

차량높이 계측을 통한 차종분류 향상 방안 연구

Improvement of Vehicle Classification Method using Vehicle Height Measurement

오 주 삼 Oh, Ju Sam	정회원 · 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 수석연구원 (E-mail : jusam@kict.re.kr)
장 경 찬 Jang, Kyung Chan	비회원 · 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 연구원 (E-mail : jangkc@kict.re.kr)
김 민 성 Kim, Min Sung	정회원 · 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 연구원 (E-mail : k117sung@kict.re.kr)

ABSTRACT

A vehicle classification data is essential for traffic road planning and pavement. In this study, the vehicle height, vehicle criteria for classification applied to measure the height of the car driving has devised a way to install equipment. It is capable of measuring the vehicle height was confirmed to field experiments, the measurement system is obtained to the vehicle length and height data. In this experiment, results showed the accuracy of 88.6% compared to classification data using the discriminant function obtained from video replaying. The height of vehicle applying the classification criteria can be utilized to determine the vehicle class.

KEYWORDS

vehicle classification, vehicle height, vehicle length, distance measurement sensor

요지

도로를 주행하는 차량들을 구분하는 차종자료는 도로 및 포장의 설계와 관리 등 여러 분야에서 기초자료로 활용되고 있다. 본 연구에서는 차종구분에 차량높이라는 분류기준을 적용하기 위해 주행하는 차량의 높이를 계측할 수 있는 방법을 고안하고 현장에 장비를 설치한 후 실험을 통해서 차량길이와 차량최고높이 자료를 획득하였다. 차량높이 측정과 동시에 동영상을 촬영하여 국토해양부 12종 차종분류에 의거하여 차종분류 기준값을 작성하였다. 영상을 통해 작성된 차종자료 기준값과 측정된 차량길이와 차량높이를 토대로 판별함수를 이용한 차종분류값을 서로 비교한 결과 88.6%의 차종정확도를 확인하였다. 이를 통해 차량높이라는 분류기준을 적용하여 차종분류에 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심용어

차종분류, 차량높이, 차량길이, 거리측정센서

1. 서론

도로를 주행하는 차량들을 구분하기 위한 차종자료는 도로 및 포장의 설계와 관리, 교통시설의 설계 등 여러 분야에서 기초자료로 활용되고 있다. 예를 들면, 축하중 관련계수와 차종별 승용차환산계수를 통한 도로 및 포장 계획이나 도로이용 요금소에서 시설이용에 따른 요금부과에 실질적으로 사용된다.

과거의 우리나라 차종분류는 고속국도, 지방도의 경우 8종, 일반국도의 경우는 11종으로 차종을 분류하였다. 그러나 동일

차량이 도로분류별로 다른 차종으로 분류되고 이에 따른 자료의 일관성 부문이 문제가 되어 이를 해결하기 위해 고속국도, 일반국도, 지방도의 차종분류 시 12종의 통합적인 분류체계(국토해양부, 2007)로 개정하고 이를 유지하고 있다. 차종분류의 방법에는 조사자가 직접 판단하는 인력식 조사와 교통조사장비를 이용하여 자동으로 분류하는 기계식 조사로 구분할 수 있으며, 고속국도와 일반국도에서는 주로 기계식 조사를 통한 분류가 이루어지고 있다. 기계식 조사는 루프, 피에조센서 등의 다양한 교통

검지 센서를 조합하여 주행차량의 축수, 축간길이, 차량길이 등을 계측하여 측정된 계측치에 따라 차종을 분류하고 있다.

그러나 기계식 조사의 경우 장비 자체의 계측오차와 차량의 제원이 유사함에 따른 이종(異種) 차종오류, 주행특성에 따른 계측오류 등의 오차가 발생할 수 있다. 특히 소형차량이 대형화, 다양화 되어감에 따라 차종간 차량제원이 비슷함에 따른 차종오류가 발생할 수 있다. 기계식 분류 시 차종을 구분하는 가장 큰 인자는 축수와 축간 거리인데 측정되는 차량의 제원이 같으면 같은 차종으로 분류하는 분류기준으로 본다면, 대형 승용차와 소형 화물차간 이종 차종오류는 당연한 결과라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 도로를 통과하는 차량의 통과높이를 계측하고, 차종분류 시 차량높이라는 분류기준을 적용하여 차종분류에 활용할 수 있는 방안을 확인하고자 하였다. 우선 노면으로부터 일정높이에 거리측정 센서를 수직으로 설치하여 통과하는 차량의 높이를 측정할 수 있는 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템의 장비정확도를 평가하기 위해 ITS 성능평가기준의 품질인증시험 기준장비를 해당장비를 평가하였으며, 실제 현장에서 수집된 자료를 바탕으로 차량 통과높이와 차량길이를 이용하여 차종을 분류해보았다. 본 연구를 통해 차량높이가 차종분류에 기여할 수 있는 변수임을 확인하고, 현재 기계식 분류방식에서 좀더 높은 정확도의 차종분류 자료를 요구하는 지점에 대해서 기존 차종분류 변수와 더불어 차량높이를 활용함이 가능할 것이라 판단된다.

