

다중선형 회귀분석을 이용한 고립지역에서의 AADT 추정방안 연구

김태운* · 오주삼**

Kim, Tae-woon*, Oh, Ju-sam**

Estimation of AADT Using Multiple Linear Regression in Isolated Area

ABSTRACT

This study estimates future AADT using historical AADT and socio-economic factors in isolated area. Multiple linear regression method by socio-economic factors are lower MAPE and higher R-square than using historical AADT. Analysis of socio-economic factors influence AADT in isolated typical areas, varied socio-economic factors influence on AADT. In isolated coastal areas, oil price influence on AADT. AADT forecasting model in isolated area is excellent when analysing R^2 and MAPE. It is assume that estimation of AADT in isolated area using multiple linear regression is accurate because of a little passed traffic volume and traffic volume fluctuation.

Key words : Historical AADT, AADT, Multiple linear regression, Isolated area, R-square, MAPE

초 록

본 연구에서는 고립지역의 과거 AADT 자료와 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT를 추정하였다. 과거 교통량 추이 활용 시와 사회·경제 지표 활용 시 장래 AADT를 추정했으며, 사회·경제지표를 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 AADT 추정 시 높은 설명력과 낮은 오차를 보였다. 지리적 특성별 AADT에 미치는 사회·경제지표 분석 결과 고립일반지역은 다양한 사회·경제지표가 AADT에 영향을 미쳤으며, 고립해안지역은 유류가격과 연관성을 보이는 것으로 나타났다. 고립지역의 장래 AADT 추정 모형은 R^2 , MAPE 분석 시 우수한 것으로 나타났다. 이는 고립지역에서는 통과 교통량이 적고 교통량 변동이 적기 때문에 사회·경제지표를 활용한 장래 AADT 추정방식이 정확하다고 볼 수 있다.

검색어 : 교통량 추이, 연평균 일교통량, 다중선형 회귀분석, 고립지역, 결정계수, 평균절대비율오차

1. 서론

교통량 자료는 도로 분야에서 계획에서부터 설계 및 운영 등의 전 과정에서 필수적인 기초자료로 활용되며, 환경 분야에서는 오염물질 산출의 주요변수로 활용되는 등 다양한 분야에서 폭넓게 사용되고 있다.

연평균 일교통량(AADT: Annual Average Daily Traffic)은 일 년 동안 도로의 한 지점 또는 일정 도로 구간을 지나는 양방향 교통량을 365일로 나눈 교통량으로 정의하며(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013), 추정된 장래 AADT는 도로 계획, 설계 분야에서 활용되고 있다. 따라서 정확한 장래 AADT는 도로 부분 투자비용의 과대 및 과소 투자를 방지할 수 있는 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

* 정회원 · 교신저자 · 한국건설기술연구원 ICT 융합연구소 연구원

(Corresponding Author · Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology · climb@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 ICT 융합연구소 연구위원 (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology · jusam@kict.re.kr)

Received September 17, 2014/ revised January 12, 2015/ accepted May 19, 2015

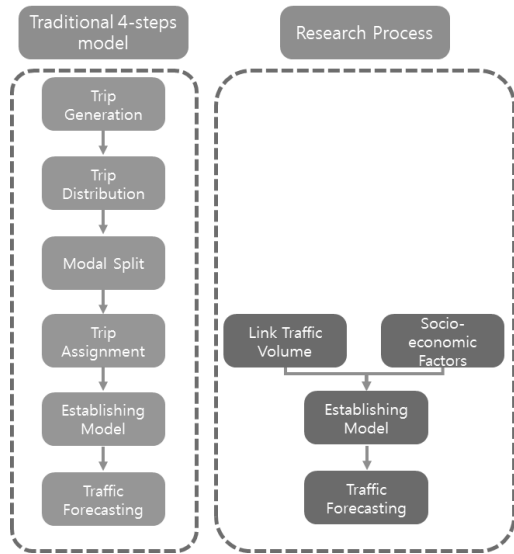


Fig. 1. Traditional 4-steps Model and Research Process

전통적 4단계 교통량 추정방식은 우리나라에서 가장 많이 활용되는 추정방식이다(Korea Development Institute, 2008). 하지만 전통적 4단계 추정방식은 각 단계별로 추정 모형을 활용하기 때문에 상대적으로 시간이 오래 걸리고 최종적으로 교통량 추정 시 오차가 커질 수 있다는 단점이 있다.

이에 따라 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 통과 교통량이 상대적으로 적을 것으로 예상되는 고립지역의 과거 AADT 자료와 사회경제지표를 활용하여 장래 AADT 추정방안을 제시하고자한다.

과거 AADT 자료와 사회경제지표를 활용한 장래 AADT 추정방식은 해당지역의 사회·경제지표와 교통량 추이를 회귀분석을 통하여 모형을 구축하고 구축된 모형을 바탕으로 장래 AADT를 예측하는 방식으로 국외에서는 많은 연구가 이루어져왔다(Shen et al., 1999; Fang et al., 2001; Tomas, 2006; Brian et al., 2012). 반면 국내의 경우 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT를 추정하는 경우는 그 사례를 찾아보기 힘들 정도로 전무한 실정이다. 이에 따라 특정 구간의 과거 AADT 자료와 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT 추정방안을 제시하였다.

사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT를 추정하기 위해 통과 교통량이 상대적으로 적어 유·출입 교통량을 사전에 배제하기 용이한 지방부 고립지역의 교통량 조사 구간을 선정하였다. 선정된 교통량 조사 구간의 과거 AADT 자료와 사회·경제지표와의 관계를 다중회귀 분석방식을 통하여 장래 AADT 추정방안 및 모형을 제시하였다. 또한 교통량 조사 구간을 지리적 특성 중심으로 군집화하였으며, 군집별 AADT 추정 모형을 제시하여 군집 특성을 제시하였다.

2. 기존연구 고찰

Memmott(1983)는 과거 AADT 자료를 활용한 AADT 추정방식은 AADT의 과다 및 과소 추정을 피할 수 있음을 증명하였으며, 총 6개의 모형을 제시하였다. 각 모형은 평균적으로 28.7%의 오차를 보였으며, 증감률에 의한 추정방식은 도로의 계획 및 설계 측면에서 적합하지 않을 수 있음을 주장하였다.

