

공공자전거의 추가 대여시간에 영향을 미치는 확장적 요인 탐구

Exploring Extended Factors Affecting the Extra Journey Time of Public Bike

정종우

2020. 06. 25

코멘트 정리

● 코멘트 정리

| 구분 | 내용 | 보완 |
|---------|---|------------------------------|
| 고승영 교수님 | 자전거 전용도로와 같은 변수들에 대한 고려 필요 | 자전거전용도로 유무를 변수로 추가함 |
| 이청원 교수님 | 카카오 Map 기반 데이터 검증 필요 | 실험을 통해 데이터의 정확성 검증함 |
| | 기상조건 및 고도차이가 공공자전거 이용에 미치는 영향에 대한 확인 필요 | 상관분석 및 기초통계량을 제시함 |
| 김동규 교수님 | 추정 및 실제 대여시간의 차이가 지니는 문제점 정리 및 강조 필요 | 서울시설관리공단에서 제시한 문제점을 배경으로 제시함 |
| | 카카오 Map 이동시간 예측 알고리즘 확인 필요 | 카카오 map 알고리즘에 반영되는 요소들을 확인함 |
| | Clustering 결과를 Logistic regression으로 해석하는 것이 논리적으로 적절한지 검토 필요 | 선행연구를 통해 방법론의 적절성을 확인함 |

실적 정리

● 연구 실적

| 구분 | 개수 | 내용 |
|--------------------------|------------------------------------|---|
| 해외 저널 (SCI/SCIE/SSCI) | - | - |
| 국내 저널 (KSCI 등재) | 총 편수: 1편 • 공저자: 1편 | 공저자: • 모대상, 이재현, 정종우, & 이청원. (2020). GPS 자료를 활용한 도시부 도로교통망 내 교통사고 위험 인지 계수 분석 및 정지판단속도에 따른 민감도 분석. <i>대한교통학회지</i> , 38, 134-147. |
| 해외 학회 발표 | - | - |
| 국내 학회 발표 | 총 편수: 6편 • 주저자: 3편 • 공저자: 3편 | 주저자: • 생존모형을 통한 Car-sharing 이용주기 분석, 대한교통학회(2018) • LH 카셰어링 서비스 사용자 분류 및 집단간 이용특성 비교, 한국ITS학회(2019) • 서울시 공공자전거 대여이력정보를 이용한 대여 유형별 이용특성 연구, 대한교통학회(2019) |

01 Introduction

- 1.1 Research background
- 1.2 Research purpose

02 Literature review

03 Analysis

- 3.1 Data collection
- 3.2 Classification: K-means clustering
- 3.3 Estimation: Multinomial logistic regression

04 Results

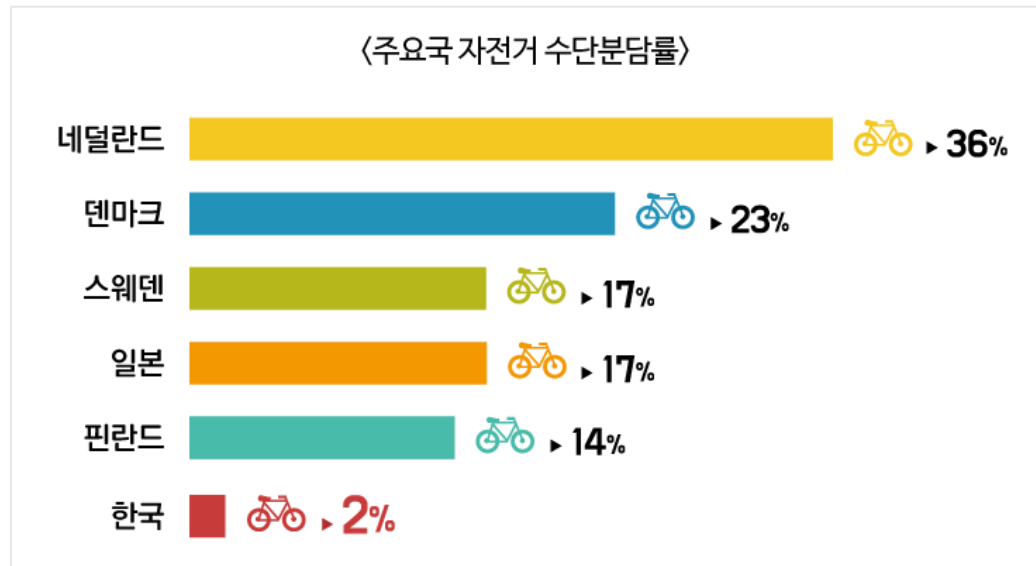
- 4.1 Classification results
- 4.2 Estimation results

05 Conclusions

1. Introductions

1.1 Research background

- 우리나라의 자전거 수단분담률은 2015년 기준 2%로 낮은 수준임
- 서울시는 자전거 수단분담률을 2020년까지 10%를 목표로 정책을 수립, 시행하고 있음
(서울정책아카이브, 2013)
- 이를 위해서는 공공자전거 이용에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 분석이 필요함



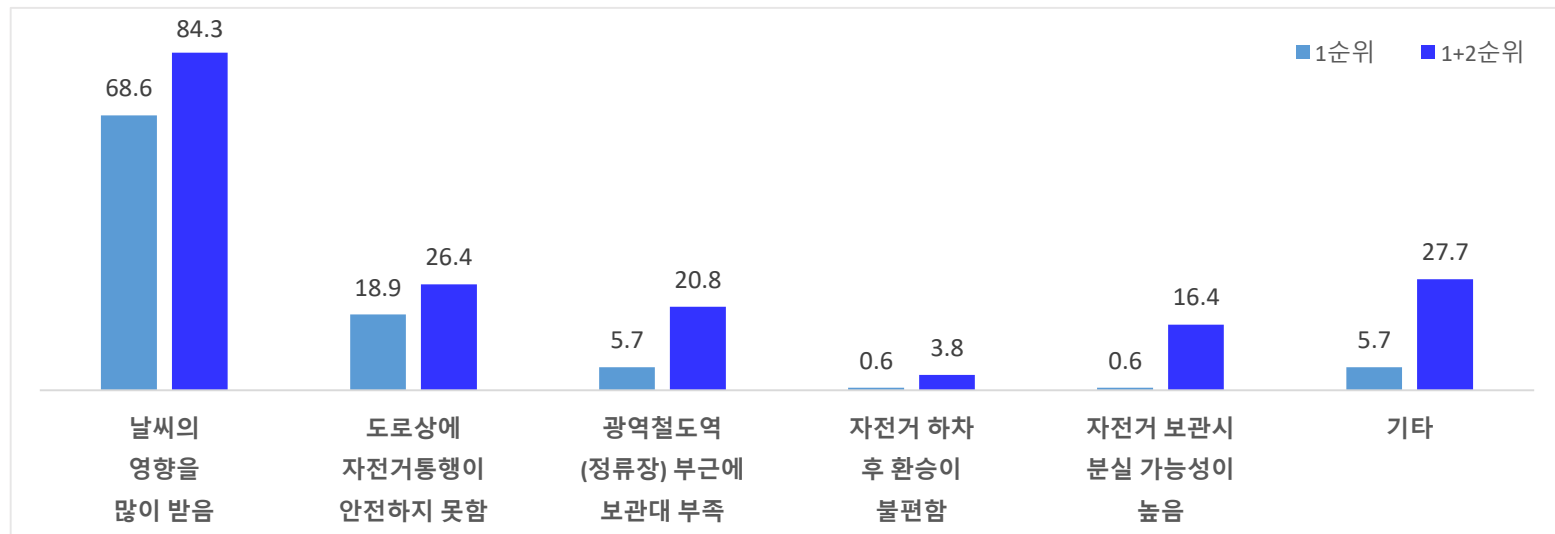
출처: 자전거 교통 포털 (<http://bicycle.koti.re.kr/>)

1. Introductions

1.1 Research background(cont.)

- 공공자전거는 이용률이 지속적으로 증가하는 만큼 서울시는 이용률 확대 방안을 계획함
- 자전거는 대여시간에 따라 이용형태가 다르므로 이를 고려한 이용률 확대 방안이 필요함
- 따라서 이용형태에 영향을 미치는 다양한 요인을 파악하는 것은 확대 방안 계획에 도움을 줌

