

# 조도에 따른 차량번호 인식을 특성분석 및 성능평가에 관한 연구

(A Study on Identification Characterization & Performance Evaluation to Illumination)

김기수 · 류승기 · 변상철 · 김창현

(한국건설기술연구원, 연구원 · 선임연구원 · 선임연구원 · 연구원)

핵심용어 : AVI, 조도, 적중률, 군집분석

## 목 차

### I. 연구의 목적

### II. 연구의 내용

### III. 평가방법 정립

1. 평가항목
2. 평가 시간대
3. 평가대상
4. 기준값 산출
5. 평가지표
6. 외부환경변수 선정
7. 분석과정

### IV. 평가실시

1. 평가수량 선정
2. 평가대상 선정
3. 현장평가
4. 결과분석

### V. 결론

1. 연구의 성과 및 기대효과
2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

### 참고문헌

## I. 연구의 목적

교통문제는 교통체증, 환경오염, 교통사고, 물류비용 증가, 에너지 낭비 등의 다른 문제를 낳고 있는 근본원인이라는 데서 그 심각성이 대두되고 있다. 악화되는 교통문제에 대한 직접적인 대처방안으로 충분한 교통시설의 공급이지만 토지공간의 한계, 수요의 증가에 미치지 못하는 도로와 같은 교통시설의 공급속도, 투자재원 제약 등으로 시설공급을 통한 교통문제 해결은 한계가 있다. 이에 일찍이 교통체계관리(TSM), 교통수요관리(TDM) 등 여러 노력을 기울이고 있으며, 이를 위해서는 교통문제를 진단하고 해결할 수 있는 정확한 자료가 요구되고 있다. 따라서 교통정보를 수집하고, 수집된 정보를 바탕으로 통합 교통관리를 통하여 교통체계의 효율성 및 안전성을 제고하기 위한 ITS 사업이 활발히 진행되고 있다.

수집된 정보의 가공과 이를 이용한 교통정보의 제공 등 교통관리시스템(TMS)은 원시자료에 의존하기 때문에 그 자료의 정확도가 교통관리의 성패를 좌우한다고 할 수 있다. 기존에는 주로 매설식 VDS(vehicle detecting system)를 이용하여 통과 차량수, 속도, 점유율 등의 자료로 이용하였는데, 유지보수의 어려움이 있어 근래에는 영상식 VDS가 주로 설치되고 있는 상황이다.

하지만 검지방식이 매설식이든 영상식이든 장비가 설치된 지점만의 자료를 수집할 수 있기 때문에 구간 소통정보를 얻기에는 한계를 가지고 있다. 때문에 개별 차량을 인식할 수 있는 AVI(automatic vehicle identification)를 이용하여 구간 속도, 통행시간 등의 구간자료를 얻기 위한 시도가 이루어지고 있다.

앞에서 언급한 바와 차량의 소통상태를 파악하는데 중요한 AVI 장비를 평가하기 위해서 필요한 평가항목, 평가지표 등을 살펴보고, 자료수집에서 평가까지의 평가절차방안을 정립한다.

따라서 이 연구는 현장에 설치되는 많은 장비 중에서 전체 장비를 대표할 수 있는 표본을 추출할 수 있는 방법론을 결정하고, 평가에 조도를 반영함으로써 AVI 장비와 조도의 상관관계를 분석하고자 한다.

## II. 연구의 내용

기존에는 설치되는 제품의 대표장비를 가지고 평가하여 장비가 가지는 기계적 오차를 가지고 판정하였다. 하지만 이는 장비가 가지고 고유성능을 확인하는 과정일 뿐이다. 따라서

각기 다른 현장에 설치되는 장비가 동일한 성능을 발휘한다고 보장할 수 없다.

때문에 각 현장에 대한 설치되는 장비의 평가가 필요한데, 전수(全數)평가는 시간과 비용을 고려할 때 불가능하여 대표 장비를 선정하여 평가를 실시해야 한다.