Horowitz and Farmer(1999)은 미국의 일부 교통국에서 과거 AADT를 활용하여 장래 AADT를 추정하고 있으며, 다른 AADT 추정방식보다 정확성이 상대적으로 높음을 확인하였다. 또한 많은 주 교통국에서는 지방부의 도시계획 시 시계열 예측 방식에 의한 AADT 추정 모형을 사용하는 것으로 나타났다.

Michael(2004)은 연도별 AADT 증감률을 활용하여 지방지역 고속국도의 장래 AADT를 추정하였다. 이 방식은 장래 연도별 AADT를 추정 시 유용하나, 단순 과거의 데이터를 사용하여 장래의 AADT를 추정하기 때문에 장래의 AADT 변화에 영향을 미칠만한 이벤트에 대해서 고려하지 못한다는 단점이 있다.

Shen et al.(1999)은 플로리다주의 교통량 미조사지점에서 사회·경제지표와 다중회귀 분석을 통하여 ADT를 추정하였다. 지역을 총 4개로 구분하여 지역별로 사회·경제지표를 활용한 모형식을 추정하였다. 분석 결과 도심지역은 차로수, 토지이용형태, 경제활동 인구수가 ADT와 양의 관계를 보였으며, 지방지역은 인구가 ADT와 양의 관계를 보이는 것으로 분석되었다.

Fang and Soon(2001)은 플로리다 Broward Country의 교통량 조사 구간 특성을 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 AADT를 추정하였다. 도로등급, 차로수, 고속국도 진출입로까지의 거리, 지역 근로지의 CBD 접근성 등을 독립변수로 활용하였으며, 독립변수별로 등급에 따라 수치화하여 다중회귀 모형을 개발하였다. 전체 추정지점의 37%가 오차를 10% 미만, 전체 추정지점의 73%가 오차를 30% 미만으로 분석되었으며, 평균제곱오차(MSE: Mean Squared Error)는 50으로 분석되었다. 도로등급, 차로 수, CBD 접근성과 장래 AADT는 양의 관계를 보였으며, 가장 많은 영향을 미치는 요인으로 분석되었다. 또한 교통량 조사 구간의 특성치 중 한 가지를 활용하여 장래 AADT 추정할 경우 오차율이 높을 수 있음을 주장하였다.

Tomas(2006)는 Lithuanian 고속국도의 장래 AADT를 교통량 조사 구간의 사회·경제지표를 활용하여 추정하였다. 독립변수로 교통량 조사 구간 지역의 일인당 소득, 자동차 등록대수, 인구수를 활용하여 과거 9년간 AADT와의 관계를 다중회귀 분석방식을 활용하여 추정하였다. 또한 각 독립변수에 대하여 장래 20년의 최대값, 최소값, 평균값을 추정하였으며, 추정된 독립변수를 Idaho 대학교 방식, 교통량 증감률 방식, 단순회귀 방식, 다중회귀 분석방

식에 적용하여 장래 AADT를 추정하고 각 방식별로 오차율을 비교하였다. 분석 결과 독립변수인 일인당 소득, 자동차 등록대수, 인구수는 AADT와 양의 관계를 보였다. 오차율은 Idaho 대학교 방식 오차율이 평균 8.37%를 보임에 따라 가장 낮았고 선형회귀 분석방식은 30.13%로 가장 높은 오차율을 보였다.

Chu(2010)는 미네소타주 상시 교통량 조사장비의 과거(1966~1996년) AADT를 활용하여 장래 AADT를 추정하였다. 과거 AADT 자료를 분석기간(10년 또는 20년)별로 총 5개의 시나리오로 나누어 추정 모형을 개발하였으며, 각 모형별로 목표연도인 2006년의 AADT를 추정하고 실측값과 비교하였다. 비교 결과 최근의 자료를 활용할수록, 과거 AADT 자료가 많은 수록 오차가 작은 것으로 분석되었으며, 1976-1996년의 자료 활용 시, 즉 분석기간이 가장 길고 최근의 자료를 활용하여 추정할 경우 전체의 83%가 허용범위에 속하는 것으로 분석되었다.

Brian and Susan(2012)는 특정 사업 지역에서 일반적으로 AADT 추정 모형을 적용하기 어려운 경우 과거 AADT 자료를 활용하거나, 연료 소모량, 해당 지역의 통계연보 등을 활용한 장래 AADT의 추정방안을 제시하였다. 과거 AADT 자료 활용 시 10년 이상의 자료를 활용하여 연도별 AADT 회귀분석방식을 통해 장래 AADT를 추정해야 정확도 높은 추정이 가능하며, 회귀모형은 일반적으로 선형, logarithmic, exponential 모형을 따름을 주장하였다. 또한 과거 교통량 추이를 활용하여 AADT 추정 시에는 장래에 예상치 못한 교통 혼잡을 예상하기 힘들기 때문에 추정 결과에 상한 제한을 두지 않는 것이 상대적으로 좋다고 제시하였다.

Kim(2013)은 승용차 총주행거리 추정을 위해 사회경제지표로 다중회귀 분석을 수행하여 승용차 등록대수, 휘발유 가격, 환율을 독립변수로 하는 선형모형을 개발하였다. 분석 결과 승용차 등록대수와 주행거리의 양의관계, 휘발유 가격과 환율은 주행거리와 음의 관계를 보이는 것으로 분석되었다. 선형모형은 지역별 차이로 인해 하나의 모형을 모든 지역에 적용하기에 무리가 있으며, 인구수에 따라 지역을 구분하여 추정 모형을 개발하였다. 그 결과 오차율이 0.4-6.1%로 높은 추정력을 보이는 것으로 나타났다.

기존연구 고찰 결과 해외의 경우 과거 교통량 추이를 활용하여 장래 AADT 추정 연구 사례, 과거 교통량 자료와 사회경제지표를 활용하여 회귀분석분석을 통한 장래 AADT 추정 연구 사례로 나눌 수 있었으며, 국내의 경우에는 사회경제지표를 활용하여 주행거리를 추정하는 사례는 있었으나 AADT를 추정하는 사례는 전무한 것으로 나타났다.

