

음이항회귀식을 이용한 도로표지의 인지반응시간 추정모형 개발*

박형진¹ · 이기영¹ · 김정룡²

¹한국도로공사 도로교통기술원 / ²한양대학교 정보경영공학부

Development of Recognition and Reaction Time Prediction Model in Road Signs using Negative Binomial Regression

Hyung Jin Park¹, Ki Young Lee¹, Jung Young Kim²

¹Highway & Transportation Technology Institute, Korea Highway Corporation, Gyeonggi-do, 445-812

²Information Management Engineering, Hanyang University, Gyeonggi-do, 426-791

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the economical standard of road signs by verifying the difference of driver's recognition and reaction time according to the space rate of letters on the road signs. For this reason, indoor simulations was conducted to confirm difference of recognition and reaction time on six sign-targets having different space rate. Also, a negative binomial regression model was used to find the main factors which could lower the rate of misreading. For this model, increasing of legibility of sign is not only simple enlargement of sign, but also suitable match of letters and sign. The result of this study is capable of verifying the importance of the space rate in road signs, and being utilized as a effective method to determine the standard of the road signs.

Keyword: Road sign, Legibility, Negative binomial regression, Recognition response time

1. 서 론

2004년도 우리나라 고속도로의 도로표지판은 총 28,257개로 이중 도로안내표지가 10,005개이고, 교통안전표지가 18,252개에 이르고 있다(한국도로공사 2005).

도로표지는 도로법 제52조의 규정에 의해 "도로의 구조의 보전과 교통의 원활을 기하기 위하여 필요한 장소에 도로표지를 설치·관리하여야 한다."는 규정에 따라 설치·운영되고 있다(건설교통부, 2000). 따라서 적절하게 설치된 표지는 거리와 방향, 기타 안전과 관련된 정보를 효율적으로 운전자에게 제공하여 목적지까지의 안전한 주행을 보조하게 된다.

그러나 현재 도로주변여건에 따라 적정 규정을 충족시키지 못하는 경우가 발생되어 도로이용자의 혼란을 초래하는 경우가 발생하고 있다. 한정된 도로표지 내에 과도한 정보제공과 글자규격의 축소 또는 부조화 등의 표지문안규격에 대한 문제로 인해 불편을 초래하게 된다. 특히, 현 표지문안에는 영문과 국문이 혼용되어 있어 다양한 규격의 글자가 나타나기도 하고 글자나 기호의 배치 또한 규칙적이지 못하게 배열되기도 한다. 따라서 이러한 문제는 청크(chunk) 정보를 만드는데 실패하게 되고 도로이용객이 표지정보를 기억하는데 어렵게 만드는 요인이 되고 있다.

본 연구에서는 도로표지의 빠른 가독에 영향을 주는 여러 요소 중, 도로표지 내 글자의 크기 및 배치형태에 따라 운전

자의 가독성에 얼마나 큰 영향을 주는가를 밝혀내고자 수행되었다. 특히 현재 사용되는 방향표지를 중심으로 표지 및 내부글자의 규격에 따라 현 표지판의 가독성에 대한 성능을 평가할 것이다.

기존 연구 중 먼저 가독성에 대한 정의를 살펴보면, Sandra(1977)는 "개개의 글자형태를 식별하고 인지하는 과정(discriminating and recognizing process)"으로 정의하였다. 또한 주창현(1987)은 글자의 의미 전달과정은 여러 개의 글자 중에서 무슨 글자인지 판독하는 판독성과 판독된 글자를 모아서 의미를 엮어가는 가독성으로 이어진다고 하였다. 특히 John(1989)은 가독성에 영향을 미치는 요소로 글꼴, 글자의 크기, 글줄 길이, 글자 사이, 판형, 판면, 여백, 그리드, 끝손질 등을 제시하였다.

황우상(1997)은 인간이 문자를 인식하는 데 있어 중요한 특성으로는 가시성(visibility), 가독성(legibility), 읽힘성(readability)으로 구분하였다. 여기서 가독성이란 어떤 문자나 문장이 다른 것들과 구별될 수 있게 하는 속성을 가지는 문자의 세부적인 표현을 의미한다. 즉 문자의 효과적인 표시를 위해 요구되는 최소 필요조건이며, 식별가능성(discriminability)이라고 정의하였다. 가독성에 영향을 미치는 요인들은 글자체계(typography), 페이지나 판형의 크기, 인쇄면적, 여백 등 시각적 요인 외에도 대비(contrast), 조명 등의 환경적인 요인이 포함된다.

도로표지에 대한 국내 연구는 미국의 알파벳중심의 글자 규격을 차용하는 수준과 일부 실험적인 연구를 제외하고는 운전자의 인지 공학을 이용한 전문적이고 구체적인 표지정보에 대한 연구는 미흡한 상태라 할 수 있다. 또한 연구방향의 주류는 주로 가시성에 부분에 초점이 맞추어져 있다.

이용재(1990)는 도로표지판을 대상으로 한 연구에서 글자규격에 따라 운전자의 판단가능거리에 영향을 주고 있음을 나타냈다. 즉, 시인성 향상을 위해 글자간격, 글자크기, 글자굵기에 대한 적정 규격을 제시하였다.

최기주, 최병운(2001)은 시인거리의 속도, 정보의 양, 주행차로에 밀접한 관계가 있으며, 적정 시인거리의 확보를 위한 도로표지의 설치방안을 제시하였다. 정성재외 2인(1995)은 차량번호판을 대상으로 하여 문자배열에 따라 오독률에 많은 차이가 나타나 남을 제시하였다.

지우석 오은정(2003)은 55세 이상의 고령자에 대한 도로 표지판 글자의 적정성 연구를 실시하였다. 연구 결과에 따르면, 남·여간 큰 차이는 없으며, 전체 응답자의 22%가 도로 표지판의 글자가 작아서 인식이 어렵다고 했으며, 특히 도로 표지판 글자가 매우 작아 불편하다는 응답자는 연령이 높아질수록 증가하였는데 55~60세의 21% 정도에서 70세 이상에서는 32%로 증가하였다.

전체적으로 글자와 관련된 판독성 및 가독성에 대한 국외

연구사례는 많으나 표지가 아닌 일반 인쇄매체나 영상매체 등의 연구가 다수를 차지하고 있다. 이중 본 연구와 관련된 연구사례를 정리하면 다음과 같다.

