

교통소통 정보기반 신호교차로 운영평가를 위한 혼잡강도 지표 임계값 연구

Study on threshold values of a intensity-of-congestion measure for operations evaluation at signalized intersections based on traffic flow information

김진태 Kim, Jin-Tae | 정회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 교수 (E-mail : jtkim@ut.ac.kr)
조용빈 Cho, Yongbin | 정회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정 · 교신저자 (E-mail : dydqls07@naver.com)

ABSTRACT

PURPOSES : In this study, analyze the characteristics of IOC indicator 'threshold' which is needed when evaluating the traffic signal operation status with ESPRESSO in various grade road traffic environment of Seoul metropolitan city and derive suggested value to use in field practice.

METHODS : Using the computerized database program (Postgresql), we extracted data with regional characteristics (Arterial, Collector road) and temporal characteristics (peak hour, non-peak hour). Analysis of variance and Duncan's validation were performed using statistical analysis program (SPSS) to confirm whether the extracted data contains statistical significance.

RESULTS : The analysis period of the main and secondary arterial roads was confirmed to be suitable from 14 days to 60 days. For the arterial, it is suggested to use 20 km/h as the critical speed for PM peak hour and weekly non peak hour. It is suggested to use 25 km/h as the critical speed for AM peak hour and night non peak hour. As for the collector road, it is suggested to use 20 km/h as the critical speed for PM peak hour and weekly non peak hour. It is suggested to use 30 km/h as the critical speed for AM peak hour and night non peak hour.

CONCLUSIONS : It is meaningful from a methodological point of view that it is possible to make a reasonable comparative analysis on the signal intersection pre-post analysis when the signal operation DB is renewed by breaking the existing traffic signal operation evaluation method.

Keywords

spatio-temporal characteristics, intensity of congestion, pre-post analysis, high performance, optimized aggregate gradation, concrete, pavement

Corresponding Author : Cho, Yongbin, Master's course
Korea National University of Transportation, Department of
Transportation System Engineering, 157, Cheoldobangmulgwan-ro,
Uiwang-si, Gyeonggi, 16106, Korea
Tel : +82.31.461.8736 Fax : +82.31.462.8739
E-mail : dydqls07@naver.com

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ksre.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (Print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Apr. 03, 2018 Revised Apr. 03, 2018 Accepted Jun. 04, 2018

1. 서론

1.1. 연구배경

서울시의 ESPRESSO 시스템은 교통신호 운영변수가 갱신된 시점 이력자료를 기준으로 교통신호시간 개선 전 후의 교통소통 수준의 차이를 비교하는 기능을 제공한다

다. 또한 특정 기간 및 공간(권역, 축, 교차로)을 대상으로 교통소통 상태를 비교하여 교통신호시간 개선이 필요한 지점을 이용자들에게 제안하는 기능을 제공한다.

이러한 기능을 보유한 ESPRESSO는 지금까지 서울시 신호운영 기술용역을 수행하는 민간기관 소속 인력

을 통하여 다소 주관적으로 수행되고 있던 서울시 도시부 교통신호 운영상태 평가를 보다 객관적으로 분석할 수 있게 한다. 이는 민간업체의 주관적 기술력에 종속되고 있던 공공기관의 교통신호 운영평가 업무가 공학적이고 과학적으로 수행될 수 있게 한다.

서울시 ESPRESSO는 서울시 TOPIS가 수집 및 관리하는 방대한 양의 5분 단위 교통소통 이력자료를 활용하며, 평가지표 중 하나로 '혼잡강도(Intensity of Congestion; IOC)'를 사용한다. 혼잡강도는 분석 대상 시간 전체 동안 관측된 교통소통 수준 대비 임계 수준 이하의 열악한 교통소통 수준이 관측된 시간의 비율로 정의된다. 해당 지표를 사용하여 교통신호 운영상황 갱신 전과 후의 상황을 비교함으로써 교통신호시간 개선에 따른 효과를 파악하게 한다.

이 때 ESPRESSO의 IOC 지표분석에 사용되는 '임계 수준 값'은 운영자가 설정하여야 하는 운영계수로 다양한 수준의 서울시 도로교통 특성을 반영하여야 한다. 그러나 아직까지 이러한 임계값에 대한 별도의 연구가 활발하게 진행된 바가 없다. 이러한 이유로 실무에서 ESPRESSO 활용과정에서 실무진들이 참조할 기술지침도 마련되지 못하여 올바른 사전-사후 평가를 수행함에 어려움이 존재한다.