과거 교통량 추이를 활용한 추정방식은 장래 교통량 추정이 상대적으로 쉽지만 과거 교통량 자료가 많거나(Chu, 2010), 다른 추정 방법을 적용하기 어려운 경우(Brian and Susan, 2012) 사용하는 등 특정한 경우에 한하여 사용했으며, 오차율이 높을 수 있고

(Mommott, 1983; Michael, 2004) 장래에 발생할 수 있는 이벤트에 대해서 고려하지 못한다(Michael, 2004; Brian and Susan 2012)는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 고립지역에서 교통량 조사 구간의 과거 AADT 자료와 사회·경제지표를 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 교통량을 추정하였으며, 이를 과거 교통량 추이를 활용한 장래 AADT 추정방식과 R² 및 오차율을 비교하였다. 또한 교통량 조사 구간별, 지리적 특성별로 각각 어떠한 독립변수가 영향을 미치는지 분석하였으며, 지리적 특성별로 군집화한 후 AADT 추정 모형을 제시하여 지리적 특성을 대표하는 모형을 제시하였다.

3. 고립지역의 AADT 추정 모형 개발

3.1 분석 범위 및 방법

본 연구에서는 과거 교통량 자료와 사회·경제지표를 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 AADT 추정을 위해 일한국도의 장래 AADT 추정 대상 구간을 선택하였으며, 구간별로 2003~2013년의 AADT를 조사하였다. 구간 선택은 사회·경제지표를 활용한 AADT의 추정이 가능하도록 상대적으로 통과 교통량이 적고 교통량 변동이 적은 것으로 예상되는 일한국도 지방부 고립지역의 교통량 조사 구간을 우선적으로 선별하였다.

여기서 지방부 고립지역이란 일한국도 중에서 섬, 반도, 해안지역과 같이 지리적 특성상 고립된 지역으로서 상대적으로 통과 교통량이 적고 대규모 개발 등으로 인한 교통량 변동이 적은 지역을 의미한다. 해당 지역 교통량 조사 구간은 통과 교통량이 적고 교통량의 변동이 상대적으로 적기 때문에 기존의 방식과는 달리 상기의 Fig. 1과 같이 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT를 추정할 수 있다.

통과 교통량을 배제해야 하는 이유는 통과 교통량은 특정 구간의 사회 경제지표와는 무관하게 발생하는 교통량이며, 이 경우 특정 구간의 사회 경제지표를 활용하여 AADT 추정이 어렵기 때문이다. 또한 교통량 변동이 크다면 현실적으로 정확한 AADT 추정이 힘들다. 따라서 상대적으로 통과 교통량이 적고 교통량 변동이 적게 발생할 것으로 예측되는 해안, 반도에 위치한 지방부 고립지역의 일한국도 교통량 조사 구간을 우선적으로 선별하였으며, 그

Table 1. Number of Traffic Volume Count Section and Geographical Characteristics

Geographical characteristics		Number of traffic volume count section
Isolated area	Isolated typical area	12
	Isolated coastal area	6
Summation		18

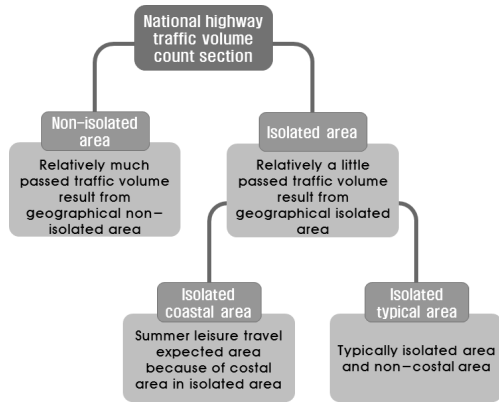


Fig. 2. Traffic Volume Count Section Classification by Geographical Characteristics

Table 2. MAPE and R² of Estimated Traffic Volume by Historical AADT

Division	Location	Real AADT in 2013	Estimated AADT in 2013	MAPE (%)	R2
1	Sin-an	4,733	4,829	2.03	0.467
2	Hae-nam	4,228	3,425	19.00	0.563
3	Jin-do	7,666	7,727	0.80	0.885
4	Hae-nam	10,238	8,550	16.49	0.757
5	Hae-nam	2,789	2,425	13.06	0.441
6	Kang-jin	5,115	4,906	4.08	0.369
7	Go-heung	13,058	12,914	1.10	0.925
8	Go-heung	11,310	11,448	1.22	0.803
9	Go-heung	7,357	6,126	16.74	0.424
10	Go-heung	4,452	3,789	14.90	0.482
11	Go-heung	721	952	31.98	0.527
12	Sun-cheon	26,347	26,201	0.55	0.244
13	Yeo-su	8,662	4,981	42.50	0.802
14	Po-hang	2,550	1,887	26.02	0.551
15	Gang-neung	3,402	2,758	18.94	0.921
16	Gang-neung	25,105	24,118	3.93	0.751
17	Gang-neung	11,779	9,981	15.26	0.785
18	Gong-ju	8,648	9,225	6.67	0.876
Average				13.07	0.643

중 대규모 토목공사 등으로 인해 교통량 변동이 발생한 지점은 제외하였다. Table 1과 같이 총 18개의 구간을 선정하였으며, 조사 구간의 지리적 특성별로 고립일반지역, 고립해안지역으로 구분하였다.

Fig. 2와 같이 고립지역을 고립일반지역과 고립해안지역으로 구분한 이유는 고립해안지역의 경우 상대적으로 여름철 관광 통행의

특성을 보일 것으로 예측되며, 고립일반지역의 경우 상대적으로 여름철 관광 통행의 특성이 적을 것으로 예측된다. 따라서 해당 구간들의 지리적 특성 및 관광 교통량의 여부에 따라 교통량과 사회경제지표와의 관계가 어떻게 다른지에 대해 파악하기 위함이다.

해당 자료가 시계열 자료임을 감안 하여 시계열 분석이 가능하나 최소 표본 수가 50개 이상(Box and Tiao, 1976), 또는 30개 이상(Cho and Sohn, 2009)필요하다는 기존의 연구 결과를 미루어 볼 때 본 연구에서 시계열 분석은 다소 무리가 있는 것으로 판단하여 회귀분석을 활용한 장래 AADT 추정방안을 제시하고자 한다.

