한국ITS학회논문지
제14권, 제1호 (2015년 2월)
pp.46~56

pISSN 1738-0774
Copyright ⓒ 2015 KITS
DOI http://dx.doi.org/10.12815/kits.2015.14.1.046

보호/비보호 좌회전 신호운영(PPLT) 만족도 분석

Drivers' Satisfaction of Protected/Permitted Left Turn(PPLT) Signal Operation

장 태 연*
(Tae-Youn Jang)
(Dept. Urban Engineering, ChonBuk National University)

오 도 형**
(Do-Hyoung Oh)
(Division of Transportation, Gunsan City)

· Corresponding author : Do-Hyoung Oh, E-mail doli50@korea.kr

요 약

본 연구는 운전자들의 보호/비보호 좌회전(PPLT: Protected/Permitted and Left-Turn) 신호운영에 대한 만족도에 미치는 영향요인을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 운전자를 대상으로 설문조사를 실시하였고, 도로이용자의 다양한 요인(개인속성, 운전태도, PPLT의 기대심리 등)이 PPLT 만족도에 미치는 영향을 파악하기 위한 구조방정식 모형을 구축하였다. 모형구축 결과, 모형의 적합도는 Q값, RMR, GIF, AGIF, NFI 모두 적합도기준(Critical value)에 만족되었으며, PPLT 운영에 대한 만족도는 사회경력과 운전경력이 비교적 길고 교통 관련 분야에 종사하는 남성의 선호도가 상대적으로 높고, 사고 경험이 없는 운전자인의 경우 PPLT 운영에 대한 선호도가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, PPLT에 대한 만족도는 PPLT 운영으로 인한 교통안전 및 교통운영 증진, 환경개선 등의 기대가 높아질수록 증가되는 것으로 나타났다. 따라서, PPLT 운영은 교통사고가 상대적으로 적게 발생되는 도심에 우선 적용하는 것이 바람직하고, PPLT의 도입효과를 높이기 위해서는 PPLT 운영에 대한 긍정적인 기대효과가 함양될 수 있도록 효과에 대한 적극적인 홍보가 필요할 것으로 판단된다.

핵심어 : 교통신호, 보호/비보호좌회전(PPLT), 구조방정식, 주성분분석, 선호도

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the effectiveness of drivers' satisfaction over protected and permissive left-turn (PPLT) traffic signal operation. A structural equation model was established for analyzing the effectiveness of various drivers' factors (e.g., personal characteristics, driving attitude, expectation to PPLT, etc.) on the PPLT preference based on questionnaire survey. As a result, the analysis is satisfied with the critical values, such as Q value, RMR, GIF, AGIF, and NFI. The study reveals that PPLT preference increases in case of driver who is male with long social carrier related to transportation affaire and long driving experience without traffic accident involvement. Moreover, PPLT preference increases as the expectation of PPLT to improvement of traffic safety, traffic operation, and traffic environment increases. Therefore, it is recommended that the PPLT should be preferentially operated in urban area of less traffic accidents and the promotion of PPLT be actively conducted for positive effectiveness.

Key words : Traffic Signal, Protected/Permitted Left Turn, Structural Equation model, Principle Component Analysis, Preference

* 주저자 : 전북대학교 교수
** 교신저자 : 전북대학교 건축도시공학과 박사수료, 군산시 교통전문위원
† Received 31 December 2014; reviewed 2 February 2015; Accepted 3 February 2015

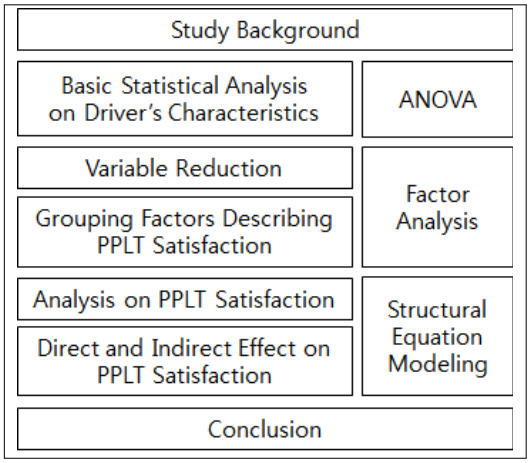
Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

교통 혼잡과 정체는 교통량의 증가로 발생되는 대표적인 도시 교통문제이다. 특히, 교차로에서 좌회전 교통류 처리 미숙은 교통사고, 도로정체, 환경오염 등을 가중시킨다. 교차로의 안전성을 확보하기 위해서는 바람직하지 않은 이동류는 억제되거나 금지되어야 하며, 바람직한 차량의 주행경로 및 안전속도를 확보하고, 불필요한 상충은 분리 되어야 한다. 주 교통류의 합리적인 교통제어와 보행자의 안전을 제공하기 위해서는 좌회전 교통류의 원활한 처리가 필요하며, 이를 위한 방법으로 보호좌회전, 비보호좌회전, 보호/비보호좌회전이 적용되고 있다. 최근 국내에서는 교통운영체계선진화방안으로 보호/비보호좌회전(Protected and Permitted Left-Turn : PPLT) 신호운영이 현장에 적용되고 있다. PPLT는 신호주기의 일정시간 동안 보호현시에 의해 좌회전 이동류가 보호를 받고 주기의 다른 부분 동안에서는 비보호현시에 의해 보호되지 않는 교통신호 운영형태이다.[1] 국내 도시에서 PPLT가 점차 확대되고 있는 상황하에서 보호와 비보호의 통행권한을 동시에 가지고 있는 PPLT에 대해 운전자가 가지는 감성적 특성에 대한 연구는 미미하다.

