

검지 환경별 영상검지기의 성능변화 특성에 관한 연구

A Study on A Performance Change Characteristic of Image Detector per Detectable Environment

류승기

변상철

김창현

김기수

(한국건설기술연구원, 선임연구원) (한국건설기술연구원, 선임연구원) (한국건설기술연구원, 연구원) (한국건설기술연구원, 연구원)

Key Words : ITS, 차량검지기, 영상검지기, 평가시간, 설치방위

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법

II. 영상검지기 평가방안

1. 대상 장비 선정
2. 평가 시간 선정
3. 평가 기준 설정
4. 기준 장비 검증

III. 평가결과

1. 현장평가 실시
2. 분석 방법
3. 분석 결과

IV. 결론 및 향후연구과제

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

건설교통부는 ITS 국가 기본계획에 의거 국토의 대동맥인 일반국도를 대상으로 첨단교통체계를 구축, 교통정보 및 소통 정보제공을 통한 지·정체 완화 및 도로이용자의 경로 선택의 기회를 제공하기 위해 ITS를 구축·운영 중에 있다.

이러한 ITS의 목적을 달성하기 위해서는 도로상의 교통정보를 보다 정확하게 수집하는 것이 필수적이고, 이를 위해 많은 차량검지기가 설치된다. 국내에서는 1980년대 주로 루프검지기를 사용하였으나, 설치 및 유지보수가 용이하고, 전송화면을 통한 돌발상황 및 소통상황을 즉각 확인 할 수 있는 등의 장점으로 인하여 영상검지기 설치가 증가하는 추세이다.

현재 영상검지기는 선진 각국 뿐 아니라 국내에서도 가장 활발하게 개발되고 있으며, 컴퓨터에 의한 영상처리기술의 발달에 따라 영상처리 속도가 크게 향상되고 있는 실정이다. 그러나 영상검지기는 검지 할 영역에서의 화소 값들의 분포를 미리 인식하고, 차량이 진입할 때 화소 값들의 변화에 의하여 차량진입 여부를 판단한다. 따라서 검지 영역의 화소 값의 변화에만 의존하여 인식하므로 약간의 환경 변화에도 매우 민감하게 반응하는 단점이 있다.[1]

기존에 차량검지기에 대한 연구들을 살펴보면, 한국건설기술연구원, 도로교통안전관리공단, 서울시 교통운영개선기획단

등에서 차량검지기 성능평가에 대한 연구들이 수행되어왔다. 이런 기존의 차량검지기 성능평가에 대한 연구들은 주로 성능평가를 위한 평가지표 제시에만 중점을 두고 있었다. 그러나 앞서 언급하였듯이 영상검지기는 주변 환경 변화에 민감하게 반응하고, 이는 영상검지기의 에러율을 높이는 주요 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 평가시간, 설치방위 등 주변 환경이 영상검지기의 성능변화에 특성에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 검지 환경별 영상검지기의 성능변화 특성을 분석하기 위하여 2003년 『고속국도 우회도로 ITS 구축[1단계]』 사업에서 구축된 영상검지기를 대상으로 평가를 실시하였다. 총 550식의 차량검지기를 대상으로 표본을 추출하여 성능변화 특성을 평가하였다.

평가기준은 차량검지기의 자료 중 일반적으로 널리 사용되는 교통량, 속도, 점유율을 사용하였고, 평가지표는 등가계수를 사용하였다. 또한 주변 환경이 검지기에 미치는 영향을 분석하기 위하여 일출, 주간, 일몰, 야간의 4가지 평가시간대와 동, 서, 남, 북의 4가지 설치방위에 대하여 분석을 실시하였다.

이를 통하여 주변 검지 환경이 영상검지기의 성능변화에

어떠한 영향을 미치는가에 대한 결론과 향후연구과제에 대하여 언급하였다.

11. 영상검지기 평가방안

1. 대상 장비 선정

1) 대상 장비 선정방법

영상검지기가 설치된 주변 환경이 다 다르므로 성능변화 특성을 파악하기 위해서는 전수 조사를 하는 것이 바람직하겠지만, 시간과 비용이 많이 소요된다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 KSA ISO 2589-1에서 제시하는 계수값 검사를 위한 축차 표본추출 방식을 사용하였다.