3.2 과거 교통량 추이를 활용한 장래 AADT 추정

구간별로 2003~2013년의 교통량을 조사하였으며, 조사된 연도별 교통량을 바탕으로 선형 회귀식을 추정하였다. 2003~2012년의 교통량을 활용하여 선형 회귀모형을 도출하였으며, 도출된 회귀식의 R²는 Table 2와 같이 0.643으로 분석되어 과거 교통량 자료를 활용하여 장래 AADT 추정 시 설명력은 높지 않은 것으로 분석되었다.

추정된 회귀식을 바탕으로 2013년 AADT를 추정하고 실제 2013년 AADT와 비교하였다. 오차율은 평균 13.07%로 분석되었으며, 최고 31.98%로 분석되어 모든 구간에 과거 교통량 추이를 활용한 방식은 다소 무리가 있는 것으로 판단된다. 단 전체 18구간 중 33.33%(8구간)가 오차율 10%이하이며, 62.50%(15구간)가 오차율 20%이하로 분석됨에 따라 특정 구간에 대해서는 오차율이 높지 않은 것으로 분석되었다.

3.3 사회경제지표를 활용한 장래 AADT 추정

3.2절에서 언급했듯이 과거 AADT 추이를 활용한 장래 AADT 추정은 설명력이 다소 낮고 오차율이 높은 한계가 있었으며, 이에 따라 구간별 사회경제지표를 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 AADT를 추정하고자한다.

3.3.1 독립변수의 구성

교통량에 영향을 미치는 사회·경제요인은 대표적으로 인구수, 자동차 등록대수, 유류가격 등이 있으며, 이러한 요인을 독립변수로 선정하여 종속변수인 AADT와의 관계를 다중회귀 분석방식을 통하여 장래 AADT 추정이 가능하다.

기존 연구에서 과거 AADT 자료와 사회·경제지표를 활용하여 다중회귀 분석방식을 통한 장래 AADT를 추정할 경우 AADT에 영향을 미칠 것으로 예상되는 독립변수를 선정하였다. 연구별로 차이는 있으나 주로 인구수, 자동차 등록대수, 소득, 차로수와의 양의 관계를 보였으며, 그 사례는 적으나 유가(휘발유 가격, 경유가격)과는 음의 관계를 보였다.

이에 따라 본 연구에서는 장래 AADT를 다중회귀 분석방식을

Table 3. Variables for Multiple Linear Regression Analysis

Division	Variables		Unit
Dependent variable	AADT	Y	Vehicle/Day
	Automobile ownership	X1	Car
Independent variables	Gasoline price	X2	Won/Liter
	Diesel price	X3	Won/Liter
	Gasoline consumption	X4	One thousand barrel
	Diesel consumption	X5	One thousand barrel
	Economically active population(men)	X6	One thousand people
	Economically active population(women)	X7	One thousand people
	Exchange rate	X8	Won/Dollar
	Global financial crisis	X9	Categorical variable

통해 추정하기 위한 변수를 다음의 Table 3과 같이 구성하였다. 독립변수는 종속변수와 마찬가지로 지역별 연도별로 구축하였다. 교통량 조사 구간별로 해당 지역이 상이하기 때문에 교통량 조사 구간이 속한 지역별로 독립변수를 산출하였다. 예를 들어 교통량 조사 구간이 고홍일 경우 고홍에 등록된 자동차 등록대수, 고홍에서 소비된 주유량 등을 연도별로 구축하였다.

3.3.2 AADT와 독립변수 간의 상관관계 분석

선정된 독립변수가 의미 있는 변수인지 확인하고 독립변수간 발생 가능한 다중 공선성 여부를 판단하기 위해 18개의 구간별로 종속변수(AADT)와 독립변수 간의 상관관계 분석을 시행하였다. 구간별 종속변수(AADT)와 독립변수 간의 상관관계가 상이할 것으로 판단되므로 구간별로 종속변수와 독립변수의 상관관계 분석을 시행하였으며, 구간별 변수별 상관관계계수 및 유의확률의 평균, 최소값, 최대값은 Table 4와 같다.

상관계수 분석 결과 평균적으로 AADT와 독립변수 간에는 낮은

Table 4. Correlation Coefficient Analysis among Variables

Variables	Division		Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	Average	Correlation coefficient	1.00	0.01	-0.04	-0.09	0.09	0.16	0.00	-0.05	-0.06
		Significant probability	-	0.05	0.03	0.03	0.09	0.14	0.20	0.07	0.62
	Max	Correlation coefficient	1.00	0.96	0.92	0.92	0.95	0.81	0.78	0.72	0.36
		Significant probability	-	0.20	0.17	0.22	0.32	0.99	0.93	0.33	0.92
	Min	Correlation coefficient	1.00	-0.88	-0.93	-0.94	-0.73	-0.77	-0.63	-0.84	-0.75
		Significant probability	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
X1	Average	Correlation coefficient	0.01	1.00	0.96	0.93	0.94	-0.63	-0.14	-0.44	0.17
		Significant probability	0.05	-	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	0.01	0.63
	Max	Correlation coefficient	0.96	1.00	0.98	0.95	0.97	0.29	0.90	0.78	0.21
		Significant probability	0.20	-	0.00	0.00	0.00	0.94	0.15	0.16	0.74
	Min	Correlation coefficient	-0.88	1.00	0.93	0.90	0.88	-0.82	-0.56	-0.83	0.12
		Significant probability	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
X2	Average	Correlation coefficient	-0.04	0.96	1.00	0.97	0.89	-0.67	-0.17	-0.44	0.20
		Significant probability	0.03	0.00	-	0.00	0.00	0.08	0.06	0.02	0.56
	Max	Correlation coefficient	0.92	0.98	1.00	0.97	0.92	0.37	0.88	0.73	0.20
		Significant probability	0.17	0.00	-	0.00	0.01	0.92	0.08	0.21	0.57
	Min	Correlation coefficient	-0.93	0.93	1.00	0.97	0.76	-0.82	-0.55	-0.80	0.19
		Significant probability	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
X3	Average	Correlation coefficient	-0.09	0.93	0.97	1.00	0.82	-0.76	-0.27	-0.50	0.22
		Significant probability	0.03	0.00	0.00	-	0.01	0.08	0.02	0.01	0.52
	Max	Correlation coefficient	0.92	0.95	0.97	1.00	0.88	0.24	0.86	0.72	0.22
		Significant probability	0.22	0.00	0.00	-	0.04	0.80	0.03	0.06	0.53
	Min	Correlation coefficient	-0.94	0.90	0.97	1.00	0.63	-0.91	-0.66	-0.86	0.21
		Significant probability	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52