1.2. 연구목적

본 연구는 서울특별시의 다양한 등급 도로교통 환경에서 ESPRESSO로 교통신호 운영 상태를 평가할 때 필요한 IOC 지표 '임계값'에 대한 특성을 분석하고 현장 실무에서 사용할 제안 값을 도출한다. 서울시의 다양한 도로교통 환경을 반영하기 위하여 (1) 강남 및 강북 권역별, (2) 도로 등급별, (3) 운영시간대별 자료를 모두 포함하도록 한다. 현재 ESPRESSO는 서울시 TOPIS 교통소통정보 이력자료를 활용하기 때문에 집산도로와 국지도로 소통정보 자료를 보유하지 못한다. 따라서 본 연구의 도로 등급 범위는 '간선도로'와 '보조간선도로'로 제한된다.

2. 선행연구 고찰

최근 정보기술의 생성, 누적, 관리기술의 발전으로 인해 방대한 범주의 자료를 취합하여 이를 과학적이며 공학적으로 분석하여 과거 알지 못하였던 새로운 정보를 생성하는 '빅데이터' 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 도시부 교통부문에서도 Ki et al.(2014)은 교통

소통정보 '빅데이터'의 신뢰성 확보를 위하여 현장수집 단계에서 누락된 소통자료(구간통행속도)를 보정하는 결측치 보정 알고리즘을 제안하였다. 이들은 경찰의 중앙교통정보센터 교통관리시스템에 장기간 저장되는 교통정보를 활용하여 교통소통 패턴자료를 생성하고, 이를 활용하여 누락된 정보를 보정하는 알고리즘을 제안하였고, 현장실험을 통해 정보 보정과정에서 중앙값을 이용하는 것보다 평균값 또는 가중 평균값을 이용할 것을 제안하였다. 그러나 이들의 연구는 도시부 교통소통 정보에 대한 연구로 한정되며 도시부 교통운영상태 평가를 위한 연구로 확장하지는 못하였다.

이에 Song(2014)는 교통 빅 데이터를 이용한 교통 혼잡지도 구현을 통하여 축적된 대용량 교통데이터를 이용하여 다차원 분석을 통해 특정 시간, 요일별, 출근시간, 퇴근시간, 행사 등 다양한 데이터와 관점에서 혼잡지도 연구를 수행하였다. 그러나 상세한 교차로 단위까지의 혼잡지도를 표현하지 못하였다는 한계가 존재한다.

세밀한 분석을 지향하기 위하여 정도성(2014)은 교통 빅 데이터 분석에 의한 교통정체 변화 판별 알고리즘을 통해 부산교통정보서비스센터의 과거 교통정체 패턴을 이용하여 정체구간인지 비정체구간인지를 판별하는 알고리즘 연구를 수행했다. 교통 정체가 발생하는 시기 및 구간에 대한 예측을 통하여 도로에서 발생하는 정체에 대한 관리가 수행될 수 있음을 기대하는 노력이다. 사용자에게 미리 예측된 교통 정보를 주기 위해서는 기존에 누적된 방대한 교통 데이터를 알맞은 정체패턴 데이터로 재가공하는 것이 필요하다고 발전 방향을 제시했지만 정체의 기준을 속도 증감으로 해석하여 명확한 정체 기준을 정하지 못했다.

Lee et al.(2014)은 서울교통정보센터의 운영현황과 발전방향에 대한 방안으로 (1) 빅 데이터를 활용한 교통 정보를 생산해야 하며, (2) 과학적 교통정책 지원을 위한 시스템 개발 및 시민편의 중심의 서비스를 제공해야 한다고 주장하였다. 그에 따라 연구 과정을 통해 교통정책 지원을 통한 교차로 평가 시스템 개발에 도움이 되는 연구가 필요하다고 제시했다.