Keith와 Alexander(1996)는 인쇄매체의 경우 글자간 간격이 없는 텍스트가 비교적 읽기 쉽다는 Epelboim의 주장에 대해 적정 간격을 유지해야만 독자가 좀 더 쉽게 글을 읽을 수 있음을 주장하였다.

Hasim, Abdul Rahman(2002)은 도로표지 연구에서 정보의 이해 정도가 교육수준, 국적, 월수입, 성별에 따라 이해 정도가 차이가 있음을 제시하였다. 또한 표지판에 사용되는 기호의 이해도 나이, 성별, 교육, 수입에 따라 차이가 있음을 제시하고 있다.

Michael외 3인(2003)은 10-point와 12-point의 Times New Roman체와 Arial체에 대하여 정확도, 읽는 속도, 정확도와 읽는 속도의 비율, 폰트의 가독성, 읽기의 용이성, 전체적인 선호도 등을 조사하였다. 10-point의 anti-aliased Arial체가 읽는 속도가 느린 것으로 나타났으며, 12-point dot-matrix Arial체를 가장 선호하는 것으로 나타났다.

본문 내용 중, 2장에서는 도로표지에 대한 가독성을 조사하기 위한 실험방법과 그 대상에 대해서 설명하였다. 3장에서는 실험대상 표지판의 글자간 여백률에 따라 피실험자의 인지반응시간을 조사하여 표지규격에 따라 운전자의 인지반응시간을 조사하였다. 또한 인지반응시간에 영향을 주는 요인을 찾아내기 위해 음이항회귀식을 이용하여 모형을 정립하고자 한다.

본 연구는 일차적으로는 현행 표지내부의 글자배치에 따라 가독성의 차이를 규명할 것이며, 또한 현재 방향표지를 기준으로 하여 가독률 향상을 위한 적정 표지판 및 내부글자간의 규모를 산정하는데 활용될 수 있을 것이다.

2. 모의실험 대상

본 실험은 주어진 표지 내의 글자의 크기 및 배치간격에 따라 실험자가 얼마나 빠른 시간 내에 정보를 인지할 수 있는가를 조사하는 것이다. 즉, 여기서 가독성은 주어진 조건 하에서 이용자가 도로표지의 내용을 얼마나 빨리 인식할 수 있는냐에 대한 인지반응 능력을 나타낸다.

가독성에 대한 실험을 위해 먼저 기 정해진 표지형식에 따라 내부정보를 실험자가 얼마나 빠르게 인지할 수 있는가에 대한 인지반응시간 측정실험을 실시하고자 한다. 또한 이러한 실험 결과에 대한 실험자의 인위성을 제거하기 위해 오독률 실험을 병행하고자 한다.

실험은 실내에서 가상의 표지영상을 제공하여 피실험자의

반응을 검사하는 실내 모의실험 방법을 적용하였다. 이용재 외 2인(1990)의 연구에서는 400mm의 글자를 인지하고 판단하는데 필요한 판단가능거리로 약 100m를 제안하였다. 따라서 본 연구에서는 실험에 채택한 표지의 최소글자크기가 400mm이고, 실내실험에서 피실험자와 표지판 영상을 제공하는 스크린과의 거리는 5m인 점을 감안하여, 영상으로 제공되는 표지판의 크기를 현 표지판 규격의 5% 정도의 크기로 제시하였다.

피실험자는 총 30명의 수도권거주자로 색맹, 색약 등 시각 장애가 없는 신체 건강한 남·여 성인을 대상으로 하였다. 피실험자는 운전면허를 취득하기 위한 현 도로교통법상의 교정시력 0.8 이상의 운전면허 소지자를 대상으로 하였다. 본 실험대상은 30, 40대가 주류를 이루므로 모집단에 비해 다소 운전능력이 뛰어난 집단으로 볼 수 있다.

표 1. 피실험자 인적자료

연령	성별		계
	남자	여자	
21~30세	4	3	7
31~40세	17	3	20
41~50세	3	0	3

일반적인 도로표지는 국문과 영문의 단어와 기호로 구성된다. 이중 국문의 글자모양은 산돌형 고딕 Bold와 Medium을 사용하나, 원칙적으로 고딕 Bold를 사용하고 글자 수가 많은 경우 예외적으로 Medium을 사용하고 있다. 또한 글자간의 배치원칙은 아래와 같다.

- 글자와 글자간격: 글자 세로길이의 0.2배
- 단어와 단어간격: 글자 세로길이의 0.3배
- 행과 행간격 : 글자 세로길이의 0.3~0.4배 이하

영문은 Sans Serif 모양의 Helvetica형 Bold 또는 Medium 모양을 사용하며, 국문과 조화될 수 있도록 표기해야 한다. 글자크기는 영문 첫 대문자의 세로높이가 한글 세로크기의 60%로 정한다.

또한, 표지판 크기는 3,300mm×2,800mm이며, 내부의 국문 글자크기는 글자높이 400mm와 500mm를 적용하고 있다. 즉, 글자높이 400mm는 왕복 2차로 이하 고속도로에서 사용되며, 500mm는 왕복 4차로 이상 고속도로에서 사용하고 있다.

본 연구의 실험대상표지는 현재 고속도로에서 사용되는 방향표지를 채택하였는데, 이의 기본적인 형태는 그림 1과 같다. 통상 3개 정도의 방향표지판과 그 위에 보조지시판이 설치된 형태가 가장 기본적인 설치형태이다. 따라서 운전자는 주행 중에 제공되는 방향표지군에서 자신이 필요한 정보를

를 취득하게 된다.



그림 1. 방향표지판의 기본 형태

본 연구에서는 현재의 표지판 규격에 400mm와 500mm의 글자크기를 적용한 현재의 표지판 규격을 A형, B형으로 정하고, 글자크기를 600mm로 확대한 C형을 추가하였다. 또한 앞의 3가지 글자크기를 기준으로 하여 표지판을 기존 면적대비 20%를 확대한 경우를 각각 D, E, F형으로 결정하였다.

단, 여기서 글자크기는 표지내부의 국문 글자의 높이를 말하는데, 이를 확대한다는 것은 단순히 높이뿐만 아니라, 기존 글자의 높이와 너비의 비율을 유지하여 너비 또한 확대됨을 의미한다.