Table 4. Correlation Coefficient Analysis among Variables (Continue)

Variables	Division	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	
X4	Average	Correlation coefficient	0.09	0.94	0.89	0.82	1.00	-0.50	-0.08	-0.39	0.20
		Significant probability	0.09	0.00	0.00	0.01	-	0.18	0.14	0.03	0.56
	Max	Correlation coefficient	0.95	0.97	0.92	0.88	1.00	0.47	0.91	0.75	0.30
		Significant probability	0.32	0.00	0.01	0.04	-	0.82	0.19	0.26	0.67
	Min	Correlation coefficient	-0.73	0.88	0.76	0.63	1.00	-0.70	-0.43	-0.73	0.15
		Significant probability	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.02	0.00	0.01	0.36
X5	Average	Correlation coefficient	0.16	-0.63	-0.67	-0.76	-0.50	1.00	0.56	0.60	-0.43
		Significant probability	0.14	0.10	0.08	0.08	0.18	-	0.17	0.14	0.20
	Max	Correlation coefficient	0.81	0.29	0.37	0.24	0.47	1.00	0.75	0.82	-0.17
		Significant probability	0.99	0.94	0.92	0.80	0.82	-	0.76	0.76	0.61
	Min	Correlation coefficient	-0.77	-0.82	-0.82	-0.91	-0.70	1.00	-0.12	-0.19	-0.61
		Significant probability	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-	0.01	0.00	0.05
X6	Average	Correlation coefficient	0.00	-0.14	-0.17	-0.27	-0.08	0.56	1.00	0.83	-0.05
		Significant probability	0.20	0.08	0.06	0.02	0.14	0.17	-	0.02	0.84
	Max	Correlation coefficient	0.78	0.90	0.88	0.86	0.91	0.75	1.00	0.91	0.14
		Significant probability	0.93	0.15	0.08	0.03	0.19	0.76	-	0.41	0.90
	Min	Correlation coefficient	-0.63	-0.56	-0.55	-0.66	-0.43	-0.12	1.00	-0.28	-0.08
		Significant probability	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-	0.00	0.68
X7	Average	Correlation coefficient	-0.05	-0.44	-0.44	-0.50	-0.39	0.60	0.83	1.00	-0.09
		Significant probability	0.07	0.01	0.02	0.01	0.03	0.14	0.02	-	0.81
	Max	Correlation coefficient	0.72	0.78	0.73	0.72	0.75	0.82	0.91	1.00	-0.06
		Significant probability	0.33	0.16	0.21	0.06	0.26	0.76	0.41	-	0.86
	Min	Correlation coefficient	-0.84	-0.83	-0.80	-0.86	-0.73	-0.19	-0.28	1.00	-0.30
		Significant probability	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.38
X8	Average	Correlation coefficient	-0.06	0.17	0.20	0.22	0.20	-0.43	-0.05	-0.09	1.00
		Significant probability	0.62	0.63	0.56	0.52	0.56	0.20	0.84	0.81	-
	Max	Correlation coefficient	0.36	0.21	0.20	0.22	0.30	-0.17	0.14	-0.06	1.00
		Significant probability	0.92	0.74	0.57	0.53	0.67	0.61	0.90	0.86	-
	Min	Correlation coefficient	-0.75	0.12	0.19	0.21	0.15	-0.61	-0.08	-0.30	1.00
		Significant probability	0.01	0.53	0.55	0.52	0.36	0.05	0.68	0.38	-

상관관계를 보였으며, 유의확률도 다수의 독립변수와 0.05 이상으로 분석되어 평균적으로는 다중선형회귀 분석방식에 의한 장래 AADT 추정은 적합하지 않다. 하지만 상관계수의 최대값, 최소값 분석 시 AADT와 독립변수 간에 0.7 이상(또는 -0.7 이하)의 높은 상관관계를 보였으며, 이는 지역의 특성에 따라 하나 또는 두 개 이상의 독립변수를 이용하여 AADT를 추정 가능할 것으로 판단된다. 또한, 휘발유 가격·자동차 등록대수, 경유 가격·자동차 등록대수, 경유 가격·휘발유 가격, 휘발유 소비량·자동차 등록대수, 휘발유 소비량·휘발유 가격 간의 상관관계가 평균 0.7이상(또는 0.7 이하)의 높은 상관관계를 보임에 따라 다중 공선성이 의심된다.

따라서 독립변수 간의 다중 공선성 문제를 해결하고 구간별

사회·경제지표를 활용하여 AADT 추정 모형식 개발 및 장래 AADT를 추정하기 위해 다중회귀 분석 시 통계분석 프로그램인 SPSS의 단계선택 방식(step-wise)을 활용하여 구간별 장래 AADT를 추정하였다. 회귀분석 시 SPSS의 단계선택 방식은 여러 개의 독립변수들 중에서 설명력이 높은 변수들로만 회귀모형을 구성하는 방식으로서 전체 독립변수 중 종속변수에 대한 설명력이 높은 변수만을 선택하여 회귀모형을 구성하는 방식이다.