공유 자전거 이용의 애로사항(N=1,100)(출처: 국토연구원, 2018)



1. Introductions

1.2 Research purpose

- 공공자전거 이용형태에 따른 이용률 확대 방안을 계획하기 위한 기초 자료로 살펴보고자 함

서울시 공공자전거 대여시간에 따른 이용형태 추정

- 대여/반납 스테이션까지 OD 기반의 추정 대여시간을 산출함
- 추정 및 실제 대여시간의 비율을 통해 공공자전거 이용형태를 추정하고자 함

다양한 요인이 공공자전거 이용에 미치는 영향 분석

- 이용 요인(이용 시점, 주중/주말 여부)이 공공자전거 이용에 미치는 영향
- 입지 요인(지하철역까지 거리, 대여소 주변의 입지 시설)이 공공자전거 이용에 미치는 영향
- 날씨 요인(온도, 미세먼지 등)이 공공자전거 이용에 미치는 영향

2. Literature review

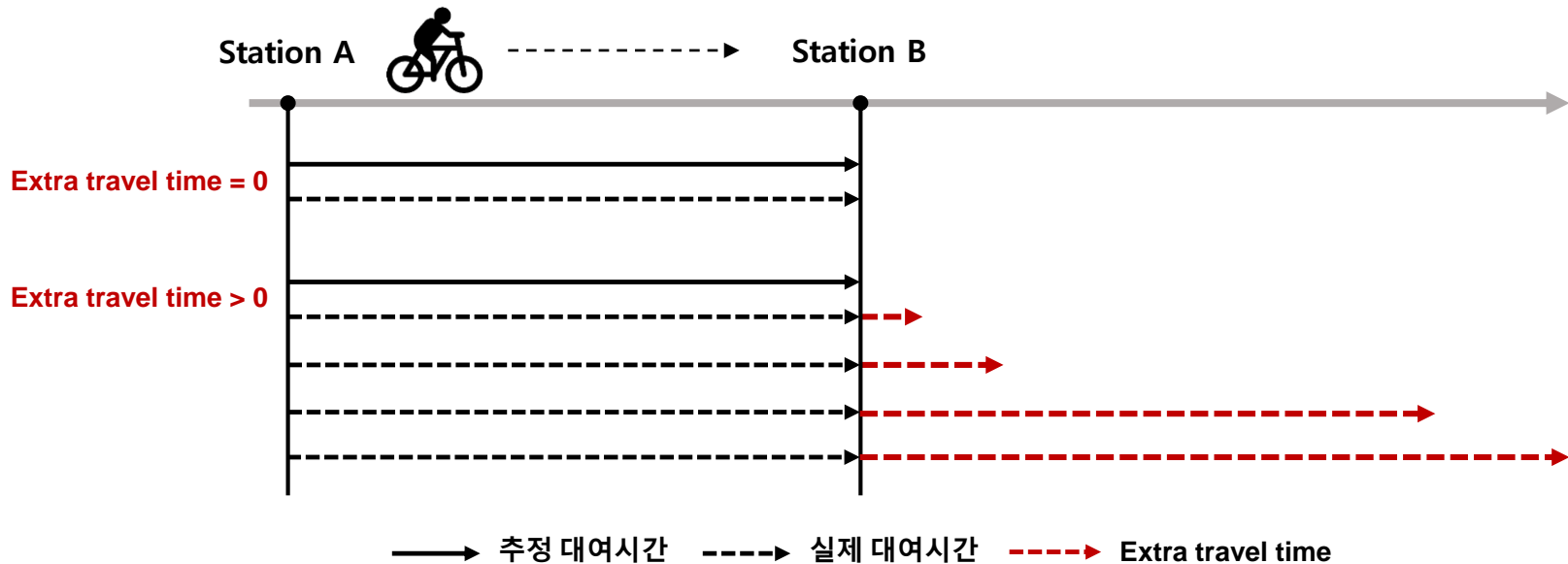
공공자전거 이용에 영향을 미치는 요인 분석

| Author | Contents | Data |
|-----------------------------|---|--|
| 사경은 & 이수기 (2018) | <ul style="list-style-type: none"> 공공자전거 이용에 영향을 미치는 대여소 주변의 미시적 요인을 파악하고 거리에 따른 요인의 영향력 차이를 파악함 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 토지이용특성, 접근성 등 |
| Wang et al. (2016) | <ul style="list-style-type: none"> 공공자전거 이용횟수(사용량)과 음식점, 공원, 지하철역까지 거리 등의 공간적 요인과의 관계를 분석함 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 음식점, 대중교통 시설 접근성 등 |
| Faghih & Eluru (2016) | <ul style="list-style-type: none"> 시·공간적 특성 및 날씨가 공공자전거 이용에 미치는 영향 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 상대습도, 강우, 지역특성 등 |
| Nosal & Miranda (2014) | <ul style="list-style-type: none"> 날씨가 공공자전거 이용에 미치는 영향을 ARIMA를 통해 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 기온, 습도, 강우정도 등 |
| Casello & Usyukov (2014) | <ul style="list-style-type: none"> 공공자전거 이동경로 선택에 영향을 주는 요인들을 분석함 이를 위해, 이동경로상의 길이, 경사, 속도 등을 고려함 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 이동경로 독립변수: 길이, 경사, 자전거전용도로 등 |
| Sears et al. (2013) | <ul style="list-style-type: none"> 공공자전거로 통근하는 성인에 대해 날씨가 이용 판단에 미치는 영향 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 기온, 풍속, 강우량, 강설량 등 |
| 김동준 외. (2012) | <ul style="list-style-type: none"> 날씨가 공공자전거 이용에 미치는 영향을 선형회귀를 통해 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 종속변수: 공공자전거 이용횟수 독립변수: 온도, 강수량, 구름량 등 |

2. Literature review

McBain & Caulfield(2018)

- Extra travel time(실제 공공자전거 대여시간과 구글맵 추정 대여시간의 차이)을 종속변수로 활용함
- 다항 로지스틱 회귀분석을 통해 Extra travel time 사분위수(범주화)에 영향을 미치는 요인을 분석함
- 분석 결과, 공공자전거를 빈번하게 이용할수록 Extra travel time이 적었으며, 2년 동안 7회 이하의 이용자들은 Extra travel time이 큰 것을 확인함