본 연구의 목적은 현재까지 평가되지 않은 PPLT에 대한 감성적 단위인 만족도를 측정하고 만족도에 영향을 미치는 다양한 요인들 간의 관계성을 규명하는데 있다. 연구에서는 2010년 경찰청의 교통운영체계 선진화방안 시범도시로 선정되어 PPLT를 운영해 오고 있는 군산시를 대상으로 PPLT교차로 이용시 느끼는 만족도에 대해 조사하여 모형을 구축한다. PPLT의 효과를 교통운영 측면에서의 신호체계구축과 함께 운전자들이 느끼는 만족도를 통해 검토할 필요성이 있다.

전체적인 연구의 진행과정은 그림1에서 보여주고 있으며, 분석 자료가 지닌 일반적 특성과 응답표본의 PPLT 만족도 관계를 분산분석을 통해 파악한다. PPLT 만족도 모형은 주성분분석을 적용하여 다양한 영향요인에 대한 변수축약을 진행·집약 한 후 구조방정식을 구축하여 개발한다. PPLT 만족도 영향요인은 영향변수의 도출 뿐 만아니라 영향변수가 PPLT 만족도에 미치는 직·간접효과도 분석한다.



〈그림 1〉 연구 진행과정
〈Fig. 1〉 Study Process

2. 기존연구

PPLT와 관련하여 송창진(2010)은 PPLT 현시 적용은 교통감응식 신호제어기나 교통량-밀도 신호제어기에서 더 큰 효과를 기대할 수 있으며 신호현시 순서와 비보호 표시형태에 따라 안전문제를 해결할 수 있음을 제시하였다.[2] 박정순(2000)은 좌회전 현시는 교통량뿐만 아니라, 제한속도가 70km/h 이내, 대향직진차량의 최소시거 이상의 거리, 종단경사, 중차량 혼입률 등을 복합적으로 검토 한 후 결정되어야 하며, 비보호 혼용좌회전으로의 적용도 가능하다고 제시하였다.[3] 또한, 김홍상과 배윤제(2003)는 PPLT 현시 적용은 정주기식 제어기보다 완전감응식이나 교통량-밀도 제어기에서 효과가 있다고 보고하였다.[4] Noyce & Kacir(2001)는 PPLT 운영시 운전자가 혼동하지 않고 이해를 높이기 위한 신호등 화 표출방법에 대해 연구를 하였다.[5] Agent(1987)는 PPLT는 간선도로상에서 혼용좌회전 운영시에 통행시간 절감이 가능하나, 좌회전 교통

사고 위험이 있어 혼용 좌회전 체계의 적용에 있어 좌회전 차량으로 인한 안전적 측면을 강조하였다.[6] Greiwe(1986)은 좌회전 전용차로가 없이 비보호좌회전으로 운영되고 있는 교차로에 대해서 좌회전 전용차로의 필요와 좌회전 현시의 신중한 선택이 필요하다고 하였다.[7] Camp & Denny(1992)은 신호교차로에서 직진신호시 대향직진교통량이 많아 좌회전 차량이 좌회전을 할 수 없을 경우를 제외하고는 PPLT는 좌회전 차량에 대해서 평균지체시간을 감소시켜 주고 있다. 또한 혼용좌회전을 도입함으로써 신호시간을 축소시킬 수 있다고 하면서 보호/비보호 혼용좌회전 신호체계가 효과적이라고 하였다[8]. PPLT와 관련한 기존연구는 많지 않으나, PPLT의 시설적 및 교통운영적 측면에서의 내용이 주를 이루고 있으며 운전자 관점에서 느끼는 PPLT에 대한 만족도 등 감성적 측면에서의 분석은 전무한 상황이다.

Ⅱ. 분석자료 구축 및 기초통계 분석

1. 분석자료 구축

PPLT 만족도 모형 구축을 위한 분석 자료는 설문조사를 통해 확보하였다. 설문설계는 운전자의 일반사항, 운전습관, PPLT 신호운영의 만족도 및 필요성, PPLT 신호운영에 따른 기대효과로 구성하였다.

설문조사는 2014년 3월부터 4개월간 경찰청의 교통운영체계 선진화 방안에 의한 시범사업에 선정되었던 군산시를 대상으로 이루어진다. 현재 55개 교차로에 PPLT가 운영중에 있으며, 설문조사는 군산시의 일반운전자와 도로상에서 대부분의 시간을 보내는 시내버스, 택시 등의 운수종사자를 대상으로 직접면접조사 및 우편설문을 실시하여 500부 배포 후 451개의 표본을 확보(회수율: 90.2%)하였다.

2. 기초통계 분석

PPLT 만족도에 대한 응답표본의 특성분석을 위해 개인의 속성을 위주로 일원분산분석을 적용하였다. 사후검정(post-hoc test)은 가장 많이 활용되는 Scheffie 사후검정을 실시하였다.

