 다중비선형모형에서는 교통사고건수( $Y_1$ )를 종속변수로 하는 모형식이 가장 설명력이 높았으며, 그리고 음이항 회귀모형은 EPDO( $Y_2$ )를 종속변수로 하는 모형식이 가장 높게 분석되었다.

마지막으로 도출된 모형식에는 교통량과 차로폭이 포함되어 있으며, 특정 변수로는 다중선형회귀 분석의 교차각과 증차량비율, 다중비선형회귀분석의 제한속도차이, 유티유무 및 증차량비율, 음이항 회귀분석의 횡단거리, 유티유무 및 증차량비율이 교통사고에 영향을 미치는 요소로 나타났다.

따라서 교통수요관리(TDM)를 통해 교통량을 조절하는 정책이 필요하고, 증차량 비율이 높은 지점에 충분한 차로폭과 횡단보도가 확보되어야 할 것으로 판단된다. 또한 시인성을 방해하는 교차각의 보완이 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 3지 신호교차로 전체에 대한 사고와 기하구조를 분석한 것으로 교차로 위치 또는 방향에 따른 세부적인 연구와 그에 따른 안전대책 등에 관한 연구가 수행될 필요가 있으며, 보다 다양한 분석을 위해 4지, 다지 등의 신호교차로와의 비교분석이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글 : 이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 1) 건설교통부, “사고 잦은 곳 개선사업 업무편람 작성연구”, 건설교통부, p. 133, 2002.
- 2) 강명욱, “회귀분석 모형개발과 진단”, 울곡출판

- 사, pp. 56~57, 1996.
- 3) 박병호, 한상욱, 양정모, 박정순, “차량 방향전환 유형에 따른 사고모형”, 대한국토·도시계획 학회지 「국토계획」, 제47권, 제7호, pp. 183~194, 2007.
  - 4) 이명세, “신경망을 이용한 도로안전성 예측모형 개발”, 경기대학교 대학원 박사학위 논문, 2006.
  - 5) 하오근, “국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발과 심각도 분석”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, pp. 37~48, 2005.
  - 6) 홍정열, “신호교차로에서의 사고 예측모델개발 및 위험수준결정 연구”, 한양대학교 석사학위논문, pp. 57~69, 2002.
  - 7) 도로교통안전관리공단, “2007년도 청주시 전자교통신호체계 운영자료 및 교통량조사자료”, 2008.
  - 8) Hauer, E and Lovell, J, “Estimation of safety at signalized intersection”. Transportation Research Record, Transportation Research BOARD, 1185, National Research Council, Washington D.C, pp. 23~29, 1988.
  - 9) Hoong Chor Chin-Mohammed Abdul Quddus, “Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections”, accident analysis & prevention 35 pp. 253~259. 2003.
  - 10) M. Pardillo Mayora, Rafael Bojorquez, Alberto Camarero Orive, “Refinement of Accident Prediction Models for the Spanish National Network”, (TRB) Transportation Research Board 85th Annual Meeting, January, 2006.
  - 11) Simon P. Washington, Matthew G. Karlaftis, Fred L. Mannering, “Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis”, Washington, HALL/CRC, pp. 241~254, 2003.