따라서 연구는 먼저 평가항목과 평가지표를 결정하고 수많은 대상장비 중에서 대표값이라 볼 수 있는 평가대상 장비를 추출할 수 있는 방법론을 정립한다. 다음으로 추출한 표본을 대상으로 평가를 실시하는데, 평가시 평가환경은 조도를 제외하고는 동일한 것으로 가정하고 매 1분마다 조도를 측정한다.

현장평가 후 기준값을 산출하여 장비로부터 획득된 자료의 검지율과 인식율을 비교한다. 또한 조도를 고려할 경우와 고려하지 않을 경우의 결과치를 비교하여, 조도와 인식률의 상관관계를 분석한다.

연구의 결과를 통하여 AVI 평가시 외부환경요인으로 조도를 고려할 필요성 여부에 대한 결론을 도출하고, 연구의 한계점과 향후 연구과제를 제시한다.

### III. 평가방법 정립

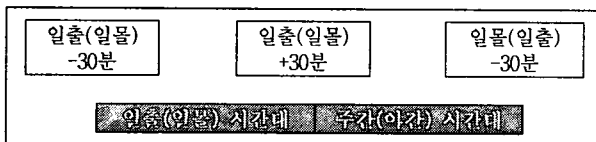
#### 1. 평가항목

우리나라에서 적용하는 AVI는 차량을 번호판을 인식하여 통행량, 구간속도 등의 정보를 얻고자 하는데 그 목적을 두고 있다. 이를 가능할 척도는 차량의 검지 정확도와 검지된 차량의 번호판 인식의 정확도로서 이 두 항목을 사용한다.

#### 2. 평가 시간대

평가 시간대는 일일 24시간 동안 변화되는 환경에도 일관된 성능을 보장하는지 평가하기 위해서 주간, 야간, 전이시간대(일출, 일몰)의 4가지 시간대에 평가한다. 이 4가지 시간대는 첨두시간대와 비첨두시간대를 포함하고 있어 교통량 차등에 따라 발생할 수 있는 평가결과의 차이를 배제할 수 있다.

각 시간대별로 평가시간은 개별 분석차량 100대를 확보할 수 있는 시간이라 판단되는 1시간으로 결정하고, 기준이 되는 시간대는 다음의 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 평가 시간대별 기준시

#### 3. 평가대상

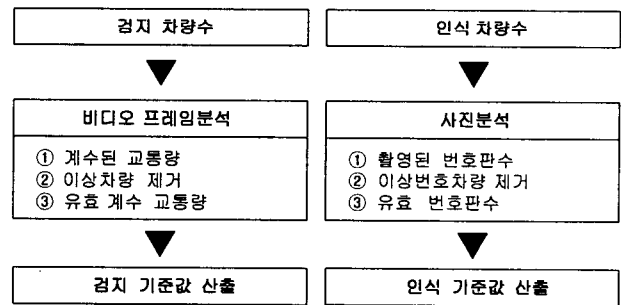
현장에 설치되는 많은 장비의 전량을 평가하는데는 시간과 비용이 많이 소요되므로 평가에 대한 신뢰성을 확보할 수 있는 내에서 표본을 추출할 필요가 있다. 이를 위해 이 연구에

서는 KSA ISO2859-1에서 제시하는 계수값 검사를 위한 측자 샘플링 방식을 사용하였다.

표본의 크기가 설정되고 나면 일반적으로 평가를 위한 샘플을 채취하는 경우에는 치우침이 없는 무작위 채취방법을 사용한다. 하지만 평가의 대상이 다른 교통량과 차로를 가지는 즉, 동일기준상에 있지 않으므로 이 연구에서는 어떤 객체나 대상들을 밀접한 유사성(similarity) 또는 거리(distance)에 의하여 몇 개의 군집으로 집단화하는 다변량기법인 군집분석(cluster analysis)을 이용하여 평가대상을 선정한다.