표1의 분석결과를 살펴보면, 성별, 연령별, 직업별, 직업경력별, 운전경력별로 PPLT 만족도에 차이가 있는 것으로 나타났다. 설문조사에 응답한 표본 중 남성은 362명(80.3%), 여성은 89명(19.7%)이다. 남성이 여성보다 만족도 평균값이 높게 나타나 여성이 PPLT교차로 이용시 불편함을 느끼고 있음을 가정할 수 있다. 연령이 증가할수록 만족도가 높아지는 경향을 보이고 있다. 직업특성으로 운수업 분야의 직종에 종사중인 응답자는 285명으로 전체 451명의 63.2%를 차지하고 있으며, 이중 남성은 269명(94.4%), 여성은 16명(5.6%)에 해당한다. 운수종사자의 경우 일반 운전자에 비해 PPLT에 대한 만족도가 높은 것으로 나타나 직·간접적으로 교차로상에서 좌회전에 따른 시간지체 감소에 대한 체감이 클 것으로 판단된다. 직업경력이 높을수록 만족도가 높게 나왔으며, 10~15년의 경우가 가장 높게 나왔다. 응답자의 운전경력은 5년미만이 74명(16.4%), 5~10년 91명(20.2%), 10~15년 99명(22.0%),

〈표 1〉 PPLT 만족도에 대한 응답표본의 특성
〈Table 1〉 Sample Characteristics on PPLT Satisfaction

Variable	Range	Descriptives		ANOVA	
		N	Mean	F	Sig.
Gender	Male	362	3.29	11.26	0.001
	Female	89	2.96		
Age	20s	58	3.00	2.34	0.054
	30s	141	3.20		
	40s	98	3.20		
	50s	94	3.43		
	60s+	60	3.23		
Job	Transportation	285	3.38	25.77	0.000
	Else	166	2.96		
Career (years)	Less 5	92	2.99	3.46	0.008
	5~10	119	3.19		
	10~15	73	3.40		
	15~20	51	3.24		
	20 over	116	3.23		
Driving Experience (years)	Less 5	74	2.99	3.19	0.013
	5~10	91	3.09		
	10~15	99	3.33		
	15~20	64	3.36		
	20 over	123	3.32		

15~20년 64명(14.2%), 20년 이상 123명(27.3)으로 운전경력별로 비교적 양호하게 표본이 확보되어 있음을 알 수 있다. 운전경력에 있어서도 10년 이상의 운전자가 10년 이하의 운전자보다 대체적으로 PPLT에 대한 만족도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

Ⅲ. 보호/비보호좌화전 만족도 모형 구축

1. 변수 설정

우편 및 설문조사를 통해 확보된 451개의 운수종사자 및 일반 운전자의 응답치를 토대로 PPLT 만족도 모형구축에 활용된 변수를 정리하면 표2와 같다.

개인속성 및 운전행태적 특성을 나타내는 성별, 연령, 직업, 직업경력, 운전경력, 1일 운전시간, 법규준수여부, 양보운전 여부로 이들 변수는 명목변수(Nominal variable)와 순위변수(Ordinal variable)의 특성을 지닌다. PPLT 도입에 따른 기대효과를 측정하기 위해 5점 리커트 척도(Likert scale)기법을 적용하였으며, 기대효과로는 교차로용량증대, 차량지체감소, 교통환경개선, 교통사고감소, 교통사고 심각도 감소, 차량소통증진, 신호연동증진 등이 있으며 이들 변수는 순위변수의 특성을 지닌다. 또한, PPLT에 대한 만족도, PPLT 확대 필요성 여부, 좌회전차량의 위험성 등에 대한 운전자의 인지영역을 측정하기 위해 5점 리커트 척도기법을 적용하였으며 이들 변수 역시 순위변수(Ordinal variable)의 특성을 지닌다.

2. 모형설정

1) 변수 축약

주성분분석은 많은 양의 측정 자료가 가능할 때 자료가 지닌 정보의 손실 없이 몇몇 기능이나 측정단위로 축소하여 분석과 해석이 가능하도록 하는 기법이다. 다수의 변수가 존재하는 다변량 질적 자료를 분류하기 위해서는 수학적인 절차를 통해 이

〈표 2〉 변수
〈Table 2〉 Variables

Variable	Contents	Mean
Gender	Gender(Male=1, Female=2)	n/a
Age	Age(Twenties=1, Thirties=2, Forties=3, Fifties=4, Sixties+=5)	2.90
Job	Job(Related Transportation=1, else=2)	n/a
Career	Career with job(years : below 5=1, 5～10=2, 10～15=3, 15～20=4, 20+=5)	2.96
License	Total driving experience(years : below 5=1, 5～10=2, 10～15=3, 15～20=4, 20+=5)	3.16
Time	Driving time in a day(Minute: 30=1, 30～60=2, 60～120=3, 120～180=4, 180+=5)	1.76
Law	Traffic sign obey(5 point measures)	3.57
Yield	Yield driving(5 point measures)	3.55
Accident	Traffic accident experience as assailant (Yes=1, No=2)	1.83
Capacity	Capacity increase effect(5 point measures)	3.40
Delay	Delay decrease effect(5 point measures)	3.53
Environment	Environment improvement effect(5 point measures)	3.13
Collision	Collision reduction effect(5 point measures)	3.04
Severity	Serious traffic accident reduction effect(5 point measures)	3.04
Flow	Jam reduction effect(5 point measures)	3.61
Operation	Signal cooperative effect(5 point measures)	3.52
Satisfaction	PPLT operation satisfaction(5 point measures)	3.23
Installation	PPLT installation increase(5 point measures)	3.25
Danger	Danger of unprotected left-turn vehicles(5 point measures)	2.82