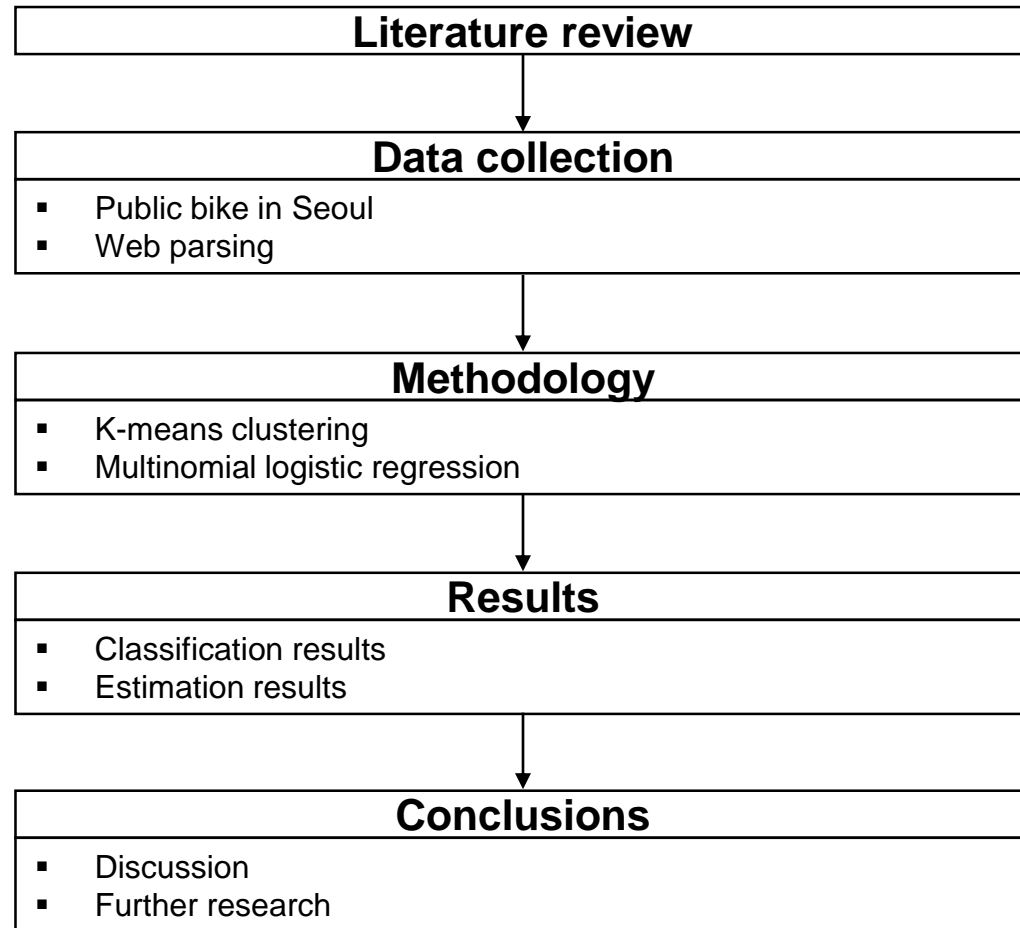
2. Literature review

Contribution

- 추정 대여시간과 실제 대여시간의 차이를 확인함
 - ✓ 기존연구는 공공자전거의 이용횟수 혹은 이용률에 영향을 미치는 요인을 분석함
 - ✓ 본 연구는 추정 및 실제 대여시간의 차이에 따른 이용형태를 확인함
- 다양한 요인이 공공자전거 이용에 미치는 영향 분석
 - ✓ 기존연구는 날씨 혹은 입지 등 특정한 요소에만 집중하여 분석
 - ✓ 본 연구는 이용, 입지, 날씨에 관한 다양한 요인들을 종합적으로 고려함

3. Analysis

Research procedure



3. Analysis

3.1 Data collection

- 구독한 변수설명 및 출처

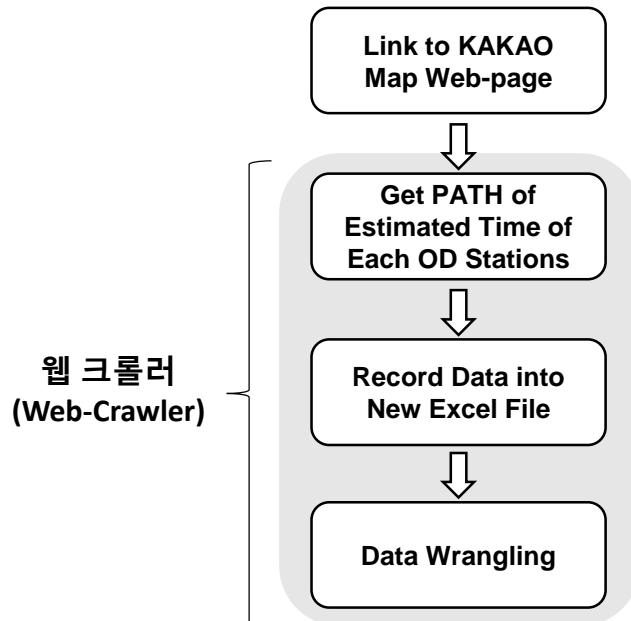
| Variables | | Description | Source |
|------------------|--------------------------------|--|------------------------|
| Usage factors | Station size Start/End | 대여/반납 스테이션 거치대 수 | 서울열린데이터광장 GIS 가공 |
| | OD pairs station distance | 대여/반납 스테이션까지 위도&경도 상의 직선거리(m) | |
| | Usage distance | 대여/반납 스테이션까지 이용자가 실제로 이동한 거리(m) | |
| | Velocity | 대여/반납 스테이션까지의 자전거 평균 주행속도(km/h) | |
| | Day | 대여 스테이션에서 공공자전거를 대여한 시점(주중/주말 여부) | |
| | TOD(Time of day) | AM(7-10)&PM(18-21), Inter(11-17), Off peak(22-6) | |
| Location factors | Bike priority road | 대여 스테이션에서 100m 이내 자전거전용도로 유무 | 소상공인 상권정보시스템 GIS 가공 |
| | Nearest subway dist. Start/End | 대여/반납 스테이션에서 가장 가까운 지하철역까지 거리 | |
| | Restaurants Start/End | 대여/반납 스테이션에서 100m 이내 음식점 상점 수 | |
| | Leisure Start/End | 대여/반납 스테이션에서 100m 이내 관광/여가/오락 상점 수 | |
| Weather factors | Temperature | 서울시 영등포구 시간대별 온도(°c) | 기상자료개방포털 |
| | Rainfall | 서울시 영등포구 시간대별 강수량(mm) | |
| | Fine dust | 서울시 영등포구 일평균 미세먼지 PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | |

3. Analysis

3.1 Data collection(cont.)

- 웹 크롤러는 사람이 행동하듯 웹 페이지 상의 요소를 정해진 방법에 따라 각 요소(PATH)를 실행함
- 본 연구는 이동경로 기반의 추정 대여시간 산출을 위해 Python 3.7을 기반으로 한 웹 크롤러를 만들어 약 80만 건의 데이터(최단거리/자전거도로 우선 예상 소요 시간 등)를 생성함

<웹 크롤러를 통한 데이터 구독 단계>



<웹 크롤러를 통해 구독된 데이터 샘플>

| 출발지 대여소명 | 목적지 대여소명 | 최단거리우선 예상 소요 시간 | 자전거도로우선 예상 소요 시간 | 이동경로 상의 최고 고도 | 이동경로 상의 최저 고도 |
|--------------|----------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|
| 양평우림 이비즈센터 앞 | 삼성화재 사옥 앞 | 9분 | 9분 | 12m | 8m |
| 문래역 4번출구 앞 | 제2구민체육센터 앞 | 9분 | 9분 | 11m | 9m |
| 영등포청과시장 사거리 | 이앤씨드림타워 앞 | 7분 | 7분 | 11m | 9m |
| 그랜드컨벤션센터 앞 | 양평2나들목 보행통로 입구 | 7분 | 10분 | 12m | 8m |
| 유진투자증권빌딩 앞 | 삼부아파트1동 앞 | 3분 | 6분 | 13m | 13m |
| 진주아파트상가 앞 | 여의도초고 앞 | 4분 | 4분 | 15m | 13m |
| 롯데캐슬엠피아어 옆 | 여의도역 1번출구 옆 | 3분 | 3분 | 13m | 13m |
| 근로자회관 사거리 | 문래동자이아파트 앞 | 5분 | 4분 | 11m | 9m |
| 초월아파트 앞 | 여의나루역 1번출구 앞 | 5분 | 5분 | 17m | 14m |
| 국민일보 앞 | 산업은행 앞 | 8분 | 8분 | 15m | 12m |
| 신길동 우리은행 옆 | 신길삼거리(우리은행) | 8분 | 8분 | 25m | 12m |
| 국민일보 앞 | 신길선원가와원아파트 앞 | 19분 | 19분 | 29m | 2m |
| 국민일보 앞 | 신길선원가와원아파트 앞 | 19분 | 19분 | 29m | 2m |
| 삼부아파트1동 앞 | 신길동 우리은행 옆 | 20분 | 20분 | 29m | 2m |
| 보라매 두산위브 건너편 | 신림역 8번출구 | 11분 | 16분 | 25m | 16m |
| 셋강역 1번출구 앞 | 서울지방병무청 버스정류장 | 19분 | 20분 | 36m | 2m |
| 양평우림 이비즈센터 앞 | 보라매 두산위브 건너편 | 24분 | 32분 | 17m | 8m |
| 여의도역 1번출구 옆 | 신길역3번출구 | 11분 | 11분 | 17m | 9m |
| 신길동 우리은행 옆 | 도림4거리 | 7분 | 7분 | 23m | 10m |
| 양평우림 이비즈센터 앞 | 그랜드컨벤션센터 앞 | 9분 | 9분 | 12m | 8m |
| 진미파라곤 앞 | 중앙근린공원 | 31분 | 47분 | 28m | 3m |
| 그랜드컨벤션센터 앞 | 선유도역 3번출구 앞 | 4분 | 4분 | 12m | 11m |
| 미성아파트 A동 앞 | 서울지방병무청 버스정류장 | 18분 | 18분 | 36m | 2m |