표 2. 실험 대안비교

표지판	글자크기		
	400mm	500mm	600mm
현행 3,300mm×2,800mm	A (현재)	B (현재)	C
20% 확대 3,960mm×3,360mm	D	E	F

이러한 표지판의 변형은 판과 글자의 크기 조절을 통해 글자간의 줄 간격 및 자간 간격의 변화를 주어 가독성의 변화 여부를 검토하고자 하는 것이다. 예를 들어 A형에서 D형으로의 변환은 글자크기는 같으나 표지판을 키움으로써 글자간의 간격이나 줄 간격이 커지게 된다.

여기서 여백률은 표지판의 크기와 내부 국문 글자의 크기에 따라 결정되는데, 이들의 조합에 따라 결정되는 글자간 여백률을 대표하는 지표로써 RATE을 사용하고자 하며, 이는 <식 1>에 의해서 결정된다.

$$RATE = \frac{\text{한글의 글자높이}(m)}{\text{표지판의 면적}(m^2)} \quad \text{<식 1>}$$

현행 표지판의 크기를 고정한 후, 글자만을 확대할 경우(A형에서 B, C형), RATE은 점점 커지게 되며, 반대로 같은 글자크기에서 표지판 크기만을 확대할 경우에 RATE은



그림 2. 실험에 사용된 표지판 형식대안

표 3. 각 대안별 RATE 값

표지판 \ 글자크기	400mm	500mm	600mm
현행 3,300mm × 2,800mm	0.0433 (현재)	0.0541 (현재)	0.0650
20% 확대 3,960mm × 3,360mm	0.0300	0.0376	0.0451

감소하게 된다.

즉, A형에서 표지판에서 표지면적만을 20%로 확대한 경우인 D형 표지판은 내부 국문 글자크기는 같더라도 늘어난 표지판 규격에 맞추어 자간 간격이 넓게 배치되도록 설계되어 있으므로 글자간 여백률이 증가되며, 이에 따라 RATE은 감소하게 된다. 즉, 표지판 면적의 증가에 의한 RATE의 감소는 표지내 내부글자간 여백이 늘어남을 의미한다.

3. 인지반응시간 추정모형 개발

3.1 실험 절차

본 실험은 그림 2에서 선정된 표지판을 대상으로 내부정

보를 피실험자가 모두 인지하는데 걸리는 시간을 측정하는 실험이다. 즉, 여기서 인지반응시간은 표지판이 제시된 후, 피실험자가 표지판의 모든 내용을 이해하는데 걸리는 시간과 버튼을 누르는 동작까지의 시간을 나타낸다.

측정방법은 준비된 피실험자가 버튼을 누르고, 그 즉시 제시된 표지판의 내용을 모두 이해했다면 다시 한 번 누르게 하여, 그 시간차이를 측정하는 것이다. 그림 3은 인지반응시간 측정을 위한 절차를 나타낸 것이다.

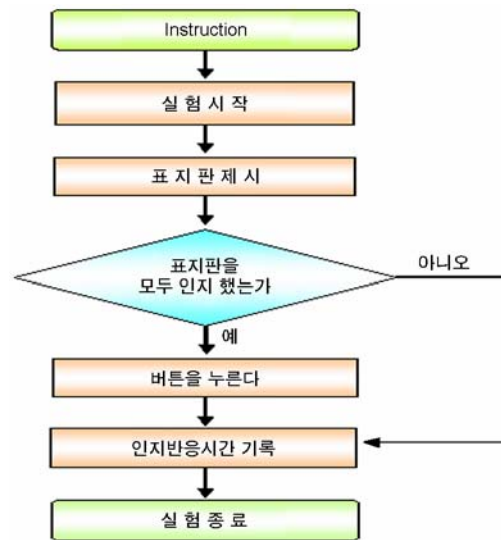


그림 3. 인지-반응시간에 대한 실험 절차

3.2 실험 결과

주어진 실험대상군에 대한 인지반응시간을 측정한 결과는 표 4와 같다.

현재 사용되는 A형 표지의 경우 전체 정보를 인지하는데 소요되는 인지반응시간은 3.78초로 나타났으며, B형 표지의 경우는 2.99초로 A형보다 나은 결과를 타냈다. 그러나 글자를 600mm로 키운 C형대는 3.12초로 B형보다 오히려 반응시간이 증가하는 경향을 나타냈다.

또한, 표지판의 면적을 20% 확대한 결과는 기존 A, B, C형간의 패턴과 유사한 형태를 나타냈다. 다만 E, F형은 B, C형에 비해 인지반응시간이 감소되는 경향을 나타냈으나, D형은 A형에 비해 오히려 증가되는 상반된 결과를 나타냈다.

이러한 결과는 단순히 표지판 및 글자의 크기를 키우는 것만이 표지문안 판독에 도움이 주는 것이 아니라, 표지판과 글자의 조화에 의한 적정 여백률을 확보하는 것도 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 한 예로써 D형 표지규격의 인지반응시간이 가장 높게 나타났는데, 이는 A형 규격에 표지면적을 20% 확대한 것이나 오히려 판독률은 떨어지고 있

표 4. 인지반응시간 측정 결과

표지크기	글자크기	400mm	500mm	600mm
		현재 (3,300mm×2,800mm)	평균(초)	3.78
20% 확대 (3,960mm×3,360mm)	평균(초)	3.93	2.75	2.76
	분산	1.27	0.87	0.88
	평균(초)	1.35	1.03	0.73
	분산			

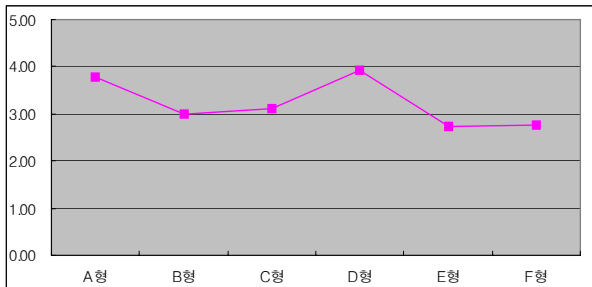


그림 4. 인지-반응시간에 측정 결과

는 결과를 보이고 있다.

또한, 실험 결과에 대한 해석을 보다 통계적으로 검증하기 위해 실시한 분산분석 결과는 표 5와 같다. 여기서 먼저 각 표지판 형식별 분산분석을 검정한 결과 중, 유의확률($\alpha = 0.05$)이 낮은 것이 인지반응시간에 대한 결과의 차이가 있는 것이다.