일반적으로 평가를 위한 표본을 추출하는 경우에는 치우침이 없는 무작위 채취방법을 사용하지만, 평가의 대상이 다른 교통량과 차로를 가지는 즉, 동일기준상에 있지 않으므로 본 연구에서는 어떤 객체나 대상들을 밀접한 유사성(similarity) 또는 거리(distance)에 의하여 몇 개의 군집으로 집단화하는 다변량기법인 군집분석(cluster analysis)을 이용하여 대상 장비를 선정하였다.

2) 대상 장비 선정

앞서 언급한 KSA ISO 2859-1 샘플링검사를 실시하여, 총 550식의 차량검지기 중 적정표본수인 80식을 선정하였다.

적정표본수인 80식을 총 550식의 장비 중에서 도출하기 위하여 다음의 단계를 수행하였다.

첫째, 설치된 장비의 수량과 관계없이 교통류의 특성을 고려하여 단속류가 발생하는 지점을 기준으로 분류하였다.

둘째, 분류된 구간에서 장비의 유형별 및 수량별로 군집을 이루는데 영향을 미치는 결정변수는 교통특성을 반영하는 교통량, V/C, 차로수, 설치방위의 항목으로 설정하였다.

셋째, 군집의 유형은 크게 계층적 군집과 상호 배반적 군집의 두 가지로 나뉘는데, 본 연구에서는 각 개체가 상호 배반적인 군집의 분석방법인 K-평균 군집방법을 적용하였다.

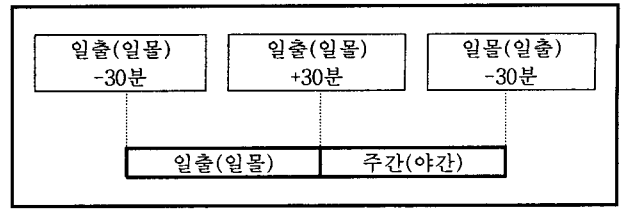
마지막으로, 선정구간에 속하는 지점의 장비선정은 현장답사를 통하여 평가에 영향을 미칠 수 있는 요소가 적고, 평가간 안전한 지점을 선별하여 선정하였다.

2. 평가 시간 선정

평가 시간대는 광량의 변화, 일조각도 등에 따른 영상검지기의 성능변화 특성을 분석하기 위하여 전이시간대인 일출, 일몰시간대와 주간, 야간시간대로 분류하여 각 시간대별로 1회 평가를 실시하였다.

일출, 일몰시간대는 기상청에서 발표한 일출, 일몰 시간에 ±30분을 한 시간대이고, 주간, 야간시간대는 일출, 일몰시간대 사이의 주간, 야간의 교통특성을 나타낼 수 있는 시간을 선정하였다. <그림 1> 각 시간대별 평가 시간을 선정하는 방법을

보여주고 있다.



<그림 1> 평가 시간 선정

분석은 각 시간대별 60분씩 표본을 추출하여 30분 분석을 실시하였다.

3. 평가 기준 선정

1) 평가지표 선정

평가지표는 평가결과에 대한 통계량의 개념으로 차량검지기의 성능을 대표할 수 있어야 하며, 수요자가 이해하기 쉬운 지표가 선정되어야 한다.[2]

기존의 평가사례에서는 주로 등가계수를 적용하는 방법과 퍼센트(%) 오차를 적용하는 방안을 사용하였다. 각 지표의 선정방법을 살펴보면 다음과 같다.[1]

첫째, 등가계수(Equality Coefficient) : 등가계수란 기준값에 대하여 측정값이 얼마나 접근하고 있는지 판별하기 위한 계수로서 만일 기준값과 측정값이 일치할 경우에는 등가계수가 1에 근접하며, 이 값의 범위는 0과 1사이의 값을 가진다.

$$\text{등가계수} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_i^I (f_i - f_d)^2}}{\sqrt{\sum_i^I f_i^2 + \sum_i^I f_d^2}}$$

여기에서,

i : i 번째 단위시간

I : 얻어진 자료의 총 주기수

f_i : i 번째 단위시간에서의 실측자료값

f_d : i 번째 단위시간에서의 대상자료값

둘째, 오차율(Mean Average Percentage Error) : 실측치가 기준치에 대해 어느 정도의 오차를 나타내는지를 평가하는 방법이다.

$$\% \text{오차율} = \frac{\sum \sqrt{(\text{검지자료} - \text{실측치})^2}}{\text{자료수}}$$

본 연구에서는 평균%오차가 아닌 등가계수를 평가지표로 사용하였다.