3. Analysis

3.1 Data collection(cont.)

- 본 연구는 이용형태의 차이를 반영하기 위하여 Extra journey time을 고려함
- Extra journey time(비율)은 실제 대여시간과 웹 크롤러를 통해 구득한 추정 대여시간의 비율임
- 선행 연구의 Extra journey time(차이)로는 장시간, 단시간 이용에 따른 특성을 반영하지 못함
- 따라서 본 연구는 실제 및 추정 대여시간의 비율을 통해 전체 대여시간에 따른 이용형태를 고려함

| 구분 | | McBain & Caulfield(2018) | This study |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Extra journey time | | 실제 대여시간-추정 대여시간(차이) | 실제 대여시간/추정 대여시간(비율) |
| case1 | 추정 대여시간: 05분 실제 대여시간: 35분 | 30분 | 7배 |
| case2 | 추정 대여시간: 60분 실제 대여시간: 90분 | 30분 | 1.5배 |

3. Analysis

3.2 Classification: K-means clustering

- 선행연구에서 분위수에 따른 연속형 데이터 범주화는 범주의 개수 설정의 기준이 없음
- 또한, 분위수는 전체 데이터를 균등하게 분할하기 때문에 분류된 범주의 유사성이 불분명함
- 본 연구는 K-means clustering을 통해 Extra journey time의 범주화를 진행함

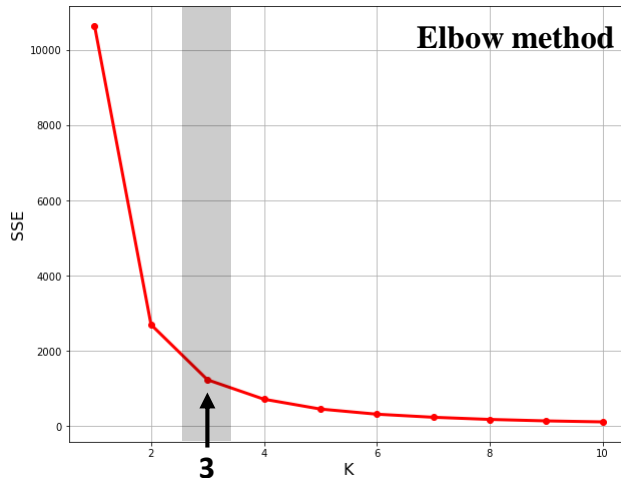
<Regression analysis with clustering>

| Author | Contents | Method |
|----------------------------|---|-------------------------------------|
| 오다원 (2019) | • 상권들을 이용 인구가 집중되는 시간대에 따라 분류하였으며, 분류된 상권의 이용에 토지이용 특성이 미치는 영향을 분석함 | • K-means clustering • 로지스틱 회귀분석 |
| Xu et al. (2012) | • 군집분석을 통해 고속도로 교통류를 분류하였으며, 분류된 군집의 충돌 제어와 충돌 위험사이의 관계를 분석함 | • K-means clustering • 로지스틱 회귀분석 |
| Park et al. (2012) | • 군집분석을 통해 사회 자본을 분류하였으며, 분류된 사회자본이 지역사회에 미치는 영향을 분석함 | • K-means clustering • 로지스틱 회귀분석 |
| Snedden & Steyer (2012) | • 해안습지 생태계에 대한 군집분석을 통해 특징을 파악하고, 이에 영향을 주는 요인들에 대한 분석을 진행함 | • K-means clustering • 로지스틱 회귀분석 |

3. Analysis

3.2 Classification: K-means clustering(cont.)

- 차이와 비율 각각에 대해 삼분위수와 K-means clustering(k=3)으로 Extra journey time을 분류함
(Elbow method: 클러스터 수를 순차적으로 늘려가며 기울기가 완만해지는 곳을 Elbow point라 하고 이때의 K가 적정 값이라 판단함)
- 분류된 군집에 따른 모형의 성능을 비교하기 위해 다음의 선택 기준을 사용하여 최종 모형을 선정함
 - ✓ AIC(Akaike Information Criterion)
 - ✓ BIC(Bayesian Information Criterion)



| Extra journey time | | AIC | BIC |
|--------------------|----|--------|--------|
| 삼분위수 | 차이 | 694175 | 695032 |
| | 비율 | 539284 | 540141 |
| 클러스터링 | 차이 | 349719 | 350576 |
| | 비율 | 309266 | 309947 |

3. Analysis

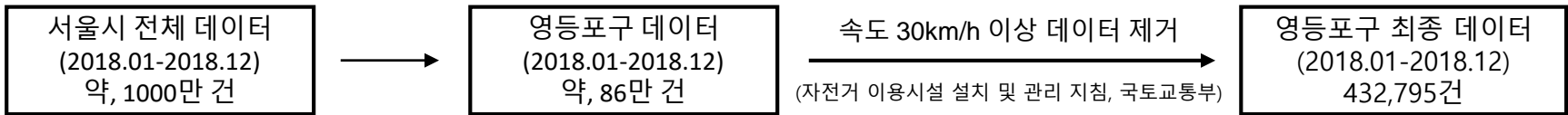
3.3 Estimation: Multinomial logistic regression

- K-means clustering(k=3) 결과 분류된 군집에 영향을 미치는 요소를 확인하고자 함
- Cluster1을 참조 범주로 다항 로지스틱 회귀분석(Multinomial logistic regression)을 실시함
- $\ln\left(\frac{Pr(cluster2)}{Pr(cluster1)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 \dots + \beta_{13} X_{13}$
- $\ln\left(\frac{Pr(cluster3)}{Pr(cluster1)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 \dots + \beta_{13} X_{13}$
- β_0 is the model constant
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \beta_{13}$ are the unknown parameters corresponding with the explanatory variables
- $X_1, X_2, X_3 \dots X_{13}$ are the set of explanatory variables
- The model goodness-of-fit was assessed using the AIC, BIC and R-squared

4. Results

Data description

- 서울시 공공자전거 대여소는 강남 3구(서초, 송파, 강남)과 영등포구에 집중되어 있음
- 본 연구는 여의도권역(CBD)이 포함된 영등포구 공공자전거 데이터 432,795건을 분석에 활용함