먼저 열성인 결과를 나타낸 D형태 표지판의 경우는 A형태 표지판을 제외하고는 다른 형태의 결과와 차이가 있음을 알 수 있다. 역시 A형태 표지판의 경우도 D형태 표지판을 제외하고는 모든 표지판과 차이가 있음을 알 수 있다.

인지반응시간이 짧은 F표지판의 경우 B, C, E형태가 유사한 결과를 나타내고 있다. 위 검정을 토대로 하며, A, D형태를 비우수 집단으로 B, C, E, F 형태를 우수 집단으로 묶을 수 있다.

본 절에서의 인지반응시간 실험에서는 표지판 및 글자의 크기에 따른 표지의 여백률에 따라 가독성에 영향을 주고 있음을 알 수 있으며, 따라서 표지내 글자의 적정 크기를 선정하는 것이 무엇보다도 중요하다는 점을 제시하고 있다.

3.3 실험 결과의 검증

이러한 인지반응시간 측정실험은 표지판의 전체 정보를 인지하였는가에 대한 측정을 전적으로 피실험자의 대답에 의존하게 된다. 따라서 피실험자의 인위적 대답이나 심리상태에 따라 바른 대답을 하지 않을 가능성이 높다. 따라서 오

표 5. 인지-반응시간에 대한 분산 분석

(I) 표지판	(J) 표지판	평균차 (I-J)	표준 오차	유의 확률	95% 신뢰구간		
					하한값	상한값	
A형	B형	0.795*	0.261	0.003	0.280	1.311	
	C형	0.663*	0.261	0.012	0.148	1.178	
	D형	-0.148	0.261	0.571	-0.664	0.367	
	E형	1.035*	0.261	0.001	0.520	1.551	
	F형	1.020*	0.261	0.001	0.504	1.535	
	B형	A형	-0.379*	0.261	0.003	-1.311	-0.280
B형	C형	-0.132	0.261	0.613	-0.648	0.383	
	D형	-0.944*	0.261	0.001	-1.459	-0.428	
	E형	0.240	0.261	0.359	-0.275	0.755	
	F형	0.224	0.261	0.391	-0.291	0.739	
	C형	A형	-0.663*	0.261	0.012	-1.178	-0.148
	B형	0.132	0.261	0.613	-0.383	0.647	
C형	D형	-0.811*	0.261	0.002	-1.327	-0.296	
	E형	0.372	0.261	0.156	-0.143	0.888	
	F형	0.357	0.261	0.174	-0.159	0.872	
	D형	A형	0.148	0.261	0.571	-0.367	0.664
	B형	0.944*	0.261	0.001	0.428	1.459	
	C형	0.811*	0.261	0.002	0.296	1.327	
D형	E형	1.184*	0.261	0.001	0.668	1.699	
	F형	1.168*	0.261	0.001	0.653	1.683	
	E형	A형	-1.035*	0.261	0.001	-1.551	-0.520
	B형	-0.240	0.261	0.359	-0.755	0.275	
	C형	-0.372	0.261	0.156	-0.888	0.143	
	D형	-1.184*	0.261	0.001	-1.699	-0.668	
E형	F형	-0.016	0.261	0.952	-0.531	0.499	
	A형	-1.019*	0.261	0.001	-1.535	-0.504	
	B형	-0.224	0.261	0.391	-0.739	0.291	
	C형	-0.357	0.261	0.174	-0.872	0.158	
	D형	-1.168*	0.261	0.001	-1.683	-0.653	
	E형	0.157	0.261	0.952	-0.499	0.531	

주: *는 $\alpha = 0.05$ 에서 유의한 수준을 나타냄

독률 실험을 실시하여 인지반응시간에 대한 실험결과를 검증해 보고자 한다.

본 실험은 앞의 실험과는 달리, 먼저 주어진 시간 동안 표지판을 읽게 한 후, 조사자가 제시한 지명과 방향에 대해 피실험자가 제대로 답하였는가에 대한 오답률을 조사하는 실험이다. 이는 앞의 인지반응시간 실험에서 발생할 수 있는 피실험자의 실수 또는 의도된 대답을 제한할 수 있는 구체적인 방법이다. 다만 이러한 오독률 실험 결과와 앞의 인지반응시간의 실험 결과는 각 표지 대상군에 대해 일치된 순위

의 가독성을 갖는 결과가 도출되는 것이 타당할 것이다.

본 연구에서는 각 표지판군에 대해 정해진 시간 안에 판독하고 정보를 제대로 인지하였는가를 물어보는 실험이므로, 본 목적에 맞도록 변경하면 아래의 <식 2>와 같다.

$$\text{오독률}(\%) = \frac{\text{질 의 한 지 명 에 대 해 잘 못 대 답 한 대 상 자 수}}{\text{전 체 실 험 대 상 자 수}} \times 100$$

<식 2>

먼저 조사자는 피실험자에게 6가지의 표지군을 임의의 순서대로 선택해서 2초간 보여주며, 시험자가 지명한 정보를 제대로 답하는가를 조사하였다. 또한 한 표지군에서 다른 지명의 조합에 따라 2회의 실험을 시행하였으며, 결국 30인에게 6표지군을 각각 2회 실시하여 총 360회의 실험을 실시하였다.

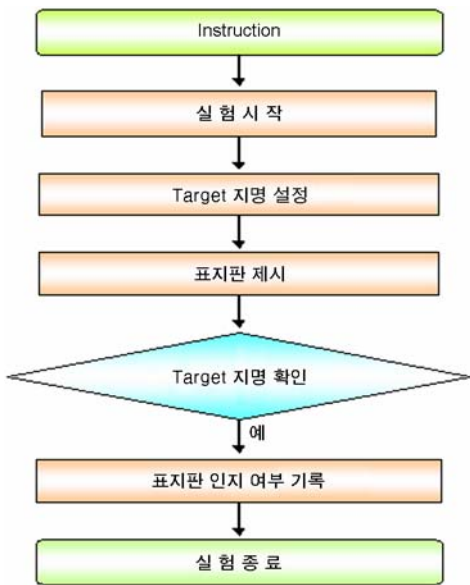


그림 5. 오독률에 대한 실험 절차

A형 표지군에서는 오독률이 50%를 보이고 있으며, B형 표지군의 경우 오독률이 28.33%를 보이고 있다. 또한 C형 표지군에서는 오독률이 43.33%로 다시 증가하는 형태를 보이고 있다. 표지판의 확대를 통한 여백률을 조정된 표지판에서는 D형의 오독률은 71.67%이며, E형 표지군은 21.67%, F형 표지군은 18.33%로 나타났다.