2. 기존 연구사례

각종 교통검지센서를 이용하여 차종을 분류하려는 다양한 시도가 있었으며 차종분류에 대한 해외연구 사례는 다음과 같다. Ildar Urazghildiiev(2007)는 레이더 검지기를 이용하여 차량의 높이 프로파일을 이용한 차종분류 알고리즘을 제시하였으며 6종의 차량에 대한 분류를 하였다. Renatus Mussa(2006)는 개별차량의 축간거리와 차량의 축수자료를 활용한 확률적 신경망 모형을 적용하여 기존 차량분류 방식보다 분류오류를 줄였으며 차량의 하중자료를 추가하여 더욱 정확한 분류방법을 제시하였다. Zhang et al.(2006)은 단일루프 사용시 속도 측정 오차문제를 해결하고자 단일루프에서 신경망 이론을 통해 차종을 분류하였으며, Cheung et al.(2005)은 하나의 자기센서를 설치하고 현장실험을 통해 6종의 차량으로 분류하였고 높은 차량검지 정확도를 확인하였다.

국내연구 사례의 경우, 김형수(2009)는 장비 오차와 차량제원에 민감하지 않은 차종분류 알고리즘을 개발하여 기계식 장비의 정확도유지에 활용가능성을 확인하였다. 김윤섭(2005)은 이원화된 차종 분류기준의 문제점을 해결하기 위해 통합된 차종 분류 기준을 제시하였다. 오주삼(2001)은 차량 제원을 바

탕으로 차종분류 기준을 제시하였고, 차종분류 기준을 선택적으로 적용하는 알고리즘을 활용하여 향후 차종 분류 알고리즘으로의 활용 가능성을 확인하였다.

기존 연구에서는 각종 교통검지센서를 통한 여러 차종분류방식에 대한 연구가 있었지만 차종분류 시 차량의 높이를 이용한 국내연구는 미비한 실정이므로 본 연구에서는 도로를 주행하는 차량의 통과높이를 측정할 수 있는 방안을 제시하고, 차량높이라는 분류기준을 차종분류에 활용하고자 한다.

3. 차량 높이측정 시스템구현

3.1. 거리측정 레이저센서

차량통과높이를 측정하기 위해 거리측정센서를 이용하였다. 거리측정센서의 설치는 그림 1에서 보는 바와 같이 노면으로부터 일정높이에 거리측정 센서 2개를 도로 상부구조물에 지면과 수직으로 설치한 후 측정시작점에서 노면 바닥까지의 거리를 기준으로 차량이 지나갈 때 지면과 센서간의 거리 변화값을 임의 설정된 측정주기(Sampling Rate)로 계측하게 되면 지면을 기준으로 차량의 높이(H1, H2)를 계측할 수 있다. 시스템구현에 활용된 센서는 레이저센서로서 수집주기는 초(second)당 25,000개이며 측정가능범위는 센서로부터 지면까지의 거리가 최대 1km까지 가능하다. 수집정밀도는 최대 5cm이내의 오차를 갖는다. 센서의 산출결과는 속도에 따른 개별차량에 대한 데이터를 구하는데 차량이 진입하여 진출 후 까지의 데이터를 구분한다. 즉 속도는 센서간 거리(L1, 3m)와 센서간 검지시각차(T1, T2)를 통해 산출되며, 각 개별차량의 자료는 검지시각, 교통량, 속도, 점유시간, 차량길이, 최고높이 등이다.