용 자료를 유용하게 처리해야 한다. PPLT 만족도 요인처럼 미분화된 정보를 집합, 분류, 정리하여 의미 있는 정보로 가공하는 상황은 외적기준이 없는 경우를 처리하는 절차라고 할 수 있으며 이러한 경우에 유용한 수법이 주성분분석이다. 주성분분석은 여러 변수간의 상호 관계로부터 공통변량을 구하고, 측정치의 중복성을 찾아내어 몇 개의 변수군을 추출해 내는데 사용한다. 궁극적으로 주성분분석은 설문에 의해 얻어진 요인들이 어떠한 형태로 구성되는가를 알아내어 새로운 연구 개념을 추구하고, 이론적 근거를 가지고 미리 설정한 인자가 연구개념에 적절하게 추출되었는지 확인하는데 이용된다.[9][10]

본 연구에서는 다양한 변수를 축약하기 위해 주성분분석을 적용하여 PPLT 만족도에 대한 의사결정 인자를 그룹화하고, 그룹화된 요인들에 대한 반응이 속성별로 어떠한 차이가 있는지 분석하였다. 주성분분석에서 축약된 변수들은 그룹화되어 PPLT 만족도 분석을 위한 구조방정식 모형에 적용하였다.

2) 구조방정식 모형

지금까지 인과관계분석에서 외생변수가 내생변수에 미치는 영향은 직접적인 원인관계만 제시함으로서 변수간에 내재되어 있는 복잡한 관계를 분석하는데 한계가 있다. 즉, 변수간에 관계는 직접적인 인과관계뿐만 아니라, 다른 변수를 매개로한 간접효과가 존재할 수 있다. 본 연구에서 분석하고자 하는 PPLT 만족도는 운전자의 다양하고 복합적인 요인에 의해 결정되어 질수 있는데, 구조방정식모형이 PPLT 만족도에 대한 복합적인 영향요인을 분석하는데 있어 목적에 부합된다 할 수 있다(Joreskog외 1973, Wiley외 1973).[11][12]

복합적으로 구조방정식 모형은 측정모형(Measure Model)과 이론모형(Structural Model)을 통해서 모형간의 인과관계를 파악하는 방정식모형을 의미한다. 구조방정식 모형은 인과분석을 위해서 요인분석과 회귀분석을 개선적으로 결합한 형태를 의미한다.(남궁문외 2014)[13] 구조방정식 모형에서 측정모형은 x의 변수군과 x 변수군으로 구성된 요인(Factor)과의 관계를 수식으로 나타낸 것을 의미하거나 또는 y의 변수군과 y 변수군으로 구성된 요인과의 관계를 수식으로 표기한 것을 나타낸다. x에 관한 측정모형은 식(1)과 같이 표현되며, 이를 외생개념(Exogenous Constructs)라고 한다.

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \tag{1}$$

여기서, Λ_x는 경로계수, ξ는 외생개념, δ는 잔차(오차)변수를 의미한다. y에 관한 측정모형은 식(2)와 같이 표현되며, 이를 내생개념(Endogenous Constructs)라고 한다.

$$Y = \Lambda_y \eta + \epsilon \tag{2}$$

여기서, Λ_y는 경로계수, η는 내생개념, ϵ는 잔차(오차)변수를 의미한다. 이론모델은 x에 관한 측정모형을 통한 외생개념과 y에 관한 측정모형을 통한 내생개념을 회귀분석적 또는 경로분석적으로 결합하여 관계화한 모형을 의미하며, 이는 식(3)과 같이 표현된다.

$$\eta = \Gamma \xi + \beta \eta + \zeta \tag{3}$$

여기서, 실제 관측되지 않는 변수인 η은 내생잠재변수 벡터이고, ξ는 외생잠재변수, β, Γ는 계수행렬, ζ는 랜덤오차를 표시한 벡터이다.

모형이 주어진 경험자료에 잘 맞는지를 평가하는 적합성 평가는 부합지수들을 활용하나 부합지수 중 어느 하나라도 무조건 최고라고 내세울 수 있는 지수는 없으므로 가설화 된 모형에 대하여 가장 큰 장점과 작은 문제점을 지닌 부합지수를 선택하여 모형의 적합성 검정에 사용해야 한다. 기초부합지수(GFI: Goodness of Fit Index)는 표본 크기의 변화나 다변량 정규분포의 위반에 별로 영향을 받지 않으며, 제안모형의 적합도를 잘 표현해 준다. 표본크기가 200 이상에서는 기초부합지수는 적어도 0.9