본 실험 결과에서는 A형 표지판과 D형 표지군의 오독률이 가장 높게 나타났다. 특히 여백률 비율을 높은 D형 표지군의 경우, 오독률이 무려 71.67%로 가장 높은 오독률을 나타냈다. 그러나 이러한 D형 표지군의 내부 글자크기를 다

소 상향한 E형의 경우는 오독률이 21.67%로 급격히 저하된 결과를 나타내었다.

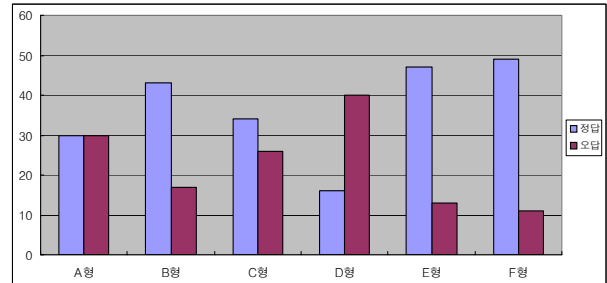


그림 6. 오독률 결과 그래프

본 실험은 앞의 인지반응실험과 비슷한 결과를 보여주고 있다. 특히 A와 D형 표지판의 오답률이 높게 나타나는데, 인지반응시간 실험에서도 이 두 표지판의 반응시간이 높게 나타나 상호 실험 결과의 유사성이 나타나고 있다. 이는 2가지 실험의 일관된 결과를 통해 본 실험 결과의 정확도를 간접적으로 유추할 수 있다.

이러한 분석 결과는 글자간의 적정 여백률의 조화가 가독성에 상당한 영향을 주고 있음을 의미하며, 이를 수리적으로 설명할 수 있는 모델을 개발하여 객관화하고자 한다.

3.4 모형 구축

3.4.1 이론적 고찰

본 연구에서는 인지반응시간 추정을 통해 최적 표지조건을 검토하기 위한 분석모형을 제시하고자 한다. 특히 이러한 모델은 앞의 실험결과에서 보듯이, 표지판 면적대비 글자간의 간격과 크기에 따라 인지반응시간에 대한 편차가 발생하므로 이의 적정 비율을 찾아내기 위해 사용될 것이다.

본 연구에서 활용가능한 회귀식 형태는 크게 선형회귀식과 확률회귀식으로 구성된다. 또한 확률회귀식으로 널리 사용되는 형태는 포아송회귀식, 음이항회귀식 등이 있다. 먼저 단순선형회귀식은 고속도로 구간에서의 상충발생에 영향을 미치는 인자들을 분석하는 가장 단순한 기법이며, 기본식은 <식 3>과 같다.

$$T_i = ax_i + \varepsilon_i \tag{식 3}$$

여기서, T_i : 실험자 i 의 인지반응시간(종속변수)
 x_i : 설명변수(독립변수)
 ε_i : 임의의 변수, 정규분포 $\bar{N}(0, \sigma^2_u)$

이러한 선형회귀식은 변수 값이 증가할수록 분산이 증가

함으로써 선형회귀식의 일반 가정인 동분산성(Homoscedasticity)에 대한 기본가정에 위배되는 단점이 있다. 이는 변수의 유의수준에 변화를 주어, 변수에 대한 통계적 유의성을 떨어뜨린다.

또한 인지반응시간과 같은 양의 변수에 대해 음(Negativity)의 상충수를 예측한다는 문제점이 있다. 이러한 음의 예측 값에 대한 문제를 해결하기 위해 0의 값을 제거하고 분석하는 기법(Left-Truncating the Accident Frequency at Zero)을 사용할 수가 있으나, 표본수가 줄어들 뿐만 아니라 모형의 개념이 타 모형에 비해 열악하다.

이러한 문제점으로 인해, Jovanis와 Chang (1986), Joshua와 Garber(1990) 등은 종속변수를 이산적확률변수(Discrete Random Variable)로 해석하는 포아송회귀식(Poisson Regression)을 도입하였으며, 이는 개념적으로 선형회귀식에 비해 합리적인 모형이다.

따라서 이를 포아송회귀식으로 표현하면 <식 4>와 같다.

$$P(n_i) = \frac{\lambda_i^{n_i} \exp(-\lambda_i)}{n_i!} \quad \text{<식 4>}$$

여기서, $P(n_i)$: 피실험자 i 가 인지반응시간이 n 일 확률
 λ_i : 평균 인지반응시간(msec)

여기서 λ_i 는 <식 5>와 같은 변수에 의한 식으로 구성된다.

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i) \quad \text{<식 5>}$$

여기서, X_i : 인지반응시간을 결정하는 표지, 인적 주요변수
 β : 추정된 계수

λ_i 형태의 계수 β 를 추정은 최우수추정법(Standard Maximum Likelihood Method)을 사용하는데 이때 우도함수인 $L(\beta)$ 는 <식 6>과 같다.

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\exp[-\exp(\beta X_i)] [\exp(\beta X_i)]^{n_i}}{n_i!} \quad \text{<식 6>}$$

그러나 이러한 포아송모형은 분산과 평균이 같다는 기본 전제조건을 만족하여야 하나, 실제 인지반응시간에 대한 분포를 보면 분산이 평균보다 큰 과분산(Overdispersion)의 문제가 발생하게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 Miaou와 Lum(1993) 등은 분산이 평균보다 크다는 가정에서 출발하는 음이항회귀식(Negative Binomial Regression)을 사용하는 것이 바람직하다고 보고하고 있다. 음이항분포는 λ_i 항에 오차항(ε_i)이 포함되며 이는 <식 7>과 같다.

$$\lambda = \exp(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad \text{<식 7>}$$

여기서, $\exp(\varepsilon_i)$ 는 오차항으로 평균이 1이고 분산이 α 인 감마분포로 가정한다면, 이를 조건부확률로 나타내면 다음과 같다.

$$P(n_i|\varepsilon) = \exp[-\lambda_i \exp(\varepsilon_i)] [\lambda_i \exp(\varepsilon_i)]^{n_i} \quad \text{<식 8>}$$

<식 7>로부터 ε 을 합하면 n_i 의 비 조건 분포를 산출한다.

$$P(n_i|\varepsilon) = \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta) \cdot n_i!]} \cdot U_i^\theta (1 - U_i)^{n_i} \quad \text{<식 9>}$$

$$\text{여기서, } U_i = \theta + \lambda_i, \theta = \frac{1}{\alpha}$$

이때 우도함수는 <식 10>과 같으며, 이를 최대화할 수 있는 α, β 를 산출한다.