#### 4. 기준값 산출

기준값은 참값이라고 가정할 수 있어야 하므로 인력에 의한 산출이 가장 적절하며, 검지된 차량의 대수는 차량의 통행을 녹화한 비디오 프레임분석을 통하여 산출한다. 이때 AVI의 검지영역에서 차로를 변경하는 등의 이상차량을 제거하여 유효 기준 교통량을 산출하는 것이 중요하다. 인식 차량에 대한 기준값은 AVI에 촬영된 이미지를 판독하여 산출하는데, 번호판이 변형되었거나 이물질이 과도하게 부착된 이상 번호판을 제거하여 유효 차량의 대수를 결정한다.



<그림 2> 기준값 산출과정

#### 5. 평가지표

앞서 설정한 평가항목인 검지된 차량과 인식된 차량의 적중률을 가지고 정확도를 판단한다.

AVI에 대한 평가항목은 검지 및 인식률을 제시할 수 있는데, 이는 기준값과의 차이에 어떠한 오차를 보이는 값을 가지는 것이 아니고 단지 1(검지 및 인식), 0(미검지 및 미인식)의 형태로 판정된다. 따라서 적중률(Hit Ratio) 이외의 평가지표는 고려할 필요가 없다.

<수식 1>

$$\begin{aligned} \text{적중률 (HitRatio)} &= \frac{(\text{적중의 수})}{(\text{적용된 총수})} \\ &= \frac{(\text{적중의 수})}{(\text{적중의 수} + \text{실패의 수})} \end{aligned}$$

앞의 식에서 보이는 적중률을 각 평가항목에 적용하여 산출되는 차량의 검지율과 인식률을 평가지표로 사용한다.

#### 6. 외부환경변수 선정

이 연구에서 인식률에 영향을 준다고 가정한 외부환경변수인 조도의 변화에 따라 인식률의 상관관계를 분석하기 위해서는 범위를 가진 기준이 필요하다.

우리나라에서 적용하고 있는 조도기준은 먼저 한국산업규격(KSA 3011)에서 제시하는 표준조도 4lx에서 10,000lx까지 11등급으로 나뉘는 기준이 있고, 두 번째 기준으로 조명설치를 위해 0.5lx에서 20,000lx까지 15등급으로 나눈 기준이 있다.

등급에 따라 분포정도가 다르게 나타나는 것을 고려하여 두 가지의 조도기준을 모두 사용하며, 등급에서 벗어나는 0lx와 30,000lx 이상의 등급을 추가하여 분석한다.

<표 1> 조도기준

구분	KSA 3011에 따른 기준		조명설치에 따른 기준	
	조도범위(lx)	표준조도(lx)	조도범위(lx)	표준조도(lx)
1	0	-	0	-
2	3~6	4	0.7~0.3	0.5
3	6~15	10	1.5~0.7	1
4	15~30	20	3~1.5	2
5	30~60	40	7~3	5
6	60~150	100	15~7	10
7	150~300	200	30~15	20
8	300~600	400	70~30	50
9	600~1,500	1,000	150~70	100
10	1,500~3,000	2,000	300~150	200
11	3,000~6,000	4,000	700~300	500
12	6,000~15,000	10,000	1,500~700	1,000
13	15,000 이상	-	3,000~1,500	2,000
14	-	-	7,000~3,000	5,000
15	-	-	15,000~7,000	10,000
16	-	-	30,000~15,000	20,000
17	-	-	30,000 이상	-

## 7. 분석과정

앞서 살펴본 <그림 2>와 같이 기준자료를 산출하여 AVI장비로부터 받은 원시자료와 개별차량별로 비교하는데, 분석시간은 평가시간 1시간 중에서 중앙 시간에 가까운 전후시간에서 100대가 되는 시간까지를 분석시간으로 한다.

기준자료와 원시자료의 개별차량 분석을 통하여 각 시간대별 및 천체의 검지율과 인식률을 산출한다. 다음으로 각 시간대별 조도의 분포를 파악함으로써 시간대별 조도범위의 수준을 결정하고 조도별 분석결과와의 비교대상으로 삼는다.