〈표 3〉 요인분석 결과
〈Table 3〉 Results of Factor Analysis

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.289	26.807	26.807	4.289	26.807	26.807	3.719	23.241	23.241
2	2.706	16.911	43.718	2.706	16.911	43.718	3.273	20.458	43.699
3	1.580	9.877	53.595	1.580	9.877	53.595	1.583	9.895	53.595
4	1.166	7.285	60.880	-	-	-	-	-	-
5	.962	6.010	66.890	-	-	-	-	-	-
6	.938	5.863	72.753	-	-	-	-	-	-
7	.792	4.952	77.705	-	-	-	-	-	-
8	.623	3.891	81.596	-	-	-	-	-	-
9	.565	3.528	85.124	-	-	-	-	-	-
10	.479	2.995	88.119	-	-	-	-	-	-
11	.462	2.891	91.010	-	-	-	-	-	-
12	.433	2.708	93.718	-	-	-	-	-	-
13	.351	2.196	95.913	-	-	-	-	-	-
14	.305	1.905	97.818	-	-	-	-	-	-
15	.190	1.186	99.004	-	-	-	-	-	-
16	.159	.996	100.000	-	-	-	-	-	-

* Extraction Method : Principal Component Analysis

이상 되어야 한다. 조정부합지수(AGFI: Adjusted Goodness of Fit Index)는 기초부합지수를 자유도에 대해 수정한 것으로 권장수용수준은 0.9와 같거나 큰 값이 현실적인 수치이다. 표준부합지수(NFI: Normed Fit Index)는 가장 자주 응용되는 부합지수로 권장수치는 0.9 이상이다. 평균제곱근잔차(RMR : Root Mean squared Residual)는 분석자료의 행렬과 미지수들에 의해 재생산된 행렬간의 원소들의 차이를 보여주는 것으로 0.08 이하이면서 0.0에 가까울수록 모델의 적합성은 좋다고 판단한다. 비교적합지수(CFI: Comparative Fit Index)는 0.9 이상이면서 1.0에 가까울수록 적합성은 좋다고 해석한다.

3. 모형구축 결과

1) 주성분분석 결과

모든 측정변수는 구성요인을 추출하기 위해 주성분분석(Principle Component Analysis)을 이용하였다. 요인적재치의 단순화를 위해 직교회전방식인 Varimax방법을 채택하였다. 요인적재량(Factor Loading)은 각 변수와 요인간의 상관관계의 정도를 나타내며 각 변수들은 요인적재량이 높은 요인에 속하게 된다. 표3에서 보여주는 것처럼 고유값(Eigenvalues) 기준 1.5 이상을 기준으로 요인분석을 수행한 결과,

〈표 4〉 회전 요인 행렬
〈Table 4〉 Rotated factor matrix

Variable	Attribute		
	Factor 1 (Expectation)	Factor 2 (Personal)	Factor 3 (Behavioral)
Flow	.784	-.002	.021
Operation	.765	.209	.028
Delay	.749	-.089	.103
Capacity	.730	-.014	.153
Environment	.723	.289	.000
Collision	.706	.095	-.168
Severity	.606	.156	-.167
License	.061	.913	-.026
Career	.106	.864	-.054
Age	.068	.860	-.082
Job	-.071	-.557	-.150
Gender	-.045	-.501	-.162
Time	.094	.396	-.128
Accident	-.018	-.249	.228
Law	.020	.010	.839
Yield	-.003	.077	.813

* Rotation Method : Varimax with Kaiser Normalization.
* Rotation converged in 4 iterations.

총 3개의 요인이 추출되었고 각 요인의 고유값은 제1주성분이 3.719, 제2주성분이 3.273, 제3주성분이 1.583으로 분석되었다. 보호/비보호좌화전 만족도 모형의 내생변수(Endogenous Variable)가 되는 PPLT 신호운영에 대한 운전자의 인지영역(PPLT Awareness)의 측정변수인 PPLT 만족도, PPLT 확대필요성, 신호교차의 좌회전차량의 위험성은 다른 변수들과의 상관성이 높을 경우 동일한 요인으로 분류될 수 있으므로 주성분분석에서는 PPLT 인지영역의 측정변수는 제외하고 분석하였다.

표4는 PPLT 인지영역의 측정변수를 제외한 16개 측정변수에 대한 주성분분석 결과로 각 요인이 설명하는 고유치와 기여율을 나타낸다. Varimax방법에 의한 요인 회전 결과, 16개 변수가 모두 3개의 요인으로 분류되며, 가해자로써의 사고경험(Accident) 변수를 제외하고 모든 변수의 요인적재량이 0.3 이상의 수치로 통계적으로 분석에 활용이 가능하다.

제1주성분으로 분류된 변수는 보호/비보호 좌회전 신호운영 도입에 따른 교차로 용량증대 효과, 교차로 운영지체 감소, 교통환경 개선, 교통사고 감소효과, 교통사고 심각도 감소효과, 차량소통효과, 신호연동 증진효과에 해당되는 감성요인으로 PPLT 기대효과속성(Expectation Attribute)으로 명명하였다. 제2주성분으로 분류된 변수는 도로이용자의 성별, 연령, 직업, 직업경력, 운전경력으로 운전자 개인속성을 나타내는 잠재변수로 구성되어 개인속성(Personal Attribute)로 명명하였다. 제3주성분으로 분류된 변수는 운전자의 하루 평균 운전시간, 평상시 교통법규(속도, 안전벨트 등) 준수 여부, 평상시 양보운전 여부, 가해자로서의 교통사고 경험 등으로 이는 운전자의 행태 및 경험적 특성을 반영하는 것으로 행태속성(Behavioral Attribute)으로 명명하였다.