2) 평가기준 선정

평가기준은 평가항목인 교통량, 속도, 점유율에 대하여 각

시간대별로 일출, 주간, 일몰 시간대에는 95% 이상의 정확도를, 야간시간대에는 85% 이상의 정확도를 기준으로 하였고, 전체적인 시간대의 평균 정확도가 95% 이상인 장비를 합격 기준으로 선정하였다.

교통량의 경우는 전차로를 분석하였고, 속도와 점유율은 이동식 차량 데이터 수집장비 설치의 문제로 검지영역의 바깥 차로만 분석하였다.

4. 기준장비 검증

기준장비로는 이동식 차량 데이터 수집장비인 COUNTMAN 교통량측정기와 비디오카메라를 사용하였다. 교통량은 비디오 촬영 후 프레임 분석결과를 이용하였고, 속도와 점유율의 경우는 이동식 차량 데이터 수집장비 분석결과를 기준값으로 적용하였다. 기준장비의 검증 단계는 다음과 같다.

- ① 비디오 촬영 후 프레임 분석을 통하여 기준 교통량값 측정을 수행한다.
- ② 이동식 차량 데이터 수집장비 분석을 통하여 기준 속도값 측정을 수행한다.
- ③ 점유율의 경우 앞에서 구한 속도값과 전장값을 활용하여 계속 점유시간에 대한 측정을 수행한다.
- ④ 계속된 차량의 전장값과 해당 차량의 제원상의 전장 비교를 통하여 검증을 수행한다.

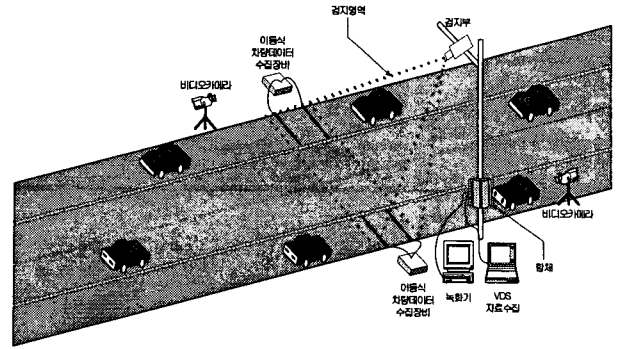
III. 평가 결과

1. 현장평가 실시

기준장비와 대상장비의 데이터를 수집하기 위하여 현장에 이동식 차량 데이터 수집장비와 노트북, 비디오카메라, 녹화기 등의 장비를 설치한다. 먼저 교통량 기준값을 구하기 위하여 영상검지기 제어부(합체)에 비디오 녹화기를 설치하여 평가시간동안의 검지영역 영상을 녹화한다.

다음으로 속도 기준값을 구하기 위하여 검지영역의 바깥차로에 이동식 차량 데이터 수집장비를 설치한다. 이동식 차량 데이터 수집장비의 센서(Sensor)는 로드 튜브(Road Tube) 센서로 대상장비의 검지영역에 설치한다. 로드 튜브의 검지 원리는 차량 통과시 튜브내의 공기압력으로 에어 스위치(Air Switch)를 구동시키고 이 스위치내의 전자회로에서 차량을 감지하는 원리이다. 이동식 차량 데이터 수집장비 설치 후 단일 전장값을 갖고 있는 차량들을 대상으로 튜닝과정을 실시한다. 이동식 차량 데이터 수집장비의 데이터는 노트북을 연결하여 현장에서 바로 수집한다.

마지막으로 계속된 차량의 전장값과 해당 차량의 제원상의 전장 비교를 위하여 이동식 차량 데이터 수집장비 전방 노측에 비디오카메라를 설치하여 평가시간 동안 검지영역의 차량을 녹화한다. 영상검지기의 현장평가를 위하여 설치되는 장비의 구성도를 살펴보면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 현장평가 구성도

2. 분석 방법

앞서 언급하였듯이 일출, 주간, 야간, 일몰의 각 시간대별로 1시간씩 측정하여 관측한 자료 중 각 시간대의 교통흐름을 대표할 수 있는 30분 데이터를 추출하고, 이를 정보제공 단위로 분석하였다.