Ko and Lee(2008)은 다양한 COSMOS 운영 대안들을 평가하기 위하여 교통신호제어시스템 온라인 평가모형을 개발하여 객관적으로 평가하는 연구를 수행하였다. 이들은 Hardware-In-the-Loop Simulation System(HILSS) 모형을 이용하여 운영효과를 평가하는 방법을 제안하였다. 이는 온라인 평가 모형으로 중앙장치로부터 직접 모의실험 모형으로부터 제어를 받아

Cycle, Offset, Split Model for Seoul(COSMOS) 시스템을 구동하는 방식을 제안하였다. 그러나 이들의 연구는 신호제어기의 평가로 국한되며 도시부 도로 교통 신호 운영 상태에 대한 평가를 포함하지 못하였다.

따라서 선행 연구에서는 기존의 수동적인 교통 신호 운영에 대한 평가방법을 적용하였으나 소외되어 있던 교통소통 이력정보를 활용하기 위해 본 연구에서는 객관적인 교통신호운영 대안 평가를 수행할 수 있도록 IOC 임계값에 대한 가이드라인을 시공간적 특성을 반영하여 도출하고자 한다.

3. 연구 방법

본 연구를 위하여 (1) 서울특별시 TOPIS로부터 5분 단위로 기록된 2016년 한 해 서울시 전체 교통소통 자료 1식 및 서울시 TOPIS 교통정보 기반자료(링크 자료) 1식(서울특별시, 2016a), (2) 서울특별시 교통운영과로부터 서울시 전체 신호운영데이터베이스자료 1식, 2016년 신호제어기, 신설, 유지보수 및 신호운영데이터베이스 갱신이력자료 1식(서울특별시, 2016b) 등을 수집하였다.

수집된 자료를 분석하기 위하여 Fig 1과 같이 연구를 진행하였다. 우선 컴퓨터 데이터베이스 프로그램(Postgresql)을 사용하여 지역적 특성(간선도로, 보조간선도로)과 시간적 특성(첨두시, 비첨두시)이 구분된 데이터를 추출하였다. 추출된 데이터에서 통계적 유의성을 내포하는지 확인하기 위해 통계분석 프로그램(SPSS)을 사용하여 분산 분석, 던컨 검증을 수행하였다. 본 연구에서 2016년 서울시 전체 통행 속도는 24.2 km/h로 도심부 통행 속도를 고려하여 5개의 다른 임계값(10km/h, 15km/h, 20km/h, 25m/h, 30km/h)을 사용했다. 교통소통 사전상황 대비 교통소통 사후상황의

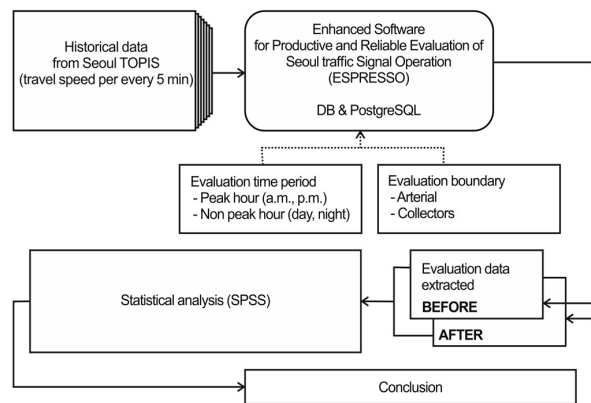


Fig. 1 Research Method

차이가 통계적으로 두드러지는 값이 임계값으로서 효율적일 것으로 판단했다.

3.1. 분석 자료

본 연구에 사용된 서울특별시 TOPIS 자료는 서울시 관내 영업용 차량에 장착된 Digital Tacho Graph (DTG) 장치로부터 수집되는 원시자료를 Fig. 2와 같이 5분 단위로 가공한 가공자료로, 주행 날짜, 주행 시간, 주행 링크, 속도 자료 등을 포함한다.

```

2016,08,01,00,00,1000001000,25.09
2016,08,01,00,00,1000001100,29.54
2016,08,01,00,00,1000001200,24.94
2016,08,01,00,00,1000001300,29.56
2016,08,01,00,00,1000001400,34.42
2016,08,01,00,00,1000001500,34.48
2016,08,01,00,00,1000001600,25.34
2016,08,01,00,00,1000001700,23.58
2016,08,01,00,00,1000001800,29.72
2016,08,01,00,00,1000001900,30.59
2016,08,01,00,00,1000002000,29.09
2016,08,01,00,00,1000002100,25.01
2016,08,01,00,00,1000002200,25.27
2016,08,01,00,00,1000002300,24.86
2016,08,01,00,00,1000002400,22.37
  