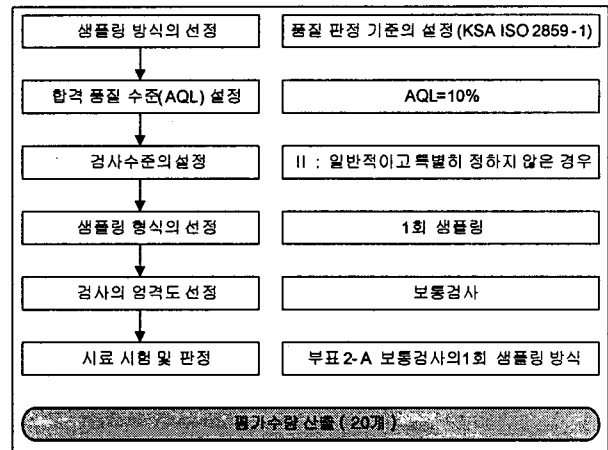
인식률뿐만 아니라 검지율도 함께 분석하는 이유는 미검지 차량을 인식 기준차량에서 제외하기 위함이며, 무엇보다도 중요한 것은 평가대상이 되는 AVI장비가 검지는 루프검지기에 의하여 산출되며, 인식만을 영상으로 처리하는 방식이므로 검지율과 인식률이 비슷한 유형을 보인다면 인식률의 변화가 조도의 영향이 아니라 장비의 기계적 오차임을 반증하는 설명이 되기 때문이다.

자료의 분석은 먼저 조도 측정주기가 1분이므로 원시자료와 기준자료의 개별차량 분석자료를 1분단위로 정리하고, 11개 평가대상의 각 시간대별 조도범위를 산출하고 평균 검지율과 인식률을 분석한다. 다음으로 앞에서 선정한 2가지의 조도기준에 따른 검지율과 인식률의 변화를 분석하여 결과를 도출한다.

## IV. 평가실시

### 1. 평가수량 선정

현장평가는 고속국도 우회도로 ITS 1단계 구축시 설치된 AVI를 대상으로 실시한다. 대상이 되는 총 수량 중에서 합격 품질을 보장하며 판정에 필요한 샘플링검사를 실시한다. 설치되는 총 140개의 장비 중에서 다음의 샘플링 검사를 통하여 적정 표본 수량인 20개를 산출한다.



<그림 3> 평가수량 선정과정

### 2. 평가대상 선정

판정에 무리가 없는 평가수량인 20개를 결정한 후 총 140개의 장비 중에서 서로 다른 대표성을 가지는 표본을 선정하기 위하여 다음의 단계를 거친다.

#### 1) 상위 카테고리(구간) 분류

설치된 장비의 수량과 관계없이 교통류의 특성을 고려하여 단속류가 발생하는 지점(교차로)을 기준으로 115개의 상위 카테고리(구간)를 분류한다.

#### 2) 결정변수 선정

분류된 구간에서 장비의 유형별 및 수량별로 군집을 이루는데 영향을 미치는 다음의 교통특성을 결정변수로 적용한다.