1) 교통량 분석 방법

교통량 분석은 비디오 프레임 분석을 통하여 전차로의 누적교통량을 산출하였고, 산출식은 다음과 같다.

$$Q = \sum_{i=1}^4 q_i$$

여기에서,

- Q : 누적 교통량(대)
- q_i : 각 차로별누적교통량(대)

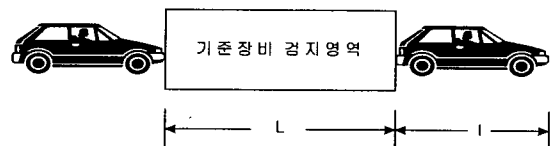
2) 속도 분석 방법

속도 분석은 이동식 차량 데이터 수집장비를 수집자료를 분석하여 속도를 산출하였고, 속도 산출 단계는 다음과 같다.

- ① 이동식 차량 데이터 수집장비로부터 개별차량의 축간거리를 수집한다.
- ② 비디오 프레임 분석을 통하여 개별차량의 축간거리 제원을 추출하여 앞 축간거리단계에서 수집한 축간거리와 비교한다.
- ③ 비교값으로 기준장비로부터 획득한 속도값을 기준 속도값으로 보정하여 분석한다.

3) 점유율 분석 방법

점유율 분석은 비디오 프레임 분석을 통하여 개별차량의 전장값 제원을 추출하여 기준 속도값을 이용하여 다음의 식과 같이 분석한다.



$$O_i = \frac{L}{v_i} * \alpha + \frac{l_i}{v_i}$$

여기에서,

- O_i : 차로를 통과한 개별 차량의 점유시간(sec)
- L : 기준장비 검지영역(m)
- v_i : 개별 차량의 속도(m/sec)
- l_i : 개별 차량의 길이(m)
- α : 검지영역(검지기별 검지영역)

3. 분석 결과

1) 1차 현장평가 분석결과

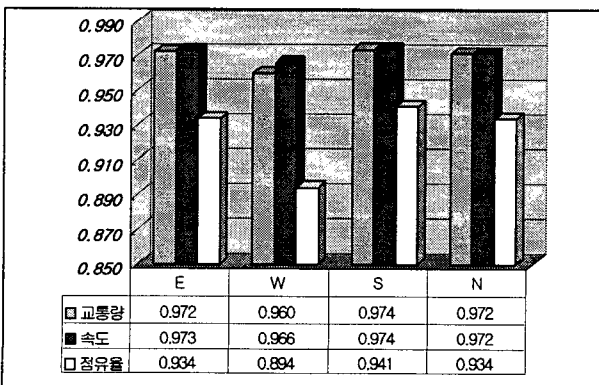
총 80개 지점의 영상검지기를 평가한 결과 52.5%인 42개 장비만이 평가기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 전체적인 정확도를 분석해 보면 0.960으로 정확도가 높은 것으로 분석되었다.

영상검지기의 설치방위가 성능변화에 미치는 영향을 살펴보면 <표 1>과 같이 합격률은 남향, 동향, 북향, 서향의 순으로 나타나고, 정확도도 남향, 동쪽, 북쪽, 서향의 순으로 나타난다. 이러한 결과를 볼 때 일조각도와 설치방위가 영상검지기의 성능변화에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

<표 1> 설치방위별 분석결과

설치방위	E	W	S	N
총 장비수	12	13	32	23
합격 장비수	6	5	21	10
합격률(%)	50.00	38.46	65.63	43.48
정확도	0.960	0.940	0.963	0.959

위의 설치방위별 분석결과를 교통량, 속도, 점유율의 평가 항목으로 분석해보면 설치방위가 영상검지기의 성능변화에 미치는 영향을 좀 더 자세히 알 수 있다. <그림 3>은 교통량, 속도, 점유율의 정확도를 설치방위별로 분석한 것이다. <그림 3>과 같이 영상검지기의 성능에 가장 많은 영향을 미치는 설치방위에 서향인 것으로 분석되었다. 특히 점유율은 0.894로 평가기준과 차이가 많이 발생한다.