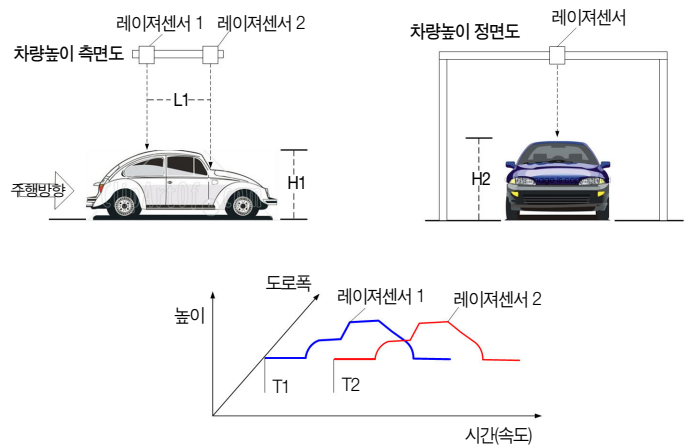


그림 1. 거리측정센서를 활용한 교통파라미터 계측방법 및 신호 파형

3.2. 교통파라미터에 대한 정확도 평가

3.2.1. 교통량, 속도, 점유시간

구현된 시스템의 성능수준을 파악하기 위해 ITS성능평가기준(품질인증시험)으로 장비평가를 수행하였다. 센서에서 계측되는 차량속도, 차량길이 등은 향후 교통파라미터를 추출하는데 매우 중요한 요인으로 작용하며 속도 및 차량길이 정확도가 우수할수록 장비를 신뢰할 수 있다. 따라서 속도와 차량길이를 기초로 연산되는 교통량, 속도, 점유율에 대한 평가를 수행하였다. 평가는 기준값을 취득할 수 있는 1개 차로에 거리측정센서를 설치하고 장비간의 검지영역을 일치시킨 뒤 서로 시각을 동기화하고 자료수집을 실시하였다.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - X_i|}{Y_i}}{n} \times 100 \quad (1)$$

여기서,

- Y_i : i 번째 분석단위시간의 기준값
- X_i : i 번째 분석단위시간의 거리측정센서 측정값
- n : 분석단위시간 개수

성능평가 기준에 따라 이륜차 및 비정상주행 차량은 기준값에서 제외하였으며 평가지표로는 식(1)과 같이 MAPE를 사용하였고, 1회 평가 시 1분단위 수집주기로, 각 30분에 대해 평가하였다. 평가는 총 5회에 걸쳐 반복평가하였고 교통량, 속도, 점유율의 오차평균은 각각 0.07%, 0.26%, 0.45%의 오차를 보였으며, 평가결과는 그림 2와 같다.

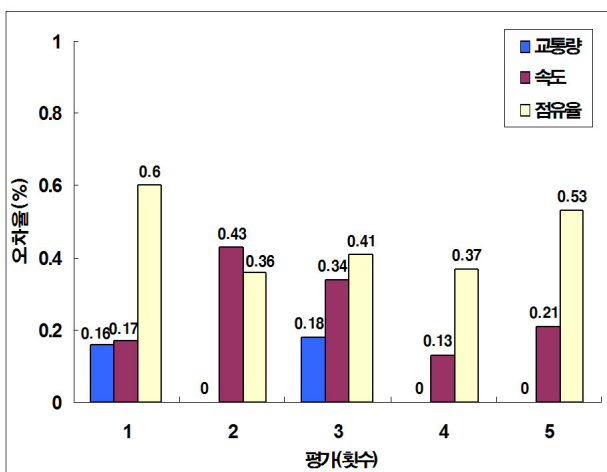


그림 2. 교통파라미터 정확도 평가

3.2.2. 차량길이 및 높이

차량길이 및 차량높이를 평가하기 위한 기준값으로는 동영상 촬영을 통해 각각의 개별차량을 육안으로 관측하여 차종을 구분하였으며, 차량모델 및 제조사를 구분할 수 있는 차량에 대

해 차량모델명을 기입하여 각 모델에 따라 제조사에서 제공하는 차량제원을 기준값으로 평가를 수행하였다. 영상을 통해 육안으로 인식가능한 차량(359대, 21개 모델)의 차량제원과 거리측정센서 장비가 수집한 개별차량의 차량길이와 높이는 각각 1.31%, 2.48%의 차이를 보였다. 구현된 거리측정센서에 대한 교통량, 속도 등의 평가(MAPE)와 관측된 개별차량의 제원 높이와 길이를 비교하였다. 오차를 확인한 결과 속도 및 점유율 등의 수집자료가 기준장비 대비 1% 내외의 높은 정확도를 보였으며, 본 연구에서 얻고자 하는 차량높이 측정 시에도 같은 수집주기 및 측정해상도가 적용되므로 신뢰할 수 있는 자료 수집이 가능함을 확인하였다.