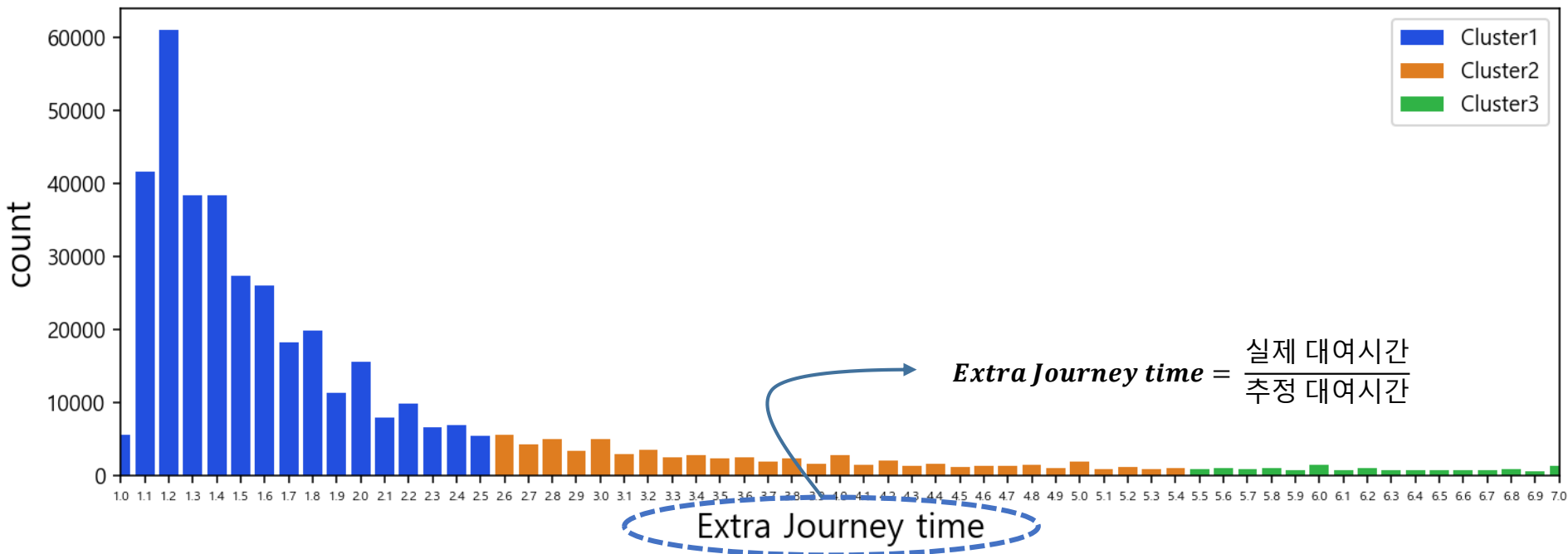


| Data | | Criteria | Reference |
|-----------------------|--------------------|--|--|
| Dependent variable | Extra journey time | K-means clustering 결과 3개의 군집(Cluster1, 2, 3) | - |
| Explanatory variables | Usage factors | Station size Start/End | 스테이션 거치대 수(10개 이하, 11-20개 이하, 21개 이상) |
| | | OD pairs station distance | 스테이션 상의 거리 사분위수 |
| | | Usage distance | 자전거 이용거리 사분위수 |
| | | Velocity | 자전거 주행속도 사분위수 |
| | | Day | 주중/주말 여부 |
| | | TOD(Time of day) | AM(7-10)&PM(18-21), Inter(11-17), Off peak(22-6) |
| | Location factors | Nearest subway dist. Start/End | 1차 역세권(250m) 기준 지하철역 |
| | | Restaurants Start/End | 역세권 상권(100m) 내 상점 수 |
| | | Leisure Start/End | 역세권 상권(100m) 내 여가시설 유무 |
| | | Bike priority road | 대여 스테이션 100m 내 자전거전용도로 유무 |
| | Weather factors | Temperature | 추위(10℃ 이하), 더위(33℃ 이상)를 느낌 |
| | | Rainfall | 비가 많이 내림(10mm 이상) |
| | | Fine dust | 나쁨/매우 나쁨(81 이상) |

4. Results

4.1 Classification results: Extra Journey time

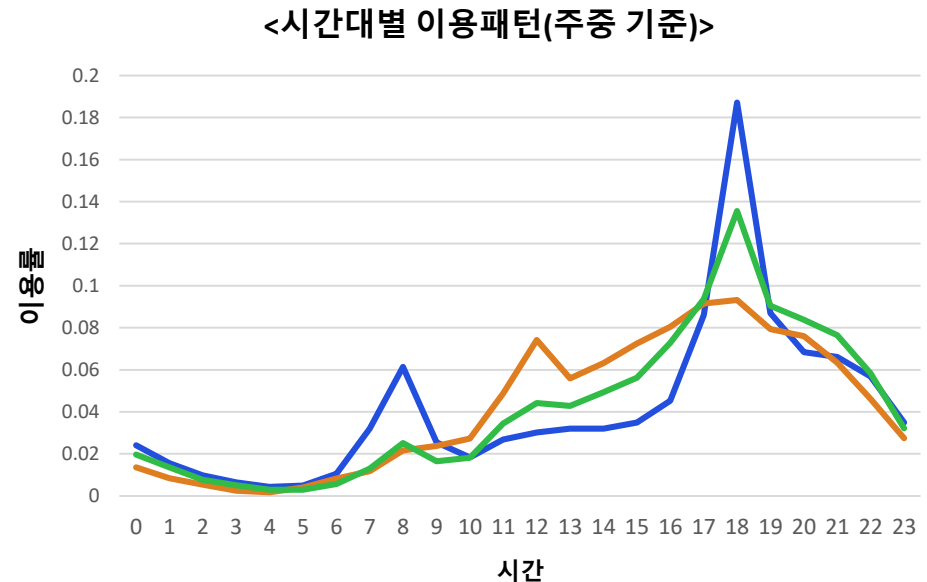
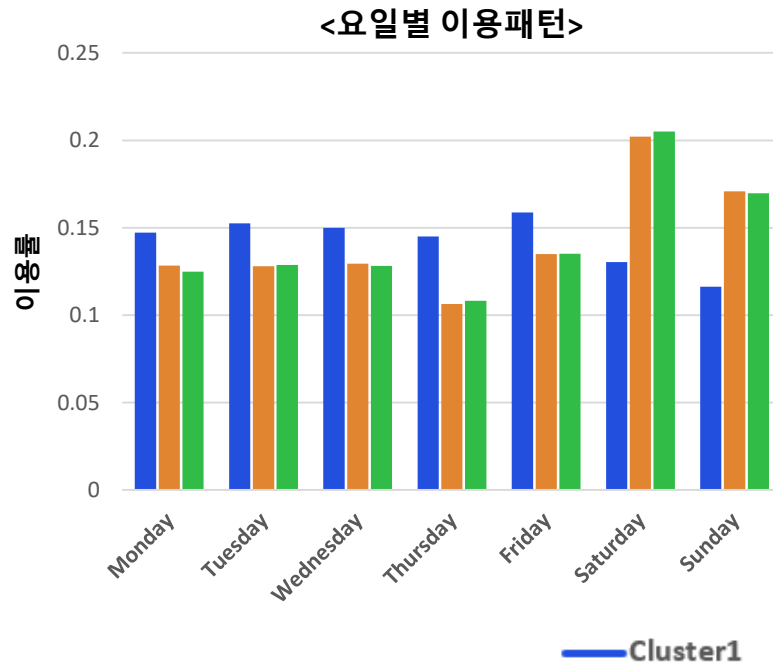
- Cluster1은 전체의 78%(339,178 건)로 Extra journey time은 2.5 이하에 분포함
- Cluster2의 Extra journey time은 2.6부터 5.4까지로 전체의 15%(65,724 건)에 해당함
- Cluster3의 Extra journey time은 5.5이상 10.0이하로 전체의 7%(27,893 건)에 해당함



4. Results

4.1 Classification results: Extra Journey time(cont.)

- Cluster1은 주말 대비 주중에 공공자전거를 이용하였으며 오전, 오후 침투시간대 이용하는 형태임
- Extra Journey time이 커지면서 Cluster2, 3는 주중 대비 주말에 이용하는 형태를 확인함



4. Results

4.1 Classification results: Extra Journey time(cont.)

- Extra Journey time가 증가하면서 OD 스테이션 상의 거리와 추정 대여시간은 감소함
- 반면, OD 스테이션까지 실제 이동거리와 실제 대여시간은 증가하는 이용형태를 보임
- Extra journey time이 커지면서 여가로 추정되는 이용형태를 확인함

| 구분 | | Cluster1 | Cluster2 | Cluster3 |
|------------------------------|------|----------|----------|----------|
| OD pairs station distance(m) | mean | 2728.48 | 2088.57 | 1006.62 |
| | std. | 2422.51 | 1561.77 | 651.23 |
| Usage distance(m) | mean | 4153.57 | 5261.67 | 5167.34 |
| | std. | 3940.45 | 4283.70 | 4109.02 |
| OD pairs expected time(min) | mean | 16.31 | 13.01 | 7.41 |
| | std. | 12.21 | 7.80 | 3.54 |
| Usage time(min) | mean | 24.58 | 45.07 | 53.31 |
| | std. | 19.10 | 25.68 | 23.50 |

※ OD pairs expected time(min): 카카오맵 추정 대여시간

4. Results

4.2 Estimation results: Extra Journey Time(Dependent variables)

| Extra Journey Time(Y_i) | Frequency | Percent | Cumulative Percent | |
|-----------------------------|-----------|---------|--------------------|--------------------|
| Cluster1(Y_1) | 339178 | 78.4 | 78.4 | Reference category |
| Cluster2(Y_2) | 65724 | 14.2 | 92.6 | |
| Cluster3(Y_3) | 27893 | 6.4 | 100 | |
| Total | 432795 | 100 | | |