<표 2> 결정변수

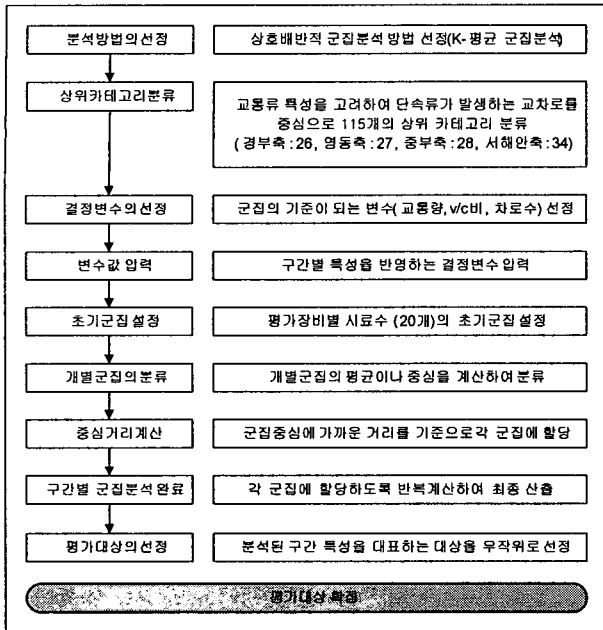
구분	변수 I	변수 II	변수 III
결정변수	교통량	V/C비	차로수

#### 3) 군집분석

군집의 유형은 크게 계층적 군집(hierarchical cluster)과 상호 배반적 군집(disjoint cluster)의 두 가지로 나뉘는데, 이 연구에서는 각 개체가 상호 배반적인 여러 군집들 중 하나에만 속하는 유형의 상호 배반적 군집의 분석방법인 다음의 K-평균 군집방법을 적용한다.

#### 4) 평가대상 선정

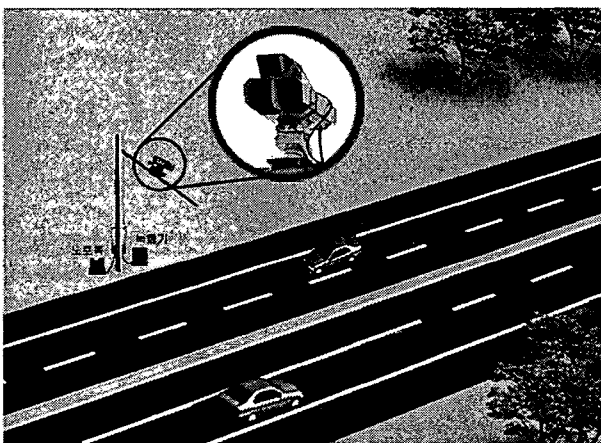
K-평균 군집분석을 통하여 상위 카테고리(구간)에 대한 분류가 이루어지면 선정구간의 특성을 대표하는 장비를 무작위 선정하여 확정한다.



<그림 4> 평가대상 선정과정

### 3. 현장평가

현장구성은 먼저 교통량 검지에 대한 기준값을 얻기 위하여 AVI 촬영부에 CCTV를 부착하여 녹화기로 평가시간 동안의 검지영역을 녹화한다. 다음으로 AVI 제어부(함체)에 노트북을 연결하여 평가간 실시간으로 검지되고 인식된 자료를 수신하고 이때 인식 기준값을 산출하기 위한 사진촬영자료도 함께 수신 받는다.



<그림 5> 현장평가 구성도

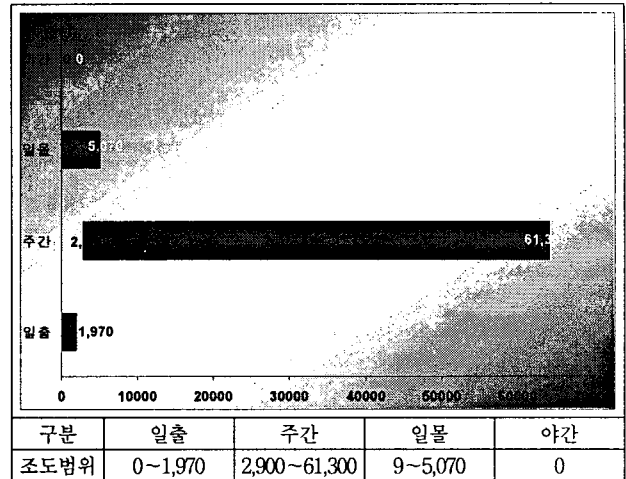
### 4. 결과분석

수집된 자료를 앞에서 설명한 바와 같이 참값인 기준자료로

산출하여 첫 번째 기준차량을 찾아 1시간 동안의 개별차량을 비교하고 조도 측정단위인 1분 단위로 합산한다. 20개 장비의 4개 시간대별 자료정리가 끝나면 시간대별 자료를 합산하여 평가 시간대별 분석에 사용하고, 다시 이 자료를 모두 합산하여 조도기준에 따른 분석에 사용한다.