3.3.3 사회·경제지표를 활용한 다중회귀 모형식 개발에 따른 AADT 추정

교통량 조사 구간의 과거 AADT 자료와 사회·경제지표를 활용하

Table 5. Multiple Linear Regression Analysis Result by Socio-Economic Factors

Division	Location	Real AADT in 2013	Estimated AADT in 2013	Estimation model	MAPE (%)	R ²	F Significant probability	t Significant probability	VIF	Dubin-Watson
1	Sin-an	4,733	4,983	Y=-2380.8+2.628X4	5.28	0.581	0.100	0.100	1.000	1.958
2	Hae-nam	4,228	4,364	Y=1725.0+0.68X5-4.213X8	3.22	0.849	0.000	0.012	1.300	1.759
								0.019	1.300	
3	Jin-do	7,666	7,774	Y=2424.5+0.386X1	1.41	0.885	0.000	0.000	1.000	2.330
4	Hae-nam	10,238	8,694	Y=-5267.9+4.983X4	15.08	0.803	0.000	0.000	1.000	1.815
5	Hae-nam	2,789	2,633	Y=4732.6-1.221X3	5.60	0.550	0.014	0.014	1.000	2.339
6	Kang-jin	5,115	5,555	Y=-15649.7+2.292X4+28.05X6	8.60	0.956	0.000	0.000	1.575	2.163
								0.000	1.575	
7	Go-heung	13,058	12,920	Y=1760.7+0.427X1	1.06	0.893	0.000	0.000	1.000	1.426
8	Go-heung	11,310	11,428	Y=3692.3+0.296X1	1.04	0.762	0.001	0.001	1.000	1.815
9	Go-heung	7,357	6,522	Y=-3074.6+0.921X5	11.35	0.682	0.003	0.003	1.000	2.409
10	Go-heung	4,452	4,780	Y=-19918.8+46.867X6	7.37	0.644	0.005	0.005	1.000	2.076
11	Go-heung	721	962	Y=151.9+0.031X1	33.43	0.601	0.008	0.008	1.000	2.177
12	Sun-cheon	26,347	28,045	Y=-37299.0+6.271X5	6.44	0.512	0.020	0.020	1.000	1.485
13	Yeo-su	8,662	5,395	Y=15110.5-5.073X2	37.72	0.861	0.000	0.000	1.000	2.295
14	Po-hang	2,550	2,050	Y=3651.5-0.934X3	19.59	0.677	0.000	0.000	1.000	1.950
15	Gang-neung	3,402	3,121	Y=5877.8-1.585X3	8.26	0.905	0.000	0.000	1.000	1.809
16	Gang-neung	25,105	24,625	Y=39856.9-7.893X2	1.91	0.850	0.000	0.000	1.000	1.585
17	Gang-neung	11,779	10,458	Y=14725.5-2.454X3	11.22	0.864	0.000	0.000	1.000	2.009
18	Gong-ju	8,648	8,761	Y=-11796.5+5.207X4	1.30	0.895	0.000	0.000	1.000	2.092
Average					9.99	0.765	-	-	-	-

여 다중회귀 모형식 개발에 따른 장래 AADT 추정 모형을 개발하였다. 과거 AADT 추이를 활용한 장래 AADT 추정과 마찬가지로 2003~2012년의 AADT를 활용하여 다중선형회귀 모형을 도출하였으며, 추정된 회귀식을 바탕으로 2013년 AADT를 추정하고 실제 2013년 AADT와 비교하였다.

분석 결과 Table 5와 같이 F유의확률 및 t유의확률이 0.05 미만, VIF가 10.0 미만으로 유의한 수준으로 분석되었다. 또한 더빈왓슨 계수의 채택범위는 표본 수 10개 기준 변수가 1개일 경우 $1.32 < d < 2.68$, 변수가 2개일 경우 $1.64 < d < 2.36$ 이므로 모두 유의한 것으로 분석되었다.

구간별 R²의 평균은 0.765로 과거 교통량 자료를 활용 시(0.643)보다 높으며, 이에 따라 상대적으로 설명력이 높은 것으로 분석되었다.

개발된 모형을 바탕으로 2013년의 실측 AADT와 오차율 비교 결과 평균 오차율은 9.99%로 과거 AADT 추이를 활용하여 AADT 추정 시(15.42%)보다 약 5.43% 낮았으며, 오차율이 가장 높은 구간의 오차율은 약 37.72%인 것으로 분석되었다. 또한 전체 구간

중 오차율이 10% 이하인 구간은 58.33%로 분석되었으며, 20% 이하인 구간은 91.67%로 분석되었다.

이에 따라 상대적으로 통과 교통량이 적고 교통량 변동이 적은 지방부 고립지역에서는 단순히 과거 AADT의 추이를 고려하여 장래 AADT를 추정하는 방식 보다 사회경제지표를 활용한 장래 AADT 추정 시 오차율이 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 이는 기존 연구와 유사한 결과이며, 과거 AADT의 추이를 활용하여 AADT 추정 시에는 사회경제지표의 활용 시 보다 다양한 변수에 대하여 고려하지 못하여 오차율이 상대적으로 큰 것으로 판단된다.

3.3.4 실측 AADT와 추정 AADT 비교

실측 AADT와 사회경제지표를 활용하여 추정된 AADT 간의 R² 및 오차율 분석 결과는 Table 6과 같다. 교통 조사 구간별 오차율은 평균 5.85%를 보였으며, R²는 0.701을 보여 상대적으로 과거 교통량 추이를 활용한 장래 AADT 추정방식 보다 높은 설명력을 보였다.

Table 6. Comparison of MAPE Between Real AADT and Estimated AADT

Division	Location	MAPE(%)											Average MAPE by section(%)	R ²
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
1	Sin-an	22.50	27.17	16.27	6.46	2.69	11.53	0.14	10.02	1.30	5.23	5.28	9.87	0.620
2	Hae-nam	5.21	7.61	4.19	2.19	2.67	16.20	7.83	0.61	8.55	11.82	3.22	6.37	0.851
3	Jin-do	3.62	4.90	1.17	0.42	1.83	2.90	0.14	3.44	2.26	1.09	1.41	2.11	0.906
4	Hae-nam	3.30	3.03	9.73	9.26	14.11	2.49	1.22	10.24	1.54	9.21	15.08	7.20	0.833
5	Hae-nam	13.88	14.51	3.60	6.99	14.66	2.02	2.40	17.81	16.81	2.54	5.60	9.17	0.559
6	Kang-jin	0.73	1.82	1.74	3.79	1.30	2.43	0.18	2.14	1.79	1.09	8.60	2.33	0.913
7	Go-heung	1.74	5.72	0.55	2.83	4.71	0.02	1.69	0.75	3.26	0.23	1.06	2.05	0.921
8	Go-heung	5.68	1.74	5.31	3.88	0.30	1.36	2.61	4.70	2.29	0.44	1.04	2.67	0.801
9	Go-heung	9.06	7.88	2.79	6.20	13.21	0.14	1.90	2.07	1.98	3.60	11.35	5.47	0.594
10	Go-heung	2.01	0.73	8.36	0.59	7.14	4.09	3.29	16.07	6.14	8.70	7.37	5.86	0.614
11	Go-heung	2.90	4.29	1.07	2.97	5.71	7.63	7.89	5.62	8.16	8.43	33.43	8.01	0.175
12	Sun-cheon	4.93	12.37	8.97	5.98	31.22	4.02	21.90	9.18	19.70	5.83	6.44	11.87	0.541
13	Yeo-su	2.78	5.78	0.99	12.26	4.44	0.65	5.86	9.15	3.55	2.04	37.72	7.75	0.404
14	Po-hang	10.52	7.70	4.40	12.39	15.61	0.15	0.08	10.67	2.90	6.54	19.59	8.23	0.541
15	Gang-neung	4.82	1.65	2.89	2.92	3.63	7.70	5.17	6.18	0.03	5.13	8.26	4.40	0.888
16	Gang-neung	0.79	4.23	0.69	0.76	3.93	2.90	2.64	3.43	2.85	0.93	1.91	2.28	0.861
17	Gang-neung	0.75	3.97	3.93	2.37	3.04	0.94	0.59	1.37	4.16	3.10	11.22	3.22	0.681
18	Gong-ju	11.42	9.68	9.92	10.31	7.24	12.24	2.90	2.66	0.59	3.49	1.30	6.52	0.910
Average MAPE by year(%)		5.92	6.93	4.81	5.14	7.64	4.41	3.80	6.45	4.88	4.41	9.99	5.85	0.701