```

Fig. 2 TOPIS's 5-minute Data

이러한 TOPIS 자료는 1개월 당 3개의 텍스트 파일, 총 1년 36개 파일로 구성된다. 해당 자료의 길이는 155,228,409행이며, 파일의 크기는 개 당 약 500MB 정도에 해당한다(1년 총 18.0GB). 그러나 해당 TOPIS 자료에서는 링크별 속도 자료는 기록되어 있지만 추가적으로 필요한 교차로의 주행 링크에 대한 위치 정보는 포함이 되어 있지 않은 상태이다(시작노드와 도착노드에 대한 정보 미포함). 그렇기 때문에 링크 위치 정보에 대한 부분을 알아내기 위하여 지리 정보 체계 응용 프로그램인 Q-Geographic Information System(Q-GIS)를 이용하였다. TOPIS 링크도면자료와 서울시 지도레이어를 프로그램에 입력하여 도면상에서 찾고자 하는 교차로를 찾고 각각의 주행 링크 속성에서 일련번호를 추출하였다.

3.2. 분석 대상

본 연구에서 다양한 교차로 표본을 분석하기 위해 TOPIS에서 사용하고 있는 도로 분류 체계(간선도로, 보조간선도로, 기타도로)를 적용하였다. 그러나 기타도로를 본 연구에서 분석하기에는 TOPIS에서 기타도로라 정의한 기타도로의 규모 및 의미가 다양하고 불명확했다. 따라서 기타도로를 제외한 강남권과 강북권에서

실제로 신호시간, 연동값, 그룹관련 변경 이력이 같은 날에 수행된 간선도로와 보조간선도로를 선정했다. Table 1은 본 연구의 분석 대상 교차로를 제시한다.

Table 1. Target Intersections of Arterial and Collector Road

Int.	Arterial		Collector road	
	Area A ¹⁾	Area A ²⁾	Area B ¹⁾	Area B ²⁾
1	Yangjae	Dongkyo-dong	Nonhyeon station	Chang 4 dong office
2	Bangbang	Changchun-dong	Hak-dong station	Dobong police station
3	Woosung APT	Sinchon station entrance	Seoul customs	Dobong E-mart
4	Kangnam station	Sinchon rotary	Gangnam office station	Changwon school
5	Kyobo Tower	Ewha Univ. station	Cheongdam park	N/A

- 1) The southern part of Seoul
- 2) The northern part of Seoul

Fig. 3과 Fig. 4는 강남권, 강북권의 간선도로내에 위치한 분석 대상 교차로를 나타낸다.



Fig. 3 Kangnam Arterial Analysis Intersection



Fig. 4 Shinchon Arterial Analysis Intersection

Fig. 5와 Fig. 6은 강남권, 강북권의 보조 간선도로 내에 위치한 분석 대상 교차로를 나타낸다.

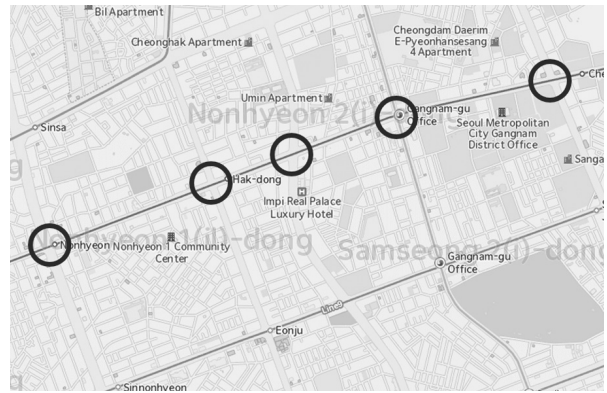


Fig. 5 Hakdong Collector Road Analysis Intersection

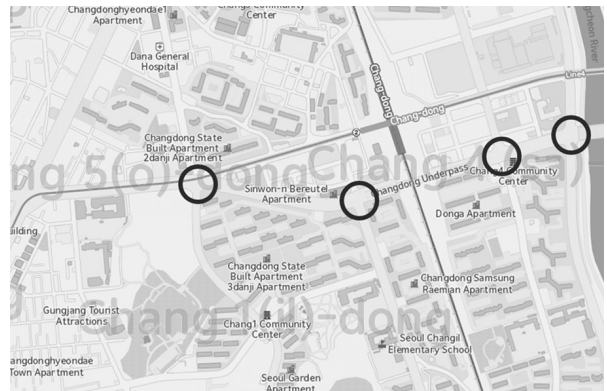


Fig. 6 Nohae Collector Road Analysis Intersection

동일한 비교 분석을 위해 각 연동제어군마다 5개의 교차로를 선정하려 했다. 그러나 강북권의 보조간선도로에 해당하는 Area B²⁾에는 5개 교차로가 변경 이력이 같은 날에 수행된 연동제어군은 찾을 수 없었고 5개에 가까운 4개의 교차로 변경 이력이 있는 연동 제어군을 선택하게 되었다.