Model specification

- $\ln\left(\frac{\Pr(Y_i)}{\Pr(Y_1)}\right) = \text{const.} + \beta_1(\text{Station size}) + \beta_2(\text{OD pairs station distance}) + \beta_3(\text{Usage distance}) + \beta_4(\text{Velocity}) + \beta_5(\text{Day}) + \beta_6(\text{TOD}) + \beta_7(\text{Nearest subway dist.}) + \beta_8(\text{Restaurants}) + \beta_9(\text{Leisure}) + \beta_{10}(\text{Bike priority road}) + \beta_{11}(\text{Temperature}) + \beta_{12}(\text{Rainfall}) + \beta_{13}(\text{Fine dust})$
- Y_i means Journey time variation corresponding with cluster i
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{13}$ are the unknown parameters corresponding with the explanatory variables

| | | | Cluster2 | Cluster3 |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Usage factors | Station size Start | Const. | -4.57*** | -8.65 |
| | | 10 ~ 20 | 0.03** | 0.01 |
| | | > 21 | 0.02 | 0.10*** |
| | Station size End | (Ref.) < 10 | | |
| | | 10 ~ 20 | 0.16*** | 0.24*** |
| | | > 21 | 0.22*** | 0.30*** |
| | OD pairs station distance | (Ref.) < 10 | | |
| | | 881 ~ 1621m | -1.81*** | -3.36*** |
| | | 1621 ~ 3152m | -3.62*** | -7.11*** |
| | | > 3152m | -5.99*** | -12.16*** |
| | Usage distance | (Ref.) < 881m | | |
| | | 1581 ~ 3120m | 2.81*** | 4.26*** |
| | | 3120 ~ 6140m | 5.37*** | 8.33*** |
| | | > 6140m | 8.24*** | 13.04*** |
| Location factors | Velocity | (Ref.) < 1581m | | |
| | | < 5km/h | 5.14*** | 8.00*** |
| | | 5 ~ 10km/h | 1.48*** | 2.66*** |
| | | 10 ~ 20km/h | -0.28** | 0.18 |
| | Day | (Ref.) > 20km/h | | |
| | | Weekday | -0.29*** | -0.22*** |
| | TOD(Time of Day) | (Ref.) Weekend | | |
| | | AM&PM peak | 0.05*** | 0.18*** |
| | | Inter peak | 0.37*** | 0.70*** |
| | Nearest subway Start | (Ref.) Off peak | | |
| | | ≤ 250m | 0.16*** | 0.16*** |
| | | (Ref.) > 250m | | |
| | Nearest subway End | ≤ 250m | 0.12*** | 0.06*** |
| | | (Ref.) > 250m | | |
| Weather factors | Restaurants Start | 10 ~ 34 shops | -0.42*** | -0.35*** |
| | | ≥ 35 shops | -0.41*** | -0.39*** |
| | Restaurants End | (Ref.) < 10 shops | | |
| | | 10 ~ 34 shops | -0.36*** | -0.44*** |
| | | ≥ 35 shops | -0.38*** | -0.44*** |
| | Leisure Start | (Ref.) < 10 shops | | |
| | | ≥ 1 shop | 0.10*** | 0.11*** |
| | Leisure End | (Ref.) 0 | | |
| | | ≥ 1 shop | 0.01 | 0.04* |
| | Bike priority road | (Ref.) 0 | | |
| | | Yes | 0.31*** | 0.56*** |
| | Temperature | (Ref.) No | | |
| | | ≤ 10°C | -0.12*** | -0.08*** |
| | | ≥ 33°C | -0.05* | -0.15*** |
| Model fit statistics | The reference category is: Cluster1 | | | |
| | | Pseudo R-squared : 0.454 | (Ref.) is a reference term | * This has a significance p-value < 0.10 |
| | | AIC : 309261 | Degrees of Freedom : 60 | ** This has a significance p-value < 0.05 |
| | | | BIC : 309942 | *** This has a significance p-value < 0.01 |
| | | | | |

4. Results

4.2 Estimation results: Usage factors

- Extra journey time이 커질수록 이용거리는 증가하지만, 대여/반납 스테이션 상의 거리는 감소함
- 주중에 비해 주말에 Extra journey time이 커지는 이용이 나타남

| | | | Cluster2 | Cluster3 |
|---------------|---------------------------|-----------------|----------|-----------|
| Usage factors | Station size Start | Const. | -4.57*** | -8.65 |
| | | 10 ~ 20 | 0.03** | 0.01 |
| | | > 21 | 0.02 | 0.10*** |
| | Station size End | (Ref.) < 10 | | |
| | | 10 ~ 20 | 0.16*** | 0.24*** |
| | | > 21 | 0.22*** | 0.30*** |
| | OD pairs station distance | (Ref.) < 10 | | |
| | | 881 ~ 1621m | -1.81*** | -3.36*** |
| | | 1621 ~ 3152m | -3.62*** | -7.11*** |
| | Usage distance | > 3152m | -5.99*** | -12.16*** |
| | | (Ref.) < 881m | | |
| | | 1581 ~ 3120m | 2.81*** | 4.26*** |
| | Velocity | 3120 ~ 6140m | 5.37*** | 8.33*** |
| | | > 6140m | 8.24*** | 13.04*** |
| | | (Ref.) < 1581m | | |
| | Day | < 5km/h | 5.14*** | 8.00*** |
| | | 5 ~ 10km/h | 1.48*** | 2.66*** |
| | | 10 ~ 20km/h | -0.28** | 0.18 |
| | TOD(Time of Day) | (Ref.) > 20km/h | | |
| | | Weekday | -0.29*** | -0.22*** |
| | | (Ref.) Weekend | | |
| | | AM&PM peak | 0.05*** | 0.18*** |
| | | Inter peak | 0.37*** | 0.70*** |
| | | (Ref.) Off peak | | |

4. Results

4.2 Estimation results: Location factors

- Extra journey time은 주변 음식점 수에 음(-)의 영향, 문화/여가 시설 수에는 양(+)의 영향을 받음
- 자전거전용도로가 있을 경우 Extra journey time이 긴 이용이 증가함

| | | | Cluster2 | Cluster3 |
|------------------|----------------------|-------------------|----------|----------|
| Location factors | Nearest subway Start | ≤ 250m | 0.16*** | 0.16*** |
| | | (Ref.) > 250m | | |
| | Nearest subway End | ≤ 250m | 0.12*** | 0.06*** |
| | | (Ref.) > 250m | | |
| | Restaurants Start | 10 ~ 34 shops | -0.42*** | -0.35*** |
| | | ≥ 35 shops | -0.41*** | -0.39*** |
| | | (Ref.) < 10 shops | | |
| | Restaurants End | 10 ~ 34 shops | -0.36*** | -0.44*** |
| | | ≥ 35 shops | -0.38*** | -0.44*** |
| | | (Ref.) < 10 shops | | |
| | Leisure Start | ≥ 1 shop | 0.10*** | 0.11*** |
| | | (Ref.) 0 | | |
| | Leisure End | ≥ 1 shop | 0.01 | 0.04* |
| | | (Ref.) 0 | | |
| | Bike priority road | Yes | 0.31*** | 0.56*** |
| | | (Ref.) No | | |