4. 차종분류 정확도 평가

4.1. 평가 개요

도로상부에 설치된 거리측정센서를 통해, 차량높이 측정이 가능함을 확인하였다. 따라서 계측된 차량의 최고높이를 이용하여 차종분류가 가능함을 확인하고자 현장실험을 실시하였다. 실험은 곤지암 IC 인근 국도3호선(상행방향 1개 차로)에서 진행되었으며, 거리측정센서 설치차선에 동영상 저장장치를 설치하여 개별차량의 차종을 확인하였다. 실험을 통해 관측된 차종별 교통량과 일반적인 차종별 교통량을 비교해 보기 위해 도로교통량통계연보(2008)에서 제공하는 평가대상지점의 차종별 교통량을 이용하였으며, 평가대상지점의 연평균일교통량(AADT, Annual Average Daily Traffic)과 수집자료의 차종구성비는 표 1과 같다.

표 1. 평가대상지점의 AADT 및 수집자료의 차종구성비

[단위 : 대(%)]

차종	1종	2종	3종	4종	5종	6종
AADT	28,670 (66.2)	1,065 (2.4)	8,940 (20.6)	2,918 (6.7)	575 (1.3)	693 (1.6)
수집자료	1,305 (60.5)	97 (4.5)	363 (16.8)	248 (11.5)	106 (4.9)	9 (0.4)
차종	7종	8종	9종	10종	11종	12종
AADT	125 (0.3)	6 (0.01)	9 (0.02)	195 (0.4)	12 (0.03)	76 (0.1)
수집자료	22 (1.0)	-	-	4 (0.2)	-	-

현재 기계식 조사에서 차종을 분류함에 있어 가장 중요한 인자는 축수와 길이(차량길이, 축간길이)라 할 수 있다. 현행 12종 차종분류에서는 1~4종의 경우 2축차량인 승용차, 승합차, 소형화물차, 5종 이상의 경우 축수가 3축 이상인 대형화물차로 크게 구분할 수 있다. 5종 이상 차량의 경우 축수와 차량길이가

확연히 구분되므로 육안조사분류나 기계식조사에서도 분류오차가 매우 적다. 하지만 1~4종의 경우 차량길이 제원이 비슷함에 따라 차종분류 오류가 나타나고 있으며, 전체 주행차량 중 1~4종의 비율이 93.4% 이상인 대다수를 차지하므로, 본 연구에서는 1~4종 차량을 대상으로 차량통과높이를 적용하여 차종을 분류하였다.

표 2. 차량제원에 의한 분류방법 및 평가

차종	[분류 I] 차량길이(mm)			[분류 II] 차량높이(mm)		
	제원길이 분포	분류기준	정확도(%)	제원길이 분포	분류기준	정확도(%)
1	3,290~5,470	3,290~4,580	38.31	1,390~2,105	1,390~1,915	87.51
2	6,230~12,000	10,930 초과	9.28	2,620~3,450	3,090 초과	89.69
3	4,580~6,060	분류불가	-	1,915~2,330	분류불가	-
4	4,790~10,930	분류불가	-	2,155~3,090	2,330~2,620	25.00
			25.29			64.13
[분류 III] 차량길이 + 차량높이						
차종	길이 분류기준(mm)		높이 분류기준(mm)	정확도(%)		
1	[1-① 3,290~5,470], [1-② 3,290~4,580]		[1-① 1,390~1,915], [1-② 1,915~2,105]	91.26		
2	6,230~10,930, 10,930 이상		3,080 초과	94.85		
3	5,470~6,060		1,915~2,105	0.00		
4	[4-① 6,060~10,930], [4-② 4,790~6,060]		[4-① 2,330~2,620], [4-② 2,330~3,080]	25.00		
				66.82		

4.2. 차량제원에 의한 분류방법 및 평가

차량제원을 기준으로 센서에서 수집된 개별차량을 [분류 I] 차량길이, [분류 II] 차량높이, [분류 III] 차량길이+차량높이 성분을 활용하여 차종을 분류해 보았다. 차종구분 시 차량 길이와 높이를 분류기준에 이용하고자 국내자동차 제작회사 발간 자료와 인터넷 조사자료를 바탕으로 국내출고 차량에 대한 차종별 제원값을 조사하였다.