3.3. 분석 지표

본 연구에서 사용하는 분석 지표인 혼잡강도의 단일 접근로 산출식은 Eq. (1)과 같다.

$$\omega_l^o = \frac{\sum_{y=a}^b \sum_{m=c}^e \sum_{d=f}^g \sum_{h=i}^j \sum_{n=h}^{h_{12}} I_{olhdm}}{\sum_{y=a}^b \sum_{m=c}^e \sum_{d=f}^g \sum_{h=i}^j \sum_{n=h}^{h_{12}} 1} \quad (1)$$

여기서, $I_{olhdm} = \begin{cases} 1 & \text{if } s_{lxdmy} \leq s^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

s^* = 교차로 o로 유입하는 링크 l의 혼잡강도

ω_l^o = 교차로 o로 유입하는 링크 l의 혼잡강도

y = 분석 대상 연도

a = 분석 시작 연도

b = 분석 종료 연도

m = 분석 대상 월
 c_x = x년도에 해당하는 분석 시작 월
 e_x = x년도에 해당하는 분석 종료 월
 d = 분석 대상 일
 f_x = x월에 해당하는 분석 시작 일
 g_x = x월에 해당하는 분석 종료 일
 h = 분석 대상 시간
 i_x = x일의 분석 시작 시간
 j_x = x일의 분석 종료 시간
 n = 5분 단위 분석 시간
 h_x = h시간 내 x번째 5분 단위 분석 시간
 l = 분석 링크 ID

분자 항은 임계값(임계 속도, 임계 기간) 내의 추출된 데이터의 개수이고, 분모 항은 분석된 데이터의 전체 개수에 해당한다. 산출된 단일접근로별 혼잡강도를 이용한 교차로별 혼잡강도 산출식은 Eq. (2)와 같다.

$$\Omega^o = \frac{1}{u} \sum_{l=1}^u F\omega_l^o \quad (2)$$

여기서, $F = \begin{cases} F_{major} & \text{if Major street} \\ F_{minor} & \text{if Minor street} \end{cases}$

Ω^o = 교차로 o의 혼잡강도

u = 교차로 o의 링크수

3.4. 분석 방법

수집된 신호교차로 운영상황 갱신 이력정보자료를 참조하여 갱신 일을 기준으로 사전-사후 분석을 수행하였다. 실제로 신호시간, 연동값, 그룹관련 변경 이력이 있는 2016년 10월 18일(강남권 강남대로, 학동로), 2016년 10월 11일(강북권 신촌로), 2016년 09월 19일(강북권 노해로)을 분석 기준일로 정하여 지역적 특성을 반영하였다. 그러나 신호운영데이터베이스 갱신이력자료가 서류상에는 오전 10시로 기재되어 있지만 현장 교차로에도 같은 시간에 신호 DB 갱신이 적용되었다고 기대하기 어렵기 때문에 갱신 일을 제외한 사전-사후를 일 단위로 분석을 실시했다. 또한 객관적인 혼잡상황을 표현하기 위하여 분석 속도 항목은 10km/h, 15km/h, 20km/h, 25km/h, 30km/h로 나누어서 분석하였다. 분석 기간에 대해서는 사전-사후 비교 및 데이터 분석을 통해 의미를 보이는 기간이 있을 것이라 판단했다. 특정 교차로가 개선될 경우 단기적으로 소통이 나아졌다고 판단될 수 있으나, 시간이 경과하며 교통량이 분배되어 다시 정체가 발생될 것으로 판단되어 60일 이상은 분석

기간에서 제외하였다. 60일 이하의 기간으로 1일, 7일, 14일, 30일, 60일로 나누어서 분석하였다. 또한 각각의 분석 기간마다 오전, 오후첨두시와 오후, 야간비첨두시로 나누어 시간적 특성을 반영하였다.