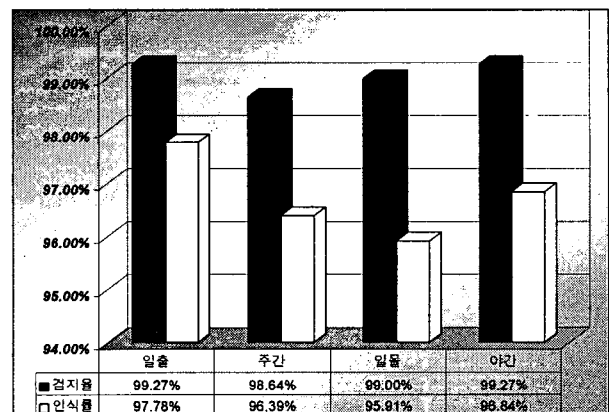
#### 1) 평가 시간대별 분석

먼저 각 시간대별로 조도의 분포를 살펴보면 다음의 <그림 6>과 같이 나타난다.



<그림 6> 시간대별 조도범위

각 시간대별 검지율과 인식률을 살펴보면 <그림 7>과 같이 검지율은 일출과 야간이 같고 일몰, 주간의 순으로 나타나고, 인식률은 일출, 야간, 주간, 일몰의 순으로 나타나는데, <그림 6>의 시간대별 조도범위를 고려하여 볼 때 검지와 인식의 정확도는 상관관계가 없음을 알 수 있다.



<그림 7> 시간대별 분석결과

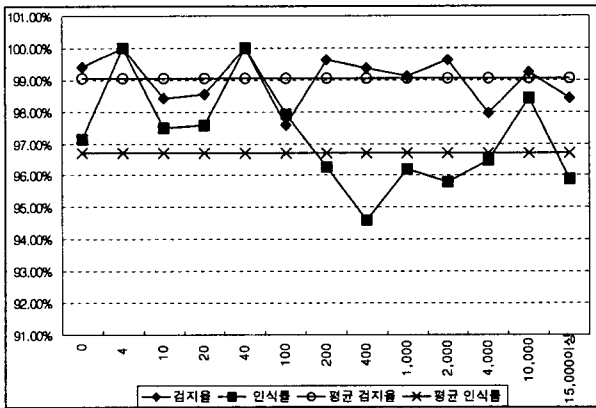
앞에서 나온 결과만을 통하여 볼 때 일출과 야간의 인식률이 좋은 값을 보이므로 조도가 0lx에서 1,970lx까지의 범위에서는 인식장비의 영향이 없는 것으로 판단할 수 있으며, 주간과 일몰의 결과가 낮게 나타나므로 일정 범위의 조도가 차량 번호판 인식에 영향을 준다고 볼 수 있다.

#### 2) 조도기준에 따른 분석

조도에 따른 인식률 분석을 위하여 앞서 제시한 한국산업규격의 기준을 조도기준 ①로, 조명설치에 따른 기준을 조도기준 ②로 분류한다.

먼저 조도기준 ①에 따른 조도별 검지율과 인식률의 결과를 살펴보면 <그림 8>과 같은데, 검지율과 인식률의 조도에 따른 변화가 다른 형태를 보이므로, 기계적 오차로 인한 인식률의 변화가 아닌 조도의 변화에 따른 인식률의 변화라는 것을 확인할 수 있다.

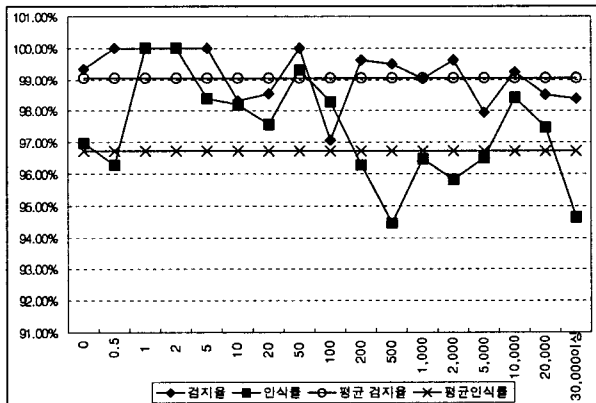
그림의 결과를 보면 조도범위가 200lx~4,000lx에서 평균 인식률보다 낮은 인식률을 보이고 있는데, 이 시간대는 주간과 일몰의 평가 시간대에 해당된다.