모형에 대한 적합도 검정결과, 표5와 같이 KMO 값이 0.804로 적당한 편이며, 유의확률은 0.000 ($p<0.05$)으로 요인분석의 결과가 타당하게 도출된 것으로 판단된다.

〈표 5〉 KMO and Barlett 검증 결과
〈Table 5〉 Test of KMO and Barlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measures of Sampling Adequacy.	0.804
Barlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square(Sig.)	2838.450 (0.000)

2) 모형 구축 및 결과

PPLT 신호운영에 따른 도로이용자 만족도 모형 구축에 사용된 측정변수 및 잠재변수는 표6에서와 같다. 외생변수(Exogenous Variable)는 주성분석에서 도출된 제1주성분인 PPLT 신호운영에 따른 기대효과속성(Expectation Attribute), 제2주성분인 도로이용자의 개인속성(Personal Attribute), 제3주성분인 도로이용자의 행태속성(Behavioral Attribute)이고, 내생변수(Endogenous Variable)는 PPLT 신호운영에 대한 인지속성(PPLT Awareness)으로서 만족도, PPLT 확대 필요성, 좌회전차량의 위험성 등이 측정변수로 포함된다.

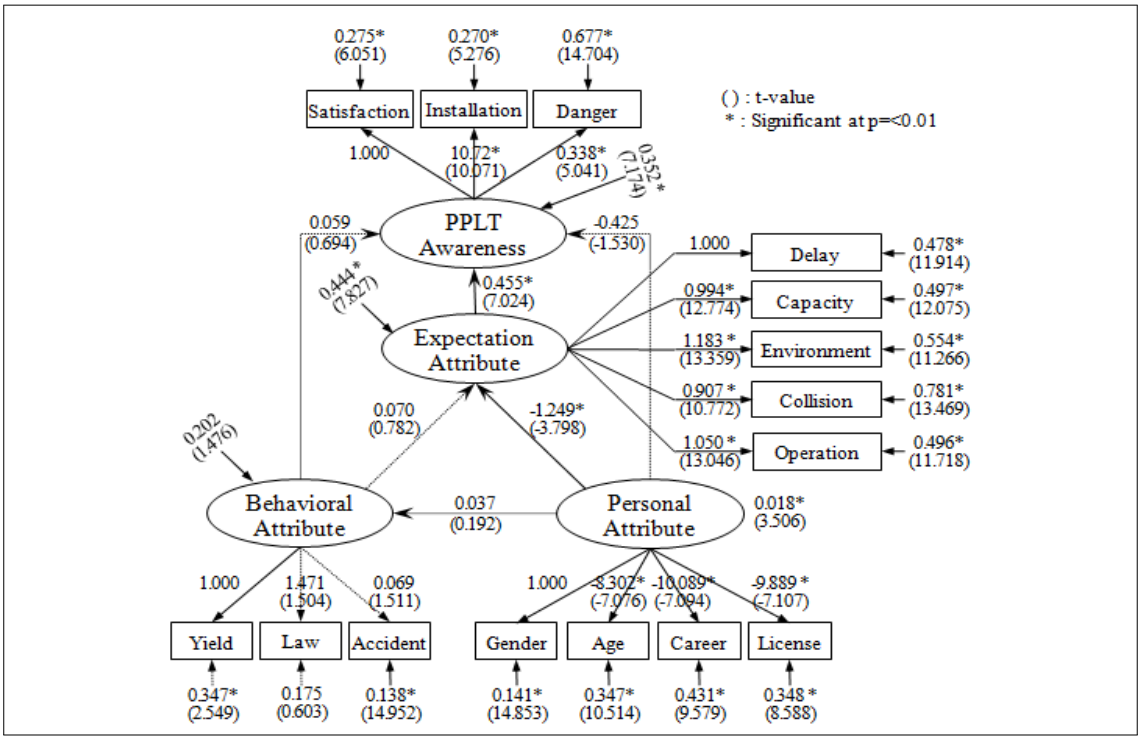
PPLT 신호운영에 대한 도로이용자의 만족도 모형 구축결과, 신뢰수준 99%에서 연령(Age), 직업경력(Career), 운전경력(License)은 잠재변수인 도로이용자의 개인속성(Personal Attribute)과 관련된PPLT의 유의한 영향요인인 것으로 나타났다. 특히, 여성운전자이고, 젊고, 사회경력이 짧고, 운전경력이 짧을수록 PPLT 인지와 관련된 개인속성에 유의한 반응을 보이는 것을 알 수 있다. 동일한 신뢰수준에서 PPLT 인식의 잠재적 영향요인인 도로이용자의 행태속성(Behavioral Attribute)과 관련이 있는 법규준수(Law), 사고경험(Accident), 양보운전(Yield) 변수는