먼저 차량길이로만 분류를 할 경우 차종간 분포영역이 대부분 서로 겹침(그림 3)에 따라 3·4종간 분류가 되지 않고 대부분 1종(차량길이 4,580mm 미만) 차량에 대해서만 분류되었다. 차량높이로만 분류를 할 경우에는 3종에 대해서 분류가 되지 않았고 1, 2, 4종에 대한 분류는 가능하였다. 제원에 근거한 차량길이 및 높이의 기준으로 구분한 차종구분에 대해 평가해본 결과는 표 2와 같다.

차량길이 및 높이에 대한 평가는 각각 25.29%, 64.13%로 차량 길이보다는 차량높이의 분류가 더 정확하였고, 길이와 높이를 조합하여 분류해본 결과는 66.82%로 확인되었다. 하지만 분류정확도가 낮아 차량제원에 의한 차종분류 시 차량길이와 높이의 단일변수와 차량길이와 높이를 조합한 분류기준만으로 차종을 분류하기에는 한계가 있음을 확인하였다.

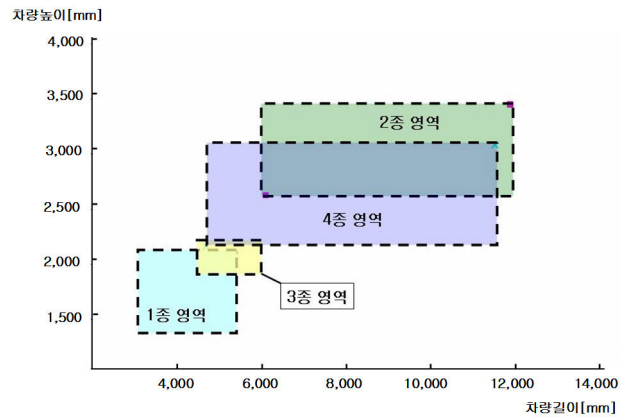


그림 3. 차량길이와 높이에 따른 차종별 중첩 현황

그림 3은 차량제원과 실험을 통해 얻어진 각 개별차량에 대한 차량 최고높이 및 길이에 대한 차종별 중복영역 현황이다. 차량길이와 높이에서 크게 1·3과 2·4종으로 나뉘며 점선으로 표시된 중복된 부분에서 각 차종이 서로 중첩되어 차량길이와 높이만을 이용한 1차적 분류를 통해서 구분될 수 없음을 확인할 수 있다.

4.3. 판별분석을 통한 분류 및 평가

차종분류 시 차량제원상의 길이와 높이만을 이용해서는 차종의 구분이 한계가 있음을 확인하였다. 거리측정센서에서 수집된 개별차량들을 육안으로 확인한 차종 기준값과 비교해보기 위해, 각 개체들에 대해 측정된 특성(변수)값을 이용, 개체를 분류하여 임의의 집단에 속하는가 판별하는 판별분석을 이용하였다. 수집차량의 차량높이와 길이에 대한 변수를 통해 판별함수를 구성하고 센서에서 수집된 2,013대의 차량자료(1~4종)에 대해 차종별 분류결과를 알아보려고 했다.

판별분석(Discriminant Analysis)이란, 연구대상이 어떠한 그룹에 속할 것인지를, 측정변수를 이용하여 판단할 수 있게 만드는 통계적 기법을 말한다. 만일 그룹을 분류하기 위하여 사용되는 변수가 두 개 이상일 경우, 그룹을 가장 잘 구분할 수 있는 다음과 같은 선형함수를 찾아서 분석을 실시한다. 이 경우 다음과 같은 판별함수(Discriminant Function)가 만들어진다(이근희, 2005).

$$Z = w_1 X_1 + w_2 X_2 + 상수 \quad (2)$$

Z : 판별점수

w_1, w_2 : 판별함수 계수

X_1 : 차량높이, X_2 : 차량길이

w_1, w_2 는 판별함수의 계수로서, 각 차종을 잘 구분할 수 있도록 판별분석 과정에서 추정된다. 이러한 계수들은 각 차종으로

분류하는 과정에서 X_1, X_2 (측정변수)가 기여하고 있는 정도와 어떠한 방향을 가지고 있는지를 파악할 수 있게 만들어준다.

표 3. Fisher의 선형 판별함수(분류함수 계수)

차 종	1	2	3	4
w_1 (차량높이)	13.230	20.521	19.221	24.487
w_2 (차량길이)	11.197	29.107	11.957	17.869
상수	-37.677	-195.604	-52.542	-102.941

Fisher의 분류함수 계수는 표 3과 같다. 1~4종 별로 분류함수 계수를 독립변수 값에 곱한 후 전부 합해서 분류점수를 계산한 다음, 이 중 최대점수의 차종으로 분류할 수 있다.