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta) \cdot n_i!]} \left[\frac{\theta}{\theta + \lambda_i} \right]^\theta \left[\frac{\lambda_i}{\theta + \lambda_i} \right]^{n_i} \quad \text{<식 10>}$$

여기서, N : 피실험자(i)의 총수

단, 여기서 두 모형의 사용을 판별하기 위해서는 <식 10>을 활용하며, α (분산계수)가 0에 가까우면 포아송회귀식이 적합하며, 0에 가깝지 않으면 음이항회귀식을 사용하는 것이 바람직하다.

$$\text{Var}[n_i] = E[n_i][1 + \alpha E[n_i]] \quad \text{<식 11>}$$

본 연구에서는 조사된 인지반응시간에 대한 분포를 고려하여 그 형태에 따라 어떠한 확률회귀모형을 사용할 것인지에 대해 결정하고자 한다.

3.4.2 분석 결과

앞의 실험들은 단순히 표지판 크기 및 글자크기에 대한 확대보다는 상호 조화로운 여백률을 갖는 것이 보다 가독률을 높이는 결과를 초래함을 보여주었다.

먼저, 회귀분석을 위해 필요한 설명변수를 정리하면 표 6

표 6. 주요 변수

구분	변수	변수처리 방법
종속변수	인지반응시간(T)	- 단위: msec
	나이(AGE)	- 단위: 세
피실험자 요인	성별(SEX)	1) 남자: 1 2) 여자: 2
	표지판 크기(AREA)	- 단위: m ²
도로표지 요인	글자높이(LET)	- 표지판내부 한글 글자높이를 말함(단위: m)
	RATE	- LET / AREA

과 같으며, 모델구축을 위해 상용프로그램인 Limdep7을 사용하였다.

피실험자의 인지반응시간을 설명하기 위한 주요 요인 중 최적의 조합을 찾아내어 회귀모형을 구축하였으며, 분석 결과는 아래의 표 7과 같다. 여기서 Limdep 프로그램은 선형 회귀식과 포아송회귀식, 음이항회귀식에 대한 분석 결과를 동시에 제공하므로 이를 전체적으로 정리하였다.

표 7. 회귀분석 결과

구분	선형회귀식		포아송회귀식		음이항회귀식	
	계수	T-값	계수	T-값	계수	T-값
Constant	9047.4	8.5	9.91	460.6	9.84	28.7
AREA	-133.5	-2.1	-0.04	-40.5	-0.04	-2.0
RATE	-153304.0	-4.7	-46.87	-83.1	-46.39	-4.6
RATE2	1236189.2	3.3	380.98	59.5	377.71	3.4
α (분산계수)	-	-	-	-	0.10	-10.3
표본수: 360		표본수: 360		표본수: 360		
R-squared = 0.166		L(β): -28762.2		L(β): -23495.0		
		L(0): -34294.6		L(0): -28762.2		
		Rho-squared: 0.161		Rho-squared: 0.183		

전체적으로, 음이항회귀식이 일반 선형회귀식의 설명력을 나타내는 r²개념과 같은 rho²가 0.183으로 다른 식보다 비교적 높은 설명력을 나타내고 있다. 따라서 음이항회귀식을 중심으로, 채택된 변수에 대해 평가해 보면 다음과 같다.

첫째, 표지판 크기(AREA)는 음의 부호를 나타내고 있다. 즉 표지판의 크기가 클수록 인지반응시간이 줄어드는 것으로 해석할 수 있다.

둘째, RATE은 2차 방정식 형태로 구성되었다. 따라서 인지반응시간을 표지규격과 내부글자간의 적정 조화에 따라 최적 여백률이 존재함을 설명해 주고 있다.

셋째, 나이와 성별은 통계적 유의성이 매우 낮아 모델에 포함되지 못하였다.

위의 분석 결과는 표지의 규격과 내부글자에 따라 인지반응시간의 차이가 존재함을 보여주며, 음이항회귀식을 이용하여 인지반응시간에 대한 기본식을 정리하면 아래와 같다.

$$T = \text{EXP}[9.839 - 0.0418\text{AREA} - 46.395\text{RATE} + 377(\text{RATE})^2] \quad <12>$$

단, T: 인지반응시간(msec)

3.4.3 모형의 활용

앞의 구축된 모형은 다음과 같은 시사점을 나타내 주고 있다.

첫째, 표지판의 크기가 커질수록 인지반응시간은 작아진다는 점이다. 따라서 표지의 규격을 키우면 가독성을 증가시킬

수 있을 것이다.

둘째, 표지규격이 커지더라도 표지면적에 대비하여 적정 글자의 크기 및 간격을 유지하지 못하면 오히려

인지반응시간이 증가할 가능성이 존재한다. 따라서 가독성 향상을 위해서는 글자크기와 더불어 글자간 여백률에 대한 적정 조화를 이루어야 한다.

셋째, 인지반응시간을 결정하는 요인 중 하나인 RATE은 2차 함수 형태를 보임으로, 표지내 글자의 여백률에 대한 최적 값을 갖게 된다.

그림 7은 음이항 모델에 의해 구축된 <식12>을 이용하여 추정된 각 표지타입별 인지반응시간과 실제 실험에서 측정된 평균인지반응시간을 비교(그림 4참조)한 것이며, 참고자료로 10번째 실험자에 대한 측정치를 추가하여 비교한 그림이다. 전체적으로 음이항회귀식은 실제 측정치와 비슷한 형태를 나타내고 있다.