임계값 도출을 위하여 Fig. 7과 같이 나타나는 각 임계값으로 분석된 사전-사후 혼잡강도 값의 차이를 구하여 이를 절대 값으로 나타냈다. 절대 값으로 나타낸 상기 데이터를 기반으로 통계적인 차이점과 특이 경향을 보이는 데이터를 추출하기 위해 분산 분석과 비모수 파라미터(non parametric) 통계분석(Duncan's Test)을 수행하였다.

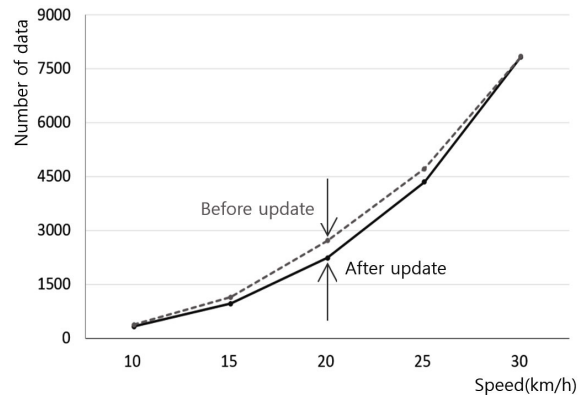


Fig. 7 Comparison of Numerical Values of Critical Speed Before and After Update

간선도로 교차로 10개 지점, 보조간선도로 9개 지점 총 19개의 교차로를 임계속도, 분석 기간별로 분석해야 했다. 또한 각 분석기간의 첨두시와 비첨두시를 구분하여 총 1,900회(19×5×5×4) 분석을 수행하였다. 그러나 분석을 통해 산출된 자료의 양이 방대하였고 이를 비교 분석하는데 있어 한계가 있어 SPSS 통계 프로그램을 활용하여 분석하였다.

4. 분석 결과

상기 연구 방법을 통해 도출된 결과를 분석 방법으로 구분하여 아래 세부 단락에 제시하였다.

4.1. 가설검정

이들 임계값 사이에 통계적인 차이가 존재하는지를 파악하기 위하여 해당 자료를 1일, 7일, 14일, 30일, 60일로 정렬하고 10km/h 군집, 15km/h 군집, 20km/h 군집, 25km/h 군집, 30km/h 군집으로 분류하여 일원분산 분석(Analysis of Variance; ANOVA)을 실시하였다. ANOVA 통계분석에 사용된 가설검정실험 내용은 다음

과 같다.

H_0 : 임계값 차이의 의미는 모두 동일하여 무의미 하다

H_a : 임계값의 의미가 다른 값이 적어도 하나 존재한다.

ANOVA 분석을 통한 상기 가설검정 실험 결과, F 비가 F 기각치를 넘지 못하는 경우는 기각, F비가 F 기각치를 넘는 경우에는 기각하지 못하는 것으로 하여 분석을 수행하였다.

4.1.1. 주간선도로 신호교차로

Table 2는 간선도로의 가설 검정 분석 결과이다. 주간선도로의 경우 7일, 14일, 30일은 변화량이 커서 뚜렷한 것인지 변화량이 작아서 버려야 할 데이터가 있는지와 같이 특이점이 생긴 경우가 많았다. 그러나 1일, 60일의 경우 특이점이 생기지 않은 경우가 상대적으로 많았다.

Table 2. The Test Results from the Arterial Data

Evaluation		Before-and-after comparison period (unit: days)					
Time period	Area	1	7	14	30	60	
Peak	a.m.	A	R	-	R	R	R
		B	-	R	R	R	-
	p.m.	A	-	R	-	R	R
		B	-	R	R	R	R
Non-peak	Day	A	R	R	R	R	R
		B	R	R	R	R	-
	Night	A	R	R	-	R	R
		B	R	-	R	R	-

R : Reject the null hypothesis

4.1.2. 보조간선도로 신호교차로

Table 3은 보조 간선도로의 가설 검정 분석 결과이다. 보조 간선도로의 경우 1일, 7일, 14일, 30일, 60일

Table 3. The Test Results from the Collector Road Data

Evaluation		Before-and-after comparison period (unit: days)					
Time period	Area	1	7	14	30	60	
Peak	a.m.	A	R	R	R	R	R
		B	R	R	R	R	R
	p.m.	A	R	R	R	R	R
		B	-	-	-	-	-
Non-peak	Day	A	R	R	R	R	R
		B	R	R	R	-	R
	Night	A	R	R	R	R	R
		B	R	R	R	R	R