각 차종에 대한 분류결과는 표 4에서 보는 바와 같다. 분류가 어려울 것으로 예상된 3종 차량의 경우 93.9%의 비교적 높은 분류정확도를 보였다. 3종 차량으로 1, 4종 차량이 각각 159, 37대가 잘못 분류되었으나, 이러한 오차는 1종 대형차량과 4종 소형차량에 대한 오차라 판단되며 기존에 분류가 힘들었던 1·3종 차종구분의 변수로 차량높이가 사용될 수 있다고 할 수 있다. 전체적인 차종별 분류정확도는 88.6%로 나타났다.

표 4. 판별함수를 통한 분류결과

(단위 : 대(%), 분류정확도)

예측차종 \ 실제차종	1	2	3	4	전 체
1	1,146 (87.8)	0	159	0	1,305
2	0	94 (96.9)	0	3	97
3	19	0	341 (93.9)	3	363
4	0	8	37	203 (81.9)	248

5. 결론

현행 12종 차종분류체계에서 93.4%의 비율(도로교통량 통계연보 2008, 일반국도)을 차지하는 1~4종(2축 차량) 차량의 경우, 차량제원의 유사성으로 인하여 인접한 차종의 차량구분 시 측수, 축간길이, 차량길이만으로 구분하기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 차량높이를 차종분류의 기준으로 활용할 수 있는지를 검토하고자 거리측정센서를 도로 상부구조물에 지면과 수직으로 설치하고 차량의 통과높이를 계측할 수 있는 방법을 고안하였으며, 계측된 차량높이를 이용하여 1~4종간 차종을 분류하였다.

촬영된 동영상상을 바탕으로 육안으로 확인한 차종 기준값과 차량높이와 길이를 변수로 판별분석하여 얻어진 결과, 차종 분

류 시 88.6%의 정확도를 확인하였다. 이러한 결과를 통하여 차량높이가 차종분류에 기여할 수 있는 변수인 것을 확인하였으며, 현재보다 높은 정확도의 차종분류 자료를 요구하는 지점에 대해서는 기존의 차종분류 변수와 더불어 본 연구방법을 활용하는 것이 가능할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 한 개차로 중앙부에 2개의 거리측정센서를 활용하여 데이터를 수집하였으며, 향후 검지정확도 및 차량정보 수집을 위해 차로당 센서를 추가 설치하여 적용한다면 도로를 지나는 차량에 대해 좀 더 정확한 검지 및 정보수집이 가능할 것이다. 또한 본 연구에서는 1~4종 차량을 대상으로 차종을 분류하였으나, 5종 이상의 차량이 도로계획이나 포장에 미치는 영향이 크므로 향후 12종 전체 차종에 대한 분류가 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

국토해양부(2009), 2008년 도로교통량 통계연보
 김운섭, 오주삼(2005), 자료 연계성을 고려한 차종 분류 기준의 제시, 한국도로학회 논문집, 제7권, 4호, pp. 57-68
 김형수, 김민성, 오주삼(2009), 차량길이와 축거의 추세선을 이용한 차종분류 알고리즘 개발, 대한교통학회 논문집, 제27권, 제4호, pp. 55-61
 오주삼, 최도혁(2001), 차량제원을 활용한 차종분류 알고리즘 개발에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 21권, 6-D호, pp. 799-811
 이군희(2005), 「사회과학 연구방법론」, 법문사
 Ildar Urazghildiev, Rolf Ragnarsson, Pierre Ridderstrom, Anders Rydberg. (2007) Vehicle Classification Based on the Radar Measurement of Height Profiles, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.8, No.2, pp. 245-253
 Zhang, G., Wang, Y., and Wei, H. (2006), Artificial Neural Network method for length-based vehicle classification using single-loop outputs, Journal of Transportation Research Record, No.1945, pp. 100-108
 Renatus Mussa, Valerian Kwizile, and Majura Seleka (2006) Probabilistic neural networks application for vehicle classification, j. Transp. Engrg., Vol. 132, Issue 4, pp. 293-302
 Cheung, S. Y., Coleri, S., Dundar, B., Ganesh, S., Tan, C., and Varaiya, P., (2005) Traffic measurement and vehicle classification with single magnetic sensor, Journal of Transportation Research Board, No 1917, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., pp. 179-181

접 수 일 : 2010. 6. 14
 심 사 일 : 2010. 6. 14
 심사완료일 : 2010. 11. 29