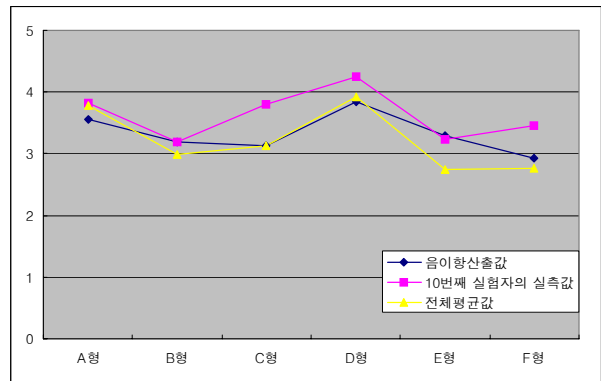


그림 7. 모델에 의한 산출값과 전체 평균값의 비교

구축된 모델을 이용하여 현재 표지판 크기로 고정하되, 글자크기를 조절한 경우의 대한 인지반응시간을 산정하면 아래의 표 9와 같다. 이 표는 글자크기를 현 기준인 0.5m로 고정하고, 표지판크기를 조정하면서 반응시간의 변화를 계산한 것이다.

분석 결과, 현재 사용되는 표지판 크기를 다소 상향시키므로써 내부글자간의 여백을 다소 증가시키면 최적의 상태를 나타낼 것이다. 다만 현재 사용되고 있는 B형 표지판의 규격과 큰 차이가 없어 지금 사용중인 표지판 규격도 비교적 설계가 잘되어 있음을 간접적으로 알 수 있다.

앞에서 실험한 표지판은 3개의 방향표지로 구성된 표지군이다. 따라서 3개의 방향표지군의 정보를 인지할 수 있는 설계 인지반응시간이 주어진다면, 주어진 표지규격에 따라 내부글자를 결정해야 하며, 이때 이러한 접근방법에 의해 여백률에 대한 설계가 가능해지게 된다.

표 9. 표지판크기 변화시 인지반응시간 변화

구분	표지판크기 (AREA)	글자크기 (LET)	인지반응시간(T) (msec)
현기준	9.240	0.500	3128
	9.471	0.500	3123
최적조건	9.708	0.500	3120
	9.950	0.500	3120
	10.199	0.500	3121
	10.454	0.500	3125
	10.716	0.500	3129
	10.983	0.500	3136
	11.258	0.500	3143
	11.539	0.500	3151
	11.828	0.500	3160
	12.124	0.500	3169
	12.427	0.500	3179
	12.737	0.500	3189
	13.056	0.500	3199
	13.382	0.500	3208

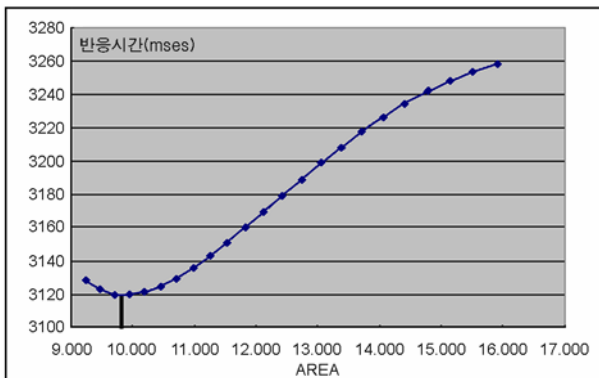


그림 8. 표지판크기 변화시 인지반응시간 변화

4. 결론 및 향후 연구과제

현재 도로표지의 크기 및 규격에 대한 상향조정에 대한 요구가 높아지고 있다. 그러나 기존 문헌에서는 규모적인 크기뿐만 아니라 글자의 배치형태, 자간 간격 등의 요인에 의해서도 이용자의 가독성은 다르게 나타나고 있음을 제시하고 있다.

본 연구에서는 표지의 기능을 결정하는 여러 요인 중, 표지크기와 내부글자에 의해 결정되는 글자간 여백률에는 가

독성을 최대화할 수 있는 최적 비율이 존재할 수 있다는 가정 하에 수행되었다.

가독성 평가를 위해 도로표지판 크기와 내부글자간 여백률이 다른 6개의 표지군을 피실험자에게 제공함으로써, 정보를 인지하는데 소요되는 시간을 분석하는 실내 모의실험을 수행하였다.

실험에 사용된 표지규격은 현재 사용 중인 표지판 규격(A, B)과 글자크기만을 60cm로 확대한 형태(C), 또한 표지판 크기를 20% 확대하여 앞의 3형태를 차태대로 적용한 형태(D, E, F) 등 6가지 표지판 규격을 대상으로 하여 30명의 피실험자를 조사하였다.

먼저 주어진 6개의 표지군에 대한 전체정보를 인지하는데 걸리는 시간을 측정하여 각 형태에 따라 반응시간에 대한 통계적 차이가 있음을 제시하였다.

또한 주어진 시간 동안 각 표지군을 피실험자에게 제공하고, 조사자가 제시한 특정지명을 맞추는 평가실험인 오독률 실험을 실시하였다. 이 실험은 앞의 인지반응시간과 유사한 형태의 결과를 나타냄으로써 인지반응시간 실험 결과의 신뢰성을 재차 검증하였다.

인지반응실험 결과, 이를 결정하는 주요 요인을 분석하기 위해 회귀식을 사용하였으며, 이중 음이향회귀형태가 가장 높은 설명력을 나타내었다.

모형에 의하면, 인지반응시간을 결정하는 요인으로 표지판 규격(AREA)과 RATE(글자크기대비 표지판 면적비율)이 결정되었다. 즉 표지규격이 클수록 인지반응시간이 감소하며, RATE은 2차 방정식 형태로 채택되어 표지규격과 내부글자간의 적정 조화에 따라 최적 여백률이 존재함을 설명해 주고 있다.

본 연구 결과는 표지의 가독성을 높이기 위해서 단순히 양적인 크기만을 상향시키는 것보다는 표지판과 글자간의 적정 조화에 따른 여백률을 채택하는 것이 그 기능을 더욱 향상시킬 수 있음을 밝혀주고 있다. 특히 글자의 크기와 표지판 크기의 조화를 통한 적정 글자간 여백률을 선정하는 것이 도로표지의 성능을 높이는 데 매우 중요하다는 시사점을 제시하고 있다.

한편 본 연구의 한계와 향후 수행해야 할 연구 과제를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 실내 모의실험에 의한 접근방법으로 현장을 직접 모사하지 못하는 정적실험 결과만을 제공한다. 즉 운전자의 시력에 좌우되는 가시성 부분이나, 자동차의 주행 속도에 따른 동적 시력에 변화부분 등을 고려하지 못하는 한계가 존재한다. 다만 추후 실내실험이라도 동적 시뮬레이터를 이용한다면 이러한 부분에 대한 한계는 최소화시킬 수 있을 것이다.