4. Results

4.2 Estimation results: Weather factors

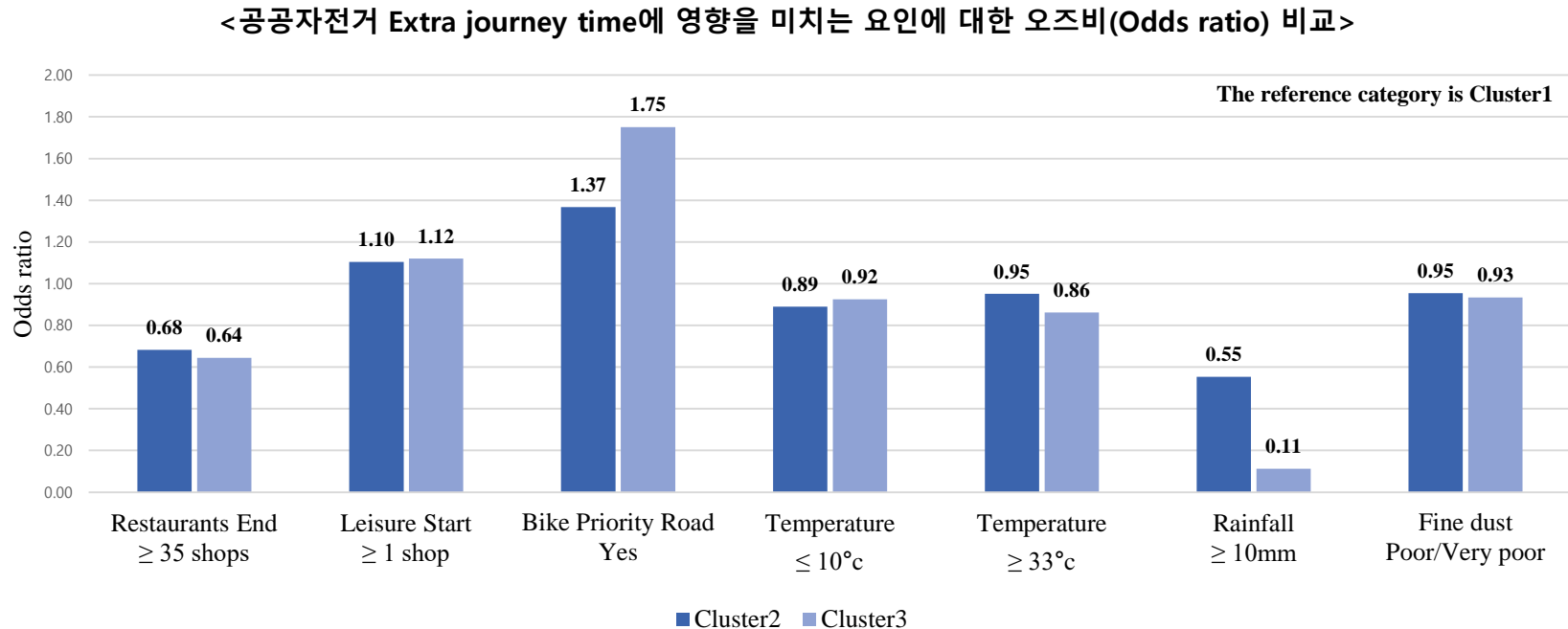
- 온도가 10°C 이하 혹은 33°C 이상에서 Extra journey time이 긴 이용은 감소함
- Extra journey time이 긴 이용은 미세먼지 농도가 나쁨/매우 나쁨 수준에서 감소함을 확인함

| | | | Cluster2 | Cluster3 |
|----------------------|-------------------------------------|----------------|--|----------|
| Weather factors | Temperature | ≤ 10°C | -0.12*** | -0.08*** |
| | | ≥ 33°C | -0.05* | -0.15*** |
| | | (Ref.) 11-32°C | | |
| | Rainfall | ≤ 10mm | 0.02 | 0.03 |
| | | > 10mm | -0.59 | -2.18** |
| | | (Ref.) 0mm | | |
| | Fine dust | Poor/Very poor | -0.05*** | -0.07*** |
| | | (Ref.) else | | |
| Model fit statistics | The reference category is: Cluster1 | | (Ref.) is a reference term | |
| | Pseudo R-squared | : 0.454 | * This has a significance p-value < 0.10 | |
| | AIC | : 309261 | ** This has a significance p-value < 0.05 | |
| | BIC | : 309942 | *** This has a significance p-value < 0.01 | |
| | Degrees of Freedom | : 60 | | |

4. Results

4.2 Estimation results: Summary

- 음식점 수(35개 이상)가 많은 반납 스테이션에서 Extra journey time이 긴 이용은 감소함
- 문화/여가 시설, 자전거전용도로가 있을 경우 Extra journey time이 긴 이용은 증가함
- 강수량, 온도, 미세먼지는 특정 수준에서 Extra journey time에 음(-)의 영향을 미침



5. Conclusions

Discussion

- Extra journey time에 영향을 미치는 요인 분석을 진행함으로써 대여시간에 따라 다른 이용형태를 보이는 공공자전거 이용특성을 이해하고 이를 통해 이용률 확대 방안에 도움을 줄 수 있을 것임
- 이용 요인 측면에서 Extra journey time이 긴 이용형태는 주말에 많이 이용되며, 대여/반납 스테이션 상의 거리가 가까운 특성을 갖고 있음
- 입지 측면에서 스테이션 주변에 음식점이 많을 경우 Extra journey time이 긴 이용형태는 감소하지만, 여가/문화 시설이 있을 경우 Extra journey time은 증가하는 이용형태를 확인함
- 날씨 측면에서 강수량이 10mm 이상, 온도가 10°C 이하 혹은 33°C 이상, 미세먼지 농도가 나쁨/매우 나쁨 수준에서 Extra journey time이 긴 이용형태는 감소함

Further research

- 다른 지역구와의 Extra journey time 비교를 통해 지역구별 이용형태를 비교하는 연구가 필요함
- 이용, 입지 및 날씨 요인 이외에 이용자 특성을 포함한 연구가 필요함