3.4 교통량 조사 구간의 구간별, 지리적 특성별 군집 및 분석

3.4.1 교통량 조사 구간의 지리적 특성별 사회경제지표 분석

사회경제지표를 활용하여 도출된 모형을 바탕으로 교통량 조사 구간의 지리적 특성별로 군집화를 시행하였으며 구간별, 지리적 특성(고립일반지역, 고립해안지역)별로 어떠한 독립변수가 AADT의 증감에 영향을 미치는지에 대한 분석을 시행하였다. 구간별, 지리적 특성별로 AADT에 영향을 미치는 독립변수를 정리한 결과는 Table 7과 같다.

AADT에 영향을 미치는 독립변수의 특성 분석 결과 기존 연구와 유사하게 자동차 등록대수, 경제활동인구 수는 AADT와 양의 관계를 보였으며, 휘발유 소비량, 경유 소비량도 양의 관계를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 휘발유 가격, 경유 가격, 환율과는 음의 관계를 보이는 것으로 분석되었다.

구간별로 살펴보면 AADT는 유류소비량(휘발유 소비량, 경유 소비량)의 영향을 받는 구간이 가장 많았으며, 총 7구간(휘발유 소비량 4구간, 경유 소비량 3구간)으로 전체의 38.89%를 차지하였다. 또한 유류가격(휘발유 가격, 경유 가격)의 영향을 받는 구간은 총 6구간(휘발유 가격 2구간, 경유 가격 4구간)으로 전체의 33.33%

를 차지하였다.

지리적 특성별로 살펴볼 경우 고립일반지역의 자동차 등록대수, 휘발유 소비량, 경유 소비량, 남자 경제활동 인구, 환율과 같이 다양한 사회경제지표와 상관관계를 보이는 것으로 분석되었다. 이는 지리적으로 폐쇄성을 지닌 고립일반지역에서의 AADT는 상대적으로 통과 교통량이 적고 교통량 변동이 적기 때문에 해당 지역의 사회 경제지표가 AADT 증감에 미치는 영향이 높기 때문으로 판단된다.

관광객이 상대적으로 많을 것으로 예상되는 고립해안지역은 유류가격(휘발유 가격, 경유 가격)과 높은 R²를 보이는 것으로 나타나 다른 지역에 비하여 유류가격과 AADT와의 관계가 탄력적인 것으로 분석되었다.

지리적 특성별로 R²와 오차율을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 고립일반지역, 고립해안지역의 R²는 각각 0.755, 0.785로 고립일반지역에서 다소 높게 분석되었으며, 오차율은 고립일반지역의 경우 7.97%, 고립해안지역의 경우 14.05%를 보임에 따라 고립해안지역의 오차율이 상대적으로 높은 것으로 분석되었다. 이는 고립일반지역이 고립해안지역에 비해 상대적으로 관광 통행과 같은 통과 교통량이 적게 발생함에 따라 사회경제지표를 활용한 장래 AADT

Table 7. Independent Variables Influencing on AADT by Geographical Characteristics

Location	Geographical characteristics	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	R ²	MAPE(%)
Go-heung	Isolated typical area	0.031								0.601	33.43
Go-heung	Isolated typical area	0.296								0.762	1.04
Jin-do	Isolated typical area	0.386								0.885	1.41
Go-heung	Isolated typical area	0.427								0.893	1.06
Kang-jin	Isolated typical area				2.292		28.05			0.956	8.60
Sin-an	Isolated typical area				2.628					0.581	5.28
Hae-nam	Isolated typical area				4.983					0.803	15.08
Gong-ju	Isolated typical area				5.207					0.895	1.30
Hae-nam	Isolated typical area					0.68			-4.213	0.849	3.22
Go-heung	Isolated typical area					0.921				0.682	11.35
Sun-cheon	Isolated typical area					6.271				0.512	6.44
Go-heung	Isolated typical area						46.867			0.644	7.37
Gang-neung	Isolated coastal area		-7.893							0.850	1.91
Yeo-su	Isolated coastal area		-5.073							0.861	37.72
Gang-neung	Isolated coastal area			-2.454						0.864	11.22
Gang-neung	Isolated coastal area			-1.585						0.905	8.26
Hae-nam	Isolated coastal area			-1.221						0.550	5.60
Po-hang	Isolated coastal area			-0.934						0.677	19.59

* The results, ascending order of independent variables

Table 8. Average R² and MAPE by Geographical Characteristics

Geographical characteristics	R ²	MAPE(%)
Isolated typical area	0.755	7.97
Isolated coastal area	0.785	14.05
Average	0.765	9.99

Table 9. Estimation Models and Analysis Result by Geographical Characteristics

Geographical characteristics	Estimation model	R ²	F Significant probability	t Significant probability	VIF	Dubin-Watson
Isolated typical area	Y=-5555.7+2.040X4+15.730X6	0.909	0.000	0.000	1.000	2.085
				0.045	1.000	
Isolated coastal area	Y=12036.723-2.111X3	0.858	0.000	0	1.000	1.444
Average		0.884	-	-	-	-

추정방식의 설명력이 높음을 의미한다고 볼 수 있다.