둘째, 채택된 피실험자 30인은 전체 운전자인 모집단을 대표하는 선택 집단으로 보기 어렵다. 만약 모형 상에 피실험자의 나이 및 연령, 운전경력 등의 운전자의 개인특성변수가 채택되었다면, 이에 대한 간접적인 보정이 가능하나 이러한 변수가 선택되지 못하였다. 따라서 추후 더 많은 피실험자에 대한 실험을 통해 전체 운전자를 대표하는 객관적인 모형으로의 발전을 모색해야 한다.

셋째, 본 연구에서는 3개로 연결된 방향표지군만을 대상으로 실험하였는데, 다양한 표지의 형태나 군집에 대한 실험도 병행해서 그 활용 폭을 넓혀야 할 것이다.

이러한 실험적 한계에도 불구하고 본 연구는 도로표지 내 글자의 배치에 따른 적정 여백률을 산정하는데 있어 새로운 접근방법론을 제시하는데 그 의의가 있다. 특히 실내 모의실험의 한계에도 불구하고 주어진 조건하에서 각 표지군에 대한 이용자의 가독성에 대한 명확한 차이를 밝혀냈으며, 이를 통해 적정 표지 규모를 산정하는데 활용할 수 있는 분석방법론을 제시하는데 그 의의가 있을 것이다.

참고 문헌

- 건설교통부, 도로표지 관련 규정집, 건설교통부 행정 간행물, 2000.
- 건설교통부, 도로표지 선진화방안 연구, 건설교통부 한국건설교통기술평가원, 2003.
- 김정룡, 도로안내표지문안규격 적정성 평가방법 연구, 한양대학교 인간공학연구실, 2004.
- 김정룡, 도로교통 표지판을 통해 본 인간실수의 원인, 안전기술 2000년 12월호, 2000.
- 김창희, 한글인식과정에서의 안구운동 특성비교, 동아대학교 대학원 석사학위논문, 1994.
- 박영택, 김주호, 한글 가독성에 관한 인간공학적 연구(I): 낱글자의 경우, 대한인간공학회지, 8(1), pp.31-39, 1989.
- 박영택, 김주호, 한글 가독성에 관한 인간공학적 연구(II): 단어의 경우, 대한인간공학회지, 8(2), pp.27-34, 1989.
- 신종현, 박민용, 읽기 형태, 줄 길이, 줄 간격이 한글 웹 문서의 가독성에 미치는 영향, 대한산업공학회지, 29(3), pp.197-205, 2003.
- 여운용, 박종규, 교통안전표지의 최대 허용 설치수에 관한 연구, 96 한국교통안전협회자료집, 1996.
- 이용재, 이순철, 여운용, "도로표지의 시인성에 관한 연구", 대한산업공학회 '90 추계학술대회논문집, pp.215-223, 1990.
- 이진호, 이병근, 글자꼴이 가독성에 미치는 영향, 대한인간공학회지, 1996.
- 정성재, 이근희, 오형술, 배열과 색대비를 고려한 표제용 글자인식에 관한 연구, 공업경영학회지, pp.71-82, 1995.
- 정우현, 한재준, 정찬섭, 한글의 글자꼴이 가독성에 미치는 영향, 한국심리학회지, pp. 491-500, 1993.
- 주창현, 그림동화책 본문의 가독성에 관한 연구, 홍익대학교 대학

- 원 석사학위논문, 1987.
- 지우석, 오은정, 교령자 운전 특성에 관한 연구, 경기개발연구원, 2003.
- 최기주, 최병운, 도로표지 시인거리에 관한 연구, 대한교통학회지, 19(4), pp.213-137, 2001.
- 최성규(1992), 가독성에 영향을 주는 독서재 요소의 연구: 시사월간지의 본문을 중심으로, 경남대학교 기초과학연구소 연구논문집.
- 한국도로공사, 업무통계, 2005.
- 황우상, 이동춘, 이상도, 이진호, VDT 화면에서의 한글 글자크기와 서체에 따른 탐색속도와 오류율에 관한 실험적 연구, 대한인간공학회지, 16(2), pp.29-38, 1997.
- Hashim AI-Madani and Abdul Rahman AI-Janahi, Role of drivers' personal characteristics in understanding traffic signsymbols, *Accident Analysis & Prevention*, 34(2), pp.185-196, 2002.
- Hashim AI-Madani and Abdul Rahman AI-Janahi, Assessment of drivers' comprehension of traffic sign based on their traffic, personal and social characteristics, *Transportation Research Part F, Traffic Psychology and Behaviour*, 5(1), 2002.
- John Ryder, "The case for legibility", New York: The moretus pressine, pp.19-25, 1989.
- Keith Rayner and Alexander Pollats, Reading unspaced text is not easy: comments on the implications of Epelboim et al.'s. 1994. Study for models of eye movement control in reading, 36(3), pp.461-465, 1996.
- Keith Rayner, Martin H. Fisher, and Alexander Pollate, *Unspaced text interfaces with both word identification and eye movement control*, *Vision Res.*, 38(8), pp.1129-1144, 1998.
- Michael L. Bernard, Barbara S. Chaparro, Melissa M. Mills and Charles G. Halcomb, Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed Times New Roman and Arial text, *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6), 823-835, 2003.
- Peter C. Burns, Wayfinding Errors while Driving, *Journal of Environmental Psychology*, 18(2), 209-217, 1998.
- Sandra B Ernst, "The ABC's of Typography", Art Direction Book Co., New York, pp.133-139, 1977.

● 저자 소개 ●

❖ 박 형 진 ❖ jehskill@paran.com

한양대학교 산업공학과 석사
현 재: 한국도로공사 도로교통기술원 교통연구실 연구원
관심분야: 인체공학, 인지심리학, 교통안전

❖ 이 기 영 ❖ kylee@freeway.co.kr

한양대학교 교통공학과 박사
현 재: 한국도로공사 도로교통기술원 교통연구실 책임연구원
관심분야: 교통안전, 교통공학, 인지심리학

❖ 김 정 룡 ❖ jykim@eml.hanyang.ac.kr
산업공학과 박사
현 재: 한양대학교 정보경영공학부 교수
관심분야: 인체공학, 생체신호, 인지심리학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 08월 29일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 10월 30일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 11월 01일