〈표 6〉 모형 투입 변수
〈Table 6〉 Variables in the Constructed Model

Latent Variable		Measurement Variable
Exogenous Variable	Personal Attribute	Gender, Age, Career, License
	Behavioral Attribute	Law, Yield, Accident
	Expectation Attribute	Capacity, Delay, Environment, Collision, Operation
Endogenous Variable	PPLT Awareness	Satisfaction, Installation, Danger

유의한 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 다른 PPLT 인지와 관련된 잠재변수인 PPLT 기대효과(Expectation Attribute)에는 지체감소(Delay), 용량증대(Capacity), 환경개선(Environment), 교통사고감소(Collision), 운영증진(Operation)은 모두 유의한 영향을 주는 변수로 나타났다. 즉, PPLT 도입에 따라 교통운영, 교통안전, 교통환경 개선에 대한 기대가 높을수록 기대심리가 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다. 내생변수인 보호/비보호 좌회전 신호운영에 대한 도로이용자의 PPLT 인지(PPLT Awareness)에는 보호/비보호 좌회전 신호운영의 설치확대(Installation) 및 좌회전 차량의 위험(Danger), 만족도(Satisfaction)가 유의한 변수이고, PPLT 신호운영에 따른 기대효과속성(Expectation Attribute)도 신뢰수준 99%에서 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

PPLT 신호운영에 따른 도로이용자 만족도 모형의 적합성은 다음과 같이 평가할 수 있다. χ^2(카이제곱)은 자료가 정규분포를 보인다는 이론을 근거하여 모형의 완전성, 모형이 모집단 자료에 완전하게 적합하다는 귀무가설을 검정한다. 분석결과, 카이제곱은 223.742이고 유의수준 p=0.000으로 추정모형은 모집단의 자료에 적합하다는 귀무가설이 기각된다. 그러나, 카이제곱 검정은 표본의 크기가 커지면 아주 작은 편차도 통계적으로 유의해져 귀무가설을 기각할 확률이 높아진다. 따라서, 대안적으로 Q값(Normed χ^2)을 사용하여 모형의 적합성 여부를 판단하였다. Q값은 χ^2(카이제곱)을 자유도(df: degree of freedom)으로 나눈 값으로 3.0 이하인 경우 모형이 적합한 것으로 판단한다. 여기에서 자유도는 샘플 모멘트(distinct sample moments)와 추정되어야 할 파라메타 수(distinct parameter to be estimated)의 차로 계산된다. 분석결과, Q값은 2.664(=223.742/84)로 기준치인 3.0보다 작아 모형이 모집단의 자료에 적합한 것으로 판단할 수 있다. 평균제곱잔차제곱근(RMR: Root Mean-square Residual)은 관찰행렬과 추정행렬 사이의 잔차평균으로



〈그림 2〉 PPLT 만족도 모형
〈Fig. 2〉 A PPLT Satisfaction Model

〈표 7〉 모형 적중률
〈Table 7〉 Model Fit

Classification	Criterion	Fitness Index	Decision
χ^2	p>0.05	223.742(p=0.000)	-
df	84	-	-
Q=χ^2/df	Q<3	2.664	accepted
RMR	=<0.08	0.062	accepted
GFI	>=0.9	0.935	accepted
AGFI	>=0.9	0.906	accepted
NFI	>=0.9	0.911	accepted

0.05~0.08 이하 이면, 적당한 모형으로 판단한다. 분석결과, 평균제곱잔차제곱근은 0.062로 기준치인 0.05~0.08 사이에 있으므로 추정모형이 적합한 것으로 판단할 수 있다. 적합도지수(GFI: Goodness of Fit)와 자유도로 적합도지수를 조정한 조정적합지수(AGFI: Adjusted Goodness of Fit)는 주어진 모형이 전체 자료를 얼마나 잘 설명하는지를 나타내는 지표로 0.9 이상인 경우 모형이 적합하다고 판단한다. 분석결과, 적합도지수(GFI)와 조정적합지수(AGFI)는 각각 0.935와 0.906으로 기준치 0.9 이상이므로 추정모형이 전체자료를 잘 설명하고 있는 것으로 판단할 수 있다. 측정변수 사이에 공분산 또는 상관관계가 없는 모형인 기초모형(Null Model)에 대한 본 연구의 제안모형(Proposed Model)의 부합도를 평가하는 표준적합지수(NFI: Normed Fit Index)가 0.9 보다 크면 모형이 부합한다고 평가한다. 분석결과, 본 모형의 표준적합지수는 0.911로 기준치 0.9 이상이므로 제안모형은 기초모형에 부합한다고 판단할 수 있다. 결론적으로, Q값 2.664, 평균제곱잔차제곱근(RMR) 0.062, 적합도지수(GFI), 조정적합지수(AGFI), 표준적합지수(NFI) 모두 0.9 이상으로 기준치에 부합되므로 모형의 적합도는 수용 가능한 수준인 것으로 판단된다.

3) 간접 효과 분석

외생 변수는 다른 외생변수를 통해 간접적으로 내생 잠재변수에 영향을 줄 수 있으므로 간접효과에 대해 분석한다.