3.4.2 지리적 특성별 사회 경제지표를 활용한 AADT 추정 모형 개발

구간별로 장래 교통량 추정 모형은 해당 구간에 적용하여 장래 AADT를 추정하기엔 적합하지만 지리적 특성을 대표하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구의 일반화 및 타 연구와의 차별성을 위해 지리적 특성을 대표할 수 있도록 Table 9와 같이 지리적

특성이 동일한 구간들의 과거 AADT와 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT 추정 모형을 제시하였다.

지리적 특성별 사회·경제지표를 활용한 AADT 추정 모형 개발 결과 구간별로 시행했을 경우와 장래 AADT에 미치는 독립변수가 다소 상이하게 분석되었다. 이는 구간별 독립변수의 평균치를 이용하여 종속변수(AADT)를 추정함에 따라 발생한 것으로 풀이된다.

분석 결과 고립일반지역, 고립해안지역 모두 추정 모형의 설명력이 0.85 이상으로 분석됨에 따라 높은 설명력을 보였으며, 앞서

제시한 Table 8과 마찬가지로 고립일반지역의 설명력이 다소 높게 분석되었다. 이는 고립일반지역이 고립해안지역에 비해 상대적으로 관광 통행과 같은 통과 교통량이 적어 사회·경제지표를 활용한 장래 AADT 추정방식의 설명력이 다소 높다는 것을 뒷받침하며, 고립지역 전체에서도 사회·경제지표를 활용한 AADT 추정이 가능하다는 것을 의미한다.

4. 결론

본 연구에서는 교통량 조사 구간 중에서 상대적으로 통과 교통량이 적은 것으로 판단되는 지방부 고립지역을 선정하여 장래 AADT를 추정하였다. 과거 AADT 자료를 활용 시와 사회·경제지표를 활용 시로 나누어 장래 AADT를 추정했으며, 추정 결과 사회·경제지표를 활용하여 장래 AADT를 추정 시 상대적으로 높은 설명력과 낮은 오차율을 보였다.

사회·경제지표를 활용하여 도출된 모형을 바탕으로 교통량 조사 구간을 구간별 지리적 특성별로 군집 및 분석을 시행하였다. 분석 결과 고립일반지역이 고립해안지역에 비해 다소 높은 설명력을 보였으며, AADT에 영향을 미치는 독립변수가 지리적 특성별로 서로 다르다는 것을 확인하였다.

고립일반지역의 경우 다양한 사회·경제지표가 AADT에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 자동차 등록대수, 경제활동인구 수, 휘발유 소비량, 경유 소비량은 AADT와 양의 관계를 보였으며, 휘발유 가격, 경유 가격, 환율과는 음의 관계를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 고립해안지역과 달리 관광 통행과 같은 통과 교통량이 적어 상대적으로 설명력이 다소 높게 분석되었다.

반면 여름철 관광객이 상대적으로 많을 것으로 예상되는 고립해안지역은 유류가격이 AADT에 영향을 미쳤으며, 유류가격은 AADT와 음의 관계를 보이는 것으로 분석되었다.

또한 본 연구의 일반화 및 타 연구와의 차별성을 위해 지리적 특성을 대표할 수 있도록 지리적 특성별 사회·경제지표를 활용한 AADT 추정 모형을 개발하였다. 분석 결과 고립일반지역, 고립해안지역 모두 추정 모형의 설명력이 높게 분석되었으며, 고립일반지역의 설명력이 다소 높게 분석되었다. 이는 고립일반지역이 고립해안지역에 비해 상대적으로 관광 통행과 같은 통과 교통량이 적어 사회·경제지표를 활용한 장래 AADT 추정방식의 설명력이 다소 높으며, 고립지역 전체에서도 사회·경제지표를 활용한 AADT 추정이 가능하다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 고립지역이라는 특수한 상황에서 장래 AADT를

추정하고자 하였으며, 연구 결과 평균 10%이내의 오차율을 보이는 것으로 분석됨에 따라 향후 도로 계획 및 설계 시 유용하게 응용될 것으로 예측하는 바이다.

References

Box, G. E. P. and Tiao, G. C. (1975). "Intervention analysis with applications to economic and environmental problems." *Journal of American Statistical Association*, No. 70, pp. 70-79.

Brian, E. S. and Susan, M. (2012). *Traffic Forecasting Guidelines*, Nevada Department of Transportation, Nevada.

Cho, S. S. and Sohn, Y. S. (2009). *Time series analysis by SAS/ETS*, Yulgobooks.

Chu, W. (2010). *Determination of the Amount of Historical Traffic Volume Data to be Used to Forecast Future Volumes*, Minnesota Department of Transportation, Minnesota.

Fang, Z. and Soon, C. (2001). "Estimation of annual average daily traffic in a florida county using GIS and regression." *Transportation Research Board*, No. 3440, pp. 1-17.

Horowitz, A. and Farmer, D. (1999). "Statewide travel forecasts: A Critical Review." *Transportation Research Record*, No. 1685, pp. 13-20.

Kim, S. H. (2013). *Research on passenger vehicle mileage estimation model*, Master's degree Engineering, Yonsei University.

Korea Development Institute (2008). *A study on standard guidelines for pre-feasibility study on road and railway projects [5th addition]* (in Korean).

Memmmott, J. (1983). "Factors that affect traffic growth rates and projection of traffic volumes for use in highway economic models." *Transportation Research Record*, No. 912, pp. 11-15.

Michael, D. (2004). *The effective of errors in annual average daily traffic forecasting: Study of Highways in Rural Idaho*, KLK253 N04-12, National Institute for Advanced Transportation Technology University of Idaho, Idaho.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013). *Statistical yearbook of traffic volume*, 11-1613000-000003-10 (in Korean).

Park, J. H. and Kim, S. G. (2012). "Development of accident forecasting models in freeway tunnels using multiple linear regression analysis." *Journal of the Korea Institute ITS*, Vol. 11, No. 6, pp. 145-154.

Shen, L. D., Zhao, F. and Ospina, D. (1999). *Estimation of annual average daily traffic for off-system roads in Florida*, FL 33199, Florida Department of Transportation, Tallahassee.

Tomas, S. (2006). "Annual average daily traffic forecasting using different techniques." *Transport and Road Research Institute*, Vol. 21, No. 1, pp. 38-43.