R : Reject the null hypothesis

F : Fail to reject the null hypothesis

은 분석기간 대부분이 변화량이 커서 뚜렷한 것인지 변화량이 작아서 버려야 할 데이터가 있는지와 같이 특이점이 생긴 경우가 많았다. 그러나 강북권의 오후 첨두시에는 특이점이 생기지 않은 경우가 발생했다.

4.2. 임계값 도출

상기 ANOVA 분석을 통하여 신호교차로 운영상태 개선 전·후 ‘비교분석 기간’과 ‘혼잡강도’에 사용되는 각 ‘임계값’들에 따라 분석 효율성이 달라질 수 있음을 파악하였다. 분석에 사용된 임계값들 중 보다 나은 효율성을 담보하는 값들을 확인하기 위하여 던컨 검증 분석(Duncan's Test)을 추가로 수행하였다.

던컨 검증분석은 본 연구에 반영된 ‘혼잡강도’ 임계속도(10km/h, 15km/h, 20km/h, 25km/h, 30km/h) 적용에 따라 수집되는 자료를 대상으로 수행하였다.

4.2.1. 주간선도로 신호교차로

Table 4는 간선도로의 던컨 검증분석 결과를 제시한다.

Table 4. Threshold Speed Values of Duncan Groups for Arterials

Method/Period		Before-and-after comparison period			
Time	Area	14 days (2 weeks)	30 days (1 month)	60 days (2 months)	
Peak	a.m.	A	20 25	20 25	20 25
		B	25	25 30	10 15 20 25 30
		Note	25		
	p.m.	A	10 15 20 25 30	15 20	15 20
		B	15 20	15 20	15 20
		Note	15 or 20		
Non-peak	Day	A	15	15 20	20
		B	15 20	20	20
		Note	20		
	Night	A	10 15 20 25 30	25 30	25 30
		B	25 30	20 25	10 15 20 25 30
		Note	25		

오전 첨두의 경우 대부분의 분석 기간이 25km/h를 임계속도로 활용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈고, 오후 첨두의 경우 대부분의 분석 기간이 20km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈다. 주간 비첨두의 분석 결과, 대부분의 분석 기간이 20km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈고, 교통량이 대부분의 분석 기간이 25km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈다.

4.2.2. 보조간선도로 신호교차로

Table 5는 간선도로의 던컨 검증분석 결과를 제시한다.

Table 5. Threshold Speed Values of Duncan Groups for Collector Roads

Method/Period		Before-and-after comparison period			
Time	Area	14 days (2 weeks)	30 days (1 month)	60 days (2 months)	
Peak	a.m.	A	25 30	25 30	25 30
		B	30	30	10 15 20 25 30
		Note	30		
	p.m.	A	15 20	15 20	20
		B	10 15 20 25 30	10 15 20 25 30	10 15 20 25 30
		Note	20		
Non peak	Day	A	10 15 20	15 20	20 25
		B	20 25	10 15 20 25 30	15 20
		Note	20		
	Night	A	30	30	25 30
		B	25 30	25 30	10 15 20 25 30
		Note	30		

오전 첨두의 분석 결과는 분석 기간이 30km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈고 오후 첨두의 경우 대부분의 분석 기간이 20km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈다. 주간 비첨두의 경우 대부분의 분석 기간이 20km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈고 야간 비첨두의 경우 대부분의 분석 기간이 30km/h를 임계속도로 사용하는 것이 효율적이라는 결과를 나타냈다. 이를 분석기간 설정에 따른 대표 임계속도 값으로만 정리하여 Table 6으로 나타내었다.