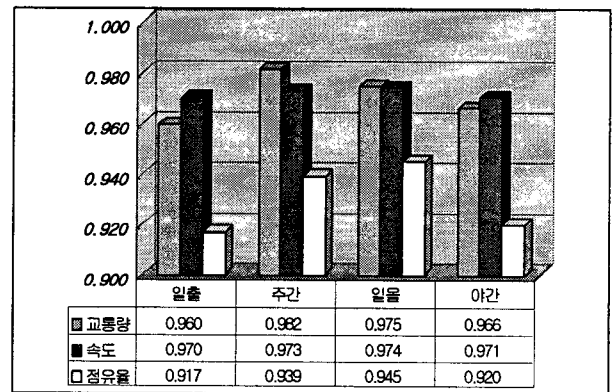
<그림 3> 설치방위별 종합 분석도

설치방위와 함께 영상검지기의 성능변화에 영향을 미치는 시간대별 분석결과를 살펴보면 <표 2>와 같이 정확도는 주간, 일몰, 야간, 일출의 순으로 나타난다. 이러한 결과를 볼 때 평가시간에 따른 광량의 변화가 영상검지기의 성능변화에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 특히 주간에서 야간으로의 전이 시간인 일몰시간대 보다 야간에서 주간으로의 전이 시간인 일출시간대에 미치는 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다.

<표 2> 평가시간대별 분석결과

평가시간	일출	주간	일몰	야간
정확도	0.949	0.965	0.965	0.952

평가시간대가 영상검지기 성능변화에 미치는 영향을 좀 더 구체적으로 분석하기 위해, 각 시간대별 교통량, 속도, 점유율의 정확도를 분석해왔고, 그 결과는 <그림 4>와 같다. <그림 4>와 같이 야간과 일출 시간대에 영상검지기의 정확도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 특히 일출 시간대에 일조각도에 의한 그림자 발생이 영상검지기의 정확도에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.



<그림 4> 평가시간대별 종합 분석도

2) 2차 현장평가 분석결과

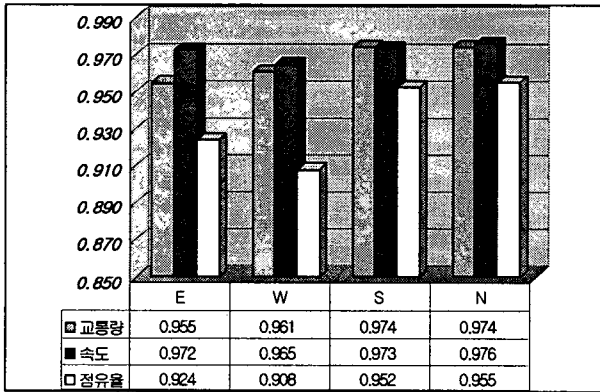
총 80개 지점의 영상검지기 중 평가기준에 부적합한 34개 지점의 영상검지기에 대하여 튜닝과정을 거쳐 2차 현장평가를 실시하였다. 2차로 34개 지점에 대한 현장평가를 실시한 결과 79.4%인 27개 지점의 장비가 평가기준을 만족하는 것으로 분석되어, 튜닝과정 후 영상검지기의 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

<표 3>은 영상검지기의 설치방위별 성능변화 특성을 분석한 결과로, 합격률은 북향, 남향, 서향, 동향의 순으로 나타났다. 1차 현장평가와 비교해 보면 북향의 합격률이 많이 상승한 것을 알 수 있다. 1차 현장평가에 비해 2배정도의 합격률이 상승한 것을 알 수 있다. 반면, 동향과 서향은 튜닝과정 후 영상검지기의 성능이 향상되었기는 하지만, 북향, 남향과 비교해 보면 합격률이 낮다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때 설치방위가 영상검지기의 성능변화에 영향을 준다는 것을 확인 할 수 있다.

<표 3> 설치방위별 분석결과

설치방위	E	W	S	N
총 장비수	5	8	11	10
합격 장비수	3	5	9	10
합격률(%)	60.00	62.50	81.82	100.00
정확도	0.950	0.944	0.966	0.968

<그림 5>는 교통량, 속도, 점유율의 정확도를 설치방위별로 분석한 것이다. 2차 현장평가 결과에서도 1차 현장평가와 마찬가지로 설치방위가 서향인 영삼검지기의 정확도가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 또한 일조각도에 영향을 받는 동향의 영삼검지기의 정확도도 남향, 북향에 비해 낮다는 것을 알 수 있다.