표8은 잠재속성간 간접효과 분석결과를 보여주고 있다. 제3주성분인 도로이용자의 행태속성(Behavioral attribute)은 PPLT 인지속성(PPLT awareness)에 직접적으로 0.059, 간접적으로 0.032으로 총 0.091의 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉, 전체 영향중에서 직접적영향이 64.8%, 간접적 영향이 35.2%를 차지하고 있다. 개인속성이 PPLT 인지속성에 미치는 효과를 보면 직접적으로 -0.425, 간접적으로 -0.565로서 직접적인 영향보다, 기대효과속성을 통한 PPLT 인지속성(PPLT awareness)에 간접적인 영향이 큰 것으로 나타났다.

Ⅳ. 결론 및 정책제언

본 연구에서는 도로이용자의 다양한 요인(개인속성, 운전태도, PPLT의 기대심리)이 PPLT 만족도에 미치는 영향을 파악하기 위해서 구조방정식 모형을 구축하였다. 모형의 적합도는 Q값, RMR, GIF, AGIF, NFI 모두 적합도 기준(Critical value)에 부합되는 것으로 나타났다. PPLT 신호운영에 대한 만족도는 사회경력과 운전경력이 비교적 길고 운수 관련분야에 종사하는 남성의 선호도가 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 또한, 사고의 경험이 없는 안전운전자인 경우 PPLT 신호운영의 선호도는 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, PPLT 신호운영에 대한 만족도는 PPLT 신호운영에 대한 교통안전, 교통운영, 환경개선 등의 기대가 높아질수록 증가되는 것을 알 수 있다. 따라서, PPLT 신호운영은 교통사고

〈표 8〉 PPLT 만족도에 미치는 영향
〈Table 8〉 Effects on PPTL Satisfaction

Variables			Total Effect	Direct Effect	Indirect Effect
Behavioral	⇒	PPLT_Awareness	0.091	0.059	0.032
Personal	⇒	PPLT_Awareness	-0.990	-0.425	-0.565
Expectation	⇒	PPLT_Awareness	0.455	0.455	0.000

가 상대적으로 적게 발생된 안전한 도심에 우선 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, PPLT 신호운영의 도입효과를 높이기 위한 방안으로 PPLT 신호운영에 대한 긍정적인 기대효과가 함양될 수 있도록 PPLT 신호운영의 효과에 대한 적극적인 홍보 및 제도적 뒷받침이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 표본집단(451명)을 대상으로 설문조사에 의해 PPLT 만족도에 미치는 영향요인을 분석한 것으로 분석결과의 보편화 및 일반화를 위한 가상현실(Virtual Reality)을 포함한 현장실험을 통한 보완 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] An Advanced Study of Transportation Operating Systems Final Report 2010. 3

[2] C. J. Song, Study on Effective Management of Protected/Permissive Left-Turn Traffic Flow, University of Seoul Master's Thesis, 2010

[3] J. S. Park, Study on Warrant of Protected & Permissive Left-Turn Signal Systems, Hanyang University Master's Thesis, 2000

[4] H. S. Kim and W. J. Bae, "Study of Applying PPLT (Protected /Permitted Left-Turn) Signal at Signalized Intersection", *Traffic Safety Research, KoRoad,* vol. 22, 2003

[5] Noyce and Kacir, Driver's Understanding of Protected/permitted Left-turn Signal Displays. TRB 2001, Paper No. : 01-2243 *Sponsoring Committee: Traffic Control Devices. January* 2001

[6] Kenneth R. Agent, Guidelines for the Use of Protected/Permissive Left-Turn Phasing. *ITE journal* pp.37-42, july 1987

[7] Greiwe, "Intersection Management Techniques for the Left-Turning Vehicle : *The Indianapolis Experience", ITE Journal,* 1986

[8] G. Camp and R. Denny, "Improved Protected-Permitted Left-Turn Signal Displays-The Texas Approach", *ITE journal* pp.21-24, October 1992

[9] Y. S. Kang, Challenge on a social phenomenon Analysis(Multivariate Analysis), Nanam, 1995

[10] B. S. Kang, Multivariate Statistics Analysis, Hakhyunsa, 1993.

[11] K. Joreskog and D. Sorbom, LISREL 8, Scientific Software International, *Inc., Chicago,* 1973

[12] D. Wiley, W. Schmidt and W. Bramble, "Studies of a Class of Covariance Structure Models", *Journal of the American Statistical Association,* vol. 68 no. 342, pp.317-32, 1973.

[13] NAMGUNG. moon, Shin, hoe sik, Jang, tae youn "Driving Satisfaction and Safety Assessment for Roundabout" Journal of the korea Society of Civil Engineers, vol. 34, no. 1:233-233/February, 2014

저자소개

장 태 연 (Jang, Tae-Youn)
1994년-1995년 : 미국 Knoxville MPO 인턴
1996년 5월 : 미국 테네시 주립대학 박사 졸업(토목공학과)
1999년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 교수 (도시공학과)
e-mail : Jangty@jbnu.ac.kr
연락처 : 063) 270-4054

오 도 형 (Oh, Do-Hyoung)
2012년 8월 : 전북대학교 박사과정 수료 (건축.도시공학과)
2005년 11월-2015년 현재 : 군산시청 교통전문위원 (교통행정과)
2004년 2월 : 광주대학교 대학원 석사 (도시공학과)
e-mail : doli50@korea.kr
연락처 : 063) 454-3774