Table 6. Threshold Speed of IOC for the Evaluation Period

Highway type	Evaluation time period		Critical speed (unit:km/h)
Arterial	Peak	a.m.	25
		p.m.	20
	Non peak	Day	20
		Night	25
Collector road	Peak	a.m.	30
		p.m.	20
	Non peak	Day	20
		Night	30

* A comparison period should be longer than a day

간선도로 및 보조 간선도로의 분석 기간은 14일에서 60일 사이에 적합하다는 것이 확인되었다. 간선도로의 경우, 오후 첨두 및 주간 비첨두에서는 임계 속도 20km/h

를 사용하는 것이 효율적이었다. 오전 첨두시 및 야간 비첨두에서는 임계 속도 25 km/h를 사용하는 것이 효율적이었다. 보조 간선도로의 경우, 오후 첨두와 주간 비첨두에서는 20km/h를 임계 속도로 사용하는 것이 효율적이었다. 오전 첨두 및 야간 첨두시에서 임계 속도 30km/h를 사용하는 것이 효율적이었다.

5. 결론

본 연구는 주관적이고 공정성이 떨어지는 기존 교통 신호운영 평가방법을 탈피하여 신호 운영 DB 갱신이 될 때 신호 교차로 사전-사후 분석에 대해 합리적이고 객관적인 공학적 비교 분석이 가능하도록 방향을 제시하였기에 방법론적인 측면에서 의미를 가진다고 할 수 있다.

본 연구 결과를 실무에 직접 활용할 경우, 운전자 관점에서 보다 나은 환경에서 신호교차로를 운영할 수 있는 안정적이며 원활한 도로환경이 만들어질 것으로 기대된다. 또한 신호 교차로의 운영적인 관점에서 운영에 대하여 직접적인 조사에 따른 조치가 아닌 데이터를 이용한 분석을 통해 문제점을 해결해 나갈 수 있다는 부분에서 운영자의 부담이 줄어들 것으로 보인다. 특히 운영자가 신호교차로에 대하여 다양한 한계점을 극복하고 자세히 신경 쓸 수 없는 부분까지 고려할 수 있는 다양한 관점에서 교차로 운영이 가능할 것으로 보인다.

연구를 진행함에 DTG 자료의 사용에는 제한적인 부분이 있어 분석 자료로 사용된 5분 단위 속도자료만을 사용할 수 있었다. 제한된 DTG 자료 중에는 차량 개별의 GPS 자료가 있다. 이를 사용할 수 있다면 도시부 도로 및 신호 운영 시스템 발전에 다양한 방향으로 활용될 수 있을 것으로 전망된다. 본 논문에서 주 간선도로와 보조 간선도로에 국한된 지역적 특성을 반영하여 강남권과 강북권 축에 해당하는 교차로를 대상으로 혼잡강도 임계값 연구를 수행하였다. 그러나 다양한 지역적 특성을 반영한 것으로 보기에는 정밀한 추정이라는 측면에서는 한계가 있다. 또한 축 단위의 분석을 수행함에 있어 주도로와 부도로의 가중치에 대한 적용 여부를 고려하지 않았다. 따라서, 가중치를 고려한 분석이 필요할 것으로 보인다. Table 6에 나타난 대표 임계속도는 4개 축의 표본을 사용하여 제시되었다는 한계가 있다. 이에 대표 임계속도를 실제 다른 지역 및 집산도로 및 국지도로에 적용하였을 때 적용 가능성에 대한 분석이 필요하다.

마지막으로 신호 교차로 평가에 있어 상기 제시한 한계점들을 추후 연구를 통해 보완한다면 정밀한 최적 혼잡강도 임계값을 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 미래창조과학부 재원으로 경찰청과 치안과학기술연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 치안과학기술연구개발사업임. (Grant No. PA-A000001)

REFERENCES

City Traffic Headquarters of Seoul (2016). *2016 Seoul City Vehicle Speed Report*.

Jung, D.S. (2014). *An algorithm for identifying congested traffic*

states by traffic big data analytics, Masters Dissertation, Pusan National University.

Lee, K.S., Kim, Y.S., Kim, J.K. and Park S.J. (2014). The Operating Status and Development Direction of Seoul TOPIS, *Transportation technology and policy*, v.11 no.3.

Ki, Y.K., Bae, K.S., Choi, J.W. and Ahn, G.H. (2014). *Imputation Model for Link Travel Speed Measurement Using Traffic Big Data*, Conference of Korea Society of IT Services.

Ko, K.Y. and Lee, S.H. (2008). Development of an Online Evaluation Model for Traffic Signal Control System, *Journal of Korean Society of Transportation*, v.26 no.3.

Song, S.H. (2014). *An Implementation of Traffic Congestion Map Using Traffic Big Data*, Masters Dissertation, Chungbuk National University.