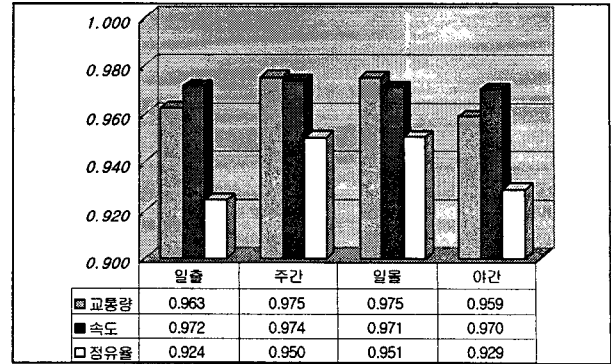
<그림 5> 설치방위별 종합 분석도

평가시간대가 영상검지기의 성능변화에 미치는 영향을 살펴보면<표 4>와 같이 정확도는 주간, 일몰, 야간, 일출의 순으로 나타난다. 분석결과를 살펴보면, 1차 현장평가 후 튜닝 과정을 거친 후에도 영상검지기의 성능향상이 미비하다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때 영상검지기 기기의 자체 결함보다는 평가시간 등 주변 환경이 영상검지기의 성능변화에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

<표 4> 평가시간대별 분석결과

평가시간	일출	주간	일몰	야간
정확도	0.953	0.967	0.966	0.953

평가시간대가 영상검지기 성능변화에 미치는 영향을 좀 더 구체적으로 분석하기 위해, 각 시간대별 교통량, 속도, 점유율의 정확도를 분석해봤고, 그 결과는 <그림 6>과 같다. <그림 6>과 같이 야간과 일출 시간대가 영상검지기의 정확도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 앞서 언급하였듯이 영상검지기는 검지 할 영역에서의 화소 값들의 분포를 미리 인식하고, 차량이 진입할 때 화소 값들의 변화에 의하여 차량진입 여부를 판단한다. 따라서 일출 시간대에 일조각도에 의한 그림자 발생이 영상검지기의 정확도에 영향을 준다는 것을 확인 할 수 있다.



<그림 6> 평가시간대별 종합 분석도

IV. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 최근 ITS 사업 분야에서 활용되고 있는 영상검지기에 대해 설치방위, 평가시간 등 주변 검지환경이 영상검지기의 성능변화에 미치는 영향을 분석하였다.

설치방위별 영상검지기의 성능은 일출과 일몰시 일조각도에 의한 영향으로 서향과 동향이 남향과 북향보다 정확도가 낮다는 것을 알 수 있었다. 또한 평가시간대별 영상검지기의 성능은 야간과 일출시간대가 주간과 일몰시간대에 보다 정확도가 낮다는 것을 알 수 있었다.

이러한 연구의 결과로 향후 영상검지기의 구축위치를 선정하거나 영상검지기의 유지보수 업무를 수행하는데 있어 효율적일 것으로 예상된다. 또한 기존 지점 변경의 타당성과 영상검지기 운영 효율성이 향상 될 것으로 기대한다.

본 연구에서는 기존의 차량검지기 성능평가연구에서 제시한 평가기준을 사용하여 분석을 하였지만, 이에 대한 명확한 근거는 찾을 수 없었다. 또한 평가기준이 주변 환경을 고려하지 않고 높게 설정되어 있다. 따라서 향후 차량검지기의 평가기준에 대한 명확한 근거와 주변 환경을 고려한 현실적인 평가기준 설정방안에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

또한 영상검지기의 성능 및 데이터 품질을 계속 유지하기 위한 성능평가 주기 및 데이터 품질관리 방안에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 김대호 외 1인, 차량검지기 성능평가 방안에 관한연구, 대한교통학회지, 2002, 10.
2. 건설교통부, ITS 장비·시스템 성능평가 및 신기술 지정 보호체계 구축 연구 -최종보고서-, 한국건설기술연구원, 2004, 7.
3. 건설교통부, 검지기별 구간소통정보 산출 및 성능평가사업, 한국건설기술연구원, 2003, 11, 7.
4. 한국표준협회, KS -계수값 검사를 위한 측자 샘플링 방식 -, -계수값 검사에 대한 샘플링 검사 절차-, 2001, 12, 31.
5. TTI, Vehicle Detector Evaluation, 2002, 10.