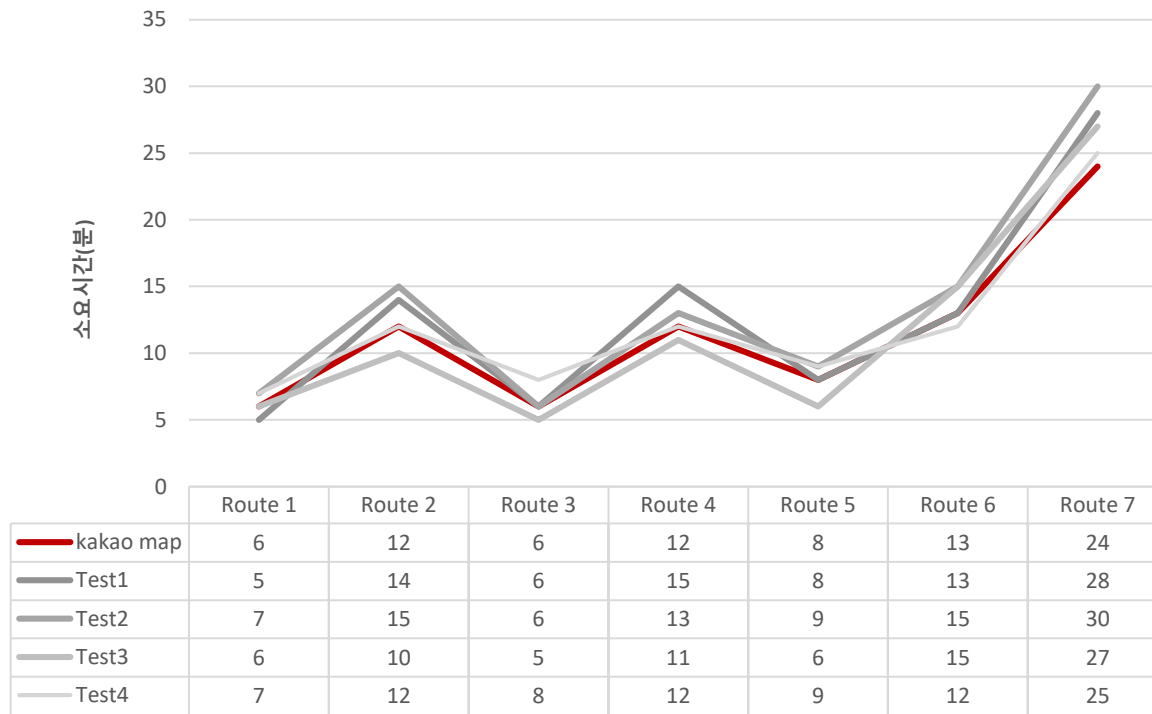
Reference

- 서울특별시 (2018). 2018년도 공유도시 인지도 조사 결과 보고서
- 서울연구원 (2019). 서울형 통합교통서비스 (MaaS) 도입 방안. 정책리포트, 1-23.
- Statista (2018). MetroBike's Bike-Sharing Blog
- 심형욱, & 이영인. (2019). 네트워크 중심성 기반 서울시 공공자전거 서비스의 이용률 개선 방안 연구: 서울시 종로구 사례를 중심으로. *Journal of Korean Society of Transportation*, 37(2), 124-134.
- 서울시설공단 공공자전거운영처 (2018). 공공자전거 종합현황
- Si, H., Shi, J. G., Wu, G., Chen, J., & Zhao, X. (2019). Mapping the bike sharing research published from 2010 to 2018: A scientometric review. *Journal of cleaner production*, 213, 415-427.
- Faghih-Imani, A., & Eluru, N. (2016). Incorporating the impact of spatio-temporal interactions on bicycle sharing system demand: A case study of New York CitiBike system. *Journal of Transport Geography*, 54, 218-227.
- Nosal, T., & Miranda-Moreno, L. F. (2014). The effect of weather on the use of North American bicycle facilities: A multi-city analysis using automatic counts. *Transportation research part A: policy and practice*, 66, 213-225.
- 김동준, 신희철, 박준식, & 임형준. (2012). 날씨가 자전거 이용에 미치는 영향 분석: 고양시 공공자전거를 대상으로. *교통연구*, 19(3), 77-88.
- Sears, J., Flynn, B. S., Aultman-Hall, L., & Dana, G. S. (2012). To bike or not to bike: Seasonal factors for bicycle commuting. *Transportation research record*, 2314(1), 105-111.
- Wang, X., Lindsey, G., Schoner, J. E., & Harrison, A. (2016). Modeling bike share station activity: Effects of nearby businesses and jobs on trips to and from stations. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), 04015001.
- Davis, A. W., Lee, J. H., & Goulias, K. G. (2015). Analyzing bay area bikeshare usage in space and time. In *Proc. 94th Annu. Meeting Transp. Res. Board* (pp. 5-17).
- Garcia-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., & Latorre, M. (2012). Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*, 35(1-2), 235-246.
- Zhang, Y., Brussel, M. J., Thomas, T., & van Maarseveen, M. F. (2018). Mining bike-sharing travel behavior data: An investigation into trip chains and transition activities. *Computers, environment and urban systems*, 69, 39-50.
- McBain, C., & Caulfield, B. (2018). An analysis of the factors influencing journey time variation in the cork public bike system. *Sustainable cities and society*, 42, 641-649.
- Vogel, P., Greiser, T., & Mattfeld, D. C. (2011). Understanding bike-sharing systems using data mining: Exploring activity patterns. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20, 514-523.
- Midgley, P. (2009). The role of smart bike-sharing systems in urban mobility. *Journeys*, 2(1), 23-31.
- DeMaio, P. (2009). Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future. *Journal of public transportation*, 12(4), 3.
- Qiu, H., Wang, M., Mi, D., Zhao, J., Tu, W., & Liu, Q. (2017). Vitamin D status and the risk of recurrent stroke and mortality in ischemic stroke patients: data from a 24-month follow-up study in China. *The journal of nutrition, health & aging*, 21(7), 766-771.
- 오다원. (2019). 주-야간 상권의 토지이용과 이용인구 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).
- 장진영, 최성택, 이향숙, 김수재, & 추상호. (2015). 토지이용유형별 보행량 영향 요인 비교 분석-서울시 유동인구 조사자료를 바탕으로. *한국 ITS 학회 논문집*, 14(2), p39-53.
- Xu, C., Liu, P., Wang, W., & Li, Z. (2012). Evaluation of the impacts of traffic states on crash risks on freeways. *Accident Analysis & Prevention*, 47, 162-171.
- Park, D. B., Lee, K. W., Choi, H. S., & Yoon, Y. (2012). Factors influencing social capital in rural tourism communities in South Korea. *Tourism Management*, 33(6), 1511-1520.
- Tang, W. Z., Wang, X. B., Li, H. T., Dong, M., & Ji, X. (2017). Serum copeptin predicts severity and recurrent stroke in ischemic stroke patients. *Neurotoxicity research*, 32(3), 420-425.
- Khosravipour, M., & Shah Mohammadi, M. (2020). The effects of exposure to night shift work on liver function: A cross-sectional study with emphasis of alkaline phosphatase enzyme. *Chronobiology international*, 37(1), 142-145.
- Koenker, R., & Basset, G. (1978). Asymptotic theory of least absolute error regression. *Journal of the American Statistical Association*, 73(363), 618-22.
- 최충현. (2010). 건강관련 삶의 질 (EQ-5D) 에 대한 회귀모형: 국민건강영양조사 제 4 기 2 차년도 (2008) 를 중심으로 (Doctoral dissertation, 연세대학교 보건대학원).
- 임미진, 김연표, 구보경, & 강경은. (2017). 여성 노인에서 체질량지수와 건강관련 삶의 질 간 상관관계: 제 5 기 (2010-2011 년) 국민건강영양조사 자료 이용. *가정의학*, 7(2), 239-245.
- Snedden, G. A., & Steyer, G. D. (2013). Predictive occurrence models for coastal wetland plant communities: Delineating hydrologic response surfaces with multinomial logistic regression. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 118, 11-23.
- Casello, J. M., & Usyukov, V. (2014). Modeling cyclists' route choice based on GPS data. *Transportation Research Record*, 2430(1), 155-161.

감사합니다.

Data collection: KAKAO Map

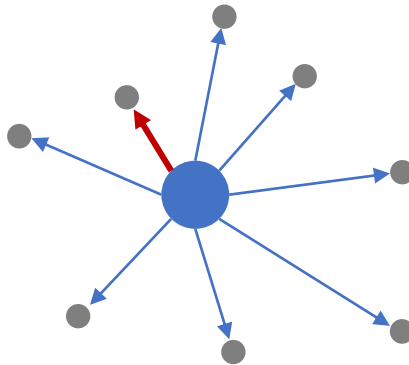
- 예측 대여시간 데이터의 신뢰성 검증을 위해 다음의 Test를 진행함(일시: 5월 11,12일 19시~22시)
- KAKAO map 알고리즘은 평·속(20km/h) 이외에 횡단보도 대기시간, 자전거 무게 등을 고려함







| Route | O/D Stations |
|--------|--------------|
| Route1 | 홍대입구역 → 합정역 |
| Route2 | 합정역 → 당산역 |
| Route3 | 당산역 → 영등포구청역 |
| Route4 | 영등포구청역 → KBS |
| Route5 | KBS → 여의나루역 |
| Route6 | 여의나루역 → 공덕역 |
| Route7 | 공덕역 → 합정역 |

Data collection: Nearest subway dist. Start, End

- 대여/반납 스테이션에서 가장 가까운 지하철역까지 거리(m)
- Nearest subway dist. Start: 대여 스테이션에서 가장 가까운 지하철역까지 이동거리(m)
- Nearest subway dist. End : 반납 스테이션에서 가장 가까운 지하철역까지 이동거리(m)

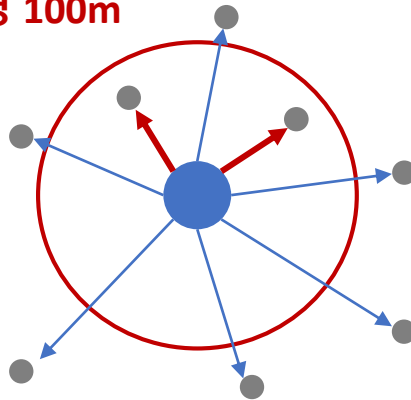






| | |
|---|-----------------------|
|  | 대여/반납 스테이션 |
|  | 지하철역 |
|  | 지하철역까지 이동거리(m) |
|  | 가장 가까운 지하철역까지 이동거리(m) |

Data collection: Restaurants & Leisure Start, End

- Restaurants Start, End: 대여/반납 스테이션에서 반경 100m 이내 상점 수
- Leisure Start, End: 대여/반납 스테이션에서 반경 100m 이내 상점 수

반경 100m



| | |
|---|-------------------------------|
|  | 대여/반납 스테이션 |
|  | 음식점, 여가/문화 시설 |
|  | 반경 100m 밖의 음식점, 여가/문화 시설까지 거리 |
|  | 반경 100m 이내 음식점, 여가/문화 시설까지 거리 |