<그림 8> 조도기준 ①에 따른 분석결과

다음으로 조도기준 ②에 따른 결과는 <그림 9>와 같은데, 이 경우도 검지율과 인식률이 같은 변화형태를 보이지 않으므로 인식률이 조도의 영향을 받는다고 할 수 있다.

그림에서 보이는 바와 같이 조도 0.5lx와 조도범위 200lx~5,000lx의 경우 인식률이 평균 인식률보다 낮게 나타나고 있는데, 이는 일출, 주간, 일몰의 시간대에 해당된다.



<그림 9> 조도기준 ②에 따른 분석결과

두 조도기준에 따른 분석결과에 의하면 조도가 0lx인 야간 시간대에 높은 인식률을 보이는데, 이는 야간에 작용하는 스트로브에 의해 최적의 인식 조건에서 촬영이 되는 이유로 볼 수 있다.

또한 일출시간대만이 포함하고 있는 0.5lx에서도 평균 인식률에 미치지 못하고 있는데, 전이 시간대로 사진 판독결과 스트로브의 미작용에서 기인하는 것으로 판단된다. 일몰시간대에 0.5lx 조도의 대상자료가 없는 것은 현장평가인 관계로 중

간 시간대에 가까운 100대의 분포가 일몰 시간 전에 많이 분포한 이유이다.

## V. 결론

### 1. 연구의 성과 및 기대효과

이 연구의 성과로서 도입되는 장비의 평가수량의 산출할 수 있는 방안과 교통측면의 변수(교통량, V/C, 차로)를 적용하여 평가대상을 선정하는 방안을 마련하여 전수(全數) 평가에 따른 시간과 비용의 감소로 효율적인 평가방안을 제시하였다.

또한 96%를 상회하는 평균 인식률을 고려할 때 기존에 AVI 평가 합격수준인 80%의 기준을 상향조정할 필요가 있음을 발견하였으며, AVI가 조도에 따라 영향을 받는다는 것을 확실하게 하였다.

조도 조건에 따른 인식률의 변화를 확인하였으므로 평가방법상에서 조도를 측정하여야만 하고, 판정시 조도에 따른 인식률의 합격수준을 다르게 적용하여 평가의 공정성을 부여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

연구의 한계 및 향후 연구과제는 다음과 같다.

먼저 이 연구에서는 적정 평가수량의 산출과 대상을 선정하고 현장장비를 평가하여 차량 번호판에 그늘이 지는 등의 다른 요인을 고려하지 못하였으며, 각각의 세분화된 조도의 대상수량이 많지 않아 세분화된 조도에 따른 분석이 이루어지지 않았다는 한계를 갖고 있다. 따라서 평가센터(테스트베드)를 만들어 차량의 번호판 주위의 정확히 할 필요가 있으며, 세분화된 조도의 변화를 통한 평가에 대한 연구가 이루어져야 한다.

다음으로 이 연구에서 적용한 평가수량과 평가대상의 선정방법에서 평가수량의 산정방법이 타당한지와 평가대상의 선정시 다른 변수를 고려할 것은 없는지 좀더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 현재도 일부 적용되고 있으나 앞으로는 검지방식도 유지보수가 용이한 영상식으로 전환될 것으로 보이는데, 영상식 검지원리는 그림자에 의한 이상차량 검지의 취약성이 있어 외부환경변수로서 장비의 설치 방위(方位)를 고려하여 연구할 필요가 있다.

## 참고문헌

- 고복수, 샘플링 검사, 보성문화사, 1994
- 한국건설기술연구원, "수도권 도로교통정보·관리체계 구축 기본계획 및 평가 연구", 1997
- 한국산업규격, 계수값 검사를 위한 축차 샘플링 방식, 2001
- Art MacCarley, Advanced Image Sensing Methods for Traffic Surveillance and Detection, 1999